LA RIVOLUZIONE DELLE SFERE CELESTI

DE REVOLUTIONIBUS ORBIUM CAELESTIUM[1]

[1] Il titolo come risulta da più punti del manoscritto autografo (ad es. foglio 141 verso: « Quintus revolutionum liber finit ») doveva essere originariamente solo *De revolutionibus* (*libri*). Pare quindi che l'aggiunta delle parole « orbium caelestium » si debba ai curatori dell'edizione di Norimberga. Il termine *orbis* nel testo di Copernico ha più significati: sia quello di « sfera », sia quello di « circolo ». Mentre nell'edizione di Monaco (1949), curata dai fratelli Zeller, il titolo suona: *Nicolai Copernici Thorunensis De revolutionibus orbium caelestium libri sex*, nell'edizione a cura dell'Accademia polacca delle scienze (1975) è soltanto: *Nicolai Copernici De revolutionibus libri sex*.

Non si sa con certezza quando Copernico incominciò a lavorare al De Revolutionibus *e quando l'opera fu terminata. Sono tuttavia indicabili alcune date che hanno una buona approssimazione. Se, come è estremamente probabile – cfr. l'introduzione alla precedente traduzione del* Commentariolus *– questo primo abbozzo della teoria eliostatica è anteriore al 1° maggio 1514 ed è da collocarsi attorno al primo decennio del sec. XVI, cioè nell'ultimo periodo del soggiorno di Copernico a Lidzbark e nei primi anni di quello a Frombork, non ci deve essere stata una rilevante soluzione di continuità nell'attività astronomica di Copernico. Già nel* Commentariolus *è esplicito il progetto di un'opera maggiore, dato che – dopo aver esposto i sette postulati o assunzioni fondamentali del nuovo sistema – Copernico afferma: « ...tenterò dunque di mostrare brevemente come si possa salvare l'uniformità dei movimenti [celesti] in maniera ordinata. Ho pensato che fosse bene omettere per brevità le dimostrazioni matematiche, destinate a un volume più ampio ». Non era indubbiamente solo questione di brevità, ma anche di lavoro che doveva essere ancora compiuto, se la nuova opera doveva poter affrontare il confronto con quello che fu di continuo il modello tenuto presente da Copernico: l'*Almagesto *di Tolomeo, di cui egli seguirà il ritmo e la connessione degli argomenti, perché meglio risultassero la pari accuratezza del proprio capolavoro e le eventuali sue superiorità.*

Anche se, dopo la morte dello zio nel 1512, l'assunzione personale di più gravose responsabilità non gli concede gran tempo per il lavoro scientifico, nel triennio 1512-1515 risulta che Copernico non trascurò di fare osservazioni astronomiche, stimolato anche dalla richiesta di Paolo di Middelburg, vescovo di Fossombrone, in occasione del quinto Concilio Lateranense che *discusse la riforma del calendario. Sebbene Copernico non abbia fatto un gran numero di osservazioni astronomiche, non è affatto vero tuttavia che si sia semplicemente accontentato dei dati degli antichi; come risulta da numerose pagine del* De Revolutionibus *egli ha sempre cercato di confrontare quei dati con quelli raccolti da lui stesso, specie per le questioni di importanza fondamentale. Le osservazioni dei primi anni del soggiorno a Frombork rientrano quindi manifestamente già nel piano di sviluppo ed elaborazione della sua opera maggiore: ciò è tanto più evidente se si tiene presente che tali osservazioni concernevano i fenomeni connessi con la riforma del calendario (durata dell'anno, precessione degli equinozi, ecc.), non attuabile, secondo Copernico, sino a che non fossero sufficientemente misurate le grandezze degli anni e dei mesi ed i movimenti del sole e della luna. Saranno appunto questi i problemi che dibatterà il libro III del* De Revolutionibus, *il perno centrale dell'opera, in cui Copernico si scosterà addirittura dall'ordine espositivo di Tolomeo (che tratta della precessione solo nell'ottavo libro dell'*Almagesto), *tanta è per lui l'importanza rivoluzionaria dell'argomento.*

Le osservazioni di alcuni pianeti (Marte e Saturno) e soprattutto del sole (1515), con la scoperta del variare dell'eccentricità dell'orbita terrestre e del moto dell'apogeo solare (ossia dell'afelio dell'orbita terrestre) rispetto alle stelle fisse, l'inducono del resto a portare variazioni ad alcune delle teorie espresse nel Commentariolus. *È quindi probabile che risalga proprio agli anni 1515-1519 la parte iniziale del* De Revolutionibus *ed il catalogo delle stelle fisse del secondo libro (che riprende il catalogo delle stelle dato da Tolomeo nel settimo libro dell'*Almagesto). *Né la sua attività cessa nemmeno negli anni più turbolenti del contrasto tra la Polonia e l'Ordine dei Cavalieri Teutonici, quando la Warmia è terra di scorrerie. Così la stesura più antica del* De Revolutionibus *contiene già le suddette modificazioni teoriche, sebbene la costruzione geometrica e cinematica del sistema eliocentrico sia forse ancora quella del* Commentariolus.

Al ritorno a Frombork, dopo l'assedio di Olsztyn, con la lettura dei libri che continua ad acquistare e la prosecuzione delle sue osservazioni, egli sviluppa ulteriormente il suo sistema

e si rende conto che anche gli apsidi delle orbite degli altri pianeti, oltre quelli dell'orbita terrestre si muovono lentamente rispetto alle stelle fisse. Questo fenomeno non è facilmente interpretabile mediante la costruzione geometrica concentrico-biepiciclica del Commentariolus, *così è probabile che verso il 1523 Copernico abbandoni tale schema e adotti lo schema eccentrico-epiciclico, secondo il modello di Tolomeo, che Copernico studia con grande attenzione nella traduzione latina (1515) dell'*Almagesto. *Passerà tuttavia ancora una decina d'anni prima che l'opera, attraverso un secondo rimaneggiamento del manoscritto, giunga praticamente al suo completamento. Copernico, in ogni caso, non è mai interamente soddisfatto della sua opera e continua le osservazioni ed i ritocchi; così, nel '37-'38, lavorando intensamente sulla teoria dei pianeti, compie ripetute osservazioni: e non cesserà definitivamente da esse sino al 1541. Il manoscritto autografo – studiato in tutti i suoi aspetti fisici e grafici da Jerzy Zathey, capo del dipartimento dei manoscritti della Biblioteca Jagellonica di Cracovia, il quale ha presentato anche la riproduzione in fac-simile del manoscritto stesso – è testimonianza di questa continua ed ininterrotta attività* [1].

[1] Cfr. l'introduzione di J. Zathey, *The Analysis and History of the Manuscript* (pp. 1-23), nel vol. I dei *Nicholas Copernicus Complete Works* (*The Manuscript of Nicholas Copernicus' «On the Revolutions» Facsimile*), Londra-Varsavia-Cracovia, 1972. Come già osservava Ludwik Antoni Birkenmajer nel suo *Mikołaj Kopernik* (Cracovia, 1900, I, p. 383), questo autografo del manoscritto del *De Revolutionibus*, « che contiene numerose correzioni, cancellature, redazioni doppie e triple del testo, pagine interposte, intercalazioni, senza contare i cambiamenti di scrittura, di carta, di inchiostro, ecc., è una miniera di fatti intimamente legati alla storia della nascita di quest'opera immortale ».

Accanto a questa fonte sono importanti per ricostruire la storia dell'opera anche i riferimenti che si trovano nel *Commentariolus* e soprattutto nella lettera di dedica a Paolo III premessa alla prima edizione del *De Revolutionibus*: in tali riferimenti Copernico ci dà notizie di alcune vicende della sua vita di studioso.

Una terza fonte, infine, sono le note autografe di Copernico in margine ai libri ch'egli acquistò e lesse in tempi diversi. Come osserva Alessandro Birkenmajer (cfr. *Études d'histoire des sciences en Pologne*, « Studia Copernicana », IV, Wrocław-Varsavia-Cracovia-Danzica, 1972, p. 591), « tutti questi libri non si sono conservati fino a noi, ma ne possediamo parecchie decine nelle biblioteche svedesi, dove giunsero dopo il saccheggio della Warmia da parte delle truppe di Gustavo Adolfo nel 1626. Le note di Copernico che compaiono sulle loro pagine sono numerose, ma di solito laconiche, essendo state fatte soltanto per il suo uso personale. Esse diventano veramente comprensibili solo ad uno specialista degli studi su Coper-

Così quando il Retico giunge a Frombork nella primavera del 1539 ha la possibilità di vedere l'opera nella sua interezza, ma si incontra con un maestro che non cessa dal ritornare su essa con continui miglioramenti. Tanto più difficile, quindi, risultava l'impresa di convincere l'autore a stampare il libro. Più che il timore degli attacchi dei teologi per l'apparente contrasto dell'eliostaticismo con le Sacre Scritture, tratteneva forse Copernico il desiderio di non lasciarsi coinvolgere in controversie e di non esporsi con l'originale arditezza delle sue concezioni, in contrasto con lo stesso senso comune, alla derisione degli incompetenti. Pare che non lontano da Frombork, a Elblag, un certo de Volder (o Gnapheus) avesse posto in ridicolo con malevolenza, sulla scena, l'opinione copernicana del moto della terra. Anche se le commedie del de Volder non avevano l'importanza di quelle di Aristofane, era facile ricordare che gli attacchi aristofanei a Socrate avevano di poco preceduto la sua condanna. L'eco di questo stato d'animo in cui a lungo s'era trovato Copernico lo si trova nelle stesse righe iniziali della sua Lettera di dedica a Paolo III.

Tuttavia per le insistenze del Retico stesso e, soprattutto, di Tiedemann Giese, l'amico fraterno a cui lo legava un rapporto di quasi quattro decenni, egli concesse che il Retico stesso desse una prima ampia e ben informata notizia del suo lavoro nella Narratio prima... de libris revolutionum eruditissimi viri et mathematici excellentissimi, Reverendi D. Doctoris Nicolai Copernici Torunaei, Canonici Varmiensis [2], *pubblicata nel 1540 a Danzica e di cui una nuova edizione usciva già l'anno successivo a Basilea. Il successo di questo scritto fu tale che le ultime resistenze di Copernico furono vinte cosicché, pur correggendo ancora il suo testo del* De Revolutionibus *negli anni 1540-1541, egli permise (forse all'inizio di giugno del 1541) che se ne facesse copia per destinarla alla stampa. Così, allorché*

nico. Ma allora, alcune di esse, di una eloquenza immediata e diretta, sono più significative per uno storico che le confessioni stesse del grande scienziato, perché noi cogliamo il suo pensiero, per così dire, *in flagranti*, come sull'istantanea di un apparecchio fotografico ».

[2] Per notizie più complete sulla *Narratio* cfr., più oltre, le notizie date nell'introduzione alla traduzione di quest'opera. Lo stesso vale anche per le informazioni biografiche e bibliografiche sul Retico.

nel settembre del 1541 il Retico lasciò Frombork e la Warmia per riprendere il suo insegnamento universitario a Wittenberg, il nuovo manoscritto era pronto e Retico poté portarlo con sé o, secondo quello che dice Gassendi nella Vita *di Copernico, gli fu trasmesso dal Giese a cui Copernico l'aveva affidato* [3]. *Già il 24 agosto 1541 Retico aveva scritto al duca di Prussia affinché ottenesse dall'elettore di Sassonia di pubblicare l'opera a Wittenberg. Ma pare invano.*

Tornato a Wittenberg, Retico pubblicò come opera a sé stante la parte trigonometrica (gli ultimi capitoli, 12-14, del libro I del De Revolutionibus) *nei primi mesi del 1542, mentre già il manoscritto del* De Revolutionibus *nella sua interezza si trovava in tipografia a Norimberga presso l'editore Giovanni Petreio. Qui Retico poté seguire la stampa delle prime parti dell'opera, prima di trasferirsi, alla metà di ottobre del 1542, dall'Università di Wittenberg a quella di Lipsia. La supervisione della stampa dell'opera passò allora ad un suo amico, a Andrea Osiander, che doveva avere tanto e così grave peso nella storia dell'interpretazione del* De Revolutionibus *e della sua incidenza sul pensiero moderno.*

Il manoscritto consegnato originariamente alla tipografia del Petreio (e modellato sull'autografo) aveva qualche diversità rispetto alle copie a stampa del De Revolutionibus *che ne usci-*

[3] Questo manoscritto, che è andato perduto, non va confuso con l'autografo di Copernico che è giunto sino a noi. Quest'ultimo, infatti, non ha alcuna traccia di quelle che di solito i tipografi lasciano sugli originali di cui si servono nella composizione dei libri. La storia dell'autografo, ora conservato nella Biblioteca dell'Università Jagellonica di Cracovia, è assai tormentata. Passato, alla morte di Copernico, nelle mani di Tiedemann Giese, questi lo lasciò a sua volta a Giorgio Gioacchino Retico che, morendo il 4 dicembre 1574, ne fece erede il suo fedele discepolo e collaboratore Valentino Otho. Alla morte dell'Otho (19 dicembre 1603) venne acquistato da Jakob Christmann (1554-1613), decano della Facoltà delle arti di Heidelberg, *ad usum studii mathematici*. La vedova del Christmann vendette il manoscritto a uno studente ceco il 17 gennaio 1614; l'acquirente era Giovanni Amos Comenio (1592-1670), divenuto poi celebre come pedagogista. Dalla biblioteca di Comenio passò (non si sa se attraverso altri passaggi) a quella di Otto F. von Nostitz (1608-1664). Qui rimase prima nel castello di Jawor poi nel palazzo Nostitz di Praga. Allorché nel 1945 la Biblioteca Nostitz fu nazionalizzata, il manoscritto divenne proprietà della repubblica cecoslovacca, il cui governo lo offrì in restituzione alla repubblica di Polonia il 5 luglio 1956. Dal 25 settembre dello stesso anno esso si trova a Cracovia.

rono nella primavera del 1543. Naturalmente, era identico il contenuto dei sei libri: il primo comprendente la generale delineazione cosmologica della nuova concezione eliostatica (con gli ultimi tre capitoli dedicati alla esposizione degli elementi di trigonometria usati poi nei libri successivi); il secondo concernente gli elementi ed i concetti dell'astronomia classica, con l'esposizione dei fenomeni astronomici fondamentali interpretati nella nuova prospettiva e che si conclude con il catalogo delle stelle; il terzo che spiega attraverso i moti della terra l'apparente viaggio annuale del sole attraverso le costellazioni, la fluttuazione della lunghezza del giorno, il fenomeno della precessione degli equinozi; il quarto, dedicato alla teoria della luna, in cui i moti lunari sono spiegati senza presumere (come Tolomeo aveva fatto) variazioni della distanza della luna dalla terra, e quindi della sua grandezza apparente, in assoluto contrasto con i dati osservativi: il quinto con la mirabile spiegazione eliostatica dei moti in longitudine dei pianeti, in cui le stazioni e retrogradazioni vengono interpretate come effetti ottici della rivoluzione annua della terra attorno al sole, senza dover introdurre nella spiegazione dei moti di ciascun pianeta quei grossi epicicli a cui erano necessariamente ricorse le interpretazioni geostatiche di Tolomeo e dei suoi successori; il sesto, brevissimo, di soli nove capitoli, che concerne il moto in latitudine dei pianeti superiori (Marte, Giove, Saturno) e di quelli inferiori (Venere e Mercurio).

Ma le copie dell'edizione di Norimberga, nonostante queste identità con il manoscritto originale, avevano anche notevoli differenze: non c'era in esse il «proemio» del libro I, che nelle primitive intenzioni di Copernico avrebbe dovuto costituire l'introduzione a tutta l'opera, con la sua celebrazione della scienza astronomica. Al suo posto si trova invece la lettera dedicatoria «Ad Sanctissimum Dominum Paulum III. Pontificem Maximum, Nicolai Copernici Praefatio in libros Revolutionum» e, prima ancora di questa – sullo stesso verso del frontespizio – una premessa anonima (e che quindi, al lettore, può parere di Copernico) «Ad lectorem de hypothesibus huius operis». Tutte queste variazioni, che si riscontrano anche nelle edizioni antiche successive, che non si sono valse del confronto *con l'autografo del* De Revolutionibus, *sono in un modo o nell'altro connesse con l'interessamento (e l'ingerenza) di Andrea Osiander nella pubblicazione dell'*editio princeps.

Andrea Osiander, capostipite di una dinastia di teologi, era nato il 19 dicembre 1498 a Gunzenhausen, sul fiume Altmühl; ordinato sacerdote a Norimberga nel 1520, due anni dopo già predicava la nuova confessione luterana nella chiesa di San Lorenzo della stessa città. Spirito amante delle discussioni, a lungo in disputa con i suoi stessi correligionari circa la questione della giustificazione attraverso la fede, nel 1548, a seguito di un contrasto con il Senato cittadino, dovette lasciare Norimberga e fu accolto dal duca di Prussia, Alberto di Brandeburgo, come predicatore e professore a Bratislava e poi, nell'anno seguente, come predicatore e professore ordinario nell'Università di Königsberg. Morì in questa città il 17 ottobre 1552.

La sua presenza nella vicenda di Copernico cominciò già nell'estate del 1540, quando era appena uscita la prima edizione della Narratio prima *del Retico. Risulta che egli scrisse allora a Copernico una lettera (che è andata perduta assieme alla relativa risposta) circa la natura delle ipotesi astronomiche; e, probabilmente non soddisfatto dalla risposta, tornò alla carica il 20 aprile 1541 scrivendo al vecchio astronomo di Frombork: «Io ritenni sempre che le ipotesi non sono articoli di fede, ma fondamenti del calcolo, cosicché nulla importa anche se sono false, purché spieghino esattamente i fenomeni* (φαινόμενα) *dei moti... Perciò parrebbe cosa degna di lode che tu accennassi qualcosa di tale questione nella prefazione [ovviamente dell'edizione del* De Revolutionibus, *della cui preparazione Osiander era evidentemente al corrente]. Così, infatti, renderesti più tranquilli i peripatetici ed i teologi che temi si mettano a contraddirti» (cfr.* Prowe, Nicolaus Coppernicus, *op. cit., vol. I, 2, p. 522). In senso analogo, del resto, egli scriveva nello stesso giorno anche al Retico, che in quel periodo si occupava direttamente dell'edizione: «I peripatetici ed i teologi saranno facilmente tranquillizzati se apprenderanno che le ipotesi di un medesimo moto apparente possono essere diverse* (varias) *e non le vedranno proporre come se fossero di certo così, bensì in quanto sorreggono nel modo migliore il calcolo del moto apparente* *e composto; in modo che può accadere che qualche altro astronomo escogiti altre ipotesi, e mentre l'uno ne immagina di adatte l'altro ne trovi di ancor più adatte, causanti tuttavia la medesima apparenza del moto; e che ciascuno sia libero, anzi da lodare, se ne escogita di più convenienti* (commodiores)... » (PROWE, *cit., p. 523*).

Non possediamo le risposte né di Copernico né del Retico: ma è evidente che l'autore del De Revolutionibus *non poteva accettare una simile proposta, la quale rispecchiava sì l'orientamento diffuso in quell'epoca circa il carattere non cosmologico né fisico delle ipotesi matematiche degli astronomi tecnici* (mathematici), *ma che Copernico non condivideva affatto. Basti qui ricordare ciò che Copernico dice proprio all'inizio della lettera di dedica a Paolo III: « Io so che i pensieri del filosofo sono ben lontani dall'opinione comune, proprio perché suo primo compito è cercare la verità in ogni cosa, almeno nei limiti concessi da Dio alla ragione umana ». La risposta di Copernico dovette quindi essere negativa. Anzi, è stato forse proprio ripensando ai suggerimenti « positivistici » dell'Osiander, che ripugnavano del tutto alla sua mentalità, che egli pensò di scrivere quella lettera di dedica a Paolo III che doveva fungere da nuova introduzione all'opera. Essa fu certamente pensata in quei mesi restanti del '41 e inviata all'editore entro il giugno del 1542. Nelle intenzioni di Copernico essa doveva sgombrare ogni eventuale dubbio del lettore circa il significato autenticamente cosmologico che l'autore dava alla sua opera; poteva farlo assai meglio dell'originario proemio al libro primo in cui si osservava soltanto, nell'elogiare la scienza divina dell'astronomia, che « intorno ai suoi princìpi ed alle sue assunzioni, che i Greci chiamano ipotesi, vediamo che quanti si disposero a trattare quelle questioni furono nella maggior parte discordi tra loro e che, inoltre, non s'appoggiarono alle medesime dimostrazioni ». A questo relativismo desumibile dalla storia dell'astronomia, e che Osiander ed altri non vedevano come un difetto, bensì come un carattere essenziale della scienza, Copernico preferisce contrapporre il suo intento di ricerca della* verità: *così il vecchio proemio è sostituito dalla nuova prefazione-dedica a Paolo III.*

Nonostante la manifesta volontà di Copernico di non accettare le sue proposte, Osiander non rinunciò tuttavia al progetto di presentare il De Revolutionibus *come un semplice strumento di calcolo. La sua ostinazione dipese forse dal timore delle reazioni che avrebbe potuto suscitare l'opera, presentata come lavoro di carattere cosmologico, negli ambienti ecclesiastici protestanti per l'apparente contrasto dell'eliostaticismo con le Sacre Scritture* [4], *forse anche dalla sua convinzione che una presentazione più « tradizionale » di essa, placando gli avversari, ne avrebbe agevolato la vendita. Come che sia, egli si prese l'arbitrio di scrivere e di far pubblicare anonima sul verso del frontespizio la premessa « Ad lectorem ».*

È fuori dubbio che tale premessa è di mano d'Osiander. Decisiva in proposito è la duplice testimonianza di Keplero sia nell'incompiuta e da lui inedita Apologia Tychonis contra Ursum (*cfr.* PROWE, *I, 2, p. 531*) *sia nel verso del frontespizio dell'edizione dell'*Astronomia nova (*1609*) (*cfr.* PROWE, *cit., p. 532 e J.* KEPLER, *Gesammelte Werke, ed. Caspar, vol. III, Monaco, 1937, p. 6*). *In quest'ultima sede egli riporta il testo dell'accusa rivolta da Pietro Ramo* (Scholarum mathem. disp., *II, p. 50*) *contro Copernico, reo secondo lui d'aver formulato delle ipotesi e di averle utilizzate anche se sapeva ch'erano false, e così retoricamente gli risponde: « Ammetto ch'è una favola del tutto assurda dimostrare le cose naturali mediante cause false; ma questa favola non è in Copernico: il quale ritenne certamente anche lui vere le sue ipotesi, non meno di quanto i tuoi famosi antichi ritennero le loro; e precisamente,*

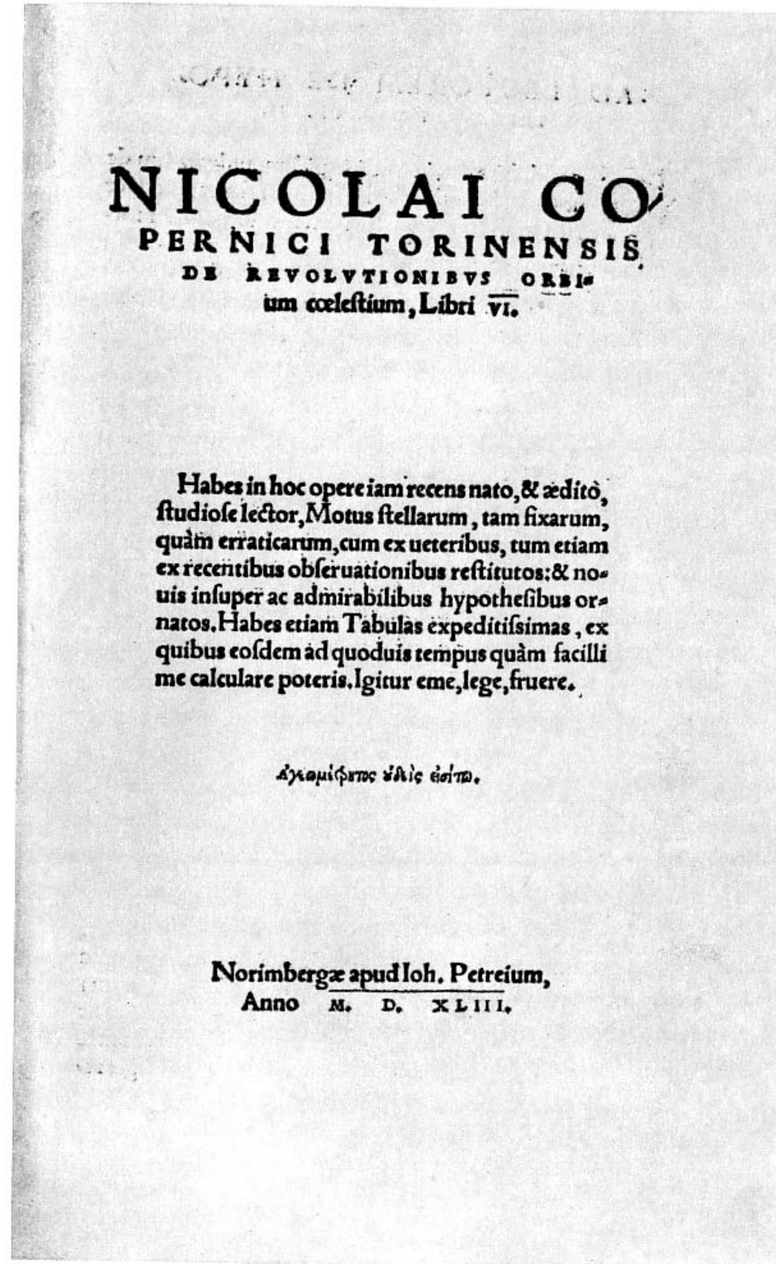
[4] Già il 4 giugno 1539, forse riferendosi a notizie circa il lavoro di Copernico, che tuttavia non nomina, in un passo dei suoi *Tischreden* (ed. di Weimar, I, p. 419; il testo tedesco è riportato anche dal Koyré, nella sua *Rivoluzione astronomica*, trad. ital., p. 64) Lutero parla di un astronomo « nuovo » che ha voluto dimostrare « che la terra si muove e va in giro, e non il cielo o firmamento, il sole e la luna ». E aggiunge: « Il pazzo vuole rovesciare l'intera arte dell'astronomia ma, come mostra la sacra Scrittura, Giosuè disse di fermarsi al sole e non alla terra ». Anche Melantone, del resto, che aveva addirittura ricevuto dal Retico i primi fogli a stampa della *Narratio prima*, in una lettera a Burchard Mithobius del 16 ottobre 1541, quindi quando già era da tempo disponibile la *Narratio prima* stessa, afferma che è assurdo il tentativo di un « Sarmaticus Astronomus » di muovere la terra e fermare il sole e che un governo saggio non dovrebbe permettere la diffusione di tali idee (cfr. KOYRÉ, *op. cit.*, pp. 64-65).

non solo le ritenne vere, ma le dimostrò vere: come testimonianza dò la presente opera. Vuoi sapere chi sia stato il vero inventore di quella favola per cui tanto ti inquieti? Andrea Osiander *è annotato per mano di Gerolamo Schreiber di Norimberga nel mio esemplare* [*del* De Revolutionibus]. *Questo* Andrea, *curando l'edizione di Copernico, pose nel frontespizio del libro quella premessa che tu dici essere estremamente assurda e che egli (per quanto si può desumere dalle sue lettere a Copernico) ritenne invece prudentissima. E Copernico o era già morto o ne era certamente ignaro. Pertanto Copernico non favoleggia* (μυθολογεῖ), *ma dice con serietà cose straordinarie* (παραδοξολογεῖ), *cioè filosofa* (φιλοσοφεῖ), *che è quanto tu desideravi in un astronomo* » [5].

Ma il fatto che già alcuni contemporanei conoscessero i retroscena della prima edizione del De Revolutionibus *non impedì che nella più immediata ricezione dell'opera di Copernico essa venisse letta attribuendo al suo autore anche la premessa di Osiander* [6], *sicché la lunga disputa – riaccesasi poi virulente-*

[5] Il nome di Osiander, inoltre, risulta annotato oltre che nell'esemplare di Keplero, anche in quello del suo maestro Michele Maestlin, di Giovanni Giacomo Fugger (1515-1575) e di altri. Merita del resto d'essere ricordato che era abbastanza diffusa la convinzione della non paternità copernicana dell'avvertenza al lettore. Ad esempio – come ha mostrato E. GARIN, *Alle origini della polemica anticopernicana*, in *Colloquia Copernicana II*, Wrocław, 1973, pp. 31-42 – già in uno scritto composto tra il 1546 e il 1547 da un domenicano di S. Marco a Firenze, Giovanni Maria Tolosani, pur senza fare il nome dell'Osiander, si alludeva all'« autor ille, cuius nomen ibi non annotatur [*ignotus*, è detto poco oltre], qui ante libri eius exordium loquitur " ad lectorem de hypothesibus eiusdem operis " » (*op. cit.*, p. 38). E poco prima (p. 35) il Tolosani aveva criticato Copernico come contraddicente ad alcuni princìpi delle scienze fisiche e dialettiche, nelle quali gli pareva mancante, come nella conoscenza della letteratura sacra, benché esperto nelle scienze matematiche e astronomiche. Ed è ben noto che pubblicando nel 1584 *La cena de le ceneri*, pur non conoscendo il nome dell'Osiander, Giordano Bruno è perfettamente informato che l'autore dell'avvertenza non è Copernico, bensì, com'egli dice con il suo consueto garbo, ch'essa è stata aggiunta « da non so chi asino ignorante e presuntuoso; il quale (come volesse iscusando faurir l'autore, o pur a fine che anco in questo libro gli altri asini, trovando ancora le sue lattuche e frutticelli, avessero occasione di non partirsene a fatto deggiuni), in questo modo le avvertisce, avanti che cominciano a leggere il libro e considerar le sue sentenze » (G. BRUNO, *Opere italiane*, a cura di G. Gentile, Bari, 1925², I, p. 66).

[6] Vana fu infatti la protesta dell'amico di Copernico Tiedemann Giese per il falso. Cfr. la lettera del Giese al Retico in data 26 luglio 1543 (di cui diamo in Appendice la traduzione). La lettera fu infatti inoltrata dal Retico al



NICOLAI CO-
PERNICI TORINENSIS
DE REVOLVTIONIBVS ORBI-
um cœlestium, Libri VI.

Habes in hoc opere iam recens nato, & ædito, studiose lector, Motus stellarum, tam fixarum, quàm erraticarum, cum ex ueteribus, tum etiam ex recentibus obseruationibus restitutos: & nouis insuper ac admirabilibus hypothesibus ornatos. Habes etiam Tabulas expeditissimas, ex quibus eosdem ad quoduis tempus quàm facillime calculare poteris. Igitur eme, lege, fruere.

Ἀγεωμέτρητος οὐδεὶς εἰσίτω.

Norimbergæ apud Ioh. Petreium,
Anno M. D. XLIII.

Frontespizio della prima edizione
del *De revolutionibus orbium caelestium*
(Norimberga, Giovanni Petreius, 1543).

mente in Italia ai tempi del cardinal Bellarmino e di Galileo [7] – *tra coloro che interpretavano «convenzionalmente» l'eliostaticismo e coloro che l'interpretavano invece «cosmologicamente» trovò infondatamente argomento in ciò che si riteneva espressione genuina del pensiero di Copernico. È soprattutto per queste conseguenze che è biasimevole l'atto di Osiander: cioè nell'aver lasciata anonima la sua premessa. Se l'avesse firmata gli storici della scienza avrebbero potuto riconoscervi un pregevole documento dello stato dell'astronomia «prima» di Copernico ed alcuni filosofi della scienza ottocenteschi e novecenteschi trovarvi un bell'esempio di anticipazione del loro pur difficilmente sostenibile empirismo convenzionalistico.*

Circa le varie successive edizioni del De Revolutionibus *ed i progetti elaborati in occasione del quinto centenario della nascita di Copernico per una finalmente definitiva edizione critica del testo, rimandiamo alla* Nota Bibliografica *di questo volume. La seguente traduzione è stata condotta tenendo particolarmente presente il testo dato sia nell'edizione di Thorn (1873), approntata per il quarto centenario copernicano sia nell'edizione critica curata dai fratelli Zeller (Monaco, 1949). Non sono mancati tuttavia i confronti con le edizioni precedenti, specie con quella tipograficamente assai bella di Varsavia del 1854. Nella traduzione s'è seguito per lo più il testo degli Zeller, che riproduce quello dell'autografo copernicano; ma si sono riportate in nota le varianti più significative delle varie edizioni, in particolare di quella di Thorn. La traduzione fu completamente terminata e rivista entro l'estate del 1975, allorché il dattiloscritto fu consegnato alla casa editrice. Nelle more della composizione tipografica, intanto, era uscita (alla fine del 1975, ma disponibile solo nell'estate del 1976) l'edizione critica del*

Senato di Norimberga, ma nessun provvedimento venne preso né contro l'autore né contro l'editore. Anzi, il tipografo Petreio si adirò notevolmente con il Retico che aveva voluto sollevare la questione.

[7] Cfr. la lettera del Cardinale Roberto Bellarmino a Paolo Antonio Foscarini del 12 aprile 1615 nelle *Opere di Galileo Galilei*, Firenze, 1968, vol. XII, pp. 171-72; e di Galileo le *Considerazioni circa l'opinione copernicana*, in *Opere* cit., vol. V, pp. 354-58 e *Dialogo sopra i due massimi sistemi*, vol. VII, p. 369.

De Revolutionibus *dell'Accademia polacca delle scienze. Tale edizione fu preparata tra il 1951 e il 1953 da Riccardo Gansiniec e, dopo la morte di questi, riveduta e corretta da Giulio Domański con l'aiuto di Giorgio Dobrzychi, che ne curò il commentario ad eccezione dei primi undici capitoli del libro primo, per i quali il commento è di Alessandro Birkenmajer. Ho quindi ancora avuto la possibilità di servirmi della nuova edizione in un'ulteriore revisione della traduzione.*

Gansiniec era partito dal presupposto che l'autografo copernicano – per la cui stesura Copernico s'era probabilmente servito di un amanuense – contenesse molte cancellazioni, aggiunte e correzioni che non erano di mano di Copernico, e che quindi si dovesse risalire, non tenendo conto di tutte queste modificazioni estranee, al genuino testo copernicano, ch'egli si preoccupò di stabilire. Ma l'ulteriore studio del manoscritto (ritornato dal '56 in Polonia) permise prima al Birkenmajer e poi a Giorgio Zathey di stabilire che, salvo pochi casi per lo più già noti, ciò che era cambiato, corretto o cancellato nel manoscritto era stato cambiato corretto o cancellato dallo stesso Copernico. Così Domański e Dobrzychi hanno preso come base fondamentale, come già gli Zeller, la forma definitiva del manoscritto copernicano, non intervenendo a correggere, con l'ausilio anche della editio princeps *o in base a qualche cosa d'altro, sia gli errori risultanti da calcoli sbagliati o da indicazione scorretta di valori numerici, sia le discrepanze tra figure e le loro descrizioni o quelle tra le tavole ed i valori indicati nel contesto. Troppo a lungo Copernico ha elaborato queste materie di fatto per poterle modificare anche quando ci si imbatta in errori che spiacciono agli esperti di matematica e di astronomia. Così anche dove c'erano frasi tortuose e non molto ben costruite, rese poi più chiare e pulite nel testo curato per la stampa dal Retico, si è seguito il manoscritto originale. Chi pubblica un testo altrui non deve avere « a cuore di pubblicare un testo corretto, ma piuttosto un testo genuino e schietto dell'autore ». Nonostante ciò, tuttavia, il Domański pensa che la nuova edizione sia* toto caelo *differente da quella degli Zeller, perché mentre questi « spinti da un certo rispetto superstizioso » accolsero scrupolosamente nel loro testo anche gli errori di grammatica del manoscritto, le probabili sviste o trascuratezze ortografiche di Copernico, come se fossero caratteristiche proprie del di lui stile latino, i nuovi editori polacchi si sono preoccupati di dare da questo punto di vista un testo corretto. Tutto preso dalle questioni intrinseche e di contenuto, è probabile che – essi pensano – Copernico si sia curato assai poco di tali difetti formali fino a che il suo manoscritto rimaneva nel cassetto. Ma, se l'avesse messo in bella copia, o l'avesse fatto mettere, per darlo al tipografo, l'avrebbe certo emendato da tali difetti. Così la « novità » dell'edizione presentata dall'Accademia polacca consiste soprattutto nel darci un testo ortograficamente più corretto, sulla base delle regole ortografiche che risulta lo stesso Copernico rispettasse allorché voleva rendere pubblici i suoi scritti e che erano soliti usare i migliori tipografi del tempo.*

In definitiva, dunque, l'edizione del De Revolutionibus *curata dall'Accademia polacca delle scienze – e che già nell'intento del Gansiniec non « era destinata solo ai dotti » – ci offre un testo del* De Revolutionibus *più agevolmente leggibile, sebbene fondato essenzialmente sul manoscritto già posto a base dell'edizione degli Zeller. Nella revisione della presente traduzione condotta tenendo presente il testo della nuova edizione, non si sono dovute apportare quindi modificazioni essenziali alla traduzione stessa*[8]. *In tutti i casi in cui lo si è ritenuto opportuno s'è fatto cenno e riferimento in nota al nuovo testo. Così del resto s'è fatto tutte le volte che, talvolta con grande utilità, s'è confrontato il fac-simile dell'autografo copernicano pubblicato come volume primo (Londra-Varsavia-Cracovia 1972) dei* Nicolai Copernici opera omnia, *di cui l'edizione critica del* De Revolutionibus *costituisce ora il volume secondo.*

[8] Si è invece tenuto conto, tutte le volte che ciò era permesso dal testo italiano, della punteggiatura stabilita nella nuova edizione dell'Accademia polacca: la punteggiatura del manoscritto è, infatti, estremamente capricciosa ed è riprodotta fedelissimamente, come tutto il resto, dal testo degli Zeller. Si è seguita anche la divisione in capoversi della nuova edizione.

AL LETTORE SULLE IPOTESI DI QUESTA OPERA[1]

Non dubito che alcuni studiosi, diffusa ormai la fama della novità di questa opera, che pone la terra mobile e il sole immobile in mezzo all'universo, si siano fortemente risentiti, e ritengano che non c'era alcun bisogno di rendere incerte le discipline liberali, una volta sapientemente stabilite. Se essi vorranno però riflettere saggiamente sulla cosa, troveranno che l'autore di questa opera non ha commesso nulla che meriti rimprovero. È infatti proprio dell'astronomo prima registrare la storia dei moti celesti mediante osservazioni abili e accurate; quindi, escogitare e supporre le loro cause, ossia certe ipotesi, in un modo qualsiasi, non potendole dimostrare in alcun modo come vere. Partendo da tali ipotesi, si possono calcolare correttamente i moti celesti, in base ai princìpi della geometria, tanto nel futuro che nel passato. Questo autore è riuscito ad assolvere assai egregiamente ad ambedue i compiti. Non è infatti necessario che quelle ipotesi siano vere, anzi neppure che siano verosimili, ma basta solo che mostrino il calcolo in armonia con i fenomeni osservati[2], tranne che uno sia così

[1] Sulle vicende di questa premessa dell'Osiander si veda il precedente corsivo di presentazione del *De Revolutionibus*. Essa è stampata sul verso del frontespizio nella *editio princeps*, mentre è riportata alla fine del testo nell'edizione di Monaco e in appendice nell'edizione dell'Accademia polacca delle scienze.

[2] Le idee sostenute qui dall'Osiander sono parse ad alcuni epistemologi e storici della scienza novecenteschi di una singolare «modernità» per la caratterizzazione positivistica e pragmatistica della scienza astronomica, quasi modello di ciò che per essi è tutta la conoscenza scientifica. A. Koyré (*La révolution astronomique*, trad. cit., nota 11, p. 82) ricorda in proposito le valutazioni positive di P. Duhem, *La théorie physique*, Parigi, 1906, pp. 58 segg.; E. J., Dijksterhuis, *Die Mechanisierung des Weltbildes*,

indotto di ottica e di geometria da considerare l'epiciclo di Venere verosimile, o da credere che per causa sua Venere ora preceda [sia ad ovest del], ora segua [sia ad est del] il sole di 40 gradi e più. Chi non vede infatti che, accettata questa ipotesi, ne consegue che il diametro dell'astro, nel perigeo, dovrebbe apparire quattro volte più grande, e la sua figura sedici volte più grande di quando è all'apogeo, cosa con cui è in palese contrasto l'esperienza umana di tutte le epoche? Vi sono poi ancora altri particolari non meno assurdi di questa disciplina, che non è affatto necessario discutere qui. È abbastanza chiaro, infatti, che le cause [reali] dei moti ineguali apparenti sono totalmente e semplicemente ignorate da quest'arte. E se ne escogita, immaginando, qualcuna, come certo anzi moltissime ne escogita, non lo fa mai per convincere qualcuno della loro verità, ma soltanto per fondare correttamente i calcoli. Poiché poi si offrono varie ipotesi di uno stesso moto (come, nel caso del sole, l'eccentricità e l'epiciclo), l'astronomo sceglierà di preferenza quella che sia più facile a comprendersi. Il filosofo cercherà forse piuttosto la verosimiglianza: nessuno dei due tuttavia comprenderà qualcosa di certo, se non gli sarà rivelato da Dio. Permettiamo dunque anche a queste nuove ipotesi, fra le antiche, il diritto di farsi conoscere, ma non come più verosimili, tanto più che sono ammirevoli e semplici, e recano con sé

Lipsia, 1956, pp. 330 seg.; e LYNN THORNDIKE, *A History of Magic and Experimental Science*, vol. V, New York, 1941, p. 413, n. 33, che avanza addirittura la supposizione che la premessa sia opera di Retico o di Retico e Osiander assieme. In realtà, le idee dell'Osiander non fanno altro che rispecchiare la soluzione tradizionale che sin dall'antichità si era cercato di proporre per sanare il contrasto tra la cosmologia di impianto aristotelico e l'astronomia di tipo tolemaico: la realtà fisica è colta dalla fisica fondata sui princìpi aristotelici; l'astronomia calcolatoria deve semplicemente avanzare ipotesi atte a « salvare le apparenze », senza pretendere che tali ipotesi abbiano una corrispondenza nella realtà. Ciò era già stato sostenuto da Simplicio, il commentatore aristotelico del VI secolo d. C., di cui erano ben noti i commenti al *De caelo* e alla *Physica*; e fu tesi molto diffusa anche nel pensiero medioevale, cfr. TOMMASO D'AQUINO, *Commentaria in libros Aristotelis de caelo et mundo* (in *Opera omnia*, III, Roma, 1886), I, lectio 17. Di suo Osiander aggiunge, verso la fine della premessa, un'accentuata sfiducia nei poteri della ragione sia del filosofo (fisico) sia dell'astronomo, se non sopravviene l'aiuto divino.

un grande tesoro di osservazioni dottissime. Né alcuno si aspetti dall'astronomia nulla di certo riguardo le ipotesi, non potendolo essa affatto mostrare, affinché prendendo per vere cose escogitate per un fine diverso, non si allontani da questo studio più ignorante di quando vi si accostò. Salute.

AL SANTISSIMO SIGNORE PAOLO III, SOMMO PONTEFICE, LA PREFAZIONE DI NICOLÒ COPERNICO AI LIBRI SULLE RIVOLUZIONI [3].

Mi rendo ben conto, o Padre Santissimo, che, non appena alcuni saranno venuti a conoscenza del fatto che io, in questi miei libri che ho scritto sulle rivoluzioni delle sfere del mondo, attribuisco certi movimenti al globo terrestre, subito andranno gridando che sono da mettere al bando io e la mia opinione. Né d'altra parte sono così rigidamente attaccato alle mie idee da non prendere in considerazione il giudizio degli altri. E benché sappia che i pensieri del filosofo sono ben lontani dall'opinione comune, proprio perché suo primo compito è cercare la verità in ogni cosa, almeno nei limiti concessi da Dio alla ragione umana, penso tuttavia che siano da evitarsi le opinioni che si allontanano del tutto dalla retta via. Così, pensando fra me e me quanto assurdo sarebbe apparso tale ἀχρόαμα [discorso] a quelli che conoscono come

[3] La dedica del *De Revolutionibus* al pontefice Paolo III ha certo anche una motivazione pragmatica, quasi a mostrare la perfetta ortodossia delle idee in esso sostenute, nonostante che dall'ambiente luterano già si avanzassero riserve. Ma essa non ha nulla della piaggeria adulatoria, poiché Alessandro Farnese (1468-1549), papa con il nome di Paolo III dal 1534 al '49, era uomo di buona cultura umanistica, protettore della ricerca scientifica, oltre che delle arti e delle lettere. Egli era del resto già informato dell'opera di Copernico grazie all'interesse per essa mostrato dal cardinale di Capua Nicola Schönberg.

La lingua e lo stile con cui questa lettera-dedica è scritta è un buon modello del latino umanistico di Copernico, che aveva negli anni giovanili tradotto dal greco in latino il manuale epistolografico del bizantino Teofilatto Simocatta. Molto spesso, tuttavia, il latino di Copernico non ha né l'eleganza né la chiarezza del latino umanistico. Sulla lingua di Copernico cfr. JERZY KOWALSKI, *Kopernik jako filolog i pisarz łaciński* [Copernico come filologo e scrittore latino], in *Mikołaj Kopernik*, Leopoli, 1924, e le osservazioni di A. BIRKENMAJER, in *Études d'histoire des sciences en Pologne* cit., pp. 688-92. Una discussione sulla lingua e sullo stile di Copernico è anche nell'edizione critica del *De Revolutionibus*, pubblicata dai fratelli Zeller a Monaco nel 1949 (pp. 405-30), ove si arguisce – senza tuttavia molti documenti – da alcuni germanismi trovati nel latino di Copernico che la lingua materna di questi dovesse essere il tedesco. È molto probabile che Copernico usasse il volgare polacco o tedesco (e anche l'italiano, quando fu un Italia) a seconda delle circostanze e delle persone cui si rivolgeva.

confermata dal giudizio di molte generazioni questa opinione, cioè che la terra stia immobile in mezzo al cielo, come suo centro, se io invece avessi asserito che la terra si muove, esitai a lungo se pubblicare i miei commentari, scritti per dimostrare il suo movimento, o se non fosse piuttosto meglio seguire l'esempio dei Pitagorici e di alcuni altri che, non diffondendoli con scritti, ma trasmettendoli in via diretta e personale, erano soliti affidare i misteri filosofici solo a parenti ed amici, come leggiamo nella lettera di Liside ad Ipparco [4]. Ma a me pare che essi si siano comportati così non, come alcuni pensano, per una certa forma di gelosia delle loro dottrine che avrebbero dovuto essere comunicate, ma piuttosto perché cose bellissime e ricercate con molto zelo da grandi uomini non andassero sciupate fra le mani di quelli che o non intendono occuparsi di cultura se non per lucro o, se anche sono indotti dall'esortazione e dall'esempio altrui allo studio libero e disinteressato della filosofia, tuttavia, per ottusità di ingegno, vivono tra i filosofi come fuchi tra le api. Pertanto, facendo fra me e me queste considerazioni, il timore del disprezzo che la mia opinione si sarebbe attirata per la sua novità e stranezza, per poco non mi spinse a tralasciare del tutto l'opera intrapresa.

Ma da questi dubbi e da queste esitazioni, mi trassero fuori gli amici; e fra loro il primo fu Nicola di Schönberg [5],

[4] Sin dal III secolo a. C. ci furono opere attribuite a Pitagora, ma di cui poi si negava l'autenticità; tra gli autori di questi falsi ci poteva essere quel Liside di Taranto, che si diceva fuggito dalla Magna Grecia a Tebe, ove fu maestro di Epaminonda. Di lui fu tramandata una supposta lettera a un Ipparco pitagorico (o Ippaso o Archippo, a seconda delle varie versioni) in cui si rimproverava l'amico d'aver divulgato il segreto pitagorico. Secondo la tradizione, Ippaso era stato bandito dalla comunità e considerato morto. È molto probabile che questa pseudolettera di Liside sia una composizione letteraria postplatonica (cfr. *I Pitagorici*, a cura di A. Maddalena, Bari, 1954, p. 206, nota 2, e *Pitagorici*, a cura di M. Timpanaro Cardini, vol. II, Firenze, 1962, p. 261). Una versione di tale lettera è tramandata dalla *Vita di Pitagora*, di Giamblico (circa 250-325 d. C.). Cfr. il cap. 11 del libro I del *De Revolutionibus*.

[5] Nikolaus Schönberg (1472-1537), domenicano, arcivescovo di Capua e cardinale dal 1535, uomo molto aperto alla cultura e consigliere dei pontefici Clemente VII e Paolo III, il 1° novembre 1536 indirizzò a Copernico una lettera da Roma (la cui traduzione è data in appendice), in cui lo pregava di fargli avere, offrendosi come sostenitore delle spese, copia di tutto ciò che avesse scritto, comprese le tavole eventualmente approntate. È quasi

cardinale di Capua, famoso in ogni ramo del sapere. Con lui, l'illustre Tiedeman Giese [6], vescovo di Kulm, che tanto mi ama, tutto dedito, com'è, alle scienze sacre e, in genere, a tutti i nobili studi. Egli infatti, più e più volte, con esortazioni e, talora, perfino con aspri rimproveri, mi sollecitò perché pubblicassi questo libro e gli permettessi finalmente di vedere la luce, dopo averlo tenuto nascosto non solo per nove anni, ma ormai per quattro volte nove anni [7]. Nello

certo, da quel che vien detto nella lettera, che il cardinale avesse avuto notizia delle idee copernicane dalla relazione fatta nel 1533 da Johann Albrecht von Widmanstadt al papa Clemente VII sui temi del *Commentariolus* (cfr. G. TIRABOSCHI, *Storia della letteratura italiana*, Milano, 1824, vol. III, p. 706). Su Schönberg v. anche l'introduzione alla traduzione della sua lettera a Copernico (in Appendice).

[6] Tiedemann Giese, nato a Danzica nel 1480, fu, press'a poco negli stessi anni in cui lo era Copernico, canonico in Frombork (Frauenburg) e assai presto divenne amico del grande astronomo e convinto sostenitore dell'importanza per la stessa Chiesa delle nuove indagini sui cieli. Nel 1538 divenne vescovo di Chelm (Kulm), nel voivodato di Lublino (nel '48 vescovo di Warmia), e anche da vescovo continuò a difendere l'opera di Copernico – e Copernico mostrò ammirazione e gratitudine per l'amico, indicando in lui uno di coloro che più avevano contribuito alla pubblicazione delle sue indagini –, tanto da tentare di opporsi alla presentazione del sistema copernicano come puramente ipotetico fatta da Andrea Osiander, in nome della prudenza, contro la vera posizione dell'astronomo (cfr., in seguito, la traduzione della lettera del Giese al Retico e la nota 6 alla Prefazione al *De Revolutionibus*). Il Giese, del resto, era convinto che fosse possibile una conciliazione tra la nuova astronomia e la Sacra Scrittura, ed avrebbe voluto veder pubblicato il saggio del Retico, ch'egli conosceva e che era rivolto a dimostrarlo. In questo modo sarebbero venute meno anche le eventuali giustificazioni, nei confronti di Copernico, della prefazione dell'Osiander. Su Tiedemann Giese, morto nel 1550, oltre alle notizie forniteci dal Retico nella sezione finale della *Narratio*, dedicata all'elogio della Prussia, cfr. G. ABETTI, *Storia dell'astronomia*, Firenze, 1949, p. 74, e la nostra introduzione alla traduzione della sua lettera al Retico (in Appendice).

[7] Era principio pitagorico il segreto e il silenzio. È evidente che Copernico non vuol dire di aver tenuto segreto il *De Revolutionibus* per trentasei anni, il che – dato che la lettera-dedica è del giugno 1542 – implicherebbe che l'opera fosse già stata compiuta all'inizio del secolo. Anche se il « quattro volte nove anni » non va inteso in senso letterale, risulta tuttavia che il riferimento di Copernico è al periodo iniziale in cui furono elaborate le idee poi sviluppate nel *De Revolutionibus*: è quindi probabile che il riferimento sia al *Commentariolus*, anche se con tale ipotesi non concorda l'espressione « hunc librum ». Dietro il ripetuto riferimento al principio pitagorico della segretezza, del sapere da aprire solo a coloro che ne son degni, dell'indugio nel pubblicare scritti, c'è più che il semplice gusto dell'umanista per i riferimenti classici (cfr. ORAZIO, *De arte poetica*, vv. 388-9): di fatto Copernico si decise a lasciare pubblicare il suo lavoro solo quando ebbe la certezza di poter togliere alle sue teorie ogni sospetto di assurdità, in modo da poter affrontare ogni critica. Egli ha una concezione aristocratica del sapere, che gli viene dalla consapevolezza del contenuto elevato di questo:

stesso modo mi sollecitarono altre non poche personalità dotte ed eccellenti, perché non mi rifiutassi ancora, per il timore concepito, di pubblicare la mia opera per la comune utilità dei matematici ed aggiungevano inoltre che, quanto più assurda ora poteva sembrare questa mia teoria sul movimento della terra, tanto maggiore ammirazione e favore avrebbe incontrato quando, in seguito alla pubblicazione dei miei commentari, con le loro limpidissime dimostrazioni, si sarebbe visto cadere ogni velo di assurdità. Indotto da questi persuasori e anche da questa speranza, permisi finalmente agli amici di procedere alla pubblicazione dell'opera che più e più volte mi avevano richiesta.

Ma forse Vostra Santità non si meraviglierà del fatto che ho osato pubblicare queste mie elucubrazioni (dal momento che la loro elaborazione era stata per me lavoro così gravoso, da non farmi esitare a metterla per iscritto), ma piuttosto desidererà sapere da me come mi sia venuto in mente di andare contro l'opinione ormai stabilita dei matematici [cioè, degli astronomi tecnici], e quasi contro lo stesso senso comune, immaginando qualche movimento della terra. E così non voglio che resti nascosto a Vostra Santità che nessun altro motivo mi ha indotto a meditare su un nuovo possibile criterio di calcolare i movimenti delle sfere del mondo se non il fatto di essermi accorto che i matematici stessi non sono d'accordo fra loro sul modo di determinarli. Prima di tutto, infatti, essi sono a tal punto incerti riguardo al movimento del sole e della luna che non possono né osservare né dimostrare la costante durata dell'anno tropico [8]. In secondo luogo, nella

c'è in lui anche la convinzione esplicita che esso non è di acquisizione né facile né generale. A. Birkenmajer nel commento all'ediz. del *De Revolutionibus* a cura dell'Accademia polacca (pp. 356-7) interpreta l'indicazione di Copernico nel senso che *in quartum novennium* indichi la data d'inizio del *De Revolutionibus*: cioè non prima del 1507 e non dopo il 1515.

[8] La durata dell'anno tropico è strettamente legata con la questione della precessione degli equinozi (cfr. l'introduzione alla traduzione della *Lettera contro Werner*) e quindi al problema pratico della riforma del calendario giuliano, il cui cumulo di errori era stato già riconosciuto sin dal sec. XIII e per cui non erano mancate proposte di riforma (come quella di Ruggero Bacone). Nicola Cusano, ad es., aveva poi cercato nel secolo XV di convincere il Concilio di Basilea a intraprendere la riforma (cfr. J. L. E. DREYER, *Storia dell'astronomia da Talete a Keplero*, trad. cit., p. 258); e

definizione dei movimenti, tanto degli astri sopra nominati quanto degli altri cinque astri erranti essi non riescono ad usare gli stessi princìpi e postulati e le stesse dimostrazioni delle rivoluzioni e dei moti apparenti. Alcuni, infatti, usano solo cerchi omocentrici, altri invece anche eccentrici ed epicicli, con cui tuttavia non raggiungono pienamente i loro fini. Infatti, coloro che si basano sugli omocentrici, anche se hanno dimostrato che con essi si possono comporre alcuni movimenti ineguali, tuttavia, da questo, non poterono stabilire qualcosa di certo, che corrispondesse senza alcun dubbio ai fenomeni. Quelli poi che escogitarono gli eccentrici, anche se sembrano avere in gran parte, con il loro aiuto, ordinato in modo esatto i moti apparenti, tuttavia hanno insieme dovuto ammettere parecchie cose che sembrano contravvenire ai princìpi sull'uniformità del movimento. La determinazione più importante poi, cioè la forma del mondo e l'esatta simmetria delle sue parti, non poterono né trovarla né ricavarla da essi; ma a loro capitò proprio come ad un artista [9] che, prendendo da luoghi diversi mani, piedi, testa e altre membra, molto belle in sé, ma non fatte per un solo corpo, anzi per nulla tra loro corrispondenti, formasse così un mostro invece che un uomo. Così, nel processo della dimostrazione, che chiamano μέθοδον, si riscontra che o hanno tralasciato qualcosa di necessario, o hanno ammesso qualcosa di estraneo e per nulla attinente. E questo non sarebbe certo accaduto se avessero seguito princìpi sicuri. Infatti, se le ipotesi da loro assunte non fossero fallaci, tutte le conseguenze dovrebbero essere verificate senza lasciare adito a dubbi.

si vedrà poi (nota 34 al libro III) come il Regiomontano fosse stato invitato a Roma per studiare la riforma. Nel sec. XVI, tuttavia, per l'esigenza sempre più sentita di rendere uniforme ed efficiente il calcolo delle date, la Chiesa fece della riforma del calendario un progetto ufficiale, a cui lo stesso Copernico (vedi il seguito della lettera-dedica) era stato chiamato a collaborare, anche se egli se ne era astenuto. Sottolineare l'utilità del suo lavoro per tale problema non ancora risolto e quindi di grande interesse per il Papa, ed anche per lo stesso Copernico, era la prima cosa ch'egli doveva fare, anche se il motivo di fondo della sua nuova astronomia – come appare subito dal seguito della dedica – va ricercato in ragioni matematiche, filosofiche e cosmologiche.

[9] Cfr. ORAZIO, *De arte poetica*, vv. 1-5.

E se quello che dico qui è oscuro, a suo luogo diventerà più chiaro [10].

Ora, avendo a lungo meditato tra me e me su questa incertezza dell'insegnamento matematico nel comporre i moti delle sfere del mondo, cominciò a darmi fastidio il fatto che i filosofi, mentre indagano con tanta finezza le cose più minute del mondo, non hanno poi alcun sicuro criterio di spiegazione per il meccanismo di questo stesso mondo che è stato creato per noi dal migliore e più regolare [*optimo et regularissimo*] degli artefici. Perciò mi misi a rileggere le opere di tutti i filosofi che avevo a disposizione [11], per vedere se mai qualcuno

[10] L'atteggiamento di Copernico nei confronti della tradizione è duplice: riconoscimento ed utilizzazione di dati e di idee tramandate da un lato, critica della mancanza di unità e di coerenza nell'opera dei predecessori dall'altro. Del resto l'incoerenza, l'uso a derogare ai princìpi assunti inizialmente, non era motivo di scandalo per gli astronomi precopernicani, essendo loro scopo precipuo, non una sintesi armonica, ma riuscire a calcolare e prevedere i moti celesti da qualsiasi principio assunto. Se poi le convenzioni cosmologiche inducevano a salvaguardare alcuni princìpi, in primo luogo quello dell'uniformità e circolarità dei moti celesti, o quello della concentricità delle sfere celesti, c'erano ripieghi *ad hoc*. Nel primo caso, Tolomeo aveva introdotto lo stratagemma convenzionalistico del punto « equante », guardando dal quale il moto celeste rivelava una velocità angolare uniforme; nel secondo caso, invece, l'astronomo arabo Alpetragio (XII sec. d. C.), seguendo l'insegnamento aristotelico, aveva inventato un sistema di sfere rigorosamente concentriche ruotanti intorno ad assi fra loro sfalsati, che non era tuttavia sufficientemente preciso, dal punto di vista quantitativo, da ammettere una verifica empirica. Ma Copernico respinge energicamente la vanificazione convenzionalistica dei princìpi da un lato e l'adesione a princìpi matematicamente incerti dall'altro. Egli vuole ristabilire una volta per sempre princìpi già escogitati dagli antichi, in primo luogo quello che tutti i moti celesti sono circolari e uniformi, senza eccezioni, e abbandonare invece completamente quelli che l'esperienza e la ragione ci costringono ad abbandonare, come quello che le sfere siano concentriche. Ma ciò comporta un mutamento nelle ipotesi di base sulla costituzione dell'universo, perché i princìpi accettati come veri siano senza eccezioni. Comunque, lo scopo di Copernico non è più semplicemente « salvare i fenomeni » come nella tradizione, che aveva convenzionalisticamente (Tolomeo) o speculativamente (Aristotele e Alpetragio) separato la cosmologia dalla astronomia matematica, ma « salvare i princìpi » platonicamente, e così ricongiungere, almeno nelle intenzioni, cosmologia e astronomia. A tale scopo Copernico vuole riallacciarsi ad una astronomia prearistotelica e pretolemaica, che ancora si ispiri alla filosofia platonico-pitagorica e in cui non è infrequente l'ammissione dell'importanza del sole.

[11] Sui filosofi conosciuti da Copernico per lettura diretta cfr. A. BIRKENMAJER, *Kopernik jako filolozof* [Copernico come filosofo] (1963), ora in *Études d'histoire des sciences en Pologne* cit., pp. 612-46; in particolare, per questo punto del testo, pp. 624 segg. Per quanto riguarda i pensatori qui citati è chiaro che a Copernico interessa solo il fatto che essi si scostano in qualche

di essi avesse pensato che i movimenti delle sfere del mondo fossero diversi da quelli che ammettono coloro che nelle scuole insegnano matematica [cioè, astronomia matematica]. E trovai dapprima in Cicerone che Niceto [12] aveva intuito che la terra si muove. Poi trovai anche presso Plutarco che alcuni altri avevano avuto la stessa opinione; e trascrivo qui le sue parole perché siano note a tutti [13]: « È opinione comune che la terra stia ferma; ma Filolao Pitagorico dice che gira intorno al fuoco secondo un circolo obliquo, così come il sole e la luna. Eraclide Pontico ed Ecfanto Pitagorico fanno muovere la terra, non però di moto traslatorio, ma rotatorio, infilata in un asse a guida di ruota e girante intorno al proprio centro da occidente a oriente ».

Prendendo spunto da qui cominciai anch'io a meditare intorno alla possibilità di un movimento della terra. E sebbene l'opinione potesse sembrare assurda, tuttavia, poiché sapevo che prima di me ad altri era stata concessa questa libertà, cioè di immaginare qualsivoglia cerchio per spiegare

modo dalle dottrine dell'astronomia ufficiale e tradizionale (aristotelica e tolemaica). Il discepolo di Pitagora Filolao (sec. V a. C.; cfr. nota 97 alla traduzione della *Narratio* del Retico), ad esempio, pare non identificare con il sole il suo fuoco centrale, attorno cui tutto ruota, compresa la terra. Iceta (o Niceto, come dice Copernico) e Ecfanto possono essere ricordati solo per il tentativo di spiegazione del moto diurno del cielo mediante la rotazione della terra; Eraclide Pontico, ammetteva la rotazione della terra, ma pare sostenesse che Mercurio e Venere muovessero attorno al Sole, che a sua volta ruotava attorno alla terra (un sistema simile a quello ideato nel sec. XVI da Tycho Brahe). Cfr. *Pitagorici*, a cura di M. Timpanaro Cardini, cit. pp. 160 segg. (per Filolao); p. 414 (per Iceta); pp. 416 segg. (per Ecfanto) e 420 (per Eraclide); su Eraclide Pontico (IV sec. a. C.), cfr. J. L. E. DREYER, *Storia dell'astronomia da Talete a Keplero* cit., pp. 112-23. Sulla citazione copernicana dei pitagorici cfr. B. BILIŃSKI, *Il pitagorismo di Niccolò Copernico*, Accad. polacca delle Scienze a Roma, 1977, ove si analizzano anche le probabili fonti di Copernico.

[12] In realtà il nome corretto è Iceta: *Hicetas*, dice Cicerone; e 'Ικέτας oppure 'Ικέτης le testimonianze greche. Cfr. G. V. SCHIAPARELLI, *I precursori di Copernico nell'antichità*, cit., anche in *Scritti sulla storia dell'astronomia antica*, Bologna, 1925. Copernico cita da CICERONE, *Academica priora*, II, § 123. Su questo errore cfr. A. BIRKENMAJER, *Études etc.* cit., p. 624, nota 44 e il commento al *De Revolutionibus* a cura dell'Accademia polacca, p. 357.

[13] PLUTARCO (pseudo), *De placitis philosophorum*, III, cap. 13. Copernico cita il testo greco dall'edizione di Basilea del 1531. L'edizione dell'Accademia polacca del *De Revolutionibus*, qui seguita, riporta il testo dell'ediz. critica di Plutarco.

i fenomeni celesti, ritenni che anche a me senza difficoltà fosse concesso di cercare se, ammesso un qualche movimento della terra, si potessero trovare spiegazioni più sicure delle loro sulla rivoluzione delle sfere celesti.

E così, ammessi quei movimenti che più sotto nell'opera attribuisco alla terra, finalmente, dopo lunghe e ripetute osservazioni, trovai che, se si rapportavano i movimenti degli altri astri erranti a quello circolare della terra [14] e si calcolava quindi il movimento di rivoluzione di ogni astro, non solo conseguivano di qui i loro movimenti apparenti, ma anche gli ordini e le grandezze degli astri e di tutte le sfere e inoltre il cielo stesso si trovavano in una tale connessione che non si poteva in nessuna loro parte spostare qualcosa, senza che ne derivasse confusione nelle altre parti e nella totalità [15]. Perciò anche nello svolgimento dell'opera ho seguito quest'ordine, sicché, nel primo libro descrivo tutte le posizioni delle sfere con i moti che attribuisco alla terra, in modo che quel libro contiene, per così dire, l'ordinamento generale dell'universo. Poi, negli altri libri, confronto i movimenti degli altri astri e di tutte le sfere celesti con la mobilità della terra, così che di qui si possa ricavare fino a che punto i movimenti degli altri astri e delle sfere, così come le apparenze, possano salvarsi [16] se si rapportano ai movimenti della terra.

[14] È stato più tardi rimproverato a Copernico il suo riportare i movimenti dei pianeti al centro dell'orbita terrestre, privilegiando così ancora la terra in rapporto al centro del mondo come, sia pure per altro verso, aveva fatto Tolomeo, che poneva la terra direttamente al centro del mondo. Per salvare i fenomeni gli era tuttavia necessario trovare un punto fisso nello spazio, punto che non poteva più essere la terra, né poteva essere il sole, che non ha alcun ruolo nella meccanica celeste copernicana; non poteva essere quindi che il centro del movimento della terra.

[15] Copernico sottolinea la più spiccata differenza del suo sistema astronomico rispetto a quelli dei predecessori: non è possibile in esso variare l'orbita di un pianeta tenendo fisse quelle degli altri pianeti. È quindi possibile determinare l'ordine e le grandezze relative di tutti le sfere celesti: è appunto ciò che, ispirandosi a Copernico, tenterà di fare Keplero nel *Mysterium cosmographicum* del 1596.

[16] Per la storia dell'espressione « salvare i fenomeni » cfr. P. DUHEM, *La théorie physique, son objet et sa structure*, Paris, 1906 (testo interessante per la storia e le origini della teoria fenomenistica della scienza). Diversamente da ciò che pensavano scrittori antichi e medievali, per Copernico non è tuttavia scopo dell'astronomia dimostrare esclusivamente le apparenze senza preoccuparsi della verità delle teorie adottate per farlo; ma essa deve

Né posso dubitare che i matematici dotti e sapienti saranno assolutamente d'accordo con me, se, come la filosofia soprattutto esige, vorranno conoscere ed esaminare non superficialmente ma a fondo le argomentazioni che nella mia opera porto a dimostrazione di queste cose. Affinché, dunque, sia i dotti sia gli ignoranti si rendano conto che io non sfuggo affatto al giudizio di alcuno, ho voluto dedicare queste mie meditazioni a Vostra Santità piuttosto che a qualunque altro per il fatto che, anche in questo remotissimo angolo del mondo, in cui vivo, Vi si considera la persona più eminente per dignità di grado, ma anche per amore di tutta la cultura e, in particolare, delle matematiche, così che, con la Vostra autorità e il Vostro giudizio, possiate più facilmente contenere i morsi dei calunniatori, sebbene il proverbio dica che non c'è rimedio contro il morso del sicofante.

E se tuttavia ci saranno dei chiacchieroni (ματαιόλογοι) i quali, pur ignorando tutte le scienze matematiche, pretendano di trinciare giudizi su esse, in virtù di qualche brano della Sacra Scrittura, di cui abbiano malamente stravolto il senso per i loro scopi [17], e osino attaccare e schernire questa mia opera, non me ne curo affatto fino, anzi, a disprezzare il loro giudizio come temerario. Non è infatti ignoto che Lattanzio, per altri rispetti scrittore famoso, ma non ferrato nelle scienze matematiche, parli in modo del tutto puerile

inquadrare le apparenze in una rappresentazione vera del mondo (come mostra semplicemente, ad esempio, lo stesso uso continuo in lui delle due espressioni contrapposte « motus apparens » et « motus verus »).

[17] Cfr. *Giosuè*, 10, 12-13; « E disse (Giosuè): " Sole, non muoverti verso Gabaon, né tu, luna, verso la valle di Ajalon ". E si fermarono il sole e la luna... ». L'affermazione di Copernico sembra dunque audace, ma significa solo che la Scrittura non è un trattato di astronomia e che il fine della Rivelazione non è di dare all'umanità nozioni di fisica. Tale opinione – che fu poi anche di Galileo –, del resto, non era assolutamente eterodossa nel XVI sec. in base alla tradizione: ad es., Tommaso d'Aquino ha numerosi esempi nella *Summa totius theologiae* di interpretazioni metaforiche della Scrittura. I seguaci di Copernico attribuivano comunque più del maestro molta importanza alle obiezioni che potevano ricavarsi dalle Sacre Scritture contro la teoria copernicana. Così, si vedrà, G. G. Retico aveva scritto un opuscolo che cercava molto abilmente di eliminare il conflitto fra la Scrittura e il moto della terra. E Tiedemann Giese aveva chiesto che questo opuscolo fosse premesso al testo del *De Revolutionibus* insieme ad una nuova *Prefazione* di Retico al posto di quella di Osiander, ma senza successo (cfr. Prefazione alla trad. della *Narratio*).

della forma della terra [18], insieme burlandosi di coloro che sostenevano che la terra ha forma di sfera. E perciò non deve sembrare strano agli esperti se gente di questo tipo prenderà in giro anche noi. *Mathemata mathematicis scribuntur* [19], i quali matematici si renderanno conto che pure queste mie fatiche, se non mi sbaglio, saranno di qualche vantaggio anche alla comunità ecclesiastica, di cui la Vostra Santità ha il principato. Infatti, non molto tempo fa, sotto Leone X, quando si discuteva nel Concilio Lateranense, la questione della riforma del calendario ecclesiastico [20], essa restò senza soluzione unicamente perché la lunghezza degli anni e dei mesi, e i moti del sole e della luna non si ritenevano ancora determinati a sufficienza. Da quel tempo, appunto, io volsi l'attenzione ad osservare con più cura quei fenomeni, sollecitato da quel chiarissimo monsignor Paolo, vescovo di Fossombrone, che allora presiedeva a quelle discussioni [21]. Come io

[18] Cfr. Lattanzio, *De divinis institutionibus*, III, 24. Lucio Cecilio Firmiano Lattanzio (nato verso il 250 in Numidia, chiamato da Costantino in Gallia come precettore del figlio Crispo nel 317, dopo la qual data mancano notizie), lega la sua fama alle opere di scrittore cristiano.

[19] « La matematica è fatta per i matematici »: Copernico riconferma la sua concezione del sapere astronomico come non partecipabile a chi non abbia la preparazione adatta. Il pregio del *De Revolutionibus* è, del resto, proprio quello di dare una base tecnica alla concezione eliocentrica.

[20] Cfr. la nota 8. Leone X, Giovanni de Medici (1475-1521), salito al soglio nel marzo del 1513, aveva sùbito convocato la sesta sessione del Concilio Laterano V (1512-17), di cui una commissione era incaricata della riforma del calendario. Tra i membri di questa commissione v'era un amico di Copernico, Bernard Sculteti, collega nel capitolo di Frombork, che probabilmente attirò l'attenzione del presidente della commissione, Paolo di Middelburg, su Copernico, sì che a questi venne chiesto il parere in merito. Solo nel 1582, tuttavia la riforma del calendario fu introdotta dal papa Gregorio XIII: e i calcoli necessari per essa si valsero anche delle tavole astronomiche elaborate tenendo presente l'opera di Copernico.

[21] Paolo di Middelburg nato nel 1445 (o nel 1455), fu un dotto astronomo e matematico olandese (con qualche interesse anche astrologico), che venne creato vescovo di Fossombrone nel 1494. Morì nel 1534. Su di lui cfr. Hermann von Schelling, *Paul von Middelburg und Nicolaus Kopernikus*, in « Geistige Arbeit », IX, 1942, pp. 5-6. Al tempo del Concilio Laterano fu a capo della commissione che si occupava della riforma del calendario ecclesiastico: fu lui che fece inviare esortazioni alle autorità ecclesiastiche, alle Università ed a singoli dotti affinché comunicassero le loro opinioni. Tra queste risposte giunse – pare non più tardi dell'inizio del giugno 1516 – anche quella di Copernico, di cui però non sappiamo quale fosse il contenuto. Cfr. la nota a p. 357 del commentario di A. Birkenmajer all'edizione del *De Revolutionibus* a cura dell'Accademia polacca.

mi sia distinto in questa ricerca, lascio poi soprattutto al giudizio di Vostra Santità e anche a quello di tutti gli altri dottori matematici. E perché non sembri a Vostra Santità che io prometta, sull'utilità di quest'opera, più di quanto possa effettivamente dare, passo direttamente all'argomento.

LIBRO PRIMO

[PROEMIO [1]].

Fra i molti e vari studi delle lettere e delle arti, di cui si nutrono le menti degli uomini, penso si debbano particolarmente abbracciare – e coltivare con il massimo amore – quelli che si occupano degli argomenti più belli e più degni di essere conosciuti. Quelli, cioè, che trattano delle divine rivoluzioni del mondo e del corso, delle grandezze, delle distanze, del levarsi e del tramontare degli astri e delle cause degli altri fenomeni celesti, e che, infine, ne spiegano tutto quanto l'ordinamento. Che cosa c'è, infatti, di più bello del cielo che contiene appunto tutte le cose belle? Il che del resto indicano gli stessi nomi *Caelum* e *Mundus*, questo riferendosi alla purezza e all'ornamento, quello alla cesellatura [2]. La maggior parte dei filosofi, proprio per la sua eccezionale bellezza, l'ha chiamato Dio visibile [3]. Percio, se la dignità delle scienze sarà valutata secondo la materia di cui si occupano, questa, che alcuni chiamano astronomia, altri astrologia, altri degli antichi, infine, il completamento della matematica,

[1] Queste parole d'introduzione non si trovano né nell'*editio princeps* né nelle edizioni anteriori a quella di Varsavia del 1854. Derivano dal manoscritto originale: il termine « proemio » – che sta a ricordare che nel progetto di Copernico questa era inizialmente la vera prefazione dell'opera – non si trova nel manoscritto. Inserito dagli Zeller nella loro edizione è tralasciato nell'edizione dell'Accademia polacca.

[2] Cfr. PLINIO, *Naturalis historia*, II, 4.

[3] Cfr. la nostra nota 81 al libro I. Gli Zeller nel commento alla loro ediz., p. 435, indicano vari brani di filosofi antichi (Platone, Cicerone, Macrobio, ecc.) che identificano « cielo » e « dio ».

sarà di gran lunga la più eccelsa. In effetti, essa, che è come la vetta delle arti liberali, la più degna di un uomo libero, è sorretta da quasi tutti i tipi di scienza matematica. Aritmetica, geometria, ottica, geodesia, meccanica e le eventuali altre scienze, tutte ad essa si riconducono.

E poiché è proprio delle buone arti allontanare la mente dell'uomo dai vizi, avviandola a cose migliori, questa, oltre l'incredibile piacere che procura all'animo, può farlo più pienamente delle altre. Chi, infatti, interessandosi di queste cose che, sistemate in ordine perfetto, vede guidate dalla divina gestione, contemplandole assiduamente e prendendo con esse, per così dire, una certa familiarità, non sarà spinto a cose migliori e all'ammirazione dell'artefice di ogni cosa, in cui è l'intera felicità e ogni bene? Non invano, infatti, il divino salmista si direbbe dilettato per la creazione di Dio ed esultante per l'opera delle sue mani [4], se non per il fatto che da questi mezzi, come da un veicolo, siamo condotti alla contemplazione del sommo bene. Quanta utilità poi e decoro essa apporti allo Stato (per non parlare dei vantaggi innumerevoli dei privati cittadini) è molto acutamente osservato da Platone. Egli, nel VII libro delle *Leggi*, ritiene che la si debba soprattutto coltivare, perché la determinazione del tempo, che per suo mezzo si raggiunge con l'ordinamento dei giorni in mesi ed anni e fissando le festività ed i sacrifici, rende lo Stato vivo e vigilante; e se qualcuno negasse che essa è necessaria a chi voglia insegnare una qualsiasi delle più nobili scienze, egli dice che ragionerebbe veramente da stolto. Ritiene inoltre che sarebbe molto lontano dal poter divenire ed essere chiamato divino chi non abbia la necessaria cognizione del sole, né della luna, né degli altri astri [5].

[4] *Salmi*, XCII, 5: « Sì, Jahvè, mi hai rallegrato con la tua azione; io esulto per l'opera delle tue mani ».

[5] PLATONE, *Leggi*, VII, 809 c-d. Con queste citazioni platoniche, che sono parafrasi della trad. latina del Ficino, Copernico riconferma l'importanza della riforma del calendario, largamente sentita nel Rinascimento, e da lui pure sentita come generale esigenza pubblica, anche se platonicamente rivestita di coloritura religiosa (la riforma del calendario serve anche alla determinazione esatta e devota dei sacrifici, dei riti, ecc.). Cfr. la nota 8 alla dedica a Paolo III.

D'altra parte, questa scienza, più divina che umana, che indaga sulle questioni più alte, non manca di difficoltà, soprattutto perché, intorno ai suoi princìpi ed assunzioni, che i Greci chiamano ipotesi, vediamo che quanti si disposero a trattare quelle questioni furono tra loro, nella maggior parte, discordi, e perciò non si fondarono sulle medesime dimostrazioni. Inoltre, per il fatto che il corso degli astri e la rivoluzione delle stelle, non potevano essere definiti secondo un ordine determinato né essere ricondotti ad una conoscenza perfetta, se non col passare del tempo e con l'uso di molte osservazioni precedenti, che venissero trasmesse alla posterità, per così dire, di mano in mano. Infatti, sebbene Claudio Tolomeo di Alessandria, che sopravanza di gran lunga gli altri per ammirevole acutezza e sapere, con l'aiuto di osservazioni compiute in quattrocento e più anni, abbia quasi condotto a perfezione questa scienza, così che pareva non rimanesse alcunché che egli non avesse già considerato, tuttavia, vediamo invece che la maggior parte dei fenomeni non si accordano con le conclusioni che dovevano conseguire dalla sua teoria, essendo anche stati scoperti più tardi altri moti a lui non ancora noti. Per cui anche Plutarco, dove parla della rivoluzione annua del sole, dice [6]: « Fino a questo momento, i movimenti degli astri han vinto la perizia dei matematici ». Infatti, per fare un esempio sull'anno stesso, credo che sia noto quanto diverse siano state le opinioni su di esso, fino al punto, anzi, che molti hanno disperato che se ne potesse trovare una determinazione precisa. Così, con l'aiuto di Dio, senza il quale non possiamo nulla, tenterò di fare indagini più dettagliate su ciò a proposito degli altri astri in quanto abbiamo mezzi tanto più numerosi, utilizzabili per il nostro lavoro, quanto più lungo è l'intervallo di tempo che ci separa dai fondatori di quest'arte, ai ritrovati dei quali possiamo confrontare ciò che abbiamo scoperto di nuovo. Inoltre, ammetto che esporrò molte cose in modo diverso

[6] PLUTARCO, *Quaestiones Romanae*, § 24. In realtà qui Plutarco non tratta della rivoluzione annua del sole, bensì della divisione romana del mese in Calende, None ed Idi.

dai miei predecessori, pur restando loro obbligato, perché sono essi che hanno aperto la via all'indagine di tali questioni.

Capitolo I

Perché il mondo è sferico [7].

Dapprima dobbiamo notare che il mondo è sferico, sia perché questa è la forma più perfetta di tutte, non bisognosa di commessura ma tutta in sé compatta, sia perché la sfera, di tutte le figure, è la più capace, tale cioè da essere in grado di contenere e di custodire ogni cosa, sia anche perché tutte le parti separate del mondo (cioè il sole, la luna e le stelle) appaiono di tale forma, sia perché tutte le cose tendono a delimitarsi in tal modo, così come vediamo che avviene nelle gocce d'acqua e negli altri corpi liquidi, quando tendono a delimitarsi di per sé [8]. Perciò nessuno sarà in forse nell'attribuire tale forma ai corpi celesti.

Capitolo II

Perché la terra è sferica [9].

Anche la terra è sferica, perché da ogni parte poggia sul suo centro. Quantunque la sua completa sfericità non appaia subito, data l'altezza delle montagne e la profondità delle valli, che però modificano appena la rotondità totale della

[7] Tolomeo, *Almagesto* (*Syntaxis mathematica*), lib. I, cap. 3. Copernico, in conformità con l'opinione tradizionale degli antichi (cioè con la cosmologia aristotelica), credeva che il mondo fosse sferico e finito. Ma la sua teoria lo costringe a concepire grandissima la sfera delimitante delle stelle fisse.

[8] Non pare accettabile la tesi (cfr., ad es., Adolf Müller, *Nikolaus Copernicus, Der Altmeister der neuern Astronomie*, Friburgo in Brisgovia, 1898, p. 114) che tale tendenza dei corpi ad autolimitarsi sia qualcosa di simile alla forza di attrazione di Newton. Per Copernico è una tendenza al raggiungimento della perfezione: poco prima infatti, la forma sferica è stata detta la più perfetta.

[9] *Almagesto*, lib. I, cap. 4.

terra. Il che così si manifesta. Per coloro che da qualunque parte vanno verso il Nord, quel vertice [dell'asse] della rivoluzione diurna a poco a poco si alza, mentre l'altro si abbassa di altrettanto, e mentre molte stelle, nella zona settentrionale, sembrano non tramontare, alcune, nella zona del Sud, sembrano invece non sorgere più. Così l'Italia non vede Canopo [α di Argo], che è invece visibile dall'Egitto. E l'Italia vede l'ultima stella del Fiume [10], stella che la nostra regione invece, trovandosi in zona più fredda, ignora. E inversamente, per coloro che vanno verso mezzogiorno, quelle si innalzano, mentre si abbassano queste che per noi sono in alto. Intanto, le inclinazioni dei poli hanno ovunque lo stesso rapporto rispetto agli spazi terrestri percorsi, cosa che non capita in nessun'altra figura se non in quella sferica. Per cui è chiaro che anche la terra è racchiusa da poli e che, perciò, è sferica. Si aggiunga inoltre che gli abitanti dell'Oriente non si accorgono delle eclissi di sole e di luna che avvengono di sera, mentre gli abitanti dell'Occidente non si accorgono di quelle che capitano al mattino; le eclissi poi che avvengono a metà del giorno, quelli le vedono più tardi, questi più presto. E che le acque prendano anch'esse la stessa forma, lo scorgono i naviganti: infatti, la terra che non si vede dalla nave, si riesce a vederla dalla cima dell'albero, e, d'altra parte, se si mette qualcosa di luminoso sulla cima dell'albero, quando la nave si allontana da terra, esso sembra a poco a poco abbassarsi agli occhi di quelli che sono sulla riva, finché all'ultimo, sparisce come se fosse tramontato. È noto anche che le acque, per la loro natura fluida, si dirigono sempre verso il basso, come la terra, e non si alzano dalla riva più in là di quanto lo permetta la convessità di essa. È per questo che qualsiasi terra si alza dall'Oceano conviene sia di tanto più alta [11].

[10] Così nel catalogo di Tolomeo è chiamata la costellazione di Eridano. La stella indicata è la α di Eridano.

[11] Tutti gli argomenti sin qui sviluppati erano già noti agli antichi. A Copernico è bastato riassumere Tolomeo, *Almagesto*, libro I, capp. 3 e 4.

Capitolo III

Come la terra formi con l'acqua un solo globo.

Perciò l'Oceano, che circonda la terra, allargando i suoi mari da tutte le parti, riempie gli avvallamenti più in pendenza di essa. E così c'era bisogno che ci fosse meno acqua che terra affinché l'acqua non l'assorbisse tutta (dal momento che tutte e due tendono, per la loro gravità, al medesimo centro), ma, perché potessero sopravvivere gli esseri animati, l'acqua doveva lasciare libere alcune parti della terra e le tante isole che qua e là affiorano. Infatti, anche lo stesso continente e l'orbe terrestre che altro è se non un'isola più grande delle altre? Né bisogna dar retta ad alcuni peripatetici che hanno sostenuto che tutta quanta l'acqua è dieci volte di più di tutta la terra, accettando tale congettura perché, nella trasformazione degli elementi, notoriamente, da una parte di terra che si liquefa ne vengono fuori dieci di acqua; e, dicono anche che la terra emerge così, fino ad un certo punto, perché, avendo delle cavità, non è in equilibrio da ogni parte secondo la sua gravità, e che altro è il centro di gravità, altro quello della grandezza. Ma essi si ingannano per ignoranza dell'arte geometrica, non sapendo che, affinché una parte di terra resti asciutta, non può l'acqua essere neppure sette volte tanto, senza che l'intera terra abbandoni il centro di gravità e dia luogo alle acque in quanto più pesanti di essa. Le sfere infatti stanno tra loro come i cubi dei loro diametri: se dunque per sette parti di acqua ce ne fosse una di terra, il suo diametro non potrebbe essere maggiore del raggio della sfera delle acque. Tanto meno quindi l'insieme delle acque può essere dieci volte maggiore della terra [12].

[12] Per chiarire il ragionamento di Copernico traduco qui la nota che A. Birkenmajer ha apposto a questo punto del testo nel suo commento all'edizione del *De Revolutionibus* a cura dell'Accademia polacca (pp. 360-1). « Supponiamo che nell'intero globo della Terra dall'elemento " terra " sia occupato uno spazio eguale alla settima parte dello spazio occupato dall'altro elemento, cioè dall'" acqua " o, per dirla con altre parole, che dall'elemento " terra " sia occupata solo l'ottava parte del globo terrestre. Supponiamo anche (accogliendo l'ipotesi dei peripatetici) che tutta quella

E che non vi sia anche alcuna differenza tra il centro di gravità della terra e il suo centro di grandezza, lo si può capire dal fatto che la convessità della terra che si alza dall'oceano, non aumenta sempre con un continuo rigonfiamento, perché altrimenti terrebbe lontano il più possibile le acque marine e non permetterebbe che penetrassero in essa con mari interni e con golfi tanto vasti. Per contro, la profondità dell'abisso non cesserebbe mai di aumentare a partire dalla riva dell'oceano, in modo che né un'isola, né uno scoglio, né alcunché fatto di terra si potrebbe mostrare ai naviganti in alto mare. È ben noto che tra il mare d'Egitto e il golfo arabico, quasi in mezzo all'orbe terrestre, ci sono a stento quindici stadi; Tolomeo, d'altra parte, nella sua *Cosmografia* [13] estende la terra abitata fino al circolo mediano [14], lasciando inoltre terre sconosciute là dove i moderni hanno aggiunto il Catai e vastissime regioni fino al 60° grado di longitudine [15],

massa di " terra " stia attorno ad un punto, il suo centro di gravità, e che quindi costituisca una sfera in certo qual modo galleggiante nell'altro elemento, che è l'" acqua ". Pertanto, poiché tra i diametri di quelle sfere intercorre un rapporto eguale a quello tra le radici cubiche delle sfere stesse, il diametro della sfera di " terra " è eguale alla metà del diametro di tutto il globo della Terra. Da quanto si è supposto consegue pertanto o che quella sfera di " terra " tocca solo in un punto la superficie della Terra oppure che, se emerge un po' dalle acque che la circondano, non si estende con l'altro estremo del suo diametro sino al centro della Terra. Alla prima alternativa si oppone il fatto (per usare le parole di Copernico) che non " resterebbe asciutta una parte di terra ", e la seconda fa sì che il centro della Terra parrebbe essere occupato dall'acqua. Ma né l'una né l'altra possono essere accettate, e a maggior ragione è ancora più assurdo ciò che asseriscono i " peripatetici " che nell'intero globo della Terra dall'elemento " terra " sia occupata non già la settima, bensì la decima parte di spazio quale è riempito dall'altro elemento che è l'" acqua " ».

[13] Tolomeo, *Trattato di Geografia* (Περὶ τῆς γεωγραφικῆς ὑφηγήσεως), libro VI, cap. 16. Copernico disponeva dell'edizione latina pubblicata ad Ulm nel 1486.

[14] Con l'espressione « circulus medius », Copernico indica il meridiano che passa nel centottantesimo grado di longitudine dall'isola di Hierro, nelle isole dei Beati o Fortunate (le Canarie). Tolomeo, infatti, calcola la longitudine geografica partendo da Hierro; e Sera (a 180° longitudine est e tra il 35° e il 36° di latitudine nord) è l'ultima terra conosciuta (per il mercato della seta) ad est: oltre c'è terra sconosciuta. Cfr. Tolomeo, *Trattato di Geografia*, libro VI, cap. 16.

[15] Catai è l'Asia settentrionale, sconosciuta agli antichi Greci e Romani, con longitudine tra il 160° e il 180° est da Hierro e latitudine nord compresa tra 35° e 45°. Le « vastissime regioni » fino al 60° di longitudine, sono quelle dell'altro emisfero (oltre il 180° longitudine est), che si supponevano estendersi sino alle Antille da poco scoperte. È probabile che Copernico

così che la terra abitata si estende ad una longitudine maggiore del resto dell'oceano. E se aggiungiamo anche le isole scoperte nella nostra epoca sotto i prìncipi delle Spagne e del Portogallo e soprattutto l'America, così chiamata dal nome del comandante di navi che la scoprì [16], che, per la sua estensione ancora ignota, considerano un altro mondo [continente], oltre molte altre isole prima sconosciute, non ci meravigliamo più che ci siano degli antipodi o antictoni. Infatti un calcolo geometrico ci induce a credere che l'America sia in posizione diametralmente opposta a quella dell'India Gangetica. Per tutto questo infine credo che sia chiaro che la terra e l'acqua insieme tendano ad uno stesso centro di gravità e che non vi sia un centro diverso di grandezza della terra, la quale, essendo più pesante, ha le sue fenditure che si riempiono d'acqua; perciò l'acqua è in quantità modesta rispetto alla terra, anche se alla superficie può apparire di più. Naturalmente, è necessario che la terra con le acque che la attorniano abbia la forma che mostra la sua ombra: essa proietta infatti, sulla luna in eclisse, la circonferenza di un cerchio perfetto. Pertanto la terra non è piatta, come hanno pensato Empedocle e Anassimene, né a forma di tamburo, come credeva Leucippo, né a forma di scafo, come riteneva Eraclito, né in altro modo cava, come diceva Democrito e neppure cilindroide, come sosteneva Anassimandro, ed essa non è infinita nella parte inferiore con densità crescente radicalmente, come diceva Senofane, ma è di un'assoluta rotondità, come pensano i filosofi [17].

abbia presenti i viaggi di Marco Polo (1254-1324) che chiama appunto la Cina Catai o Cataio.

[16] È singolare che Copernico considerasse scopritore dell'America non Cristoforo Colombo, bensì il navigatore fiorentino Amerigo Vespucci (1454-1512) che compì due viaggi attraverso l'Atlantico: il primo, dal maggio 1499 sino al giugno del 1500, l'altro dal maggio 1501 al giugno 1502, scoprendo gran parte del litorale orientale dell'America meridionale. Copernico in quegli anni viveva in Italia; ma difficilmente poteva ignorare l'impresa precedente del Colombo. Se non lo nomina, ciò si deve forse – cfr. A. Birkenmajer, commento cit., p. 361 – al fatto che lo stesso Colombo non pensava d'aver scoperto isole di un nuovo continente, bensì isole appartenenti all'India Gangetica. Il primo ad invalidare tale convinzione fu appunto il Vespucci.

[17] Plutarco (pseudo), *De placitis philosophorum*, III, capp. 9-10.

Capitolo IV

Perché il movimento dei corpi celesti è uniforme e circolare perpetuo o composto di movimenti circolari [18].

Dopodiché, ricorderemo che il movimento dei corpi celesti è circolare. La mobilità della sfera (*sphaerae*), infatti, consiste nel girare in circolo: con questo stesso atto, mentre si muove, [passando] per gli stessi [punti] in sé stessa, essa esprime la sua forma nel corpo più semplice, in cui non è possibile trovare principio né fine, né distinguere l'uno dall'altro [19].

[18] È il principio dell'astronomia antica (cfr. Platone, *Timeo*, 33 b; Aristotele, *Fisica*, VIII, 9, 265 b14), comune alla teoria delle sfere omocentriche e a quella degli eccentrici ed epicicli, che Copernico non solo accetta ma vuole restaurare nella sua purezza contro le deviazioni degli astronomi precedenti. Il movimento circolare è quello naturale dei corpi celesti, perché è l'unico che può proseguire indefinitamente in uno spazio finito. Quanto all'uniformità dei moti celesti, si tratta egualmente di un'« assioma »: così, infatti, lo chiama Copernico nel cap. 2 del libro IV.

[19] Questo passo è il punto d'appoggio della tesi del Koyré (cfr. *Des révolutions etc.* cit., pp. 20-21; trad. it. cit., p. XXIV), secondo cui « Copernico fa una fisica geometrica, più esattamente: una fisica della geometria ottica. Così, egli cambia la nozione di forma: là ove la fisica antica parlava di forma sostanziale, Copernico intende forma geometrica ». « Per Aristotele questo movimento [quello circolare] è un *proprium* dei corpi celesti ed esprime la loro forma sostanziale: le sfere girano perché sono celesti, vale a dire eterne e divine. Per Copernico esse girano in virtù della loro forma sferica, forma geometrica e non più sostanziale: la forma geometrica ha in lui una virtù dinamica ». (*op. cit.*, p. 143; trad. it. cit., p. 47). Su tale tesi il Koyré è ritornato nel più recente volume *La révolution astronomique*, trad. cit., pp. 57 e 93. Ad essa si è opposto Aleksander Birkenmajer, in *Les éléments traditionnels et nouveaux dans la cosmologie de Nicolas Copernic*, 1965, ora in *Études etc.* cit., pp. 655-56. Egli ha proposto la seguente traduzione (che abbiamo in parte adottato) « La mobilità della sfera [geometrica] consiste nel girare in tondo e nel riprodurre, con questa azione, la sua forma [sferica] nel solido più semplice dove non si può trovare né inizio né fine, né distinguere l'uno dall'altra quando essa si muove, [passando] per i medesimi [punti] in sé stessa ». E precisa: « Convengo che questa frase offre nei particolari qualche difficoltà di interpretazione; tuttavia è innegabile che l'intenzione di Copernico era di dare in questo luogo una descrizione cinematica del movimento circolare della sfera in quanto tale, e non di affermare che le sfere celesti girano perché (!) sono sferiche ». A favore del Koyré sta tuttavia il fatto che – come abbiamo notato nella nota 1 alla traduzione del *Commentariolus* – Copernico ha effettivamente la propensione ad attribuire alla forma geometrica delle sfere l'uniformità del loro moto. E nel passo qui in questione (ammesso, come pare) che si tratti soltanto di una descrizione cinematica del moto della sfera, non va trascurato il fatto che da esso è immediato il passaggio al riferimento alle sfere celesti,

Ma in dipendenza della molteplicità delle sfere (*orbium*) ci sono molti movimenti [20]. Il più noto è la rivoluzione quotidiana, che i Greci chiamano νυχθήμηρον [21], cioè lo spazio di tempo del dì e della notte. Con questa [rivoluzione] si pensa che tutto il mondo, ad eccezione della terra, scorra da oriente ad occidente. Questa rivoluzione è considerata la misura comune di tutti i movimenti, poiché anche lo stesso tempo noi lo misuriamo soprattutto secondo il numero di giorni.

Poi vediamo altre rivoluzioni, per così dire controtendenti, vale a dire da occidente ad oriente, cioè quelle del sole, della luna e dei cinque pianeti. Così il sole ci dà l'anno, la luna i mesi, i periodi di tempo più noti; così, anche gli altri cinque astri, compiono ciascuno il suo circuito. Però questi movimenti differiscono per molti aspetti: prima di tutto, perché non si hanno intorno agli stessi poli della prima rivoluzione, ma corrono, invece, sull'obliquità del cerchio zodiacale [l'eclittica]; inoltre, perché, nel loro stesso circuito, non sembrano muoversi in modo uniforme. Infatti, il sole e la luna appaiono muoversi ora con maggiore ora con minore velocità. Quanto poi agli altri cinque astri, talora li vediamo perfino retrogradare e, tra l'avanzare e il tornare indietro, anche fermarsi. E, mentre il sole procede sempre in avanti nel suo cammino, questi vanno errando in modi diversi, ora dirigendosi verso il nord ora verso il sud: comportamento che viene indicato dal loro stesso nome di *pianeti* [22]. Si ag-

e che Copernico ha detto poco prima che la sfera « esprime la sua forma nel corpo più semplice. Cfr. inoltre, più avanti, libro I, cap. 8.

[20] Copernico ritenne reali (materiali) o immaginarie le sfere celesti? Come osserva E. ROSEN, nell'introduzione a *Three Copernican Treatises* cit. (pp. 11 segg.), in nessun passo della sua opera egli asserisce o nega esplicitamente la fisicità delle sfere. Keplero ritenne tuttavia che Copernico accettasse l'esistenza di sfere solide (*orbes solidi*) (*Opera omnia*, ed. Ch. Frisch, Francoforte, 1858-71, vol. III, p. 181). La tesi di Keplero pare avere un buon fondamento, se si tiene presente che nel suo progetto di riforma dell'astronomia, Copernico mira a superare la divisione tra astronomia cosmologica e astronomia calcolatoria. D'altra parte, il periodo a cui si riferisce la presente nota (come il periodo precedente, in cui si dice che la sfera « esprime la sua forma nel corpo più semplice ») pare lasciar trasparire una convinzione circa la realtà delle sfere. Cfr. A MÜLLER, *op. cit.*, pp. 65 segg.

[21] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. I, cap. 8.

[22] « Pianeta », dal greco πλανήτης = errante, vagante.

giunga poi che talora sono assai vicini alla terra, e in questo caso si dice che sono al perigeo, altre volte, invece, essendo più distanti, si dice che sono all'apogeo. Tuttavia, è necessario riconoscere che tutti questi movimenti sono circolari, o composti di diversi movimenti circolari, perché, anche in queste ineguaglianze, seguono una legge certa e certi ritorni periodici: cosa che non potrebbe verificarsi, se non fossero circolari. Solo il cerchio, infatti, può ripetere ciò che è avvenuto. Come, per esempio, il sole, col suo movimento composto di movimenti circolari, ci riporta l'ineguaglianza dei giorni e delle notti e le quattro stagioni, nel qual moto si riconoscono parecchi movimenti: perché non può accadere che il corpo celeste semplice sia mosso in modo ineguale da una sola sfera [23]. Questo infatti potrebbe avvenire, o per una incostanza della potenza motrice, sia essa esterna o di natura intrinseca, o per diseguaglianza del corpo che viene mosso. Ora, siccome l'intelligenza sente ripugnanza per entrambe queste ipotesi, ed essendo anzi addirittura sconveniente supporre l'esistenza di qualcosa di simile negli enti che sappiamo costituiti secondo il migliore degli ordini, è necessario ammettere che i loro movimenti eguali ci appaiono come diseguali o a causa della diversità dei poli di quei cerchi o anche perché la terra non è al centro dei cerchi lungo i quali essi ruotano; e per noi che guardiamo dalla terra i movimenti degli astri, accade che, per le distanze ineguali, essi sembrano più grandi quando sono più vicini, che quando sono più lontani (come è dimostrato in ottica) [24]; così i loro moti lungo archi uguali di circonferenza ci appariranno (per le diverse distanze del punto d'osservazione) come ineguali in tempi eguali.

Perciò penso che sia prima di tutto necessario che attentamente esaminiamo quale rapporto corra tra terra e cielo, affinché, mentre vogliamo considerare le cose più alte, non

[23] il testo è: « Quoniam fieri nequit, ut caeleste corpus simplex uno orbe inaequaliter moueatur ». È un'altra testimonianza a favore della tesi kepleriana che Copernico ammettesse *orbes solidi*.

[24] Cfr. ad es., EUCLIDE, *Ottica*, § 5. Copernico poteva disporre della traduzione latina (fatta da Giorgio Valla e Bartolomeo Zamberto) della revisione dell'*Ottica* fatta da Teone: l'edizione è del 1505.

finiamo con l'ignorare quelle che ci sono più vicine né attribuiamo, a causa di questo errore, ai corpi celesti quello che invece appartiene solo alla terra.

Capitolo V

Se alla terra convenga un moto circolare e quale sia il suo luogo.

Si è già dimostrato che anche la terra ha la forma di un globo. Ma penso che occorra ora considerare se pure il movimento derivi dalla sua forma [25] e quale luogo gli spetti nell'universo: senza di che non si può trovare un calcolo certo dei fenomeni celesti. Sebbene per lo più gli studiosi siano d'accordo nel dire che la terra sta, immobile, al centro del mondo, così che ritengono insostenibile e addirittura ridicolo pensare il contrario, tuttavia, se considereremo il problema con maggiore attenzione, vedremo che di esso non abbiamo ancora alcuna soluzione definitiva, e che non è quindi da trascurare. Infatti, ogni movimento locale apparente avviene o perché si muove la cosa vista o perché si muove colui che la vede o per un movimento, beninteso diverso, di entrambi. Perché quando i mobili, [cioè e la cosa vista e lo spettatore] si muovono uniformemente nella stessa direzione, il movimento non viene percepito. Ora, è dalla terra che si scorge e viene presentato alla nostra vista quel circuito celeste. Se dunque un qualche movimento spettasse alla terra, questo si riscontrerebbe, eguale, in tutte le cose che le sono esterne, ma come se fossero trascinate in direzione opposta, come appare anzitutto per la rivoluzione quotidiana. Essa, infatti, pare trascinare il mondo intero, ad eccezione della terra e di tutto ciò che le è vicino. E se, ammettendo che il cielo non ha niente di questo movimento, ma che invece è la terra che si muove da occidente ad oriente, si esaminasse poi

[25] Il passo sembra confermare la tesi del Koyré, cfr. nota 19; ecco il testo: « Iam quia demonstratum est, terram quoque globi formam habere, videndum arbitror, an etiam formam eius sequatur motus ».

seriamente ciò che accade in relazione al levarsi e al tramontare apparente del sole, della luna, delle stelle, si troverebbe che succede proprio in questo modo. E poiché il cielo contiene e cela in sé ogni cosa, è cioè il luogo comune di tutto, non appare subito chiaro perché il movimento non debba essere attribuito al contenuto invece che al contenente, a ciò cui è dato il luogo (*locato*), invece che a ciò che lo dà (*locanti*). Così credevano certamente i Pitagorici Eraclide ed Ecfanto, e Niceto Siracusano – a quel che ne dice Cicerone [26] –, che facevano girare la terra al centro del mondo. Pensavano infatti che le stelle tramontassero per l'interposizione della terra e che sorgessero quando cessava tale interposizione.

Ammettendo questo, consegue un'altra questione, di non minore interesse, sul luogo della terra, sebbene ormai da parte di quasi tutti si creda e si pensi che la terra è il centro del mondo. Perché, se qualcuno negasse che la terra occupi il punto di mezzo o centro del mondo e non ammettesse tuttavia che la distanza [tra centro e terra] sia abbastanza grande da essere paragonabile alla [distanza rispetto] alla sfera delle fisse, ma molto grande ed evidente in rapporto alle sfere del sole e degli altri astri, e pensasse inoltre che il loro movimento appare ineguale in quanto riferentesi ad un centro diverso da quello della terra, potrebbe forse dare una spiegazione nient'affatto assurda della ineguaglianza del moto apparente. Poiché, infatti, i pianeti ci appaiono talvolta più vicini e talvolta più lontani dalla terra, ne deriva necessariamente che il centro di quei cerchi non è il centro della terra. Ché anzi non è affatto chiaro se sia la terra ad avvicinarsi a quelli e ad allontanarsene, o se sian quelli, invece, ad avvicinarsi e ad allontanarsi dalla terra, e tanto meno ci sarebbe da meravigliarsi se qualcuno, oltre alla rivoluzione diurna, pensasse ad un qualche altro movimento della terra. Si tramanda [27] che il pitagorico Filolao, eccellente matematico,

[26] Cfr. le note 11 e 12 alla dedica a Paolo III. Cicerone, *Academica priora*, II, § 123.

[27] Plutarco (pseudo), *De placitis philosophorum*, III, 13. Nella copia dei frammenti del libro I, recentemente trovata da M. Markowski nella Biblioteca Jagellonica di Cracovia, cfr. *The Earliest Unknown Excerpts from*

pensasse che la terra si muove, e addirittura sia vagante con più movimenti, e che essa è uno dei pianeti: e proprio per incontrare tale matematico, come tramandano i biografi [28], Platone non esitò a recarsi in Italia.

Molti hanno pensato invece di poter dimostrare con argomentazioni geometriche che la terra è nel mezzo del mondo e che, come un punto in relazione all'immenso cielo, occupi il posto centrale; per questa causa è immobile, perché, muovendosi l'universo, il centro resta immobile e le cose che ad esso [centro] sono più vicine si muovono assai lentamente [29].

Capitolo VI

Dell'immensità [30] del cielo in rapporto alla grandezza della terra

Che questa pur così grande mole della terra non sia paragonabile alla ampiezza del cielo, risulta da ciò: i cerchi che determinano i confini [orizzonti] (in questo senso, infatti, è inteso dai Greci il termine ὁρίζοντας) dividono l'intera sfera celeste in due parti eguali, cosa che non potrebbe accadere se la grandezza della terra nei confronti del cielo, o la sua distanza dal centro del mondo fossero di dimensioni considerevoli. Infatti, il circolo che taglia la sfera in due parti eguali è quello che passa per il centro ed è anche il più grande dei cerchi tracciabili. Sia infatti l'orizzonte il cerchio $ABCD$ e la terra, da cui lo vediamo, sia E, il quale sia anche il centro dell'orizzonte, da cui vengono separate le stelle visibili da

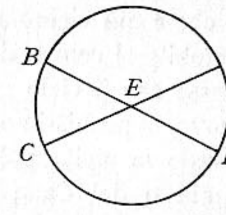
Nicholas Copernicus' « De Revolutionibus », in *Studia Copernicana*, VI, 1974, p. 29, è riprodotto a questo punto del cap. V il testo greco che nella edizione principe del *De Revolutionibus* compare nella lettera dedicatoria al pontefice Paolo III. Si veda anche B. Biliński, *Il pitagorismo di Niccolò Copernico* cit., pp. 48 e 54 segg.

[28] Di tale viaggio fa menzione Diogene Laerzio, *Vite dei filosofi*, VIII, 84; ma è probabile che a Copernico la notizia venga dagli scritti del Bessarione (cfr. A. Birkenmajer, commento cit., p. 363).

[29] Tolomeo, *Almagesto*, libro I, capp. 5-6. È un'argomentazione fisica e non puramente geometrica, poiché la terra non è un punto.

[30] « Immensitas » è l'incommensurabile grandezza del cielo rispetto alla grandezza della terra. Non si tratta di infinità. Cfr. nota 7.

quelle non visibili. Si veda, attraverso una diottra o un oroscopio o una livella posta in E, sorgere l'inizio della costellazione del Cancro nel punto C; nello stesso momento, l'inizio del Capricorno apparirà tramontare in A. Ma poiché i punti A, E, C, sono sulla linea retta passante per la diottra, è chiaro che questa retta è il diametro dell'eclittica [cioè, del cerchio dello Zodiaco], per il fatto che sei costellazioni visibili [dello Zodiaco] delimitano un semicerchio e il punto E è lo stesso centro dell'orizzonte. D'altra parte, avvenuta una rivoluzione, l'inizio del Capricorno sorgerà in B, mentre il tramonto del Cancro sarà visto in D e BED sarà una retta anch'essa diametro dell'eclittica. Ma già si è visto che anche AEC è diametro dello stesso cerchio; è chiaro quindi che il suo centro è nella loro comune intersezione. Così dunque l'orizzonte taglia sempre in due parti eguali l'eclittica, che è un circolo massimo della sfera. Ma se su una sfera un circolo taglia per metà uno dei circoli massimi, è esso stesso un circolo massimo. Dunque l'orizzonte è uno dei circoli massimi e il suo centro è lo stesso di quello dell'eclittica, come è evidente, pur essendo tuttavia la linea che passa per la superficie della terra necessariamente diversa da quella che passa per il suo centro. Ma, per la loro immensità nei confronti della terra, esse divengono simili a delle parallele che, per l'enorme distanza del termine, sembrano essere come una sola linea, dal momento che lo spazio che contengono fra di loro risulta non comparabile, da parte dei nostri sensi, con la loro lunghezza, come è dimostrato in ottica [31].



È abbastanza chiaro, grazie a questo ragionamento, che il cielo è, in paragone alla terra, immenso e che ha l'aspetto di un'infinita grandezza e che, d'altronde, secondo i sensi, la terra è in confronto al cielo come un punto rispetto ad un corpo, come il finito rispetto alla grandezza dell'infinito [32].

[31] Euclide, *Ottica*, § 3.

[32] Nell'*Arenarius* Archimede riferisce le convinzioni di Aristarco assai simili a quelle copernicane. L. Ideler, in *Ueber das Verhältnis des Copernicus*

Ma con ciò non pare che si sia dimostrato niente altro; non può derivarne infatti che la terra sta ferma al centro del mondo. Ché anzi tanto più dovremo meravigliarci se la così grande vastità del mondo ruotasse nello spazio di ventiquattro ore, piuttosto che la terra, che è una sua parte così piccola.

Dire infatti che il centro è immobile e che meno si muove ciò che è più vicino al centro, non dimostra che la terra, stia immobile al centro dell'universo, non diversamente che se si dicesse che il cielo gira e che i poli sono immobili e che si muovono pochissimo le parti più vicine ai poli. Così come si vede la stella polare muoversi molto più lentamente di Aquila o del Cane minore [33], perché, vicinissima al polo, descrive un circolo minore, poiché tutte quante sono sulla stessa sfera, la cui mobilità, diminuendo verso l'asse, non ammette che il movimento di tutte le sue parti sia dappertutto eguale; parti che la rivoluzione del tutto fa ritornare in tempi eguali, non percorrendo tuttavia esse spazi eguali.

A ciò tende dunque l'argomentazione, quasi che la terra fosse parte della sfera celeste, con lo stesso movimento e la stessa natura, sicché essa si muova poco, in quanto vicinissima al centro. Si muoverà dunque anch'essa, in quanto corpo e non centro [geometrico], tracciando, nel medesimo tempo, circonferenze simili al cerchio celeste, sebbene più piccole. Quanto questo sia falso è più chiaro che la luce: ne conseguirebbe infatti che in un luogo sarebbe sempre mezzogiorno, in un altro sempre mezzanotte, in modo che non potrebbero verificarsi né il sorgere né il tramontare quotidiano [del sole], poiché il movimento del tutto e della parte sarebbe uno ed inseparabile [34].

zum Altertum, Lipsia, 1876, p. 40, così osserva: «Secondo la sua [di Aristarco] ipotesi, né le stelle fisse né il sole hanno movimento, ma la terra si muove in un cerchio di cui il sole occupa il centro. La sfera delle stelle fisse, concentrica a questo, è però secondo la sua opinione tanto grande che l'estensione del circuito della terra sta alla distanza dalla stessa come il punto centrale della sfera alla sua superficie».

[33] Le stelle più notevoli della Costellazione dell'Aquila nell'emisfero Nord e di quella del Cane Minore (*Canicula*, dice Copernico), nell'emistero Sud, sono, rispettivamente, Altair e Sirio. Entrambe le costellazioni sono vicine all'eclittica.

[34] Copernico rigetta la tesi che la terra sia trascinata dal moto dell'in-

Ma di gran lunga diverso è il rapporto tra le cose distinte da naturale differenza: sì che quelle che si volgono in un circolo più breve, si muovono più in fretta di quelle che percorrono un circuito maggiore. Così Saturno, il più alto degli astri erranti, compie la sua rivoluzione in un periodo di trent'anni, mentre la luna, che indubbiamente è la più vicina alla terra, compie il suo circuito in un solo mese; e per la stessa terra, infine, crederemo che occorra lo spazio di un giorno e di una notte, perché essa ruoti. Risorge quindi lo stesso problema della rivoluzione diurna.

Ma anche il suo luogo va ancora indagato, il quale, da quanto si è detto sopra, non è per nulla certo. Quella dimostrazione, infatti, non prova niente altro che l'indefinita grandezza del cielo nei confronti della terra. Ma, fin dove si estenda questa immensità, non è affatto noto [35]. Come, in senso opposto, [avviene] per i corpuscoli piccolissimi e indivisibili che si chiamano atomi, che, non essendo percepibili, in due o in più non riescono subito a formare un corpo visibile, ma possono tuttavia essere moltiplicati sino al punto da arrivare a riunirsi in numero bastevole da formare un corpo di grandezza visibile, così anche riguardo al luogo della terra, sebbene essa non sia posta nel centro del mondo, tuttavia la sua stessa distanza da lì è quasi niente soprattutto in relazione alla sfera delle stelle fisse [36].

tera sfera dell'universo, rimanendo tuttavia sempre nei pressi del centro di questo, intorno al quale descriverebbe un piccolo cerchio. Anche i pianeti, in tal caso, condividerebbero il moto dell'intera sfera dell'universo; e, naturalmente, anche il sole.

[35] Le dimensioni della sfera delle stelle fisse è tuttavia tale che se anche la terra non è al centro del mondo e compie una rivoluzione attorno al sole, non è tuttavia percepibile una parallasse delle stelle fisse: infatti, non era mai stato osservato prima di Copernico uno spostamento delle posizioni apparenti delle stelle, né l'osservò lui né, dopo di lui, venne osservato ancora per molto tempo; solo nel 1838, Friedrich Whilhelm Bessel determinò per la prima volta la parallasse di una stella fissa (la 61 *Cygni*).

[36] Quest'ultimo periodo non compare nelle edizioni a stampa prima di quella di Thorn (1873), in quanto esso si trova non nell'*editio princeps*, bensì soltanto nel manoscritto (p. 5 r) ed è in esso cancellato da una sottile linea curva, salvo le ultime parole (da «soprattutto») che si trovano alla p. 5 v.

Capitolo VII

Perché gli antichi hanno ritenuto che la terra se ne stia immobile in mezzo al mondo come suo centro [37].

Per questa ragione gli antichi filosofi hanno tentato, con alcune altre argomentazioni, di sostenere che la terra sta nel mezzo del mondo. Invero come causa principale allegano la gravità e la leggerezza. Senza dubbio, l'elemento della terra è il più pesante di tutti e tutte le cose pesanti si portano verso di essa, tendendo al suo centro. E poiché la terra, verso cui i gravi tendono per loro natura da ogni parte, formando angoli retti con la sua superficie, è rotonda, se i gravi non fossero trattenuti dalla superficie stessa precipiterebbero tutti al suo centro: infatti una linea retta, che formi angoli retti con una superficie nel punto in cui è tangente alla sfera, conduce al centro [di questa]. E le cose che tendono al centro, pare risultare che in esso stiano in quiete. Tanto più dunque la terra intera starà in quiete nel centro e, ricevendo tutti i gravi che su di essa cadono, rimarrà essa stessa immobile per il suo peso.

La stessa cosa cercano anche di provare a cagione del movimento e per la sua natura. Aristotele dice che il movimento di un corpo uno e semplice è semplice. Dei movimenti semplici l'uno è rettilineo, l'altro circolare; e dei rettilinei l'uno è verso l'alto, l'altro verso il basso. Di conseguenza, ogni movimento semplice o è verso il centro, che è appunto quello verso il basso, o è a partire dal centro, cioè quello che va verso l'alto, o è attorno al centro, cioè è quello circolare. Solo alla terra e all'acqua, che sono ritenute corpi pesanti, si addice l'essere portate in giù, cioè tendere al centro; all'aria, invece, e al fuoco, corpi leggeri, si addice tendere all'alto, allontanandosi dal centro. Pare opportuno attribuire a questi quattro elementi un moto rettilineo, ai corpi celesti, invece, un moto circolare, attorno al centro. Questo è quanto dice Aristotele [38].

[37] Cfr. Tolomeo, *Almagesto*, lib. I, cap. 7.
[38] Aristotele, *De caelo*, I, 2; *Physica*, II, 1 e V, 2.

Se dunque, afferma Tolomeo Alessandrino, la terra girasse, sia pure solo con rivoluzione quotidiana, succederebbe necessariamente il contrario di ciò che si è detto. Infatti, il moto dovrebbe essere turbinoso e insuperabile la sua velocità che, in ventiquattro ore, fa compiere l'intero circuito della terra. Ma le cose che vengono trascinate da un precipitoso movimento di rotazione, appaiono del tutto incapaci di coesione, e, quando sono unite, tendono piuttosto a disperdersi, a meno che non siano tenute insieme con forza. Già da tempo, aggiunge [Tolomeo], la terra, sparpagliata, sarebbe caduta quindi fuori dal cielo stesso (cosa assolutamente ridicola), e tanto meno gli esseri animati e tutti gli altri corpi liberi potrebbero, in qualche modo, restare stabili. Neppure i gravi, poi, che cadono in linea retta potrebbero incontrare, perpendicolarmente il luogo su cui era destinato che dovessero arrivare, essendo stato questo, nel frattempo, loro trascinato via disotto, con tanta rapidità. E anche le nubi e tutto ciò che è sospeso nell'aria, noi lo vedremmo sempre trascinato verso occidente [39].

Capitolo VIII

Confutazione delle argomentazioni sopra riportate e loro insufficienza.

Per queste ragioni, senza dubbio, e per altre simili, dicono che la terra sta immobile al centro del mondo e che ciò non lo si può assolutamente mettere in discussione. Ma se qualcuno pensasse che la terra ruota, direbbe in ogni caso che il moto è naturale, non violento. E le cose che si realizzano secondo natura hanno effetti contrari a quelle che si realizzano, invece, secondo violenza [40]. Le cose, infatti, sotto-

[39] Tolomeo, *Almagesto*, lib. I, cap. 7. Su queste discussioni, che riguardano luoghi tipici dell'astronomia antica e medioevale, cfr. A. Birkenmajer, commento cit., p. 363.
[40] Aristotele, *De generatione et corruptione*, II, 6. Il Duhem – *Un précurseur français de Copernic: Nicole Oresme (1377)*, in «Revue générale des sciences pures et appliquées», XX, 1909, pp. 866-73 – ritenne che

poste a forza o impeto necessariamente vengono distrutte e non possono sussistere a lungo. Quelle, invece, che sono fatte dalla natura si realizzano convenientemente e restano nella loro migliore composizione. È quindi senza senso il timore di Tolomeo [41] che la terra e tutti gli esseri terrestri vengano distrutti in una rivoluzione prodotta per virtù della natura, che è ben diversa da quella dell'arte o da quella che può derivare dall'ingegno umano.

E perché poi questo timore non lo prova – e di gran lunga più grave – per il mondo, il cui movimento dev'essere tanto più veloce, quanto più vasto della terra è il cielo? O il cielo è forse divenuto così immenso, perché il movimento, con indicibile violenza, lo strappa via dal centro e crollerebbe altrimenti se stesse fermo? Certo, se questa argomentazione stesse in piedi, necessariamente la grandezza del cielo si estenderebbe all'infinito. Infatti, quanto più venisse portato in alto dalla violenza del movimento, tanto più veloce diverrebbe il movimento suo, perché la circonferenza da percorrere nello spazio di ventiquattro ore sarebbe sempre più ampia: e, a sua volta, divenendo più veloce il movimento, crescerà l'immensità del cielo. Così, all'infinito, la velocità farà crescere la grandezza e la grandezza la velocità. Ma, per quel famoso assioma fisico secondo cui « ciò che è infinito non può spostarsi né muoversi in alcun modo », il cielo necessariamente dovrà star fermo [42].

l'affermazione della naturalità del moto di rotazione della terra da parte di Copernico fa pensare alle osservazioni analoghe di Oresme nel suo *Traité du Ciel et du Monde*, quasi che i capitoli sull'argomento del *De Rivolutionibus* fossero un « riassunto, troppo conciso ed talvolta oscuro », dell'opera di Oresme. A. Birkenmajer (commento cit., pp. 364-5) obietta alle affermazioni del Duhem, oltre al fatto che non si sa in che modo Copernico potrebbe aver conosciuto il *Traité* di Oresme, anche l'originalità di Copernico nell'ammettere un moto di rivoluzione, oltre che di rotazione e nel ritenere tali moti non come semplici ipotesi, come invece aveva fatto Oresme a proposito del moto di rotazione, ch'egli ritiene possibile, ma non reale.

[41] Cfr. *Almagesto*, lib. I, cap. 7.

[42] ARISTOTELE, *De caelo*, I, 5: « L'infinito non può muoversi »; *Physica*, III, 4: « Bisogna anzitutto distinguere in quanti modi si parla dell'infinito: uno è nel senso che non ha possibilità di muoversi »; *De caelo*, I, 7: « Ma è certo che l'infinito non può muoversi »... « È più logico infatti argomentare anche qui che l'infinito non si muove neppure in circolo, essendo omogeneo. L'infinito infatti non ha centro e ciò che si muove in circolo si muove intorno al centro; ma neppure in linea retta si muove l'infinito... ».

Però dicono che di là dal cielo non c'è corpo, né luogo, né vuoto, e assolutamente nulla e che, quindi, non c'è niente in cui il cielo potrebbe andare a finire. Allora, è certamente una cosa strana che qualcosa possa essere fermata dal niente. Se poi il cielo fosse infinito, e finito solo per la cavità interna, sarebbe forse ancor più constatabile che di là dal cielo non c'è proprio niente, perché, qualsiasi dimensione possieda, tutto sarebbe in lui; ma il cielo rimarrebbe immobile [43]. Infatti, il movimento è l'argomentazione fondamentale su cui si fa leva per dire che il mondo è limitato [44].

Se il mondo sia finito o infinito [45], lasciamo pure alla disputa dei filosofi naturali, tenendo intanto per certo che la terra, tra i suoi poli, è limitata da una superficie sferica. Perché dunque esitiamo ancora ad attribuirle la mobilità che si accorda, per natura, alla sua forma, invece che far scivolare tutto quanto il mondo, di cui si ignorano e non si possono conoscere i limiti? e perché non ammettiamo piuttosto che in cielo è l'apparenza della sua quotidiana rivoluzione, e in terra la sua verità? Riconosciamo che le cose stanno come quando parla l'Enea di Virgilio, dicendo:

Provehimur portu, terraeque urbesque recedunt [46].

[43] Cfr. ARISTOTELE, *De caelo*, I, 9. Dopo aver detto all'inizio del capitolo che il cielo contiene tutti i corpi, e che fuori di esso non ve n'è alcuno, Aristotele afferma anche: « è al tempo stesso evidente che non c'è luogo né vuoto né tempo al di fuori del cielo ».

[44] L'immobilità della terra implica effettivamente la finitezza del mondo, perché la rotazione dell'infinito sarebbe assurda. Copernico potenzialmente, anche se non di fatto, impugna tale dimostrazione della finitezza con la sua ipotesi del moto della terra. Cfr. KOYRÉ, *Des révolutions etc.* cit., p. 145, nota 5, trad. it. cit., p. 73.

[45] Ad esempio, Nicola Cusano (1400-1464) già nel 1440 nell'opera *De docta ignorantia* (II, 17) aveva detto che « la terra è una stella mobile » e che il mondo « è una sfera infinita avente il suo centro dappertutto e la sua circonferenza in nessun luogo ». Cfr. R. KLIBANSKY, *Copernic et Nicolas de Cues*, in *Léonard de Vinci et l'expérience scientifique du XVI siècle*, Parigi, 1953. Si veda anche A. KOYRÉ, *La révolution astronomique*, trad. cit., pp. 62-63, nota 7. Circa il rifiuto di Copernico di affrontare questioni proprie dei filosofi naturali, pur considerando la sua opera di astronomo come mirante a cogliere la struttura reale del mondo cfr. A. BIRKENMAJER, commento cit., pp. 366-7; e la nostra Introduzione, pp. 44 seg.

[46] VIRGILIO, *Eneide*, III, 72: « Salpiamo dal porto, e le terre e le città si allontanano ».

Giacché, quando una nave viaggia nella bonaccia, i naviganti vedono tutte le cose che sono fuori di essa muoversi ad immagine del suo movimento e, inversamente, credono sé stessi e tutto ciò che hanno con sé in riposo. Così di certo può accadere anche per il movimento della terra, in modo che si creda che tutto quanto il mondo giri attorno ad essa.

Ma che potremo dire, dunque, delle nubi e di tutte le altre cose sospese nell'aria, sia di quelle che tendono al basso come di quelle che, invece, volgono verso l'alto? Niente altro se non che non solo la terra con l'elemento acqueo che le è unito si muove in tal modo, bensì anche una parte non trascurabile dell'aria e tutto ciò che, nello stesso modo, ha un rapporto con la terra, sia che l'aria vicina, mescolata di materia terrea e acquosa, segua lo stesso comportamento naturale della terra, sia che il moto dell'aria sia un movimento acquisito che l'aria, essendo vicina alla terra, prende da essa senza resistenza e con perpetua rivoluzione. D'altra parte poi dicono, con non diversa meraviglia, che la parte più alta dell'aria segue il movimento celeste, il che viene indicato da quelle stelle che appaiono all'improvviso, cioè le comete, chiamate dai Greci anche barbute, che, come le altre, sorgono e tramontano, e al formarsi delle quali si assegna appunto quel luogo [47]. Noi possiamo dire che, per la grande distanza dalla terra, quella parte di aria non partecipa a quel movimento terrestre. Perciò l'aria più vicina alla terra sembrerà tranquilla, e tali anche le cose in essa sospese, a meno che, come talora accade, non vengano sballottate qua e là dal vento e da una qualche altra forza. Che cosa di diverso è infatti, nell'aria, il vento da quello che è nel mare un'onda?

Ammettiamo inoltre che duplice è il movimento delle cose che cadono e che salgono in rapporto al mondo, e che deve essere composto di movimento rettilineo e circolare. Poiché di quelle cose che precipitano per il loro peso, in quanto sono

[47] Copernico ripete nozioni reperibili, ad es., in ARISTOTELE, *Meteorologica*, I, 7 e PLINIO, *Naturalis historia*, II, 24. Cfr. A. BIRKENMAJER, commento cit., p. 367.

terrose al massimo, non c'è dubbio che le parti conservino la stessa natura del loro tutto [48]. E non diversamente accade per quelle cose che invece, dalla loro natura ignea, sono trascinate verso l'alto. Infatti, anche questo fuoco terrestre si alimenta principalmente di materia terrena; e dicono che la fiamma non sia altro che fumo ardente. Ora è proprietà del fuoco quella di estendere ciò che ha invaso, cosa che fa con tanta violenza che in nessun modo e con nessuno strumento può essere trattenuto dal compiere l'opera, spezzando ciò che lo imprigiona. Ma il movimento estensivo va dal centro alla circonferenza. E parimenti se qualcuna delle parti terrose si accende, viene dal centro portata verso l'alto [49].

Pertanto, si dice che un corpo semplice possiede un movimento semplice (il che si verifica in primo luogo per il moto circolare) fino a che il corpo semplice resta nel suo luogo naturale e nella sua unità. In questo luogo, appunto, il movimento non è diverso da quello circolare, che resta tutto in sé, simile alla quiete. Il movimento rettilineo, invece, sopravviene a quei corpi che si spostano dal loro luogo naturale, o ne sono cacciati o, in qualche modo, ne sono fuori. D'altra parte niente ripugna tanto all'ordine del tutto e alla forma del mondo quanto che qualcosa sia fuori dal proprio luogo. Il movimento rettilineo quindi appartiene soltanto alle cose che non sono in ordine e non sono perfette secondo la loro natura, ma si separano dal loro tutto e abbandonano la sua unità [50]. Inoltre, quelle cose che sono sospinte verso l'alto e verso il basso, anche non considerando il movimento circolare, non compiono un moto semplice, uniforme, eguale. Infatti non possono conformarsi alla loro leggerezza o alla spinta del loro peso. E quelle che cadono, muovendosi da principio in modo lento, aumentano la velocità nel cadere.

[48] Per Copernico, le cose che cadono sono trascinate verso il centro della terra non da qualche forza, bensì perché sono terrose e tendono al loro luogo naturale.

[49] I corpi leggeri si alzano perché hanno natura ignea e il luogo del fuoco è l'alto. Circa peso e leggerezza la fisica copernicana riprende quella aristotelica.

[50] Il movimento rettilineo è sempre contro natura. Cfr. KOYRÉ, *Des révolutions etc.* cit., p. 145, nota 13, trad. it. cit., p. 77.

Mentre, d'altra parte, noi scorgiamo che il fuoco terrestre (e noi non ne vediamo altro), trascinato in alto, subito langue, come manifestando la causa della violenza della materia terrestre. Sempre uniformemente, invece, si volge il movimento circolare: infatti, ha una causa costante; mentre quello [il moto rettilineo] cessa d'essere accelerato, in quanto, una volta raggiunto per mezzo di esso il loro luogo [i corpi] cessano di essere pesanti o leggeri, cessa, cioè, quello stesso moto. Poiché dunque il movimento circolare appartiene alle cose universali e alle parti invece anche il rettilineo, possiamo dire che il circolare sta al rettilineo, come l'essere animato al malato [51]. E certamente anche il fatto che Aristotele [52] abbia distinto in tre tipi il movimento semplice, dal centro, verso il centro e attorno al centro, sarà considerato solo un atto di ragione, così come distinguiamo la linea, il punto, la superficie, pur non potendo tuttavia l'uno sussistere senza l'altro e nessuno di essi senza il corpo [53].

A ciò si aggiunga che la condizione di immobilità è considerata più nobile e più divina di quella di mutamento e di instabilità [54], la quale ultima, perciò, conviene più alla terra che al mondo. E aggiungo anche che pare assai assurdo che il movimento sia attribuito a ciò che contiene ossia dà il luogo e non piuttosto a ciò che è contenuto e a cui è dato il luogo, cioè la terra. Essendo infine chiaro che i pianeti si avvicinano o si allontanano dalla terra, il movimento di un solo corpo attorno al centro, che dicono essere il centro della

[51] La contrapposizione è tra gli esseri completi e quelli incompleti: il manoscritto (p. 7 r) del *De Revolutionibus* invece di «cum equo animal» – come corregge l'ediz. di Varsavia del 1854 – ha «cum aegro animal» (come l'essere animato con quello malato). Questo ardito traslato rende assai meglio la contrapposizione tra il perfetto e l'imperfetto di quanto non faccia la contrapposizione logica tra genere e specie.

[52] ARISTOTELE, *Physica*, II, 1; V, 2; VIII, 8. *De caelo*, I, 2.

[53] La direzione del movimento, secondo Copernico, non ne cambia la natura; del resto, tutti i movimenti dei corpi sono misti, cioè composti di moto rettilineo e di moto circolare. Cfr. KOYRÉ, *Des révolutions etc.* cit., p. 145, nota 16; trad. it. cit., p. 79.

[54] Simile affermazione non si trova letteralmente in alcun filosofo antico. Ma Copernico può essersi ispirato ad ARISTOTELE, *Metafisica*, 1071b - 1076a ed a CICERONE, *De natura deorum*, I, 19-20. Cfr. A. BIRKENMAJER, commento cit., p. 370.

terra, sarà insieme centrifugo e centripeto. È dunque necessario concepire in modo più generale il movimento attorno al centro, e contentarsi che ciascun movimento si volga al proprio centro [55].

Vedi dunque che, per tutti questi motivi, la mobilità della terra è più probabile della sua immobilità, soprattutto per la rivoluzione quotidiana, come la più confacente alla terra. E ciò credo che basti per la prima parte del problema.

Capitolo IX

SE PARECCHI MOVIMENTI POSSANO ESSERE ATTRIBUITI ALLA TERRA E SUL CENTRO DEL MONDO.

Dal momento che niente impedisce la mobilità della terra, penso che sia necessario considerare se non le convengano più movimenti, in modo che essa possa essere considerata nel numero dei pianeti. Che, infatti, essa non sia il centro di tutte le rivoluzioni, lo dimostrano il movimento apparente ineguale dei pianeti e le loro distanze variabili dalla terra, le quali non possono essere spiegate se si ammettono dei cerchi omocentrici alla terra. Essendoci dunque più centri, qualcuno potrà domandarsi non sconsideratamente a proposito del centro del mondo, se esso sia anche il centro della gravità terrestre o un altro. Da parte mia, penso che la gravità non sia altro che un certo naturale desiderio infuso dalla provvidenza divina dell'artefice del mondo nelle parti, perché esse, riunendosi nella forma di una sfera, realizzino la loro unità e la loro integrità [56]. Questa tendenza è credibile che sia

[55] Ogni sfera, ogni orbita ed ogni corpo celeste possono dunque avere i loro propri centri di movimento. Il cosmo di Copernico non ha centro dinamico: il sistema di movimento di ogni corpo celeste è del tutto indipendente dagli altri, e centro del moto è un punto geometrico e non un corpo fisico. Cfr. KOYRÉ, *Des révolutions etc.* cit., p. 145, nota 18; trad. it. cit., p. 79. S'arresta qui l'esigenza copernicana di fondere cinematica e dinamica: un passo ulteriore sarà Keplero.

[56] Non si tratta certo di gravitazione universale – come parve pensare A. HUMBOLDT, in *Kosmos*, II, Stoccarda, 1847, pp. 347-8 – bensì della tendenza dei simili a riunirsi. Cfr. A. BIRKENMAJER, commento cit., pp. 371-3.

anche del sole, della luna e degli altri splendori erranti, così che, per la sua efficacia, essi restano in quella rotondità in cui noi li vediamo, nonostante che in diversi modi compiano i loro circuiti.

Se dunque la terra compiesse anche altri movimenti, per esempio, mettiamo, con riferimento al centro, sarebbe necessario che fossero di quelli che similmente appaiono all'esterno in molti [pianeti], tra i quali movimenti troviamo la rivoluzione annua. Poiché, se tale rivoluzione fosse cambiata da solare in terrestre, concessa l'immobilità al sole, il levarsi e il tramontare delle costellazioni e delle stelle fisse, con cui esse diventano mattutine o vespertine [57], apparirebbero nel medesimo modo, e si vedrebbe anche che le stazioni, le retrogradazioni e le progressioni dei pianeti sono non movimento loro, bensì della terra, che quelli permutano con le proprie apparenze. E si riterrà infine che il sole occupa il centro del mondo [58]. Tutte queste cose ce le insegna la legge dell'ordine, in cui quei corpi si succedono gli uni agli altri, e l'armonia del mondo intero, se solo proviamo a guardare le questioni, come si dice, con entrambi gli occhi.

Capitolo X

Dell'ordine delle sfere celesti.

Vedo che nessuno dubita che il cielo delle stelle fisse sia il più alto di tutto quanto è visibile. Sappiamo che gli antichi filosofi vollero fissare l'ordine dei pianeti, secondo l'ampiezza delle loro rivoluzioni, considerando che dei corpi mossi con eguale velocità, quelli che sono più lontani sembrano muoversi con velocità minore, come dimostra Euclide nell'*Ottica* [59]. E così credono che la luna compia il suo circuito nel tempo più breve, perché essendo la più vicina alla terra, ruota su un cerchio minimo. Saturno, invece, che nel tempo più lungo percorre il circuito più vasto, è il più alto. Sotto di lui, Giove, e dopo questo Marte. Quanto a Venere e Mercurio, le opinioni sono diverse, per il fatto che essi non si allontanano mai completamente dal sole, come fanno invece quegli altri pianeti [60]. Per la qualcosa, alcuni li pongono sopra il sole, come fa il *Timeo* di Platone [61], altri, invece, sotto di esso, come Tolomeo [62] e gran parte dei moderni. Alpetragio [63] considera Venere al di sopra del sole e Mercurio al di sotto.

Quelli che seguono Platone, pertanto, poiché pensano che tutti i pianeti (che sarebbero in sé corpi oscuri) risplendono di luce solare, [dicono che] se fossero sotto il sole, per la non grande distanza da esso, non si vedrebbero che a metà o, in ogni caso, non apparirebbero interamente rotondi. Infatti, rifletterebbero la luce ricevuta in alto, vale a dire in direzione del sole, come vediamo nel caso della luna nuova o calante [64]. Aggiungono inoltre che, se fossero sotto il sole, questo, talora, dovrebbe essere nascosto dal loro interporsi e la sua luce, quindi, verrebbe diminuita dalla loro grandezza;

[57] Cfr. *De Revolutionibus*, II, 13.

[58] In realtà in nessuno dei suoi scritti Copernico considera effettivamente il sole al centro dell'universo, anche se la centralità del sole è affermata nella presentazione schematica dell'eliocentrismo sia del *Commentariolus* sia del *De Revolutionibus*. Cfr. la nota 7 alla nostra traduzione del *Commentariolus*.

[59] Euclide, *Ottica*, rec. di Teone, 53.

[60] La massima elongazione angolare di Venere dal sole è di circa 45°; quella di Mercurio di circa 24°. Saturno, Giove e Marte hanno invece tutte le possibili elongazioni angolari, sino a 180°.

[61] Platone, *Timeo*, 38 d.

[62] *Almagesto*, lib. IX, cap. 1.

[63] Nur ad-din al-Bitrugi, detto latinamente Alpetragius, fu un astronomo arabo vissuto in Marocco nel sec. XII (fiorì intorno alla metà del secolo), che contro la teoria degli eccentrici di Tolomeo riprese la concezione eudossiana ed aristotelica delle sfere omocentriche. Lasciò un'opera sui pianeti, tradotta in ebraico nel sec. XIII e poi in latino. Nel 1531 venne pubblicata a Venezia con il titolo *Alpetragii Arabi Planetarum theorica physicis rationibus probata, nuperrime latinis litteris mandata a Calo Calonymos, Hebraeo Neapolitano*. Cfr. il fol. 21 a per la sua particolare concezione della posizione di Venere e Mercurio. Ma forse Copernico trasse le sue informazioni dall'*Epitome* del Peurbach e del Regiomontano, che probabilmente conoscevano la versione latina di Alpetragio fatta nel sec. XIII da Michele Scoto. Cfr. A. Birkenmajer, commento cit., pp. 373-4.

[64] Deduzione esatta. Ma le fasi di Venere furono scoperte solo nell'ottobre 1610 a Firenze da Galileo.

ma poiché questo non si verifica mai, pensano che in nessun modo essi siano al disotto del sole [65].

Coloro che, invece, pongono Mercurio e Venere sotto il sole, adducono come prova l'ampiezza dello spazio che trovano intercorrente tra sole e luna. Presa infatti come unità di misura il raggio della terra, hanno calcolato che la distanza maggiore fra terra e luna, che è sessantaquattro volte e un sesto la misura del raggio, è contenuta circa diciotto volte nella più piccola distanza fra sole e terra, che è millecentosessanta di quelle parti. Vale a dire che tra il sole e la luna ce ne sono millenovantasei. Per cui, affinché una tale immensità non resti vuota, essi trovano che, partendo dagli intervalli degli apsidi [66], da cui deducono lo spessore di quelle sfere [67], si otterrebbero quasi le stesse misure, se alla più grande distanza [apogeo] della luna succedesse la più piccola [perigeo] di Mercurio, e la più grande di Mercurio fosse seguita dalla più piccola di Venere che, infine, con il suo apside sommo [apogeo] finirebbe quasi per toccare l'apside infimo [perigeo] del sole. Infatti, determinano che tra gli apsidi di Mercurio ci siano circa centosettantasette e mezza delle parti di cui sopra, e infine che lo spazio restante verrebbe ad essere quasi riempito dall'intervallo [tra gli apsidi] di Venere di novecentodieci parti. Dunque non pensano che nei pianeti ci possa essere qualche opacità simile a quella della luna, ma che rifulgano sia di luce propria sia perché impregnati, in tutto il corpo, di luce solare, e che non nascondano mai il sole, in quanto è coincidenza molto rara che si interpongono tra la nostra vista e il sole distanziandosene per lo più in latitudine. Inoltre, poiché sono corpi piccoli in confronto al sole – riuscendo anche Venere, che pure è maggiore di Mercurio, a stento a coprire la centesima

[65] Il passaggio di Venere attraverso la faccia del sole fu osservato per la prima volta con un telescopio nel 1639 da J. Horrocks. Per Mercurio pare che il merito di un'analoga osservazione vada attribuito a P. Gassendi nel 1631. Cfr. A. Birkenmajer, commento cit., p. 374.

[66] Nel sistema tolemaico gli apsidi di un pianeta rappresentano l'apogeo e il perigeo di esso.

[67] Lo spessore della sfera è stabilito dal diametro dell'epiciclo.

parte del sole, come dice Maometto Aratense [68], che calcola il diametro del sole dieci volte più grande – [se ne conclude] che molto difficilmente si può scorgere, sotto una luce tanto potente, una macchiolina così piccola. Sebbene anche Averroè [69], nella sua parafrasi di Tolomeo, ricordi di aver visto qualcosa di nerastro quando osservava la congiunzione, da lui già calcolata, di Mercurio e del sole. E, per tutte queste ragioni, pensano che questi due pianeti si muovano al disotto del cerchio solare.

[68] Si tratta di Muhammad ibn Gabir al-Battani, noto in occidente come Albategno o Albatenio, nato ad Harran circa nell'850 e morto nel 929. Dall'877 al 919 fece osservazioni a Raqqa (prima chiamata, Aracta): di qui prese il nome di *Ara(c)tensis*. Su questo astronomo, considerato da G. Sarton il « maggiore dell'Islam », cfr. anche la nota 16 della traduzione al *Commentariolus*. Nell'edizione del 1537 della traduzione latina della sua opera (a cura di Platone da Tivoli), pubblicata assieme agli *Elementi* di Alfragano (al-Farghānī), si trova (cap. I, fol. 77 a): « Diameter quoque Veneris ad diametrum Solis in sua media longitudine existentis ab iisdem sapientibus relatione habita, decimam diametri Solis partem invenire ». Anche per queste notizie Copernico era debitore dell'*Epitome* di Peurbach e Regiomontano. Cfr. A. Birkenmajer, commento cit., p. 376.

[69] Il luogo citato da Copernico non si trova nell'edizione latina delle opere di Averroè, pubblicata nel 1472 e poi spesso ristampata. Già Keplero dice che invano il suo maestro Maestlin l'aveva ricercato nei commentari di Averroè ad Aristotele e suppone che Copernico abbia scambiato Aven Rois (Averroè) per Aven Rodan, cioè l'astronomo Ali ibn Ridwan. Cfr. Zeller, commento all'edizione di Monaco (1949) del *De Revolutionibus*, pp. 440-1 e A. Birkenmajer, commento cit. all'ediz. polacca del 1975, pp. 376-8. Il Birkenmajer, tuttavia, chiarisce in modo definitivo la questione. Non deve sembrare impossibile che Averroè, che tanto ha commentato le concezioni astronomiche di Aristotele, aderendovi, abbia fatto anche una parafrasi dell'*Almagesto*, che pur rifiuta il sistema delle sfere omocentriche. Averroè commentò gli scritti astronomici di Aristotele nell'ultima parte della sua vita: nulla vieta che in precedenza avesse studiato Tolomeo, parafrasandolo. Infatti, nel catalogo delle opere di Averroè curato dal figlio c'è al primo posto una *Abbreviatio Almagesti*, che, benché mai pubblicata a stampa, è giunta sino a noi in una versione ebraica. Alla fine del libro primo, si ricorda un'osservazione per cui si sono viste nel sole due macchie, appunto Venere e Mercurio. Quindi la citazione di Copernico è corretta. Ma da dove egli la trasse? Pare ci fosse, anche a Bologna, una copia di una traduzione latina o castigliana della *Abbreviatio* prima della metà del secolo XIV, secondo la testimonianza di un certo Alfonso, figlio di Dionigi di Lisbona. Copernico potrebbe avere visto tale copia durante gli anni dei suoi studi a Bologna. Ma è più probabile ch'egli abbia tratto l'informazione da Giovanni Pico della Mirandola che, nelle *Disputationes adversus astrologiam divinatricem* pubblicate a Bologna nel 1495, riporta l'opinione di Averroè: « Averroè nella Parafrasi della Grande Sintassi di Tolomeo dice di aver una volta notato come due piccole macchie nereggianti nel Sole; e, avendo fatti i calcoli, dice di avere trovato che in quel tempo Mercurio era opposto ai raggi del Sole ».

Ma quanto debole sia questo ragionamento e a quante incertezze dia luogo, appare chiaro dal fatto che, essendo secondo Tolomeo [70] la distanza più piccola dalla luna trentotto volte il raggio della terra (ma secondo calcoli più precisi invece, come vedremo poi, più di quarantanove [71], tuttavia noi non sappiamo che in un così vasto spazio ci sia altro che aria o anche quello che viene chiamato l'elemento igneo [72]. Inoltre, il diametro del cerchio [cioè, l'epiciclo] di Venere, per cui il pianeta si allontana dal sole da una parte e dall'altra di circa quarantacinque gradi, dovrebbe essere sei volte maggiore della distanza del centro della terra dal suo apside più vicino [perigeo], come dimostreremo in luogo più opportuno [73]. E, allora, che cosa diranno che è contenuto in tutto quello spazio, tanto più vasto di quello che contiene la terra, l'aria, l'etere, la luna e Mercurio, e che per di più verrebbe occupato dall'enorme epiciclo di Venere, se questo pianeta girasse attorno alla terra immobile?

Quanto poco persuasiva sia anche quell'argomentazione di Tolomeo [74], secondo cui spetterebbe al sole di muoversi nel mezzo tra i pianeti che hanno una elongazione angolare

[70] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. V, cap. 13.

[71] Così il manoscritto (p. 8 v), mentre l'*editio princeps* ha 52. Nel seguito del *De Revolutionibus* non si ritrova tuttavia, diversamente da quello che viene qui detto, l'annotazione che la distanza minima della luna sia più di quarantanove volte il raggio della terra. Infatti, nel cap. 17 del libro IV si trova il valore di 52 e diciassette sessantesimi, valore ripetuto anche nei capitoli 22 e 24. Di qui, probabilmente la correzione fatta da Retico per l'*editio princeps*. Poiché nel cap. 16 dello stesso libro IV Copernico ricorda l'osservazione da lui fatta a Frombork il 27 settembre 1522, in base a cui la distanza minima della luna viene fissata a 52 e diciassette sessantesimi volte il raggio terrestre, risulta che – come fa osservare A. BIRKENMAJER, nel commento cit., pp. 378-9 – il fascicolo del manoscritto in cui sono contenuti i primi dieci capitoli del *De Revolutionibus* è stato scritto prima di tale data. Non solo i lavori di indagine, bensì anche la stesura delle prime parti del *De Revolutionibus* è quindi anteriore al 1522, contrariamente all'opinione di K. Zeller (KOPERNIKUS, *Gesamtausgabe*, I, München-Berlin, 1944, pp. VIII-IX), per cui l'intero manoscritto fu preparato tra il 1529 e il 1532.

[72] I quattro elementi della cosmologia aristotelica e medioevale (terra, acqua, aria e fuoco) occupano quattro sfere concentriche, il cui ordine è dato dalla « pesantezza » o « leggerezza » dell'elemento.

[73] In realtà Copernico non torna sull'argomento – che è chiaramente polemico nei confronti di Tolomeo – nei capitoli 20-24 del libro V dedicati a Venere.

[74] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. IX, cap. 1.

completa da esso e tra quelli che non l'hanno, appare evidente dal fatto che ne prova la falsità la luna che ha anch'essa una elongazione angolare completa. Ma quelli che pongono Venere e poi Mercurio sotto il sole, o li ordinano in un altro modo, come riusciranno a spiegare il fatto che essi non percorrono cerchi separati e diversi dal sole, come gli altri pianeti [75], se pure il rapporto di velocità e di lentezza non falsa l'ordine?

Sarà necessario [ammettere] dunque o che la terra non è il centro a cui si riferisce l'intero ordine degli astri e delle sfere, o che certamente non c'è alcuna ragione del loro ordine e che non appare affatto perché la posizione superiore sia attribuita a Saturno piuttosto che a Giove o a un altro pianeta qualsiasi. Per cui penso che non sia affatto disprezzabile ciò che Marziano Capella [76], che scrisse una *Enciclopedia*, ed alcuni altri latini videro acutamente. Essi credono, infatti, che Venere e Mercurio ruotino intorno al sole, che sta al centro, e pensano che proprio per questa ragione non possano elongarsi

[75] L'astronomia tolemaica faceva ruotare i centri degli epicicli di Venere e di Mercurio longitudinalmente attorno alla terra alla stessa velocità del sole medio ed in modo che il sole medio si trovi sempre sulla retta che va dal centro della terra al centro dei loro epicicli, mentre i centri degli epicicli dei pianeti superiori possono trovarsi a qualsiasi distanza angolare dal sole medio.

[76] Marziano Mineo Felice Capella, nato in Africa (prima dell'invasione dei Vandali) ed operante nella seconda metà del sec. V, è particolarmente noto per la sua trattazione enciclopedica delle sette arti liberali: *De nuptiis Mercurii et Philologiae*. L'opera che mira a conservare i frutti della cultura classica fu per lungo tempo usata come manuale nelle scuole. Notker Labeo (950-1022) la tradusse in antico tedesco. Nel 1499 ne fu fatta a Vicenza un'edizione: *Opus Martiani Capellae de nuptiis Philologiae et Mercurii libri duo, de grammatica, de dialectica, de rhetorica, de geometria, de arithmetica, de astronomia, de musica libri septem*. Copernico si riferisce al libro VIII (sull'astronomia), col. 192: « Venere e Mercurio non girano attorno alla terra. La terra non è il punto centrale di tutti i pianeti. Ma se anche la terra non è il punto centrale rispetto a tutte le traiettorie dei pianeti, non è da mettere in dubbio che essa è il punto centrale del mondo... Sebbene Venere e Mercurio quotidianamente mostrino un passaggio inferiore ed uno superiore, tuttavia le loro traiettorie non passano affatto intorno alla terra, ma si raggruppano intorno al sole, così che si muovono talvolta sopra di esso talvolta sotto, più vicino alla terra. E invero Venere si sposta di un segno e di un mezzo grado dal sole. Ma quando stanno sopra il Sole, allora è Mercurio più vicino alla terra; quando sotto, invece, è Venere. Questa, cioè, si muove in un'orbita più ampia e più grande ». Tra gli altri « Latini », A. BIRKENMAJER – commento cit., p. 380 – ricorda solo VITRUVIO, *De re aedificatoria*, IX, 1, § 6. Macrobio – a cui forse pensava Copernico – infatti (*Commentaria in Somnium Scipionis*, I, 19, § 6), dice solo che gli Egizi ritengono che Venere e Mercurio girino tra la terra e il sole.

da esso più di quel che lo comporti la convessità delle loro sfere [77]. Perché non girano come gli altri intorno alla terra, ma hanno delle sfere diverse [78]. Che cosa vogliono dire, quindi, se non che il centro di quelle sfere si trova presso il sole? E così la sfera di Mercurio verrà ad essere compresa in quella di Venere, che deve essere maggiore di più di due volte, e in quella stessa ampiezza troverà per sé un posto sufficiente.

Ora se, muovendo da questo, qualcuno riferisse allo stesso centro anche Saturno, Giove e Marte, purché riesca a capire che le dimensioni di quelle sfere sono così grandi da abbracciare e da comprendere, con quelle, all'interno, la terra, non sbaglierebbe. Il che è indicato dall'ordine canonico di quei movimenti. È noto infatti che [i pianeti] sono sempre più vicini alla terra al tempo del loro sorgere serale, cioè quando sono in opposizione col sole, essendo la terra fra essi e il sole; ma che sono, invece, lontanissimi dalla terra nel tempo del loro tramonto serale, quando si occultano vicino al sole, mentre evidentemente abbiamo il sole fra essi e la terra. I quali fenomeni indicano abbastanza chiaramente che il loro centro si riferisce piuttosto al sole e che è lo stesso centro a cui anche Venere e Mercurio rapportano le loro rivoluzioni.

Ma riferendosi tutti i pianeti allo stesso centro, è necessario che quello spazio che resta tra la superficie convessa della sfera di Venere e quella concava della sfera di Marte, sia riconosciuto anche come orbe ossia sfera omocentrica con quelle secondo entrambe le superfici, la quale accolga la terra, con la sua compagna luna, e tutto ciò che è contenuto sotto il globo lunare. Poiché infatti, in nessun modo, possiamo separare dalla terra la luna, che le è incontestabilmente assai vicina, soprattutto perché in quello spazio le troviamo un posto abbastanza ampio e conveniente. Per cui non ci peri-

[77] Pare un'allusione alla solidità delle sfere.

[78] La frase «absidas conversas habent» è ricavata da Plinio, *Storia naturale*, II, 17. Sull'oscurità di questa frase cfr. la nota 71 alla traduzione della *Narratio prima*. Forse in Plinio significa soltanto «hanno orbite diverse» (da quelle degli altri pianeti). Cfr. ROSEN, *Three Treatises etc.* cit., nota 116, p. 136 e A. BIRKENMAJER, commento cit., pp. 380-1. Si può tradurre: «hanno delle sfere diverse», poiché «absis» qui significa «orbis» e «conversus» in Plinio vale «contrarius», «diversus».

tiamo di affermare che tutto ciò che la luna abbraccia, e anche il centro della terra, transita fra gli altri pianeti lungo quella grande orbita [*per orbem illum magnum*], in una rivoluzione annuale intorno al sole e che il centro del mondo è all'incirca presso lo stesso sole: ché anzi, restando immobile il sole, tutto quello che sembra essere movimento suo, deve essere piuttosto constatato nella mobilità della terra; e che invero tanta è la grandezza del mondo che mentre la distanza dal sole alla terra in confronto ad alcune delle sfere degli altri pianeti ha, in rapporto a quelle ampiezze, una grandezza abbastanza sensibile, paragonata invece alla sfera delle stelle fisse, sia assolutamente impercettibile. Io penso che sia più facile ammettere questo che non disperdere l'intelletto in una moltitudine quasi infinita di sfere, come sono costretti a fare quelli che mantengono la terra al centro del mondo. Ma bisogna piuttosto seguire la sagacia della natura che, come si è tenuta massimamente in guardia dal produrre qualcosa di superfluo e di inutile, così ha molto spesso arricchito una sola cosa di molti effetti [79].

E poiché tutte queste idee sono difficilmente accettabili e quasi impensabili, e certo contro il parere dei molti, tuttavia, con l'aiuto di Dio le renderemo in seguito più chiare della stessa luce del sole, almeno per quelli che non ignorano le matematiche. Per la qual cosa, restando in piedi la prima norma, e nessuno infatti potrà proporne una più conveniente, che cioè la quantità di tempo [impiegato a percorrerle] misura la grandezza degli orbi, questo è l'ordine delle sfere che ne consegue, cominciando dalla più alta.

La prima e la più alta di tutte è la sfera delle stelle fisse che contiene sé stessa e ogni cosa, e che perciò è immobile:

[79] Nella fisica tardo-medievale era in pieno vigore il principio metodologico noto come «rasoio di Occam»: non moltiplicare gli enti oltre il necessario nella spiegazione dei fenomeni. Per una documentazione di tale principio in meccanica da parte di Guglielmo d'Occam (1290-1350 circa), cfr. ad esempio MARSHALL CLAGETT, *La scienza della meccanica nel medioevo* (1959), trad. ital., Milano, 1972, p. 632. Nelle parole di Copernico non è tuttavia da escludersi anche l'eco dell'esaltazione biblica (ad es. *Isaia*, 45, 18) della saggezza della creazione divina, sebbene A. Birkenmajer (commento cit., pp. 381-2) escluda tale ipotesi avanzata dagli Zeller nel commento all'ediz. di Monaco, p. 441.

certamente è il luogo dell'universo a cui si riferiscono il movimento e la posizione di tutti gli altri astri. Infatti, mentre alcuni pensano che anche quella si muova in qualche modo [per spiegare la precessione degli equinozi], noi, invece, nella spiegazione del movimento terrestre, daremo un'altra causa del perché appaia così. Segue, primo dei pianeti, Saturno, che compie il suo circuito in trent'anni. Dopo di questo, Giove, che si muove con una rivoluzione di dodici anni. A Giove vien dietro Marte, che ruota completamente in due anni. Il quarto posto è occupato dalla rivoluzione annuale [della sfera] in cui abbiamo detto che è contenuta la terra con l'orbe lunare come se fosse un epiciclo. Al quinto posto Venere che ritorna ogni nove mesi. Infine, il sesto posto è occupato da Mercurio che corre attorno in ottanta giorni.

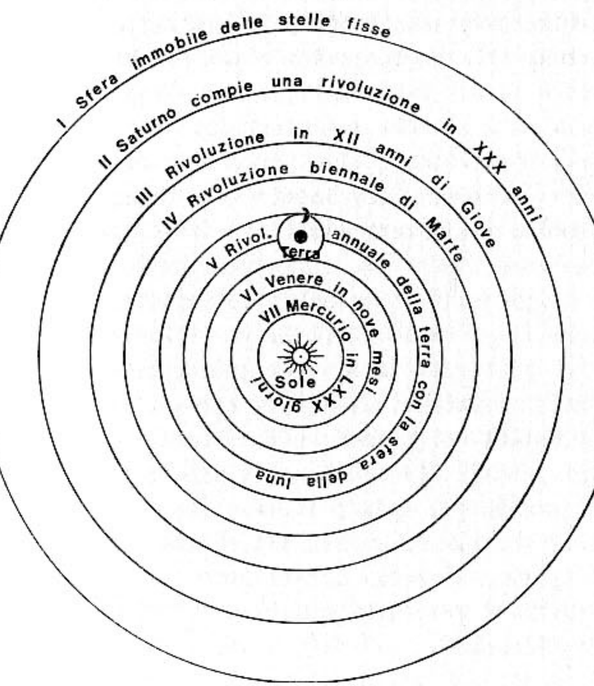
In mezzo a tutti sta il sole. In effetti, chi, in questo tempio bellissimo, potrebbe collocare questa lampada in un luogo diverso o migliore di quello da cui possa illuminare tutto quanto insieme? Per questo, non a torto, alcuni lo chiamano lucerna del mondo, altri mente, altri guida [80]. Trismegisto [lo chiama] Dio visibile [81]; l'Elettra di Sofocle [82],

[80] A. Birkenmajer (commento cit., p. 382) discutendo delle molteplici fonti proposte dagli Zeller (commento cit. all'ediz. di Monaco, p. 442) a proposito degli epiteti « lucerna del mondo », « mente », « guida », che Copernico riferisce al Sole, conclude che in realtà è sufficiente far riferimento a Plinio, *Naturalis historia*, II, 6, § 13, per il primo; a Plinio, *ibid.*, ed a Cicerone, *Somnium Scipionis*, cap. 4, § 9, per il secondo; e, per il terzo, ancora a Cicerone, *ibid.*, e Plinio, *op. cit.*, § 12. Per l'ultimo epiteto cfr. anche Cicerone, *De natura deorum*, II, 19, § 49 e *Tusculanae disputationes*, I, 28, § 68.

[81] Ermete Trismegisto è il nome dell'autore fittizio a cui sono attribuiti i cosiddetti libri ermetici, nei quali sono contenute le rivelazioni filosofico-religiose attribuite al dio egiziano Thot. Si tratta in realtà di scritti, in greco, del III sec., i quali contengono dottrine sostanzialmente neopitagoriche. La raccolta principale è quella nota con il titolo Ποιμάνδρης, dall'intitolazione del primo trattato di essa. A. Birkenmajer (commento cit.; cfr. anche *Études d'histoire etc.* cit., p. 630) ha osservato che Copernico può aver trovato l'ispirazione all'espressione « visibilis deus » nella traduzione latina di tale trattato fatta nel 1468 da Marsilio Ficino, edita nel '71 (e poi molto riedita) con il titolo *Mercurii Trismegisti Liber de potestate et sapientia Dei*, ove c'è la frase: « si deum videre volueris, suspice Solem ». Ma cfr. anche B. Biliński, *Il pitagorismo di Niccolò Copernico* cit., pp. 150-1.

[82] Non si trova nell'*Elettra* di Sofocle un luogo corrispondente; forse Copernico ha confuso con l'*Edipo a Colono*, v. 869. Ci sono anche in Omero, *Iliade*, III, v. 227 e in Plinio, *Naturalis historia*, II, 6, § 13, immagini corrispondenti.

l'onniveggente. Così, certamente, il Sole, come su un trono regale, governa la famiglia degli astri che gli sta intorno. Anche la terra non sarà affatto privata del servigio lunare, ma, come dice Aristotele nel *De Animalibus* [83], terra e luna sono strette dalla più intima parentela. Inoltre, la Terra concepisce col Sole e si ingravida e partorisce ogni anno [84].



Troviamo dunque in questa disposizione una ammirevole simmetria del mondo e un rapporto armonico preciso tra movimento e grandezza delle sfere, quale non è possibile rinvenire in altro modo. Qui, infatti, ci si può accorgere, da parte certo di un osservatore non trascurato, perché il moto in progressione e in retrogradazione appaia maggiore in Giove

[83] Si tratta del *De generatione animalium* di Aristotele: libro IV, cap. 10. È probabile che Copernico traesse la citazione da Averroè (ad es., *De substantia orbis*, Venezia, 1483, cap. 2).

[84] Cfr. Cicerone, *De natura deorum*, II, 46, § 119.

che in Saturno e minore che in Marte e, di nuovo, maggiore in Venere che in Mercurio; e perché tale moto alternato appaia più frequente in Saturno che in Giove, e più raro in Marte e in Venere che in Mercurio; e inoltre anche perché Saturno, Giove e Marte siano più vicini alla terra, quando sorgono alla sera [85], che non nel tempo della loro occultazione e riapparizione. Soprattutto altresì perché Marte, quando è notturno, sembra raggiungere le dimensioni di Giove, differenziato solo dal suo colore rosso, mentre là [86], invece, a stento lo si ritrova tra le stelle di seconda grandezza, riconosciuto solo da coloro che lo ricercano con accurata attenzione. Fenomeni, tutti questi, che conseguono da una medesima causa che consiste nel movimento della terra.

Che poi niente di tutto ciò appaia invece nelle stelle fisse, è la conferma della loro immensa altezza che fa sì che svanisca dagli occhi l'orbe del moto annuale o la sua immagine; poiché ogni cosa visibile ha un certo limite di distanza di là dal quale non la si vede più, come si dimostra in ottica [87]. Che infatti ci sia ancora una grandissima distanza tra il più alto dei pianeti, cioè Saturno, e la sfera delle stelle fisse, è indicato chiaramente dallo scintillio delle loro luci. È proprio per questo indizio che esse si distinguono moltissimo dai pianeti, poiché tra ciò che è mosso e ciò che non lo è, era necessario che ci fosse una gran differenza. Tanto divina è per certo questa architettura del massimo ed ottimo [artefice].

Capitolo XI

Dimostrazione del triplice movimento della terra.

Poiché dunque tante e così importanti testimonianze dei pianeti convengono sulla mobilità della terra, esporremo ora

[85] Come Copernico ha già detto poco prima nello stesso capitolo, Saturno, Giove e Marte si alzano la sera quando sono in opposizione al sole, cioè la terra è tra essi e il sole.

[86] Il « là » sta a significare il momento in cui il sole si trova tra Marte e la terra, allorché, cioè si ha il tramonto vespertino di Marte.

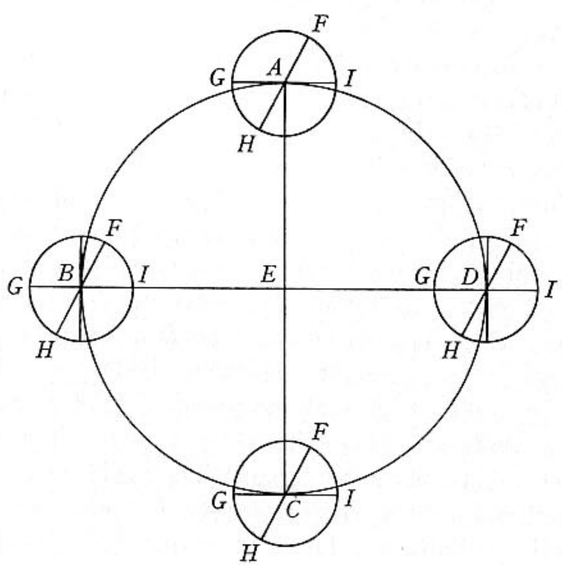
[87] Euclide, *Ottica*, recens. di Teone, § 3.

questo movimento in generale, fino a dove si spiegano i fenomeni tramite lo stesso [movimento] preso come ipotesi [esplicativa]. Bisogna, in generale, ammettere un movimento triplice. Il primo, che abbiam detto essere indicato dai Greci col nome di νυχθημερινόν, è il circuito proprio del giorno e della notte, che si volge attorno all'asse della terra, da occidente verso oriente, in quanto si crede che il mondo ruoti in senso inverso a questo, descrivendo il circolo equinoziale [l'equatore], che alcuni chiamano equidiale, imitando il termine greco, che è ἰσημερινός. Il secondo è il moto annuale del centro, che descrive intorno al sole il circolo dello zodiaco [l'eclittica], anche questo da occidente verso oriente, cioè in conseguenza, e si compie tra Venere e Marte, come abbiamo detto prima, con tutto quanto lo attornia. Per questo sembra che sia il sole a passare lungo lo zodiaco [l'eclittica] con un movimento analogo; in questo modo, per esempio, quando il centro della terra attraversa il Capricorno, il sole sembra che passi per il Cancro, e poi per il Leone, [quando il centro passa per] l'Acquario, e così di seguito come dicevamo. È necessario notare che il cerchio equinoziale [l'equatore] e l'asse terrestre hanno un'inclinazione variabile in rapporto all'eclittica e al suo piano. Poiché, se restassero fissi e si limitassero a seguire semplicemente il movimento del centro, non ci sarebbe nessuna ineguaglianza tra i giorni e le notti, ma o il solstizio d'estate, o quello d'inverno, o l'equinozio, o l'estate o l'inverno o qualsiasi altra stagione resterebbero sempre identici a sé stessi. Ne consegue dunque un terzo movimento [88], quello della declinazione, anch'esso in rivoluzione annuale, ma in precedenza [da est a ovest], cioè in direzione contraria a quella del centro. E così, è per questi due movimenti, quasi eguali, ma di senso contrario, che l'asse della terra e perciò anche il più grande dei cerchi

[88] Il terzo moto della terra, in « declinazione », la descrizione molto lenta di un cono da parte dell'asse terrestre, permette a Copernico di far sì che l'asse terrestre rimanga parallelo a sé stesso durante l'intera rivoluzione annua attorno al sole e di spiegare la precessione degli equinozi, senza ricorrere al moto della sfera celeste (come gli antichi), preparando in qualche modo l'interpretazione dinamica di tale fenomeno da parte di Newton. Cfr. la prefazione alla traduzione della lettera contro Werner.

paralleli su essa, l'equatore, guardano quasi la stessa parte del mondo, come se fossero immobili. Frattanto il sole pare muoversi, sull'obliquità dell'eclittica, per quel movimento con cui [si muove] il centro della terra, come se quest'ultimo fosse il centro del mondo, purché tu ti ricordi che la distanza tra il sole e la terra, in confronto alla sfera delle fisse, è per noi impercettibile.

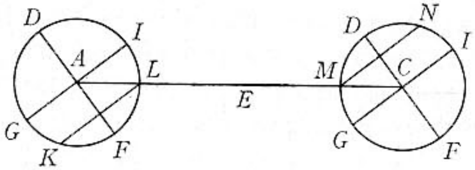
Ed essendo queste cose tali che è meglio metterle sotto gli occhi, anziché dirle a voce, consideriamo il cerchio *ABCD*,



che rappresenti il circuito annuo del centro della terra sul piano della eclittica. E il suo centro *E* sia il sole. Questo cerchio lo dividerò in quattro parti con i diametri *AEC* e *BED*. Nel punto *A*, ci sia il principio del Cancro, in *B* della Bilancia, in *C* del Capricorno, in *D* dell'Ariete. Mettiamo ora in un primo momento il centro della terra in *A* e tracciamo l'equatore terrestre *FGHI*, ma non sullo stesso piano [dell'eclittica], se non per il fatto che *GAI*, il diametro, sia l'intersezione comune dei due circoli, cioè dell'equatore e dell'eclittica. Tracciando anche il diametro *FAH* perpendicolare con *GAI*, sia *F* il limite della maggior declinazione

verso sud e *H* di quella verso nord. Ammesso dunque questo, gli abitanti della terra vedranno il sole, che è presso il centro *E*, nella posizione del solstizio d'inverno nel Capricorno, [effetto] dovuto alla massima declinazione boreale *H* rapportata al sole, poiché l'inclinazione dell'equatore nei confronti di *AE*, descrive, nella rivoluzione diurna, il tropico d'inverno, parallelo [all'equatore] secondo la distanza che l'angolo d'inclinazione comprende sotto *EAH*. Si muova ora il centro della terra in conseguenza [da ovest ad est] e si muova insieme *F*, limite della massima declinazione in precedenza [da est ad ovest], finché in *B* entrambi abbiano descritto una quarta parte di cerchio. Resta frattanto l'angolo *EAI* eguale all'angolo *AEB* per l'eguaglianza delle rivoluzioni e i diametri *FAH* e *GAI* rispettivamente paralleli a *FBH* e *GBI*, come l'equatore all'equatore. Per quel motivo che spesso abbiamo già ricordato, essi appariranno, nell'immensità del cielo, come la stessa cosa. Per cui, da *B*, inizio della Bilancia, *E* apparirà nell'Ariete, e la sezione comune dei cerchi [dell'eclittica e dell'equatore] in una sola linea *GBIE*, in rapporto a cui la rivoluzione diurna non ammetterà alcuna declinazione, essendo invece ogni declinazione dai lati [di tale linea]. E così il sole apparirà nell'equinozio di primavera. Prosegua ora il centro della terra, in queste condizioni, il suo cammino e, percorso un semicerchio in *C*, il sole apparirà entrare nel Cancro. Ma la declinazione australe dell'equatore, [che chiamiamo] *F*, essendo volta verso il sole, farà sì che quello, percorrendo il tropico estivo, appaia nel nord, in ragione dell'angolo di inclinazione *ECF*. Volgendosi poi *F* nel terzo quadrante del cerchio, la sezione comune *GI* cadrà di nuovo sulla linea *ED* e di qui il sole, visto nella Bilancia, sembrerà aver raggiunto l'equinozio di autunno. E di nuovo col medesimo processo, *HF* a poco a poco volgendosi verso il sole farà ritornare quella situazione iniziale da cui siamo partiti.

Un'altra dimostrazione. Sia parimenti *AEC* il diametro [dell'eclittica] nel piano soggiacente e la sezione comune di essa col cerchio *ABC* perpendicolare allo stesso piano. In questo, in *A* e *C*, cioè e sotto il Cancro e sotto il Capricorno, venga tracciato di volta in volta il meridiano terrestre attraverso i poli, che sia *DGFI*, e *DF* sia l'asse della terra, con *D* polo nord, *F* polo sud, e *GI* diametro dell'equatore.



Quando dunque *F* si volge verso il sole, che sia presso *E*, e l'inclinazione dell'equatore è boreale, secondo l'angolo *IAE*, allora il movimento [della Terra] attorno all'asse descriverà secondo il diametro *KL* e la distanza *LI* il cerchio australe parallelo all'equatore, che appare nel sole come tropico del Capricorno. O, per meglio dire, quel movimento intorno all'asse descrive nella direzione *AE* una superficie conica, che ha nel centro della terra il suo vertice, ma la base in un circolo parallelo all'equatore [89]. Nel segno opposto *C*, tutte le cose avvengono in modo analogo, ma rovesciate. Appare quindi come i due movimenti reciprocamente opposti, cioè, quello del centro e quello dell'inclinazione, costringano l'asse della terra a restare nella stessa inclinazione e in una consimile posizione, e facciano apparire tutto questo come un movimento del sole.

Dicevamo inoltre che le rivoluzioni annue del centro e della declinazione sono quasi simili poiché, se fossero esattamente eguali, bisognerebbe che i punti solstiziali ed equinoziali e tutta l'obliquità dell'eclittica in confronto alla sfera delle stelle fisse non mutassero affatto. Ma essendo tale differenza molto modesta, non appare se non con il passare di molto tempo: da Tolomeo a noi i punti solstiziali ed equinoziali hanno avuto una precessione di circa ventun

[89] Cioè: l'asse dell'equatore terrestre descrive attorno all'asse dell'eclittica terrestre una doppia superficie conica, che ha i suoi vertici al centro della terra, in un periodo di rivoluzione approssimativamente eguale a quello del centro della terra.

gradi. Per la qual cosa alcuni hanno creduto che anche la sfera delle fisse si muovesse e posero quindi sopra a questa una nona sfera [90]; ma anche questa non bastando, ora i moderni ne hanno aggiunta una decima, senza tuttavia aver raggiunto quel fine che noi speriamo di conseguire con il movimento della terra, quale principio ed ipotesi di cui ci serviremo per dimostrare anche altre cose [91].

E se noi possiamo anche ammettere che il corso del sole e della luna possono essere spiegati con [l'ipotesi del]l'immobilità della terra, ciò si addice assai meno per gli altri pianeti. È credibile che per queste e simili cause Filolao abbia creduto nella mobilità della terra, e alcuni dicono che anche Aristarco di Samo [92] fosse del medesimo parere,

[90] Il riferimento è agli astronomi arabi. Cfr. la prefazione alla traduzione della lettera contro Werner.

[91] Le due pagine e mezza che seguono a queste parole sono cancellate nel manoscritto con un marcato tratto ad inchiostro nero: esse, nell'intenzione originaria di Copernico, dovevano costituire la conclusione del libro I, poste alla fine del capitolo XI. Cancellate tuttavia, come pare, dallo stesso Copernico non furono inserite nell'edizione del 1543 né in quelle seguenti sino all'edizione di Varsavia del 1854. Anche l'edizione degli Zeller riporta tali pagine solo in nota, e quella dell'Accademia polacca in Appendice (pp. 341-2). Esse sono state sostituite, a partire dall'edizione principe, dai capitoli XII-XIV, dedicati alla trigonometria piana e sferica, che nel progetto originario di Copernico dovevano costituire, con la tavola delle corde, il secondo libro del *De Revolutionibus*. Questi ultimi tre capitoli furono anche pubblicati separatamente dal Retico a Norimberga nel 1542 con una prefazione a Giorgio Hartmann (cfr. ed. di Varsavia, pp. 11 e 545-47). Ho preferito riportare nel testo le pagine cancellate; per un'ipotesi circa i motivi della soppressione vedi la nota seguente; cfr. anche B. BILIŃSKI, *Il pitagorismo di Niccolò Copernico* cit., cap. VII, che sostiene che la soppressione della lettera diventava inevitabile dal momento che Copernico aveva deciso per la pubblicazione della sua opera.

[92] Su Aristarco di Samo cfr. la nota 18 alla traduzione della lettera contro Werner. La principale testimonianza circa le convinzioni eliostatiche di Aristarco viene dall'*Arenario* di Archimede: « ...Aristarco di Samo pubblicò scritti intorno ad alcune ipotesi, ove dalle premesse risulta che l'universo è molte volte più grande del cosmo ora menzionato [poco prima era detto: " cosmo è chiamata dalla maggior parte degli astrologi la sfera di cui è centro il centro della terra e di cui è raggio la retta tra il centro del sole e quello della terra "]. Suppone infatti che le stelle fisse e il sole rimangano immobili, e che la terra invece giri lungo il perimetro di un circolo intorno al sole che è situato nel centro dell'orbita della terra; e la sfera delle stelle fisse, che ha il proprio centro nel centro del sole, è tanto grande che il circolo, secondo cui egli suppone che la terra giri, ha rispetto alla distanza delle stelle fisse la stessa proporzione che il centro della sfera ha rispetto alla sua superficie » (ed. Heiberg, vol. II, p. 218). Altre testimonianze in: PLUTARCO, *De facie in orbe lunae*, ed. Hubert-Pohlenz, 922 f-923 a;

non mossi da quella argomentazione che Aristotele presenta e confuta. Ma poiché queste cose sono tali che non possono essere capite se non con una acuta intelligenza e con ripetuta applicazione, erano rimaste nascoste alla maggior parte dei filosofi, e che fossero anche molto pochi coloro che in quel tempo conoscevano le leggi dei movimenti degli astri, non è taciuto da Platone. Ma se furono intese da Filolao e da qualche pitagorico, è tuttavia verosimile che non siano state tramandate ai posteri. Era infatti norma dei pitagorici non affidare alla scrittura e non comunicare a tutti indistintamente i misteri della filosofia, ma solo affidarli direttamente alla fiducia degli amici e dei vicini. Cosa che ci viene testimoniata dalla lettera di Liside [93] ad Ipparco, lettera che, in quanto dice cose degne di essere ricordate e perché appaia come i pitagorici credessero preziosa la filosofia, mi è piaciuto inserire qui e di porre, con essa, fine al primo libro. Riporto dunque la lettera che ho tradotto così dal greco:

De placitis philosophorum, ed. Bernardakis, 891 a; *Platonicae quaestiones*, ed. Hubert, 1006 c; *Scolio*, in ARIST. *De caelo*, ed. Brandis, p. 495; SESTO EMPIRICO, *Adversus mathematicos*, ed. Mutschmann, X, 174. Cfr. G. DERENZINI MACCAGNI, *L'eliocentrismo di Aristarco da Archimede a Copernico*, in « Physis », XVI, 1974, pp. 289-308. È questo l'unico passo in cui Copernico ricorda, come suo precursore, Aristarco di Samo che tra gli antichi è certo stato il più autorevole sostenitore dell'eliocentrismo. Tanto più, quindi, sorprende la cancellazione di tali pagine nel manoscritto. Perché Copernico si indusse a ciò? Tra le varie ipotesi formulate in proposito mi pare convincente quella sostenuta da Carlo Maccagni nel corso del seminario copernicano organizzato ad Erice nel maggio 1973 dalla Scuola superiore di storia della fisica del Centro E. Majorana: nell'opera di Aristarco a noi pervenuta (*Sulle dimensioni e la distanza del sole e della luna* tradotta in latino dal Valla e pubblicata a Venezia nel 1498) egli appare un sostenitore della dottrina geocentrica; poiché la conoscenza dell'*Arenario* di Archimede (come delle altre opere di questo matematico) non era ancora molto diffusa (l'*editio princeps* del testo greco degli scritti di Archimede fu pubblicata a Basilea da Thomas G. Venatorius solo nel 1544), Copernico forse preferì rinunciare al riferimento ad un precursore il cui eliocentrismo poteva essere messo in dubbio sulla base di un suo scritto ben noto agli astronomi. Cfr. anche lo scritto cit. di G. Derenzini Maccagni, p. 306.

[93] Cfr. nota 4 alla traduzione della lettera-dedica a Paolo III, a proposito di questa lettera spuria, composta tra il 146 a. C. e il 100 d. C. Copernico ne era venuto a conoscenza durante il suo soggiorno in Italia, poiché essa era stata pubblicata da Aldo Manuzio a Venezia nel 1499 nella stessa collezione di lettere che comprendeva anche le epistole di Teofilatto Simocatta, poi tradotte in latino da Copernico. Nel luglio 1503 fu pubblicata anche una traduzione latina (fatta a suo tempo dal Cardinale Bessarione) di tale lettera.

Liside saluta Ipparco.

Dopo la morte di Pitagora, io non volli credere mai che la società dei suoi discepoli si sciogliesse. Ma dopo che, invece, contrariamente alla speranza, come per un naufragio ci siamo allontanati gli uni dagli altri, sparpagliati qua e là, abbiamo tuttavia il sacro dovere di ricordare i suoi divini insegnamenti, e di non comunicare i tesori filosofici a quanti non hanno neppur sognato la purificazione dell'animo. Infatti, non è bene divulgare a tutti quanto, con tanta fatica, abbiamo conquistato, così come non dobbiamo rivelare ai profani i misteri delle dee eleusine: chi facesse l'una cosa o l'altra dovrebbe essere da noi giustamente considerato come empio ed ingiusto.

Mette invece conto di considerare quanto tempo abbiamo messo a portar via quelle macchie che erano radicate nei nostri cuori, finché, passati cinque anni, fossimo degni di accogliere i suoi precetti. Infatti, come i tintori dopo il lavaggio fissano con qualche acido la tintura delle vesti, perché poi esse si intridano di un colore indelebile, che non possa più facilmente essere cancellato, così quell'uomo davvero divino preparò gli amanti della filosofia, per non essere frustrato nella speranza che aveva nutrito circa il valore di qualcuno. Non vendeva, infatti, una dottrina mercenaria, né aggiungeva all'utile della verità quelle trappole con cui molti sofisti legano le menti dei giovani, ma era maestro di cose divine ed umane.

Invero alcuni imitatori della sua dottrina fanno molte e grandi cose, ma in modo stravolto e non qual è conveniente per istruire la gioventù. Proprio per ciò rendono importuni e protervi i propri ascoltatori. Mescolano infatti gli schietti precetti della filosofia con costumi torbidi ed impuri. È come se qualcuno versasse in un pozzo profondo pieno di melma dell'acqua pura e limpida: infatti, agita la melma e perde l'acqua. Così accade a quanti insegnano in questo modo e in questo modo apprendono. Dense ed oscure selve, infatti, occupano la mente ed il cuore di coloro che non furono iniziati nel debito modo, selve che impediscono ogni moderazione e discernimento dell'animo. Percorrono questa selva tutti i generi di vizi, che consumano, respingono e non permettono in alcun modo che si faccia avanti la ragione. Nomineremo innanzi tutto le madri dei vizi che vi s'aggirano: l'incontinenza e l'avidità; e sono entrambe molto feconde. Infatti, l'incontinenza genera l'incesto, l'ubriachezza, lo stupro e i piaceri contro natura e certe passioni violente che spingono sino alla morte e al precipizio. Fino a tal punto infatti la libidine infiammò taluni ch'essi non si astennero né dalle madri né dai congiunti, che li spinse contro le leggi, la patria la città e i reggitori, li incatenò per trascinarli avvinti sino all'estremo supplizio. Dall'avidità sono poi generate le rapine, i parricidi, i sacrilegi, i venefici ed altre sorelle di questo genere. Perciò è necessario distruggere col ferro, col fuoco e con ogni sforzo i segreti rifugi di questa selva in cui vivono tali passioni. E quando capiremo che la nobile ragione s'è liberata da queste passioni, allora vi semineremo l'ottima e fruttuosa messe.

Tutto ciò, o Ipparco, anche tu l'avevi appreso con non piccola fatica, ma poco l'hai conservato o uomo buono, dopo aver degustato il lusso siciliano, per il quale non avresti dovuto posporre nulla. Molti dicono, infatti, che tu filosofi in pubblico, il che Pitagora vietò, Pitagora che lasciando per testamento a sua figlia Dama dei piccoli commentari dispose che non li affidasse ad alcuno che non fosse della famiglia. E pur potendo venderli ad alto prezzo, ella non volle, ma valutò più preziosi dell'oro la povertà e i voleri del padre. Dicono anche che Dama, morendo, lasciasse a sua figlia Vitalia il medesimo legato. E noi, invece, di sesso virile, manchiamo ai nostri doveri nei confronti del maestro e siamo traditori della nostra promessa. Pertanto, ti ho caro se ti correggerai; in caso contrario per me sei morto.

Capitolo XII

SULLE LINEE RETTE SOTTESE IN UN CERCHIO [94].

Tutte quelle nozioni tratte dalla filosofia naturale che sembravano necessarie al nostro lavoro, come princìpi ed ipotesi, cioè che il mondo sia sferico ed immenso, simile all'infinito, e anche che la sfera delle stelle fisse, che abbraccia ogni cosa, sia immobile e inoltre che il moto di tutti gli altri corpi celesti sia circolare, l'abbiamo notato per sommi capi. Abbiamo anche assunto che la terra si muova secondo certe rivoluzioni, sulle quali, come su una prima pietra, tentiamo di fondare l'intera scienza astronomica. Le dimostrazioni di cui ci serviamo in quasi tutta l'opera si aggirano tra linee rette ed archi di circonferenza, tra triangoli piani e triangoli sferici, circa i quali, benché molto già sia stato chiarito negli *Elementi* di Euclide, ancora non si sa, cosa ch'è invece della massima importanza, come si possano ricavare gli angoli dai lati e i lati dagli angoli.

Poiché l'angolo non misura la corda, né questa l'angolo, ma lo può l'arco, si è perciò trovato un metodo con cui si possono conoscere le corde sottese a un arco qualsiasi, e da queste si può ricavare l'arco stesso corrispondente all'angolo e viceversa, attraverso l'arco, la corda che sottende l'angolo. Perciò non deve sembrare strano se tratteremo di queste linee in questo libro {seguente} [95]. Tratterò anche degli angoli e dei lati tanto dei triangoli piani quanto di

[94] Il titolo *De rectis lineis quae in circulo subtenduntur* del cap. XII è ricavato dalla tormentata pagina 13 r del manoscritto: sino all'ediz. di Varsavia del 1854 il titolo del capitolo suonava: *De magnitudine rectarum in circulo linearum.* Nel manoscritto tutto il primo capoverso della nostra traduzione è cancellato, e gli editori hanno proceduto nei suoi confronti in maniere molto diverse. Le edizioni antiche facevano incominciare il capitolo con « Le dimostrazioni di cui... »; gli Zeller, fedeli al manoscritto, fanno incominciare il capitolo solo dal nostro secondo capoverso, cioè dalla parte non più cancellata del manoscritto; l'ediz. dell'Accademia polacca, da noi seguita, riporta anche la parte cancellata. Ogni soluzione ha buone motivazioni: l'inserzione del primo capoverso, che probabilmente apriva il secondo libro nel progetto originario di Copernico, non stona anche quando i capitoli trigonometrici divennero la parte finale del libro primo.

[95] Anche da queste parole, nel manoscritto, risulta che Copernico aveva inizialmente riservato la trattazione trigonometrica al libro secondo.

quelli sferici, di cui Tolomeo qua e là e per esempi ha discusso nelle sue dimostrazioni, affinché tali cose vengano in questo luogo spiegate una volta per tutte e risulti quindi più chiaro anche quello che procederemo ad insegnare.

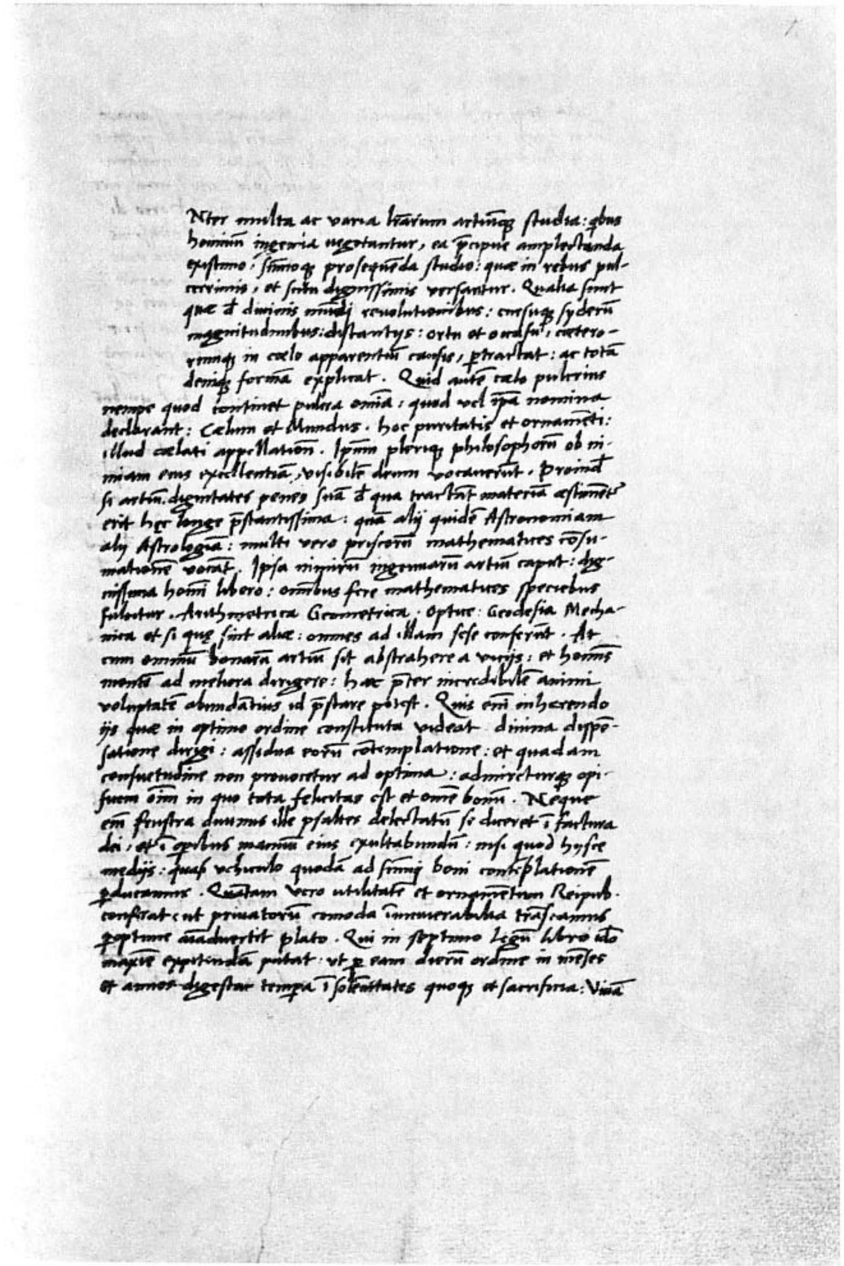
Secondo l'opinione comune dei matematici dividiamo la circonferenza in 360 parti. Gli antichi attribuivano al diametro 120 parti. Ma i posteri, poi, per evitare la complicazione dei sottomultipli [minuti e secondi] nelle moltiplicazioni e divisioni dei numeri concernenti quelle linee che per lo più sono incommensurabili in lunghezza, e più spesso ancora nella seconda potenza, stabilirono, alcuni, un diametro razionale di dodici volte centomila parti, altri di venti volte centomila parti, altri ancora diversamente, da quando vennero accolte nell'uso comune le cifre indiane [arabiche] dei numeri. Un sistema di notazione, questo, che supera qualunque altro, sia greco sia latino, per la sua eccezionale semplicità e capacità di adattarsi a calcoli di ogni genere. Anche noi, per questa ragione, abbiamo accolto una divisione del diametro in 200.000 parti, come sufficiente per potere evitare un errore evidente. Per le cose che non stanno in un rapporto come di numero a numero, è già sufficiente raggiungere un buon livello di approssimazione. E ciò lo spiegheremo in sei teoremi ed un problema, seguendo da vicino Tolomeo [96].

TEOREMA PRIMO. *Dato il diametro di un cerchio sono dati anche i lati del triangolo, del quadrato, dell'esagono, del pentagono e del decagono che lo stesso cerchio circoscrive.*

Poiché il raggio [97], la metà del diametro, è eguale al

[96] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. I, cap. 10.

[97] Copernico non usa il termine « radius », bensì l'ellenismo « [linea] quae ex centro ». Sulla terminologia tecnica, matematica ed astronomica, di cui si è servito Copernico, A. Birkenmajer ha fatto il seguente rilievo: « Essa doveva anche imbarazzare i lettori del secolo XVI, perché è una terminologia specifica... In Copernico, la stranezza della terminologia non viene dai neologismi, ma dal fatto ch'egli evitava in una maniera assai conseguente e visibile il vocabolario tecnico generalmente usato nel medioevo e nella sua epoca, e ch'egli cercava di risuscitare il lessico antico » (*Études d'histoire des sciences en Pologne* cit., p. 691). Sugli ultimi tre capitoli del libro I del *De Revolutionibus* cfr. F. S. ROSSI, *Copernico matematico*: *la sua trigono-*

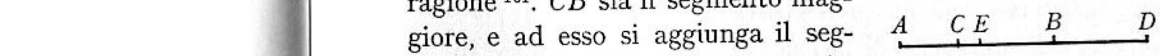


Esordio autografo del *De revolutionibus orbium caelestium*

(Cracovia, Biblioteka Jagiellońska, ms. BY 10000, fol. 1 r).

lato dell'esagono [98]; il quadrato sul lato del triangolo è tre volte il quadrato sul lato dell'esagono [99]; e il quadrato sul lato del quadrato il doppio di quello sul lato dell'esagono [100], secondo quello che è dimostrato negli *Elementi* di Euclide, risulterà pertanto che il lato dell'esagono è in lunghezza 100.000 parti, quello del quadrato 141.422 parti e quello del triangolo 173.205 parti.

Sia dunque *AB* il lato dell'esagono; e per la proposizione 11 del libro II e per la proposizione 30 del libro VI di Euclide, sia esso diviso nel punto *C* in media ed estrema ragione [101]. *CB* sia il segmento maggiore, e ad esso si aggiunga il segmento eguale *BD*. Pertanto, anche l'intero segmento *ABD* sarà stato diviso in media ed estrema ragione, e il segmento minore, il segmento aggiunto *BD*, sarà il lato del decagono inscritto nel cerchio, per cui *AB* sarà stato il lato dell'esagono. Il che risulta manifesto dalle proposizioni quinta e nona del XIII libro di Euclide [102].



Lo stesso *BD* sarà dato in questo modo; nel punto *E* sia diviso a metà *AB*: dalla proposizione terza dello stesso libro di Euclide [103] risulta chiaro che il quadrato di *EBD* è il quintuplo del quadrato di *EB*. Ma *EB* ha una lunghezza di 50.000 parti, dalla quale risulta il quintuplo del quadrato di *EB*; e la stessa *EBD* ha una lunghezza di 111.803 parti, dalle quali se si tolgono le 50.000 di *EB* rimangono le 61.803 parti di *BD*, il lato cercato del decagono.

È dato anche il lato del pentagono, il cui quadrato equivale alla somma dei quadrati dei lati dell'esagono e del decagono [104], in 117.557 parti.

metria piana e *Nicolò Copernico matematico: la sua trigonometria sferica*, in « Cultura e scuola », n. 45-46, 1973, pp. 317-36 e n. 49-50, 1974, pp. 421-36.

[98] EUCLIDE, *Elementi*, XIII, 12, trad. ital., Torino, Utet, 1970, p. 1009.

[99] EUCLIDE, *op. cit.*, I, 47, trad. cit., p. 146.

[100] EUCLIDE, *op. cit.*, IV, 7, trad. cit., p. 272.

[101] Il manoscritto ha « secondo il I problema del II libro o il decimo del sesto libro », mentre le edizioni (sino a quella di Varsavia) portano le cifre 11 e 30, che non indicano i problemi, bensì le proposizioni: cfr. EUCLIDE, *op. cit.*, II, 11, trad. cit., p. 185 e VI, 30, trad. cit., p. 413.

[102] EUCLIDE, *op. cit.*, XIII, 5 e 12, trad. cit., pp. 995 e 1010.

[103] EUCLIDE, *op. cit.*, XIII, 3, trad. cit., p. 993.

[104] EUCLIDE, *op. cit.*, XIII, 10, trad. cit., p. 1003.

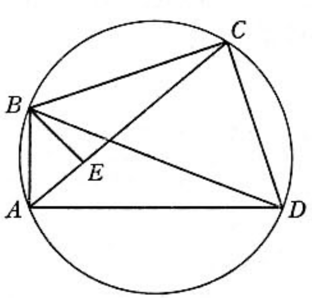
Quindi, dato il diametro del cerchio, sono dati anche i lati del triangolo, del quadrato, del pentagono, dell'esagono e del decagono che si possono inscrivere a quel cerchio, come volevasi appunto dimostrare.

COROLLARIO. *È chiaro inoltre che quando sia stata data la corda sottesa ad un arco è data anche quella che sottende la rimanente parte della semicirconferenza.*

Poiché l'angolo inscritto in un semicerchio è retto [105], e nei triangoli rettangoli il quadrato della corda sottesa all'angolo retto, cioè il quadrato del diametro, è eguale alla somma dei quadrati dei lati comprendenti l'angolo retto [106]; poiché il lato del decagono, che sottende trentasei parti della circonferenza, è stato mostrato essere di 61.803 parti mentre il diametro è di 200.000: risulta anche che la corda che sottende le rimanenti 144 parti della circonferenza è di 190.211 parti. E nel caso del pentagono, il cui lato è 117.557 parti del diametro e sottende un arco di 72 gradi, risulta una linea retta che sottende le rimanenti 108 parti della semicirconferenza ed è di 161.803 parti.

TEOREMA SECONDO. *Se un quadrilatero è inscritto in un cerchio, il rettangolo compreso dalle diagonali è eguale ai due rettangoli compresi sotto le coppie di lati opposti.*

Sia dunque $ABCD$ il quadrilatero inscritto nel cerchio:

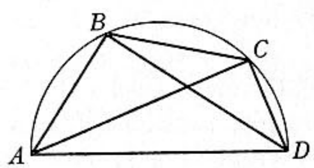


io dico che il rettangolo compreso dalle diagonali AC e BD è eguale a quelli compresi da AD, BC e AB, CD. Poniamo infatti un angolo ABE eguale all'angolo CBD. L'intero angolo ABD sarà eguale all'intero angolo EBC, essendo EBD comune ad entrambi. Ma anche gli angoli ACB e BDA, a loro volta, sono tra loro eguali perché insistono sul medesimo arco di circonferenza e quindi i due triangoli simili BEC e BDA avranno i lati proporzionali, in modo che $BC : BD = EC : AD$ e il rettangolo compreso da EC e BD è eguale a quello compreso da BC e AD. Ma anche i triangoli ABE e CBD sono simili per il fatto che gli angoli ABE e CBD sono eguali e anche gli angoli BAC e BDC, comprendendo lo stesso arco di circonferenza, sono eguali. Di nuovo, quindi, $AB : BD = AE : CD$ e il rettangolo formato da AB e CD è eguale a quello formato da AE e BD, ma è ormai già chiaro che il rettangolo formato da AD e BC è grande quanto quello formato da BD e EC. Insieme dunque quello che è formato da BD e AC è eguale a quelli che sono formati da AD, BC e da AB, CD; cosa che è stato opportuno avere dimostrato.

[105] EUCLIDE, *op. cit.*, III, 31, trad. cit., p. 245.
[106] EUCLIDE, *op. cit.*, I, 47, trad. cit., p. 146.

TEOREMA TERZO. *Da ciò, se si dànno corde, in una semicirconferenza, di archi diseguali, si dà anche la corda dell'arco di cui il maggiore supera il minore.*

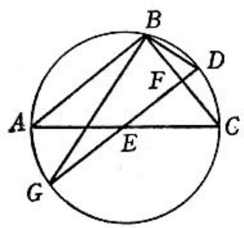
Nel semicerchio $ABCD$ col diametro AD, siano date le corde AB e AC sottese ad archi diversi. A noi, che vogliamo trovare la corda BC, dalle cose sopraddette sono date le corde BD e CD dei restanti archi del semicerchio, con le quali si ottiene nel semicerchio il quadrilatero $ABCD$. Le sue diagonali AC e BD sono date con i tre lati AB, AD e CD. Come abbiamo già dimostrato, il rettangolo formato da AC e BD è eguale alla somma di quelli formati da AB, CD e da AD, BC. Se dunque il rettangolo formato da AB e CD viene tolto da quello formato da AC e BD, resterà quello che è formato da AD e BC. Pertanto, servendosi per quanto è possibile di AD come divisore, si calcola la corda BC cercata.



Perciò, essendo ad esempio dati dai teoremi precedenti i lati del pentagono e dell'esagono, con questo calcolo è data la corda sottesa all'arco di 12 gradi, di quanto cioè gli archi di quei lati differiscono; ed essa è 20.905 parti del diametro.

TEOREMA QUARTO. *Data la corda sottesa a un qualunque arco, è data anche la corda che sottende metà arco.*

Descriviamo un cerchio *ABC* il cui diametro sia *AC*; e sia *BC* l'arco di circonferenza dato con la sua corda, e la linea *EF* che parte dal centro *E* intersechi ad angolo retto proprio la corda *BC*. Tale linea, secondo la terza proposizione del terzo libro di Euclide[107], taglierà la stessa *BC* in due parti eguali in *F* e, prolungata, l'arco in *D*. Si traccino anche le corde *AB* e *BD*. Poiché i triangoli *ABC* e *EFC* sono rettangoli e in più simili per avere l'angolo *ECF* in comune, come dunque *CF* è la metà del segmento *BFC*, così *EF* è la metà di *AB*; ma *AB* è dato come corda del restante arco del semicerchio; è dato dunque *EF* e il segmento *DF*, ciò che resta della metà del diametro [del raggio]. Si completi tale diametro e si abbia *DEG*, e si congiunga *BG*. Nel triangolo *BGD* pertanto, dall'angolo retto in *B*, discende la perpendicolare *BF* alla base. Dunque il rettangolo formato da *GD*, *DF* è eguale al quadrato di *BD*: si dà dunque la lunghezza di *BD*, che è la corda di metà dell'arco *BDC*.



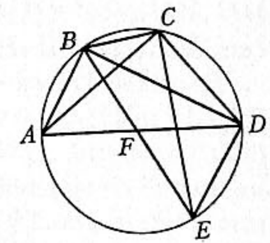
Ed essendo già data la corda dell'arco di 12 gradi, è data anche quella dell'arco di 6 gradi, la quale è di parti 10.467, e quella dell'arco di tre gradi, di parti 5.235 e quella dell'arco di un grado e mezzo, di parti 2.618, e quella dell'arco di 3/4 di grado [45 minuti], di parti 1.309.

TEOREMA QUINTO. *Di nuovo, essendo date le corde di due archi, è data anche la corda che sottende l'intero arco di circonferenza composto dai due.*

In un cerchio siano date le corde *AB* e *BC*; dico che così è data anche la corda dell'intero arco *ABC*. Infatti, tracciati i

[107] EUCLIDE, *op. cit.*, III, 3, trad. cit., p. 207.

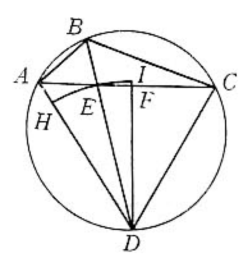
diametri *AFD* e *BFE*, si sottendano anche le corde *BD* e *CE*, che risultano dalle precedenti poiché sono date *AB* e *BC*, e *DE* è eguale proprio ad *AB*. Per mezzo di *CD* si completi il quadrangolo *BCDE*, di cui sono date le diagonali *BD* e *CE* e i tre lati *BC*, *DE* e *BE*; sarà dato anche il lato rimanente *CD* per il secondo teorema e parimenti è data la corda *CA*, sottesa alla restante parte del semicerchio ed a tutto l'arco *ABC*; ed è la corda che si cercava.



Inoltre, poiché fino a questo punto sono state trovate le corde che sottendono gli archi di 3 gradi, di 1 grado e mezzo e di 3/4 di grado, si possono stabilire esattamente delle tabelle secondo quegli intervalli. Tuttavia, riguardo alle corde di quegli archi, non a torto sarà in dubbio se salire per gradi e congiungere l'un arco all'altro, o di metà in metà, o in altro modo, poiché ci mancano criteri grafici per la dimostrazione. Niente tuttavia vieta di conseguire ciò in altro modo, restando di qua da un errore percepibile e contrastante il meno possibile con il numero assunto. Poiché anche Tolomeo ha indagato circa le corde di un grado e di metà grado, indicandocelo la prima volta[108].

TEOREMA SESTO. *Il rapporto degli archi – l'uno maggiore e l'altro minore – è maggiore di quello delle corde sottese.*

In un cerchio ci siano due archi diseguali consecutivi, *AB* e *BC*, e *BC* sia il maggiore. Dico che è maggiore il rapporto di *BC* ad *AB* di quello della corda *BC* alla corda *AB*; esse comprendono l'angolo in *B*: questo venga diviso in due parti eguali dalla linea *BD*. E si tracci la linea *AC*, che divide *BD* nel punto *E*. Simil-



[108] TOLOMEO, *Almagesto*, I, cap. 10.

mente si traccino anche AD e CD, che sono eguali perché sono eguali gli archi che esse sottendono. Poiché pertanto nel triangolo ABC la linea che divide l'angolo [B] a metà, taglia anche AC in E, staranno i segmenti della base EC ad AE, come BC ad AB [109], e poiché è maggiore BC di AB, sarà maggiore anche EC di EA. Si tracci la perpendicolare DF alla stessa AC, che la intersecherà in F, punto che necessariamente si trova nel segmento maggiore EC.

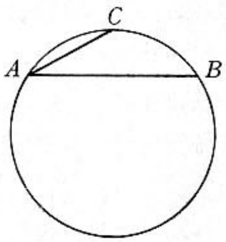
E poiché l'angolo maggiore di ogni triangolo è sotteso dal lato maggiore, nel triangolo DEF il lato DE è maggiore di DF e, inoltre, AD è maggiore di DE; per cui, se si descrive un arco di circonferenza con centro in D, e con apertura DE, esso intersecherà AD e oltrepasserà DF. Intersechi AD in H e si estenda sulla linea retta DFI. Poiché, pertanto, il settore EDI è maggiore del triangolo EDF, ma il triangolo DEA è maggiore del settore DEH, il triangolo DEF rispetto al triangolo DEA ha un rapporto minore del settore DEI rispetto al settore DEH. Ma i settori sono proporzionali agli archi o agli angoli al centro, mentre i triangoli, che sono sotto il medesimo vertice, lo sono alle loro basi. Pertanto è maggiore il rapporto tra gli angoli EDF e ADE di quello tra le basi EF ed AE. Quindi, componendo, il rapporto tra gli angoli FDA e ADE è maggiore di quello tra AF ed AE, e nello stesso modo è maggiore il rapporto tra CDA e ADE di quello tra AC ed AE. E, dividendo, è anche maggiore il rapporto di CDE ad EDA di quello di CE ad EA. Ma gli stessi angoli CDE e EDA stanno tra loro come l'arco CB rispetto a quello AB, e la base CE sta alla base AE come la corda CB alla corda AB.

Dunque, il rapporto dell'arco CB rispetto all'arco AB è maggiore di quello della corda BC rispetto alla corda AB, come dovevasi dimostrare.

PROBLEMA. Poiché l'arco è sempre maggiore della corda sottesa, essendo la retta la più breve delle linee che hanno gli stessi termini; tuttavia proprio tale ineguaglianza, passando dalle sezioni maggiori del cerchio a quelle minori, tende all'eguaglianza, così che infine quando la retta raggiunge l'estrema vicinanza col cerchio, la retta e la curva escono insieme. Bisogna pertanto che differiscano tra di loro prima di quel punto con una differenza insensibile.

[109] EUCLIDE, *Elementi*, VI, 3, trad. cit., p. 365.

Sia, ad esempio, AB un arco di 3 gradi e AC uno di 1 grado e mezzo; si è dimostrato che la corda AB è di parti 5235, delle quali parti il diametro ne misura 200.000, e che AC è 2618 delle medesime parti. E pur essendo l'arco AB doppio rispetto ad AC, tuttavia la corda AB è minore del doppio di AC, che aggiunge solo una unità alle 2617 parti. Se tuttavia prendiamo AB di un grado e mezzo e AC di tre quarti di grado, avremo la corda AB di 2618 parti e AC di 1309, e sebbene la corda AC debba essere più grande della metà di AB, tuttavia sembra differire in nulla dalla metà, ma pare che ci sia lo stesso rapporto tra archi e corde.



Pertanto quando ci sembra di essere arrivati al punto in cui la differenza tra la retta e la curva va di là dalla percezione, come se formassero una sola linea, non esitiamo a prendere 1309 come misura della corda sottesa all'arco di tre quarti di grado e a far corrispondere con lo stesso rapporto le corde all'arco di un grado e agli archi delle rimanenti parti del grado: così, aggiungendo un quarto di grado ai tre quarti di grado otteniamo un grado, con una corda sottesa di 1745 parti; mezzo grado con una corda di 872 parti e mezza; un terzo di grado con una corda di circa 582 parti. Penso tuttavia che basti se nella tavola diamo soltanto le semicorde sottese all'arco doppio, e con questa abbreviazione mettiamo insieme in un quadrante ciò che bisognava distribuire nel semicerchio. E specialmente perché nelle dimostrazioni e nel calcolo si usano più di frequente le semicorde che le corde intere. Abbiamo quindi composto una tavola con un aumento progressivo di un sesto di grado [cioè di dieci in dieci minuti di grado] e formata da tre colonne. Nella prima ci sono i gradi, ossia le parti degli archi, e i sesti di grado. La seconda contiene la misura della lunghezza della semicorda che sottende l'arco doppio. La terza contiene la differenza tra quelle misure delle semicorde; mediante tali differenze si può aggiungere proporzionalmente ciò che concerne le singole frazioni di grado. Questa dunque è la tavola.

TAVOLA DELLE CORDE

Archi		Semicorde degli archi doppi[110]	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado]		Archi		Semicorde degli archi doppi[110]	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado]	
Gr.	Min.		*Ms*	*Th*[111]	Gr.	Min.		*Ms*	*Th*[111]
0	10	291	291	291	5	10	9005		290
0	20	582		291	5	20	9295		290
0	30	873		290	5	30	9585		289
0	40	1163		291	5	40	9874	290	290
0	50	1454		291	5	50	10164	289	289
1	0	1745		291	6	0	10453	289	289
1	10	2036		291	6	10	10742	289	289
1	20	2327		290	6	20	11031		289
1	30	2617		291	6	30	11320		289
1	40	2908		291	6	40	11609		289
1	50	3199		291	6	50	11898		289
2	0	3490		291	7	0	12187		289
2	10	3781		290	7	10	12476		288
2	20	4071		291	7	20	12764		289
2	30	4362		291	7	30	13053	288	288
2	40	4653	291	290	7	40	13341		288
2	50	4943	290	291	7	50	13629		288
3	0	5234		290	8	0	13917		288
3	10	5524		290	8	10	14205		288
3	20	5814		291	8	20	14493		288
3	30	6105		290	8	30	14781		288
3	40	6395		290	8	40	15069		287
3	50	6685		290	8	50	15356	287	287
4	0	6975		290	9	0	15643		288
4	10	7265		290	9	10	15931		287
4	20	7555		290	9	20	16218		287
4	30	7845		290	9	30	16505		287
4	40	8135		290	9	40	16792		286
4	50	8425		290	9	50	17078		287
5	0	8715		290	10	0	17365		286

110 Sono i « seni » degli archi. Copernico non adopera mai il termine « sinus », ma lo sostituisce con la perifrasi « dimidia subtendentis duplam circumferentiam » o « semis subtensae duplae circumferentiae », o altre analoghe.

111 Le due parti in cui è divisa la terza colonna riportano, la prima (*Ms*) le differenze tabulari segnate sul manoscritto, e la seconda (*Th*) quelle calcolate e pubblicate nell'edizione centenaria di Toruń (1873).

TAVOLA DELLE CORDE

Archi Gr.	Archi Min.	Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Ms	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Th
10	10	17651	286	286
10	20	17937		286
10	30	18223		286
10	40	18509		286
10	50	18795		286
11	0	19081		285
11	10	19366	285	286
11	20	19652		285
11	30	19937		285
11	40	20222		285
11	50	20507		284
12	0	20791		285
12	10	21076	284	284
12	20	21360		284
12	30	21644		284
12	40	21928		284
12	50	22212		283
13	0	22495	283	283
13	10	22778		284
13	20	23062		282
13	30	23344		283
13	40	23627		283
13	50	23910	282	282
14	0	24192		282
14	10	24474		282
14	20	24756		282
14	30	25038	281	281
14	40	25319		282
14	50	25601		281
15	0	25882		281

Archi Gr.	Archi Min.	Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Ms	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Th
15	10	26163		280
15	20	26443	280	281
15	30	26724		280
15	40	27004		280
15	50	27284		280
16	0	27564	279	279
16	10	27843		279
16	20	28122		279
16	30	28401		279
16	40	28680		279
16	50	28959	278	278
17	0	29237		278
17	10	29515		278
17	20	29793		278
17	30	30071	277	277
17	40	30348		277
17	50	30625		277
18	0	30902		276
18	10	31178	276	276
18	20	31454	6	276
18	30	31730	6	276
18	40	32006	6	276
18	50	32282	5	275
19	0	32557	5	275
19	10	32832	5	274
19	20	33106	5	275
19	30	33381	4	274
19	40	33655	4	274
19	50	33929	4	273
20	0	34202	4	273

TAVOLA DELLE CORDE

Archi Gr.	Archi Min.	Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Ms	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Th
20	10	34475	3	273
20	20	34748	3	273
20	30	35021	3	272
20	40	35293	2	272
20	50	35565	2	272
21	0	35837	2	271
21	10	36108	1	271
21	20	36379	1	271
21	30	36650	1	270
21	40	36920	0	270
21	50	37190	0	270
22	0	37460	270	270
22	10	37730	269	269
22	20	37999	9	269
22	30	38268	9	269
22	40	38537	8	268
22	50	38805	8	268
23	0	39073	8	268
23	10	39341	7	267
23	20	39608	7	267
23	30	39875	7	266
23	40	40141	6	267
23	50	40408	6	266
24	0	40674	266	265
24	10	40939	265	265
24	20	41204	5	265
24	30	41469	5	265
24	40	41734	4	264
24	50	41998	4	264
25	0	42262	4	263

Archi Gr.	Archi Min.	Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Ms	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Th
25	10	42525	3	263
25	20	42788	3	263
25	30	43051	3	262
25	40	43313	2	262
25	50	43575	2	262
26	0	43837	2	261
26	10	44098	1	261
26	20	44359	1	261
26	30	44620	0	260
26	40	44880	0	260
26	50	45140	260	259
27	0	45399	259	259
27	10	45658	9	259
27	20	45916	8	258
27	30	46175	8	258
27	40	46433	8	257
27	50	46690	7	257
28	0	46947	7	257
28	10	47204	6	256
28	20	47460	6	256
28	30	47716	5	255
28	40	47971	5	255
28	50	48226	5	255
29	0	48481	4	254
29	10	48735	4	254
29	20	48989	3	253
29	30	49242	3	253
29	40	49495	2	253
29	50	49748	2	252
30	0	50000	252	252

TAVOLA DELLE CORDE

Archi Gr.	Archi Min.	Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Ms	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Th
30	10	50252	251	251
30	20	50503	1	251
30	30	50754	0	250
30	40	51004	0	250
30	50	51254	250	250
31	0	51504	249	249
31	10	51753	9	249
31	20	52002	8	248
31	30	52250	8	248
31	40	52498	7	247
31	50	52745	7	247
32	0	52992	6	246
32	10	53238	6	246
32	20	53484	6	246
32	30	53730	5	245
32	40	53975	5	245
32	50	54220	4	244
33	0	54464	4	244
33	10	54708	3	243
33	20	54951	3	243
33	30	55194	2	242
33	40	55436	2	242
33	50	55678	1	241
34	0	55919	1	241
34	10	56160	0	240
34	20	56400	240	241
34	30	56641	239	239
34	40	56880	9	239
34	50	57119	8	239
35	0	57358	8	238

Archi Gr.	Archi Min.	Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Ms	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Th
35	10	57596	8	237
35	20	57833	7	237
35	30	58070	7	237
35	40	58307	6	236
35	50	58543	6	236
36	0	58779	5	235
36	10	59014	235	234
36	20	59248	4	234
36	30	59482	4	234
36	40	59716	3	233
36	50	59949	3	232
37	0	60181	2	232
37	10	60413	2	232
37	20	60645	1	231
37	30	60876	1	231
37	40	61107	0	230
37	50	61337	230	229
38	0	61566	229	229
38	10	61795	9	229
38	20	62024	9	227
38	30	62251	8	228
38	40	62479	8	227
38	50	62706	7	226
39	0	62932	7	226
39	10	63158	6	225
39	20	63383	6	225
39	30	63608	5	224
39	40	63832	5	224
39	50	64056	4	223
40	0	64279	3	222

TAVOLA DELLE CORDE

Archi Gr.	Archi Min.	Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Ms	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Th
40	10	64501	2	222
40	20	64723	2	222
40	30	64945	1	221
40	40	65166	0	220
40	50	65386	220	220
41	0	65606	219	219
41	10	65825	9	219
41	20	66044	8	218
41	30	66262	8	218
41	40	66480	7	217
41	50	66697	7	216
42	0	66913	6	216
42	10	67129	215	215
42	20	67344	5	215
42	30	67559	4	214
42	40	67773	4	214
42	50	67987	3	213
43	0	68200	2	212
43	10	68412	2	212
43	20	68624	1	211
43	30	68835	1	211
43	40	69046	0	210
43	50	69256	210	210
44	0	69466	209	209
44	10	69675	9	208
44	20	69883	8	208
44	30	70091	7	207
44	40	70298	7	207
44	50	70505	6	206
45	0	70711	5	205

Archi Gr.	Archi Min.	Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Ms	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado] Th
45	10	70916	5	205
45	20	71121	4	204
45	30	71325	4	204
45	40	71529	3	203
45	50	71732	2	202
46	0	71934	2	202
46	10	72136	1	201
46	20	72337	0	200
46	30	72537	200	200
46	40	72737	199	199
46	50	72936	9	199
47	0	73135	8	198
47	10	73333	7	198
47	20	73531	7	197
47	30	73728	6	196
47	40	73924	5	195
47	50	74119	5	195
48	0	74314	4	194
48	10	74508	4	194
48	20	74702	4	194
48	30	74896	4	194
48	40	75088	2	192
48	50	75280	1	191
49	0	75471	0	190
49	10	75661	190	190
49	20	75851	189	189
49	30	76040	9	189
49	40	76229	8	188
49	50	76417	7	187
50	0	76604	7	187

TAVOLA DELLE CORDE

Archi		Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado]	
Gr.	Min.		*Ms*	*Th*
50	10	76791	6	186
50	20	76977	6	185
50	30	77162	5	185
50	40	77347	4	184
50	50	77531	4	184
51	0	77715	3	182
51	10	77897	2	182
51	20	78079	2	182
51	30	78261	1	181
51	40	78442	0	180
51	50	78622	180	179
52	0	78801	179	179
52	10	78980	8	178
52	20	79158	8	177
52	30	79335	7	177
52	40	79512	6	176
52	50	79688	6	176
53	0	79864	5	174
53	10	80038	4	174
53	20	80212	4	174
53	30	80386	3	172
53	40	80558	2	172
53	50	80730	2	172
54	0	80902	1	170
54	10	81072	170	170
54	20	81242	169	169
54	30	81411	9	169
54	40	81580	8	168
54	50	81748	7	167
55	0	81915	7	167

Archi		Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado]	
Gr.	Min.		*Ms*	*Th*
55	10	82082	6	166
55	20	82248	5	165
55	30	82413	4	164
55	40	82577	4	164
55	50	82741	3	163
56	0	82904	2	162
56	10	83066	2	162
56	20	83228	1	161
56	30	83389	160	160
56	40	83549	159	159
56	50	83708	9	159
57	0	83867	8	158
57	10	84025	7	157
57	20	84182	7	157
57	30	84339	6	156
57	40	84495	5	155
57	50	84650	5	155
58	0	84805	4	154
58	10	84959	3	153
58	20	85112	2	152
58	30	85264	2	151
58	40	85415	1	151
58	50	85566	0	151
59	0	85717	150	149
59	10	85866	149	149
59	20	86015	8	148
59	30	86163	7	147
59	40	86310	7	147
59	50	86457	6	145
60	0	86602	5	145

TAVOLA DELLE CORDE

Archi		Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado]	
Gr.	Min.		*Ms*	*Th*
60	10	86747	4	145
60	20	86892	4	144
60	30	87036	3	142
60	40	87178	2	142
60	50	87320	2	142
61	0	87462	1	141
61	10	87603	140	140
61	20	87743	139	139
61	30	87882	9	138
61	40	88020	8	138
61	50	88158	7	137
62	0	88295	7	136
62	10	88431	6	135
62	20	88566	5	135
62	30	88701	4	134
62	40	88835	4	133
62	50	88968	3	133
63	0	89101	2	131
63	10	89232	1	131
63	20	89363	1	130
63	30	89493	130	129
63	40	89622	129	129
63	50	89751	8	128
64	0	89879	8	127
64	10	90006	7	127
64	20	90133	6	125
64	30	90258	6	125
64	40	90383	5	124
64	50	90507	4	124
65	0	90631	3	122

Archi		Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado]	
Gr.	Min.		*Ms*	*Th*
65	10	90753	2	122
65	20	90875	1	121
65	30	90996	1	120
65	40	91116	120	119
65	50	91235	119	119
66	0	91354	8	118
66	10	91472	118	118
66	20	91590	7	116
66	30	91706	6	116
66	40	91822	5	114
66	50	91936	4	114
67	0	92050	3	114
67	10	92164	3	112
67	20	92276	2	112
67	30	92388	1	111
67	40	92499	110	110
67	50	92609	109	109
68	0	92718	9	109
68	10	92827	8	108
68	20	92935	7	107
68	30	93042	6	106
68	40	93148	5	105
68	50	93253	5	105
69	0	93358	4	104
69	10	93462	3	103
69	20	93565	2	102
69	30	93667	2	102
69	40	93769	1	101
69	50	93870	100	99
70	0	93969	99	99

TAVOLA DELLE CORDE

Archi		Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado]	
Gr.	Min.		*Ms*	*Th*
70	10	94068	8	99
70	20	94167	8	97
70	30	94264	7	97
70	40	94361	6	96
70	50	94457	5	95
71	0	94552	4	94
71	10	94646	3	93
71	20	94739	3	93
71	30	94832	2	92
71	40	94924	1	91
71	50	95015	0	90
72	0	95105	90	90
72	10	95195	89	89
72	20	95284	8	88
72	30	95372	7	87
72	40	95459	6	86
72	50	95545	5	85
73	0	95630	5	85
73	10	95715	4	84
73	20	95799	3	83
73	30	95882	2	82
73	40	95964	1	81
73	50	96045	1	81
74	0	96126	80	80
74	10	96206	79	79
74	20	96285	8	78
74	30	96363	7	77
74	40	96440	7	77
74	50	96517	6	75
75	0	96592	5	75

Archi		Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado]	
Gr.	Min.		*Ms*	*Th*
75	10	96667	4	75
75	20	96742	3	73
75	30	96815	2	72
75	40	96887	2	72
75	50	96959	1	71
76	0	97030	70	69
76	10	97099	69	70
76	20	97169	8	68
76	30	97237	8	67
76	40	97304	7	67
76	50	97371	6	66
77	0	97437	5	65
77	10	97502	4	64
77	20	97566	3	64
77	30	97630	3	62
77	40	97692	2	62
77	50	97754	1	61
78	0	97815	60	60
78	10	97875	59	59
78	20	97934	8	58
78	30	97992	8	58
78	40	98050	7	57
78	50	98107	6	56
79	0	98163	5	55
79	10	98218	4	54
79	20	98272	4	53
79	30	98325	3	53
79	40	98378	2	52
79	50	98430	1	51
80	0	98481	50	50

TAVOLA DELLE CORDE

Archi		Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado]	
Gr.	Min.		*Ms*	*Th*
80	10	98531	49	49
80	20	98580	9	49
80	30	98629	8	47
80	40	98676	7	47
80	50	98723	6	46
81	0	98769	5	45
81	10	98814	4	44
81	20	98858	3	44
81	30	98902	2	42
81	40	98944	2	42
81	50	98986	1	41
82	0	99027	40	40
82	10	99067	39	39
82	20	99106	8	38
82	30	99144	8	38
82	40	99182	7	37
82	50	99219	6	36
83	0	99255	5	35
83	10	99290	4	34
83	20	99324	3	33
83	30	99357	3	32
83	40	99389	2	32
83	50	99421	1	31
84	0	99452	30	30
84	10	99482	29	29
84	20	99511	8	28
84	30	99539	7	28
84	40	99567	7	27
84	50	99594	6	26
85	0	99620	5	24

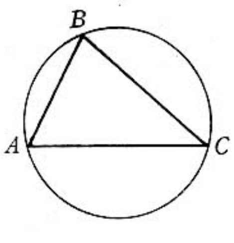
Archi		Semicorde degli archi doppi	Differenze tabulari [tra dieci minuti di grado]	
Gr.	Min.		*Ms*	*Th*
85	10	99644	4	24
85	20	99668	3	24
85	30	99692	2	22
85	40	99714	2	22
85	50	99736	21	20
86	0	99756	20	20
86	10	99776	19	19
86	20	99795	18	18
86	30	99813	8	17
86	40	99830	7	17
86	50	99847	6	16
87	0	99863	5	15
87	10	99878	4	14
87	20	99892	3	13
87	30	99905	2	12
87	40	99917	2	11
87	50	99928	11	11
88	0	99939	10	10
88	10	99949	9	9
88	20	99958	8	8
88	30	99966	7	7
88	40	99973	6	6
88	50	99979	6	6
89	0	99985	5	4
89	10	99989	4	4
89	20	99993	3	3
89	30	99996	2	2
89	40	99998	1	1
89	50	99999	0	1
90	0	100000	0	0

Capitolo XIII

Sui lati e sugli angoli dei triangoli piani e rettilinei.

I.

Si conoscono i lati di un triangolo di cui sono dati gli angoli.

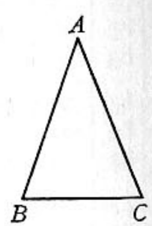


Prendiamo il triangolo ABC, a cui si circonscriva un cerchio secondo la quinta proposizione del quarto libro di Euclide[112]. Saranno dati anche gli archi AB, BC, CA, nel modo secondo cui 360 gradi corrispondono a due angoli retti [inscritti nei semicerchi][113]. Ma se gli archi sono noti, anche i lati del triangolo inscritto nel cerchio, come loro corde, sono misurabili, secondo la tavola riportata, in quelle unità di cui si assume che il diametro ne contenga 200.000.

II.

Se poi sono dati due lati del triangolo insieme con uno degli angoli si conoscerà anche il terzo lato e gli altri due angoli.

Infatti, i lati dati sono o eguali o diseguali, e l'angolo dato è o retto, o acuto, o ottuso; e ancora i lati dati o comprendono o non comprendono l'angolo dato.



Per prima cosa, dunque, nel triangolo ABC siano dati i lati AB e AC eguali e comprendenti l'angolo dato A. Pertanto i restanti angoli alla base BC, poiché sono uguali, sono dati anch'essi come metà della differenza dello stesso A rispetto a due retti. E se un angolo alla base è dato all'inizio, è dato altresì quello

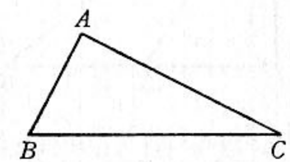
[112] Euclide, *op. cit.*, IV, 5, trad. cit., p. 269.

[113] Ho inserito, in parentesi quadra, l'aggiunta « inscritti nei semicerchi », per rendere chiaro ciò che intende Copernico, il quale si riferisce al noto teorema che un angolo inscritto in una semicirconferenza è retto. La figura del manoscritto (p. 19 r), diversamente da quelle delle varie edizioni, agevola la comprensione del significato della frase.

uguale ad esso e il terzo angolo, come differenza tra 180° e la somma di quelli. Ma se sono dati gli angoli di un triangolo ne son dati i lati, ed è data anche la base BC, [misurata], secondo la tabella, in quelle parti di cui AB o AC, in quanto raggi, ne misurerebbero 100.000 o il diametro 200.000.

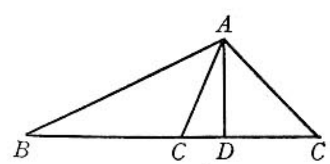
Se viene dato un angolo retto in BAC, compreso tra lati dati, accadrà la stessa cosa.

Poiché è chiarissimo che i quadrati di AB e AC sono uguali a quello di BC, si dà quindi BC in lunghezza e reciprocamente gli stessi lati nel loro rapporto. Ma la parte di circonferenza che comprende il triangolo rettangolo è un semicerchio di cui la base BC è il diametro. Essendo dunque BC di 200.000 parti, verranno dati AB e AC, come sottendenti gli altri angoli B e C, che il calcolo della tabella mostrerà di gradi tali per cui 180° siano uguali a due retti.



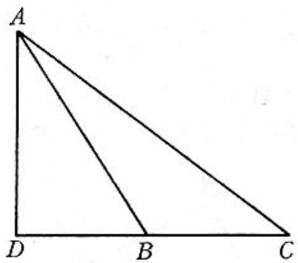
Lo stesso si verifica se viene dato BC con uno dei lati che comprendono l'angolo retto; cosa che penso sia ormai chiarissima.

Sia noto l'angolo acuto in ABC, compreso tra AB e BC, anch'essi noti; dal punto A cada la perpendicolare su BC o, se necessario, sul suo prolungamento, secondo che essa cada dentro o fuori del triangolo e questa sia AD; con essa si distinguono due triangoli rettangoli ABD e ADC, e poiché conosciamo gli angoli di ABD (quello in D, infatti, è retto, e B è noto per ipotesi), sono quindi noti AD e BD come sottendenti gli angoli A e B, in parti di cui AB, come diametro del cerchio, secondo la tabella ne comprende 200.000. E nello stesso modo in cui viene dato AB in lunghezza, sono dati anche AD e BD, ed anche CD, come differenza di BC e BD. Dunque anche nel triangolo rettangolo ADC, dati i lati AD



e CD, è dato il lato richiesto AC e l'angolo ACD, per la dimostrazione precedente.

Né accadrebbe diversamente se l'angolo B fosse ottuso, poiché la linea perpendicolare AD tracciata al prolungamento di BC, dal punto A, forma un triangolo ABD di angoli noti. È dato, infatti, l'angolo ABD esterno ad ABC; D, poi, è retto, quindi sono dati BD e AD in parti, di cui AB ne misura 200.000. E poiché BA e BC hanno un rapporto reciproco, è dato dunque anche BC nelle stesse parti come BD e tutta la linea CBD. Dunque, anche nel triangolo rettangolo ADC, essendo noti due lati, AD e CD, viene dato il terzo lato cercato AC e sono dati gli angoli BAC ed ACB che erano cercati.



Uno dei lati noti, AC e AB, sottenda l'angolo B noto: AC, secondo la tabella, è dunque dato in quelle parti, di cui il diametro del cerchio che circoscrive il triangolo ABC, ne misura 200.000; poiché è dato il rapporto di AC ad AB, è dato in parti simili anche AB, e, secondo la tabella, è dato l'angolo ACB insieme con l'altro ABC, per cui anche la corda BC è data. In questo modo essi ci sono dati, secondo una qualsiasi grandezza.

III.

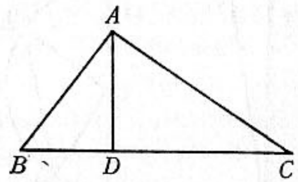
Dati tutti i lati di un triangolo si conoscono anche gli angoli.

Che nel triangolo equilatero ciascuno dei suoi angoli sia un terzo di due retti è troppo noto perché lo si debba dimostrare.

Anche per il triangolo isoscele è chiaro. I lati eguali infatti stanno in rapporto con il terzo, come la metà del diametro con la corda dell'arco, da cui è dato l'angolo compreso fra i lati eguali, secondo la tabella, in parti di cui 360,

al centro, sono uguali a quattro retti. Gli altri angoli, poi, quelli alla base, sono dati come metà della differenza di quell'angolo da due retti.

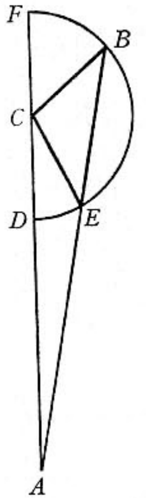
Resta ora da dimostrare questo anche per il triangolo scaleno, che similmente divideremo in triangoli rettangoli. Sia dunque il triangolo scaleno ABC di lati dati e al lato più lungo, per esempio BC, discenda la perpendicolare AD. Ma la tredicesima proposizione del secondo libro di Euclide[114] ci dice che il quadrato di AB, che sta di fronte ad un angolo acuto, è minore, di tanto quanto è il doppio rettangolo di BC e CD, della somma dei quadrati degli altri due lati. Infatti, è necessario che C sia un angolo acuto, altrimenti AB sarebbe, contro l'ipotesi, il lato più lungo, come si può vedere dalla XVII proposizione del primo libro di Euclide e anche dalle due seguenti[115]. Si hanno dunque BD e DC, ed ABD e ADC saranno triangoli rettangoli di cui conosciamo sia i lati che gli angoli, per cui ci sono noti anche gli angoli cercati del triangolo ABC, come già spesso si è ripetuto.

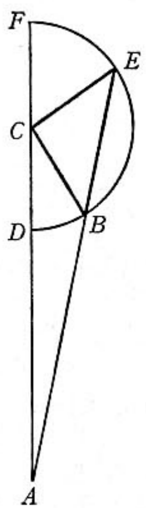


Diversamente. Forse questo più facilmente ci verrà chiarito dalla penultima proposizione del terzo libro di Euclide[116], se nel lato più breve, per esempio BC, fatto centro in C, con apertura BC, descriveremo un cerchio che tagli entrambi i rimanenti lati o uno dei due. In primo luogo, tagli l'uno e l'altro, AB in E e AC in D; prolunghiamo anche la linea ADC sino a F, fino cioè a completare il diametro DCF.

Fatta questa costruzione, risulta chiaro, dalla suddetta proposizione di Euclide, che il rettangolo di FA ed AD è uguale al rettangolo di BA e AE, in quanto l'uno e l'altro sono uguali al quadrato della linea che, partendo da A, arriva a toccare il cerchio [cioè, della tangente da A]. Ma a noi è nota l'intera AF, essendoci noti i suoi segmenti,

[114] EUCLIDE, *Elementi*, II, 13, trad. cit., p. 189.
[115] EUCLIDE, *op. cit.*, I, 17-19, trad. cit., pp. 102 e 106.
[116] EUCLIDE, *op. cit.*, III, 36, trad. cit., p. 254.





cioè CF, CD, uguali a BC, come raggi di una circonferenza, e AD come differenza tra CA e CD. Perciò è dato anche il rettangolo di BA e AE ed anche AE nella sua lunghezza, e la restante corda BE dell'arco BE. Unendo E con C, avremo un triangolo BEC, isoscele, di lati noti. Vien dato dunque l'angolo EBC. Così, per ciò che si è detto in precedenza, anche nel triangolo ABC troveremo i restanti angoli C e A.

E nel caso in cui la circonferenza non tagli AB, come nella figura seguente, dove AB cade sull'arco convesso, BE tuttavia sarà data e nel triangolo isoscele BCE è dato l'angolo CBE e quello esterno ABC. E secondo la stessa argomentazione di prima, sono dati anche gli altri angoli.

Quanto abbiamo detto può bastare per i triangoli rettilinei, su cui per altro si fonda gran parte della geodesia. Ora consideriamo quelli sferici.

Capitolo XIV

Dei triangoli sferici.

Qui noi consideriamo come triangolo convesso quello contenuto da tre archi di circoli massimi in una superficie sferica. E (consideriamo) poi la differenza e la grandezza degli angoli sull'arco del circolo massimo, che passa per il punto di intersezione preso come polo, arco racchiuso dai quadranti dei cerchi comprendenti l'angolo. Infatti, tale è il rapporto dell'arco così racchiuso rispetto all'intera circonferenza, quale è il rapporto dell'angolo di intersezione nei confronti di quattro retti, che abbiamo detto contenere 360 parti eguali.

I.

Se tre sono gli archi di cerchi massimi della sfera, di cui due, uniti insieme, sono più lunghi del terzo, è chiaro che da questi due si può formare un triangolo sferico.

Infatti ciò che qui si propone per gli archi, la XXIII proposizione dell'undicesimo libro di Euclide [117] lo dimostra per gli angoli, essendo lo stesso il rapporto degli angoli e degli archi; e sono massimi i circoli che passano per il centro della sfera. Appare chiaro che quelle tre sezioni di circoli, di cui sono fatti gli archi, formano, nel centro della sfera, un angolo solido. È dunque chiaro ciò che si è assunto.

II.

Ogni arco di un triangolo deve essere minore di un semicerchio.

Infatti il semicerchio non forma nessun angolo al centro, ma si proietta in linea retta. Ed i rimanenti due angoli, cui appartengono gli archi, non possono racchiudere un angolo al centro, per cui neppure un triangolo sferico. E penso che questa sia stata la causa per cui Tolomeo, nell'esposizione di questo tipo di triangoli, e soprattutto circa la figura del settore sferico, afferma recisamente che non esistono archi che possano essere supposti maggiori di un semicerchio [118].

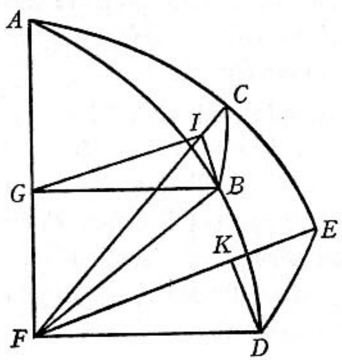
III.

Nei triangoli sferici, che hanno un angolo retto, la corda sottesa al doppio del lato che si oppone all'angolo retto, sta alla corda sottesa al doppio di uno dei due lati comprendenti l'angolo retto come il diametro della sfera sta alla corda che

[117] Euclide, *op. cit.*, XI, 23, trad. cit., p. 891.
[118] Tolomeo, *Almagesto*, lib. I, cap. 13.

sottende il doppio dell'angolo compreso, sul cerchio massimo della sfera, dal rimanente e dal primo dei lati.

Sia dato infatti il triangolo sferico ABC, di cui C sia l'angolo retto. Dico che la corda del doppio di AB sta alla corda del doppio di BC come il diametro della sfera alla corda che nel cerchio massimo sottende il doppio dell'angolo BAC.



Fatto il polo in A si descriva un arco di cerchio massimo DE e si completino i quadranti dei cerchi ABD e ACE. E dal centro della sfera F si traccino le intersezioni comuni dei cerchi: FA di ABD e ACE; e di ACE e DE sia l'intersezione FE, e sia FD di ABD e DE. Inoltre ancora FC dei circoli AC e BC. Quindi si traccino perpendicolarmente BG ad FA, BI a FC e DK a FE; e si unisca G con I.

Poiché, pertanto, se un cerchio ne taglia un altro tracciato attraverso i suoi poli, lo interseca secondo angoli retti, l'angolo che è compreso sotto AED sarà retto; e ACB lo è per ipotesi: quindi entrambi i piani EDF e BCF sono perpendicolari al piano AEF. Per cui, se si traccia dal punto K della comune intersezione FKE, la perpendicolare al piano sottostante [AFE] comprende anche essa con KD un angolo retto, secondo la definizione dei piani reciprocamente perpendicolari. Per cui, anche KD, per la quarta proposizione dell'undicesimo libro di Euclide[119], è perpendicolare ad AEF. Per la medesima ragione BI è perpendicolare al medesimo piano e perciò DK e BI sono parallele secondo la sesta proposizione del medesimo libro[120]. Ma anche GB è parallela a FD, proprio perché FGB e GFD sono angoli retti; e l'angolo FDK sarà uguale a GBI per la decima proposizione dell'undicesimo

[119] EUCLIDE, *Elementi*, XI, 4, trad. cit., p. 867.
[120] EUCLIDE, *op. cit.*, XI, 6, trad. cit., p. 871.

libro degli *Elementi* di Euclide[121]. Ma l'angolo FKD è retto ed anche GIB, secondo la definizione della linea perpendicolare. Pertanto, lati di triangoli simili sono proporzionali e come DF sta a BG, così DK starà a BI. Ma BI è la metà della corda sottesa al doppio dell'arco CB, poiché BI è perpendicolare al raggio CF e, per la stessa ragione, BG è metà della corda che sottende il doppio del lato BA, e DK metà della corda sottesa al doppio dell'arco DE, ossia del doppio dell'angolo A, e DF metà del diametro della sfera.

Pertanto risulta chiaro che la corda del doppio del lato AB sta a quella del doppio di BC come il diametro sta alla corda che sottende il doppio dell'angolo in A o dell'arco DE, come era opportuno dimostrare.

IV.

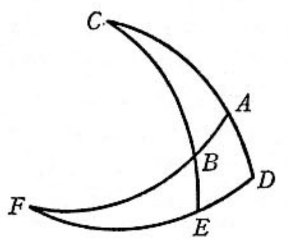
In qualunque triangolo avente un angolo retto, se è stato dato inoltre un altro angolo con un lato qualsiasi, si avranno anche l'angolo e i lati rimanenti.

Sia dato dunque il triangolo ABC avente l'angolo in A retto e con esso sia dato anche uno degli altri due angoli, per esempio, B. Riguardo al lato dato poi poniamo una triplice distinzione. Infatti il lato o sarà adiacente agli angoli dati come AB, o solo al retto, come AC, o si opporrà al retto come BC.

Sia dunque dato in primo luogo il lato AB, e preso C come polo, si descriva un arco di cerchio massimo DE, e completati i quadranti CAD e CBE, si prolunghino AB e DE, finché si intersechino reciprocamente nel punto F. A sua volta il polo di CAD sarà anche in F, proprio perché in A e D ci sono angoli retti. E poiché, se nella sfera cerchi massimi si intersecano reciprocamente secondo angoli retti, allora si tagliano a vicenda a metà e passano reciprocamente per i loro poli, ABF e DEF sono dunque quadranti dei cerchi. Ed essendo dato AB, è data anche la rimanente parte del quadrante BF e l'angolo EBF che è uguale, in quanto

[121] EUCLIDE, *op. cit.*, XI, 10, trad. cit., p. 875.

opposto al vertice, all'angolo dato *ABC*. Ma per la dimostrazione precedente, la corda sottesa al doppio dell'arco *BF* sta a quella del doppio di *EF* come il diametro della sfera sta alla corda che sottende il doppio dell'angolo *EBF*. Ma tre di quelle linee sono date, il diametro della sfera, la corda del doppio dell'arco *BF* e del doppio dell'angolo *EBF*, o le metà delle medesime; dunque, per la quindicesima proposizione del sesto libro di Euclide [122], è data anche metà della corda che sottende il doppio dell'arco *EF* e, secondo la tavola, lo stesso arco *EF* e il rimanente del quadrante *DE*, o l'angolo *C* cercato. Nello stesso modo e a loro volta, stanno in rapporto tra loro le corde dei doppi di *DE* ed *AB* come quelle dei doppi di *EBC* e *CB*. Ma già sono date le tre corde di *DE*, *AB*, e del quadrante del cerchio *CBE* e risulta così anche la quarta corda sottesa al doppio di *CB* e lo stesso lato cercato *CB*. E poiché le corde del doppio di *CB* e del doppio di *CA* stanno tra loro come quelle dei doppi di *BF* ed *EF*, poiché entrambi i rapporti sono uguali a quello del diametro della sfera con la corda del doppio dell'angolo *CAB*, in quanto quei rapporti che sono uguali ad un medesimo rapporto sono anche uguali fra loro, essendo ormai dati i tre archi *BF*, *EF*, *CB*, risulta anche il quarto *CA* e, con ciò, il terzo lato *CA* del triangolo *ABC*.



Sia ora *AC* il lato preso come dato, e ci si proponga di trovare i lati *AB* e *BC* e l'angolo rimanente *C*. Di nuovo, reciprocamente, la corda del doppio dell'arco *CA* rispetto alla corda del doppio di *CB* avrà lo stesso rapporto della corda del doppio dell'angolo *ABC* rispetto al diametro; per cui si dà il lato *CB* e i resti *AD* e *BE* dai quadranti dei cerchi. Così di nuovo avremo: come la corda del doppio di *AD* sta alla corda del doppio di *BE*, così la corda del doppio

[122] EUCLIDE, *op. cit.*, VI, 16, trad. cit., p. 382; cfr. anche VI, 15, pagine 381-82.

di *ABF*, cioè il diametro, sta alla corda del doppio di *BF*. Si conosce dunque l'arco *BF* e ciò che resta è il lato *AB*. Con dimostrazione simile, come nelle precedenti, dalle corde dei doppi di *BC*, *AB*, *FBE*, risulta la corda del doppio dell'arco *DE*, ossia il rimanente angolo *C*.

Inoltre, se fosse *BC* ad essere preso come noto, si avranno di nuovo, come prima, *AC* e i restanti *AD* e *BE*, per cui, attraverso le linee rette sottese e il diametro, come si è detto spesso, si hanno l'arco *BF* e, come resto, il lato *AB*; e poi, secondo il teorema precedente, conoscendo *BC*, *AB* e *CBE*, si ha l'arco *ED*, cioè il rimanente angolo *C*, che cercavamo.

E così, di nuovo, nel triangolo *ABC*, dati i due angoli *A* e *B*, di cui *A* è retto, con uno dei tre lati, è dato il terzo angolo con entrambi i lati restanti, come si voleva dimostrare.

V.

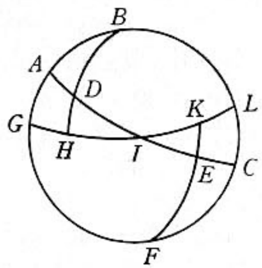
In un triangolo di cui conosciamo gli angoli, di cui uno sia retto, si hanno anche i lati.

Consideriamo ancora la figura precedente, in cui, poiché è noto l'angolo *C*, si hanno anche l'arco *DE* e *EF* come resto del quadrante del cerchio. E poiché *BEF* è un angolo retto, per il fatto che *BE* discende dal polo del cerchio *DEF* e l'angolo in *EBF* è opposto al vertice di un angolo dato, il triangolo *BEF* che ha l'angolo retto *E*, e l'angolo *B* dato insieme al lato *EF*, per il teorema precedente, è pertanto di angoli e lati noti. Così si hanno anche *BF* e *AB*, come resto del quadrante, e parimenti si dimostra che nel triangolo *ABC* si hanno i restanti lati *AC* e *BC* secondo la dimostrazione precedente.

VI.

Se in una stessa sfera due triangoli hanno un angolo retto e inoltre un altro angolo ed un lato dell'uno sono uguali ad un altro angolo ed un lato dell'altro, sia poi il lato adiacente agli angoli uguali od opposto ad uno di essi, i due triangoli avranno anche, rispettivamente, i lati restanti e il terzo angolo eguali.

ABC sia un emisfero, in cui si prendano due triangoli ABD e CEF, di cui gli angoli A e C siano retti e inoltre l'angolo ADB sia uguale all'angolo CEF e un lato sia eguale ad un lato; e anzitutto si tratti di quelli che sono adiacenti proprio agli angoli uguali, cioè AD sia uguale a CE. Dico che anche il lato AB è uguale al lato CF e BD a EF e che il restante angolo ABD è eguale a CFE.



Infatti, presi come poli B e F, si descrivano i quadranti dei cerchi massimi GHI e IKL e si completino ADI e CEI, i quali è necessario che si intersechino a vicenda nel polo dell'emisfero, nel punto I, poiché gli angoli in A e in C sono retti, e GHI e CEI sono descritti attraverso i poli del cerchio ABC.

Poiché, pertanto, AD e CE sono assunti come lati uguali, i restanti archi DI e IE saranno dunque uguali, eguali gli angoli IDH e IEK, poiché sono opposti al vertice di angoli assunti come uguali, e gli angoli che sono in H e in K sono retti; e, dato che i rapporti che sono uguali ad un terzo sono uguali tra loro, il rapporto della corda del doppio di ID rispetto alla corda del doppio di HI sarà eguale a quello della corda del doppio di EI rispetto alla corda del doppio di IK: infatti, entrambi i rapporti, secondo il terzo teorema di questo capitolo, sono eguali al rapporto del diametro della sfera rispetto alla corda che sottende il doppio dell'angolo IDH o alla corda eguale del doppio dell'angolo IEK. E per la quattordicesima proposizione del quinto libro degli *Elementi* di Euclide[123], essendo la corda che sottende l'arco doppio di DI uguale a quella che sottende il doppio di IE, così saranno uguali anche le corde sottese ai doppi di IK e di HI; e come in cerchi uguali linee rette uguali tagliano archi uguali, e le parti sono nello stesso rapporto allo stesso modo dei multipli, così gli archi semplici IH e IK saranno uguali e lo saranno i resti dei quadranti, gli archi GH e KL,

[123] EUCLIDE, *op. cit.*, V, 14, trad. cit., p. 331.

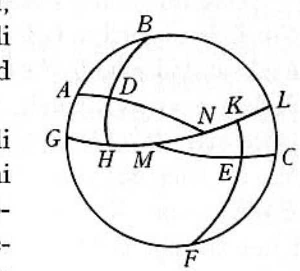
per il che risultano eguali gli angoli in B e in F. Lo stesso rapporto poi c'è anche tra la corda del doppio di AD rispetto a quella del doppio di BD e tra la corda del doppio di CE rispetto a quella del doppio di BD come quello della corda del doppio di EC rispetto a quella del doppio di EF. Infatti entrambi i rapporti sono come quello della corda che sottende al doppio dell'arco HG o dell'arco ad esso eguale KL rispetto alla corda del doppio di BDH, cioè al diametro, per l'inverso del terzo teorema, e AD è uguale a CE. Dunque, per la quattordicesima proposizione del quinto libro degli *Elementi* di Euclide, BD è uguale a EF, per l'eguaglianza delle corde sottese agli archi doppi.

Nello stesso modo dimostreremo attraverso l'eguaglianza di BD e EF che sono uguali i rimanenti lati e angoli. E, rispettivamente, se si assumono come lati uguali AB e CF, seguiranno le stesse cose circa l'identità dei rapporti.

VII.

Anche se un angolo non è retto, purché il lato, adiacente gli angoli uguali, sia eguale a quello dell'altro triangolo, ciò si dimostrerà egualmente.

Se dei due triangoli ABD e CEF i due angoli B e D fossero reciprocamente uguali ai due angoli E e F e anche il lato BD, che è adiacente agli angoli uguali, fosse uguale al lato EF, dico che di nuovo i due triangoli hanno lati ed angoli eguali.



Presi infatti nuovamente i poli in B e in F si descrivano gli archi di cerchi massimi GH e KL. E i prolungamenti di AD e GH si intersechino in N e similmente quelli di EC e LK in M. Poiché, pertanto, i due triangoli HDN e EKM hanno uguali gli angoli HDN e KEM, poiché sono opposti al vertice di angoli supposti uguali, e quelli in H e K sono retti per l'intersezione attraverso i poli, anche i lati DH e

EK sono uguali. Dunque i triangoli, per la dimostrazione precedente, hanno angoli e lati rispettivamente eguali.

E di nuovo, poiché *GH* e *KL* sono archi uguali, in quanto gli angoli *B* e *F* sono supposti uguali, tutto l'arco *GHN* è uguale a tutto l'arco *MKL* per l'assioma dell'addizione degli uguali. Pertanto si hanno qui due triangoli, *AGN* e *MCL*, aventi il lato *GN* uguale al lato *ML* e anche l'angolo *ANG* uguale all'angolo *CML* e *G* e *L* retti. Perciò anche gli stessi triangoli saranno di lati e di angoli uguali. Pertanto, togliendo parti uguali da parti uguali, resta *AD* uguale a *CE*, *AB* uguale a *CF* e l'angolo *BAD* uguale ad *ECF*. Come si doveva dimostrare.

VIII.

E ancora: se due triangoli hanno due lati dell'uno uguali a due lati dell'altro e un angolo dell'uno uguale ad uno dell'altro, sia che quest'angolo sia compreso tra i lati uguali, sia che sia invece alla base, essi avranno uguali anche le basi e gli altri angoli.

Come nella figura precedente, il lato *AB* sia uguale al lato *CF*, il lato *AD* eguale al lato *CE* e, come primo caso, l'angolo *A*, compreso tra lati uguali, sia uguale all'angolo *C*. Dico che anche la base *BD* è uguale alla base *EF*, l'angolo *B* all'angolo *F* e *BDA* è uguale a *CEF*.

Avremo infatti i due triangoli *AGN* e *CLM*, i cui angoli *G* e *L* sono retti; e *GAN* è uguale a *MCL*, perché sono i resti degli angoli eguali *BAD* e *ECF*. Tali triangoli sono dunque di lati e angoli eguali. Perciò dagli archi uguali *AD* e *CE* [sottratti da *AN* e *CM*] restano *DN* e *ME* pure uguali. Ma è ormai stato mostrato che l'angolo *DNH* è uguale ad *EMK* e che gli angoli in *H* e in *K* sono retti; quindi anche i due triangoli *DHN* e *EMK* saranno di angoli e lati uguali; dal che [per sottrazione di eguali] anche l'arco *BD* sarà uguale ad *EF* e *GH* uguale a *KL*: perciò sono uguali gli angoli *B* e *F* e sono pure uguali i rimanenti *ADB* e *FEC*.

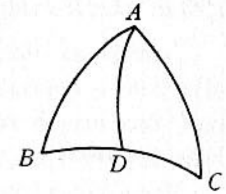
Che, se al posto dei lati *AD* e *EC*, si prendono come uguali le basi *BD* e *EF*, opposte agli angoli eguali (restando

invariato il resto), si dimostrerà nello stesso modo, poiché per l'uguaglianza degli angoli esterni *GAN* e *MCL* ed essendo *G* e *L* retti e *AG* uguale a *CL*, avremo ugualmente, come prima, i due triangoli *AGN* e *MCL* con angoli e lati uguali. E ugualmente capita anche per quei triangoli *DHN* e *MEK*, che ne sono parti, essendo *H* e *K* angoli retti ed eguali gli angoli *DNH* e *KME* e i lati *DH* e *EK*, che sono ciò che resta dei quadranti; da tutto ciò segue il medesimo risultato già detto.

IX.

Nei triangoli isosceli sferici, gli angoli alla base sono reciprocamente uguali.

Dato il triangolo *ABC* di cui i due lati *AB* e *AC* siano uguali, dico che anche gli angoli alla base *ABC* e *ACB* sono uguali.



Dal vertice *A* discenda un cerchio massimo, che tagli la base secondo angoli retti, cioè (un circolo passante) per i poli, e questo sia *AD*. Poiché dunque dei due triangoli *ABD* e *ADC* il lato *BA* è uguale al lato *AC*, e *AD* è comune ad entrambi, e gli angoli in *D* sono retti, per la dimostrazione precedente appare chiaro che gli angoli *ABC* e *ACB* sono uguali, cosa che si doveva dimostrare.

Corollario. Da ciò segue che quell'arco che, passando per il vertice di un triangolo isoscele, cade perpendicolarmente sulla base, divide a metà sia la base sia l'angolo compreso tra i lati uguali, e viceversa; ciò risulta da questa dimostrazione e dalla precedente.

X.

Due triangoli che abbiano l'uno i lati uguali a quelli dell'altro, avranno anche gli angoli rispettivamente uguali.

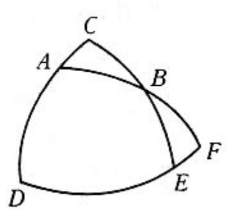
Poiché infatti, per entrambi, i tre segmenti di cerchi massimi costituiscono delle piramidi aventi nel centro della sfera i loro vertici, e come basi i triangoli piani che sono compresi sotto le corde che sottendono gli archi dei triangoli convessi, quelle piramidi sono simili ed uguali, per la definizione delle figure solide simili ed uguali [124]. E il criterio di simiglianza è che abbiano gli angoli, presi in qualsiasi modo, rispettivamente uguali l'uno all'altro; anche i triangoli, dunque, avranno gli angoli uguali. E per di più, coloro che definiscono più generalmente la somiglianza delle figure, vogliono che siano simili quelle che hanno simili le inclinazioni dei piani e che contengono tra essi angoli rispettivamente uguali. Da ciò credo sia chiaro che in una sfera i triangoli, che hanno i lati eguali l'uno rispetto all'altro, sono simili, come quelli piani.

XI.

Ogni triangolo, di cui siano dati due lati ed un angolo, risulterà di angoli e lati dati.

Infatti, se i lati dati sono uguali, saranno uguali gli angoli alla base e condotto un arco dal vertice alla base, che formi con essa angoli retti, saranno dati facilmente, per il corollario del teor. IX, gli elementi cercati.

Prendiamo invece i lati dati ineguali, come nel triangolo ABC di cui sia dato l'angolo A con due lati, che comprendono o non comprendono l'angolo dato; vediamo prima il caso in cui i lati dati AB e AC comprendano l'angolo dato: assunto C come polo, si descriva un arco di cerchio massimo DEF e si completino i quadranti CAD e CBE e il prolungamento di AB intersechi DE nel punto F. Così anche nel triangolo ADF si ha il lato AD come resto del quadrante, quando sia tolto l'arco AC, e anche l'angolo BAD come differenza tra due retti e CAB. Infatti medesimo è il rapporto e la dimensione di questi e degli angoli che derivano dalla interse-



[124] Euclide, *op. cit.*, XI, def. 10, trad. cit., p. 862.

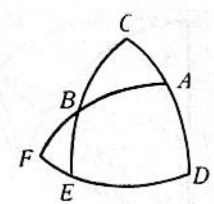
zione di linee rette e di piani, e D è un angolo retto. Pertanto, secondo il quarto teorema di questo capitolo, il triangolo ADF è di angoli e lati dati. E ancora, del triangolo BEF si è trovato l'angolo F, ed E è retto per la intersezione [di un cerchio con un altro di cui passa] per il polo, ed anche il lato BF [è trovato], che l'intero ABF supera di AB. Dunque, per il medesimo teorema, anche BEF sarà un triangolo di angoli e lati dati. Perciò, da BE è dato BC, come resto del quadrante e BC è il lato cercato; e, sottraendo EF dall'intero DEF, si ha il resto che è DE, ed è dato l'angolo C e, attraverso l'angolo EBF, è dato anche l'angolo cercato ABC, che è suo opposto al vertice.

Ma se, invece di AB, prendiamo CB, che si oppone all'angolo dato, avremo le stesse conclusioni. Sono infatti dati, come resti dei quadranti, AD e BE, e, con la stessa dimostrazione, come prima, i due triangoli ADF e BEF di angoli e lati dati, per cui il triangolo ABC considerato risulta di lati ed angoli dati, come si voleva.

XII.

E ancora, avremo le stesse conclusioni se saranno dati comunque due angoli con un lato qualsiasi.

Infatti, restando la costruzione della figura precedente [125], del triangolo ABC siano dati due angoli ACB e BAC col lato AC, che è adiacente ad entrambi gli angoli. Ora, se uno degli angoli dati fosse stato retto, si poteva ricavare tutto il resto argomentando secondo il quarto teorema precedente. Ma vogliamo fare una diversa ipotesi: che nessuno dei due angoli sia retto. Sarà pertanto AD il resto del quadrante CAD [togliendo AC], e l'angolo BAD quello che rimane togliendo da due retti BAC, e D retto. Pertanto, del triangolo AFD sono dati gli angoli



[125] Nel manoscritto, Copernico riproduce la stessa figura, ma scambiando la A con la B e la D con la F. L'edizione degli Zeller riproduce tale figura, che anche noi riportiamo.

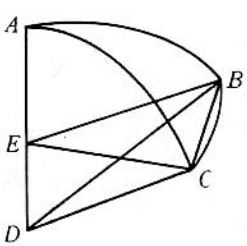
con i lati, per il quarto teorema di questo capitolo. E, dato l'angolo C, è dato l'arco DE, il resto EF [dal quadrante] e l'angolo retto BEF ed F, angolo comune ad entrambi i triangoli. Sono dati ugualmente, per il quarto teorema di questo capitolo, BE e FB, per cui saranno noti gli altri lati AB e BC cercati.

Del resto, se uno degli angoli dati fosse stato opposto al lato dato, per esempio, se fosse dato l'angolo ABC al posto di ACB, restando fisse le altre parti, saranno note le stesse cose e, per la dimostrazione precedente, l'intero triangolo ADF sarà di angoli e lati dati, e similmente il triangolo parziale BEF; poiché per l'angolo F comune ad entrambi ed EBF che è opposto al vertice dell'angolo dato, ed E che è retto, si dimostra come nelle argomentazioni precedenti che anche tutti i lati sono dati; da ciò finalmente seguono le cose che abbiamo detto. Infatti, tutti gli elementi sono sempre connessi vicendevolmente e continuamente, come conviene alla forma della sfera.

XIII.

Infine, dati tutti i lati di un triangolo, si hanno anche gli angoli.

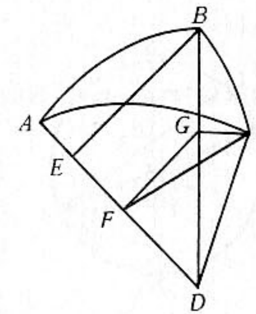
Siano dati tutti i lati del triangolo ABC; dico che si trovano anche tutti gli angoli.



Infatti, o il triangolo stesso avrà lati uguali, o non li avrà. Come primo caso, siano dunque uguali AB e AC. È chiaro che anche le metà delle corde che sottendono ai doppi dei lati saranno uguali. Siano queste BE e CE, che si intersecheranno reciprocamente nel punto E, per la loro eguale distanza dal centro della sfera, sulla intersezione comune DE dei cerchi, cosa che appare dalla quarta definizione del terzo libro di Euclide [126] e dalla sua conversa. Ma per la terza proposizione del medesimo libro [127], l'angolo DEB nel piano ABD è retto e similmente DEC nel piano ACD. Pertanto BEC è l'angolo d'inclinazione dei piani stessi, per la quarta definizione del libro undicesimo di Euclide [128], angolo che troveremo in questo modo. Essendo infatti la corda BC una linea retta, avremo il triangolo rettilineo BEC di lati dati per mezzo dei loro archi dati, e sarà anche di angoli dati, e avremo l'angolo BEC cercato, cioè l'angolo sferico BAC, e i rimanenti in seguito alle argomentazioni precedenti.

[126] EUCLIDE, *Elementi*, III, def. 4, trad. cit., p. 201.

Che se il triangolo fosse scaleno, come nella seconda figura, è chiaro che le metà delle corde degli archi doppi dei lati non si toccano minimamente. Poiché se l'arco AC è maggiore dell'arco AB, la metà corda del doppio di AC, cioè CF, cadrà più in basso; se invece è minore, sarà più in alto, poiché accade che tali linee siano più vicine o più lontane dal centro, secondo la quindicesima proposizione del terzo libro di Euclide [129]. Allora si conduca a BE la parallela FG, che divide BD, comune sezione dei cerchi, nel punto G, e si unisca C con G. È dunque chiaro che l'angolo EFG è retto, cioè uguale a AEB, ed anche EFC (essendo CF la metà della corda del doppio di AC) è retto. CFG sarà dunque l'angolo di intersezione dei cerchi AB e AC, che perciò pure conosciamo. Infatti DF sta ad FG come DE ad EB: i triangoli DFG e DEB sono infatti simili. Pertanto si ha FG misurata in quelle medesime parti, in cui è misurata anche FC.



Ma anche DG sta a DB nello stesso rapporto; si darà anche DG in parti di cui DC è 100.000. Ché anzi l'angolo GDC è dato attraverso l'arco BC: dunque il lato GC, per il secondo teorema sui triangoli piani, è dato in quelle stesse parti in cui sono dati i restanti lati del triangolo piano GFC.

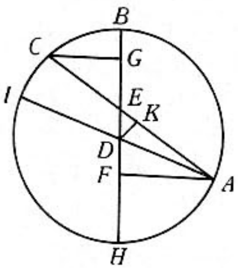
[127] EUCLIDE, *op. cit.*, III, 3, trad. cit., p. 207.
[128] EUCLIDE, *op. cit.*, XI, def. 6 (e non 4, come dice Copernico), trad. cit., p. 871.
[129] EUCLIDE, *op. cit.*, III, 15, trad. cit., p. 227.

Dunque, per l'ultimo teorema sui triangoli piani, avremo l'angolo *GFC*, cioè lo sferico *BAC* cercato, e quindi avremo anche gli altri, per l'undicesimo teorema sui triangoli sferici [130].

XIV.

Se si divide un arco di circonferenza dato in modo che l'uno e l'altro dei segmenti sia minore di una semicirconferenza e se è stato dato il rapporto di metà della corda sottesa al doppio di un segmento, rispetto alla metà della corda sottesa al doppio dell'altro, si avranno anche gli archi dei segmenti.

Si dia infatti l'arco *ABC*, di centro *D*, che sia diviso in un modo qualsiasi nel punto *B*, in modo tale che i segmenti siano minori di una semicirconferenza; sia poi dato in qualche modo nella sua lunghezza il rapporto della metà corda sottesa al doppio di *AB* rispetto alla metà corda sottesa al doppio di *BC*: dico che si hanno anche gli archi *AB* e *BC*.



Si sottenda, infatti, la corda *AC*, che il diametro tagli nel punto *E*, e dai punti estremi *A* e *C* cadano le perpendicolari allo stesso diametro e siano *AF* e *CG*, che è necessario siano la metà delle corde sottese ai doppi di *AB* e di *BC*.

Pertanto nei triangoli rettangoli *AEF* e *CEG* gli angoli al vertice in *E* sono uguali ed i triangoli, che sono equiangoli e simili, hanno proporzionali i lati opposti ad angoli uguali. Come *AF* sta a *CG*, così *AE* sta ad *EC*. Pertanto gli stessi numeri che misurano *AF* o *CG* avremo anche per *AE* ed *EC*;

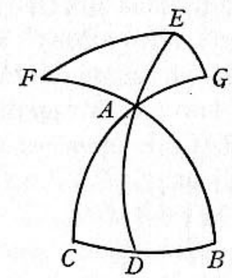
[130] Nel manoscritto (p. 24 v), a questo punto sono inserite otto righe, successivamente cancellate, in cui Copernico afferma che quando detto basta al suo scopo, mentre l'argomento – utilissimo non solo in astronomia bensì anche in cosmografia – da altri è stato trattato assai più ampiamente. Ciò mostra che prima della redazione finale – compiuta da Copernico allorché Retico venne a Frombork – il teorema XIII era l'ultimo, a cui poi si aggiunsero i teoremi XIV e XV, dapprima in ordine inverso. Sulla tormentata disposizione dei teoremi nel manoscritto, la quale indica come Copernico sia più volte ritornato sulla sua trigonometria sferica, cfr. G. DOBRZYCKI, pp. 390-1 del commentario cit. all'ediz. dell'Accademia polacca.

e nei medesimi risulterà anche l'intera *AEC*. Ma la corda che sottende l'arco *ABC* è data nelle parti in cui è dato il raggio *DEB* ed anche la metà *AK* di *AC* e il resto *EK*. Si traccino *DA* e *DK*, che pure saranno dati in quelle medesime parti in cui è dato *DB*, come la mezza corda del segmento d'arco che resta dalla semicirconferenza se vi si toglie *ABC* e che è compreso sotto l'angolo *DAK*; risulta quindi l'angolo *ADK* che comprende metà dell'arco *ABC*. Ma anche nel triangolo *EDK*, dati due lati e l'angolo *EKD* retto, si avrà pure *EDK* e quindi tutto l'angolo *EDA* comprendente l'arco *AB*; per il che si avrà anche il restante *CB*, cosa a cui mirava la dimostrazione.

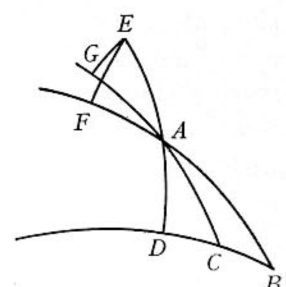
XV.

Dati tutti gli angoli di un triangolo, anche se nessuno di essi è retto, si avranno pure tutti i lati.

ABC sia il triangolo, di cui sono dati tutti gli angoli, dei quali però nessuno è retto. Dico che di esso si hanno anche tutti i lati.



Infatti, da uno degli angoli, per esempio da *A*, discenda per i poli di *BC* l'arco *AD*, che taglierà *BC* secondo angoli retti, e lo stesso *AD* cadrà entro il triangolo, a meno che uno dei due angoli alla base, *B* o *C*, non sia ottuso e l'altro acuto. Se capitasse ciò, bisognerebbe condurlo dall'angolo ottuso alla base [131].



[131] Nel manoscritto (p. 25 r), alla fine del terz'ultimo capoverso del capitolo, si trova una figura che illustra l'ipotesi qui accennata da Copernico, con le seguenti parole: «Se *AD* cadesse fuori del triangolo come nella seguente figura, l'argomentazione procederà allo stesso modo». Tali parole sono poi state cancellate. Riproduciamo qui la figura data anche nell'*editio princeps*.

Completati dunque i quadranti *BAF*, *CAG* e *DAE* e assunti i poli in *B* e *C*, descriviamo gli archi *EF* e *EG*. Gli angoli *F* e *G* saranno dunque retti.

Pertanto [nel triangolo *EAF* avente] [132] un angolo retto, il rapporto della metà corda sottesa al doppio di *AE* rispetto alla metà corda sottesa al doppio di *EF*, sarà come quello della metà del diametro della sfera rispetto alla metà della corda sottesa al doppio dell'angolo *EAF*. Similmente, nel triangolo *AEG*, che ha un angolo retto in *G*, la metà della corda sottesa al doppio di *AE*, nei confronti della metà della corda sotto il doppio di *EG*, avrà lo stesso rapporto che c'è tra la metà del diametro della sfera e la metà della corda sottesa al doppio dell'angolo *EAG*. E, per eguaglianza di rapporto, la metà della corda del doppio di *EF* sta alla metà della corda del doppio di *EG*, come la metà della corda sottesa al doppio dell'angolo *EAF* sta alla metà della corda sottesa al doppio dell'angolo *EAG*. E poiché gli archi *EF* ed *EG* sono noti, sono infatti [rispettivamente] la differenza tra un angolo retto e *B* e *C*, avremo dunque da questi archi il rapporto tra gli angoli *EAF* e *EAG*, cioè tra *BAD* e *CAD*, che sono i loro angoli opposti al vertice. Ma è già stato dato l'intero *BAC*; dunque, per il teorema precedente, saranno dati anche gli angoli *BAD* e *CAD*. Poi, per il quinto teorema, avremo i lati *AB*, *BD*, *AC*, *CD*, e l'intero *BC*.

Sui triangoli per ora bastino queste indicazioni incidentali, secondo le necessità del nostro compito. Ché, se queste cose dovessero essere trattate più ampiamente, occorrerebbe un volume a parte.

[132] Nel testo (p. 24 v) non c'è l'indicazione del triangolo rettangolo *EAF*, ma si parla in generale di « triangoli rettangoli ».

LIBRO SECONDO

[Proemio].

Poiché nel libro precedente abbiamo esposto in sintesi i tre moti della terra, mediante i quali abbiamo promesso di illustrare tutti i fenomeni degli astri, d'ora in poi sviluppiamo questa indagine, secondo le nostre capacità, esaminando e analizzando partitamente i singoli punti. Incominciamo dunque dalla rivoluzione più nota di tutte, quella del tempo diurno e notturno, che abbiam detto essere chiamata dai Greci νυχθήμερον, e che abbiamo giudicata senz'altro e massimamente propria del globo terrestre, giacché da essa per l'appunto risultano i mesi, gli anni e altri intervalli di tempo dalle molte denominazioni, così come dall'unità vien fuori il numero. Della non uniformità dei giorni e delle notti, della levata e del tramonto del sole, delle parti dello zodiaco e delle costellazioni e degli altri particolari del medesimo genere, che risultano come conseguenza da tale rivoluzione, diremo dunque alcune poche cose: tanto più che molti hanno scritto ben in abbondanza, su questi argomenti, cose che d'altra parte danno ragione appieno a ciò che diciamo. E nulla importa se noi, ricercando da un punto di partenza opposto quel che essi dimostrano ponendo ferma la terra e in moto l'universo, concorriamo alla stessa meta: poiché per quelle cose, che sono permutabili, si verifica che, invertite, s'accordino reciprocamente. Tralasceremo tuttavia nulla di quelle cose che siano necessarie.

Nessuno per altro si meravigli se finora abbiamo nominato alla buona levata e tramonto del sole e delle stelle e i fenomeni simili a questi, ma sappia che parliamo secondo il linguaggio abituale, che possa essere inteso da tutti, tenendo tuttavia sempre a mente, il fatto che [1]

> Per noi, che viaggiamo con la terra,
> il sole e la luna si muovono,
> le stelle alternamente ritornano
> e di nuovo scompaiono.

Capitolo I

Dei cerchi e delle loro denominazioni.

Abbiamo detto circolo equinoziale [equatore] il più grande dei paralleli del globo terrestre, descritti intorno ai poli della sua rivoluzione quotidiana. Abbiamo poi detto « zodiaco » [eclittica] il cerchio descritto attraverso le costellazioni, nel quale s'aggira in rivoluzione annua il centro della terra stessa. Ma poiché lo zodiaco è obliquo all'equatore, in proporzione dell'inclinazione dell'asse della terra verso di quello, esso descrive, in grazia della rivoluzione quotidiana della terra, due cerchi, che lo toccano da entrambi i lati, come limiti estremi della sua obliquità, e che si chiamano tropici. Il sole, infatti, in questi punti sembra fare le sue svolte (τροπάς), vale a dire le conversioni, quella invernale e quella estiva. Onde è divenuta consuetudine chiamare tropico del solstizio d'estate quello che è della parte settentrionale, brumale o relativo al solstizio d'inverno l'altro, quello che è dalla parte meridionale, come è stato esposto

[1] Sembra che l'autore di questi versi sia lo stesso Copernico. Come osservano gli Zeller nella loro edizione del *De Revolutionibus* (p. 445): « Quando Copernico elogia, citandolo parola per parola, un passo di qualche autore, è solito nominarlo. Con le parole "sempre tenendo in mente che", egli vuol significare che i versi ricordano la teoria copernicana. Dato che il sigillo di Copernico mostra Apollo che tiene in mano una lira, si deve infine congetturare che egli stesso componesse versi, come usavano gli umanisti del tempo ». Cfr. anche il commento di J. Dobrzycki (p. 392) nell'ediz. dell'Accademia polacca.

più sopra nella illustrazione sommaria delle rivoluzioni terrestri.

Segue di poi il cosiddetto orizzonte, che i Latini chiamano delimitante (infatti divide la parte di mondo che ci è visibile da quella che è nascosta), dal quale si vedono sorgere tutti quei corpi che tramontano e che ha il suo centro sulla superficie della terra e il suo polo al di sopra di noi. Poiché però la terra non risulta comparabile all'immensità del cielo, tanto più che neppure tutto quanto il mondo che si ha tra il sole e la luna può essere posto in confronto, secondo la nostra ipotesi, con la grandezza del cielo: così l'orizzonte sembra tagliare a mezzo il cielo, come se passasse per il centro dell'universo, come abbiamo esposto al principio. Poiché però l'orizzonte è obliquo rispetto all'equatore, tocca anch'esso due cerchi paralleli uno di qua e uno di là e cioè uno settentrionale, degli astri sempre visibili, e uno meridionale di quelli sempre invisibili; Proclo [2] e in generale i Greci chiamano il primo l'artico, l'altro l'antartico, ed essi divengono più grandi o più piccoli in proporzione dell'obliquità dell'orizzonte o dell'altezza del polo dell'equatore.

Rimane ancora il meridiano, che passa sia per i poli dell'orizzonte sia anche per quelli dell'equatore, e risulta perciò perpendicolare ad entrambi i cerchi; e quando il sole lo raggiunge, determina il mezzogiorno e la mezzanotte. Poiché però questi cerchi, vale a dire l'orizzonte e il meridiano, hanno il centro sulla superficie della terra, seguono del tutto il moto della terra e il nostro sguardo. L'occhio diventa infatti ovunque il centro della sfera delle cose visibili tutto all'intorno. Perciò tutti i cerchi presi sulla terra riflettono

[2] Proclo (411-485 d. C.), neoplatonico, scrisse commenti del *Timeo* e della *Repubblica*, ad Aristotele, ed al primo libro degli *Elementi* di Euclide; compose carmi in onore degli dèi. Tra i suoi scritti di carattere fisico-astronomico ci sono la *Sfera*, sugli orbi celesti, e un commento a Tolomeo. Ma un influsso maggiore su Copernico esercitò senza dubbio la sua sistemazione delle dottrine neoplatoniche in cui confluiscono anche tradizioni mistiche di origine pitagorica. In alcuni suoi scritti il sole è considerato divino, in mezzo al tempio del cielo, « re del fuoco intelligibile ». Cfr. le note degli Zeller alle righe del cap. X del primo libro del *De Revolutionibus* in cui Copernico ricorda le espressioni celebrative degli antichi nei riguardi del sole (*op. cit.*, pp. 441-43).

anche le proprie immagini circolari ad essi simili nel cielo, come viene mostrato nella cosmografia e ove si tratta delle dimensioni della terra [3]. E anche questi cerchi hanno invero le loro proprie denominazioni, mentre altri se ne potrebbero indicare in infiniti modi e con infinite denominazioni.

Capitolo II

Dell'obliquità dell'eclittica, della distanza dei tropici e come li si determina.

Poiché dunque l'eclittica passa tra il tropico e l'equatore come un cerchio obliquo, ritengo ormai necessario, che si veda la distanza degli stessi tropici e la grandezza dell'angolo di intersezione tra equatore ed eclittica. Questo è necessario però determinarlo con il senso e con l'utilizzazione di strumenti, tra i quali il migliore è considerato quello che si ha preparando un quadrato di legno, o piuttosto d'un'altra materia più solida, di pietra o di metallo, perché non vi sia il rischio che per azione modificatrice dell'aria l'alterabile legno tragga in inganno l'osservatore. Sia dunque resa piana in maniera perfettissima una superficie di tale quadrato, e abbia un'ampiezza tale, mettiamo di tre o quattro cubiti, da potervi fare delle sezioni. Fatto dunque centro in uno degli angoli, si tracci un quadrante di cerchio il più grande possibile [con il lato del quadrato per raggio] e lo si divida in 90 gradi uguali, che parimenti vengono suddivisi, ciascuno, in 60 minuti, o in quelli che possono starci. Si applica quindi al centro uno gnomone cilindrico ottimamente modellato che, rivolto perpendicolarmente a quella superficie, si levi su essa, mettiamo, dello spessore di un dito, o meno.

Dopo che si è preparato in questo modo tale strumento, si deve tracciare la linea meridiana su un pavimento giacente sul piano dell'orizzonte, e pareggiato con la massima diligenza mediante una bilancia idrostatica o una livella, in modo

[3] Tolomeo, *Geografia*, 1-6.

che non penda da alcuna parte. Dopo che abbiamo tracciato su questa base un cerchio, si eriga dal suo centro un gnomone: facendo alcune osservazioni prima di mezzogiorno, segneremo quel punto ove l'estremità dell'ombra tocca la circonferenza del cerchio. Similmente faremo dopo il mezzogiorno, e taglieremo in due sezioni uguali l'arco di circonferenza situato tra i due punti già segnati. In questo modo, dunque, la linea retta tracciata dal centro per il punto di sezione ci indicherà infallibilmente il mezzogiorno e il settentrione. Su questo pavimento, dunque, come base, si eriga a perpendicolo la superficie dello strumento, con il centro [del quadrante] rivolto a sud, in modo tale che una linea che scenda dal centro incontri esattamente ad angoli retti la linea meridiana. Accadde infatti in questo modo che la superficie dello strumento contenga il circolo meridiano.

In seguito si devono osservare nel giorno del solstizio d'estate e in quello del solstizio d'inverno le ombre meridiane del sole, che quell'indice o cilindro proietta dal centro [del quadrante], e, dopo aver applicato qualcosa sulla circonferenza del quadrante che sta sotto lo gnomone, affinché sia segnato con maggior certezza il luogo dell'ombra, annoteremo con la massima accuratezza possibile il centro dell'ombra in gradi e in minuti. Poiché, se avremo fatto questo, l'arco che si troverà indicato tra le due ombre, quella del solstizio d'estate e quella del solstizio d'inverno, ci indicherà la distanza dei tropici e l'intera obliquità dell'eclittica [4], e se prenderemo la metà dell'arco, sapremo quanto distano i tropici dall'equatore; e così risulterà noto pienamente quanto sia grande l'angolo d'inclinazione dell'equatore verso quel cerchio, che passa attraverso le costellazioni [cioè, l'eclittica].

Tolomeo [5] ritiene dunque l'intervallo, che si trova tra i due limiti già detti, settentrionale ed australe, di 47 gradi, 42 primi, 40 secondi, dei quali gradi il cerchio ne comprende

[4] Il centro del quadrante può essere preso come centro della sfera delle stelle fisse, dato che, rispetto al raggio di tale sfera, è trascurabile la distanza tra la terra e il sole.

[5] Tolomeo, *Almagesto*, lib. I, cap. 12.

360, come egli trovò essere stato osservato anche da Ipparco [6] e da Eratostene [7] prima di lui, e cioè gli 11/83 di tutto quanto il cerchio; e perciò la metà dell'arco, quindi 23° 51′ 20″, stabiliva la distanza dei tropici dall'equatore e l'angolo di intersezione con l'eclittica. Tolomeo credette quindi che questo si conservasse immutabile e che sempre sarebbe rimasto così. Ma si trova che queste distanze sono incessantemente diminuite da quel tempo fino a noi. Infatti, la distanza dei tropici è stata ormai trovata da noi e da alcuni altri nostri contemporanei non più grande di 46° 58′ circa, e l'angolo d'inclinazione non più grande di 23° 29′ [8]. Così è ormai abbastanza chiaro, che anche l'obliquità dell'eclittica è mutevole; su ciò parleremo più a lungo più avanti, ove anche mostreremo che tale obliquità, secondo una supposizione abbastanza verosimile, non è mai stata più grande di 23° 52′ e mai diverrà più piccola di 23° 28′.

[6] Su Ipparco, cfr. la nota 16 alla traduzione del *Commentariolus*.

[7] Eratostene di Cirene (275-195 a. C.) diresse la biblioteca di Alessandria e fu uomo di molteplici e svariati interessi, anche se la sua fama è massimamente legata alla sua opera di geografo. Riteneva con certezza che la terra fosse sferica e pare abbia scritto un libro, andato perduto, sulle dimensioni di essa. Usando lo gnomone riuscì a stabilire che, nel giorno del solstizio d'estate, esso non proiettava alcuna ombra, al mezzogiorno, in Siene, città del sud dell'Egitto, mentre ad Alessandria la distanza meridiana del sole dallo zenit era un cinquantesimo della circonferenza celeste. Poiché la distanza tra Alessandria e Siene era di 5000 stadi, egli calcolò che la circonferenza della terra doveva essere di 250.000 stadi. Essendo lo stadio di 300 cubiti reali eguale a metri 157,5, Eratostene giunse a determinare le dimensioni della terra con grande approssimazione rispetto alle misure moderne: ad es., tra la misura moderna del diametro polare della terra e quella di Eratostene c'è una differenza di soli 74 chilometri. Cfr. J. L. E. Dreyer, *Storia dell'astronomia da Talete a Keplero* cit., pp. 58-61, e Thomas S. Kuhn, *La rivoluzione copernicana* cit., pp. 351-57.

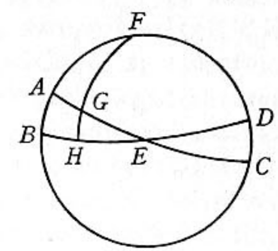
[8] La traduzione tedesca del Menzzer (*Ueber die Kreisbewegungen der Weltkörper* cit., p. 60) dà il valore (che non c'è nel manoscritto) di 23° 28²/₅′.

Capitolo III

Degli archi e degli angoli dei cerchi che si intersecano, l'equatore, l'eclittica e il meridiano, dai quali risulta la declinazione e l'ascensione retta, e del loro computo.

Come dell'orizzonte dicevamo che da esso sorgono e tramontano le parti dell'universo, così diciamo adesso del meridiano che esso taglia il cielo in due parti, poiché traversa in un intervallo di 24 ore tanto l'eclittica quanto l'equatore ed interseca le loro circonferenze nel punto di primavera e nel punto d'autunno, venendo a sua volta tagliato dall'arco delimitato da quei due cerchi. E poiché tutti questi cerchi sono cerchi massimi, essi formano un triangolo rettangolo sferico; e l'angolo retto risulta dal fatto che il meridiano, per definizione, attraversa l'equatore passando per i poli. L'arco così definito del meridiano, o di un cerchio qualsiasi passante per i poli, è chiamato la declinazione di questo segmento di eclittica. Quell'arco, invece, che sull'equatore corrisponde all'arco dell'eclittica che lo accompagna, uscendo dallo stesso punto, si chiama ascensione retta.

Tutto questo si può mostrare facilmente in un triangolo sferico. Sia, infatti, $ABCD$ un cerchio che passa contemporaneamente per i poli dell'equatore e dell'eclittica, cerchio che i più chiamano coluro [dei solstizi]. Sia AEC la metà dell'eclittica e BED la metà dell'equatore; il punto dell'equinozio di primavera sia in E, quello del solstizio d'estate in A e quello del solstizio d'inverno in C. Si prenda poi in F il polo della rivoluzione

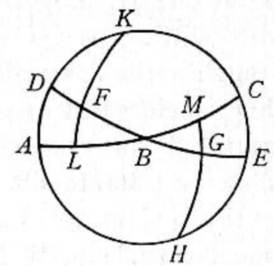


quotidiana; e venga preso sull'eclittica l'arco EG, per esempio di 30°, che viene tagliato dal quadrante di cerchio FGH. È allora manifesto che nel triangolo EGH sono dati: il lato EG eguale a 30° e l'angolo GEH, poiché quest'ultimo è, nella sua misura minima, di 23° 28′, secondo la declinazione massima di AB, 360° essendo quattro angoli retti; ed è pure dato GHE, che è un angolo retto.

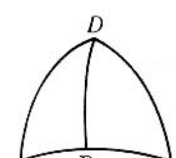
Conseguentemente, per il quarto teorema sui triangoli sferici, il triangolo EHG è di angoli e lati conosciuti. È perciò dimostrato che la corda del doppio di EG sta alla corda del doppio di GH come la corda del doppio di AGE, ossia il diametro della sfera, sta alla corda del doppio di AB; e le loro metà parimenti. Poiché la metà della corda del doppio di AGE è eguale al raggio, cioè a 100.000 parti, la metà della corda del doppio di AB è eguale a 39.822 delle medesime parti, e la metà della corda del doppio di EG è uguale a 50.000; e poiché, se quattro numeri sono in proporzione, il prodotto dei medi è eguale al prodotto degli estremi, avremo dunque la metà della corda del doppio dell'arco GH, ossia 19.911 parti; quindi, secondo la tavola, l'arco GH sarà eguale a $11^\circ\ 29'$, che è la declinazione corrispondente al segmento EG. Per la qual cosa, anche nel triangolo AFG si hanno i lati FG uguale a $78^\circ\ 31'$ ed AG uguale a 60° come resto del quadrante, e l'angolo FAG è un angolo retto. Sono quindi del pari in proporzione le corde dei doppi di FG, AG, FGH e BH, o le loro metà. Poiché, tuttavia, di queste corde ne sono date tre, si avrà anche la quarta BH, eguale a $62^\circ\ 6'$, che è l'ascensione retta dal punto del solstizio d'estate, oppure HE, ascensione retta dall'equinozio di primavera, eguale a $27^\circ\ 54'$. Parimenti ricaveremo dai lati dati, FG uguale a $78^\circ\ 31'$, AF uguale a $64^\circ\ 30'$ [in realtà, come appare poco sotto $66^\circ\ 32'$] e, dal quadrante di cerchio, l'angolo AGF di circa $69^\circ\ 23'$ e l'angolo HGE suo opposto al vertice e quindi eguale. Opereremo anche nel seguito secondo questo esempio.

Tuttavia non si deve dimenticare che il meridiano taglia l'eclittica ad angoli retti nei punti in cui essa tocca i tropici. Allora, infatti, la interseca passando per i suoi poli. Nei punti equinoziali, invece, esso forma un angolo che è tanto più piccolo di un angolo retto quanto più l'eclittica è inclinata rispetto all'equatore e che risulta di $66^\circ\ 32'$ [nel caso della minima inclinazione]. È anche da osservare che ad archi eguali dell'eclittica, i quali vengano considerati dai punti di intersezione con l'equatore o dai punti di con-

tatto con i tropici, corrispondono lati ed angoli eguali dei triangoli. Descriviamo, per esempio, l'arco equatoriale ABC e l'eclittica DBE, che si taglino nel punto B, ove si trova l'equinozio, e prendiamo archi eguali FB e BG, e due quadranti di cerchio[9] KFL e HGM, passando per i poli della rivoluzione quotidiana [H e K]. Si hanno così due triangoli FLB e BMG, nei quali i lati BF e BG, gli angoli al vertice B, e gli angoli retti in L e in M sono uguali. Dunque, per il sesto teorema sui triangoli sferici, i triangoli hanno lati ed angoli uguali. Quindi, FL e MG sono declinazioni uguali, LB e BM ascensioni rette uguali, e il terzo angolo in F è uguale al terzo angolo in G.



Se sono presi archi uguali dal punto di contatto coi tropici si verificherà tutto nella stessa maniera, come se, ad esempio, AB e BC fossero presi, da entrambi i lati del punto di contatto tropico, uguali. Tracciamo infatti dal polo D dell'equatore i quadranti DA e DB [e DC]; vi saranno similmente un paio di triangoli ABD e DBC, nei quali le basi AB e BC sono uguali, il lato BD comune ad entrambi, e gli angoli in B retti. Per l'ottavo teorema sui triangoli sferici, tali triangoli risulteranno di lati ed angoli uguali.



Onde è manifesto che tali angoli ed archi segnati in un quadrante sull'eclittica corrispondono ai rimanenti quadranti dell'intero cerchio. Daremo un esempio di ciò mediante un'esposizione tabulare. Nella prima colonna vengono posti i gradi dell'eclittica [zodiaco], nella seguente le declinazioni corrispondenti a quei gradi, nella terza i minuti, di cui esse superano quelle particolari declinazioni, che si hanno nella

[9] Nel manoscritto (p. 28 v) i due poli sono indicati con la stessa lettera K, e così anche nell'edizione degli Zeller. Ho preferito mantenere, come in tutte le edizioni precedenti, la distinzione dei due poli mediante le lettere K e H.

massima obliquità dell'eclittica, minuti che ammontano al massimo a 24. In modo simile procederemo nella tabella delle ascensioni rette e degli angoli meridiani. È infatti necessario che, in proporzione della modificazione dell'obliquità dell'eclittica, venga modificato tutto ciò che ne dipende; quindi anche l'ascensione retta, per la quale la suddetta differenza viene trovata piccola, poiché essa non supera la decima parte di un « tempo » [grado], e ammonta nello spazio d'un'ora soltanto alla centocinquantesima parte. Giacché gli antichi chiamano « tempi » le parti dell'equatore che corrispondono alle parti dello zodiaco, parti di cui ognuno dei due cerchi ne comprende, come spesso abbiamo detto, 360; ma, per distinguerle, la maggior parte degli studiosi ha chiamato le parti dell'eclittica « gradi » e quelle dell'equatore invece « tempi », e questo faremo anche noi nel seguito.

Benché dunque questa differenza sia così piccola, da poter a buon diritto essere trascurata, abbiamo tuttavia voluto considerare anche questa. Da queste differenze risulteranno poi anche le ascensioni rette per ogni altra obliquità dell'eclittica se vengono aggiunte, in proporzione del passaggio dalla minima alla massima obliquità dello zodiaco, parti corrispondenti alle singole differenze. Così, per esempio, se voglio sapere, con una obliquità di 23° 34′, quanta declinazione spetti al 30° grado dell'eclittica, calcolato dal punto equinoziale, trovo nel catalogo 11° 29′ e, nella colonna della differenza, 11′, che vengono interamente aggiunti nel caso dell'obliquità massima che, come si è detto, ammonta a 23° 52′. Ma nel caso nostro si è stabilito che l'obliquità è di 23° 34′, quindi di 6′ più grande della minima obliquità [10]; sei minuti sono la quarta parte dei 24′ di cui la massima obliquità è più grande della minima. Nel medesimo rapporto sono d'altronde, all'incirca, 3 e 11, e se io aggiungo 3′ a

[10] Alla fine del secondo capitolo di questo libro Copernico aveva stabilito, « secondo una supposizione abbastanza verosimile », che l'obliquità dell'eclittica « non è mai stata più grande di 23° 52′ e mai diverrà più piccola di 23° 28′ ».

11° 29′, avrò 11° 32′: e a tanto ammonterà la declinazione del trentesimo grado dell'eclittica calcolato dal punto equinoziale. Allo stesso modo si deve procedere per gli angoli e per le ascensioni rette, solo che si deve per queste sempre aggiungere, mentre per quelli sempre sottrarre, affinché tutto proceda esattamente in conformità al tempo.

TAVOLA DELLE DECLINAZIONI DEI GRADI DELL'ECLITTICA

Eclittica	Declinazione		Differenza	Eclittica	Declinazione		Differenza	Eclittica	Declinazione		Differenza
Gr.	Gr.	Min.	Min.	Gr.	Gr.	Min.	Min.	Gr.	Gr.	Min.	Min.
1	0	24	0	31	11	50	11	61	20	23	20
2	0	48	1	32	12	11	12	62	20	35	21
3	1	12	1	33	12	32	12	63	20	47	21
4	1	36	2	34	12	52	13	64	20	58	21
5	2	0	2	35	13	12	13	65	21	9	21
6	2	23	2	36	13	32	14	66	21	20	22
7	2	47	3	37	13	52	14	67	21	30	22
8	3	11	3	38	14	12	14	68	21	40	22
9	3	35	4	39	14	31	14	69	21	49	22
10	3	58	4	40	14	50	14	70	21	58	22
11	4	22	4	41	15	9	15	71	22	7	22
12	4	45	4	42	15	27	15	72	22	15	23
13	5	9	5	43	15	46	16	73	22	23	23
14	5	32	5	44	16	4	16	74	22	30	23
15	5	55	5	45	16	22	16	75	22	37	23
16	6	19	6	46	16	39	17	76	22	44	23
17	6	41	6	47	16	56	17	77	22	50	23
18	7	4	7	48	17	13	17	78	22	55	23
19	7	27	7	49	17	30	18	79	23	1	24
20	7	49	8	50	17	46	18	80	23	5	24
21	8	12	8	51	18	1	18	81	23	10	24
22	8	34	8	52	18	17	18	82	23	13	24
23	8	57	9	53	18	32	19	83	23	17	24
24	9	19	9	54	18	47	19	84	23	20	24
25	9	41	9	55	19	2	19	85	23	22	24
26	10	3	10	56	19	16	19	86	23	24	24
27	10	25	10	57	19	30	20	87	23	26	24
28	10	46	10	58	19	44	20	88	23	27	24
29	11	8	10	59	19	57	20	89	23	28	24
30	11	29	11	60	20	10	20	90	23	28	24

TAVOLA DELLE ASCENSIONI RETTE

Eclittica	Tempi		Differenza	Eclittica	Tempi		Differenza	Eclittica	Tempi		Differenza
Gr.	Gr.	Min.	Min.	Gr.	Gr.	Min.	Min.	Gr.	Gr.	Min.	Min.
1	0	55	0	31	28	54	4	61	58	51	4
2	1	50	0	32	29	51	4	62	59	54	4
3	2	45	0	33	30	50	4	63	60	57	4
4	3	40	0	34	31	46	4	64	62	0	4
5	4	35	0	35	32	45	4	65	63	3	4
6	5	30	0	36	33	43	5	66	64	6	3
7	6	25	1	37	34	41	5	67	65	9	3
8	7	20	1	38	35	40	5	68	66	13	3
9	8	15	1	39	36	38	5	69	67	17	3
10	9	11	1	40	37	37	5	70	68	21	3
11	10	6	1	41	38	36	5	71	69	25	3
12	11	0	2	42	39	35	5	72	70	29	3
13	11	57	2	43	40	34	5	73	71	33	3
14	12	52	2	44	41	33	6	74	72	38	2
15	13	48	2	45	42	32	6	75	73	43	2
16	14	43	2	46	43	31	6	76	74	47	2
17	15	39	2	47	44	32	5	77	75	52	2
18	16	34	3	48	45	32	5	78	76	57	2
19	17	31	3	49	46	32	5	79	78	2	2
20	18	27	3	50	47	33	5	80	79	7	2
21	19	23	3	51	48	34	5	81	80	12	1
22	20	19	3	52	49	35	5	82	81	17	1
23	21	15	3	53	50	36	5	83	82	22	1
24	22	10	4	54	51	37	5	84	83	27	1
25	23	9	4	55	52	38	4	85	84	33	1
26	24	6	4	56	53	41	4	86	85	38	0
27	25	3	4	57	54	43	4	87	86	43	0
28	26	0	4	58	55	45	4	88	87	48	0
29	26	57	4	59	56	46	4	89	88	54	0
30	27	54	4	60	57	48	4	90	90	0	0

TAVOLA DEGLI ANGOLI MERIDIANI

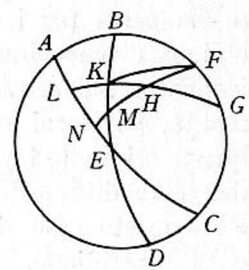
Eclittica	Angolo		Differenza	Eclittica	Angolo		Differenza	Eclittica	Angolo		Differenza
Gr.	Gr.	Min.	Min.	Gr.	Gr.	Min.	Min.	Gr.	Gr.	Min.	Min.
1	66	32	24	31	69	35	21	61	78	7	12
2	66	33	24	32	69	48	21	62	78	29	12
3	66	34	24	33	70	0	20	63	78	51	11
4	66	35	24	34	70	13	20	64	79	14	11
5	66	37	24	35	70	26	20	65	79	36	11
6	66	39	24	36	70	39	20	66	79	59	10
7	66	42	24	37	70	53	20	67	80	22	10
8	66	44	24	38	71	7	19	68	80	45	10
9	66	47	24	39	71	22	19	69	81	9	9
10	66	51	24	40	71	36	19	70	81	33	9
11	66	55	24	41	71	52	19	71	81	58	8
12	66	59	24	42	72	8	18	72	82	22	8
13	67	4	23	43	72	24	18	73	82	46	7
14	67	10	23	44	72	39	18	74	83	11	7
15	67	15	23	45	72	55	17	75	83	35	6
16	67	21	23	46	73	11	17	76	84	0	6
17	67	27	23	47	73	28	17	77	84	25	6
18	67	34	23	48	73	47	17	78	84	50	5
19	67	41	23	49	74	6	16	79	85	15	5
20	67	49	23	50	74	24	16	80	85	40	4
21	67	56	23	51	74	42	16	81	86	5	4
22	68	4	22	52	75	1	15	82	86	30	3
23	68	13	22	53	75	21	15	83	86	55	3
24	68	22	22	54	75	40	15	84	87	19	3
25	68	32	22	55	76	1	14	85	87	53	2
26	68	41	22	56	76	21	14	86	88	17	2
27	68	51	22	57	76	42	14	87	88	41	1
28	69	2	21	58	77	3	13	88	89	6	1
29	69	13	21	59	77	24	13	89	89	33	0
30	69	24	21	60	77	45	13	90	90	0	0

Capitolo IV

COME SI TROVA LA DECLINAZIONE E L'ASCENSIONE RETTA DI QUALUNQUE ASTRO, POSTO AL DI FUORI DELL'ECLITTICA, PURCHÉ SE NE CONOSCANO LA LATITUDINE E LA LONGITUDINE, E CON QUALE GRADO DELL'ECLITTICA ESSO STIA IN EGUAL MERIDIANO.

Queste cose sono state esposte circa l'eclittica, l'equatore, il meridiano e sopra le loro reciproche intersezioni. Ma per quanto riguarda il moto di rivoluzione quotidiana, non solo interessa conoscere quali fenomeni appaiono nell'eclittica, attraverso i quali soltanto si chiariscono le cause dell'apparenza del sole, bensì anche come si devono parimenti determinare la declinazione dall'equatore e l'ascensione retta di quelle stelle, fisse e mobili, che si trovano al di fuori dell'eclittica, di cui sian date tuttavia longitudine e latitudine.

Si tracci dunque per i poli dell'equatore e dell'eclittica un cerchio *ABCD*, il semiequatore sia *AEC*, ed il suo polo *F*, la semieclittica sia *BED*, e il suo polo *G*, il suo punto di intersezione con l'equatore sia *E*. Dal polo *G*, poi, si tracci per la stella l'arco *GHKL*, e il luogo della stella sia nel punto *H*, e per questa si costruisca dal polo della rivoluzione quotidiana un quadrante di cerchio *FHMN*. È allora palese che la stella, che si trova in *H*, cade sul meridiano assieme con i punti *M* ed *N* e l'arco *HMN* è la declinazione della stella dall'equatore ed *EN* la sua ascensione retta, che cerchiamo.



Poiché, dunque, nel triangolo *KEL*, il lato *KE* e l'angolo *KEL* sono dati, e l'angolo *EKL* è retto, si hanno così anche, per il quarto teorema sui triangoli sferici i lati *KL* ed *EL*, con il terzo angolo *KLE*: quindi è dato l'intero arco *HKL*. E poiché nel triangolo *HLN* sono dati due angoli, *HLN* e l'angolo retto *LNH*, con il lato *HL*, si hanno dunque parimenti, per il quarto teorema sui triangoli sferici, gli altri lati *HN*, la declinazione della stella, *LN* e la restante distanza *NE*, l'ascensione retta che la sfera compie dall'equinozio alla stella.

O in altro modo. Se si prende in ciò che precede l'arco *KE* dell'eclittica come ascensione retta dell'arco *LE*, si ha inversamente l'arco *LE* dalla tavola delle ascensioni rette, e *LK*, come la declinazione corrispondente allo stesso *LE*, e l'angolo *KLE* dalla tavola degli angoli meridiani, e da questi si conosce il resto, come già dimostrato.

Indi si hanno, dall'ascensione retta *EN*, i gradi dell'eclittica *EM*, con cui la stella si trova, con il segno *M*, a dividere per metà il cielo.

Capitolo V

Delle intersezioni dell'orizzonte.

L'orizzonte, d'altronde, è in una sfera retta diverso da come è in una sfera obliqua. Orizzonte della sfera retta si dice infatti quello rispetto cui l'equatore è perpendicolare, o che passa per i poli dell'equatore. Orizzonte della sfera obliqua diciamo invece quello rispetto al quale l'equatore è inclinato. Sull'orizzonte retto, dunque, tutto sorge e tramonta, e i giorni e le notti risultano sempre uguali; poiché questo orizzonte taglia a metà tutti i cerchi paralleli descritti dal moto diurno, in quanto appunto passa per i loro poli; e in questo caso si verifica ciò che abbiamo già spiegato circa il meridiano. Ma noi qui calcoliamo il giorno dal sorgere del sole fino al suo tramonto, non come nella maniera comune dalla luce alla tenebra, vale a dire dall'albore all'accendersi della prima lampada; su questo diremo tuttavia ancora parecchie cose parlando del sorgere e del tramontare delle costellazioni.

Per contro, ove l'asse della terra sta perpendicolare all'orizzonte, niente sorge o tramonta, ma tutto rimane, mentre si muove in cerchio, sempre visibile o invisibile, tranne ciò che un altro moto conduce, come, per esempio, il moto annuo intorno al sole: onde segue che là il giorno dura mezzo anno ininterrotto e che il resto del tempo è notte: e non c'è altra distinzione di inverno ed estate, poiché là l'equatore coincide con l'orizzonte.

D'altra parte, in una sfera obliqua alcune cose sorgono e tramontano, alcune rimangono sempre visibili o invisibili: mentre i giorni e le notti divengono ineguali là dove un orizzonte obliquo tocca due cerchi paralleli secondo la sua inclinazione, dei quali, quello che sta dalla parte del polo visibile determina le cose sempre visibili, e l'altro, quello che sta dalla parte del polo invisibile, le cose che restano sempre invisibili. L'orizzonte, dunque, che cade per l'intera ampiezza tra questi limiti, divide tutti i paralleli in archi ineguali, salvo l'equatore, poiché questo è il più grande dei paralleli, e i cerchi massimi si tagliano a vicenda in due parti eguali. Pertanto l'orizzonte obliquo taglia nella metà superiore della sfera archi più grandi nei cerchi paralleli situati dalla parte del polo visibile, di quelli che taglia sui paralleli che giacciono dalla parte dell'invisibile polo sud; e inversamente nella metà invisibile della sfera. E poiché il sole appare per il moto diurno in questi paralleli, ciò causa l'ineguaglianza dei giorni e delle notti.

Capitolo VI

Quali differenze si hanno tra le ombre meridiane.

Vi sono anche tra le ombre meridiane delle differenze, secondo le quali alcune genti sono dette periscie, altre anfiscie, altre ancora eteroscie [11].

Periscie sono quelle che possiamo dire « circumbratili », in quanto proiettano tutt'intorno l'ombra del sole. E sono quelle [che vivono] ove lo zenith o polo d'orizzonte dista meno, o non di più, dal polo della terra di quanto dista un tropico dall'equatore. Là, infatti, i paralleli che l'orizzonte tocca, e

[11] Questi termini sono composti tutti servendosi della parola greca σκία significante « ombra ». Copernico li ricava da Strabone, *De situ orbis*, II, 2: egli possedeva l'edizione del 1472 in Venezia di tale opera.

che formano i limiti del sempre visibile o del sempre invisibile, sono più grandi o parimenti grandi che i tropici. E per questo motivo il sole estivo, ben alto tra le [stelle] sempre visibili, proietta in questa stagione le ombre degli gnomoni dovunque. Ove però l'orizzonte tocca i tropici, allora questi divengono i limiti del sempre visibile e del sempre invisibile. Perciò, a mezzanotte, nel solstizio [d'inverno], il sole sembra sfiorare la terra, nel momento in cui l'intero cerchio dell'eclittica coincide con l'orizzonte, e tosto sorgono contemporaneamente sei costellazioni, e altrettante dalla parte opposta contemporaneamente tramontano, e il polo dell'eclittica coincide con il polo dell'orizzonte.

Le genti anfiscie, che proiettano le ombre meridiane da entrambe le parti, dimorano tra i due tropici, spazio che gli antichi chiamano la zona media, e, poiché l'eclittica in tutta quella zona è per due volte nell'anno perpendicolare all'orizzonte, come viene dimostrato nel secondo teorema dei *Fenomeni* di Euclide[12], in tali luoghi le ombre degli gnomoni svaniscono due volte e, mentre il sole trascorre da una parte all'altra, gli gnomoni proiettano ombra ora verso austro [sud] ora verso borea [nord].

Noi altri, che abitiamo tra questi e quelli, siamo etereroscii, poiché proiettiamo ombre meridiane soltanto da una parte, cioè verso settentrione.

Gli antichi astronomi però avevano l'abitudine di dividere l'orbe terrestre in sette regioni climatiche, e ciò mediante i singoli paralleli passanti per Meroe[13], Siene, Alessandria, Rodi, l'Ellesponto, nel mezzo del Ponto, per Boristene[14], per Bisanzio e così via, secondo la distinzione dei giorni più lunghi, ed anche secondo la lunghezza delle ombre, che si osservavano, al tempo degli equinozi e di entrambi i solstizi, per mezzo degli gnomoni, e secondo l'elevazione del polo o

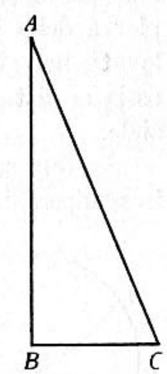
[12] Euclide, *Fenomeni*, cap. II.

[13] Meroe fu capitale dell'Egitto antico: si trovava sull'isola omonima del Nilo, in Etiopia, a 5000 stadi da Siene.

[14] Nome di un grande fiume della Sarmazia europea: oggi il Dnjepr. Con tale nome erano indicati anche un popolo ed una città. Secondo Erodoto (IV, 17, 18), si tratta di una città sulla riva destra dello Hypanis (oggi: Bog) ch'egli ritiene affluente del Dnjepr.

la latitudine di ogni sezione[15]. Poiché queste cose si sono in parte modificate con l'andar del tempo, esse non sono più affatto le medesime come un tempo, a causa della variabilità già citata dell'eclittica, che gli antichi non conoscevano, o, per parlare più propriamente, perché si modifica l'inclinazione dell'equatore rispetto al piano dell'eclittica, da cui quelle cose dipendono. Però le elevazioni dei poli e le latitudini dei luoghi, e le ombre equinoziali concordano con quelle che si trovano registrate dagli antichi, il che così doveva essere, perché l'equatore segue il polo della terra. Per questa ragione, anche quelle sezioni non sono contrassegnate e delimitate con sufficiente precisione mediante qualsivoglia situazione accidentale delle ombre e dei giorni, ma più esattamente mediante le loro distanze dall'equatore, che restano sempre costanti. Invero, quella modificazione dei tropici, per quanto molto piccola, causa una piccola variazione dei giorni e delle ombre nei luoghi meridionali, ma risulta però più rilevante per coloro che si muovono verso settentrione.

È perciò anche palese, per quel che riguarda l'ombra degli gnomoni, che per ogni data altezza del sole, venga percepita una certa lunghezza dell'ombra, e inversamente. Sia, per esempio, AB uno gnomone, che proietti l'ombra BC: allora, siccome l'indice medesimo sta ritto perpendicolarmente rispetto al piano dell'orizzonte, ABC è sempre necessariamente un angolo retto, per la definizione di linee perpendicolari ad un piano. Se si collega quindi A con C, si ha un triangolo rettangolo ABC, e se è data l'altezza del sole, si ha anche l'angolo ACB. Per il primo teorema sui triangoli piani si ha il rapporto dello gno-



[15] Il Menzzer (nella nota 58, p. 14) della sua traduzione tedesca cit., del *De revolutionibus* osserva che (con l'eccezione di Bisanzio) i nomi citati da Copernico sono quelli riportati dall'*Almagesto* (trad. latina di Basilea del 1551). Tali luoghi hanno le seguenti caratteristiche: Meroe (latit. nord: 16° 27'; durata del giorno più lungo: 13^h); Siene (23° 50'; 13^h 30'); Alessandria (30° 22'; 14^h); Rodi (36°; 14^h 30'); Ellesponto (40° 56'; 15^h); Medio Ponto (45°; 15^h 30'); Boristene (48° 32'; 16^h). Copernico ricavò tali nomi da G. Valla, *De expetendis et fugiendis rebus*, Venezia, 1501, lib. 16, 1.

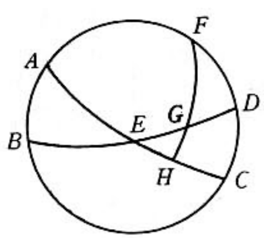
mone AB alla sua ombra BC e, con ciò, BC stessa nella sua lunghezza. E inversamente, se AB e BC sono dati, si ha anche, per il terzo teorema sui triangoli piani, l'angolo ACB e l'altezza del sole, che in quel momento proietta tale ombra. In questo modo gli antichi astronomi, nella descrizione di quelle sezioni del globo terrestre, assegnarono ad ognuna di esse la lunghezza delle ombre meridiane tanto per gli equinozi, quanto anche per entrambe le conversioni del sole [i solstizi].

Capitolo VII

Come il giorno più lungo, l'ampiezza della levata [del sole], e l'obliquità della sfera vengano ricavati l'uno dall'altro, e sulle rimanenti differenze dei giorni.

Così dimostreremo anche contemporaneamente, per ogni obliquità a piacere della sfera o inclinazione dell'orizzonte, il giorno più lungo e quello più corto, unitamente all'ampiezza della levata, e la rimanente differenza dei giorni. Ora, l'ampiezza della levata è l'arco d'orizzonte, che è situato tra la levata nel giorno più lungo e quella nel giorno più breve, ossia la distanza che essi hanno assieme dalla levata equinoziale.

Sia dunque $ABCD$ il meridiano, e nella semisfera orientale il semicerchio dell'orizzonte sia BED, quello dell'equatore AEC, il cui polo nord sia F. Stabilita in G la levata del sole nel solstizio d'estate, si tracci l'arco FGH d'un cerchio massimo. Poiché il moto del globo terrestre avviene attorno al polo F dell'equatore, allora i punti G ed H devono necessariamente cadere nello stesso tempo sul meridiano

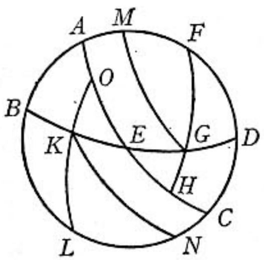


$ABCD$, poiché i loro paralleli sono descritti attorno ai medesimi poli, attraverso cui passano i cerchi massimi che tagliano archi simili su quei paralleli. Perciò lo stesso tempo che trascorre dalla levata del punto G fino al mezzogiorno misura anche l'arco AEH, e il tempo dalla mezzanotte alla levata del sole misura la parte CH ancora rimanente del semicerchio situata sotto l'orizzonte. Ma AEC è un semicerchio ed AE ed EC sono quadranti di cerchio, poiché essi passano per il polo del cerchio $ABCD$: di conseguenza, EH è la semidifferenza del giorno più lungo e di quello equinoziale, ed EG è l'ampiezza tra il punto di levata equinoziale e quello solstiziale. Poiché dunque nel triangolo EHG, l'angolo GEH della obliquità della sfera è noto secondo l'arco AB, GHE è retto, e il lato GH è dato come distanza del tropico d'estate dall'equatore, si hanno anche i rimanenti lati, per il quarto teorema sui triangoli sferici, cioè: EH come la semidifferenza tra il giorno equinoziale e quello più lungo, e GE come l'ampiezza della levata. Inoltre, se con il lato GH è dato il lato EH, come la [semi] differenza del giorno più lungo e di quello equinoziale, o anche EG, si ha anche l'angolo dell'obliquità della sfera in E e, parimenti, l'elevazione FD del polo sull'orizzonte.

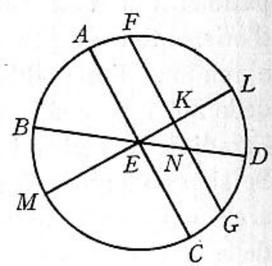
E persino se non venisse preso il punto tropico, ma un qualche altro punto G nell'eclittica, risulterebbero nondimeno gli archi EG ed EH. Infatti, dalla tavola delle declinazioni esposta poco avanti risulta noto l'arco di declinazione GH, che corrisponde a quel grado dell'eclittica e il resto può essere trovato con lo stesso procedimento di dimostrazione.

Da ciò segue anche che i gradi dell'eclittica, che si trovano parimenti lontani dal punto tropico, tagliano eguali archi d'orizzonte tra il punto di levata equinoziale e gli stessi gradi, e rendono l'una all'altra eguali le lunghezze dei giorni e delle notti, perché il medesimo parallelo comprende entrambi i gradi dell'eclittica, in quanto è eguale la declinazione di essi. Se si prendono però su ogni lato, dalla sezione equinoziale, archi uguali, risultano allora nuovamente uguali le ampiezze della levata, ma da lati differenti, ed uguali, inversamente, le lunghezze nell'uno dei giorni e nell'altro delle notti; poiché i punti su ognuno dei due lati descrivono archi uguali di parallelo, in quanto essi distano parimenti dall'equinozio e quindi hanno uguali declinazioni dall'equatore.

Si descrivano, infatti, nella medesima figura gli archi di parallelo *GM* e *KN*, che tagliano l'orizzonte *BED* nei punti *G* e *K*, e si costruisca dal polo sud *L* il quadrante d'un cerchio massimo *LKO*; allora, poiché la declinazione *HG* è uguale alla declinazione *KO*, nei due triangoli *DFG* e *BLK* due lati dell'uno saranno eguali a due lati dell'altro, cioè *FG* eguale a *LK* e l'elevazione del polo [nord] *FD* all'altra elevazione *LB*, e gli angoli in *B* e in *D* sono retti. Conseguentemente, il terzo lato *DG* è uguale al terzo lato *BK*, e anche i loro complementi *GE* ed *EK* sono eguali, cioè le ampiezze della levata. Perciò, poiché in questo caso anche i due lati *EG* e *GH* sono eguali ai due lati *EK* e *KO*, e gli angoli opposti al vertice in *E* sono uguali tra loro, lo sono anche i terzi lati, *EH* è uguale ad *EO*; e per l'eguaglianza di tali lati, ai quali viene aggiunta una quantità eguale [un quadrante], l'intero arco *OEC* risulta uguale all'intero arco *AEH*. Ma poiché i cerchi massimi passanti per i poli tagliano archi simili sui paralleli, saranno quindi gli archi *GM* e *KN* simili e uguali tra loro, come era da dimostrare.



Ma tutto questo può essere dimostrato anche in un'altra maniera. Descritto di nuovo il meridiano *ABCD*, il cui centro sia *E*, il diametro dell'equatore e la sezione comune ad entrambi i cerchi sia *AEC*, il diametro dell'orizzonte e la linea meridiana *BED*, l'asse della sfera *LEM*, il polo visibile *L*, quello invisibile *M*. La distanza assunta del solstizio estivo, o un'altra qualunque declinazione, sia *AF*, a cui si tracci *FG* come il diametro di un parallelo e sua sezione comune con il meridiano; *FG* tagli l'asse in *K* e la linea meridiana in *N*. Poiché le parallele, secondo la defi-



nizione di Posidonio [16], sono linee tali che né si avvicinano né si allontanano l'una dall'altra, ma tagliano ovunque tra loro su linee perpendicolari sezioni uguali, risulta che il segmento retto *KE* è uguale alla semicorda del doppio dell'arco *AF*. Del pari *KN* è uguale alla metà della corda di due volte l'arco di quel parallelo il cui raggio è *FK*, cioè la differenza per cui il giorno equinoziale si distingue dal variabile. E ciò perché tutti i semicerchi, ai quali appartengono quelle sezioni comuni, vale a dire di cui esse sono i diametri, come *BED* dell'orizzonte obliquo, *LEM* dell'orizzonte retto, *AEC* dell'equatore e *FKG* del parallelo, sono perpendicolari al piano del cerchio *ABCD*. E le sezioni, che essi formano tra loro, per la diciannovesima proposizione dell'undicesimo libro degli *Elementi* di Euclide [17], sono perpendicolari al medesimo piano nei punti *E*, *K* ed *N* e, per la sesta del medesimo libro [18], parallele; e *K* è il centro del parallelo, ed *E* il centro della sfera. Perciò, *EN* è la metà della corda del doppio dell'arco dell'orizzonte, del quale la levata del sole sul parallelo differisce dalla levata equinoziale. Essendo quindi data la declinazione *AF* con il complemento *FL* del quadrante, allora si hanno le metà delle corde del doppio arco *AF*, cioè *KE*, e del doppio arco *FL*, cioè *FK*, in quelle parti di cui *AE* ne contiene 100.000. Nel triangolo rettangolo *EKN*, però, si ha l'angolo *KEN* dall'elevazione del polo *DL*, e il complemento *KNE* è uguale ad *AEB*, poiché nella sfera obliqua i paralleli hanno uguale inclinazione verso l'orizzonte; perciò si hanno anche i lati nelle medesime parti, di cui il raggio della sfera ne comprende 100.000; anche *KN* sarà dato in quelle parti di cui il raggio *FK* del parallelo ne comprende 100.000, in quanto *KN* è metà della corda dell'arco che misura l'intera

[16] Posidonio, filosofo stoico, nato ad Apamea verso la metà del II sec. a. C., visse e insegnò per lungo tempo a Rodi ove Cicerone lo ascoltò nel 78 a. C. Cicerone (cfr. *Somnium Scipionis*, 14, 17, 20, 29, e *Tuscul. Disput.*, I, 43-44) ne elogia la dottrina secondo cui solo chi contempla le bellezze del cosmo vive in contatto con ciò che è immutabile e divino; sotto la sfera della luna c'è solo il caduco e il mortale. La definizione di Posidonio ci è nota attraverso il commentario di Proclo ad Euclide: cfr. G. DOBRZYCKI, commento all'ediz. dell'Accademia polacca, p. 394.

[17] EUCLIDE, *Elementi*, XI, 19, trad. cit., p. 886.

[18] EUCLIDE, *op. cit.*, XI, 6, trad. cit., p. 871.

differenza tra il giorno equinoziale e quello sul parallelo, arco pure dato in quei gradi di cui il parallelo ne contiene 360. Di qui è chiaro che il rapporto di FK a KN consiste di due rapporti, cioè di quello della corda del doppio di FL alla corda del doppio di AF, vale a dire di FK a KE, e di quello della corda del doppio AB alla corda del doppio DL, vale a dire come EK a KN; tra FK e KN è quindi EK il medio proporzionale. Del pari i rapporti di BE a EK e di KE a EN compongono anche il rapporto di BE a EN [19].

In questo modo invero credo che non soltanto si potrà discernere la non uniformità dei giorni e delle notti, ma anche quella della luna e delle stelle, la cui declinazione è data, e distinguere le sezioni dei paralleli, descritti attraverso esse dal moto quotidiano, che si trovano sull'orizzonte, da quelle che si trovano sotto il medesimo, onde la levata e il tramonto delle medesime [luna e stelle] facilmente si potrà intendere [20].

[19] Nell'edizione di Thorń seguono le parole: « come più ampiamente in Tolomeo mediante i segmenti sferici ».

[20] A questo punto nel manoscritto segue un brano, che è stato cancellato, e che Copernico, con lievi varianti, ha usato come inizio del capitolo 9.

TAVOLA DELLA DIFFERENZA DELLE ASCENSIONI NELLA SFERA OBLIQUA [21]

Declinazione	Elevazione del polo											
	31		32		33		34		35		36	
Gr.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.
1	0	36	0	37	0	39	0	40	0	42	0	44
2	1	12	1	15	1	18	1	21	1	24	1	27
3	1	48	1	53	1	57	2	2	2	6	2	11
4	2	24	2	30	2	36	2	42	2	48	2	55
5	3	1	3	8	3	15	3	23	3	31	3	39
6	3	37	3	46	3	55	4	4	4	13	4	23
7	4	14	4	24	4	34	4	45	4	56	5	7
8	4	51	5	2	5	14	5	26	5	39	5	52
9	5	28	5	41	5	54	6	8	6	22	6	36
10	6	5	6	20	6	35	6	50	7	6	7	22
11	6	42	6	59	7	15	7	32	7	49	8	7
12	7	20	7	38	7	56	8	15	8	34	8	53
13	7	58	8	18	8	37	8	58	9	18	9	39
14	8	37	8	58	9	19	9	41	10	3	10	26
15	9	16	9	38	10	1	10	25	10	49	11	14
16	9	55	10	19	10	44	11	9	11	25	12	2
17	10	35	11	1	11	27	11	54	12	22	12	50
18	11	16	11	43	12	11	12	40	13	9	13	39
19	11	56	12	25	12	55	13	26	13	57	14	29
20	12	38	13	9	13	40	14	13	14	46	15	20
21	13	20	13	53	14	26	15	0	15	36	16	12
22	14	3	14	37	15	13	15	49	16	27	17	5
23	14	47	15	23	16	0	16	38	17	17	17	58
24	15	31	16	9	16	48	17	29	18	10	18	52
25	16	16	16	56	17	38	18	20	19	3	19	48
26	17	2	17	45	18	28	19	12	19	58	20	45
27	17	50	18	34	19	19	20	6	20	54	21	44
28	18	38	19	24	20	12	21	1	21	51	22	43
29	19	27	20	16	21	6	21	57	22	50	23	45
30	20	18	21	9	22	1	22	55	23	51	24	48
31	21	10	22	3	22	58	23	55	24	53	25	53
32	22	3	22	59	23	56	24	56	25	57	27	0
33	22	57	23	54	24	19	25	59	27	3	28	9
34	23	55	24	56	25	59	27	4	28	10	29	21
35	24	53	25	57	27	3	28	10	29	21	30	35
36	25	53	27	0	28	9	29	21	30	35	31	52

[21] Con l'aiuto di questa tavola si conoscono le lunghezze dei giorni e la permanenza delle stelle sopra l'orizzonte.

TAVOLA DELLA DIFFERENZA DELLE ASCENSIONI NELLA SFERA OBLIQUA

Declinazione	Elevazione del polo											
	37		38		39		40		41		42	
Gr.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.
1	0	45	0	47	0	49	0	50	0	52	0	54
2	1	31	1	34	1	37	1	41	1	44	1	48
3	2	16	2	21	2	26	2	31	2	37	2	42
4	3	1	3	8	3	15	3	22	3	29	3	37
5	3	47	3	55	4	4	4	13	4	22	4	31
6	4	33	4	43	4	53	5	4	5	15	5	26
7	5	19	5	30	5	42	5	55	6	8	6	21
8	6	5	6	18	6	32	6	46	7	1	7	16
9	6	51	7	6	7	22	7	38	7	55	8	12
10	7	38	7	55	8	13	8	30	8	49	9	8
11	8	25	8	44	9	3	9	23	9	44	10	5
12	9	13	9	34	9	55	10	16	10	39	11	2
13	10	1	10	24	10	46	11	10	11	35	12	0
14	10	50	11	14	11	39	12	5	12	31	12	58
15	11	39	12	5	12	32	13	0	13	28	13	58
16	12	29	12	57	13	26	13	55	14	26	14	58
17	13	19	13	49	14	20	14	52	15	25	15	59
18	14	10	14	42	15	15	15	49	16	24	17	1
19	15	2	15	36	16	11	16	48	17	25	18	4
20	15	55	16	31	17	8	17	47	18	27	19	8
21	16	49	17	27	18	7	18	47	19	30	20	13
22	17	44	18	24	19	6	19	49	20	34	21	20
23	18	39	19	22	20	6	20	52	21	39	22	28
24	19	36	20	21	21	8	21	56	22	46	23	38
25	20	34	21	21	22	11	23	2	23	55	24	50
26	21	34	22	24	23	16	24	10	25	5	26	3
27	22	35	23	28	24	22	25	19	26	17	27	18
28	23	37	24	33	25	30	26	30	27	31	28	36
29	24	41	25	40	26	40	27	43	28	48	29	57
30	25	47	26	49	27	52	28	59	30	7	31	19
31	26	55	28	0	29	7	30	17	31	29	32	45
32	28	5	29	13	30	54	31	31	32	54	34	14
33	29	18	30	29	31	44	33	1	34	22	35	47
34	30	32	31	48	33	6	34	27	35	54	37	24
35	31	51	33	10	34	33	35	59	37	30	39	5
36	33	12	34	35	36	2	37	34	39	10	40	51

TAVOLA DELLA DIFFERENZA DELLE ASCENSIONI NELLA SFERA OBLIQUA

Declinazione	Elevazione del polo											
	43		44		45		46		47		48	
Gr.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.
1	0	56	0	58	1	0	1	2	1	4	1	7
2	1	52	1	56	2	0	2	4	2	9	2	13
3	2	48	2	54	3	0	3	7	3	13	3	20
4	3	44	3	52	4	1	4	9	4	18	4	27
5	4	41	4	51	5	1	5	12	5	23	5	35
6	5	37	5	50	6	2	6	15	6	28	6	42
7	6	34	6	49	7	3	7	18	7	34	7	50
8	7	32	7	48	8	5	8	22	8	40	8	59
9	8	30	8	48	9	7	9	26	9	47	10	8
10	9	28	9	48	10	9	10	31	10	54	11	18
11	10	27	10	49	11	13	11	37	12	2	12	28
12	11	26	11	51	12	16	12	43	13	11	13	39
13	12	26	12	53	13	21	13	50	14	20	14	51
14	13	27	13	56	14	26	14	58	15	30	16	5
15	14	28	15	0	15	32	16	7	16	42	17	19
16	15	31	16	5	16	40	17	16	17	54	18	34
17	16	34	17	10	17	48	18	27	19	8	19	51
18	17	38	18	17	18	58	19	40	20	23	21	9
19	18	44	19	25	20	9	20	53	21	40	22	29
20	19	50	20	35	21	21	22	8	22	58	23	51
21	20	59	21	46	22	34	23	25	24	18	25	14
22	22	8	22	58	23	50	24	44	25	40	26	40
23	23	19	24	12	25	7	26	5	27	5	28	8
24	24	32	25	28	26	26	27	27	28	31	29	38
25	25	47	26	46	27	48	28	52	30	0	31	12
26	27	3	28	6	29	11	30	20	31	32	32	48
27	28	22	29	29	30	38	31	51	33	7	34	28
28	29	44	30	54	32	7	33	25	34	46	36	12
29	31	8	32	22	33	40	35	2	36	28	38	0
30	32	35	33	53	35	16	36	43	38	15	39	53
31	34	5	35	28	36	56	38	29	40	7	41	52
32	35	38	37	7	38	40	40	19	42	4	43	57
33	37	16	38	50	40	30	42	15	44	8	46	9
34	38	58	40	39	42	25	44	18	46	20	48	31
35	40	46	42	33	44	27	46	23	48	36	51	3
36	42	39	44	33	46	36	48	47	51	11	53	47

TAVOLA DELLA DIFFERENZA DELLE ASCENSIONI NELLA SFERA OBLIQUA

Declinazione	Elevazione del polo											
	49		50		51		52		53		54	
Gr.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.
1	1	9	1	12	1	14	1	17	1	20	1	23
2	2	18	2	23	2	28	2	34	2	39	2	45
3	3	27	3	35	3	43	3	51	3	59	4	8
4	4	37	4	47	4	57	5	8	5	19	5	31
5	5	47	5	50	6	12	6	26	6	40	6	55
6	6	57	7	12	7	27	7	44	8	1	8	19
7	8	7	8	25	8	43	9	2	9	23	9	44
8	9	18	9	38	10	0	10	22	10	45	11	9
9	10	30	10	53	11	17	11	42	12	8	12	35
10	11	42	12	8	12	35	13	3	13	32	14	3
11	12	55	13	24	13	53	14	24	14	57	15	31
12	14	9	14	40	15	13	15	47	16	23	17	0
13	15	24	15	58	16	34	17	11	17	50	18	32
14	16	40	17	17	17	56	18	37	19	19	20	4
15	17	57	18	39	19	19	20	4	20	50	21	38
16	19	16	19	59	20	44	21	32	22	22	23	15
17	20	36	21	22	22	11	23	2	23	56	24	53
18	21	57	22	47	23	39	24	34	25	33	26	34
19	23	20	24	14	25	10	26	9	27	11	28	17
20	24	45	25	42	26	43	27	46	28	53	30	4
21	26	12	27	14	28	18	29	26	30	37	31	54
22	27	42	28	47	29	56	31	8	32	25	33	47
23	29	14	30	23	31	37	32	54	34	17	35	45
24	31	4	32	3	33	21	34	44	36	13	37	48
25	32	26	33	46	35	10	36	39	38	14	39	59
26	34	8	35	32	37	2	38	38	40	20	42	10
27	35	53	37	23	39	0	40	42	42	33	44	32
28	37	43	39	19	41	2	42	53	44	53	47	2
29	39	37	41	21	43	12	45	12	47	21	49	44
30	41	37	43	29	45	29	47	39	50	1	52	37
31	43	44	45	44	47	54	50	16	52	53	55	48
32	45	57	48	8	50	30	53	7	56	1	59	19
33	48	19	50	44	53	20	56	13	59	28	63	21
34	50	54	53	30	56	20	59	42	63	31	68	11
35	53	40	56	34	59	58	63	40	68	18	74	32
36	56	42	59	59	63	47	68	26	74	36	90	0

TAVOLA DELLA DIFFERENZA DELLE ASCENSIONI NELLA SFERA OBLIQUA

Declinazione	Elevazione del polo											
	55		56		57		59		59		60	
Gr.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.
1	1	26	1	29	1	32	1	36	1	40	1	44
2	2	52	2	58	3	5	3	12	3	20	3	28
3	4	17	4	27	4	38	4	49	5	0	5	12
4	5	44	5	57	6	11	6	25	6	41	6	57
5	7	11	7	27	7	44	8	3	8	22	8	43
6	8	38	8	58	9	19	9	41	10	4	10	29
7	10	6	10	29	10	54	11	20	11	47	12	17
8	11	35	12	1	12	30	13	0	13	32	14	5
9	13	4	13	35	14	7	14	41	15	17	15	55
10	14	35	15	9	15	45	16	23	17	4	17	47
11	16	7	16	45	17	25	18	8	18	53	19	41
12	17	40	18	22	19	6	19	53	20	43	21	36
13	19	15	20	1	20	50	21	41	22	36	23	34
14	20	52	21	42	22	35	23	31	24	31	25	35
15	22	30	23	24	24	22	25	23	26	29	27	39
16	24	10	25	9	26	12	27	19	28	30	29	47
17	25	53	26	57	28	5	29	18	30	35	31	59
18	27	39	28	48	30	1	31	20	32	44	34	19
19	29	27	30	41	32	1	33	26	34	58	36	37
20	31	19	32	39	34	5	35	37	37	17	39	5
21	33	15	34	41	36	14	37	54	39	42	41	40
22	35	14	36	48	38	28	40	17	42	15	44	25
23	37	19	39	0	40	49	42	47	44	57	47	20
24	39	29	41	18	43	17	45	26	47	49	50	27
25	41	45	43	44	45	54	48	16	50	54	53	52
26	44	9	46	18	48	41	51	19	54	16	57	39
27	46	41	49	4	51	41	54	38	58	0	61	57
28	49	24	52	1	54	58	58	19	62	14	67	4
29	52	20	55	16	58	36	62	31	67	18	73	46
30	55	32	58	52	62	45	67	31	73	55	90	0
31	59	6	62	58	67	42	74	4	90	0		
32	63	10	67	53	74	12	90	0				
33	68	1	74	19	90	0						
34	74	33	90	0								
35	90	0										
36												

Gli spazi vuoti spettano alle stelle che non sorgono né tramontano.

Capitolo VIII

Le ore e le parti del giorno e della notte.

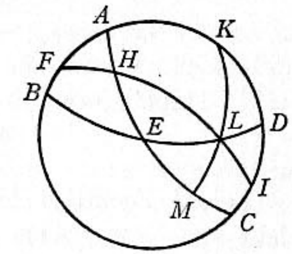
È adunque chiaro da ciò che, se si aggiunge al quadrante la differenza letta nella tavola per la declinazione del sole sotto l'altezza del polo indicata in alto, nel caso della declinazione nord, o la si sottrae in quello della declinazione sud, e si moltiplica il risultato per due, si ricava la lunghezza di quel giorno; e il resto del cerchio è lo spazio della notte. Ognuno di questi due risultati, diviso per 15 parti temporali [$15^o = 1^h$], dà quante ore uguali ci sono. Ma, se si prende la dodicesima parte, avremo la durata di un'ora stagionale (*temporalis*); ore che però ricevono la denominazione dal loro giorno, di cui esse sono sempre la dodicesima parte. Perciò si trovano nominate dagli antichi ore solstiziali d'estate, equinoziali e solstiziali d'inverno. E non ve ne erano altre in vero originariamente in uso oltre le dodici ore tra la luce e le tenebre: ma gli antichi dividevano la notte in quattro vigilie o custodie; e l'uso di tali ore si conservò per lungo tempo per il tacito accordo di tutti i popoli: perciò furono ideate le clessidre [ad acqua], con cui, mediante sottrazione e addizione dell'acqua che gocciolava dall'alto al basso, si adattavano le ore alla diversità dei giorni, affinché anche col cielo coperto rimanesse percettibile la divisione del tempo. Più tardi, in vero, si sono universalmente accolte così per il tempo del giorno come anche per il tempo della notte ore comuni ed uguali; e poiché queste sono più facili da osservare, quelle ore stagionali caddero in tanta dimenticanza, che, se ora si domandasse a uno del popolo quale sia la prima, la terza, la sesta, la nona, l'undicesima ora del giorno, egli o non saprebbe che cosa rispondere, o per lo meno direbbe qualcosa, che proprio nulla avrebbe che fare con la questione. Il numero di queste ore uguali alcuni lo calcolano dal mezzogiorno, altri dalla sera, altri da mezzanotte, e altri ancora dalla levata del sole, secondo quel che è prescritto in ciascuno Stato.

Capitolo IX

Sull'ascensione obliqua dei gradi dell'eclittica, e come risulti anche il meridiano per qualsiasi grado ascendente.

Dopo che in questo modo sono state spiegate la lunghezza dei giorni e delle notti, e la loro differenza, segue in conveniente ordine l'esposizione delle ascensioni oblique, vale a dire, con quali « tempi » [dell'equatore] si alzino [sull'orizzonte] le dodecatemorie, ossia le dodici parti dell'eclittica, o qualsiasi altro arco di essa: giacché non vi è altra distinzione tra l'ascensione retta e quella obliqua, che quella tra il giorno equinoziale e un giorno diverso, quale abbiamo mostrata. Gli antichi hanno inoltre chiamato con nomi di animali le dodecatemorie, che sono costellazioni di stelle fisse, cominciando dal punto equinoziale di primavera: Ariete, Toro, Gemelli, Cancro, e così via, come si succedono nel loro ordine.

Prendiamo di nuovo per maggiore chiarezza il meridiano $ABCD$, con il semiequatore AEC e l'orizzonte BED, che si tagliano nel punto E. Poniamo poi in H il punto equinoziale e facciamo passare per il medesimo l'eclittica FHI, che taglia l'orizzonte in L. Per questa intersezione passi dal punto K, polo dell'equatore, il quadrante KLM d'un cerchio massimo. È ora palese che l'arco HL dell'eclittica e l'arco HE dell'equatore si levano assieme [sull'orizzonte]; mentre nella sfera retta



l'arco HL si levava assieme a HEM; la differenza di queste ascensioni è quindi quell'arco EM, di cui abbiamo dimostrato poc'anzi che è la semidifferenza tra il giorno equinoziale e un giorno ineguale. Ma ciò che là nella declinazione nord veniva aggiunto, viene qua sottratto [dall'ascensione retta], e per contro nella declinazione sud è aggiunto alla ascensione retta, per ricavare l'ascensione obliqua; e, perciò, quanto ascenda un'intera costellazione o un altro arco dell'eclittica, risulta manifesto dalle ascensioni enumerate dal principio alla fine.

Da ciò segue che, se è dato un qualche grado dell'eclittica che ascende, calcolato dal punto equinoziale, si ha anche quello del meridiano. Poiché, quando sia data la declinazione del punto ascendente L, mediante HL, la distanza dal punto equinoziale, e l'ascensione retta HEM, e l'intera $AHEM$, la semicirconferenza del giorno, si ha quindi anche il resto AH, che è l'ascensione retta di FH, e che si ricava parimenti dalla tavola; o si ha l'angolo di sezione AHF unitamente al lato AH, e l'angolo FAH è retto. Conseguentemente è dato l'intero arco FHL dell'eclittica, che si trova tra il punto ascendente e quello passante per il meridiano.

Inversamente, se fosse dato prima il [grado del] meridiano, ossia l'arco FH, conosceremmo anche il grado [dell'eclittica] ascendente; poiché sarebbe nota la declinazione AF e, per l'angolo d'inclinazione della sfera, sarebbe noto l'arco AFB e anche il rimanente arco FB. Nel triangolo BFL è però dato, per ciò che è stato detto, l'angolo BFL; FBL è retto e il lato FB è noto: si ha quindi il lato cercato FHL. Un'altra via sarà indicata più avanti.

Capitolo X

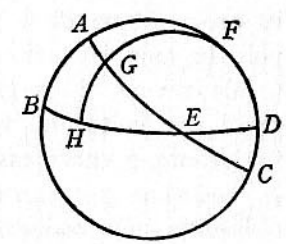
Dell'angolo di intersezione dell'eclittica con l'orizzonte.

Poiché l'eclittica è inoltre un cerchio obliquo all'asse della sfera, essa forma angoli differenti con l'orizzonte. Che essa, infatti, per quelli che abitano fra i tropici, stia due volte in posizione perpendicolare all'orizzonte, l'abbiamo già detto a proposito della diversità delle ombre. Mi sembra però che ci basti dimostrare quegli angoli che servono alle genti eteroscie quali noi siamo; mediante essi si potrà comprendere facilmente la legge universale di tali angoli.

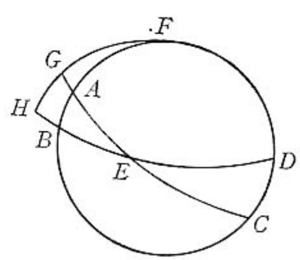
Ora, che nella sfera obliqua (se ascende l'equinozio ossia il principio dell'Ariete) l'eclittica tanto più sia inclinata e tanto più si avvicini all'orizzonte, quanto più cresce la sua mas-

sima declinazione meridionale, che si ha al principio del Capricorno, il quale allora per l'appunto passa per il meridiano; e inversamente, che l'eclittica sia più alta [sull'orizzonte] e formi un angolo più grande a levante, se il principio della Bilancia ascende, e il principio del Cancro passa per il meridiano: tutto questo lo considero sufficientemente chiaro. Poiché i tre cerchi, equatore, eclittica ed orizzonte, si tagliano reciprocamente nei poli del meridiano, così gli archi di questo determinati da quelli mostrano quanto grande debba essere calcolato l'angolo di levata.

Affinché però risulti chiara anche la via per misurare le rimanenti parti dell'eclittica, sia di nuovo $ABCD$ il meridiano, la metà dell'orizzonte BED, la metà dello zodiaco AEC, di cui un grado qualunque si levi [sull'orizzonte] in E; dobbiamo trovare quanto sia grande l'angolo AEB, se quattro retti ammontano a 360 gradi. Poiché dunque il punto ascendente E è dato: allora si ha anche, da ciò che precede, il grado del meridiano, e l'arco AE [22]. E siccome l'angolo ABE è retto, allora si ha che il rapporto della corda del doppio di AE alla corda del doppio di AB è uguale a quello del diametro della sfera alla corda del doppio dell'arco che misura l'angolo AEB; pertanto si ha anche l'angolo AEB.



Se però non fosse dato il grado del punto ascendente, ma quello del punto sul meridiano, che può essere A, l'angolo di levata potrebbe nondimeno essere misurato. Si assuma, infatti, E come polo, si tracci il quadrante FGH d'un cerchio massimo e si completino i quadranti EAG ed EBH [23]: allora, poiché è data l'al-



[22] Le edizioni di Norimberga, Basilea, Amsterdam e Varsavia hanno opportunamente qui l'aggiunta: «con l'altezza meridiana AB».

[23] Nel manoscritto (p. 37 v) c'è questa figura. Ma il senso del testo (cfr. J. Dobrzycki, commento cit., p. 394) richiede che sia sostituita dalla figura qui riprodotta.

tezza meridiana AB, AF è il complemento del quadrante, l'angolo FAG risulta da ciò che è stato detto [cap. III] e l'angolo FGA è retto, si hanno anche l'arco FG e il suo complemento GH, il quale misura l'angolo di levata cercato.

Risulta quindi anche chiaro a questo punto come, insieme con il grado che attraversa il meridiano, si dia anche quello che ascende [sull'orizzonte], per il fatto che la corda del doppio di GH sta alla corda del doppio di AB, come il diametro alla corda del doppio di AE, come s'è dimostrato a proposito dei triangoli sferici [libro I, cap. XIV, 3].

Abbiamo approntato anche su queste relazioni tre tavole. La prima contiene le ascensioni nella sfera retta a cominciare dall'Ariete e in progressione di 6 parti dell'eclittica per volta. La seconda contiene le ascensioni nella sfera obliqua, parimenti in progressione di 6 gradi per volta, dal parallelo il cui polo ha una elevazione di 39 gradi, fino a quello che ha un'elevazione di 57 gradi, aumentando l'elevazione di tre gradi per volta. La terza contiene gli angoli formati con l'orizzonte, e anche essa procede di 6 gradi per volta e sotto le medesime 7 colonne. E tutto questo secondo la minima obliquità dello zodiaco, di 23 gradi 28 minuti, che è quasi esatta per la nostra epoca.

TAVOLA DELLE ASCENSIONI DEI SEGNI NELLA RIVOLUZIONE DELLA SFERA RETTA

Eclittica		Ascensioni		Per un singolo grado		Eclittica		Ascensioni		Per un singolo grado	
Segni [24]	Gr.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Segni	Gr.	Gr.	Min.	Gr.	Min.
♈	6	5	30	0	55	♎	6	185	30	0	55
	12	11	0	0	55		12	191	0	0	55
	18	16	34	0	56		18	196	34	0	56
	24	22	10	0	56		24	202	10	0	56
	30	27	54	0	57		30	207	54	0	57
♉	6	33	43	0	58	♏	6	213	43	0	58
	12	39	35	0	59		12	219	35	0	59
	18	45	32	1	0		18	225	32	1	0
	24	51	37	1	1		24	231	37	1	1
	30	57	48	1	2		30	237	48	1	2
♊	6	64	6	1	3	♐	6	244	6	1	3
	12	70	29	1	4		12	250	29	1	4
	18	76	57	1	5		18	256	57	1	5
	24	83	27	1	5		24	263	27	1	5
	30	90	0	1	5		30	270	0	1	5
♋	6	96	33	1	5	♑	6	276	33	1	5
	12	103	3	1	5		12	283	3	1	5
	18	109	31	1	5		18	289	31	1	5
	24	115	54	1	4		24	295	54	1	4
	30	122	12	1	3		30	302	12	1	3
♌	6	128	23	1	2	♒	6	308	23	1	2
	12	134	28	1	1		12	314	28	1	1
	18	140	25	1	0		18	320	25	1	0
	24	146	17	0	59		24	326	17	0	59
	30	152	6	0	58		30	332	6	0	58
♍	6	157	50	0	57	♓	6	337	50	0	57
	12	163	26	0	56		12	343	26	0	56
	18	169	0	0	56		18	349	0	0	56
	24	174	30	0	55		24	354	30	0	55
	30	180	0	0	55		30	360	0	0	55

[24] I «segni» sono le costellazioni dello zodiaco. Copernico ne indica soltanto i simboli astronomici ed astrologici; i nomi corrispondenti sono: Ariete, Toro, Gemelli, Cancro, Leone, Vergine, Bilancia, Scorpione, Sagittario, Capricorno, Acquario, Pesci.

TAVOLA DELLE ASCENSIONI DELLA SFERA OBLIQUA

Eclittica		Elevazione del polo 39 Ascensione		42 Ascensione		45 Ascensione		48 Ascensione		51 Ascensione		54 Ascensione		57 Ascensione	
Segni	Gr.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.
♈	6	3	34	3	20	3	6	2	50	2	32	2	12	1	49
	12	7	10	6	44	6	15	5	44	5	8	4	27	3	40
	18	10	50	10	10	9	27	8	39	7	47	6	44	5	34
	24	14	32	13	39	12	43	11	40	10	28	9	7	7	32
	30	18	26	17	21	16	11	14	51	13	26	11	40	9	40
♉	6	22	30	21	12	19	46	18	14	16	25	14	22	11	57
	12	26	39	25	10	23	32	21	42	19	38	17	13	14	23
	18	31	0	29	20	27	29	25	24	23	2	20	17	17	2
	24	35	38	33	47	31	43	29	25	26	47	23	42	20	2
	30	40	30	38	30	36	15	33	41	30	49	27	26	23	22
♊	6	45	39	43	31	41	7	38	23	35	15	31	34	27	7
	12	51	8	48	52	46	20	43	27	40	8	36	13	31	26
	18	56	56	54	35	51	56	48	56	45	28	41	22	36	20
	24	63	0	60	36	57	54	54	49	51	15	47	1	41	49
	30	69	25	66	59	64	16	61	10	57	34	53	28	48	2
♋	6	76	6	73	42	71	0	67	55	64	21	60	7	54	55
	12	83	2	80	41	78	2	75	2	71	34	67	28	62	26
	18	90	10	87	54	85	22	82	29	79	10	75	15	70	28
	24	97	27	95	19	92	55	90	11	87	3	83	22	78	55
	30	104	54	102	54	100	39	98	5	95	13	91	50	87	46
♌	6	112	24	110	33	108	30	106	11	103	33	100	28	96	48
	12	119	56	118	16	116	25	114	20	111	58	109	13	105	58
	18	127	29	126	0	124	23	122	32	120	28	118	3	115	13
	24	135	4	133	46	132	21	130	48	128	59	126	56	124	31
	30	142	38	141	33	140	23	139	3	137	38	135	52	133	52
♍	6	150	11	149	19	148	23	147	20	146	8	144	47	143	12
	12	157	41	157	1	156	19	155	29	154	38	153	36	153	24
	18	165	7	164	40	164	12	163	41	163	5	162	24	162	47
	24	172	34	172	21	172	6	171	51	171	33	171	12	170	49
	30	180	0	180	0	180	0	180	0	180	0	180	0	180	0

TAVOLA DELLE ASCENSIONI DELLA SFERA OBLIQUA

Eclittica		Elevazione del polo 39 Ascensione		42 Ascensione		45 Ascensione		48 Ascensione		51 Ascensione		54 Ascensione		57 Ascensione	
Segni	Gr.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.
♎	6	187	26	187	39	187	54	188	9	188	27	188	48	189	11
	12	194	53	195	19	195	48	196	19	196	55	197	36	198	23
	18	202	21	203	0	203	41	204	30	205	24	206	25	207	36
	24	209	49	210	41	211	37	212	40	213	52	215	13	216	48
	30	217	49	218	27	219	37	220	57	222	22	224	8	226	8
♏	6	224	56	226	14	227	38	229	12	231	1	233	4	235	29
	12	232	56	234	0	235	37	237	28	239	32	241	57	244	47
	18	240	31	241	44	243	35	245	40	248	2	250	47	254	2
	24	247	36	249	27	251	30	253	49	256	27	259	32	263	12
	30	255	36	257	6	259	21	261	52	264	47	268	10	272	14
♐	6	262	8	264	41	267	5	269	49	272	57	276	38	281	5
	12	269	50	272	6	274	38	277	31	280	50	284	45	289	32
	18	276	58	279	19	281	58	284	58	288	26	292	32	297	34
	24	283	54	286	18	289	0	292	5	295	39	299	53	305	5
	30	290	35	293	1	295	45	298	50	302	26	306	42	311	58
♑	6	297	0	299	24	302	6	305	11	308	45	312	59	318	11
	12	303	4	305	25	308	4	311	4	314	32	318	38	323	40
	18	308	52	311	8	313	40	316	33	319	52	323	47	328	34
	24	314	21	316	29	318	53	321	37	324	45	328	26	332	53
	30	319	30	321	30	323	45	326	19	329	11	332	34	336	38
♒	6	324	21	326	13	328	16	330	35	333	13	336	18	339	58
	12	329	0	330	40	332	31	334	36	336	58	339	43	342	58
	18	333	21	334	50	336	27	338	18	340	22	342	47	345	37
	24	337	30	338	48	340	3	341	46	343	35	345	38	348	3
	30	341	34	342	39	343	49	345	9	346	34	348	20	350	20
♓	6	345	29	346	21	347	17	348	20	349	32	350	53	352	28
	12	349	11	349	51	350	33	351	21	352	14	353	16	354	26
	18	352	50	353	16	353	45	354	16	354	52	355	33	356	20
	24	356	26	356	40	356	23	357	10	357	53	357	48	358	11
	30	360	0	360	0	360	0	360	0	360	0	360	0	360	0

TAVOLA DEGLI ANGOLI FORMATI DALL'ECLITTICA CON L'ORIZZONTE

Eclittica		Elevazione del polo														Eclittica	
		39		42		45		48		51		54		57			
		Angolo		Angolo		Angolo		Angolo		Angolo		Angolo		Angolo			
Segni	Gr.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Min.	Gr.	Segni
♈	0	27	32	24	32	21	32	18	32	15	32	12	32	9	32	30	
	6	27	37	24	36	21	36	18	36	15	35	12	35	9	35	24	
	12	27	49	24	49	21	48	18	47	15	45	12	43	9	41	18	
	18	28	13	25	9	22	6	19	3	15	59	12	56	9	53	12	
	24	28	45	25	40	22	34	19	29	16	23	13	18	10	13	6	♓
	30	29	27	26	15	23	11	20	5	16	56	13	45	10	31	30	
♉	6	30	19	27	9	23	59	20	48	17	35	14	20	11	2	24	
	12	31	21	28	9	24	56	21	41	18	23	15	3	11	40	18	
	18	32	35	29	20	26	3	22	43	19	21	15	56	12	26	12	
	24	34	5	30	43	27	23	24	2	20	41	16	59	13	20	6	♒
	30	35	40	32	17	28	52	25	26	21	52	18	14	14	26	30	
♊	6	37	29	34	1	30	37	27	5	23	11	19	42	15	48	24	
	12	39	32	36	4	32	32	28	56	25	15	21	25	17	23	18	
	18	41	44	38	14	34	41	31	3	27	18	23	25	19	16	12	
	24	44	8	40	32	37	2	33	22	29	35	25	37	21	26	6	♑
	30	46	41	43	11	39	33	35	53	32	5	28	6	23	52	30	
♋	6	49	18	45	51	42	15	38	35	34	44	30	50	26	36	24	
	12	52	3	48	34	45	0	41	8	37	55	33	43	29	34	18	
	18	54	44	51	20	47	48	44	13	40	31	36	40	32	39	12	
	24	57	30	54	5	50	38	47	6	43	33	39	43	35	50	6	♐
	30	60	4	56	42	53	22	49	54	46	21	42	43	38	56	30	
♌	6	62	40	59	27	56	0	52	34	49	9	45	37	41	57	24	
	12	64	59	61	44	58	26	55	7	51	46	48	19	44	48	18	
	18	67	7	63	56	60	20	57	26	54	6	50	47	47	24	12	
	24	68	59	65	52	62	42	59	30	56	17	53	7	49	47	6	♏
	30	70	38	67	27	64	18	61	17	58	9	54	58	52	38	30	
♍	6	72	0	68	53	65	51	62	46	59	37	56	27	53	16	24	
	12	73	4	70	2	66	59	63	56	60	53	57	50	54	46	18	
	18	73	51	70	50	67	49	64	48	61	46	58	45	55	44	12	
	24	74	19	71	20	68	20	65	19	62	18	59	17	56	16	6	
	30	74	28	71	28	68	28	65	28	62	28	59	28	56	28	0	♎

Capitolo XI

DELL'USO DI QUESTE TAVOLE.

Orbene, l'uso di queste tavole risulta da ciò che abbiamo dimostrato, poiché, se prendiamo l'ascensione retta per un grado noto del sole ed aggiungiamo alla medesima per ogni ora uniforme 15 « tempi » [cioè, gradi], trascurando i 360 gradi di un cerchio completo nel caso che la somma sia divenuta più grande di esso, il risultato di tale somma darà il grado dell'eclittica che è a metà del cielo nell'ora proposta, calcolata dal mezzogiorno. Del pari, se si fa lo stesso per l'ascensione obliqua della propria regione, si ha allora il punto ascendente dell'eclittica per il tempo calcolato dalla levata del sole. Anche per qualunque stella che si trovi all'esterno dell'eclittica, ma di cui sia nota l'ascensione retta (come mostrammo in precedenza), si ottengono mediante queste tavole quei punti dell'eclittica che, calcolati in eguale ascensione retta dal principio dell'Ariete, sono contemporaneamente con tale stella sul meridiano; e dalla sua ascensione obliqua risulta quale punto dell'eclittica si levi contemporaneamente con essa, una volta che si trovino nei rispettivi posti delle tavole le ascensioni ed i gradi dell'eclittica. In egual modo, ma in posizione sempre contrapposta, si procederà per il tramonto. Se, inoltre, viene aggiunto un quadrante di cerchio all'ascensione retta ch'è sul meridiano, ciò che se ne ottiene è l'ascensione obliqua del grado che sorge. Quindi, dal grado ch'è sul meridiano risulta anche quello che si leva, e viceversa.

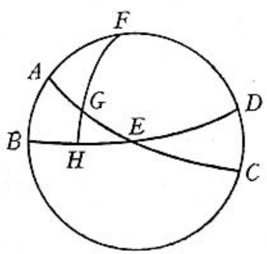
Segue la tavola degli angoli che l'eclittica forma con l'orizzonte, e che vengono misurati secondo il grado ascendente dell'eclittica. Di qui si deduce anche di quanto si innalzi sull'orizzonte il novantesimo grado dell'eclittica, il che si ha estrema necessità di conoscere a proposito delle eclissi solari.

Capitolo XII

Degli angoli e degli archi di quei cerchi che intersecano l'eclittica passando per i poli dell'orizzonte.

Dobbiamo ora trattare del rapporto degli angoli e degli archi, che risultano nei punti d'intersezione dell'eclittica con i cerchi, che passano per il polo dell'orizzonte e sui quali viene misurata l'altezza sopra l'orizzonte. Ma dell'altezza meridiana del sole o di un grado a piacere dell'eclittica a metà del cielo e dell'angolo sotto il quale esso taglia il meridiano, s'è già trattato di sopra; poiché, invero, il meridiano è esso stesso uno di quei cerchi, che sono tracciati per il polo dell'orizzonte. Anche dell'angolo nel punto di levata si è già parlato poc'anzi, giacché il suo complemento è l'angolo, che il quadrante di cerchio passante per il polo dell'orizzonte racchiude con l'eclittica ascendente.

Rimane quindi ancora da condurre la ricerca, ripetendo la figura precedente, sopra i punti d'intersezione medi del circolo meridiano, con i semicerchi dell'eclittica e dell'orizzonte. Si assuma un punto a piacere dell'eclittica tra il mezzogiorno [25] e il punto di levata o di tramonto, ed esso sia *G*. Tracciamo per tale punto a partire dal polo dell'orizzonte, *F*, il quadrante di cerchio *FGH*. Poiché dall'ora è dato l'intero arco *AGE* dell'eclittica situato tra il meridiano e l'orizzonte, e per ipotesi è dato *AG*; e del pari è dato *AF* per l'altezza meridiana data *AB* insieme con l'angolo meridiano *FAG*, si ha allora anche *FG*, per i teoremi sui triangoli sferici [libro I, cap. XIV, II], e quindi l'arco



[25] Nel manoscritto, alla p. 41 r, dopo la parola « mezzogiorno » segue sino alla fine del capitolo il brano che abbiamo tradotto. Ma alla p. 46 r del manoscritto c'è un brano isolato, probabilmente tradotto dal greco, che ripete con poche varianti le cose già dette nella p. 41 r. Cfr., tuttavia, il commento di J. Dobrzycki, cit., pp. 395-6.

complemento *GH*, l'altezza del punto *G* con l'angolo *FGA*, che cercavamo.

Queste tesi sugli angoli e sugli archi dell'eclittica l'abbiamo in succinto ricavate da Tolomeo [26], poiché ci siamo rifatti alla comune trattazione dei triangoli sferici. Se taluno vuole esercitarsi in questa ricerca può ideare da sé stesso più applicazioni, di quante or ora ne abbiamo trattate a guisa d'esempio.

Capitolo XIII

Della levata e del tramonto degli astri.

Dalla rotazione quotidiana [della terra] paiono dipendere anche le levate e i tramonti degli astri; non soltanto quelli semplici, dei quali soltanto abbiamo parlato, ma anche quelli per cui essi risultano stelle mattutine e stelle vespertine. Benché questi ultimi fatti si verifichino con il concorso della rivoluzione annua, tuttavia sarà più conveniente parlarne qui.

Gli antichi astronomi [*mathematici*] distinguono i veri tramonti e le vere levate da quelli apparenti. Di quelli veri, la levata dell'astro è mattutina quando esso sorge con il sole. Il tramonto è invece mattutino quando, al sorgere del sole, l'astro tramonta e in tutto quest'intervallo esso aveva nome di stella del mattino. Invece, una levata vespertina si ha allorché l'astro sorge al tramontar del sole e un tramonto vespertino allorché l'astro tramonta anch'esso al tramontar del sole; e in quest'intervallo esso prende il nome di stella della sera, poiché esso è reso inaccessibile di giorno e subentra di notte. È invece apparente la levata mattutina dell'astro che ha luogo quando esso spunta ed incomincia ad apparire con l'alba e prima della levata del sole. Il tramonto apparente del mattino avviene, invece, quando l'astro sembra tramontare per l'appunto allorché sta per sorgere il sole. La levata serale apparente avviene quando al crepuscolo l'astro per l'appunto sembra sorgere; il tramonto vespertino apparente, invece, allorquando l'astro cessa di essere visibile dopo il

[26] Tolomeo, *Almagesto*, lib. II, cap. 12.

tramonto del sole, ⟨e per il resto viene nascosto dall'avvento del sole [27]⟩, fino a quando alla levata mattutina appaiono nell'ordine di prima.

Questo accade parimenti per le stelle fisse ed anche per i pianeti Saturno, Giove e Marte. Ma Venere e Mercurio hanno una diversa levata e un diverso tramonto: poiché essi non vengono, come quelli, nascosti all'arrivo del sole, né resi palesi dalla sua partenza, ma, anticipando, si congiungono allo splendore del sole e si sottraggono al medesimo. Quelli [i pianeti superiori] non divengono affatto invisibili alla levata vespertina e al tramonto mattutino, così che conservano la loro luce quasi per l'intera notte. Questi [Venere e Mercurio], invece, scompaiono senza distinzione dal tramonto alla levata del Sole, e non si possono vedere in alcun luogo. V'è ancora un'altra differenza: cioè, per quelli le vere levate e i veri tramonti mattutini hanno luogo prima di quelli apparenti, le levate e i tramonti serali, invece, dopo quelli apparenti, poiché essi nel primo caso precedono la levata del sole, e nel secondo seguono il suo tramonto. Nei pianeti inferiori, invece, le levate mattutine e serali apparenti sono più tarde di quelle vere, i tramonti per contro avvengono prima.

Il metodo, poi, con cui essi sono determinati, può essere compreso da ciò che abbiamo detto in precedenza – ove abbiamo trattato dell'ascensione obliqua di una stella qualsivoglia che occupi un luogo noto – e anche può essere compreso con quale grado dell'eclittica la stella sorga o tramonti, e in qual grado o in quello ad esso opposto se allora il sole è apparso, l'astro faccia una levata o tramonto vero, mattutino o serale. Da questi si distinguono quelli apparenti a seconda dello splendore e della grandezza di ciascuna stella, cosicché quelle che spiccano per la luce più forte si nascondono per più breve tempo ai raggi del sole di quelle che splendono più debolmente. E i limiti di occultazione e di manifestazione vengono determinati mediante gli archi, situati sotto l'orizzonte, dei cerchi che sono tracciati per i poli dell'orizzonte, tra l'orizzonte medesimo e il sole. Essi risultano, per le

[27] Testo oscuro che ha dato luogo a contrastanti interpretazioni.

stelle fisse di prima grandezza, pressoché di 12°, per Saturno di 11°, per Giove di 10°, per Marte di 11½°, per Venere di 5°, per Mercurio di 10°. In tutto, però, il resto della luce del giorno che trapassa nella notte, e che costituisce il crepuscolo e l'alba, occupa 18 gradi dell'arco già detto; e quando il sole è andato sotto l'orizzonte di altrettanti gradi, allora anche le stelle più piccole incominciano a diventar visibili. Parecchi astronomi prendono il parallelo situato sotto l'orizzonte, a questa distanza, e dicono che fa giorno o che la notte è terminata quando il sole lo raggiunge. Quando dunque sappiamo con quale punto dell'eclittica un astro sorge o tramonta, e conosciamo l'angolo di intersezione dell'eclittica con l'orizzonte in quel punto, se troviamo poi anche tra il punto ascendente e il sole tanti gradi dell'eclittica da poter pareggiare la profondità del sole sotto l'orizzonte secondo i limiti prescritti per la stella data: allora stabiliamo che ha luogo la sua prima levata o la sua occultazione. Ma quelle cose che abbiamo mostrato a proposito dell'altezza del sole [sull'orizzonte] sulla terra nella precedente trattazione, si adattano in tutto anche alla sua discesa sotto [l'orizzonte] la terra, e non si distinguono infatti altro che per la posizione; poiché quelle stelle che tramontano per la metà visibile della sfera, sorgono per quella invisibile; e tutto sta in una relazione di permutabilità ed è facile da comprendere. Di conseguenza, ciò che è stato detto sopra la levata e il tramonto delle stelle, e sopra la rivoluzione quotidiana del globo terrestre, può bastare.

Capitolo XIV

Sopra la determinazione dei luoghi delle stelle, e il catalogo delle stelle fisse.

Poiché [28] abbiamo trattato la rivoluzione quotidiana del globo della terra, unitamente alle sue conseguenze, avreb-

[28] Nel manoscritto l'inizio di questo capitolo (p. 42 r) si presenta con l'aspetto di inizio di un nuovo libro (il titolo, infatti, è scritto con caratteri

bero ora dovuto seguire le dimostrazioni relative al circuito annuo. Siccome però alcuni degli antichi matematici [29] sono stati dell'opinione che i fenomeni delle stelle fisse, in quanto sono i fondamenti di questa scienza, devono precedere, anche noi abbiamo ritenuto sia bene seguire questa opinione, poiché abbiamo assunto tra i princìpi e le ipotesi, che sia del tutto immobile la sfera delle stelle fisse, alla quale egualmente si riferiscono i vari movimenti dei pianeti.

Nessuno si meravigli, tuttavia, che abbiamo seguito quest'ordine, mentre Tolomeo nella sua *Grande Sintassi* [30] è stato dell'opinione che la trattazione delle stelle fisse non potesse avvenire se non quando fosse stata preventivamente conseguita la conoscenza delle posizioni del sole e della luna, e perciò ha creduto, che la ricerca sopra le stelle fisse dovesse essere accantonata fino a quel punto. Riteniamo che ci si debba opporre a tale opinione [31]. Ma se questo parere è riferito ai numeri, mediante i quali viene calcolato il moto apparente della luna e del sole, esso può forse essere giusto, poiché anche il geometra Menelao ha ottenuto mediante calcoli con le congiunzioni lunari gran parte delle posizioni delle stelle [32]. Ma conseguiremo molto meglio questo scopo, se determiniamo una qualsiasi stella mediante le posizioni del sole e della luna diligentemente studiate con l'aiuto di strumenti, come tosto mostreremo. Ci serve anche per avvertimento il vano tentativo di coloro che credettero che si dovesse definire la

maggiori e c'è uno spazio vuoto, come all'inizio degli altri libri, riservato alla lettera iniziale). Nelle pagine 46 v e 47 r c'è un'altra redazione di tale capitolo, incompleta ma non cancellata, con alcune varianti.

29 Nel manoscritto (p. 42 r), prima di « priscorum aliqui mathematicorum », ci sono tre parole poi cancellate: « Solensis Aratus ac ». Arato di Soli, nato in Cilicia verso il 310 a. C. e morto a Pella verso il 240, studiò ad Atene la filosofia peripatetica ed ascoltò l'insegnamento di Zenone, il fondatore dello stoicismo. Per incarico del re Antigono Gonata scrisse a Pella l'opera in versi *I fenomeni*.

30 Tolomeo, *Almagesto*, pref. al libro III e cap. 1.

31 Tale frase, nel manoscritto a p. 42 r, non è riprodotta nelle edizioni sino a quella di Varsavia compresa.

32 Menelao, nato ad Alessandria, fece osservazioni a Roma nel 98 d. C. Fu chiamato « geometra » da Tolomeo, « matematico » da Plutarco. Le sue opere sono andate perdute; ci è giunta solo una sua trattazione di geometria sferica in versione latina, araba ed ebraica. Cfr. Tolomeo, *Almagesto*, III, cap. 3.

grandezza dell'anno solare semplicemente dagli equinozi o dai solstizi e non anche dalle stelle fisse, onde non si poté mai giungere fino ai nostri tempi ad un accordo, così che su nessun altro tema si è avuta una discordia più grande. Ciò aveva colto Tolomeo [33], il quale, allorché ebbe calcolato per il suo tempo l'anno solare non senza il sospetto d'un errore che avrebbe potuto manifestarsi con l'andar del tempo, invitò la posterità a mirare in seguito su tale questione ad una certezza maggiore. Ci è quindi apparso degno di fatica mostrare in questo libro come con l'artificio degli strumenti si trovino le posizioni del sole e della luna, quanto cioè essi distino dall'equinozio di primavera o dagli altri punti cardinali del mondo; il che, poi, tornerà utile per l'indagine delle altre stelle, in modo da mostrare alla vista la sfera delle stelle fisse intessuta di punti splendenti e la sua immagine.

Con quali strumenti vengano misurate la distanza dei tropici, l'obliquità dell'eclittica e l'inclinazione della sfera o l'altezza del polo dell'equatore, è stato esposto in precedenza. Nella medesima maniera possiamo ricavare qualsivoglia altra altezza meridiana del sole. Questa altezza ci farà conoscere, a seconda della sua differenza dall'inclinazione della sfera, quale sia la declinazione del sole dall'equatore, e da questa declinazione poi risulterà anche la sua posizione a mezzogiorno, calcolata dall'equinozio o dal solstizio. Il sole sembra del resto trascorrere in un intervallo di 24 ore pressoché un grado; risultano quindi per la frazione oraria 2 minuti e mezzo. Onde la sua posizione per ogni altra ora a piacere può essere facilmente calcolata.

Per osservare poi i luoghi della luna e delle stelle, si costruisce un altro strumento, che Tolomeo chiama astrolabio [34]. Vengono cioè costruiti, così che taglino con i loro lati piani o facce le superfici concava e convessa ad angoli retti, due cerchi o anelli quadrilateri di cerchi, eguali e simili sotto ogni aspetto, di grandezza conveniente, cosicché non sia difficile maneggiarli per l'estensione troppo grande, mentre

33 Tolomeo, *Almagesto*, lib. III, cap. 1.

34 Tolomeo, *Almagesto*, lib. V, cap. 1.

d'altra parte è opportuna una certa ampiezza per una precisa suddivisione in gradi. La loro larghezza e il loro spessore ammontino poi almeno alla trentesima parte del diametro. Essi vengano connessi e collegati l'un l'altro ad angolo retto, così che si adattino insieme rispettivamente con i loro lati convessi e concavi, come nella rotondità di un'unica sfera. Di essi, ora, l'uno rappresenti l'eclittica, l'altro quel cerchio che passa per i poli tanto dell'equatore quanto dell'eclittica. Il cerchio che rappresenta l'eclittica va diviso nei suoi lati in parti uguali, usualmente 360, che vengono di nuovo suddivise finché lo permette la capacità dello strumento. Sull'altro cerchio poi vengano misurati, a partire dall'eclittica, dei quadranti, e vengano contrassegnati i poli dell'eclittica; e da questi, con un intervallo preso in rapporto all'obliquità dell'eclittica, si segnino anche i poli dell'equatore.

Dopo che queste cose sono state così sistemate, si approntino due altri cerchi facendoli passare per i poli dell'eclittica che abbiamo costruito, e per questi poli l'uno deve muoversi all'esterno, l'altro all'interno. Siano uguali i loro spessori tra le due superfici piane e le ampiezze delle facce siano però simili a quelle dei primi cerchi; ed essi siano così sistemati che ovunque la superficie concava del cerchio più grande tocchi la superficie convessa dell'eclittica e la superficie convessa del cerchio più piccolo tocchi la superficie concava dell'eclittica, in modo, tuttavia, che la loro rotazione non venga impedita, ma possano senza impaccio passare tanto sull'eclittica con il suo meridiano quanto l'uno sull'altro. Foreremo dunque questi cerchi con cura, secondo il diametro, in quei poli dell'eclittica e vi inseriremo dei perni, dai quali vengano collegati e portati. Il cerchio interno sia parimenti diviso in 360 parti eguali, così che nei singoli quadranti ci siano 90 gradi ai poli.

Nella sua concavità va poi messo un altro cerchio, cioè un quinto cerchio girevole nel medesimo piano, nelle cui facce siano fissati degli apparecchi con aperture disposte in direzione diametrale e dotati di lastre trasparenti o lenti, onde la luce della stella, come nella diottra, può entrare ed uscire lungo il diametro del cerchio. Ed a questo si appongano

ancora da entrambi i lati delle tacche, come indici dei numeri del cerchio che lo racchiude, per osservare le latitudini. Infine, è necessario ancora un sesto cerchio, che comprenda e sostenga tutto quanto l'astrolabio, ed esso sia sospeso con perni nei punti dei poli dell'equatore, posato su una colonna e sostenuto e fissato perpendicolarmente da questa al piano dell'orizzonte; se anche i poli [dell'equatore] sono fissati secondo l'inclinazione della sfera, tale cerchio è, per la posizione naturale, come il meridiano e non si allontana né punto né poco da questo.

Dunque, dopo aver così disposto lo strumento, quando vogliamo rilevare la posizione di una stella, allora verso sera o quando il sole sta tramontando, e in una occasione in cui vediamo anche la luna, poniamo il cerchio esterno [all'eclittica, non il sesto cerchio che rappresenta il meridiano] sul grado dell'eclittica nel quale – da ciò che precede – sappiamo allora trovarsi il sole e volgiamo l'intersezione dei cerchi [l'eclittica e il cerchio esterno] verso il sole, finché l'eclittica e quel cerchio esterno che passa per i suoi poli si ombreggiano nello stesso modo [35]; poi volgiamo il cerchio interno [all'eclittica] verso la luna e, posto l'occhio nel piano di esso, segneremo sull'eclittica dello strumento il luogo ove vedremo la luna opposta come se fosse tagliata in due da quel piano. Tale punto darà la posizione della luna vista in longitudine. Senza la luna non vi sarebbe, cioè, alcuna via per la determinazione delle posizioni delle stelle, poiché essa sola tra tutti [gli astri] è partecipe tanto del giorno quanto della notte. In seguito, quando sopraggiunge la notte, e può ormai essere vista quella stella di cui cerchiamo la posizione, drizziamo il cerchio esterno verso la posizione della luna, onde adattiamo la disposizione dell'astrolabio sulla luna, nello stesso modo come prima avevamo fatto sul sole. Allora volgiamo del pari il cerchio interno verso la stella, finché essa non paia appartenere al piano del cerchio, e venga vista attraverso le lenti che si trovano sul cerchietto racchiuso

[35] Cioè, finché le due ombre si intersecano come due linee rette perpendicolari tra loro.

[cioè, il quinto cerchio]. In questo modo, infatti, ricaviamo longitudine e latitudine della stella. Mentre questo viene fatto, si ha sotto gli occhi quale grado dell'eclittica sia a metà del cielo, e indi si ricava con certezza il tempo in cui l'osservazione è stata fatta.

Per esempio, Tolomeo [36], che era allora in Alessandria e volle osservare nel secondo anno dell'imperatore Antonino Pio [37], al nono giorno di Pharmuthi, l'ottavo mese del calendario Egizio [38], la posizione di quella stella che è nel petto del Leone e viene chiamata Basilisco o Regolo, dispose il suo astrolabio sul sole che tramontava proprio cinque ore equatoriali dopo mezzogiorno. E mentre il sole si trovava nel grado 3 e 1/24 dei Pesci, movendo il cerchio interno [dell'astrolabio] trovò che la luna era ad est del sole, distante da esso di gradi 92 e 1/8: quindi la posizione della luna gli parve allora a 5 gradi e 1/6 dei Gemelli. Dopo mezz'ora, col che si completava la sesta ora dopo mezzogiorno, e quando già la stella aveva incominciato a divenir visibile e a metà del cielo c'era il quarto grado dei Gemelli, egli rivolse il cerchio esterno dello strumento alla posizione già ricavata della luna. E procedendo con il cerchio interno egli ricavò che la distanza della stella dalla luna era di 57 gradi e 1/10 ad est. Pertanto, poiché la luna si trovava a 92 gradi e 1/8 dal sole al tramonto, come s'era osservato, il che la collocava a 5 gradi e 1/6 dei Gemelli, e tuttavia la luna nello spazio di mezz'ora era andata avanti di un quarto di grado, poiché la porzione oraria del moto della luna ammonta pressapoco a 1/2 grado; ma a causa della parallasse allora sottrattiva della luna la progressione della medesima in mezz'ora doveva essere alquanto – pressapoco di 1/12 – più piccola di 1/4, per cui la luna si trovava in 5 gradi e un terzo dei Gemelli. Ma appena avremo trattato le parallassi (*commutationes*) della luna, risulterà che la differenza non è

[36] Tolomeo, *Almagesto*, lib. VII, cap. 2.
[37] Su Antonino Pio, cfr. la nota 2 alla traduzione della lettera contro Werner.
[38] Sul calendario egizio cfr. la nota 5 alla suddetta traduzione.

stata così grande, di modo che diverrà chiaro che la posizione osservata della luna aveva superato i 5 gradi dei Gemelli di più che per 1/3 di grado, e per poco meno di 2/5 di grado. Se a questi vengono aggiunti i 57 gradi e 1/10, risulta la posizione della stella in 2 gradi e 1/2 del Leone, quindi a distanza di circa 32 gradi e 1/2 dal solstizio estivo, a una latitudine nord di 1/6 di grado. Qui era la posizione del Basilisco, da cui si ricavavano anche le posizioni delle altre stelle fisse. Questa osservazione di Tolomeo è avvenuta nell'anno di Cristo 139, secondo il calendario romano, il 23 febbraio, nel primo anno della 229esima Olimpiade.

Così il più eminente degli astronomi annotò quale posizione in quel tempo occupasse ogni stella in relazione all'equinozio di primavera e catalogò le costellazioni degli animali celesti. Con il che egli diede un non piccolo aiuto al nostro studio, e ci liberò abbastanza da un difficile lavoro, sicché noi – che siamo dell'opinione che le posizioni delle stelle non siano da riferire agli equinozi, che con il passare del tempo mutano, ma piuttosto che gli equinozi vanno riferiti alla sfera delle stelle fisse – possiamo facilmente fare una descrizione delle stelle con riferimento a un altro punto di partenza immutabile. Si è deciso di cominciare dall'Ariete, come primo segno [dello zodiaco], e più precisamente dalla sua prima stella, che sta nella testa del medesimo, cosicché una configurazione assoluta e sempre identica è posseduta da quelle stelle che, presa una posizione, risplendono in armonia tra loro come se fossero fisse. Esse sono state poi distinte con la cura e la perizia mirabile degli antichi in 48 costellazioni, con eccezione di quelle che il cerchio delle stelle sempre invisibili separava dalla quarta regione che passa approssimativamente per Rodi. E così quelle stelle rimasero non disposte in costellazioni in quanto ignote agli antichi. Secondo l'opinione di Teone il Giovane [39], nella esposizione di Arato

[39] Teone il Giovane, matematico ed astronomo del IV sec. d. C., padre di Ipazia (la famosa filosofa neoplatonica uccisa nel 365 dalla folla ad Alessandria perché avversa al Cristianesimo). Osservò eclissi del sole e della luna e compose commenti ad Euclide, Arato e Tolomeo (pubblicati a Parigi dallo Halma tra il 1821 e il 1823). Copernico possedeva i *Phaenomena* di

le stelle sono state ordinate in forma di immagini per il solo scopo di distinguere la loro tanto grande moltitudine in parti e per contrassegnarle singolarmente con delle denominazioni, secondo l'uso antico, poiché anche in Esiodo ed in Omero [40] leggiamo il nome delle Pleiadi, delle Iadi, di Arturo e di Orione. Per la loro descrizione in longitudine non ci serviamo dunque della divisione in dodici parti [dello zodiaco o dodecatemoria], che sono misurate dagli equinozi o dai solstizi, ma del numero semplice e usuale dei gradi; per il resto seguiamo Tolomeo, con eccezione di poche cose di cui abbiamo riconosciuto che o sono false o si verificano comunque altrimenti. Quali siano le loro [delle stelle] distanze dai punti cardinali, ciò l'insegneremo tuttavia nel libro seguente.

Arato con il commento di Teone nell'edizione fatta a Venezia nel 1499 da Aldo Manuzio.

[40] Nel manoscritto (p. 44 r) c'era prima scritto « Iobum », poi la parola è stata cancellata e sostituita con « Haesiodum et Homerum » in margine. Le edizioni sino a quella di Varsavia riportarono il brano così: « poiché risulta che anche in Giobbe ne sono state nominate alcune e anche in Esiodo e in Omero leggiamo i nomi delle Pleiadi, delle Iadi, di Arturo e di Orione ». Esiodo (*Le opere e i giorni*) ricorda le Pleiadi ai versi 383, 572, 615, 619; le Iadi al v. 615; Arturo al v. 610 ed Orione ai versi 609, 615, 619. Pleiadi, Iadi e Orione sono ricordati da OMERO, *Iliade*, XVIII, 486; Arturo, *ibid.*, 487 e *Odissea*, V. 273; Orione, *Iliade*, XVIII, 488; XXII, 28 e *Odissea*, V, 274; le Pleiadi, *Odissea*, V, 272. GIOBBE, 9, 9 e 38, 31: compaiono i nomi di Arturo, Orione, Iadi e Pleiadi. Il Menzzer (nella nota 63, *op. cit.*), avanza l'ipotesi, sia pur in forma dubitativa, che Copernico abbia cancellato il riferimento a Giobbe sospettando che il libro di Giobbe non sia tanto antico da servire come prova dell'uso « antico » dei nomi delle costellazioni.

CATALOGO DESCRITTIVO DELLE COSTELLAZIONI E DELLE STELLE [41] E, IN PRIMO LUOGO, DI QUELLE CHE SONO NELL'EMISFERO SETTENTRIONALE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud.			Latitud.		Grandezza
	Gr.	Min.		Gr.	Min.	
ORSA MINORE O CODA DI CANE [42]						
[Stella] nell'estremità della coda [43]	53	30	SETTENTRIONALI	66	0	3
[La stella] che segue nella coda	55	50		70	0	4
Al principio della coda . .	69	20		74	0	4
Quella più a sud sul lato precedente [44] del quadrilatero	83	0		75	20	4
La settentrionale dello stesso lato	87	0		77	40	4
La più a sud di quelle del lato seguente [45]	100	30		72	40	2
La settentrionale dello stesso lato	109	30		74	50	2

Sette stelle, di cui: 2 di seconda grandezza, 1 di terza e 4 di quarta

[41] Il catalogo delle stelle che Copernico prese come modello è quello delineato da Ipparco nel 130 a. C. e tramandatoci da Tolomeo nel libro VII, cap. 5 e nel libro VIII, cap. 1 dell'*Almagesto*. Su 1025 stelle elencate tanto da Tolomeo che da Copernico, questi dà differenti latitudini per 121 stelle e differenti longitudini per 68 stelle rispetto a Tolomeo. Un'altra probabile fonte di Copernico è il *De expetendis et fugiendis rebus* di Giorgio Valla. Cfr. in proposito il commento, cit., pp. 397-8 di J. Dobrzycki nell'ediz. dell'Accademia polacca.

[42] Perché, probabilmente, ad alcuni degli antichi l'arco che si ottiene unendo alcune stelle di questa costellazione sembrò simile alla coda piegata in avanti di un cane.

[43] È l'attuale stella polare, che ai tempi di Tolomeo aveva dal polo nord celeste una distanza di 12° 1'.

[44] Ho tradotto nel testo i termini « praecedens » e « sequens » con « precedente » e « seguente » o con « che precede » e « che segue »; ma si ricordi che « in praecedentia » è il termine tecnico per dire « ad ovest » e « in consequentia » quello per dire « ad est » (cfr. nota 26 alla traduzione della *Narratio prima*): quindi « praecedens » significa « occidentale » e « sequens », invece, « orientale », oppure « ad ovest » e « ad est ». Anche le preposizioni « dopo » e « prima » possono essere intese come « a est » e « a ovest » in senso astronomico.

[45] Tale stella, che al tempo di Tolomeo distava dal polo solo 8° 52', avrebbe allora meritato il nome di « stella polare ».

EMISFERO SETTENTRIONALE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
ORSA MINORE O CODA DI CANE						
La stella più a sud, fuori costellazione e vicina alla coda di cane, in linea retta con il lato seguente . . .	103	20	SETT.	71	10	4
ORSA MAGGIORE, CHE CHIAMANO SPIRALE [46]						
Quella nel grifo	78	40	SETTENTRIONALI	39	50	4
Quella che precede nei due occhi	79	10		43	0	5
Quella che la segue . . .	79	40		43	0	5
Quella che precede delle due sulla fronte	79	30		47	10	5
Quella che segue sulla fronte	81	0		47	0	5
Quella che precede sull'orecchio esterno	81	30		50	30	5
Quella che precede delle due sul collo	85	50		43	50	4
Quella che segue	92	50		44	20	4
Quella a nord delle due sul petto	94	20		44	0	4
Quella più a sud	93	20		42	0	4
Quella sul davanti del ginocchio sinistro	89	0		35	0	3
La più a nord delle due sul davanti del piede sinistro	89	50		29	0	3
Quella più a sud	88	40		28	30	3
Quella sul davanti del ginocchio destro	89	0		36	0	4
Quella sotto lo stesso ginocchio	101	10		33	30	4
La stella nella spalla . . .	104	0		49	0	2
Quella nei fianchi	105	30		44	30	2
Quella all'inizio della coda .	116	30		51	0	3

[46] ἕλιξ = spirale, perché le principali sette stelle di tale costellazione paiono disposti su una linea di tale forma.

EMISFERO SETTENTRIONALE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
ORSA MAGGIORE, CHE CHIAMANO SPIRALE						
Quella nella zampa sinistra posteriore	117	20	SETTENTRIONALI	46	30	2
Quella che precede delle due nel piede sinistro posteriore	106	0		29	38	3
La seguente	107	30		28	15	3
Quella nella cavità [della gamba] sinistra	115	0		35	15	4
La settentrionale delle due nel piede destro posteriore	123	10		25	50	3
Quella più meridionale . .	123	40		25	0	3
La prima delle tre dopo l'inizio della coda	125	30		53	30	2
Quella di mezzo	131	20		55	40	2
L'ultima al fondo della coda	143	10		54	0	2

27 stelle, di cui: 6 di seconda grandezza, 8 di terza, 8 di quarta, 5 di quinta

LE STELLE FUORI COSTELLAZIONE E VICINE ALLA SPIRALE

La stella a sud della coda .	141	10	SETTENTRIONALI	39	45	3
Quella che la precede, più oscura	133	30		41	20	5
Quella tra i piedi davanti dell'Orsa e la testa del Leone	98	20		17	15	4
La stella più a nord di quest'ultima	96	40		19	10	4
L'ultima delle tre oscure .	99	30		20	0	oscura
Quella che la precede . .	95	30		22	45	oscura
Quella che ancor più la precede	94	30		23	15	oscura
Quella tra i piedi davanti e i Gemelli	100	20		22	15	oscura

8 stelle fuori costellazione, di cui: 1 di terza grandezza, 2 di quarta, 1 di quinta e 4 oscure

EMISFERO SETTENTRIONALE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.	SETTENTRIONALI	Latitud. Gr.	Min.	Grandezza	
DRAGONE							
Quella sulla lingua	200	0		76	30	4	
Quella sulla bocca	215	10		78	30	4	maggiore
Quella sopra l'occhio	216	30		75	40	3	
Quella sulla guancia	229	40		75	20	4	
Quella sopra il capo	233	30		75	30	3	
La più settentrionale nella prima curva del collo	258	40		82	20	4	
Quella più meridionale delle stesse	295	50		78	15	4	
Quella di mezzo	262	10		80	20	4	
Quella che le segue nella seconda curva dall'inizio [del collo]	282	50		81	10	4	
Quella meridionale del lato preced. del quadrilatero	331	20		81	40	4	
Quella settentrionale dello stesso lato	343	50		83	0	4	
Quella settentrionale del lato seguente	1	0		78	50	4	
Quella meridionale dello stesso lato	346	10		77	50	4	
La stella più a sud del triangolo della terza curva	4	0		80	30	4	
Quella che precede le altre due del triangolo	15	0		81	40	5	
Quella che segue	19	30		80	15	5	
[Quella che segue] delle tre nel triangolo precedente	66	20		83	30	4	
La più a sud delle restanti dello stesso triangolo	43	40		83	30	4	
La più a nord delle due di sopra	35	10		84	50	4	
Quella che segue delle due più piccole dal triangolo	200	0		87	30	6	
Quella che di esse precede	195	0		86	50	6	

EMISFERO SETTENTRIONALE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.	SETTENTRIONALI	Latitud. Gr.	Min.	Grandezza	
DRAGONE							
La più a sud delle tre che seguono in linea retta	152	30		81	15	5	
Quella di mezzo	152	50		83	0	5	
Delle stesse, la più a nord	151	0		84	50	3	
La più settentrionale delle due a ovest dopo queste	153	20		78	0	3	
Quella più a sud	156	30		74	40	4	maggiore
Quella a ovest nella curva della coda	156	0		70	0	3	
Quella che precede delle due piuttosto distanti	120	40		64	40	4	
Quella che la segue	124	30		65	30	3	
Quella che segue nella coda	192	30		61	15	3	
Quella al fondo della coda	186	30		56	15	3	

Pertanto 31 stelle, di cui: 8 di terza grandezza, 16 di quarta, 5 di quinta, 2 di sesta

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.	SETTENTRIONALI	Latitud. Gr.	Min.	Grandezza	
CEFEO [47]							
[La stella] sul piede destro	28	40		75	40	4	
Sul piede sinistro	26	20		64	15	4	
Sul lato destro sotto la cintura	0	40		71	10	4	
Quella che è al culmine della spalla destra	340	0		69	0	3	
Quella che tocca l'articolazione destra della coscia	332	40		72	0	4	
Quella che segue e tocca la stessa coscia	333	20		74	0	4	
Quella sul petto	352	0		65	30	5	
Sul braccio sinistro	1	0		62	30	4	maggiore
La più a sud delle tre sulla tiara	339	40		60	15	5	
Quella di mezzo	340	40		61	15	4	
La più a nord delle tre	342	20		61	30	5	

[47] Cefeo, re di Etiopia, marito di Cassiope o Cassiopea, padre di Andromeda che fu salvata e sposata da Perseo: tutti questi personaggi diedero nome a costellazioni.

EMISFERO SETTENTRIONALE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
CEFEO						
11 stelle, di cui: 1 di terza grandezza, 7 di quarta, 3 di quinta						
Delle due fuori costellazione, quella che precede la tiara	337	0	SETT.	64	0	5
Quella che la segue	344	40		59	30	4
BOOTE O ARTOFILACE [48]						
Quella che precede delle tre nella mano sinistra	145	40	SETTENTRIONALI	58	40	5
Quella in mezzo delle tre, più a sud	147	30		58	20	5
Quella che segue delle tre	149	0		60	10	5
Quella nell'articolazione sinistra della coscia	143	0		54	40	5
Sulla spalla sinistra	163	0		49	0	3
Sul capo	170	0		53	50	4 maggiore
Sulla spalla destra	179	0		48	40	4
La più a sud delle due sul vincastro	179	0		53	15	4
Quella più a nord, sulla punta del vincastro	178	20		57	30	4
La più a nord delle due sotto la spalla, nello spiedo	181	0		46	10	4 maggiore
La più a sud delle stesse due	181	50		45	30	5
Sull'estremità della mano destra	181	35		41	20	5
Quella che precede delle due sul palmo	180	0		41	40	5

[48] Artofilace [dal greco ἀρκτοφύλαξ = custode dell'orsa]. « Arctos » era il nome mitologico dell'Orsa maggiore. Originariamente la costellazione fu chiamata Arturo (la cui etimologia fa il termine sinonimo di Artofilace). Più tardi, il nome di Arturo fu dato alla stella più brillante della costellazione. Boote da βοώτης = aratore, bifolco. Colui che guida il « carro », cioè l'Orsa maggiore.

EMISFERO SETTENTRIONALE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
BOOTE O ARTOFILACE						
Quella che la segue	180	20	SETTENTRIONALI	42	30	5
Sull'estremità dell'impugnatura del vincastro	181	0		40	20	5
Nella gamba destra	173	20		40	15	3
Quella che segue delle due sulla cintura	169	0		41	40	4
Quella che precede	168	20		42	10	4 maggiore
Nel calcagno destro	178	40		28	0	3
La più a nord delle tre nella gamba sinistra	164	40		28	0	3
Quella di mezzo delle tre	163	50		26	30	4
La più a sud delle stesse	164	50		25	0	4
22 stelle di cui: 4 nella terza grandezza, 9 nella quarta, 9 nella quinta						
La stella fuori costellazione, tra le gambe, chiamata Arturo	170	20	SETT.	31	30	1
CORONA SETTENTRIONALE						
La stella che brilla nella corona	188	0	SETTENTRIONALI	44	30	2 maggiore
Quella che precede tutte le altre	185	0		46	10	4 maggiore
Quella che segue a nord	185	10		48	0	5
Quella che segue ancora più a nord	193	0		50	30	6
Quella che segue a sud di quella che brilla	191	30		44	45	4
Quella che segue da vicino	190	30		44	50	4
Quella che, dopo queste, segue da lontano	194	40		46	10	4
Quelle che segue tutte nella corona	195	0		49	20	4
8 stelle di cui: 1 di seconda grandezza, 5 della quarta, 1 della quinta, 1 della sesta.						

EMISFERO SETTENTRIONALE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
ENGONASI [49]						
[La stella] sul capo . . .	221	0	SETTENTRIONALI	37	30	3
Nell'ascella destra	207	0		43	0	3
Nel braccio destro	205	0		40	10	3
Sul fianco destro	201	20		37	10	4
Sulla spalla sinistra . . .	220	0		48	0	3
Sul braccio sinistro . . .	225	20		49	30	4 maggiore
Sul fianco sinistro	231	0		42	0	4
[La seguente] delle tre nella palma sinistra	238	50		52	50	4 maggiore
Le più a nord delle altre due	235	0		54	0	4 maggiore
La più a sud	234	50		53	0	4
Sul lato destro	207	10		56	10	3
Sul lato sinistro	213	30		53	30	4
Sulla natica sinistra . . .	213	20		56	10	5
All'inizio della gamba sinistra	214	30		58	30	5
Quella che precede le tre sulla gamba sinistra . .	217	20		59	50	3
Quella che segue in mezzo .	218	40		60	20	4
Quella che segue come terza	219	40		61	15	4
Nel ginocchio sinistro . .	237	10		61	0	4
Sul fondo schiena a sinistra	225	30		69	20	4
Quella che precede le tre sul piede sinistro	188	40		70	15	6
Quella di mezzo	220	10		71	15	6

[49] Dal greco ἐν γόνασιν= [colui che sta] in ginocchio. I romani chiamarono tale costellazione o Engonasi(n) o *Nixus in genibus* o *Geniculatus*. Secondo Avieno, sin dal sec. V a. C. tale costellazione fu anche chiamata « Ercole ».

COSTELLAZIONI SETTENTRIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
ENGONASI						
La seguente delle tre . . .	223	0	SETTENTRIONALI	72	0	6
Al principio della gamba destra	207	0		60	15	4 maggiore
La più a nord della stessa gamba	198	50		63	0	4
Nel ginocchio destro . . .	189	0		65	30	4 maggiore
La più a sud delle due sotto tale ginocchio	186	40		63	40	4
Quella più a nord	183	30		64	15	4
Sulla tibia destra	184	30		60	0	4
Sull'estremo del piede destro: la stessa che è sulla punta del vincastro di Boote	178	20		57	30	4
Eccetto quest'ultima sono 28 stelle: 6 di terza grandezza, 17 di quarta, 2 di quinta e 3 di sesta						
Quella, fuori costellazione, a sud del braccio destro . .	206	0		38	10	5
LIRA						
La stella brillante, chiamata Lira o Fidicula	250	40	SETTENTRIONALI	62	0	1
La stella più a nord delle due adiacenti	253	40		62	40	4 maggiore
Quella che è più a sud . .	253	40		61	0	4 maggiore
La stella al centro dell'inizio delle corna	262	0		60	0	4
La più a nord delle due vicine ad est	265	20		61	20	4
Quella più a sud	265	0		60	20	4
Le più a nord delle due che precedono nella giuntura .	254	20		56	10	3
La più a sud	254	10		55	0	4 minore
La più a nord delle due che seguono nella stessa giuntura	257	30		55	20	3
Quella più a sud	258	20		54	45	4 minore
Delle 10 stelle 1 è di prima grandezza, 2 di terza, 7 di quarta						

COSTELLAZIONI SETTENTRIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
CIGNO O UCCELLO							
Sul becco	267	50	SETTENTRIONALI	49	20	3	
Sul capo	272	20		50	30	5	
A metà del collo	279	20		54	30	4	maggiore
Sul petto	291	50		56	20	3	
[La stella] che brilla sulla coda	302	30		60	0	2	
Sul gomito dell'ala destra	282	40		64	40	3	
La più a sud delle tre sull'ala destra	285	50		69	40	4	
Quella di mezzo	284	30		71	30	4	maggiore
L'ultima delle tre sulla punta dell'ala	310	0		74	0	4	maggiore
Sul gomito dell'ala sinistra	294	10		49	30	3	
In mezzo alla stessa ala	298	10		52	10	4	maggiore
Sulla punta di essa	300	0		74	0	3	
Sul piede sinistro	303	20		55	10	4	maggiore
Sul ginocchio sinistro	307	50		57	0	4	
Quella che precede delle due sul piede destro	294	30		64	0	4	
Quella che segue	296	0		64	30	4	
La stella nebbiosa sul ginocchio destro	305	30		63	45	5	

17 stelle di cui: 1 di seconda grandezza, 5 di terza, 9 di quarta, 2 di quinta

E DUE STELLE FUORI COSTELLAZIONE PRESSO IL CIGNO							
La più a sud delle due sotto l'ala sinistra	306	0	SETT.	49	40	4	
Quella più a nord	307	10		51	40	4	
CASSIOPEA [50]							
Sulla testa	1	10	SETT.	45	20	4	
Sul petto	4	10		46	45	3	maggiore
Sulla cintura	6	20		47	50	4	

[50] Cfr. nota 47.

COSTELLAZIONI SETTENTRIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
CASSIOPEA							
Sulla poltrona, vicino alle cosce	10	0	SETTENTRIONALI	49	0	3	maggiore
Ai ginocchi	13	40		45	30	3	
Sulla gamba	20	20		47	45	4	
Sulla punta del piede	355	0		48	20	4	
Sul braccio sinistro	8	0		44	20	4	
Sul gomito sinistro	7	40		45	0	5	
Sul gomito destro	357	40		50	0	6	
Nel piede della sedia	8	20		52	40	4	
A metà dello schienale	1	10		51	40	3	minore
In cima allo schienale	27	10		51	40	6	

13 stelle di cui: 4 di terza grandezza, 6 di quarta, 1 di quinta, 2 di sesta

PERSEO [51]							
La stella nebbiosa alla punta della mano destra	21	0	SETTENTRIONALI	40	30		nebbiosa
Nel gomito destro	24	30		37	30	4	
Sulla spalla destra	26	0		34	30	4	minore
Sulla spalla sinistra	20	50		32	20	4	
Sul capo, come un fumo	24	0		34	30	4	
Sul dorso	24	50		31	10	4	
Quella che brilla sul lato destro	28	10		30	0	2	
Quella che precede delle tre sullo stesso lato	28	40		27	30	4	
Quella di mezzo	30	20		27	40	4	

[51] La costellazione prende nome dal mitico eroe Perseo, figlio di Giove e di Danae. Sul cavallo alato Pegaso, coi calzari alati di Mercurio e lo scudo di Pallade, volò nel regno di Medusa e le tagliò il capo con la spada ricurva. Nel ritorno liberò Andromeda (cfr. nota 47), legata a uno scoglio perché un mostro marino la divorasse e la sposò. Cfr. Ovidio, *Metamorfosi*, IV, 610 segg.; V, 1 segg.

COSTELLAZIONI SETTENTRIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza
PERSEO						
L'ultima delle tre	31	0	SETTENTRIONALI	27	30	3
Nel gomito sinistro . . .	24	0		27	0	4
Quella che brilla nella mano sinistra e sul capo di Medusa	23	0		23	0	2
Quella che segue nel capo della stessa	22	30		21	0	4
Quella che precede nel medesimo capo	21	0		21	0	4
Quella che precede anche questa	20	10		22	15	4
Nel ginocchio destro . . .	38	10		28	15	4
Quella che la precede nel ginocchio	37	10		28	10	4
Quella che precede delle due sul ventre	35	40		25	10	4
Quella che segue	37	20		26	15	4
Sull'anca destra	37	30		24	30	5
Sul polpaccio destro . . .	39	40		28	45	5
Sulla coscia sinistra . . .	30	10		21	40	4 maggiore
Sul ginocchio sinistro . .	32	0		19	50	3
Sulla gamba sinistra . . .	31	40		14	45	3 maggiore
Nel calcagno sinistro . . .	24	30		12	0	3 minore
Sulla punta della parte sinistra del piede	29	40		11	0	3 maggiore

26 stelle di cui: 2 di seconda grandezza, 5 di terza, 16 di quarta, 2 di quinta e 1 nebbiosa

FUORI COSTELLAZIONE, VICINO A PERSEO						
Quella ad est del ginocchio sinistro	34	10	SETT.	31	0	5
La stella a nord del ginocchio destro	38	20		31	0	5
Quella che precede la testa di Medusa	18	0		20	40	oscura

Delle tre stelle due sono di quinta grandezza ed una è oscura

COSTELLAZIONI SETTENTRIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza
ENIOCO [52] O AURIGA						
La più a sud delle due sul capo	55	50	SETTENTRIONALI	30	0	4
Quella più a nord	55	40		30	50	4
La stella brillante sulla spalla sinistra, chiamata la Capra	78	20		22	30	1
Sulla spalla destra	56	10		20	0	2
Nel gomito destro	54	30		15	15	4
Sulla palma della mano destra	56	10		13	30	4 maggiore
Nel gomito sinistro . . .	45	20		20	40	4 maggiore
Quella che precede dei Capretti	45	30		18	0	4 minore
La stella sul palmo della mano sinistra, che è quella che segue dei Capretti . .	46	30		18	0	4 maggiore
Sul polpaccio sinistro . .	53	10		10	10	3 minore
Sul polpaccio destro, e sulla punta del corno nord del Toro	49	0		5	0	3 maggiore
Sulla caviglia	49	20		8	30	5
Sulla natica	49	40		12	20	5
La piccola stella sul piede sinistro	24	0		10	20	6

14 stelle, di cui: 1 di prima grandezza, 1 di seconda, 2 di terza, 7 di quarta, 2 di quinta e 1 di sesta

OFIUCO O SERPENTARIO						
Sul capo	228	10	SETT.	36	0	3
Quella che precede delle due sulla spalla destra . . .	231	20		27	15	4 maggiore
Quella che segue	232	20		26	45	4

[52] Dal greco ἡνιοχεύς (oppure ἡνίοχος) = guidatore, auriga.

COSTELLAZIONI SETTENTRIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
OFIUCO O SERPENTARIO							
Quella che precede delle due sulla spalla sinistra	216	40	SETTENTRIONALI	33	0	4	
Quella che segue	218	0		31	50	4	
Sul gomito destro	211	40		34	30	4	
Quella che precede sulla mano sinistra	208	20		17	0	4	
Quella che segue	209	20		12	30	3	
Sul gomito destro	220	0		15	0	4	
Quella che precede sulla mano destra	205	40		18	40	4	minore
Quella che segue	207	40		14	20	4	
Sul ginocchio destro	224	30		4	30	3	
Sulla tibia destra	227	0	Sett.	2	15	3	maggiore
Quella che precede delle quattro sul piede destro	226	20	Mer.	2	15	4	maggiore
Quella che segue	227	40	Mer.	1	30	4	maggiore
Quella che ancora segue	228	20	Mer.	0	20	4	maggiore
L'ultima che segue	229	10	Mer.	0	45	5	maggiore
La stella che tocca il calcagno	229	30	Mer.	1	0	5	
Sul ginocchio sinistro	215	30	Sett.	11	50	3	
La più a nord delle tre in linea retta sulla gamba sinistra	215	0	Sett.	5	20	5	maggiore
Quella di mezzo tra esse	214	0	Sett.	3	10	5	
La più a sud delle tre	213	10	Sett.	1	40	5	maggiore
Nel calcagno sinistro	215	40	Sett.	0	40	5	
Quella che tocca la parte interna del piede sinistro	214	0	Mer.	0	45	4	
24 stelle, di cui: 5 di terza grandezza, 13 di quarta, 6 di quinta							
FUORI COSTELLAZIONE, PRESSO L'OFIUCO							
La più a nord delle tre stelle da est verso la spalla destra	235	20	SETT.	28	10	4	
Quella di mezzo	236	0		26	20	4	
La più a sud delle tre	233	40		25	0	4	

COSTELLAZIONI SETTENTRIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
FUORI COSTELLAZIONE, PRESSO L'OFIUCO							
Ancora quella che segue le tre	237	0	SETT.	27	0	4	
Una stella a nord, staccata dalle quattro	238	0		33	0	4	
Dunque, 5 stelle fuori costellazione, tutte di quarta grandezza							
SERPENTE DELL'OFIUCO							
Nel quadrilatero, la stella sulla guancia	192	10	SETTENTRIONALI	38	0	4	
Quella che tocca le narici	201	0		40	0	4	
Sulla tempia	197	40		35	0	3	
Al principio del collo	195	20		34	15	3	
In mezzo del quadrilatero, sulla bocca	194	40		37	15	4	
A nord del capo	201	30		42	30	4	
Nella prima curva del collo	195	0		29	15	3	
La più a nord delle tre che seguono	198	10		26	30	4	
Quella di mezzo	197	40		25	20	3	
La più a sud delle tre	199	40		24	0	3	
Quella che precede delle due nella sinistra del Serpentario	202	0		16	30	4	
Quella che la segue nella stessa mano	211	30		16	15	5	
Quella dopo la coscia destra	227	0		10	30	4	
La più a sud delle due che seguono	230	20		8	30	4	maggiore
Quella più a nord	231	10		10	30	4	
Quella dietro la mano destra nell'inflessione della coda	237	0		20	0	4	
Quella che segue nella coda	242	0		21	10	4	maggiore
Sulla punta della coda	251	40		27	0	4	
Stelle 18, delle quali: 5 di terza grandezza, 12 di quarta e una di quinta							

COSTELLAZIONI SETTENTRIONALI

SAETTA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
Sulla punta	273	30	SETTENTR.	39	20	4	
Quella che segue delle tre sull'asta	270	0		39	10	6	
Quella di mezzo delle tre	269	10		39	50	5	
Quella che precede delle tre	268	0		39	0	5	
Nella cocca	266	40		38	45	5	

5 stelle, delle quali: 1 di quarta grandezza, 3 di quinta, 1 di sesta

AQUILA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
Nel mezzo della testa	270	30	SETTENTRIONALI	26	50	4	
Sul collo	268	10		27	10	3	
La stella che brilla tra le scapole, chiamata Aquila	267	10		29	10	2	maggiore
Quella più a nord, vicina a questa	268	0		30	0	3	minore
Quella che precede sulla spalla sinistra	266	30		31	30	3	
Quella che segue	269	20		31	30	5	
Quella che precede sulla spalla destra	263	0		28	40	5	
Quella che segue	264	30		26	40	5	maggiore
Quella sulla coda, che tocca la via lattea	255	30		26	30	3	

Nove stelle, di cui: 1 di seconda grandezza, 4 di terza, 1 di quarta, 3 di quinta

FUORI COSTELLAZIONE VICINO ALL'AQUILA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
Quella che precede a sud del capo	272	0	SETTENTRIONALI	21	40	3	
Quella che segue	272	10		29	10	3	
Dalla spalla destra verso il vento Affrico (sud-ovest)	259	20		25	0	4	maggiore
A sud	261	30		20	0	3	
Ancora più a sud	263	0		15	30	5	
Quella che le precede tutte	254	30		18	10	3	

6 stelle fuori costellazione, di cui: 4 di terza grandezza, 1 di quarta e 1 di quinta

COSTELLAZIONI SETTENTRIONALI

DELFINO

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
La stella che precede delle tre nella coda	281	0	SETTENTRIONALI	29	10	3	minore
La più a nord delle altre due	282	0		29	0	4	minore
La più a sud	282	0		26	40	4	
La più a sud del lato precedente nel romboide	281	50		32	0	3	minore
Quella a nord dello stesso lato	283	30		33	50	3	minore
Quella a sud del lato seguente	284	40		32	0	3	minore
Quella a nord dello stesso lato	286	50		33	10	3	minore
Quella più a sud delle tre tra coda e rombo	280	50		34	15	6	
Quella che precede a nord delle altre	280	50		31	50	6	
Quella che segue	282	20		31	30	6	

10 stelle: 5 di terza grandezza, 2 di quarta, 3 di sesta

SEZIONE DI CAVALLO

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
Quella che precede delle due nella testa	289	40	SETTENTR.	20	30		oscura
Quella che segue	292	20		20	40		oscura
Quella che precede delle due sulla bocca	289	40		25	30		oscura
Quella che segue	291	0		25	0		oscura

Quattro stelle tutte oscure

CAVALLO ALATO O PEGASO[53]

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
Nelle fauci spalancate	298	40	SETT.	21	30	3	maggiore
La stella a nord delle due vicine nel capo	302	40		16	50	3	
Quella più a sud	301	20		16	0	4	

[53] Destriero alato, nato dal sangue di Medusa, il quale con un calcio fece scaturire la fonte d'Ippocrene, che ispirava al canto e alla poesia. Bellerofonte col suo aiuto sostenne vittoriosamente la lotta contro la Chimera, e cercò quindi con esso di salire al cielo. Ma il cavallo lo gettò a terra e proseguì il suo volo. Cfr. Ovidio, *Metamorfosi*, IV, 786; V, 262.

COSTELLAZIONI SETTENTRIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
CAVALLO ALATO O PEGASO							
La più a sud delle due sulla criniera	314	40	SETTENTRIONALI	15	0	5	
Quella più a nord	313	50		16	0	5	
Quella che precede delle due sul collo	312	10		18	0	3	
Quella che segue	313	50		19	0	4	
Sul garretto sinistro	305	40		36	30	4	maggiore
Sul ginocchio sinistro	311	0		34	15	4	maggiore
Sul garretto destro	317	0		41	10	4	maggiore
Quella che precede delle due stelle vicine sul petto	319	30		29	0	4	
Quella che segue	320	20		29	30	4	
La più a nord delle due sul ginocchio destro	322	20		35	0	3	
Quella più a sud	321	50		24	30	5	
Quella a nord delle due sul corpo sotto l'ala	327	50		25	40	4	
Quella più a sud	328	20		25	0	4	
Sulle scapole e dove s'attacca l'ala	350	0		19	40	2	minore
Sulla spalla destra e all'inizio della gamba	325	30		31	0	2	minore
Sulla punta dell'ala	335	30		12	30	2	minore
Nell'ombelico, comune anche al capo di Andromeda	341	10		26	0	2	minore
Venti stelle, cioè: 4 di seconda grandezza, 4 di terza, 9 di quarta, 3 di quinta							
ANDROMEDA [54]							
[La stella] tra le scapole	348	40	SETTENTR.	24	30	3	
Sulla spalla destra	349	40		27	0	4	
Sulla spalla sinistra	347	40		23	0	4	
La più a sud delle tre nel braccio destro	347	0		32	0	4	
Quella più a nord	348	0		33	30	4	

[54] Cfr. note 47 e 51.

COSTELLAZIONI SETTENTRIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
ANDROMEDA							
Quella in mezzo delle tre	348	20	SETTENTRIONALI	32	20	5	
La più a sud delle tre in punta alla mano destra	343	0		41	0	4	
Quella di mezzo	344	0		42	0	4	
La stella a nord delle tre	345	30		44	0	4	
Sul braccio sinistro	347	30		17	30	4	
Sul gomito sinistro	349	0		15	50	3	
Quella a sud delle tre sulla cintura	357	10		25	20	3	
Quella di mezzo	355	10		30	0	3	
La settentrionale delle tre	355	20		32	30	3	
Sul piede sinistro	10	10		23	0	3	
Sul piede destro	10	30		37	20	4	maggiore
La più a sud da queste	8	30		35	20	4	maggiore
Quella a nord delle due sotto il poplite	5	40		29	0	4	
Quella a sud	5	20		28	0	4	
Sul ginocchio destro	5	30		35	30	5	
La più a nord delle due sullo strascico	6	0		34	30	5	
Quella a sud	7	30		32	30	5	
Quella fuori costellazione e davanti alla mano destra	5	0		44	0	3	
23 stelle, e cioè: 7 di terza grandezza, 12 di quarta, 4 di quinta							
TRIANGOLO							
Sulla punta del triangolo	4	20	SETT.	16	30	3	
Quella che precede delle tre sulla base	9	20		20	40	3	
Quella di mezzo	9	30		20	20	4	
Quella che segue delle tre	10	10		19	0	3	
4 stelle di cui: 3 di terza grandezza e una della quarta							

Pertanto, nell'emisfero settentrionale le stelle sono in tutto 360: 3 di prima grandezza, 18 di seconda, 81 di terza, 177 di quarta, 58 di quinta, 13 di sesta, 1 nebbiosa e nove oscure.

[CATALOGO] DELLE STELLE CHE SONO NEL MEZZO E INTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza	
ARIETE							
Quella che precede delle due sul corno ed è prima di tutte	0	0	Sett.	7	20	3	minore
Quella che segue sul corno	1	0	Sett.	8	20	3	
La più a nord delle due nelle fauci	4	20	Sett.	7	40	5	
Quella più a sud	4	50	Sett.	6	0	5	
Sulla cervice	9	50	Sett.	5	30	5	
Sui fianchi	10	50	Sett.	6	0	6	
Quella al principio della coda	14	40	Sett.	4	50	5	
Quella che precede delle 3 nella coda	17	10	Sett.	1	40	4	
[La stella] di mezzo . . .	18	40	Sett.	2	30	4	
Quella che segue delle tre .	20	20	Sett.	1	50	4	
Nell'anca	13	0	Sett.	1	10	5	
Sul poplite	11	20	Mer.	1	30	5	
Sulla punta del piede posteriore	8	10	Mer.	5	15	4	maggiore
Stelle 13 di cui: 2 di terza grandezza, 4 di quarta, 6 di quinta, 1 di sesta							
FUORI COSTELLAZIONE VICINO ALL'ARIETE							
Quella brillante al di sopra del capo	3	50	Sett.	10	0	3	maggiore
La più settentrionale sopra il dorso	15	0	Sett.	10	10	4	
Quella a nord delle rimanenti piccole stelle . . .	14	40	Sett.	12	40	5	
Quella di mezzo	13	0	Sett.	10	40	5	
Quella meridionale di esse .	12	30	Sett.	10	40	5	
Stelle 5 di cui: 1 di terza grandezza, 1 di quarta, 3 di quinta							

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza	
TORO							
La più a nord delle quattro in sezione	19	40	Mer.	6	0	4	
La seconda dopo questa .	19	20	Mer.	7	15	4	
La terza	18	0	Mer.	8	30	4	
La quarta che è più a sud .	17	50	Mer.	9	15	4	
Nella spalla destra	23	0	Mer.	9	30	5	
Sul petto	27	0	Mer.	8	0	3	
Nel ginocchio destro . . .	30	0	Mer.	12	40	4	
Nel garretto destro	26	20	Mer.	14	50	4	
Nel ginocchio sinistro . .	35	30	Mer.	10	0	4	
Nel garretto sinistro . . .	36	20	Mer.	13	30	4	
Delle cinque, chiamate Iadi [55], che sono sul muso, quella sulle narici . . .	32	0	Mer.	5	45	3	minore
La stella tra questa e l'occhio a nord	33	40	Mer.	4	15	3	minore
La stella tra la stessa e l'occhio a sud	34	10	Mer.	0	50	3	minore
La stella in quest'occhio, che brilla ed è detta Palilicio [56] dai Romani . . .	36	0	Mer.	5	10	1	
Nell'occhio a nord	35	10	Mer.	3	0	3	minore
Quella tra la base del corno sud e l'orecchio	40	30	Mer.	4	0	4	
La più a sud delle due su quel corno	43	40	Mer.	5	0	4	

[55] Dal greco Ὑάδες (lat. *Hyades*), le stelle che formano la testa nella costellazione del Toro, ed il cui levarsi dal 7 al 21 maggio era generalmente indizio di pioggia. Copernico dà anche il nome latino: «Succulae»; già Cicerone (*De nat. deorum*, II, 43) faceva notare come tale nome venisse da una errata traduzione dal greco, poiché si faceva l'etimologia di Ὑάδες da ὗς = *sus* = porco, anziché da ὕειν = *pluere* = piovere.

[56] Perché scompariva (con le altre Iadi) nel crepuscolo della sera durante la festa di Pale (= *Palilia*), celebrata il 21 aprile, anniversario della fondazione di Roma. Compiuto il sacrificio, si accendevano file di falò di paglia o fieno, e vi si facevano passare gli armenti, con i pastori che venivano dietro saltando.

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza	
TORO							
Quella più a nord	43	20	Mer.	3	30	5	
Sulla punta dello stesso corno	50	30	Mer.	2	30	3	
Quella alla base del corno a nord	49	0	Mer.	4	0	4	Venere apogea 48. 20
Sulla punta di tale corno, la stessa che è nel piede destro dell'Auriga	49	0	Sett.	5	0	3	
La più a nord delle due sull'orecchio nord	35	20	Sett.	4	30	5	
Quella a sud di tali stelle .	35	0	Sett.	4	0	5	
Quella che precede sulle due piccole nella cervice . .	30	20	Sett.	0	40	5	
Quella che segue	32	20	Sett.	1	0	6	
Quella a sud delle precedenti del quadrilatero sul collo .	31	20	Sett.	5	0	5	
Quella a nord dello stesso lato	32	10	Sett.	7	10	5	
Quella a sud del lato seguente	35	20	Sett.	3	0	5	
Quella a nord di tale lato .	35	0	Sett.	5	0	5	
Il termine a nord del lato precedente delle Pleiadi, Vergilie [57]	25	30	Sett.	4	30	5	
Il termine a sud dello stesso lato	25	50	Sett.	4	40	5	
Il termine brevissimo del lato seguente delle Pleiadi	27	0	Sett.	5	20	5	
La piccola delle Pleiadi, staccata dai termini . .	26	0	Sett.	3	0	5	

32 stelle, eccetto quella sulla punta del corno nord:
1 di prima grandezza, 6 di terza, 11 di quarta, 13 di quinta, una di sesta

[57] « Vergiliae » era il nome latino delle Pleiadi (forse dal verbo « vergere » = declinare): sono le stelle che sorgono alla fine della primavera. Le Pleiadi, secondo la mitologia, erano sette figlie di Atlante e di Pleione: Elettra, Alcione, Celeno, Maia, Sterope, Taigete, Merope.

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza
FUORI COSTELLAZIONE, VICINO AL TORO						
Tra i piedi e sotto il fianco	18	20	Mer.	17	30	4
Quella che precede delle tre attorno al corno sud . .	43	20	Mer.	2	0	5
Quella di mezzo	47	20	Mer.	1	45	5
Quella che segue	49	20	Mer.	2	0	5
Quella a nord sotto la punta di tale corno	52	20	Mer.	6	20	5
Quella a sud	52	20	Mer.	7	40	5
Quella che precede delle 5 sotto il corno nord . . .	50	20	Sett.	2	40	5
La seconda, che segue . .	52	20	Sett.	1	0	5
La terza, che segue . . .	54	20	Sett.	1	20	5
Quella a nord delle restanti due	55	40	Sett.	3	20	5
Quella a sud	56	40	Sett.	1	15	5

11 stelle fuori costellazione: 1 di quarta grandezza, 10 di quinta

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza
GEMELLI [58]						
Sulla testa del Gemello che precede, Castore	76	40	Sett.	9	30	2
La stella gialliccia sulla testa del Gemello che segue, Polluce	79	50	Sett.	6	15	2
Nel gomito sinistro del Gemello che precede . . .	70	0	Sett.	10	0	4
Nel medesimo braccio . .	72	0	Sett.	7	20	4
Nelle scapole dello stesso Gemello	75	20	Sett.	5	30	4
Nella spalla destra del medesimo	77	20	Sett.	4	50	4

[58] I Gemelli per la mitologia sono Castore e Polluce, figli del re spartano Tindaro [o di Giove] e di Leda, fratelli di Elena. Castore fu domatore di cavalli e Polluce, oltre che come cavaliere, fu celebre come pugile o lottatore col cesto. La costellazione dei Gemelli serve di guida ai naviganti.

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza	
GEMELLI							
Nella spalla sinistra del Gemello che segue	80	0	Sett.	2	40	4	
Sul fianco destro del Gemello che precede	75	0	Sett.	2	40	5	
Sul fianco sinistro del Gemello che segue	76	30	Sett.	3	0	5	
Nel ginocchio sinistro del Gemello che precede	66	30	Sett.	1	30	3	
Nel ginocchio sinistro di quello che segue	71	35	Mer.	2	30	3	
Nell'inguine sinistro del medesimo	75	0	Mer.	0	30	3	
Nell'inguine destro del medesimo	74	40	Mer.	0	40	3	
La stella che precede nel piede del Gemello che precede	60	0	Mer.	1	30	4	maggiore
Quella che segue nello stesso piede	61	30	Mer.	1	15	4	
Sulla punta del piede del Gemello che precede	63	30	Mer.	3	30	4	
Sul sommo del piede del seguente	65	20	Mer.	7	30	3	
Sulla parte più bassa dello stesso piede	68	0	Mer.	10	30	4	
18 stelle, di cui: 2 di seconda grandezza, 5 di terza, 9 di quarta, 2 di quinta							
FUORI COSTELLAZIONE VICINO AI GEMELLI							
La stella che precede alla sommità del piede del Gemello che precede	57	30	Mer.	0	40	4	
Quella che luccica davanti al ginocchio dello stesso	59	50	Sett.	5	50	4	maggiore
Quella che precede il ginocchio sinistro del Gemello che segue	68	30	Mer.	2	15	5	

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza	
FUORI COSTELLAZIONE VICINO AI GEMELLI							
La stella a nord delle tre che seguono la mano destra del Gemello che segue	81	40	Mer.	1	20	5	
Quella di mezzo	79	40	Mer.	3	20	5	
Quella a sud delle tre, che è vicina al braccio destro	79	20	Mer.	4	30	5	
La stella brillante che segue le tre	84	0	Mer.	2	40	4	
7 stelle fuori costellazione: 3 di quarta grandezza, 4 di quinta							
CANCRO [59]							
La stella nebbiosa in mezzo al petto, chiamata Presepe	93	40	Sett.	0	40		nebbiosa
Quella a nord delle due precedenti del quadrilatero	91	0	Sett.	1	15	4	minore
Quella a sud	91	20	Mer.	1	10	4	minore
Quella a nord delle due seguenti, chiamate Asini	93	40	Sett.	2	40	4	maggiore
L'Asino meridionale	94	40	Mer.	0	10	4	maggiore
Sulla chele o braccio a sud	99	50	Mer.	5	30	4	
Nella chele a nord	91	40	Sett.	11	50	4	
All'estremità del piede nord	86	0	Sett.	1	0	5	
All'estremità del piede sud	90	30	Mer.	7	30	4	maggiore
Di nove stelle, 7 di quarta grandezza, 1 di quinta, una nebbiosa							
FUORI COSTELLAZIONE VICINO AL CANCRO							
Sopra il gomito della chele a sud	103	0	Mer.	2	40	4	minore
Quella che segue dall'estremo della stessa chele	105	0	Mer.	5	40	4	minore
Quella che precede delle due sulla nebbiosa	97	20	Sett.	4	50	5	
Quella che la segue	100	20	Sett.	7	15	5	
Di quattro stelle fuori costellazione: 2 di quarta grandezza, 2 di quinta							

[59] Dal greco καρκίνος = granchio, gambero.

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
LEONE							
[La stella] sulle narici . .	101	40	Sett.	10	0	4	
Quella nelle fauci	104	30	Sett.	7	30	4	
Quella a nord delle due sul capo	107	40	Sett.	12	0	3	
Quella a sud	107	30	Sett.	9	30	3	maggiore
La stella a nord delle tre sulla cervice	113	30	Sett.	11	0	3	Apogeo di Marte 109. 50.
Quella di mezzo	115	30	Sett.	8	30	2	
Quella a sud delle tre . .	114	0	Sett.	4	30	3	
Quella sul cuore, che chiamano Basilisco o Regolo .	115	50	Mer.	0	10	1	
Quella a sud delle due sul petto	116	50	Mer.	1	50	4	
La stella che precede un po' quella sul cuore	113	20	Mer.	0	15	5	
Sul ginocchio destro davanti	110	40	0	0	0	5	
Nella zampa destra . . .	117	30	Mer.	3	40	6	
Nel ginocchio sinistro davanti	122	30	Mer.	4	10	4	
Nella zampa sinistra . . .	115	50	Mer.	4	15	4	
Nell'ascella sinistra	122	30	Mer.	0	10	4	
Quella che precede delle tre nel ventre	120	20	Sett.	4	0	6	
Quella a nord delle due che seguono	126	20	Sett.	5	20	6	
Quella a sud	125	40	Sett.	2	20	6	
Quella che precede delle due nei lombi	124	40	Sett.	12	15	5	
Quella che segue	127	30	Sett.	13	40	2	
Quella a nord delle due sulla natica	127	40	Sett.	11	30	5	
Quella a sud	129	40	Sett.	9	40	3	
Nella coscia posteriore . .	133	40	Sett.	5	50	3	
Nella piegatura [della gamba]	135	0	Sett.	1	15	4	
Nel ginocchio posteriore .	135	0	Mer.	0	50	4	

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
LEONE							
Sul piede posteriore . . .	134	0	Mer.	3	0	5	
Sulla punta della coda . .	137	50	Sett.	11	50	1	minore
Di 27 stelle: 2 di prima grandezza, 2 di seconda, 6 di terza, 8 di quarta, 5 di quinta, 4 di sesta							
FUORI COSTELLAZIONE VICINO AL LEONE							
Quella che precede delle due sopra il dorso	119	20	Sett.	13	20	5	
Quella che segue	121	30	Sett.	15	30	5	
Quella a nord delle tre sotto il ventre	129	50	Sett.	1	10	4	minore
Quella di mezzo	130	30	Mer.	0	30	5	
Quella a sud delle tre . .	132	20	Mer.	2	40	5	
La stella più a nord dell'attorcigliarsi nebbioso tra gli estremi del Leone e dell'Orsa, chiamato Chioma di Berenice[60]	138	10	Sett.	30	0		luminosa
Quella che precede delle due a sud	133	50	Sett.	25	0		oscura
Quella che segue, con figura di foglia d'edera	141	50	Sett.	25	30		oscura
Di 8 stelle fuori costellazione: 1 di quarta grandezza, 4 di quinta, una luminosa, 2 oscure							
VERGINE							
Quella a sud che precede delle due sul sommo della testa	139	40	Sett.	4	15	5	
Quella a nord che segue .	140	20	Sett.	5	40	5	
Quella a nord delle due sul volto	144	0	Sett.	8	0	5	

[60] Berenice, moglie del re Tolomeo Euergete, famosa per la bella chioma (*Berenices crinis*): questa fu posta dagli antichi tra le costellazioni (cfr. nota 63).

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza	
VERGINE							
Quella a sud	143	30	Sett.	5	30	5	
Sulla punta dell'ala sinistra e meridionale	142	20	Sett.	6	0	3	
Quella che precede delle quattro stelle sull'ala sinistra	151	35	Sett.	1	10	3	
La seconda di essa che segue	156	30	Sett.	2	50	3	
La terza	160	30	Sett.	2	50	5	
L'ultima che segue delle quattro	164	20	Sett.	1	40	4	
Sul lato destro sotto la cintura	157	40	Sett.	8	30	3	
Quella che precede delle tre sull'ala destra e nord	151	30	Sett.	13	50	5	
Quella a sud delle altre due	153	30	Sett.	11	40	6	Apogeo di Giove 154. 20
Quella di esse che è a nord e detta Vendemmiatore	155	30	Sett.	15	10	3	maggiore
Nella mano sinistra e detta Spiga	170	0	Mer.	2	0	1	
Sotto la cintura e sulla natica destra	168	10	Sett.	8	40	3	
La stella a nord di quelle che precedono del quadrilatero sulla coscia sinistra	169	40	Sett.	2	20	5	
Quella a sud	170	20	Sett.	0	10	6	
Quella a nord delle due che seguono	173	20	Sett.	1	30	4	
Quella a sud	171	20	Sett.	0	20	5	
Sul ginocchio sinistro	175	0	Sett.	1	30	5	
Sulla parte dietro della coscia destra	171	20	Sett.	8	30	5	
Quella di mezzo sullo strascico	180	0	Sett.	7	30	4	
Quella a sud	180	40	Sett.	2	40	4	
Quella a nord	181	40	Sett.	11	40	4	

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza	
VERGINE							
Sul piede sinistro e meridionale	183	20	Sett.	0	30	4	Apogeo di Mercurio 183. 20
Sul piede destro e settentrionale	186	0	Sett.	9	50	3	
Delle 26 stelle: 1 di prima grandezza, 6 di terza, 6 di quarta, 11 di quinta, 2 di sesta							
FUORI COSTELLAZIONE VICINO ALLA VERGINE							
Quella che precede delle tre in linea retta sotto il braccio sinistro	158	0	Mer.	3	30	5	
Quella di mezzo	162	20	Mer.	3	30	5	
Quella che segue	165	35	Mer.	3	20	5	
La stella che precede delle tre in linea retta sotto la Spiga	170	30	Mer.	7	20	6	
Quella di mezzo, che è anche doppia	171	30	Mer.	8	20	5	
Quella che segue delle tre	173	20	Mer.	7	50	6	
Delle 6 stelle fuori costellazione: 4 di quinta grandezza, 2 di sesta							
BILANCIA [61]							
Quella che brilla delle due sulla punta della chele a sud	191	20	Sett.	0	40	2	maggiore
La più oscura a nord	190	20	Sett.	2	30	5	
Quella che brilla delle due sulla punta della chele a nord	195	30	Sett.	8	30	2	
Quella più oscura che la precede	191	0	Sett.	8	30	5	
Nel mezzo della chele a sud	197	20	Sett.	1	40	4	
Quella che precede nella stessa chele	194	40	Sett.	1	15	4	

[61] In latino: *Chelae*; il termine indica propriamente le chele o forbici dello scorpione, e, per metonimia, la costellazione della Bilancia o Libbra.

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
BILANCIA							
Nel mezzo della chele a nord	200	50	Sett.	3	45	4	
Quella che segue nella stessa chele	206	20	Sett.	4	30	4	
Otto stelle di cui: 2 di seconda grandezza, 4 di quarta, due di quinta							
FUORI COSTELLAZIONE VICINO ALLA BILANCIA							
Quella che precede delle tre a nord della chele nord .	199	30	Sett.	9	0	5	
Quella a sud delle due che seguono	207	0	Sett.	6	40	4	
Quella a nord delle stesse due	207	40	Sett.	9	15	4	
Quella che segue delle tre tra le chele	205	50	Sett.	5	30	6	
Quella a nord delle altre due che precedono	203	40	Sett.	2	0	4	
Quella a sud	204	30	Sett.	1	30	5	
Quella che precede delle tre sotto la chele a sud . .	196	20	Mer.	7	30	3	
Quella a nord delle due che seguono	204	30	Mer.	8	10	4	
Quella a sud	205	20	Mer.	9	40	4	
Di 9 stelle fuori costellazione: 1 di terza grandezza, 5 di quarta due di quinta, una di sesta							
SCORPIONE							
Quella a nord delle tre brillanti in fronte	209	40	Sett.	1	20	3	maggiore
Quella di mezzo	209	0	Mer.	1	40	3	
Quella a sud delle tre . .	209	0	Mer.	5	0	3	
Quella più a sud e nel piede	209	20	Mer.	7	50	3	
Quella fulgente a nord delle due congiunte	210	20	Sett.	1	40	4	
Quella a sud	210	40	Sett.	0	30	4	

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
SCORPIONE							
Quella che precede delle tre brillanti nel corpo . . .	214	0	Mer.	3	45	3	
Quella di mezzo, rutilante, detta Antares	216	0	Mer.	4	0	2	maggiore
Quella che segue delle tre .	217	50	Mer.	5	30	3	
Quella che precede delle due alla fine dell'acetabulo .	212	40	Mer.	6	10	5	
Quella che segue	213	50	Mer.	6	40	5	
Nel primo segmento del corpo	221	50	Mer.	11	0	3	
Nel secondo segmento . .	222	10	Mer.	15	0	4	
Quella a nord della stella duplice nel terzo	223	20	Mer.	18	40	4	Apogeo di Saturno 226. 30.
Quella a sud della duplice .	223	30	Mer.	18	0	3	
Nel quarto segmento . . .	226	30	Mer.	19	30	3	
Nel quinto	231	30	Mer.	18	50	3	
Nel sesto segmento . . .	233	50	Mer.	16	40	3	
Nel settimo, vicina all'aculeo	232	20	Mer.	15	10	3	
Quella che segue delle due nell'aculeo	230	50	Mer.	13	20	3	
Quella che precede	230	20	Mer.	13	30	4	
21 stelle di cui: 1 di seconda grandezza, 13 di terza, 5 di quarta, 2 di quinta							
FUORI COSTELLAZIONE VICINO ALLO SCORPIONE							
La stella nebbiosa che segue l'aculeo	234	30	Mer.	13	15		nebbiosa
Quella che precede delle due a nord dell'aculeo . . .	228	50	Mer.	6	10	5	
Quella che segue	232	50	Mer.	4	10	5	
Delle tre stelle fuori costellazione: 2 di quinta grandezza e una nebbiosa							
SAGITTARIO							
Sulla punta della freccia .	237	50	Mer.	6	30	3	
Nell'impugnatura della mano sinistra	241	0	Mer.	6	30	3	
Nella parte sud dell'arco .	241	20	Mer.	10	50	3	

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
SAGITTARIO							
La più a sud delle due nella parte a nord	242	20	Mer.	1	30	3	
La più a nord nell'estremo dell'arco	240	0	Sett.	2	50	4	
Sulla spalla sinistra . . .	248	40	Mer.	3	10	3	
Quella che la precede nel dardo	246	20	Mer.	3	50	4	
Quella duplice nebbiosa nell'occhio	248	30	Sett.	0	45		nebbiosa
Quella che precede delle tre sul capo	249	0	Sett.	2	10	4	
Quella di mezzo	251	0	Sett.	1	30	4	maggiore
Quella che segue	252	30	Sett.	2	0	4	
La più a sud delle tre nel punto di contatto a nord	254	40	Sett.	2	50	4	
Quella di mezzo	255	40	Sett.	4	30	4	
Quella a nord delle tre . .	256	10	Sett.	6	30	4	
La stella oscura, che segue le tre	259	0	Sett.	5	30	6	
Quella a nord delle due nel punto di contatto sud . .	262	50	Sett.	5	50	5	
La stella a sud	261	0	Sett.	2	0	6	
Sulla spalla destra	255	40	Mer.	1	50	5	
Sul gomito destro	258	10	Mer.	2	50	5	
Sulle scapole	253	20	Mer.	2	30	5	
Sull'omero	251	0	Mer.	4	30	4	maggiore
Sotto l'ascella	249	40	Mer.	6	45	3	
Nel garretto sinistro davanti	251	0	Mer.	23	0	2	
Nel ginocchio della stessa gamba	250	20	Mer.	18	0	2	
Nel garretto destro davanti	240	0	Mer.	13	0	3	
Sulla scapola sinistra . . .	260	40	Mer.	13	30	3	
Nel ginocchio anteriore destro	260	0	Mer.	20	10	3	

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
SAGITTARIO							
La stella che precede del lato nord delle quattro al principio della coda . . .	261	0	Mer.	4	50	5	
Quella seguente dello stesso lato	261	10	Mer.	4	50	5	
Quella che precede del lato sud	261	50	Mer.	5	50	5	
Quella seguente dello stesso lato	263	0	Mer.	6	30	5	

31 stelle, di cui: 2 di seconda grandezza, 9 di terza, 9 di quarta, 8 di quinta, 2 di sesta e una nebbiosa

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
CAPRICORNO							
Quella a nord delle tre nel corno che precede . . .	270	40	Sett.	7	30	3	
Quella di mezzo	271	0	Sett.	6	40	6	
Quella a sud delle tre . .	270	40	Sett.	5	0	3	
Sulla punta del corno seguente	272	20	Sett.	8	0	6	
Quella a sud delle tre nelle fauci aperte	272	20	Sett.	0	45	6	
Quella che precede delle altre due	272	0	Sett.	1	45	6	
Quella che segue	272	10	Sett.	1	30	6	
Sotto l'occhio destro . . .	270	30	Sett.	0	40	5	
Quella a nord delle due nella cervice	275	0	Sett.	4	50	6	
Quella a sud	275	10	Mer.	0	50	5	
Nel ginocchio destro . . .	274	10	Mer.	6	30	4	
Nel ginocchio sinistro che è piegato	275	0	Mer.	8	40	4	
Sulla spalla sinistra . . .	280	0	Mer.	7	40	4	
Quella precedente delle due vicine sotto la pancia . .	283	30	Mer.	6	50	4	
Quella seguente	283	40	Mer.	6	0	5	

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
CAPRICORNO						
Quella seguente delle tre in mezzo al corpo	282	0	Mer.	4	15	5
Quella a sud delle due che precedono	280	0	Mer.	4	0	5
Quella a nord di queste . .	280	0	Mer.	2	50	5
Quella che precede delle due sul dorso	280	0	Mer.	0	0	4
Quella seguente	284	20	Mer.	0	50	4
Quella che precede delle due sulla spina dorsale a sud .	286	40	Mer.	4	45	4
Quella che segue	288	20	Mer.	4	30	4
La precedente delle due all'inizio della coda	288	40	Mer.	2	10	3
Quella che segue	289	40	Mer.	2	0	3
Quella che precede delle quattro nella parte nord della coda	290	10	Mer.	2	20	4
Quella a sud delle altre tre	292	0	Mer.	5	0	5
Quella di mezzo	291	0	Mer.	2	50	5
Quella a nord, sulla punta della coda	292	0	Sett.	4	20	5
28 stelle, di cui: 4 di terza grandezza, 9 di quarta, 9 di quinta, 6 di sesta						
ACQUARIO [62]						
Sul capo	293	40	Sett.	15	45	5
La più chiara delle due sulla spalla destra	299	40	Sett.	11	0	3
La più oscura	298	30	Sett.	9	40	5
Sulla spalla sinistra . . .	290	0	Sett.	8	50	3
Sotto l'ascella	290	40	Sett.	6	15	5
La seguente delle tre sulla veste sotto la mano sinistra	280	0	Sett.	5	30	3

[62] *Aquarius* è il portatore d'acqua, o il servo pubblico addetto agli acquedotti e alla distribuzione dell'acqua.

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
ACQUARIO						
Quella di mezzo	279	30	Sett.	8	0	4
Quella che precede delle tre	278	0	Sett.	8	30	3
Nel gomito destro	302	50	Sett.	8	45	3
Quella a nord, nella mano destra	303	0	Sett.	10	45	3
Quella che precede delle altre due a sud	305	20	Sett.	9	0	3
Quella che segue	306	40	Sett.	8	30	3
Quella precedente delle due vicine sulla coscia destra	299	30	Sett.	3	0	4
Quella che segue	300	20	Sett.	2	10	5
Sulla natica destra	302	0	Mer.	0	50	4
Quella a sud delle due sulla natica sinistra	295	0	Mer.	1	40	4
La più a nord	295	30	Sett.	4	0	6
Quella a sud sulla tibia destra	305	0	Mer.	7	30	3
Quella a nord	304	40	Mer.	5	0	4
Nella coscia sinistra . . .	301	0	Mer.	5	40	5
Quella a sud delle due sulla tibia sinistra	300	40	Mer.	10	0	5
La settentrionale sotto il ginocchio	302	10	Mer.	9	0	5
La prima nel versamento d'acqua dalla mano . . .	303	20	Sett.	2	0	4
Quella che segue più a sud	308	10	Sett.	0	10	4
Quella che segue nella prima curva dell'acqua . .	311	0	Mer.	1	10	4
Quella che la segue	313	20	Mer.	0	30	4
La stella nella seconda curva a sud	313	50	Mer.	1	40	4
Quella a nord delle due seguenti	312	30	Mer.	3	30	4
Quella a sud	312	50	Mer.	4	10	4
Quella staccata a sud . .	314	10	Mer.	8	15	5

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
ACQUARIO							
La stella che precede delle due unite dopo questa	316	0	Mer.	11	0	5	
Quella che segue	316	30	Mer.	10	50	5	
Quella a nord delle tre nella terza curva dell'acqua	315	0	Mer.	14	0	5	
Quella di mezzo	316	0	Mer.	14	45	5	
La seguente delle tre	316	30	Mer.	15	40	5	
La più a nord delle tre che seguono similmente	310	20	Mer.	14	10	4	
Quella di mezzo	310	50	Mer.	15	0	4	
Quella a sud delle tre	311	40	Mer.	15	45	4	
Quella precedente delle tre nell'ultima curva	305	10	Mer.	14	50	4	
Quella a sud delle due seguenti	306	0	Mer.	15	20	4	
Quella a nord	306	30	Mer.	14	0	4	
L'ultima dell'acqua e in bocca al pesce meridionale	300	20	Mer.	23	0	1	

Di 42 stelle: 1 di prima grandezza, 9 di terza, 18 di quarta, 13 di quinta, 1 di sesta

FUORI COSTELLAZIONE VICINO ALL'ACQUARIO

Quella precedente delle tre seguenti la curva dell'acqua	320	0	Mer.	15	30	4	
Quella nord delle altre due	323	0	Mer.	14	20	4	
Quella a sud di esse	322	20	Mer.	18	15	4	

Tre stelle maggiori della quarta grandezza

PESCI

In bocca del Pesce che precede	315	0	Sett.	9	15	4	
Quella a sud delle due sulla nuca	317	30	Sett.	7	30	4	maggiore
Quella a nord	321	30	Sett.	9	30	4	

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
PESCI						
Quella che precede delle due sul dorso	319	20	Sett.	9	20	4
Quella che segue	324	0	Sett.	7	30	4
La precedente nella pancia	319	20	Sett.	4	30	4
La seguente	323	0	Sett.	2	30	4
Sulla coda dello stesso pesce	329	20	Sett.	6	20	4
La prima dalla coda nella sua lenza	334	20	Sett.	5	45	6
Quella che segue	336	20	Sett.	2	45	6
La precedente delle tre brillanti dopo queste	340	30	Sett.	2	15	4
Quella di mezzo	343	50	Sett.	1	10	4
Quella che segue	346	20	Mer.	1	20	4
Quella a nord delle due piccole nella curvatura	345	40	Mer.	2	0	6
Quella a sud	346	20	Mer.	5	0	6
La precedente delle tre dopo la curva	350	20	Mer.	2	20	4
Quella di mezzo	352	0	Mer.	4	40	4
Quella seguente	354	0	Mer.	7	45	4
Nella giuntura delle due lenze	356	0	Mer.	8	30	3
Quella che precede, dalla giuntura, nella lenza a nord	354	0	Mer.	4	20	4
Quella a sud delle tre dopo questa	353	30	Sett.	1	30	5
Quella di mezzo	353	40	Sett.	5	20	3
Quella a nord, ultima della lenza	353	50	Sett.	9	0	4

PESCE SEGUENTE

La stella a nord delle due nella bocca	355	20	Sett.	21	45	5
Quella a sud	355	0	Sett.	21	30	5
Quella seguente delle tre piccole nella testa	352	0	Sett.	20	0	6

QUELLE DI MEZZO ATTORNO ALL'ECLITTICA

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
PESCE SEGUENTE						
Quella di mezzo	351	0	Sett.	19	50	6
Quella che precede delle tre	350	20	Sett.	23	0	6
Quella che precede delle tre nella pinna a sud, vicino al gomito sinistro di Andromeda	349	0	Sett.	14	20	4
Quella di mezzo	349	40	Sett.	13	0	4
Quella che segue delle tre	351	0	Sett.	12	0	4
La stella a nord delle due sul ventre	355	30	Sett.	17	0	4
Quella più a sud	352	40	Sett.	15	20	4
Nella pinna seguente, vicino alla coda	353	20	Sett.	11	45	4
Di 34 stelle: 2 di terza grandezza, 22 di quarta, 3 di quinta, 7 di sesta						
FUORI COSTELLAZIONE VICINO AI PESCI						
Quella che precede del lato nord nel quadrilatero sotto il pesce precedente . . .	324	30	Mer.	2	40	4
Quella che segue	325	35	Mer.	2	30	4
La precedente del lato sud	324	0	Mer.	5	50	4
La seguente	325	40	Mer.	5	30	4
4 stelle fuori costellazione, tutte di quarta grandezza						

Le stelle nello zodiaco sono dunque in tutto 346. Vale a dire: 5 di prima grandezza, 9 di seconda, 64 di terza, 133 di quarta, 105 di quinta, ventisette di sesta, 3 nebbiose. Fuori numero, la Chioma che sopra abbiamo detto essere chiamata Chioma di Berenice dal matematico Conone [63]

[63] Conone di Samo fu matematico reale ad Alessandria all'inizio del III sec. a. C. Tolomeo dice ch'egli ha fatto osservazioni in Italia e Seneca che ha raccolto le osservazioni sulle eclissi solari. Callimaco lo elogia nel suo carme *La Chioma di Berenice* per aver dato alla costellazione della Chioma il nome di Berenice, in onore della regina d'Egitto. Della Chioma di Berenice fanno parte tre stelle, una luminosa e due oscure, che Copernico lascia fuori del numero di 346, le stelle ch'egli annovera nello Zodiaco.

[CATALOGO] DELLE STELLE DELL'EMISFERO MERIDIONALE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
BALENA						
Sull'estremità della narice .	11	0	MERIDIONALI	7	45	4
Quella seguente delle tre nella mandibola	11	0		11	20	3
Quella di mezzo, nel mezzo della bocca	6	0		11	30	3
Quella che precede, sulla guancia	3	50		14	0	3
Nell'occhio	4	0		8	10	4
Quella a nord, nella capigliatura	5	30		6	20	4
Quella che precede nella criniera	1	0		4	10	4
Quella a nord tra le precedenti delle 4 nel petto .	355	20		24	30	4
Quella a sud	356	40		28	0	4
Quella a nord delle seguenti	0	0		25	10	4
Quella a sud	0	20		27	30	3
La stella in mezzo delle tre nel corpo	345	20		25	20	3
Quella a sud	346	20		30	30	4
Quella a nord delle tre . .	348	20		20	0	3
La seguente delle due verso la coda	343	0		15	20	3
Quella che precede	338	20		15	40	3
Quella a nord delle seguenti delle 4 nella coda . . .	335	0		11	40	5
Quella a sud	334	0		13	40	5
Quella a nord delle altre che precedono	332	40		13	0	5
Quella a sud	332	20		14	0	5
Sulla punta settentrionale della coda	327	40		9	30	3
Sulla punta meridionale della coda	329	0		20	20	3
22 stelle di cui: 10 di terza grandezza, 8 di quarta, 4 di quinta						

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

ORIONE[64]

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
La stella nebbiosa sul capo	50	20	MERIDIONALI	16	30	nebbiosa
Quella lucente, rosseggiante sulla spalla destra	55	20		17	0	1
Sulla spalla sinistra	43	40		17	30	2 maggiore
Quella che la segue	48	20		18	0	4 minore
Nel gomito destro	57	40		14	30	4
Sull'avambraccio destro	59	40		11	50	6
Quella che segue delle stelle a sud delle 4 sulla mano destra	59	50		10	40	4
Quella che precede	59	20		9	45	4
La seguente del lato settentrionale	60	40		8	15	6
La precedente dello stesso lato	59	0		8	15	6
Quella che precede delle due nel bastone	55	0		3	45	5
Quella che segue	57	40		3	15	5
La seguente delle quattro in linea retta sul dorso	50	50		19	40	4
Quella che precede	49	40		20	0	6
Quella che ancora precede	48	40		20	20	6
Quella che precede tutte e quattro	47	30		20	30	5
La più a nord delle nove sullo scudo	43	50		8	0	4
La seconda	42	40		8	10	4
La terza	41	20		10	15	4
La quarta	39	40		12	50	4
La quinta	38	30		14	15	4
La sesta	37	50		15	50	3
La settima	38	10		17	10	3
L'ottava	38	40		20	20	3
L'ultima di esse, la più a sud	39	40		21	30	3

[64] Secondo il mito, Orione fu un cacciatore poi trasformato in costellazione: il tramonto di questa nel tardo autunno reca pioggia e tempesta.

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

ORIONE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
Quella che precede delle tre fulgenti nel balteo	48	40	MERIDIONALI	24	10	2
Quella di mezzo	50	40		24	50	2
Quella che segue delle tre in linea retta	52	40		25	30	2
Nell'impugnatura della spada	47	10		25	50	3
Quella a nord delle tre nella spada	50	10		28	40	4
Quella di mezzo	50	0		29	30	3
Quella a sud	50	20		29	50	3 minore
Quella che segue delle due in punta alla spada	51	0		30	30	4
Quella che precede	49	30		30	50	4
La stella chiara nel piede sinistro, in comune col Fiume	42	30		31	30	1
Nella tibia sinistra	44	20		30	15	4 maggiore
Nel calcagno sinistro	46	40		31	10	4
Nel ginocchio destro	53	30		33	30	3

Delle 38 stelle: 2 di prima grandezza, 4 di seconda, 8 di terza, 15 di quarta, 3 di quinta, 5 di sesta ed una nebbiosa

FIUME

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
La stella dal piede sinistro di Orione e al principio del Fiume	41	40	MERIDIONALI	31	50	4
La più a nord nella curva verso la gamba di Orione	42	10		28	15	4
La seguente delle due dopo questa	41	20		29	50	4
Quella che precede	38	0		28	15	4
Quella che segue delle due dopo	36	30		25	15	4
Quella che precede	33	30		25	20	4

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
FIUME							
La seguente delle tre dopo queste	29	40	MERIDIONALI	26	0	4	
Quella di mezzo	29	0		27	0	4	
La precedente delle tre . .	26	10		27	50	4	
La seguente delle quattro dopo l'intervallo	20	20		32	50	3	
Quella che la precede . .	18	0		31	0	4	
Quella che ancora la precede	17	30		28	50	3	
La precedente tutte e quattro	15	30		28	0	3	
Di nuovo, allo stesso modo, la seguente di quattro stelle	10	30		25	30	3	
Quella che la precede . . .	8	10		23	50	4	
[La stella] che ancora la precede	5	30		23	10	3	
Quella che precede queste quattro	3	50		23	15	4	
Quella che, nella svolta del Fiume, tocca la Balena .	358	30		32	10	4	
Quella che la segue . . .	359	10		34	50	4	
La precedente delle tre seguenti	2	10		38	30	4	
Quella di mezzo	7	10		38	10	4	
Quella che segue delle tre .	10	50		39	0	5	
Quella a nord delle due precedenti nel quadrilatero .	14	40		41	30	4	
Quella a sud	14	50		42	30	4	
L'antecedente del lato seguente	15	30		43	20	4	
La seguente di queste quattro	18	0		43	20	4	
Quella a nord delle due contigue ad est	27	30		50	20	4	
Quella più a sud	28	20		51	45	4	

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
FIUME							
Quella che segue delle due nella conversione	21	30	MERIDIONALI	53	50	4	
La precedente	19	10		53	10	4	
La seguente delle tre nello spazio restante	11	10		53	0	4	
Quella di mezzo	8	10		53	30	4	
Quella che precede delle tre	5	10		52	0	4	
La stella fulgente alla fine del Fiume	353	30		53	30	1	

34 stelle: di prima grandezza 1, di terza 5, di quarta 27, di quinta una

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
LEPRE							
Quella a nord delle precedenti del quadrilatero nelle orecchie	43	0	MERIDIONALI	35	0	5	
Quella a sud	43	10		36	30	5	
Quella a nord del lato seguente	44	40		35	30	5	
Quella a sud	44	40		36	40	5	
Nel mento	42	30		39	40	4	maggiore
Sulla punta del piede sinistro davanti	39	30		45	15	4	maggiore
Nel mezzo del corpo . . .	48	50		41	30	3	
Sotto la pancia	48	10		44	20	3	
Quella a nord delle due nei piedi posteriori	54	20		44	0	4	
Quella più a sud	52	20		45	50	4	
Sul lombo	53	20		38	20	4	
Sulla punta della coda . .	56	0		38	10	4	

12 stelle: 2 di terza grandezza, 6 di quarta, 4 di quinta

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
CANE							
La stella nella bocca, molto splendente, detta Cane .	71	0	MERID.	39	10	1	massima
Nelle orecchie	73	0		35	0	4	
Sul capo	74	40		36	30	5	

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

CANE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
Quella a nord delle due sul collo	76	40	MERIDIONALI	37	45	4
La meridionale	78	40		40	0	4
Sul petto	73	50		42	30	5
Quella a nord delle due nel ginocchio destro	69	30		41	15	5
Quella meridionale	69	20		42	30	5
Sulla punta del piede davanti	64	20		41	20	3
Quella che precede delle due nel ginocchio sinistro	68	0		46	30	5
Quella che segue	69	30		45	50	5
La seguente delle due nella spalla sinistra	78	0		46	0	4
Quella che precede	75	0		47	0	5
Nella coscia sinistra	80	0		48	45	3 minore
Sotto la pancia tra le gambe	77	0		51	30	3
Nell'incavo del piede destro	76	20		55	10	4
Sulla punta dello stesso piede	77	0		55	40	3
Sulla punta della coda	85	30		50	30	3 minore

18 stelle: 1 di prima grandezza, 5 di terza, 5 di quarta, 7 di quinta

FUORI COSTELLAZIONE VICINO AL CANE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
Da nord alla testa del Cane	72	50	MERIDIONALI	25	15	4
Quella a sud in linea retta sotto i piedi posteriori	63	20		60	30	4
Quella più a nord	64	40		58	45	4
Quella anche più settentrionale di questa	66	20		57	0	4
L'ultima delle quattro massimamente a nord	67	30		56	0	4
Quella precedente delle tre a ovest quasi in linea retta	50	20		55	30	4
Quella di mezzo	53	40		57	40	4

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

FUORI COSTELLAZIONE VICINO AL CANE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
La seguente delle tre	55	40	MERID.	59	30	4
La precedente delle due lucenti sotto queste	52	20		59	40	2
Quella che precede	49	20		57	40	2
La rimanente più a sud delle sopraddette	45	30		59	30	4

11 stelle: 2 di seconda grandezza, 9 di quarta

CANICOLA O AVANCANE [65]

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
Sulla cervice	78	20	MERID.	14	0	4
Quella splendente nel femore, cioè προκύων o canicola	82	30		16	10	1

Delle due, 1 è di prima grandezza e 1 di quarta

ARGO [66] O NAVE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
Quella che precede delle due sulla punta della Nave	93	40	MERIDIONALI	42	40	5
Quella seguente	97	40		43	20	3
Quella a nord delle due sulla poppa	92	10		45	0	4
Quella più a sud	92	10		46	0	4
Quella che precede le due	88	40		45	30	4
Quella che brilla in mezzo allo scudo	89	40		47	15	4
La precedente delle tre sotto lo scudo	88	40		49	45	4
Quella seguente	92	40		49	50	4
Quella di mezzo	91	50		49	15	4

[65] Dal greco προκύων = cagnolino latrante (che è anche un significato di *canicula*). Dal termine greco i latini fecero *Procyon* (latino puro: *Antecanem* o *Antecanis*). È la stella il cui levarsi apporta un gran caldo.

[66] Argo (*Argus*) è il nome del costruttore della nave Argo (*Argo*), sulla quale molti eroi greci, sotto la guida di Giasone, intrapresero una spedizione nella Colchide alla conquista del vello d'oro. Secondo il mito, la nave è stata posta da Minerva tra le costellazioni.

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
ARGO O NAVE							
Sulla punta del timone . .	97	20	MERIDIONALI	49	50	4	
Quella a nord delle due nella carena della poppa . . .	87	20		53	0	4	
Quella a sud	87	20		58	30	3	
Quella a nord nel ponte di poppa	93	30		55	30	5	
La precedente delle tre nello stesso ponte	95	30		58	30	5	
Quella di mezzo	96	40		57	15	4	
La seguente	99	50		57	45	4	
La stella seguente lucida sul banco dei rematori . . .	104	30		58	20	2	
La precedente delle due oscure sotto questa . . .	101	30		60	0	5	
Quella che segue	104	20		59	20	5	
La precedente delle due su quella brillante	106	30		56	40	5	
Quella seguente	107	40		57	0	5	
La più a nord delle tre sui piccoli scudi e la base dell'albero	119	0		51	30	4	maggiore
Quella di mezzo	119	30		55	30	4	maggiore
La più a sud delle tre . .	117	20		57	10	4	
Quella a nord delle due contigue sotto queste . . .	122	30		60	0	4	
Quella più a sud	122	20		61	15	4	
Quella a sud delle due a metà dell'albero	113	30		51	30	4	
Quella a nord	112	40		49	0	4	
Quella precedente delle due in cima alla vela	111	20		43	20	4	
Quella seguente	112	20		43	30	4	
Sotto la terza e seguente lo scudo	98	30		54	30	2	minore
Nella sezione del ponte . .	100	50		51	15	2	

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza	
ARGO O NAVE							
Tra i remi, nella carena .	95	0	MERIDIONALI	63	0	4	
La stella oscura che segue questa	102	20		64	30	6	
Quella che brilla e la segue sulla plancia	113	20		63	50	2	
La stella più a sud che brilla sotto la carena	121	50		69	40	2	
La precedente delle tre che la seguono	128	30		65	40	3	
Quella di mezzo	134	40		65	50	3	
La seguente	139	20		65	50	2	
La precedente delle due seguenti verso la sezione .	144	20		62	50	3	
Quella che segue	151	20		62	15	3	
Quella che precede nel remo a nord e precedente . . .	57	20		65	50	4	maggiore
Quella che segue	73	30		65	40	3	maggiore
Quella che precede nell'altro remo, Canopo [67]	70	30		75	0	1	
La rimanente che la segue .	82	20		71	50	3	maggiore

45 stelle: 1 di prima grandezza, 6 di seconda, 8 di terza, 22 di quarta, 7 di quinta, una di sesta

IDRA [68]							
La stella più a sud, sulle narici, delle due precedenti delle cinque sulla testa .	97	20	MERIDION.	15	0	4	
Quella che è a nord, delle due, e nell'occhio	98	40		13	40	4	
La stella a nord e nell'occipite delle due seguenti .	99	0		11	30	4	

[67] Canopo fu una città del basso Egitto, fondata – secondo la leggenda – degli Spartani in onore di Canopo, pilota di Menelao, che morì in quel luogo. La città si trovava allo sbocco del ramo canopico (o occidentale) del Nilo.

[68] Comunemente, *hydra* significa « serpente », ma per antonomasia indica la Hydra Lernaea, il serpente dalle molte teste della palude di Lerna nel Peloponneso, ucciso da Ercole.

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza
IDRA						
Quella a sud di esse, che è nelle fauci	98	50	MERIDIONALI	14	45	4
Quella che tutte le segue, sulla guancia	100	50		12	15	4
Quella che precede delle due all'inizio del collo . . .	103	40		11	50	5
Quella che segue	106	40		13	30	4
La stella di mezzo delle tre nella curva del collo . .	111	40		15	20	4
Quella che la segue . . .	114	0		14	50	4
Quella massimamente a sud	111	40		17	10	4
Quella oscura e a nord delle due contigue dal sud . .	112	30		19	45	6
Quella di esse che è a sud e brillante	113	20		20	30	2
Quella che precede delle tre dopo la curva del collo .	119	20		26	30	4
La seguente	124	30		23	15	4
Quella di mezzo di esse . .	122	0		26	0	4
Quella che precede delle tre in linea retta	131	20		24	30	3
Quella di mezzo	133	20		23	0	4
Quella che segue	136	20		22	10	3
La stella a nord delle due sotto la base della Coppa .	144	50		25	45	4
Quella a sud	145	40		30	10	4
Quella precedente nel triangolo dopo queste	155	30		31	20	4
Quella a sud tra esse . . .	157	50		34	10	4
La seguente tra le stesse tre	159	30		31	40	3
Quelle dopo il Corvo, vicino alla coda	173	20		13	30	4
Sulla punta della coda . .	186	50		17	30	4

25 stelle: 1 di seconda grandezza, 3 di terza, 19 di quarta, 1 di quinta, 1 di sesta

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza	
FUORI COSTELLAZIONE VICINO ALL'IDRA							
Quella a sud della testa .	96	0	MER.	23	15	3	
Quella seguente le stelle che sono sul collo	124	20		26	0	3	
2 stelle fuori costellazione di terza grandezza							
COPPA							
Quella sulla base della Coppa, comune all'Idra .	139	40	MERIDIONALI	23	0	4	
Quella a sud delle due in mezzo alla Coppa	146	0		19	30	4	
Quella a nord delle stesse .	143	30		18	0	4	
Sull'orlo sud dell'apertura .	150	20		18	30	4	maggiore
Sull'orlo nord	142	40		13	40	4	
Sull'ansa sud	152	30		16	30	4	minore
Sull'ansa nord	145	0		11	50	4	
Sette stelle di quarta grandezza							
CORVO							
La stella nel becco, comune all'Idra	158	40	MERIDIONALI	21	30	3	
Sulla cervice	157	40		19	40	3	
Sul petto	160	0		18	10	5	
Sull'ala destra e precedente	160	50		14	50	3	
L'antecedente delle due sull'ala seguente	160	0		12	30	3	
La stella seguente	161	20		11	45	4	
Sulla punta del piede, comune all'Idra	163	50		18	10	3	
Delle 7 stelle: 5 di terza grandezza, 1 di quarta, una di quinta							
CENTAURO [69]							
La più australe delle 4 [stelle] nel capo	183	50	MERID.	21	20	5	
Quella più a nord	183	20		13	50	5	
La precedente delle due nel mezzo	182	30		20	30	5	

[69] I Centauri erano una tribù selvaggia che viveva nella Tessaglia. Secondo il mito, erano mostri biformi (sopra uomini e sotto cavalli), figli

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
CENTAURO						
La seguente e ultima delle quattro	183	20	MERIDIONALI	20	0	5
Sulla spalla sinistra e precedente	179	30		25	30	3
Sulla spalla destra	189	0		22	30	3
Sulla scapola sinistra . . .	182	30		17	30	4
La stella a nord delle precedenti delle 4 nello scudo .	191	30		22	30	4
Quella a sud	192	30		23	45	4
Quella, delle altre due, che è sulla sommità dello scudo	195	20		18	15	4
Quella più a sud	196	50		20	50	4
Quella precedente delle tre sul fianco destro	186	40		28	20	4
Quella di mezzo	187	20		29	20	4
Quella seguente	188	30		28	0	4
Nel braccio destro	189	40		26	30	4
Nel gomito destro	196	10		25	15	3
Sulla punta della mano destra	200	50		24	0	4
Quella che brilla allo staccarsi del corpo umano .	191	20		33	30	3
La seguente delle due oscure	191	0		31	0	5
La precedente	189	50		30	20	5
Nella linea del dorso . . .	185	30		33	50	5
Quella che la precede, sul dorso del cavallo	182	20		37	30	5
La seguente delle tre nei lombi	179	10		40	0	3
La stella di mezzo	178	20		40	20	4

di Issione e della nube Nefele, formata da Zeus ad immagine di Hera. Furono distrutti nel combattimento coi Lapiti.

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
CENTAURO						
L'antecedente tra le tre . .	176	0	MERIDIONALI	41	0	5
Quella precedente delle due contigue nella coscia destra	176	0		46	10	2
La seguente	176	40		46	45	4
Nel petto sotto l'ala del cavallo	191	40		40	45	4
La precedente delle due sotto il ventre	179	50		43	0	2
La seguente	181	0		43	45	3
Nel cavo del piede destro .	183	20		51	10	2
Nel muscolo dello stesso .	188	40		51	40	2
Nel cavo del piede sinistro .	188	40		55	10	4
Sotto il muscolo dello stesso	184	30		55	40	4
Sulla punta del piede destro davanti	181	40		41	10	1
Nel ginocchio sinistro . .	197	30		45	20	2
All'esterno, sotto il femore destro	188	0		49	10	3

37 stelle: 1 di prima grandezza, 5 di seconda, 7 di terza, 15 di quarta, 9 di quinta

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
LA BELVA TENUTA DAL CENTAURO [70]						
Nella sommità del piede posteriore vicino alla mano del Centauro	201	20	MERIDIONALI	24	50	3
Nella cavità dello stesso piede	199	10		20	10	3
Quella che precede delle due nel fianco	204	20		21	15	4
La seguente	207	30		21	0	4
Nel mezzo del corpo . . .	206	20		25	10	4

[70] Questa costellazione è indicata anche con il nome di Lupo.

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

LA BELVA TENUTA DAL CENTAURO

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza
Nel ventre	203	30	MERIDIONALI	27	0	5
Nella coscia	204	10		29	0	5
Quella a nord delle due nella linea della coscia	208	0		28	30	5
Quella a sud	207	0		30	0	5
Sulla sommità del lombo	208	40		33	10	5
Quella a sud delle tre sulla punta della coda	195	20		31	20	5
Quella di mezzo	195	10		30	0	4
Quella settentrionale	196	20		29	20	4
Quella a sud delle due nella gola	212	10		17	0	4
La settentrionale	212	40		15	20	4
Quella che precede delle due nelle fauci	209	0		13	30	4
Quella seguente	210	0		12	50	4
La più a sud delle due nel piede davanti	240	40		11	30	4
Quella più a nord	239	50		10	0	4

19 stelle: 2 di terza grandezza, 11 di quarta, 6 di quinta

ALTARE O TURIBOLO

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza
La stella a nord delle due sulla base	231	0	MERIDIONALI	22	40	5
Quella meridionale	233	40		25	45	4
Nel mezzo del piccolo altare	229	30		26	30	4
Quella a nord delle tre nel piccolo focolare	224	0		30	20	5
Quella a sud delle due rimanenti contigue	228	30		34	10	4
Quella a nord	228	20		33	20	4
In mezzo alla fiamma	224	10		34	10	4

7 stelle: 5 di quarta grandezza, 2 di quinta

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

CORONA AUSTRALE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza
Quella che precede all'esterno del bordo a sud	242	30	MERIDIONALI	21	30	4
Quella che la segue, nella corona	245	0		21	0	5
Quella che segue questa	246	30		20	20	5
Quella che segue ancora quest'ultima	248	10		20	0	4
Dopo questa, quella davanti al ginocchio del Sagittario	249	30		18	30	5
Quella lucente a nord, nel ginocchio	250	40		17	10	4
La stella più a nord	250	10		16	0	4
Quella ancor più a nord	249	50		15	20	4
La seguente delle due nel bordo a nord	248	30		15	50	6
La precedente	248	0		14	50	6
Quella che, con un intervallo, le precede	245	10		14	40	5
Quella che precede anche questa	243	0		15	50	5
La rimanente più a sud	242	30		18	30	5

13 stelle: 5 di quarta grandezza, 6 di quinta, 2 di sesta

PESCE AUSTRALE

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Min.		Latitud. Gr.	Min.	Grandezza
Nella bocca, e la stessa che è alla fine dell'acqua	300	20	MERIDIONALI	23	0	1
La precedente delle tre nella testa	294	0		21	20	4
Quella di mezzo	297	30		22	15	4
La seguente	299	0		22	30	4
Quella vicina alla branchia	297	40		16	15	4
Nella pinna a sud e sul dorso	288	30		19	30	5
La seguente delle due nel ventre	294	30		15	10	5
La precedente	292	10		14	30	4
La seguente delle tre nella pinna a nord	288	30		15	15	4

COSTELLAZIONI MERIDIONALI

DISPOSIZIONI DELLE STELLE	Longitud. Gr.	Longitud. Min.		Latitud. Gr.	Latitud. Min.	Grandezza
PESCE AUSTRALE						
Quella di mezzo	285	10	MER.	16	30	4
La precedente tra le tre .	284	20	MER.	18	10	4
Sulla punta della coda . .	289	20	MER.	22	15	4
Oltre alla prima, 11 stelle di cui: 9 di quarta grandezza, 2 di quinta						
FUORI COSTELLAZIONE VICINO AL PESCE AUSTRALE						
Quella che precede delle stelle lucenti precedenti il Pesce	271	20	MERIDIONALI	22	20	3
Quella di mezzo	274	30	MERIDIONALI	22	10	3
La seguente tra le tre . .	277	20	MERIDIONALI	21	0	3
La stella oscura che la precede	275	20	MERIDIONALI	20	50	5
Delle due restanti a nord, quella più a sud	277	10	MERIDIONALI	16	0	4
Quella più a nord	277	10	MERIDIONALI	14	50	4
6 stelle di cui: 3 di terza grandezza, 2 di quarta, una di quinta.						

Nell'emisfero australe 316 stelle di cui: sette di prima grandezza, 18 di seconda, 60 di terza, 167 di quarta, 54 di quinta, 9 di sesta, 1 nebbiosa. Pertanto, tutte assieme le stelle sono 1022, di cui: 15 di prima grandezza, 45 di seconda, 208 di terza, 474 di quarta, 216 di quinta, 50 di sesta, 9 oscure, cinque nebbiose [71].

[71] Come osservano gli Zeller, nell'edizione da loro curata del *De Revolutionibus* (p. 142), nel calcolo totale delle stelle, Copernico dà le somme esatte per quelle di prima e seconda grandezza (rispettivamente, 15 e 45), ma dà risultati non coincidenti con quelli ottenuti se si sommano i numeri indicati nelle tre sezioni per le stelle a partire dalla terza grandezza. I risultati esatti sarebbero: 205 di terza, 477 di quarta, 217 di quinta, 49 di sesta. Sono invece esatte le somme per le oscure e le nebbiose. Tolomeo indica i seguenti numeri (dalla terza): 208, 474, 217, 49, 9, 5.

LIBRO TERZO

Capitolo I

La precessione degli equinozi e dei solstizi.

Dopo avere illustrato la configurazione delle stelle fisse, dobbiamo passare ai fenomeni della rivoluzione annua, e perciò tratteremo in primo luogo la variazione degli equinozi, a causa della quale si crede che si muovano anche le stelle fisse.

Trovammo d'altra parte che gli antichi astronomi non distinguevano l'anno « mutante » (*vertens*) o naturale [1], che si computa dall'equinozio o dal solstizio, da quello che si ricava dalla posizione di qualche stella fissa. Perciò ritennero che gli anni olimpiaci che calcolavano dal levarsi della Canicola fossero uguali a quelli che cominciano dal solstizio, non essendo ancora nota la differenza dell'uno dall'altro. Ipparco di Rodi [2], tuttavia, uomo di mirabile ingegno, per primo si accorse che essi differivano fra loro; e, mentre osservava più attentamente la grandezza dell'anno, trovò che era più lungo quello rapportato alle stelle fisse che quello rapportato

[1] Cfr. la nota 8 alla traduzione della *Narratio prima*. L'*annus vertens* (detto anche [*annus*] *naturalis, temporalis, temporarius, ab aequinoctiis numeratus, ab aequinoctiis, ab aequinoctio*) è l'anno che si dice « tropico », che per noi regola le quattro stagioni, ed è il periodo di tempo che intercorre tra due successivi equinozi di primavera. Distinto da esso è l'anno sidereo (*annus sidereus*) che è il tempo richiesto dal moto (apparente) del sole verso est sull'eclittica per ritornare a una stella fissa presa come punto di partenza. Cfr. E. Rosen, *Three Copernican Treatises* cit., p. 46, nota 162.

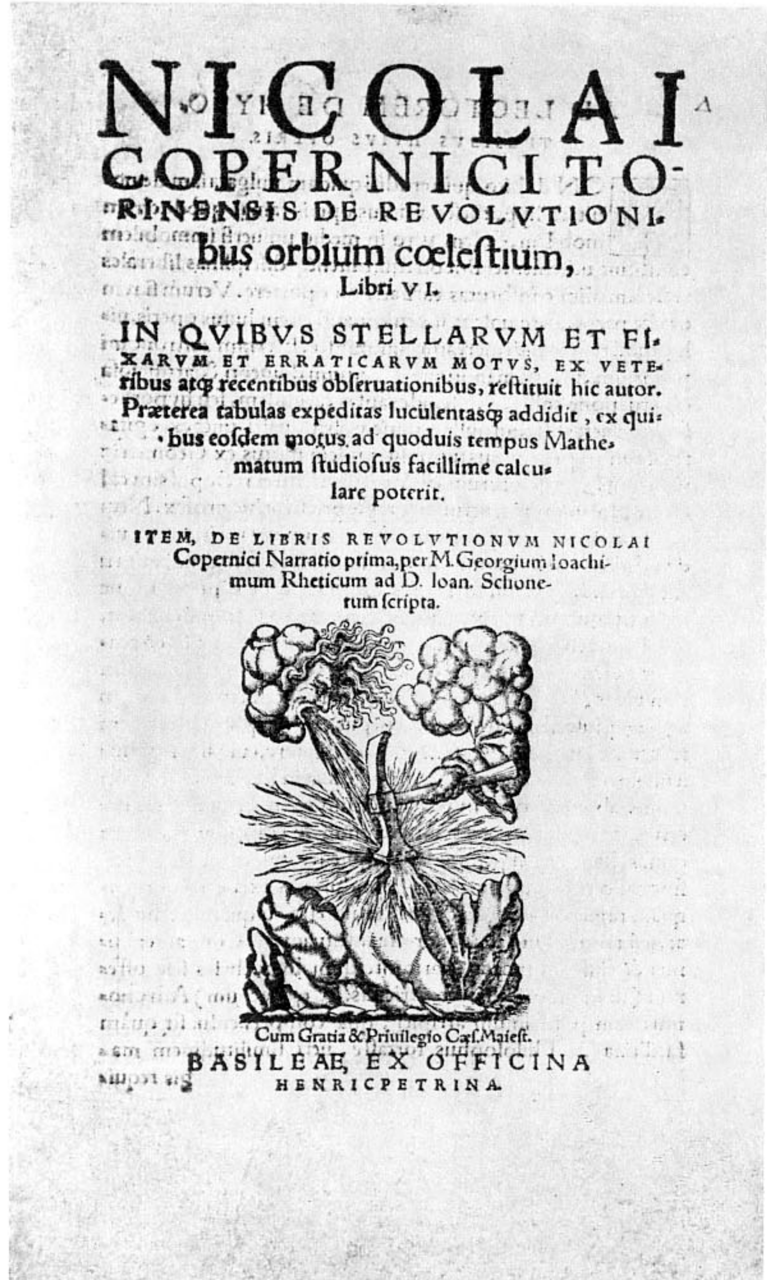
[2] Cfr. nota 16 alla traduzione del *Commentariolus*. Le notizie su Ipparco e la precessione in Tolomeo, *Almagesto*, III, cap. 1.

agli equinozi e ai solstizi. Quindi ritenne che anche nelle stelle fisse vi fosse un movimento da ovest ad est, ma piuttosto lento, né immediatamente percepibile. Ma ora, col passar del tempo, esso si è reso evidentissimo, per cui osserviamo da un pezzo ormai il levarsi e il tramonto delle costellazioni e delle stelle molto diversi dal dettato degli antichi. E le dodici parti dello zodiaco si sono allontanate con un intervallo piuttosto grande da quelle costellazioni delle stelle fisse, con cui originariamente coincidevano per denominazioni e posizione.

Inoltre, lo stesso moto si rivela non uniforme e, sulla sua irregolarità, coloro che vollero renderne ragione hanno avanzato opinioni divergenti. Alcuni ritennero che fosse un moto libratorio del mondo che se ne sta sospeso, moto simile a quello che troviamo anche nei pianeti circa le loro latitudini, e pensarono che il mondo, di quanto fosse avanzato da una parte e dall'altra, entro certi limiti, di tanto sarebbe tornato indietro, e che l'ampiezza del suo spaziare da entrambe le parti non fosse maggiore di 8 gradi. Ma questa opinione ormai antiquata non poteva resistere, soprattutto perché è ormai chiaro abbastanza che la testa della costellazione dell'Ariete dista più di tre volte 8 gradi dall'equinozio di primavera, e similmente per le altre stelle, non essendo stata osservata nel frattempo, in tanti secoli, traccia di ritorno indietro. Altri pensarono invece che la sfera delle stelle fisse si muovesse in avanti, ma a passi irregolari, e tuttavia non stabilirono alcun modo preciso. Si aggiunse poi un altro enigma della natura: ché l'inclinazione dello zodiaco non appare a noi tanto grande quanto a Tolomeo, come in precedenza abbiamo detto.

A causa di questi fatti, altri idearono una nuova sfera, la nona, altri ancora una decima, mediante le quali pensarono accadessero tali fenomeni; e tuttavia essi non poterono soddisfare le loro promesse. Già aveva cominciato a venire alla luce anche un'undicesima sfera [3], e facilmente confuteremo

[3] Probabile riferimento allo scritto *De motu octavae sphaerae* del WERNER, contro cui Copernico scrisse nella lettera a Bernardo Wapowski, tradotta in precedenza.



NICOLAI COPERNICI TO-RINENSIS DE REVOLVTIONI-bus orbium cœlestium, Libri VI.

IN QVIBVS STELLARVM ET FI-XARVM ET ERRATICARVM MOTVS, EX VETE-ribus atq; recentibus obseruationibus, restituit hic autor. Præterea tabulas expeditas luculentasq; addidit, ex quibus eosdem motus ad quoduis tempus Mathematum studiosus facillime calculare poterit.

ITEM, DE LIBRIS REVOLVTIONVM NICOLAI Copernici Narratio prima, per M. Georgium Ioachimum Rheticum ad D. Ioan. Schonerum scripta.

Cum Gratia & Priuilegio Cæs. Maiest.

BASILEAE, EX OFFICINA HENRICPETRINA.

Frontespizio della seconda edizione del *De revolutionibus orbium caelestium* (Basilea, Enrico Petrina, 1566).

tale numero di cerchi come superfluo nel caso del moto terrestre. Infatti, come è stato da noi esposto già in parte nel libro I [4], le due rivoluzioni, cioè quella di declinazione annua e quella del centro della terra, non sono del tutto pari, dato che la fase della declinazione sopravanza di poco il periodo del centro; dal che segue necessariamente che gli equinozi e i solstizi sembrano venire in anticipo non perché la sfera della stelle fisse si muova da ovest ad est, ma piuttosto perché l'equatore si muove da est ad ovest, essendo obliquo rispetto al piano dell'eclittica, secondo la misura dell'inclinazione dell'asse del globo terrestre. Sarebbe infatti più appropriato dire (con un confronto del minore al maggiore) che l'equatore è obliquo rispetto all'eclittica, anziché che l'eclittica è obliqua all'equatore. L'eclittica, infatti, essendo descritta dalla distanza sole-terra in un circuito annuo, è molto maggiore dell'equatore, che viene tracciato (come si è detto) da un moto quotidiano intorno all'asse terrestre. E per tale via si osserva che le intersezioni dell'equatore con l'intera inclinazione dell'eclittica, col passare del tempo, si spostano a ovest e che le stelle, invece, sono lasciate indietro [ad est]. Ma la misura di questo moto e il calcolo della diseguaglianza rimase nascosto agli antichi, poiché sino ad ora si ignora quanto sia grande la sua rivoluzione, a causa della sua sorprendente lentezza, avendo esso percorso in tanti secoli, da quando fu per la prima volta noto ai mortali, a mala pena la quindicesima parte di una circonferenza. Purtuttavia, per quanto ci è possibile, con l'aiuto di ciò che su tali fenomeni abbiamo appreso dalla storia delle osservazioni sino ai nostri giorni, determineremo meglio queste questioni.

[4] Libro I, cap. 11.

Capitolo II

Storia delle osservazioni che comprovano l'irregolare precessione degli equinozi e dei solstizi.

Dunque nel primo periodo di 76 anni, secondo Callippo [5], nel trentaseiesimo anno di esso, che era il trentesimo anno dalla morte di Alessandro Magno, Timocari di Alessandria [6], che per primo si preoccupò di determinare le posizioni delle stelle fisse, riferì che la Spiga che la Vergine tiene in mano aveva una elongazione dal punto solstiziale di 82° 20′, con una latitudine sud di 2°; e che quella stella, che nella fronte dello Scorpione è la più a nord delle tre e la prima nell'ordine di formazione di tale costellazione, aveva la latitudine di 1° 20′, la longitudine invece di 32° dall'equinozio di autunno. E di nuovo, nell'anno 48 [7] dello stesso periodo, egli trovò che la Spiga della Vergine aveva la longitudine di 82° 30′ dal solstizio d'estate, conservando la stessa latitudine. Ipparco, poi, nell'anno 50 del terzo periodo di Callippo [8], e nell'anno 196 [dalla morte] di Alessandro, trovò che la stella che è chiamata Regolo, nel petto del Leone, si trovava ad est, a partire dal solstizio d'estate, di 29° 50′ [9]. In seguito, il geometra romano Menelao, nell'anno primo dell'impero di Traiano, che fu l'anno 99 [in realtà, 98] dalla nascita di Cristo, il 422 dalla morte di Alessandro, riferì che la Spiga della Vergine era di 86° 15′ distante in longitudine dal solstizio, e che la stella che è nella fronte dello Scorpione aveva una longitudine di

[5] La fonte di tali dati è Tolomeo, *Almagesto*, III, capp. 2-3 e VII, cap. 3. Su Callippo, cfr. la nota 19 alla traduzione della *Narratio prima*, nel cui passo corrispondente il Retico riassume questo capitolo del *De Revolutionibus*.

[6] Su Timocari, cfr. la nota 18 alla traduzione della lettera contro il Werner.

[7] L'anno 283 a. C. Il Menzzer (nella nota 77, p. 17 della già citata traduzione tedesca del *De Revolutionibus*) calcola, in base al testo dell'*Almagesto*, che l'osservazione fu fatta il 9 novembre 283 a. C.

[8] L'anno 129-128 a. C.

[9] A titolo d'esempio del modo con cui Copernico dà le indicazioni dei gradi e dei minuti, do la traduzione letterale dell'espressione copernicana in proposito: « di XXIX parti e mezza e un terzo di una parte ».

35° 55′ [10] dall'equinozio d'autunno. Seguendo costoro, Tolomeo, come si è detto, nell'anno secondo di Antonino Pio, che era il 462 dalla morte di Alessandro [11], scoprì che il Regolo del Leone si trovava a 32° 30′ di longitudine dal solstizio [estivo], la Spiga a 86° 30′, e che la stella suddetta nella fronte dello Scorpione, aveva una longitudine di 36° 20′ dall'equinozio d'autunno, senza che fosse mutata affatto la latitudine, così come è stato già espresso nell'esposizione delle tavole [il catalogo stellare]; e abbiamo passato in rassegna questi dati come sono stati riferiti da quegli autori.

Molto tempo dopo, cioè nell'anno 1202 dalla morte di Alessandro [12], vi fu l'osservazione di Albatenio Aratense [13], cui si può concedere ampia fiducia. In quell'anno il Regolo o Basilisco del Leone fu visto raggiungere la longitudine di 44° 5′ dal solstizio [d'estate]; e la stella in fronte allo Scorpione, la longitudine di 47° 50′ dall'equinozio di autunno; e per tutte queste stelle la latitudine restò sempre la stessa, cosicché su questo punto non c'è più alcun dubbio.

Perciò anche noi, nell'anno 1525 d. C., il primo dopo l'anno bisestile secondo il calendario romano, che è l'anno 1849 degli Egizi dopo la morte di Alessandro, osservammo spesso la succitata Spiga a Frauenburg in Prussia, e la sua massima altezza sul circolo meridiano appariva di circa 27°. Ma poi trovammo che la latitudine di Frauenburg era di 54° 19′ e mezzo. Perciò la sua declinazione dall'equatore risultava di 8° 40′. Quindi la sua posizione è stata trovata nel seguente modo.

Abbiamo infatti descritto il circolo meridiano lungo i poli tanto dell'eclittica quanto dell'equatore; sia esso $ABCD$,

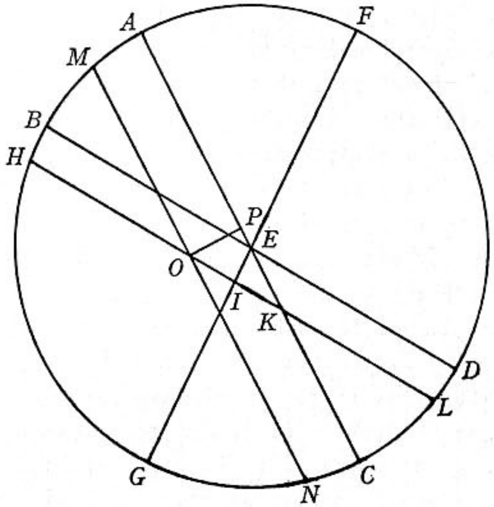
[10] Letteralmente: « di parti XXXVI meno un dodicesimo di una parte ». Nell'edizione degli Zeller (p. 145, riga 20) v'è un errore di stampa: anziché *uncia* (= la dodicesima parte) è scritto *unica*; corretta è l'ediz. dell'Accademia polacca.

[11] L'anno 139 d. C.

[12] L'anno 878 d. C. La fonte di Copernico è l'*Epitome in Almagestum* del Peurbach e Regiomontano.

[13] Cfr. la nota 68 alla traduzione del libro I e la nota 16 alla traduzione del *Commentariolus* a proposito di Albatenio (al-Battani). Nella nota 81, p. 17 dell'opera già citata il Menzzer riporta il brano (del *De motu stellarum*, nell'edizione di Norimberga del 1537) ove Albatenio dà i dati delle sue osservazioni.

in cui intersezioni e diametri saranno *AEC* per l'equatore e *BED* per l'eclittica. Il polo settentrionale dell'eclittica sia *F*, e l'asse *FEG*. E sia *B* il principio del Capricorno, *D* del Cancro.



Si assuma dunque l'arco *BH*, che sia uguale alla latitudine sud di 2° dell'astro, e si conduca dal punto *H* a *BD* la parallela *HL*, che intersechi l'asse dell'eclittica in *I*, l'equatore in *K*. Si prenda anche secondo la declinazione meridionale della stella l'arco *MA* di 8° 40′, e dal punto *M* si conduca la parallela *MN* ad *AC*, che intersecherà la parallela dell'eclittica *HIL*: la intersechi dunque nel punto *O*; allora la linea retta perpendicolare *OP* sarà uguale alla metà della corda che sottende il doppio dell'arco di declinazione *AM*. Ma, invero, i circoli i cui diametri sono *FG*, *HL* e *MN* sono perpendicolari al piano *ABCD*, e le loro intersezioni sono, per la proposizione diciannovesima dell'XI libro degli *Elementi* di Euclide [14], ad angolo retto allo stesso piano nei punti *O* e *I*; esse sono quindi fra di loro parallele per la proposizione sesta dello stesso libro [15]. E poiché *I* è il centro del cerchio il

[14] Euclide, *Elementi*, XI, 19, trad. cit., p. 886.
[15] Euclide, *op. cit.*, XI, 6, trad. cit., p. 871.

cui diametro è *HL*, *OI* sarà quindi uguale alla metà della corda che sottende il doppio dell'arco che nel circolo di diametro *HL*, è simile a quello di cui la stella dista secondo la longitudine dal principio della Libbra, e che è l'arco che cerchiamo.

Si trova dunque in questo modo. Gli angoli *OKP* e *AEB* sono infatti uguali, poiché l'esterno è uguale all'interno opposto [16], e *OPK* è retto. Perciò *OP* sta ad *OK* come la metà della corda che sottende il doppio di *AB* sta a *BE*, e la metà della corda che sottende il doppio di *AK* sta ad *HIK*. Tali linee comprendono infatti triangoli simili ad *OPK*. Ma l'arco *AB* è di 23° 28′ e mezzo, e la metà della corda che sottende il doppio di esso, è pari a 39.832 parti, essendo *BE* 100.000 di tali parti; e l'arco *ABH* di 25° 28′ e mezzo, la metà della corda che ne sottende il doppio è di 43.010 parti, e la metà della corda, che sottende il doppio dell'arco *MA* di declinazione, è pari a 15.069 parti: segue di qui che tutto *HIK* è eguale a 107.978 parti, *OK* a 37.831 parti, e il resto *HO* a 70.147 parti. Ma il doppio di *HOI* sottende l'arco *HGL* di 176°; *HOI* sarà dunque di 99.939 parti, essendo *BE* 100.000 parti, e quindi il resto *OI* sarà pari a 29.892 [17] parti. In quanto poi si considera *HOI* metà del diametro, ossia di 100.000 parti, *OI* sarà 29.810 parti, e ad essa spetta l'arco di circa 17° 21′, di cui distava la Spiga della Vergine dall'inizio della Libbra: e qui era la posizione della stessa stella.

Anche un decennio prima, cioè nell'anno 1515, trovammo che la stessa stella declinava di 8° 36′, e che la sua posizione era a 17° 14′ della Bilancia. Mentre invece Tolomeo tramandò che essa aveva una declinazione soltanto di mezzo grado; la sua posizione sarebbe stata infatti a 26° 40′ della

[16] *OKP* ed *AEB* sono angoli corrispondenti di due rette parallele tagliate da una terza.
[17] Poiché $OI = HOI - HO$, ed $HOI = 99.939$ e $HO = 70.147$, la differenza è 29.792 e non 29.892 come nei testi delle varie edizioni del *De Revolutionibus*. Nel manoscritto (p. 72 v) si ha anche 29.892, ma la cifra 8 appare sovrascritta, come correzione, a una cifra scritta in precedenza e che sembra essere un 7. L'ediz. dell'Accademia polacca dà quindi 29.792.

Vergine: cosa che sembra abbastanza vera, dal confronto delle precedenti osservazioni.

Da ciò sembra risulti abbastanza chiaramente che in quasi tutto il tempo da Timocari a Tolomeo, in 432 anni, gli equinozi e i solstizi mutarono secondo una precessione di un grado ogni cento anni se sempre si ebbe un rapporto costante del tempo rispetto alla grandezza della precessione, che fu in tutto di 4° 20′. Infatti, confrontando il solstizio d'estate con il Basilisco del Leone, passarono, da Ipparco a Tolomeo, 2° 40′ in 266 anni, cosicché anche qui, con la comparazione del tempo, si trova che la precessione è stata di un grado ogni cento anni. Inoltre, poiché durante i 782 anni tra l'osservazione di Menelao e quella di Albatenio, la prima stella sulla fronte dello Scorpione aveva avuto un cambiamento in longitudine di 11° 55′, sembrerà che siano da attribuire ad un grado non 100 ma 66 anni; e per i 741 anni dopo Tolomeo a un grado solo 65 anni. Se poi l'intervallo rimanente di 645 anni viene rapportato alla differenza di 9° 11′ della nostra osservazione, un grado avrà 71 anni. Da ciò risulta che la precessione degli equinozi era più lenta in quei 400 anni prima di Tolomeo che da Tolomeo ad Albatenio, e questa anche più veloce che da Albatenio ai nostri tempi.

S'è trovata anche una ineguaglianza nel moto dell'obliquità, poiché Aristarco di Samo trovò che l'obliquità dell'eclittica e dell'equatore era di 23° 51′ 20″, la stessa che trovò Tolomeo; Albatenio di 23° 36′ [18], Arzachele lo Spagnolo [19], 190 anni dopo di lui, di 23° 34′; e parimenti, dopo 230 anni, Profazio Ebreo [20] minore di quasi 2′; nel nostro tempo, poi, non la si trova maggiore di 23° 28′ e mezzo [21], cosicché anche di qui è chiaro che il movimento fu minimo da Aristarco a Tolomeo, e massimo invece da Tolomeo ad Albatenio.

Capitolo III

Ipotesi con le quali si dimostra il mutamento degli equinozi e dell'obliquità tra l'eclittica e l'equatore.

Mi sembra dunque risulti evidente da ciò che gli equinozi e i solstizi mutano con un moto irregolare. Non si potrebbe

[18] Il Menzzer (*op. cit.*, nota 87, pp. 18-19) riporta il brano dell'edizione di Norimberga del *De motu stellarum* di Albatenio in cui questi indica l'obliquità dell'eclittica; ed essa è di 23° 35′. Le edizioni di Norimberga, Basilea, Varsavia e Thorn dànno il valore di 23° 26′ in questo capitolo II, mentre dànno il valore di 23° 25′ nel capitolo VI di questo stesso III libro. L'edizione di Amsterdam riproduce il valore di 23° 35′ dato realmente nell'opera di Albatenio; e così aveva fatto, del resto, il Retico nella *Narratio prima* (cfr. la nostra traduzione qui a p. 752). Il manoscritto di Copernico (p. 73 r) ha tuttavia il valore di 23° 36′, ed è questo valore che è riportato nell'edizione del *De Revolutionibus* a cura degli Zeller e nell'ediz. dell'Accademia polacca.

[19] Arzachel (o Archazel, o Azrachel), Ibn el Zarqala, nacque probabilmente a Cordova nel 1029 e visse ed operò a Toledo alla corte del re Adafer Ali Maimon. Morì nel 1087. Fu il miglior osservatore astronomico dei suoi tempi. Gettò i fondamenti delle Tavole Toletane che servirono poi di base alle Tavole Alfonsine. Le Tavole Toletane furono tramandate nella traduzione latina curata da Gherardo di Cremona. Arzachel costruì anche un astrolabio di cui lasciò una descrizione e le avvertenze per l'uso (della quale ci sono anche i codici arabi): essa fu pubblicata a Norimberga nel 1534: *Sapheae recentis res doctrinae patris Abrysakh Azarchelis summi astronomi a Ioanne Schonero Carolo-Stadio.* Pare che dalla differenza tra le proprie osservazioni e quelle di Albatenio circa l'apogeo del sole sia sorta la cosiddetta dottrina della « trepidazione ». Il Menzzer (*op. cit.*, nota 88, p. 19) riporta brani di alcuni manoscritti della Wolfenbütteler Bibliothek da cui risulta che Arzachel calcolò l'inclinazione dell'eclittica a 23° 33′ e mezzo, giungendo talvolta anche al risultato di 23° 30′.

[20] Si tratta di Jacob ben Machir Ibn Tibbon, un ebreo provenzale, rabbino a Montpellier, che si occupò di matematica, astronomia, zoologia, noto soprattutto come traduttore in ebraico dall'arabo di opere scientifiche. Vissuto nel sec. XIII, pare che la sua morte risalga al 1307. Il nome di *Prophatius* è dovuto al fatto che in Provenza egli era noto con l'appellativo di Don Profiat, il Profeta. Le osservazioni a cui si riferisce Copernico (e riportate da Retico nella *Narratio prima*) dovettero essere fatte dal Profazio verso il 1297, poiché viene detto che sono state fatte 420 anni dopo Albatenio, che fece le sue osservazioni circa l'877. Profazio scrisse un'opera sul quadrante, tradusse la *Saphea* di Arzachel e compose delle effemeridi, di cui un codice pergamenaceo (ora a Upsala) era posseduto dalla Biblioteca del Duomo di Frauenburg sin dal 1302. È da quest'opera che Copernico può aver tratto i suoi dati, che Retico ripete nella *Narratio.* Su Profazio, oltre alla nota 89, pp. 19-20 della traduzione tedesca del *De Revolutionibus* a opera di C. L. Menzzer, Thorn, 1879, cfr. J. Millàs i Vallicrosa, *Don Profeit Tibbon, Tractat de l'assafea d'Azarquiel*, Barcellona, 1933. Richard J. Harper, *Prophatius Judaeus and the Medieval Astronomical Tables*, in « Isis », 62, 1971, pp. 61-68; G. J. Toomer, *Prophatius Judaeus and the Toledan Tables*, in « Isis », 64, 1973, pp. 351-55.

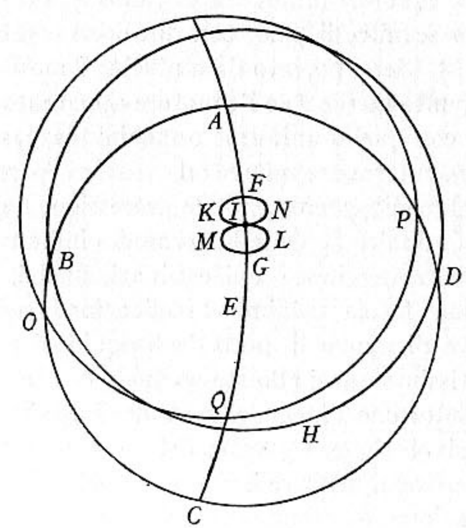
[21] Nel capitolo 10 di questo stesso libro si dà il valore 23° 28′ e due quinti.

forse proporre come causa di tale moto qualcosa di meglio che una qualche deflessione dell'asse terrestre e dei poli dell'equatore. Ciò infatti sembra seguire dall'ipotesi del moto terrestre; poiché è evidente che l'eclittica resta sempre immutabile, come ben l'attestano le latitudini costanti delle stelle fisse, e che invece l'equatore muta. Poiché, se il moto dell'asse terrestre concordasse semplicemente ed esattamente con il moto del centro, non apparirebbe affatto, come abbiamo detto, alcuna precessione degli equinozi e dei solstizi. Invece, differendo questi moti fra di loro, ma con una differenza irregolare, necessariamente anche i solstizi e gli equinozi dovettero precedere con il loro moto le posizioni delle stelle. Lo stesso capita nel caso del moto di declinazione, che muta irregolarmente l'inclinazione dell'eclittica, inclinazione che tuttavia più giustamente si dovrebbe assegnare all'equatore.

Perciò bisogna intendere che vi siano assolutamente due moti reciproci dei poli, simili alle librazioni oscillanti, poiché i poli e i circoli in una sfera sono in stretta corrispondenza e concordia reciproca. Quindi, vi sarà un moto che muta l'inclinazione di quei circoli, venendo spostati i poli in sù e in giù, a proposito dell'angolo di intersezione, e un altro moto che accresce e diminuisce le precessioni degli equinozi e dei solstizi, con un movimento trasversale da una parte e dall'altra. Questi noi li chiamiamo moti di librazione, poiché a mo' di corpi pendenti [oscillanti] tra due estremi e sempre lungo lo stesso percorso, diventano nel mezzo rapidissimi e lentissimi invece verso le estremità. E tali moti avvengono per lo più a proposito delle latitudini dei pianeti (come vedremo a suo luogo). Essi differiscono anche nei loro periodi, poiché l'irregolarità degli equinozi si ripete due volte, durante un solo ritorno della inclinazione. Come poi in ogni moto irregolare apparente, bisogna considerare un moto medio, mediante cui si possa intendere la misura dall'irregolarità, così bisogna considerare anche qui i poli medi e l'equatore medio, e anche le sezioni equinoziali e i punti di solstizio medi, dai quali deviando i poli e l'equatore terrestre da una parte e dall'altra, sia pur entro limiti fissi, facciano apparire irregolari quei moti uniformi. Così, quelle due libra-

zioni che concorrono a vicenda l'una con l'altra fanno sì che i poli terrestri, con il passar del tempo, descrivano certe linee simili ad una corolla intrecciata.

Ma poiché non è facile spiegare a parole queste cose, e tanto meno facilmente, temo, vengono intese da chi ascolta, se non sono osservate anche con gli occhi, tracciamo dunque su una sfera l'eclittica *ABCD*; sia *E* il suo polo nord, *A* il principio del Capricorno, *C* quello del Cancro, *B* quello dell'Ariete, *D* quello della Libbra, e per i punti *A*, *C* e il polo *E* si tracci il circolo *AEC*; sia *EF* la distanza massima dei poli nord dell'eclittica e dell'equatore e sia *EG* la minima e in mezzo vi sia il polo *I*, da cui si tracci l'equatore *BHD*: si chiami tale equatore l'equatore medio e *B*, *D* gli equinozi medi.



Essi tutti si muovano intorno al polo *E* con moto sempre uguale da est ad ovest, cioè contro la successione delle costellazioni, sotto la sfera delle stelle fisse, con un moto lento, come si disse. Ora si immaginino due moti avanti indietro dei poli terrestri simili a quelli di corpi pendenti, l'uno fra i limiti *F* e *G*, che si chiama moto dell'anomalia, ossia dell'ineguaglianza, della declinazione, l'altro trasversale, da ovest ad est e da est ad ovest, che chiamiamo anomalia degli equinozi, due volte più veloce del primo.

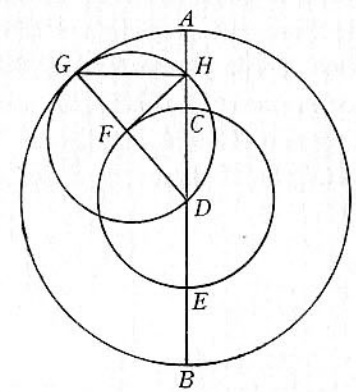
Ambedue questi moti, incontrandosi nei poli terrestri, li fanno deviare in modo sorprendente. Dapprima infatti, stabilito in F il polo nord terrestre, l'equatore descritto intorno ad esso passerà per gli stessi punti B e D, cioè per i poli del circolo $AFEC$; ma farà angoli di inclinazione maggiori in proporzione all'arco FI. Sopravvenendo ora il secondo movimento, esso non permette che il polo della terra, che sta passando dal punto di partenza [F] alla obliquità media I, proceda in linea diretta lungo FI, ma lo conduce lungo una curva e per l'estrema sua latitudine est, che è in K. L'intersezione dell'equatore apparente OPQ descritto attorno a tale punto [K] non sarà in B, ma ad est di esso in O, e la precessione degli equinozi diminuirà di tanto quanto sarà lungo l'arco BO. In seguito, il polo, con direzione cambiata e tendente ad ovest, viene portato da ambedue i moti concorrenti insieme nel punto medio I, e l'equatore apparente coincide in tutti i punti con quello uniforme o medio; ma passando oltre il punto I il polo terrestre muove ad ovest, e separa l'equatore apparente dal medio, accrescendo la precessione degli equinozi fino al secondo limite L. Quindi, tornando indietro, toglie ciò che or ora aveva aggiunto agli equinozi, finché, postosi nel punto G, non faccia minima l'inclinazione nella intersezione B, dove di nuovo il moto degli equinozi e dei solstizi apparirà lentissimo quasi allo stesso modo che in F. A questo momento risulta che l'ineguaglianza degli equinozi ha compiuto la sua rivoluzione, è passata dal punto medio attraverso ambedue gli estremi, mentre il moto dell'obliquità nel passare dalla declinazione massima alla minima, ha percorso soltanto metà del suo circuito. Quindi il polo, proseguendo, si dirige ad est, fino al limite estremo M, e poi, tornando di nuovo indietro si riunisce col polo medio I, e poi ancora, volgendo ad ovest e raggiungendo il punto estremo N, chiude infine la linea $FKILGMINF$ che abbiamo detto intrecciata. Quindi è evidente che in un ciclo dell'obliquità, il polo terrestre tocca due volte il limite occidentale e due volte quello orientale.

Capitolo IV

In che modo il moto reciproco o di librazione consti di moti circolari.

Che dunque questo moto sia in accordo con le apparenze, mostreremo a sufficienza. Intanto, invero, qualcuno potrebbe chiedere in qual modo possa intendersi l'uniformità di quelle librazioni, essendosi detto dal principio che un moto celeste è uniforme o è composto di moti circolari e uniformi. Ma qui, in entrambi i casi, i due moti appaiono come uno solo entro due estremi, nei quali è inevitabile che intervenga la cessazione del moto. Diremo dunque che sono due moti doppi e si dimostra che sono costituiti di moti uniformi nel modo seguente.

Sia la linea retta AB, tagliata in quattro parti in C, D, E, e con centro in D si traccino circoli omocentrici e complanari ADB e CDE, e sulla circonferenza del circolo più interno si prenda un qualsiasi punto F, e con centro in F si tracci, di raggio FD, il circolo GHD, che intersechi la retta AB nel punto H, e si conduca il diametro DFG. Bisogna mostrare che, concorrendo i doppi moti dei circoli GHD e CEF, il punto H mobile scorre andando avanti e indietro lungo la linea retta AB. Il che sarà se si intende che H si muove in direzione opposta e due



volte più veloce di F, poiché lo stesso angolo CDF che è al centro del circolo ECF e alla circonferenza del circolo GHD comprende entrambi gli archi di circoli uguali: l'arco GH doppio dell'arco FC. Poniamo ora che, in un certo momento, nella coincidenza delle linee rette ACD e DEG, il punto mobile H sia stato in G coincidente con A, ed F in C. Ora, tuttavia, il centro F si è mosso verso destra lungo FC e il punto H si è mosso lungo l'arco GH verso sinistra di due volte la distanza CF, o inversamente; H ripiegherà sulla linea AB: altrimenti avverrebbe che la parte è maggiore del suo tutto, come credo si possa intendere facilmente. Ma il punto H si è allontanato dalla posizione precedente lungo la lunghezza AH, tirato indietro dalla linea spezzata DFH, uguale a AD, dello spazio di cui il diametro DFG supera la corda DH. E in tal modo H sarà portato al centro D, il che avverrà nel momento di tangenza del circolo DHG con la linea retta AB, cioè quando GD sarà perpendicolare ad AB; e quindi perverrà al secondo estremo B, da cui nuovamente nello stesso modo tornerà indietro [22]. È chiaro dunque che con due moti circolari e che concorrono a vicenda in tal modo si compone un moto in linea retta, e da moti uniformi ne risulta uno reciproco e non uniforme, come si doveva dimostrare.

Da ciò segue anche che la retta GH sarà sempre ad angoli retti rispetto ad AB: infatti comprendono un angolo retto le linee nel semicircolo DHG. E quindi GH sarà la metà della corda che sottende il doppio dell'arco AG, e DH la metà della corda che sottende il doppio dell'arco che avanza sottraendo AG dal quadrante di circolo [90°], poiché il circolo AGB ha il diametro doppio del circolo HGD.

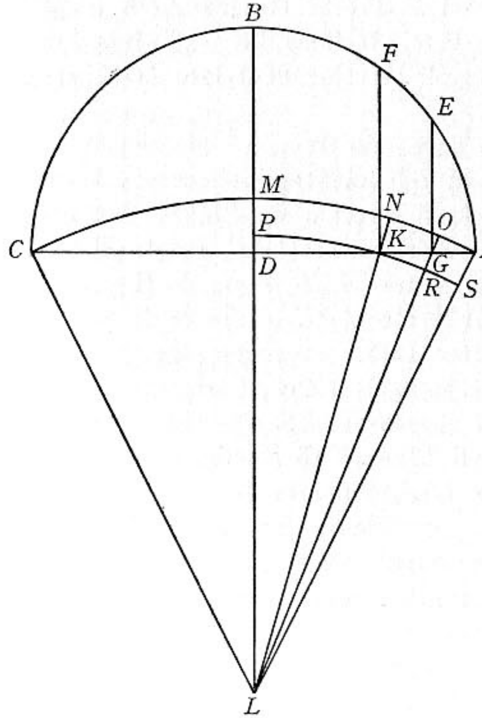
[22] Alla pagina 75 r del manoscritto si trovano, qui di seguito, le seguenti frasi, poi cancellate: « Alcuni poi chiamano questo moto nell'ampiezza del circolo, cioè lungo il diametro, moto di cui tuttavia deducono il periodo e la grandezza dalla sua circonferenza, come mostreremo poco oltre. Va inoltre osservato, incidentalmente, che se i cerchi HG e CF sono diseguali, rimanendo invariate le altre condizioni, non descriveranno una linea retta, bensì una sezione conica o cilindrica che i matematici chiamano ellissi; ma di ciò altrove. Dimostrazione dell'irregolarità della precessione degli equinozi e dell'obliquità, cap. V. Da quel che s'è detto dimostreremo pertanto in qual modo il moto ». Pare del tutto gratuito, tuttavia, pensare, come fa il Menzzer (*op. cit.*, nota 91a, p. 22), che qui Copernico abbia avuto un presentimento dell'ellitticità delle orbite planetarie. Non c'è qui alcun riferimento a movimenti orbitali: cfr. la nota di J. DOBRZYCKI nel commentario cit., p. 402.

Capitolo V

DIMOSTRAZIONE DELLA NON UNIFORMITÀ DELLE PRECESSIONI DEGLI EQUINOZI E DELL'OBLIQUITÀ

Per questo motivo, alcuni chiamano questo moto il moto nell'ampiezza del circolo, cioè lungo il diametro, moto il cui periodo e uniformità individuano nella circonferenza, mentre invece la misura nelle corde. Cosicché facilmente si dimostra che tale moto appare non uniforme e più veloce intorno al centro e più lento presso la circonferenza.

Sia infatti ABC un semicerchio, il suo centro D, il diametro ADC, e sia bisecato nel punto B: si prendano poi gli archi



AE e BF uguali, e dai punti F ed E si conducano le perpendicolari ad ADC, EG ed FK. Poiché dunque il doppio di DK è la corda del doppio dell'arco BF, e il doppio di EG la corda del doppio dell'arco AE, sono quindi uguali DK ed EG; ma AG, per la proposizione settima del libro III degli *Elementi* di Euclide [23], è minore di GE, sarà minore quindi anche di DK. Ma in tempo uguale passarono GA e KD a causa degli archi uguali AE e BF. È più lento dunque il moto intorno alla circonferenza A che intorno al centro D.

Dimostrato ciò, si prenda il centro della terra in L, cosicché la linea retta DL sia perpendicolare rispetto al piano ABC del semicerchio, e per i punti A, C si tracci, con centro in L, l'arco di cerchio AMC e a linea retta si conduca LDM. Sarà perciò in M il polo del semicerchio ABC, e ADC l'intersezione dei circoli; si uniscano LA, LC, e similmente LK, LG, che, prolungate in linea retta, intersechino l'arco AMC in N ed O. Poiché l'angolo LDK è retto, è dunque acuto LKD. Perciò la linea LK è più lunga di LD, e tanto più nei triangoli ottusangoli il lato LG è maggiore di LK e LA di LG.

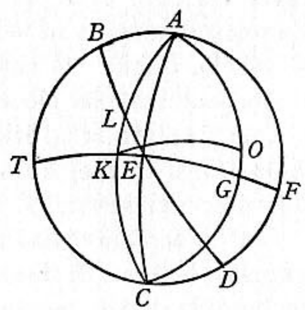
Pertanto il cerchio tracciato con centro L e raggio LK, cadrà fuori di LD, mentre intersecherà le rimanenti linee LG ed LA; lo si tracci e sia $PKRS$. E poiché il triangolo LDK è minore del settore LPK, mentre il triangolo LAG è maggiore del settore LRS, e perciò il rapporto del triangolo LDK al settore LPK è minore di quello del triangolo LGA al settore LRS, reciprocamente sarà anche minore il rapporto del triangolo LDK al triangolo LGA di quello del settore LPK al settore LRS, e per la proposizione prima del libro VI degli *Elementi* di Euclide [24], il triangolo LDK sta al triangolo LGA come la base DK sta alla base AG. Anche il rapporto del settore al settore [sett. LPK : sett. LRS] è come quello dell'angolo DLK all'angolo RLS, ossia quello dell'arco MN all'arco OA. Pertanto DK ha rispetto a GA un rapporto minore di MN rispetto ad OA. Abbiamo invero già dimostrato che DK è maggiore di GA, tanto più MN sarà maggiore di OA, archi che, in intervalli di tempo uguali, si intendono descritti dai poli terrestri, secondo gli

[23] EUCLIDE, *Elementi*, III, 7, trad. cit., p. 211.
[24] EUCLIDE, *op. cit.*, VI, 1, trad. cit., p. 361.

archi uguali dell'anomalia AE e BF, come si doveva dimostrare.

In verità, essendo modesta la differenza fra l'inclinazione massima e la minima che non supera i due quinti di un grado [24′], sarà anche insensibile la differenza fra la curva AMC e la retta ADC, cosicché non sorge errore, se avremo lavorato semplicemente con la linea ADC e il semicerchio ABC. Lo stesso avviene all'incirca a proposito dell'altro moto dei poli, che riguarda gli equinozi, poiché neppure esso ammonta a mezzo grado, come apparirà in seguito.

Sia ancora $ABCD$ il circolo che passa per i poli dell'eclittica e dell'equatore medio, che possiamo chiamare coluro medio del Cancro. L'eclittica sia DEB e l'equatore medio AEC, intersecantisi a vicenda in E, in cui sarà l'equinozio medio. Il polo dell'equatore sia poi F, per il quale si tracci il circolo massimo FET; esso sarà perciò il coluro degli equinozi medi o uniformi. Separiamo dunque la librazione degli equinozi di più facile dimostrazione dall'obliquità dell'eclittica. Preso sul coluro EF l'arco FG, attraverso cui si consideri rimosso il polo apparente G dell'equatore dal polo medio F, e con G come polo si descriva il semicircolo $ALKC$ dell'equatore apparente, che taglierà l'eclittica in L. Sarà dunque lo stesso punto L l'equinozio apparente, distante dal medio dell'arco LE, che EK rende uguale a FG. Ché se, fatto di K il polo, avremo descritto il circolo AGC, si immagini che il polo dell'equatore, nel tempo che si compie la librazione FG, non sia rimasto come polo reale in G, ma, per impulso della seconda librazione, si sia allontanato verso l'obliquità dell'eclittica lungo l'arco GO. Restando dunque l'eclittica BED, si muterà l'equatore reale, apparendo presso la trasposizione O del polo. Sarà similmente il moto dell'intersezione L dell'equatore apparente più veloce intorno al punto di mezzo E, lentissimo alle estremità, quasi propor-



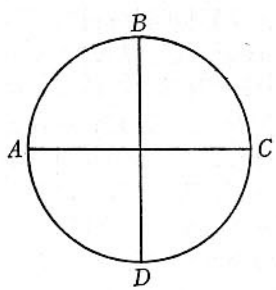
zionale alla librazione dei poli già dimostrata. L'aver capito ciò era il premio della fatica.

Capitolo VI

I moti uniformi della precessione degli equinozi e dell'obliquità dell'eclittica.

Ogni moto circolare, poi, che appare irregolare, si svolge entro quattro limiti; c'è il punto dove appare lento, quello dove appare veloce come se fosse nei punti estremi, e quello dove appare mediano come nelle posizioni intermedie, poiché dalla fine della diminuizione e dall'inizio dell'accrescimento della velocità, esso passa alla velocità mediana, a partire da questa aumenta in velocità, poi di nuovo tende dal veloce al medio, quindi nel rimanente del ciclo ritorna alla precedente lentezza. Da ciò è dato intendere in quale parte del circolo sia stata la posizione dell'ineguaglianza o anomalia in rapporto al tempo, e da queste indicazioni si ricava anche il periodo dell'anomalia.

In un cerchio diviso in quattro parti sia *A* il luogo della massima lentezza, *B* il punto di mezzo della velocità crescente, *C* la fine dell'accrescimento e l'inizio della diminuizione, *D* il mezzo della velocità decrescente.



Poiché dunque, come prima si è riferito [25], da Timocari a Tolomeo il moto apparente di precessione degli equinozi è stato trovato più lento che negli altri tempi, e poiché per un certo tempo appariva uguale e uniforme, come mostrano le osservazioni di Aristillo [26], Ipparco, Agrippa [27] e Menelao nel periodo intermedio, ne risulta che il moto apparente degli equinozi è stato semplicemente lentissimo, e che nel periodo intermedio è stato all'inizio dell'accrescimento, quando la diminuizione che andava cessando, unita all'inizio dell'accrescimento, con mutua compensazione faceva sì che frattanto il moto apparisse uniforme. Perciò l'osservazione di Timocari è da porre nell'ultima parte del circolo, lungo *DA*, mentre quella di Tolomeo cadrà nel primo quadrante, lungo *AB*. Di nuovo, poiché nel secondo intervallo, da Tolomeo ad Albatenio Aratense [28], si trova il moto più veloce che nel terzo, è chiaro che la velocità massima, cioè il punto *C*, è passata nel secondo intervallo, e che l'anomalia è già giunta al terzo quadrante del circolo, lungo *CD*, e che nel terzo intervallo di tempo fino a noi il periodo dell'anomalia si compie quasi allo stesso modo, e ritorna al punto di partenza di Timocari. Infatti, se dividiamo tutto il ciclo di 1819 anni da Timocari a noi [1525], come al solito, in 360 gradi, avremo in rapporto a 432 anni un arco di 85° 30′, in rapporto a 742 anni un arco di 146° 51′, e per i rimanenti 645 anni, l'arco rimanente di 127° 39′. Questo l'abbiamo concepito per ovvia e semplice congettura, ma rivolgendosi ad un calcolo più preciso, per essere più esattamente in accordo con le osservazioni, troviamo che il moto dell'anomalia in 1819 anni egizi aveva già superato di 21° 24′ la sua rivoluzione completa, e che il tempo del periodo contiene solo 1717 anni egizi: per tale calcolo si ha che il primo segmento circolare sarà di 90° 35′, il secondo di 155° 34′, mentre il terzo per i 543 anni rimanenti conterrà 113° 51′ di circolo.

[25] Cfr., di questo libro, il capitolo 2.

[26] Aristillo, forse nato a Samo, fu un contemporaneo di Timocari e visse nei primi decenni del sec. III a. C. Fece un numero di osservazioni sulle stelle fisse minore di quello di Timocari, ed anche con minor precisione. Tuttavia, anche le sue osservazioni furono utilizzate da Ipparco e Tolomeo (*Almagesto* VII, cap. 1) dice che Aristillo e Timocari furono i soli ad osservare le stelle fisse prima di Ipparco. Nel manoscritto (p. 78 v) al posto di Aristillo c'era, poi cancellato, « Aristarco »: cfr. la nota di J. Dobrzycki, nel commento cit., p. 402, che indica la fonte dell'errore nella scorretta ediz. latina del 1515 dell'*Almagesto*, usata da Copernico.

[27] Su Agrippa cfr. nota 21 alla traduzione della lettera contro il Werner. La sua opera è andata perduta. Fu un contemporaneo di Menelao (cfr., il cap. 2 di questo libro) che secondo la testimonianza di Tolomeo (*Almagesto*, VII, cap. 3) osservò le Pleiadi in Bitinia, durante l'ultimo periodo dell'impero di Domiziano, nel 93 d. C.

[28] Dal 139 all'881 d. C. sono 742 anni.

Così stabiliti questi fatti, risultò anche il moto medio di precessione degli equinozi; che esso è di 23° 57′ per gli stessi 1717 anni, durante i quali nel complesso la variazione è tornata allo stato iniziale, poiché in 1819 anni abbiamo avuto un moto apparente di 25° 1′ circa. Invero, in 102 anni dopo Timocari, dei quali 1717 anni distano da 1819, il moto apparente doveva essere stato di circa 1° 4′, tanto più che è verosimile che allora fosse un po' più grande, che se in cento anni avesse acquistato 1°, poiché decresceva, pur non avendo ancora raggiunto la fine della diminuzione. Quindi, se togliamo 1° 4′ a 25° 1′, rimarrà per 1717 anni egizi quel moto medio ed uniforme, che dicemmo, di 23° 57′ ora confrontato con quello vario e apparente; quindi l'intera rivoluzione uniforme della precessione degli equinozi si compie in 25.816 anni [29], nel qual tempo si compiono 15 cicli dell'anomalia più circa una ventottesima parte di essa.

Con questa misura si accorda anche il moto dell'obliquità, il cui ciclo dicevamo essere due volte più lento della precessione degli equinozi. Infatti, ciò che Tolomeo ha riferito [30], che l'obliquità di 23° 51′ 20″ nei quattrocento anni prima di lui a partire da Aristarco di Samo non era affatto mutata, indica che essa allora si trovava quasi presso il limite della massima obliquità, quando cioè anche la precessione degli equinozi era nel movimento più lento. E ora anche, mentre si avvicina la stessa fase della lentezza, l'inclinazione dell'asse va non verso il suo valore massimo, bensì verso il minimo. E Albatenio Aratense la trovò, come si è detto, nel periodo di tempo intermedio, di 23° 35′, Arzachel Ispano, 190 anni dopo di lui, di 23° 34′, e parimenti 230 anni dopo, Profazio Ebreo la trovò minore di circa 2′.

Per ciò che riguarda il nostro tempo [31], infine, noi da trenta anni con frequenti osservazioni abbiamo trovato

[29] Anche il manoscritto dà il numero 25.816. Ma è un risultato errato, perché una rivoluzione completa della precessione – il cui valore ammonta a 23° 57′ in 1717 anni – richiede 25.808, 768 anni. L'ediz. di Varsavia arrotonda in 25.809 anni. Cfr. MENZZER, trad. cit., nota 100, p. 22.

[30] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. I, cap. 12.

[31] Nel manoscritto (p. 79 r) si trova, aggiunta in margine, l'annotazione: «Giovanni Regiomontano 23° 28′ e mezzo», mentre nel testo vi sono le

23° 28′ e circa due quinti di primo [32], valore da cui Giorgio Purbach [33] e Giovanni da Monteregio [34], che ci hanno immediatamente preceduto, poco differiscono. Nel che, ancora, si mostra assai chiaramente che il mutamento dell'obliquità per i novecento anni dopo Tolomeo è stato più grande che in qualsiasi altro periodo di tempo. Avendo dunque già un

seguenti righe (cancellate): «Giorgio Purbach nell'anno di Cristo 1460 l'annotò di 23 gradi, come quelli, ma di minuti 28, Domenico Maria Novariense, nell'anno di Cristo 1491, oltre i gradi interi, 29 minuti e qualcosa di più. Su Domenico Maria Novara cfr. la nota 13 alla traduzione della *Narratio prima* del Retico.

[32] Cfr. la nota 21.

[33] Georg Purbach o Peurbach, prese il nome dal paese natale Peuerbach, in Austria, ove nacque il 30 maggio 1423. Fu allievo a Vienna di Giovanni Gemünd, il fondatore della scuola astronomica viennese, e studiò in seguito in Germania, Francia e Italia. Fu uno degli uomini più dotti della sua epoca, in contatto con altri studiosi illustri, come Nicola Cusano. Gran fama ebbe la sua opera *Theoricae novae planetarum* (pubblicata dal Regiomontano) e l'*Epitome* dell'*Almagesto*, poi compiuta dallo stesso Regiomontano. Morì a Vienna l'8 aprile 1461.

[34] Su Johannes Müller (6 giugno 1436-6 luglio 1476), che prese dal luogo natale (Königsberg in Franconia) il soprannome di Johannes de Monteregio o Regiomontano, v. la nota 16 al *Commentariolus*. È una delle personalità più notevoli del Quattrocento europeo e non solo tedesco. A sedici anni venne a Vienna a studiare con Georg Peurbach (v. la suddetta nota 16 e la nota 33 al libro III del *De Revolutionibus*) e l'assistette nella preparazione del suo lavoro sull'astronomia tolemaica. Nel '62, un anno dopo la morte del Peurbach, venne in Italia alimentandosi agli ideali umanistici e studiando a Roma, Ferrara, Padova. Studiò il greco, il che gli permise la consultazione del testo originale dell'*Almagesto* e il completamento nel 1463 dell'*Epitome in Almagestum Ptolomaei*, iniziata dal suo maestro. Tradusse anche in latino la *Geografia* di Tolomeo. Nel '68 egli ritornò a Vienna e poi, su invito del re di Ungheria, si recò a Budapest a studiare manoscritti greci. Nel '71 si stabilì a Norimberga, ove con la collaborazione e l'aiuto finanziario di Bernard Walther fondò un osservatorio astronomico, il primo in Europa, e costruì strumenti assai perfezionati, descritti negli *Scripta* pubblicati postumi nel 1544. Nel 1472 fece osservazioni su una grande cometa (forse quella di Halley) e cominciò una serie di pubblicazioni in una stamperia impiantata in casa del Walther: una serie di calendari popolari, le *Theoricae planetarum novae* del Peurbach, ecc.; e (nel '74) le *Effemeridi* per gli anni 1474-1506, in cui descrisse il metodo delle distanze lunari per la determinazione della longitudine sul mare. Nel 1472 fu invitato a Roma dal papa Sisto IV per collaborare alla riforma del calendario; ma non poté portare a termine l'impresa a cui molto teneva: in un successivo soggiorno a Roma, fu stroncato da una pestilenza il 6 luglio 1476. Oltre che alla sua cultura umanistica ed ai suoi studi astronomici, la fama del Regiomontano è legata anche alla sua opera di matematico: nel '64 compose *De triangulis planis et sphaericis* (pubblicato poi a Venezia solo nel 1533), che è la prima esposizione moderna della trigonometria piana e sferica. Egli fu anche un appassionato cultore di astrologia: fino all'inizio del Seicento furono più volte ristampate le sue *Tabulae directionum proiectionumque*, circa lo influsso dei corpi celesti sulle vicende terrene.

circolo completo dell'anomalia della precessione in 1717 anni, avremo anche, durante questo tempo, un mezzo periodo dell'obliquità, e in 3434 anni l'intero suo giro di rivoluzione. Perciò, se divideremo 360° per lo stesso numero di 3434 anni, ovvero 180° per 1717, il moto annuo dell'anomalia semplice risulterà di 6 primi 17 secondi 24 terzi 9 quarti. Questi poi, divisi per 365 giorni, danno un moto diurno di 1 secondo 2 terzi 2 quarti. Similmente, avendo diviso il moto medio di precessione degli equinozi per 1717 anni essendo esso di 23° 57′, il moto annuo risulterà di 50 secondi 12 terzi 5 quarti [35], e, avendo diviso questo per 365 giorni, il moto diurno sarà di 8 terzi 15 quarti.

Per rendere poi più facilmente accessibili i moti, e per averli a portata di mano, quando occorra, esporremo le loro tavole o canoni, con la continua aggiunta uniforme del moto annuo, riportando sempre 60 parti [di un ordine] alle unità dell'ordine superiore, nel caso che superino, e così procederemo per comodità fino all'ordine di 60 anni. Infatti, per ogni sessantina d'anni si presenta la stessa configurazione di numeri, trasponendo soltanto le denominazioni dei gradi e dei minuti, cosicché quelli che erano secondi divengano primi, e così via [36]. E con tale compendio, attraverso queste brevi tavole, sarà possibile almeno per 3600 anni, con un doppio inizio, determinare ed inferire i moti uniformi per gli anni che siano proposti. Così avverrà anche a proposito del numero dei giorni. Inoltre, ci serviremo, nel computo dei moti celesti, sempre di anni egizi, che sono i soli ad essere uniformi fra gli anni legali. Era infatti opportuno che la misura corrispondesse al misurato, cosa che non avviene negli anni dei Romani, dei Greci e dei Persiani, nei quali si fanno intercalazioni non in un solo modo, ma come piacque a ciascuna

[35] Anche il manoscritto (p. 79 v) dà tale valore; ma 23° 57′ divisi per 1717 danno 50 secondi, 12 terzi, 55 quarti. Si ottiene invece il valore dato da Copernico dividendo 360° per 25.816 (il numero d'anni ch'egli dà per una rivoluzione completa della precessione degli equinozi). Cfr. MENZZER, trad. cit., nota 104, p. 23.

[36] Le stesse configurazioni di numeri ritornano nei multipli di 60 anni, poiché il ciclo del moto è diviso secondo il sistema sessagesimale. Se fosse diviso secondo il sistema decimale ritornerebbero nei multipli di dieci anni.

di quelle genti. L'anno egizio invece non comporta alcuna ambiguità per ciò che riguarda il numero determinato di 365 giorni, che sono ripartiti sotto 12 mesi uguali, i quali in ordine vengono così chiamati: Thoth, Phaophi, Athyr, Chiach, Tybi, Mechyr, Phamenoth, Pharmuthi, Pachon, Pauni, Epiphi, Mesori, in cui uniformemente sono contenuti 6 periodi di sessanta giorni, e i 5 giorni residui si chiamano intercalari [37]. Sono perciò comodissimi gli anni egizi nel computo dei moti uniformi, e ad essi vengono ricondotti facilmente gli altri anni, mediante la risoluzione in giorni.

[37] Essi seguono ai 30 giorni del mese di Mesori.

MOTO UNIFORME DELLA PRECESSIONE DEGLI EQUINOZI PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANT'ANNI

Anni Egizi	LONGITUDINE						Anni Egizi	LONGITUDINE				
	Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°			Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°
1	0	0	0	50	12		31	0	0	25	56	14
2	0	0	1	40	24		32	0	0	26	46	26
3	0	0	2	30	36		33	0	0	27	36	38
4	0	0	3	20	48	Posizione [alla nascita] di Cristo 5. 32.	34	0	0	28	26	50
5	0	0	4	11	0		35	0	0	29	17	2
6	0	0	5	1	12		36	0	0	30	7	15
7	0	0	5	51	24		37	0	0	30	57	27
8	0	0	6	41	36		38	0	0	31	47	39
9	0	0	7	31	48		39	0	0	32	37	51
10	0	0	8	22	0		40	0	0	33	28	3
11	0	0	9	12	12		41	0	0	34	18	15
12	0	0	10	2	25		42	0	0	35	8	27
13	0	0	10	52	37		43	0	0	35	58	39
14	0	0	11	42	49		44	0	0	36	48	51
15	0	0	12	33	1		45	0	0	37	39	3
16	0	0	13	23	13		46	0	0	38	29	15
17	0	0	14	13	25		47	0	0	39	19	27
18	0	0	15	3	37		48	0	0	40	9	40
19	0	0	15	53	49		49	0	0	40	59	52
20	0	0	16	44	1		50	0	0	41	50	4
21	0	0	17	34	13		51	0	0	42	40	16
22	0	0	18	24	25		52	0	0	43	30	28
23	0	0	19	14	37		53	0	0	44	20	40
24	0	0	20	4	50		54	0	0	45	10	52
25	0	0	20	55	2		55	0	0	46	1	4
26	0	0	21	45	14		56	0	0	46	51	16
27	0	0	22	35	26		57	0	0	47	41	28
28	0	0	23	25	38		58	0	0	48	31	40
29	0	0	24	15	50		59	0	0	49	21	52
30	0	0	25	6	2		60	0	0	50	12	5

MOTO UNIFORME DELLA PRECESSIONE DEGLI EQUINOZI PER GIORNI E PER PERIODI DI SESSANTA GIORNI

Giorni	MOTO					Giorni	MOTO				
	Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°		Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°
1	0	0	0	0	8	31	0	0	0	4	15
2	0	0	0	0	16	32	0	0	0	4	24
3	0	0	0	0	24	33	0	0	0	4	32
4	0	0	0	0	33	34	0	0	0	4	40
5	0	0	0	0	41	35	0	0	0	4	48
6	0	0	0	0	49	36	0	0	0	4	57
7	0	0	0	0	57	37	0	0	0	5	5
8	0	0	0	1	6	38	0	0	0	5	13
9	0	0	0	1	14	39	0	0	0	5	21
10	0	0	0	1	22	40	0	0	0	5	30
11	0	0	0	1	30	41	0	0	0	5	38
12	0	0	0	1	39	42	0	0	0	5	46
13	0	0	0	1	47	43	0	0	0	5	54
14	0	0	0	1	55	44	0	0	0	6	3
15	0	0	0	2	3	45	0	0	0	6	11
16	0	0	0	2	12	46	0	0	0	6	19
17	0	0	0	2	20	47	0	0	0	6	27
18	0	0	0	2	28	48	0	0	0	6	36
19	0	0	0	2	36	49	0	0	0	6	44
20	0	0	0	2	45	50	0	0	0	6	52
21	0	0	0	2	53	51	0	0	0	7	0
22	0	0	0	3	1	52	0	0	0	7	9
23	0	0	0	3	9	53	0	0	0	7	17
24	0	0	0	3	18	54	0	0	0	7	25
25	0	0	0	3	26	55	0	0	0	7	33
26	0	0	0	3	34	56	0	0	0	7	42
27	0	0	0	3	42	57	0	0	0	7	50
28	0	0	0	3	51	58	0	0	0	7	58
29	0	0	0	3	59	59	0	0	0	8	6
30	0	0	0	4	7	60	0	0	0	8	15

MOTO DELL'ANOMALIA DEGLI EQUINOZI PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANTA ANNI

Anni Egizi	MOTO Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°		Anni Egizi	MOTO Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°
1	0	0	6	17	24	6. 45.	31	0	3	14	59	28
2	0	0	12	34	48		32	0	3	21	16	52
3	0	0	18	52	12	Posizione [alla nascita] di Cristo	33	0	3	27	34	16
4	0	0	25	9	36		34	0	3	33	51	41
5	0	0	31	27	0		35	0	3	40	9	5
6	0	0	37	44	24		36	0	3	46	26	29
7	0	0	44	1	49		37	0	3	52	43	53
8	0	0	50	19	13		38	0	3	59	1	17
9	0	0	56	36	36		39	0	4	5	18	42
10	0	1	2	54	1		40	0	4	11	36	6
11	0	1	9	11	25		41	0	4	17	53	30
12	0	1	15	28	49		42	0	4	24	10	54
13	0	1	21	46	13		43	0	4	30	28	18
14	0	1	28	3	38		44	0	4	36	45	42
15	0	1	34	21	2		45	0	4	43	3	6
16	0	1	40	38	26		46	0	4	49	20	31
17	0	1	46	55	50		47	0	4	55	37	55
18	0	1	53	13	14		48	0	5	1	55	19
19	0	1	59	30	38		49	0	5	8	12	43
20	0	2	5	48	3		50	0	5	14	30	7
21	0	2	12	5	27		51	0	5	20	47	31
22	0	2	18	22	51		52	0	5	27	4	55
23	0	2	24	40	15		53	0	5	33	22	20
24	0	2	30	57	39		54	0	5	39	39	44
25	0	2	37	15	3		55	0	5	45	57	8
26	0	2	43	32	27		56	0	5	52	14	32
27	0	2	49	49	52		57	0	5	58	31	56
28	0	2	56	7	16		58	0	6	4	49	20
29	0	3	2	24	40		59	0	6	11	6	45
30	0	3	8	42	4		60	0	6	17	24	9

MOTO DELL'ANOMALIA DEGLI EQUINOZI PER GIORNI E PER PERIODI DI SESSANTA GIORNI

Giorni	MOTO Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°	Giorni	MOTO Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°
1	0	0	0	1	2	31	0	0	0	32	3
2	0	0	0	2	4	32	0	0	0	33	5
3	0	0	0	3	6	33	0	0	0	34	7
4	0	0	0	4	8	34	0	0	0	35	9
5	0	0	0	5	10	35	0	0	0	36	11
6	0	0	0	6	12	36	0	0	0	37	13
7	0	0	0	7	14	37	0	0	0	38	15
8	0	0	0	8	16	38	0	0	0	39	17
9	0	0	0	9	18	39	0	0	0	40	19
10	0	0	0	10	20	40	0	0	0	41	21
11	0	0	0	11	22	41	0	0	0	42	23
12	0	0	0	12	24	42	0	0	0	43	25
13	0	0	0	13	26	43	0	0	0	44	27
14	0	0	0	14	28	44	0	0	0	45	29
15	0	0	0	15	30	45	0	0	0	46	31
16	0	0	0	16	32	46	0	0	0	47	33
17	0	0	0	17	34	47	0	0	0	48	35
18	0	0	0	18	36	48	0	0	0	49	37
19	0	0	0	19	38	49	0	0	0	50	39
20	0	0	0	20	40	50	0	0	0	51	41
21	0	0	0	21	42	51	0	0	0	52	43
22	0	0	0	22	44	52	0	0	0	53	45
23	0	0	0	23	46	53	0	0	0	54	47
24	0	0	0	24	48	54	0	0	0	55	49
25	0	0	0	25	50	55	0	0	0	56	51
26	0	0	0	26	52	56	0	0	0	57	53
27	0	0	0	27	54	57	0	0	0	58	55
28	0	0	0	28	56	58	0	0	0	59	57
29	0	0	0	29	58	59	0	0	1	0	59
30	0	0	0	31	1	60	0	0	1	2	2

Capitolo VII

Quale sia la differenza massima tra la precessione regolare e quella apparente degli equinozi.

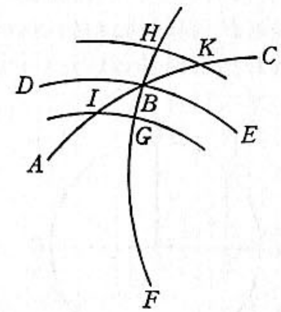
Avendo così esposto i moti medi, bisogna ormai indagare quale sia la differenza massima tra il moto regolare degli equinozi e quello apparente, ossia qual è il diametro del piccolo cerchio attraverso il quale si compie il moto dell'anomalia. Infatti, conosciuto questo, sarà facile discernere qualsiasi altra differenza tra gli stessi moti. Poiché dunque, come sopra si è riferito, tra la prima osservazione di Timocari e quella di Tolomeo nel secondo anno di Antonino ci furono 432 anni, nel qual tempo il moto medio è stato di 6°, mentre quello apparente era di 4° 20′, si ha che la loro differenza è di 1° 40′. Il moto dell'anomalia doppia [38] era di 90° 35′. Si è visto anche che, circa la metà di questo periodo di tempo, il moto apparente toccava il massimo della sua lentezza e che necessariamente esso coincideva con il moto medio, mentre nella medesima intersezione dei cerchi si trovavano sia l'equinozio vero sia quello medio. Perciò, divisi in due parti il moto e il tempo, le differenze tra il moto variante e quello uniforme saranno di 50′ dall'una parte e dall'altra, differenze che gli archi del cerchio di anomalia comprendono da entrambi i lati sotto 45° 17′ e mezzo [39].

Avendo così stabilito tali dati, sia *ABC* l'arco dell'eclittica, *DBE* l'equatore medio, *B* sia l'intersezione media degli equinozi apparenti, o dell'Ariete o della Bilancia, e

[38] L'anomalia della precessione degli equinozi è detta « doppia » poiché essa compie due cicli per ogni ciclo dell'anomalia dell'obliquità dell'eclittica, che è detta « semplice ». Cfr. il capitolo precedente.

[39] Per la parte che segue il manoscritto di questo capitolo è piuttosto tormentato. Nelle edizioni sino a quella di Varsavia del 1854 era riprodotto il testo che noi abbiamo seguito, poiché ne è stata mostrata la validità, anche dal punto di vista del senso, dagli editori dell'ediz. dell'Accademia polacca: cfr. J. Dobrzycki, commento cit., pp. 404-5. Già l'*errata corrige* dell'*editio princeps*, a cui si attennero poi l'ediz. di Thorn e quella degli Zeller, proponevano invece di mettere in successione i capoversi inizianti rispettivamente con: « Ma poiché tutto ciò ... », « Sia *ABC* una parte dell'eclittica ... », « Avendo così stabilito ... ».

attraverso i poli di *DBE* scenda *BF*. Si prendano poi su *ABC*, da una parte e dall'altra, gli archi *BI* e *BK*, ciascuno di 1° 10′, cosicché tutto *IBK* sia 2° 20′. Si traccino inoltre due archi, *IG* e *HK*, degli equatori apparenti ad angolo retto a *FB* prolungato in *FBH*. Dico ad angolo retto pur essendo per lo più i poli di *IG* e *HK* fuori del circolo *BF*, poiché, come si è visto nell'ipotesi [40], si aggiunge il moto di declinazione, ma per la differenza abbastanza piccola che, quando è massima, non supera la quattrocentocinquantesima [41] parte di un angolo retto, operiamo con tali angoli come se fossero retti per la percezione sensibile: non comparirà per questo motivo alcun errore. Poiché nel triangolo *IBG* l'angolo *IBG* è di 66° 20′, in quanto il suo complemento a *DBA* era di 23° 40′ – l'angolo dell'obliquità media dell'eclittica –, *BGI* è retto, e inoltre *BGI* è quasi eguale al suo alterno [interno] *IBD*, e il lato *IB* è di 50′ [42], risulta dunque anche l'arco *BG* della distanza dei poli dell'[equatore] medio e di quello apparente, arco eguale a 20′ [43]. Analogamente, nel triangolo *BHK* i due angoli *BHK* e *HBK* sono eguali rispettivamente ai due angoli *IBG* e *IGB*, e il lato *BK* è eguale al lato *BI*: dunque anche *BH* sarà eguale a *BG*, cioè a 20′ [44].



Ma poiché tutto ciò concerne grandezze minime, non raggiungendo 1° e mezzo dell'eclittica, grandezze in cui le corde rettilinee quasi coincidono con i loro archi ed a mala pena si

[40] Cfr. il cap. III di questo libro.

[41] L'edizione di Thorn corregge in « trecentocinquantesima », mentre « quattrocentocinquanta » è nel manoscritto e nelle ediz. precedenti: cfr. Menzzer, trad. cit., nota 114, p. 23. Il Dobrzycki, commento cit., p. 405, mostra erronea la correzione.

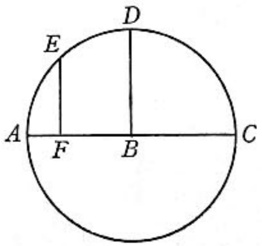
[42] Nell'*errata corrige* dell'edizione principe si dà il valore di 70′, ripreso anche nell'ediz. di Thorn.

[43] Nell'*errata corrige* dell'edizione principe si corregge questo errore (che è anche nel manoscritto) dando il valore di 28′. La correzione è ripresa nell'edizione di Thorn.

[44] Cfr. la nota precedente: anche qui al posto di 20′ va il valore di 28′.

trova qualche differenza nei minuti terzi, non commetteremo alcun errore se invece degli archi ci serviremo delle linee rette. Infatti, *GB* starà a *BH* come *IB* a *BK* e staranno nello stesso rapporto i movimenti tanto nei poli quanto nei punti di intersezione.

Sia *ABC* una parte dell'eclittica, in cui l'equinozio medio sia *B*; preso questo come polo, si tracci il semicerchio *ADC*, che intersechi l'eclittica nei punti *A* e *C*; si conduca anche *DB* dal polo dell'eclittica, segmento che biseccherà in *D* il semicerchio descritto. Si supponga che nel punto *D* sia il limite massimo della lentezza ed il principio dell'aumento. Nel quadrante *AD* si prenda l'arco *DE* di 45° 17', e per il punto *E* scenda *EF* dal polo dell'eclittica, e sia *BF* di 50'. Movendo da questi dati, il nostro proposito è di trovare l'intero *BFA*. È pertanto evidente che il doppio di *BF* è la corda dell'arco doppio di *DE*; ma *BF* sta a *AFB* come 7107 sta a 10.000, e così 50 minuti di *BF* a 70' di *AFB*: risulta dunque *AB* di 1° 10', e tanta è la massima differenza, che cercavamo, del moto medio e di quello apparente degli equinozi, alla quale consegue una declinazione massima dei poli di 28'.



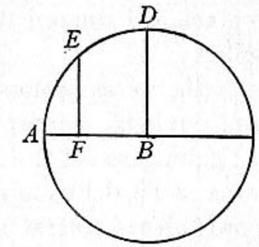
Capitolo VIII

Differenze particolari degli stessi moti e loro esposizione tabulare.

Essendo dunque dato l'arco *AB* di 70', arco che non sembra differire per nulla in lunghezza dalla corda che lo sottende, non sarà difficile mostrare tutte quelle altre differenze particolari tra i moti medi e quelli apparenti, che i Greci chiamano «prostaferesi» e i moderni «equazioni», togliendo o aggiungendo le quali si ha la debita forma dei

fenomeni[45]. Noi ci serviremo piuttosto del termine greco come più adatto.

Se dunque *ED* è di 3°, secondo il rapporto di *AB* alla corda *BF*, avremo la prostaferesi *BF* di 4'[46]. Se invece è di 6°, la prostaferesi è di 7', se di 9°, la prostaferesi è di 11', e così via. Circa anche la variazione dell'obliquità, riteniamo si debba procedere con un calcolo simile, essendo stati trovati 24' fra la massima e la minima obliquità, come dicemmo[48]. Tali minuti, nel semicerchio dell'anomalia semplice, si producono in 1717 anni; e il valore medio in un quadrante di cerchio sarà di 12', mentre il polo del piccolo circolo di questa anomalia sarà con l'inclinazione di 23° 40'. E in questo modo, come dicemmo, ricaveremo le rimanenti parti della differenza approssimativamente in proporzione a quelle precedentemente dette, come avviene nella tavola seguente.



[47]

Anche se i moti apparenti si possono combinare in vari modi secondo queste dimostrazioni, parve migliore tuttavia quel procedimento per cui ogni prostaferesi particolare venga presa separatamente, perché risulti più facile a capirsi il calcolo degli stessi moti, e concordi meglio con gli sviluppi delle dimostrazioni. Abbiamo pertanto compilato una tavola di 60 righe, che procedono di 3 in 3 gradi di cerchio. Così, infatti, essa non occuperà un grande spazio, né sembrerà

[45] Il termine «equazione» (*aequatio*) indica le differenze variabili tra moto medio e moto apparente. «Quando il moto medio è minore dell'apparente, la differenza è aggiunta (*prosthesis*) al moto medio, per ottenere il moto apparente; viceversa, quando il moto medio è maggiore dell'apparente, la differenza è sottratta (*aphaeresis*)» (Rosen, *op. cit.*, p. 155, nota 162). Per cui, «equazione» è qui equivalente al termine d'origine greca «prostaferesi».

[46] Il Menzzer (trad. cit., nota 117, p. 23), così rende esplicito il calcolo: «Secondo la tavola delle corde nel cap. 12 del libro I, si ha: 100.000 : 5234 = = 70' : x, quindi x = 3',6638, per il qual valore nel testo è posto 4'».

[47] Tale figura, che ripete quella di p. 396, si trova nell'ediz. degli Zeller e non in quella dell'Accademia polacca. Essa compare una sola volta nel manoscritto (p. 83 r).

[48] Cfr. lib. II, cap. 3.

avere una brevità troppo coartata, come faremo nelle altre tavole simili. La nostra tavola avrà soltanto quattro colonne: le prime due contengono i gradi di entrambi i semicerchi, che chiameremo i numeri comuni, perché in base al numero semplice si stabilisce l'obliquità dell'eclittica, e il numero raddoppiato servirà per la prostaferesi degli equinozi, facendo cominciare i numeri dal principio dell'accrescimento [di velocità].

Nella terza colonna saranno collocate le prostaferesi degli equinozi, corrispondenti alle singole triplette di gradi, da aggiungere o togliere al moto medio, che misuriamo dalla prima stella del capo dell'Ariete nell'equinozio di primavera; le prostaferesi sottrattive corrispondono al semicerchio minore dell'anomalia [49], ossia ai numeri della prima colonna, quelle additive ai numeri della seconda colonna e al semicerchio seguente.

Nell'ultima colonna, infine, ci sono i minuti che sono chiamati minuti proporzionali della differenza dell'obliquità, che salgono fino al massimo di 60, poiché in luogo della differenza di 24′ tra il massimo e il minimo dell'obliquità noi poniamo 60′, e su tale base, in rapporto alle altre differenze, calcoliamo i minuti proporzionali. E perciò poniamo 60′ al principio e alla fine dell'anomalia; dove poi la differenza dell'obliquità giunga a 22′, come nell'anomalia di 33°, poniamo in luogo di essa 55′. Così al posto di 20′, poniamo 50′, come nell'anomalia di 48°, e in tal modo per le altre come appare nella tavola seguente.

[49] Il manoscritto (p. 83 r) ha «in anomalia semicirculo minore»; così anche l'edizione degli Zeller e quelle di Varsavia, di Thorn e dell'Accademia polacca; le vecchie edizioni avevano invece l'espressione più sensata «in anomaliae semicirculo minore».

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DELL'EQUATORE E DELL'OBLIQUITÀ DELL'ECLITTICA

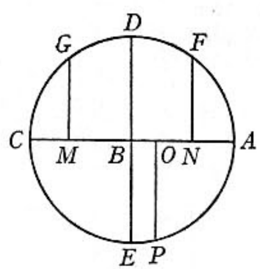
Numeri comuni		Prostaferesi dell'equatore		Minuti proporzionali dell'obliquità	Numeri comuni		Prostaferesi dell'equatore		Minuti proporzionali dell'obliquità
Gr.	Gr.	Gr.	Min.		Gr.	Gr.	Gr.	Min.	
3	357	0	4	60	93	267	1	10	28
6	354	0	7	60	96	264	1	10	27
9	351	0	11	60	99	261	1	9	25
12	348	0	14	59	102	258	1	9	24
15	345	0	18	59	105	255	1	8	22
18	342	0	21	59	108	252	1	7	21
21	339	0	25	58	111	249	1	5	19
24	336	0	28	57	114	246	1	4	18
27	333	0	32	56	117	243	1	2	16
30	330	0	35	56	120	240	1	1	15
33	327	0	38	55	123	237	0	59	14
36	324	0	41	54	126	234	0	56	12
39	321	0	44	53	129	231	0	54	11
42	318	0	47	52	132	228	0	52	10
45	315	0	49	51	135	225	0	49	9
48	312	0	52	50	138	222	0	47	8
51	309	0	54	49	141	219	0	44	7
54	306	0	56	48	144	216	0	41	6
57	303	0	59	46	147	213	0	38	5
60	300	1	1	45	150	210	0	35	4
63	297	1	2	44	153	207	0	32	3
66	294	1	4	42	156	204	0	28	3
69	291	1	5	41	159	201	0	25	2
72	288	1	7	39	162	198	0	21	1
75	285	1	8	38	165	195	0	18	1
78	282	1	9	36	168	192	0	14	1
81	279	1	9	35	171	189	0	11	0
84	276	1	10	33	174	186	0	7	0
87	273	1	10	32	177	183	0	4	0
90	270	1	10	30	180	180	0	0	0

Capitolo IX

Esame e correzione di ciò che è stato esposto circa la precessione degli equinozi.

Poiché, tuttavia, abbiamo assunto per ipotesi che l'inizio dell'accrescimento del moto ineguale fosse nell'intervallo di tempo tra l'anno 36 del primo periodo di Callippo e il secondo anno dell'impero di Antonino, dal quale inizio facciamo cominciare il moto dell'anomalia, bisogna ora che proviamo se abbiamo fatto bene e in accordo con le osservazioni. Riprendiamo in considerazione quelle tre stelle osservate di Timocari, di Tolomeo e di Albatenio Aratense, ed è evidente che nel primo intervallo di tempo ci furono 432 anni egizi, nel secondo 742 anni [nel cap. II, 741]. Il moto uniforme nel primo periodo di tempo era di 6°, quello ineguale di $4^\circ\ 20'$ e il moto dell'anomalia doppia di $90^\circ\ 35'$, il quale toglieva al moto uniforme $1^\circ\ 40'$; nel secondo periodo, il moto uniforme era di $10^\circ\ 21'$, quello ineguale di $11^\circ\ 30'$ e il moto della doppia anomalia di $155^\circ\ 34'$, il quale aggiungeva al moto uniforme $1^\circ\ 9'$.

Sia ora, come prima, ABC l'arco dell'eclittica e, preso come polo B – considerato quale equinozio medio di primavera –, ed essendo l'arco AB di $1^\circ\ 10'$ [50], si tracci il cerchietto $ADCE$, e si immagini poi che il moto uniforme di B sia verso A, cioè da est a ovest, e sia A l'estremità occidentale in cui l'equinozio ineguale è nella sua posizione più ad ovest, e C l'orientale in cui l'equinozio ineguale si trova nella sua posizione più ad est. Inoltre, dal polo dell'eclittica, per il punto B, scenda DBE, che con l'eclittica taglierà in quattro parti il cerchietto $ADCE$, poiché essi si tagliano tra loro ad angoli retti attraverso i poli. Essendo poi il moto nel semicerchio ADC



[50] Cfr. il cap. 7 di questo libro.

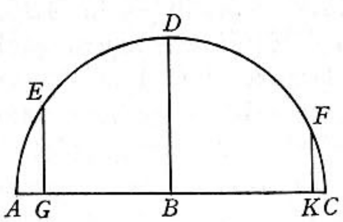
da ovest a est, e il restante moto in CEA da est a ovest, sarà in D il centro della lentezza dell'equinozio apparente, per la resistenza all'avanzamento di B, in E, invece, la velocità massima, sollecitandosi a vicenda i moti nella stessa direzione. Si prendano ancora, avanti e dietro D, gli archi FD e DG, ambedue di $45^\circ\ 17'$ e mezzo. Sia F il primo termine dell'anomalia, quello di Timocari, G il secondo, di Tolomeo, e il terzo P, di Albatenio, e da tali punti discendano, attraverso i poli dell'eclittica, i cerchi massimi FN, GM e OP, che sono tutti assai simili a linee rette nel piccolo cerchio. Essendo 360° il circolo $ADCE$, sarà dunque di $90^\circ\ 35'$ l'arco FDG, che toglie MN di $1^\circ\ 40'$ al moto medio, essendo ABC di $2^\circ\ 20'$; e l'arco GEP sarà di $155^\circ\ 34'$, il quale aggiunge MO di $1^\circ\ 9'$, per cui anche l'arco rimanente PAF di $113^\circ\ 51'$ aggiungerà il rimanente ON di $31'$, se AB è $70'$. Essendo poi tutto l'arco $DGCEP$ di $200^\circ\ 51'$ e mezzo ed EP, come di più rispetto al semicerchio, di $20^\circ\ 51'$ e mezzo, BO – come se fosse una retta – sarà dunque eguale a 356 parti, secondo la tavola delle corde, essendo AB di 1000 parti. Ma essendo AB di $70'$, BO sarà di $24'$ circa e BM di $50'$. L'intero MBO è dunque $74'$ e il resto NO di $26'$. Ma, in precedenza, MBO era di $1^\circ\ 9'$ e il resto NO di $31'$. Mancano ad NO $5'$, che invece sono in più in MBO. Si deve dunque ruotare il cerchio $ADCE$, finché non si operi la compensazione per ambedue le parti. Ciò si otterrà se prendiamo l'arco DG di $42^\circ\ 30'$, cosicché nel restante arco DF ci siano $48^\circ\ 5'$. Con ciò, infatti, sembreranno spiegati entrambi gli errori e tutti gli altri, poiché, avendo preso l'avvio dal grado supremo della lentezza, D, tutto l'arco $DGCEPAF$ del moto dell'anomalia sarà nel primo termine di $311^\circ\ 55'$; nel secondo, l'arco DG di $42^\circ\ 30'$; nel terzo, l'arco $DGCEP$ di $198^\circ\ 4'$. Ed essendo AB di $70'$, nel primo termine le prostaferesi addittiva BN, secondo le dimostrazioni già date, sarà di $52'$; nel secondo, la prostaferesi sottrattiva BM sarà di $47'$ e mezzo; e nel terzo, la prostaferesi ancora aggiuntiva BO sarà di $21'$ circa. Quindi, l'intero arco MN assomma nel primo periodo di tempo a $1^\circ\ 40'$, ed anche l'intero arco MBO nel secondo periodo assomma a $1^\circ\ 9'$, che abbastanza bene si accordano con le osservazioni. Da ciò anche risulta un'anomalia semplice nel primo termine di 155° 57′ e mezzo; nel secondo di 21° 15′; nel terzo di 99° 2′, come si doveva dimostrare.

Capitolo X

Quale sia la differenza massima delle intersezioni dell'equatore e dell'eclittica.

Similmente sottoporremo a verifica quei dati che abbiamo esposto circa il mutamento dell'obliquità dell'eclittica e dell'equatore e li troveremo corretti. Abbiamo avuto infatti nell'anno secondo di Antonino, secondo Tolomeo, una anomalia semplice controllata di 21° 15′, con la quale è stata trovata una obliquità massima di 23° 51′ 20″. Da questa posizione alla nostra osservazione ci sono circa 1387 anni, nei quali la posizione dell'anomalia semplice si calcola di 144° 4′ [51], e in tal periodo si trova una obliquità di 23° 28′ 24′, circa.

Su queste basi, si tracci ancora l'arco *ABC* dell'eclittica, o al suo posto la corda, a causa della piccolezza dell'arco, e sopra esso il semicerchio dell'anomalia semplice nel polo *B*, come prima. Sia *A* il limite massimo di declinazione, *C* il minimo, dei quali cerchiamo la differenza. Si prenda dunque l'arco *AE*, del piccolo cerchio, di 21° 15′, e quello che resta



del quadrante, l'arco *ED*, sarà di 68° 45′. Quindi tutto l'arco *EDF*, secondo il calcolo, sarà di 144° 4′, e l'arco *DF* rimanente di 75° 19′ [52]. Si abbassino *EG* ed *FK* perpendicolari

[51] Così è nel manoscritto (p. 76 r) e nelle edizioni di Thorn, degli Zeller e dell'Accademia polacca. Il Menzzer (trad. cit., nota 132, p. 25) mostra tuttavia che tale valore non è sostenibile e che sono nel giusto le edizioni precedenti che danno il valore di 145° 24′.

[52] Sempre in base alla correzione precedente, il Menzzer (trad. cit., nota 134, p. 26) propone il valore 76° 39′, come nelle edizioni di Amsterdam e Varsavia. Analogamente, nelle righe seguenti *BK* è posto eguale a 973 (anziché 967) e *GK* a 1905 (anziché 1899).

al diametro *ABC*. Sarà quindi l'arco *GK* del circolo maggiore, a causa della differenza delle obliquità da Tolomeo ai nostri giorni, di 22′ 56″. Ma *GB*, in quanto simile a una retta, è la metà della corda che sottende il doppio di *ED*, o uguale a 932 di quelle parti di cui *AC*, come diametro, ne misura 2000, e delle quali anche *KB*, metà della corda sottendente il doppio di *DF*, ne misura 967; l'intera *GK* risulta di 1899 parti, essendo *AC* di 2000. Ma essendo *GK* di 22′ 56″, *AC* sarà di circa 24′, che è la differenza fra la massima e la minima obliquità che andavamo cercando. Dal che risulta che l'obliquità massima fra Timocari e Tolomeo fu di 23° 52′, e che ora si avvicina l'obliquità minima di 23° 28′. Di qui si trovano anche le obliquità medie di questi circoli, allo stesso modo che abbiamo esposto a proposito della precessione.

Capitolo XI

La determinazione delle posizioni dei moti uniformi degli equinozi, e dell'anomalia.

Avendo così trattato tutti questi punti, restano da determinare le posizioni degli stessi moti dell'equinozio di primavera, che da alcuni sono chiamate radici, e da cui, per ogni tempo proposto, quale che sia, si deducono i calcoli. Tolomeo stabilì come il più lontano punto di riferimento di tale questione il principio del regno di Nabonassar [53] dei Caldei (che molti, ingannati dall'affinità del nome ritennero essere Nabucodonassar [54], il quale secondo il computo dei tempi e il calcolo di Tolomeo risulta, essere di parecchio posteriore), regno che, secondo gli storici, trapassa in quello di Salmanassar [55] dei Caldei. Noi invece, attenendoci a pe-

[53] Su Nabonassar (747-34 a. C.) cfr. la nota 6 alla traduzione della lettera contro il Werner.

[54] Nabucodonassar, ossia Nabucodonosor, fu il celebre re babilonese (605-562 a. C.), che riuscì a ridare al suo popolo il dominio dell'Asia sud-occidentale.

[55] Salmanassar IV, l'ultimo dei re assiri di questo nome, che regnò tra il 727 e il 722 a. C. Combatté contro il re ebreo Osea e conquistò la Samaria. Ciò che Copernico dice circa il passaggio del regno da Nabonassar a Salma-

riodi di tempo più noti, abbiamo stimato fosse sufficiente il partire dalla prima Olimpiade, che si trova aver preceduto di 28 anni [il regno di] Nabonassar, prendendo come punto di partenza il solstizio d'estate, quando sorgeva la Canicola per i Greci, e si celebrava l'agone olimpico, come Censorino [56] ed altri autori fidati tramandano. Quindi, secondo un più esatto calcolo dei tempi, che è necessario nel computo dei moti celesti, dalla prima Olimpiade, a mezzogiorno del primo giorno del mese di Ecatombeone [57] secondo i Greci, fino a Nabonassar, al mezzogiorno del primo giorno del mese di Thoth secondo gli Egizi, ci sono 27 anni e 247 giorni [58]. Di qui fino alla morte di Alessandro ci sono 424 anni egizi, dalla morte di Alessandro all'inizio degli anni di Giulio Cesare, 278 anni egizi, 118 giorni e mezzo fino alla mezzanotte prima delle calende di gennaio, quando Giulio Cesare pose l'inizio dell'anno da lui istituito, ed egli era nel suo terzo anno di Pontefice Massimo, sotto il consolato di M. Emilio Lepido, quando lo fissò. Da questo anno così stabilito da Cesare gli altri che seguirono furono chiamati giuliani; e dal quarto consolato di Cesare ad Ottaviano Augusto, per i Romani ci sono 18 anni, al primo di gennaio, sebbene sia stato il 17 gennaio che Augusto fu proclamato figlio del divo Giulio Cesare e imperatore dal Senato e dagli altri cittadini, su proposta di Numazio Planco [59], essendo egli console per la settima volta con M. Vipsano [60]. Ma gli Egizi che erano caduti in po-

nassar, non è poi molto lontano dalla verità, in quanto tra la fine del regno del primo e l'inizio di quello del secondo trascorrono solo 7 anni.

[56] Su Censorino cfr. la nota 10 alla traduzione della lettera contro il Werner.

[57] Ecatombeone è il mese del calendario greco che comprendeva la seconda metà del nostro luglio e la prima metà di agosto.

[58] Il Menzzer (trad. cit., nota 138, pp. 26-27), rifacendo i calcoli, trova che sono 28 anni e 247 giorni del calendario egizio.

[59] Munazio (e non Numazio, come scrive Copernico) Planco fu legato di Cesare in Gallia e alla fine della repubblica si distinse per la sua incostanza politica. Agli Idi (il 13) di gennaio dell'anno 26 a. C. propose che Ottaviano fosse chiamato Augusto, il che fu decretato il 17 gennaio dello stesso anno. L'errore di Copernico – cfr. Dobrzycki, commento cit., p. 406 – deriva dall'edizione bolognese del 1497 del *De die natali* di Censorino di cui Copernico disponeva.

[60] Marco Vipsanio Agrippa, nato nel 63 a. C. da famiglia modesta, divenne amico e consigliere di Augusto in questioni civili e militari: fu

tere dei Romani 2 anni prima, dopo la morte di Antonio e Cleopatra, calcolano 15 anni e 246 giorni e mezzo a mezzogiorno del primo giorno del mese di Thoth, che era per i Romani il 29 agosto. Perciò da Augusto agli anni di Cristo che similmente cominciano da gennaio, ci sono 27 anni secondo i Romani, 29 anni, 130 giorni e mezzo, invece, secondo gli Egizi. Di qui all'anno secondo di Antonino, in cui C. Tolomeo descrisse le posizioni degli astri da lui osservate, ci sono 138 anni romani e 55 giorni, anni che hanno 34 giorni in più di quelli egizi [61]. Dalla prima Olimpiade fino ad allora si assommano 913 anni 101 giorni e mezzo.

Durante questo periodo la precessione uniforme degli equinozi è di $12^\circ\ 44'$; e l'anomalia semplice di $95^\circ\ 44'$. Eppure nell'anno secondo di Antonino, come si è riferito, l'equinozio di primavera era $6^\circ\ 40'$ ad ovest della prima delle stelle che sono nel capo dell'Ariete, ed essendo l'anomalia doppia di $42^\circ\ 30'$ [62], la differenza sottrattiva tra il moto uniforme e quello apparente era di $48'$ [63], che quando venga aggiunta al moto apparente di $6^\circ\ 40'$, fa risultare la posizione media dell'equinozio di primavera a $7^\circ\ 28'$. Se a questo aggiungiamo i 360° di un cerchio, e dalla somma totale togliamo $12^\circ\ 44'$, noi avremo per la prima Olimpiade, che comincia a mezzogiorno del primo giorno del mese di Ecatombeone secondo gli Ateniesi, la posizione media dell'equinozio di primavera a $354^\circ\ 44'$, cioè proprio $5^\circ\ 16'$ ad est della prima stella dell'Ariete. Similmente, se si tolgono ai $21^\circ\ 15'$ dell'anomalia semplice $95^\circ\ 45'$, rimarrà per lo stesso principio delle Olimpiadi una posizione dell'anomalia semplice di $285^\circ\ 30'$. E di nuovo, con l'aggiunta di movimenti fatta secondo l'intervallo di tempo, tolti sempre 360° ogni volta che eccedano, avremo le posizioni o radici del moto uniforme di

lui il vincitore della battaglia di Azio. Protettore delle arti e delle lettere, fece erigere il Pantheon. Nel 26 a. C. era console per la terza volta. Morì nel 12 d. C.

[61] L'anno giuliano è formato da 365 giorni e un quarto, mentre quello egizio solo da 365 giorni. 138 anni giuliani sono quindi 138 anni egizi più 34 giorni.

[62] Cfr. il cap. 9 di questo libro.

[63] Cfr. il cap. 8 di questo libro.

1° e 2′ e dell'anomalia semplice di 332° 52′ [alla morte] di Alessandro; il moto medio di 4° 55′, l'anomalia semplice di 2° 2′ [all'inizio degli anni] di Cesare; e [all'inizio degli anni] di Cristo una posizione del moto medio a 5° 32′ e un'anomalia di 6° 45′. E in tal modo determineremo le radici dei movimenti per qualsiasi principio di tempo si prenda [64].

Capitolo XII

Sul calcolo della precessione dell'equinozio di primavera e dell'obliquità.

Ogni volta che vorremo avere la posizione dell'equinozio di primavera, se a partire dal principio assunto fino all'anno considerato gli anni sono ineguali, quali quelli dei Romani di cui di solito ci serviamo, li trasformeremo pertanto in anni uguali o egizi. Infatti non ci serviremo di anni diversi dagli egizi nel calcolo dei moti uniformi, per la ragione che dicemmo [65]. Divideremo poi il numero degli anni, quando sia maggiore di 60, in sessantine di anni; e mentre che abbiamo cominciato le tabelle dei moti con la colonna delle sessantine, andremo oltre la prima colonna che si incontra in questi moti come soprannumeraria, e, cominciando dalla seconda, prenderemo le sessantine di gradi, se questi ci sono, con gli altri gradi e minuti che seguono [66]. Quindi si ritorna per la seconda volta alle tavole con gli anni rimanenti, e dalla prima colonna, come si trovano, prenderemo le sessantine, i gradi e i minuti che sono segnati. Similmente faremo per i giorni e per le sessantine di giorni, volendo connettere con essi moti uniformi mediante le tabelle dei giorni e delle parti di giorno, sebbene in questo caso le parti del giorno ed anche i giorni stessi possano essere non a torto trascurati a causa della

[64] Nella nota 144, pp. 27-28, della traduzione citata il Menzzer rifà con maggior esattezza i calcoli e ottiene risultati in parte diversi (con differenze che vanno dai 6′ a 1″ e 58‴) da quelli riportati da Copernico.
[65] Cfr. il cap. 6 di questo libro.
[66] Cioè, leggendo la colonna dei gradi come sessantine di gradi, i minuti come gradi, i secondi come minuti, e così via.

lentezza di questi moti, non trattandosi nel moto giornaliero se non di minuti secondi e terzi. Sommando tutti questi dati con la loro radice, aggiungendo i singoli numeri con i singoli numeri dello stesso ordine e non tenendo conto di sei sessantine di gradi se eccedono, avremo per il tempo in questione la posizione media dell'equinozio di primavera, di quanto essa sia ad ovest della prima stella dell'Ariete, ossia quanto tale stella sia ad est dell'equinozio.

Nello stesso modo troveremo anche l'anomalia. Poi, con la stessa anomalia semplice, dalla tabella della prostaferesi [67], troveremo nell'ultima colonna i minuti proporzionali, che serberemo da parte. Quindi troveremo, con l'anomalia doppia nella terza fila della stessa tabella, la prostaferesi, cioè i gradi e i minuti di cui il moto vero differisce da quello medio, e toglieremo la stessa prostaferesi al moto medio, se l'anomalia doppia sarà minore di un semicircolo; se invece sarà maggiore di un semicircolo, avendo più di 180°, aggiungeremo la stessa prostaferesi al moto medio. E la somma o la differenza così ottenuta conterrà la precessione vera ed apparente dell'equinozio di primavera, o viceversa di quanto la prima stella dell'Ariete si sarà elongata dallo stesso equinozio di primavera. Quindi, se cercherai la posizione di qualsiasi altra stella, aggiungi il valore [della sua longitudine] segnato nel catalogo delle stelle.

Poiché, in verità, ciò che riguarda l'attività operativa è reso di solito più chiaro dagli esempi, ci sia proposto il problema di trovare al 16 di aprile dell'anno 1525 di Cristo la posizione vera dell'equinozio di primavera insieme con l'obliquità dell'eclittica, e quanto disti la Spiga della Vergine dallo stesso equinozio. È chiaro dunque che in 1524 anni romani, 106 giorni, dal principio degli anni di Cristo fino ad oggi sono stati intercalati 381 giorni, cioè un anno e 16 giorni, che in anni eguali [egizi] fanno 1525 anni e 122 giorni, e sono in tutto 25 sessantine di anni e 25 anni, e inoltre 2 sessantine di giorni e 2 giorni. A 25 sessantine di anni nella tabella del moto medio corrispondono d'altra parte 20° 55′ 2″;

[67] Cfr. il cap. 8 di questo libro.

a 25 anni 20′ 55″; a 2 sessantine di giorni 16″ e il moto dei rimanenti 2 giorni è nei minuti terzi. Tutti questi dati aggiunti alla radice, che era di 5° 32′, assommano a 26° 48′, la precessione media dell'equinozio di primavera. Similmente, il moto dell'anomalia semplice contiene in 25 sessantine di anni 2 sessantine di gradi e 37° 15′ 3″, e in 25 anni, 2° 37′ 15″. In 2 sessantine di giorni, 2′ 4″ e, in altrettanti giorni, 2″. Questi dati insieme con la radice, che è di 6° 45′, fanno 166° 40′, l'anomalia semplice; metterò da canto i minuti proporzionali che nella tabella della prostaferesi, nell'ultima colonna, corrispondono ad essa, che risulteranno utili nella ricerca dell'obliquità e che in questo caso saranno uno solo. Quindi, come corrispondente con l'anomalia doppia, che è di 333° 20′, trovo la prostaferesi aggiuntiva di 32′, poiché l'anomalia doppia è maggiore di un semicircolo; e, se la si aggiunge al moto medio, ne risulta la precessione vera ed apparente dell'equinozio di primavera, che è di 27° 21′; se infine aggiungerò a questi i 170° di cui la Spiga della Vergine dista dalla prima stella dell'Ariete, avrò la sua posizione ad est dall'equinozio di primavera a 17° 21′ della Bilancia, dove si trovava approssimativamente all'epoca della nostra osservazione [68].

Inoltre, l'obliquità dell'eclittica e le declinazioni sono calcolate in modo che, quando i minuti proporzionali siano 60, gli eccessi posti nella tavola delle declinazioni [69], cioè le differenze tra l'obliquità massima e quella minima, vengono aggiunti interamente ai gradi della declinazione. Nel caso in questione [del 1525], allora, uno solo di quei minuti [proporzionali] aggiunge pertanto all'obliquità soltanto 24″. Perciò le declinazioni dei gradi dell'eclittica, in questo periodo di tempo, rimangono immutate da come sono poste nella tabella, a causa dell'obliquità minima che già ci è prossima, benché mutino più evidentemente in altri periodi.

Come se, ad esempio, l'anomalia semplice fosse di 99°, quale era nell'anno egizio 880 dopo Cristo: si hanno per essa

[68] Cfr. il cap. 2 di questo libro.
[69] Cfr. il lib. II, cap. 3.

25 minuti proporzionali. Ma come 60′ stanno a 24′ – la differenza tra la massima e la minima obliquità –, così 25′ stanno a 10′, i quali aggiunti a 28′ danno l'obliquità che c'era allora, ossia di 23° 38′. Se ora volessi conoscere anche la declinazione di qualche grado dell'eclittica, ad esempio del terzo grado del Toro, che è distante 33° dall'equinozio, trovo nelle tavole 12° 32′, con una differenza di 12′. Ma 60′ stanno a 25′, come 12′ stanno a 5′, che aggiunti ai gradi di declinazione danno, per il grado 33 dell'eclittica, 12° 37′. Allo stesso modo possiamo procedere riguardo agli angoli di intersezione dell'eclittica e dell'equatore [in realtà, della linea meridiana] ed a proposito delle ascensioni rette, se non si preferisce procedere mediante il calcolo dei triangoli sferici; se non che occorre aggiungere sempre nel caso degli angoli di intersezione e togliere per le ascensioni rette, cosicché tutti i dati risultino più corretti rispetto al tempo dato.

Capitolo XIII

Sulla grandezza e sulla diversità dell'anno solare.

Che la precessione degli equinozi e dei solstizi, la quale dipende dall'inclinazione dell'asse terrestre, si svolga così, lo conferma anche il moto annuo del centro della terra quale risulta attorno al sole, e del quale ormai dobbiamo trattare. È assolutamente necessario che, quando la grandezza dell'anno è riferita a uno degli equinozi o dei solstizi, sia irregolare a causa dell'irregolare mutamento di questi termini di confronto: questi fatti sono infatti reciprocamente corrispondenti. Perciò deve essere da noi distinto e definito l'anno tropico (*temporalis*) [70] da quello sidereo: chiamiamo dunque naturale (tropico) l'anno che regola per noi le quattro stagioni; sidereo, invece, quello che si svolge rispetto a qualcuna delle stelle fisse. Che l'anno naturale, che chiamano anche *vertens* (tropico), sia irregolare, lo mostrano ripetutamente,

[70] Cfr. la nota 1 di questo libro.

d'altra parte, le osservazioni degli antichi. Infatti Callippo, Aristarco di Samo e Archimede Siracusano [71] affermano che esso contiene, oltre 365 giorni interi, la quarta parte di un giorno, assumendo l'inizio dell'anno dal solstizio estivo, alla maniera degli Ateniesi.

Ma C. Tolomeo [72], accorgendosi che era difficile e complicata la comprensione degli equinozi, non si fidò molto delle loro osservazioni, e si affidò piuttosto ad Ipparco, che lasciò ai posteri non soltanto le registrazioni dei solstizi bensì anche quelle degli equinozi fatte in Rodi, e dichiarò che mancava qualcosa a una quarta parte del giorno, qualcosa che Tolomeo in seguito determinò essere la trecentesima parte di un giorno, nel modo seguente. Prese come base l'equinozio d'autunno osservato da Ipparco il più accuratamente possibile in Alessandria nell'anno 177, dopo la morte di Alessandro Magno, alla mezzanotte del terzo giorno intercalare secondo gli Egizi. Quindi Tolomeo prese in considerazione l'equinozio da lui osservato ad Alessandria nell'anno terzo di Antonino, che era l'anno 463 dalla morte di Alessandro, il nono giorno del mese di Athyr, terzo mese egizio, circa un'ora dopo il sorgere del sole. Ci furono dunque fra questa osservazione e quella di Ipparco 285 anni egizi, 70 giorni, 7 ore e la quinta parte di un'ora, mentre avrebbero dovuto esserci 71 giorni e 6 ore, se l'anno tropico fosse stato, oltre i giorni interi, di un quarto di giorno. Venne a mancare, dunque, in 285 anni, un giorno meno la ventesima parte di un giorno. Di qui segue che in 300 anni cade un intero giorno.

Egli arrivò inoltre a una conclusione simile partendo dall'equinozio di primavera. Infatti, ciò che egli ricordava essere

[71] Il celebre matematico e fisico Archimede nacque a Siracusa nel 287 a. C. è morì nel 212 durante l'espugnazione di Siracusa da parte dei Romani, ucciso – secondo la tradizione – da un soldato ch'egli aveva invitato a non scompigliare le figure geometriche che stava disegnando sul terreno. Il console Marcello, che ammirava Archimede, portò poi a Roma un planetario costruito da Archimede e che era un gioiello di meccanica. Ad ogni modo, la ricerca astronomica fu sempre marginale nell'attività dello scienziato siracusano.

[72] Cfr. TOLOMEO, *Almagesto*, lib. III, cap. 1.

stato annotato da Ipparco nell'anno 178 di Alessandro, il giorno 27 del mese di Mechyr, sesto mese egizio, al sorgere del sole, trovò lui stesso nell'anno 463 dello stesso Alessandro, nel settimo giorno del mese di Pachon, il nono mese secondo gli Egizi, poco più di un'ora dopo il mezzogiorno; e parimenti vide che in 285 anni mancava un giorno meno la ventesima parte di giorno. Servendosi di questi indizi, Tolomeo determinò che l'anno tropico è di 365 giorni, 14 minuti primi [di giorno] 48 secondi [73].

Dopo di ciò, Albatenio, ad Aracta in Siria, con non minore sollecitudine, nell'anno 1206 dopo la morte di Alessandro osservò [74] l'equinozio di autunno e trovò che esso era stato approssimativamente dopo il settimo giorno del mese di Pachon, nella notte seguente, a 7 ore e due quinti di ora, cioè 4 ore e tre quinti prima della luce del giorno ottavo. Confrontando dunque questa sua osservazione con quella fatta da Tolomeo nell'anno terzo di Antonino, un'ora dopo il sorgere del sole, in Alessandria che dista da Aracta 10° verso occidente, riportò quest'ultima al meridiano di Aracta rispetto al quale l'equinozio avrebbe dovuto avvenire un'ora e due terzi dopo il sorgere del sole. Quindi nell'intervallo di 743 anni eguali [egizi] c'erano in più 178 giorni, 17 ore e tre quinti di ora mentre la somma dei quarti di giorno darebbe 185 giorni e tre quarti di giorno. Mancando dunque 7 giorni e due quinti di un'ora, si vide che mancava ad una quarta parte del giorno la centesima sesta parte di esso. Presa pertanto, secondo il numero degli anni, la settecentoquarantatreesima parte di sette giorni e due quinti di ora, la quale è di 13 minuti 36 secondi di ora, la tolse dalla quarta parte del giorno e affermò che l'anno naturale contiene 365 giorni, 5 ore, 46 minuti e 24 secondi.

[73] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. III, cap. 1. I 14 minuti di giorno e 48 secondi equivalgono a: 5 ore 55 minuti e 12 secondi.

[74] Cfr. l'ediz. latina del 1537, fatta a Norimberga, del *De scientia stellarum* di Albatenio (V. nota 16 alla trad. del *Commentariolus*), cap. 27, fol. 27. Copernico trae la notizia dell'osservazione di Albatenio dall'*Epitome* del Peurbach e del Regiomontano.

Osservammo anche noi l'equinozio di autunno a Frauenburg, che possiamo chiamare Ginepoli [75], nell'anno 1515, il 14 settembre. Ma era l'anno egizio 1840 dopo la morte di Alessandro, il giorno sesto del mese di Phaophi, un'ora e mezzo dopo la levata del sole. E poiché Aracta è rispetto alla nostra regione più a oriente di quasi 25°, che fanno 2 ore meno un terzo, c'erano dunque nell'intervallo di tempo fra questo nostro equinozio e quello di Albatenio, oltre a 633 anni egizi, 153 giorni, 6 ore e tre quarti di un'ora invece di 158 giorni e 6 ore. Ma dall'osservazione fatta in Alessandria da Tolomeo al luogo e al tempo della nostra osservazione ci sono 1376 anni egizi, 332 giorni e mezz'ora: infatti, c'è circa un'ora di differenza tra noi e Alessandria. Dal tempo di Albatenio sino a noi, in 633 anni, sarebbero quindi caduti, 5 giorni meno un'ora e un quarto, ossia 1 giorno per 128 anni; e nei 1376 anni da Tolomeo sarebbero invece caduti 12 giorni circa, cioè 1 giorno in 115 anni, e in entrambi i casi di nuovo l'anno è divenuto irregolare.

Determinammo anche l'equinozio di primavera che avvenne l'anno seguente, 1516 dopo Cristo, a 4 ore e un terzo dopo la mezzanotte dell'11 marzo; e dall'equinozio di primavera di Tolomeo (fatto il raffronto del meridiano di Alessandria con il nostro) ci sono 1376 anni egizi, 332 giorni e 16 ore e un terzo, dove anche appare che sono ineguali le distanze degli equinozi di primavera e di autunno. Tanto ci corre dal fatto che l'anno solare in tal modo determinato resti uniforme.

Che infatti negli equinozi autunnali fra Tolomeo e noi, come si è mostrato, secondo la distribuzione uniforme degli anni, manchi la centoquindicesima parte ad un quarto di giorno, non concorda con l'equinozio osservato da Albatenio per la metà di un giorno. E neppure il periodo da Albatenio a noi (dove era necessario che la centoventottesima parte

[75] Il nome di *Gynopolis* (= Città delle donne) dato a Frauenburg (ora, Frombork) si trova soltanto nel manoscritto (p. 88 r) e nelle edizioni novecentesche. Nel manoscritto, al posto dell'indicazione della città, c'era dapprima scritto *Varmia*. Poi la parola fu cancellata e in margine è stato aggiunto *Frueburgo, quam Gynopolim dicere possumus.*

del giorno mancasse al quarto di giorno) concorda con Tolomeo, ma il calcolo rispetto all'equinozio da lui osservato, dà un risultato maggiore di oltre un giorno intero e, rispetto all'equinozio osservato da Ipparco, di ben 2 giorni. Similmente, il calcolo di Albatenio fatto a partire da Tolomeo, supera di 2 giorni l'equinozio osservato da Ipparco.

Più giustamente dunque si stabilisce l'uniformità dell'anno solare dalla sfera delle stelle fisse, come per primo trovò Tebite figlio di Cora [76], e che la sua grandezza sia di 365 giorni, 15 minuti primi [di giorno] e 23 secondi, che sono 6 ore 9′ 12″ circa, avendo preso come argomento probabilmente il fatto che, cioè, nell'incontro più lento dei solstizi e degli equinozi l'anno sembra più lungo che nell'incontro più rapido, e ciò con un rapporto definito. Il che non sarebbe potuto accadere, se l'uniformità non fosse stata considerata rispetto alla sfera delle stelle fisse. Perciò, non si deve seguire in questa parte Tolomeo [77], che stimava assurdo e inopportuno che si misurasse la regolarità annua del sole attraverso il suo ritorno a qualcuna delle stelle fisse, e lo riteneva non più conveniente che se qualcuno facesse ciò con riferimento a Giove o a Saturno. Quindi è chiaro il motivo per cui prima di Tolomeo l'anno tropico (*temporarius*) fosse più lungo, che dopo di lui è diventato più breve con una differenza variabile.

Ma anche a proposito dell'anno stellare o astrale può verificarsi qualche errore, tuttavia in piccola misura, e assai minore di quello che già abbiamo illustrato; e ciò per il fatto che il moto apparente del centro della terra intorno al sole è anche ineguale per un'altra duplice irregolarità. Delle quali irregolarità la prima più semplice ha un periodo annuale; l'altra, che mutando modifica la prima, è percettibile non immediatamente bensì solo in un lungo intervallo di tempo.

[76] Thabit ibn Qorra, astronomo arabo nato nell'826 e vissuto ad Harran ai tempi del Califfo Almamum di Bagdad; morì nel 901. Fu un celebre medico, commentò molte opere scientifiche ed anche ne scrisse. In campo astronomico si occupò della precessione degli equinozi (cfr. l'introduzione alla traduzione della lettera contro il Werner) e misurò con notevole esattezza la durata dell'anno solare. La fonte da cui Copernico trae la notizia su Thabit è l'*Epitome* di PEURBACH e REGIOMONTANO.

[77] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. III, cap. 1.

Pertanto non è né semplice né facile a conoscersi il calcolo dell'uniformità annua. Infatti, se qualcuno volesse determinarla semplicemente con riferimento alla distanza data di qualche astro avente una certa posizione (cosa che si può fare con l'uso dell'astrolabio e con l'ausilio della luna, nel modo che illustrammo riguardo al Basilisco del Leone), egli non potrà evitare completamente l'errore, a meno che il sole allora, per il moto terrestre, o non abbia alcuna prostaferesi, o l'abbia simile e uniforme in ambedue i termini. E se ciò non avvenisse e ci fosse una qualche differenza nella loro ineguaglianza, non sembrerà certo che ci sia stata una rivoluzione uguale in tempi uguali. Ma se in ambedue i termini si toglie tutta la differenza o la si aggiunge conformemente al calcolo, il computo sarà perfetto.

D'altra parte, anche la comprensione della differenza esige la conoscenza precedente del moto medio, che perciò investighiamo [78]. Nondimeno, per giungere una qualche volta a risolvere questo nodo, noi troviamo quattro cause in tutto dell'apparente irregolarità. La prima è l'irregolarità della precessione degli equinozi che abbiamo esposto; la seconda è quella per cui il sole sembra percorrere archi diseguali dell'eclittica, ed essa ha un periodo quasi annuale; la terza è quella che fa variare anche questa, e che chiameremo seconda irregolarità. Resta la quarta che muta gli apsidi superiore e inferiore [79] del centro della terra, come apparirà in seguito. Di tutte queste cause era nota a Tolomeo solo la seconda, che da sola non potrebbe produrre l'irregolarità annua, ma che la rende maggiore combinandosi con le altre. Tuttavia, per dimostrare la differenza dell'uniformità e dell'apparenza solare, non sembra necessaria una misura troppo precisa dell'anno, ma basterà che prendiamo nella dimostrazione come grandezza dell'anno 365 giorni e un quarto, periodo durante cui si compie quel moto della prima irregolarità, poiché ciò che

[78] Nel manoscritto (p. 89 r), sono inserite, e poi cancellate, le parole « nella qual questione ci aggiriamo come nella quadratura archimedea del cerchio ». Queste parole sono riprodotte nell'edizione di Thorn.

[79] Gli apsidi segnano i due punti di maggior vicinanza o di maggior distanza di un pianeta dal sole: qui si tratta di afelio e perielio della terra.

tanto poco differisce dal circolo intero, se è preso in una grandezza minore, scompare del tutto. Ma per l'integrità dell'ordine e la facilità dell'insegnamento, qui trattiamo prima i moti uniformi di rivoluzione annua del centro della terra che quindi completeremo mediante esposizioni rigorose con le differenze tra l'uniformità [il moto uniforme] e l'apparenza [il moto apparente].

Capitolo XIV

I MOTI DI RIVOLUZIONE UNIFORMI E MEDI DEL CENTRO DELLA TERRA.

Abbiamo trovato dunque che la grandezza dell'anno e la sua uniformità supera soltanto di un minuto secondo e dieci terzi quella che determinò Thabit ben Qorra, cosicché risulta di 365 giorni 15 primi [di giorno] 24 secondi e 10 terzi, che sono 6 ore uniformi, 9 minuti 40 secondi, ed è evidente la sua uniformità certa rispetto alla sfera delle stelle fisse. Moltiplicando quindi 360° di un cerchio per 365 giorni e dividendo il prodotto per 365 giorni 15′ 24″ 10‴, avremo il moto di un anno egizio in 359° 44′ 49″ 7‴ 4⁗. E il moto di 60 anni simili, tolti i circoli interi, sarà di 344° 49′ 7″ 4‴. Di nuovo, se divideremo il moto annuo per 365 giorni, avremo il moto diurno di 59′ 8″ 11‴ 22⁗. Ché, se aggiungeremo a questi la precessione degli equinozi media e uniforme, otterremo anche il moto uniforme in anni tropici, quello annuo di 359° 45′ 39″ 19‴ 9⁗, e quello diurno di 59′ 8″ 19‴ 37⁗. E per tale ragione, appunto, possiamo chiamare quel moto del sole [rispetto alle fisse], per usare un linguaggio ordinario, semplice e uniforme, quest'ultimo [con riferimento alla precessione] uniforme composto, moti che esporremo anche nelle tavole così come facemmo riguardo alla precessione degli equinozi. Ad essi aggiungiamo anche il moto regolare dell'anomalia del sole [cioè, la distanza angolare del sole dall'apogeo], di cui si parlerà in seguito.

TAVOLA DEL MOTO UNIFORME SEMPLICE DEL SOLE PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANTA ANNI

Anni Egizi	MOTO						Anni Egizi	MOTO				
	Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°			Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°
1	5	59	44	49	7	Posizione [alla nascita] di Cristo 272° 31′	31	5	52	9	22	39
2	5	59	29	38	14		32	5	51	54	11	46
3	5	59	14	27	21		33	5	51	39	0	53
4	5	58	59	16	28		34	5	51	23	50	0
5	5	58	44	5	35		35	5	51	8	39	7
6	5	58	28	54	42		36	5	50	53	28	14
7	5	58	13	43	49		37	5	50	38	17	21
8	5	57	58	32	56		38	5	50	23	6	28
9	5	57	43	22	3		39	5	50	7	55	35
10	5	57	28	11	10		40	5	49	52	44	42
11	5	57	13	0	17		41	5	49	37	33	49
12	5	56	57	49	24		42	5	49	22	22	56
13	5	56	42	38	31		43	5	49	7	12	3
14	5	56	27	27	38		44	5	48	52	1	10
15	5	56	12	16	46		45	5	48	36	50	18
16	5	55	57	5	53		46	5	48	21	39	25
17	5	55	41	55	0		47	5	48	6	28	32
18	5	55	26	44	7		48	5	47	51	17	39
19	5	55	11	33	14		49	5	47	36	6	46
20	5	54	56	22	21		50	5	47	20	55	53
21	5	54	41	11	28		51	5	47	5	45	0
22	5	54	26	0	35		52	5	46	50	34	7
23	5	54	10	49	42		53	5	46	35	23	14
24	5	53	55	38	49		54	5	46	20	12	21
25	5	53	40	27	56		55	5	46	5	1	28
26	5	53	25	17	3		56	5	45	49	50	35
27	5	53	10	6	10		57	5	45	34	39	42
28	5	52	54	55	17		58	5	45	19	28	49
29	5	52	39	44	24		59	5	45	4	17	56
30	5	52	24	33	32		60	5	44	49	7	4

TAVOLA DEL MOTO UNIFORME SEMPLICE DEL SOLE PER GIORNI E PERIODI DI SESSANTA GIORNI

Giorni	MOTO						Giorni	MOTO				
	Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°			Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°
1	0	0	59	8	11		31	0	30	33	13	52
2	0	1	58	16	22		32	0	31	32	22	3
3	0	2	57	24	34		33	0	32	31	30	15
4	0	3	56	32	45		34	0	33	30	38	26
5	0	4	55	40	56		35	0	34	29	46	37
6	0	5	54	49	8		36	0	35	28	54	49
7	0	6	53	57	19		37	0	36	28	3	0
8	0	7	53	5	30		38	0	37	27	11	11
9	0	8	52	13	42		39	0	38	26	19	23
10	0	9	51	21	53		40	0	39	25	27	34
11	0	10	50	30	5		41	0	40	24	35	45
12	0	11	49	38	16		42	0	41	23	43	57
13	0	12	48	46	27		43	0	42	22	52	8
14	0	13	47	54	39		44	0	43	22	0	20
15	0	14	47	2	50		45	0	44	21	8	31
16	0	15	46	11	1		46	0	45	20	16	42
17	0	16	45	19	13		47	0	46	19	24	54
18	0	17	44	27	24		48	0	47	18	33	5
19	0	18	43	35	35		49	0	48	17	41	16
20	0	19	42	43	47		50	0	49	16	49	28
21	0	20	41	51	58		51	0	50	15	57	39
22	0	21	41	0	9		52	0	51	15	5	50
23	0	22	40	8	21		53	0	52	14	14	2
24	0	23	39	16	32		54	0	53	13	22	13
25	0	24	38	24	44		55	0	54	12	30	25
26	0	25	37	32	55		56	0	55	11	38	36
27	0	26	36	41	6		57	0	56	10	46	47
28	0	27	35	49	18		58	0	57	9	54	59
29	0	28	34	57	29		59	0	58	9	3	10
30	0	29	34	5	41		60	0	59	8	11	22

TAVOLA DEL MOTO UNIFORME COMPOSTO DEL SOLE PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANTA ANNI

Anni Egizi	MOTO					Anni Egizi	MOTO				
	Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°		Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°
1	5	59	45	39	19	31	5	52	35	18	53
2	5	59	31	18	38	32	5	52	21	58	12
3	5	59	16	57	57	33	5	52	6	37	31
4	5	59	2	37	16	34	5	51	52	16	51
5	5	58	48	16	35	35	5	51	38	56	10
6	5	58	33	55	54	36	5	51	23	35	29
7	5	58	19	35	14	37	5	51	9	14	48
8	5	58	5	14	33	38	5	50	55	54	7
9	5	57	50	53	52	39	5	50	40	33	26
10	5	57	36	33	11	40	5	50	26	12	46
11	5	57	22	12	30	41	5	50	11	52	5
12	5	57	7	51	49	42	5	49	57	31	24
13	5	56	53	31	8	43	5	49	43	10	43
14	5	56	39	10	28	[80] 44	5	49	28	50	2
15	5	56	24	49	47	45	5	49	14	29	21
16	5	56	10	29	6	46	5	49	0	8	40
17	5	55	56	8	25	47	5	48	45	48	0
18	5	55	41	47	44	48	5	48	31	27	19
19	5	55	27	27	3	49	5	48	17	6	38
20	5	55	13	6	23	50	5	48	2	45	57
21	5	54	58	45	42	51	5	47	48	25	16
22	5	54	44	25	1	52	5	47	34	4	35
23	5	54	30	4	20	53	5	47	19	43	54
24	5	54	15	43	39	54	5	47	5	23	14
25	5	54	1	22	58	55	5	46	51	2	33
26	5	53	47	2	17	56	5	46	36	41	52
27	5	53	32	41	37	57	5	46	22	21	11
28	5	53	18	20	56	58	5	46	8	0	30
29	5	53	4	0	15	59	5	45	53	39	49
30	5	52	48	39	34	60	5	45	39	19	9

[80] L'edizione di Amsterdam, alla fine della tavola, porta l'annotazione: « Radice di Cristo 278° 2′ ».

TAVOLA DEL MOTO UNIFORME COMPOSTO DEL SOLE PER GIORNI E PERIODI DI SESSANTA GIORNI

Giorni	MOTO					Giorni	MOTO				
	Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°		Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°
1	0	0	59	8	19	31	0	30	33	18	8
2	0	1	58	16	39	32	0	31	32	26	27
3	0	2	57	24	58	33	0	32	31	34	47
4	0	3	56	33	18	34	0	33	30	43	6
5	0	4	55	41	38	35	0	34	29	51	26
6	0	5	54	49	57	36	0	35	28	59	46
7	0	6	53	58	17	37	0	36	28	8	5
8	0	7	53	6	36	38	0	37	27	16	25
9	0	8	52	14	56	39	0	38	26	24	45
10	0	9	51	23	16	40	0	39	25	33	4
11	0	10	50	31	35	41	0	40	24	41	24
12	0	11	49	39	55	42	0	41	23	49	43
13	0	12	48	48	15	43	0	42	22	58	3
14	0	13	47	56	34	44	0	43	22	6	23
15	0	14	47	4	54	45	0	44	21	14	42
16	0	15	46	13	13	46	0	45	20	23	2
17	0	16	45	21	33	47	0	46	19	31	21
18	0	17	44	29	53	48	0	47	18	39	41
19	0	18	43	38	12	49	0	48	17	48	1
20	0	19	42	46	32	50	0	49	16	56	20
21	0	20	41	54	51	51	0	50	16	4	40
22	0	21	41	3	11	52	0	51	15	13	0
23	0	22	40	11	31	53	0	52	14	21	19
24	0	23	39	19	50	54	0	53	13	29	39
25	0	24	38	28	10	55	0	54	12	37	58
26	0	25	37	36	30	56	0	55	11	46	18
27	0	26	36	44	49	57	0	56	10	54	38
28	0	27	35	53	9	58	0	57	10	2	57
29	0	28	35	1	28	59	0	58	9	11	17
30	0	29	34	9	48	60	0	59	8	19	37

TAVOLA DEL MOTO UNIFORME DELL'ANOMALIA DEL SOLE PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANTA ANNI [81]

Anni Egizi	MOTO Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°		Anni Egizi	MOTO Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°
1	5	59	44	24	46	Posizione [alla nascita] di Cristo	31	5	51	56	48	11
2	5	59	28	49	33		32	5	51	41	12	58
3	5	59	13	14	20		33	5	51	25	37	45
4	5	58	57	39	7		34	5	51	10	2	32
5	5	58	42	3	54	211°	35	5	50	54	27	19
6	5	58	26	28	41	19′	36	5	50	38	52	6
7	5	58	10	53	27		37	5	50	23	16	52
8	5	57	55	18	14		38	5	50	7	41	39
9	5	57	39	43	1		39	5	49	52	6	26
10	5	57	24	7	48		40	5	49	36	31	13
11	5	57	8	32	35		41	5	49	20	56	0
12	5	56	52	57	22		42	5	49	5	20	47
13	5	56	37	22	8		43	5	48	49	45	33
14	5	56	21	46	55		44	5	48	34	10	20
15	5	56	6	11	42		45	5	48	18	35	7
16	5	55	50	36	29		46	5	48	2	59	54
17	5	55	35	1	16		47	5	47	47	24	41
18	5	55	19	26	3		48	5	47	31	49	28
19	5	55	3	50	49		49	5	47	16	14	14
20	5	54	48	15	36		50	5	47	0	39	1
21	5	54	32	40	23		51	5	46	45	3	48
22	5	54	17	5	10		52	5	46	29	28	35
23	5	54	1	29	57		53	5	46	13	53	22
24	5	53	45	54	44		54	5	45	58	18	9
25	5	53	30	19	30		55	5	45	42	42	55
26	5	53	14	44	17		56	5	45	27	7	42
27	5	52	59	9	4		57	5	45	11	32	29
28	5	52	43	33	51		58	5	44	55	57	16
29	5	52	27	58	38		59	5	44	40	22	3
30	5	52	12	23	25		60	5	44	24	46	50

[81] Il fondamento di tale tavola è più oltre nel cap. XXIII.

TAVOLA DEL MOTO DELL'ANOMALIA DEL SOLE PER GIORNI E PERIODI DI SESSANTA GIORNI

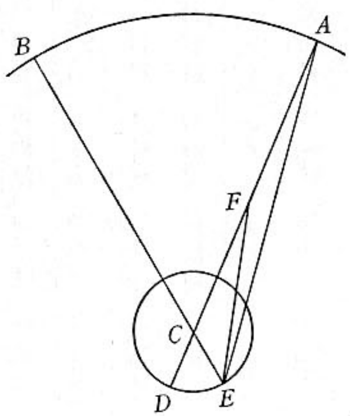
Giorni	MOTO Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°	Giorni	MOTO Sess.	Gr.	Min. 1°	Min. 2°	Min. 3°
1	0	0	59	8	7	31	0	30	33	11	48
2	0	1	58	16	14	32	0	31	32	19	55
3	0	2	57	24	22	33	0	32	31	28	3
4	0	3	56	32	29	34	0	33	30	36	10
5	0	4	55	40	36	35	0	34	29	44	17
6	0	5	54	48	44	36	0	35	28	52	25
7	0	6	53	56	51	37	0	36	28	0	32
8	0	7	53	4	58	38	0	37	27	8	39
9	0	8	52	13	6	39	0	38	26	16	47
10	0	9	51	21	13	40	0	39	25	24	54
11	0	10	50	29	21	41	0	40	24	33	2
12	0	11	49	37	28	42	0	41	23	41	8
13	0	12	48	45	35	43	0	42	22	49	16
14	0	13	47	53	43	44	0	43	21	57	24
15	0	14	47	1	50	45	0	44	21	5	31
16	0	15	46	9	57	46	0	45	20	13	38
17	0	16	45	18	5	47	0	46	19	21	46
18	0	17	44	26	12	48	0	47	18	29	53
19	0	18	43	34	19	49	0	48	17	38	0
20	0	19	42	42	27	50	0	49	16	46	8
21	0	20	41	50	34	51	0	50	15	54	15
22	0	21	40	58	42	52	0	51	15	2	23
23	0	22	40	6	49	53	0	52	14	10	30
24	0	23	39	14	56	54	0	53	13	18	37
25	0	24	38	23	4	55	0	54	12	26	45
26	0	25	37	31	11	56	0	55	11	34	52
27	0	26	36	39	18	57	0	56	10	42	59
28	0	27	35	47	26	58	0	57	9	51	7
29	0	28	34	55	33	59	0	58	8	59	14
30	0	29	34	3	41	60	0	59	8	7	22

Capitolo XV

Nozioni preliminari per la dimostrazione della irregolarità del moto solare apparente.

Per penetrare meglio l'irregolarità del moto apparente del sole dimostreremo ancora più esplicitamente che, occupando il sole il punto centrale del mondo, intorno al quale, come intorno a un centro, si muove in rivoluzione la terra, se, come dicemmo, la distanza fra il sole e la terra è tale che non possa essere commisurata all'immensità della sfera delle stelle fisse, il sole apparirà muoversi uniformemente rispetto a qualsiasi punto o stella presa in considerazione nella stessa sfera.

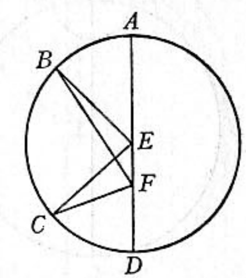
Sia infatti AB il circolo massimo nel mondo sul piano dell'eclittica, sia C il suo centro, in cui è posto il sole, e CD il raggio dell'orbita terrestre, rispetto a cui immensa è l'ampiezza dell'universo, si tracci il circolo DE sullo stesso piano dell'eclittica, sul quale [circolo] viene posto il moto di rivoluzione annua del centro della terra: dico che rispetto a qualsiasi punto o stella che siano presi sul circolo AB il sole appare muoversi uniformemente. Si supponga, ad esempio, che sia A il punto in cui, nella direzione ACD, si ha la vista del sole dalla terra, che stia in D. Si muova comunque anche la terra lungo l'arco DE e dal termine E della terra si conducano AE e BE; dunque il sole apparirà ora, visto da E, nel punto B, e poiché [la linea] AC è immensa rispetto a CD, o a CE ad essa uguale, sarà anche AE immensa rispetto a CE. Si prenda infatti in AC un qualsiasi punto F, e si tracci EF. Poiché dunque dagli estremi C, E della base, due linee rette cadono fuori del triangolo EFC, fino a convergere nel punto A,



per la conversione del ventunesimo teorema del libro I degli *Elementi* di Euclide [82] l'angolo FAE sarà minore dell'angolo EFC. Pertanto le linee rette estese all'infinito comprenderanno infine un angolo CAE tanto acuto da non poter più essere percepito, ed esso è quello di cui l'angolo BCA supera l'angolo AEC; i quali angoli, per una differenza tanto piccola, appaiono eguali, e le linee AC, AE parallele, e il sole sembra muoversi uniformemente rispetto a qualunque punto della sfera delle stelle fisse, come si doveva dimostrare.

Si dimostra poi la sua [del sole] ineguaglianza per il fatto che il moto del centro e della rivoluzione annua della terra non è del tutto attorno al centro del sole. Ciò invero si può intendere in due modi, o mediante un circolo eccentrico, cioè un circolo il cui centro non sia quello del sole o mediante un epiciclo su un circolo omocentrico. Infatti mediante l'eccentrico si dimostra nel modo seguente.

Sia dunque $ABCD$ un circolo eccentrico sul piano dell'eclittica, il cui centro E sia fuori del centro del sole o del mondo, posto in F, a non troppo piccola distanza, e il suo diametro [del circolo $ABCD$], passante per l'uno o per l'altro centro, sia $AEFD$; e sia in A l'apogeo [in realtà, l'afelio], che dai Latini viene chiamato apside superiore, il luogo più lontano dal centro del mondo, D invece il perigeo [in realtà, il perielio] che è il più vicino e cioè l'apside inferiore. Muovendosi dunque la terra nella sua orbita $ABCD$ uniformemente intorno al centro E (come già si è detto), in F apparirà come un moto ineguale. Infatti, presi gli archi uguali AB e CD, e condotte le rette BE, CE, BF e CF, saranno di certo AEB e CED angoli uguali poiché essi comprendono, intorno al centro E, archi uguali. Ma l'angolo CFD è maggiore dell'angolo CED, in quanto l'angolo esterno è maggiore dell'interno; sarà quindi maggiore anche dell'angolo AEB, uguale a CED. Ma l'angolo

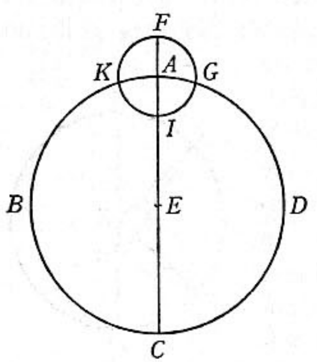


[82] Euclide, *Elementi*, I, 21, trad. cit., p. 108.

AEB è esterno e maggiore di quello interno *AFB*; tanto più quindi l'angolo *CFD* è maggiore di *AFB*. Ma in tempo eguale ha prodotto entrambi gli angoli, [83] poiché *AB* e *CD* sono archi eguali. Il moto uniforme attorno ad *E*, apparirà dunque ineguale attorno ad *F*.

Si può ancor più semplicemente scorgere la stessa cosa per il fatto che l'arco *AB* è più lontano di *CD* dal punto *F*. Infatti, per la proposizione settima del terzo libro degli *Elementi* di Euclide [84], le linee *AF*, *BF* (che determinano l'arco *AB*) sono più lunghe delle linee *CF*, *DF* (che determinano l'arco *CF*), e come si dimostra in ottica, fra grandezze uguali quelle che sono più vicine appariranno maggiori delle più lontane. Pertanto è evidente ciò che si afferma a proposito dell'eccentrico [85].

Lo stesso si dimostrerà anche mediante un epiciclo su un omocentrico. Sia infatti *E* il centro del circolo omocentrico *ABCD* e del mondo, in cui stia anche il sole, e sia *A* nello, stesso piano, il centro dell'epiciclo *FG*, e per entrambi i centri si conduca la linea retta *CEAF*; l'apogeo dell'epiciclo sia *F*, il perigeo *I*. È dunque manifesto che l'uniformità è in *A*, l'ineguaglianza dell'apparenza invece nell'epiciclo *FG*. Poiché, se *A* si muovesse verso *B*, cioè da ovest ad est, e invece il centro della terra dall'apogeo *F* verso ovest, *E* apparirà muoversi maggiormente nel perigeo che è *I*, per il fatto che i due moti di *A* e *I* sono nella stessa direzione. Nell'apogeo che è *F*, invece, lo stesso punto *E* sembrerà essere più lento, dato che è mosso solo dal



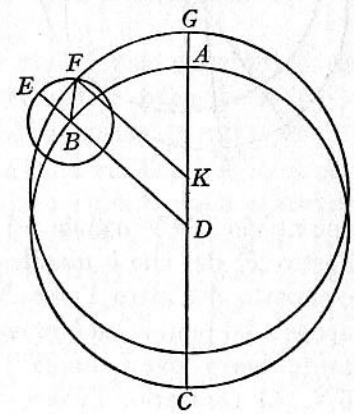
[83] Cioè, entrambi questi angoli sono stati percorsi in tempo eguale.

[84] EUCLIDE, *Elementi*, III, 7, trad. cit., p. 211.

[85] Nelle edizioni sino a quella di Varsavia inclusa, si trovano qui inserite le seguenti parole (che nel manoscritto sono, cancellate, in margine e al fondo della p. 95 r): « C'è certo la stessa dimostrazione se la terra stesse ferma in *F* e il sole si movesse sul circolo *ABC*, come secondo Tolomeo e altri ».

moto vincente fra i due contrari, e la terra quando è posta in *G* precederà [sarà ad ovest del] il moto uniforme, mentre in *K* lo seguirà [sarà ad est di esso], e da una parte e dall'altra secondo gli archi *AG* e *AK*, lungo i quali quindi anche il sole sembra muoversi in modo ineguale.

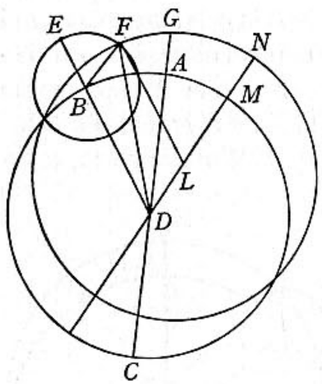
Tutto ciò dunque che avviene mediante l'epiciclo può prodursi ugualmente mediante l'eccentrico, che il trascorrere dell'astro nell'epiciclo descrive uguale all'omocentrico, e sullo stesso piano; il centro del quale eccentrico dista dal centro dell'omocentrico della lunghezza di un raggio dell'epiciclo. Il che avviene ancora in tre modi. Poiché infatti, se l'epiciclo sull'omocentrico, e l'astro sull'epiciclo fanno rivoluzioni uguali, ma con direzioni opposte l'uno all'altro, il moto dell'astro traccerà un eccentrico fisso, dato che il suo apogeo e perigeo occupano sedi immutabili. In tal modo, sia *ABC* l'omocentrico, *D* il centro del mondo, *ADC* il diametro, e poniamo che, essendo l'epiciclo in *A*, l'astro sia nell'apogeo dell'epiciclo, che è in *G*, e il suo raggio sulla linea retta *DAG*; si prenda poi l'arco *AB* dell'omocentrico e con centro in *B* e raggio uguale ad *AG*, si descriva l'epiciclo *EF*, e si prolunghino *DB* ed *EB* in linea retta; e si prenda anche l'arco *EF* in senso contrario, e simile ad *AB*; sia quindi in *F* l'astro o la terra, e si unisca *BF*; si prenda anche sulla linea *AD* il segmento *DK* uguale a *BF*. Pertanto, poiché gli angoli *EBF* e *BDA* sono uguali, anche *BF* e *DK* sono paralleli e uguali; se linee rette sono congiunte da linee eguali e parallele, sono anch'esse uguali e parallele, per la trentatreesima proposizione del libro I degli *Elementi* di Euclide [86]; e poiché *DK* e *AG* si pongono uguali, s'aggiunga *AK* comune, e sarà

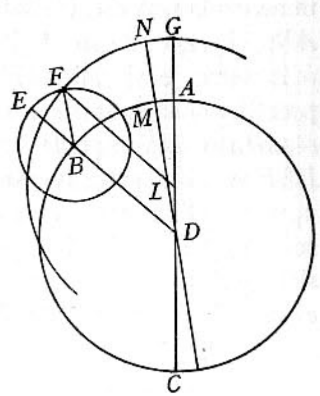


[86] EUCLIDE, *Elementi*, I, 33, trad. cit., p. 127.

GAK uguale ad *AKD*, uguale quindi anche a *KF*. Facendo quindi centro in *K*, il circolo tracciato con il raggio *KAG* passerà per *F*, e dunque il punto *F* ha descritto con il moto composto di *AB* ed *EF* un eccentrico uguale all'omocentrico, e quindi anche fisso. Quando infatti l'epiciclo faccia rivoluzioni pari a quelle dell'omocentrico, è necessario che gli apsidi dell'eccentrico così descritto restino nella stessa posizione.

Poiché, se il centro dell'epiciclo e la circonferenza facessero rivoluzioni di numero diverso, il moto dell'astro non traccerà già un eccentrico fisso, bensì un eccentrico il cui centro e i cui apsidi sono portati verso ovest o verso est, secondo che il moto dell'astro sia più veloce o più lento del centro del suo epiciclo. In tal modo, se l'angolo *EBF* sarà maggiore dell'angolo *BDA*, si ponga dunque uguale a quello l'angolo *BDM*; parimenti si dimostrerà che, se sulla linea *DM* si prende *DL* uguale a *BF*, il circolo tracciato con raggio *LMN* uguale ad *AD* e centro in *L* passerà per l'astro *F*; dal che è manifesto che viene descritto dal moto composto dell'astro l'arco *NE* del circolo eccentrico, il cui apogeo dal punto *G* si è mosso intanto verso ovest lungo l'arco *GN*. Al contrario, invece, se il moto dell'astro nell'epiciclo fosse più lento, allora il centro dell'eccentrico si sposterà verso est, e tanto di quanto si muoverà il centro dell'epiciclo; ad esempio, se l'angolo *EBF* è minore dell'angolo *BDA*, ma tuttavia uguale a *BDM*, è evidente che avvenga ciò che abbiamo detto.





Da tutto questo appare che si produce sempre la stessa ineguaglianza dell'apparenza, sia mediante un epiciclo su un omocentrico, sia mediante un circolo eccentrico eguale all'omocentrico, e per nulla essi differiscono fra di loro, purché la distanza dei centri [dell'omocentrico e dell'eccentrico] sia uguale al raggio dell'epiciclo.

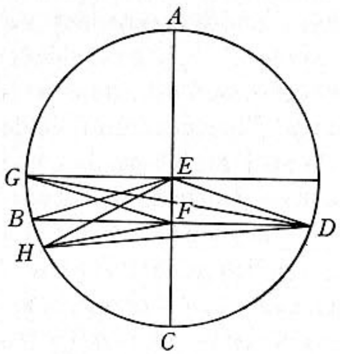
Quale dei due dunque ci sia nel cielo, non è facile discernere. Tolomeo, invero, dove concepì l'ineguaglianza come semplice, e definite e immutabili le sedi degli apsidi (come credeva nel sole), riteneva che bastasse il calcolo dell'eccentricità. Ma alla luna e agli altri cinque pianeti erranti con una duplice o plurima anomalia, applicò eccentrepicicli [87]. Da ciò anche si dimostra facilmente che la differenza massima fra l'uniformità e l'apparenza si vede quando l'astro appare in posizione intermedia fra l'apside superiore e quello inferiore, secondo il sistema dell'eccentrico e, secondo l'epiciclo, nel punto di contatto di esso [con il cerchio che lo porta], come in Tolomeo [88].

Mediante l'eccentrico in tal modo: ci sia ancora il circolo *ABCD* con centro *E*, e il diametro *AEC* passi per il sole *F*, fuori del centro. Si conduca inoltre ad angolo retto per *F* la linea *BFD*, e si uniscano *BE*, *ED*; *A* sia l'apogeo, *C* il perigeo, a partire da cui *B* e *D* siano i punti medi apparenti. È evidente che l'angolo esterno *AEB* comprende il moto uniforme, mentre quello interno *EFB* il moto apparente, e la loro differenza è l'angolo *EBF*: dico che non si può, nell'arco sopra la linea *EF*, costruire un angolo maggiore di uno dei due angoli *B* o *D*. Assunti infatti prima e dopo *B* i punti *G*

[87] Ossia, epicicli ruotanti su un eccentrico. A proposito della maggior convenienza dell'eccentrico per il sole, cfr. TOLOMEO, *Almagesto*, III, cap. 4.

[88] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. III, cap. 3. In questo periodo, che termina con il riferimento a Tolomeo, la discussione verte intorno alla questione quale sistema di cerchi « sia in cielo ». Pare questo una conferma di quanto s'è detto nella nota 20 alla traduzione del libro I del *De Revolutionibus*: cioè, ch'è assai probabile che Copernico credesse nella realtà delle sfere celesti. Qui, tuttavia, egli riconosce l'impossibilità di una risposta definitiva circa il reale « meccanismo » celeste; in base a considerazioni di semplicità, nel *De Revolutionibus* (specie a proposito del moto in longitudine dei pianeti), egli preferisce un sistema eccentrepiciclico, mentre nel *Commentariolus* aveva preferito il sistema concentrico-biepiciclico.

e *H*, si uniscano *GD*, *GE*, *GF*; ugualmente *HE*, *HF*, *HD*. Essendo dunque la linea *FG*, che è più vicina al centro, più lunga di *DF*, l'angolo *GDF* sarà maggiore dell'angolo *DGF*.



Ma sono uguali gli angoli *EDG* ed *EGD* (scendendo uguali alla base i lati *EG* ed *ED*). Quindi anche l'angolo *EDF* uguale all'angolo *EBF*, è maggiore dell'angolo *EGF*. Similmente anche la linea *DF* è più lunga di *FH*, e l'angolo *FHD* è maggiore di *FDH*, mentre tutto l'angolo *EHD* è uguale a tutto l'angolo *EDH*, poiché sono uguali le linee *EH*, *ED*. Quindi l'angolo *EDF*, che è il resto della differenza, ed uguale a *EBF*, è maggiore anche di *EHF*, che è il resto della differenza [89]. In nessun altro luogo dunque si costituirà un angolo maggiore che nei punti *B* e *D* sopra la linea *EF*. Pertanto la differenza massima fra l'uniformità e l'apparenza si trova a metà fra il perigeo e l'apogeo.

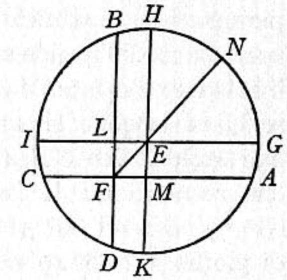
Capitolo XVI

L'INEGUAGLIANZA APPARENTE DEL SOLE.

Queste cose sono state dimostrate in generale, e si possono adattare non solo ai fenomeni solari ma anche alla ineguaglianza degli altri astri. Ora tratteremo dei fenomeni che sono propri del sole e della terra e per primi quelli che abbiamo appreso da Tolomeo e da altri più antichi, e in seguito quelli che l'età moderna e la nostra esperienza ci ha insegnato. Tolomeo trovò che fra l'equinozio di primavera e il solstizio [d'estate] intercorrono 94 giorni e mezzo, tra il solstizio e l'equinozio di autunno 92 giorni e mezzo [90]. In rap-

[89] Cioè: $(EDH - FDH) > (EDH - FHD)$.
[90] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. III, cap. 4.

porto al tempo, nel primo intervallo il moto medio e uniforme era di $93^\circ\, 9'$, nel secondo di $91^\circ\, 10'$ [91]. Si divida il circolo dell'anno, che sia *ABCD*, con centro in *E*, nel modo seguente: si prenda l'arco *AB*, per il primo intervallo di tempo, di $93^\circ\, 9'$, e l'arco *BC*, per il secondo, di $91^\circ\, 10'$.



Si consideri da *A* l'equinozio di primavera, da *B* il solstizio d'estate, da *C* l'equinozio d'autunno, e infine da *D* il solstizio d'inverno. Si uniscano *AC* e *BD* che si incontrano ad angolo retto in *F* dove poniamo il sole. Poiché dunque *ABC* è un arco maggiore della semicirconferenza, e anche *AB* è maggiore di *BC*, Tolomeo comprese da ciò che il centro *E* del circolo si trova fra le linee *BF* ed *FA*, e l'apogeo fra l'equinozio di primavera e il solstizio d'estate. Si conduca ora, per il centro *E*, la parallela *IEG* ad *AFC*, che intersecherà *BFD* in *L*, e la parallela *HEK* a *BFD*, che intersecherà *AF* in *M*. Si costruirà in tal modo il parallelogrammo rettangolo *LEMF*, il cui diametro [diagonale] *FE*, prolungato nella retta *FEN*, indicherà la massima distanza della terra dal sole e la posizione dell'apogeo in *N*. Essendo dunque l'arco *ABC* di 184° $19'$, la sua metà *AH* è di $92^\circ\, 9'$ e mezzo; se la si toglie da *AGB*, lascia come resto l'eccesso *HB* di $59'$. Ancora i gradi del quadrante *HG* del circolo tolti da *AH* lasciano l'arco *AG* di $2^\circ\, 10'$. Ma la metà della corda che sottende il doppio di *AG* è di 377 parti, misurandone il raggio 10.000, ed è uguale a *LF*. E la metà della corda che sottende il doppio di *BH*, cioè *LE*, è pari a 172 delle medesime parti. Dati dunque due lati del triangolo *ELF*, il lato *EF* sarà 414 di quelle parti di cui il raggio ne misura 10.000, ossia circa la ventesima

[91] Nel manoscritto (p. 96 v) è scritto (o così pare) $91^\circ\, 11'$, e tale valore è riportato anche nel testo curato dagli Zeller e in quello curato dall'Accademia polacca. Ma, nel manoscritto, il segno dopo la cifra « X » pare più un tratto qualsiasi di penna che la cifra « I ». Tre righe dopo, infatti, lo stesso manoscritto dà, ripetendo la stessa misura, il valore di $91^\circ\, 10'$. L'edizione di Thorn corregge in tal senso.

parte del raggio *NE*. Come poi *EF* sta a *EL*, così il raggio *NE* sta alla metà della corda che sottende il doppio di *NH*. Quindi si ha l'arco *NH* di $24^\circ\ 30'$ e, corrispondente a questa misura, l'angolo *NEH* cui è anche uguale l'angolo dell'apparenza [del movimento apparente] *LFE*. Di un così grande spazio quindi l'apside superiore, prima di Tolomeo, precedeva il solstizio d'estate. Ma poiché *IK* è un quadrante del circolo, se gli si tolgono gli archi *IC* e *DK* uguali rispettivamente agli archi *AG* e *HB*, resta *CD* di $86^\circ\ 51'$; e si ha pure ciò che resta di *CDA*, [tolto l'arco *CD*], ossia l'arco *DA*, di $88^\circ\ 49'$. Ma ad $86^\circ\ 51'$ corrispondono 88 giorni e un ottavo di giorno e a $88^\circ\ 49'$ corrispondono 90 giorni e un ottavo di giorno, che sono 3 ore. In tali periodi, durante il moto uniforme della terra, il sole appariva passare dall'equinozio di autunno al solstizio d'inverno, e per ciò che resta dell'anno sembrava ritornare dal solstizio di inverno all'equinozio di primavera. Tolomeo, invero, dichiara di avere anche lui trovato tali cose non diversamente da come, prima di lui, erano state tramandate da Ipparco. Perciò ritenne che anche nel tempo rimanente l'apside superiore fosse di $24^\circ\ 30'$ prima [ad ovest] del solstizio d'estate e che l'eccentricità sarebbe rimasta sempre, come si è detto, un ventiquattresimo del raggio. Invece vediamo che ambedue le cose sono mutate in modo manifesto.

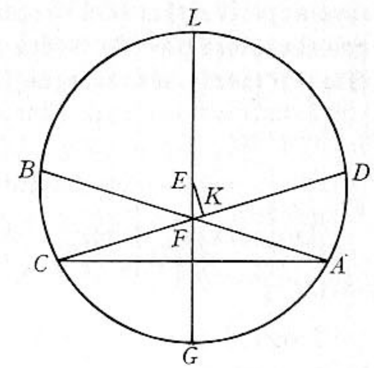
Albatenio annotò [92] dall'equinozio di primavera al solstizio d'estate 93 giorni, 35 minuti [di giorno], fino all'equinozio di autunno 186 giorni, 37 minuti [di giorno], da cui, secondo la prescrizione di Tolomeo, ricavò un'eccentricità di non più di 346 di quelle parti di cui il raggio ne misura 10.000 [93]. Fu d'accordo con lui Arzachele lo Spagnolo nel calcolo dell'eccentricità, ma dichiarò che l'apogeo fosse $12^\circ\ 10'$ ad ovest del solstizio, mentre ad Albatenio sembrava $7^\circ\ 43'$ ad

[92] Cfr. *De motu stellarum* cit., cap. 27. Le notizie su Albatenio e Arzachele Copernico le ricavava dall'*Epitome* di PEURBACH e REGIOMONTANO.

[93] Il manoscritto dà il valore 346. Le edizioni prime, sino a quella di Varsavia inclusa, portano invece 347. Il Menzzer, trad. cit. nota 179, p. 31, basandosi su un controllo del testo di Albatenio, mostra come sia preferibile il valore dato nel manoscritto e riprodotto nell'edizione di Thorn (ed in quelle successive).

ovest dello stesso solstizio. Da questi indizi dunque si è appreso che c'era ancora un'altra ineguaglianza nel moto del centro della terra, la quale viene confermata anche da osservazioni della nostra epoca. Infatti, nei dieci anni e più durante i quali dedicammo la mente all'indagine su questi fatti, e specialmente nell'anno di Cristo 1515, trovammo che dall'equinozio di primavera a quello di autunno, passavano 186 giorni e 5 minuti e mezzo [di giorno]; e per non sbagliarci nel registrare i solstizi, cosa che alcuni sospettano capitasse talora agli antichi, ci siamo assunte anche, a questo proposito, alcune altre posizioni del sole che, oltre agli equinozi, non sono per nulla difficili da osservarsi, quali sono le posizioni mediane delle costellazioni del Toro, del Leone, dello Scorpione e dell'Acquario. Trovammo dunque dall'equinozio di autunno alla metà dello Scorpione 45 giorni 16 minuti [di giorno], fino all'equinozio di primavera 178 giorni 53 minuti e mezzo. Ma il moto uniforme nel primo intervallo è di $44^\circ\ 37'$, nel secondo di $176^\circ\ 19'$.

Avendo così premesso questi fatti, si ripeta il circolo *ABCD*. E sia *A* il punto dal quale il sole apparve nell'equinozio di primavera, *B* quello da dove era osservata nell'equinozio di autunno, *C* il punto medio dello Scorpione. Si uniscano *AB* e *CD*, che si intersecano nel centro del sole *F* e si tracci la corda *AC*. Pertanto, poiché è noto l'arco *CB*, infatti è di $44^\circ\ 37'$, è perciò noto anche l'angolo *BAC*, secondo che 360° sono due retti; e l'angolo *BFC*, del moto apparente, è di 45°, essendo 360° 4 retti; ma finché sono 2 retti, lo stesso *BFC* sarà di 90°: di qui abbiamo il rimanente angolo *ACD*, che insiste sull'arco *AD* ed è di $45^\circ\ 23'$. Ma tutto l'arco *ACB* è di $176^\circ\ 19'$; tolto l'arco *BC*, resta l'arco *AC* di $131^\circ\ 42'$, il quale sommato con l'arco *AD* dà l'arco *CAD* di $177^\circ\ 5'$.



Essendo quindi ambedue le sezioni *ACB* e *CAD* minori di un semicerchio, è chiaro che nella restante sezione *BD* si trova il centro del cerchio; e sia tale centro *E*, e per *F* si tracci il diametro *LEFG*, e sia l'apogeo *L*, il perigeo *G*. Si tracci *EK* perpendicolare a *CFD*. Ma degli archi dati sono date anche le corde, in base alla tavola: *AC* è di 182.494 e *CFD* di 199.934 di quelle parti, di cui il diametro ne misura 200.000. Pertanto, del triangolo *ACF* di angoli dati sarà data anche, per il primo teorema sui triangoli piani, la misura dei lati; e *CF* sarà di 97.967 parti, essendo *AC* pari a 182.494 parti, e per questo la metà dell'eccesso di *FD*, e cioè *FK*, è pari a 2000 delle medesime parti. E poiché la sezione *CAD* è minore di un semicerchio di 2° 54′ [94], arco del quale la metà della corda è uguale ad *EK* e pari a 2534 parti, quindi il triangolo *EFK*, essendo dati i due lati *FK*, *KE*, che comprendono l'angolo retto, sarà di lati e angoli noti: *EF* pari a 323 parti di cui *EL* è 10.000, e l'angolo *EFK* pari a 51° e due terzi, essendo 360° quattro angoli retti. Quindi l'intero angolo *AFL* è di 96° e due terzi, il resto, l'angolo *BFL*, di 83° e un terzo; essendo poi *EL* di 60°, sarà *EF* pari a 1° 56′ circa. Questa era la distanza del sole dal centro dell'orbe, diventata appena 1/31 essa che a Tolomeo appariva 1/24 [del raggio dell'orbita terrestre]. E l'apogeo che allora precedeva [era ad ovest del] il solstizio d'estate di 24° e mezzo, ora lo segue [ne è a est] di 6° e 2/3.

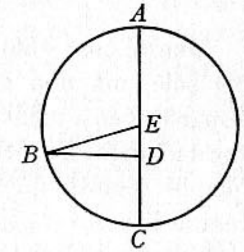
Capitolo XVII

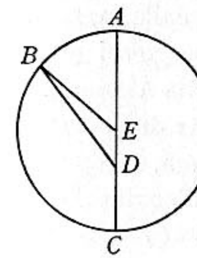
Dimostrazione della prima ineguaglianza annua del sole con le sue differenze particolari.

Trovandosi dunque più differenze dell'ineguaglianza del Sole, pensiamo che, per prima, debba esere dedotta quella che è annuale ed è più nota delle altre; e perciò si ripeta il

[94] Il manoscritto (p. 97 v) dà il valore 2° 54′. Le edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, danno 2° 54′ e mezzo. L'edizione di Thorn corregge in 2° 55′.

circolo *ABC* intorno al centro *E* con il diametro *AEC*; sia *A* l'apogeo, *C* il perigeo e il sole in *D*. Si è dimostrato poi che la massima differenza tra il moto uniforme e quello apparente è nel luogo medio, secondo l'apparenza, fra l'uno e l'altro apside, e perciò si tracci la perpendicolare *BD* ad *AEC*, la quale intersechi la circonferenza nel punto *B*, e si uniscano *B* ed *E*. Poiché nel triangolo rettangolo *BDE* sono dati due lati, cioè *BE*, che è il raggio del circolo, e *DE*, distanza del sole dal centro, saranno pertanto dati anche gli angoli. E sarà dato l'angolo *DBE*, di cui *BEA*, l'angolo del moto uniforme, differisce dall'angolo retto *EDB* del moto apparente. Per quanto quindi *DE* è reso maggiore e minore, per tanto tutta la forma del triangolo è mutata. Così prima di Tolomeo [95] l'angolo in *B* era di 2° 23′, al tempo di Albatenio ed Arzachel di 1° 59′, ora invece di 1° 51′, e Tolomeo riteneva l'arco *AB*, compreso dall'angolo *AEB*, di 92° 23′, e l'arco *BC* di 87° 37′. Per Albatenio *AB* era di 91° 59′, e *BC* di 88° 1′. Ora *AB* è di 91° 51′ e *BC* di 88° 9′. Di qui risultano anche le restanti differenze. Si prenda infatti comunque un altro arco *AB*, come nella seconda figura, e sia dato l'angolo *AEB*, e quello interno *BED*, e i due lati *BE*, *ED*, si avrà anche, secondo la teoria dei triangoli piani, l'angolo *EBD*, la prostaferesi e la differenza tra il moto uniforme e quello apparente, differenze che è anche necessario mutino, a causa della modificazione del lato *ED*, come si è detto già.





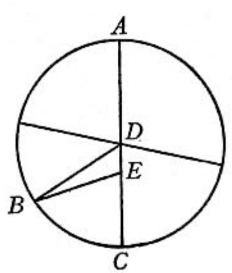
[95] Tolomeo, *Almagesto*, lib. III, cap. 4.

Capitolo XVIII

Esame del moto uniforme secondo la lunghezza [del tempo].

Queste cose sono state esposte circa l'ineguaglianza annua del sole, ma non mediante la differenza semplice, come è apparso, bensì mediante una differenza ancora mista a quella che la lunghezza del tempo ha rivelato. Distingueremo dunque in seguito queste differenze l'una dall'altra. Nel frattempo il moto medio e uniforme del centro della terra, sarà stabilito in valori tanto più sicuri, quanto maggiormente sia stato distinto dalle differenze dell'ineguaglianza e si estenda per un più lungo intervallo di tempo.

Ciò dunque apparirà in tal modo. Ci è stato tramandato quell'equinozio d'autunno, che è stato osservato da Ipparco ad Alessandria, nell'anno 32 del terzo periodo di Callippo, che era, come prima si è riferito [96], l'anno 177 dalla morte di Alessandro, a mezzanotte del terzo dei cinque giorni intercalari a cui seguiva il quarto; ma, per il fatto che Alessandria si trova alla distanza di circa un'ora ad oriente di Cracovia, era circa un'ora prima della mezzanotte. Quindi, secondo il calcolo prima riportato [97], la posizione dell'equinozio di autunno nella sfera delle stelle fisse era a $176^\circ 10'$ a partire dalla testa dell'Ariete, ed era lo stesso luogo apparente del sole: distava dunque dall'apside superiore di $114^\circ 30'$. Secondo questo esempio, si tracci il circolo che descrive il centro della terra, *ABC*, intorno al centro *D*; sia *ADC* il diametro, e si prenda su esso il sole, che sia nel punto *E*, l'apogeo in *A*, il perigeo in *C*. Sia poi *B* il punto in cui il sole apparve nell'equinozio di autunno, e si traccino le linee rette *BD*, *BE*. Essendo pertanto l'angolo *DEB*, secondo cui il

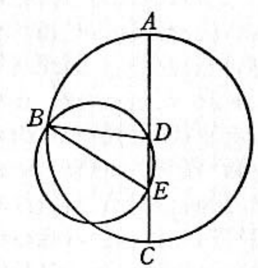


[96] Cfr. il cap. 13 di questo libro.
[97] Cfr. il cap. 12 di questo libro.

sole appare distare dall'apogeo, di $114^\circ 30'$, ed essendo in tal caso *DE* 416 parti di quelle, di cui *BD* ne misura 10.000 [98], il triangolo *BDE*, per il quarto teorema sui triangoli piani, risulta dunque di angoli dati, e l'angolo *DBE*, di cui l'angolo *BED* differisce da quello *BDA*, è di $2^\circ 10'$; ma l'angolo *BED* è di $114^\circ 30'$, sarà dunque *BDA* di $116^\circ 40'$, e perciò la posizione media o uniforme del sole a partire dalla testa dell'Ariete, nella sfera delle stelle fisse, sarà di $178^\circ 20'$.

Abbiano confrontato con ciò l'equinozio di autunno, da noi osservato a Frauenburg, sotto lo stesso meridiano di Cracovia [99], nell'anno 1515 del Signore, il 14 settembre, nell'anno egizio dalla morte di Alessandro 1840, il giorno sesto di Phaophi, il secondo mese presso gli Egizi, mezz'ora dopo il sorgere del sole [100]. Nel quale tempo la posizione dell'equinozio di autunno secondo il calcolo e l'osservazione era di $152^\circ 45'$ nella sfera delle stelle fisse, distando dall'apside superiore secondo la dimostrazione precedente [101] di $83^\circ 20'$.

Si costruisca ora l'angolo *BEA* di $83^\circ 20'$, essendo 2 retti eguali a 180°, e due lati del triangolo sono dati: *BD* di 10.000, *DE* di 323 parti; per il quarto teorema sui triangoli piani l'angolo *DBE* sarà di $1^\circ 50'$ circa. Poiché, se un circolo circoscrive il triangolo *BDE*, l'angolo *BDE* alla circonferenza sarà di $166^\circ 40'$, comprendendo due retti [alla circonferenza] 360°; e la corda *BD* misurerà 19.864 parti di cui il diametro ne misura 20.000, e, secondo il rapporto dato della corda *BD* a *DE*, sarà data anche la corda *DE*, con una lunghezza di circa 642



[98] Così nel manoscritto (foglio 98 v); ma 416 pare corretto da 417. Nel cap. 21 (foglio 101 r), del resto, si ha 416 cancellato e corretto in margine in 417, e (nel foglio 101 v) 416 con un punto sotto il 6, con il che di solito nel manoscritto si indica che la cifra va aumentata di una unità. Cfr. ed. Zeller, p. 198, nota. Le edizioni sino a quella di Varsavia portano 415; quella di Thorn 414, e ripete tale numero anche nel cap. 21.
[99] In realtà, Frauenburg (Frombork) è 17′ 39″ più a ovest di Cracovia. Cfr. Menzzer, trad. cit., nota 168, p. 31.
[100] Cfr. il cap. 13 di questo libro.
[101] Cfr. la fine del cap. 16.

delle medesime parti, la quale sottende l'angolo alla circonferenza *DBE* di 3° 40', mentre quello al centro è di 1° 50'. E questa era la prostaferesi e la differenza tra il moto uniforme e quello apparente, la quale aggiunta all'angolo *BED* che era di 83° 20', darà l'angolo *BDA* e l'arco *AB* di 85° 10', distanza [del moto] uniforme dall'apogeo, e così il luogo medio del sole nella sfera delle stelle fisse è di 154° 35'.

Intercorrono, dunque fra le due osservazioni 1662 anni egizi, 37 giorni, 18 minuti [di giorno] e 45 secondi e il moto medio uniforme, oltre le rivoluzioni intere che sono 1660, ammonta a circa 336° 15', valore corrispondente al numero che abbiamo esposto nella tavola dei moti uniformi [102].

Capitolo XIX

SUI LUOGHI E SUI PRINCÌPI DA PORRE A BASE DEL MOTO UNIFORME DEL SOLE.

Nel tempo trascorso dalla morte di Alessandro Magno all'osservazione di Ipparco [103], ci sono dunque 176 anni, 362 giorni, 27 parti e mezza di giorno, durante i quali il moto medio è, secondo il calcolo, di 312° 43'. E se questi li si toglie dai 178° 20' dell'osservazione di Ipparco aumentati dei 360° di un cerchio, rimarrà per l'inizio degli anni dalla morte di Alessandro Magno, a mezzogiorno del primo giorno del mese di Thoth, primo mese egizio, una posizione di 225° 37', e ciò nel meridiano di Cracovia e di Frauenburg [104], del luogo della nostra osservazione.

Da qui al principio degli anni romani di Giulio Cesare, cioè in 278 anni, 118 giorni e mezzo, il moto medio è, oltre alle rivoluzioni complete, di 46° 28', che, aggiunti ai gradi della posizione di Alessandro, danno 272° 4', quale posizione di Cesare, alla mezzanotte del 31 dicembre, da cui i Romani sogliono far cominciare gli anni e i giorni. Poi in 45 anni

[102] Cfr. il cap. 14 di questo libro.
[103] Tolomeo, *Almagesto*, lib. III, cap. 4.
[104] « Gynaetiae »: così nel manoscritto (foglio 99 r). Cfr. la nota 75.

e 12 giorni, ossia, a partire da Alessandro Magno in 323 anni 130 giorni e mezzo, insorge la posizione di Cristo a 272° 31'. Essendo Cristo nato nel terzo anno della centonovantaquattresima Olimpiade, i calcoli che dall'inizio della prima Olimpiade annoverano 775 anni, 12 giorni e mezzo fino alla mezzanotte del 31 dicembre, similmente riportano la posizione della prima Olimpiade a 96° 16', al mezzogiorno del primo giorno del mese di Ecatombeone, il cui anniversario è ora il primo luglio secondo gli anni romani. In tal modo sono stabiliti i princìpi [i punti d'inizio] del moto semplice del sole rispetto alla sfera delle stelle fisse. Anche le posizioni composte [del moto composto] risultano mediante l'addizione delle precessioni equinoziali e sull'esempio di quelle; la posizione olimpica è di 90° 59', quella di Alessandro di 226° 38', quella di Cesare di 276° 53', quella di Cristo è di 278° 2'. Tutti questi valori sono riferiti (come dicemmo) al meridiano di Cracovia.

Capitolo XX

La seconda e duplice ineguaglianza che accade nel caso del sole a causa del mutamento degli apsidi.

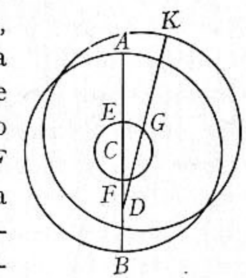
C'è ora una difficoltà maggiore circa la mutevolezza dell'apside solare, perché quell'apside che Tolomeo ritenne fosse fisso, altri pensarono che seguisse il moto della sfera stellata, poiché ritennero che si muovessero anche le stelle fisse. Arzachel pensava che anche questo moto fosse irregolare, giacché avviene che anch'esso retroceda; egli prese l'indizio dal fatto che, avendo trovato Albatenio, come si è detto, l'apogeo a 7° 43° ad ovest del solstizio (apogeo che prima, a partire da Tolomeo, in 740 anni aveva proceduto di circa 17°), a lui sembrava, dopo 193 anni, essere retrocesso di circa 4° e mezzo; e perciò pensava che ci fosse un altro moto del centro del circolo [orbitale] annuo su qualche piccolo circolo, secondo il qual moto l'apogeo inclinasse avanti e indietro, e il centro di quel circolo [orbitale] facesse distanze ineguali dal centro del mondo. Un bel ritrovato invero, ma finora non accettato, poiché non collima affatto con gli altri dati. Ad esempio, se si considera la successione di questo moto secondo l'ordine, cioè che per un certo tempo prima di Tolomeo s'era fermato, che in 640 [105] anni o circa era passato attraverso 17°, che nei 200 anni successivi era retrocesso di 4° o 5° e che nel tempo rimanente fino a noi è avanzato, senza che si percepisse alcun'altra retrogradazione per tutto il tempo, né altre stazioni, che è necessario intervengano fra moti contrari verso l'una e verso l'altra parte: tutti questi fatti non si possono in alcun modo comprendere in base al moto circolare e uniforme. Perciò molti credono che qualche errore si verificasse nelle loro osservazioni. Ambedue gli astronomi tuttavia erano pari per zelo e diligenza, cosicché è dubbio quale sia piuttosto da seguire.

E pertanto confesso che in nessuna parte c'è difficoltà maggiore che nel determinare l'apogeo del sole, a proposito del quale calcoliamo grandi grandezze in base a grandezze minime e a mala pena percepibili; poiché intorno al perigeo e all'apogeo un [movimento di un] grado intero produce nella prostaferesi una variazione solo di 2′ più o meno, mentre intorno agli apsidi medi al moto di 1′ corrispondono 5° o 6° [nella prostaferesi], e perciò un piccolo errore può propagarsi assai grandemente. Quindi, allorché abbiamo posto l'apogeo a 6° e due terzi del Cancro, non ci saremmo accontentati d'affidarci agli strumenti oroscopici, se non ci rendessero più sicuri anche le eclissi del sole e della luna, poiché se nelle osservazioni si nascondesse qualche errore, le eclissi lo scoprirebbero senza dubbio. Ciò che dunque sarebbe molto simile al vero, dallo stesso concetto del moto in generale, possiamo comprendere che esso è da ovest ad est, tuttavia irregolare. Poiché, dopo quella stazione da Ipparco a Tolomeo, l'apogeo apparve in progressione continua ordinata e crescente fino al presente, eccetto quel moto che, si crede, capitò per errore fra Albatenio e Arzachel, apparendo tutti gli altri dati in accordo. Infatti, poiché anche la prostaferesi

[105] Così nel manoscritto (foglio 99 v) e nelle edizioni degli Zeller e dell'Accademia polacca; ma poco prima Copernico aveva scritto 740.

[del moto] del sole in modo simile non ancora cessa di diminuire, sembra che segua la stessa misura del moto di rivoluzione, e che entrambe le irregolarità si eguaglino sotto quella prima e semplice anomalia dell'obliquità dell'eclittica o qualcosa di simile.

Per rendere ciò più chiaro, sia il circolo AB sul piano dell'eclittica, con centro in C; il diametro sia ACB, su cui sia D il globo del sole come se fosse nel centro del mondo, e con centro C si descriva un altro piccolo circolo EF, che non comprenda il sole, lungo il quale piccolo circolo si supponga che si muova con una lenta progressione il centro della rivoluzione annua del centro della terra. E, poiché il piccolo circolo EF insieme con la linea AD si muove da ovest ad est, mentre il centro della rivoluzione annua ha un moto lungo il circolo EF da est ad ovest, ambedue invero

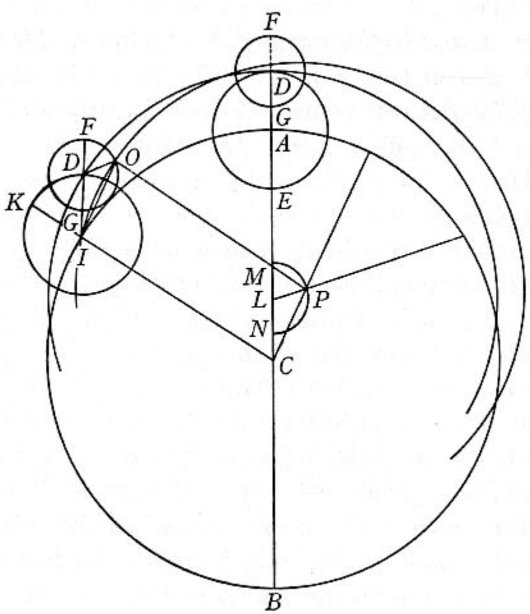


con un moto alquanto ritardato, si troverà il centro del circolo annuo a volte alla distanza massima che è DE, a volte alla distanza minima DF, e là in moto più lento, qui più veloce; e nelle curvature intermedie il piccolo circolo fa crescere e decrescere la distanza dei centri con il tempo, e fa alternativamente precedere e seguire l'apside superiore a quell'apside, o apogeo, che è sulla linea ACD come fosse medio. Pertanto, se si prende l'arco EG, e fatto centro in G, si descrive un circolo uguale ad AB, sarà allora l'apside superiore sulla linea DGK, e la distanza DG minore di DE, per la proposizione ottava del III libro degli *Elementi* di Euclide [106].

Queste cose che si dimostrano così mediante l'eccentrico dell'eccentrico, si dimostrano anche mediante l'epiciclo dell'epiciclo nel seguente modo. Sia il cerchio AB omocentrico con il mondo e col sole e ACB il diametro, in cui si trova l'apside superiore. E fatto il centro in A, si descriva l'epiciclo DE, e di nuovo con centro D l'epiciclo FG, su cui si

[106] Euclide, *Elementi*, III, 8; trad. cit., p. 213.

muova la terra, e tutto avvenga sul piano dell'eclittica. Sia il moto del primo epiciclo da ovest ad est, e quasi annuo, e quello del secondo anche, cioè *D*, similmente annuo, ma



da est ad ovest, e ambedue rispetto alla linea *AC* abbiano rivoluzioni uguali. Inoltre il centro della terra movendo da *F* verso ovest accresca per poco il moto di *D*. Da ciò è manifesto che quando la terra è in *F* farà l'apogeo del sole massimo, mentre in *G* lo farà minimo: invece negli archi intermedi dell'epiciclo *FG* essa farà precedere o seguire lo stesso apogeo, accresciuto o diminuito, maggiore o minore, e farà così apparire irregolare il moto, come prima si è dimostrato a proposito dell'epiciclo e dell'eccentrico.

Si prenda ora l'arco *AI*, e si consideri di nuovo con centro *I* l'epiciclo dell'epiciclo; tracciata *CI* la si prolunghi in *CIK*: l'angolo *KID* sarà uguale all'angolo *ACI*, per l'eguaglianza delle rivoluzioni. Quindi, come sopra dimostrammo, il punto *D* descriverà un circolo eccentrico, eguale all'omocentrico *AB*, con centro *L* e un'eccentricità *CL* uguale a *DI*;

F descriverà anche un eccentrico, con l'eccentricità *CLM* uguale a *IDF*; e *G* similmente un eccentrico con eccentricità *CN* uguale a *IG*. Frattanto, se il centro della terra ha ormai percorso un arco *FO* del secondo, e suo proprio, epiciclo, il punto *O* non descriverà un eccentrico il cui centro sia sulla linea *AC*, ma uno il cui centro è su una linea parallela alla linea *DO*, quale è *LP*. Se infatti si tracciano anche *OI* e *CP* saranno anch'essi uguali, minori però ciascuno di *IF* e *CM*, e l'angolo *DIO* sarà uguale all'angolo *LCP* per la proposizione ottava del I libro di Euclide [107], e pertanto in tale intervallo si vedrà l'apogeo del sole sulla linea *CP* precedere *A*. Di qui è anche evidente che lo stesso avviene mediante l'eccentrepiciclo. Si muova soltanto sull'eccentrico prima esistente, che l'epiciclo *D* descrisse intorno al centro *L*, il centro della terra sull'arco *FO* alle predette condizioni, cioè, con un moto minore della rivoluzione annua. Esso descriverà poi, infatti, un altro circolo eccentrico al primo intorno al centro *P*, come prima, e avverranno quasi le stesse cose. E dato che tanti procedimenti diversi portano allo stesso risultato numerico, non facilmente potrei dire quale realmente avvenga, se non che quella costante coincidenza dei calcoli e dei fenomeni spinge a credere che sia uno di essi [108].

Capitolo XXI

Quanto grande sia la seconda differenza dell'ineguaglianza del sole.

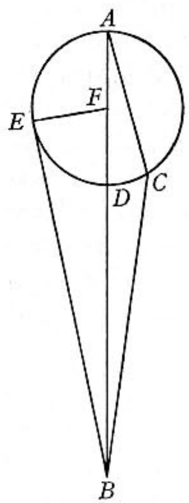
Poiché dunque è già stato visto che questa seconda ineguaglianza consegue dalla prima e semplice anomalia dell'obliquità dell'eclittica, o da una simile a questa, potremo avere le sue differenze definite, a meno che non vi sia stato un errore in qualcuna delle precedenti osservazioni.

[107] Euclide, *Elementi*, I, 8; trad. cit., p. 89.

[108] Una conferma che Copernico – diversamente da Osiander e dalla maggior parte degli astronomi «tecnici» della sua epoca e delle epoche precedenti – ritiene che l'astronomia matematica abbia in qualche modo una consistenza reale, cosmologica.

Secondo il calcolo, infatti, abbiamo un'anomalia semplice nell'anno di Cristo 1515 di gradi 165 e 39′ circa, e il suo inizio, fatti i calcoli all'indietro, a circa 64 anni avanti Cristo, dal qual tempo fino a noi intercorrono 1580 anni, ma di quell'inizio è stata trovata da noi[109] la massima eccentricità pari a 417 parti[110], misurandone 10.000 il raggio del cerchio, mentre la nostra è, come si è mostrato, pari a 323.

Sia infatti *AB* una linea retta, sulla quale *B* sia il sole e il centro del mondo; sia *AB* la massima eccentricità, *BD* la minima. Descritto un piccolo circolo il cui diametro sia *AD*, si prenda l'arco *AC* in rapporto alla prima semplice anomalia che era di 165° 39′. Poiché dunque *AB* è stata data di 417 parti, ed è stata trovata al principio dell'anomalia semplice, cioè in *A*, e mentre ora *BC* è di 323 parti, avremo il triangolo *ABC* con i lati *AB*, *BC* dati e anche con l'angolo *CAD* dato, in quanto l'arco *CD* è ciò che resta del semicircolo, cioè di 14° 21′. Sarà quindi dato, secondo i teoremi dei triangoli piani, il rimanente lato *AC*, e l'angolo *ABC* differenza fra il moto medio e irregolare dell'apogeo; e in quanto *AC* sottende l'arco dato, è dato anche il diametro del circolo *ACD*. E infatti, mediante l'angolo *CAD* di 14° 21′ avremo *CB* pari a 2498 parti, essendo il diametro del circolo circoscritto al triangolo pari a 100.000 parti[111] e, secondo il rapporto di *BC* a *AB*, la stessa *AB* è data, nella stessa misura, di 3225 parti, essa che sottende l'angolo *ACB* di 341° 26′. Quindi il rimanente angolo *CBD*, secondo che 360° sono 2 retti, è di 4° 13′, cui è sottesa *AC* pari a 735.



[109] Cfr. capp. 16 e 18 di questo libro.
[110] Cfr. la nota 98.
[111] Così nell'edizione Zeller e in quella dell'Accademia polacca, secondo il manoscritto (foglio 101 v); ma, invero, nel manoscritto l'ultimo zero pare cancellato, e sulla cifra 1 c'è un punto (che trasformerebbe la cifra in 2).

Pertanto, misurando *AB* 417 parti, si è trovato che *AC* è di 95 circa e, in quanto sottende l'arco dato, avrà ad *AD* un rapporto come rispetto al diametro. È data dunque *AD* di 96 parti, essendo *ADB* pari a 417, e *DB*, quale differenza, di 321, minima distanza dell'eccentricità. Poi l'angolo *CBD*, che si è trovato di 4° 13′ come angolo alla circonferenza, ma è di 2° 6′ 1/2 come angolo al centro, cioè la prostaferesi che va sottratta dal moto uniforme di *AB* intorno al centro *B*. Si tracci ora la linea retta *BE* che tocca il circolo nel punto *E*, e preso *F* come centro, si unisca *EF*. Poiché dunque nel triangolo rettangolo *BEF* è dato il lato *EF* pari a 48 parti e il lato *BDF* pari a 369, essendo nella stessa misura *FDB* come raggio pari a parti 10.000, sarà *EF* pari a 1300 parti, che è metà della corda che sottende il doppio dell'angolo *EBF*, il quale è di 7° 28′, essendo 360° pari a 4 retti: valore che è la prostaferesi massima fra il moto uniforme *F* e quello apparente *E*. Di qui potranno risultare le altre differenze particolari. Ad esempio, se assumeremo l'angolo *AFE* di 6°, avremo il triangolo con dati i lati *EF*, *FB*, e l'angolo *EFB*, da cui risulterà la prostaferesi *EBF* pari a 41′. Se però l'angolo *AFE* sarà di 12°, avremo la prostaferesi di 1° 23′; se di 18°, la prostaferesi di 2° 4′, e così per quel che resta, nel modo come sopra si è detto riguardo alle prostaferesi annue [per la rivoluzione annua].

Capitolo XXII

In che modo si esplichi il moto uniforme dell'apogeo del sole insieme con quello ineguale.

Poiché dunque il tempo, in cui l'eccentricità massima coincideva con l'inizio della prima e semplice anomalia, era l'anno terzo della 178ª Olimpiade, cioè, secondo gli Egiziani, l'anno 259 di Alessandro Magno, e perciò il luogo dell'apogeo reale e medio era a 5° 30′ dei Gemelli, cioè 65° 30′ dall'equinozio di primavera; e poiché la precessione dello stesso equinozio, quella reale allora anche coincidente con la media, era di 4° 38′: tolto questo valore da 65° 30′, restano 60° 52′ dalla testa dell'Ariete nella sfera delle stelle fisse quale posizione dell'apogeo. Di nuovo nell'anno secondo della 573ª Olimpiade, ossia nel 1515 dopo Cristo, si è trovata [112] la posizione dell'apogeo a 6° e 2/3 del Cancro, ma, poiché la precessione dell'equinozio di primavera era secondo il calcolo di 27° e 1/4, se li si toglie da 96° 40′ restano 69° 25′. Si è mostrato [113] però che essendo allora la prima anomalia di 165° 39′, la prostaferesi sarebbe di 2° 7′, di cui il luogo reale precedeva quello medio. È chiaro dunque che il luogo medio dell'apogeo del sole era di 71° 32′. Pertanto in 1580 anni medi egizi il moto medio e uniforme dell'apogeo era di 10° 41′, che essendo divisi per il numero degli stessi anni, daranno un'aliquota annua di 24″ 2‴ 14⁗.

Capitolo XXIII

La correzione dell'anomalia del sole e la determinazione delle sue posizioni.

Se sottrarremo questi secondi terzi e quarti al moto semplice annuo, che era di 359° 44′ 49″ 7‴ 4⁗, rimarrà il moto uniforme annuo dell'anomalia di 359° 44′ 24″ 46‴ 50⁗. Questa quantità di nuovo divisa per 365 darà un'aliquota diurna di 59′ 8″ 7‴ 22⁗, in armonia con i dati che sono stati esposti nelle tavole precedenti. Di qui avremo anche i luoghi dei princìpi stabiliti, a partire dalla prima Olimpiade. Infatti si è mostrato che il 14 settembre dell'anno secondo della 573ª Olimpiade, mezz'ora dopo il sorgere del sole, l'apogeo medio del sole era a 71° 37′, donde risulta la distanza media del sole di 82° 58′ [114]. Sono dalla prima Olimpiade 2290 anni, 281 giorni, 46 minuti, nei quali il moto dell'anomalia è, oltre le rotazioni complete, di 42° 33′ che, tolti

[112] Cfr. la fine del cap. 16 di questo libro.
[113] Cfr. cap. prec.
[114] Secondo l'edizione di Thorn. Nelle edizioni precedenti 83° 3′. Nel manoscritto e nelle edizioni Zeller e Accademia polacca, 83° 58′.

a 82° 58′, danno come resto 40° 25′ come luogo dell'anomalia rispetto alla prima Olimpiade; e allo stesso modo di sopra, la posizione per gli anni di Alessandro è di 166° 38′, di Cesare 211° 11′, di Cristo 211° 19′.

Capitolo XXIV

Tavola delle differenze tra il moto uniforme e quello apparente.

Affinché poi quelle cose che sono state dimostrate a proposito delle differenze dei moti del sole, uniforme e apparente, siano più utili, esporremo anche la loro tavola, che ha 60 righe e 6 file o colonne. Infatti, le prime due colonne di ambedue i semicerchi, cioè quello ascendente e quello discendente, conterranno i numeri accresciuti o diminuiti di tre gradi per volta, come abbiamo fatto in precedenza per i moti degli equinozi. Nella terza colonna sono scritti i gradi di prostaferesi del moto dell'apogeo solare, o di anomalia; prostaferesi che sale al massimo di circa 7° 30′, secondo come corrisponde a ciascuna riga dei gradi. La quarta colonna sarà riservata alle parti proporzionali, che arrivano sino a 60; ed esse sono calcolate secondo l'eccesso delle prostaferesi maggiori [rispetto alle minori] dell'anomalia annua. Essendo infatti il loro massimo eccesso di 32′, la loro sessantesima parte sarà di 32″. Secondo quindi la grandezza dell'eccesso (che troveremo mediante l'eccentricità, nel modo sopra riportato) scriveremo il numero delle parti sessagesimali per ogni singola riga dei gradi che vanno di tre in tre. Nella quinta colonna si stabiliranno anche le singole prostaferesi della prima anomalia annuale, secondo la distanza minima del sole dal centro. Nella sesta e ultima colonna [c'è] l'eccesso di quelle che capitano nell'eccentricità massima [115]. Questa è la tavola.

[115] Cioè, la differenza tra le prostaferesi della quinta colonna e quelle che si verificano nell'eccentricità massima.

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DEL SOLE

Numeri comuni		Prostaferesi derivanti dal moto del centro		Minuti proporzionali	Prostaferesi derivanti dall'orbe		Eccessi
Gradi	Gradi	Gradi	Minuti		Gradi	Minuti	Minuti
3	357	0	21	60	0	6	1
6	354	0	41	60	0	11	3
9	351	1	2	60	0	17	4
12	348	1	23	60	0	22	6
15	345	1	44	60	0	27	7
18	342	2	3	59	0	33	9
21	339	2	24	59	0	38	11
24	336	2	44	59	0	43	13
27	333	3	4	58	0	48	14
30	330	3	23	57	0	53	16
33	327	3	41	57	0	58	17
36	324	4	0	56	1	3	18
39	321	4	18	55	1	7	20
42	318	4	35	54	1	12	21
45	315	4	51	53	1	16	22
48	312	5	6	51	1	20	23
51	309	5	20	50	1	24	24
54	306	5	34	49	1	28	25
57	303	5	47	47	1	31	27
60	300	6	0	46	1	34	28
63	297	6	12	44	1	37	29
66	294	6	23	42	1	39	29
69	291	6	33	41	1	42	30
72	288	6	42	40	1	44	30
75	285	6	51	39	1	46	30
78	282	6	58	38	1	48	31
81	279	7	5	36	1	49	31
84	276	7	11	35	1	49	31
87	273	7	16	33	1	50	31
90	270	7	21	32	1	50	32
93	267	7	24	30	1	50	32
96	264	7	24	29	1	50	33
99	261	7	24	27	1	50	32

SEGUITO DELLA TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DEL SOLE

Numeri comuni		Prostaferesi derivanti dal moto del centro		Minuti proporzionali	Prostaferesi derivanti dall'orbe		Eccessi
Gradi	Gradi	Gradi	Minuti		Gradi	Minuti	Minuti
102	258	7	23	26	1	49	32
105	255	7	21	24	1	48	31
108	252	7	18	23	1	47	31
111	249	7	13	21	1	45	31
114	246	7	6	20	1	43	30
117	243	6	58	18	1	40	30
120	240	6	49	16	1	38	29
123	237	6	37	15	1	35	28
126	234	6	25	14	1	32	27
129	231	6	14	12	1	29	25
132	228	6	10	11	1	25	24
135	225	5	44	10	1	21	23
138	222	5	28	9	1	17	22
141	219	5	19	7	1	12	21
144	216	4	51	6	1	7	20
147	213	4	30	5	1	3	18
150	210	4	9	4	0	58	17
153	207	3	46	3	0	53	14
156	204	3	23	3	0	47	13
159	201	3	1	2	0	42	12
162	198	2	37	1	0	36	10
165	195	2	12	1	0	30	9
168	192	1	47	1	0	24	7
171	189	1	21	0	0	18	5
174	186	0	54	0	0	12	4
177	183	0	27	0	0	6	2
180	180	0	0	0	0	0	0

Capitolo XXV

Il calcolo del moto apparente del sole.

Da questi fatti, ormai, credo che risulti abbastanza chiaro in quale modo, per qualunque tempo proposto, si calcoli il luogo apparente del sole. Bisogna infatti cercare, per lo stesso tempo, il luogo reale dell'equinozio di primavera, o la sua precessione con la sua semplice prima anomalia, come sopra abbiamo esposto[116]; poi il moto medio semplice del centro della terra, o, se così lo si vuol chiamare, il moto del sole, e l'anomalia annua, mediante le tavole dei moti uniformi: e questi valori si aggiungono ai loro princìpi stabiliti. Quindi, con l'anomalia semplice e prima, determinato il suo valore o quello prossimo nella prima o nella seconda colonna della tavola precedente, si troverà nella terza colonna la prostaferesi corrispondente dell'anomalia annua; si annotino a parte i minuti proporzionali della colonna successiva. Si aggiunga poi la prostaferesi all'anomalia annua, se la prima [anomalia semplice] sarà minore di un semicircolo, o il suo valore contenuto nella prima colonna, altrimenti la si tolga. La somma o la differenza che si ottiene sarà l'anomalia del sole resa uniforme; e con questa di nuovo si prenda la prostaferesi dell'orbe annuo, che si trova nella quinta colonna, con l'eccesso che è nella colonna seguente. Se questo eccesso diviso per i minuti proporzionali prima annotati dà qualcosa, lo si aggiunga sempre alla prostaferesi, e sarà resa uniforme la stessa prostaferesi, che si deve togliere alla posizione media del sole, se il valore dell'anomalia annua è stato trovato nella prima colonna, o minore di un semicircolo, ma va invece aggiunta se l'anomalia è maggiore o si trova nella seconda colonna dei valori. La differenza o la somma ottenuta in tal modo determinerà la posizione reale del sole misurata dalla testa della costellazione dell'Ariete; e se a tale posizione si aggiunge infine la precessione reale dell'equinozio di primavera, subito essa mostrerà anche la posizione del

[116] Cfr. il cap. 12 di questo libro.

sole tra i segni dello zodiaco a partire dall'equinozio e misurata in gradi dell'eclittica.

Se si volesse fare ciò in altro modo, si assuma in luogo del moto semplice quello composto uniforme, e si facciano le altre cose che si son dette, se non che invece della precessione dell'equinozio si aggiunga o si tolga, secondo il caso, soltanto la sua prostaferesi. Così si calcola il moto apparente del sole mediante la mobilità della terra, in accordo con le osservazioni antiche e recenti, tanto più si presume di avere già previsto anche le posizioni future. Invero, non ignoriamo neanche che, se uno ritenesse essere il centro della rivoluzione annua fisso come centro del mondo, ma il sole mobile di due moti simili e uguali a quelli che abbiamo dimostrato a proposito del centro dell'eccentrico, apparirebbero tutte le cose di prima, gli stessi numeri e la stessa dimostrazione, quando non si cambi altro che la posizione, specie in ciò che riguarda il sole. Infatti, il moto del centro della terra sarebbe assoluto e semplice attorno al centro del mondo, essendo stati attribuiti i restanti due al sole stesso; e resterà quindi ancora il dubbio sul centro del mondo in quale dei due centri sia, come dicemmo ambiguamente al principio che sia nel sole o intorno ad esso. Ma di ciò parleremo ancora nella spiegazione [dei moti] dei cinque pianeti, in cui decideremo secondo le nostre possibilità, credendo che sia abbastanza già l'aver raccolto valori precisi e non erronei del moto apparente del sole.

Capitolo XXVI

Il dì e la notte, cioè la differenza del giorno naturale.

A proposito del sole resta ancora qualcosa da dire sull'irregolarità del giorno naturale, il tempo che è compreso nell'àmbito di 24 ore naturali uguali, e di cui pure fino ad ora ci siamo valsi come misura comune e definita dei moti celesti. Alcuni, come gli antichi Ebrei e i Caldei, definiscono invero tale giorno come quel tempo che è tra due aurore; altri, come gli Ateniesi, come il tempo tra due tramonti; altri da una mezzanotte all'altra, come i Romani; altri ancora da un mezzogiorno all'altro, come gli egizi [117].

È poi evidente che durante quel tempo si compie la rivoluzione propria del globo terrestre, con quel che intanto si aggiunge dalla rivoluzione annua secondo il moto apparente del sole. Che questa aggiunta sia ineguale, lo mostra anzitutto il corso apparente ineguale del sole, e inoltre anche che il giorno naturale si riferisce ai poli dell'equatore, mentre l'anno invece si riferisce all'eclittica. Perciò quel tempo apparente non può essere la misura comune e definita del moto, non corrispondendo giorno a giorno, né il giorno a sé stesso in tutte le sue parti, e perciò fu opportuno scegliere fra di essi un giorno medio e uniforme, con cui senza esitazione si potesse misurare l'uniformità del moto.

Poiché dunque nel circolo dell'intero anno si compiono 365 rivoluzioni intorno ai poli terrestri, a cui con l'aggiunta quotidiana per l'apparente corso del sole, si aggiunge quasi un'intera rivoluzione in soprannumero, consegue che la sua 365ma parte è quella che rende uniforme il giorno naturale. Pertanto dobbiamo definire e distinguere il giorno uniforme da quello apparente e variante. Diciamo dunque uniforme quel giorno che contiene l'intera rivoluzione dell'equatore e in più quella parte che il sole sembra abbia percorso con moto uniforme; invece diciamo giorno irregolare e apparente quello comprendente 360 « tempi » [ossia, gradi] di una rivoluzione dell'equatore e in più ciò che ascende nell'orizzonte o meridiano con il progredire apparente del sole. Benché la differenza tra questi giorni sia minima, né si avverta subito, tuttavia, se si moltiplicano un po' i giorni, essa diventa evidente.

Di ciò due sono le cause: sia l'irregolarità del moto apparente del sole, sia anche la non uniforme ascensione dell'obliquità dell'eclittica. La prima causa, che esiste per l'irregolare ed apparente moto del sole, è già risultata chiara, perché nel

[117] È quasi la citazione testuale da PLINIO, *Naturalis Historia*, II, 77.

caso del semicircolo che è diviso in due dall'apside più alto mancavano, secondo Tolomeo, rispetto ai gradi dell'eclittica, 4 « tempi » [gradi] e tre quarti e nell'altro semicircolo, dov'era l'apside inferiore, ce n'erano altrettanti di più [118]. Pertanto l'intero eccesso di un semicircolo rispetto all'altro era di 9 « tempi » [gradi] e mezzo.

Nell'altra causa, che riguarda l'aurora e il tramonto, la differenza massima capita tra i semicircoli dell'uno e dell'altro solstizio; è, cioè, la differenza tra il giorno più lungo e quello più breve, ed essa varia grandemente, essendo specifica per ciascuna regione. Ma la differenza che è misurata dal mezzogiorno o dalla mezzanotte è compresa dappertutto sotto quattro termini, poiché tra i 16° del Toro e i 14° del Leone passano il meridiano 88° [dell'eclittica] assieme con circa 93 « tempi » [gradi dell'equatore]; e tra i 14° del Leone e i 16° dello Scorpione passano il meridiano 92° [dell'eclittica] assieme con 87 « tempi » [gradi dell'equatore], cosicché qui c'è un difetto di 5 « tempi » e nel primo caso un eccesso di 5 « tempi » [119]. Così, la somma dei giorni nel primo segmento supera quella del secondo segmento di dieci « tempi » [gradi dell'equatore], che sono due terzi di un'ora. E la stessa cosa avviene reciprocamente nell'altro semicerchio con gli altri termini opposti diametralmente a questi. Orbene, ai matematici piacque assumere il principio del giorno naturale non dall'aurora o dal tramonto, bensì dal mezzogiorno o dalla mezzanotte. Infatti, la differenza che si prende dall'orizzonte è assai svariata, in quanto si estende a un certo numero di ore e per di più non è la stessa in ogni luogo, ma varia molteplicemente secondo l'obliquità della sfera. Quella invece che concerne il meridiano è la stessa in ogni luogo ed è più semplice.

L'intera differenza, dunque, che risulta dalle due cause già dette – sia per l'ineguale progresso apparente del sole, sia per l'ineguale passaggio sul meridiano – assommava

[118] Cfr. il cap. 17 di questo libro.
[119] Cfr. la tavola del cap. 10 del libro II.

prima di Tolomeo[120] a 8 « tempi » e un terzo, prendendo a metà dell'Acquario inizio la diminuzione e crescendo dal principio dello Scorpione; ed ora, diminuendo dal 20° dell'Acquario a circa a 10° dello Scorpione e aumentando dal 10° dello Scorpione al 20° dell'Acquario, essa si è ridotta a 7 « tempi » e 48'. Anche queste cose infatti sono cambiate per la instabilità del perigeo e dell'eccentricità con il passare del tempo.

Infine, se si aggiunge ad esse anche la massima differenza della precessione degli equinozi, la differenza intera dei giorni naturali per un certo numero di anni si potrebbe estendere a più di 10 « tempi ». In ciò finora è stata nascosta la terza causa dell'ineguaglianza dei giorni, poiché la rivoluzione dell'equatore si è trovata uniforme rispetto all'equinozio medio e uniforme, ma non rispetto agli equinozi apparenti, che (come è risultato abbastanza evidente) non sono per nulla uniformi. Raddoppiando quindi i 10 « tempi » si ha un'ora e un terzo, che è ciò di cui i giorni più lunghi possono superare i più brevi. Queste cose, di qua da un errore evidente, circa il procedere annuo del sole e il moto piuttosto lento delle altre stelle potevano forse essere trascurate; ma a causa della velocità della luna, per cui una inesattezza di cinque sesti di grado [nel moto del sole] può provocare un errore, non sono affatto da trascurarsi. Ecco dunque il modo per confrontare il tempo uniforme con quello apparente e diverso, in cui concorrono tutte le differenze. Dato un periodo di tempo qualsiasi, si deve cercare in ambedue i termini dello stesso tempo, voglio dire all'inizio e alla fine, la posizione media del sole rispetto all'equinozio medio attraverso il suo moto uniforme che abbiamo chiamato composto, ed anche la vera posizione apparente rispetto all'equinozio vero; e si deve tener conto di quante parti temporali [« tempi »] siano passate dalle ascensioni rette a mezzogiorno o a mezzanotte o ci siano state tra la prima vera posizione e la seconda vera posizione. Se esse fossero infatti eguali ai gradi tra le due posizioni medie, allora il tempo apparente dato sarà

[120] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. III, cap. 9.

eguale al tempo medio. Ma se le parti temporali [i « tempi »] fossero maggiori, si aggiunga quell'eccesso al tempo dato; se invece fossero minori si tolga la differenza dal tempo apparente. Facendo ciò, avremo con i risultati dell'addizione o della sottrazione il tempo ridotto all'uniformità, prendendo per una parte temporale quattro minuti di ora o dieci secondi di un minuto di un giorno. Se invece è dato il tempo uniforme, e si vuol sapere quanto tempo apparente gli corrisponda, si deve allora procedere al contrario. Orbene, nella prima Olimpiade abbiamo avuto la posizione media del sole a 90° 59' dall'equinozio medio di primavera a mezzogiorno del primo giorno di Ecatombeone, il primo mese secondo gli Ateniesi, e a 0° 36' del Cancro dall'equinozio apparente. Ma per gli anni di Cristo abbiamo avuto il moto medio del sole a 8° 2' del Capricorno e il movimento vero a 8° 48' dello stesso. Pertanto, nella sfera retta, da 0° 36' del Cancro a 8° 48' del Capricorno ascendono 178 « tempi » e 54 minuti, i quali eccedono la distanza delle posizioni medie di un « tempo » e 51 minuti, che fanno 7 minuti di un'ora. E così per altri tempi con i quali si può esaminare con la massima esattezza il corso della luna, di cui si dirà nel libro seguente.

LIBRO QUARTO

[Proemio].

Avendo esposto nel libro precedente, per quanto ci consentirono le nostre limitate capacità, i fenomeni che avvengono a causa del moto della terra intorno al sole, ed essendo nostro proposito determinare, con la stessa situazione, i moti di tutti i pianeti, ora dobbiamo interromperci per trattare il moto della luna. E ciò avviene necessariamente, perché mediante essa, che è partecipe del dì e della notte, tutte le posizioni degli astri sono colte e esaminate in modo precipuo; e poi perché di tutti gli astri essa sola riferisce, nel complesso, i propri moti, sebbene anch'essi siano irregolari, al centro della terra, ed essa è massimamente legata alla terra. Pertanto, in quanto essa è considerata per sé stessa, non rivela nulla del movimento della terra, se non forse di quello diurno, ché anzi gli antichi per tale causa credettero piuttosto che la terra fosse il centro del mondo, cioè il centro comune di tutte le rivoluzioni. Noi, invero, nella spiegazione del moto della luna, non differiremo dalle opinioni degli antichi, per il fatto che avviene attorno alla terra. Tuttavia, aggiungeremo alcune cose più consone a quanto abbiamo ricevuto dai nostri predecessori, con le quali determinare anche il moto della luna nel modo più sicuro possibile.

Capitolo I

Ipotesi dei circoli lunari secondo l'opinione degli antichi.

Dunque il moto lunare è siffatto che non segue l'eclittica, ma un proprio circolo inclinato, che divide in due l'eclittica, e a sua volta ne viene diviso, laddove esso cambia latitudine [1]. Tali cose sono così certe come i solstizi nel corso annuale del sole; né c'è da stupirsi, poiché quello che per il sole è l'anno, per la luna è il mese. Le posizioni medie delle intersezioni sono chiamate da alcuni eclittiche, secondo altri, invece, nodi. E le congiunzioni e opposizioni del sole e della luna che avvengono in quelle posizioni si chiamano eclittiche. Né, infatti, vi sono altri punti comuni ad ambedue i circoli oltre questi, in cui possono avvenire eclissi di sole e di luna. Infatti, nelle altre posizioni la digressione della luna fa sì che il sole e la luna non possano reciprocamente occultarsi, ma schivandosi non si impacciano.

Anche questo deferente [2] lunare obliquo si muove con i suoi quattro punti cardinali intorno al centro della terra in modo uniforme, ogni giorno di circa 3′, completando la sua rivoluzione in 19 anni. Lungo questo deferente, e il suo piano, si vede la luna muoversi sempre da ovest ad est, ma a volte pochissimo a volte moltissimo; infatti è tanto più lenta quanto più lontana, tanto più veloce quanto è più vicina alla terra. Cosa che si poté vedere più facilmente in essa che in qualsiasi altro pianeta a causa della sua vicinanza. Gli antichi concepirono dunque che ciò avvenisse mediante

[1] Nel manoscritto (foglio 106 v) vi sono a questo punto le seguenti righe, che in seguito sono state cancellate: « E i Greci invero chiamarono discendente (*catabibazonta*) il punto di intersezione nord da cui la luna comincia a discendere ed a muoversi verso sud; e l'altro punto di intersezione più basso a sud [chiamarono] ascendente (*anabibazonta*), donde la luna risale e si volge di nuovo a nord ».

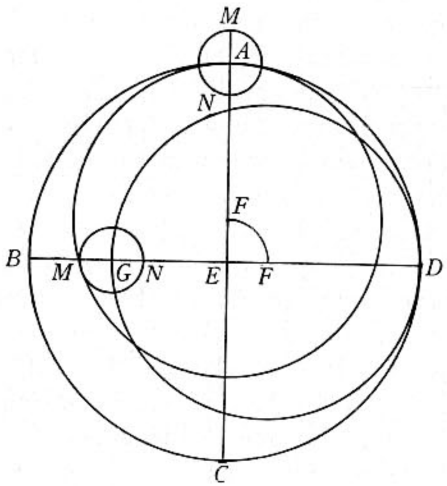
[2] Ho così tradotto il termine « orbis », tenendo presente la molteplicità di significati di tale termine. Cfr. l'introduzione alla traduzione del *Commentariolus*. In generale, nella descrizione particolareggiata dei moti planetari, *orbis* significa il « deferente » (sfera o circolo, a seconda che Copernico parli da un punto di vista tridimensionale, per cui ci sono realmente sfere nei cieli, o bidimensionale, quando si tratta di fare calcoli coi cerchi).

un epiciclo, percorrendo il quale, la luna, nel semicerchio superiore, sottrarrebbe velocità al moto uniforme, mentre l'aumenterebbe della stessa quantità nel semicerchio inferiore. D'altra parte, ciò che avviene mediante un epiciclo, si è dimostrato che può avvenire mediante un eccentrico [3]. Ma gli antichi scelsero l'epiciclo, perché la luna sembrava includere due irregolarità. Quando era, infatti, nell'apside superiore o in quello inferiore dell'epiciclo, non apparve alcuna differenza dal moto uniforme; ma intorno al punto di contatto dell'epiciclo [col deferente] la differenza non era invariabile, bensì assai maggiore quando la mezza luna era crescente e decrescente [primo e ultimo quarto], di quando era piena o nuova; e questo con successione precisa e ordinata. Perciò gli antichi pensarono che il deferente su cui si muove l'epiciclo non fosse concentrico con la terra, ma che si trattasse di un eccentrepiciclo in cui la luna si muova secondo una legge tale che in tutte le opposizioni e congiunzioni medie del sole e della luna l'epiciclo si trovi all'apogeo dell'eccentrico, mentre nei quadranti medii del circolo si trovi nel perigeo dello stesso eccentrico. Immaginarono dunque due moti fra loro contrari, uniformi, intorno alla terra, cioè che l'epiciclo si muova da ovest ad est, e il centro dell'eccentrico e i suoi apsidi da est ad ovest, essendo sempre intermedia fra essi la linea del moto medio del sole. E in tal modo due volte al mese l'epiciclo percorre l'eccentrico.

Per rendere ciò visibile, sia concentrico alla terra il circolo inclinato della luna $ABCD$, diviso in quattro parti, dai diametri AEC e BED, e sia E il centro della terra; sarà poi sulla linea AC la congiunzione media del sole e della luna, e nello stesso luogo e tempo l'apogeo dell'eccentrico, il cui centro sia F, e assieme il centro dell'epiciclo MN. Si muova ora l'apogeo dell'eccentrico da est ad ovest, di quanto l'epiciclo si muove da ovest ad est, ambedue uniformemente intorno ad E con rivoluzioni mensili uguali rispetto alle congiunzioni o opposizioni medie del sole; e sia la linea AEC della posizione media del sole sempre intermedia tra di loro, e la luna

[3] Cfr. lib. III, cap. 15.

di nuovo si muova da est ad ovest dall'apogeo dell'epiciclo. Ritengono infatti [gli astronomi] che stabilite così le cose, esse corrispondano alle apparenze. Infatti, compiendo l'epici-



clo nel tempo di mezzo mese un semicircolo a partire dal sole, e dall'apogeo dell'eccentrico invece un'intera rivoluzione, consegue che a metà di questo tempo, cioè quando c'è la mezza luna [4], si oppongono fra di loro sul diametro *BD*, e l'epiciclo diventa perigeo sull'eccentrico, come nel punto *G*, dove, avvicinatosi maggiormente alla terra, ha differenze maggiori di irregolarità. Infatti, di grandezze uguali esposte a distanze diseguali appare maggiore la più vicina all'occhio [5]. Saranno dunque minime tali differenze, quando l'epiciclo sia in *A*, massime quando sia in *G*. Poiché il diametro dell'epiciclo *MN* avrà il rapporto minimo rispetto alla linea *AE*, ma avrà invece un rapporto maggiore rispetto a *GE* più che rispetto a tutte le altre linee, che si trovano in altre posizioni, essendo *GE* la più breve di tutte, e *AE* (o *DE* ad essa uguale) la più lunga di quelle che si possono tracciare dal centro della terra al circolo eccentrico.

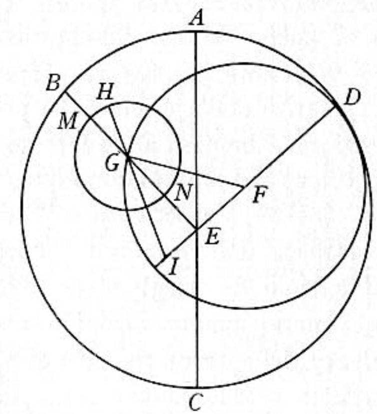
[4] Quando ci sono, cioè, le quadrature.
[5] EUCLIDE, *Ottica*, cap. 2.

Capitolo II

IL DIFETTO DI TALI ASSUNZIONI.

Gli antichi dunque assunsero questa composizione di circoli come se fosse adeguata ai fenomeni lunari [6]. In verità, se soppeseremo più accuratamente la questione, troveremo questa ipotesi non abbastanza adatta né sufficiente, cosa che possiamo dimostrare con la ragione e con il senso.

Mentre infatti essi riconoscono che il moto del centro dell'epiciclo è uniforme intorno al centro della terra, occorre anche ammettere che è ineguale sul proprio deferente eccentrico che esso descrive. Poiché se, ad esempio, si assume l'angolo *AEB* di 45°, cioè metà di un retto, e che sia uguale ad esso *AED*, cosicché l'intero angolo *BED* sia retto, e si prende il centro dell'epiciclo in *G*, e si unisca *GF*, è evidente che l'angolo *GFD* è maggiore di *GEF*, cioè l'angolo esterno di quello interno e opposto. Pertanto, gli archi *DAB* e *DG*, dissimili, sono descritti nello stesso tempo, cosicché, essendo *DAB* un quadrante, l'arco *DG*, che intanto il centro dell'epiciclo ha descritto, è maggiore di un quadrante del circolo. Ma è chiaro che nel momento della mezza luna *DAB* e *DG* erano un semicircolo; è quindi irregolare il moto dell'epiciclo sul suo eccentrico che esso descrive.



E se fosse così, che cosa risponderemo all'assioma «il moto dei corpi celesti è uniforme, sebbene all'apparenza sembri irregolare (*inaequalem*)», dato che il moto dell'epiciclo, all'apparenza uniforme, sarebbe in realtà irregolare e avverrà esattamente il contrario del principio stabilito e

[6] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. V, cap. 2.

assunto? E se si ribatte che l'epiciclo si muove uniformemente intorno al centro della terra e che ciò basta a salvaguardare l'uniformità, di quale tipo sarà pertanto tale uniformità in un circolo estraneo all'epiciclo, su cui non si compie il suo moto, e non invece nel suo eccentrico? Così invero ci meravigliamo anche del fatto che vogliono che pure l'uniformità della luna sull'epiciclo si intenda, non al confronto del centro della terra, rispetto cioè alla linea *EGM*, a cui giustamente si doveva riferire l'uniformità, avente a che fare con il centro dell'epiciclo, bensì rispetto ad un punto diverso che ha la terra fra sé e il centro dell'eccentrico, e che la linea *IGH*, sia come l'indice dell'uniformità della luna sull'epiciclo; il che dimostra anche a sufficienza che questo moto è effettivamente irregolare. Infatti, le apparenze, che in parte seguono da questa ipotesi, costringono a riconoscere ciò. Così anche, percorrendo la luna irregolarmente il suo epiciclo, se volessimo dimostrare partendo da irregolarità [reali] l'irregolarità dell'apparenza, si può capire quale sarà l'argomentazione. Che cosa altro faremo, infatti, se non offrire appiglio a coloro che sminuiscono quest'arte [l'astronomia]?

Inoltre, l'esperienza e il senso stesso ci insegnano che le parallassi della luna non corrispondono a quelle che promette il calcolo di quegli stessi circoli. Infatti, le parallassi che chiamano commutazioni [7] avvengono per la grandezza evidente della terra rispetto alla vicinanza della luna. Poiché, infatti, non appaiono a noi parallele quelle linee rette che si estendono dalla superficie della terra e dal suo centro fino alla luna, ma intersecandosi con inclinazione evidente nel corpo della luna, esse devono necessariamente produrre l'irregolarità dell'apparenza lunare, cosicché la luna vien vista da chi la guardi di sbieco dalla convessità terrestre in posizione diversa rispetto a quella di chi la guarda dal centro o dal suo [della terra] vertice. Queste commutazioni dunque variano in rapporto alla distanza terra-luna. Infatti, quella massima è, per consenso di tutti gli astronomi, di 64 unità

[7] Cioè, le parallassi lunari.

a 1/6 [8], essendo il raggio terrestre pari ad una unità; ma la minima secondo la loro proporzione dovrebbe essere di 33 unità e altrettanti minuti, cosicché la luna si avvicinerebbe quasi della metà e, per il conseguente rapporto, occorrerebbe che le parallassi differissero secondo il quadrato fra di loro alla minima e alla massima distanza. Ma noi vediamo che le parallassi che avvengono nella mezzaluna crescente e decrescente differiscono anche nel perigeo dell'epiciclo di assai poco o nulla da quelle che capitano nelle eclissi di sole e di luna, come illustreremo a suo luogo a sufficienza. Invero, tale errore è rivelato con la massima evidenza dallo stesso corpo della luna, che con rapporto simile dovrebbe sembrare più grande e più piccolo del doppio secondo il diametro. Siccome poi i circoli stanno tra loro come i quadrati dei loro diametri, la luna sembrerebbe nelle quadrature vicina alla terra quattro volte più grande, che quanto è opposta al sole, se splendesse tutta; ma poiché splende per metà, splenderebbe nondimeno con un'area luminosa doppia di quella che nelle opposizioni ha come luna piena. Sebbene il contrario sia evidente di per sé, tuttavia, se qualcuno non contento della semplice vista, volesse sperimentare mediante la diottra di Ipparco o con qualsiasi altro strumento, con cui si percepisca il diametro della luna, troverà che esso non differisce, se non quanto lo richieda l'epiciclo senza quell'eccentrico. Per questo motivo Menelao e Timocari, riguardo all'indagine sulle stelle fisse mediante la posizione della luna, non esitarono a servirsi sempre dello stesso diametro lunare di un mezzo grado, che è quanto la luna per lo più sembra occupare.

Capitolo III

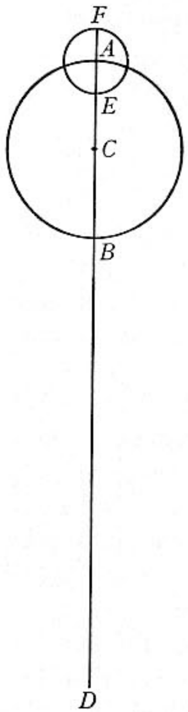
Un'altra teoria riguardo il moto della luna [9].

Così appare dunque che non è per l'eccentrico che l'epiciclo appaia maggiore e minore, ma per un'altra sistemazione

[8] Cfr. Tolomeo, *Almagesto*, lib. V, cap. 17. Nel cap. 14 è descritta la diottra di Ipparco, a cui Copernico accenna alla fine del capitolo.

[9] La teoria della luna qui delineata da Copernico era già stata escogi-

di circoli. Sia infatti AB l'epiciclo, che chiameremo primo e maggiore, sia C il suo centro, e dal centro della terra, cioè D, si prolunghi la linea retta DC sino all'apside superiore dell'epiciclo, e con centro in tale punto A si descriva anche un altro piccolo epiciclo EF, e tutto ciò sullo stesso piano del deferente obliquo della luna. Si muova inoltre C da ovest ad est, A invece da est ad ovest, e ancora si muova la luna a partire da F nella parte superiore di EF da ovest ad est, conservando una successione tale che, quando la linea DC coincide con la posizione media del sole, la luna sia sempre massimamente vicina al centro C, cioè nel punto E, ma nelle quadrature sia in F, massimamente lontana.



Stabilite così queste cose, dico che le apparenze lunari vi corrispondono. Segue infatti che la luna due volte al mese percorre l'epiciclo EF, nel qual tempo C compie una rivoluzione rispetto al sole, e la luna nuova e piena sembrerà compiere il circolo più piccolo, di cui è CE il raggio, mentre nelle quadrature il circolo massimo, il cui raggio è, cioè, CF. E così ancora la luna farà minori differenze tra il moto uniforme e quello apparente nelle congiunzioni e opposizioni, e maggiori differenze nelle quadrature sotto archi simili ma ineguali intorno al centro C. Ed essendo il centro dell'epiciclo sempre in un

tata dall'astronomo arabo Ibn ash-Shatir (1304-1376), che mediante essa riusciva ad eliminare l'eccentrico e l'equante usati da Tolomeo. Questo stesso astronomo aveva anche applicato lo schema concentro-biepiciclico al moto apparente del sole, sostituendo un epiciclo all'eccentrico tolemaico. Ma è assai probabile che Copernico non conoscesse questo suo predecessore non tradotto in latino (cfr. V. ROBERTS, *The Solar and Lunar Theory of Ibn ash-Shatir*, in « Isis », 48, 1957, pp. 428-32). Il fatto che già un astronomo arabo avesse preceduto Copernico nella nuova teoria del moto lunare, pur rimanendo nell'ambito dell'astronomia geocentrica, si spiega se si tiene presente che per una descrizione esatta dei moti lunari è indifferente attribuire o non attribuire il moto alla terra.

circolo omocentrico alla terra, non mostrerà parallassi molto diverse, ma solo conformi allo stesso epiciclo. Ed è così nota la causa per cui anche il corpo lunare sembra in qualche modo simile a sé stesso, e in tal modo avverranno tutti i fenomeni che si osservano a proposito del corso della luna.

Tali fatti via di seguito dimostreremo con questa nostra ipotesi, sebbene essi possano anche avvenire mediante eccentrici come facemmo a proposito del sole, rispettando il dovuto rapporto. Cominciamo dunque dai moti uniformi, come prima abbiamo fatto, moti senza cui non si può distinguere i moti irregolari. Invero, qui c'è una difficoltà non lieve, per le parallassi che abbiamo detto; perciò non è osservabile, mediante astrolabi e altri strumenti qualsiasi, la posizione [della luna]. Ma la benevolenza della natura provvide anche qui al desiderio umano, cosicché tale posizione è determinabile più sicuramente mediante le sue eclissi che con l'uso degli strumenti, e senza sospetto d'errore. Infatti, essendo le altre parti del mondo chiare e piene di luce diurna, risulta che la tenebra non sia altro che l'ombra della terra, ombra che si protende in forma conica e finisce a punta, in cui la luna, venendosi a trovare, si oscura e quando essa è a metà dell'ombra si capisce che è pervenuta nel suo luogo di opposizione al sole. Invece le eclissi solari, che avvengono per ostacolo della luna, non forniscono prova sicura della posizione della luna. Talora, infatti, accade che ci sembra esserci la congiunzione del sole e della luna – che tuttavia, rispetto al centro della terra, o è già passata o non si è ancora prodotta –, a causa della suddetta parallasse. E pertanto, sulla terra osserviamo la stessa eclisse di sole non dovunque uguale per grandezza e durata, né simile nelle sue parti. Invece, nelle eclissi di luna non c'è nessun impedimento simile ma dovunque esse sono simili a sé stesse, poiché la terra trasmette l'asse del cono oscuratore a partire dal sole per il suo centro; sono pertanto adattissime le eclissi di luna, per comprendere in misura molto esatta il moto della luna [10].

[10] PLINIO, *Naturalis Historia*, II, 7.

Capitolo IV

LE RIVOLUZIONI DELLA LUNA E I SUOI MOTI PARTICOLARI.

Fra i più antichi astronomi, che si occuparono della questione, cosicché fosse tramandata ai posteri con dati numerici, si trova Metone Ateniese [11], che fiorì all'epoca della 87ª Olimpiade [12]. Questi tramandò che in 19 anni solari si compiono 235 mesi, onde quel grande anno ἐννεαδεκαετερίς, cioè decenovennale, è stato chiamato « meton[t]ico ». E questo numero piacque tanto che in Atene e in altre città assai illustri era scolpito nel foro, e anche fino ad ora è stato accolto comunemente, perché [gli astronomi] stimano che mediante esso i princìpi e le fini dei mesi presentano un ordine definito, e anche che l'anno solare di 365 giorni e un quarto sia commensurabile con i mesi. Di qui quel periodo « callippico » di 76 anni, in cui ogni 19 viene intercalato un giorno, e chiamarono callippico lo stesso anno.

[11] L'astronomo ateniese Metone, insieme con Euctemone, nel 432 a. C., allo scopo di far corrispondere gli anni solari e quelli lunari, stabilì un periodo di 19 anni, comprendente 235 mesi, di cui 125 « pieni » (cioè, di 30 giorni) e 110 « vuoti », cioè di 29 giorni. Il procedimento per determinare i mesi « vuoti » è il seguente: il mese ha di regola 30 giorni, ma ogni sessantaquattro giorni se ne omette uno, in modo che risulta di 29 giorni (cioè, « vuoto ») il mese in cui dovrebbe cadere un sessantaquattresimo giorno. Questo periodo è il cosiddetto anno o « ciclo metonico », che comprende nei 19 anni solari 6940 giorni: al termine del periodo le fasi della luna, crescente o calante, e le eclissi si ripetono nello stesso ordine e ritornano a cadere nello stesso giorno del mese, come nel periodo precedente. Il « ciclo metonico », tuttavia, è in eccesso di un quarto di giorno, cosicché Callippo (sec. IV a. C.) lo corresse, stabilendo un nuovo ciclo composto di quattro cicli di Metone, cioè 76 anni, ma con la sostituzione di un mese « vuoto » a un mese « pieno »: in tale periodo di 76 anni il numero dei giorni fu quindi di 27.759. Ma anche il nuovo ciclo callippico fu in eccesso, sicché Ipparco (sec. II a. C.) stabilì un nuovo ciclo formato da quattro cicli di Callippo con ancora la sottrazione di un giorno. Cfr. la nota 19 alla traduzione della *Narratio prima* e, su Ipparco, la nota 16 alla traduzione del *Commentariolus*.

[12] Nel manoscritto (foglio 109 v) si trova « trigesima septima »; e questa datazione di Copernico, secondo la quale Metone avrebbe operato intorno al 630 a. C., è ripetuta da tutte le edizioni, con quella di Varsavia esclusa, ma compresa quella di Thorn. Poiché Metone visse circa 200 anni più tardi (verso il 430), giustamente nell'ed. di Varsavia si corregge la datazione, indicando la ottantasettesima Olimpiade. Tale correzione è riportata anche nell'edizione degli Zeller e in quella dell'Accad. polacca delle Scienze.

Ma l'attenzione scrupolosa di Ipparco trovò che in 304 anni eccedeva un intero giorno, e che [l'anno callippico] si verificherebbe solo allorquando l'anno solare fosse minore della 300esima parte di giorno. Così da alcuni [13] questo grande anno è stato anche chiamato di Ipparco, anno in cui si comprendono 3760 mesi. Questi anni sono stati chiamati più alla buona e grossolanamente, come si usa dire, di Minerva, allorché si cercano anche i periodi dell'anomalia e della latitudine, per il che lo stesso Ipparco investigò ulteriormente questi fatti. Aggiungendo, cioè, i dati che osservò con la massima diligenza nelle eclissi di luna a quelli che aveva ricevuto dai Caldei stabilì che il tempo in cui le rivoluzioni mensili e di anomalia si compievano assieme era di 345 anni egizi, 82 giorni e 1 ora, e che in questo tempo v'erano 4267 mesi mentre venivano compiuti 4573 cicli dell'anomalia. Quando, dunque, sia stato distribuito il numero dei mesi per il numero dato dei giorni, che sono 126.007 giorni e 1 ora, si trova che un mese uniforme è di 29 giorni, 31 minuti primi, 50 secondi 8 terzi 9 quarti 20 quinti [14]. Per tale via si rivelò anche il moto per qualsivoglia tempo. Infatti, divisi i 360° di una rivoluzione mensile per il numero dei giorni del mese, risultò che il corso giornaliero della luna a partire dal sole è di 12° 11 primi 26 secondi 41 terzi 20 quarti 18 quinti. Moltiplicando per 365 tale moto si ha, oltre 12 rivoluzioni, il moto annuo di 129° 37 primi 21 secondi 28 terzi 29 quarti. Inoltre, poiché il numero 4267 dei mesi e il numero 4573 dei cicli di anomalia sono tra di loro non primi, in quanto, ad esempio, il 17 ne è un divisore comune, essi ridotti ai minimi termini, staranno tra loro come 251 a 269, nel qual rapporto, per il teorema 15 del V libro di Euclide [15], avremo la rivoluzione lunare rispetto al moto di anomalia. Cosicché, moltiplicando il moto [annuo] della luna per 269 e dividendo il prodotto per 251 risulterà il moto annuo di anomalia che sarà, oltre 13 rivoluzioni

[13] Ad es. da Censorino (v. nota 10 alla traduzione della lettera contro Werner). Cfr. MENZZER, trad. cit., nota 240, p. 36.

[14] Cfr. TOLOMEO, *Almagesto*, lib. IV, capp. 2 e 3.

[15] EUCLIDE, *Elementi*, V, 15; trad. ital. cit., p. 333.

intere, di 88° 43 primi 8 secondi 40 terzi 20 quarti, e quindi un moto diurno di 13° 3 primi 53 secondi 56 terzi 29 quarti.

La rivoluzione in latitudine ha invece un'altra misura: infatti non coincide con il tempo prestabilito in cui si compie l'anomalia; ma noi comprendiamo che si è compiuto il moto in latitudine della luna, soltanto quando un'eclisse successiva di luna sia per tutto simile ed uguale ad un'eclisse precedente, quando cioè entrambe le oscurazioni siano dalla stessa parte della luna e siano eguali: ossia tanto per grandezza quanto per durata; ciò che accade quando siano uguali le distanze della luna dall'apside superiore o inferiore, poiché allora si intende che la luna abbia percorso ombre uguali in tempo uguale. Tale rivoluzione dunque, secondo Ipparco, avviene in 5458 mesi, cui corrispondono 5923 rivoluzioni della latitudine. Per tale via anche risultavano i moti particolari della latitudine, come già gli altri, in anni e in giorni. Infatti, quando avremo moltiplicato il moto della luna dal sole per 5923 mesi, e diviso il prodotto per 5458, avremo il moto annuo in latitudine della luna, dopo 13 rivoluzioni, di 148° 42 primi 46 secondi 19 terzi 3 quarti [16], e quello diurno di 13° 13 primi 45 secondi 39 terzi 40 quarti.

In tal modo Ipparco stimò il valore dei moti uniformi della luna, a cui nessuno prima di lui si era avvicinato maggiormente; ma tuttavia le epoche successive mostrarono che non tutto era perfetto con quei numeri. Infatti Tolomeo, che trovò lo stesso moto medio a partire dal sole che aveva trovato Ipparco, scoprì che il moto annuo di anomalia era minore rispetto a quello di Ipparco, di 1 secondo 11 terzi 39 quarti [17], e che il moto annuo in latitudine era invece superiore di 53 terzi 41 quarti. Noi, invece, passato ormai tanto tempo da Ipparco, abbiamo anche trovato un moto annuo minore di 1 secondo 2 terzi 49 quarti, mentre a quello

[16] Così nel manoscritto (foglio 110 v), e nelle edizioni Zeller e dell'Accad. polacca, mentre le edizioni sino a quella di Varsavia inclusa dànno per i minuti terzi il valore 20, e quella di Thorn il valore 49.

[17] Così nelle edizioni sino a quella di Thorn e nell'edizione dell'Accad. polacca, nel manoscritto (foglio 110 v) e nell'edizione Zeller solo: 11 terzi e 39 quarti.

di anomalia mancano soltanto 24 terzi 49 quarti; e anche per quello in latitudine ci sono in più 1 secondo 1 terzo e 42 quarti [18]. Pertanto il moto uniforme della luna, di cui essa differisce dal moto terrestre, sarà annualmente di 129° 37 primi 22 secondi 32 terzi 40 quarti; quello di anomalia di 88° 43 primi 9 secondi 5 terzi 9 quarti; quello di latitudine di 148° 42 primi 45 secondi 17 terzi 21 quarti [19].

[18] Così nel manoscritto (foglio 110 v); nelle edizioni sino a quella di Varsavia: 1 secondo 2 terzi 42 quarti; in quella di Thorn: 1 secondo 1 terzo 44 quarti.

[19] Questi sono i valori riportati nel manoscritto e nelle edizioni degli Zeller e dell'Accad. polacca. L'edizione di Thorn riporta invece: 129°, 37, 22, 32, 40 per il moto uniforme; 88°, 43, 9, 5, 9 per il moto di anomalia; 148°, 47, 45, 17, 21 per quello di latitudine. Valori diversi davano le edizioni precedenti.

MOTO DELLA LUNA PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANTA ANNI

Anni Egizi	Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Ter.	Ms. Min. Sc.	Ms. Min. Ter.	
	MOTO [20]							
1	2	9	37	22	36	22	32	
2	4	19	14	45	12	45	5	
3	0	28	52	7	49	7	38	Posizione alla nascita di Cristo 3.29.58.
4	2	38	29	30	25	30	10	
5	4	48	6	53	2	52	43	
6	0	57	44	15	38	15	16	
7	3	7	21	38	14	37	48	
8	5	16	59	0	51	0	21	
9	1	26	36	23	27	22	54	
10	3	36	13	46	4	45	26	
11	5	45	51	8	40	7	59	
12	1	55	28	31	17	30	32	
13	4	5	5	53	53	53	4	
14	0	14	43	16	29	15	37	
15	2	24	20	39	6	38	10	
16	4	33	58	1	42	0	42	
17	0	43	35	24	19	23	15	
18	2	53	12	46	55	45	48	
19	5	2	50	9	31	8	20	
20	1	12	27	32	8	30	53	
21	3	22	4	54	44	53	26	
22	5	31	42	17	21	15	58	
23	1	41	19	39	57	38	31	
24	3	50	57	2	34	1	4	
25	0	0	34	25	10	23	36	
26	2	10	11	47	46	46	9	
27	4	19	49	10	23	8	42	
28	0	29	26	32	59	31	14	
29	2	39	3	55	36	53	47	
30	4	48	41	18	12	16	20	

Anni Egizi	Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Ter.	Ms. Min. Sc.	Ms. Min. Ter.
	MOTO [20]						
31	0	58	18	40	48	38	52
32	3	7	56	3	25	1	25
33	5	17	33	26	1	23	58
34	1	27	10	48	38	46	30
35	3	36	48	11	14	9	3
36	5	46	25	33	51	31	36
37	1	56	2	56	27	54	8
38	4	5	40	19	3	16	41
39	0	15	17	41	40	39	14
40	2	24	55	4	16	1	46
41	4	34	32	26	53	24	19
42	0	44	9	49	29	46	52
43	2	53	47	12	5	9	24
44	5	3	24	34	42	31	57
45	1	13	1	57	18	54	30
46	3	22	39	19	55	17	2
47	5	32	16	42	31	39	35
48	1	41	54	5	8	2	8
49	3	51	31	27	44	24	40
50	0	1	8	50	20	47	13
51	2	10	46	12	57	9	46
52	4	20	23	35	33	32	18
53	0	30	0	58	10	54	51
54	2	39	38	20	46	17	24
55	4	49	15	43	22	39	56
56	0	58	53	5	59	2	29
57	3	8	30	28	35	25	2
58	5	18	7	51	12	47	34
59	1	27	45	13	48	0	7
60	3	37	22	36	25	32	40

[20] Le due ultime colonne sono soltanto nelle tavole pubblicate nelle edizioni di Thorn e di Monaco: esse riportano i valori per i minuti secondi e terzi secondo il manoscritto. Tali valori sono spesso diversi da quelli riportati nelle tavole delle edizioni. Nel manoscritto, inoltre, manca l'intitolazione delle singole colonne.

MOTO DELLA LUNA PER GIORNI E PER PERIODI DI SESSANTA GIORNI

Giorni	Sess.	Gradi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti terzi
	MOTO				
1	0	12	11	26	41
2	0	24	22	53	23
3	0	36	34	20	4
4	0	48	45	46	46
5	1	0	57	13	27
6	1	13	8	40	9
7	1	25	20	6	50
8	1	37	31	33	32
9	1	49	43	0	13
10	2	1	54	26	55
11	2	14	5	53	36
12	2	26	17	20	18
13	2	38	28	47	0
14	2	50	40	13	41
15	3	2	51	40	22
16	3	15	3	7	4
17	3	27	14	33	45
18	3	39	26	0	27
19	3	51	37	27	8
20	4	3	48	53	50
21	4	16	0	20	31
22	4	28	11	47	13
23	4	40	23	13	54
24	4	52	34	40	36
25	5	4	46	7	17
26	5	16	57	33	59
27	5	29	9	0	40
28	5	41	20	27	22
29	5	53	31	54	3
30	6	5	43	20	45

Giorni	Sess.	Gradi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti terzi
	MOTO				
31	6	17	54	47	26
32	6	30	6	14	8
33	6	42	17	40	49
34	6	54	29	7	31
35	7	6	40	34	12
36	7	18	52	0	54
37	7	31	3	27	35
38	7	43	14	54	17
39	7	55	26	20	58
40	8	7	37	47	40
41	8	19	49	14	21
42	8	32	0	41	3
43	8	44	12	7	44
44	8	56	23	34	26
45	9	8	35	1	7
46	9	20	46	27	49
47	9	32	57	54	30
48	9	45	9	21	12
49	9	57	20	47	53
50	10	9	32	14	35
51	10	21	43	41	16
52	10	33	55	7	58
53	10	46	6	34	40
54	10	58	18	1	21
55	11	10	29	28	2
56	11	22	40	54	43
57	11	34	52	21	25
58	11	47	3	48	7
59	11	59	15	14	48
60	12	11	26	41	31

MOTO DELL'ANOMALIA DELLA LUNA PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANTA ANNI

Anni Egizi	MOTO[21]								Anni Egizi	MOTO[21]						
	Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Ter.	Ms. Min. Pr.	Ms. Min. Se.	Il ms. ha a piè di pagina 3.27.VII [posiz. alla nascita di Cristo]		Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Ter.	Ms. Min. Pr.	Ms. Min. Sc.
1	1	28	43	9	7	9	5		31	3	50	17	42	44	41	39
2	2	57	26	18	14	18	10		32	5	19	0	51	52	50	44
3	4	26	9	27	21	27	15		33	0	47	43	0	59	59	49
4	5	54	52	36	29	36	20		34	2	16	27	10	6	8	55
5	1	23	35	45	36	45	25		35	3	45	10	19	13	18	0
6	2	52	18	54	43	54	30		36	5	13	53	28	21	27	5
7	4	21	2	3	59	3	36		37	0	42	36	37	28	36	10
8	5	49	45	12	58	12	41		38	2	11	19	46	35	45	15
9	1	18	28	22	5	21	46		39	3	40	2	55	42	54	20
10	2	47	11	31	12	30	51		40	5	8	46	4	50	3	26
11	4	15	54	40	19	39	56		41	0	37	29	13	57	12	31
12	5	44	37	49	27	49	1		42	2	6	12	23	4	21	36
13	1	13	20	58	34	58	6		43	3	34	55	32	11	30	41
14	2	42	4	7	41	7	12		44	5	3	38	41	19	39	46
15	4	10	47	16	48	16	17		45	0	32	21	50	26	48	51
16	5	39	30	25	56	25	22		46	2	1	4	59	33	57	56
17	1	8	13	35	3	34	27		47	3	29	48	8	40	7	2
18	2	36	56	44	10	43	32		48	4	58	31	17	48	16	7
19	4	5	39	53	17	52	37		49	0	27	14	26	55	25	12
20	5	34	23	2	25	1	43		50	1	55	57	36	2	34	17
21	1	3	6	11	32	10	48		51	3	24	40	45	9	43	22
22	2	31	49	20	39	19	53		52	4	53	23	54	17	52	27
23	4	0	32	29	46	28	58		53	0	22	7	3	24	1	32
24	5	29	15	38	54	38	3		54	1	50	50	12	31	10	38
25	0	57	58	48	1	47	8		55	3	19	33	21	38	19	43
26	2	26	41	57	8	56	13		56	4	48	16	30	46	28	48
27	3	55	25	6	15	5	19		57	0	16	59	39	53	37	53
28	5	24	8	15	23	14	24		58	1	45	42	49	0	46	58
29	0	52	51	24	30	23	29		59	3	14	25	58	7	56	3
30	2	21	34	33	37	32	34		60	4	43	9	7	15	5	9

[21] Anche qui le due ultime colonne, nelle edizioni di Thorn e di Monaco, riportano i valori del manoscritto per i minuti secondi e terzi. Sul manoscritto, tali valori sono in parte cancellati e sostituiti con i valori che compaiono anche nelle edizioni.

MOTO DELL'ANOMALIA DELLA LUNA PER GIORNI E PER PERIODI DI SESSANTA GIORNI

Giorni	MOTO					Giorni	MOTO				
	Sess.	Gradi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti terzi		Sess.	Gradi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti terzi
1	0	13	3	53	56	31	6	45	0	52	11
2	0	26	7	47	53	32	6	58	4	46	8
3	0	39	11	41	49	33	7	11	8	40	4
4	0	52	15	35	46	34	7	24	12	34	1
5	1	5	19	29	42	35	7	37	16	27	57
6	1	18	23	23	39	36	7	50	20	21	54
7	1	31	27	17	35	37	8	3	24	15	50
8	1	44	31	11	32	38	8	16	28	9	47
9	1	57	35	5	28	39	8	29	32	3	43
10	2	10	38	59	25	40	8	42	35	57	40
11	2	23	42	53	21	41	8	55	39	51	36
12	2	36	46	47	18	42	9	8	43	45	33
13	2	49	50	41	14	43	9	21	47	39	29
14	3	2	54	35	11	44	9	34	51	33	26
15	3	15	58	29	7	45	9	47	55	27	22
16	3	29	2	23	4	46	10	0	59	21	19
17	3	42	6	17	0	47	10	14	3	15	15
18	3	55	10	10	57	48	10	27	7	9	12
19	4	8	14	4	53	49	10	40	11	3	8
20	4	21	17	58	50	50	10	53	14	57	5
21	4	34	21	52	46	51	11	6	18	51	1
22	4	47	25	46	43	52	11	19	22	44	58
23	5	0	29	40	39	53	11	32	26	38	54
24	5	13	33	34	36	54	11	45	30	32	51
25	5	26	37	28	32	55	11	58	34	26	47
26	5	39	41	22	29	56	12	11	38	20	44
27	5	52	45	16	25	57	12	24	42	14	40
28	6	5	49	10	22	58	12	37	46	8	37
29	6	18	53	4	18	59	12	50	50	2	33
30	6	31	56	58	15	60	13	3	53	56	30

MOTO IN LATITUDINE DELLA LUNA PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANTA ANNI

Anni Egizi	MOTO [22]							Anni Egizi	MOTO [22]						
	Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Ter.	Ms. Min. Sc.	Ms. Min. Ter.		Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Ter.	Ms. Min. Sc.	Ms. Min. Ter.
1	2	28	42	45	17	44	31	31	4	50	5	23	57	0	4
2	4	57	25	30	34	29	2	32	1	18	48	9	14	44	35
3	1	26	8	15	52	13	33	33	3	47	30	54	32	29	6
4	3	54	51	1	9	58	4	34	0	16	13	39	48	13	37
5	0	23	33	46	26	42	35	35	2	44	56	25	6	58	8
6	2	52	16	31	44	27	6	36	5	13	39	10	24	42	39
7	5	20	59	17	1	11	37	37	1	42	21	55	41	27	10
8	1	49	42	2	18	56	8	38	4	11	4	40	58	11	41
9	4	18	24	47	36	40	39	39	0	39	47	26	16	56	12
10	0	47	7	32	53	25	11	40	3	8	30	11	33	40	44
11	3	15	50	18	10	9	42	41	5	37	12	56	50	25	15
12	5	44	33	3	28	51	13	42	2	5	55	42	8	9	46
13	2	13	15	48	45	38	44	43	4	34	38	27	25	54	17
14	4	41	58	34	2	23	15	44	1	3	21	12	42	38	48
15	1	10	41	19	20	7	46	45	3	32	3	58	0	23	19
16	3	39	24	4	37	52	17	46	0	0	46	43	17	7	50
17	0	8	6	49	54	36	48	47	2	29	29	28	34	57	21
18	2	36	49	35	12	21	19	48	4	58	12	13	52	36	52
19	5	5	32	20	29	5	50	49	1	26	54	59	8	21	23
20	1	34	15	5	46	50	22	50	3	55	37	44	26	5	55
21	4	2	57	51	4	34	53	51	0	24	20	29	44	50	26
22	0	31	40	36	21	19	24	52	2	53	3	15	1	34	57
23	3	0	23	21	38	3	55	53	5	21	46	0	18	19	28
24	5	29	6	6	56	48	26	54	1	50	28	45	36	3	59
25	1	57	48	52	13	32	57	55	4	19	11	30	53	18	30
26	4	26	31	37	30	17	28	56	0	47	54	16	10	33	1
27	0	55	14	22	48	1	59	57	3	16	37	1	28	17	32
28	3	23	57	8	5	46	30	58	5	45	19	46	45	2	3
29	5	52	39	53	22	31	1	59	2	14	2	32	2	46	34
30	2	21	12	38	40	15	33	60	4	42	45	17	21	31	6

[22] Anche in questa tavola le edizioni di Thorn e di Monaco riportano, nelle due ultime colonne, i valori per i minuti secondi e terzi dati nel manoscritto. In questo, i valori sono tutti cancellati con una barretta; ed accanto ad essi, in margine, sono scritti i valori che compaiono nelle edizioni.

MOTO IN LATITUDINE DELLA LUNA PER GIORNI E PER PERIODI DI SESSANTA GIORNI

Giorni	MOTO						Giorni	MOTO				
	Sess.	Gradi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti terzi			Sess.	Gradi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti terzi
1	0	13	13	45	39		31	6	50	6	35	20
2	0	26	27	31	18		32	7	3	20	20	59
3	0	39	41	16	58		33	7	16	34	6	39
4	0	52	55	2	37	Alla nascita di Cristo	34	7	29	47	52	18
5	1	6	8	48	16	CXX.	35	7	43	1	37	58
6	1	19	22	33	56	9. 45.	36	7	56	15	23	37
7	1	32	36	19	35		37	8	9	29	9	16
8	1	45	50	5	14		38	8	22	42	54	56
9	1	59	3	50	54		39	8	35	56	40	35
10	2	12	17	36	33		40	8	49	10	26	14
11	2	25	31	22	13		41	9	2	24	11	54
12	2	38	45	7	52		42	9	15	37	57	33
13	2	51	58	53	31		43	9	28	51	43	13
14	3	5	12	39	11		44	9	42	5	28	52
15	3	18	26	24	50		45	9	55	19	14	31
16	3	31	40	10	29		46	10	8	33	0	11
17	3	44	53	56	9		47	10	21	46	45	50
18	3	58	7	41	48		48	10	35	0	31	29
19	4	11	21	27	28		49	10	48	14	17	9
20	4	24	35	13	7		50	11	1	28	2	48
21	4	37	48	58	46		51	11	14	41	48	28
22	4	51	2	44	26		52	11	27	55	34	7
23	5	4	16	30	5		53	11	41	9	19	46
24	5	17	30	15	44		54	11	54	23	5	26
25	5	30	44	1	24		55	12	7	36	51	5
26	5	43	57	47	3		56	12	20	50	36	44
27	5	57	11	32	43		57	12	34	4	22	24
28	6	10	25	18	22		58	12	47	18	8	3
29	6	23	39	4	1		59	13	0	31	53	43
30	6	36	52	49	41		60	13	13	45	39	22

Capitolo V

Dimostrazione della prima ineguaglianza della luna, che avviene nelle fasi di luna nuova e di luna piena.

Abbiamo esposto i moti uniformi della luna, per quanto fino ad ora ci si sono resi noti. Ora bisogna affrontare il calcolo dell'ineguaglianza, che dimostreremo mediante l'epiciclo, e anzitutto quella che avviene nelle congiunzioni e opposizioni con il sole, intorno a cui gli antichi astronomi hanno rivelato un grande ingegno, mediante l'esame di terne di eclissi lunari. Anche noi seguiremo questa via da essi così preparataci, e assumeremo tre eclissi osservate diligentemente da Tolomeo, con le quali confronteremo anche altre tre notate con non minore diligenza, affinché sia esaminato se i moti uniformi già esposti siano stabiliti correttamente. Ci serviremo dunque, nella loro spiegazione, dei moti medi del sole e della luna a partire dalla posizione dell'equinozio di primavera come se fossero uniformi, a imitazione degli antichi, poiché l'irregolarità che si ha a causa dell'ineguale precessione degli equinozi non viene percepita in così breve tempo, anche se si tratti di 10 anni.

Tolomeo assunse [23] dunque per prima l'eclissi nell'anno 17 dell'imperatore Adriano, essendo trascorso il giorno 20 del mese di Pauni secondo gli egiziani; degli anni di Cristo era però il 133, il giorno 6 del mese di maggio, ossia il giorno prima delle None. E si eclissò tutta la luna, e il tempo di mezzo dell'eclissi era 3/4 di ora uniforme prima della mezzanotte ad Alessandria ma a Frauenburg o a Cracovia sarebbe stato un'ora e 3/4 prima della mezzanotte, a cui seguiva il giorno 7, quando il sole aveva la posizione di 13° 15′ [24] del Toro, ma, secondo il moto medio, di 12° 21′ del Toro.

Tolomeo dice che l'altra eclissi fu nell'anno 19 di Adriano, passati due giorni del mese di Chiach, il quarto per gli egiziani. Era invece, di Cristo, l'anno 134, il tredicesimo giorno prima delle calende di novembre [20 ottobre], e si eclissò la luna da settentrione per 5/6 del suo diametro; ad Alessandria, il tempo di mezzo dell'eclissi era un'ora equatoriale, mentre a Cracovia invece sarebbe stato due ore prima della mezzanotte, essendo il sole a 25° 10′ della Libbra, ma con il moto medio a 26° 43′ della stessa.

Ancora, la terza eclissi fu nell'anno 20 di Adriano, passati 19 giorni del mese di Pharmuthi, l'ottavo per gli egiziani, cioè nell'anno 135 di Cristo, passato il 6 di marzo, allorché la luna si eclissò di nuovo da settentrione di mezzo diametro, essendo il tempo di mezzo dell'eclissi ad Alessandria di 4 ore equatoriali ma a Cracovia di tre ore dopo la mezzanotte, il cui mattino successivo erano le None [il 7] di marzo. Anche allora il sole era a 14° 12′ dei Pesci, ma con il suo moto medio a 11° 44′ dei Pesci.

È chiaro dunque che nello stesso periodo di tempo intermedio fra la prima e la seconda eclissi, la luna percorse tanto cammino quanto il sole col suo moto apparente (trascurati, s'intende, i circoli interi), cioè 161° e 55′; e dalla seconda alla terza, percorse 137° e 55′ [25]. C'erano dunque nel primo intervallo 1 anno 166 giorni 23 ore uniformi e 3/4 secondo l'apparenza, ma più esattamente 23 ore e 5/8. Nel secondo intervallo, invece, c'erano 1 anno 137 giorni e 5 ore semplicemente [approssimativamente], esattamente invece 5 ore e mezza. Ed il moto uniforme del sole e della luna unitamente nel primo intervallo, tolti i circoli completi, era di 169° 37′, e il moto di anomalia di 110° 21′. Nel secondo intervallo il moto similmente uniforme del sole e della luna era di 137° 34′ e quello dell'anomalia, invece, di 81° 36′. È chiaro dunque che nel primo intervallo i 110° 21′ dell'epiciclo sottraggono al moto medio della luna 7° 42′, mentre nel secondo gli 81° 36′ dell'epiciclo aggiungono 1° e 21′.

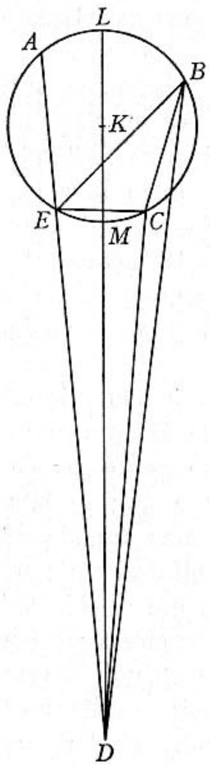
Avendo così premesso questi dati, si tracci l'epiciclo lunare ABC, in cui la prima eclissi sia in A, la seconda in B, e l'ultima in C, con il quale ordine anche si intenda il cam-

[23] Tolomeo, *Almagesto*, lib. IV, cap. 6.

[24] Così nel manoscritto (foglio 114 r); l'edizione di Thorn corregge in 12° 15′.

[25] Così nel manoscritto (foglio 114 v); l'edizione di Thorn corregge in 138° 55′: tale correzione era già anche nell'edizione di Amsterdam.

mino della luna da est ad ovest. E sia l'arco *AB* di 110° 21′, che sottrae (come dicemmo) 7° 42′ [dal moto medio della luna], *BC* invece di 81° 36′, che aggiunge 1° 21′; l'arco restante del circolo, *CA*, sarà di 168° 3′, che aggiunge i restanti 6° 21′. Poiché invero l'apside superiore dell'epiciclo non è negli archi *BC* e *CA*, essendo essi aggiuntivi e minori di un semicircolo, è necessario che si trovi in *AB*.



Assumiamo dunque *D* come centro della terra, intorno a cui si muova uniformemente l'epiciclo, e da tale centro si traccino le rette ai punti delle eclissi, *DA*, *DB*, *DC*, e si uniscano *BC*, *BE*, *CE*. Dato che l'arco *AB* sottende 7° e 42′ dell'eclittica, l'angolo *ADB* sarà di 7° 42′, essendo 180° eguali a due retti, ma lo stesso angolo sarà di 15° 24′ nel caso che due retti siano 360°, e l'angolo alla circonferenza *AEB* è della stessa misura di 110° 21′, essendo angolo esterno del triangolo *BDE*. Dunque l'angolo *EBD* risulta di 94° 57′. Orbene, del triangolo di angoli dati, sono dati i lati, ed è *DE* 147.396 parti, *BE* 26.798, misurando il diametro del cerchio circoscritto al triangolo 200.000 parti. Ancora, poiché l'arco *AEC* comprende nell'eclittica 6° 21′, l'angolo *EDC* sarà di 6° 21′, essendo 180° eguali a due retti; essendo invece 360° eguali a due retti, esso sarà di 12° e 42′, e similmente anche l'angolo *AEC* è 191° 57′. Ed essendo esso angolo esterno del triangolo *CDE*, sottraendogli l'angolo in *D* resta il terzo angolo *ECD* di 179° 15′ nella stessa misura. Sono dati dunque i lati *DE* di 199.996 parti, *CE* di 22.120, essendo 200.000 parti il diametro del circolo circoscritto; ma, se fosse *DE* di 147.396 parti, *CE* ne sarebbe 16.302, essendo anche *BE* di 26.798 parti. Ancora, poiché dunque nel triangolo *BEC* i due lati *BE* e *CE* sono dati, e l'angolo *E* è di 81° 36′,

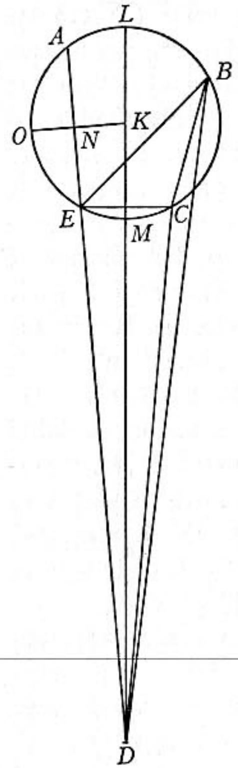
come l'arco *BC*, avremo anche, dalle dimostrazioni sui triangoli piani, che il terzo lato *BC* è pari a 17.960 parti in quella stessa misura. Ma, essendo il diametro dell'epiciclo 200.000, la corda sottendente l'arco *BC* di 81° 36′ sarà pari a 130.684 parti, e le altre nel rapporto dato: *ED* 1.072.684 parti, *CE* 118.637 parti, e l'arco *CE* 72° 46′ 10″. Ma l'arco *CEA* era, per costruzione, 168° 3′, quindi per sottrazione l'arco *EA* è di 95° 16′ 50″, e la sua corda è di 147.786 parti. Di qui risulta che tutta la linea *AED* è, nella stessa misura, di 1.220.46[7]0 parti. Poiché, invero, il segmento *EA* è minore di un semicircolo, non sarà su di esso il centro dell'epiciclo, ma nel restante segmento *ABCE*. Sia dunque *K* il centro dell'epiciclo: si tracci, per ambedue gli apsidi, la retta *DMKL* e sia *L* l'apside superiore, *M* l'inferiore. Orbene, è manifesto, per il teorema 30 del III libro degli *Elementi* di Euclide [26], che il rettangolo contenuto sotto *AD* e *DE* è uguale a quello contenuto sotto *LD* e *DM*. Ora, poiché il diametro *LM* del circolo, a cui si aggiunga in linea retta *DM*, è diviso in metà da *K*, il rettangolo di *LD* e *DM* con aggiunto il quadrato di *KM* sarà uguale al quadrato di *DK*; si ha dunque *DK* di 1.148.556 parti, essendo *LK* 100.000; e pertanto, se è *DK* [27] 100.000 parti, *LK* sarà 8706, che è appunto il raggio dell'epiciclo.

Compiuti così questi calcoli, si conduca *KNO* perpendicolare ad *AD*. Poiché *KD*, *DE*, *EA* hanno fra di essi il rapporto reciproco dato nella misura in cui *LK* è pari a 100.000 parti, e *NE*, la metà di *AE*, è nella stessa misura 73.893 parti, l'intera linea *DEN* è pertanto di 1.146.577 parti. Ma nel triangolo *DKN* sono dati due lati, *DK*, *ND*, e l'angolo retto *N*. Sarà pertanto l'angolo al centro *NKD* di 86° 38′ 30″, e altrettanti ne avrà l'arco *MEO*; quindi l'arco *LAO*, quanto resta del semicircolo, è di 93° 21′ 30″, da cui, tolto l'arco *OA*, che è metà dell'arco *AOE*, ed è eguale a 47° 38′ 30″,

[26] EUCLIDE, *Elementi*, III, 36; trad. ital. cit., p. 254. Il testo del manoscritto indica la prop. 30 del libro III; ciò si può forse spiegare con il fatto che Copernico abbia citato dall'edizione latina di Euclide curata dal Commandino a Venezia nel 1482. Cfr. MENZZER, trad. cit., nota 271, p. 41.

[27] Così nel manoscritto (foglio 115 v) e, ovviamente, nelle edizioni Zeller e dell'Accad. polacca; ma giustamente l'edizione di Thorn corregge *DK* in *DKL*.

resta l'arco *LA* eguale a 45° 43′, che è la distanza o anomalia della luna dall'apside superiore dell'epiciclo nella prima eclissi. Ma tutto l'arco *AB* era di 110° 21′, quindi l'anomalia nella seconda eclissi è l'arco *LB* di 64° 38′, ottenuto con la sottrazione, e tutto *LBC*, in cui capitava la terza eclissi, è di 146° 14′. Sarà ormai chiaro che, essendo l'angolo *DKN* di 86° 38′ [28], misurando 4 retti 360°, il suo angolo complementare *KDN* resta di 3° 22′ [29], che è la prostaferesi che l'anomalia aggiunge nella prima eclissi. Orbene, tutto l'angolo *ADB* era di 7° 42′, quindi, per sottrazione, l'angolo *LDB* contiene 4° 20′ [30] che sono sottratti dall'arco *LB* al moto uniforme della luna nella seconda eclissi. E poiché l'angolo *BDC* era di 1° e 21′, quindi l'angolo *CDM* resta per sottrazione di 2° 49′, prostaferesi sottrattiva dell'arco *LBC* nella terza eclissi. La posizione media della luna, cioè del centro *K*, nella prima eclissi era pertanto a 9° 53′ dello Scorpione, in quanto la sua posizione apparente era a 13° 15′ dello Scorpione, cioè gli stessi gradi che il sole, in opposizione, occupava nel Toro; e, nello stesso modo, il moto medio della luna occupava nella seconda eclissi 29° 30′ dell'Ariete; nella terza, 17° 4′ della Vergine. Inoltre, le distanze uniformi della luna dal sole erano: nella prima eclissi 177° 33′, nella seconda 182° 47′, nell'ultima 185° 20′. In tal modo Tolomeo.



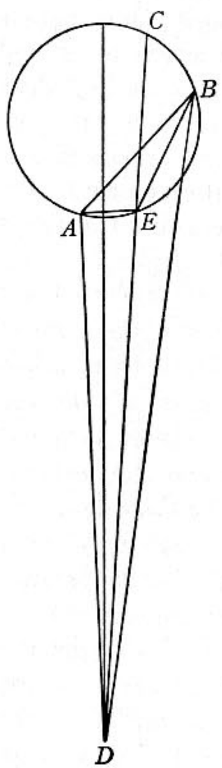
[28] Così nel manoscritto (foglio 115 v); l'edizione di Thorn corregge: 86° 38′ 30″.
[29] Così nel manoscritto (foglio 115 v); l'edizione di Thorn corregge: 3° 21′ 30″.
[30] Così nel manoscritto (foglio 115 v). L'edizione di Thorn corregge 4° 20′ 30″.

Seguendo il suo esempio ci affrettiamo ora ad esaminare le altre tre eclissi di luna, che sono state anche da noi osservate con la massima diligenza. La prima [31] fu nel 1511, passati sei giorni di ottobre, e la luna cominciò ad eclissarsi ad 1 ora e 1/8 di ora uniforme prima della mezzanotte, e tornò intera a 2 ore e 1/3 dopo la mezzanotte, cosicché il tempo di mezzo dell'eclissi fu sette dodicesimi d'ora dopo la mezzanotte, essendo il giorno dopo le None, ossia il 7 di ottobre; e si eclissò la luna totalmente mentre il sole era a 22° 25′ della Libbra, ma, secondo il moto uniforme, a 24° 13′ della Libbra. Osservammo la seconda eclissi nel mese di settembre del 1522, passato il quinto giorno, e si trattò ancora di una eclissi totale, a cominciare da 2/5 di ora uniforme prima della mezzanotte; ma il tempo di mezzo dell'eclissi fu 1 ora e 1/3 dopo la mezzanotte, cui faceva seguito il giorno 6 settembre, che è l'ottavo giorno prima delle Idi; inoltre il sole era a 22° 12′ della Vergine, ma – secondo il moto uniforme – a 23° 59′ della Vergine. Osservammo anche la terza eclissi nel 1523, il 25 agosto; essa cominciò 3 ore meno 1/5 dopo la mezzanotte, e il tempo di mezzo di questa eclissi anch'essa totale furono le ore 4 e 5/12 dopo la mezzanotte, essendo incipiente ormai il settimo giorno prima delle Calende di settembre [il 26 agosto], mentre il sole era a 11° e 21′ della Vergine e, secondo il suo moto medio, a 13° 2′ della Vergine. E anche qui è evidente che la distanza dei luoghi reali del sole e della luna dalla prima eclissi alla seconda era di 329° 47′. Dalla seconda alla terza, poi, di 349° 9′. Inoltre il tempo dalla prima eclissi alla seconda è di 10 anni uniformi, 337 giorni e 3/4 di ora secondo il tempo apparente, ma rispetto all'uniformità esatta 1 ora meno 1/5. Dalla seconda alla terza eclissi ci furono 354 giorni, 3 ore e 5 minuti, ma in tempo uniforme 3 ore e 9 minuti. Nel primo intervallo il moto medio del sole e della luna insieme, tolti i circoli completi, assomma a 334° 47′, e quello di anomalia a 250° 36′, togliendo

[31] Sulle prime due osservazioni di Copernico, di recente analizzate (1963) da M. Kamieński, cfr. il commentario (p. 416) della citata edizione dell'Accad. polacca delle Scienze.

al moto uniforme circa 5°. Nel secondo intervallo il moto medio della luna e del sole è di 346° 10′, quello di anomalia 306° 43′, aggiungendo al moto medio 2° 59′.

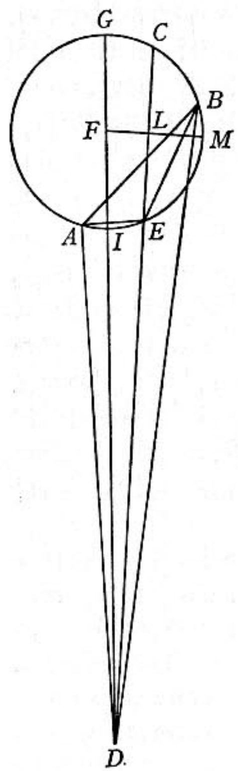
Sia ora *ABC* l'epiciclo, ed *A* la posizione della luna a metà della prima eclissi, *B* nella seconda, *C* nella terza, e si intenda il moto dell'epiciclo da *C* a *B* e da *B* ad *A*, cioè superiormente in precedenza [da est ad ovest] e inferiormente in conseguenza [da ovest ad est]. E sia di 250° 36′ l'arco *ACB*, che toglie al moto medio della luna (come dicemmo) 5° nel primo intervallo di tempo. Ma l'arco *BAC*, che aggiunge al moto medio della luna 2° 59′, sia di 306° 43′, e il rimanente arco *AC*, di 197° 19′, toglierà i rimanenti 2° 1′. Poiché, invero, l'arco *AC* è maggiore di un semicircolo ed è sottrattivo, bisogna che l'apside superiore sia contenuto in esso; infatti, tale apside non può essere né nell'arco *BA* né nell'arco *CBA*, che sono aggiuntivi e minori, ciascuno, di un semicircolo, ma il moto minore si ha vicino all'apogeo. Si prenda quindi il centro della terra *D* dalla parte opposta, e si uniscano *AD*, *DB*, *DEC*, *AB*, *AE*, *EB*. Poiché del triangolo *DBE* è dato l'angolo esterno *CEB* di 53° 17′, insistendo esso sull'arco *CB*, che è quanto resta del circolo tolto l'arco *BAC*; e poiché l'angolo *BDE*, in quanto al centro, è di 2° 49′, ma alla circonferenza è di 5° 58′, e per sottrazione l'angolo *EBD* è dunque di 47° 18′ [32]: il lato *BE* sarà pertanto di 1042 parti, e il lato *DE* di 8024 parti nella stessa misura, essendo il raggio della circonferenza circoscritto al triangolo pari a 10.000 parti.



[32] Così nel manoscritto (foglio 116 v). Le edizioni di Varsavia e di Thorn correggono 47° 19′. L'edizione di Thorn, negli *Addenda*, corregge 47° 21′.

Parimenti, l'angolo *AEC* è di 197° 19′, in quanto insiste sull'arco *AC*, e l'angolo *ADC* è di 2° 1′ come angolo al centro, ma come angolo alla circonferenza è di 4° 2′; pertanto, per sottrazione, l'angolo *DAE* del triangolo è di 193° 17′, essendo 360° due retti. Sono quindi date anche le misure dei lati: essendo il raggio della circonferenza circoscritta al triangolo *ADE* di 10.000 parti, *AE* sarà di 702, *DE* di 19.865 parti. Ma essendo *DE* di 8024 parti, *AE* è di 283, ed *EB* di 1042 parti. Avremo dunque ancora il triangolo *ABE*, in cui sono dati due lati, *AE* ed *EB*, e l'angolo *AEB* di 250° 36′, essendo 360° due retti. Pertanto, per le dimostrazioni sui triangoli piani, sarà anche *AB* 1227 di quelle parti, essendo *EB* 1042. Così anche di queste tre linee *AB*, *EB* ed *ED* abbiamo appreso il rapporto, per cui le si avrà anche secondo la misura in cui il raggio dell'epiciclo è 10.000: la corda *AB* è di 16.323, *ED* di 106.751, e la corda *EB* di 13.853 parti. Donde è dato anche l'arco *EB* di 87° 41′, che unito con *BC* dà l'intero arco *EBC* di 140° 58′, la cui corda *CE* è pari a 18.851 parti, e tutta *CED* è 125.602 parti.

Si segni ora il centro dell'epiciclo, che necessariamente capiterà nel segmento circolare *EAC*, essendo questo maggiore di un semicircolo, e sia *F*, e si prolunghi *DIFG* in linea retta per l'uno e per l'altro apside, l'inferiore *I* e il superiore *G*. È chiaro, ancora, che il rettangolo che è contenuto sotto *CDE* [*CD* e *DE*] è uguale a quello che è contenuto sotto *GDI* [*GD*, *DI*], mentre quello sotto *GDI* [*GD*, *DI*] insieme con il quadrato che è costruito su *FI* è uguale al quadrato costruito su *DF*. È dato pertanto *DIF* di 116.226 parti, essendone *FG* 10.000; ed essendo *DF* 100.000 di tali parti, sarà *FG* 8604, il che corrisponde a ciò che abbiamo trovato tramandato dalla maggior parte degli altri che ci precedettero a partire da Tolomeo. Si tracci ora dal centro *F* la linea *FL* perpendicolare ad *EC*, e la si prolunghi nella linea retta *FLM*; essa bisecherà *CE* nel punto *L*. Poiché la retta *ED* è 106.751 parti, e la metà di *CE*, cioè *LE*, è pari a 9426 parti, l'intera linea *DEL* sarà 116.177 parti, essendone *FG* 10.000 e *DF* 116.226. Quindi, del triangolo *DFL* sono dati due lati, *DF* e *DL*, ed anche l'angolo *DFL* di 88° 21′ e, per sottrazione, l'angolo *FDL* di 1° 39′, e similmente l'arco *IEM* di 88° 21′, e l'arco *MC*, metà dell'arco *EBC*, di 70° 29′; pertanto, l'intero arco *IMC* sarà di 158° 50′, e l'arco *GC*, che è quanto resta del semicerchio, sarà di 21° 10′.



E questa era la distanza della luna dall'apogeo dell'epiciclo, ossia il luogo dell'anomalia nella terza eclissi, mentre l'arco *GCB*, nella seconda eclissi, era di 74° 27′, e l'intero arco *GBA*, nella prima, di 183° 51′. Ancora, nella terza eclissi l'angolo *IDE*, in quanto angolo al centro, è di 1° 39′, che è la prostaferesi sottrattiva, e tutto l'angolo *IDB*, nella seconda eclissi, è di 4° 38′, che è ancora una prostaferesi sottrattiva, poiché l'angolo *IDB* è costituito dall'angolo *GDE* di 1° 39′ e dall'angolo *CDB* di 2° 59′; e quindi l'angolo *ADI*, che resta dalla sottrazione di *IDB* da tutto l'angolo *ADB* di 5°, rimarrà di 22′, che si aggiungono al moto uniforme nella prima eclissi. Pertanto, la posizione [del moto] uniforme della luna nella prima eclissi era a 22° 3′ dell'Ariete, quella [del moto] apparente invece a 22° 25′; e ad altrettanti gradi si trovava il sole, in opposizione, nella Libbra. Così, anche nella seconda eclissi, il luogo medio della luna era a 26° 50′ dei Pesci; nella terza, invece, a 13° dei Pesci; e il moto medio lunare per cui si distingue dall'annuo moto della terra era nella prima eclissi di 177° 51′ [33], nella seconda di 182° 51′, e nella terza di 179° 58′.

[33] Così nel manoscritto (foglio 117 v) e nelle edizioni Zeller e dell'Accad. polacca; nelle altre edizioni 177° 50′.

Capitolo VI

Conferma di quei dati che sono stati esposti intorno ai moti uniformi della luna in longitudine e dell'anomalia.

Per mezzo di questi dati, che sono stati esposti a proposito delle eclissi lunari, sarà possibile verificare se i moti uniformi della luna che già abbiamo esposto, sono stati determinati in modo corretto. Infatti, si è mostrato che, nella seconda della prima serie di eclissi, la distanza della luna dal sole era di 182° 47′, e l'anomalia di 64° 38′. Nella seconda eclissi di quelle successive, cioè del nostro tempo, il moto della luna dal sole era invece di 182° 50′, e l'anomalia di 74° 27′. È chiaro che nel frattempo sono trascorsi 17.166 mesi, e in essi c'è stato un movimento di quasi 4′, ed anche un moto di anomalia, tolti i circoli interi, di 9° 49′.

Orbene, il tempo trascorso dall'anno 19 di Adriano, nel secondo giorno del mese egiziano di Chiach, due ore prima della mezzanotte cui seguì il giorno 3, sino all'anno di Cristo 1522, il 5 di settembre un'ora e un terzo dopo mezzanotte, è di 1388 anni egiziani, 302 giorni, 3 ore e un terzo in tempo apparente, che fanno in tempo uniforme 3 ore e 34′. In questo tempo [34], dopo le rivoluzioni complete di 17.165 mesi uniformi, ci sarebbe stato, secondo Ipparco e Tolomeo, un movimento dal sole di 359° 38′ e un movimento dell'anomalia, secondo Ipparco, di 9° 39′ mentre, secondo Tolomeo, solo di 9° 11′. Dai risultati di Tolomeo ed Ipparco, mancano, per il moto della luna, 26′, e per quello dell'anomalia, secondo Tolomeo, 38′ e 10′ secondo Ipparco, che si aggiungono ai nostri e concordano con i numeri che abbiamo esposto.

[34] Per questo brano, sino alla fine del capitolo, abbiamo seguito il manoscritto (e quindi le edizioni Zeller e dell'Accad. polacca) per quanto concerne il testo, mentre abbiamo tenuto conto delle altre edizioni (che tuttavia non hanno un testo completo) per quanto concerne i valori numerici (molto scorretti nel manoscritto). I dati riportati sono presi da Copernico in Tolomeo, *Almagesto*, lib. IV, capp. 3 e 7.

Capitolo VII

Le posizioni di longitudine e di anomalia della luna.

Ora bisogna stabilire pure di questi moti, come sopra anche qui, le posizioni rispetto ai princìpi stabiliti degli anni delle Olimpiadi, di Alessandro, di Cesare, di Cristo, e di quanti altri si preferiscano. Se pertanto consideriamo la seconda delle prime tre eclissi, quella avvenuta nell'anno 19 di Adriano, il giorno 2 del mese egiziano di Chiach, un'ora equatoriale prima della mezzanotte ad Alessandria, per noi invece, sotto il meridiano di Cracovia, 2 ore prima della mezzanotte, troveremo dal principio degli anni di Cristo fino a questo momento 133 anni egiziani, 325 giorni, 22 ore approssimativamente, ma, con precisione, 21 ore e 37'. In questo tempo, il moto lunare è, secondo il nostro calcolo, 332° 49', quello di anomalia 217° 32'. Quando si tolgano tali valori da quelli che si sono trovati nell'eclissi, l'uno e l'altro da quelli della loro specie, si ha la posizione media della luna rispetto al sole di 209° 58', e una posizione di anomalia di 207° 7' al principio degli anni di Cristo, a mezzanotte del 31 dicembre. Ancora, [dalla prima Olimpiade] fino a questo principio [degli anni] di Cristo, sono 193 Olimpiadi, 2 anni, 194 giorni e mezzo, che fanno 775 anni egiziani, 12 giorni e mezzo (e specificamente 12 ore e 11 minuti). Similmente, dalla morte di Alessandro alla natività di Cristo si calcolano 323 anni egiziani, 130 giorni e mezzo in tempo apparente, esattamente invece 12 ore 16'. E da Cesare a Cristo sono 45 anni egiziani, 12 giorni, valore cui corrisponde la misura di ambedue i tempi, l'uniforme e l'apparente. Pertanto, sottraendo rispettivamente i moti che riguardano queste differenze dei tempi dalle posizioni riferite a Cristo, avremo per il mezzogiorno del primo giorno del mese di Ecatombeone della prima Olimpiade una distanza uniforme della luna dal sole di 39° 43' [35] e una distanza di anomalia di 46° 20'; secondo

[35] Così nel manoscritto; erroneamente corretto in 39° 48' nell'edizione di Thorn.

gli anni di Alessandro, a mezzogiorno del primo giorno del mese di Thoth la luna disterà dal sole di 310° 44', e [avrà una distanza] di anomalia di 85° 41'. E secondo gli anni di Giulio Cesare, poi, alla mezzanotte prima delle Calende di gennaio [del 31 dicembre] la distanza della luna dal sole era di 350° 39' e quella di anomalia di 17° 58'. Tutti questi gradi valgono rispetto al meridiano di Cracovia, poiché Ginepoli – comunemente detta Frauenburg –, dove per lo più abbiamo fatto le nostre osservazioni, posta come è alla foce del fiume Vistola, è sotto questo meridiano, come ci insegnano le eclissi di luna e di sole osservate contemporaneamente in ambedue i posti; e sotto tale meridiano è compresa anche Durazzo in Macedonia, che anticamente si chiamava Epidamno [36].

Capitolo VIII

La seconda ineguaglianza della luna, e quale sia il rapporto del primo epiciclo rispetto al secondo.

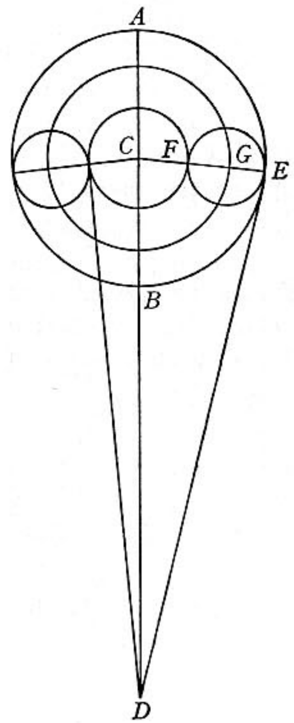
Così, dunque, sono stati dimostrati i moti uniformi della luna assieme con la sua prima ineguaglianza. Ora dobbiamo investigare in quale rapporto sia il primo epiciclo rispetto al secondo, e ambedue rispetto alla distanza del centro della terra. Ma si ha la massima differenza [tra il moto regolare e quello apparente], come dicemmo, nelle quadrature intermedie, quando la mezzaluna è crescente o calante, e tale differenza si eleva fino a 7° 40', come riportano anche le osservazioni degli antichi [37].

Essi osservavano, infatti, il momento in cui la mezza luna si avvicinava massimamente alla distanza media dell'epiciclo,

[36] In realtà, Durazzo è spostata di mezzo grado ad ovest rispetto a Cracovia. Il Commentario (p. 417) dell'edizione dell'Accad. polacca osserva che il ricordo di Durazzo deve risalire per Copernico agli anni di studio a Padova, dove insegnava l'umanista Leonico Tomeo, originario di quelle regioni.

[37] Cfr. Tolomeo, *Almagesto*, lib. V, cap. 3.

e ciò era intorno al punto di tangenza della linea che parte dal centro della terra; cosa che si potette ricavare facilmente mediante il calcolo sopra esposto. E poiché allora la luna si trovava intorno ai 90° dell'eclittica assunti a partire dalla levata o dal tramonto, temevano l'errore che la parallasse avrebbe potuto arrecare al moto in longitudine. Allora, infatti, il circolo che passa per il vertice dell'orizzonte divide ad angoli retti l'eclittica e non ammette alcuna parallasse in longitudine, mentre la parallasse si verifica tutta in latitudine. Essi trovarono dunque mediante lo strumento dell'astrolabio la posizione della luna rispetto al sole; fatto il confronto dei dati, si è trovata la luna divergente dall'uniformità di $7^\circ\ 40'$ (come abbiamo detto) in luogo di 5°.

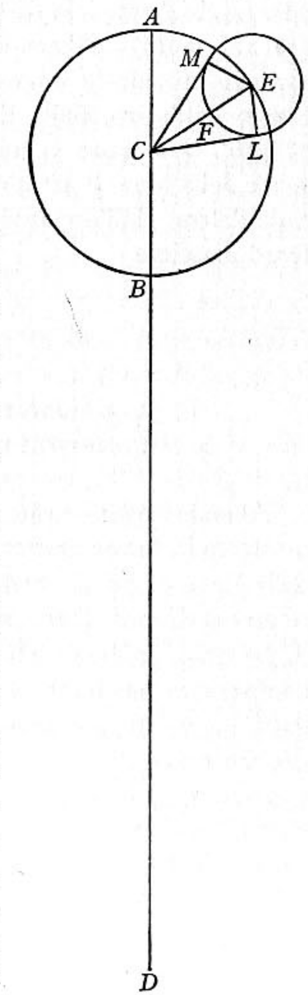


Si tracci ora l'epiciclo *AB*, sia *C* il suo centro, e dal centro della terra, cioè *D*, si prolunghi la linea retta *DBCA*; sia *A* l'apogeo dell'epiciclo, *B* il perigeo. Si conduca quindi la tangente *DE* all'epiciclo e si unisca *C* con *E*. Poiché nel punto di tangenza vi è la prostaferesi massima, che è, per quanto è stato presupposto, di $7^\circ\ 40'$, della qual misura è anche l'angolo *BDE*, ed è retto l'angolo *CED*, nel punto di tangenza con il circolo *AB*, *CE* sarà pertanto 1334 parti di cui il raggio *CD* ne misura 10.000. Ma nella luna piena e nuova era assai minore, cioè circa 861 parti [38] nella stessa misura. Si divida *CE* e sia *CF* pari a 860; il punto *F*, descrivente una circonferenza attorno allo stesso centro, è quello occupato dalla luna nuova e piena, e la restante linea *FE*, pari a 474, sarà quindi il diametro del secondo epiciclo, diviso in due parti nel suo centro *G*; la linea *CFG*, eguale per addizione a 1097 parti, sarà il raggio del circolo che descrisse il centro del secondo epiciclo. E così risulta il rapporto di *CG* a *GE*, come quello di 1097 a 237, misurando *CD* 10.000.

[38] Così il manoscritto (foglio 119 r) e, ovviamente, le edizioni Zeller e dell'Accad. polacca; l'edizione di Thorn corregge 860, come dev'essere, secondo il valore subito dopo assegnato a *CF*.

Capitolo IX

Un'altra ineguaglianza, per cui la luna sembra allontanarsi dall'apside superiore dell'epiciclo con moto irregolare.



Anche mediante questo processo induttivo è dato intendere in quale modo la luna nel suo stesso primo epiciclo si muova di moto irregolare, e la sua differenza massima avvenga quando si incurva a falce di luna o presenta il disco gibboso o incompleto. Sia ancora *AB* quel primo epiciclo, che il centro del secondo epiciclo ha descritto con il moto medio; sia *C* il suo centro, *A* l'apside superiore, *B* l'inferiore. Si prenda dove si voglia sulla circonferenza il punto *E* e si uniscano *C* ed *E*; si prenda *CE* che stia ad *EF* come 1097 sta a 237, e nel centro *E*, di raggio *EF*, si tracci il secondo epiciclo e si conducano da una parte e dall'altra, come tangenti allo stesso, le linee rette *CL*, *CM*. E sia il moto del piccolo epiciclo da *A* ad *E*, cioè, superiormente, in precedenza [da est ad ovest], mentre la luna si muove da *F* ad *L*, anch'essa da est ad ovest. È pertanto chiaro che, essendo uniforme il moto *AE*, l'epiciclo secondo aggiunge tuttavia l'arco [?] *EL*, per il suo moto lungo *FL*, alla stessa uniformità e lo sottrae per il suo moto lungo *MF*. Poiché invero nel triangolo *CEL* l'angolo in *L* è retto, *EL* è 237 parti, essendo *CE* 1097 parti, è pertanto *EL* eguale a 2160 parti, essendone CE 10.000. E, secondo la tavola, *EL* è la semicorda del doppio dell'angolo *ECL* di 12° 28′, uguale all'angolo *MCF*, poiché i triangoli sono simili ed uguali. Tanta è la differenza massima di cui la luna varia [nel suo moto] dall'apside superiore del primo epiciclo. E ciò avviene quando la luna con il moto medio si scosta, da un lato o dall'altro, dalla linea del moto medio della terra di 38° 46′. Così pure è evidente che alla distanza media del sole e della luna di 38° 46′ e alla stessa distanza, da una parte e dall'altra, dall'opposizione media capitano queste prostaferesi massime.

Capitolo X

In qual modo il moto lunare apparente si dimostri dai moti uniformi dati.

Avendo così visto in primo luogo tutto ciò, vogliamo ora mostrare in forma grafica in qual modo da quei moti uniformi della luna, di cui s'è trattato prima, si deduca il moto apparente e uniforme di essa, traendo gli esempi dalle osservazioni di Ipparco, in modo che contemporaneamente la teoria sia comprovata mediante l'esperienza. Dunque, nell'anno 197 dalla morte di Alessandro, il 17 del mese di Pauni, che è il decimo mese egiziano, essendo trascorse in Rodi 9 ore e 1/3, Ipparco [39], con un'osservazione del sole e della luna mediante l'astrolabio, trovò che essi distavano fra di loro di 48° 6′, gradi di cui la luna seguiva il [era ad est del] sole. Pensando egli che la posizione del sole fosse a 11° meno 6 minuti [10° 54′] del Cancro, conseguiva che la luna si trovava a 29° del Leone. In questo tempo sorgeva anche il ventinovesimo grado dello Scorpione, essendo il decimo grado della Vergine nel mezzo del cielo a Rodi, su cui il polo nord si eleva di 36°.

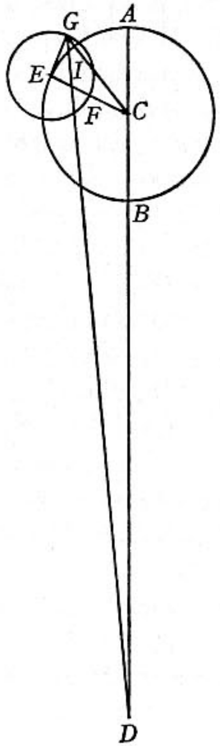
[39] Tolomeo, *Almagesto*, lib. V, cap. 5.

Da questi indizi risultava chiaro che la luna, posta intorno al novantesimo grado dell'eclittica a partire dall'orizzonte, non ammetteva allora alcuna parallasse in longitudine o almeno una parallasse del tutto impercettibile. Poiché invero questa osservazione è stata fatta alle ore 3 e 1/3 dopo mezzogiorno di quel giorno 17, che in Rodi corrispondono alle quattro equatoriali [40], sarebbero state a Cracovia 3 ore equatoriali e 1/6, secondo la distanza per cui Rodi è più vicina a noi che Alessandria di 1/6 di ora. Erano dunque, dalla morte di Alessandro, 196 anni 286 giorni, 3 ore e 1/6 approssimativamente, regolarmente invece 3 ore e quasi 1/3. In questo tempo il sole era giunto con il moto medio a 12° e 3′ del Cancro, mentre con l'apparente a 10° e 40′ del Cancro. Da ciò appare che la luna si trovava in realtà a 28° 37′ del Leone. Ma il moto uniforme della luna secondo la rivoluzione mensile era a 45° 5′, quello di anomalia di 333° dall'apside superiore, secondo il nostro calcolo.

Con questo esempio come modello, tracciamo il primo epiciclo *AB*, il suo centro *C*, il diametro *ACB*, che si prolunga in linea retta fino al centro della terra, e sia *ABD*.

[40] Traduco con «ore equatoriali» – poiché all'equatore è eguale la durata del giorno e della notte – il termine *horae aequinoctiales*, che sono le ore uniformi (*aequales*) o astronomiche e corrispondono, ciascuna, a 1/24 del giorno. Il loro nome deriva dal fatto che, nel periodo degli equinozi, esse sono eguali, anche in luoghi diversi dall'equatore, alle *horae temporales* (che tradurremo «ore stagionali»), cioè alle dodici parti in cui vengono divisi tanto il giorno quanto la notte. Le ore «stagionali», in genere, variano secondo la latitudine e secondo la stagione. Nel testo spesso Copernico contrappone la misura del tempo secondo le ore stagionali a quella secondo le ore equatoriali, per passare dalla prima alla seconda misura. Le espressioni usate per indicare la prima misura sono: *simpliciter, tempus apparens, ad apparentiam*, ecc.; quelle per indicare la seconda: *exacte, regulariter, examinatim, tempus aequatum, ad (exactam) aequalitatem*, ecc. Abbiamo tradotto tali espressioni, rispettivamente, con «semplicemente», «approssimativamente», «in tempo apparente», oppure con «esattamente», «con precisione», «in tempo uniforme», ecc. Sul calcolo per il passaggio dalle *horae temporales* alle *horae aequinoctiales* cfr. Menzzer, trad. cit., nota 305, pp. 44-45.

Si prenda anche nell'epiciclo l'arco ABE di 333°, e si uniscano C ed E, e si divida CE in F così che EF sia di 237 parti essendo EC 1097. E, fatto centro in E, si tracci FG, l'epiciclo dell'epiciclo, di raggio EF. Sia la luna nel punto G, e l'arco FG di 90° 10′ [41], cioè della misura doppia del moto uniforme a partire dal sole, che era di 45° e 9′; si traccino CG, EG, DG. Poiché del triangolo CEG sono dati due lati, CE di 1097 parti ed EG – eguale ad EF – di 237, con l'angolo GEC di 90° 10′ [42], sono dati pertanto, per le dimostrazioni sui triangoli piani, il lato rimanente CG pari a 1123 parti nella stessa misura, e l'angolo ECG di 12° 11′. Risultano così anche l'arco EI e la prostaferesi aggiuntiva dell'anomalia; e, per addizione, l'intero arco $ABEI$ risulta di 345° 11′, e l'angolo GCA, per sottrazione, di 14° 49′, che è la vera distanza della luna all'apside superiore dell'epiciclo AB, e l'angolo BCG di 165° 11′. Perciò, del triangolo GDC sono dati anche due lati, GC di 1123 parti, misurandone CD 10.000, e l'angolo GCD di 165° 11′. Avremo anche, da questi dati, l'angolo CDG di 1° 29′, e la prostaferesi che si aggiungeva al moto medio della luna, cosicché la distanza reale della luna dal moto medio del sole era di 46° 34′, e la sua



[41] Così nel manoscritto (foglio 120 r), e nelle edizioni Zeller e dell'Accad. polacca, correggendo un precedente 90° 18′. L'edizione di Thorn restaura questo valore cancellato e così, subito dopo, dà il valore 45° 9′ (che è nel manoscritto) per il moto uniforme a partire dal sole. Le edizioni precedenti, sino a quella di Varsavia, avevano invece corretto il manoscritto (che non aveva tenuto conto della correzione precedente per cui 90° 18′ era diventato 90° 10′), trasformando il 45° 9′ in 45° 5′.

[42] Il manoscritto (foglio 120 r) e le relative edizioni hanno 90° 15′. La correzione in 90° 10′ è fatta giustamente in tutte le edizioni sino a quella di Varsavia. Non è accettabile la correzione in 90° 18′, fatta dall'edizione di Thorn.

posizione apparente a 28° 37′ del Leone, ed essa era distante dalla posizione reale del sole di 47° 57′, con un difetto di 9′ rispetto all'osservazione di Ipparco.

Invero, affinché nessuno sospetti che la sua indagine o il nostro calcolo sia sbagliato anche se di poco, mostreremo allora che né egli né noi abbiamo commesso errore, ma che è tutto corretto. Se infatti ricordiamo che il circolo della luna che essa percorre è inclinato, riconosceremo che anche nell'eclittica esso produce una certa variazione in longitudine, specialmente intorno alle posizioni intermedie, che sono le sezioni fra i due termini boreale e australe e i due nodi, quasi nello stesso modo come fra l'inclinazione dell'eclittica e il circolo equatoriale, così come esponemmo a proposito dell'irregolarità del giorno naturale. Così, anche, se trasferiamo i calcoli all'orbita della luna, che Tolomeo disse essere inclinata rispetto all'eclittica, troviamo che per quelle posizioni essi danno una differenza in longitudine di 7′ rispetto all'eclittica, che raddoppiata farà 14′. E ciò avviene in proporzione sia nel crescere, sia nel diminuire, poiché, quando il sole e la luna distano di un quarto di circolo, se in mezzo a loro c'è il limite di latitudine nord o sud, allora l'arco intercettato sull'eclittica risulterà maggiore di 14′ di un quadrante del circolo lunare; mentre, viceversa, negli altri quadranti, divisi a metà dai nodi, i circoli passanti per i poli dell'eclittica intercettano archi minori altrettanto di un quadrante. E ciò avviene anche nel caso presente. Poiché la luna si trovava verso il punto medio che è fra il limite meridionale e il nodo ascendente (che i moderni chiamano testa del Drago), e il sole aveva superato già l'altro nodo discendente (che chiamano coda [del Drago]), non c'è da meravigliarsi se quella distanza lunare di 47° 57′ nel suo orbe inclinato, riferito all'eclittica, cresceva di almeno 7′, prescindendo dal fatto che anche il sole volgendo al tramonto aveva causato una certa parallasse sottrattiva, di cui si dirà più esplicitamente nella spiegazione delle parallassi. E così quella distanza del sole e della luna secondo Ipparco, che egli aveva determinato con il suo strumento di osservazione in 48° 6′, con corrispondenza mirabile e quasi per un accordo preso, coincide con il nostro calcolo.

Capitolo XI

Esposizione tabulare delle prostaferesi o equazioni lunari.

Con questo esempio, dunque, credo che si comprenda il modo di determinare i moti della luna in generale. Poiché nel triangolo *CEG* [si veda la figura precedente] i due lati *CE* e *GE* rimangono sempre uguali; ma attraverso l'angolo *CEG*, che muta di continuo e tuttavia è sempre dato, calcoliamo il lato rimanente *GC* insieme con l'angolo *ECG* che è la prostaferesi dell'anomalia che va resa uniforme. Di poi, nel triangolo *CDG*, essendo stati calcolati i due lati *DC* e *CG* insieme con l'angolo *DCE*, allo stesso modo diventa noto l'angolo in *D* intorno al centro della terra, [la differenza angolare] fra il moto uniforme e quello vero. Affinché siano più a portata di mano questi dati, esporremo la tavola delle prostaferesi, che comprenderà 6 colonne. Infatti, dopo la doppia fila dei numeri comuni del circolo, nella terza [43] seguono le prostaferesi, che risultano dal piccolo epiciclo e, secondo la doppia rivoluzione mensile, mutano l'uniformità della prima anomalia. Quindi, lasciato il posto successivo privo di numeri, che verranno aggiunti dopo, riempiremo il quinto, in cui scriveremo le prostaferesi dell'epiciclo primo e maggiore, che capitano nelle congiunzioni e nelle opposizioni medie del sole e della luna, e di cui la massima è di 4° 56′. Nella penultima colonna sono posti i valori di cui le prostaferesi che avvengono nella mezza luna [nei quarti] superano quelle precedenti, e di questi valori il maggiore è 2° 44′.

Affinché poi si potessero determinare anche gli altri eccessi, sono stati calcolati i minuti proporzionali nel modo seguente.

[43] In realtà, è la seconda colonna delle sei preannunciate poco prima da Copernico; egli parla del « terzo posto », perché la colonna dei numeri comuni è su due file.

Si assunsero, infatti, 2° 44′ come 60′ rispetto a qualsiasi altro eccesso che capiti nel punto di tangenza del [piccolo] epiciclo [con la retta dal centro della terra]. In questo modo, nello stesso esempio, dove abbiamo avuto la linea *CG* di 1123, essendo *CD* 10.000 si ha che la prostaferesi massima nel punto di tangenza del piccolo epiciclo [con la retta dal centro della terra] è di 6° 29′, superando la prima di 1° 33′. Ma, come 2° 44′ sta a 1° 33′, così 60′ stanno a 34′, e in tal modo avremo ugualmente il rapporto dell'eccesso che avviene nel semicircolo del piccolo epiciclo rispetto a quello che avviene sotto l'arco dato di 90° 18′. Scriveremo dunque 34′ nella parte della tavola che corrisponde a 90°. In tal modo, rispetto agli archi singoli dello stesso circolo già segnati nella tavola, troveremo le parti proporzionali da scrivere nella quarta colonna vuota. Nell'ultima colonna, infine, aggiungeremo i gradi di latitudine nord e sud, di cui diremo dopo. Infatti, l'utilità e la comodità della operazione ci indusse a porli in questa colonna.

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DELLA LUNA

Numeri comuni		Prostaferesi dell'epiciclo *B* [minore]		Minuti pro-por-zionali	Prostaferesi dell'epiciclo *A* [maggiore]		Eccessi		Gradi di latitudine nord	
Gradi	Gradi	Gradi	Min.		Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.
3	357	0	51	0	0	14	0	7	4	59
6	354	1	40	0	0	28	0	14	4	58
9	351	2	28	1	0	43	0	21	4	56
12	348	3	15	1	0	57	0	28	4	53
15	345	4	1	2	1	11	0	35	4	50
18	342	4	47	3	1	24	0	43	4	45
21	339	5	31	3	1	38	0	50	4	40
24	336	6	13	4	1	51	0	56	4	34
27	333	6	54	5	2	5	1	4	4	27
30	330	7	34	5	2	17	1	12	4	20
33	327	8	10	6	2	30	1	18	4	12
36	324	8	44	7	2	42	1	25	4	3
39	321	9	16	8	2	54	1	30	3	53
42	318	9	47	10	3	6	1	37	3	43
45	315	10	14	11	3	17	1	42	3	32
48	312	10	30	12	3	27	1	48	3	20
51	309	11	0	13	3	38	1	52	3	8
54	306	11	21	15	3	47	1	57	2	56
57	303	11	38	16	3	56	2	2	2	44
60	300	11	50	18	4	5	2	6	2	30
63	297	12	2	19	4	13	2	10	2	16
66	294	12	12	21	4	20	2	15	2	2
69	291	12	18	22	4	27	2	18	1	47
72	288	12	23	24	4	33	2	21	1	33
75	285	12	27	25	4	39	2	25	1	18
78	282	12	28	27	4	43	2	28	1	2
81	279	12	26	28	4	47	2	30	0	47
84	276	12	23	30	4	51	2	34	0	31
87	273	12	17	32	4	53	2	37	0	16
90	270	12	12	34	4	55	2	40	0	0

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DELLA LUNA

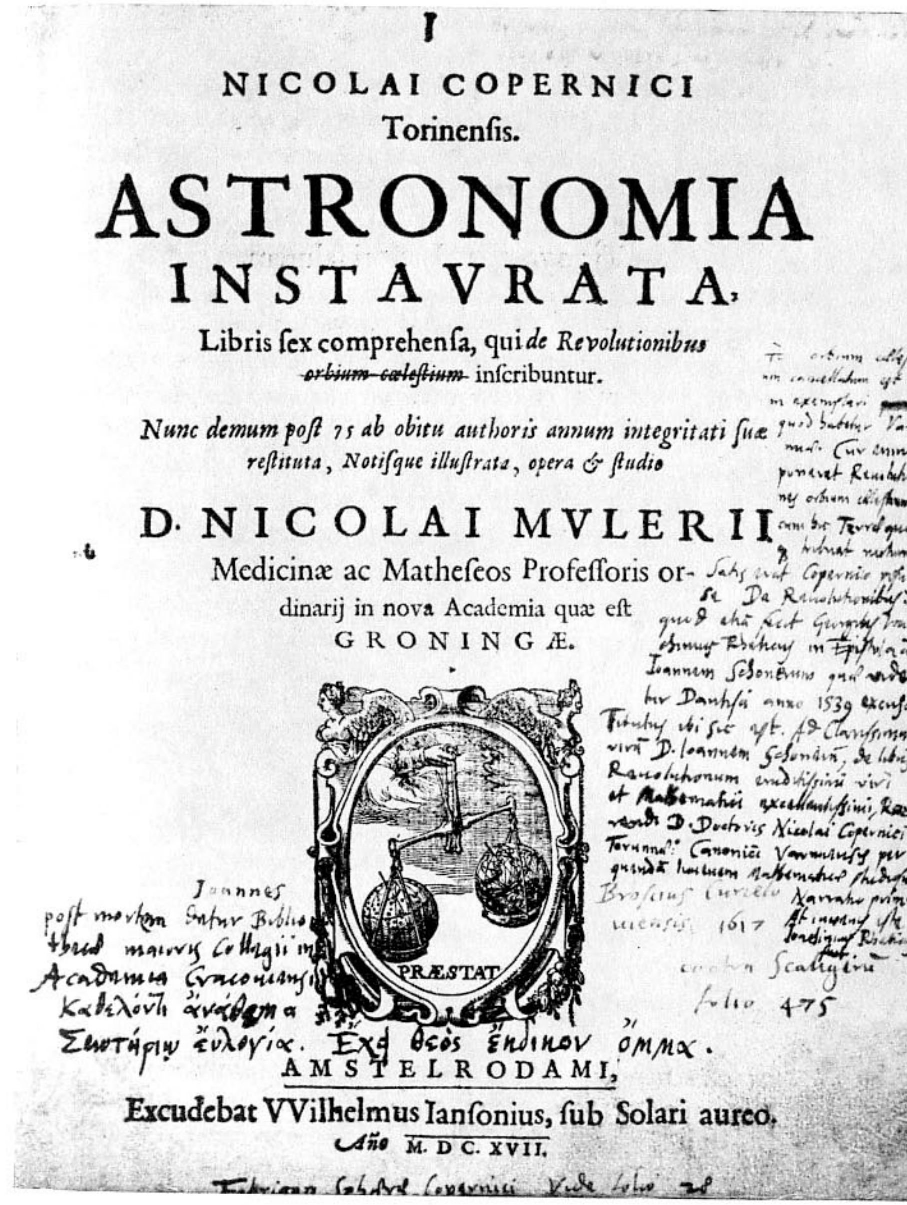
Numeri comuni		Prostaferesi dell'epiciclo *B* [minore]		Minuti pro-por-zionali	Prostaferesi dell'epiciclo *A* [maggiore]		Eccessi		Gradi di latitudine sud	
Gradi	Gradi	Gradi	Min.		Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.
93	267	12	3	35	4	56	2	42	0	16
96	264	11	53	37	4	56	2	42	0	31
99	261	11	41	38	4	55	2	43	0	47
102	258	11	27	39	4	54	2	43	1	2
105	255	11	10	41	4	51	2	44	1	18
108	252	10	52	42	4	48	2	44	1	33
111	249	10	35	43	4	44	2	43	1	47
114	246	10	17	45	4	39	2	41	2	2
117	243	9	57	46	4	34	2	38	2	16
120	240	9	35	47	4	27	2	35	2	30
123	237	9	13	48	4	20	2	31	2	44
126	234	8	50	49	4	11	2	27	2	56
129	231	8	25	50	4	2	2	22	3	9
132	228	7	59	51	3	53	2	18	3	21
135	225	7	33	52	3	42	2	13	3	32
138	222	7	7	53	3	31	2	8	3	43
141	219	6	38	54	3	19	2	1	3	53
144	216	6	9	55	3	7	1	53	4	3
147	213	5	40	56	2	53	1	46	4	12
150	210	5	11	57	2	40	1	37	4	20
153	207	4	42	57	2	25	1	28	4	27
156	204	4	11	58	2	10	1	20	4	34
159	201	3	41	58	1	55	1	12	4	40
162	198	3	10	59	1	39	1	4	4	45
165	195	2	39	59	1	23	0	53	4	50
168	192	2	7	59	1	7	0	43	4	53
171	189	1	36	60	0	51	0	33	4	56
174	186	1	4	60	0	34	0	22	4	58
177	183	0	32	60	0	17	0	11	4	59
180	180	0	0	60	0	0	0	0	5	0

Capitolo XII

Sul calcolo del corso lunare.

Il modo di calcolare le apparenze lunari risulta dunque chiaro dalle dimostrazioni già fatte, ed è questo. Ridurremo all'uniformità il tempo rispetto al quale cerchiamo la posizione da trovare della luna, e mediante questo dedurremo i moti medi di longitudine, di anomalia e di latitudine, il quale ultimo anche definiremo tra poco, nel modo come facemmo per il sole, dal principio degli anni di Cristo o da qualche altro principio, e stabiliremo le posizioni dei singoli moti rispetto al tempo che ci è proposto. Quindi, cercheremo nella tavola la longitudine uniforme della luna o la sua distanza doppia [44] dal sole nella tavola, e la prostaferesi corrispondente nella terza [45] colonna, e annoteremo i minuti proporzionali che sono nella colonna seguente. Se quel numero con cui siamo partiti si troverà nella prima fila [dei numeri comuni] o sarà minore di 180°, aggiungeremo pertanto la prostaferesi all'anomalia della luna; se, invece, il numero, sarà maggiore di 180°, o sarà nella seconda fila, si tolga la prostaferesi dall'anomalia e avremo l'anomalia della luna resa uniforme, e la sua distanza vera dall'apside superiore. Mediante tale distanza, essendo ancora una volta entrati nella tavola, prenderemo la prostaferesi ad essa corrispondente nella quinta [46] colonna, e quell'eccesso che segue nella sesta [47] colonna, che l'epiciclo secondo [minore] aggiunge sopra al primo [maggiore]. Presi poi i minuti proporzionali corrispondenti, li si aggiunge sempre a questa prostaferesi, secondo il rapporto dei minuti trovati rispetto a 60′. La somma ottenuta viene sottratta al moto medio di longitudine e di latitudine, se l'anomalia resa uniforme è minore di 180° o di un semicircolo, e si aggiunge invece se la stessa

[44] Doppia, perché la luna percorre due volte l'epiciclo minore durante un mese sinodico, cioè il periodo di una rivoluzione lunare attorno alla terra misurato rispetto al sole.
[45] In realtà, è la seconda, cfr. la nota 43.
[46] In realtà, la quarta colonna.
[47] In realtà, la quinta colonna.


I

NICOLAI COPERNICI
Torinensis.
ASTRONOMIA
INSTAVRATA,
Libris sex comprehensa, qui de Revolutionibus ~~orbium cælestium~~ inscribuntur.

Nunc demum post 75 ab obitu authoris annum integritati suæ restituta, Notisque illustrata, opera & studio

D. NICOLAI MVLERII
Medicinæ ac Matheseos Professoris ordinarij in nova Academia quæ est GRONINGÆ.

PRÆSTAT

Σωτήριον εὐλογίας. Ἔχει θεὸς ἔνδικον ὄμμα.

AMSTELRODAMI,
Excudebat VVilhelmus Iansonius, sub Solari aureo.
Año M. D C. XVII.

Frontespizio della terza edizione del *De revolutionibus orbium caelestium* (Amsterdam, Guglielmo Jansonius, 1617)

Esemplare con note autografe di Giovanni Broscius (Cracovia, Biblioteka Jagiellońska).

anomalia è maggiore; e in tal modo avremo la distanza vera della luna dalla posizione media del sole, e il moto di latitudine reso uniforme. Pertanto, sarà anche nota la vera posizione della luna, tanto a partire dalla prima stella dell'Ariete nel caso del moto semplice del sole, quanto, nel caso del moto composto, a partire dall'equinozio di primavera, ossia con l'aggiunta della sua precessione. Mediante il moto in latitudine reso uniforme, infine, nella settima ed ultima fila della tavola, avremo i gradi di latitudine, di cui la luna dista dall'eclittica. La qual latitudine sarà latitudine nord, allorquando il moto in latitudine [48] si trova nella prima parte della tavola, cioè se sarà minore di 90° o maggiore di 270°, altrimenti si avrà una latitudine sud. E quindi la luna scenderà dal settentrione fino a 180°, e quindi salirà dal limite meridionale, finché avrà completato i gradi rimanenti del circolo. E così il corso apparente della luna ha in certo modo tante faccende intorno al centro della terra, quante il centro della terra ne ha intorno al sole.

Capitolo XIII

Esame e dimostrazione del moto in latitudine della luna.

Ora bisogna anche rendere conto del moto in latitudine della luna. Il che appare più difficile da scoprire, in quanto è complicato da molteplici circostanze. Infatti (come dicemmo prima), se due eclissi di luna fossero in tutto e per tutto simili e uguali, cioè con le parti eclissate nella stessa posizione nord o sud e presso il medesimo nodo ascendente o discendente, sarebbe allora anche uguale la distanza della luna dalla terra o dall'apside superiore. Poiché, così corrispondendosi questi dati, si capisce che la luna ha compiuto con il suo moto vero, circoli completi di latitudine. Poiché,

[48] Così nel manoscritto e in tutte le edizioni. Il Menzzer (trad. cit., nota 313, p. 46) osserva tuttavia che il senso della frase richiede che al posto di *latitudinis* (in latitudine) sia letto *longitudinis* (in longitudine).

infatti, l'ombra della terra è conica e se un cono retto viene tagliato da un piano parallelo alla base, la sezione è un circolo più piccolo quando la distanza della base è maggiore e più grande quando la distanza è minore, e precisamente uguale a distanza uguale. Così dunque la luna a distanze uguali dalla terra attraversa uguali circoli d'ombra e presenta ai nostri occhi uguali dischi di sé stessa. Di qui risulta che, quando la luna emerge con parti eguali nella stessa direzione, secondo una uguale distanza dal centro dell'ombra, ci fa conoscere con certezza latitudini uguali; dal che necessariamente consegue che la luna dista di nuovo di intervalli uguali dallo stesso nodo dell'eclittica, essendo ritornata alla precedente posizione di latitudine. E ciò, invero, massimamente, se anche la posizione coincide da una parte e dall'altra. Infatti, l'avvicinamento e l'allontanamento della luna o della terra muta la grandezza totale dell'ombra, così di poco, tuttavia, che difficilmente si può scorgere.

Quanto più tempo quindi trascorre fra le due eclissi, tanto più determinato potremo avere il moto in latitudine della luna, come si è detto riguardo al sole. Ma poiché è raro trovare due eclissi coincidere in queste condizioni (sinora di certo non ne abbiamo riscontrate), tuttavia crediamo che ci sia anche un altro modo per ottenere ciò. Poiché, stanti le altre condizioni, se anche la luna si è eclissata in direzioni diverse e circa nodi opposti, ciò significherà infatti che la luna è giunta nella seconda eclissi alla posizione diametralmente opposta di quella precedente, e che ha descritto, oltre ai circoli interi, un semicircolo; questo fatto sembrerà essere soddisfacente per l'indagine di tale questione. Abbiamo trovato pertanto due eclissi quasi simili sotto queste condizioni.

La prima avvenne nell'anno 7 di Tolomeo Filometore [49], che era l'anno 150 di Alessandro, trascorsi, come dice Claudio [50], 27 giorni del settimo mese egiziano, di Phamenoth, nella notte cui faceva seguito il giorno 28. La luna si eclissò dal principio dell'ora ottava fino alla fine dell'ora decima, nelle ore notturne stagionali (*temporales*) di Alessandria, occultandosi al massimo 7 dita del diametro lunare a partire dal nord, intorno al nodo discendente. Il tempo di mezzo dell'eclissi fu (dice Tolomeo) 2 ore stagionali dopo la mezzanotte, che corrispondono a due ore equatoriali e 1/3, poiché il sole era al sesto grado del Toro; ma a Cracovia sarebbe stata 1 ora e 1/3 [dopo mezzanotte].

Osservammo la seconda eclissi sotto lo stesso meridiano di Cracovia, nell'anno di Cristo 1509, il 2 giugno, essendo il sole a 21° dei Gemelli, e il momento medio dell'eclissi fu a 11 ore equatoriali e 3/5 dopo il mezzodì di quel giorno. In essa si eclissarono circa 8 dita di diametro lunare dalla parte meridionale, vicino al nodo ascendente. Vi sono dunque, dal principio degli anni di Alessandro [alla prima eclissi], 149 anni egiziani, 206 giorni, 14 ore e 1/3 ad Alessandria, ma a Cracovia 13 ore e 1/3, secondo il tempo apparente, ma, esattamente, 13 ore e 1/2. In quel momento, il luogo dell'anomalia era, secondo il nostro calcolo, quasi coincidente con quello di Tolomeo [51], di $163^\circ\ 33'$ dell'uniforme, e la prostaferesi di $1^\circ\ 23'$, di cui la posizione vera della luna era minore di quella uniforme. Alla seconda eclissi, poi, dallo stesso principio stabilito degli anni di Alessandro, vi sono 1832 anni egiziani, 295 giorni, 11 ore, $45'$ di tempo apparente, di tempo uniforme, invece, 11 ore $55'$. Donde il moto uniforme della luna risultava di $182^\circ\ 18'$, la posizione di anomalia di $159^\circ\ 55'$, quella resa uniforme invece di $161^\circ\ 13'$, la prostaferesi di cui il moto uniforme era minore di quello apparente, di $1^\circ\ 44'$. È chiaro dunque che in ambedue le eclissi uguale era la distanza della luna dalla terra, e il sole quasi all'apogeo in entrambe; ma la differenza era, tra le eclissi, di 1 dito.

Poiché, invero, il diametro della luna occupa di solito quasi mezzo grado, come poi mostreremo, la sua dodicesima parte,

[49] Tolomeo VI Filometore, figlio di Tolomeo V Epifane, successe fanciullo al padre nel 181 a. C. come re dell'Egitto, sotto la tutela della madre Cleopatra. Alla morte di questa, nel 170, regnò da solo, ma fu sconfitto da Antioco IV, re di Siria, che invase l'Egitto. In seguito, il Filometore si associò nel regno il fratello e la sorella-sposa Cleopatra. Morì nel 145.

[50] CLAUDIO TOLOMEO, *Almagesto*, lib. VI, cap. 5.

[51] L'*Almagesto*, l. c., ha $163^\circ\ 40'$.

cioè un dito, sarà 2 minuti e mezzo, cui corrisponde, per l'orbe inclinato della luna intorno ai nodi, circa mezzo grado. Ed è di tale valore che, nella seconda eclissi, la luna fu più lontana dal nodo ascendente, di quanto nella prima lo fosse dal nodo discendente: per cui è del tutto evidente che il moto vero della luna in latitudine è stato, oltre le rivoluzioni complete, di 179° e mezzo. Ma l'anomalia della luna fra la prima e la seconda eclissi aggiunge al moto uniforme 21', quelli di cui si differenziano tra loro le prostaferesi. Avremo quindi un moto uniforme in latitudine della luna, oltre i circoli interi, di 179° 51'. Il tempo, poi, fra l'una e l'altra eclissi era di 1683 anni, 88 giorni, 22 ore, 35 minuti in tempo apparente, che coincide con quello uniforme. In questo lasso di tempo ci sono 22.577 rivoluzioni complete uniformi e 179° 51'. Questi risultati coincidono con i nostri, che abbiamo già esposto.

Capitolo XIV

Le posizioni dell'anomalia in latitudine della luna.

Ma per fissare anche le posizioni di questo corso in rapporto ai princìpi presupposti [del calendario], abbiamo qui anche preso in esame due eclissi di luna, non al medesimo nodo, né in parti diametralmente opposte, come nelle due eclissi viste prima, ma nei medesimi punti settentrionali o meridionali (tuttavia conservando tutte le altre condizioni, come dicemmo) secondo la prescrizione di Tolomeo. E con l'esame di tali eclissi senza errore otterremo la soluzione del nostro problema. La prima eclissi, dunque, di cui ci siamo già serviti [52] per indagare anche altri moti della luna, era quella che dicemmo osservata da Tolomeo nell'anno 19 di Adriano [53], essendo passati 2 giorni del mese di Chiach, un'ora equatoriale prima della mezzanotte ad Alessandria, mentre a

[52] Cfr. il cap. 5 di questo libro IV.
[53] Tolomeo, *Almagesto*, lib. IV, cap. 6.

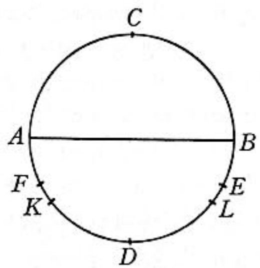
Cracovia erano due ore prima della mezzanotte, cui seguiva il terzo giorno, e la luna si eclissò, proprio alla metà dell'eclissi, di 5/6 del diametro, cioè di 10 dita a partire dal nord, mentre il sole era a 25° 10' della Libbra, la posizione dell'anomalia lunare era di 64° 38', e la sua prostaferesi sottrattiva di 4° 20' vicino al nodo discendente. Anche la seconda eclissi abbiamo noi stessi osservato con la massima diligenza a Roma, nel 1500 [54], alla fine del 5 [dopo le None di] novembre, e più esattamente 2 ore prima della mezzanotte che preludeva all'ottavo giorno prima delle Idi [il 6 novembre], ma a Cracovia, che è 5° ad oriente, erano 2 ore e 1/3 [55] dopo la mezzanotte, essendo il sole a 23° 16' dello Scorpione; e furono dinuovo eclissate, a partire dal nord, dieci dita. Sono pertanto trascorsi, dalla morte di Alessandro, 1824 anni egizi, 84 giorni, 14 ore, 20 minuti di tempo apparente ma, di tempo uniforme, 14 ore 16'. Era quindi il moto medio della luna di 174° 14', l'anomalia della luna di 294° 44', e resa uniforme di 291° 35'; la prostaferesi aggiuntiva era di 4° 28'.

È evidente pertanto che la luna anche in queste due eclissi aveva dall'apside superiore una distanza quasi uguale, che il sole era in ambedue vicino al proprio apside medio e che era uguale la grandezza delle ombre. E tutto ciò dimostra che la latitudine sud della luna era uguale, e quindi che la luna stessa aveva distanze uguali dai nodi, ma che era ascendente nella seconda eclissi e discendente nella prima. Ci sono pertanto tra le due eclissi 1366 anni egizi, 358 giorni 4 ore, 20 minuti in tempo apparente, in tempo uniforme, invece,

[54] Questa notizia conferma ciò che anche il Retico dice nella *Narratio prima*: Copernico fu a Roma nel 1500, l'anno del Giubileo, le cui celebrazioni cominciate alla vigilia di Natale del 1499 giunsero al culmine con la Pasqua del 1500. Solo nel maggio 1501 Copernico e il fratello Andrea lasciarono Roma per ritornare in Polonia. Ma non sappiamo con certezza se, come dice Retico, durante il soggiorno romano – in cui, come risulta da questo passo, Copernico non tralasciò i suoi studi astronomici – egli abbia tenuto lezioni o conferenze di matematica e di astronomia. Sul soggiorno romano di Copernico si veda B. Biliński, *Copernico in Italia*, in « Notizie di cultura », marzo 1973 (Roma, Ambasciata di Polonia), pp. 64-67, e, più ampiamente, *Tradizioni dell'astronomia polacca a Roma*, Roma, Accad. Polacca delle Scienze, 1976; in particolare pp. 37 segg.
[55] Così nel manoscritto. L'edizione di Thorn corregge in 2 ore e 2/5.

4 ore 24 minuti [56], nei quali il moto medio in latitudine è di 159° 55′.

Sia ora *ABCD* [57] il circolo inclinato della luna, il cui diametro sia *AB*, intersezione comune con l'eclittica; in *C* sia il limite nord, *D* quello sud, *A* il nodo discendente, *B* quello ascendente. Si prendano poi due archi uguali nella regione meridionale, *AF*, *BE*, in quanto che la prima eclissi sarebbe stata nel punto *F*, la seconda in *E*. E ancora, sia *FK* la prostaferesi sottrattiva nella prima eclissi, *EL* quella aggiuntiva nella seconda. Poiché dunque l'arco *KL* è di 159° 56′, se si aggiunge ad esso l'arco *FK*, che è di 4° 20′ e l'arco *EL* che è di 4° 28′, l'intero arco *FKLE* sarà di 168° 42′; e il suo supplementare sarà di 11° 18′, la cui metà è di 5° 39′, uguale a ciascuno degli archi *AF* e *BE*, cioè alle distanze vere della luna dalla linea dei nodi *AB*, e perciò l'arco *AFK* è di 9° 59′. Di qui risulta anche che la posizione media in latitudine dal limite nord, cioè *CAFK*, è di 99° 59′. Dalla morte di Alessandro fino a questa posizione e sino al tempo dell'osservazione di Tolomeo, ci sono 457 anni egizi, 91 giorni, 10 ore in tempo apparente (invece, 9 ore e 54 minuti in tempo uniforme), durante i quali il moto medio di latitudine è di 50° 59′. Togliendo questo valore da 99° 59′, restano 49°, per il mezzogiorno del primo giorno del mese di Thoth, primo secondo gli Egizi, all'inizio degli anni di Alessandro, ma rispetto al meridiano di Cracovia.



Di qui, rispetto agli altri inizi, risultano secondo le differenze dei tempi le posizioni del moto di latitudine della luna assunte a partire dal limite nord, da cui deduciamo il moto stesso. Poiché dalla prima Olimpiade alla morte di Alessandro ci sono 451 anni egizi e 247 giorni, da cui per avere il tempo

[56] Così leggono il manoscritto (foglio 125 r) gli Zeller. I curatori dell'edizione dell'Accad. polacca leggono invece 27 minuti anziché 24 minuti.

[57] *ABCD* è aggiunto nell'edizione di Thorn; non c'è né nel manoscritto (foglio 125 r) e nelle edizioni relative, né nelle edizioni precedenti.

uniforme si tolgono 7 minuti, in tale periodo il moto in latitudine è di 136° 57′. Ancora, dalla prima Olimpiade fino a Cesare ci sono 730 anni egizi e 12 ore, ma si aggiungono 10′ di ora per avere il tempo uniforme, durante il quale periodo il moto uniforme è di 206° 53′. Quindi, fino a Cristo, ci sono ancora 45 anni e 12 giorni. Se quindi si tolgono 136° 57′ da 49° aumentati dei 360° di un circolo, restano 272° 3′ al mezzogiorno del primo giorno del mese di Ecatombeone della prima Olimpiade. Se, ancora, a questi 272° 3′ si aggiungono 206° 53′, si ottengono 118° 56′, per la mezzanotte prima delle Calende di gennaio secondo il calendario giuliano. Aggiungendo infine 10° 49′, si ottengono 129° 45′ per la posizione all'inizio degli anni di Cristo, similmente alla mezzanotte prima delle Calende di gennaio.

Capitolo XV

La costruzione dello strumento parallattico [58].

Ma, che la latitudine massima della luna, secondo l'angolo di intersezione del suo deferente e dell'eclittica, sia di 5°, misurando il circolo 360°, la sorte non concesse a noi quella possibilità di sperimentare che concesse a Tolomeo, per l'ostacolo delle parallassi lunari. Egli infatti osservava ad Alessandria, su cui il polo Nord ha l'elevazione di 30° 58′, fino al qual grado la luna si avvicina al massimo al vertice dell'orizzonte [allo zenith], quando cioè stia al principio del Cancro e al limite settentrionale, cosa che egli poteva già

[58] Cfr. Tolomeo, *Almagesto*, lib. V, cap. 12. Lo strumento che qui Copernico descrive è quello ch'egli maggiormente usò nelle sue osservazioni per misurare l'altezza dei corpi celesti: è del tipo che veniva chiamato *triquetrum*, e che Copernico, seguendo Tolomeo, chiama *instrumentum parallacticum*. Secondo quanto dice Gassendi, l'esemplare dello strumento posseduto da Copernico era stato costruito da lui stesso e fu conservato a Frombork per circa quarant'anni dopo la morte dell'astronomo e poi venne in possesso di Tycho Brahe che l'apprezzò moltissimo e compose su esso un carme (cfr. Gassendi, *Nicolai Copernici Varmiensis Canonici, astronomi illustris vita*, 1654; e J. L. E. Dreyer, *Tycho Brahe*, Edinburgh, 1890). Non si sa tuttavia quale sia stato in seguito il suo destino. Cfr. anche il commento (p. 418) dell'edizione dell'Accad. polacca.

conoscere in anticipo mediante il calcolo. Trovò dunque in tale occasione, con uno strumento che chiama parallattico, costruito per osservare le parallassi lunari, che la distanza minima della luna dallo zenith era di soli 2° e 1/8, e se vi fosse stata qualche parallasse a questa distanza, necessariamente essa sarebbe stata quanto mai modesta in un intervallo così breve. Tolti quindi 2° e 1/8 da 30° 58′, restano 28° 51′ 1/2, che superano l'inclinazione massima dell'eclittica (che era allora di 23° 51′ 20″) [59] di circa 5° interi; e questa latitudine della luna si trova infine corrispondere fino ad ora con tutti gli altri particolari.

Lo strumento parallattico consta dunque di 3 regoli, di cui 2 sono di pari lunghezza di almeno 4 cubiti [60], e il terzo è alquanto più lungo. Quest'ultimo e uno dei precedenti vengono congiunti con entrambe le estremità di quello restante con opportuna perforazione e fissando nei fori i perni o gli assi in modo che, pur movendosi i regoli sullo stesso piano, non oscillino in quei punti di congiuntura. Inoltre, nel regolo più lungo, dal centro della sua congiuntura si tracci una linea retta per tutta la sua lunghezza, su cui si prende un segmento uguale alla distanza delle congiunture nel modo più esatto possibile. Si divida tale segmento in mille parti uguali, o in più se ciò è possibile, divisione che va estesa nella restante parte del regolo secondo le stesse parti, finché nel complesso sia di 1414 parti; questa è la lunghezza del lato del quadrato inscrivibile in un cerchio, il cui raggio misura mille parti. Ciò che inoltre avanzi di questo regolo lo si potrà togliere come superfluo. Anche nel secondo regolo si tracci dal centro della congiuntura una linea uguale a mille parti nella stessa misura o eguale a quella linea che è fra i centri delle congiunture, e abbia degli specchietti forati fissati al lato, come si usa nella diottra, attraverso cui passi la vista, così adattati che la linea visuale non inclini verso la linea già tracciata nella lunghezza del regolo, ma disti uniformemente da essa: avendo provveduto anche che la stessa linea prolungata dalla

[59] Tolomeo, *Almagesto*, lib. I, cap. 13.
[60] Il cubito, presso i Greci ed i Romani, corrisponde a circa 45 cm.

sua estremità al regolo più lungo possa toccare la linea divisa, e si formi così, mediante i regoli, un triangolo isoscele, la cui base sarà [misurata] nelle parti della linea divisa. Quindi si erige e si fissa un palo accuratamente piallato e levigato a cui si connette questo strumento, dalla parte del regolo sul quale sono entrambe le congiunture, con dei cardini, su cui possa girare come si addirebbe ad una porta, in modo che, tuttavia, la linea retta che passa per il centro delle congiunture corrisponda sempre alla linea a piombo del regolo, e sia puntata sempre al vertice [zenith] dell'orizzonte, come se fosse il suo asse. Pertanto colui che cerchi la distanza di un qualche astro dal vertice [zenith] dell'orizzonte, se guarda l'astro stesso secondo la linea retta che passa attraverso gli specchi forati del regolo, e si vale del regolo che sta sotto con la linea divisa, capirà quante parti sottendano l'angolo formato dalla linea di visione e dall'asse dell'orizzonte, misurando il diametro del circolo 20.000 di queste parti, e avrà, mediante la tavola, l'arco cercato del grande circolo fra l'astro e lo zenith.

Capitolo XVI

Come si determinano le parallassi della luna.

Con questo strumento, come dicemmo, Tolomeo [61] apprese che la latitudine massima della luna era di 5°. Quindi si dedicò allo studio della sua parallasse, e dice di averla trovata ad Alessandria di 1° 7′, mentre il sole era a 5° 28′ della Libbra; il moto medio della luna dal sole era di 78° 13′, l'anomalia uniforme di 262° 20′; il moto in latitudine di 354° 40′; la prostaferesi aggiuntiva di 7° 26′. E per ciò la posizione della luna a 3° 9′ del Capricorno; il moto uniforme in latitudine di 2° 6′, la latitudine nord della luna di 4° 59′; la sua declinazione dall'equatore di 23° 49′. La latitudine di Alessandria è 30° 58′. Tolomeo dice che la luna, vista

[61] Cfr. Tolomeo, *Almagesto*, lib. V, cap. 13. Il testo di Tolomeo dà però la longitudine della luna a 3° 10′ del Capricorno e non a 3° 9′ come Copernico.

con lo strumento, era quasi nel circolo meridiano, a 50° 55′ dal vertice dell'orizzonte [zenith], cioè a 1° 7′ più di quanto richiedesse il calcolo. Con questi dati, secondo la teoria degli antichi riguardo all'eccentrico e all'epiciclo, dimostra che la distanza della luna dal centro della terra era allora di 39 e 45/60 di quelle parti di cui il raggio della terra ne misura una, e ciò che quindi consegue dal rapporto fra i circoli, che cioè la luna alla distanza massima dalla terra (che dicono sia nell'apogeo dell'epiciclo, quando la luna è piena o nuova) si trova a 63 e 1/6 di quelle parti; nella minima, invece, la luna, che è al perigeo dell'epiciclo (nelle quadrature) e appare dimezzata, si trova a sole 33 e 33/60 di quelle parti. Di qui determinò anche le parallassi, che si hanno a circa 90° dal vertice [zenith]: la minima di 53′ 34″, la massima di 1° 43′ (come si può vedere meglio dalle sue costruzioni in proposito).

Ma è ormai ben noto, a chi voglia considerare la questione, che queste cose vanno assai diversamente, come varie volte abbiamo sperimentato. Passeremo tuttavia in rassegna due osservazioni, da cui risulta ancora che le nostre ipotesi relative alla luna sono tanto più sicure di quelle [di Tolomeo], in quanto corrispondono alle apparenze, senza alcun dubbio. Nell'anno del Signore 1522, il quinto giorno prima delle Calende di ottobre [27 settembre], essendo passate 5 ore uniformi e 2/3 dal mezzogiorno, verso il tramonto del sole, a Ginepoli [Frombork] osservammo, mediante lo strumento parallattico, che il centro della luna, che era nel circolo meridiano, distava di 82° 50′ dal vertice dell'orizzonte [lo zenith]. Erano pertanto passati dal principio degli anni di Cristo fino a quell'ora 1522 anni egiziani, 284 giorni, 17 ore e 2/3 secondo il tempo apparente, che reso invece uniforme dà 17 ore e 24 minuti. Perciò la posizione apparente del sole, secondo il calcolo, era a 13° 29′ della Bilancia; il moto uniforme della luna a partire dal sole era di 87° 6′; l'anomalia uniforme di 357° 39′, quella vera di 358° 40′ [62], aggiungendo 7′.

[62] Così è letto il manoscritto (foglio 127 r) dagli Zeller; l'edizione dell'Accad. polacca legge invece 358° 30′.

E così la posizione vera della luna era a 12° 32′ del Capricorno. Il moto medio di latitudine era di 197° 1′ dal limite settentrionale, quello vero di 197° 8′. La latitudine meridionale della luna di 4° 47′, la sua declinazione dall'equatore era di 27° 41′. La latitudine del luogo della nostra osservazione era di 54° 19′, che con la declinazione lunare dà la distanza vera della luna dal polo dell'orizzonte, cioè quella di 82°. Quindi i 50′ che v'erano in più appartenevano alla parallasse, la quale secondo la tradizione tolemaica avrebbe dovuto essere di 1° 17′.

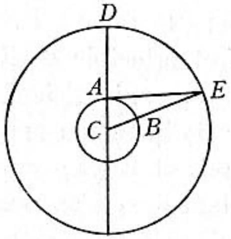
Abbiamo fatto dinuovo un'altra osservazione nello stesso luogo, nell'anno del Signore 1524, il settimo giorno prima delle Idi di agosto [7 agosto], essendo passate 6 ore dal mezzogiorno, e vedemmo con lo stesso strumento la luna a 82° dal vertice dell'orizzonte [dallo zenith]. Dal principio degli anni di Cristo a quell'ora erano passati 1524 anni egiziani, 234 giorni, 18 ore, sia in tempo apparente sia in tempo uniforme. Poiché la posizione del sole secondo il calcolo era allora a 24° 14′ del Leone; il moto medio della luna a partire dal sole era di 97° 5′; l'anomalia uniforme di 242° 10′, quella corretta di 239° 38′ [63], aggiungendo al moto medio circa 7°: la posizione della luna pertanto era a 9° 39′ del Sagittario, il moto medio in latitudine era di 193° 19′, quello vero di 200° 17′; la latitudine sud della luna di 4° 41′, la declinazione sud di 26° 36′, che sommata con la latitudine del luogo di osservazione di 54° 19′, fa risultare di 80° 55′ la distanza della luna dal polo dell'orizzonte. Ma nel fenomeno osservato la distanza era di 82°. Quindi 1° 5′ in eccesso spettarono alla parallasse lunare, che secondo Tolomeo avrebbe dovuto essere di 1° 38′, ed anche secondo la teoria degli antichi, cosa che il rapporto armonico che segue dalla loro ipotesi costringe ad ammettere.

[63] Così nel manoscritto (foglio 127 r), che corregge un precedente 239° 43′; quest'ultimo valore è riprodotto nell'edizione di Thorn. Nelle edizioni precedenti, il valore dato era di 239° 40′.

Capitolo XVII

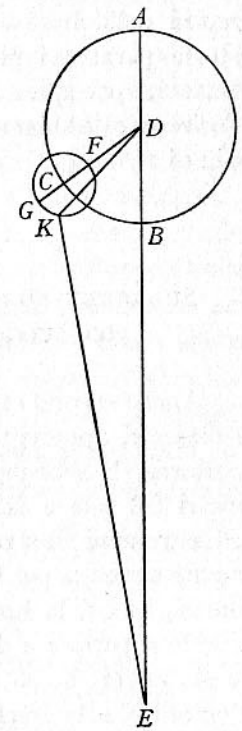
Della distanza della luna dalla terra, e dimostrazione del loro rapporto, nella misura di cui il raggio della terra è l'unità.

Da queste cose ormai risulterà chiaro quanta sia la distanza della luna dalla terra, senza la quale non si può fare un preciso calcolo delle parallassi, poiché esse sono in rapporto reciproco con la distanza; e lo si mostrerà nel seguente modo. Sia *AB* un circolo massimo della terra, *C* il suo centro; ancora con centro in *C* si tracci un altro circolo, rispetto a cui quello della terra abbia una grandezza notevole, e sia *DE*; sia *D* il polo dell'orizzonte, e in *E* sia il centro della luna, cosicché sia nota la sua distanza *DE* dal vertice [zenith]. Poiché l'angolo *DAE* era, nella prima osservazione, di 82° 50′ e l'angolo *ACE* per calcolo solo di 82°, la loro differenza *AEC* sarà di 50′, che appartenevano alla parallasse; abbiamo pertanto il triangolo *ACE* con gli angoli dati, e quindi anche coi lati noti. Infatti, per l'angolo *CAE* dato, il lato *CE* sarà di 99.219 parti delle quali il diametro della circonferenza circoscritta al triangolo *AEC* è 100.000, e *AC* 1454 parti, misurando *CE* approssimativamente 68 volte *AC*, mentre *AC*, raggio della terra, è una di quelle parti. E questa era nella prima osservazione la distanza della luna dal centro della terra. Nella seconda osservazione, poi, l'angolo osservato *DAE* era di 82°, mentre l'angolo *ACE* calcolato era di 80° 55′, e *AEC*, per sottrazione, di 1° 5′. Pertanto il lato *EC* era di 99.027 parti e *AC* di 1891 [64], essendo il diametro del circolo circoscritto al triangolo 100.000 di queste parti; e così *CE*, la distanza della luna, era di 56 e 42/60 di quelle parti di cui il raggio *AC* della terra è una.



[64] Così nel manoscritto (foglio 127 v), ove sono cancellati i valori 99.853 e 1745 scritti in un primo tempo. L'edizione di Thorn corregge 1891 in 1894. Le edizioni precedenti davano, per i due valori, 99.006 e 1747.

Sia ora l'epiciclo maggiore della luna *ABC*, il cui centro sia *D*, e si prenda *E* come centro della terra, da cui si conduca la linea retta *EBDA*, in modo che sia *A* l'apogeo e *B* il perigeo. Si prenda quindi l'arco *ABC* di 242° 10′, secondo l'uniformità calcolata dell'anomalia lunare: e, fatto centro in *C*, si tracci l'epiciclo secondo *FGK*, il cui arco *FGK* sia di 194° 10′, la doppia distanza della luna dal sole, e si unisca *D* con *K*, che togliendo 2° 27′ all'anomalia, lascia l'angolo *KDB* dell'anomalia uniforme di 59° 43′, essendo tutto l'angolo *CDB* di 62° 10′, gradi di cui l'anomalia superava un semicircolo. E l'angolo *BEK* era di 7°. Del triangolo *KDE* sono pertanto dati gli angoli nei gradi di cui due retti ne sommano 180; è dato anche il rapporto dei lati: *DE* di 91.856 parti ed *EK* di 86.354 parti di cui il diametro della circonferenza circoscritta al triangolo *KDE* ne misura 100.000; ma delle parti di cui *DE* ne misurebbe 100.000, *KE* ne misurerà 94.010. Ma sopra si è mostrato che anche *DF* sarà in tale misura di 8600 parti, e tutto il segmento *DFG* di 13.340 parti.



Quindi, essendo *EK*, come si è mostrato, di 56 parti e 42/60 nella misura in cui il raggio terrestre è una parte, segue secondo il rapporto dato che *DE* è nella stessa misura di parti 60 e 18/60, *DF* di parti 5 e 11/60, *DFG* di parti 8 e 2/60, così come *EDG*, quando sia tutta estesa in linea retta, è di parti 68 e 1/3, massima altezza della mezza luna. E quando si sia tolto anche *DG* da *ED*, restano le 52 parti e 17/60 della sua distanza minima. Così anche l'intera linea *EDF*, l'altezza massima che capita in luna piena e in luna nuova, sarà di parti 65 e 1/2, e, tolta *DF*, si avrà l'altezza minima di parti 55 e 8/60. Né in verità ci deve disturbare il fatto che altri stimino [*Almagesto*, V, 13] che la distanza massima della luna piena e nuova sia di parti 64 e 1/6, specie quelli che non potevano conoscere se non in parte le parallassi della luna, per la posizione dei loro luoghi di osservazione. A noi, invece, permise di osservarle meglio la maggiore vicinanza della luna all'orizzonte, intorno a cui risulta che le stesse parallassi pervengano alla loro piena grandezza, né tuttavia per questa differenza [la vicinanza della luna all'orizzonte] abbiamo trovato che le parallassi differiscano di più di 1'.

Capitolo XVIII

Sul diametro della luna e dell'ombra terrestre nel luogo del passaggio della luna [65].

Anche secondo la distanza della luna dalla terra, variano i diametri apparenti della luna e dell'ombra, per cui è bene parlarne. E sebbene vengano osservati correttamente i diametri del sole e della luna mediante la diottra di Ipparco, gli astronomi ritengono tuttavia che ciò molto più attendibilmente avvenga per la luna, mediante alcune particolari eclissi lunari, in cui la luna si sia allontanata egualmente dal suo apside superiore e da quello inferiore, specie se anche il sole si sia allora mosso allo stesso modo, cosicché il circolo dell'ombra che la luna ha attraversato è in tutte esse eguale, se non che le stesse eclissi differiscono in grandezza.

È manifesto infatti che il confronto della differenza in estensione dell'eclissi con la latitudine della luna mostra quale arco del circolo intorno al centro della terra sottenda il diametro della luna; conosciuto il quale, si conosce subito anche il semidiametro dell'ombra. Ciò sarà reso più evidente da un esempio. Mettiamo che nel momento centrale di una prima eclissi si eclissassero 3 dita o pollici del diametro della luna che aveva la latitudine di 47′ 54″ e in una seconda s'eclissassero 10 dita, con una latitudine di 29′ 37″. Infatti, la differenza tra le parti eclissate è di 7 dita, quella della

[65] Tolomeo, *Almagesto*, lib. V, cap. 14.

latitudine di 18′ 17″, a cui è proporzionale il rapporto tra 12 dita e 31′ 20″ che sottendono il diametro della luna.

È chiaro quindi che il centro della luna a metà della prima eclissi ha superato l'ombra di 1/4 del diametro lunare, a che corrispondono 7′ 50″ di latitudine; se si tolgono questi 7′ 50″ dai 47′ 54″ di tutta la latitudine, restano 40′ 4″ del semidiametro dell'ombra; come nella seconda eclissi, in cui l'ombra, per un terzo del diametro lunare, ha occupato 10′ 27″ più della latitudine del centro della luna: e questi aggiunti ai 29′ 37″ fanno parimenti 40′ 4″, il semidiametro dell'ombra. Sebbene, secondo l'opinione di Tolomeo, quando il sole e la luna sono in congiunzione o in opposizione alla distanza massima dalla terra, il diametro della luna sia di 31′ 20″, che egli afferma di aver appreso, come anche quello del sole, mediante la diottra di Ipparco, e quello dell'ombra, invece, di 1° 21′ 20″; ed egli ritenne che questi valori fossero in rapporto come 13 a 5, cioè che il diametro dell'ombra fosse il doppio e 3/5 più grande di quello della luna.

Capitolo XIX

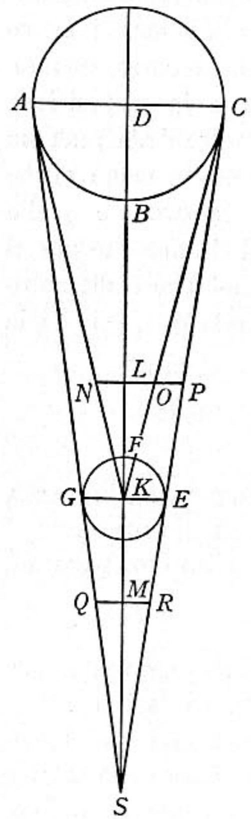
In che modo si dimostrino simultaneamente la distanza del sole e della luna dalla terra, i loro diametri e quello dell'ombra nel luogo del passaggio della luna, e l'asse dell'ombra.

Poiché in verità anche il sole ha una certa parallasse, che, essendo modesta, non viene percepita tanto facilmente; a meno che non si connettano a vicenda tali cose, cioè la distanza del sole e della luna dalla terra, i loro diametri e quello dell'ombra del passaggio della luna, e l'asse dell'ombra. Le quali cose, pertanto, si rivelano a vicenda nelle dimostrazioni risolutive. Esamineremo dunque in primo luogo le opinioni di Tolomeo [66] intorno a tali questioni, e come le

[66] Tolomeo, *Almagesto*, lib. V, cap. 15.

dimostrasse; dal che ricaveremo ciò che apparirà del tutto vero.

Egli assunse che il diametro apparente del sole, di cui si servì indiscriminatamente, fosse di 31′ e 1/3; eguale ad esso sostenne che fosse il diametro della luna piena e di quella nuova, mentre era all'apogeo, che disse essere alla distanza di parti 64 e 1/6, essendo eguale ad una parte il raggio terrestre. Da ciò dimostrò il resto nel modo seguente. Sia *ABC* la sezione circolare del globo solare, e *D* il suo centro; sia poi *EFG* la sezione circolare del globo terrestre, e *K* il suo centro; siano le rette *AG* e *CE* tangenti ad entrambi i circoli, le quali, prolungate, convergano nel vertice dell'ombra, che sia il punto *S*; e sia *DKS* una retta passante per i centri del sole e della terra; si conducano anche *AK*, *KC*, e si uniscano *A* con *C*, *G* con *E*: i due segmenti *AC* e *GE* dovranno differire ben poco dai diametri a causa della loro grande distanza. Si prendano poi su *DKS* i segmenti eguali *LK* e *KM*, secondo le distanze che la luna ha all'apogeo, quando è piena o nuova; a giudizio di Tolomeo, una distanza di 64 parti e 1/6 essendo *EK* una parte. Sia *QMR* il diametro dell'ombra nel luogo del passaggio della luna e *NLO* il diametro della luna perpendicolare a *DK*; e lo si estenda in *LOP*. Il primo problema è di trovare quale sia il rapporto di *DK* a *KE*. Essendo dunque l'angolo *NKO* di 31′ 20″, nella misura il cui quattro retti sono 360°, la metà *LKO* sarà di 15′ 40″ e l'angolo in *L* retto. Pertanto, nel triangolo *LKO* di angoli dati è dato il rapporto dei lati *KL* e *LO*; e per la lunghezza di *LO* si ha una misura di 17 e 33/60 sessantesimi di quelle parti di cui *KL*



è 64 e 1/6, oppure *KE* una; e in quanto *LO* sta a *MR* come 5 a 13, *MR* sarà 45 e 38/60 sessantesimi di quelle parti medesime. Essendo poi *LOP* e *MR* paralleli e con egual distanza da *KE*, *LOP* e *MR* sommati saranno perciò il doppio di *KE*, da cui, tolti *MR* e *LO*, resta *OP* di 56 e 49/60 sessantesimi [di quelle medesime parti]. Per la seconda proposizione del VI libro di Euclide [67], sono poi in proporzione i rapporti di *EC* a *PC*, di *KC* a *OC*, e di *KD* a *LD* con il rapporto in cui *KE* sta ad *OP*, cioè come 60 sta a 58 e 49/60 [68]. Risulta similmente *LD* di 56 e 49/60 se l'intera linea *DLK* è di 60, mentre *KL*, per differenza, resta di 3 e 11/60. Nella misura in cui *KL* è 64 parti e 1/6, e in cui *FK* è una parte, tutta la linea *KD* sarà di 1210 parti. È anche già risultato che *MR* è, in tale misura, di sessantesimi 45 e 38/60; da cui risulta il rapporto di *KE* a *MR* e di *KMS* a *MS*; sarà anche *KM* sessantesimi 14 e 22/60 dell'intera linea *KMS* e, *dividendo*, se *KM* è di parti 64 e 1/6, sarà tutta *KMS*, l'asse dell'ombra, di 268 parti. Così invero Tolomeo.

Altri però, dopo Tolomeo, poiché trovarono che questi dati non corrispondevano abbastanza ai fenomeni, esposero altre teorie sulla questione. Essi ammettono nondimeno che la distanza massima della luna piena e nuova dalla terra è di 64 parti e 1/6, e che il diametro apparente del sole all'apogeo è di 31′ 20″; e concedono anche che il diametro dell'ombra nel luogo del passaggio della luna sia come 13 a 5, così come Tolomeo. Negano tuttavia che il diametro apparente sia in quel tempo maggiore di 29′ 30″, e perciò pongono che il diametro dell'ombra sia di 1° 16′ 45″ circa. Da ciò ritengono conseguire che la distanza del sole dalla terra all'apogeo sia pari a 1146, e che l'asse dell'ombra sia pari a 254 di quelle parti di cui il raggio terrestre ne misura una. Essi attribuirono questi dati, come al loro ritrovatore, al famoso filosofo

[67] EUCLIDE, *Elementi*, VI, 2; trad. ital. cit., p. 363.

[68] Così leggono il manoscritto (foglio 129 v) gli Zeller. L'edizione di Thorn corregge in 58 e 59/60. Ma il Menzzer (trad. cit., nota 326, p. 46) osserva che il valore corretto è 56 e 49/60. Nel manoscritto, del resto, il 58 appare come una correzione di un precedente 56: e quest'ultimo valore è riportato nell'edizione dell'Accad. polacca.

di Harran [69], benché siano dati che non si possono collegare in nessun calcolo.

Noi abbiamo pensato di adattarli a correggerli nel modo seguente, avendo posto il diametro apparente del sole all'apogeo di 31′ 40″; bisogna infatti che sia ora in qualche modo maggiore che prima di Tolomeo. Il diametro apparente della luna piena o nuova, poi, e all'apside superiore, l'abbiamo posto di 30′, e abbiamo anche stabilito il diametro dell'ombra nel posto del passaggio della luna, nella misura di 80′ 36″. Pare dunque convenire ad essi un rapporto di poco maggiore di quello di 5 a 13, ma bensì come quello di 150 a 403. Ma pensammo dunque che non l'intero sole all'apogeo venga occultato dalla luna, a meno che essa non abbia una distanza dalla terra minore di 62 parti, misurandone una il raggio terrestre. Infatti, questi dati così posti sembrano connettersi in modo preciso sia fra di loro sia con gli altri dati, ed essere in armonia con le eclissi apparenti del sole e della luna. Avremo perciò, secondo la dimostrazione precedente, espressi in quelle parti e nei sessantesimi di quelle parti di cui il raggio terrestre, cioè *KE*, ne misura una: *LO* pari a sessantesimi 17 e 8/60; e perciò *MR* eguale a sessantesimi 46 e 1/60, e quindi *OP* di sessantesimi 56 e 51/60. E tutta la linea *DKL* sarà di 1179 parti, come distanza, all'apogeo, del sole dalla terra, mentre *KMS*, asse dell'ombra, sarà pari a 265 parti.

[69] Si tratta dell'astronomo arabo Albatenio, su cui si vedano la nota 16 alla traduzione del *Commentariolus* e la nota 68 alla traduzione del libro I del *De Revolutionibus*. I dati a cui si riferisce qui Copernico si trovano alla fine del cap. 30 del *Liber Machometi Geber qui vocatur Albategni*, Norimberga, 1537. Cfr. MENZZER, trad. cit., nota 328, p. 47; il commento all'edizione dell'Accad. polacca (p. 419) ritiene tuttavia che la fonte di Copernico sia l'*Epitome in Almagestum* di Peurbach e Regiomontano (libro V, prop. 21).

Capitolo XX

Della grandezza di questi tre astri, sole, luna e terra, e del loro confronto reciproco.

È quindi evidente anche che *KL* entra 18 volte in *KD* e che anche *LO* sta a *DC* in questo rapporto; 18 volte *LO* fa poi circa parti 5 e 27 sessantesimi di quelle parti di cui *KE* ne misura una [cioè, 5 e 27/60 volte il raggio della terra]; ossia, *SK* sta a *KE*, cioè 265 sta ad 1, nello stesso modo in cui *SKD* sta a *DC*, ossia 1444 a 5 e 27/60. E questo sarà il rapporto dei diametri del sole e della terra.

Ma poiché i globi [le sfere] stanno tra loro come i cubi dei loro diametri [70], elevando al cubo 5 e 27/60 risulta 161 e 7/8, che è di quanto il sole è più grande del globo terrestre. Ancora, poiché il raggio della luna è sessantesimi 17 e 9/60 di quelle parti di cui il raggio della terra ne misura una, risulta pertanto che il diametro della terra sta rispetto al diametro della luna come 7 sta a 2, cioè nel rapporto di 3 e 1/2 a 1 [71], che elevato al cubo mostra che la terra è 42 volte e 7/8 maggiore della luna; e parimenti anche il sole sarà 6937 volte maggiore della luna.

Capitolo XXI

Del diametro apparente e delle parallassi del sole.

Poiché, invero, le stesse grandezze quando sono più lontane paiono minori di quando sono più vicine [72], avviene per ciò che il sole, la luna e l'ombra della terra variano secondo le loro differenti distanze dalla terra, non meno delle loro parallassi. E tutto questo si determina facilmente, da quanto è

[70] Letteralmente: «i globi stanno tra loro in rapporto triplo (*in tripla sunt ratione*) dei loro diametri». Così subito dopo, «elevare al cubo» è espresso con il verbo *triplicare*, usato non nel senso comune di «moltiplicare per tre», bensì nel senso tecnico di «moltiplicare un numero per sé stesso tre volte».
[71] Nel testo: *tripla sesquialtera ratione*.
[72] EUCLIDE, *Ottica*, cap. 5.

stato detto, rispetto a qualsiasi elongazione. Ciò è certo evidente dapprima per il sole. Infatti, avendo dimostrato che la terra ha da esso la distanza massima di 10.322 [73] parti, misurandone 10.000 il raggio del circolo della rivoluzione annua, e la minima pari a ciò che resta del diametro [toglien-dogli 322 parti], cioè, di 9678 parti, risulta dunque che l'apside superiore è di 1179 parti, essendone una il raggio terrestre, e che l'apside inferiore è di 1105 parti, così come quello medio di 1142 parti. Dividendo pertanto 1.000.000 per 1179 avremo 848 [74], come cateto che nel triangolo rettangolo [75] sta sotto l'angolo minimo di 2′ 55″, la parallasse massima che si ha all'orizzonte. Similmente, diviso 1.000.000 per 1105, le parti della distanza minima, risulta 905, come corda che sottende l'angolo di 3′ 7″ della massima parallasse nell'apside inferiore.

Ma si è già mostrato che il diametro del sole è 5 e 27/60 di quelle parti di cui quello della terra è una, e che nell'apside superiore esso appare [sotto un angolo] di 31′ 48″. E sono in proporzione, infatti, i rapporti di 1179 a 5 e 27/60 e di 2.000.000, il diametro del circolo, a 9245, che è la misura della corda dell'angolo di 31′ 48″. Ne risulta che alla distanza minima di 1105 raggi terrestri, il diametro del sole appare sotto un angolo di 33′ 54″. La loro differenza [tra i diametri alla massima e alla minima distanza] è quindi di 2′ 6″, mentre tra le parallassi ci sono solo 12″ di differenza. Tolomeo ritenne [76] che si dovessero trascurare entrambe queste differenze data la loro esiguità, tenuto conto che 1′ o 2′ non sono facilmente percepiti dai sensi, e tanto meno c'è possibilità di percezione per i secondi. Pertanto, se riterremo sempre che la parallasse massima del sole è di 3′ ovunque, non ci sembrerà aver commesso alcun errore. Poi

[73] Così nel manoscritto (foglio 130 v) e nelle relative edizioni. Nell'edizione di Thorn, come in tutte le edizioni precedenti, 10.323.
[74] Quando l'apside massimo è 1179 parti, una parte vale 848 se il raggio del cerchio è 1.000.000.
[75] Cioè, il triangolo rettangolo formato dalla retta congiungente i centri del sole e della terra, dalla tangente dal centro del sole alla superficie terrestre e dal raggio della terra al punto di tangenza.
[76] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. V, cap. 14.

determineremo i diametri medi apparenti del sole mediante le sue distanze medie o, come alcuni fanno, mediante il moto orario apparente del sole, che stimano stia, rispetto al suo diametro, come 5 sta a 66 o come 1 sta a 14 e 1/5. Lo stesso moto orario, infatti, è approssimativamente proporzionale alla sua distanza [del sole].

Capitolo XXII

Del diametro variamente apparente della luna e delle sue parallassi.

La diversità maggiore [nel diametro apparente e nella parallasse] si ha nella luna, in quanto è l'astro più vicino. Essendo infatti la massima distanza della luna dalla terra di 65 e 1/2 [raggi terrestri] nel plenilunio e nel novilunio, la distanza minima, per le dimostrazioni precedenti [77], sarà di 55 e 8/60 [raggi terrestri], mentre la massima elongazione nei quarti sarà di 68 e 21/60 [raggi terrestri] e la minima di 52 e 17/60 [raggi terrestri]. Avremo pertanto in questi quattro valori le parallassi della luna calante e crescente, dividendo il raggio del circolo per le distanze della luna dalla terra: la parallasse della mezza luna più lontana è di 50′ 18″, quella della luna piena o nuova più lontana è di 52′ 24″; la parallasse nel novilunio o plenilunio più vicino è di 62° 21′, e quella della quadratura più vicina di 65′ 45″.

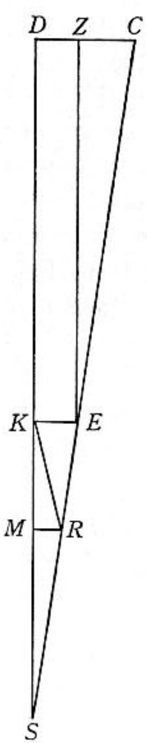
Da ciò risultano anche i diametri apparenti della luna; si è mostrato infatti che il diametro della terra sta a quello della luna come 7 sta a 2, e il raggio terrestre sta rispetto al diametro lunare come 7 sta a 4; nel quale rapporto sono anche le parallassi rispetto ai diametri apparenti della luna, poiché le linee rette, che comprendono gli angoli delle parallassi maggiori e dei diametri apparenti nello stesso passaggio della luna, per nulla differiscono fra loro, e gli angoli stessi sono quasi proporzionali alle corde che li sottendono; e non

[77] Cfr. il cap. 17 di questo libro.

è percepibile dai sensi la loro differenza. Da tutto ciò è evidente che, nel primo limite delle parallassi sopra esposte, il diametro apparente della luna risulta di 28′ e 3/4; nel secondo, di 30′ circa; nel terzo, di 35′ 38″; nel quarto, di 37′ 34″. Questo sarebbe stato, secondo l'ipotesi di Tolomeo e di altri, di circa 1°, e sarebbe dovuto accadere che la luna, splendendo in tale fase solo a metà, arrecasse tanta luce alla terra, come quando è piena.

Capitolo XXIII

Come si misura la diversità dell'ombra della terra.



Abbiamo anche già asserito[78] che il diametro dell'ombra sta a quello della luna come 403 sta a 150; pertanto a luna piena e nuova, quando il sole è all'apogeo, si trova un diametro minimo dell'ombra di 80′ 36″ e uno massimo invece di 95′ 44″, con una differenza massima di 14′ 8″. Inoltre, l'ombra della terra, sebbene nello stesso passaggio della luna, varia anche a causa della non uniforme distanza della terra dal sole; e nel modo seguente. Si tracci di nuovo, infatti, come nella figura precedente, la linea retta *DKS* per i centri del sole e della terra, e la retta *CES* di tangenza; e si unisca *D* con *C*, *K* con *E*. Come si è dimostrato, quando la distanza *DK* è di 1179 parti secondo la misura per cui *KE* [il raggio della terra] è l'unità, e *KM* è 62 delle stesse parti, allora il semidiametro dell'ombra, espresso in sessantesimi del raggio terrestre, è 46 e 1/60 e, congiungendo *K* con *R*, l'angolo di vista del semidiametro apparente risulta di 42′ 32″, mentre l'asse *KMS* dell'ombra è 265 raggi terrestri.

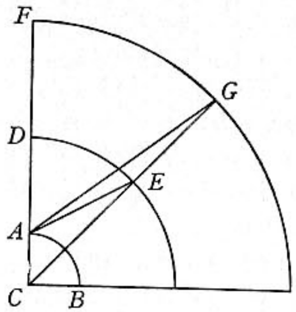
[78] Cfr. il cap. 19 di questo libro.

Quando poi la terra è massimamente vicina al sole, cosicché *DK* è 1105 raggi terrestri, valuteremo nel seguente modo l'ombra della terra allo stesso passaggio della luna. Si tracci infatti la linea *EZ* parallela a *DK*: saranno in proporzione i rapporti di *CZ* a *ZE* e di *EK* a *KS*; ma *CZ* è 4 e 27/60 e *ZE* 1105 raggi terrestri, poiché, formando un parallelogramma, *ZE* è eguale a *DK* e *DZ* è eguale a *KE*. *KS* sarà quindi di 248 e 19/60 raggi terrestri. Ma *KM* era pari a 62 raggi terrestri, e qundi, per sottrazione, *MS* sarà 186 e 19/60 raggi terrestri. Poiché, poi, sono anche in proporzione i rapporti di *SM* a *MR* e di *SK* a *KE*, si ha quindi che *MR*, espresso in sessantesimi del raggio terrestre, è 45 e 1/60, e che l'angolo di vista, *MKR*, del semidiametro apparente è 41′ 35″. E pertanto capita che nello stesso posto di passaggio della luna, a seconda dell'avvicinamento e dell'allontanamento del sole e della terra, vi sia nel diametro dell'ombra una differenza massima di un sessantesimo del raggio terrestre e, per l'angolo in cui si vede il semidiametro apparente, una differenza di 57″, secondo la misura per cui quattro angoli retti sono 360°. Inoltre, nel primo caso, il diametro dell'ombra stava al diametro della luna in un rapporto maggiore di quello di 13 a 5; nel secondo caso, invece, sta in un rapporto minore [di quello di 13 a 5], essendo all'incirca il rapporto di 13 a 5 una specie di loro rapporto medio. Pertanto, commetteremo soltanto un piccolo errore se ci serviremo in ogni caso del medesimo rapporto, risparmiando fatica e seguendo l'opinione degli antichi.

Capitolo XXIV

Spiegazione della tavola delle parallassi particolari del sole e della luna nel circolo che passa per i poli dell'orizzonte.

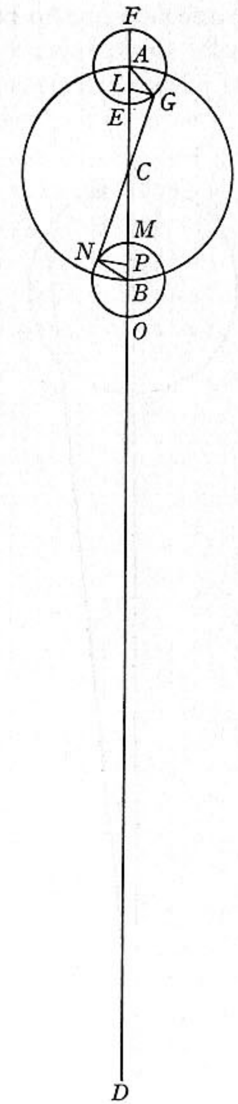
Non sarà ora difficile determinare anche le singole parallassi del sole e della luna. Si tracci infatti di nuovo il circolo terrestre *AB*, che abbia come centro *C*, e per il vertice dell'orizzonte [zenith]. Sullo stesso piano si tracci il circolo della luna, *DE*, quello del sole, *FG*, e la linea *CDF* per il vertice dell'orizzonte. Sia *CEG* la linea su cui si suppongono essere i luoghi veri del sole e della luna; e si congiungano anche i punti *G* ed *E* con *A*, il punto di vista [dell'osservatore]. Le parallassi sono quindi misurate: per il sole dall'angolo *AGC*, per la luna dall'angolo *AEC*. La parallasse che c'è anche fra il sole e la luna è misurata dall'angolo *GAE*, che è determinato dalla differenza fra gli angoli *AGC* e *AEC*.



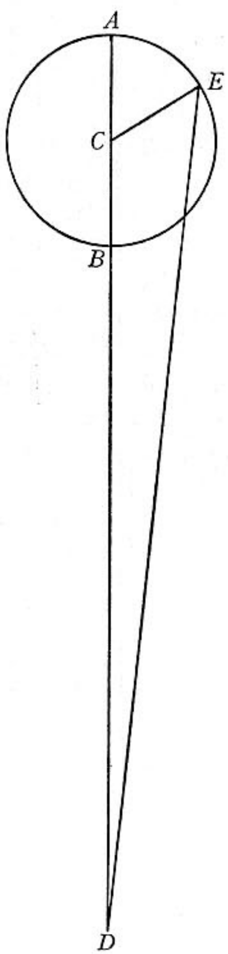
Prendiamo ora l'angolo *ACG* con cui vorremo comparare quegli angoli. E sia ad esempio di 30°: è evidente per le dimostrazioni sui triangoli piani che, avendo posto la linea *CG* di 1142 parti di cui *AC* ne misura una, l'angolo *AGC*, di cui l'altezza reale del sole differisce da quella apparente, è di 1′ 30″. Se poi l'angolo *ACG* fosse di 60°, *AGC* sarebbe di 2′ 36″. Le cose vanno similmente anche per i rimanenti angoli. E anche riguardo alla luna, nei suoi quattro limiti. Poiché se alla massima distanza di essa dalla terra, in cui *CE* fosse, come si è detto, 68 e 21/60 di quelle parti di cui *CA* ne misura una, prendessimo l'angolo *DCE*, o l'arco *DE*, di 30°, essendo 360° pari a 4 retti, avremmo il triangolo *ACE*, in cui sono dati due lati *AC*, *CE* con l'angolo *ACE*; da tali dati ricaveremo l'angolo di parallasse *AEC* di 25′ 28″. E se *CE* fosse pari a 65 parti e mezza, l'angolo *AEC* sarebbe di 26′ 36″. Similmente, nel terzo luogo, essendo *CE* parti 55 e 8/60, sarà l'angolo di parallasse *AEC* di 31′ 42″. Infine, alla distanza minima, quando *CE* è di parti 52 e 17/60, l'angolo *AEC* sarà di 33′ 27″. Ancora, se si prende l'arco *DE* di 60° di circolo, nello stesso ordine le parallassi saranno: la prima di 43′ 55″, la seconda di 45′ 51″, la terza di 54′ 30″, la quarta di 57′ 30″. Scriveremo tutti questi dati in ordine nella tavola allegata, che per maggiore facilità stenderemo, sul modello delle altre, in una serie di 30 righe, ma procedendo di sei gradi in sei gradi, con cui si comprende

il numero doppio degli archi a partire dal vertice dell'orizzonte sino al massimo di 90°.

Abbiamo ripartito tale tavola in nove colonne. E infatti, nella prima e nella seconda vi saranno i numeri comuni del circolo. Nella terza porremo le parallassi del sole. Poi vi saranno le parallassi lunari: in quarta colonna le differenze per cui le parallassi minime, che avvengono nelle quadrature e all'apogeo della luna, sono minori delle parallassi seguenti [nella quinta colonna], che avvengono a luna piena e nuova. La sesta colonna conterrà quelle parallassi che produce nel perigeo la luna piena o nuova. E i minuti che seguono [nella settima colonna] sono le differenze con cui le parallassi, che avvengono nelle quadrature e alla massima vicinanza della luna a noi, superano quelle della sesta colonna. Quindi, le altre due colonne che restano sono riservate ai minuti proporzionali, con cui le parallassi fra questi 4 limiti si potranno calcolare.



Parallassi, che anche dimostreremo; e anzitutto, nel modo seguente, quelle che sono intorno all'apogeo e tra i due primi limiti. Sia dunque il circolo *AB* l'epiciclo primo della luna, il cui centro sia *C*; e preso *D* come centro della terra, si conduca la linea retta *DBCA*, e, fatto centro nell'apogeo *A*, si tracci l'epiciclo secondo *EFG*. Si prenda quindi un arco *EG* di 60° e si traccino *AG*, *CG*. Poiché precedentemente si è mostrato che la retta *CE* misura 5 e 11/60 di quelle parti di cui il raggio terrestre è una, mentre *DC* ne misura 60 e 18/60 ed *EF* 2 e 51/60, risulta quindi che nel triangolo *ACG* sono dati i lati *GA* di parti 1 e 25/60, *AC* di parti 6 e 36/60, con l'angolo fra essi compreso *CAG*. Quindi, per le dimostrazioni sui triangoli piani, il terzo lato *CG* sarà nella stessa misura di 6 parti e 7/60. Quindi tutta la linea *DCG* estesa in linea retta, o la retta *DCL* ad essa uguale, sarà di parti 66 e 25/60. Ma *DCE* era di parti 65 e 30/60. Resta dunque l'eccesso *EL* di sessantesimi 55 e mezzo circa. E secondo questo rapporto, essendo *DCE* 60 parti, *EF* sarà nella stessa misura 2 parti e 37/60 ed *EL* 46/60. Pertanto, se *EF* sarà di 60/60, l'eccesso *EL* sarà di 18/60 circa. Segneremo questi dati nella tavola alla settima colonna, sulla linea dei 60°.



Condurremo una dimostrazione simile riguardo al perigeo *B*; facendo centro nel quale si disegni nuovamente l'epiciclo secondo *MNO*, con l'angolo *MBN* di 60°. Sarà infatti il triangolo *BCN*, come prima, di lati dati e di angoli dati, e similmente l'eccesso *MP* sarà di sessantesimi 55 e 1/2 circa, l'unità essendo il raggio terrestre. Ma poiché è *DBM*, nella stessa misura, di parti 55 e 8/60, se la si stabilisce di 60 parti, sarebbe *MBO*, in quella misura, di parti 3 e 7/60 e l'eccesso *MP* di 55/60. Orbene, 3 parti e 8/60 stanno a 55/60 come 60 sta a 18 circa, e così via come prima; differiscono tuttavia di pochi secondi. In tal modo procederemo anche con gli altri dati, con cui riempiremo l'ottava colonna della tavola. Che, se ci servissimo di quei valori che in loro luogo sono stati esposti nella tavola delle prostaferesi, non faremmo errore alcuno; essi sono infatti quasi uguali, e si tratta di differenze minime.

Restano ancora le parti proporzionali, che sono relative ai limiti medi, cioè fra il secondo limite e il terzo. Si tracci ora l'epiciclo primo *AB* nel caso della luna piena o nuova; il suo centro sia *C*; si prenda *D* centro della terra, e si tracci la linea retta *DBCA*. Si prenda anche, a partire dall'apogeo *A*, un arco, ad esempio *AE*, di 60°, e si traccino *DE*, *CE*; avremo infatti il triangolo *DCE*, di cui sono dati due lati *CD* di 60 e 19/60, e *CE* di 5 e 11/60 [raggi terrestri]. Anche l'angolo interno *DCE* risulta da due retti meno *ACE*. Sarà quindi, per le dimostrazioni fatte sui triangoli, il lato *DE* di 63 e 4/60 nella stessa misura [cioè, raggi terrestri]. Ma tutta la linea *DBA* era di 65 e 1/2 [raggi terrestri] e supera *DE* di 2 e 27/60 [79] [raggi terrestri]. Come poi *AB*, cioè 10 e 22/60, sta a 2 e 28/60, così 60 sta a 14; valore che si scrive nella tavola [alla nona colonna] sulla riga dei 60°. Sulla base di questo esempio abbiamo determinato gli altri valori e completato la tavola che segue. E abbiamo aggiunto un'altra tavola dei semidiametri del sole, della luna e dell'ombra della terra, in modo da averli il più possibile evidenti.

[79] Così nel manoscritto (foglio 133 v) e nelle relative edizioni. L'edizione di Thorn corregge in 2 e 26/60; e tale valore ripete anche nella riga seguente, al posto di 2 e 28/60, che compare nel manoscritto.

TAVOLA DELLE PARALLASSI DEL SOLE E DELLA LUNA

Numeri comuni		Parallassi del sole		Differenza (da sottrarre) tra il primo e il secondo limite della luna		Parallasse della luna al secondo limite		Parallasse della luna al terzo limite		Differenza (da aggiungere) tra il terzo e il quarto limite		Minuti proporzionali dell'epiciclo minore	Minuti proporzionali dell'epiciclo maggiore
Gradi	Gradi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti	Minuti
6	354	0	10	0	7	2	46	3	18	0	12	0	0
12	348	0	19	0	14	5	33	6	36	0	23	1	0
18	342	0	29	0	21	8	19	9	53	0	34	3	1
24	336	0	38	0	28	11	4	13	10	0	45	4	2
30	330	0	47	0	35	13	49	16	26	0	56	5	3
36	324	0	56	0	42	16	32	19	40	1	6	7	5
42	318	1	5	0	48	19	5	22	47	1	16	10	7
48	312	1	13	0	55	21	39	25	47	1	26	12	9
54	306	1	22	1	1	24	9	28	49	1	35	15	12
60	300	1	31	1	8	26	36	31	42	1	45	18	14
66	294	1	39	1	14	28	57	34	31	1	54	21	17
72	288	1	46	1	19	31	14	37	14	2	3	24	20
78	282	1	53	1	24	33	25	39	50	2	11	27	23
84	276	2	0	1	29	35	31	42	19	2	19	30	26
90	270	2	7	1	34	37	31	44	40	2	26	34	29
96	264	2	13	1	39	39	24	46	54	2	33	37	32
102	258	2	20	1	44	41	10	49	0	2	40	39	35
108	252	2	26	1	48	42	50	50	59	2	46	42	38
114	246	2	31	1	52	44	24	52	49	2	53	45	41
120	240	2	36	1	56	45	51	54	30	3	0	47	44
126	234	2	40	2	0	47	8	56	2	3	6	49	47
132	228	2	44	2	2	48	15	57	23	3	11	51	49
138	222	2	49	2	3	49	15	58	36	3	14	53	52
144	216	2	52	2	4	50	10	59	39	3	17	55	54
150	210	2	54	2	4	50	55	60	31	3	20	57	56
156	204	2	56	2	5	51	29	61	12	3	22	58	57
162	198	2	58	2	5	51	56	61	47	3	23	59	58
168	192	2	59	2	6	52	13	62	9	3	23	59	59
174	186	3	0	2	6	52	22	62	19	3	24	60	60
180	180	3	0	2	6	52	24	62	21	3	24	60	60

TAVOLA DEI SEMIDIAMETRI DEL SOLE, DELLA LUNA E DELL'OMBRA [80]

Numeri comuni		Semi-diametro del sole		Semi-diametro della luna		Semi-diametro dell'ombra (nel manos.)		Semi-diametro dell'ombra (nelle ediz.)		(Ms) Variazione dell'ombra	(Ed.) Variazione dell'ombra
Gradi	Gradi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti primi	Minuti secondi	Minuti	Minuti
6	354	15	50	15	0	39	30	40	18	0	0
12	348	15	50	15	1	39	32	40	21	0	0
18	342	15	51	15	3	39	37	40	26	1	1
24	336	15	52	15	6	39	48	40	34	2	2
30	330	15	53	15	9	39	52	40	42	3	3
36	324	15	55	15	14	40	7	40	56	4	4
42	318	15	57	15	19	40	23	41	10	6	6
48	312	16	0	15	25	40	40	41	26	8	9
54	306	16	3	15	32	40	58	41	44	10	11
60	300	16	6	15	39	41	16	42	2	12	14
66	294	16	9	15	47	41	36	42	24	14	16
72	288	16	12	15	56	41	58	42	40	17	19
78	282	16	15	16	5	42	21	43	13	19	22
84	276	16	19	16	13	42	43	43	34	22	25
90	270	16	22	16	22	43	5	43	58	24	27
96	264	16	26	16	30	43	27	44	20	27	31
102	258	16	29	16	39	43	50	44	44	29	33
108	252	16	32	16	47	44	12	45	6	32	36
114	246	16	36	16	55	44	34	45	20	34	39
120	240	16	39	17	4	44	56	45	52	37	42
126	234	16	42	17	12	45	16	46	13	39	45
132	228	16	45	17	19	45	36	46	32	41	47
138	222	16	48	17	26	45	54	46	51	43	49
144	216	16	50	17	32	46	10	47	7	45	51
150	210	16	53	17	38	46	24	47	23	47	53
156	204	16	54	17	41	46	33	47	31	48	54
162	198	16	55	17	44	46	41	47	39	48	55
168	192	16	56	17	46	46	48	47	44	49	56
174	186	16	57	17	48	46	53	47	49	49	56
180	180	16	57	17	49	46	55	47	52	50	57

[80] I valori del semidiametro dell'ombra e della variazione dell'ombra segnati sul manoscritto (foglio 134 v) sono assai diversi da quelli riportati nelle edizioni. Ecco perché (come nelle edizioni di Thorn e di Monaco) riportiamo entrambi i valori in colonne affiancate.

Capitolo XXV

Calcolo della parallasse del sole e della luna.

Esporremo anche brevemente il modo di calcolare le parallassi del sole e della luna mediante la tavola. Attraverso la distanza doppia del sole o della luna dal vertice dell'orizzonte [dallo zenith] prenderemo nella tavola le parallassi corrispondenti, ma per il sole semplicemente, per la luna, invece, ai suoi 4 limiti. E attraverso il doppio moto della luna, ossia la sua doppia distanza dal sole, prenderemo il valore corrispondente nella colonna dei primi minuti proporzionali. Questo valore [81] sta a 60 come la correzione cercata sta alla differenza tra il primo e il secondo o tra il terzo e il quarto limite; con tali proporzioni risultano le due correzioni cercate: la prima di esse la sottrarremo sempre dalla parallasse immediatamente seguente del secondo limite, mentre la seconda l'aggiungeremo sempre alla parallasse immediatamente precedente del terzo limite. Ed avremo così entrambe le parallassi lunari rettificate, quella nell'apogeo e quella nel perigeo, che l'epiciclo minore aumenta o diminuisce. Di poi, attraverso l'anomalia lunare, prenderemo il valore corrispondente nella colonna degli ultimi minuti proporzionali. Questo valore sta a 60 come la correzione cercata sta alla differenza delle due parallassi lunari appena trovate. Di qui risulta la correzione che aggiungeremo sempre alla prima parallasse rettificata, quella che si ha nell'apogeo; mentre la sottrarremo sempre dalla seconda parallasse rettificata, quella che si ha nel perigeo. Così si ha la parallasse cercata della luna secondo il luogo e secondo il tempo, come nell'esempio seguente.

Sia di 54° la distanza della luna dal vertice [zenith], il moto medio della luna 15°, l'anomalia resa uniforme 100°. Con questi dati voglio trovare, mediante la tavola, la parallasse lunare.

[81] Il testo è molto sintetico e nella traduzione ho cercato di rendere più esplicito il significato. La traduzione letterale suonerebbe: « per mezzo dei minuti proporzionali prenderemo le parti proporzionali a 60 di entrambe le differenze del primo e dell'ultimo termine, parti che toglieremo sempre dalla parallasse che immediatamente segue e le ultime le aggiungeremo sempre a quella che è nel penultimo limite ».

Raddoppio la distanza, e sono 108°, a cui nella tavola corrispondono: una differenza tra il primo e il secondo limite di 1′ 48″, una parallasse al secondo limite di 42′ 50″, una parallasse al terzo limite di 50′ 49″, e una differenza tra il terzo e il quarto limite di 2′ 46″, dati che annoterò separatamente.

Raddoppiando il moto della luna si hanno 30°; con questo valore trovo 5 nella colonna dei primi minuti proporzionali. Ora, 5 sta a 60 come la correzione cercata sta alla differenza (nel nostro caso 1′ 48″) tra le parallassi del primo e del secondo limite. Così la correzione cercata risulta di 9″, che tolgo dai 42′ 50″ della parallasse al secondo limite, e restano 42′ 31″ [82]. Procedendo similmente e movendo dalla differenza tra le parallassi del terzo e quarto limite, che era di 2′ 46″, si ha una parte proporzionale di 14″ che aggiungo alla parallasse di 50′ 49″ del terzo limite, ed ottengo 51′ 13″. La differenza tra queste parallassi è di 8′ 32″. Dopo di ciò, con i gradi dell'anomalia resa uniforme trovo il valore corrispondente nella colonna degli ultimi minuti proporzionali, valore che è 34; ora, 34 sta a 60 come la correzione da trovare alla differenza tra le due parallassi corrette, cioè 8′ 31″ [83]; ne risulta una correzione di 4′ [84], che aggiungo alla prima parallasse eguagliata [rettificata] ed ottengo 47′ 31″.

E questa è la parallasse cercata nel circolo dell'altezza. Ma [85] poiché qualsiasi altra parallasse della luna differisce tanto poco da quelle che sono proprie della luna piena o nuova, sembrerebbe sufficiente se ci accontentassimo di fermarci ai limiti medi, di cui massimamente abbiamo bisogno

[82] Letteralmente: « con lo stesso trovo minuti proporzionali 5, con cui prendo la parte proporzionale a 60, e sono dalla prima differenza 9″ e li tolgo da 42′ 50″ della parallasse e rimangono 42′ 31″ ». Nel manoscritto (foglio 135 r) e nelle edizioni relative c'è quest'ultimo valore, mentre tutte le altre edizioni danno il valore esatto di 42′ 41″.

[83] Così nel manoscritto (foglio 135 v), e nelle edizioni relative, il quale corregge un precedente 8′ 41″. Ma già nell'edizione di Varsavia il valore del manoscritto è giustamente sostituito da un 8′ 32″.

[84] Così nel manoscritto (foglio 135 v) e nelle edizioni relative. Ma in tutte le altre edizioni 4′ 50″.

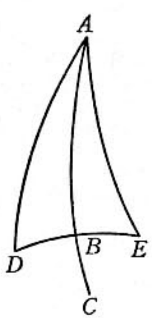
[85] Quest'ultimo brano, che si trova nel manoscritto (foglio 135 v), manca invece nelle edizioni sino a quella di Varsavia inclusa.

per la predizione delle eclissi. Per il resto non si richiede una così grande esattezza, che sarà ritenuta forse soddisfare meno all'utilità che alla curiosità.

Capitolo XXVI

Come si distinguono le parallassi in longitudine e in latitudine.

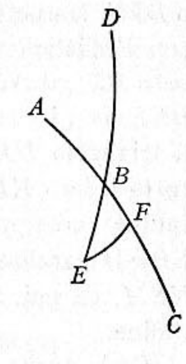
Viene dunque distinta semplicemente la parallasse secondo la longitudine e secondo la latitudine, ossia la parallasse che c'è tra il sole e la luna viene distinta secondo gli archi e gli angoli dei circoli intersecantisi, cioè, dell'eclittica e del cerchio che passa per i poli dell'orizzonte. Poiché è manifesto che quando questo circolo si incontra ad angoli retti con l'eclittica non forma alcuna parallasse di longitudine, ma questa passa tutta in latitudine, essendo lo stesso il circolo della latitudine e quello dell'altezza. Quando capita, invece, che l'eclittica incontra ad angolo retto l'orizzonte e viene a coincidere con il circolo dell'altezza, allora, se la luna non ha latitudine, non ammette altra parallasse che in longitudine; ma se si muove in latitudine, non sfuggirà a qualche parallasse in longitudine. Sia pertanto *ABC* l'eclittica, perpendicolare rispetto all'orizzonte, e sia *A* il polo dell'orizzonte. Il circolo *ABC* sarà dunque lo stesso che il circolo dell'altezza di una luna priva di latitudine. Sia *B* il suo luogo, e tutta la sua parallasse *BC* sarà in longitudine.



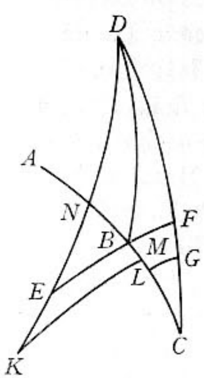
Ma se ha anche una latitudine, tracciato lungo i poli dell'eclittica il circolo *DBE*, preso *DB* o *BE* come latitudine della luna, è evidente che il lato *AD* o *AE* non sarà uguale ad *AB*, né l'angolo in *D* o in *E* sarà retto, non essendo *DA* e *AE* circoli passanti per i poli del circolo *DBE*, e la parallasse parteciperà della latitudine, tanto più quanto la luna sarà più vicina al vertice [zenith]. Infatti, restando la stessa la base *DE* del triangolo *ADE*, i lati *AD*, *AE*

formeranno angoli alla base tanto più acuti quanto più saranno brevi; e, quanto più la luna si allontanerà dal vertice, saranno gli stessi angoli più simili a angoli retti.

Sia ora *DBE* il circolo, inclinato rispetto all'eclittica *ABC*, dell'altezza di una luna non avente latitudine, come nella intersezione eclittica [nodo], che sia *B*; e sia poi *BE* la parallasse nel circolo dell'altezza, e si tracci l'arco *EF* del circolo per i poli dell'eclittica *ABC*. Poiché dunque del triangolo *BEF* è dato l'angolo *EBF*, come si è mostrato prima, e quello in *F* è retto, ed è dato anche il lato *BE*: così, per le dimostrazioni sui triangoli sferici, sono dati i lati rimanenti *FE*, *BF*, che corrispondono alla parallasse *BE* essendo il primo la parallasse in latitudine, il secondo la parallasse in longitudine. Ma poiché *BE*, *EF*, *FB* differiscono di poco e impercettibilmente da segmenti di retta per la loro brevità, non erreremo, se considereremo lo stesso triangolo rettangolo come se fosse rettilineo; e così sarà facile il calcolo.



Più difficile sarà invece se la luna ha una latitudine. Si disegni infatti di nuovo l'eclittica *ABC*, con cui si incontri *DB* il circolo inclinato per i poli dell'orizzonte; e sia *B* la posizione in longitudine della luna, *FB* la latitudine nord, o *BE* quella sud. Dal vertice dell'orizzonte [zenith], che sia *D*, calino sulla luna i circoli dell'altezza *DEK*, *DFC*, su cui siano le parallassi *EK*, *FG*. Saranno infatti le posizioni vere della luna secondo la longitudine e la latitudine nei punti *E* e *F*; quelle osservate [apparenti] invece in *K* e *G*, da cui si traccino perpendicolari all'eclittica *ABC* gli archi *KM*, *LG*. Poiché la longitudine e latitudine della luna si stabiliscono con la latitudine della regione, saranno dunque noti nel triangolo *DEB* i due lati *DB* e *BE*, e l'angolo di intersezione *ABD*, e, con l'aggiunta dell'angolo retto, tutto l'angolo *DBE*;



e quindi sarà dato anche il rimanente lato *DE* con l'angolo *DEB*. Similmente, nel triangolo *DBF*, essendo dati i due lati *DB* e *BF* con l'angolo *DBF*, che è il complementare di *ABD*, è dato anche il lato *DF* con l'angolo *DFB*. Di ambedue gli archi *DE*, *DF*, sono date quindi mediante la tavola le parallassi *EK* e *FG*, e la distanza vera della luna dal vertice è *DE* o *DF*, e, similmente, anche la distanza apparente *DEK* o *DFG*. Ma nel triangolo *EBN*, facendo intersecare l'arco *DE* con l'eclittica nel punto *N*, è dato l'angolo *NEB* con la base *BE*, ed *NBE* è retto; si conosce anche il residuo angolo *BNE*, con i lati residui *BN*, *NE*. Similmente, anche in tutto il triangolo *NKM*, essendo dati gli angoli in *M* e in *N* e tutto il lato *KEN*, risulterà la base *KM*. E questa è la latitudine sud apparente della luna, mentre il suo eccesso su *EB* è la parallasse della latitudine; ed è dato il rimanente lato *NBM*, da cui, tolto *NB*, rimarrà *BM* parallasse della longitudine.

Così, anche nel triangolo *BFC* a nord, essendo dato il lato *BF* con l'angolo *BFC*, ed essendo l'angolo in *B* retto, risultano i lati rimanenti *BLC* e *FGC*, con l'angolo residuo in *C*; e, togliendo *FG* da *FGC*, resta *GC*, che è un lato dato, nel triangolo *GLC*, insieme con l'angolo *LCG* e con l'angolo retto *CLG*: pertanto sono dati anche i lati residui *GL* ed *LC*, e quindi *BL*, che è quello che resta sottraendo *LC* da *BC*, ed è la parallasse in longitudine; e *GL* è la latitudine apparente, la cui parallasse è l'eccesso su di essa della latitudine vera *BF*. In verità, come vedi, è più faticoso che fruttuoso questo calcolo, che riguarda valori minimi. Basterà, infatti, che al posto dell'angolo *DCB* ci serviamo dell'angolo *ABD*, e al posto dell'angolo *DEB* dell'angolo *DBF*, e semplicemente, come prima, al posto degli archi *DE*, *EF*, sempre di quello medio *DB*, trascurando la latitudine lunare: infatti, non comparirà per ciò alcun errore, specialmente nelle regioni del settentrione, ma in quelle molto meridionali dove *B* tocca il vertice dell'orizzonte [lo zenith] con una latitudine massima di 5°, e quando la luna è vicinissima alla terra, la differenza è di quasi 6'. Nelle congiunzioni eclittiche del sole, però, in cui la latitudine della luna non può superare 1/2 grado, la differenza può essere soltanto di 1' e 3/4.

Da ciò è dunque manifesto che nel quadrante orientale dell'eclittica la parallasse in longitudine si aggiunge sempre al luogo vero della luna, e che nell'altro quadrante la si toglie sempre, cosicché abbiamo la longitudine apparente della luna; e abbiamo la latitudine apparente mediante la parallasse della latitudine: poiché se [la latitudine vera e la parallasse] sono nella stessa direzione si sommano insieme, se sono in direzione diversa, la minore la si toglie dalla maggiore, e ciò che resta è la latitudine apparente di quella parte verso cui la maggiore declina.

Capitolo XXVII

Conferma di ciò che è stato esposto a proposito delle parallassi lunari.

Possiamo affermare quindi che le parallassi della luna così esposte sono conformi ai fenomeni, in base a molte altre osservazioni, quale è quella che facemmo a Bologna il settimo giorno prima delle Idi di marzo [il 9 marzo], dopo il tramonto del sole, nell'anno di Cristo 1497 [86]. Considerammo infatti che la luna avrebbe occultato la stella brillante delle Iadi, che i Romani chiamano Palilicio [87], e, aspettandoci ciò, vedemmo la stella collocata nella parte scura del corpo lunare, e che poi si nascondeva fra i corni della luna nell'ora quinta di notte, più vicina però al corno meridionale di quasi 1/3 della larghezza o diametro della luna. E poiché la stella,

[86] È questa la celebre prima osservazione fatta da Copernico in Italia e da lui tramandataci; Copernico era già da qualche mese in Italia per i suoi studi di diritto e collaborava – più assistente che allievo, come dice Retico nella *Narratio prima* – con l'astronomo Domenico Maria Novara. Con questa osservazione Copernico ha la prova che la teoria lunare di Tolomeo non è confermata dai fenomeni. Cfr. le note 13 e 65 alla traduzione della *Narratio prima*.

[87] È la stella α del Toro, cioè Aldebaran. Sulla denominazione usata da Copernico, cfr. le note 55 e 56 alla traduzione del libro II. Si veda anche la nota 335, p. 47 della trad. cit. del Menzzer.

secondo il calcolo, era a 2° 52′ dei Gemelli, con la latitudine sud di 5° 1/6, era evidente che il centro della luna secondo l'apparenza precedeva [era a ovest della] la stella di metà diametro, e quindi che la sua posizione apparente era in longitudine di 2° 36′ e in latitudine di 5° 6′ circa.

Pertanto, dal principio degli anni di Cristo erano passati 1497 anni egiziani, 76 giorni, 23 ore a Bologna, mentre a Cracovia che è più ad est di circa 9°, erano 23 ore 36′, a cui il tempo uniforme aggiunge 4′; era infatti il sole a 28° 30′ dei Pesci, e quindi il moto uniforme della luna dal sole era di 74°, l'anomalia resa uniforme di 111° 10′, la posizione vera della luna a 3° 24′ dei Gemelli, la latitudine sud di 4° 35′. Infatti il moto vero di latitudine era di 203° 41′. In quel momento anche a Bologna ascendeva il ventiseiesimo grado dello Scorpione, con un angolo di 59° 30′, e la luna era a 84° [88] dal vertice dell'orizzonte [dallo zenith], e l'angolo di intersezione dei circoli dell'altezza e dell'eclittica era di circa 29°, la parallasse della luna in longitudine di 1° 51′, in latitudine di 30′: tutti dati che corrispondono bene all'osservazione, di modo che non vi è ragione che alcuno dubiti che le nostre ipotesi e le loro conseguenze non siano corrette.

Capitolo XXVIII

Sulle congiunzioni ed opposizioni medie del sole e della luna.

Da ciò che fino ad ora è stato detto del moto della luna e del sole, risulta il metodo di investigare le loro congiunzioni e opposizioni. Infatti, rispetto al tempo prossimo in cui riterremo che abbia luogo un'opposizione o una congiunzione, cercheremo il moto uniforme della luna, e se troveremo che questo ha già completato un circolo, sappiamo che c'è una piena congiunzione in un semicircolo. Ma mostrandosi ciò

[88] Così nel manoscritto (foglio 137 v) e nelle relative edizioni. L'edizione di Thorn corregge in 83°.

piuttosto raramente, bisogna considerare la distanza fra di essi [del sole e della luna], dividendo la quale per il moto diurno della luna, sapremo di quanto tempo l'uno [dei due astri] abbia preceduto o seguirà l'altro, a seconda che il movimento risulta maggiore o minore. Rispetto a questo tempo, dunque, cercheremo i moti e le posizioni, da cui calcoleremo i noviluni e i pleniluni veri, e distingueremo le loro congiunzioni eclittiche dalle altre, come indicheremo di seguito. Quando si sia stabilito ciò una volta, si potrà estenderlo a qualsiasi altro mese e proseguire per alquanti anni, mediante una tavola, che contenga i tempi dei dodici mesi e i moti uniformi dell'anomalia del sole e della luna e della latitudine della luna, congiungendoli uno per uno a quelli prima trovati anche uniformi. Ma aggiungeremo l'anomalia del sole a quella vera, per averla subito uniforme; infatti, né in uno né in alcuni anni si avverte la sua variazione per la lentezza della sua causa, cioè dell'apside superiore.

TAVOLA DELLA CONGIUNZIONE E OPPOSIZIONE DEL SOLE E DELLA LUNA

	Tempi [89]					Moto dell'anomalia lunare [89]					Moto in latitudine della luna [89]				
Mesi	Giorni	Min. primi di giorno	Min. secondi	Min. terzi Ms.	Min. terzi Ediz.	Sess.	Gradi	Min. primi	Min. secondi Ms.	Min. secondi Ediz.	Sess.	Gradi	Min. primi	Min. secondi Ms.	Min. secondi Ediz.
1	29	31	50	8	9	0	25	49	0	0	0	30	40	13	14
2	59	3	40	16	18	0	51	38	0	0	1	1	20	27	28
3	88	35	30	24	27	1	17	27	0	1	1	32	0	41	42
4	118	7	20	32	36	1	43	16	0	1	2	2	40	55	56
5	147	39	10	40	45	2	9	5	0	2	2	33	21	9	10
6	177	11	0	48	54	2	34	54	0	2	3	4	1	23	24
7	206	42	50	57	3	3	0	43	0	2	3	34	41	36	38
8	236	14	41	5	12	3	26	32	0	3	4	5	21	50	52
9	265	46	31	13	21	3	52	21	0	3	4	36	2	4	6
10	295	18	21	21	30	4	18	10	0	3	5	6	42	18	20
11	324	50	11	29	39	4	43	59	0	4	5	37	22	32	34
12	354	22	1	37	48	5	9	48	0	4	0	8	2	46	48
PER UN MEZZO MESE TRA PLENILUNIO E NOVILUNIO															
	14	45	55	4	4½	3	12	54	30	30	3	15	20	6	7

MOTO DELL'ANOMALIA SOLARE

Mesi	Sess.	Gradi	Min. primi	Min. secondi Ms.	Min. secondi Ediz.	Mesi	Sess.	Gradi	Min. primi	Min. secondi Ms.	Min. secondi Ediz.
1	0	29	6	18	18	7	3	23	44	6	7
2	0	58	12	36	36	8	3	52	50	24	25
3	1	27	18	54	54	9	4	21	56	42	43
4	1	56	25	12	12	10	4	51	3	0	1
5	2	25	31	30	31	11	5	20	9	19	20
6	2	54	37	48	49	12	5	49	15	37	38
PER UN MEZZO MESE											
						½	0	14	33	9	9

[89] Poiché vi è differenza tra manoscritto ed edizioni per ciò che concerne i valori dei minuti terzi di giorno nei tempi, e dei minuti secondi per i moti sia dell'anomalia e latitudine lunare sia dell'anomalia solare, si sono qui dati i suddetti valori del manoscritto e delle edizioni in colonne affiancate, seguendo le edizioni di Thorn e di Monaco.

Capitolo XXIX

Esame delle congiunzioni e opposizioni vere del sole e della luna.

Avendo trovato, come si è detto, il tempo della congiunzione media o dell'opposizione media di questi astri con i loro moti, è necessaria, per trovare quelle vere [congiunzioni o opposizioni], la loro distanza vera, con cui essi si precedono o si seguono a vicenda. Infatti, se la luna precede [è a ovest] nella opposizione o nella congiunzione [media] con il sole, è chiaro che quella vera sarà nel futuro se il sole ha già superato quella vera che cerchiamo. Questo è reso evidente dalle prostaferesi di entrambi. Poiché, se fossero nulle o uguali, e della stessa natura, come ad esempio ambedue aggiuntive o sottrattive, è chiaro che nello stesso istante coincidono le congiunzioni o opposizioni vere con quelle medie. Se invece sono ineguali, la differenza stessa indica la loro distanza, e che precede o segue quell'astro il cui eccesso è aggiuntivo o sottrattivo. Ma quando siano in parti diverse [del circolo], tanto più precederà quell'astro, la cui prostaferesi sia sottrattiva, e le prostaferesi unite insieme danno la loro distanza.

Sulla sua base, giudichiamo in quante ore intere possa essere percorsa dalla luna prendendo, per ogni grado della distanza, 2 ore. Ad esempio, se nella distanza ci furono circa 6°, assumeremo rispetto ad essi 12 ore. Rispetto a questo intervallo di tempo così stabilito, cercheremo quindi l'allontanamento vero della luna dal sole, cosa che faremo facilmente, in quanto che sappiamo che il moto medio della luna è di 1° 1′ in 2 ore, e che il moto orario e vero di anomalia, invece, in vicinanza della luna piena e nuova è di circa 50′; il che fa in 6 ore un moto uniforme di 3° 3′, e un moto vero di anomalia di 5°; con questi valori, nella tavola delle prostaferesi lunari, cercheremo la differenza fra le prostaferesi, che aggiungeremo al moto medio, se l'anomalia è nella parte inferiore del circolo, o sottrarremo ad esso se l'anomalia è in quella superiore. E tale somma o differenza è il moto reale della luna nelle ore prese in considerazione. Questo moto quindi, se sarà uguale alla distanza che c'era prima, è sufficiente. Altrimenti, moltiplicheremo la distanza per il numero stabilito delle ore e divideremo il risultato per questo moto, oppure divideremo la semplice distanza per il moto orario vero stabilito: risulterà infatti la differenza vera in ore e minuti fra la congiunzione o opposizione media e quella vera. Aggiungeremo questa differenza al tempo della congiunzione o opposizione media, se la luna precede il [è a ovest del] sole, o la posizione del sole è diametralmente opposta, o la toglieremo se la luna segue [è a est del] il sole: e avremo il tempo della congiunzione o opposizione reale. Sebbene ammettiamo che anche la ineguaglianza del sole aggiunge o toglie qualcosa, ma tale che può essere a buon diritto trascurato, dal momento che in tutto il tratto e alla massima elongazione, che supera i 7°, non arriva a un minuto; e questo metodo di determinare le lunazioni è più sicuro [di ogni altro]. Coloro infatti che si basano soltanto sul moto orario della luna, che chiamano eccesso [*superatio*] orario, sbagliano a volte, e sono costretti più spesso a ripetere il calcolo. La luna [il moto della luna] è infatti mutevole anche di ora in ora, e non resta uniforme. Elaboreremo pertanto per il tempo della congiunzione o opposizione vera della luna il moto vero in latitudine, per conoscere la latitudine della luna e il luogo vero del sole, a partire dall'equinozio di primavera nell'eclittica; e mediante questo si apprende anche se il luogo della luna è in congiunzione o in opposizione. E poiché siffatto tempo è inteso come medio e uniforme rispetto al meridiano di Cracovia, lo ridurremo nel modo sopra riferito al tempo apparente. Se vorremo poi stabilire questi fatti rispetto a qualsiasi altro luogo diverso da Cracovia, considereremo la sua longitudine, e per i singoli gradi della sua longitudine prenderemo 4 minuti di ora, per ogni minuto primo della longitudine 4 secondi di ora, che aggiungeremo al tempo di Cracovia se l'altro luogo è più orientale, e toglieremo se è più occidentale; e la somma o differenza ottenuta sarà il tempo della congiunzione o dell'opposizione del sole e della luna.

Capitolo XXX

In qual modo le congiunzioni e opposizioni eclittiche del sole e della luna si distinguano dalle altre.

Ma se le congiunzioni o opposizioni siano o no eclittiche [cioè, connesse con eclissi] per la luna si comprende invero facilmente, poiché, se la sua latitudine è minore [della somma] di metà dei diametri della luna e dell'ombra, la luna subirà eclissi, se maggiore non la subirà. Ma è più difficile la questione nel caso del sole, poiché interferisce la parallasse di entrambi, per cui differisce di molto la congiunzione apparente da quella vera. Dopo aver dunque osservato quale sia la parallasse fra il sole e la luna secondo la longitudine al tempo della congiunzione vera, e similmente quale sia un'ora prima la congiunzione reale nel quadrante orientale dell'eclittica, o un'ora dopo nel quadrante occidentale, cercheremo l'allontanamento [distanza] apparente della luna dal sole, per sapere quanto la luna si allontani dal sole in un'ora secondo l'apparenza.

Quindi, dividendo per questo moto orario quella parallasse in longitudine, avremo la differenza di tempo fra la congiunzione vera e quella apparente, differenza che tolta dal tempo della congiunzione vera nella parte orientale dell'eclittica o aggiunta in quella occidentale (infatti, nella parte orientale la congiunzione apparente precede quella vera, in quella orientale la segue), darà il tempo della congiunzione apparente cercata. Quindi calcoleremo, rispetto a questo tempo, la latitudine apparente della luna dal sole, o la distanza dei centri del sole e della luna alla congiunzione apparente, dopo aver tolta la parallasse del sole. Se questa latitudine è maggiore [della somma] della metà dei diametri del sole e della luna, il sole non subirà eclissi; se è minore, la subirà. Da ciò risulta chiaro che se la luna non ha alcuna parallasse in longitudine, al tempo della congiunzione vera, saranno eguali la congiunzione vera e quella apparente; il che capita intorno al novantesimo grado dell'eclittica, misurato da oriente o da occidente.

Capitolo XXXI

Quanto sia grande una eclissi di sole e di luna.

Dopoché, dunque, avremo appreso che il sole o la luna si eclisseranno, facilmente sapremo anche quanto grande sarà la loro eclissi: nel caso del sole, invero, mediante la latitudine apparente che c'è fra il sole e la luna al tempo della congiunzione apparente. Se, infatti, sottraiamo la latitudine dalla [somma della] metà dei diametri del sole e della luna, il resto è ciò che mancherà al sole misurato secondo il diametro. Moltiplicata questa parte eclissata per 12, e diviso il prodotto per il diametro del sole, avremo il numero delle dita eclissate. Ché, se fra il sole e la luna non c'è latitudine, allora tutto il sole si eclisserà, o tanto quanto la luna ne potrà occultare.

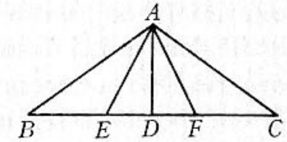
Quasi allo stesso modo [si procede] anche nell'eclissi lunare, solo che, invece della latitudine apparente, ci serviamo di quella semplice; tolta tale latitudine [dalla somma] della metà dei diametri della luna e dell'ombra, il resto è la parte eclissata della luna, purché la latitudine della luna non sia minore [della somma] della metà dei diametri misurati sul diametro della luna: tutta la luna, infatti, allora si eclisserà, e, inoltre, la latitudine minore aggiungerà anche una certa durata all'eclissi, durata che sarà massima allorquando non vi sarà latitudine, cosa che ritengo chiarissima per chi consideri queste cose. Pertanto, nell'eclissi parziale di luna, moltiplicando la parte eclissata per 12, e dividendo il prodotto per il diametro della luna, avremo il numero delle dita eclissate, non altrimenti da come si è detto per il sole.

Capitolo XXXII

Per prevedere quanto durerà l'eclissi.

Resta da vedere quanto tempo abbia a durare l'eclissi. Si deve qui notare che ci serviamo degli archi che occorrono fra il sole, la luna e l'ombra come se fossero linee rette, a causa della loro brevità, per cui sembrano non differire in

nulla dalle rette. Si prenda pertanto il centro del sole o dell'ombra nel punto A, e la linea BC come percorso della sfera della luna; sia B il centro della luna, che sfiora il sole o l'ombra al principio del fenomeno, e sia C il centro alla fine dell'eclissi. Si unisca A con B e con C [90], e si tracci la perpendicolare AD a BC. È chiaro che, quando il centro della luna è in D, sarà la metà dell'eclissi;

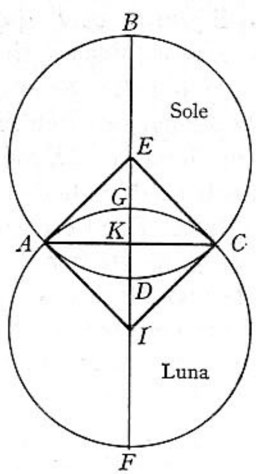


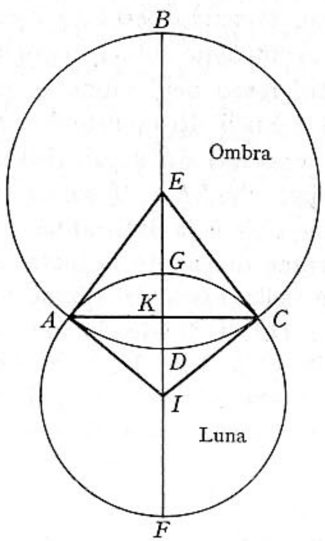
è infatti AD più breve delle altre linee discendenti da A, e BD è uguale a DC, poiché AB, AC sono uguali, risultando entrambi eguali alla metà [della somma] dei diametri del sole e della luna in un'eclissi solare, e della luna e dell'ombra in un'eclissi lunare; e AD è la latitudine vera o apparente della luna a metà eclissi. Sottraendo il quadrato di AD dal quadrato di AB, resta quello di BD: sarà data dunque in lunghezza BD. Dividendo BD per il moto orario vero della luna durante la sua eclissi, o per quello apparente nell'eclissi solare, avremo il tempo di metà durata. Ma la luna spesso indugia a metà eclissi, il che succede quando la metà della somma dei diametri della luna e dell'ombra supera la latitudine della luna di una quantità maggiore del suo diametro (come già abbiamo detto). Ponendo pertanto il centro della luna in E all'inizio dell'oscurazione totale, quando la luna tocca dall'interno la circonferenza dell'ombra, e ponendo il centro in F quando la luna è nell'altro punto di contatto, dove comincia a riemergere, tracciati AE e AF, risulterà evidente, nello stesso modo di prima, che ED e DF sono metà della permanenza nell'eclissi, perché AD è la latitudine nota della luna, e AE od AF misurano di quanto la metà del diametro dell'ombra è maggiore della metà del diametro della luna. Risulterà quindi ED o DF; e dividendo uno di questi segmenti per il moto orario vero della luna, avremo il tempo cercato di metà della sosta. Bisogna tuttavia qui notare che, poiché la luna si muove nel suo deferente, essa non determina archi di

[90] Nel manoscritto (foglio 140 v): «si unisca A con B e B con C». La correzione è apportata anche nelle edizioni degli Zeller e dell'Accad. polacca.

longitudine sull'eclittica del tutto eguali a quelli che determina nel proprio deferente (per mezzo dei circoli che passano per i poli dell'eclittica). Tuttavia, la differenza è assai esigua, così che per l'intera distanza di 12° dalla sezione eclittica [nodo], entro cui è approssimativamente l'estremo limite delle eclissi di sole e di luna, gli archi di quei deferenti non riescono a superarsi l'un l'altro di 2′, che fanno 1/15 di ora. Perciò ci serviamo spesso dell'uno [tipo di arco] al posto dell'altro come se fossero gli stessi. Così anche ci serviamo della medesima latitudine della luna sia ai limiti delle eclissi sia a metà dell'eclissi, sebbene la latitudine della luna sempre cresca o decresca e siano pertanto non del tutto eguali gli intervalli di ingresso nell'eclissi o di uscita da essa; ma la differenza è tanto modesta che sembrerebbe sprecare tempo chi volesse trattare con maggiore esattezza tali cose. In questo modo, dunque, i tempi, le durate e le grandezze delle eclissi sono espresse in rapporto ai diametri.

Ma l'opinione di molti è che bisogna determinare le parti dei corpi che si eclissano non secondo i diametri bensì secondo le superfici, in quanto infatti non si eclissano linee ma superfici. Sia pertanto *ABCD* il circolo del sole o dell'ombra, il





cui centro sia *E*; e sia anche *AFCG* il circolo della luna, il centro del quale sia *I*; tali circoli si intersechino nei punti *A* e *C*. Si tracci per entrambi i centri la retta *BEIF*, e si conducano *AE*, *EC*, *IA*, *IC* e *AKC* perpendicolare a *BF*. Vogliamo da ciò indagare quanto sia grande la superficie eclissata *ADCG* o a quanti pollici [dodicesimi] ammonti di tutto il disco in parte eclissato del sole o della luna. Poiché dunque sono dati i semidiametri *AE* ed *AI* di ambedue i dischi, per quanto detto in precedenza, è data anche la distanza dei centri o latitudine lunare *EI*. Avremo il triangolo *AEI* di lati dati e perciò anche di angoli dati, per le dimostrazioni precedenti; ad esso è simile ed eguale il triangolo *EIC*.

Perciò avremo la misura degli archi *ADC* e *AGC* in quelle parti di cui il circolo ne misura 360. Inoltre, Archimede Siracusano nelle *Misure del circolo* [91] ha mostrato che la circonferenza ha col diametro un rapporto minore di 3 e 1/7 e maggiore di 3 e 10/71. Tra questi valori Tolomeo assunse come medio [92] il rapporto di 3 e 8 sessantesimi e 30 tremilaseicentesimi rispetto ad uno. Con questo rapporto anche gli archi *AGC* e *ADC* risulteranno nella stessa misura in cui erano misurati i loro diametri, ossia *AE* ed *AI*, ed i prodotti di *EA*, *AD* e di *AG*, *IA* saranno eguali rispettivamente ai settori *AEC* ed *AIC*.

Ma nei triangoli isosceli *AEC* ed *AIC* è data anche la base comune *AKC* e le perpendicolari *EK* e *KI*. Quindi è dato anche il prodotto di *AK* e *KE*, che è l'area del triangolo *AEC*, e similmente il prodotto di *AK* e *KI*, che è l'area del triangolo *ACI*. Pertanto, quando ambedue i triangoli siano sottratti dai loro rispettivi settori rimarranno i segmenti circolari *AGC*

[91] Su Archimede cfr. la nota 71 alla traduzione del libro III. L'opera qui citata da Copernico è la *Misura del cerchio* (Κύκλου μέτρησις), l'importante opuscolo in cui Archimede determina per la prima volta il valore di π: «La circonferenza di qualsiasi circolo è il triplo del diametro e lo supera ancora di una qualche parte che è minore della settima parte del diametro, ma maggiore di dieci settantunesimi di esso». Questo opuscolo è forse il sunto di un più ampio trattato che sino ad oggi non è stato reperito: su di esso fornisce preziose notizie l'arabo al-Biruni (973-1048), che forse ne vide una traduzione araba.

[92] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. VI, cap. 7.

e *ACD* [93], dai quali risulta l'intera figura *ADCG* che era cercata. E inoltre è data anche l'area totale del circolo che è contenuto da *BE* e *BAD* nell'eclissi di sole, o di quello che è contenuto da *FI* e *FAG* nell'eclissi di luna. Sarà quindi evidente di quanti pollici [dodicesimi] sia *ADCG* che manca da tutto il circolo del sole o della luna. Basti questo sui moti della luna, che sono stati trattati più diffusamente da altri: ci affrettiamo infatti a trattare i moti di rivoluzione dei rimanenti cinque astri, di cui si parlerà nei libri seguenti.

Fine del libro quinto [94] delle rivoluzioni.

[93] Così nel manoscritto (foglio 141 v) e nelle relative edizioni. L'edizione di Thorn ha *AFC* e *ABC*; le edizioni precedenti *AFC* e *ACD*.

[94] Così nel manoscritto: in realtà va letto « quarto ». Il « quinto » si spiega per il fatto che originariamente Copernico aveva considerato i capitoli XII, XIII e XIV aggiunti alla fine del libro I come il libro secondo. Questa frase non è riprodotta nell'edizione dell'Accad. polacca.

LIBRO QUINTO

[PROEMIO].

Fino ad ora abbiamo trattato, secondo le nostre capacità, i movimenti della terra intorno al sole e della luna intorno alla terra. Ora intraprendiamo l'esame dei moti dei cinque astri erranti, dei quali il moto stesso della terra connette l'ordine e la grandezza delle orbite con mirabile armonia e simmetria sicura, come già abbiamo esaminato sommariamente nel primo libro, quando mostrammo che le sfere deferenti hanno i loro centri non intorno alla terra ma piuttosto intorno al sole. Resta pertanto da dimostrare tutto ciò caso per caso e con maggior evidenza, e da adempiere in modo soddisfacente il nostro compito, per quanto sta in noi, utilizzando soprattutto le osservazioni dei fenomeni, che ci sono state tramandate sia dai tempi antichi sia dai nostri tempi, mediante le quali si ottiene un calcolo più preciso dei moti stessi [1]. Ora questi astri, nel *Timeo* di Platone [2], prendono ciascuno

[1] Nel manoscritto (p. 142 r) seguono alcune righe poi cancellate: « Sulle rivoluzioni di essi e sui moti medi. Cap. I. Poiché i pianeti si muovono in vari modi secondo la longitudine e la latitudine, e le loro irregolarità sono ineguali ed apparenti da entrambe le parti, meritava spiegare i loro moti medi ed eguali, per poter ricavare da essi la differenza dell'ineguaglianza. Ma per trovare l'eguaglianza interessa sapere i tempi di rivoluzione nei quali si ripresenti l'ineguaglianza simile a quella precedente, come abbiamo fatto a proposito del sole e della luna ».

[2] Questa denominazione dei pianeti non può essere ricavata dal *Timeo*, dove sono nominati soltanto Venere e Mercurio. Venere è inoltre chiamata ἑωσφόρος (portatrice dell'alba), mentre Copernico la chiama φωσφόρος (portatrice di luce, in latino « Lucifer »). Nel dialogo *Epinomide*, attribuito a Platone ma di autore incerto, sono nominati tutti i pianeti, ma con i nomi

nome dal proprio aspetto. Saturno è detto « Phaenon », vale a dire luminoso e appariscente; si nasconde infatti meno degli altri e quando è occultato dal sole riappare più rapidamente. Giove, dal suo splendore, « Phaëton »; Marte « Pyrois », per la luce ignea; Venere talvolta φωσφόρος talvolta ἕσπερος, cioè « Lucifero » e « Vespero », secondo che spunti la mattina o la sera. Infine, Mercurio è chiamato « Stilbon » per la luce tremula e scintillante. Questi pianeti si muovono in longitudine e in latitudine con maggiore irregolarità della luna.

Capitolo I

I moti di rivoluzione ed i moti medi dei pianeti.

In tali pianeti appaiono due moti in longitudine assai diversi tra loro. L'uno è dovuto al moto terrestre di cui abbiamo detto. L'altro è proprio di ciascuno di essi. A ragione si volle chiamare il primo moto di commutazione [ossia, la parallasse planetaria], essendo quello che fa apparire in tutti i pianeti le soste, le progressioni e le retrogradazioni, non perché il pianeta, che col suo moto sempre procede in avanti, si

propri degli dèi greci (Ermes, Cronos, Zeus, Ares) tranne Venere che è ancora chiamata ἑωσφόρος, oltre che ἕσπερος. Gli appellativi usati da Copernico (Φαίνων, Φαέθων, Πυρόεις, Φωσφόρος oppure ''Εσπερος, Στίλβων) si ritrovano invece in Cicerone, *De natura deorum*, II, 20; in Plutarco, *De placitis philosophorum*, II, 15; in Marziano Capella, *De nuptiis philosophiae et Mercurii*, VIII, 191 a; e in Apuleio, *De mundo*, II, 292. Il commento dell'edizione dell'Accademia polacca (p. 421) rileva inoltre che tali nomi, usati in periodo ellenistico, si trovano del resto anche nel commento di Calcidio al *Timeo*, che Copernico poté conoscere sin dagli anni dei suoi studi a Cracovia. È evidente che Copernico con la citazione classica e l'elenco aulico di tutti i pianeti del sistema solare intende dare un tono di particolare solennità all'inizio del libro quinto, in cui le conseguenze della sua tesi eliocentrica appaiono più evidenti, tanto da fornire un'immagine del tutto nuova dell'intero sistema solare. Grazie ad essa, infatti, come mostra tutto il libro, risultano non solo spiegati con eleganza e semplicità i fenomeni della retrogradazione e della stazione (apparenti) dei pianeti; ma si rendono soprattutto determinabili le distanze reciproche tra le orbite che non sono più arbitrarie, allo stesso modo come non lo è più la successione dei pianeti. Tali erano invece nell'astronomia geocentrica, in cui erano irrilevanti quelle posizioni e quei moti apparenti dei pianeti rispetto al sole, che soli potevano permettere di stabilire tale successione con sicurezza.

muova effettivamente così, ma perché così sembra muoversi a causa del mutamento (*commutatio*) che arreca il moto della terra, in ragione della differenza e della grandezza delle loro sfere.

È chiaro dunque che le posizioni vere di Saturno, Giove e Marte ci si rendono visibili solo quando essi sorgono al calare del sole, cosa che avviene a circa metà delle retrogradazioni. Sono allora infatti in linea retta con la posizione mediana del sole senza più quella commutazione. Diverso è invece il caso per Venere e Mercurio. Infatti, non sono visibili quando sono in piena luce solare e si mostrano invece soltanto nelle digressioni da un lato e dall'altro che fanno rispetto alla posizione del sole, di modo che non si trovano mai senza commutazione [cioè, parallasse]. È dunque specifica per ciascun pianeta la rivoluzione della commutazione, (cioè il moto della terra rispetto al pianeta) [3], che essi [terra e pianeta] fra di loro esplicano. Infatti null'altro è il moto di commutazione che quello in cui il moto uniforme della terra supera il moto dei pianeti, come per Saturno, Giove, Marte; o ne è superato come per Venere e Mercurio. Poiché in effetti i periodi di queste commutazioni si rivelano manifestamente ineguali, gli antichi ritenevano che i moti stessi degli astri fossero ineguali e che [le loro orbite] avessero degli apsidi, a cui ritornava la loro ineguaglianza e pensavano che essi avessero le loro eterne sedi dentro la sfera delle stelle fisse. Con questo mezzo si rese possibile concepire i loro moti medi e i loro periodi eguali. Tenendo infatti a mente il luogo di uno qualsiasi di essi secondo la distanza calcolata dal sole e da una stella fissa e avendo rilevato dopo un certo tempo che lo stesso astro era tornato nella stessa posizione alla stessa distanza dal sole, si vedeva che il pianeta aveva percorso tutta l'ineguaglianza e che era tornato infine attra-

[3] Nel manoscritto (p. 142 v) seguono qui alcune righe poi cancellate e sostituite, in margine, con ciò che segue nel testo: « ed i moti di entrambi così connessi reciprocamente compongono e producono il moto semplice della terra (ossia, come si dice, del sole), se mai fosse necessario ricordare nell'intera opera e qui in particolare che sempre va inteso riferito alla terra ciò che si dice volgarmente a proposito del moto del sole ».

verso tutto ciò alla posizione originaria con la terra. Così, attraverso il tempo trascorso, gli antichi computavano il numero dei movimenti circolari completi e uniformi e, da essi, i movimenti particolari dell'astro.

Tolomeo [4] catalogò poi questi moti circolari secondo il numero degli anni solari, stando a quello ch'egli dichiara avere appreso da Ipparco. Egli intende per anni solari quelli che son presi a partire da un equinozio o da un solstizio. Ma già si è chiarito che tali anni non sono affatto eguali; perciò noi consideriamo gli anni misurati secondo le stelle fisse, con i quali si rende anche conto più correttamente dei moti di questi cinque pianeti, in quanto nel nostro tempo abbiamo scoperto in essi qualche ritardo o anticipazione.

Infatti la terra ruota 57 volte rispetto a Saturno, il qual moto fu da noi detto di commutazione, in 59 anni [5] anni solari, 1 giorno, 6 minuti [di giorno] e 48 secondi [6] circa, cioè lo stesso tempo in cui il pianeta ruota completamente due volte di moto proprio, con l'aggiunta di 1° 6′ e 6″ [7]. Giove viene superato dalla terra 65 volte in 71 anni solari meno 5 giorni 45 minuti 27 secondi [8], durante i quali il pianeta ruota completamente 6 volte meno 5° 41′ 2″ e mezzo [9]. Le rivoluzioni di commutazione di Marte sono 37 in 79 anni solari 2 giorni 27 primi e 3 secondi [10], durante i quali il pianeta compie con il suo moto 42 periodi completi, più 2° 24′ 56″ [11]. Venere supera 5 volte il moto della terra in 8 anni solari meno 2 giorni

[4] Tolomeo, *Almagesto*, lib. IX, cap. 3.

[5] Così nel manoscritto (p. 143 r) e nelle edizioni, eccetto quelle di Norimberga, Basilea e Thorn, che hanno 69 anni.

[6] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 7 minuti e 18 secondi.

[7] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 5 primi e circa 50 secondi.

[8] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 54 primi e 13 secondi.

[9] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 42′ e 32″.

[10] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 23 primi e 45 secondi.

[11] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 21′ e 44″.

26 minuti e 46 secondi [12]. E durante questo tempo ruota attorno al sole 13 volte meno 2° 24′ 40″ [13]. Mercurio, infine, compie 145 periodi di commutazione in 46 anni solari più 34 minuti di giorno e 23 secondi [14], periodi in cui anch'esso supera il moto della terra; e in tale tempo più 34 minuti di giorno e circa 23 secondi [15], si volge intorno al sole 191 volte.

Per ogni singolo pianeta, pertanto, i circuiti di commutazione sono: per Saturno di 378 giorni, 5 minuti, 32 secondi, 11 terzi [16]; per Giove di 398 giorni, 23 minuti, 2 secondi, 56 terzi [17]; per Marte di 779 giorni, 56 minuti, 19 secondi, 7 terzi [18]; per Venere di 583 giorni, 55 minuti, 17 secondi, 24 terzi [19]; per Mercurio di 115 giorni, 52 primi, 42 secondi, 12 terzi [20]. Avendo ridotti questi periodi in gradi di cerchio, moltiplicando 360 per 365, e diviso il prodotto per il numero dei giorni e delle parti di giorno, avremo come moto annuo di Saturno 347° 32 primi 2 secondi 54 terzi e 12 quarti [21]; di Giove 329° 25 primi 8 secondi 15 terzi e 6 quarti; di Marte 168° 28 primi 29 secondi 13 terzi e 12 quarti [22]; di Venere 225° 1 primo 48 secondi 54 terzi e 30 quarti [23]; di Mercurio, dopo tre giri orbitali, 53° 56 primi 46 secondi 54 terzi

[12] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 44 secondi.

[13] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 23′ e 29″.

[14] Così nel manoscritto (p. 143 v). Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 25 minuti.

[15] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, minuti primi 21 e secondi 53.

[16] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 42 terzi.

[17] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 53 primi 3 secondi 58 terzi.

[18] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 13 secondi e 55 terzi.

[19] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 50 terzi.

[20] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia esclusa, 38 secondi 53 terzi; quella di Varsavia ha: 33 secondi 53 terzi.

[21] Così nel manoscritto e nelle edizioni relative. Nelle edizioni di Norimberga e Basilea, 3 secondi 9 terzi e 4 quarti. In quelle di Amsterdam e Varsavia: 3 secondi 9 terzi e 40 quarti.

[22] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 30 secondi 36 terzi e 4 quarti.

[23] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 45 secondi 3 terzi e 40 quarti.

e 40 quarti [24]. La trecentosessantacinquesima parte di essi è il moto giornaliero. Quello di Saturno è di 57 primi 7 secondi 44 terzi [25]; di Giove è di 54 primi 9 secondi 3 terzi e 49 quarti; di Marte 27 primi 41 secondi 40 terzi e 8 quarti [26]; di Venere 36 primi 49 secondi 28 terzi e 35 quarti [27]; di Mercurio 3° 6 primi 24 secondi 7 terzi e 43 quarti [28], come sono esposti nelle tavole [29] che seguono (sull'esempio dei moti medi del sole e della luna).

Abbiamo ritenuto superfluo esplicare in tal modo i loro moti propri. Essi risultano infatti dalla sottrazione dei moti di commutazione dal moto medio del sole che, come si disse, essi compongono [assieme ai moti di commutazione]. Ma chi non si accontenta li può ricercare da sé. Infatti, il moto annuo proprio di Saturno rispetto alla sfera delle stelle fisse è di 12° 12 primi 46 secondi 12 terzi 52 quarti [30]; quello di Giove è di 30° 19 primi 40 secondi 51 terzi e 58 quarti; quello di Marte è di 191° 16 primi 19 secondi 53 terzi 52 quarti [31]. Quanto a Venere e a Mercurio, tuttavia, poiché tali moti non ci si mostrano [32], lo stesso moto solare può essere usato al loro posto e li supplisce in modo che mediante esso sono conosciute e dimostrate le loro apparenze, come nelle seguenti tavole.

[24] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 57 primi 23 secondi 6 terzi e 30 quarti.
[25] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 5 quarti.
[26] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 22 quarti.
[27] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 59 secondi.
[28] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 13 terzi e 40 quarti.
[29] L'edizione di Thorn corregge giustamente l'espressione « in tabula » del manoscritto con « in tabulis ».
[30] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 45 secondi 57 terzi e 24 quarti.
[31] Così nel manoscritto. Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, 18 secondi 30 terzi e 36 quarti.
[32] In quanto non vediamo mai le loro posizioni senza parallasse.

MOTO DI COMMUTAZIONE DI SATURNO PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANTA ANNI [33]

Anni Egizi	MOTO Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.	Anni Egizi	MOTO Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.
1	5	47	32	3	9	31	5	33	33	37	59
2	5	35	4	6	19	32	5	21	5	41	9
3	5	22	36	9	29	33	5	8	37	44	19
4	5	10	8	12	38	34	4	56	9	47	28
5	4	57	40	15	48	35	4	43	41	50	38
6	4	45	12	18	58	36	4	31	13	53	48
7	4	32	44	22	7	37	4	18	45	56	57
8	4	20	16	25	17	38	4	6	18	0	7
9	4	7	48	28	27	39	3	53	50	3	17
10	3	55	20	31	36	40	3	41	22	6	26
11	3	42	52	34	46	41	3	28	54	9	36
12	3	30	24	37	56	42	3	16	26	12	46
13	3	17	56	41	5	43	3	3	58	15	55
14	3	5	28	44	15	44	2	51	30	19	5
15	2	53	0	47	25	45	2	39	2	22	15
16	2	40	32	50	34	46	2	26	34	25	24
17	2	28	4	53	44	47	2	14	6	28	34
18	2	15	36	56	54	48	2	1	38	31	44
19	2	3	9	0	3	49	1	49	10	34	53
20	1	50	41	3	13	50	1	36	42	38	3
21	1	38	13	6	23	51	1	24	14	41	13
22	1	25	45	9	32	52	1	11	46	44	22
23	1	13	17	12	42	53	0	59	18	47	32
24	1	0	49	15	52	54	0	46	50	50	42
25	0	48	21	19	1	55	0	34	22	53	51
26	0	35	53	22	11	56	0	21	54	57	1
27	0	23	25	25	21	57	0	9	27	0	11
28	0	10	57	28	30	58	5	56	59	3	20
29	5	58	29	31	40	59	5	44	31	6	30
30	5	46	1	34	50	60	5	32	3	9	40

[33] I valori numerici di questa e delle tavole seguenti non corrispondono sempre ai valori numerici riportati nel capitolo I, che sono quelli del manoscritto. Le edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, avevano invece corretto i valori numerici del capitolo I secondo quelli registrati nelle tavole.

MOTO DI COMMUTAZIONE DI SATURNO PER GIORNI, PER PERIODI DI SESSANTA GIORNI E PER MINUTI DI GIORNO

Giorni	MOTO Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.	Giorni	MOTO Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.
1	0	0	57	7	44	31	0	29	30	59	46
2	0	1	54	15	28	32	0	30	28	7	30
3	0	2	51	23	12	33	0	31	25	15	14
4	0	3	48	30	56	34	0	32	22	22	58
5	0	4	45	38	40	35	0	33	19	30	42
6	0	5	42	46	24	36	0	34	16	38	26
7	0	6	39	54	8	37	0	35	13	46	1
8	0	7	37	1	52	38	0	36	10	53	55
9	0	8	34	9	36	39	0	37	8	1	39
10	0	9	31	17	20	40	0	38	5	9	23
11	0	10	28	25	4	41	0	39	2	17	7
12	0	11	25	32	49	42	0	39	59	24	51
13	0	12	22	40	33	43	0	40	56	32	35
14	0	13	19	48	17	44	0	41	53	40	19
15	0	14	16	56	1	45	0	42	50	48	3
16	0	15	14	3	45	46	0	43	47	55	47
17	0	16	11	11	29	47	0	44	45	3	31
18	0	17	8	19	13	48	0	45	42	11	16
19	0	18	5	26	57	49	0	46	39	19	0
20	0	19	2	34	41	50	0	47	36	26	44
21	0	19	59	42	25	51	0	48	33	34	28
22	0	20	56	50	9	52	0	49	30	42	12
23	0	21	53	57	53	53	0	50	27	49	56
24	0	22	51	5	38	54	0	51	24	57	40
25	0	23	48	13	22	55	0	52	22	5	24
26	0	24	45	21	6	56	0	53	19	13	8
27	0	25	42	28	50	57	0	54	16	20	52
28	0	26	39	36	34	58	0	55	13	28	36
29	0	27	36	44	18	59	0	56	10	36	20
30	0	28	33	52	2	60	0	57	7	44	5

MOTO DI COMMUTAZIONE DI GIOVE PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANTA ANNI

Anni Egizi	MOTO Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.	Anni Egizi	MOTO Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.
1	5	29	25	8	15	31	2	11	59	15	48
2	4	58	50	16	30	32	1	41	24	24	3
3	4	28	15	24	45	33	1	10	49	32	18
4	3	57	40	33	0	34	0	40	14	40	33
5	3	27	5	41	15	35	0	9	39	48	48
6	2	56	30	49	30	36	5	39	4	57	3
7	2	25	55	57	45	37	5	8	30	5	18
8	1	55	21	6	0	38	4	37	55	13	33
9	1	24	46	14	15	39	4	7	20	21	48
10	0	54	11	22	31	40	3	36	45	30	4
11	0	23	36	30	46	41	3	6	10	38	19
12	5	53	1	39	1	42	2	35	35	46	34
13	5	22	26	47	16	43	2	5	0	54	49
14	4	51	51	55	31	44	1	34	26	3	4
15	4	21	17	3	46	45	1	3	51	11	19
16	3	50	42	12	1	46	0	33	16	19	34
17	3	20	7	20	16	47	0	2	41	27	49
18	2	49	32	28	31	48	5	32	6	36	4
19	2	18	57	36	46	49	5	1	31	44	19
20	1	48	22	45	2	50	4	30	56	52	34
21	1	17	47	53	17	51	4	0	22	0	50
22	0	47	13	1	32	52	3	29	47	9	5
23	0	16	38	9	47	53	2	59	12	17	20
24	5	46	3	18	2	54	2	28	37	25	35
25	5	15	28	26	17	55	1	58	2	33	50
26	4	44	53	34	32	56	1	27	27	42	5
27	4	14	18	42	47	57	0	56	52	50	20
28	3	43	43	51	2	58	0	26	17	58	35
29	3	13	8	59	17	59	5	55	43	6	50
30	2	42	34	7	33	60	5	25	8	15	6

MOTO DI COMMUTAZIONE DI GIOVE PER GIORNI, PER PERIODI DI SESSANTA GIORNI E PER MINUTI DI GIORNO

Giorni	MOTO					Giorni	MOTO				
	Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.		Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.
1	0	0	54	9	3	31	0	27	58	40	58
2	0	1	48	18	7	32	0	28	52	50	2
3	0	2	42	27	11	33	0	29	46	59	5
4	0	3	36	36	15	34	0	30	41	8	9
5	0	4	30	45	19	35	0	31	35	17	13
6	0	5	24	54	22	36	0	32	29	26	17
7	0	6	19	3	26	37	0	33	23	35	21
8	0	7	13	12	30	38	0	34	17	44	25
9	0	8	7	21	34	39	0	35	11	53	29
10	0	9	1	30	38	40	0	36	6	2	32
11	0	9	55	39	41	41	0	37	0	11	36
12	0	10	49	48	45	42	0	37	54	20	40
13	0	11	43	57	49	43	0	38	48	29	44
14	0	12	38	6	53	44	0	39	42	38	47
15	0	13	32	15	57	45	0	40	36	47	51
16	0	14	26	25	1	46	0	41	30	56	55
17	0	15	20	34	4	47	0	42	25	5	59
18	0	16	14	43	8	48	0	43	19	15	3
19	0	17	8	52	12	49	0	44	13	24	6
20	0	18	3	1	16	50	0	45	7	33	10
21	0	18	57	10	20	51	0	46	1	42	14
22	0	19	51	19	23	52	0	46	55	51	18
23	0	20	45	28	27	53	0	47	50	0	22
24	0	21	39	37	31	54	0	48	44	9	26
25	0	22	33	46	35	55	0	49	38	18	29
26	0	23	27	55	39	56	0	50	32	27	33
27	0	24	22	4	43	57	0	51	26	36	37
28	0	25	16	13	46	58	0	52	20	45	41
29	0	26	10	22	50	59	0	53	14	54	45
30	0	27	4	31	54	60	0	54	9	3	49

MOTO DI COMMUTAZIONE DI MARTE PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANTA ANNI

Anni Egizi	MOTO					Anni Egizi	MOTO				
	Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.		Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.
1	2	48	28	30	36	31	3	2	43	48	38
2	5	36	57	1	12	32	5	51	12	19	14
3	2	25	25	31	48	33	2	39	40	49	50
4	5	13	54	2	24	34	5	28	9	20	26
5	2	2	22	33	0	35	2	16	37	51	2
6	4	50	51	3	36	36	5	5	6	21	38
7	1	39	19	34	12	37	1	53	34	52	14
8	4	27	48	4	48	38	4	42	3	22	50
9	1	16	16	35	24	39	1	30	31	53	26
10	4	4	45	6	0	40	4	19	0	24	2
11	0	53	13	36	36	41	1	7	28	54	38
12	3	41	42	7	12	42	3	55	57	25	14
13	0	30	10	37	48	43	0	44	25	55	50
14	3	18	39	8	24	44	3	32	54	26	26
15	0	7	7	39	1	45	0	21	22	57	3
16	2	55	36	9	37	46	3	9	51	27	39
17	5	44	4	40	13	47	5	58	19	58	15
18	2	32	33	10	49	48	2	46	48	28	51
19	5	21	1	41	25	49	5	35	16	59	27
20	2	9	30	12	1	50	2	23	45	30	3
21	4	57	58	42	37	51	5	12	14	0	39
22	1	46	27	13	13	52	2	0	42	31	15
23	4	34	55	43	49	53	4	49	11	1	51
24	1	23	24	14	25	54	1	37	39	32	27
25	4	11	52	45	1	55	4	26	8	3	3
26	1	0	21	15	37	56	1	14	36	33	39
27	3	48	49	46	13	57	4	3	5	4	15
28	0	37	18	16	49	58	0	51	33	34	51
29	3	25	46	47	25	59	3	40	2	5	27
30	0	14	15	18	2	60	0	28	30	36	4

MOTO DI COMMUTAZIONE DI MARTE PER GIORNI, PER PERIODI DI SESSANTA GIORNI E PER MINUTI DI GIORNO

Giorni	MOTO Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.	Giorni	MOTO Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.
1	0	0	27	41	40	31	0	14	18	31	51
2	0	0	55	23	20	32	0	14	46	13	31
3	0	1	23	5	1	33	0	15	14	55	12
4	0	1	50	46	41	34	0	15	41	36	52
5	0	2	18	28	21	35	0	16	9	18	32
6	0	2	46	10	2	36	0	16	37	0	13
7	0	3	13	51	42	37	0	17	4	41	53
8	0	3	41	33	22	38	0	17	32	23	33
9	0	4	9	15	3	39	0	18	0	5	14
10	0	4	36	56	43	40	0	18	27	46	54
11	0	5	4	38	24	41	0	18	55	28	35
12	0	5	32	20	4	42	0	19	23	10	15
13	0	6	0	1	44	43	0	19	50	51	55
14	0	6	27	43	25	44	0	20	18	33	36
15	0	6	55	25	5	45	0	20	46	15	16
16	0	7	23	6	45	46	0	21	13	56	56
17	0	7	50	48	26	47	0	21	41	38	37
18	0	8	18	30	6	48	0	22	9	20	17
19	0	8	46	11	47	49	0	22	37	1	57
20	0	9	13	53	27	50	0	23	4	43	38
21	0	9	41	35	7	51	0	23	32	25	18
22	0	10	9	16	48	52	0	24	0	6	59
23	0	10	36	58	28	53	0	24	27	48	39
24	0	11	4	40	8	54	0	24	55	30	19
25	0	11	32	21	49	55	0	25	23	12	0
26	0	12	0	3	29	56	0	25	50	53	40
27	0	12	27	45	9	57	0	26	18	35	20
28	0	12	55	26	49	58	0	26	46	17	1
29	0	13	23	8	30	59	0	27	13	58	41
30	0	13	50	50	11	60	0	27	41	40	22

MOTO DI COMMUTAZIONE DI VENERE PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANTA ANNI [34]

Anni Egizi	MOTO Sess.	Gradi	Primi	Sec.	Terzi	Ms. Primi	Ms. Sec.	Ms. Terzi	Anni Egizi	MOTO Sess.	Gradi	Primi	Sec.	Terzi	Ms. Primi	Ms. Sec.	Ms. Terzi
1	3	45	1	45	3	1	50	11	31	2	15	54	16	53	56	55	48
2	1	30	3	30	7	3	40	22	32	0	0	56	1	57	58	46	0
3	5	15	5	15	11	5	30	33	33	3	45	57	47	1	0	36	11
4	3	0	7	0	14	7	20	45	34	1	30	59	32	4	2	26	22
5	0	45	8	45	18	9	10	56	35	5	16	1	17	8	4	16	33
6	4	30	10	30	22	11	1	7	36	3	1	3	2	12	6	6	45
7	2	15	12	15	25	12	51	18	37	0	46	4	47	15	7	56	56
8	0	0	14	0	29	14	41	30	38	4	31	6	32	19	9	47	7
9	3	45	15	45	33	16	31	41	39	2	16	8	17	23	11	37	18
10	1	30	17	30	36	18	21	52	40	0	1	10	2	26	13	27	30
11	5	15	19	15	40	20	12	3	41	3	46	11	47	30	15	17	41
12	3	0	21	0	44	22	2	15	42	1	31	13	32	34	17	7	52
13	0	45	22	45	47	23	52	26	43	5	16	15	17	37	18	58	3
14	4	30	24	30	51	25	42	37	44	3	1	17	2	41	20	48	15
15	2	15	26	15	55	27	32	48	45	0	46	18	47	45	22	38	26
16	0	0	28	0	58	29	23	0	46	4	31	20	32	48	24	28	37
17	3	45	29	46	2	31	13	11	47	2	16	22	17	52	26	18	48
18	1	30	31	31	6	33	3	22	48	0	1	24	2	56	28	9	0
19	5	15	33	16	9	34	53	33	49	3	46	25	47	59	29	59	11
20	3	0	35	1	13	36	43	45	50	1	31	27	33	3	31	49	22
21	0	45	36	46	17	38	33	56	51	5	16	29	18	7	33	39	33
22	4	30	38	31	20	40	24	7	52	3	1	31	3	10	35	29	45
23	2	15	40	16	24	42	14	18	53	0	46	32	48	14	37	19	56
24	0	0	42	1	28	44	4	30	54	4	31	34	33	18	39	10	7
25	3	45	43	46	31	45	54	41	55	2	16	36	18	21	41	0	18
26	1	30	45	31	35	47	44	52	56	0	1	38	3	25	42	50	30
27	5	15	47	16	39	49	35	3	57	3	46	39	48	29	44	40	41
28	3	0	49	1	42	51	25	15	58	1	31	41	33	32	46	30	52
29	0	45	50	46	46	53	15	26	59	5	16	43	18	36	48	21	3
30	4	30	52	31	50	55	5	37	60	3	1	45	3	40	50	11	15

[34] Nel manoscritto, i valori numerici dei minuti primi, secondi e terzi differiscono da quelli riportati nelle edizioni. Le ultime tre colonnine dànno qui i valori originari del manoscritto. Ciò vale anche per la tavola seguente, limitatamente alle ultime due colonnine, ove sono riportati i valori numerici dei minuti secondi e terzi del manoscritto.

MOTO DI COMMUTAZIONE DI VENERE PER GIORNI, PER PERIODI DI SESSANTA GIORNI E PER MINUTI DI GIORNO

Giorni	MOTO Sess.	Gradi	Primi	Sec.	Terzi	Ms. Sec.	Ms. Terzi	Giorni	MOTO Sess.	Gradi	Primi	Sec.	Terzi	Ms. Sec.	Ms. Terzi
1	0	0	36	59	28	59	28	31	0	19	6	43	46	43	52
2	0	1	13	58	57	58	57	32	0	19	43	43	14	43	21
3	0	1	50	58	25	58	26	33	0	20	20	42	43	42	50
4	0	2	27	57	54	57	55	34	0	20	57	42	11	42	19
5	0	3	4	57	22	57	24	35	0	21	34	41	40	41	48
6	0	3	41	56	51	56	52	36	0	22	11	41	9	41	16
7	0	4	18	56	20	56	21	37	0	22	48	40	37	40	45
8	0	4	55	55	48	55	50	38	0	23	25	40	6	40	14
9	0	5	32	55	17	55	19	39	0	24	2	39	34	39	43
10	0	6	9	54	45	54	48	40	0	24	39	39	3	39	12
11	0	6	46	54	14	54	16	41	0	25	16	38	31	38	40
12	0	7	23	53	43	53	45	42	0	25	53	38	0	38	9
13	0	8	0	53	11	53	14	43	0	26	30	37	29	37	38
14	0	8	37	52	40	52	43	44	0	27	7	36	57	37	7
15	0	9	14	52	8	52	12	45	0	27	44	36	26	36	36
16	0	9	51	51	37	51	40	46	0	28	21	35	54	36	4
17	0	10	28	51	5	51	9	47	0	28	58	35	23	35	33
18	0	11	5	50	34	50	38	48	0	29	35	34	52	35	2
19	0	11	42	50	2	50	7	49	0	30	12	34	20	34	31
20	0	12	19	49	31	49	36	50	0	30	49	33	49	34	0
21	0	12	56	48	59	49	4	51	0	31	26	33	17	33	28
22	0	13	33	48	28	48	33	52	0	32	3	32	46	32	57
23	0	14	10	47	57	48	2	53	0	32	40	32	14	32	26
24	0	14	47	47	26	47	31	54	0	33	17	31	43	31	55
25	0	15	24	46	54	47	0	55	0	33	54	31	12	31	24
26	0	16	1	46	23	46	28	56	0	34	31	30	40	30	52
27	0	16	38	45	51	45	57	57	0	35	8	30	9	30	21
28	0	17	15	45	20	45	26	58	0	35	45	29	37	29	50
29	0	17	52	44	48	44	55	59	0	36	22	29	6	29	19
30	0	18	29	44	17	44	24	60	0	36	59	28	35	28	48

MOTO DI COMMUTAZIONE DI MERCURIO PER ANNI E PER PERIODI DI SESSANTA ANNI

Anni Egizi	MOTO Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.	Anni Egizi	MOTO Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.
1	0	53	57	23	6	31	3	52	38	56	21
2	1	47	54	46	13	32	4	46	36	19	28
3	2	41	52	9	19	33	5	40	33	42	34
4	3	35	49	32	26	34	0	34	31	5	41
5	4	29	46	55	32	35	1	28	28	28	47
6	5	23	44	18	39	36	2	22	25	51	54
7	0	17	41	41	45	37	3	16	23	15	0
8	1	11	39	4	52	38	4	10	20	38	7
9	2	5	36	27	58	39	5	4	18	1	13
10	2	59	33	51	5	40	5	58	15	24	20
11	3	53	31	14	11	41	0	52	12	47	26
12	4	47	28	37	18	42	1	46	10	10	33
13	5	41	26	0	24	43	2	40	7	33	39
14	0	35	23	23	31	44	3	34	4	56	46
15	1	29	20	46	37	45	4	28	2	19	52
16	2	23	18	9	44	46	5	21	59	42	59
17	3	17	15	32	50	47	0	15	57	6	5
18	4	11	12	55	57	48	1	9	54	29	12
19	5	5	10	19	3	49	2	3	51	52	18
20	5	59	7	42	10	50	2	57	49	15	25
21	0	53	5	5	16	51	3	51	46	38	31
22	1	47	2	28	23	52	4	45	44	1	38
23	2	40	59	51	29	53	5	39	41	24	44
24	3	34	57	14	36	54	0	33	38	47	51
25	4	28	54	37	42	55	1	27	36	10	57
26	5	22	52	0	49	56	2	21	33	34	4
27	0	16	49	23	55	57	3	15	30	57	10
28	1	10	46	47	2	58	4	9	28	20	17
29	2	4	44	10	8	59	5	3	25	43	23
30	2	58	41	33	15	60	5	57	23	6	30

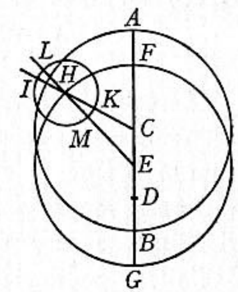
MOTO DI COMMUTAZIONE DI MERCURIO PER GIORNI, PER PERIODI DI SESSANTA GIORNI E PER MINUTI DI GIORNO

Giorni	MOTO					Giorni	MOTO				
	Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.		Sess.	Gradi	Min. Pr.	Min. Sc.	Min. Tz.
1	0	3	6	24	13	31	1	36	18	31	3
2	0	6	12	48	27	32	1	39	24	55	17
3	0	9	19	12	41	33	1	42	31	19	31
4	0	12	25	36	54	34	1	45	37	43	44
5	0	15	32	1	8	35	1	48	44	7	58
6	0	18	38	25	22	36	1	51	50	32	12
7	0	21	44	49	35	37	1	54	56	56	25
8	0	24	51	13	49	38	1	58	3	20	39
9	0	27	57	38	3	39	2	1	9	44	53
10	0	31	4	2	16	40	2	4	16	9	6
11	0	34	10	26	30	41	2	7	22	33	20
12	0	37	16	50	44	42	2	10	28	57	34
13	0	40	23	14	57	43	2	13	35	21	47
14	0	43	29	39	11	44	2	16	41	46	1
15	0	46	36	3	25	45	2	19	48	10	15
16	0	49	42	27	38	46	2	22	54	34	28
17	0	52	48	51	52	47	2	26	0	58	42
18	0	55	55	16	6	48	2	29	7	22	56
19	0	59	1	40	19	49	2	32	13	47	9
20	1	2	8	4	33	50	2	35	20	11	23
21	1	5	14	28	47	51	2	38	26	35	37
22	1	8	20	53	0	52	2	41	32	59	50
23	1	11	27	17	14	53	2	44	39	24	4
24	1	14	33	41	28	54	2	47	45	48	18
25	1	17	40	5	41	55	2	50	52	12	31
26	1	20	46	29	55	56	2	53	58	36	45
27	1	23	52	54	9	57	2	57	5	0	59
28	1	26	59	18	22	58	3	0	11	25	12
29	1	30	5	42	36	59	3	3	17	49	26
30	1	33	12	6	50	60	3	6	24	13	40

Capitolo II

Dimostrazione dei moti uniforme ed apparente di questi pianeti secondo la teoria degli antichi.

I loro moti medi si comportano dunque nel modo che s'è visto; volgiamoci ora a considerare i moti apparenti ed irregolari. Gli antichi astronomi, che consideravano la terra immobile, immaginarono nel caso di Saturno, Giove, Marte e Venere degli eccentrepicicli e inoltre un eccentrico rispetto a cui si muovesse uniformemente l'epiciclo e con esso il pianeta sull'epiciclo. Sia ad esempio AB il circolo eccentrico, il cui centro sia C, il diametro ACB, sul quale D sia il centro della terra, in modo che l'apogeo sia in A e il perigeo in B; e sia il segmento DC diviso in due parti dal punto E. Facendo centro in questo punto, si tracci un altro eccentrico FG eguale al primo, su cui, assunto come centro un punto qualsiasi H, si disegni un epiciclo IK e si conduca per il suo centro la linea retta IKC [$IHKC$] e, similmente, $LHME$. Si tenga presente che gli eccentrici sono inclinati sul piano dell'eclittica e l'epiciclo sul piano dell'eccentrico, secondo le latitudini che il pianeta tocca; ma qui invece, per facilitare la dimostrazione, li si considera come se fossero su uno stesso piano.



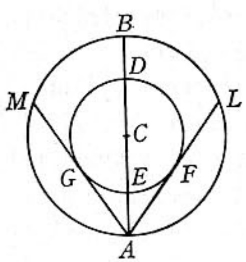
Dicono dunque gli antichi che tutto questo piano si muove intorno a D, il centro dell'eclittica, con i punti E e C, secondo il moto delle stelle fisse: con il che vogliono che si intenda che questi punti hanno le loro sedi immutabili nel cielo delle stelle fisse; e dicono anche che l'epiciclo si muove da ovest ad est (*in consequentia*) sul circolo FHG, ma in accordo con la linea IHC, secondo la quale girerebbe uniformemente anche il pianeta sull'epiciclo IK. Ma è chiaro che il moto uniforme dell'epiciclo avrebbe dovuto aversi attorno al centro E del suo deferente, e il moto di rivoluzione del pianeta secondo la linea LME. Gli antichi ammettono pertanto che anche l'uniformità di questo moto circolare possa avvenire rispetto ad un centro diverso e non proprio. Similmente, e ancor più, ciò avverrebbe per Mercurio. Ma questo – io penso – fu già sufficientemente confutato a proposito della luna [35]. Queste cose ed altre simili ci hanno fornito l'occasione per pensare ad una mobilità della terra e ad altri modi mediante cui si conservassero l'uniformità ed i princìpi di quest'arte e fosse resa più salda la ragione dell'ineguaglianza apparente dell'apparente moto irregolare.

Capitolo III

Dimostrazione generale dell'ineguaglianza apparente a causa del moto della terra.

Essendoci pertanto due cause per cui il moto uniforme del pianeta appare irregolare, tanto a causa del moto della terra quanto anche a causa del proprio moto, le illustreremo entrambe separatamente e in generale con una dimostrazione visibilmente percepibile, affinché si distinguano meglio l'una dall'altra, cominciando da quella ch'è presente in tutti i pianeti per il moto della terra.

Sia dunque il circolo *AB*, eccentrico rispetto al sole, quello che la terra descrive in un anno, nel modo che già si è detto, e ne sia *C* il centro. Supponiamo ora che il pianeta non abbia alcuna altra ineguaglianza eccetto quella che si verificherà se *DE*, il cerchio orbitale di Mercurio o di Venere, è tracciato concentrico con *AB*. Il cerchio *DE*, a causa della latitudine dev'essere inclinato rispetto ad *AB*, ma per semplificare la dimostrazione li si pensi come se fossero su di uno stesso piano. Sia presa in *A* la posizione della terra, dal qual punto si traccino le linee visuali *AFL* ed



[35] Cfr. libro IV, cap. 2.

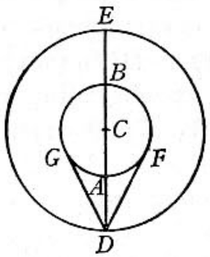
AGM, che sono tangenti al cerchio del pianeta nei punti *F* e *G*; ed *ACB* sia il diametro comune ad entrambi i cerchi.

Sia dunque il moto di entrambi gli astri, cioè della terra e del pianeta, nello stesso verso, vale a dire da ovest verso est, ma sia il pianeta più veloce della terra. Per un occhio posto in *A* apparirà dunque *C* con la linea *ACB* muoversi secondo il moto medio del sole; ma il pianeta nel circolo *DFG*, come in un epiciclo, percorrerà l'arco *FDG*, da ovest ad est, in un tempo maggiore che il restante arco *GEF* da est ad ovest, e là aggiungerà tutto l'angolo *FAG* al moto medio del sole, mentre qui lo toglierà. Pertanto, dove il moto sottrattivo del pianeta, specialmente intorno al perigeo *E*, risulta maggiore del moto additivo di *C*, sembra ad *A* che esso retrogradi in proporzione al moto prevalente, cosa che avviene in questi astri che hanno il rapporto fra la linea *CE* e la linea *AE* maggiore di quello fra il moto in *A* e quello del pianeta, secondo le dimostrazioni di Apollonio di Perga [36], come si dirà in seguito. Quando invece il moto additivo è uguale a quello sottrattivo, compensandosi l'un l'altro, sembrerà che il pianeta faccia una sosta; tutte cose che concordano con i fenomeni. Se, pertanto, non ci fosse stata altra irregolarità nel moto del pianeta, come credeva Apollonio, questo poteva bastare. Ma le massime elongazioni, mattutine e serali, di questi pianeti dalla posizione media del sole, che si calcolano secondo gli angoli *FAE* e *GAE*, non si mostrano dovunque eguali, né l'una all'altra dai due lati, né sommate insieme e neppure rispettivamente uguali a sé stesse, donde l'evidente supposizione che i loro moti non avvengano in circoli concentrici con il circolo terrestre, ma in altri, per cui si determina una seconda irregolarità.

Lo stesso si dimostra anche per i tre pianeti superiori, Saturno, Giove, Marte, che da ogni parte si muovono attorno

[36] Apollonio di Perga, in Panfilia, fiorì dal 262 al 190 a. C. Questo grande matematico fu allievo dei discepoli di Euclide ad Alessandria. Insegnò ad Alessandria ed a Pergamo. Di lui ci è pervenuta parte del suo capolavoro *Le coniche* (Κωνικά), mentre sono andati perduti gli altri suoi scritti, anche di carattere astronomico. Tolomeo (*Almagesto*, lib. XII, cap. 1) ci dice che Apollonio trattò delle stazioni e delle retrogradazioni dei pianeti e che per primo cercò di esplicarle mediante l'aiuto di epicicli.

alla terra. Tracciato infatti nuovamente il circolo terrestre, si ponga *DE* quale circolo concentrico esterno, come fosse sullo stesso piano; su esso si prenda come si vuole la posizione del pianeta nel punto *D*, da cui si conducano le linee rette *DF*, *DG* tangenti all'orbita terrestre in *F* e *G*, essendo *DACBE* il diametro comune.



È chiaro che da *A* la posizione reale del pianeta apparirà sulla linea *DE* del moto medio del sole, soltanto quando sorga al tramonto del sole [sia, cioè, in opposizione al sole] e alla minor distanza dalla terra. Infatti, quando la terra è in opposizione in *B*, sebbene sulla stessa linea e in piena luce, il pianeta non apparirà, essendo offuscato dalla vicinanza del sole al punto *C*. Ma quando poi sia maggiore il moto della terra, sì da superare il moto del pianeta, lungo l'arco apogeo *FBG* sembrerà aggiunto al moto del pianeta tutto l'angolo *GDF*, e tolto da esso lo stesso nel restante arco *FAG*, ma in tempo minore, secondo che l'arco *FAG* è minore. E quando il moto sottrattivo della terra avrà superato quello addittivo dell'astro, specie intorno ad *A*, sembrerà che il pianeta sia lasciato indietro dalla terra e che si muova da est a ovest, e che sosti quando risulta minima la differenza fra i due moti contrari secondo la vista. E così è dinuovo manifesto che tutto ciò avviene per il solo moto della terra; tutto ciò che gli antichi cercarono di spiegare con gli epicicli dei singoli pianeti. Ma, poiché il moto del pianeta non risulta uniforme, contro l'opinione di Apollonio e degli antichi (in quanto l'irregolarità della rivoluzione della terra si trasmette al pianeta), i pianeti non si muovono pertanto in sfere concentriche, ma nel modo diverso che subito ora mostreremo.

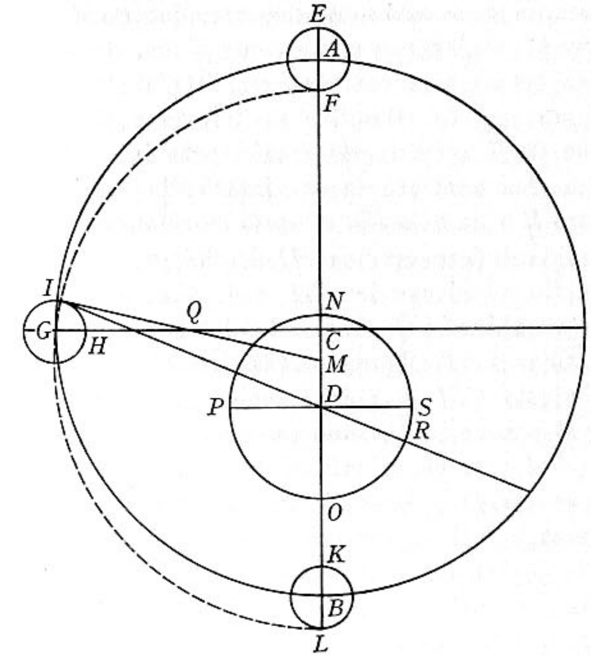
Capitolo IV

In quali modi i moti dei pianeti appaiono non uniformi.

Poiché dunque i loro moti propri in longitudine si comportano fra loro quasi nello stesso modo, eccetto che per

Mercurio, che sembra differire dagli altri, si tratteranno insieme gli altri quattro pianeti ed a Mercurio sarà dedicata una trattazione particolare. Mentre dunque gli antichi posero un unico moto in due eccentrici (come si è già considerato), noi riteniamo invece che vi sono due moti uniformi, dalla composizione dei quali risulta l'ineguaglianza dell'apparenza, o mediante un eccentrico di un eccentrico o mediante un epiciclo di un epiciclo, o anche, unendoli insieme, mediante un eccentrepiciclo, che può produrre la stessa irregolarità, come abbiamo mostrato riguardo alla luna e al sole.

Sia pertanto *AB* un circolo eccentrico, intorno al centro *C*, e il diametro sia *ACB*, passante per la posizione media del



sole, dall'apside superiore a quello inferiore del pianeta, e su tale diametro il centro della sfera [orbitale] terrestre sia *D*. Fatto centro in *A*, l'apside superiore, con raggio un terzo di *CD* si tracci l'epiciclo *EF*, sul cui perigeo *F* si collochi il pianeta. Sia poi il moto dell'epiciclo lungo l'eccentrico *AB* da ovest ad est; e similmente da ovest ad est sia il moto del pianeta nella semicirconferenza superiore dell'epiciclo, nell'inferiore sia invece da est ad ovest. E siano proporzionalmente eguali l'una all'altra le rivoluzioni di entrambi, cioè dell'epiciclo e del pianeta. Avverrà pertanto che mentre l'epiciclo è nell'apside superiore dell'eccentrico e il pianeta all'opposto è nel perigeo dell'epiciclo, si scambino le opposte reciproche posizioni quando ciascuno avrà percorso il suo emiciclo [37]. D'altra parte, in entrambi i quadranti intermedi ciascuno di essi avrà il suo apside medio e allora soltanto il diametro dell'epiciclo sarà parallelo ad *AB*, mentre al contrario nelle posizioni di mezzo [tra i quadranti medi e l'apogeo e il perigeo] esso sarà perpendicolare ad *AB*. Per il resto andrà sempre accostandosi o allontanandosi da *AB*, cosa che si comprende facilmente come conseguenza dei moti stessi.

Di qui anche si dimostrerà che il pianeta, con questo moto composto, non descrive un circolo perfetto, secondo l'opinione degli antichi astronomi; tuttavia la differenza è insensibile. Sia tracciato ancora, infatti, il medesimo epiciclo con centro *B* e sia esso *KL* e, preso un quadrante del circolo *AG*, si abbia in *G* un epiciclo *HI*. Diviso per tre *CD*, sia *CM* un terzo di esso ed uguale a *GI*; e si uniscano poi *GC* e *IM*, che si intersechino in *Q*. Poiché dunque per ipotesi l'arco *AG* è simile all'arco *HI* e l'angolo al centro *ACG* è retto, è retto anche l'angolo *HGI*. E poiché sono uguali anche gli angoli opposti al vertice in *Q*, sono dunque equiangoli i triangoli *GIQ* e *QCM*, ma con i lati anche rispettivamente uguali, poiché per ipotesi la base *GI* è posta uguale alla base *CM*; e *QI* è maggiore di *GQ*, come anche *QM* è maggiore di *QC*, dunque tutto il segmento *IQM* è maggiore di tutto il segmento *GQC*. Ma *FM*, *ML*, *AC*, *CG* sono rispettivamente uguali; pertanto un circolo tracciato con centro in *M* per i punti *F* ed *L*, e quindi eguale al circolo *AB*, taglierà la linea *IM*.

[37] Durante l'emiciclo di movimento in cui l'epiciclo passa dall'apside più basso al più alto dell'eccentrico ed il pianeta passa dall'apogeo al perigeo dell'epiciclo, il moto sull'epiciclo s'aggiunge al moto sull'eccentrico; invece, durante il moto sull'emiciclo in cui l'epiciclo passa dall'apside più alto al più basso il moto sull'epiciclo si sottrae dal moto sull'eccentrico.

La stessa dimostrazione vale per il quadrante opposto. Il pianeta, dunque, attraverso moti uniformi dell'epiciclo nell'eccentrico e di sé stesso nell'epiciclo, non descrive un circolo perfetto, ma quasi, come dovevasi dimostrare [38].

Si descriva ora con centro in *D* il circolo annuo [l'orbita] della terra, il quale sia *NO*; si prolunghi *IDR* e si tracci inoltre *PDS*, parallela a *CG*; sarà dunque *IDR* la linea retta del moto vero del pianeta, *CG* la linea di quello medio ed uniforme, e in *R* sarà l'apogeo vero della terra rispetto al pianeta, in *S* quello medio. Pertanto l'angolo *RDS*, o *IDP*, è la differenza tra il moto uniforme e quello apparente di entrambi, cioè fra gli angoli *ACG* e *CDI*. Ma, in luogo dell'eccentrico *AB*, potremmo prendere l'omocentrico in *D*, uguale ad esso, come deferente dell'epiciclo, il cui raggio sia uguale a *DC*, e su questo stesso epiciclo ancora un altro epiciclo il cui diametro sia la metà di *CD*. Ora si muova il primo epiciclo da ovest a est, il secondo da est ad ovest, e su esso il pianeta sia volto da questo duplice moto: avverrà ugualmente ciò che abbiamo detto; né molto diversamente che per la luna, e sia anche in uno qualsiasi degli altri modi sopraddetti. Ma qui abbiamo scelto l'eccentrepiciclo, poiché restando esso sempre fra il sole e il centro *C*, si trova che *D* intanto è mutato, come si è mostrato nel caso delle apparenze solari. Ma in quanto le altre apparenze non s'accordano con questo mutamento, bisogna che ci sia nei pianeti una qualche irregolarità, la quale, per quanto sia piccola, si osserva tuttavia in Marte e Venere, come si vedrà a suo luogo [capp. 16 e 22].

Che pertanto queste ipotesi soddisfino le apparenze, dimostreremo ampiamente con le osservazioni, anzitutto riguardo a Saturno, Giove e Marte, in cui è importantissimo e assai difficile a trovarsi il luogo dell'apogeo e la distanza *CD* [eccentricità], poiché mediante essi si può dimostrare facilmente il resto. In questi casi dunque procederemo come per la luna,

[38] Questa deviazione della circolarità perfetta richiama la forma ellittica. Come osserva il Menzzer (trad. cit., nota 344, p. 48), Keplero s'è soffermato su questo capitolo nel libro I, cap. 4 della sua *Astronomia nova*, affermando: « Tolomeo avrebbe giustamente fatto obiezione a questo esorbitare del cammino planetario dalla perfezione del circolo: io non faccio obiezione ».

confrontando tre opposizioni solari, registrate dagli antichi, con altrettante recenti, opposizioni che i Greci chiamano brillii serotini e noi culminazioni della notte, quando cioè il pianeta, opposto al sole, incontra la linea retta del moto medio del sole, e si libera da ogni irregolarità introdotta dal moto della terra. Tali posizioni vengono determinate da osservazioni fatte con strumenti astrolabici (come sopra si è detto), calcolando anche le posizioni del sole finché non risulti che il pianeta sia giunto in opposizione ad esso.

Capitolo V

Dimostrazioni del moto di Saturno.

Cominciamo pertanto da Saturno, considerando tre opposizioni osservate anticamente da Tolomeo [39]. La prima fu nell'anno undicesimo di Adriano [40], nel settimo giorno del mese egizio di Mechyr [41], nella prima ora della notte. Essa si verificò nell'anno 127 di Cristo, il settimo giorno prima delle Calende d'aprile, [il 26 marzo], essendo trascorse 17 ore eguali [uniformi] dalla mezzanotte, al meridiano di Cracovia, che abbiamo trovato distare un'ora da quello di Alessandria. La posizione dell'astro fu calcolata dunque a 174° 40′ circa rispetto alla sfera delle stelle fisse, a cui riferiamo tutte queste osservazioni come al punto di partenza del moto uniforme, poiché il sole era allora, con il suo moto semplice, in opposizione a 354° 40′, dal corno dell'Ariete, preso come punto di inizio. La seconda opposizione avvenne nell'anno 17 di Adriano, il giorno 18 del mese di Epiphi secondo gli Egizi, nell'anno 133 di Cristo secondo i Romani, il giorno terzo

[39] Tolomeo, *Almagesto*, lib. XI, cap. 5.

[40] 21 nell'edizione di Varsavia.

[41] Così nel manoscritto (p. 152 r) e in tutte le edizioni (solo quella di Amsterdam reca in margine Pachon). Il testo dell'*Almagesto* ha Pachon ed il Mechyr di Copernico è probabilmente solo un errore di scrittura, poiché la trascrizione della data secondo il moto di datazione cristiano corrisponde ai dati del testo di Tolomeo.

prima delle None di giugno [il 3 giugno], undici [42] ore equatoriali dopo la mezzanotte, e trovò l'astro a 243° 3′ mentre il sole si trovava con il suo moto medio a 63° 3′, a quindici ore dalla mezzanotte. Tolomeo, infine, ci ha tramandato la terza nell'anno 20 sempre di Adriano, il 24 del mese di Mesori secondo gli Egizi, cioè nell'anno 136 di Cristo l'ottavo giorno avanti le Idi di luglio [8 luglio] alle ore 11, e similmente secondo il meridiano di Cracovia a 277° 37′, mentre il sole con il suo moto medio era a 97° 37′.

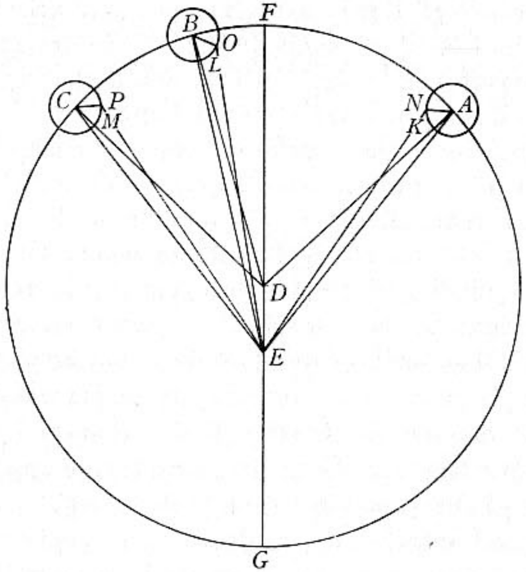
Il primo intervallo contiene dunque 6 anni, 70 giorni, 55 minuti [di giorno], durante i quali il pianeta si è mosso, secondo la vista, di 68° 23′, e il moto medio della terra rispetto al pianeta, che è il moto di commutazione, è di 352° 44′. Quindi quei 7° 16′ che mancano al circolo [360°] vanno aggiunti al moto medio del pianeta, cosicché esso è di 75° 39′. Il secondo intervallo è di 3 anni egizi, 35 giorni, 50 minuti [di giorno]. Il moto apparente del pianeta di 34° 34′, quello di commutazione di 356° 43′, da cui anche i 3° 17′ che mancano per fare 360° vanno aggiunti al moto apparente del pianeta, così che il suo moto medio è di 37° 51′.

Esaminati questi dati, si descriva il circolo eccentrico ABC del pianeta, il cui centro sia D, il diametro FDG, sul quale si trovi E, centro della grande orbita della terra. Sia poi A il centro dell'epiciclo nella prima culminazione notturna [opposizione], B nella seconda, C nella terza. Attorno ad essi si descriva lo stesso epiciclo, con raggio un terzo di DE, ed i centri A, B, C siano uniti a D e ad E con linee rette che incontreranno la circonferenza dell'epiciclo nei punti K, L, M; e si prendano l'arco KN simile ad AF, LO simile a BF, MP simile a FBC, e si traccino EN, EO, EP. L'arco AB misura dunque, secondo il calcolo, 75° 39′, l'arco BC 37° 51′, mentre l'angolo dell'apparenza [del moto apparente] NEO è 68° 23′ e l'angolo OEP 34° 34′. Il primo problema è ricercare le posizioni degli apsidi superiore ed inferiore, cioè dei punti

[42] Per conformità a quello che segue nel testo di Copernico il Menzzer (trad. cit., nota 347, p. 49) corregge l'« undici » in « quindici ».

F e *G* con la distanza *DE* tra i centri, senza cui non c'è la possibilità di distinguere il moto uniforme e quello apparente.

Ma anche qui si incontra una difficoltà non minore che nel sistema di Tolomeo [43], poiché se *NEO*, angolo dato, com-



prendesse l'arco dato *AB* e l'angolo *OEP* l'arco *BC*, già sarebbe aperta la porta alla dimostrazione di ciò che andiamo cercando. Ma l'arco noto *AB* sottende l'angolo ignoto *AEB* e, similmente, sotto l'arco noto *BC* si cela l'angolo ignoto *BEC*: ma era comunque necessario che i due archi fossero noti. Tuttavia, non si possono conoscere neppure le differenze angolari *AEN*, *BEO* e *CEP* se non siano prima noti *AF*, *FB* e *FBC*, archi simili a quelli dell'epiciclo, e dunque sono reciprocamente dipendenti, o per diventare noti o per restare ignoti. Gli antichi dunque, privi dei mezzi delle dimostrazioni, si sforzarono di giungere a posteriori e per vie tortuose a quei risultati cui non si poteva accedere direttamente e a priori. Così Tolomeo, nel tentativo di giungervi, con un lungo

[43] Tolomeo, *Almagesto*, lib. XI, cap. 5.

discorso si diffuse in una grande quantità di calcoli, che credo sia noioso e superfluo passare in rassegna, specialmente perché anche nei nostri calcoli che seguono stiamo per imitare lo stesso suo procedimento. Trovò, infine, nella ricapitolazione dei calcoli, che l'arco *AF* è di 57° 1', l'arco *FB* di 18° 37' e l'arco *FBC* di 56° 30'. La distanza fra i centri è di 6 parti e 50' essendo *DF* di 60 parti [44]; mentre nei nostri calcoli, essendo *DF* di 10.000 parti, la distanza tra i centri è di parti 1016 [45]. Di queste abbiamo preso i tre quarti *DE*, cioè 854 parti, il quarto restante, 285 parti, lo abbiamo assegnato all'epiciclo; e assunti ed adattati questi dati secondo la nostra ipotesi, dimostreremo che essi corrispondono alle apparenze osservate. Poiché nella prima opposizione si dà il lato *AD* del triangolo *ADE* pari a 10.000 parti, e *DE* a 854 parti, con *ADE* angolo supplementare di *ADF*, per i teoremi sui triangoli piani il lato *AE* risulta di 10.489 parti e gli angoli *DEA* di 53° 6' e *DAE* di 3° 55', misura secondo cui quattro retti fanno 360°; ma l'angolo *KAN*, uguale ad *ADF*, è di 57° 1': dunque l'intero angolo *NAE* è di 60° 56'. Quindi, nel triangolo *NAE* sono dati 2 lati, *AE* di 10.489 parti e *NA* di 285 parti, essendo *AD* 10.000 parti, con l'angolo *NAE*; si troverà anche l'angolo *AEN*, che è di 1° 22', e, per differenza, l'angolo *NED* di 51° 44', nella misura in cui quattro retti sono 360°.

Similmente nella seconda opposizione. Infatti, del triangolo *BDE* è dato il lato *DE* di 854 parti, essendone *BD* 10.000, insieme con l'angolo *BDE*, supplementare di *BDF*, di 161° 22'; risulterà dagli angoli e dai lati dati anche il lato *BE*, di 10.812 parti, essendone *BD* 10.000, e l'angolo *DBE* di 1° 27', e il restante *BED* di 17° 11'. Ma l'angolo *OBL*, uguale a *BDF*, era di 18° 36' [46]. Quindi l'intero angolo *EBO* è di 20° 5'.

[44] Tolomeo, *Almagesto*, lib. XI, cap. 6.

[45] Così nel manoscritto (p. 153 r) e nelle edizioni di Norimberga, Basilea, degli Zeller e dell'Accad. polacca. Quelle di Amsterdam, Varsavia e Thorn correggono giustamente in 1139.

[46] Così nel manoscritto (p. 153 v) e nelle edizioni di Thorn, degli Zeller e dell'Accad. polacca. Le prime tre edizioni avevano 18° 26'. Quella di Varsavia ha corretto giustamente in 18° 38': cfr. Menzzer, trad. cit., nota 357, p. 50.

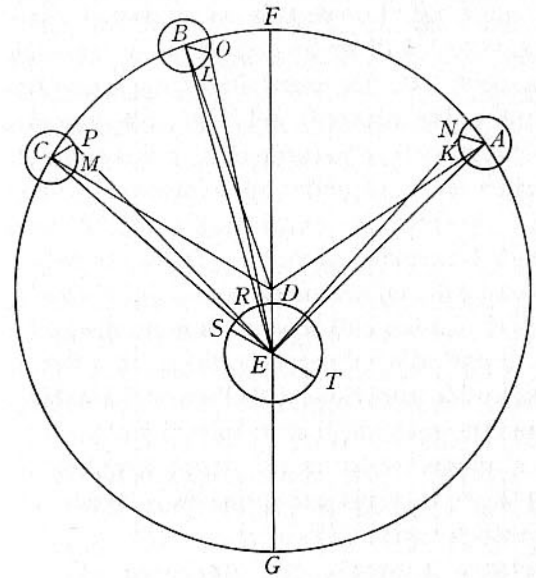
Così nel triangolo *EBO* sono dati 2 lati, *BE* di 10.812 e *BO* di 285 parti, con l'angolo *EBO*; si ha, grazie ai teoremi sui triangoli piani, l'angolo restante *BEO* di 32′; pertanto l'angolo *BED* resta di 16° 39′.

Anche nella terza opposizione sono dati 2 lati, *CD* e *DE* come prima, del triangolo *CDE* e l'angolo *CDE* di 56° 29′; per il quarto teorema sui triangoli piani sono dati la base *CE* pari a 10.512 parti, essendone *CD* 10.000, l'angolo *DCE* di 3° 53′ e il rimanente angolo *CED* di 52° 36′. L'intero angolo *ECP* risulta dunque di 60° 22′, nella misura in cui 4 retti sono 360°. Così anche sono dati 2 lati del triangolo *ECP*, con l'angolo *ECP*: è dato anche l'angolo *CEP* di 1° 22′, e quindi anche, per sottrazione, l'angolo *PED* di 51° 14′. Così, l'intero angolo del moto apparente *OEN* assomma a 68° 23′ e l'intero angolo *OEP* a 34° 35′, concordemente alle osservazioni. Ed *F*, la posizione dell'apside superiore dell'eccentrico, raggiunge 226° 20′ a partire dalla testa dell'Ariete; ed aggiungendo a questi gradi i 6° 40′ della precessione dell'equinozio di primavera esistente a quel tempo, tale posizione giungerà a 23° dello Scorpione, secondo il parere di Tolomeo. Infatti, la posizione del pianeta in questa terza opposizione (come già si è detto) era di 277° 14′; togliendo da essi 51° 14′, cioè l'angolo *PDF* del moto apparente, come si è dimostrato, resta la posizione stessa dell'apside superiore di 226° 23′ [47].

Si tracci ora anche il circolo annuale *RST* della terra, che incontrerà la linea *PE* nel punto *R* e si tracci il diametro *SET*, parallelo a *CD* linea del moto medio del pianeta. Pertanto, essendo eguali gli angoli *SED* e *CDF*, l'angolo *SER* di 5° 16′ sarà la differenza e la prostaferesi fra il moto apparente e quello medio, cioè fra gli angoli *CDF* e *PED*. E la stessa differenza c'è fra il moto medio e quello vero di commutazione, differenza che, tolta dalla semicirconferenza, dà l'arco *RT* di 174° 44′ e, con esso, il moto uniforme di commutazione a partire dal punto *T*, cioè dalla congiunzione media del sole e del pianeta fino a questa terza culmina-

[47] Così nel manoscritto e in tutte le edizioni. Quindi il valore 277° 14′ andrebbe corretto in 277° 37′.

zione notturna, ossia opposizione vera della terra [48] e del pianeta. Abbiamo pertanto, alla data di questa osservazione, cioè l'anno ventesimo dell'impero di Adriano, vale a dire



l'anno 136 di Cristo, l'8 luglio alle ore 11 dopo mezzanotte, l'anomalia di Saturno di 56° 30′ dall'apside superiore dell'eccentrico, e il moto di commutazione medio di 174° 44′: il che era opportuno dimostrare per quello che segue.

Capitolo VI

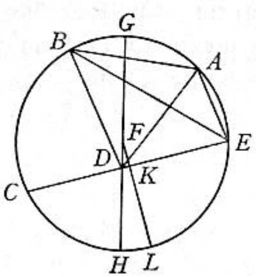
Le altre tre osservazioni fatte più recentemente sulle opposizioni di Saturno.

Ora, poiché il computo del moto di Saturno trasmessoci da Tolomeo discorda non poco dai nostri tempi e non si può subito capire dove si nasconda l'errore, siamo stati indotti a

[48] Così nel manoscritto e in tutte le edizioni. Ma è evidente che a « terra » va sostituito « sole »: cfr. Menzzer, trad. cit., nota 358, p. 50.

fare nuove osservazioni, da cui abbiamo appreso ancora tre culminazioni notturne del pianeta. La prima avvenne il terzo giorno prima delle None del maggio [5 maggio] 1514, un'ora e 12 minuti prima della mezzanotte, e in essa Saturno venne trovato a 205° 24′. La seconda avvenne nel 1520, il terzo giorno avanti le Idi di luglio [13 luglio] a mezzogiorno, con Saturno a 273° 25′. La terza il sesto giorno prima delle Idi di ottobre [10 ottobre] del 1527, alle ore 6 e 24 minuti dopo mezzanotte, e Saturno era a 7′ dal corno dell'Ariete. Tra la prima e la seconda opposizione ci sono pertanto 6 anni egizi 70 giorni 33 minuti [di giorno], nei quali il moto apparente di Saturno è di 68° 1′. Dalla seconda alla terza ci sono 7 anni egizi 89 giorni 46 minuti [di giorno], e il moto apparente del pianeta è di 86° 42′. Il moto medio è nel primo intervallo di 75° 39′; nel secondo di 88° 29′. Pertanto, nella ricerca dell'apside superiore e dell'eccentricità bisogna anzitutto procedere, secondo il principio di Tolomeo [49], come se il pianeta si muovesse su un eccentrico semplice. E, sebbene questo non basti, tuttavia per approssimazione raggiungeremo più facilmente la verità.

Sia pertanto il circolo *ABC* quello su cui il pianeta si muove uniformemente, e sia nel punto *A* la prima opposizione, in *B* la seconda, in *C* la terza; e si prenda il punto *D* come centro della terra, al quale si traccino le linee *AD*, *BD*, *CD*; uno qualsiasi di questi segmenti sia prolungato in linea retta sino alla parte opposta della circonferenza, come ad esempio *CDE*, e si traccino *AE* e *BE*. Pertanto, poiché è dato l'angolo *BDC* di 86° 42′, nella misura in cui due retti al centro fanno 180°, l'angolo rimanente *BDE* sarà di 93° 18′; ma, nella misura in cui due retti fanno 360°, *BDE* sarà di 186° 36′, e l'angolo *BED*, che contiene l'arco *BC*, di 88° 29′. Il rimanente angolo *DBE* sarà di 84° 55′. Dunque, del trian-



[49] Tolomeo, *Almagesto*, lib. X, cap. 7.

golo *BDE* sono dati i lati, secondo la tavola, essendo dati gli angoli, e cioè: *BE* di 19.953 parti, e *DE* di 13.501 parti, di cui il diametro della circonferenza circoscritta al triangolo ne misura 20.000.

Similmente per il triangolo *ADE*, poiché è dato l'angolo *ADC* di 154° 43′, nella misura in cui due retti sono 180°, il suo supplementare *ADE* è di 25° 17′; ma nella misura in cui due retti fanno 360° esso sarà di 50° 34′, essendo poi *AED*, che comprende l'arco *ABC*, di 164° 8′, ed il restante angolo *DAE* di 145° 18′: sono noti quindi i lati: *DE* di 19.090 parti, ed *AE* di 8542 parti, di cui il diametro della circonferenza circoscritta al triangolo *ADE* ne misura 20.000. Ma se *DE* ne misurerà 13.501, *AE* sarà di 6043 e *BE* di 19.953. Quindi ánche nel triangolo *ABE* sono dati questi due lati, *BE* ed *EA*, con l'angolo *AEB*, che risulta di 75° 39′, comprendendo l'arco *AB*; pertanto, secondo i teoremi sui triangoli piani, *AB* è di 15.647 parti, essendo *BE* di 19.968. In base poi al fatto che la corda *AB*, che sottende l'arco dato, è di 12.266 parti, di cui il diametro dell'eccentrico ne misura 20.000, *EB* sarà di 15.664 e *DE* di 10.599 parti. Mediante la corda *BE* è dato l'arco *BAE* di 103° 7′; quindi, tutto l'arco *EABC* sarà di 191° 36′ e il rimanente arco *CE* di 168° 24′ e mediante esso la corda *CDE* risulta di 19.898 parti, e il resto *CD* di 9299 parti. È ormai chiaro che se la corda *CDE* fosse il diametro dell'eccentrico, cadrebbero su di essa le posizioni degli apsidi, il più alto e il più basso, e sarebbe palese la distanza fra i centri; ma, poiché l'arco *EABC* è maggiore, il centro sarà dentro di esso.

Sia esso *F*, attraverso il quale e attraverso *D* si prolunghi il diametro *GFDH*, e si tracci *FKL* perpendicolare a *CDE*. È chiaro allora che il rettangolo di lati *CD* e *DE* è uguale a quello di lati *GD* e *DH*. Ma il rettangolo *GD*, *DH* con il quadrato di lato *FD* è uguale al quadrato della metà di *GDH*, cioè di *FDH*; tolto pertanto il quadrato della metà del diametro dal rettangolo che è formato da *GD* e *DH*, oppure dal rettangolo eguale di *CD* e *DE*, resterà il quadrato di *FD*. Sarà dunque data la lunghezza del segmento *FD*, che è di 1200 parti, essendone il raggio 10.000. Ma considerando *GF* di

60 parti, *FD* sarebbe 7 parti e 12 primi, misura poco distante da quella di Tolomeo [50]. Poiché invero *CDK* è la metà dell'intero *CDE*, e quindi di 9949 parti, e si è già dimostrato che *CD* è di 9299 parti, il resto *DK* è di 650 parti, essendone *GF* 10.000 e *FD* 1200; ma considerando che *FD* misuri 10.000 parti, *DK* ne sarà 5411 e, essendo questa la misura della metà della corda che sottende il doppio dell'angolo *DFK*, l'angolo stesso risulta di 32° 45′, secondo la misura in cui quattro retti sono 360°. E come angolo al centro sottende sulla circonferenza l'arco simile *HL*. Ma tutto l'arco *CHL*, che è metà dell'arco *CLE*, è di 84° 13′; quindi, per differenza, l'arco *CH*, che è la distanza della terza opposizione dal perigeo, è di 51° 28′, quantità che tolta dal semicerchio dà come resto l'arco *CBF* [51] di 128° 32′, dall'apside superiore alla terza opposizione. E poiché l'arco *CB* è di 88° 29′, l'arco *BF* [52], che risulta dalla sua detrazione da *CBG*, sarà di 40° 3′, dall'apside superiore alla seconda opposizione. Quindi l'arco seguente *BGA*, di 75° 39′, dà [togliendogli *BG*] l'arco *AF* [53] di 35° 36′, dalla prima opposizione all'apogeo *F* [54].

Si abbia ora un cerchio *ABC*, il cui diametro sia *FDEG*, il centro *D*, l'apogeo *F*, il perigeo *G*, l'arco *AF* di 35° 36′, l'arco *FB* di 40° 3′ e l'arco *FBC* di 128° 32′. Si prendano poi i tre quarti della distanza *DE* dei centri, già dimostrata, cioè 900 parti, ed il quarto restante, di 300 parti, essendo il raggio 10.000 parti; e, con il raggio pari a quel quarto, si descriva l'epiciclo nei centri *A*, *B*, *C*, e si completi la figura secondo l'ipotesi assunta. Così disposte le cose, se vorremo spiegare le posizioni osservate di Saturno nel modo sopra ricordato e che ora va tosto ripetuto, troveremo qualche discrepanza. E per parlare sbrigativamente, non gravare più

[50] Cfr. *Almagesto*, lib. XI, cap. 6. La misura, già riportata da Copernico nel capitolo precedente, è di 6 parti e 50 primi.

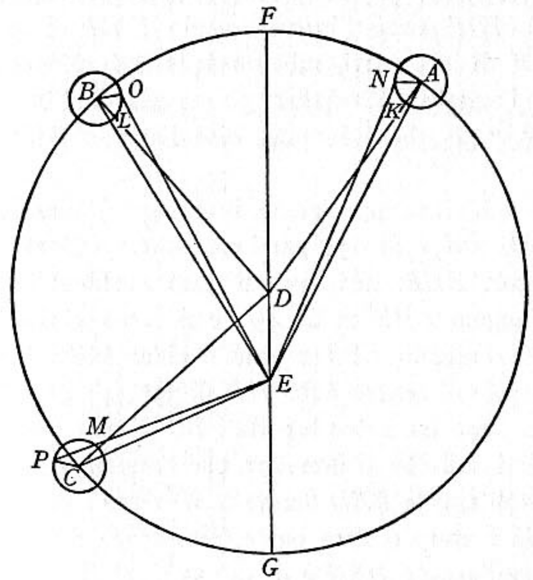
[51] L'edizione di Thorn corregge giustamente in *CBG*. Nel manoscritto (p. 155 v) la *F* è una correzione della *G*.

[52] Così nel manoscritto (p. 155 v) e nelle relative edizioni. Le edizioni di Varsavia e di Thorn correggono in *BG*.

[53] L'edizione di Thorn corregge in *AG*.

[54] L'edizione di Thorn corregge: *G*.

il lettore e non sembrare che ci siamo adoperati più ad indicare vie contorte che a mostrare direttamente la via retta, queste considerazioni inducono necessariamente, mediante le



dimostrazioni sui triangoli, a determinare l'angolo *NEO* di 67° 35′ e l'angolo *OEM* [55] di 87° 12′; ma *OEM* è maggiore dell'angolo apparente di mezzo grado ed *NEO* è minore di 26′. Sappiamo allora che essi corrisponderanno tra loro solo se, spostato un poco l'apogeo, porremo l'arco *AF* di 38° 50′, l'arco *FB* di 36° 49′ e l'arco *FBC* di 125° 18′: ed anche la distanza *DE* pari a 854 parti e il raggio dell'epiciclo pari a 285 parti, misurandone *FD* 10.000. E questi dati quasi concordano con quelli di Tolomeo [56], come più su si è esposto. Che queste grandezze si accordino con le apparenze e con le tre opposizioni notturne osservate, risulterà infatti chiaro, poiché, nella prima opposizione, del triangolo *AED* è dato il lato *DE* di 854 parti, essendone *AD* 10.000, e l'angolo *ADE*

[55] Così nel manoscritto (p. 155 v) e nelle edizioni più recenti. Nelle edizioni sino a quella di Varsavia inclusa: *OEN*.

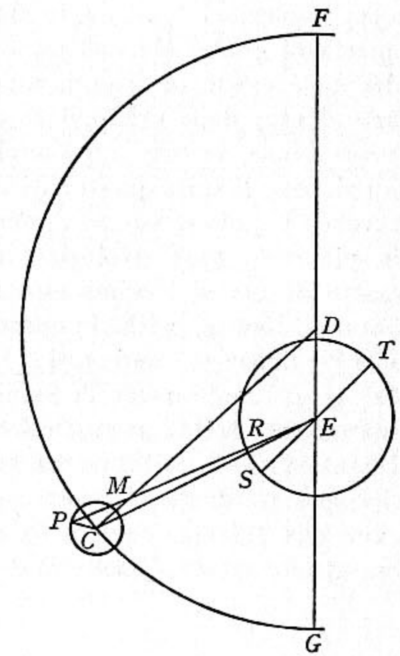
[56] Tolomeo, *Almagesto*, lib. XI, cap. 6.

di 141° 10′, supplementare di *ADF*. Di qui si computa il lato restante, *AE*, pari a 10.679 parti, essendone *FD* 10.000. E gli angoli rimanenti sono *DAE* di 2° 52′, e *DEA* di 35° 58′. Similmente, poiché nel triangolo *AEN*, l'angolo *KAN* è uguale all'angolo *ADF*, sarà l'intero angolo *EAN* di 41° 42′, e il lato *AN* di 285 parti, misurandone *AE* 10.679; si dimostrerà che l'angolo *AEN* è di 1° 3′; ma essendo l'intero angolo *DEA* di 35° 58′, la differenza, cioè l'angolo *DEN*, sarà di 34° 55′.

Anche nell'altra opposizione, il triangolo *BED* ha due lati dati, infatti *DE* è di 854 parti essendone *DB* 10.000, ed è dato l'angolo *BDE*: sarà quindi dato anche il lato *BE* di 10.697, l'angolo *DBE* di 2° 45′, e il terzo angolo *BED* di 34° 4′. Ma l'angolo *LBO* è uguale all'angolo *BDF*, quindi l'intero angolo al centro *EBO* sarà di 39° 34′. Questo angolo, poi, è compreso fra i due lati dati *BO* di 285 parti e *BE* di 10.697 parti, dal che si dimostra che l'angolo *BEO* è di 59′, che tolti dall'angolo *BED* danno come resto l'angolo *OED* di 33° 5′. Già è stato d'altra parte dimostrato che nella prima opposizione l'angolo *DEN* è di 34° 55′; quindi tutto l'angolo *OEN* sarà di 68°: e questo è l'angolo sotto il quale apparve la distanza fra la prima e la seconda opposizione secondo le osservazioni.

Similmente si dimostrerà riguardo alla terza opposizione. Poiché del triangolo *CDE* sono dati l'angolo *CDE* di 54° 42′ e i lati *CD* e *DE* (già trovati) mediante i quali si dimostra che il terzo lato *EC* è 9532 delle stesse parti, e i rimanenti angoli sono *CED* di 121° 5′, *DCE* di 4° 13′; quindi tutto l'angolo *PCE* è di 129° 31′. Così, di nuovo, del triangolo *EPC* sono dati due lati *PC* e *CE* con l'angolo *PCE*: dal che risulta che l'angolo *PEC* è di 1° 18′; e tolto questo angolo da *CED*, si ha l'angolo *PED* di 119° 47′, dall'apside superiore dell'eccentrico alla posizione del pianeta nella terza opposizione. Si è d'altra parte mostrato che alla seconda opposizione vi erano 33° 5′: restano dunque fra la seconda e la terza opposizione di Saturno 86° 42′, che concordano del tutto con le osservazioni. Del resto, si era trovato con l'osservazione che la posizione di Saturno era ad 8′ a partire dalla prima stella dell'Ariete, e da questa all'apside inferiore dell'eccentrico si calcolarono 60° 13′: dunque l'apside inferiore è a 60° e un terzo circa, e la posizione dell'apside superiore è diametralmente opposta a 240° e un terzo.

Si descriva ora la grande orbita della terra *RST*, con il centro in *E*, il cui diametro *SET* sia parallelo a *CD*, la linea del moto medio (facendo gli angoli *FDC* e *DES* rispettivamente uguali). Pertanto la terra e il nostro punto di vista saranno su la linea *PE*, ad esempio nel punto *R*; ma l'angolo *PES*, o l'arco *RS*, di cui l'angolo *FDC* differisce dall'angolo *DEP*, l'angolo del moto uniforme da quello del moto apparente, si è dimostrato essere di 5° 31′, che, tolti dal semicerchio, danno come resto l'arco *RT* di 174° 29′, che è la distanza del pianeta dall'apogeo *T* del circolo terrestre, come dalla posizione media del sole. E così abbiamo dimostrato che nell'anno di Cristo 1527, il sesto giorno prima delle Idi di ottobre [10 ottobre] alle ore 6 e 24 minuti il moto dell'anomalia di Saturno fu, dall'apside superiore dell'eccentrico, di 125° 18′, mentre il moto di commutazione era di 174° 29′ e la posizione dell'apside superiore a 240° 21′ a partire dalla prima stella dell'Ariete nella sfera delle stelle fisse.



Capitolo VII

Sullo studio del moto di Saturno.

Si è del resto mostrato che Saturno al tempo dell'ultima delle tre osservazioni di Tolomeo si trovava, secondo il suo moto di commutazione, a 174° 44', e che la posizione dell'apside superiore dell'eccentrico era di 226° 23' a partire dalla testa della costellazione dell'Ariete. È chiaro dunque che nell'intervallo tra le due osservazioni [57] Saturno ha compiuto 1344 rivoluzioni delle sue commutazioni uniformi, meno un quarto di grado. Ma dall'anno 20 di Adriano, il giorno 24 del mese egizio di Mesori, un'ora prima del mezzogiorno, fino al 1527 dopo Cristo, il 10 ottobre, alle ore 6, di questa osservazione, vi sono 1392 anni egizi, 75 giorni, 48 minuti [di giorno]. E se da questi dati volessimo calcolare secondo la tavola [58] il moto stesso, troveremmo similmente 359° 48' [45'] in più delle 1343 rivoluzioni di commutazione. Quindi è esatto ciò che si è prima esposto riguardo ai moti medi di Saturno. Inoltre, poiché in questo tempo il moto semplice del sole [59] è di 82° 30', se da essi si tolgono 359° e 45', restano gli 82° 45' del moto medio di Saturno che già sono in più della sua quarantasettesima rivoluzione, in accordo con il calcolo. Intanto anche la posizione dell'apside superiore dell'eccentrico si è spostata di 13° 58', sotto la sfera delle stesse fisse, posizione che Tolomeo credeva egualmente immutabile, ma che ora appare spostarsi, nel giro di 100 anni, di circa un grado.

Capitolo VIII

La determinazione delle posizioni di Saturno.

D'altra parte, dal primo anno dell'èra volgare all'anno 20 di Adriano giorno 24 del mese di Mesori, un'ora prima di mezzogiorno, data dell'osservazione di Tolomeo, vi sono 135

[57] La terza osservazione di Tolomeo e la terza osservazione di Copernico.
[58] Cfr. il cap. 1 del libro V.
[59] Cfr. il cap. 14 del libro III.

anni egizi, 222 giorni, 27 minuti [di giorno], durante i quali il moto di commutazione di Saturno è di 328° 55', che, tolti da 174° 44', danno per resto 205° 49' quale posizione della distanza del luogo medio del sole da quello medio di Saturno, e quale suo moto di commutazione alla mezzanotte delle Calende di gennaio. Fino a questa posizione, a partire dalla prima Olimpiade, 775 anni egizi, 12 giorni e 12 ore comprendono un moto, oltre alle rivoluzioni complete, di 70° 55', che, tolti da 205° 49', danno come resto 134° 54', cioè la posizione a mezzogiorno del primo dì del mese di Ecatombeone, l'anno della prima Olimpiade. Quindi, dopo 451 [60] anni e 247 giorni, tolte le orbite complete, ci sono 13° 7', che aggiunti ai precedenti dànno, all'epoca di Alessandro Magno, la posizione a 148° 1', al mezzogiorno del primo giorno del mese egizio di Thoth. E fino all'epoca di Cesare ci sono poi 278 anni, 118 giorni e 12 ore, e il moto è di 247° 20', determinando in tal modo la posizione a 35° 21', alla mezzanotte delle Calende di gennaio.

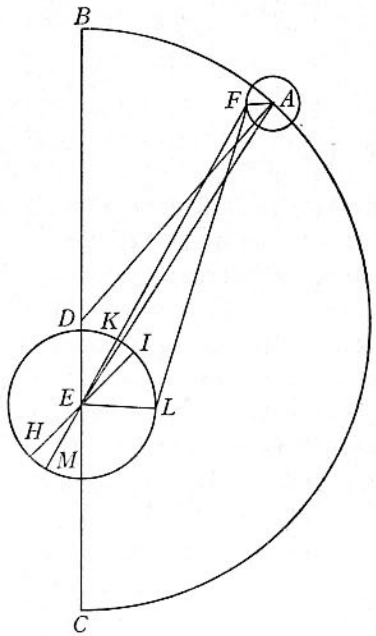
Capitolo IX

Le commutazioni [parallassi] di Saturno che provengono dal circolo annuo della terra, e quale sia la sua distanza [dalla terra].

In tal modo sono stati dimostrati i moti uniformi in longitudine di Saturno insieme a quelli apparenti. Infatti, gli altri movimenti apparenti che esso rivela sono (come già dicemmo) commutazioni [parallassi] provenienti dal circolo annuo della terra, poiché come la grandezza della terra rispetto alla distanza della luna determina delle parallassi, così anche il circolo su cui essa si muove annualmente deve causare [delle parallassi] rispetto ai cinque pianeti, ma assai più evidenti a causa della sua ampiezza. Del resto, queste commutazioni

[60] Così nel manoscritto (p. 157 v) e nelle edizioni di Amsterdam, Varsavia, degli Zeller e dell'Accad. polacca. In quelle di Norimberga, Basilea e Thorn, invece, 351.

non si possono esplicare, se non sia nota prima l'altezza del pianeta, che tuttavia è possibile conoscere con l'osservazione di una qualsiasi commutazione. Riguardo a Saturno abbiamo fatto tale osservazione nell'anno 1514 alle ore 5 del sesto giorno avanti le Calende di Marzo [25 febbraio]. Infatti, Saturno fu visto allineato con le stelle che sono nella fronte dello Scorpione, cioè la seconda e la terza [le stelle δ e π dello Scorpione] che, avendo la stessa longitudine, sono a 209° della sfera delle stelle fisse. Mediante esse si rivelò dunque la posizione di Saturno. D'altra parte, dal primo anno di Cristo a tale ora, vi sono 1514 anni egizi, 77 giorni, 13 minuti [di giorno]: e la posizione media del sole è, secondo il calcolo, all'incirca a 315° 41′, l'anomalia della commutazione di Saturno a 116° 31′ e perciò la posizione media di Saturno a 199° 10′ e quella dell'apside superiore dell'eccentrico a 240° 20′ [61] circa.



Sia ora, come in precedenza, *ABC* il circolo eccentrico, il cui centro sia *D*, e sul diametro *BDC* sia *B* l'apogeo, *C* il perigeo, *E* il centro del circolo [orbitale] terrestre; si uniscano *AD* e *AE* e, fatto centro in *A*, con raggio un terzo di *DE*, si tracci l'epiciclo in cui *F* sia la posizione del pianeta, essendo l'angolo *DAF* eguale all'angolo *ADB*. E per il centro *E* del circolo terrestre si tracci *HI*, come se fosse sullo stesso piano del circolo *ABC*, diametro parallelo ad *AD*, in modo che,

[61] Cfr. il capitolo 6 del libro V. Il valore di 199° 10′, nel manoscritto (f. 158) e nella edizione degli Zeller è sostituito in quella dell'Accad. polacca da 119° 10′, forse per errore di stampa.

rispetto al pianeta, l'apogeo del circolo [orbitale] sia in *H* e il perigeo in *I*. Si prenda poi su tale circolo l'arco *HL* di 116° 31′, secondo il calcolo dell'anomalia della commutazione, e si traccino *FL*, *EL*, e *FKEM* intersechi, prolungata, ambedue le semicirconferenze del circolo [orbitale]. Poiché dunque l'angolo *ADB* è di 40° 10′ [in realtà 41° 10′], cioè quanto è l'angolo *DAF* per ipotesi, e il supplementare *ADE* è di 138° 50′, e *DE* è di 854 parti, misurandone *AD* 10.000, si dimostra da ciò che nel triangolo *ADE* il terzo lato *AE* è di 10.667, l'angolo *DEA* di 38° 9′, e il restante angolo *EAD* di 3° 1′. Quindi l'intero angolo *EAF* è di 44° 11′. Così, ancora, nel triangolo *FAE* sono dati il lato *FA* di 285 parti ed *AE* [di 10.667]: si dimostrerà che il lato restante *FKE* è 10.465 delle stesse parti, e l'angolo *AEF* di 1° 5′.

È quindi manifesto che tutta la differenza o prostaferesi fra la posizione media e quella vera del pianeta è di 4° 6′, dati dalla somma degli angoli *DAE* ed *AEF*. Perciò, se la posizione della terra fosse stata in *K* o in *M*, Saturno sarebbe apparso a 203° 16′ dalla costellazione dell'Ariete, come se fosse visto dal centro *E* [del circolo orbitale]. Ma, poiché la terra era in *L*, esso fu visto a 209°. I 5° 44′ di differenza sono di commutazione, secondo l'angolo *KFL*. Ma, poiché l'arco *HL*, calcolato secondo il moto uniforme, è di 116° 31′, da cui, tolta la prostaferesi *HM*, resta l'arco *ML* di 112° e 25′, tutto l'arco restante *LIK* è di 67° 31′, e tale anche risulta la misura dell'angolo *KEL*. Perciò il triangolo *FEL*, di angoli dati, ha come dato anche il rapporto dei lati; per cui, essendo *EF* 10.465 [62], *EL* risulta di 1090 di tali parti, misurandone *AD* o *BD* 10.000: ma, considerando *BD* secondo l'uso degli antichi di 60 parti, *EL* sarà pari a 6 parti e 32 minuti, il che certo è poco diverso da quanto ci ha tramandato Tolomeo [63]. Quindi tutto *BDE* è 10.854 parti, e il resto del diametro *CE* è 9146 parti. Ma, poiché l'epiciclo quando è in *B* toglie sempre 285 parti all'altezza del pianeta, mentre in

[62] Così nel manoscritto (p. 158 v), correggendo un precedente 100.465, mediante una sbarretta sul primo 0. Tale sbarretta fu letta come 1, e così nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, si legge 110.465.

[63] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. XI, cap. 6: 6 parti e 30 minuti.

C ne aggiunge altrettante, cioè a dire la metà del suo diametro [il raggio], sarà perciò la distanza massima di Saturno dal centro *E* 10.569 parti, la minima invece 9431 parti, considerando *BD* pari a 10.000 parti. Secondo questo rapporto, Saturno è all'apogeo a 9 parti e 42 minuti di altezza, misurando una parte il raggio del circolo [orbitale] terrestre, mentre al perigeo è a 8 parti e 39 minuti. Quindi si possono ormai chiaramente conoscere le maggiori commutazioni di Saturno nel modo esposto riguardo a quelle piccole concernenti la luna. Trovandosi Saturno all'apogeo ci sono al massimo 5° 55′ di commutazione, mentre al perigeo vi sono al minimo 6° 39′; differiscono fra loro le due commutazioni di 44′, misuranti gli angoli con le linee provenienti dal pianeta nei punti di contatto con il circolo [orbitale]. In questo esempio si ritrova ogni variazione particolare del moto di Saturno, che in seguito esporremo assieme e congiuntamente con quelle dei cinque pianeti.

Capitolo X

Dimostrazioni del moto di Giove.

Dopo aver trattato di Saturno, ci varremo anche riguardo al moto di Giove dello stesso metodo ed ordine dimostrativo, richiamando dapprima tre posizioni presentate e dimostrate da Tolomeo[64], che ricostruiremo mediante la modificazione prima mostrata dei circoli, o perfettamente identiche o non molto differenti. La prima tra le opposizioni [solari] avvenne nell'anno 17 di Adriano, nel mese egizio di Epiphi, un'ora prima della mezzanotte a 23° 11′, come egli dice, dello Scorpione; ma, tolta la precessione degli equinozi, a 226° 33′. Egli registrò la seconda nell'anno 21 di Adriano, nel mese egizio di Phaophi, il giorno 13, due ore prima della mezzanotte, a 6° 54′ dei Pesci [in realtà, 7° 54′]; ma, rispetto alla sfera delle stelle fisse, a 331° 16′. La terza nell'anno primo

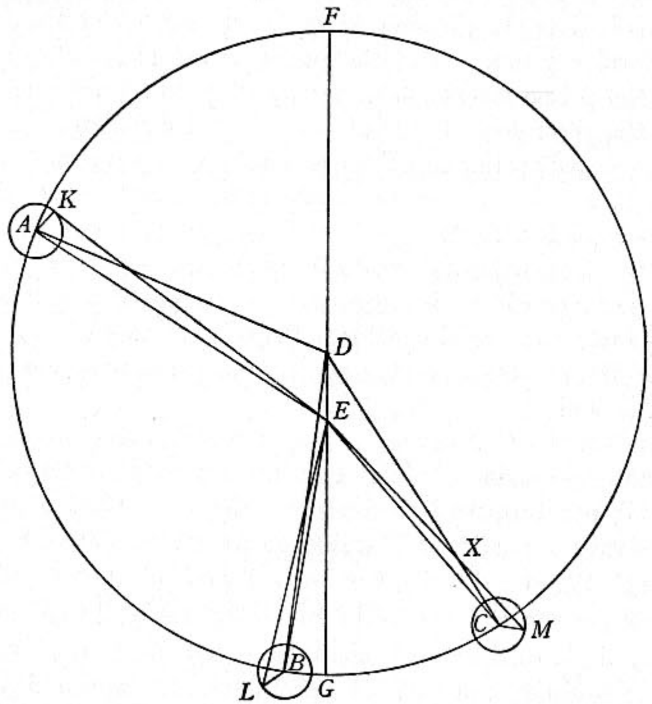
[64] Tolomeo, *Almagesto*, lib. XI, cap. 1.

di Antonino, nel mese di Athyr, la notte successiva al giorno 20, alle 5 dopo la mezzanotte, a 7° 45′ della sfera delle stelle fisse.

Vi sono, dunque, dalla prima alla seconda opposizione 3 anni egizi, 106 giorni, 23 ore e il moto apparente dell'astro è di 104° 43′. Dalla seconda alla terza vi è un anno, 37 giorni e 7 ore, e il moto apparente del pianeta è di 36° 29′. Nel primo intervallo di tempo il moto medio è di 99° 55′. Nel secondo è di 33° 26′. Trovò poi che l'arco dell'eccentrico dall'apside superiore alla prima opposizione era di 77° 15′, e successivamente, quello dalla seconda opposizione all'apside inferiore di 2° 50′, e di qui alla terza di 30° 36′. Inoltre, l'eccentricità di tutto il cerchio era 5 parti e 30 minuti se si considera il raggio pari a 60 parti; essa misura invece 917 parti se si considera tutto il raggio pari a 10.000 parti; dati che corrispondono tutti approssimativamente alle osservazioni.

Sia ora *ABC* il circolo il cui arco *AB*, dalla prima alla seconda opposizione, misuri i suddetti 99° 55′, e l'arco *BC* 33° 26′; per il centro *D* si conduca il diametro *FDG*, di modo che siano, a partire dall'apside superiore *F*, l'arco *FA* di 77° 15′, l'arco *FAB* di 177° 10′ e l'arco *GC* di 30° 36′. Si indichi poi con *E* il centro del circolo terrestre ed i tre quarti di 917 sia la distanza *DE*, che misura così 687 parti; e con il quarto restante, 229 parti, si tracci l'epiciclo intorno ai punti *A*, *B*, *C* e si traccino *AD*, *BD*, *CD*, *AE*, *BE*, *CE*, e negli epicicli *AK*, *BL*, *CM*, cosicché gli angoli *DAK*, *DBL*, *DCM* siano uguali agli angoli *ADF*, *FDB*, *FDC*; e infine *K*, *L*, *M* siano uniti anch'essi con linee rette al punto *E*. Poiché dunque del triangolo *ADE* è dato l'angolo *ADE* di 102° 45′, e poiché è dato *ADF* e il lato *DE* di 687 parti, essendone *AD* 10.000, risulterà anche il terzo lato *AE* di 10.174 delle stesse parti, l'angolo *EAD* di 3° 48′ e il restante angolo *DEA* di 73° 27′; e tutto l'angolo *EAK* è di 81° 3′. Pertanto anche nel triangolo *AEK* dai due lati dati, *EA* di 10.174 parti, *AK* di 229 delle stesse parti, e dall'angolo dato *EAK*, risulterà l'angolo *AEK* di 1° 17′. Di qui, per sottrazione si avrà anche l'angolo *KED* di 72° 10′.

Similmente si procederà nel triangolo *BED*. Restano infatti sempre rispettivamente uguali ai precedenti i lati *BD* e *DE*; ma l'angolo *BDE* è dato, di 2° 50′: risulta dunque la base



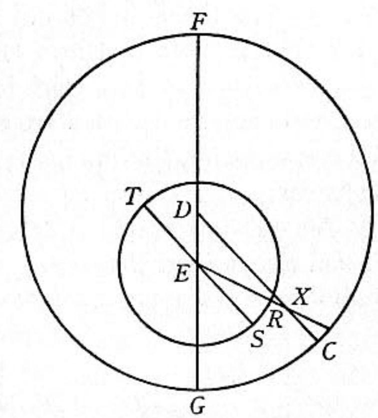
BE di 9314 parti, misurandone *DB* 10.000, e l'angolo *DBE* di 1° 12′ [65]. E così di nuovo nel triangolo *ELB* sono dati 2 lati e l'angolo *EBL* di 177° 22′; si avrà anche l'angolo *LEB*, di 4′. Tolti all'angolo *FDB* 16′, restano 176° 54′, quanti ne misura l'angolo *FEL*, togliendo dal quale l'angolo *KED* di 72° 10′, restano 104° 44′, che sono la misura, quasi congruente con l'osservazione, dell'angolo *KEL* del moto apparente fra la prima e la seconda osservazione.

Similmente, nella terza opposizione, mediante il triangolo *CDE*, con i lati dati *CD* e *DE*, e con l'angolo *CDE* di 30° 36′, si avrà la base *EC* di 9410 parti, e l'angolo *DCE* di 2° 8′.

[65] L'edizione di Thorn corregge 12′ (e cancella 1°).

Donde l'angolo *ECM* risulta di 147° 44′ [66], nel triangolo *ECM*; e perciò l'angolo *CEM* è di 39′, e quello esterno *DXE*, uguale alla somma degli interni opposti *ECX* e *CEX*, è di 2° 47′, che sono i gradi di cui *DEM* è minore dell'angolo *FDC*, cosicché il supplementare *GEM* è di 33° 23′ e, per addizione, l'angolo *LEM* è di 36° 29′, che è la distanza, in accordo con le osservazioni, dalla seconda alla terza opposizione. Ma poiché questa terza opposizione si era trovata a 7° 45′ ad est dell'apside inferiore di 33° 23′ (come si è mostrato), la posizione dell'apside superiore risulta da quello che manca del semicerchio, cioè a 154° 30′ [in realtà, 154° 22′] nella sfera delle stelle fisse.

Si tracci ora intorno ad *E* il circolo annuo della terra *RST*, con il diametro *SET*, parallelo alla linea *DC*. Si è già trovato del resto che l'angolo *GDC* è di 30° 36′, e che ad esso è uguale l'angolo *GES*, e che l'angolo *DXE*, o quello ad esso uguale *RES* o l'arco *RS*, è di 2° 47′, la distanza del pianeta dal perigeo medio del circolo orbitale. Quindi, sommando, l'arco *TSR*, cioè la distanza dall'apside superiore del circolo orbitale, risulta di 182° 47′. E con ciò si conferma che nel momento della terza opposizione, registrata nell'anno primo di Antonino, il giorno 20 del mese egizio



di Athyr, cinque ore dopo la mezzanotte, il pianeta Giove era, secondo l'anomalia di commutazione, a 182° 47′. La sua posizione regolare, in longitudine, era a 4° 58′ e la posizione dell'apside superiore dell'eccentrico era a 154° 22′. I quali dati concordano ancora tutti completamente con la nostra ipotesi della mobilità della terra e della uniformità assoluta [del movimento].

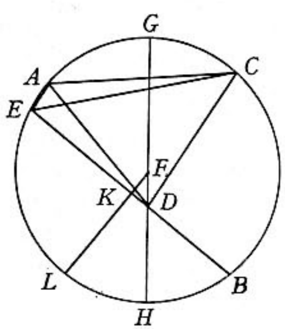
[66] Nell'edizione di Varsavia 151° 32′

Capitolo XI

Altre tre opposizioni di Giove osservate più recentemente.

Al posto delle tre posizioni del pianeta Giove, tramandateci dall'antichità e da noi in tal modo discusse, ne mettiano altre tre, che abbiamo osservato personalmente con estrema attenzione, trattandosi sempre di opposizioni solari del pianeta. La prima nell'anno 1520, il giorno prima delle Calende di maggio [30 aprile], alle 11 del mattino, a 200° 28′ della sfera delle stelle fisse. La seconda nell'anno di Cristo 1526, il quarto giorno prima delle Calende di dicembre [28 novembre], alle tre di notte, a 48° 34′. La terza, poi, nell'anno 1529, alle Calende [il primo] di febbraio, essendo passate 19 ore dalla mezzanotte, a 113° 44′. Dalla prima alla seconda ci sono 6 anni, 212 giorni, 40 minuti [di giorno], durante i quali è parso che il moto di Giove fosse di 208° 6′. Dalla seconda alla terza ci sono 2 anni egizi, 66 giorni, 39 minuti [di giorno], e il moto apparente dell'astro è di 65° 10′. Il moto uniforme, invece, è stato nel primo intervallo di 199° 40′, nel secondo di 66° e 10′.

Per questo esempio si descriva il circolo eccentrico *ABC*, in cui si consideri il pianeta muoversi in modo semplice ed uniforme, e si segnino le tre posizioni indicate secondo l'ordine alfabetico *A*, *B*, *C*, ma in modo tale che l'arco *AB* contenga 199° 40′, *BC* 66° 10′ [ed. Accad. polacca, per errore, 46° 10′] e perciò l'arco residuo del circolo, *AC*, 94° 10′. Si prenda anche *D* come centro del circolo annuale della terra, a cui si conducano le rette *AD*, *BD*, *CD*, una qualunque delle quali, ad esempio *DB*, si prolunghi in linea retta nell'una e nell'altra parte del circolo, e sia *BDE*; si traccino quindi *AC*, *AE*, *CE*. Poiché l'angolo del moto apparente *BDC* è di 65° 10′, considerando



quattro angoli retti al centro pari a 360°, e il supplementare *CDE* è, nella stessa misura, di 114° 50′ (ma considerando due retti 360°, come angoli alla circonferenza, *CDE* sarà di 239° 40′); e poiché l'angolo *CED* sull'arco *BC* è di 66° 10′, e quindi il rimanente *DCE* di 64° 10′: del triangolo *CDE* dagli angoli dati sono dati pertanto anche i lati, *CE* di 18.150 parti ed *ED* di 10.918 parti, misurandone 20.000 il diametro della circonferenza circoscritta al triangolo.

Similmente nel triangolo *ADE*, poiché è dato l'angolo *ADB* di 151° 54′, angolo residuo del circolo dopo aver sottratto la distanza data dalla prima alla seconda opposizione, il supplementare *ADE* sarà dunque di 28° 6′, come angolo al centro, ma come angolo alla circonferenza sarà di 56° 12′, e l'angolo *AED* [67] sull'arco *BCA* sarà di 160° 20′, e il residuo angolo *EAD* [68] sarà di 143° 28′: da ciò il lato *AE* risulta di 9420 parti ed *ED* di 18.992 parti, misurandone il diametro del cerchio circoscritto al triangolo *ADE* 20.000. Ma, misurandone *ED* 10.918, *AE* sarà 5415 parti, essendo anche *CE*, nella stessa misura, 18.150 parti. Abbiamo dunque di nuovo il triangolo *EAC*, di cui sono dati i due lati *EA* e *EC*, con l'angolo *AEC*, sull'arco *AC*, di 94° 10′; dal che si dimostra che l'angolo *ACE* sull'arco *AE* è di 30° 40′, arco che con l'arco *AC* assomma a 124° 50′, essendo la corda *CE* di 17.727 parti, misurandone sempre il diametro dell'eccentrico 20.000. E secondo il rapporto prima dato, sarà anche *DE* 10.665 delle stesse parti, mentre tutto l'arco *BCAE* è di 191°.

Segue che l'arco *EB*, che è ciò che resta del cerchio sottratti 191°, è di 169°, ed esso è sotteso da tutta la corda *BDE* di 19.908 parti, misurandone *BD* 9243. Poiché dunque l'arco maggiore è *BCAE*, in esso sarà il centro del cerchio, cioè *F*.

Si tracci ora il diametro *GFDH*. È chiaro che il rettangolo formato da *ED* e *DB* è uguale a quello formato da *GD* e *DH*, che è dunque anche dato. Ma quello formato da *GD* e *DH*, unito con il quadrato di *FD* è uguale al quadrato di *FDH*, dal quale, togliendo quel rettangolo, resta il quadrato di *FD*.

[67] L'edizione di Varsavia corregge *ADB*.
[68] Nelle edizioni, sino a quella di Varsavia inclusa, *AED*.

È dato dunque *FD* di 1193 parti, misurandone *FG* 10.000; ma misurandone *FG* 60, *FD* risulta di 7 parti e 9 primi.

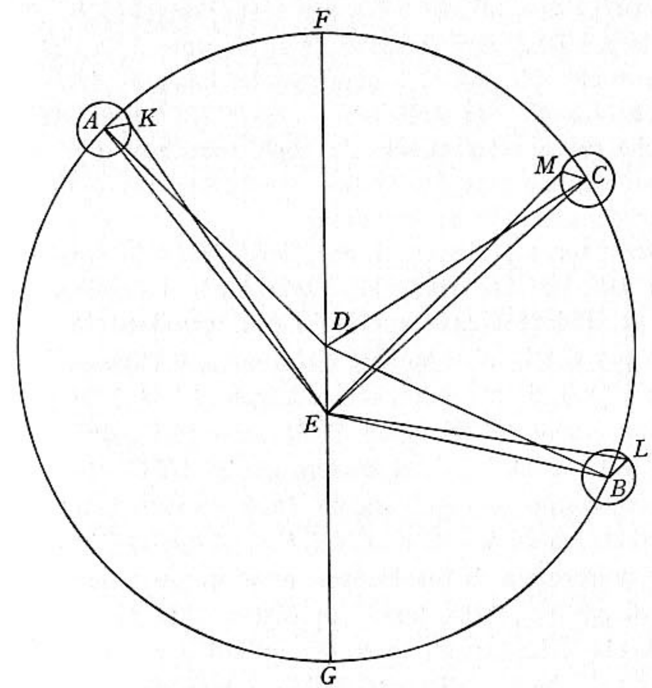
Sia divisa *BE* in due parti da *K*, e si tracci *FKL*, che sarà dunque perpendicolare a *BE*. E poiché *BDK* (metà di *BE*) è di 9954 parti e *DB* di 9243 parti, *DK*, per sottrazione, è di 711. Dunque del triangolo *DFK*, con i lati dati, è dato anche l'angolo *DFK* di 36° 35′ e similmente l'arco *HL* di 36° 35′. Ma tutto l'arco *LHB* è di 84° 30′: *BH*, per sottrazione, risulta di 47° 55′, che è la distanza della seconda posizione dal perigeo; e poi la distanza fino all'apogeo è il restante arco *BCG* di 132° 5′. Tolto l'arco *BC* di 66° 10′ da *BCG* restano 65° 55′, che è la distanza della terza posizione dall'apogeo. Tolti da 94° 10′ i 65° 55′, restano 28° 15′, che è la distanza dall'apogeo alla prima posizione dell'epiciclo.

Risultati che naturalmente poco concordano con le apparenze, non muovendosi il pianeta lungo l'eccentrico proposto, cosicché questo procedimento dimostrativo, poggiando su un principio incerto, non può arrecare un risultato certo. E di ciò è un indizio fra i molti il fatto che Tolomeo fissò per Saturno una distanza fra i centri maggiore del giusto e per Giove invece minore; ma per noi abbastanza maggiore anche per questo, di modo che appare evidente che non risulta nello stesso modo ciò che si cerca, prendendo archi diversi del cerchio di uno stesso pianeta. Né era possibile altrimenti comporre il moto uniforme e quello apparente di Giove in queste tre posizioni proposte, e poi in tutte, se non seguendo l'intera digressione dell'eccentricità dei centri, tramandataci da Tolomeo [69], di 5 parti e 30 primi, considerando il raggio dell'eccentrico 60 parti; ma considerandolo di 10.000 parti, la misura è 917 parti; e stimando che l'arco dall'apside superiore alla prima opposizione misura 45° 2′; quello dall'apside inferiore alla seconda 64° 42′, e dalla terza opposizione all'apside superiore 49° 8′.

Si ripeta infatti la precedente figura dell'eccentrico-epiciclo, così modificata, tuttavia, che si adatti a questo esempio. Saranno dunque in *DE* 687 parti, i tre quarti di tutta la

[69] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. XI, cap. 3.

distanza dei centri secondo la nostra ipotesi, e il quarto restante, il raggio dell'epiciclo, sarà 229 parti, misurandone *FD* 10.000. Essendo dunque l'angolo *ADF* di 45° 2′, il trian-



golo *ADE* avrà due lati dati, *AD* e *DE*, insieme con l'angolo *ADE*; da ciò risulta che il terzo lato *AE* misura 10.496 parti, misurandone *AD* 10.000, e che l'angolo *DAE* è 2° 39′. E poiché si pone l'angolo *DAK* uguale all'angolo *ADF*, l'intero angolo *EAK* sarà di 47° 34′ [70], con il che sono dati anche i due lati *AK* e *AE* del triangolo *AEK*, che rendono l'angolo *AEK* di 57′, i quali, tolti da *ADF* insieme con l'angolo *DAE*, lasciano come resto l'angolo *KED* di 41° 26′ nella prima notturna opposizione solare.

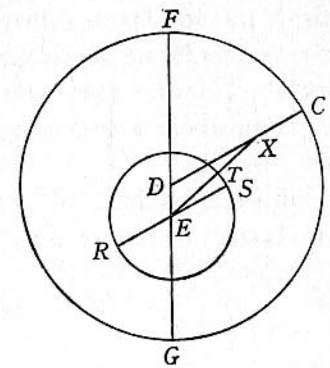
[70] Così nel manoscritto (p. 162 r), nelle edizioni sino a quella di Varsavia e in quelle degli Zeller e dell'Accad. polacca. L'edizione di Thorn corregge 47° 41′.

Similmente si procede per il triangolo *BDE*. Poiché sono dati i due lati *BD* e *DE* e l'angolo *BDE* di 64° 42′, anche qui sarà noto il terzo lato *BE* di 9725 parti, essendone *BD* 10.000, e l'angolo *DBE* di 3° 40′. Inoltre, anche nel triangolo *BEL* sono dati i due lati *BE* e *BL* con tutto l'angolo *EBL* di 118° 58′; anche *BEL* sarà dato, di 1° 10′, e quindi l'angolo *DEL* di 110° 28′. Ma già si è chiarito che l'angolo *AED* era di 41° 26′, quindi, per addizione, l'angolo *KEL* è di 151° 54′ e ciò che resta, sottraendolo da 360°, sono 208° 6′ [71], angolo del moto apparente fra la prima e la seconda opposizione, conformemente alle osservazioni.

Nella terza posizione, infine, sono dati allo stesso modo *DC* e *DE*, lati del triangolo *CDE* e anche l'angolo *CDE*, di 130° 52′. Poiché è dato l'angolo *FDC*, il terzo lato *CE* risulterà di 10.463 parti, misurandone *CD* 10.000, e l'angolo *DCE* di 2° 51′. Quindi, per addizione, l'angolo *ECM* è di 51° 59′. Inoltre, anche del triangolo *ECM* sono dati i due lati *CM* e *CE* e l'angolo *MCE*: si troverà anche *MEC*, che è di 1°, ed esso, sommato con l'angolo *DCE* trovato prima, fa la differenza fra gli angoli *FDC* e *DEM*, che sono gli angoli del moto uniforme e di quello apparente; e così l'angolo *DEM* sarà di 45° 17′, nella terza opposizione. Ma già si è dimostrato che *DEL* era di 110° 28′; quindi il resto *LEM* sarà di 65° 10′, che è la distanza dalla seconda alla terza opposizione, conformemente anche alle osservazioni. Ma poiché la terza posizione di Giove si è osservata a 113° 44′ della sfera delle stelle fisse, ciò mostra che il luogo dell'apside superiore di Giove è a circa 159°.

Ché, se ora tracciamo intorno ad *E* il circolo [orbitale] *RST* della terra, il cui diametro *RES* sia parallelo a *DC*, allora sarà chiaro che nella terza opposizione di Giove l'angolo *FDC*, a cui è eguale *DES*, è di 49° 8′, e che in *R* è l'apogeo del moto uniforme nella commutazione. Ma quando ha compiuto un semicerchio, più l'arco *ST*, la terra è in congiunzione con

[71] Così nel manoscritto (p. 162 r) e nelle relative edizioni. Nelle edizioni sino a quella di Varsavia inclusa: 208° 11′.



Giove che è in opposizione solare, e l'arco *ST* è di 3° 51′, dato che è stato dimostrato che l'angolo *SET* misura tanto. Da ciò dunque risulta chiaro che nell'anno 1529, alle Calende di febbraio, alle ore 19 dopo la mezzanotte, il moto uniforme della anomalia di commutazione di Giove era a 183° 51′ [72]; ma con il moto vero Giove era a 109° 52′. E anche che l'apogeo dell'eccentrico si trovava allora a quasi 159° dal corno della costellazione dell'Ariete: cosa che appunto si doveva ricercare.

Capitolo XII

Conferma del moto uniforme di Giove.

Già sopra, tuttavia, si è visto che, nell'ultima opposizione esaminata da Tolomeo, il pianeta Giove era con il suo moto medio a 4° 58′, con un'anomalia di commutazione di 182° 47′. Dal che risulta che nell'intervallo fra l'una e l'altra osservazione [73] si contano nel moto di commutazione di Giove, oltre le rivoluzioni complete, 1° 5′ e nel moto suo proprio circa 104° 54′. Nel tempo poi che trascorse dal primo anno di Antonino, il giorno 20 del mese egizio di Athyr, dopo le ore 5 dalla mezzanotte, fino all'anno 1529, alle Calende di febbraio alle ore 19 dopo la mezzanotte, ci sono 1392 anni egizi, 99 giorni, 37 minuti [di giorno], a cui, secondo il calcolo sopra riferito, corrisponderà parimenti 1° 5′, oltre le rivoluzioni complete ed uniformi con cui la

[72] Così nel manoscritto (p. 162 v) e relative edizioni degli Zeller e dell'Accad. polacca. Nelle edizioni di Amsterdam, Varsavia e Thorn: 183° 52′.
[73] La terza osservazione di Tolomeo e la terza osservazione di Copernico.

terra ha anticipato Giove 1267[74] volte. E così il numero risulta conforme alle osservazioni ed è ritenuto sicuro ed esatto. Durante questo stesso tempo è chiaro anche ormai che l'apside superiore e quello inferiore dell'eccentrico si sono spostati da ovest ad est di 4° 30'. Una distribuzione uniforme [di questo movimento] assegna così approssimativamente un grado ogni trecento anni.

Capitolo XIII

Le posizioni che si devono assegnare al moto di Giove.

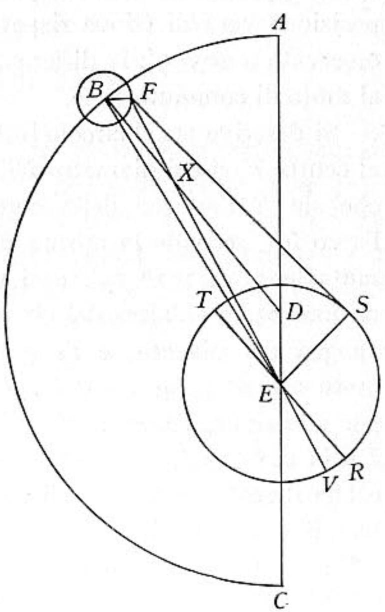
Poiché invero, dal tempo dell'ultima delle tre osservazioni, nell'anno primo dell'impero di Antonino, il giorno 20 del mese di Athyr, alle 4 dopo la mezzanotte, sino al principio dell'èra cristiana, vi sono 136 anni egizi, 314 giorni, 10 minuti [di giorno], durante i quali il moto medio di commutazione copre 84° 31', questi, tolti da 182° 47', danno come resto 98° 16' alla mezzanotte delle Calende di gennaio del primo anno dell'èra cristiana. Di qui alla prima Olimpiade, in 775 anni egizi, 12 giorni e mezzo, si calcolano nel moto, oltre ai circoli completi, 70° 58', che, tolti da 98° 16', lasciano 27° 18' come posizione alla data dell'Olimpiade. Da quel momento, nei successivi 451 anni e 247 giorni si aggiungono 110° 52' che, con quelli dell'Olimpiade, fanno 138° 10', come posizione per l'èra di Alessandro Magno a mezzogiorno del primo giorno del mese egizio di Thoth. E così per tutte le altre epoche.

[74] Così nel manoscritto (p. 163 r) ed in tutte le edizioni. Il Menzzer (trad. cit., nota 399, p. 54), tenendo conto dell'indicazione del libro I, cap. 10 – in cui alla rivoluzione di Giove è assegnato un periodo di 12 anni – calcola che il numero delle anticipazioni dev'essere 1276. Cfr. tuttavia la nota a p. 424 nel commento dell'edizione dell'Accad. polacca.

Capitolo XIV

Esame delle commutazioni di Giove e della sua elevazione in rapporto al circolo di rivoluzione terrestre.

Per indagare inoltre anche gli altri fenomeni di Giove riguardanti la sua commutazione, abbiamo osservato assai attentamente la sua posizione nell'anno 1520, il dodicesimo giorno prima delle Calende di marzo [18 febbraio], 6 ore prima di mezzogiorno. Abbiamo visto con uno strumento che Giove era 4° 31' ad ovest della prima stella sulla fronte dello Scorpione [la *b* dello Scorpione], la più luminosa; e poiché la posizione della stella fissa era a 209° 40', è chiaro che la posizione di Giove era a 205° 9', rispetto alla sfera delle stelle fisse. Vi sono pertanto dall'inizio dell'era volgare 1520 anni, 62 giorni, 15 minuti [di giorno], fino alla data di questa osservazione, da che si deduce che il moto medio del sole era a 309° 16' e l'anomalia di commutazione a 111° 15'; e da ciò la posizione media del pianeta Giove risulta di 198° 1'. E poiché la posizione dell'apside superiore dell'eccentrico è stata trovata in questa nostra epoca a 159°, l'anomalia dell'eccentrico di Giove era a 39° 1'.



Per illustrare ciò, si tracci il circolo eccentrico ABC, il cui diametro sia ADC, il centro D; l'apogeo sia in A, il perigeo in C, e perciò su DC sia E il centro del circolo annuo della terra. Si prenda poi l'arco AB di 39° 1' e, fatto il centro in B, si tracci l'epiciclo, con il raggio BF eguale alla terza parte della distanza DE.

Sia anche l'angolo *DBF* uguale all'angolo *ADB* e si traccino le linee rette *BD*, *BE*, *FE*. Poiché nel triangolo *BDE* sono dati, i due lati *DE* di 687 parti, e *BD* che ne misura 10.000, lati che comprendono l'angolo dato *BDE*, di 140° 59′, da ciò si dimostra dunque che la base *BE* misura 10.543 delle stesse parti e che l'angolo *DBE* è di 2° 21′, tanti quanti l'angolo *BDE* differisce dall'angolo *ADB*. Così, per addizione, l'angolo *EBF* sarà di 41° 22′. Quindi, nel triangolo *EBF* è dato l'angolo *EBF* con i due lati che lo comprendono, *EB* di 10.543 parti, e *BF*, che è la terza parte di *DE*, di 229 parti, facendo *BD* pari a 10.000 parti.

Ne segue che il lato rimanente *FE* è di 10.373 parti e che l'angolo *BEF* è di 50′. Intersecandosi le linee *BD* ed *FE* nel punto *X*, generano l'angolo di intersezione *DXE*, che è la differenza fra gli angoli *BDA* e *FED*, i quali sono gli angoli del moto medio e di quello vero, e la somma degli angoli *DBE* e *BEF* eguale a 3° 11′; questi, tolti da 39° 1′, danno l'angolo *FED* di 35° 50′, dall'apside superiore dell'eccentrico al pianeta. Ma la posizione dell'apside superiore era a 159°, che insieme a quelli fanno 194° 50′. Qui era la posizione vera di Giove rispetto al centro *E*, ma fu invece osservata a 205° 9′; la differenza di 10° 19′ è dovuta dunque al moto di commutazione.

Si descriva ora il circolo [orbitale] *RST* della terra intorno al centro *E*, il cui diametro *RET* sia parallelo a *DB*, di modo che sia *R* l'apogeo della commutazione. Si prenda anche l'arco *RS*, secondo la misura dell'anomalia media della commutazione, di 111° 15′, e si prolunghi *FEV* in linea retta da una parte all'altra del circolo terrestre. Sarà in *V* il vero apogeo del pianeta; e l'angolo *REV* della differenza [tra moto apparente e vero] è uguale all'angolo *DXE*. Quindi, per addizione, l'arco *VRS* è di 114° 26′ e, per sottrazione, *FES* è di 65° 34′. Ma poiché si è trovato che *EFS* è di 10° 19′, e che il restante *FSE* è di 104° 7′, nel triangolo *FES*, che ha gli angoli dati, sarà dato anche il rapporto fra i lati: *FE* sta ad *ES*, come 9698 a 1791. Quindi *FE* è 10.373 parti, ed *ES* 1916 parti, facendo *BD* pari a 10.000 parti. Ma Tolomeo [75] trovò invece *ES* di 11 parti e 30 primi, misurando 60 parti il raggio dell'eccentrico; e questo rapporto è quasi lo stesso come quello fra 10.000 e 1916. In ciò dunque ci pare di non divergere per nulla da lui. Pertanto il diametro *ADC* sta al diametro *RET* come 5 parti e 13 primi stanno ad una parte; similmente *AD* sta ad *ES*, o ad *RE*, come 5 parti 13 primi 9 secondi stanno ad una parte: così sarà *DE* di 21′ e 29″, e *BF* di 7′ e 10″. Quindi tutta la linea *ADE* meno *BF*, essendo Giove all'apogeo, sarà rispetto al raggio del circolo [orbitale] terrestre come 5 parti 27 primi 29 secondi rispetto ad una parte, ed il segmento *EC* sommato con *BF*, nel perigeo, starà al raggio del circolo terrestre come 4 parti 58 primi 49 secondi stanno ad una parte; e nelle posizioni intermedie in proporzione. Da ciò risulta che Giove all'apogeo ha la massima commutazione [parallasse] di 10° 35′, mentre al perigeo di 11° 35′. Fra esse c'è un grado di differenza. Quindi anche i moti uniformi di Giove sono stati dimostrati insieme con quelli apparenti.

Capitolo XV

Sul pianeta Marte.

Ora dobbiamo esaminare le rivoluzioni di Marte, considerando tre sue opposizioni solari dell'antichità, alle quali anche connettiamo il movimento terrestre che già si verificava in quell'epoca. Di queste opposizioni, dunque, che Tolomeo [76] ci ha tramandato, la prima avvenne nell'anno 15 di Adriano, il giorno 26 di Tybi, il quinto mese egizio, un'ora equatoriale dopo la mezzanotte; ed egli dice che avvenne a 21° della costellazione dei Gemelli, ma a 74° 20′ rispetto alla sfera delle stelle fisse. Osservò la seconda nell'anno 19 dello stesso Adriano, il giorno 6 di Pharmuthi, l'ottavo mese egizio, tre ore prima della seguente mezzanotte,

[75] Tolomeo, *Almagesto*, lib. XI, cap. 2.

[76] Tolomeo, *Almagesto*, lib. X, cap. 7. Le osservazioni furono fatte il 15 dicembre del 130 d. C., il 21 febbraio del 135 e il 27 maggio del 139.

a 28° 50′ del Leone, ma a 142° 10′ della sfera delle stelle fisse. La terza, infine, l'anno secondo di Antonino, il giorno 12 di Epiphi, l'undicesimo mese egizio, 2 ore equatoriali prima della mezzanotte, a 2° 34′ del Sagittario, ma, rispetto alla sfera delle stelle fisse, a 235° 54′.

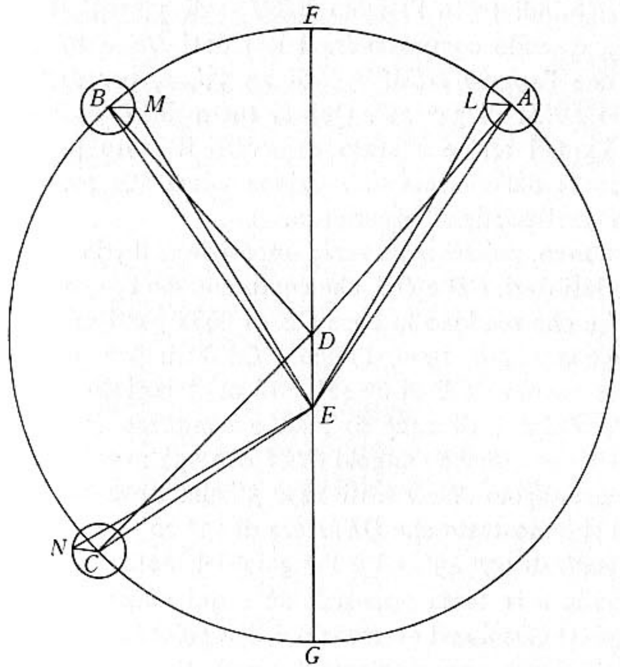
Vi sono dunque fra la prima e la seconda opposizione 4 anni egizi, 69 giorni, 20 ore, ossia 50 minuti di giorno; e il moto apparente del pianeta è di 67° 50′, oltre alle rivoluzioni complete. Dalla seconda opposizione alla terza ci sono poi 4 anni, 96 giorni e un'ora; e il moto apparente del pianeta è di 93° 44′. Ma il moto medio è, nel primo intervallo, oltre ai circoli completi, di 81° 44′; nel secondo, di 95° 28′. Inoltre Tolomeo trovò che la distanza totale fra i centri è di 12 parti, misurandone 60 il raggio dell'eccentrico; ma misurandone questo 10.000, quella risulta in proporzione di 2000 parti. E nei moti medi, dalla prima opposizione all'apside superiore ci sono 41° 33′; e poi, di seguito, dall'apside superiore alla seconda opposizione ci sono 40° 11′ e dalla terza opposizione all'apside inferiore 44° 21′.

Ma, secondo la nostra ipotesi dei moti uniformi, ci saranno, fra il centro dell'eccentrico e quello del circolo [orbitale] terrestre, tre quarti di quella distanza, cioè 1500 parti, e il quarto restante, 500 parti, sarà il raggio dell'epiciclo. Si costruisca così ora il circolo eccentrico *ABC*, il cui centro sia *D*, il diametro da un apside all'altro sia *FDG*, su cui si trovi *E*, il centro del circolo della rivoluzione annua, e siano disposti in ordine i punti delle opposizioni osservate, cioè *A*, *B*, *C*, ma l'arco *AF* sia di 41° 33′ [77], l'arco *FB* di 40° 11′, e l'arco *CG* di 44° 21′. Per i singoli punti *A*, *B*, *C* si tracci l'epiciclo che abbia per raggio un terzo della distanza *DE* e si traccino *AD*, *BD*, *CD*, *AE*, *BE*, *CE* [78]; e, nell'epiciclo, si traccino *AL*, *BM*, *CN*, in modo tale però che gli angoli *DAL*, *DBM*, *DCN* siano rispettivamente uguali agli

[77] Così nel manoscritto (p. 164 v). Nelle edizioni precedenti quella degli Zeller è corretto in 41° 34′. Ma il Menzzer nella sua traduzione (cit., nota 406, p. 55) corregge ancora in 41° 33′.

[78] Così nel manoscritto (p. 165 r) e relative edizioni. Nelle edizioni sino a quella di Varsavia inclusa mancano *AE*, *BE*, *CE*.

angoli *ADF*, *BDF*, *CDF*. Pertanto, poiché nel triangolo *ADE* l'angolo *ADE* risulta di 138° [79], essendo dati l'angolo *FDA* e due lati, *AD* e *DE*, e precisamente *DE* di 1500 parti,



misurandone *AD* 10.000, segue da ciò che il lato residuo *AE* misura 11.172 parti e che l'angolo *DAE* è di 5° 7′. Quindi, per addizione, l'angolo *EAL* misura 46° 40′ [80]. Così anche nel triangolo *EAL* è dato l'angolo *EAL* con i due lati *AE* di 11.172 parti ed *AL* di 500 parti, misurandone *AD* 10.000: sarà dato anche l'angolo *AEL* di 1° 56′, che sommato con l'angolo *DAE* dà 7° 3′, ossia l'intera differenza fra gli angoli *ADF* e *AED* [81], e l'angolo *DEA* di 34° 30′.

[79] Così nel manoscritto (p. 165 r) e nelle edizioni degli Zeller e dell'Accad. polacca. L'edizione di Thorn, negli «Addenda e corrigenda» corregge giustamente in 138° 27′.

[80] Cfr. nota 77. L'edizione di Thorn ha 46° 41′.

[81] Così nel manoscritto (p. 165 r) e in tutte le edizioni sino a quella di Thorn. L'edizione di Monaco corregge invece in *LED*. Così anche il suc-

Similmente, nella seconda opposizione, del triangolo *BDE* sono dati l'angolo *BDE* di 139° 49′ e il lato *DE* di 1500 parti, misurandone *BD* 10.000; ne risultano il lato *BE* di 11.188 parti, l'angolo *BED* di 35° 13′, e il restante angolo *DBE* di 4° 58′. Quindi tutto l'angolo *EBM* è di 45° 13′ [in realtà, 45° 9′], essendo compreso fra i lati dati *BE* e *BM*; da ciò segue che l'angolo *BEM*[82] è di 1° 53′, e, per sottrazione, l'angolo *DEM* di 33° 20′. Quindi tutto *MEL* è di 47° 50′, lungo i quali anche è stato osservato il moto [apparente] del pianeta dalla prima opposizione solare alla seconda: e il calcolo corrisponde all'esperienza.

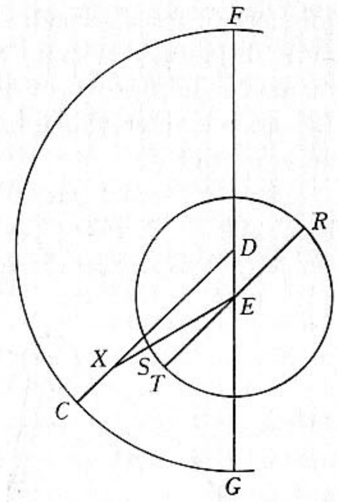
Di nuovo, poiché nella terza opposizione il triangolo *CDE* ha due lati dati, *CD* e *DE*, che comprendono l'angolo *CDE* di 44° 21′ e che rendono la base *CE* di 8988 parti misurandone *CD* 10.000 e *DE* 1500, l'angolo *CED* di 37° 39′[83], ed il restante angolo *DCE* di 6° 42′; così nel triangolo *CEN* tutto l'angolo *ECN* è di 142° 21′, ed è compreso fra lati noti; dal che risulta anche l'angolo *CEN* di 1° 52′: per sottrazione, dunque, l'angolo *NED* è di 127° 5′ alla terza opposizione. Ma già si è mostrato che *DEM* era di 33° 20′; per sottrazione *MEN* sarà di 93° 45′, ed è l'angolo del moto apparente fra la seconda e la terza opposizione; e qui ancora concordano abbastanza calcolo ed osservazioni. Ma poiché in quest'ultima opposizione osservata di Marte l'astro è stato visto a 235° 54′, distante 127° 5′ dall'apogeo dell'eccentrico (come si è dimostrato), era dunque la posizione dell'apogeo dell'eccentrico di Marte a 108° 50′ della sfera delle stelle fisse.

Si tracci ora il circolo annuo della terra *RST* intorno al centro *E*, con il diametro *RET* parallelo a *DC*, in modo che *R* sia l'apogeo della commutazione [parallasse] e *T* il perigeo. Poiché pertanto la vista del pianeta era su *EX*, a 235° 54′ in

cessivo *DEA* (tale nel manoscritto e in tutte le edizioni sino a quella di Thorn) è corretto nell'edizione di Monaco in *DEL*. L'edizione dell'Accad. polacca conserva invece *AED* e *DEA*.

[82] Nell'edizione di Varsavia: *DEM*.

[83] Così nel manoscritto (p. 165 v) e in tutte le edizioni antiche e recenti. Solo l'edizione di Thorn corregge in 135° 39′, ma il Menzzer (trad. cit., nota 411, p. 55) corregge ancora in 128° 39′. Cfr. anche nota a p. 424 dell'edizione dell'Accad. polacca.



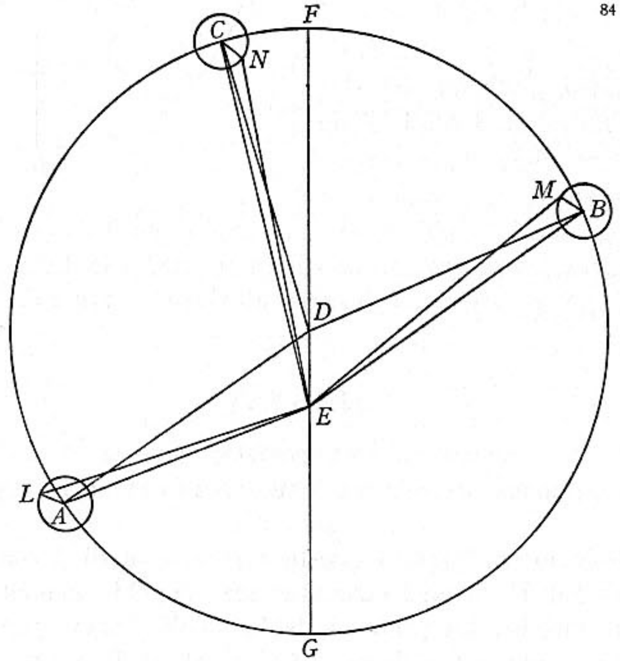
longitudine, e l'angolo *DXE* si è rivelato di 8° 34′, la differenza fra moto uniforme e apparente, quindi il moto medio è di 244° 30′. Ma l'angolo *DXE* è uguale a quello al centro *SET*, che misura pure 8° 34′: se dunque l'arco *ST* di 8° 34′ è tolto dal semicerchio, avremo il moto medio di commutazione dell'astro, cioè l'arco *RS*, di 171° 26′. E così, fra l'altro, abbiamo dimostrato mediante questa ipotesi del moto della terra che nell'anno secondo di Antonino, il giorno 12 del mese egizio di Epiphi, 10 ore uniformi dopo il mezzogiorno, il pianeta Marte era secondo il moto medio in longitudine a 244° 30′ e l'anomalia di commutazione a 171° 26′.

Capitolo XVI

Su altre tre opposizioni solari del pianeta Marte osservate di recente.

Abbiamo confrontato queste osservazioni di Tolomeo a proposito di Marte anche con altre tre che abbiamo effettuato con attenzione. La prima è dell'anno di Cristo 1512, alle None di giugno [5 giugno], un'ora dopo la mezzanotte. E la posizione di Marte fu trovata a 235° 33′, essendo il sole in opposizione a 55° 33′, a partire dalla prima stella dell'Ariete nella sfera delle stelle fisse. La seconda dell'anno di Cristo 1518, il giorno prima delle Idi di dicembre [12 dicembre], 8 ore dopo il mezzogiorno, e l'astro apparve a 63° 2′. La terza, poi, dell'anno di Cristo 1523, l'ottavo giorno prima delle Calende di marzo [22 febbraio], 7 ore prima di mezzogiorno, a 133° 20′. Vi sono dunque dalla prima alla seconda opposizione 6 anni egizi, 191 giorni e 45 minuti [di giorno]. Dalla seconda alla terza 4 anni, 72 giorni, 23 minuti [di giorno]. Il moto apparente nel primo intervallo di tempo fu di 187° 29′, e quello uniforme invece di 168° 7′. Nel secondo intervallo, il moto apparente fu di 70° 18′, quello uniforme di 83°.

Si ripeta ora il circolo eccentrico di Marte, se non che l'arco *AB* sia di 168° 7′, e l'arco *BC* di 83°. Quindi in modo simile (per risparmiare la noia che la grandezza e la complessità di quei calcoli procura) a quello seguito per Saturno e Giove, troviamo infine che anche in Marte l'apogeo è sull'arco *BC*. È chiaro infatti che non avrebbe potuto essere su *AB*, perché il moto apparente sarebbe stato maggiore di quello medio esattamente di 19° 22′. Inoltre, neppure in *CA*, poiché, anche se l'arco *FC* che lo precede è minore, supera



[84]

[84] Questa figura non c'è sul manoscritto.

tuttavia il moto apparente di una quantità maggiore che *CA*. Ma, come fu sopra dimostrato, nell'eccentrico si ha intorno all'apogeo un moto minore e rallentato. Giustamente pertanto si riterrà l'apogeo sull'arco *BC*; sia esso *F*, e il diametro del circolo *FDG*, sul quale anche si trovi il centro del circolo [orbitale] della terra. Abbiamo trovato, pertanto, che l'arco *FCA* è di 125° 29′ e che gli archi seguenti sono: *BF* di 66° 18′ e *FC* di 16° 36′. La distanza *DE* fra i centri è invece di 1460 parti, misurandone il raggio *DF* 10.000, e il raggio dell'epiciclo 500: dal che si dimostra che il moto apparente e quello uniforme concordano reciprocamente, e sono del tutto conformi alle esperienze.

Si completi quindi la figura come prima. Si mostrerà infatti che, essendo noti due lati, *AD* e *DE*, del triangolo *ADE*, con l'angolo *ADE*, che andava dalla prima opposizione di Marte al perigeo, di 54° 31′, risultano l'angolo *DAE* di 7° 24′, il terzo angolo *AED* di 118° 5′, ed anche il terzo lato *AE* è di 9229 parti. Ma l'angolo *DAL* è uguale all'angolo *FDA*, secondo l'ipotesi; quindi, per addizione, l'angolo *EAL* è di 132° 53′. Così anche nel triangolo *EAL*, sono dati due lati *EA* e *AL* che comprendono l'angolo in *A* pure dato; pertanto si ha anche l'angolo *AEL* di 2° 12′ e il terzo angolo *LED* di 115° 53′.

Similmente, nella seconda opposizione si mostra che, comprendendo *DB* e *DE*, lati dati nel triangolo *BDE*, l'angolo *BDE* di 113° 35′, l'angolo *DBE* sarà secondo i teoremi sui triangoli piani di 7° 11′, il terzo angolo *DEB* di 59° 14′ [85], e anche la base *BE* di 10.668 parti, misurandone *DB* 10.000 e *BM* 500. Per addizione, anche l'angolo *EBM* risulta di 73° 36′.

Così pure nel triangolo *EBM*, di lati dati che comprendono un angolo dato, si dimostrerà che l'angolo *BEM* è di 2° 36′; e da ciò, per sottrazione, l'angolo *DEM* risulta di 56° 38′. Quindi, *MEG* il suo angolo esterno supplementare, a partire dal perigeo, è di 123° 22′. Ma già si è dimostrato

[85] Così nel manoscritto (p. 166 v), da un XXIIII mediante la cancellazione di una X. Nelle edizioni anteriori a quella di Monaco, invece, 13.

che l'angolo *LED* era di 115° 53'; quindi l'angolo esterno *LEG* sarà di 64° 7', e la sua somma insieme con *GEM*, già trovato, dà 187° 29', misurando 360° quattro angoli retti: dati, questi, che concordano con la distanza apparente dalla prima alla seconda opposizione. Si procede anche in modo simile per la terza opposizione.

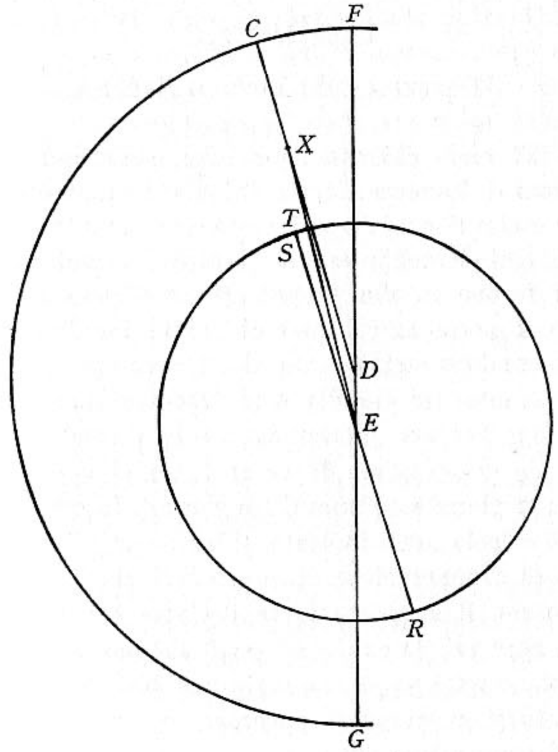
Si dimostra infatti che l'angolo *DCE* è di 2° 6', e il lato *CE* di 11.407 parti, misurandone *DC* 10.000. Essendo pertanto, per addizione, l'angolo *ECN* di 18° 42', e già dati i lati *CE* e *CN* del triangolo *ECN*, l'angolo *CEN* risulterà di 50'. Esso, sommato con l'angolo *DCE*, dà 2° 56', che è ciò di cui l'angolo del moto apparente *DEN* è minore di quello del moto uniforme *FDC*. È dato dunque l'angolo *DEN* di 13° 40', misura che anche coincide quasi con il moto apparente osservato fra la seconda e la terza opposizione.

Pertanto, poiché il pianeta Marte apparve in questa posizione, come abbiamo detto, a 133° 20' a partire dalla prima stella dell'Ariete, e si è mostrato che l'angolo *FEN* è di quasi 13° 40', è chiaro a chi calcoli all'indietro che la posizione dell'apogeo dell'eccentrico in quest'ultima osservazione era a 119° 40' rispetto alla sfera delle stelle fisse; Tolomeo [86] la individuava, all'epoca di Antonino, a 108° 50', ed essa si è spostata in seguito fino a noi, di 10° 50' da ovest ad est. Anche la distanza fra i centri l'abbiamo trovata minore di circa 40 di quelle parti di cui il raggio dell'eccentrico ne misura 10.000, non perché si sia commesso un errore da parte di Tolomeo o nostra, ma per una causa evidente, poiché il centro della grande orbita della terra si è avvicinato al centro del cerchio [orbitale] di Marte, mentre il sole intanto restava immobile. Si corrispondono infatti quasi esattamente queste cose fra loro, come in seguito apparirà più chiaro del giorno.

Si tracci ora il cerchio [orbitale] annuo della terra attorno al centro *E*, con il suo diametro *SER* parallelo a *CD* per l'uniformità delle rivoluzioni, e sia in *R* l'apogeo del moto uniforme rispetto al pianeta, in *S* il perigeo, in *T* la terra.

[86] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. X, cap. 7.

La linea *ET*, prolungata, taglierà *DC* nel punto *X*. Il raggio visuale si trovava in longitudine (come si è detto), in quest'ultima posizione, su *ETX* a 133° 20'. Si è anche dimostrato



che l'angolo *DXE* è di 2° 56': questa, infatti è la misura di quanto l'angolo *XDF* è maggiore dell'angolo *XED*, il moto medio, cioè, dell'apparente. Ma l'angolo *SET* è uguale al suo alterno *DXE* ed è la prostaferesi della commutazione, che, tolta dal semicerchio, dà come resto 177° 4', che misurano l'anomalia della commutazione uniforme, calcolata dall'apogeo *R* dello stesso moto uniforme. Cosicché anche qui abbiamo dimostrato che nell'anno di Cristo 1523, l'ottavo giorno prima delle Calende di marzo [22 febbraio], 7 ore equatoriali prima del mezzogiorno, il pianeta Marte era con il suo moto medio in longitudine a 136° 16', e che l'anomalia del suo moto uniforme di commutazione era a 177° 4′ e l'apside superiore dell'eccentrico a 119° 40′, come si doveva dimostrare.

Capitolo XVII

Conferma del moto di Marte.

Si è del resto chiarito sopra che nell'ultima delle tre osservazioni di Tolomeo, Marte era con il suo moto medio a 244° 30′ e che l'anomalia del moto di commutazione era a 171° 26′. Quindi nell'intervallo [87], oltre le rivoluzioni complete, vi furono in più 5° 38′. Ma dall'anno secondo di Antonino, il giorno 12 del mese di Epiphi, l'undicesimo degli Egizi, a 9 ore dopo mezzogiorno, cioè tre ore equatoriali prima della mezzanotte sul meridiano di Cracovia, fino all'anno di Cristo 1523, l'ottavo giorno avanti le Calende di marzo [22 febbraio] 7 ore prima di mezzogiorno, ci sono 1384 anni egiziani, 251 giorni e 19 minuti [di giorno]. In questo tempo, secondo il calcolo sopra indicato, si hanno 5° 38′ di anomalia del moto di commutazione oltre a 648 rivoluzioni complete. D'altra parte, il supposto moto del sole secondo l'uniformità è di 257° 30′, da cui tolti i 5° 38′ del moto di commutazione, restano 251° 52′, come moto medio di Marte in longitudine. E tutti questi valori concordano approssimativamente con quelli esposti poco sopra.

Capitolo XVIII

Determinazione delle posizioni di Marte.

Dal principio degli anni di Cristo all'anno secondo di Antonino, il giorno 12 del mese egizio di Epiphi, 3 ore prima della mezzanotte, si annoverano poi 138 anni egizi, 180 giorni, 52 minuti [di giorno]. Il moto di commutazione durante

[87] Tra l'ultima osservazione di Tolomeo e l'ultima di Copernico.

questo tempo fu di 293° 22′ [88], che tolti dai 171° 26′ dell'ultima osservazione di Tolomeo, aggiungendo a questi i 360° di una rivoluzione completa, danno come resto 238° 22′ fino all'anno primo di Cristo, a mezzanotte delle Calende di gennaio. Fino a questa data, a partire dalla prima Olimpiade, ci sono 775 anni egizi, 12 giorni e mezzo, durante i quali il moto di commutazione fu di 254° 1′, che tolti similmente da 238° 22′ con l'aggiunta di un'intera rivoluzione, danno come resto la posizione [di Marte] alla data della prima Olimpiade a 344° 21′. Similmente, calcolando i moti secondo gli altri intervalli di tempo, avremo la posizione di Marte all'inizio epoca di Alessandro a 120° 39′, e all'inizio di quella di Cesare a 111° 25′ [in realtà, 211° 27′].

Capitolo XIX

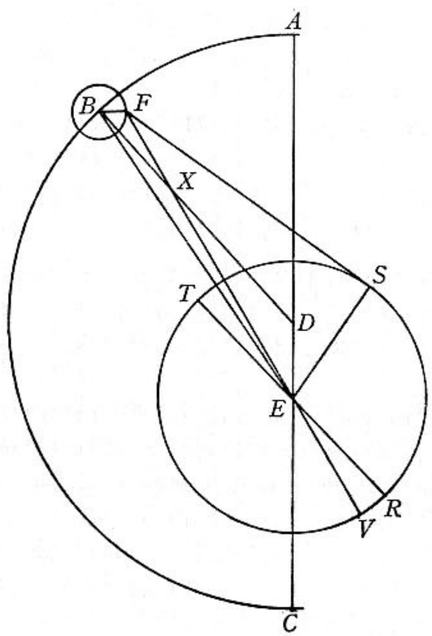
Quanto misura il circolo [orbitale] di Marte in quelle parti di cui il circolo [orbitale] annuale della Terra è l'unità.

A questo proposito abbiamo osservato la congiunzione di Marte con la prima stella splendente della Bilancia chiamata Chele australe, effettuatasi nell'anno di Cristo 1512, proprio alle Calende di gennaio. Abbiamo infatti veduto al mattino di quel giorno, 6 ore equatoriali prima di mezzogiorno, che Marte distava dalla stella fissa un quarto di grado, ma dalla parte dove nasce il sole nel solstizio, il che significava che Marte si era già allontanato dalla posizione della stella, in longitudine, da ovest verso est, di un ottavo di grado, ma in latitudine nord di un quinto di grado. Risulta inoltre che la posizione della stella [fissa] a partire dalla prima stella dell'Ariete era a 191° 20′, e a 40′ di latitudine nord. Fu anche chiaro che la posizione di Marte era a 191° 28′, ed a 51′ di latitudine nord. D'altra parte, in tale momento, secondo

[88] Così nel manoscritto (p. 168 r) e nelle edizioni di Monaco e dell'Accad. polacca. Le edizioni di Varsavia e di Thorn correggono in 293° 4′. Cfr. anche nota a p. 425 dell'edizione dell'Accad. polacca.

il calcolo, l'anomalia di commutazione era di 98° 28'; la posizione media del sole a 262° e quella media di Marte a 163° 32'; l'anomalia dell'eccentrico di 43° 52'.

Ciò premesso, si tracci l'eccentrico *ABC*, con centro *D*, diametro *ADC*, l'apogeo *A*, il perigeo *C*, l'eccentricità *DE* di 1460 parti, misurandone *AD* 10.000. Sia poi l'arco *AB* di 43° 52'. Con centro in *B* e raggio *BF* pari a 500 parti, sempre misurandone *AD* 10.000, si tracci l'epiciclo, di modo



che l'angolo *DBF* sia uguale all'angolo *ADB*, e si traccino *BD*, *BE* ed *FE* [89]. Con centro in *E* si disegni anche la grande orbita *RST* della terra, con il diametro *RET* parallelo a *BD*, sul quale diametro sia *R* l'apogeo del moto di commutazione del pianeta, *T* il perigeo del suo moto uniforme. Sia poi la terra in *S* e l'arco *RS* di 98° 28' secondo l'anomalia uniforme della commutazione. Si prolunghi anche *FE* nella linea retta

[89] Così nel manoscritto (p. 168 v). L'edizione di Varsavia ha *BD, BF, FE*. Quella di Thorn integra: *BD, BE, BF, FE*.

FEV, che intersechi *BD* nel punto *X*, e l'arco convesso del circolo della terra in *V*, su cui si trova l'apogeo vero del moto di commutazione.

Poiché pertanto del triangolo *BDE* sono dati 2 lati, *DE* di 1460 parti di cui *BD* ne misura 10.000, che contengono l'angolo *BDE* che misura 136° 8', in quanto adiacente ad *ADB* dato di 43° 52': si dimostrerà da ciò che il terzo lato *BE* misura 11.097 parti e l'angolo *DBE* 5° 13'. Ma l'angolo *DBF* è uguale all'angolo *ABD* per ipotesi; per addizione l'angolo *EBF*, contenuto dai lati dati *EB* e *BF*, sarà di 49° 5'. Avremo perciò l'angolo *BEF* [90] di 2° e il terzo lato *FE* di 10.776 parti, misurandone *DB* 10.000. Pertanto l'angolo *DXE* è di 7° 13', che sono i gradi che misurano sommati insieme gli angoli *XEB* e *XBE*, interni ed opposti. Questa è la prostaferesi sottrattiva, di cui l'angolo *ADB* era maggiore dell'angolo *XED* e la posizione media lo era rispetto a quella vera di Marte. Ma la posizione media è stata calcolata a 163° 32'; quella vera pertanto era ad ovest a 156° 19', ma appariva a 191° 28' a quelli che osservavano il pianeta da circa il punto *S*: era dunque la sua parallasse o commutazione di 35° 9', verso est. È dunque chiaro che l'angolo *EFS* è di 35° 9'. Essendo poi *RT* parallelo a *BD*, l'angolo *DXE* è eguale all'angolo *REV*, e l'arco *RV* è similmente di 7° 13'. Così tutto l'arco *VRS* è di 105° 41', che è l'anomalia resa uniforme della commutazione. Da ciò risulta l'angolo *VES*, esterno del triangolo *FES*. Quindi è dato anche l'angolo interno opposto *FSE* di 70° 32', e tutti calcolati nella misura in cui due retti sono 180°. Ma di un triangolo con angoli dati è dato anche il rapporto fra i lati, quindi *FE* è lungo 9428 parti, *ES* 5757 parti, calcolando il diametro del cerchio circoscritto al triangolo 10.000 parti. Se si calcola *EF* 10.776 parti, *ES* ne sarà quasi 6580, misurandone *BD* 10.000, misure poco diverse e quasi identiche a quelle trovate da Tolomeo [91]. Ma, per addizione, *ADE* è 11.460 delle stesse parti e, per sottrazione, *EC* è di 8540. E le 500 parti

[90] L'edizione di Varsavia ha *BDF*.
[91] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. X, cap. 8.

che l'epiciclo toglie in A, nell'apside superiore dell'eccentrico, esso le restituisce nell'inferiore, di modo che restano là 10.960 parti per l'apside superiore, qui 9040 parti per quello inferiore. Prendendo pertanto il raggio del circolo [orbitale] della terra come una parte, nell'apogeo di Marte la sua massima distanza sarà di una parte 39 primi 57 secondi; la distanza minima di una parte 22 primi 26 secondi e quella media di una parte 31 primi e 11 secondi. Così anche per Marte si dà una spiegazione esatta delle grandezze dei moti e delle distanze mediante il moto delle terra.

Capitolo XX

Sul pianeta Venere.

Esposti i moti dei tre pianeti superiori, Saturno, Giove e Marte, che abbracciano il circolo terrestre, bisogna ora discorrere di quelli che la terra stessa comprende col suo circolo. E anzitutto di Venere, che ammette una dimostrazione del suo moto più facile ed evidente di quelli, purché non manchino le osservazioni necessarie di alcune posizioni. Perché, se le sue distanze massime dalla posizione media del sole, da un lato e dall'altro, a mattina e a sera, si trovano reciprocamente uguali, sappiamo già con sicurezza che in mezzo a queste due posizioni del sole si trova l'apside superiore o inferiore dell'eccentrico di Venere; i quali apsidi si distinguono per questo, che tali digressioni [elongazioni angolari] uguali diventano minori intorno all'apogeo, maggiori intorno al perigeo. Nelle altre posizioni poi, mediante le differenze con cui si superano, si conosce senza alcun dubbio quanto disti dall'apside superiore o inferiore il circolo di Venere, e la sua eccentricità, secondo come questi dati ci sono stati trasmessi da Tolomeo [92], con tutta chiarezza, di modo che ripeterli minutamente non sarebbe stato opportuno, se non si applicassero anch'essi alla nostra ipotesi sulla mobilità della terra in base alle stesse osservazioni di Tolomeo.

[92] Tolomeo, *Almagesto*, lib. X, cap. 1.

Egli trasse la prima di esse dall'astronomo Teone di Alessandria [93], fatta, come dice, nell'anno 16 di Adriano, il giorno 21 del mese di Pharmuthi, all'una della notte successiva, cioè l'anno di Cristo 132, l'ottavo giorno prima delle Idi di marzo [7 marzo], al crepuscolo. E fu vista Venere alla distanza massima serale, dalla posizione media del sole, di 47° 15', mentre la posizione media del sole era secondo il calcolo a 337° 41' della sfera delle stelle fisse. Tolomeo confrontò con questa un'altra sua osservazione che dice di aver fatto l'anno quarto di Antonino, il giorno 12 del mese di Thoth alla prima luce del giorno, cioè nell'anno 142 [94] di Cristo, alla prima alba del terzo giorno avanti le Calende di agosto [30 luglio]. Ed egli disse che in tale osservazione la massima elongazione mattutina di Venere fu di nuovo di 47° 15', alla stessa distanza della precedente dalla posizione media del sole, che era a 119° circa della sfera delle stelle fisse, posizione che nella prima osservazione era invece di 337° 41'. È chiaro che tra queste posizioni medie vi sono gli apsidi diametralmente opposti a 48° 20' e 228° 20'; e aggiunti a tali valori da una parte e dall'altra i 6° 40' della precessione degli equinozi, si ottengono i 25° del Toro e dello Scorpione, nei quali, secondo l'affermazione di Tolomeo, l'apside superiore e quello inferiore di Venere dovevano essere diametralmente opposti.

Inoltre, per sostenere ancor più questa affermazione, prese da Teone un'altra osservazione dell'anno quarto di Adriano, all'alba del giorno 20 del mese di Athyr, cioè l'anno 119 dopo Cristo, il mattino del quarto giorno prima delle Idi di ottobre [12 ottobre], quando di nuovo Venere fu trovata alla massima distanza di 47° 32' dalla posizione media del sole, che era a 191° 13'. A questa osservazione aggiunse la sua dell'anno 21 di Adriano, cioè l'anno 136 di Cristo, il giorno 9

[93] Teone il Vecchio, di Smirne, filosofo platonico ed astronomo, fece osservazioni ad Alessandria nel II secolo dopo Cristo. Di lui ci è stata tramandata l'opera *Esposizione delle questioni matematiche utili alla lettura di Platone*. L'edizione completa di essa è stata fatta a Lipsia nel 1879 da E. Hiller.

[94] Così nel manoscritto (p. 170 r) e in tutte le edizioni. Il Menzzer (trad. cit., nota 417, p. 56) corregge 140.

del mese egizio di Mechyr, per i Romani invece l'ottavo giorno prima delle Calende di gennaio [25 dicembre], alla prima ora della notte seguente, in cui di nuovo la distanza serale era trovata di 47° 32′, dalla posizione media del sole che era a 265°. Ma nell'osservazione precedente di Teone la posizione media del Sole era a 191° 13′. Fra queste posizioni quelle medie cadono di nuovo fra i 48° 20′ ed i 228° 20′ circa, in cui bisogna che siano l'apogeo e il perigeo. E questi sono a partire dagli equinozi a 25° del Toro e dello Scorpione.

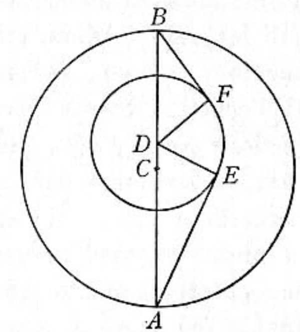
Tolomeo li distinse poi mediante due altre osservazioni successive. Una tra esse era di Teone, nell'anno 13 di Adriano, il giorno 3 del mese di Epiphi, cioè, nell'anno 129 di Cristo, il dodicesimo giorno prima delle Calende di giugno [21 maggio], alla prima alba, quando trovò che la massima elongazione mattutina di Venere era di 44° 48′, mentre il sole si trovava con il suo moto medio a 48° 50′ e Venere appariva a 4° della sfera delle stelle fisse. Lo stesso Tolomeo compì l'altra osservazione l'anno 21 di Adriano, il giorno 2 del mese egizio di Tybi, dal che stabiliamo che era il 136 dopo Cristo, il giorno quinto prima delle Calende di gennaio [28 dicembre], all'una della notte seguente, mentre il sole con il suo moto medio era a 228° 54′, da cui Venere aveva una massima elongazione serale di 47° 16′, apparendo essa stessa a 276° 10′. Con questi dati si sono distinti reciprocamente gli apsidi, cioè, quello superiore è a 48° 20′, dove le digressioni di Venere sono più piccole, e l'inferiore a 228° 20′, dove sono più grandi, come si doveva dimostrare.

Capitolo XXI

Qual è il rapporto fra i diametri del circolo [orbitale] della terra e di quello di Venere.

Inoltre da questi calcoli risulterà anche il rapporto fra il diametro del circolo [orbitale] della terra e di quello di Venere. Si tracci infatti *AB*, circolo [orbitale] terrestre, con centro *C* e con diametro *ACB* dall'uno all'altro apside, sul

quale si prenda *D* per centro del circolo [orbitale] di Venere, eccentrico rispetto al circolo *AB*. Sia poi *A* la posizione dell'apogeo, per cui, trovandosi in esso la terra, il centro dell'orbe di Venere era alla distanza massima, essendo *AB* la linea del moto medio del sole, in *A* a 48° 20′, mentre in *B* a 228° 20′.



Si traccino anche le linee rette *AE*, *BF* tangenti al circolo di Venere nei punti *E* ed *F*, e si traccino *DE* e *DF*. Pertanto, poiché l'angolo *DAE* al centro del circolo sottende 44° 48′ e l'angolo *AED* è retto, il triangolo *DAE* sarà di angoli e quindi di lati dati; e precisamente: *DE*, come metà della corda che sottende il doppio di *DAE*, misura 7046 parti di cui *AD* [95] ne misura 10.000. Allo stesso modo, nel triangolo rettangolo *BDF* è dato l'angolo *DBF* di 47° 20′; anche il cateto *DF* sarà di 7346 parti, misurandone *BD* 10.000. Dal che, essendo *DF* uguale a *DE*, cioè di 7046, *BD* sarà 9582 delle medesime parti. Per cui l'intero diametro *ACB* sarà 19.582 parti, e la metà sua *AC* 9791 parti e infine *CD* 208 parti [96]. Se quindi *AC* misurerà una parte, *DE* misurerà 43 primi ed un sesto e *CD* un primo ed un quarto; calcolando *AC* 10.000 parti, *DE* o *DF* ne sarà 7193 e *CD* 208 circa, come dovevasi dimostrare [97].

Capitolo XXII

Il duplice moto di Venere.

Ma intorno a *D* il moto uniforme di Venere non è semplice, come è provato soprattutto da due osservazioni di Tolo-

[95] Così nel manoscritto (p. 171 r) e nelle edizioni. L'edizione di Thorn corregge *BD*.

[96] Il manoscritto è oscuro. L'edizione dell'Accad. polacca porta 208. L'edizione di Thorn corregge 209, e così anche l'edizione degli Zeller.

[97] Qui seguono nel manoscritto (p. 171 r) alcune righe poi cancellate: « Che questi risultati valgano anche per la nostra epoca l'hanno mostrato

meo [98]. La prima di esse egli la fece nell'anno 18 dell'impero di Adriano, il giorno 2 del mese egizio di Pharmuthi, ma secondo i Romani era l'anno 134 dalla nascita di Cristo, alla prima alba del dodicesimo giorno avanti le Calende di marzo [18 febbraio]. Allora, infatti, essendo il sole con il suo moto medio a 318° 50′, Venere che appariva al mattino a 275° 15′ dell'eclittica, aveva toccato il limite estremo della sua elongazione con 43° 35′. Fece la seconda osservazione nell'anno terzo di Antonino, nello stesso mese di Pharmuthi, il giorno 4, secondo il calendario egizio, che era l'anno 140 di Cristo secondo i Romani, al crepuscolo del dodicesimo giorno avanti le Calende di marzo [18 febbraio]. Anche allora la posizione media del sole era a 318° 50′, e Venere alla sua massima elongazione serale da esso con 48° 20′, apparendo a 7° 50′ di longitudine.

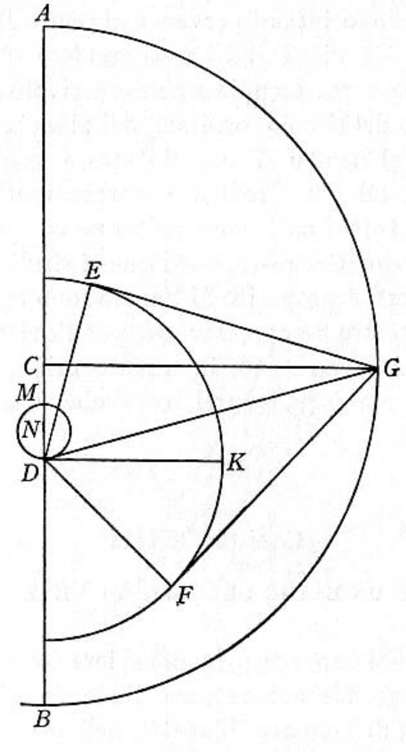
Esposti così questi dati, si prenda sul circolo [orbitale] terrestre il punto *G* in cui sia la terra, cosicché *AG* sia un quarto di circolo, che è la misura di quanto il sole, in opposizione in ambedue le osservazioni, secondo il suo moto medio, parve precedere l'apogeo dell'eccentrico di Venere; e si tracci *GC*, a cui si conduca quindi la parallela *DK*, e le tangenti al cerchio [orbitale] di Venere *GE* e *GF*; e si traccino poi *DE*, *DF*, *DG*. Pertanto, poiché l'angolo *EGD* [99] dell'elongazione mattutina nella prima osservazione era di 43° 35′ e nella seconda l'angolo *CGF* dell'elongazione serale era di 48° 20′, essi sommati insieme danno l'angolo *EGF* di 91° 55′; e quindi la sua metà *DGF* è di 45° 57′ 30″ e, per sottrazione, l'angolo *CGD* è di 2° 23′. Ma l'angolo *DCG* è retto; quindi nel triangolo *CGD* di angoli dati è dato il rapporto dei lati, e *CD* è lungo 416 parti, se si calcola *CG* 10.000 parti. Ma in precedenza s'era dimostrato che la stessa distanza fra i centri era 208 parti, mentre ora è quasi raddoppiata. Diviso per-

numerose osservazioni; salvo il fatto che l'eccentricità sembra essere diminuita ».

[98] Tolomeo, *Almagesto*, lib. X, cap. 3.

[99] L'edizione di Thorn corregge: *EGC*.

tanto *CD* in due parti nel punto *M*, sarà similmente *DM* pari a 208, l'intera differenza di questo avvicinamento e allontanamento. Se poi si biseca anche *DM* in *N* si vedrà



che esso è il punto medio o dell'uniformità di questo moto. Quindi, come nei tre pianeti superiori, anche Venere possiede un moto composto di due moti uniformi, sia che esso si compia mediante un eccentrepiciclo, sia che avvenga in un altro dei modi anzidetti.

Questo astro ha tuttavia una certa differenza da quelli, nell'ordine e nella misura di tali moti, e ciò si potrà più facilmente e comodamente mostrare (come credo) mediante l'eccentrico di un eccentrico. In tal modo tracceremo intorno al centro *N*, con raggio *DN*, un piccolo cerchio, su cui [il centro] del circolo [orbitale] di Venere sia trasportato e mutato di luogo, secondo questa legge: che ogni volta che la terra capita sul diametro *ACB*, su cui sono l'apside superiore e quello inferiore dell'eccentrico, il centro del circolo [orbitale] del pianeta sia sempre alla distanza minima, cioè nel punto *M*; che ogni volta che la terra è nell'apside medio (cioè *G*), il centro del circolo [orbitale] pervenga al punto *D*, alla distanza massima *CD*. Da ciò è dato comprendere che, nel tempo stesso in cui la terra compie un'intera rivoluzione una sola volta, il centro del circolo [orbitale] del pianeta fa due rivoluzioni intorno al centro *N* e nello stesso verso della terra, cioè da ovest ad est. Mediante questa ipotesi su Venere concordano in tutti i casi moto uniforme ed apparente, come si mostrerà tosto. Del resto, tutti questi risultati che si sono fin qui dimostrati a proposito di Venere sono trovati conformi anche per il nostro tempo, eccetto per l'eccentricità, che è diminuita di circa un sesto, in quanto prima misurava 416 parti, mentre ora è 350 parti, cosa che ci rivelano molte osservazioni [100].

Capitolo XXIII

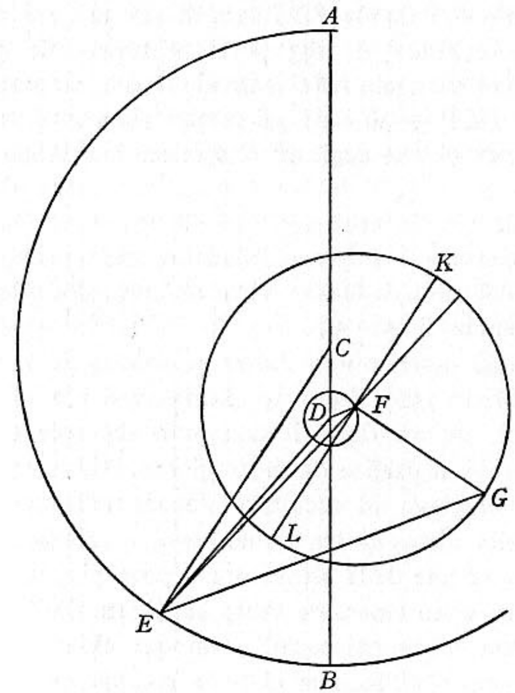
Su un esame del moto di Venere.

Tra esse abbiamo preso in considerazione due posizioni osservate con grande accuratezza, l'una da Timocari [101] durante l'anno 13 di Tolomeo Filadelfo, nell'anno 52 dalla morte di Alessandro, alla prima alba del giorno 18 del mese egizio di Mesori, in cui si tramandò che Venere fu vista occupare la posizione della stella fissa che appare più avanzata [ad ovest] fra le quattro che sono nell'ala sinistra della Vergine, ed è la sesta nella descrizione di questa costellazione; la sua longitudine è di 151° 30', la latitudine nord di 1° 10', ed è di terza grandezza. Pertanto anche la posizione di Venere

[100] Queste ultime righe sono aggiunte in margine nel manoscritto (p. 172 r), e sono scritte con inchiostro e da mano diversa. Seguono poi tre pagine, cancellate, che contengono una diversa redazione della prima parte del capitolo 23.

[101] Tolomeo, *Almagesto*, lib. X, cap. 4. L'osservazione di Timocari avvenne il 12 ottobre 272 a. C.

era nota. Il luogo medio del sole, del resto, secondo il calcolo, era a 194° 23'. Per questo caso, nella figura disegnata, essendo il punto *A* a 48° 20', l'arco *AE* sarà di 146° 3' e, per sottra-



zione, l'arco *BE* sarà di 33° 57'. Anche l'angolo *CEG*, che è la distanza [angolare] del pianeta dalla posizione media del sole, sarà di 42° 53'.

Pertanto, poiché la linea *CD* misura 312 parti, calcolando *CE* di 10.000 parti, e l'angolo *BCE* 33° 57', nel triangolo *CDE* l'angolo *CED* risulterà di 1° 1' e il terzo lato *DE* di 9743 parti. Ma l'angolo *CDF*, doppio dell'angolo *BCE*, è di 67° 54'. Il suo supplementare è l'angolo *BDF* di 112° 6'; e l'angolo *BDE*, esterno al triangolo *CDE*, di 34° 58' [102]. Da ciò risulta che l'angolo *EDF* è di 144° 4' [in realtà, 147° 4'],

[102] Così nel manoscritto (p. 175 r). In tutte le edizioni sino a quella di Thorn: 34° 57'.

ed è dato così *DF* di 104 parti, misurandone *DE* 9743. Sarà anche, nel triangolo *DEF*, l'angolo *DEF* pari a 20′ e, per addizione, *CEF* a 1° 21′, e il lato *EF* a 9831 [103] parti. Ma già si è mostrato che tutto l'angolo *CEG* è di 42° 53′; quindi, per sottrazione, l'angolo *FEG* sarà di 41° 32′, e il raggio *FG* del circolo [orbitale] è 7193 parti, misurandone *EF* 9831. Pertanto, nel triangolo *EFG*, essendo dati il rapporto dei lati e l'angolo *FEG*, sono dati gli angoli rimanenti, e l'angolo *EFG* è di 72° 5′, che aggiunti al semicerchio danno i 252° 5′ [in realtà, 250° 44′] dell'arco *KLG*, a partire dall'apside superiore del circolo [orbitale]. Così anche abbiamo dimostrato che nell'anno 13 di Tolomeo Filadelfo, nella prima alba del giorno 18 del mese di Mesori vi fu un'anomalia di commutazione di Venere di 252° 5′.

Noi stessi osservammo l'altra posizione di Venere, nell'anno di Cristo 1529, il quarto giorno avanti le Idi di marzo [12 marzo], un'ora dopo il tramonto del sole e all'inizio dell'ora ottava a partire da mezzogiorno. Abbiamo visto che la luna cominciava ad occultare Venere nella parte oscura, a metà della distanza tra i due corni e tale occultamento durò fino alla fine della stessa ora o poco più, finché il pianeta non fu visto emergere verso occidente dall'altra parte, a metà della gobba dei corni. È dunque chiaro che a metà di questa ora, o all'incirca, ci fu la congiunzione dei centri di Venere e della luna; e potemmo vedere questo fenomeno a Frauenburg. Venere era ancora nella crescita serale [dell'elongazione] e al di qua della tangente al circolo [orbitale].

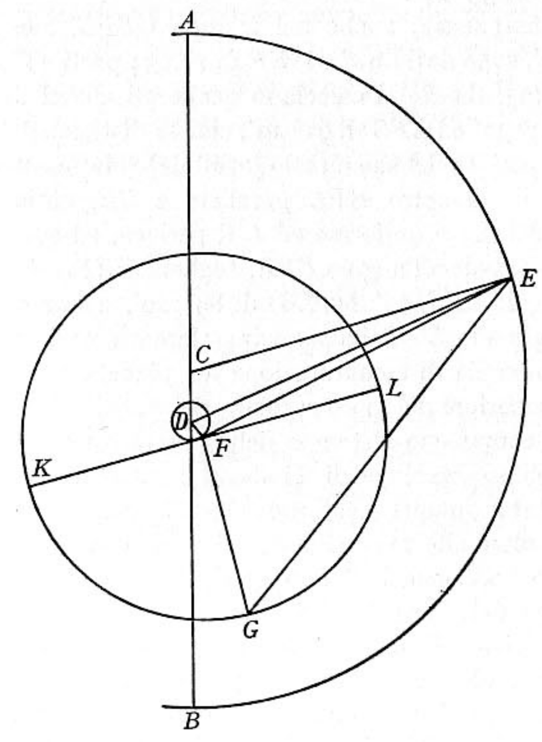
Pertanto, dalla nascita di Cristo vi sono 1529 anni egizi, 87 giorni, 7 ore e mezza secondo il tempo apparente, 7 ore e 34′, invece, secondo quello uniforme. E la semplice posizione media del sole giungeva a 332° 11′ [104]; la precessione degli equinozi era 27° 24′; il moto uniforme della luna a 33° 57′ dal sole, l'anomalia uniforme di 205° 1′; il moto in latitudine di 71° 59′. Da ciò si calcola la vera posizione

[103] L'edizione di Thorn ha qui 9631, mentre poco dopo dà il valore di 9831 per *EF*.

[104] Le edizioni di Norimberga, Basilea e Thorn hanno 232° 11′.

della luna a 10°, ma a partire dall'equinozio a 7° 24′ del Toro, con una latitudine nord di 1° 13′. Ma poiché sorgevano i 15° della Bilancia, la parallasse della luna era di 48′ in longitudine e di 32′ in latitudine, e perciò la sua posizione fu vista a 6° 36′ del Toro; la sua longitudine rispetto alla sfera delle stelle fisse era tuttavia di 9° 12′, con una latitudine nord di 41′. E la posizione apparente di Venere, stella della sera, era la stessa, distante dal luogo medio del sole 37° 1′ [105]. La distanza della terra dall'apside superiore di Venere era di 76° 9′.

Si tracci ora di nuovo la figura costruita nel modo precedente, se non che l'arco *EA* o l'angolo *ECA* sia di 76° 9′, il cui doppio sia *CDF*, di 152° 18′. L'eccentricità *CD* sia, come si trova nei nostri tempi di 246 parti e *DF* di 104 parti,



[105] Nelle edizioni di Norimberga, Basilea e Varsavia: 42° 1′.

misurandone *CE* 10.000. Abbiamo dunque nel triangolo *CDE* un angolo dato, l'angolo *DCE*, per sottrazione, di 103° 51', compreso fra lati dati; da ciò si ricava che l'angolo *CED* è di 1° 15', il terzo lato *DE* di 10.056 parti e il rimanente angolo *CDE* di 74° 54'. Ma l'angolo *CDF*, il doppio dell'angolo *ACE*, è di 152° 18'; togliendo da *CDF* l'angolo *CDE*, resta l'angolo *EDF* di 77° 24'.

Così ancora, nel triangolo *DEF* due lati dati, *DF* di 104 parti e *DE* che ne misura 10.056, comprendono l'angolo dato *EDF*; si ha anche l'angolo *DEF* di 35' e il lato residuo *EF* di 10.034 parti. Di qui, per addizione, l'angolo *CEF* è 1° 50'. Inoltre, poiché tutto l'angolo *CEG* è di 37° 1', che è la misura di quanto il pianeta parve distare dalla posizione media del sole, se da esso si toglie l'angolo *CEF*, resta l'angolo *FEG* di 35° 11'.

Di conseguenza, anche nel triangolo *EFG*, con l'angolo dato in *E*, sono dati due lati, *EF* di 10.034 parti e *FG* che ne misura 7193; da ciò si calcolano anche gli angoli rimanenti, *EGF* di 53° 30' ed *EFG* di 91° 19', cioè la distanza del pianeta dal vero perigeo del suo circolo [orbitale]. Ma, essendo stato tracciato il diametro *KFL* parallelo a *CE*, cosicché *K* è l'apogeo del moto uniforme ed *L* il perigeo, ed essendo l'angolo *EFL* uguale all'angolo *CEF*, togliendo *EFL* da *EFG* resterà l'angolo *LFG*, e l'arco *LG*, di 89° 29', e l'arco *KG*, che risulta togliendo *LG* dalla semicirconferenza, sarà di 90° 31', che è l'anomalia di commutazione del pianeta a partire dall'apside superiore del moto regolare del suo circolo [orbitale], e che noi cercavamo al tempo della nostra osservazione.

Ma nell'osservazione di Timocari l'anomalia era di 252° 5'; c'è stato dunque nell'intervallo di tempo un moto di 198° 26', oltre alle 1115 rivoluzioni complete. D'altra parte, nel tempo trascorso dall'anno 13 di Tolomeo Filadelfo, alla prima alba del giorno 18 del mese di Mesori, sino all'anno 1529 di Cristo, il quarto giorno avanti le Idi di marzo [12 marzo], alle sette e mezza pomeridiane, vi sono 1800 anni egizi, 236 giorni e circa 40 minuti [di giorno]. Quando dunque si moltiplichino i 1115 moti di rivoluzione più 198° 26' per 365 giorni, e il prodotto si divida per 1800 anni, 236 giorni e 40 minuti [di giorno], si avrà un moto annuo di 225° 1 primo 45 secondi 3 terzi e 40 quarti. Ancora, dividendo questo valore per 365 giorni, risulta un moto diurno di 36 primi 59 secondi 28 terzi. Questi sono i valori da cui si è sviluppata la tavola che abbiamo sopra esposto [106].

Capitolo XXIV [107]

Sulle posizioni dell'anomalia di Venere.

Dalla prima Olimpiade all'anno 13 di Tolomeo Filadelfo, alla prima alba del giorno 18 del mese di Mesori, vi sono del resto 503 anni egizi, 228 giorni, 40 minuti [di giorno], durante i quali si calcola un moto di 290° 39'. Se questi vengono tolti da 252° 5', con l'aggiunta di una rivoluzione, dànno come resto 321° 26', la posizione [del moto] nella prima Olimpiade. Da essa abbiamo le altre posizioni, in rapporto al moto e al tempo già spesso ricordato: quella [dell'epoca] di Alessandro, 81° 52'; di Cesare, 70° 26'; di Cristo 126° 45'.

Capitolo XXV

Mercurio.

Si è mostrato per quali vie Venere si connetta con il moto terrestre e sotto quale rapporto di cerchi si celi l'uniformità del suo moto. Resta Mercurio, che senza dubbio si assoggetterà anch'esso al medesimo principio assunto, seb-

[106] Nel manoscritto (p. 174 r) c'era – ed è stata poi cancellata – un'altra conclusione del capitolo. Poiché (cfr. nota 100) l'inizio del cap. 23 nella redazione poi cancellata faceva riferimento ad una osservazione di Tolomeo anziché a quella di Timocari, così anche questa prima redazione della conclusione fa riferimento all'osservazione di Tolomeo e non a quella di Timocari.

[107] Anche di questo capitolo il manoscritto (p. 174 v) contiene un'altra redazione poi cancellata e sostituita dalla redazione tradotta nel testo. Quest'ultima si trova a p. 175 v del manoscritto.

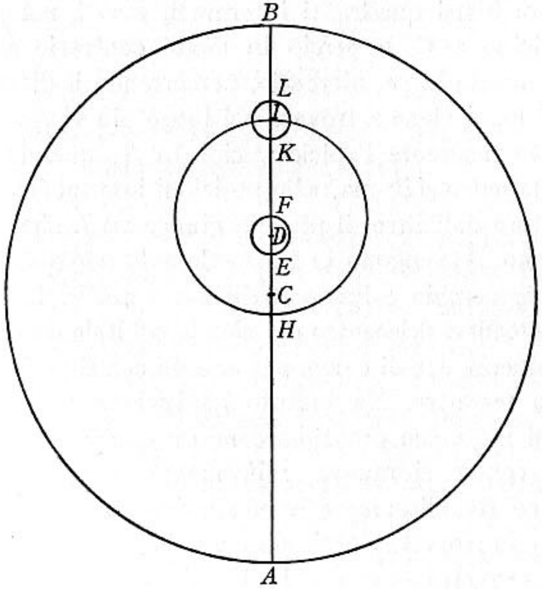
bene vada errando in evoluzioni più numerose di Venere o di qualunque degli altri pianeti sopra ricordati. Risulta bene dall'esperienza degli antichi osservatori che Mercurio, nella costellazione della Bilancia, ha le elongazioni più piccole dal sole, mentre le ha maggiori nella costellazione opposta alla Bilancia [108], come è giusto. Tuttavia non ha le sue massime elongazioni in questo luogo ma in alcuni altri al di qua e al di là, come ad esempio nei Gemelli o nell'Acquario, specie al tempo di Antonino, secondo il parere di Tolomeo [109]; il che non avviene per nessun altro pianeta. Quando gli antichi astronomi, che credevano che la causa di ciò fosse la terra immobile e Mercurio in movimento nel suo grande epiciclo lungo un eccentrico, si accorsero che un solo semplice eccentrico non poteva rendere conto sufficientemente di queste apparenze (concesso anche che l'eccentrico si muovesse non intorno al suo centro ma ad uno estraneo), furono costretti inoltre ad ammettere che lo stesso eccentrico che porta l'epiciclo si muova su un altro piccolo circolo, come quello che ammettevano a proposito all'eccentrico lunare. E così, essendoci tre centri, e cioè l'uno dell'eccentrico che porta l'epiciclo, l'altro del piccolo circolo e il terzo di quel circolo, che autori più recenti chiamano equante, concessero che l'epiciclo, trascurati i due primi centri, non si muoveva uniformemente se non intorno al centro dell'equante, centro diversissimo da quello vero e senza rapporto con esso né con gli altri due centri precedenti. Né in verità pensarono che si potesse rendere conto fedelmente dell'apparenza di questo pianeta in altro modo, come diffusamente si afferma nella *Sintassi* di Tolomeo [110].

Affinché dunque anche quest'ultimo astro sia salvaguardato dall'offesa dei detrattori e dalle circostanze e si mostri l'uniformità del suo moto non meno di quella dei precedenti pianeti, ammessa la mobilità della terra, assegneremo anche ad esso un eccentrico di un eccentrico, in luogo di quell'epi-

[108] L'Ariete.
[109] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. IX, cap. 8.
[110] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. X, cap. 6.

ciclo che immaginavano gli antichi, ma in modo diverso da Venere. Nondimeno, un epiciclo si muova sull'eccentrico, e su esso il pianeta non sia portato lungo la circonferenza ma in su e in giù lungo il diametro, cosa che può avvenire grazie a moti uniformi circolari, come prima [libro III, cap. 4] si è esposto a proposito della precessione degli equinozi. Né c'è da meravigliarsi, poiché anche Proclo nel commento degli *Elementi* di Euclide [111] riconosce che si possa descrivere una linea retta anche mediante molti moti. Con tutti questi moti si dimostreranno le sue apparenze.

Ma affinché l'ipotesi sia più esplicitamente afferrata, sia AB la grande orbita della terra, C il suo centro, ACB il diametro, su cui, preso come centro D, fra i due punti B e C,



con raggio un terzo di CD si descriva un piccolo circolo EF, di modo che sia in F la distanza massima da C, e in E la minima. E intorno al centro F si tracci il circolo [orbitale] HI

[111] Cfr. PROCLO, *Commento agli Elementi di Euclide* (ed. Friedlein, Lipsia, 1873), IV, B, 61.

di Mercurio. Quindi nell'apside superiore *I* preso come centro si aggiunga l'epiciclo percorso dal pianeta. Sia *HI* il circolo eccentrico dell'eccentrico, che è un eccentrepiciclo. Così disegnata la figura cadono in successione su una linea retta tutti questi punti: *A H C E D F K I L B*; e intanto si collochi il pianeta in *K*, cioè alla distanza minore *KF* dal centro *F*. Stabilito ora in tal modo l'inizio dei moti di rivoluzione di Mercurio, si supponga che il centro *F* compia due moti di rivoluzione per uno della terra e nello stesso verso, cioè da ovest ad est. Similmente si muova anche il pianeta su *KL*, ma lungo il diametro in su e in giù rispetto al centro del circolo *HI*. Segue infatti da ciò che ogni volta che la terra è in *A* o in *B*, il centro dell'orbe di Mercurio è in *F* e nel punto più lontano da *C*. Ma quando invece la posizione della terra è nei quadranti intermedi, esso è nel punto *E*, il più vicino a *C*, e perciò in modo contrario a Venere. Secondo questa legge, Mercurio, percorrendo il diametro *KL* dell'epiciclo, si viene a trovare nel luogo più vicino al centro del circolo deferente l'epiciclo, cioè in *K*, quando la terra sta sul diametro *AB*; ma nelle posizioni intermedie di questa da un lato e dall'altro, il pianeta giunge ad *L* che è il luogo più lontano. Avvengono in tal modo sulla circonferenza *EF* del piccolo cerchio e lungo il diametro *LK* [112] le due rivoluzioni gemellari del centro del circolo orbitale e del pianeta, reciprocamente eguali e commensurabili con il periodo annuo del moto terrestre. Ma intanto l'epiciclo o la linea *FI* si muova di moto suo proprio secondo il circolo [orbitale] *HI*, e il suo centro si muova uniformemente, compiendo una rivoluzione semplicemente e in riferimento alla sfera delle stelle fisse in circa 88 giorni. Ma con quel moto per cui supera il moto terrestre e che noi chiamiamo di commutazione [parallasse], ritorna nella stessa posizione entro 116 giorni, secondo quanto si può ricavare più esattamente dalla tavola dei moti medi. Segue quindi che Mercurio con il suo proprio

[112] Nel manoscritto (p. 176 v) e nelle edizioni sino a quella di Varsavia: *HK*. Le edizioni di Thorn e Monaco correggono in *LK*; quella dell'Accad. polacca conserva *HK*.

moto non sempre descrive la stessa circonferenza di un circolo, ma assai diversa in relazione alla distanza dal centro del suo circolo [orbitale], minima nel punto *K*, massima in *L* e media intorno ad *I*, quasi allo stesso modo che si può vedere nell'epiciclo dell'epiciclo lunare. Ma ciò che la luna compie lungo la circonferenza, Mercurio fa lungo il diametro, con un moto alternato di va e vieni, composto tuttavia da moti uniformi. E in qual modo tale moto si compia abbiamo mostrato sopra a proposito della precessione degli equinozi. Ma su ciò faremo alcune altre considerazioni in seguito in merito alle latitudini. E questa ipotesi basta a spiegare tutte le apparenze che si mostrano di Mercurio, cosa che, dal resoconto delle osservazioni di Tolomeo e di altri, apparirà manifesta.

Capitolo XXVI

Sulla posizione degli apsidi superiore ed inferiore di Mercurio.

Infatti, Tolomeo osservò Mercurio nell'anno primo di Antonino, dopo il tramonto, il giorno 20 del mese di Epiphi [4 giugno del 138 d. C.], mentre il pianeta era alla massima distanza serale dalla posizione media del sole [113]. Vi erano dunque fino a questa data 137 anni, 188 giorni, 42 minuti e mezzo [di giorno] dell'era di Cristo a Cracovia, e quindi la posizione media del sole secondo il nostro calcolo era di 63° 50′ e l'astro, osservato strumentalmente, a 7° della costellazione del Cancro, come egli dice. Ma, tolta la precessione degli equinozi, che era allora di 6° 40′, la posizione di Mercurio fu a 90° 20′, a partire dall'inizio della costellazione dell'Ariete nella sfera delle stelle fisse, e la massima elongazione dal sole medio era di 26° 30′.

Un'altra osservazione Tolomeo la fece nell'anno quarto di Antonino, all'alba del giorno 19 del mese di Phamenoth

[113] Tolomeo, *Almagesto*, lib. IX, cap. 7.

[2 febbraio 141], essendo trascorsi dall'inizio dell'era volgare 140 anni, 67 giorni e 12 minuti [di giorno] circa, quando il sole medio era a 303° 19′. E Mercurio appariva, secondo lo strumento, a 13° 30′ della costellazione del Capricorno. Ma a partire dall'inizio della costellazione dell'Ariete era a 276° 49′ circa, e quindi la massima elongazione mattutina era similmente di 26° 30′. Poiché, pertanto, sono uguali da un lato e dall'altro i limiti delle elongazioni dalla posizione media del sole, gli apsidi di Mercurio sono necessariamente da una parte e dall'altra intermedi tra queste posizioni, cioè fra 63° 50′ e 90° 20′ [114]. E sono a 3° 34′ ed a 183° 34′ i luoghi diametralmente opposti, in cui devono essere ambedue gli apsidi di Mercurio, il superiore e l'inferiore. Questi si distinguono, come in Venere, mediante due osservazioni, di cui la prima avvenne nell'anno 19 di Adriano, alla prima alba del giorno 15 del mese di Athyr [3 ottobre 134], mentre la posizione media del sole era a 182° 38′ e l'elongazione mattutina massima di Mercurio da essa era di 19° 3′, poiché la posizione apparente di Mercurio era a 143° 35′ [115]. E nello stesso anno 19 di Adriano, che è il 135 dopo Cristo, al crepuscolo del giorno 19 del mese egizio di Pachon [5 aprile 135], Mercurio venne trovato mediante lo strumento a 27° 43′ della sfera delle stelle fisse, mentre il sole con il suo moto medio era a 4° 28′. Apparve inoltre che la massima elongazione serale del pianeta era di 23° 15′ e maggiore della precedente. Quindi era abbastanza evidente che l'apogeo di Mercurio non poteva essere, in quel momento, se non a circa 183° 20′, del che si doveva prendere nota.

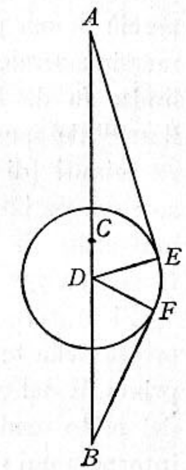
[114] Così nel manoscritto (p. 177 r) e nelle edizioni di Thorn, di Monaco e dell'Accad. polacca. In quelle di Norimberga e Basilea: 110° 20′. Ma in quelle di Amsterdam e Varsavia, giustamente, 303° 19′. Copernico ha infatti scambiato la posizione di Mercurio nella prima osservazione con quella del sole nella seconda. Cfr. anche Menzzer, trad. cit., nota 439, p. 60.

[115] Così nel manoscritto (p. 177 r) e nelle edizioni di Norimberga, Basilea, Monaco e dell'Accad. polacca. Quelle di Amsterdam, Varsavia e Thorn correggono giustamente in 163° 35′.

Capitolo XXVII

Quale sia l'eccentricità di Mercurio e la simmetria dei suoi circoli.

Mediante questi dati si dimostra anche la distanza e la grandezza dei circoli. Sia infatti AB la linea retta che unisce gli apsidi di Mercurio, attraversando A quello superiore e B quello inferiore, ed AB sia anche il diametro della grande orbita terrestre, il cui centro sia C: e, preso come centro D, si tracci il circolo [orbitale] del pianeta. Si conducano quindi le tangenti AE e BF al circolo [orbitale] e si uniscano DE e DF. Pertanto, poiché nella prima delle due osservazioni precedenti si vide che la massima elongazione mattutina era di 19° 3′, l'angolo CAE era perciò di 19° 3′. Ma nella seconda osservazione, la massima elongazione serale appariva di 23° 15′.



Quindi, in ambedue i triangoli rettangoli AED e BFD, di angoli dati, saranno dati pure i rapporti tra i lati, cosicché, essendo AD 100.000 parti, il raggio ED del circolo [orbitale] è di 32.639 parti; misurandone invece BD 100.000, FD ne misurerebbe 39.474. Ma, poiché FD è eguale ad ED (come raggi del cerchio), FD misura 32.639 di quelle parti di cui AD ne misura 100.000, e DB sarà di 82.685 parti; quindi AC, metà di AB, è 91.342 parti e, per sottrazione, CD, cioè la distanza tra i centri, è di 8658 parti. Supponendo poi AC eguale ad una parte o sessanta primi, il raggio del circolo [orbitale] di Mercurio è 21 primi e 26 secondi e CD 5 primi e 41 secondi. E supponendo AC eguale a 100.000 parti, DF ne sarà 35.733 e CD 9479, come si doveva dimostrare.

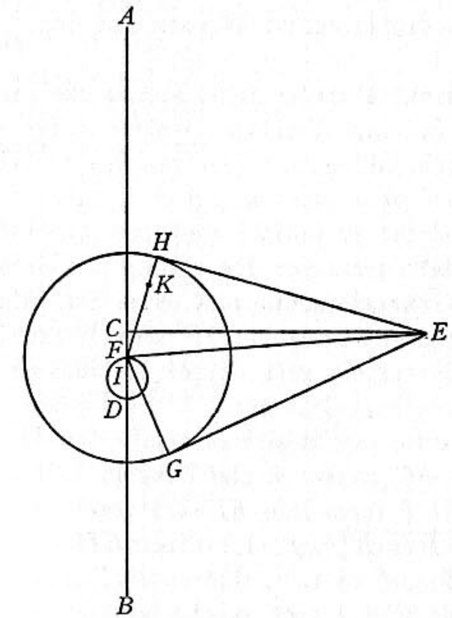
Ma anche queste grandezze non rimangono dovunque eguali e differiscono molto da quelle che si hanno intorno agli apsidi medi, come ci mostrano le elongazioni mattutine e serali osservate in quelle posizioni, quali ci vengono riferite da Teone e da Tolomeo [116]. Infatti, Teone osservò il limite serale [di elongazione] di Mercurio nell'anno 14 di Adriano, il giorno 18 del mese di Mesori, dopo il tramonto del sole, e cioè 129 anni, 216 giorni e 45 minuti [di giorno] dopo la nascita di Cristo [4 luglio 130], mentre la posizione media del sole era a 93° 30′, cioè quasi all'apside medio di Mercurio. D'altra parte, il pianeta apparve, mediante strumento di osservazione, a 3° 50′ ad ovest del Basilisco del Leone, e perciò la sua posizione era di 119° 45′ e la sua elongazione massima serale era di 26° 15′. Tolomeo riferisce che il secondo limite fu da lui osservato nell'anno secondo di Antonino, il 21 [117] del mese di Mesori, all'alba, cioè, 138 anni, 219 giorni, 12 minuti [di giorno] dopo Cristo. La posizione media del sole era parimenti a 93° 39′, da cui la massima elongazione mattutina di Mercurio egli trovò di 20° 15′; e il pianeta fu visto a 73° 24′ nella sfera delle stelle fisse.

Si tracci nuovamente il diametro *ACDB* della grande orbita della terra, che passi per gli apsidi di Mercurio, come prima. E dal punto *C* si conduca, perpendicolare, la linea *CE* del moto medio del sole; fra *C* e *D* si prenda il punto *F*, intorno a cui si disegni il circolo [orbitale] di Mercurio, che sia tangente alle rette *EH* ed *EG*, si traccino poi *FG*, *FH*, *EF*. Il nostro scopo è di trovare nuovamente il punto *F* e in che rapporto il raggio *FG*, stia con *AC*. Infatti, poiché è dato l'angolo *CEG*, di 26° 15′, e l'angolo *CEH* di 20° 15′, tutto *HEG* è pertanto di 46° 30′ e la sua metà *HEF* di 23° 15′. Quindi, per sottrazione, l'angolo *CEF* sarà di 3°. Perciò del triangolo rettangolo *CEF* sono dati i lati, *CF* di 524 parti e *FE* di 10.014 parti, essendo *CE* uguale a 10.000 parti, come *CA*. Ma già si è mostrato prima che tutto *CD* è 948 parti, quando la terra era all'apside superiore o inferiore del pianeta; *DF*, che è quanto *CD* supera *CF*, sarà il diametro del

[116] Tolomeo, *Almagesto*, lib. IX, cap. 9.

[117] In realtà l'osservazione di Tolomeo fu fatta il 24 del mese di Mesori, cioè l'8 luglio del 139. La data del 21 (5 luglio 139) viene a Copernico dall'edizione veneziana del 1515 dell'*Almagesto*, da lui usata.

piccolo circolo, che il centro del circolo [orbitale] di Mercurio avrà descritto, e misurerà 424 parti, e il raggio *IF* 212 parti. Quindi, tutto *CFI* è 736 parti.



Similmente, pure nel triangolo *HEF*, con l'angolo in *H* retto, è dato anche *HEF* di 23° 15′, da cui risulta *FH* di 3947 parti, misurandone *EF* 10.000. Ma misurando *EF* 10.014 parti, essendone *CE* 10.000, lo stesso *FH* sarà 3953 parti. Sopra poi si è mostrato che era di 3573 quella linea a cui è uguale *FK*. Sarà dunque, per sottrazione, *HK* pari a 380 parti, che è la differenza massima della distanza del pianeta dal centro del suo orbe, differenza che si verifica tra l'apside superiore, o quello inferiore, e quelli medi. A causa della distanza variabile dal centro *F* del suo circolo [orbitale], il pianeta descriverà circoli disuguali secondo le diverse distanze; la minore di 3537 parti, la maggiore di 3953, e tra esse quella intermedia è 3763 parti, come era da dimostrare.

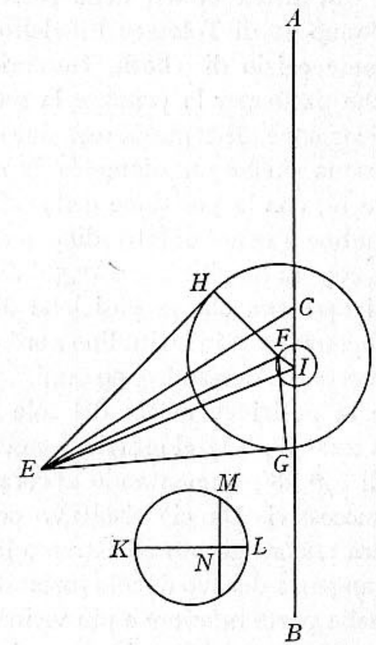
Capitolo XXVIII

Perché le digressioni di Mercurio intorno al lato dell'esagono [a 60° dal perigeo] appaiono maggiori di quelle che si verificano nel perigeo.

Di qui risulterà anche meno strano che intorno ai lati dell'esagono [ad una distanza angolare di 60° dal perigeo] Mercurio faccia digressioni [elongazioni] maggiori che nel perigeo, poiché sono anche maggiori di quelle che già dimostrammo, cosicché gli antichi credettero che in un moto di rivoluzione della terra per due volte il suo circolo [orbitale] si avvicinasse maggiormente alla terra. Sia, infatti, l'angolo *BCE* di 60°; perciò l'angolo *BIF* sarà di 120°. Si suppone infatti che *F* compia una doppia rivoluzione rispetto ad una sola rivoluzione della terra *E*. Si uniscano dunque *EF* ed *EI*. Pertanto, poiché si è mostrato che *CI* è 736 parti, misurandone *EC* 10.000, e che l'angolo *ECI* è di 60°, nel triangolo *ECI* il terzo lato *EI* sarà perciò di 9655 parti e l'angolo *CEI* di circa 3° 47′, cioè quanto *CIE* è minore di *ACE*. Ma quest'ultimo è di 120°: dunque *CIE* sarà 116° 13′. Ma anche l'angolo *FIB* è 120°, poiché per costruzione è doppio di *ECI*, e il suo supplementare è 60°; per sottrazione *EIF* risulta di 56° 13′. Si è del resto mostrato che *IF* è 212 parti misurandone *EI* 9655, ed *EI* e *IF* comprendono l'angolo dato *EIF*: dal che si ricava che l'angolo *FEI* è 1° 4′ e, per sottrazione, *CEF* è 2° 44′, che è quanto il centro del circolo orbitale del pianeta diverge dalla posizione media del sole; e il terzo lato *EF* è di 9540 parti.

Si descriva ora con centro in *F* il circolo [orbitale] *GH* di Mercurio e si conducano da *E* le tangenti *EG*, *EH* al circolo; si uniscano poi *FG*, *FH*. Dobbiamo cercare anzitutto quanto sia il raggio *FG*, o *FH*, e procederemo così. Si prenda infatti un piccolo cerchio il cui diametro *KL* sia 380 parti misurandone *AC* 10.000, e si supponga che il pianeta, sulla linea retta *FG* o *FH*, si allontani o si avvicini al centro *F* lungo tale diametro o lungo una linea eguale ad esso, nel modo

che sopra esponemmo riguardo alla precessione degli equinozi. E secondo l'ipotesi per cui l'angolo *BCE* comprende 60° della circonferenza, si prenda l'arco *KM* di 120° e si conduca *MN* perpendicolare a *KL*; poiché *MN* è metà della corda del doppio di *KM*, o di *ML*, essa determinerà *LN*, che è un quarto del diametro, in 95 parti, il che è dimostrato da Euclide, *Elementi*, XIII, 12 e V, 15 [118].



I restanti tre quarti *KN* saranno dunque 285 parti, che aggiunte alla distanza minima del pianeta danno 3858 parti, cioè la misura della linea *FG*, o *FH*, qui cercata; parti di cui *AC* ne misura 10.000 e si è mostrato che *EF* ammonta a 9540. Perciò del triangolo rettangolo *FEG*, o *FEH*, sono dati due lati; pertanto risulta anche l'angolo *FEG*, o *FEH*. Infatti *FG*, o *FH*, misura 4054 parti di quelle di cui *EF* ne misura 10.000, ed è la semicorda del doppio dell'angolo di 23° 52′. Quindi, per addizione, l'angolo *GEH* sarà di 47° 45′. Ma nell'apside inferiore si videro soltanto 46° 30′ e così similmente nel medio. L'elongazione diviene dunque qui maggiore di 1° 14′; non perché il circolo [orbitale] del pianeta sia più vicino alla terra che nel perigeo, ma perché il pianeta descrive qui un cerchio maggiore che là. Tutto ciò concorda con le osservazioni presenti e passate e deriva da moti uniformi.

[118] Euclide, *Elementi*, XIII, 12 e V, 15; trad. ital, cit., pp. 1009 e 333.

Capitolo XXIX

Esame del moto medio di Mercurio.

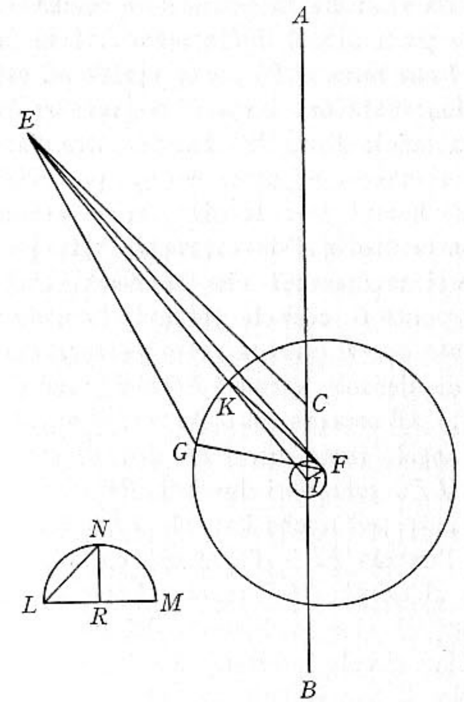
Si trova infatti nelle osservazioni più antiche che nell'anno 21 di Tolomeo Filadelfo [119], all'alba del giorno 19 del mese egizio di Thoth, Mercurio apparve ad est della retta che passa per la prima e la seconda stella sulla fronte dello Scorpione, distante da essa due diametri lunari e distante dalla prima stella un diametro lunare verso nord. È noto, del resto, che la posizione della prima stella è 209° 40′ di longitudine e 1° 20′ di latitudine nord, mentre quella della seconda è 209° in longitudine e 1° 50′ di latitudine sud; da questi dati si derivava che la posizione di Mercurio in longitudine era di 210° 40′ e in latitudine nord di 1° 50′ circa. Vi erano, dalla morte di Alessandro, 59 anni, 17 giorni, 45 minuti [di giorno]; e la posizione media del sole secondo il nostro calcolo era a 228° 8′, e la elongazione mattutina [ad ovest] del pianeta di 17° 28′, aumentando ancora, come si notava nei 4 giorni successivi. Da ciò risultava certamente che il pianeta non era ancora giunto all'estremo limite mattutino o al punto di tangenza del suo circolo [orbitale], ma che si muoveva ancora nella parte inferiore e più vicina alla terra della circonferenza.

Ma, poiché l'apside superiore era a 183° 20′, vi erano rispetto alla posizione media del sole 44° 48′. Così, dunque, sia ancora *ACB* il diametro della grande orbita terrestre come sopra [120]; e dal centro in *C* si conduca la linea del moto medio del sole *CE*, cosicché l'angolo *ACE* sia di 44° 48′; e con centro in *I* il piccolo circolo in cui si muove il centro *F* dell'eccentrico. Si prenda l'angolo *BIF*, secondo l'ipotesi, doppio dell'angolo *ACE*, cioè di 89° 36′, e si traccino *EF* ed *EI*. Pertanto, poiché nel triangolo *ECI* sono dati due lati, *CI* di 736 parti e mezza misurandone *CE* 10.000, che com-

[119] Tolomeo, *Almagesto*, lib. IX, cap. 10. Tolomeo Filadelfo regnò dal 285 al 247 a. C.; la data dell'osservazione è quindi il 15 novembre del 265 a. C. alle ore 6 del mattino (cfr. Menzzer, trad. cit., nota 448, p. 61).

[120] Nel manoscritto (p. 179 v) si legge « qui supra *I* », e così pure nelle edizioni di Monaco e dell'Accad. polacca; nelle altre edizioni è corretto in « qui supra ».

prendono l'angolo dato *ECI* di 135° 12′, in quanto adiacente all'angolo *ACE*, il lato restante *EI* sarà 10.534 parti, e l'angolo *CEI* 2° 49′, che è quanto l'angolo *EIC* è minore dell'angolo *ACE*. È dato dunque anche l'angolo *CIE* di 41° 59′.



Ma l'angolo *CIF* che è adiacente all'angolo *BIF* è di 90° 24′: quindi l'intero angolo *EIF* è di 132° 23′, ed è anche compreso dai lati dati del triangolo *EFI*, e precisamente *EI* di 10.534 parti e *IF* di 211 parti e mezza, ponendo *AC* pari a 10.000 parti. Da ciò risulta che l'angolo *FEI* è di 50′, con il lato rimanente *EF* di 10.678, e, per sottrazione, che l'angolo *CEF* è di 1° 59′ [121].

[121] Così nel manoscritto (p. 180 r) e in tutte le edizioni. Solo quella di Thorn ha 1° 58′, ma, come nota il Menzzer (trad. cit., n. 451, p. 61), si tratta di un errore di stampa.

Si prenda ora un piccolo cerchio *LM*, il cui diametro *LM* sia 380 parti, misurandone *AC* 10.000, e l'arco *LN* sia di 89° 36', secondo l'ipotesi; e si tracci la sua corda *LN*, ed *NR* perpendicolare ad *LM*. Pertanto, poiché il quadrato di *LN* è uguale al rettangolo di *LM* ed *LR*, secondo il rapporto che è stato dato, si ha in particolare anche *LR* di circa 189 di quelle parti di cui il diametro *LM* ne misura 380; secondo tale linea retta [*LR*] o una uguale ad essa si scorge il pianeta allontanato dal centro *F* del suo circolo [orbitale], nel tempo in cui la linea *EC* ha descritto l'angolo *ACE*. Aggiungendo dunque tali parti alle 3573 parti della distanza minima, se ne hanno 3762, la distanza in questa posizione. Pertanto, con centro in *F* e con raggio 3762 parti si tracci un circolo, e si conduca *EG* che intersechi la circonferenza convessa nel punto *G*, cosicché tuttavia l'angolo *CEG* sia di 17° 28', quanto cioè il pianeta pareva essersi elongato dalla posizione media del sole; si tracci *FG* e si tracci *FK*, parallela a *CE*. Quando poi avremo tolto da tutto l'angolo *CEG* l'angolo *CEF*, l'angolo rimanente *FEG* sarà di 15° 29'. Quindi, del triangolo *EFG* sono dati due lati, *EF* di 10.678 parti ed *FG* di 3762 parti, ed anche l'angolo *FEG* è di 15° 29'; da ciò risulterà l'angolo *EFG* di 33° 46', da cui, tolto l'angolo *EFK* uguale all'angolo *CEF*, restano l'angolo *KFG* e l'arco *KG* di 31° 47' [122], cioè la distanza del pianeta dal perigeo medio *K* del suo circolo [orbitale]. Se all'arco *KG* si aggiunge un semicircolo, si hanno 211° 47', che sono il moto medio dell'anomalia di commutazione al tempo di questa osservazione, come dovevasi dimostrare.

Capitolo XXX

Su osservazioni più recenti del moto di Mercurio.

Certo gli antichi ci mostrarono questo metodo di esame del moto di tale pianeta, ma favoriti da un cielo più terso

[122] Così nel manoscritto (p. 180 v) ed in tutte le edizioni salvo quella di Thorn che corregge in 31° 48', senza indicarne alcun motivo. Anche il valore successivo è quindi corretto in 211° 48'.

e precisamente dove il Nilo (come dicono) non suscita vapori, come presso di noi la Vistola. A noi infatti che abitiamo un paese dal clima più rigido la natura negò quel beneficio; qui è più rara l'aria ferma e inoltre a causa della grande inclinazione della sfera più rara è la possibilità di vedere Mercurio. in quanto all'elongazione massima dal sole, come ad esempio nell'Ariete o nei Pesci, esso non sorge visibile al nostro sguardo, né ci appare poi al tramonto nella Vergine o nella Bilancia, e non si mostra in qualche modo nel Cancro o nei Gemelli quando è crepuscolo serale o alba, mai di notte, se non allorché il sole si è ritirato ben addentro nella costellazione del Leone.

Con molti sotterfugi e molta fatica ci ha dunque martoriato questo astro, per poter scrutare i suoi movimenti. Ci siamo dunque serviti di tre posizioni tra quelle che sono state diligentemente osservate a Norimberga. La prima fu osservata da Bernardo Walther [123], discepolo di Regiomontano, nell'anno di Cristo 1491, il 9 di settembre, 5 ore uniformi dopo la mezzanotte, mediante un astrolabio rapportato alla stella Palilicio [Aldebaran] [124] e vide Mercurio a 13° 30' della Vergine, con una latitudine nord di 1° 50'. Il pianeta era allora all'inizio dell'occultazione mattutina, in quanto che durante i giorni precedenti la sua elongazione mattutina era venuta sempre calando. Pertanto, a partire dal principio dell'era volgare c'erano 1491 anni egizi, 258 giorni, 12 minuti [di giorno] e mezzo, e la posizione media semplice del sole era a 149° 48', ma, dall'equinozio di primavera, a 26° della Vergine, donde anche la distanza di Mercurio era di 13° 15' circa.

La seconda posizione fu nell'anno 1504, il quinto giorno avanti le Idi di gennaio [8 gennaio], 6 ore e mezza dalla mezzanotte mentre nel mezzo del cielo di Norimberga c'erano

[123] Bernhard Walther, patrizio di Norimberga, nacque nel 1430 e morì nel 1504. Fu allievo e mecenate del Regiomontano per cui costruì nel 1471 un osservatorio astronomico a Norimberga. Dopo la morte del maestro (1476) acquistò tutti i suoi libri e manoscritti e continuò a lungo le osservazioni astronomiche. Cfr. la nota 453, p. 62 della trad. cit. del Menzzer.

[124] V. nota 87 al libro IV. Nel seguito, il dato del Walther è, in realtà, 13° 23'.

10° dello Scorpione, e fu osservata da Johannes Schöner[125], cui l'astro apparve a 3° 20′ del Capricorno, con 45′ di latitudine nord. D'altra parte, la posizione media del sole, secondo il calcolo, a 27° 7′, a partire dall'equinozio di primavera, dell'Acquario[126], posizione rispetto a cui Mercurio mattutino era ad ovest di 23° 42′. Anche la terza osservazione fu dello stesso Giovanni, e nello stesso anno 1504, il quindicesimo giorno avanti le Calende di aprile [18 marzo], quando egli trovò Mercurio a 26° 6′ dell'Ariete, con circa 3 gradi di latitudine nord, mentre il mezzo del cielo di Norimberga era a 25° del Cancro, secondo l'astrolabio rapportato alla stella Paralicio, 7 ore e mezza[127] dopo il mezzogiorno. In quel momento il luogo medio del sole era a 5° 39′ dell'Ariete a partire dall'equinozio di primavera, e Mercurio vespertino distava dal sole 21° 17′.

Pertanto, dalla prima posizione alla seconda vi sono 12 anni egizi, 125 giorni, 3 minuti [di giorno] e 45 secondi, durante i quali il moto semplice del sole è di 120° 14′, quello dell'anomalia di commutazione di Mercurio di 316° 1′. Nel secondo intervallo di tempo ci sono 69 giorni 31 minuti 45 secondi. La posizione semplice media del sole era di 68° 32′, l'anomalia media del moto di commutazione di Mercurio di 216°.

Dunque, in base a queste tre osservazioni vogliamo esaminare i moti di Mercurio nel nostro tempo, in cui riteniamo che restino fermi i rapporti fra i circoli trovati da Tolomeo, trovando che neppure negli altri casi si sbagliarono in ciò i buoni autori antichi. Se con questi dati avessimo anche il luogo dell'apside dell'eccentrico, nulla più si desidererebbe per il moto apparente anche di questo pianeta. D'altra parte abbiamo supposto la posizione dell'apside superiore a 211° 30′,

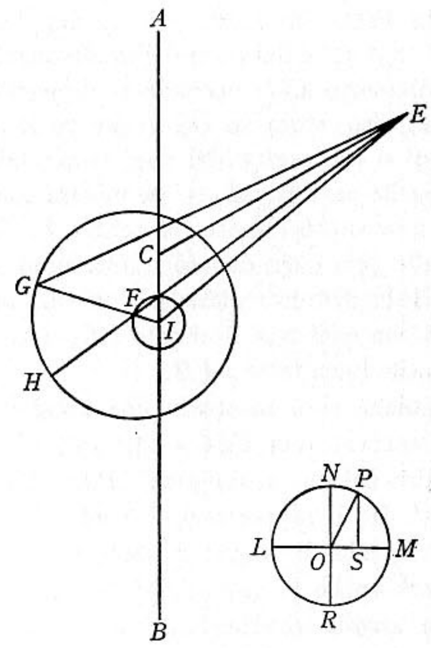
125 Su Johannes Schöner (1477-1547) cfr. la nostra introduzione alla traduzione della *Narratio prima*.

126 Così nel manoscritto (p. 181 r), nelle edizioni sino a quella di Varsavia e in quelle di Monaco e dell'Accad. polacca. Tuttavia l'edizione di Amsterdam (negli « Errata ») e quella di Thorn correggono giustamente in: « Capricorno ».

127 Così nel manoscritto (p. 181 r) e relative edizioni. L'edizione di Thorn corregge: 12 ore e mezza.

cioè a 28° 30′ della costellazione dello Scorpione, e infatti non parve possibile accettarne una minore senza pregiudizio delle osservazioni. Così avremo una anomalia dell'eccentrico, cioè la distanza del moto medio del sole dall'apogeo, nel primo caso di 298° 15′, nel secondo di 58° 29′, nel terzo di 127° 1′.

Si descriva la figura come prima, se non che l'angolo *ACE* si ponga di 61° 45′, misura di quanto la linea del moto medio del sole era ad ovest dell'apogeo nella prima osservazione e il resto che segue, secondo l'ipotesi.



E poiché *IC* è dato, di 736 parti e mezza, essendo *AC* 10.000 parti, ed è dato l'angolo *IEC*[128] nel triangolo *ECI*, sarà dato anche l'angolo *CEI*, che è di 3° 35′, e il lato *IE* di 10.369 parti, essendone *EC* 10.000, e *IF* 211 e mezza. Vi sono pertanto

128 Così nel manoscritto (p. 181 v) in tutte le edizioni comprese quelle di Monaco e dell'Accad. polacca. Solo l'edizione di Thorn corregge giustamente in: *ECI*.

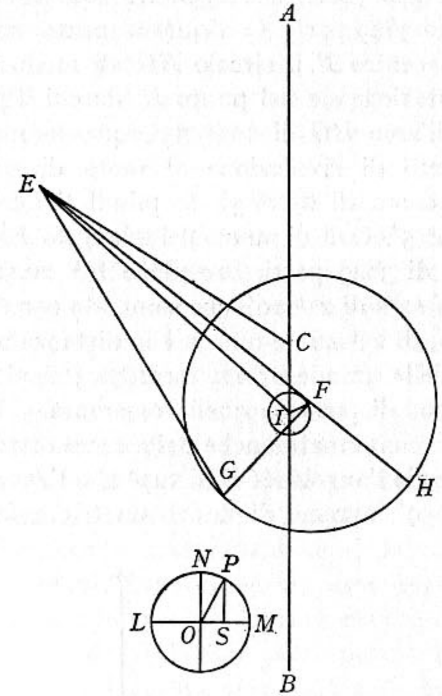
anche nel triangolo *EFI* due lati aventi un rapporto dato; del resto l'angolo *BIF* è di 123° e mezzo, e cioè per costruzione il doppio dell'angolo *ACE*, e quello adiacente *CIF* è di 56° 30′. Dunque l'intero angolo *EIF* è di 114° 40′. Pertanto, anche l'angolo *IEF* è di 1° 5′ e il lato *EF* di 10.371 parti. Quindi anche l'angolo *CEF* risulta di 2° 30′.

Per sapere poi di quanto cresca mediante l'accostamento o l'allontanamento dall'apogeo o dal perigeo il circolo [orbitale] il cui centro è *F*, si tracci un piccolo circolo diviso in quattro parti mediante i diametri *LM*, *NR*, con centro in *O*, e si prenda l'angolo *POM* [in realtà, *POL*] doppio dell'angolo *ACE*, e cioè di 123° 30′ e dal punto *P* si conduca la perpendicolare *PS* al diametro *LM*. Secondo il rapporto dato, *OP*, o *OL* uguale ad esso, starà ad *OS*, come 10.000 sta a 8349 [in realtà, 5519] o 190 a 105; dal che, sommando, si ha *LS* pari a 295 di quelle parti di cui *AC* ne misura 10.000, quanto cioè l'astro si è spostato rispetto al centro *F*. Aggiungendo questo valore alle 3573 parti della distanza minore, otteniamo le 3868 parti della distanza attuale. Con tale misura come raggio si tracci con centro *F* il circolo *HG*; si tracci *EG* e si prolunghi *EF* nella linea retta *EFH*.

Pertanto, poiché si è mostrato che l'angolo *CEF* è di 2° 30′, e si è osservato che *GEC* è 13° 15′, la distanza del pianeta mattutino dal sole medio sarà dunque l'intero angolo *FEG* di 15° 45′. Ma il rapporto di *EF* ad *FG* nel triangolo *EFG*, eguale a quello di 10.371 a 3868, con l'angolo dato *E* [129], ci mostrerà anche l'angolo *EGF* di 49° 8′. Da questo e dal restante angolo risulta l'angolo esterno [*GFH*] di 64° 53′ che tolti da tutto il circolo fanno i 295° 7′ dell'anomalia vera di commutazione. Se a ciò si aggiunge l'angolo *CEF*, risulta l'anomalia media e uniforme di 297° 37′, che è quanto cercavamo. Se poi vi si aggiungono 316° 1′, avremo l'anomalia uniforme di commutazione nella seconda osservazione, cioè 253° 38′, che anche mostreremo essere certa e rispondente all'osservazione.

[129] L'edizione di Thorn corregge in: *EFG*.

Poniamo infatti che l'angolo *ACE*, conformemente alla misura dell'anomalia dell'eccentrico nella seconda osservazione, sia di 58° 29′. Allora, anche nel triangolo *CEI* sono dati 2 lati, *IC* di 736 parti, misurandone *EC* 10.000, e l'an-



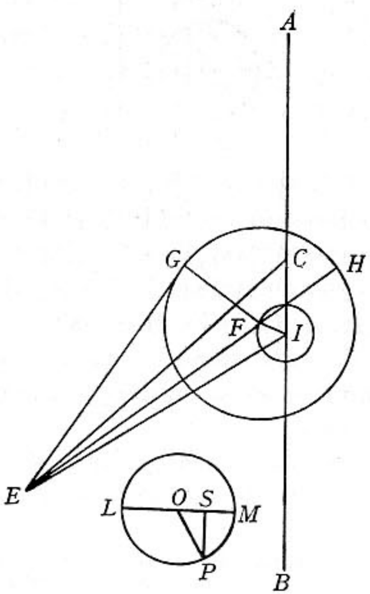
golo compreso *ECI* di 121° 31′. E quindi il terzo lato *EI* sarà 10.404 parti e l'angolo *CEI* di 3° 28′. Similmente, nel triangolo *EIF*, poiché l'angolo *EIF* è 118° 3′, e il lato *IF* 211 parti e mezza, essendone *IE* 10.404, il terzo lato *EF* sarà 10.505 parti, e l'angolo *IEF* 61′; e, per sottrazione, l'angolo *FEC* è di 2° 27′, che è la prostaferesi dell'eccentrico, la quale aggiunta al moto medio di commutazione rende quello vero di 256° 5′ [130].

Prendiamo ora anche nell'epiciclo dell'avvicinamento o dell'allontanamento l'arco *LP*, o l'angolo *LOP*, doppio del-

[130] Nell'edizione di Thorn si ha: 146° 5′; ma, come nota il Menzzer (trad. cit., nota 457, p. 61), deve trattarsi di un errore di stampa.

l'angolo *ACE*, cioè di 116° 58′. Allora anche del triangolo rettangolo *OPS*, mediante il rapporto dato del lato *OP* ad *OS*, eguale a quello di 10.000 a 4535, sarà il lato *OS* di 85 parti, mentre *OP* o *LO* ne misurano 190, e tutto *LOS* avrà una lunghezza di 276 parti, che aggiunte alla distanza minima di 3573 fanno 3849 parti. Con questa misura come raggio si descriva con centro *F* il circolo *HG*, di modo che l'apogeo della commutazione sia nel punto *H*, da cui il pianeta dista ad ovest dell'arco *HG* di 103° 55′, quanto manca per un moto completo di rivoluzione al moto di commutazione ricercata, che era di 256° 5′; e quindi l'angolo adiacente *EFG* è di 76° 5′. Così di nuovo nel triangolo *EFG* sono dati due lati *FG* di 3849 parti, essendone *EF* 10.505. Pertanto l'angolo *FEG* sarà di 21° 19′, che sommato con *CEF* formerà l'angolo *CEG*, di 23° 46′; e questa è la distanza apparente fra il centro *C* della grande orbita terrestre e il pianeta *G*, che differisce anche di poco da quella osservata.

E ciò sarà confermato anche dalla terza osservazione, per la quale ponendo l'angolo *ACE* di 127° 1′ o l'angolo adiacente *BCE* di 52° 59′, avremo di nuovo un triangolo di cui due



lati sono noti, *CI* di 736 parti e mezza, essendone *EC* 10.000, e comprendono l'angolo *ECI* di 52° 59′; da ciò si dimostra che l'angolo *CEI* è 3° 31′ e il lato *IE* 9575 parti, essendone *EC* 10.000. E poiché l'angolo *EIF* è, per costruzione, di 49° 28′, essendo dati anche i lati che lo comprendono, *FI* di 211 parti e mezza ed *EI* di 9575, risulterà anche il lato rimanente di 9440 parti, e l'angolo *IEF* di 59′, che tolti dall'angolo *IEC* danno come resto l'angolo *FEC* di 2° 32′, che è la prostaferesi sottrattiva dell'anomalia dell'eccentrico. Se la si aggiunge all'anomalia media di commutazione, che calcolammo di 109° 38′, dopo avervi aggiunto i 216° del secondo intervallo, l'anomalia vera risulta di 112° 10′.

Si prenda ora nell'epiciclo l'angolo *LOP*, doppio dell'angolo *ECI*, di 105° 58′. Anche qui avremo in base al rapporto di *PO* ad *OS* lo stesso *OS*, di 52 parti, cosicché l'intero *LOS* è di 242 parti; aggiungendo questo alla minima distanza di 3573 parti, avremo quella adeguata di 3815 parti. Secondo questa misura come raggio, con centro *F*, si descriva un circolo in cui l'apside superiore della commutazione sia *H*, sul prolungamento della linea retta *EFH*, e come misura della vera anomalia di commutazione si prenda l'arco *HG* di 112° 10′ e si uniscano *G* ed *F*: sarà dunque l'angolo adiacente *GFE* di 67° 50′, che è compreso dai due lati dati, *GF* di 3815 parti, ed *EF* di 9440 parti; per cui l'angolo *FEG* risulterà di 23° 50′. Tolta da esso la prostaferesi *CEF*, resta l'angolo *CEG* di 21° 18′, che è la distanza apparente fra il pianeta vespertino e il centro della grande orbita della terra, distanza quasi pari a quella trovata mediante l'osservazione.

Queste tre posizioni, dunque, in accordo pieno con le osservazioni, attestano così senza dubbio che la posizione dell'apside superiore dell'eccentrico è quella che abbiamo supposto a 211° 30′ della sfera delle stelle fisse, in questo nostro tempo, e quindi che ciò che segue è certo, cioè che l'anomalia uniforme della commutazione nella prima posizione è di 297° 37′, nella seconda di 253° 38′, nella terza di 109° 38′, che è quanto si doveva ricercare.

Ma in quella osservazione antica dell'anno 21 di Tolomeo Filadelfo, all'alba del giorno 19 di Thoth, il primo mese per gli Egizi, la posizione dell'apside superiore dell'eccentrico era, secondo l'opinione di Tolomeo, a 183° 20'[131], mentre quella dell'anomalia uniforme della commutazione era a 211° 47'. Il tempo fra questa recentissima e quell'antichissima osservazione è del resto di 1768 anni egizi, 200 giorni, 33 minuti [di giorno], durante i quali l'apside superiore dell'eccentrico si è mosso sotto la sfera delle stelle fisse di 28° 10' e il moto di commutazione, oltre alle rivoluzioni complete che sono 5570, di 257° 51', giacché in 20 anni si compiono 63 periodi, il che fa in 1760 anni 5544 periodi e, nei restanti 8 anni e giorni[132], 26 rivoluzioni. Parimenti, in 1768 anni, 200 giorni 33 minuti [di giorno], vi furono, oltre le 5570 rivoluzioni, 257° 51', di cui differiscono le posizioni osservate, quella antica dalla nostra, e che anche concordano con i valori che abbiamo esposto nelle tavole. Del resto, se rapporteremo a questo tempo i 28° 10', cioè quei gradi di cui si è mosso l'apogeo dell'eccentrico, si vedrà che l'apogeo si sarebbe mosso in 63 anni di 1°, ammesso che il moto fosse uniforme.

Capitolo XXXI

Determinazione delle posizioni di Mercurio.

Pertanto, poiché dall'inizio degli anni di Cristo fino all'ultima osservazione ci sono 1504 anni egizi, 87 giorni 48 minuti [di giorno], durante i quali il moto dell'anomalia di commutazione di Mercurio è di 63° 13', non contando le rivoluzioni complete, se li si toglie da 109° 38', restano 46° 24', che è la posizione dell'anomalia di commutazione di Mercurio all'inizio degli anni di Cristo. Da tale inizio fino al principio della prima Olimpiade vi sono di nuovo 775 anni egizi, 12 giorni e mezzo, in cui si calcolano 95° 3', oltre alle

[131] Così nel manoscritto (p. 195 v). Nelle edizioni sino a quella di Varsavia inclusa: 182° 20'.

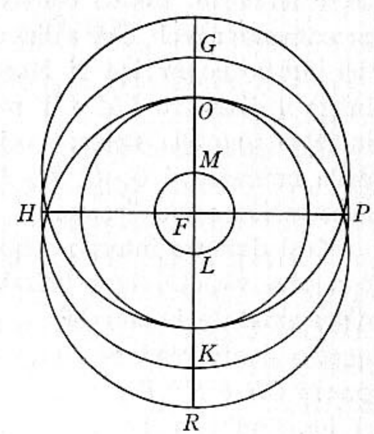
[132] Così nel manoscritto (p. 195 v). L'edizione di Thorn completa giustamente: 200 giorni; così anche l'edizione dell'Accad. polacca.

rivoluzioni complete, [di movimento]; se li togliamo dalla posizione dell'inizio degli anni di Cristo, aggiuntavi una rivoluzione, resta la posizione al tempo della prima Olimpiade, che è di 311° 21'. Di qui fino alla morte di Alessandro, in 451 anni e 247 giorni, fatto il calcolo, la posizione raggiunge i 213° 3'.

Capitolo XXXII

Su un'altra maniera di spiegare l'avvicinamento e l'allontanamento.

Ma prima di allontanarci da Mercurio è parso bene considerare ancora un altro metodo di spiegazione, non meno credibile del precedente, mediante cui quell'avvicinamento e allontanamento si possa compiere e comprendere. Sia infatti un circolo *GHKP* diviso in quattro parti, con centro in *F*, e ad esso si inscriva anche un piccolo circolo concentrico *LM*. E, di nuovo, con centro *L* e raggio *LFO* uguale a *FG* od a *FH*, si tracci un altro circolo *OR*. Si supponga poi che tutta questa configurazione di circoli si muova da ovest ad est intorno al centro *F*, con le sue intersezioni *GFR* e *HFP*, ogni giorno di circa 2° 7' – di quanto cioè il moto di commutazione del pianeta supera il moto terrestre sull'eclittica – dall'apogeo dell'eccentrico del pianeta, che intanto a partire



dal punto *G* compie un altro moto lungo il circolo *OR* (proprio del moto di commutazione) simile quasi al moto terrestre. Si supponga anche che in questa stessa rivoluzione annua il centro del circolo deferente *OR* del pianeta si muova con un moto di librazione [di va e vieni] lungo il diametro *LFM*, maggiore del doppio di quello che prima ponemmo quale moto reciproco, come si è detto sopra.

Stando così le cose, se poniamo che la terra con il suo moto medio sia contrapposta all'apogeo dell'eccentrico del pianeta e che contemporaneamente il centro del circolo deferente del pianeta sia in *L*, mentre lo stesso pianeta è nel punto *O*, allora esso, essendo alla distanza minima da *F*, descriverà il circolo minimo di raggio *FO* con il suo moto complessivo, e così via. Quando la terra sarà intorno all'apside medio, capitando il pianeta nel punto *H*, secondo la distanza massima da *F*, questo descriverà gli archi più ampi, e precisamente secondo il circolo che ha per centro *F*. Infatti allora coincide il deferente *OR* con il circolo *GH*, avendo essi lo stesso centro *F*. Di poi, quando la terra va in direzione del perigeo, e il centro del circolo [orbitale] *OR* verso *M* che è l'altro degli estremi, allora si innalza anche lo stesso circolo [orbitale] sopra *GK*, e il pianeta si troverà nuovamente in *R*, alla distanza minima da *F*, e gli succederà ciò che gli successe all'inizio. Infatti convergono qui tre rivoluzioni reciprocamente uguali, cioè a dire quella della terra verso l'apogeo del circolo eccentrico di Mercurio, la librazione del centro lungo il diametro *LM* e il moto del pianeta dalla linea *FG* indietro sino alla stessa, moti da sui differisce solo il moto delle intersezioni *G*, *H*, *K*, *P* [133], a partire dall'apside dell'eccentrico, come dicemmo.

Così davvero intorno a questo astro la natura si divertì con una varietà tanto mirabile quanto l'ordine perpetuo, predeterminato e immutabile a cui l'ha legato. Ma bisogna a questo punto rendersi conto che negli spazi medi dei quadranti *GH* e *KP* il pianeta non passa senza una irregolarità di longitudine, dal momento che, intervenendo la differenza dei centri, essa necessariamente determinerà una qualche prostaferesi; ma si oppone a ciò l'instabilità del suo centro.

[133] Così nel manoscritto (p. 196 v), nell'edizione di Varsavia e in quelle di Monaco e dell'Accad. polacca. Nelle edizioni di Norimberga, Basilea, Amsterdam e Thorn è corretto: *GH*, *KP*.

Se infatti, ad esempio, permanendo in *L* il centro, il pianeta si muovesse da *O*, raggiungerebbe la massima irregolarità intorno ad *H*, in proporzione all'eccentricità *FL*. Ma dai presupposti segue che l'astro, mossosi da *O*, bensì comincia e preannuncia di compiere l'irregolarità che è dovuta alla distanza *FL* dei centri; tuttavia, avvicinandosi il centro mobile al punto medio *F*, si sminuisce sempre più la preannunciata irregolarità ed essa viene contenuta a tal punto che intorno alle intersezioni medie *H* e *P* scompare del tutto, proprio lì dove c'era da attendersi che fosse massima. E nondimeno, lo riconosciamo, anche quando ci sia una piccola irregolarità, essa viene occultata dai raggi del sole e quando il pianeta sorge o tramonta al mattino o alla sera non è visibile nelle parti più interne del suo circolo. E appunto non abbiamo voluto tralasciare questo modo di spiegazione non meno razionale del precedente e che risulterà chiaramente assai utile riguardo alle deviazioni in latitudine.

Capitolo XXXIII

Le tavole delle prostaferesi dei cinque pianeti.

È stato dimostrato tutto ciò intorno al moto uniforme ed apparente di Mercurio e degli altri pianeti, ed è stato esposto con dati numerici; sull'esempio di essi sarà chiara la via per il calcolo delle differenze dei moti rispetto a qualsiasi altra posizione. Ma, per un uso più facile, abbiamo preparato delle tavole per ciascun pianeta, con 6 colonne e 30 righe, procedendo di tre gradi per volta, come al solito. Le prime due colonne conterranno i numeri comuni, tanto dell'anomalia dell'eccentrico quanto delle commutazioni. La terza conterrà le prostaferesi dell'eccentrico riunite, cioè tutte le differenze che ci sono fra il moto uniforme e quello irregolare dei loro circoli [orbitali]. Nella quarta sono riportati i minuti proporzionali, che sono sessagesimali, secondo cui le commutazioni [parallassi] aumentano o diminuiscono secondo la maggiore o minore distanza della terra. Nella quinta, le prostaferesi, che sono le commutazioni che accadono nell'apside superiore dell'eccentrico [del pianeta]. Nella sesta ed ultima vi sono i valori di cui esse superano le commutazioni nell'apside inferiore dell'eccentrico. E queste sono le tavole.

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DI SATURNO

Numeri comuni		Prostaferesi dell'eccentrico		Minuti proporzionali	Parallasse della grande orbita terrestre nell'apside superiore		Eccesso sulla parallasse nell'apside inferiore	
Gradi	Gradi	Gradi	Minuti	Minuti	Gradi	Minuti	Gradi	Minuti
3	357	0	20	0	0	17	0	2
6	354	0	40	0	0	34	0	4
9	351	0	58	0	0	51	0	6
12	348	1	17	0	1	7	0	8
15	345	1	36	1	1	23	0	10
18	342	1	55	1	1	40	0	12
21	339	2	13	1	1	56	0	14
24	336	2	31	2	2	11	0	16
27	333	2	49	2	2	26	0	18
30	330	3	6	3	2	42	0	19
33	327	3	23	3	2	56	0	21
36	324	3	39	4	3	10	0	23
39	321	3	55	4	3	25	0	24
42	318	4	10	5	3	38	0	26
45	315	4	25	6	3	52	0	27
48	312	4	39	7	4	5	0	29
51	309	4	52	8	4	17	0	31
54	306	5	5	9	4	28	0	33
57	303	5	17	10	4	38	0	34
60	300	5	29	11	4	49	0	35
63	297	5	41	12	4	59	0	36
66	294	5	50	13	5	8	0	37
69	291	5	59	14	5	17	0	38
72	288	6	7	16	5	24	0	38
75	285	6	14	17	5	31	0	39
78	282	6	19	18	5	37	0	39
81	279	6	23	19	5	42	0	40
84	276	6	27	21	5	46	0	41
87	273	6	29	22	5	50	0	42
90	270	6	31	23	5	52	0	42

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DI SATURNO

Numeri comuni		Prostaferesi dell'eccen-trico		Minuti propor-zionali	Parallasse della grande orbita terrestre nell'apside superiore		Eccesso sulla parallasse nell'apside inferiore	
Gradi	Gradi	Gradi	Minuti	Minuti	Gradi	Minuti	Gradi	Minuti
93	267	6	31	25	5	52	0	43
96	264	6	30	27	5	53	0	44
99	261	6	28	29	5	53	0	45
102	258	6	26	31	5	51	0	46
105	255	6	22	32	5	48	0	46
108	252	6	17	34	5	45	0	45
111	249	6	12	35	5	40	0	45
114	246	6	6	36	5	36	0	44
117	243	5	58	38	5	29	0	43
120	240	5	49	39	5	22	0	42
123	237	5	40	41	5	13	0	41
126	234	5	28	42	5	3	0	40
129	231	5	16	44	4	52	0	39
132	228	5	3	46	4	41	0	37
135	225	4	48	47	4	29	0	35
138	222	4	33	48	4	15	0	34
141	219	4	17	50	4	1	0	32
144	216	4	0	51	3	46	0	30
147	213	3	42	52	3	30	0	28
150	210	3	24	53	3	13	0	26
153	207	3	6	54	2	56	0	24
156	204	2	46	55	2	38	0	22
159	201	2	27	56	2	21	0	19
162	198	2	7	57	2	2	0	17
165	195	1	46	58	1	42	0	14
168	192	1	25	59	1	22	0	12
171	189	1	4	59	1	2	0	9
174	186	0	43	60	0	42	0	7
177	183	0	22	60	0	21	0	4
180	180	0	0	60	0	0	0	0

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DI GIOVE

Numeri comuni		Prostaferesi dell'eccen-trico		Minuti proporzionali		Parallasse della grande orbita terrestre nell'apside superiore		Eccesso sulla parallasse nell'apside inferiore	
Gradi	Gradi	Gradi	Minuti	Minuti	Sec.	Gradi	Minuti	Gradi	Minuti
3	357	0	16	0	3	0	28	0	2
6	354	0	31	0	12	0	56	0	4
9	351	0	47	0	18	1	25	0	6
12	348	1	2	0	30	1	53	0	8
15	345	1	18	0	45	2	19	0	10
18	342	1	33	1	3	2	46	0	13
21	339	1	48	1	23	3	13	0	15
24	336	2	2	1	48	3	40	0	17
27	333	2	17	2	18	4	6	0	19
30	330	2	31	2	50	4	32	0	21
33	327	2	44	3	26	4	57	0	23
36	324	2	58	4	10	5	22	0	25
39	321	3	11	5	40	5	47	0	27
42	318	3	23	6	43	6	11	0	29
45	315	3	35	7	48	6	34	0	31
48	312	3	47	8	50	6	56	0	34
51	309	3	58	9	53	7	18	0	36
54	306	4	8	10	57	7	39	0	38
57	303	4	17	12	0	7	58	0	40
60	300	4	26	13	10	8	17	0	42
63	297	4	35	14	20	8	35	0	44
66	294	4	42	15	30	8	52	0	46
69	291	4	50	16	50	9	8	0	48
72	288	4	56	18	10	9	22	0	50
75	285	5	1	19	17	9	35	0	52
78	282	5	5	20	40	9	47	0	54
81	279	5	9	22	20	9	59	0	55
84	276	5	12	23	50	10	8	0	56
87	273	5	14	25	23	10	17	0	57
90	270	5	15	26	57	10	24	0	58

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DI GIOVE

Numeri comuni		Prostaferesi dell'eccentrico		Minuti proporzionali		Parallasse della grande orbita terrestre nell'apside superiore		Eccesso sulla parallasse nell'apside inferiore	
Gradi	Gradi	Gradi	Minuti	Minuti	Sec.	Gradi	Minuti	Gradi	Minuti
93	267	5	15	28	33	10	25	0	59
96	264	5	15	30	12	10	33	1	0
99	261	5	14	31	43	10	34	1	1
102	258	5	12	33	17	10	34	1	1
105	255	5	10	34	50	10	33	1	2
108	252	5	6	36	21	10	29	1	3
111	249	5	1	37	47	10	23	1	3
114	246	4	55	39	0	10	15	1	3
117	243	4	49	40	25	10	5	1	3
120	240	4	41	41	50	9	54	1	2
123	237	4	32	43	18	9	41	1	1
126	234	4	23	44	46	9	25	1	0
129	231	4	13	46	11	9	8	0	59
132	228	4	2	47	37	8	56	0	58
135	225	3	50	49	2	8	27	0	57
138	222	3	38	50	22	8	5	0	55
141	219	3	25	51	46	7	39	0	53
144	216	3	13	53	6	7	12	0	50
147	213	2	59	54	10	6	43	0	47
150	210	2	45	55	15	6	13	0	43
153	207	2	30	56	12	5	41	0	39
156	204	2	15	57	0	5	7	0	35
159	201	1	59	57	37	4	32	0	31
162	198	1	43	58	6	3	56	0	27
165	195	1	27	58	34	3	18	0	23
168	192	1	11	59	3	2	40	0	19
171	189	0	53	59	36	2	0	0	15
174	186	0	35	59	58	1	20	0	11
177	183	0	17	60	0	0	40	0	6
180	180	0	0	60	0	0	0	0	0

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DI MARTE

Numeri comuni		Prostaferesi dell'eccentrico		Minuti proporzionali		Parallasse della grande orbita terrestre nell'apside superiore		Eccesso sulla parallasse nell'apside inferiore	
Gradi	Gradi	Gradi	Minuti	Minuti	Sec.	Gradi	Minuti	Gradi	Minuti
3	357	0	32	0	0	1	8	0	8
6	354	1	5	0	2	2	16	0	17
9	351	1	37	0	7	3	24	0	25
12	348	2	8	0	15	4	31	0	33
15	345	2	39	0	28	5	38	0	41
18	342	3	10	0	42	6	45	0	50
21	339	3	41	0	57	7	52	0	59
24	336	4	11	1	13	8	58	1	8
27	333	4	41	1	34	10	5	1	16
30	330	5	10	2	1	11	11	1	25
33	327	5	38	2	31	12	16	1	34
36	324	6	6	3	2	13	22	1	43
39	321	6	32	3	32	14	26	1	52
42	318	6	58	4	3	15	31	2	2
45	315	7	23	4	37	16	35	2	11
48	312	7	47	5	16	17	39	2	20
51	309	8	10	6	2	18	42	2	30
54	306	8	32	6	50	19	45	2	40
57	303	8	53	7	39	20	47	2	50
60	300	9	12	8	30	21	49	3	0
63	297	9	30	9	27	22	50	3	11
66	294	9	47	10	25	23	48	3	22
69	291	10	3	11	28	24	47	3	34
72	288	10	19	12	33	25	44	3	46
75	285	10	32	13	38	26	40	3	59
78	282	10	42	14	46	27	35	4	11
81	279	10	50	16	4	28	29	4	24
84	276	10	56	17	24	29	21	4	36
87	273	11	1	18	45	30	12	4	50
90	270	11	5	20	8	31	0	5	5

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DI MARTE

Numeri comuni		Prostaferesi dell'eccen-trico		Minuti proporzionali		Parallasse della grande orbita terrestre nell'apside superiore		Eccesso sulla parallasse nell'apside inferiore	
Gradi	Gradi	Gradi	Minuti	Minuti	Sec.	Gradi	Minuti	Gradi	Minuti
93	267	11	7	21	32	31	45	5	20
96	264	11	8	22	58	32	30	5	35
99	261	11	7	24	32	33	13	5	51
102	258	11	5	26	7	33	53	6	7
105	255	11	1	27	43	34	30	6	25
108	252	10	56	29	21	35	3	6	45
111	249	10	45	31	2	35	34	7	4
114	246	10	33	32	46	35	59	7	25
117	243	10	11	34	31	36	21	7	46
120	240	10	7	36	16	36	37	8	11
123	237	9	51	38	1	36	49	8	34
126	234	9	33	39	46	36	54	8	59
129	231	9	13	41	30	36	53	9	24
132	228	8	50	43	12	36	45	9	49
135	225	8	27	44	50	36	25	10	17
138	222	8	2	46	26	35	59	10	47
141	219	7	36	48	1	35	25	11	15
144	216	7	7	49	35	34	30	11	45
147	213	6	37	51	2	33	24	12	12
150	210	6	7	52	22	32	3	12	35
153	207	5	34	53	38	30	26	12	54
156	204	5	0	54	50	28	5	13	28
159	201	4	25	56	0	26	8	13	7
162	198	3	49	57	6	23	28	12	47
165	195	3	12	57	54	20	21	12	12
168	192	2	35	58	22	16	51	10	59
171	189	1	57	58	50	13	1	9	1
174	186	1	18	59	11	8	51	6	40
177	183	0	39	59	44	4	32	3	28
180	180	0	0	60	0	0	0	0	0

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DI VENERE

Numeri comuni		Prostaferesi dell'eccen-trico		Minuti proporzionali		Parallasse della grande orbita terrestre nell'apside superiore		Eccesso sulla parallasse nell'apside inferiore	
Gradi	Gradi	Gradi	Minuti	Minuti	Sec.	Gradi	Minuti	Gradi	Minuti
3	357	0	6	0	0	1	15	0	1
6	354	0	13	0	0	2	30	0	2
9	351	0	19	0	10	3	45	0	3
12	348	0	25	0	39	4	59	0	5
15	345	0	31	0	58	6	13	0	6
18	342	0	36	1	20	7	28	0	7
21	339	0	42	1	39	8	42	0	9
24	336	0	48	2	23	9	56	0	11
27	333	0	53	2	59	11	10	0	12
30	330	0	59	3	38	12	24	0	13
33	327	1	4	4	18	13	37	0	14
36	324	1	10	5	3	14	50	0	16
39	321	1	15	5	45	16	3	0	17
42	318	1	20	6	32	17	16	0	18
45	315	1	25	7	22	18	28	0	20
48	312	1	29	8	18	19	40	0	21
51	309	1	33	9	31	20	52	0	22
54	306	1	36	10	48	22	3	0	24
57	303	1	40	12	8	23	14	0	26
60	300	1	43	13	32	24	24	0	27
63	297	1	46	15	8	25	34	0	28
66	294	1	49	16	35	26	43	0	30
69	291	1	52	18	0	27	52	0	32
72	288	1	54	19	33	28	57	0	34
75	285	1	56	21	8	30	4	0	36
78	282	1	58	22	32	31	9	0	38
81	279	1	59	24	7	32	13	0	41
84	276	2	0	25	30	33	17	0	43
87	273	2	0	27	5	34	20	0	45
90	270	2	0	28	28	35	21	0	47

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DI VENERE

Numeri comuni		Prostaferesi dell'eccentrico		Minuti proporzionali		Parallasse della grande orbita terrestre nell'apside superiore		Eccesso sulla parallasse nell'apside inferiore	
Gradi	Gradi	Gradi	Minuti	Minuti	Sec.	Gradi	Minuti	Gradi	Minuti
93	267	2	0	29	58	36	20	0	50
96	264	2	0	31	28	37	17	0	53
99	261	1	59	32	57	38	13	0	55
102	258	1	58	34	26	39	7	0	58
105	255	1	57	35	55	40	0	1	0
108	252	1	55	37	23	40	49	1	4
111	249	1	53	38	52	41	36	1	8
114	246	1	51	40	19	42	18	1	11
117	243	1	48	41	45	42	59	1	14
120	240	1	45	43	10	43	35	1	18
123	237	1	42	44	37	44	7	1	22
126	234	1	39	46	6	44	32	1	26
129	231	1	35	47	36	44	49	1	30
132	228	1	31	49	6	45	4	1	36
135	225	1	27	50	12	45	10	1	41
138	222	1	22	51	17	45	5	1	47
141	219	1	17	52	33	44	51	1	53
144	216	1	12	53	48	44	22	2	0
147	213	1	7	54	28	43	36	2	6
150	210	1	1	55	0	42	34	2	13
153	207	0	55	55	57	41	12	2	19
156	204	0	49	56	47	39	20	2	34
159	201	0	43	57	33	36	58	2	27
162	198	0	37	58	16	33	58	2	27
165	195	0	31	58	59	30	14	2	27
168	192	0	25	59	39	25	42	2	16
171	189	0	19	59	48	20	20	1	56
174	186	0	13	59	54	14	7	1	26
177	183	0	7	59	58	7	16	0	46
180	180	0	0	60	0	0	16	0	0

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DI MERCURIO

Numeri comuni		Prostaferesi dell'eccentrico		Minuti proporzionali		Parallasse della grande orbita terrestre nell'apside superiore		Eccesso sulla parallasse nell'apside inferiore	
Gradi	Gradi	Gradi	Minuti	Minuti	Sec.	Gradi	Minuti	Gradi	Minuti
3	357	0	8	0	3	0	44	0	8
6	354	0	17	0	12	1	28	0	15
9	351	0	26	0	24	2	12	0	23
12	348	0	34	0	50	2	56	0	31
15	345	0	43	1	43	3	41	0	38
18	342	0	51	2	42	4	25	0	45
21	339	0	59	3	51	5	8	0	53
24	336	1	8	5	10	5	51	1	1
27	333	1	16	6	41	6	34	1	8
30	330	1	24	8	29	7	15	1	16
33	327	1	32	10	35	7	57	1	24
36	324	1	39	12	50	8	38	1	32
39	321	1	46	15	7	9	18	1	40
42	318	1	53	17	26	9	59	1	47
45	315	2	0	19	47	10	38	1	55
48	312	2	6	22	8	11	17	2	2
51	309	2	12	24	31	11	54	2	10
54	306	2	18	26	17	12	31	2	18
57	303	2	24	29	17	13	7	2	26
60	300	2	29	31	39	13	41	2	34
63	297	2	34	33	59	14	14	2	42
66	294	2	38	36	12	14	46	2	51
69	291	2	43	38	29	15	17	2	59
72	288	2	47	40	45	15	46	3	8
75	285	2	50	42	58	16	14	3	16
78	282	2	53	45	6	16	40	3	24
81	279	2	56	46	59	17	4	3	32
84	276	2	58	48	50	17	27	3	40
87	273	2	59	50	36	17	48	3	48
90	270	3	0	52	2	18	6	3	56

TAVOLA DELLE PROSTAFERESI DI MERCURIO

Numeri comuni		Prostaferesi dell'eccentrico		Minuti proporzionali		Parallasse della grande orbita terrestre nell'apside superiore		Eccesso sulla parallasse nell'apside inferiore	
Gradi	Gradi	Gradi	Minuti	Minuti	Sec.	Gradi	Minuti	Gradi	Minuti
93	267	3	0	53	43	18	23	4	3
96	264	3	1	55	4	18	37	4	11
99	261	3	0	56	14	18	48	4	19
102	258	2	59	57	14	18	56	4	27
105	255	2	58	58	1	19	2	4	34
108	252	2	56	58	40	19	3	4	42
111	249	2	55	59	14	19	3	4	49
114	246	2	53	59	40	18	59	4	54
117	243	2	49	59	57	18	53	4	58
120	240	2	44	60	0	18	42	5	2
123	237	2	39	59	49	18	27	5	4
126	234	2	34	59	35	18	8	5	6
129	231	2	28	59	19	17	44	5	9
132	228	2	22	58	59	17	17	5	9
135	225	2	16	58	32	16	44	5	6
138	222	2	10	57	56	16	7	5	3
141	219	2	3	56	41	15	25	4	59
144	216	1	55	55	27	14	38	4	52
147	213	1	47	54	55	13	47	4	41
150	210	1	38	54	25	12	52	4	26
153	207	1	29	53	54	11	51	4	10
156	204	1	19	53	23	10	44	3	53
159	201	1	10	52	54	9	34	3	33
162	198	1	0	52	33	8	20	3	10
165	195	0	51	52	18	7	4	2	43
168	192	0	41	52	8	5	43	2	14
171	189	0	31	52	3	4	19	1	43
174	186	0	21	52	2	2	54	1	9
177	183	0	10	52	2	1	27	0	35
180	180	0	0	52	2	0	0	0	0

Capitolo XXXIV

Come si computano le posizioni in longitudine di questi cinque pianeti.

Mediante queste tavole così stabilite da noi, computeremo dunque senza difficoltà le posizioni in longitudine di questi cinque pianeti. Infatti vale per tutti quasi lo stesso metodo di calcolo, pur differendo in ciò un poco i pianeti esterni da Venere e Mercurio. Prima dunque parliamo di Saturno, Giove e Marte. Il computo per essi è tale che, per un certo tempo determinato, si indagano i moti medi, cioè quello semplice del sole e quello di commutazione del pianeta nel modo sopra riferito. Quindi si sottragga la posizione dell'apside superiore dell'eccentrico del pianeta dalla posizione semplice del sole, e da ciò che resta si tolga il moto di commutazione; ciò che infine resterà è l'anomalia dell'eccentrico del pianeta, il cui numero cercheremo fra i numeri comuni, in una delle due prime colonne della tavola, e in corrispondenza prenderemo dalla terza colonna la prostaferesi dell'eccentrico e, successivamente [dalla quarta], i minuti proporzionali. Aggiungeremo questa prostaferesi al moto di commutazione e la toglieremo dall'anomalia dell'eccentrico, se si troverà il numero da cui siamo partiti nella prima colonna, e al contrario la toglieremo dall'anomalia di commutazione e l'aggiungeremo all'anomalia dell'eccentrico se il numero si troverà nella seconda colonna; ciò che risulterà come somma o differenza saranno le anomalie rese uniformi della commutazione e dell'eccentrico, tenendo da parte i minuti proporzionali per un uso di cui ora si dirà.

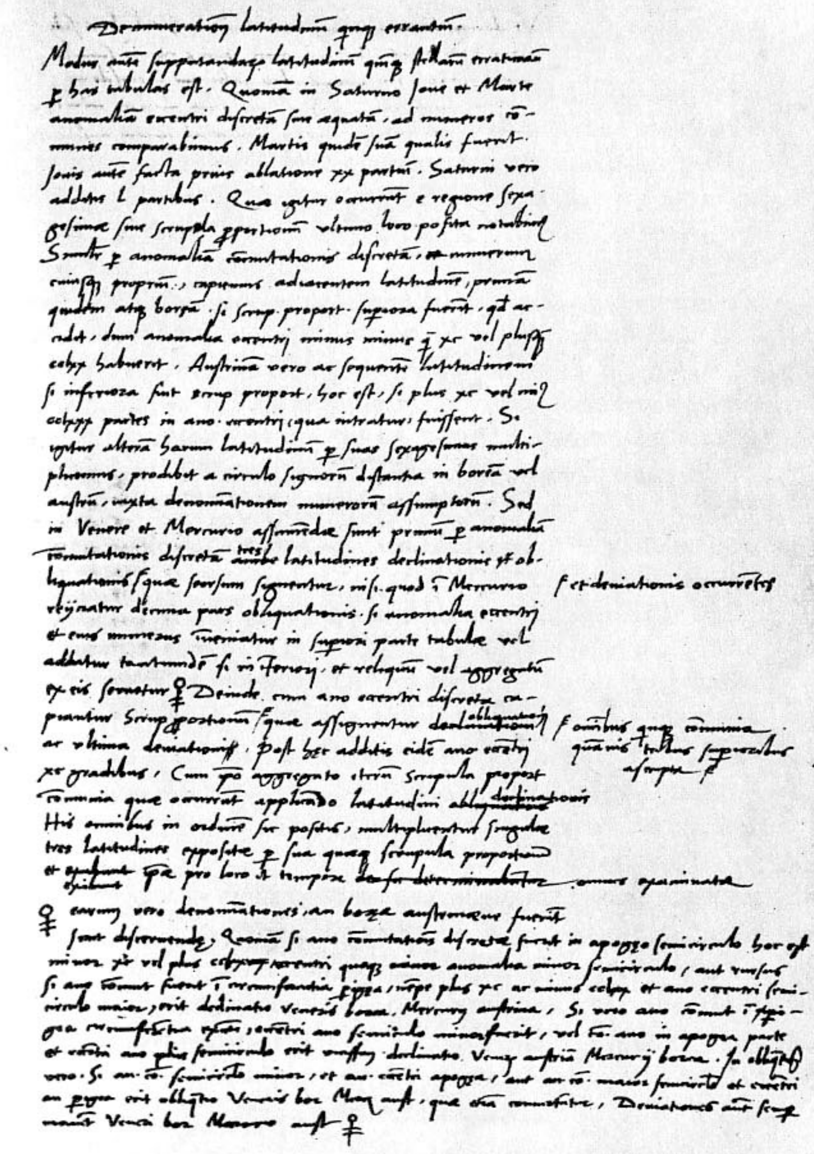
Poi cercheremo l'anomalia [di commutazione] così resa uniforme anche fra i numeri comuni precedenti, e corrispondentemente, nella quinta colonna, prenderemo la prostaferesi di commutazione, insieme con il suo eccesso registrato nell'ultima colonna. Da questo ricaveremo la parte proporzionale secondo il numero dei minuti proporzionali e la aggiungeremo sempre alla prostaferesi. Avremo così la commutazione vera del pianeta, che va tolta dall'anomalia resa uniforme della commutazione se questa è minore di un semicerchio, o che va aggiunta, se essa è maggiore. Così, infatti, avremo la distanza reale ed apparente dell'astro ad ovest della posizione media del sole, e quando l'avremo sottratta dal[la posizione media del] sole, resterà la posizione cercata del pianeta rispetto alla sfera delle stelle fisse. E se infine a questa si aggiungerà la precessione degli equinozi, si determinerà la posizione del pianeta a partire dall'equinozio di primavera. Nel caso di Venere e Mercurio, come anomalia dell'eccentrico ci serviamo della distanza dall'apside superiore alla posizione media del sole; e con questa anomalia eguagliamo il moto di commutazione e l'anomalia dell'eccentrico, come si è già detto. Ma se la prostaferesi dell'eccentrico, assieme con la parallasse eguagliata, sono della stessa natura o specie [134], esse vengono aggiunte o tolte entrambe alla posizione media del sole. Ma se poi sono di specie diversa, la minore viene tolta dalla maggiore e con ciò che resta si fa quanto ora abbiamo detto, secondo la proprietà aggiuntiva o sottrattiva del numero maggiore: e ne risulterà la posizione apparente che si cerca.

Capitolo XXXV

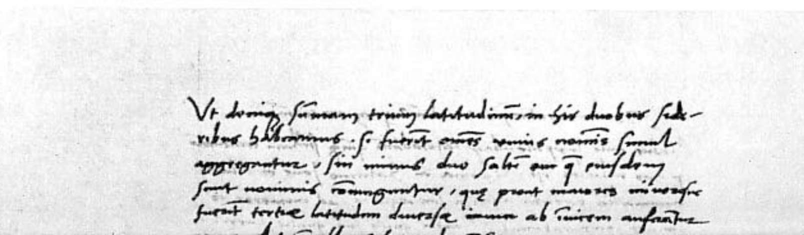
Le stazioni e le retrogradazioni dei cinque pianeti.

Sembra che anche la conoscenza di dove e quando avvengono e di quante siano le stazioni e le retrogradazioni dei pianeti interessi il calcolo del moto che si compie in longitudine. Di ciò trattarono pure non poco gli astronomi, specie Apollonio di Perga [135], ma col presupposto di un solo movimento irregolare, ed appunto di quello da cui i pianeti sono mossi rispetto al sole e che noi chiamammo commutazione, causata dal moto della grande orbita della terra. Poiché se si ammette che i circoli dei pianeti siano concentrici con la grande orbita della terra e che lungo essi gli astri vengano

[134] Cioè, entrambe addittive o entrambe sottrattive.
[135] V. nota 36. Copernico attinge dall'*Almagesto*, lib. XII, cap. I.



Chiusa autografa del *De revolutionibus orbium caelestium*
(Cracovia, Biblioteka Jagiellońska, ms. BY 10000, fol. 212 r-v).



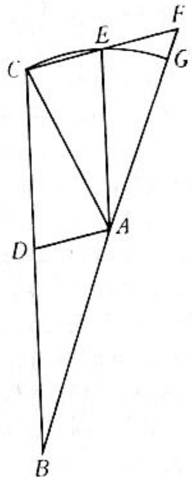
portati con una velocità diversa ma tutti nello stesso verso, cioè da ovest ad est; e se qualche pianeta sul suo circolo [orbitale] e all'interno della grande orbita, come Venere e Mercurio, è più veloce del moto della terra; e se, condotta da questa una linea retta, essa interseca il circolo [orbitale] del pianeta in modo che, presa la metà della sua sezione nell'interno del circolo [orbitale], tale sezione abbia rispetto alla linea che va dal nostro punto di vista sulla terra fino all'arco convesso inferiore del circolo [orbitale] intersecato lo stesso rapporto che ha la velocità del moto terrestre rispetto alla velocità del pianeta: allora il punto determinato dalla linea così condotta all'arco perigeo del circolo [orbitale] del pianeta separa la retrogradazione dal moto in avanti, cosicché il pianeta posto in quel punto dà l'impressione della stazione.

Similmente, negli altri tre pianeti esterni, il cui moto è più lento di quello terrestre, se la retta condotta dal nostro punto di vista taglia la grande orbita in modo che la metà della sezione, che è nell'orbita, rispetto a quella che va dal pianeta al nostro punto di vista sulla superficie più vicina e convessa della sfera [orbitale] ha lo stesso rapporto che ha il moto del pianeta rispetto alla velocità della terra: allora il pianeta che si trova in quel luogo dà l'impressione di star fermo.

Che se poi la metà della sezione che è nel circolo, come si è detto, ha rispetto al segmento esterno rimanente un rapporto maggiore di quello che la velocità della terra ha rispetto a quella di Venere o Mercurio, o di quello che la velocità di qualcuno dei tre pianeti superiori ha rispetto a quella della terra: allora il pianeta procederà in avanti da ovest ad est; se invece quel rapporto è minore, retrograderà da est ad ovest.

Per dimostrare ciò, Apollonio assume un postulato in accordo con l'ipotesi dell'immobilità terrestre, e che nondimeno si adatta anche ai nostri princìpi circa la mobilità della terra; per ciò, dunque, anche noi ce ne varremo. E possiamo enunciarlo in questa forma: se il lato maggiore di un triangolo è così diviso che uno dei segmenti non è minore del lato ad esso consecutivo, il rapporto di tale segmento rispetto a quello restante è maggiore di quello tra gli angoli giacenti sul lato diviso presi in ordine inverso.

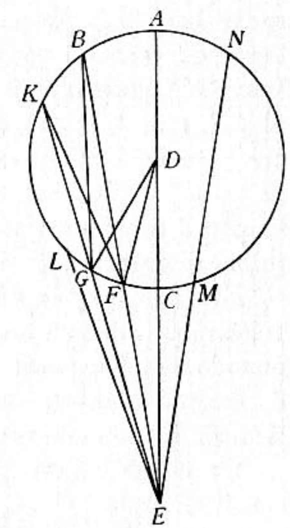
Sia dunque BC il lato maggiore del triangolo ABC; se su esso si prende CD non minore di AC, dico che CD avrà rispetto a BD un rapporto maggiore che l'angolo ABC rispetto all'angolo BCA.



Ciò si dimostra poi nel modo seguente. Si completi infatti il parallelogramma $ADCE$, e le linee BA e CE, prolungate, coincidano nel punto F. Poiché AE non è minore di AC, il circolo descritto con centro in A e di raggio AE passerà pertanto per C od oltre C; mettiamo ora che passi per C, e sia GEC. Dato che il triangolo AEF è maggiore del settore AEG, mentre il triangolo AEC è minore del settore AEC, il rapporto fra il triangolo AEF e il triangolo AEC è maggiore di quello fra il settore AEG e il settore AEC. Ma il triangolo AEF sta al triangolo AEC come la base FE alla base EC. Quindi FE ha con EC un rapporto maggiore di quello che l'angolo FAE ha con l'angolo EAC. Ma come FE sta ad EC così CD sta a DB; infatti l'angolo FAE è uguale all'angolo ABC, e l'angolo EAC è eguale a BCA. Quindi, anche CD ha con DB un rapporto maggiore di quello che l'angolo ABC ha con l'angolo ACB. È del resto evidente che il rapporto sarà molto maggiore, se non si prende CD uguale ad AC, cioè ad AE, ma si pone CD maggiore di AC.

Sia ora ABC il circolo di Venere o di Mercurio intorno al centro D e, fuori del circolo, la terra E mobile intorno allo stesso centro D; e da E, nostro punto di vista, si conduca per il centro del circolo la linea retta $ECDA$. Sia A la posizione più lontana dalla terra, C la più vicina, e si supponga che DC abbia con CE un rapporto maggiore di quello che il movimento del nostro punto di vista ha con la velocità del pianeta. È possibile pertanto trovare una linea EFB tale che la metà di BF abbia con FE lo stesso rapporto che il

moto del nostro punto di vista ha con il moto del pianeta; infatti, la linea EFB, allontanata dal centro D, in FB diminuisce e aumenta in EF, finché soddisfa al rapporto richiesto. Dico che, posto il pianeta nel punto F, esso ci darà l'impressione della stazione e che, per quanto piccolo si prenda un arco da una parte e dall'altra di F, troveremo il pianeta procedente in avanti se l'arco è preso verso l'apogeo, e invece retrocedente se l'arco è preso verso il perigeo.



Si prenda infatti, in primo luogo, l'arco FG in direzione dell'apogeo, si conduca EGK e si traccino BG, DG, DF. Pertanto, poiché del triangolo BGE il segmento BF del lato maggiore BE è maggiore del lato BG, BF ha qui con EF un rapporto maggiore di quello che l'angolo FEG ha con l'angolo GBF. Inoltre, anche la metà di BF ha con FE un rapporto maggiore di quello che l'angolo FEG ha con il doppio dell'angolo GBF, ossia con l'angolo GDF. Ma il rapporto della metà di BF con FE è eguale al rapporto del moto della terra con quello del pianeta; quindi l'angolo FEG ha con GDF un rapporto minore di quello che la velocità della terra ha con quella del pianeta. Dunque, l'angolo che ha con l'angolo FDG lo stesso rapporto che c'è tra il moto della terra e quello del pianeta, è maggiore dell'angolo FEG: FEL sia tale angolo. Pertanto, nel tempo nel quale il pianeta ha percorso l'arco GF del circolo [orbitale], si riterrà che il nostro punto di vista abbia percorso lo spazio opposto di quello, cioè tra le linee EF ed EL. È chiaro che nello stesso tempo in cui l'arco GF ha portato rispetto al nostro punto di vista il pianeta da est ad ovest sotto l'angolo minore FEG, il transito della terra lo ha spostato indietro da ovest verso est sotto FEL che è l'angolo maggiore, cosicché il pianeta spostato indietro [verso est] dell'angolo *GEL* non sembrava ancora essersi fermato.

È poi chiaro che allo stesso modo si dimostra il caso contrario. Mettiamo che nella stessa figura avessimo posto che la metà di *GK* ha con *GE* lo stesso rapporto che il moto terrestre ha con la velocità del pianeta, e che avessimo preso l'arco *GF* verso il perigeo a partire dalla linea retta *EK*; si tracci *KF*, formando il triangolo *KEF*, in cui *GE* è maggiore di *EF*: ora, *KG* avrà con *GE* un rapporto minore di quello che l'angolo *FEG* ha con l'angolo *FKG*. Così anche la metà di *KG* avrà con *GF* [136] un rapporto minore di quello che *FEG* ha con il doppio di *FKG*, ossia con l'angolo *GDF*, come si è prima dimostrato. E si ricava allo stesso modo che l'angolo *GDF* ha con l'angolo *FEG* un rapporto minore di quello che la velocità del pianeta ha con quella del punto di vista. E così, quando hanno lo stesso rapporto, se si aumenta l'angolo *GDF*, il pianeta avanzerà da est ad ovest anche più di quanto richieda il suo moto progressivo.

Da ciò è chiaro anche che se avessimo assunti come eguali gli archi *FC* e *CM*, nel punto *M* ci sarebbe la seconda stazione; condotta poi la linea *EMN*, anche la metà di *NM* starà con *ME* nello stesso rapporto in cui la velocità della terra sta con quella del pianeta, come la metà di *BF* stava ad *FE*, e perciò i punti *F* e *M* designeranno le due stazioni e determineranno tutto l'arco *FCM* come quello della retrogradazione e l'arco rimanente come quello della progressione.

Ne segue anche che nelle distanze, in cui *DC* non avrà con *CE* un rapporto maggiore di quello che la velocità della terra ha con la velocità del pianeta, non sarà possibile condurre un'altra linea retta in un rapporto eguale a questo, né si vedrà il pianeta sostare o retrogradare. Quando, infatti, nel triangolo *DGE* sia stata presa la retta *DC* non minore [137] di *EG*, l'angolo *CEG* avrà con *CDG* un rapporto minore di quello che la retta *DC* ha con la retta *CE*; ma il rapporto di

[136] Così nel manoscritto (p. 199 r) e nelle edizioni; ma va letto *GE*.
[137] Così nel manoscritto (p. 199 r) e nelle edizioni di Thorn, di Monaco e dell'Accad. polacca. Nelle edizioni sino a quella di Varsavia: minore.

DC con *CE* non è maggiore di quello della velocità della terra con la velocità del pianeta: quindi, anche l'angolo *CEG* avrà con *CDG* un rapporto minore di quello che la velocità della terra ha rispetto a quella del pianeta. Dove ciò accade, il pianeta procederà in avanti e in nessun luogo del circolo [orbitale] del pianeta troveremo un arco lungo il quale lo si veda retrogradare.

Tutto ciò riguarda Venere e Mercurio, che sono all'interno della grande orbita della terra. Allo stesso modo si procederà a proposito degli altri tre pianeti esterni, e proprio con la stessa figura, mutando soltanto i nomi, cosicché poniamo che *ABC* sia la grande orbita della terra e il moto circolare del nostro punto di vista, mentre in *E* sia il pianeta, il cui moto sul suo circolo [orbitale] è meno rapido del movimento del nostro punto di vista sulla grande orbita. Per il resto la dimostrazione procederà in tutto come prima.

Capitolo XXXVI

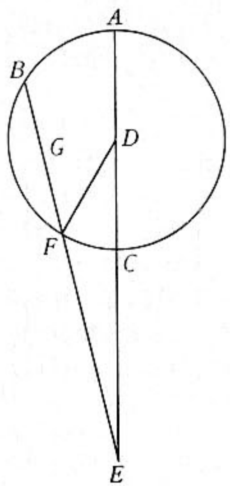
Come si determinano i tempi, i luoghi e gli archi delle retrogradazioni.

Orbene, se le sfere [orbitali] da cui vengono mossi i pianeti fossero concentriche con la grande orbita della terra, risulterebbero facilmente le cose che le dimostrazioni precedenti annunciano, essendo sempre lo stesso il rapporto della velocità del pianeta con quella del nostro punto di vista; ma esse sono eccentriche, e quindi i moti appaiono irregolari. Per questa ragione occorre che noi consideriamo i moti irregolari ed adeguati e le loro differenze di velocità, e che nelle dimostrazioni ci serviamo di essi e non di quelli semplici ed uniformi, a meno che il pianeta non venga a trovarsi intorno alle longitudini medie, il solo posto dove lo si veda muoversi con un moto medio sul suo circolo [orbitale].

Mostreremo dunque ciò con l'esempio di Marte [138], esempio con il quale si renderanno più chiare anche le retrogradazioni

[138] Cfr. Tolomeo, *Almagesto*, lib. XII, cap. 4.

degli altri pianeti. Sia dunque ABC la grande orbita, su cui si muove in circolo il nostro punto di vista; e il pianeta, d'altra parte, nel punto E, da cui si conducano la linea retta EFB e, per il centro dell'orbita, la retta $ECDA$. La metà di BF, cioè GF, abbia con EF il rapporto che la velocità particolare del pianeta ha con la velocità del punto di vista, velocità con cui questo supera il pianeta. Il nostro problema è di trovare l'arco FC della metà della retrogradazione, o ABF, per sapere quanto disti il pianeta dal punto più lontano A quando esso è in stazione, e quale è l'angolo FEC; con questi dati, infatti, potremo predire il tempo e il luogo di tale apparenza del pianeta. Si supponga poi che il pianeta sia circa l'apside medio dell'eccentrico, dove i moti in longitudine e di anomalia poco differiscono da quelli uniformi.



Pertanto, nel caso del pianeta Marte, poiché il suo moto medio, cioè la linea GF, è di 1 parte, 8 primi, 7 secondi, il moto di commutazione, cioè il moto del nostro punto di vista rispetto a quello medio del pianeta, consiste di una parte, ed è la linea retta EF, di modo che tutta EB è di 3 parti, 16 primi, 14 secondi, ed il rettangolo compreso da BE ed EF è egualmente di 3 parti, 16 primi, 14 secondi. Abbiamo del resto dimostrato[139] che DA, raggio dell'orbita, è pari a 6580 parti, misurandone DE 10.000. Ma se stabiliamo che DE sia 60 parti, secondo tale misura AD è 39 parti e 29 primi, e tutta AE sta ad EC come 99 parti 29 primi a 20 parti 31 primi; ed il rettangolo compreso sotto tali linee, a cui è eguale quello sotto BE ed EF, è di 2041 parti e 4 primi.

[139] Nel manoscritto (p. 200 r) c'è un'altra dimostrazione, poi cancellata, a cui segue quella riportata nel testo. Per i dati qui utilizzati si veda il cap. 19 di questo libro.

Da ciò, per comparazione[140], fatta la divisione di 2041 parti e 4 primi per 3 parti 16 primi 14 secondi, risultano 624 parti 4 primi, la cui radice quadrata EF è 24 parti 58 primi e 52 secondi, se DE è calcolato di 60 parti; se invece si ritiene che DE sia di 10.000 parti, EF sarà di 4163 parti 5 primi, delle quali DF ne misura 6580.

Pertanto, del triangolo DEF, di lati dati, avremo l'angolo DEF di $27^{\circ}\ 15'$, che è l'angolo di retrogradazione del pianeta, e l'angolo CDF, dell'anomalia di commutazione, di $16^{\circ}\ 50'$. Pertanto, poiché il pianeta appare sulla linea EF alla prima sua stazione e su EC quando è in opposizione al sole, se esso non si muovesse affatto verso est, i $16^{\circ}\ 50'$ dell'arco CF comprenderebbero i gradi trovati della retrogradazione di $27^{\circ}\ 15'$ sotto l'angolo AEF; ma, secondo il rapporto indicato della velocità del pianeta con quella del punto di vista, corrispondono a quei $16^{\circ}\ 50'$ dell'anomalia di commutazione circa $19^{\circ}\ 6'\ 39''$ di longitudine del pianeta. Se li si toglie da $27^{\circ}\ 15'$, restano $8^{\circ}\ 8'$ dalla seconda stazione all'opposizione; e 36 giorni e mezzo circa è il tempo durante cui si compiono i $19^{\circ}\ 6'\ 39''$ del moto in longitudine: quindi, tutta la retrogradazione di $16^{\circ}\ 16'$ si compie in 73 giorni.

Queste cose, dimostrate per le longitudini medie dell'eccentrico, si dimostrano egualmente per le altre posizioni, ma servendosi sempre di una velocità particolare del pianeta, quale viene fissata, come dicemmo, dalla sua stessa posizione.

Inoltre, anche per Saturno, Giove e Marte vale lo stesso metodo di dimostrazione; e pure per Venere e Mercurio, purché prendiamo il punto di vista al posto del pianeta e questo al posto di quello. Naturalmente qui, nei circoli [orbitali] che sono abbracciati dalla [orbita della] terra, accadono le cose contrarie di quelle che avvengono nei circoli [orbitali] che abbracciano la [orbita della] terra. E ciò basti, per non ripetere sempre la stessa cantilena.

[140] Questa comparazione (*parabola*) consiste nella proporzione:

$$\text{rett. } BE, EF : \text{rett. } BE, EF = \text{quad. } EF : \text{quad. } EF$$

Cfr. la nota 467, p. 63 della trad. cit. del Menzzer.

Tuttavia, poiché il moto variabile del pianeta arreca una difficoltà non piccola a proposito del punto di vista e dell'ambiguità delle stazioni, da cui neanche il teorema di Apollonio riesce a liberarci, non so se non sarebbe stato meglio cercare le stazioni semplicemente ed a partire dalla posizione più vicina, allo stesso modo in cui cerchiamo la congiunzione dei pianeti in opposizione con la linea del moto medio del sole o le congiunzioni di qualsivoglia due pianeti mediante i valori numerici dei movimenti che li connettono. E lasciamo ciò al gusto di ciascuno.

LIBRO SESTO

[PROEMIO].

Abbiamo indicato, secondo la nostra capacità, quale influenza e conseguenza abbia il postulato moto di rivoluzione della terra sul moto apparente in longitudine dei pianeti, e in quale ordine, certo e necessario, esso rinserri tutto ciò. Resta ora da occuparci dei moti di tali pianeti, con cui essi deviano in latitudine, e da mostrare in qual modo anche su di essi eserciti il suo imperio la medesima mobilità della terra ed abbia stabilito leggi pure nei loro riguardi. Anche questa parte della scienza è del resto necessaria, perché le digressioni [in latitudine] dei pianeti producono una non piccola variazione a proposito del loro sorgere e tramontare, del loro apparire ed occultarsi e di altri fenomeni, che sono stati esposti precedentemente nel loro complesso. Anzi, le posizioni vere di tali pianeti si dicono note solo quando si sia stabilita la longitudine assieme con la latitudine rispetto all'eclittica. Pertanto, postulando la mobilità della terra, noi dimostreremo, forse più brevemente e convenientemente, anche ciò che a questo proposito gli astronomi antichi credevano di aver dimostrato mediante la stabilità di essa [1].

[1] Questo libro tenta di fornire dei moti in latitudine dei pianeti una spiegazione analoga, altrettanto semplice ed elegante, di quella che nel libro precedente è stata data del loro moto in longitudine. Anche allora (come ad esempio nel caso di Marte e Mercurio), non sempre la spiegazione era riuscita del tutto soddisfacente; e le difficoltà diventano ancora maggiori nel caso delle latitudini. Le variazioni apparenti di latitudine dei pianeti (a cui Keplero troverà una spiegazione nella non uniformità del moto terrestre)

Capitolo I

Esposizione generale della digressione in latitudine dei cinque pianeti.

In tutti i pianeti gli antichi [astronomi] scoprirono due deviazioni in latitudine, corrispondenti alla duplice ineguaglianza in longitudine di ciascuno di essi; e che l'una avveniva a causa dell'eccentricità dei circoli [sfere, *orbium*] [orbitali], mentre l'altra a causa degli epicicli, in luogo dei quali, come già spesso è stato ripetuto, noi abbiamo assunto soltanto la grande orbita della terra. Non perché tale orbita devii in qualche modo dal piano dell'eclittica, fissata una volta per sempre, essendo i due piani identici, ma perché i circoli [orbitali] di quei pianeti hanno rispetto al piano dell'eclittica una certa inclinazione variabile. Questa variabilità è regolata appunto secondo il moto e le rivoluzioni della grande orbita della terra. Orbene, poiché i tre pianeti superiori, Saturno, Giove e Marte, si muovono in longitudine secondo certe leggi diverse da quelle degli altri due, così anche differiscono non poco nel moto di latitudine. In primo luogo, pertanto, gli antichi astronomi hanno ricercato per i primi pianeti dove fossero e di quale grandezza i limiti estremi settentrionali della latitudine, che Tolomeo [2] trovò, per Saturno e per Giove, circa all'inizio della costellazione della Bilancia, e per Marte, invece, quasi alla fine della costellazione del Cancro, vicino all'apogeo dell'eccentrico.

Ma, nella nostra epoca, abbiamo trovato questi limiti settentrionali: per Saturno a 7° dello Scorpione, per Giove a 27° della Bilancia, per Marte a 27° del Leone, in quanto

diventano difficilmente esplicabili conservando, come fa Copernico, il principio dell'uniformità (e circolarità) dei moti celesti. Copernico è costretto a ricorrere ad una macchinosa costruzione, servendosi di moti di librazione, così come già s'era servito di essi per la precessione degli equinozi (libro III, capitolo 4) o per il moto in longitudine di Mercurio (Libro V, capitolo 25). Ciò che viene detto nel libro VI circa il moto in latitudine dei pianeti rispecchia ciò che è detto da Tolomeo nell'*Almagesto*, lib. XIII, capp. 1-6 e risente molto della dottrina geocentrica. Cfr. nota a p. 430 dell'edizione dell'Accad. polacca.

[2] Tolomeo, *Almagesto*, lib. XIII, cap. 1.

anche gli apogei sono cambiati da allora sino ai nostri tempi; infatti, le inclinazioni ed i poli delle latitudini seguono il moto stesso dei loro circoli [orbitali]. Tra questi limiti estremi, alle distanze eguagliate o apparenti di un quadrante, i pianeti non sembrano compiere alcuna deviazione in latitudine, quale che sia il posto in cui si trovi allora la terra. Si intende, dunque, che in queste longitudini medie essi si trovano, non diversamente dalla luna nelle intersezioni eclittiche, nelle intersezioni comuni del loro orbe con l'eclittica, intersezioni che qui Tolomeo chiama «nodi»: nodo ascendente, quello a partire da cui il pianeta procede verso settentrione; nodo discendente, quello da cui esso passa nell'emisfero meridionale. Non perché la grande orbita della terra, che rimane sempre sul piano dell'eclittica, dia ad essi una qualche latitudine; ma dipende da essi ogni digressione in latitudine, che varia assai in posizione diversa dai nodi. E quando la terra si avvicina, allorché i pianeti appaiono in opposizione al sole e sorgenti al suo tramonto (*acronycti*), essi hanno sempre una digressione maggiore che in qualsiasi altra posizione della terra, verso nord nell'emisfero boreale e verso sud in quello australe, e con una variazione maggiore di quella che l'avvicinamento o l'allontanamento della terra richieda. Da ciò si è riconosciuto che l'inclinazione dei loro circoli [orbitali] non è fissa, ma che muta con un certo moto di librazione, commensurabile con le rivoluzioni della grande orbita della terra, come si dirà un poco più oltre.

D'altra parte, Venere e Mercurio appaiono deviare in latitudine in qualche altro modo, rispettando tuttavia una legge ben definita negli apsidi medi, superiori ed inferiori. Infatti, nelle longitudini medie, quando cioè la linea del moto medio del sole dista di un quadrante dal loro apside superiore o inferiore ed i pianeti, come stelle mattutine o vespertine, distano da quella linea del moto medio del sole di un quadrante dei loro circoli [orbitali], [gli astronomi antichi] non trovarono alcuna deviazione dall'eclittica, e da ciò compresero che i pianeti erano allora nell'intersezione comune dei singoli[3] circoli [orbitali] e dell'eclittica, intersezione che passa per i loro apogei e perigei. E perciò, quando sono superiori o inferiori rispetto alla terra, mostrano allora digressioni ben visibili, le più ampie, invero, alla distanza maggiore dalla terra, cioè nel periodo in cui sorgono alla sera o tramontano al mattino, allorché Venere appare alla più alta latitudine nord e Mercurio alla più bassa latitudine sud.

Viceversa, nella posizione più vicina alla terra, quando tramontano al mattino o sorgono alla sera, Venere è a sud e Mercurio a nord. Al contrario, quando la terra è nella posizione opposta a questa e nell'altro apside intermedio, quando cioè l'anomalia dell'eccentrico è di 270°, nella distanza maggiore dalla terra Venere appare a sud e Mercurio a nord; e, nella posizione più vicina alla terra, Venere a nord e Mercurio a sud. Invero, nella conversione della terra agli apogei di questi pianeti, Tolomeo trovò che la latitudine di Venere era settentrionale, quando Venere appariva come stella del mattino, e meridionale, quando appariva come stella della sera. E ciò, al contrario, anche per Mercurio: con latitudine sud come stella mattutina e con latitudine nord come stella vespertina. Tutto ciò si rovescia similmente nella posizione opposta del perigeo, cosicché Venere come Lucifero appare a sud e a nord come Vespero, mentre Mercurio appare a nord come stella mattutina e a sud come stella vespertina. [Gli antichi astronomi] trovarono anzi in ambedue queste posizioni che la digressione di Venere a nord era sempre maggiore di quella a sud, e la digressione di Mercurio maggiore a sud che a nord. Da questo fatto arguirono che in questa posizione vi fosse una doppia latitudine e che ce ne fossero tre in tutto. La prima, quella che è nelle longitudini intermedie, essi la chiamarono « inclinazione »; la seconda, nell'apside superiore e inferiore, « obliquazione », e la terza, connessa alla seconda, « deviazione »; essa è sempre settentrionale nel caso di Venere, in quello di Mercurio, invece, meridionale. Fra questi quattro

[3] Il manoscritto (p. 189 v), con le edizioni di Monaco e dell'Accad. polacca, ha « signorum »; ma le edizioni di Varsavia e Thorn correggono « singulorum ».

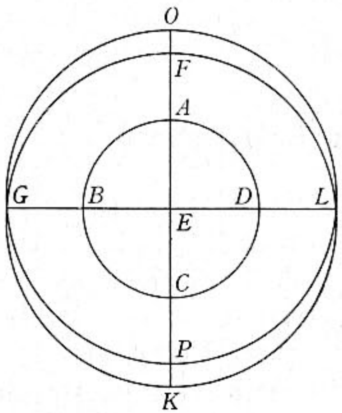
limiti, si mescolano tra loro e, alternativamente, crescono o decrescono, e si sostituiscono l'una all'altra. Ad esse tutte ascriveremo le circostanze che loro convengono.

Capitolo II

Ipotesi sui circoli lungo cui questi astri si muovono in latitudine.

Bisogna dunque assumere che in questi cinque astri i circoli sono inclinati rispetto al piano dell'eclittica, e che le loro intersezioni con esso sono diametralmente opposte sull'eclittica, con inclinazione variabile, sì, ma secondo una regola, poiché in Saturno, Giove e Marte l'angolo di intersezione subisce, su questa stessa intersezione, come fosse un asse, una certa librazione simile a quella che abbiamo dimostrato riguardo alla precessione degli equinozi, ma tuttavia semplice e commensurabile al moto di commutazione [parallasse], durante il quale l'inclinazione viene accresciuta e diminuita in una misura ben determinata. Cosicché, ogni volta che la terra si avvicina al massimo al pianeta, e precisamente quando questo sorge al tramonto del sole [è in opposizione con esso], si ha la maggiore inclinazione del circolo [orbitale] del pianeta; nella posizione opposta la distanza sarà minima, e in quella intermedia sarà media. Così, quando il pianeta si trova al limite della massima latitudine nord o sud, la sua latitudine apparirà molto maggiore in prossimità della terra che alla massima distanza da essa. E sebbene la distanza variante della terra possa essere da sola la causa di simili variazioni, per il fatto che le cose più vicine appaiono più grandi delle più lontane, tuttavia le latitudini di questi astri aumentano e diminuiscono in misura più ampia di quanto non avverrebbe se anche i loro circoli [orbitali] non avessero un moto di librazione nella loro obliquità. Ma come prima dicemmo riguardo ai fenomeni di librazione, è bene considerare un certo medio fra gli estremi.

Per rendere ciò più esplicito, sia *ABCD* la grande orbita [della terra] che si trova sul piano dell'eclittica, avente come centro *E*; ed inclinato rispetto ad essa si tracci il circolo [orbitale] del pianeta, cioè *FGKL*, con un'inclinazione media e costante, la cui estrema latitudine nord sia *F*, quella sud *K*, il nodo discendente di intersezione sia *G*, quello ascendente *L*, l'intersezione comune *BED*, che sia estesa in linea retta in *GB* e *DL*. E questi quattro termini non mutino se non secondo il moto degli apsidi. Ma si tenga presente che il moto in longitudine del pianeta non avviene sul piano del circolo *FG*, ma sul piano di un altro circolo obliquo e concentrico con *FG*, e cioè lungo il circolo *OP*, e che essi si intersecano sulla stessa linea retta *GBDL*.



Mentre dunque il pianeta si muove lungo il circolo [orbitale] *OP*, coincidendo talvolta, per il suo moto di librazione, con il piano *FK*, trapassa da una parte e dall'altra di esso, e perciò fa apparire variabile la latitudine. Sia infatti dapprima il pianeta alla massima latitudine nord, nel punto *O*, più vicino alla terra, che si trova in *A*; crescerà allora la latitudine del pianeta secondo l'angolo *OGF* della massima inclinazione del circolo [orbitale] *OGP*. Ma poiché il moto di avvicinamento e di allontanamento [di librazione] di questo è per ipotesi commensurabile al moto di commutazione, quando la terra si troverà in *B*, *O* coinciderà con *F*, e la latitudine del pianeta nella stessa posizione apparirà minore di prima; molto minore ancora apparirà se la terra si troverà nel punto *C*. Infatti, *O* si sposterà nella parte estrema e opposta della sua librazione, e lascerà [come latitudine] tanto quanto resterà della latitudine nord, tolta la librazione sottrattiva, e cioè l'angolo *OGF* uguale ad essa. Da qui, lungo l'emiciclo residuo *CDA*, crescerà la latitudine nord dell'astro, che si trova intorno ad *F*, finché [la terra] non sia tornata al primitivo punto di partenza *A*.

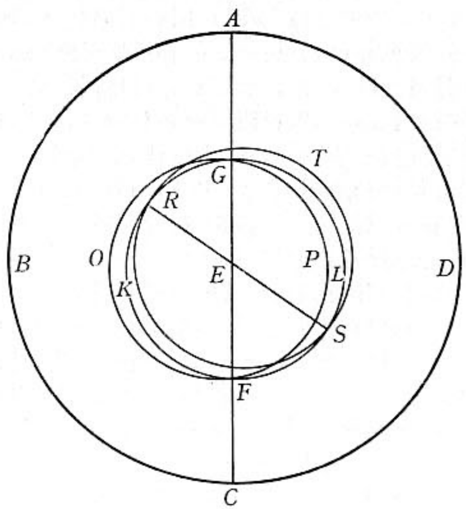
Lo stesso andamento del processo si avrà quando l'astro sarà a sud, posto nel punto *K*, prendendo *C* come punto d'inizio del moto terrestre. Ché se, invece, l'astro sarà in uno dei due nodi, *G* o *L*, essendo in opposizione o occultato dal sole, anche se allora i due circoli [orbitali] *FK* e *OP* divergono con la loro massima inclinazione reciproca, non si potrà perciò osservare alcuna latitudine dell'astro, dal momento che esso occupa l'intersezione delle orbite. Da tutto ciò, penso, si comprende facilmente come la latitudine nord del pianeta decresca da *F* a *G*, e aumenti la latitudine sud da *G* a *K*, e come questa scompaia del tutto in *L*, trasformandosi in settentrionale.

I tre pianeti superiori si comportano così. Da essi, così come in longitudine, differiscono non poco anche in latitudine Venere e Mercurio, poiché hanno le intersezioni comuni dei circoli [orbitali] poste negli apogei e nei perigei, mentre le loro massime inclinazioni sono negli apsidi medi e variano con un moto di librazione, come quelle dei pianeti superiori, ma esse sono sottoposte inoltre ad un altro moto di librazione diverso dal primo. Ambedue questi moti, tuttavia, sono commensurabili con i moti di rivoluzione terrestre, ma non in un unico modo. Infatti, la prima librazione avviene in modo che, mentre la terra compie un moto di rivoluzione rispetto ai loro apsidi, il moto di librazione compie due rivoluzioni, avendo costante l'asse, cioè l'intersezione che abbiamo menzionato passante per gli apogei e i perigei, cosicché, ogni volta che la linea del moto medio del sole è nel loro perigeo o apogeo, l'angolo di intersezione è massimo. Nelle longitudini medie sarà invece sempre minimo.

Ma la seconda librazione, che si aggiunge a questa, ne differisce per il fatto che, avendo un asse mobile, fa sì che, quando la terra è in una longitudine media, il pianeta, tanto Venere quanto Mercurio, sia sempre sull'asse, cioè nell'intersezione di questa librazione, e che invece abbia una deviazione massima quando il suo apogeo o il suo perigeo sta di fronte alla terra, e cioè Venere sempre a nord, come si è detto, Mercurio a sud; mentre invece, a causa della prima e semplice inclinazione, i due pianeti non avrebbero dovuto avere latitudine.

Per esempio, quando il moto medio del sole è all'apogeo di Venere ed il pianeta è nello stesso luogo, è chiaro che, secondo l'inclinazione semplice e la prima librazione, nell'intersezione del suo circolo con il piano dell'eclittica, Venere non avrebbe ammesso allora alcuna latitudine; ma la seconda librazione aggiunge al pianeta la sua massima deviazione, avendo l'intersezione o asse lungo il diametro trasversale del circolo dell'eccentrico e tagliando ad angoli retti il diametro che va dall'apside superiore a quello inferiore. Se invece nel medesimo tempo Venere si trova nell'uno o nell'altro quadrante e intorno agli apsidi medi del suo circolo [orbitale], allora l'asse di questa librazione coinciderà con la linea del moto medio del sole, e Venere stessa aggiungerà alla diversione settentrionale la massima deviazione, che toglierà invece alla diversione meridionale, lasciandola minore. Ma in tal modo il moto libratorio di deviazione risulta commensurato col moto terrestre.

Per comprendere ciò ancora più facilmente, si tracci nuovamente la grande orbita *ABCD*, l'orbe *FGKL* di Venere o di



Mercurio eccentrico e inclinato rispetto al circolo *ABC*, con un'inclinazione uniforme. La loro intersezione *FG* passi per l'apogeo *F* del circolo [orbitale] e il perigeo *G*. Poniamo in primo luogo, per una maggiore comodità di dimostrazione, l'inclinazione del circolo eccentrico *GKF* come se fosse semplice e fissa, o, se si preferisce, come media fra la minima e la massima, con la sola clausola che l'intersezione *FG* cambi secondo il moto del perigeo e dell'apogeo. Quando la terra è su di essa, e precisamente in *A* o in *C*, e il pianeta è sulla stessa linea, è chiaro allora che il pianeta non ha alcuna latitudine, dal momento che ogni latitudine si ha solo nelle posizioni laterali, nei semicircoli *GKF* e *FLG*, lungo i quali il pianeta fa una digressione a nord o a sud, come si è detto, a seconda dell'inclinazione del circolo *FKG* rispetto al piano dell'eclittica. Alcuni, poi, chiamano questa digressione del pianeta « obliquazione », mentre altri « riflessione » [in greco, λόξωσις]. Ma quando la terra è in *B* o *D*, cioè negli apsidi medi del pianeta, le stesse latitudini *FKG* e *GLF* saranno sopra e sotto, e sono chiamate « declinazioni » [in greco, ἔγκλισις]. E così differiscono più di nome che di fatto dalle prime, con cui sono unificate anche nei nomi nelle posizioni intermedie.

Ma poiché si rileva che l'angolo di inclinazione di questi circoli, in obliquazione è maggiore che in declinazione, [gli antichi astronomi] ritennero che ciò avvenisse per qualche librazione, che si articoli sull'intersezione *FG* come suo asse, come si è detto in precedenza. Pertanto, poiché è noto tale angolo di intersezione in entrambi i casi, comprenderemo facilmente dalla loro differenza di quanto varii la librazione dal suo valore minimo al massimo. Si immagini ora un altro circolo di deviazione, inclinato rispetto allo stesso circolo *GKFL*, concentrico nel caso di Venere, ma eccentrico all'eccentrico nel caso di Mercurio, come si dirà poi; e l'intersezione di essi *RS*, sia come l'asse, che si muove in circolo, di questa librazione, in modo tale che, quando la terra è in *A* o in *B*, il pianeta si trovi all'estremo limite della deviazione, dove che sia, come nel punto *T*. E di quanto la terra si sia allontanata da *A*, di tanto si sottintende che il pianeta si sia mosso da *T*, decrescendo intanto l'inclinazione del circolo di deviazione; cosicché, quando la terra ha percorso il quadrante *AB*, si intende che il pianeta è giunto al nodo di questa latitudine, cioè in *R*. Ma, poiché coincidono allora i piani, nel momento medio della librazione e sono orientati in direzione opposta, il semicerchio restante della deviazione, che prima era a sud, emerge così a nord. E Venere, entrando in questo semicerchio, abbandonato il sud, ritorna a settentrione, mai dirigendosi verso sud con questa librazione. Proprio come Mercurio, dirigendosi in senso contrario, resta a sud, e differisce anche nel fatto che si muove di moto libratorio, in un circolo [PO] non concentrico con l'eccentrico, bensì eccentrico rispetto all'eccentrico. Al posto di questo, nella dimostrazione dell'irregolarità relativa al moto in longitudine, ci siamo valsi di un epiciclo. Ma poiché là la longitudine si considerava senza latitudine, qui si considera la latitudine senza longitudine, e in quanto che un'unica e medesima rivoluzione può comprendere e ricondurre allo stesso periodo tali fenomeni; appare sufficiente che ci sia un solo moto e una medesima librazione che ha potuto produrre ambedue le variazioni, essendo insieme eccentrica e inclinata. E non occorre altra ipotesi oltre questa che ora abbiamo detto, e di cui ancora più diremo in seguito.

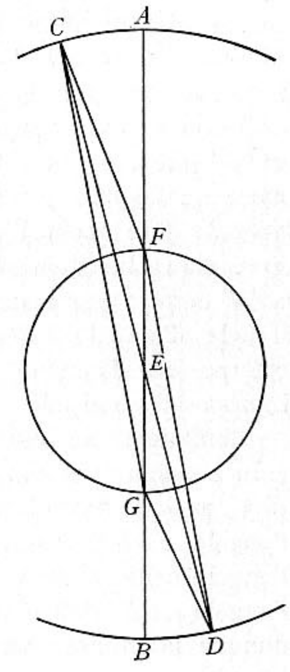
Capitolo III

Di quanto sia l'inclinazione delle sfere di Saturno, Giove e Marte.

Dopo l'esposizione delle ipotesi sulle digressioni dei cinque pianeti, dobbiamo volgerci ai fatti stessi e determinarli singolarmente. E, in primo luogo, quanto siano grandi le inclinazioni dei singoli circoli. Le calcoliamo lungo quel circolo massimo che passa per i poli del circolo inclinato ed è perpendicolare con l'eclittica, circolo massimo rispetto al quale si considerano i movimenti in latitudine. Colte, infatti, queste inclinazioni, si apre allora la via per conoscere le latitudini

di ciascun pianeta. Per cominciare di nuovo dai tre pianeti superiori, nei limiti estremi di latitudine sud, secondo l'esposizione di Tolomeo [4], le digressioni in opposizione al sole, risultano per Saturno di 3° 5′, per Giove di 2° 7′, per Marte di 7°. Invece nelle posizioni opposte, quando essi sono cioè in congiunzione con il sole, la digressione di Saturno, è di 2° 2′, quella di Giove di 1° 5′, quella di Marte di soli 5′ di modo che tocca quasi l'eclittica, come era dato congetturare dalle latitudini che egli aveva osservato alla loro occultazione e alla loro comparsa.

Avendo così prima stabiliti questi dati, sul piano che taglia ad angoli retti l'eclittica e passa per il suo centro sia l'intersezione dell'eclittica [con il piano] *AB*, e quella dell'eccentrico di uno qualsiasi dei pianeti superiori sia *CD*, attraverso i limiti massimi meridionali e settentrionali; sia inoltre *E* il centro dell'eclittica, ed *FEG* il diametro della grande orbita della terra. Sia poi *D* la latitudine sud, *C* quella nord, e da questi punti si traccino *CF*, *CG*, *DF*, *DG*.



Già dunque sono stati prima dimostrati, a proposito dei singoli pianeti, i rapporti di *EG*, [il raggio] della grande orbita della terra, con *ED*, [il raggio] dell'eccentrico del pianeta, presi in una qualsiasi delle loro posizioni. Ma anche le posizioni delle latitudini massime sono state date dalle osservazioni. Poiché dunque è stato dato *BGD*, l'angolo della massima latitudine sud e angolo esterno del triangolo *EGD*, sarà dato anche, in base alle dimostrazioni sui triangoli piani, l'angolo interno e opposto *GED* della massima inclinazione sud

[4] Tolomeo, *Almagesto*, lib. XIII, cap. 5 (tavole).

dell'eccentrico rispetto al piano dell'eclittica. Similmente, mediante la minima latitudine sud dimostreremo la minima inclinazione, ossia mediante l'angolo *EFD*. Poiché del triangolo *EFD* è dato il rapporto dei lati *EF* e *FD* insieme con l'angolo *EFD*, ci risulterà anche l'angolo esterno *DFE* [*GED*], che è l'angolo della minima inclinazione sud; e quindi, mediante la differenza fra l'una e l'altra declinazione, l'intera librazione dell'eccentrico rispetto all'eclittica. Con questi angoli di inclinazione calcoleremo anche le latitudini nord opposte, cioè quali siano gli angoli *AFC* ed *EGC*, che, se saranno in accordo con le osservazioni, mostreranno che non abbiamo sbagliato affatto.

Faremo dunque l'esempio di Marte, per il fatto che esso più di tutti gli altri si muove in latitudine; la sua latitudine sud massima fu annotata da Tolomeo [5] in circa 7°, nel perigeo di Marte, e anche la latitudine massima nord, di $4^\circ\ 20'$ nell'apogeo. Ma avendo noi preso l'angolo *BGD* di $6^\circ\ 50'$, abbiamo trovato l'angolo *AFC*, ad esso corrispondente, di $4^\circ\ 30'$ circa. Essendo infatti il rapporto dato di *EG* a *ED* come quello di 1 parte a 1 parte $22'\ 26''$, avremo da ciò, essendo dato anche l'angolo *BGD*, che l'angolo *DEG*, della massima inclinazione sud, è di circa $1^\circ\ 51'$. E poiché *EF* sta a *CE* come 1 parte sta a 1 parte, $39'\ 57''$, e l'angolo *CEF*, uguale all'angolo *DEG*, è di $1^\circ\ 51'$, ne segue che l'angolo esterno (che dicemmo) *CFA* è di $4^\circ\ 30'$, quando il pianeta è in opposizione al sole.

Similmente, in posizione opposta, quando cioè il pianeta è in congiunzione con il sole, se assumiamo l'angolo *DFE* di $5'$, essendo dati i lati *DE* e *FE* con l'angolo *EFD*, avremo l'angolo *EDF* [6], e quello esterno *DEG* di circa $9'$, che è l'angolo della minima inclinazione; ed esso ci rivelerà anche l'angolo *CGE*, della latitudine nord, di circa $6'$. Togliendo dunque la minima inclinazione dalla massima, cioè $9'$ da $1^\circ\ 51'$, resta $1^\circ\ 41'$ [7]; che è la librazione di questa inclinazione la cui metà è pari a circa $50'\ 30''$.

[5] Tolomeo, *op. cit.*, lib. XIII, cap. 3.
[6] L'edizione di Thorn aggiunge « di minuti 4 ».
[7] Così nel manoscritto (p. 193 v) e nelle edizioni di Monaco e dell'Ac-

Similmente si sono trovati gli angoli di inclinazione degli altri due pianeti, Giove e Saturno, con le latitudini. Precisamente, per Giove l'inclinazione massima è di $1^\circ\ 42'$, la minima di $1^\circ\ 18'$, cosicché l'intera sua librazione non comprende più di $24'$; per Saturno, poi, l'inclinazione massima è $2^\circ\ 44'$, la minima di $2^\circ\ 16'$, e fra di esse la librazione è di $18'$ [8]. Quindi, mediante gli angoli minimi di inclinazione, che capitano nella posizione di opposizione, mentre sono celati sotto il sole, risulteranno le seguenti digressioni in latitudine dall'eclittica: per Saturno di $2^\circ\ 3'$, per Giove di $1^\circ\ 6'$, valori che bisognava trovare e conservare per le tavole che dovranno essere in seguito costituite.

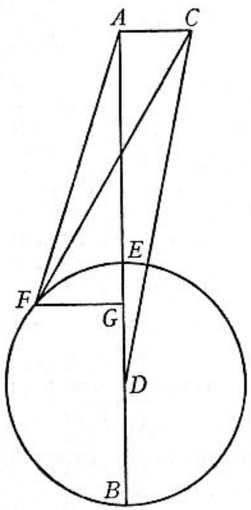
Capitolo IV

Trattazione di qualsivoglia altra latitudine, in particolare e in generale, di questi tre astri.

Da ciò che si è così mostrato, risulteranno in generale e in particolare le latitudini di questi tre astri. Infatti, si prenda *AB*, come prima, quale intersezione del piano retto con il circolo dell'eclittica, intersezione che passa per i limiti delle digressioni estreme. E sia *A* il limite nord; e anche l'intersezione del circolo [orbitale] del pianeta sia la retta *CD* che taglia *AB* nel punto *D*. Fatto centro in *D*, si descriva la grande orbita *EF* della terra, e, a partire dall'opposizione che è in *E*, si assuma comunque un arco *EF* come noto, e quindi anche da *F* e da *C*, nella posizione del pianeta, si conducano le rette perpendicolari ad *AB*, e siano *CA*, *FG*, e si traccino *FA*, *FC*. Cerchiamo anzitutto l'angolo *ADC*, di inclinazione dell'eccentrico, cioè quanto esso sia grande in questo caso. Ma si è dimostrato che esso era massimo quando la terra era nel punto *E*; ed è anche risultato chiaro che tutta la sua

cad. polacca. Ma si deve leggere $1^\circ\ 42'$, come è anche nelle edizioni di Varsavia e Thorn.
[8] Così nel manoscritto e nelle edizioni di Monaco e dell'Accad. polacca: ma si deve leggere $28'$.

librazione è commisurata alla rivoluzione della terra sul circolo EF, secondo il diametro BE, come esige la natura della librazione. Sarà dunque dato, a causa dell'arco EF dato, il rapporto di ED a EG, e questo è il rapporto di tutta la librazione con ciò che ora è venuto meno dell'angolo ADC. È dato perciò nel caso presente l'angolo ADC, e quindi è dato il triangolo ADC, di angoli dati, con tutti i suoi lati. Ma poiché CD ha un rapporto dato rispetto a ED, in base a ciò che precede, è dato anche il rapporto di CD al resto DG; pertanto i rapporti di CD e AD rispetto a GD sono dati, ed è quindi dato anche il resto AG; per cui è dato anche FG, che è infatti la metà della corda che sottende il doppio di EF. Essendo dunque dati i due cateti del triangolo rettangolo AGF, è data l'ipotenusa AF, e il rapporto di AF ad AC. Così, infine, essendo dati due lati del triangolo rettangolo ACF, si avrà l'angolo AFC, che è l'angolo della latitudine apparente che si cercava. Esemplificheremo ciò di nuovo a proposito di Marte, il cui limite massimo di latitudine sud ammettiamo sia all'incirca in A, che coincide quasi col suo apside inferiore.



Sia poi la posizione del pianeta in C, dove, mentre la terra era nel punto E, si è dimostrato che l'angolo ADC di inclinazione era massimo, e cioè di $1^\circ\ 50'$. Poniamo ora la terra nel punto F, e che il moto di commutazione secondo l'arco EF sia di 45°: è data dunque la retta FG di 7071 parti, essendone ED 10.000, e GE, che è quanto resta del raggio, di 2929 parti. Ma si è dimostrato che la metà dell'angolo di librazione ADC è di $50'\ 30''$, avendo il rapporto fra aumento e diminuizione, in questa posizione, come DE a GE, cioè circa come $50'\ 30''$ a $15'$. Togliendo questi $15'$ da $1^\circ\ 50'$, resterà $1^\circ\ 35'$, l'angolo ADC di inclinazione nel caso presente. Sarà perciò il triangolo ADC di angoli e di lati dati, e poiché si è prima [9] dimostrato che CD è di 9040, essendone ED 6580, sarà FG, nella stessa misura, pari a 4653 parti, AD a 9036 parti, AEG, per sottrazione, a 4383 parti, e AC a 249 parti e mezza. Quindi, del triangolo rettangolo AFG, il cateto AG sarà di 4383 parti e la base FG di 4653 parti. Ne segue che l'ipotenusa AF è di 6392 parti. Così, infine, del triangolo ACF, che ha l'angolo CAF retto e dati i lati AC e AF, si ha l'angolo AFC [10] di $2^\circ\ 15'$, che è l'angolo della latitudine apparente rispetto alla terra posta in F. Allo stesso modo condurremo il calcolo nel caso degli altri due pianeti, Saturno e Giove.

Capitolo V

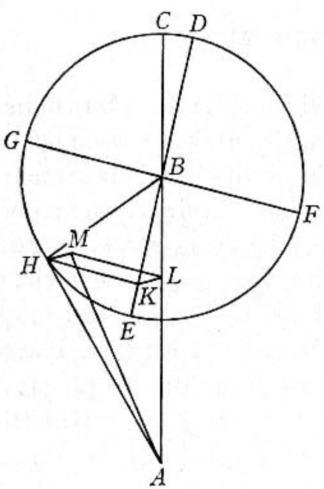
LE LATITUDINI DI VENERE E MERCURIO.

Restano Venere e Mercurio, i cui movimenti in latitudine saranno dimostrati per mezzo di tre simultanee e complicate digressioni in latitudine. Per poterle partitamente discernere, cominceremo da quella che chiamano declinazione, come da una trattazione più semplice, poiché ad essa sola accade talvolta di essere separata dalle altre, cosa che avviene circa le longitudini medie e in prossimità dei nodi, secondo i moti in longitudine esaminati, quando la terra si è mossa lungo un quadrante di circolo dall'apogeo e dal perigeo del pianeta; per la qual posizione gli antichi trovarono [11] in prossimità della terra una latitudine sud o nord, nel caso di Venere di $6^\circ\ 22'$, e in quello di Mercurio di $4^\circ\ 5'$, mentre alla massima distanza dalla terra, per Venere di $1^\circ\ 2'$, per Mercurio di $1^\circ\ 45'$. Da ciò risultano manifesti, mediante le tavole delle eguaglianze [12], gli angoli di inclinazione in tale posizione, che corrispondono per Venere ad una latitudine di $1^\circ\ 2'$ alla sua massima distanza dalla terra e di $6^\circ\ 22'$ alla sua minima

[9] Cfr. libro V, cap. 19.
[10] Erroneamente l'edizione di Thorn corregge in ACF.
[11] Cfr. TOLOMEO, *Almagesto*, lib. XIII, cap. 5 (tavole).
[12] Si vedano le Tavole riportate più avanti nel cap. 8.

distanza, di circa 2° e mezzo da una parte e dall'altra dell'arco di cerchio [che passa attraverso i poli del circolo [orbitale] ed è perpendicolare al piano dell'eclittica]; nel caso di Mercurio, invece, 1° 45′ alla massima distanza e 4° 5′ alla minima, richiedono un arco di 6° e un quarto del suo circolo: cosicché l'angolo di inclinazione del circolo di Venere è 2° 30′ e di quello di Mercurio 6° 15′, misurando 360° quattro retti. Mediante tali angoli si possono esplicare tutte le latitudini particolari che dipendono dalla declinazione, come dimostreremo innanzi tutto per Venere.

Sia infatti *ABC* l'intersezione sul piano dell'eclittica e per il suo centro del piano perpendicolare e *DBE* l'intersezione [del piano perpendicolare] con il piano del circolo di Venere. Sia inoltre *A* il centro della terra, *B* quello del circolo del pianeta ed *ABE* l'angolo di inclinazione di tale circolo sul piano dell'eclittica. Tracciato attorno a *B* il circolo *DFEG*, si tracci il diametro *FBG* perpendicolare al diametro *DE*. Si immagini poi che il circolo [orbitale] del pianeta stia rispetto al supposto piano perpendicolare in modo che su di esso le linee tracciate perpendicolari a *DE* siano parallele tra loro ed al piano dell'eclittica, e che su tale piano giaccia soltanto la linea *FBG*. L'intento è di trovare partendo dalle rette date *AB* e *BC* con l'angolo di inclinazione dato *ABE*, quanto si allontani in latitudine il pianeta, quando ad esempio disti di 45° dal punto *E*, il più vicino alla terra; ed abbiamo scelto tale esempio, seguendo Tolomeo[13], in modo che appaia se l'inclinazione del circolo [orbitale] comporti qualche differenza in longitudine per Venere o per Mercurio.



[13] TOLOMEO, *Almagesto*, lib. XIII, cap. 4.

Tali differenze, infatti, dovrebbero apparire soprattutto nelle posizioni intermedie tra i limiti *D*, *F*, *E* e *G*, poiché quando il pianeta si trova in essi ha le stesse longitudini, come è per sé evidente, che avrebbe senza declinazione. Come s'è detto, prendiamo dunque l'arco *EH* di 45°, e si conducano *HK* perpendicolare a *BE* e *KL* e *HM* perpendicolari al piano dell'eclittica preso come base. Si traccino *HB*, *LM*, *AM* ed *AH*. Avremo il parallelogramma rettangolo *LKHM*, in quanto *HK* è parallela al piano dell'eclittica; l'angolo *LAM* comprende la prostaferesi della longitudine[14], mentre l'angolo *HAM* lo spostamento in latitudine, poiché anche *HM* cade perpendicolare sullo stesso piano dell'eclittica. Pertanto, poiché l'angolo *HBE* è di 45°, la semicorda *HK* del doppio dell'arco *HE* sarà di 7071 parti, calcolando *EB* 10.000 parti. Similmente, del triangolo *BKL* è dato l'angolo *KBL*[15] di 2° 30′, e *BLK* retto, e il lato *BK* di 7071 parti, essendone *BE* 10.000: saranno anche gli altri lati, parimenti, *KL* di 308 e *BL* di 7064 parti. Ma poiché *AB* sta a *BE*, da quello che si è prima mostrato, quasi come 10.000 sta a 7193, così saranno, nella stessa misura, *HK* di 5086 parti, *HM* uguale a *KL*, di 221, e *BL* di 5081; di qui, per sottrazione, *LA* è di 4919 parti. Ora, anche del triangolo *ALM*, dati i lati *AL*, *LM* uguale ad *HK*, e l'angolo *ALM* retto, avremo il lato *AM* pari a 7075, e l'angolo *MAL* di 45° 58′, che è la prostaferesi, o la grande parallasse di Venere, secondo il calcolo.

Similmente, del triangolo *MAH*[16] di lati dati, *AM* pari a 7075, e *MH* uguale a *KL*, l'angolo *MAH* risulterà di 1° 47′, di latitudine della declinazione. E, se non dispiace esaminare quale differenza nella longitudine di Venere arrechi questa inclinazione, prendiamo il triangolo *ALH*, di cui si suppone che il lato *LH* sia la diagonale del parallelogramma

[14] Secondo la correzione proposta dall'ed. di Thorn che legge « prosthaphaeresim comprehendit ipsam » anziché « prosthaphaeresi comprehendit ipsum latus » come si trova nel manoscritto (p. 203 v).

[15] Così nel manoscritto e in tutte le edizioni salvo quella di Thorn che ha, erroneamente, *BKL*.

[16] *MAH* manca nel manoscritto ed è aggiunto nell'edizione di Thorn e in quella dell'Accad. polacca.

LKHM. È infatti pari a 5091 parti, essendone *AL* 4919, e l'angolo *ALH* è retto: da ciò si ricava che il lato *AH* è di 7079 parti. Essendo data quindi la misura dei lati, l'angolo *HAL* sarà di 45° 59'. Ma si è mostrato che *MAL* è di 45° 57' [17]; restano in più dunque appunto 2', come era da dimostrare.

Di nuovo, nel caso di Mercurio [18], dimostreremo le latitudini della declinazione in modo simile, con una figura analoga alla precedente, in cui l'arco *EH* si ponga di 45°, così come ambedue le rette *HK*, *KB* parimenti si prendano uguali a 7071 parti delle quali *HB* è pari a 10.000. Si può inoltre in questo caso prendere il raggio *BH* di 3953 parti ed *AB* di 9964, come può risultare dalle differenze di longitudine precedentemente dimostrate. Di tali parti, entrambi *BK* e *KH* saranno eguali a 2795, e poiché si è mostrato che l'angolo di inclinazione *ABE* è di 6° 15', essendo 360° pari a quattro retti, del triangolo rettangolo *BKL*, dagli angoli dati, è dato dunque il lato di base pari a 304 delle stesse parti e la perpendicolare *BL* di 2778; e pertanto anche il resto *AL* di 7186. Ma *LM* è eguale ad *HK*, cioè di 2795 parti. Dunque, del triangolo *ALM* con l'angolo retto *L* dato e con dati due lati, cioè *AL* e *LM*, avremo il lato *AM* pari a 7710 parti e l'angolo *LAM* di 21° 16': ed esso è la misura della prostaferesi.

Similmente, del triangolo *AMH* con due lati dati – *AM* e *MH* eguale a *KL* – che comprendono l'angolo retto *M*, risulterà l'angolo *MAH* di 2° 16', che è la latitudine cercata. E se ci piace poi ricercare quanto si debba attribuire alla prostaferesi reale ed a quella apparente, si prenda *LK* [in realtà, *LH*] come diagonale del parallelogramma, la quale in base ai lati ci risulta di 2811 parti, con *AL* eguale a 7186 parti:

[17] Così nel manoscritto (p. 204 r); ma poco prima anche nel manoscritto si dava in 45° 58' il valore di *MAL*. L'edizione dell'Accad. polacca solo in nota corregge la errata indicazione dell'angolo, che è nel manoscritto indicato come *ALM*.

[18] Nel manoscritto (p. 204 r), dopo « Mercurio », vi sono queste parole cancellate: « dimostreremo allo stesso modo mediante un'analoga figura, salvo che stabiliamo *ABE* come angolo di inclinazione e *BE* di 3967 parti delle quali *AB* è 10.000 ».

dal che risulta di 21° 23' l'angolo *LAH* della prostaferesi apparente, che supera quello calcolato prima [*LAM*] di circa 7', come era da dimostrare.

Capitolo VI

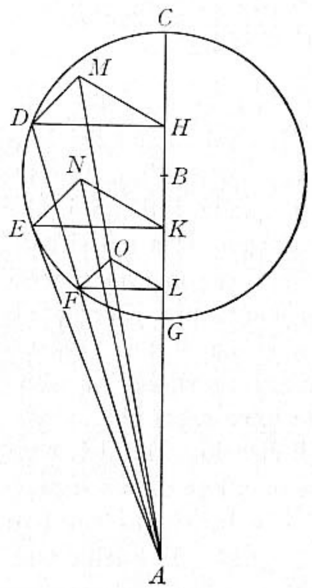
Il secondo moto di latitudine di Venere e di Mercurio, secondo l'obliquazione dei loro circoli [orbitali], nell'apogeo e nel perigeo.

Ciò che si è detto riguarda il moto in latitudine di questi pianeti che avviene attorno alle longitudini medie dei loro circoli [orbitali], latitudini che abbiamo detto chiamarsi « declinazioni ». Ora si deve parlare di quelle latitudini che avvengono attorno all'apogeo ed al perigeo, ed a cui si connette anche il terzo moto, la deviazione, non come nei pianeti superiori, ma in modo che si può più facilmente discernere e determinare con il calcolo, nel modo che segue. Osservò infatti Tolomeo [19] che queste latitudini appaiono massime allorquando i pianeti si trovano sulle linee rette che, a partire dal centro della terra, toccano il circolo [orbitale], cosa che accade, come abbiamo detto, alle massime distanze mattutine e serali dal sole. E trovò che la latitudine nord di Venere era maggiore di un terzo di grado di quella sud, mentre per Mercurio, invece, la latitudine sud era mezzo grado più di quella nord. Ma, volendo risparmiare la difficoltà e la fatica dei calcoli, secondo un certo rapporto medio stabilì 2° e mezzo di latitudine nelle opposte direzioni, gradi che le stesse latitudini sottendono nel circolo, mediante il quale sono misurate le latitudini, ch'è perpendicolare all'eclittica ed attorno alla terra; e ciò soprattutto perché stimò che non ne sarebbe derivato un errore evidente, come ora anche noi esporremo. Ché, se supponiamo soltanto di 2° e mezzo l'allontanamento dall'eclittica, tanto da una parte quanto dall'altra, ed escludiamo per il momento la deviazione, le nostre

[19] Tolomeo, *Almagesto*, lib. XIII, cap. 3.

dimostrazioni saranno più semplici e più facili, finché avremo determinato le latitudini delle inflessioni [20].

Bisogna dunque prima mostrare che questa digressione in latitudine è massima intorno ai punti di contatto del circolo eccentrico, dove anche le prostaferesi della longitudine sono massime. Passi infatti l'intersezione [*CBGA*] dei piani dell'eclittica e del circolo eccentrico, sia di Venere sia di Mercurio, per l'apogeo e il perigeo; e su essa si assuma la posizione della terra in *A*, e in *B* quella del centro dell'eccentrico *CDEFG*, inclinato rispetto all'eclittica, cosicché qualunque retta condotta a formare angoli retti con *CG* comprenda angoli uguali all'inclinazione. Si conducano la retta *AE* tangente al circolo, e la retta *AFD* che lo intersechi in qualche modo; si conducano anche dai punti *D*, *E*, *F* le perpendicolari a *GC*, cioè le rette *DH*, *EK*, *FL*, e invece perpendicolari al piano soggiacente dell'eclittica le rette *DM*, *EN*, *FO*; e si traccino *MH*, *NK*, *OL*, e inoltre *AN*, *AOM* [21]. Infatti, *AOM* è retta in quanto i suoi tre punti sono su due piani, e cioè quello dell'eclittica e quello *ADM*, retto rispetto al piano dell'eclittica.



Poiché dunque nella obliquazione in questione, gli angoli di longitudine *HAM* e *KAN* comprendono le prostaferesi di questi pianeti, mentre le digressioni in latitudine sono misurate dagli angoli *DAM* e *EAN*: dico anzitutto che l'angolo *EAN* di latitudine, che è nel punto di tangenza, dove anche la prostaferesi in longitudine è all'incirca massima, è il maggiore.

[20] Nel *Commentariolus* (cfr. il capitoletto su Venere) il termine con cui si indica la «obliquatio» è «reflexio». Qui «inflexio» pare un sinonimo.
[21] Così nel manoscritto (p. 204 v). Le edizioni di Amsterdam e Varsavia hanno: *AN*, *AO*, *OM*; quelle di Norimberga e Basilea: *AN*, *AO*, *AM*.

Essendo infatti l'angolo *EAK* maggiore di tutti, *KE* avrà rispetto ad *EA* un rapporto maggiore di quello di *HD* con *DA* e di *LF* con *FA*. Ma, come *EK* sta ad *EN*, così *HD* sta a *DM*, e *LF* sta a *FO* [22]; sono infatti uguali, come dicemmo, gli angoli che essi sottendono [*KEN*, *HDM*, *LFO*], e gli angoli retti intorno ai vertici *M*, *N* ed *O*. Quindi anche *NE* ha con *EA* un rapporto maggiore che *MD* con *DA* ed *OF* con *FA*; e ancora, gli angoli *DMA*, *ENA* e *FOA* sono angoli retti; e pertanto l'angolo *EAN* è maggiore dell'angolo *DAM*, e di tutti quelli che sono costituiti in tal modo.

È quindi evidente che anche tra le differenze tra le prostaferesi secondo la longitudine che avvengono per questa obliquazione, la massima è quella che è determinata dalla digressione massima intorno al punto *E*. Infatti, a causa degli angoli eguali che sottendono, le rette *HD*, *KE* e *LF* sono proporzionali a *HM*, *KN* e *LO*. E poiché tali rette stanno nello stesso rapporto con le loro differenze, ne segue che la differenza tra *EK* e *KN*, ha un rapporto maggiore con *EA*, che le rimanenti differenze [tra *HD* e *HM*, e tra *LF* e *LO*] con *AD* e con *AF* [23]. Quindi è anche chiaro che quel medesimo rapporto che la prostaferesi massima secondo la longitudine ha rispetto al massimo moto in latitudine, hanno anche le prostaferesi in longitudine dei segmenti dell'eccentrico rispetto ai moti in latitudine, poiché, come *EK* sta a *EN*, così stanno tra loro i lati di tutti i triangoli simili, cioè *LF* ad *FO* e *HD* a *DM*. Come ci si proponeva di dimostrare.

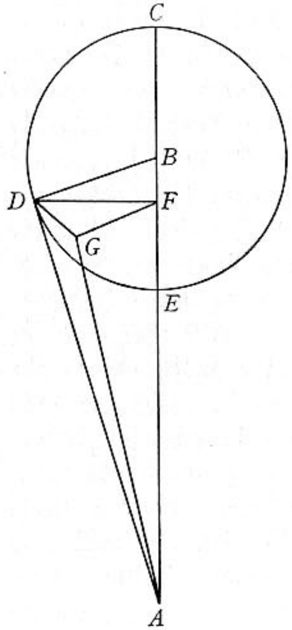
Capitolo VII

Gli angoli delle obliquazioni dei due pianeti Venere e Mercurio.

Avendo così annotato prima tutto ciò, vediamo ora quanto sia grande l'angolo di obliquazione dei piani di entrambi i

[22] Così secondo il manoscritto (p. 205 r) e le edizioni di Monaco e dell'Accad. polacca. L'*editio princeps* ha *FA*.
[23] Così integra l'edizione di Thorn. Il manoscritto e le altre edizioni hanno semplicemente *AD*.

pianeti. Considerate nuovamente le cose dette in precedenza [24], che fra la distanza massima e la minima [in latitudine] entrambi i pianeti hanno 5°, cosicché per lo più essi sono più a nord o a sud in tempi contrari e secondo la posizione del circolo [orbitale], poiché quando il moto di Venere o la differenza apparente fa una digressione attraverso l'apogeo e il perigeo, maggiore e minore, di 5°, quello di Mercurio invece ne compie una più o meno della metà di 1°.



Sia dunque *ABC* l'intersezione, come prima, dell'eclittica e dell'eccentrico e, tracciato intorno al centro *B* il circolo [orbitale] del pianeta, inclinato rispetto al piano dell'eclittica nel modo descritto, si conduca dal centro della terra la retta *AD* tangente al circolo [orbitale] nel punto *D*, da cui si conduca la perpendicolare *DF* a *CBE*, e la perpendicolare *DG* al piano soggiacente dell'eclittica, e si traccino *BD*, *FG*, *AG*. Si prenda anche *DAG* di 2° 30′, come angolo che comprende la metà della differenza indicata secondo la latitudine di ambedue i pianeti, nella misura in cui quattro retti fanno 360°. Il compito è di trovare quanto sia l'angolo di inclinazione dei piani di entrambi, cioè *DFG*.

Poiché dunque nel caso del pianeta Venere, essendo il raggio del circolo orbitale 7193 parti, è stato dimostrato che la distanza maggiore, che è nell'apogeo, è di 10.208 parti, e quella minore, che è nel perigeo, di 9792 parti, e fra queste quella media di 10.000 parti, parve bene a Tolomeo [25] assumere quest'ultima per la presente dimostrazione, volendo

[24] Nel capitolo VI.
[25] Tolomeo, *Almagesto*, lib. XIII, cap. 4.

evitare le difficoltà e cercando, per quanto possibile, la concisione. Dove infatti le posizioni estreme non avessero prodotto una differenza manifesta, era abbastanza sicuro investigare quella intermedia. Quindi *AB* avrà rispetto a *BD* il rapporto di 10.000 a 7193, e l'angolo *ADB* è retto; avremo dunque il lato *AD* con una lunghezza di 6947 parti. Similmente, poiché come *BA* sta ad *AD*, così *BD* sta a *DF*, avremo anche *DF* della lunghezza di 4997 parti. Di nuovo, poiché si pone che l'angolo *DAG* è di 2° 30′ e *AGD* è retto, nel triangolo [*AGD*] di angoli dati, il lato *DG* sarà pertanto di 303 parti nella stessa misura in cui *AD* è 6947 parti. Così anche sono dati i due lati *DF* e *DG*, e l'angolo retto *DGF*; l'angolo di inclinazione o obliquazione *DFG* [26] sarà di 3° 29′. Ma, poiché la differenza dell'angolo *DAF* rispetto a quello *FAG* comprende la differenza della parallasse in longitudine, anche questa è quindi da calcolare in base alle grandezze calcolate di quelli. Poiché, infatti, è stato mostrato che, nella misura in cui *DG* è 303 parti, *AD* è 6947 parti e *DF* è 4997 parti, e poiché, se si toglie il quadrato di *DG* dai quadrati sia di *AD* sia di *FD*, restano i quadrati di *AG* e di *GF*, si hanno pertanto *AG* lunga 6940 parti ed *FG* lunga 4988 parti. Nella misura in cui *AG* è 10.000 parti, *FG* sarà 7187 parti, e l'angolo *FAG* di 45° 57′; e, nella misura in cui *AD* è 10.000 parti, *DF* sarà 7193 parti, e l'angolo *DAF* di circa 46°. Pertanto, nella massima obliquazione, la prostaferesi della parallasse è minore di circa 3′. È risultato inoltre che nell'apside medio l'angolo di inclinazione dei circoli [orbitali] era 2° 30′; ma qui esso è aumentato di quasi un grado, che è stato aggiunto da quel primo moto di librazione di cui abbiamo detto.

Anche nel caso di Mercurio si ha la stessa dimostrazione. Nella misura in cui, infatti, il raggio sia di 3573 parti, la massima distanza del circolo [orbitale] dalla terra è di 10.948 parti, la minima invece di 9052 parti, e la media fra esse 10.000 parti. Anche *AB* ha rispetto a *BD* lo stesso rapporto

[26] Così il manoscritto (p. 205 v) e l'edizione dell'Accad. polacca. Mentre il testo dell'edizione di Monaco dà *DGF*.

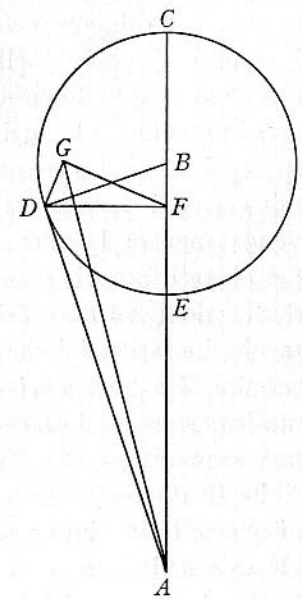
che 10.000 ha rispetto a 3573. Avremo dunque il terzo lato *AD*, nella stessa misura, pari a 9340 parti, e poiché, come *AB* sta ad *AD*, così *BD* a *BF* [in realtà, *DF*], *DF* è dunque lungo 3337 parti, secondo la stessa misura. Essendo poi l'angolo di latitudine *DAG* di 2° 30', sarà anche *DG* di 407 parti, misurandone *DF* 3337. E così, dato nel triangolo *DFG* il rapporto di questi due lati, e l'angolo in *G* retto, avremo l'angolo *DFG* di circa 7° [27]; e questo è l'angolo di inclinazione o di obliquità del circolo [orbitale] di Mercurio rispetto al piano dell'eclittica. Ma, intorno alle longitudini medie o nei quadranti, lo stesso angolo di inclinazione si è rivelato di 6° 15'. E 45' si sono aggiunti ora dunque per il moto della prima librazione. Similmente si procede, per determinare gli angoli di prostaferesi e la loro differenza, dopo aver mostrato che la retta *DG* è pari a 407 parti, misurandone *AD* 9340 e *DF* 3337. Se, pertanto, togliamo il quadrato di *DG* da quelli di *AD* e di *DF*, resteranno quelli di *AG* ed *FG*; avremo dunque *AG* lungo 9331 parti e *FG* 3314 parti, da cui si ricava che l'angolo di prostaferesi *GAF* è 20° 48'. Mentre l'angolo *DAF* è 20° 56', rispetto a cui *GAF*, che risente dell'obliquazione, è minore di quasi 8'.

Resta ora da vedere se tali angoli delle obliquazioni e latitudini secondo la minima e la massima distanza del circolo [orbitale] si trovino conformi alle obliquazioni e latitudini che sono state desunte dalle osservazioni. Perciò si assuma di nuovo, nella stessa figura, anzitutto rispetto alla massima distanza del circolo [orbitale] di Venere, il rapporto di *AB* a *BD* come 10.208 a 7193; e poiché è retto l'angolo *ADF*, *AD* sarà di lunghezza pari a 7238 parti secondo la stessa misura; e poiché *AB* sta ad *AD* nel rapporto di *BD* a *DF*, *DF* avrà la lunghezza di 5102 parti; ma si è trovato l'angolo di inclinazione *DFG* di 3° 29': il lato restante *DG* sarà dunque pari a 309 parti, misurandone *AD* nella stessa misura 7238. Pertanto, misurando *AD* 10.000 parti, *DG* sarà 427 parti, da cui si conclude che l'angolo *DAG* è 2° 27', alla massima

[27] Così nel manoscritto (p. 206 r) e nelle edizioni di Thorn, Monaco e dell'Accad. polacca; nelle altre edizioni, erroneamente, 6°.

distanza dalla terra. Ma, alla distanza minima, poiché *AB* è 9792 parti di cui il raggio *BD* del circolo [orbitale] ne misura 7193, ed *AD* perpendicolare al raggio è 6644 delle stesse parti, e poiché come *AB* sta ad *AD* così *BD* sta a *DF*, si ha come lunghezza di *DF* 4883 parti, sempre nella stessa misura. Ma si è posto l'angolo *DFG* di 3° 29'; è quindi dato *DG* di 297 parti, essendone anche *AD* 6644. Pertanto, del triangolo dai lati dati è dato l'angolo *DAG* di 2° 34'. Ma né 3' né 4' sono tanto apprezzabili da essere registrati dalla capacità di misura degli strumenti astrolabici; è quindi corretta quella che era ritenuta la massima latitudine di obliquazione per l'astro di Venere.

Si assuma parimenti la distanza massima del circolo [orbitale] di Mercurio, cioè sia il rapporto di *AB* a *BD* come quello di 10.948 a 3573, cosicché, mediante dimostrazioni simili alle precedenti, calcoliamo *AD* di 9452 parti e *DF* di 3085. Ma anche qui sappiamo che l'angolo di obliquazione *DFG* è di 7°. La retta *DG* è perciò di 376 parti, misurandone *DF* 3085, e *DA* 9452. Quindi anche nel triangolo rettangolo *DAG*, dai lati dati, avremo l'angolo *DAG* di 2° 17' circa della massima digressione in latitudine. Alla minima distanza, invece, il rapporto di *AB* a *BD* è come quello di 9052 a 3573: perciò *AD* è pari a 8317 parti, nella stessa misura, mentre *DF* è 3283 parti. Siccome poi, per la medesima obliquazione si ha il rapporto di *DF* a *DG* come quello di 3283 a 400, misurando pure *AD* 8317 parti, quindi si ha anche l'angolo *DAG* di 2° 45'. Differisce dunque almeno di 13' da quella digressione in latitudine che avviene secondo il rapporto medio, e che è stata assunta anche qui di 2° 30', la digressione che si ha all'apogeo, mentre quella che si ha al



perigeo ne differisce al massimo di 15′; per cui nel calcolo secondo il rapporto medio, ci varremo in un caso e nell'altro di un quarto di grado, che non differisce dai dati osservati con i sensi.

Avendo così dimostrato queste cose, e anche che le massime prostaferesi in longitudine hanno lo stesso rapporto rispetto al massimo moto in latitudine, che, nelle altre sezioni del circolo [orbitale], i gradi di prostaferesi hanno rispetto ai singoli moti in latitudine, avremo a nostra disposizione tutti i valori delle latitudini, che si hanno per l'obliquazione del circolo [orbitale] di Venere e di Mercurio. Ma sono calcolate solo quelle, come dicemmo, nella posizione intermedia fra apogeo e perigeo, delle quali la massima latitudine si è mostrata di 2° 30′, mentre la prostaferesi massima di Venere è di 46°, quella di Mercurio invece di circa 22°. E abbiamo infatti, nelle tavole dei moti non uniformi, le prostaferesi connesse alle singole sezioni dei circoli [orbitali]. Per ambedue i pianeti, dunque, toglieremo dai 2° 30′ una parte corrispondente a quanto ciascuna di esse sarà minore della prostaferesi massima, e la aggiungeremo alla tavola che stabiliremo in seguito con i suoi numeri; e in tal modo avremo determinato ogni particolare latitudine di obliquazione, che avvenga mentre la terra è nell'apside superiore o inferiore dei pianeti, proprio come abbiamo esposto le latitudini delle declinazioni nel caso dei quadranti medi e nelle longitudini medie. Le latitudini che avvengono invece fra questi quattro termini, si potranno spiegare con le sottigliezze dell'arte matematica, secondo l'ipotesi proposta dei circoli, ma tuttavia non senza fatica. Ma Tolomeo [28], che per quanto fosse possibile fu dovunque conciso, vedendo che ambedue le specie di queste latitudini crescevano e decrescevano, nel loro complesso e nelle loro parti, in modo proporzionale come la latitudine lunare, moltiplicando dunque per ciascuna di esse, per il fatto che la latitudine massima è di 5°, numero che è la dodicesima parte di 60, stabilì partendo da esse le parti

[28] Tolomeo, *Almagesto*, lib. XIII, cap. 4 (in fine).

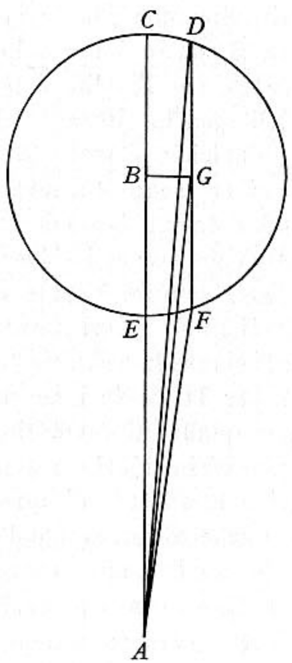
proporzionali, di cui credette di potersi servire non solo per questi due pianeti, ma anche per i tre superiori, come apparirà chiaro in seguito.

Capitolo VIII

La terza specie di latitudine di Venere e Mercurio, che è detta deviazione.

Avendo così esposto anche questi fenomeni, resta ancora da dire qualcosa del terzo moto in latitudine, che è la deviazione. Gli antichi, che pongono la terra al centro del mondo, ritengono che questa deviazione avvenga per l'inclinazione dell'eccentrico insieme con quella dell'epiciclo, intorno al centro della terra, soprattutto quando l'epiciclo si trova nell'apogeo o perigeo; in Venere, essa è di 10′ sempre a nord, in Mercurio, invece, di 45′ sempre a sud, come abbiamo detto prima. E tuttavia non è sufficientemente chiaro se essi vollero che questa inclinazione dei circoli fosse sempre uguale e sempre la medesima. Ciò indicano infatti i loro valori numerici, quando prescrivono che si assuma sempre la sesta parte dei minuti proporzionali [cioè, 10′] per la deviazione di Venere, e i tre quarti [cioè, 45′] per quella di Mercurio. Questo non sarebbe possibile se l'angolo di inclinazione non rimanesse sempre lo stesso, come esige la misura di quei minuti su cui si fondano. Ma tuttavia, anche restando uguale l'angolo, non si potrebbe intendere in qual modo questa latitudine di quei pianeti a partire dalla intersezione passi di colpo alla stessa latitudine che prima aveva lasciato, a meno che si dica che ciò avviene alla maniera della rifrazione della luce, come in ottica. Ma qui trattiamo del moto che non è istantaneo, ma commensurabile col tempo per sua propria natura. È necessario dunque riconoscere che essi hanno quella librazione che abbiamo illustrato e che fa scambiare le parti del circolo nelle opposte direzioni; ed è anche necessario che, in conseguenza di essa, le loro misure differiscano di 12′ nel caso di Mercurio. Ciò non deve meravigliare, se secondo la nostra ipotesi è anche variabile, né è pertanto semplice, questa latitudine, che tuttavia non produce un errore apparente, e che può essere così determinata in tutte le differenze.

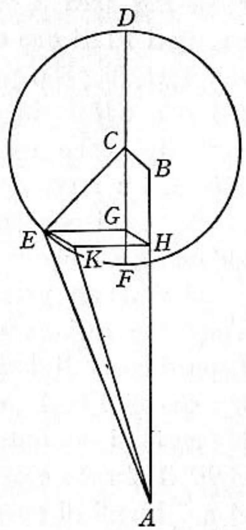
Sia [*ABC*] l'intersezione [tra i due piani] nel piano soggiacente perpendicolare rispetto al piano dell'eclittica; e su tale intersezione sia *A* il centro della terra, *B* il centro di un circolo *CDF* che passi per i punti della massima e della minima distanza della terra e per i poli del circolo [orbitale] inclinato. E allorché è all'apogeo e al perigeo, cioè quando il centro dell'orbe è su *AB*, il pianeta è nella deviazione massima, dovunque esso sia secondo il circolo parallelo al circolo [orbitale]; e *DF* è il diametro del circolo parallelo al diametro *CBE*, [diametro] del circolo [orbitale], e queste due rette si considerano come le intersezioni dei piani perpendicolari con il piano *CDF*. Sia dunque bisecata *DF* in *G*, e sarà lo stesso punto *G* il centro del circolo parallelo; si traccino quindi *BG*, *AG*, *AD* e *AF*, e poniamo *BAG* come l'angolo che comprende 10′ alla massima deviazione di Venere. Quindi, nel triangolo *ABG* con l'angolo retto in *B* abbiamo il rapporto dei lati *AB* e *BG* come quello di 10.000 a 29; ma tutta la linea *ABC* è, nella stessa misura, 17.193 parti, e *AE*, per differenza, di 2807 parti. Anche le corde metà di quelle che sottendono il doppio degli archi *CD* ed *EF* sono uguali a *BG*. Saranno dunque gli angoli *CAD* di 6′ ed *EAF* di circa 15′, che differiscono dall'angolo *BAG* nel primo caso di 4′ e nel secondo di 5′, differenze che sono per lo più trascurate per la loro piccolezza. Sarà dunque la deviazione apparente di Venere, quando la terra è posta all'apogeo e



al perigeo del pianeta, poco maggiore o minore di 10′, in qualsiasi parte del suo circolo [orbitale] si trovi l'astro.

In Mercurio poi, avendo stabilito l'angolo *BAG* di 45′ e il rapporto di *AB* e *BG* come quello di 10.000 a 131, *ABC* di 13.573 parti, e il resto *AE* di 6427 parti [29], l'angolo *CAD* conterrà 33′, e l'angolo *EAF* invece circa 70′ [in realtà, 35′]. Dal primo mancano dunque 12′, nel secondo ce ne sono 25′ in più. Tuttavia queste differenze vengono quasi annullate sotto i raggi del sole, prima che Mercurio compaia al nostro sguardo, cosicché gli antichi considerarono soltanto la sua deviazione apparente come se fosse semplice [30]. Se qualcuno, non spaventato dal lavoro, vuole tuttavia comprendere anche quei moti celati [31] sotto il sole, con un calcolo esatto, mostreremo in questo modo come ciò avvenga [32].

Ad esempio prenderemo il caso di Mercurio, poiché esso compie una deviazione maggiore di Venere. Sia infatti la retta *AB* l'intersezione del circolo [orbitale] dell'astro con l'eclittica, mentre la terra, sia essa *A*, si trovi all'apogeo o al perigeo del circolo [orbitale] del pianeta. Poniamo allora che la linea *AB*, senza distinzione, sia pari a 10.000 parti, come lunghezza media fra la minima e la massima, come abbiamo fatto riguardo all'obliquazione. Si tracci poi il circolo *DEF*, con centro in *C*, parallelo al circolo eccentrico, alla distanza *CB*, e in questo circolo parallelo si immagini che il



[29] L'edizione di Thorn, come quelle di Norimberga, Basilea, Amsterdam e Varsavia, ha 6827.

[30] Nel manoscritto (p. 208 v) seguono dieci righe poi cancellate e sostituite dalle quattro qui tradotte.

[31] Così nel manoscritto (p. 208 v) e nelle edizioni di Monaco e dell'Accad. polacca: « latentes illos sub sole meatus ». L'edizione di Thorn corregge « latentis illius sub sole meatus » = « i moti del pianeta celato sotto il sole ».

[32] Il manoscritto ha « faciat », riprodotto dalle edizioni di Monaco e dell'Accad. polacca; le altre edizioni correggono in « fiat ».

pianeta faccia la sua massima deviazione. Sia *DCF* il diametro di *DEF*, che dovrà anche essere parallelo rispetto ad *AB*, e siano ambedue le linee sullo stesso piano perpendicolare al circolo [orbitale] del pianeta. Si prenda dunque, per esempio, l'arco *EF* di 45° rispetto al quale esaminiamo la deviazione del pianeta, e si conducano *EG* perpendicolare a *CF*, ed *EK*, *GH* [33] perpendicolari al piano soggiacente del circolo [orbitale], e, tracciata *HK*, si completi il parallelogramma rettangolo; si traccino anche *AE*, *AK*, *EC*. Essendo dunque per Mercurio, secondo la massima deviazione, *BC* di 131 parti, misurandone *AB* 10.000, essendo ancora *CE* 3573 parti, e il triangolo rettangolo [*EGC*] è di angoli dati, sarà anche il lato *EG* (eguale a *KH*), nella stessa misura, di 2526 parti. Ma, tolto *BH*, che è uguale ad *EG* o a *CG*, resta *AH* pari a 7474 parti. Quindi, nel triangolo *AHK*, con dati i lati che comprendono l'angolo retto in *H*, il lato *AK* sarà di 7889 parti, mentre il segmento *KE* [34] eguale a *CB* o a *GH* è, in questa stessa misura, pari a 131 parti. Pertanto anche nel triangolo *AKE* con dati i due lati *AK*, *KE*, che comprendono l'angolo retto in *K*, è dato l'angolo *KAE* [35] corrispondente alla deviazione che cercavamo rispetto all'arco *EF* e che differisce anche poco dalle osservazioni.

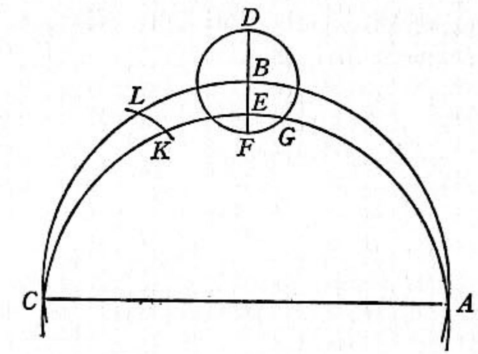
Similmente procederemo per il resto anche riguardo a Venere; e registreremo i risultati nella tavola sottostante. Esposti così tali dati, in rapporto a quelle deviazioni che sono fra questi limiti, attribuiremo [tanto a Venere quanto a Mercurio] i sessantesimi o minuti proporzionali. Sia infatti *ABC* il circolo eccentrico di Venere o di Mercurio, e siano *A* e *C* i nodi di questo moto in latitudine, e *B* il limite della

[33] Così nel manoscritto (p. 208 v) e nelle relative edizioni. Le vecchie edizioni hanno erroneamente *EK*, *GK*; quella di Thorn, pure erroneamente, *EH*, *GH*.

[34] Sia nel manoscritto sia nelle edizioni manca *KE*; ma il senso lo richiede, come si osserva nella nota 497 (p. 65) della tradizione tedesca citata del Menzzer.

[35] Il valore di *KAE* non è dato né nel manoscritto né nelle edizioni. Il Menzzer (trad. tedesca cit., nota 498, p. 65) ne calcola il valore in 0° 57′ 4″, 84.

massima deviazione. Con centro in *B*, si tracci il piccolo circolo *DFG*, il cui diametro per obliquo [rispetto all'eclittica] sia *DBF* [36], e lungo esso avvenga la librazione del moto di



deviazione. E poiché si è posto che, allorché la terra è all'apogeo o al perigeo del circolo [orbitale] eccentrico del pianeta, lo stesso pianeta compie la massima deviazione, cioè nel punto *F*, in esso il circolo deferente il pianeta tocca il circolo piccolo. Sia ora la terra comunque lontana dall'apogeo o dal perigeo dell'eccentrico del pianeta: secondo questo moto si prenda un arco corrispondente del circolo piccolo, e sia esso *FG*. Tracciato il circolo *AGC*, che porta il pianeta, esso intersecherà il circolo piccolo e il suo diametro in *E*. Si supponga che su tale circolo il pianeta sia in *K*, essendo per ipotesi l'arco *EK* simile all'arco *GF*, e si conduca *KL* perpendicolare al circolo *ABC*. L'intento è di trovare, partendo da *FG*, *EK* e *BE*, la grandezza di *KL*, cioè la distanza del pianeta dal circolo *ABC*. Poiché, mediante l'arco *FG*, sarà data *EG* come una linea retta che non differisce da una linea curva o convessa, similmente sarà dato *EF*, ed anche il resto *BE*, secondo la misura in cui è dato tutto *BF*, poiché *BF* sta a *BE* come la corda del doppio del quadrante *CE* sta alla corda del doppio dell'arco *CK*, e come *BE* sta a *KL*. Se dunque por-

[36] Il manoscritto (p. 208 v) e l'edizione dell'Accad. polacca hanno, per errore, *DBC*.

remo tanto BF quanto il raggio di CE secondo il numero 60, avremo anche BE nella stessa misura; e se dopo aver moltiplicato BE per sé stesso, dividiamo il risultato per 60, avremo la distanza cercata KL in minuti proporzionali dell'arco EK. Registreremo anche questi valori nella quinta ed ultima colonna della seguente Tavola.

TAVOLA DELLE LATITUDINI DI SATURNO, GIOVE E MARTE [37]

Numeri comuni		Latitudine di Saturno				Latitudine di Giove				Latitudine di Marte				Minuti proporzionali	
		settent.		merid.		settent.		merid.		settent.		merid.			
Gradi	Gradi	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Primi	Sec.
3	357	2	3	2	2	1	6	1	5	0	6	0	5	59	48
6	354	2	4	2	2	1	7	1	5	0	7	0	5	59	36
9	351	2	4	2	3	1	7	1	5	0	9	0	6	59	6
12	348	2	5	2	3	1	8	1	6	0	9	0	6	58	36
15	345	2	5	2	3	1	8	1	6	0	10	0	8	57	48
18	342	2	6	2	3	1	8	1	6	0	11	0	8	57	0
21	339	2	6	2	4	1	9	1	7	0	12	0	9	55	48
24	336	2	7	2	4	1	9	1	7	0	13	0	9	54	36
27	333	2	8	2	5	1	10	1	8	0	14	0	10	53	18
30	330	2	8	2	5	1	10	1	8	0	14	0	11	52	0
33	327	2	9	2	6	1	11	1	9	0	15	0	11	50	12
36	324	2	10	2	7	1	11	1	9	0	16	0	12	48	24
39	321	2	10	2	7	1	12	1	10	0	17	0	12	46	24
42	318	2	11	2	8	1	12	1	10	0	18	0	13	44	24
45	315	2	11	2	9	1	13	1	11	0	19	0	15	42	12
48	312	2	12	2	10	1	13	1	11	0	20	0	16	40	0
51	309	2	13	2	11	1	14	1	12	0	22	0	18	37	36
54	306	2	14	2	12	1	14	1	13	0	23	0	20	35	12
57	303	2	15	2	13	1	15	1	14	0	25	0	22	32	36
60	300	2	16	2	15	1	16	1	16	0	27	0	24	30	0
63	297	2	17	2	16	1	17	1	17	0	29	0	25	27	12
66	294	2	18	2	18	1	18	1	18	0	31	0	26	24	24
69	291	2	20	2	19	1	19	1	19	0	33	0	29	21	21
72	288	2	21	2	21	1	21	1	21	0	35	0	31	18	18
75	285	2	22	2	22	1	22	1	22	0	37	0	34	15	15
78	282	2	24	2	24	1	24	1	24	0	40	0	37	12	12
81	279	2	25	2	26	1	25	1	25	0	42	0	39	9	9
84	276	2	27	2	27	1	27	1	27	0	45	0	41	6	24
87	273	2	28	2	28	1	28	1	28	0	48	0	45	3	12
90	270	2	30	2	30	1	30	1	30	0	51	0	49	0	0

[37] Le tavole sono qui riprodotte secondo il manoscritto. Nelle vecchie edizioni i titoli delle tavole contengono inesattezze; l'edizione di Thorn dà i titoli esatti del manoscritto, corrispondenti a quelli delle Tavole del cap. 5 del libro XIII dell'*Almagesto*, riprodotte da Copernico. Le sole differenze nell'edizione di Thorn rispetto al manoscritto sono: *a*) Nella prima tavola

TAVOLA DELLE LATITUDINI DI SATURNO, GIOVE E MARTE

Numeri comuni		Latitudine di Saturno settent.		Latitudine di Saturno merid.		Latitudine di Giove settent.		Latitudine di Giove merid.		Latitudine di Marte settent.		Latitudine di Marte merid.		Minuti proporzionali	
Gradi	Gradi	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Primi	Sec.
93	267	2	31	2	31	1	31	1	31	0	55	0	52	3	12
96	264	2	33	2	33	1	33	1	33	0	59	0	56	6	24
99	261	2	34	2	34	1	34	1	34	1	2	1	0	9	9
102	258	2	36	2	36	1	36	1	36	1	6	1	4	12	24
105	255	2	37	2	37	1	37	1	37	1	11	1	8	15	24
108	252	2	39	2	39	1	39	1	39	1	15	1	12	18	24
111	249	2	40	2	40	1	40	1	40	1	19	1	17	21	24
114	246	2	42	2	42	1	42	1	42	1	25	1	22	24	24
117	243	2	43	2	43	1	43	1	43	1	31	1	28	27	12
120	240	2	45	2	45	1	45	1	44	1	36	1	34	30	0
123	237	2	46	2	46	1	46	1	46	1	41	1	40	32	36
126	234	2	47	2	48	1	47	1	47	1	47	1	47	35	12
128	231	2	49	2	49	1	49	1	49	1	54	1	55	37	36
132	228	2	50	2	51	1	50	1	51	2	2	2	5	40	6
135	225	2	52	2	53	1	51	1	53	2	10	2	15	42	12
138	222	2	53	2	54	1	52	1	54	2	19	2	26	44	24
141	219	2	54	2	55	1	53	1	55	2	29	2	38	46	24
144	216	2	55	2	56	1	55	1	57	2	37	2	48	48	24
147	213	2	56	2	57	1	56	1	58	2	47	3	4	50	12
150	210	2	57	2	58	1	58	1	59	2	51	3	20	52	0
153	207	2	58	2	59	1	59	2	1	3	12	3	32	53	18
156	204	2	59	3	0	2	0	2	2	3	23	3	52	54	36
159	201	2	59	3	1	2	1	2	3	3	34	4	13	55	48
162	198	3	0	3	2	2	2	2	4	3	46	4	36	57	0
165	195	3	0	3	2	2	2	2	5	3	57	5	0	57	48
168	192	3	1	3	3	2	3	2	5	4	9	5	23	58	36
171	189	3	1	3	3	2	3	2	6	4	17	5	48	59	6
174	186	3	2	3	4	2	4	2	6	4	23	6	15	59	36
177	183	3	2	3	4	2	4	2	7	4	27	6	35	59	48
180	180	3	2	3	5	2	4	2	7	4	30	6	50	60	0

alla riga dei numeri comuni 69;291 l'ultima colonna ha i valori 21;24 anziché 21;21. *b*) Nella seconda tavola alla riga dei numeri comuni 141;219 l'ultima colonna ha i valori 47;24 anziché 46;24. *c*) Le ultime due tavole hanno la colonna della « deviazione » che segue subito quelle della « declinazione » e dell'« obliquazione » per ciascuno dei due pianeti.

TAVOLA DELLE LATITUDINI DI VENERE E MERCURIO

Numeri comuni		Venere Declinazione		Venere Obliquazione		Mercurio Declinazione		Mercurio Obliquazione		Venere Deviazione		Mercurio Deviazione		Minuti proporzionali della deviaz.	
Gradi	Gradi	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Primi	Sec.
3	357	1	2	0	4	1	45	0	5	0	7	0	33	59	36
6	354	1	2	0	8	1	45	0	11	0	7	0	33	59	12
9	351	1	1	0	12	1	45	0	16	0	7	0	33	58	25
12	348	1	1	0	16	1	44	0	22	0	7	0	33	57	14
15	345	1	0	0	21	1	44	0	27	0	7	0	33	55	41
18	342	1	0	0	25	1	43	0	33	0	7	0	33	54	9
21	339	0	59	0	29	1	42	0	38	0	7	0	33	52	12
24	336	0	59	0	33	1	40	0	44	0	7	0	34	49	43
27	333	0	58	0	37	1	38	0	49	0	7	0	34	47	21
30	330	0	57	0	41	1	36	0	55	0	8	0	34	45	4
33	327	0	56	0	45	1	34	1	0	0	8	0	34	42	0
36	324	0	55	0	49	1	30	1	6	0	8	0	34	39	15
39	321	0	53	0	53	1	27	1	11	0	8	0	35	35	53
42	318	0	51	0	57	1	23	1	16	0	8	0	35	32	51
45	315	0	49	1	1	1	19	1	21	0	8	0	35	29	41
48	312	0	46	1	5	1	15	1	26	0	8	0	36	26	40
51	309	0	44	1	9	1	11	1	31	0	8	0	36	23	34
54	306	0	41	1	13	1	8	1	35	0	8	0	36	20	39
57	303	0	38	1	17	1	4	1	40	0	8	0	37	17	40
60	300	0	35	1	20	0	59	1	44	0	8	0	38	15	0
63	297	0	32	1	24	0	54	1	48	0	8	0	38	12	20
66	294	0	29	1	28	0	49	1	52	0	9	0	39	9	55
69	291	0	26	1	32	0	44	1	56	0	9	0	39	7	38
72	288	0	23	1	35	0	38	2	0	0	9	0	40	5	39
75	285	0	20	1	38	0	32	2	3	0	9	0	41	3	57
78	282	0	16	1	42	0	26	2	7	0	9	0	42	2	34
81	279	0	12	1	46	0	21	2	10	0	9	0	42	1	28
84	276	0	8	1	50	0	16	2	14	0	10	0	43	0	40
87	273	0	4	1	54	0	8	2	17	0	10	0	44	0	10
90	270	0	0	1	57	0	0	2	20	0	10	0	45	0	0

TAVOLA DELLE LATITUDINI DI VENERE E MERCURIO

Numeri comuni		Venere Declinazione		Venere Obliquazione		Mercurio Declinazione		Mercurio Obliquazione		Venere Deviazione		Mercurio Deviazione		Minuti proporzionali della deviaz.	
Gradi	Gradi	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Gradi	Min.	Primi	Sec.
93	267	0	5	2	0	0	8	2	23	0	10	0	45	0	10
96	264	0	10	2	3	0	15	2	25	0	10	0	46	0	40
99	261	0	15	2	6	0	23	2	27	0	10	0	47	1	28
102	258	0	20	2	9	0	31	2	28	0	11	0	48	2	34
105	255	0	26	2	12	0	40	2	29	0	11	0	48	3	57
108	252	0	32	2	15	0	48	2	29	0	11	0	49	5	39
111	249	0	38	2	17	0	57	2	30	0	11	0	50	7	38
114	246	0	44	2	20	1	6	2	30	0	11	0	51	9	55
117	243	0	50	2	22	1	16	2	30	0	11	0	52	12	20
120	240	0	59	2	24	1	25	2	29	0	12	0	52	15	0
123	237	1	8	2	26	1	35	2	28	0	12	0	53	17	40
126	234	1	18	2	27	1	45	2	26	0	12	0	54	20	39
129	231	1	28	2	29	1	55	2	23	0	12	0	55	23	34
132	228	1	38	2	30	2	6	2	20	0	12	0	56	26	40
135	225	1	48	2	30	2	16	2	16	0	13	0	57	29	41
138	222	1	59	2	30	2	27	2	11	0	13	0	57	32	51
141	219	2	11	2	29	2	37	2	6	0	13	0	58	35	53
144	216	2	25	2	28	2	47	2	0	0	13	0	59	39	15
147	213	2	43	2	26	2	57	1	53	0	13	1	0	42	0
150	210	3	3	2	22	3	7	1	46	0	13	1	1	45	4
153	207	3	23	2	18	3	17	1	38	0	13	1	2	47	21
156	204	3	44	2	12	3	26	1	29	0	14	1	3	49	43
159	201	4	5	2	4	3	34	1	20	0	14	1	4	52	12
162	198	4	26	1	55	3	42	1	10	0	14	1	5	54	9
165	195	4	49	1	42	3	48	0	59	0	14	1	6	55	41
168	192	5	13	1	27	3	54	0	48	0	14	1	7	57	14
171	189	5	36	1	9	3	58	0	36	0	14	1	7	58	25
174	186	5	52	0	48	4	2	0	24	0	14	1	8	59	12
177	183	6	7	0	25	4	4	0	12	0	14	1	9	59	36
180	180	6	22	0	0	4	5	0	0	0	14	1	10	60	0

Capitolo IX

IL CALCOLO DELLE LATITUDINI DEI CINQUE PIANETI.

Il metodo per calcolare le latitudini dei cinque pianeti mediante queste tavole è il seguente. Nel caso di Saturno, Giove e Marte noi confronteremo la singola anomalia resa uniforme dell'eccentrico con i numeri comuni: per Marte la sua anomalia così com'è, per Giove toglieremo invece prima 20°, mentre per Saturno si aggiungeranno 50°. Annoteremo poi i valori che si ricavano dalla colonna dei sessantesimi, cioè i minuti proporzionali collocati nell'ultima colonna. Similmente, mediante la singola anomalia di parallasse determineremo il numero proprio di ciascun [pianeta] e la latitudine corrispondente: la prima latitudine, invero, quella settentrionale, se i minuti proporzionali sono nella prima tavola, ciò che avviene quando l'anomalia dell'eccentrico è meno di 90° o più di 270°; mentre invece si avrà la seconda latitudine, quella meridionale, se i minuti proporzionali sono nella seconda tavola, cioè se vi sono più di 90° o meno di 270° nell'anomalia dell'eccentrico (attraverso cui si accede alla tavola). Pertanto, se moltiplicheremo una delle due latitudini per i suoi minuti proporzionali, risulterà la distanza dall'eclittica a nord o a sud secondo la denominazione dei numeri [38] assunti. Per Venere e per Mercurio, invece, bisogna anzittutto prendere, secondo la singola anomalia di parallasse, le tre corrispondenti latitudini di declinazione, di obliquazione e di deviazione, le quali saranno annotate separatamente; ma nel caso di Mercurio si toglie un decimo dell'obliquazione se l'anomalia dell'eccentrico e il suo numero sono trovati nella prima colonna della tavola, o si aggiunge altrettanto se sono nella seconda colonna, e si conserva o la differenza o la somma che ne risulta. Bisogna poi determinare se le denominazioni delle latitudini siano settentrionali o meridionali; poiché, se l'anomalia della singola parallasse la si è trovata nel semicircolo dell'apogeo, cioè minore

[38] Così nel manoscritto (p. 212 r) e le edizioni di Monaco e dell'Accad. polacca. Le altre edizioni hanno « circulorum » anziché « numerorum ».

di 90° o maggiore di 270°, e anche l'anomalia dell'eccentrico è minore del semicircolo (o ancora, se l'anomalia di parallasse è nell'arco del perigeo, cioè maggiore di 90° e minore di 270°, e l'anomalia dell'eccentrico maggiore di un semicircolo), la declinazione di Venere sarà allora settentrionale e quella di Mercurio meridionale. Ma se, essendo l'anomalia di parallasse nell'arco del perigeo, l'anomalia dell'eccentrico viene ad essere minore del semicircolo; o se, essendo l'anomalia di parallasse nell'arco dell'apogeo, l'anomalia dell'eccentrico è maggiore del semicircolo, sarà viceversa la declinazione di Venere a sud e quella di Mercurio a nord. Nel caso dell'obliquazione, poi, se l'anomalia di parallasse è minore di un semicerchio e l'anomalia dell'eccentrico nella zona dell'apogeo, o l'anomalia di parallasse è maggiore di un semicerchio e l'anomalia dell'eccentrico nella zona del perigeo, l'obliquazione di Venere sarà a nord e quella di Mercurio a sud; e viceversa. Le deviazioni, invece, per Mercurio rimangono sempre meridionali e per Venere settentrionali. Inoltre, si prendano assieme ad ogni singola anomalia dell'eccentrico i minuti proporzionali comuni a tutti e cinque i pianeti, sebbene siano stati segnati [nelle tavole] a proposito dei tre pianeti superiori e li si assegni all'obliquazione, mentre quelli dell'ultima colonna [delle tavole di Venere e Mercurio] li si assegni alla deviazione. Dopo ciò, aggiungendo 90° alla stessa anomalia dell'eccentrico, troveremo per tale somma i minuti proporzionali comuni corrispondenti, assegnandoli alla latitudine di declinazione. Avendo così disposto in ordine tutti questi dati, si moltiplichino le singole latitudini calcolate per i loro minuti proporzionali, e come risultato avremo tutte e tre le latitudini corrette secondo la posizione e il tempo. Per avere infine la somma delle tre latitudini per questi due pianeti [Venere e Mercurio], si aggiungano l'una all'altra se sono tutte e tre dello stesso nome [nord o sud]; se invece non è così, si sommino almeno le due che sono dello stesso nome: a seconda che tale somma sia maggiore o minore della terza latitudine di nome diverso, si tolga da essa tale latitudine o la si sottragga da tale latitudine, e la differenza sarà la latitudine predominante cercata.