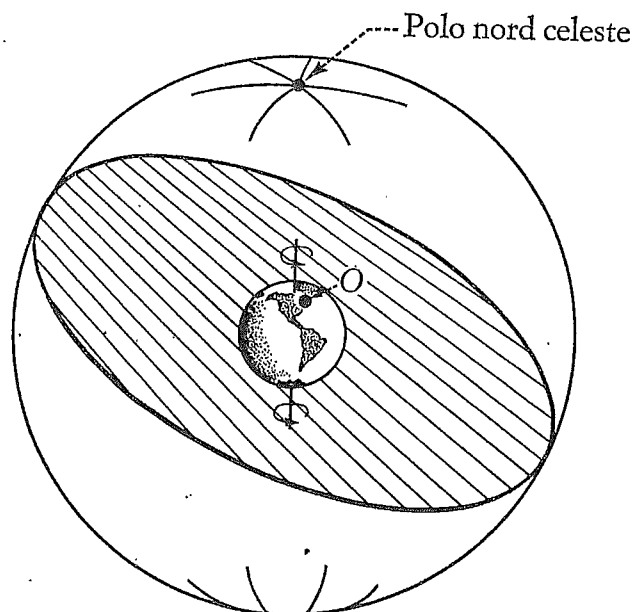


Se le argomentazioni di Copernico o del D'Oresme a questo proposito risultano oscure, riferiamoci di nuovo al cammino delle stelle illustrato nelle figure 6 e 7. Le tracce di quel cammino potrebbero essere prodotte sia dal moto circolare delle stelle di fronte ad un osservatore fisso (la spiegazione data da Tolomeo), sia dalla rotazione dell'osservatore di fronte alle stelle fisse (la spiegazione di Copernico). Oppure esaminiamo il nuovo universo a due sfere illustrato in figura 26: una copia semplificata dello schema precedentemente disegnato per discutere il moto delle stelle nell'universo a due sfere (fig. 11), con la differenza che in questa nuova versione sono stati messi in evidenza i poli della Terra, e non quelli della sfera celeste, e il senso della rotazione è stato invertito. Quando abbiamo usato per la prima volta un disegno come questo, avevamo tenuto fermi la Terra, l'osservatore e il piano dell'orizzonte e fatto ruotare in direzione ovest la sfera delle stelle. Adesso dobbiamo tener ferma la sfera esterna e far girare la Terra, l'osservatore e il

Figura 26.

Terra che ruota al centro della sfera stellare fissa. Confrontando il disegno con la figura 11, si noti che in questo caso il piano dell'orizzonte dev'essere fatto girare con la Terra, affinché rimanga immutato il suo rapporto geometrico con l'osservatore *O* che si muove.



piano dell'orizzonte che stia si muova con e differenza fra i che può veder stelle e pianeti rizzonte e spos zonte occidenta

Fino a quest tante nel centro preso in consic sto da Eraclide sto è solo il pri il passo successi Copernico fa ril se siamo prepar del moto della ' derare non solc della Terra fuor non è necessaric tro. È necessari centro, e finché muoversi attorri moto apparente cile da accettare cifica preparazio concetto dell'im dal senso comur posizione centra derivata diretta concezione cope quindi inizialme ze della stessa o questo contrasto prenderemo in c grafo, che Coper volmente le dimo sí un primo pass nito, elaborata d pernico sulla po

stizio d'estate è di $6'$ (ossia $0,1^\circ$) dentro l'orizzonte
 entale. Ma nessuna osservazione ad occhio nudo sarà
 grado di fare molto di piú. Potrà mostrare soltanto che,
 grande approssimazione, l'orizzonte biseca la sfera e
 tutti gli osservatori terrestri devono essere quindi mol-
 vicini al centro dell'universo. Con quanta approssima-
 ne l'orizzonte bisechi la sfera e quanto vicini al centro

ura 27.
 il diametro della Terra può essere rapportato in misura apprez-
 ile al diametro della sfera delle stelle oppure se la Terra, in mi-
 a apprezzabile, è spostata dal centro, il piano dell'orizzonte non
 eca la sfera stellare.

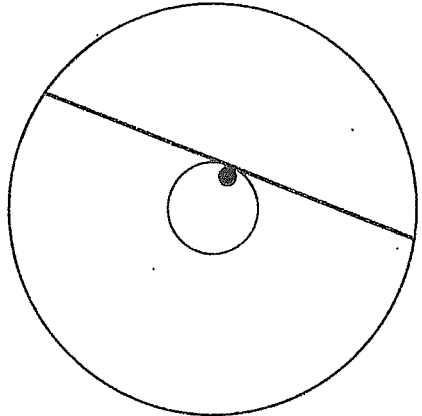
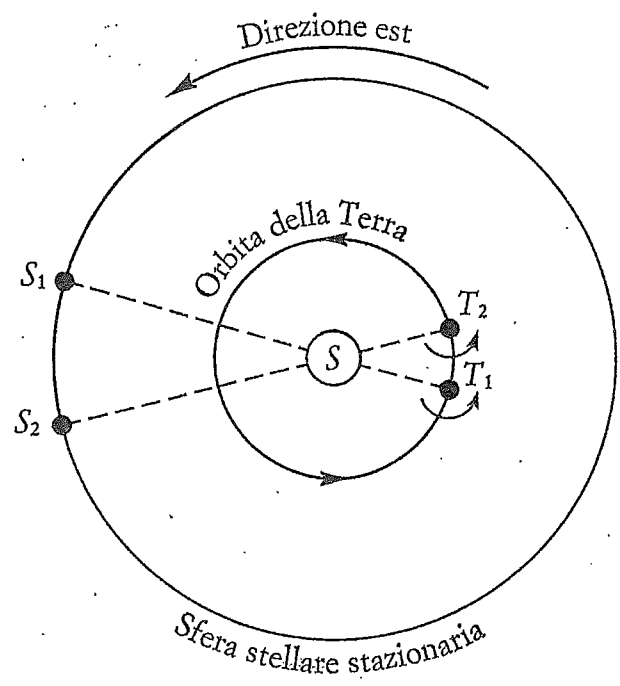


Figura 28.
 Mentre la Terra, nella sua orbita copernicana, si sposta da T_1 a T_2 ,
 la posizione apparente del Sole centrale S , vista contro la sfera del-
 le stelle, varia da S_1 a S_2 .

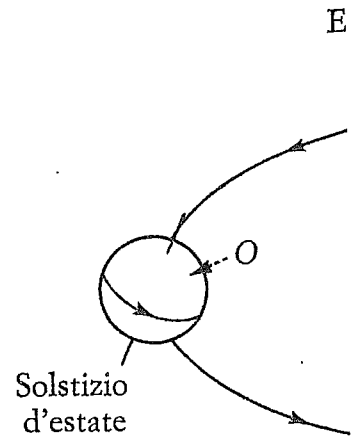


L'INNOVAZIONE DI CO
 mente contro la sfera
 te che si muovano cor

Nel disegno, la Te
 che essa occupa a dis
 posizione il Sole è vis
 trambe le posizioni a
 riamente sull'eclittica
 nea in cui il piano de
 prende il Sole) inters
 mossa, in direzione e
 T_2 del disegno, il Sol
 rezione est, lungo l'e
 zione S_2 . Quindi la
 mente lo stesso mot
 lungo l'eclittica dell
 come vedremo subit
 l'altezza del Sole nel

La figura 29 most
 un punto della sfera c

Figura 29.
 Il moto annuale della T
 In ogni istante l'asse de
 oppure alla linea fissa di
 un osservatore O , al mez
 il Sole molto piú appro
 stizio estivo che in quell



dedica Copernico è forse meglio capitolo XI, in della Terra e posizione appa- no, com'è illu- so, del Sole e el disegno, il vicina al polo Terra si muo- ad est, com- oraneamente ovest ad est, bita terrestre rotazione as- sa dei cerchi i, come pure zione dell'or- ti necessaria-

mente contro la sfera delle stelle e sembra necessariamente che si muovano con tale sfera mentre la Terra gira.

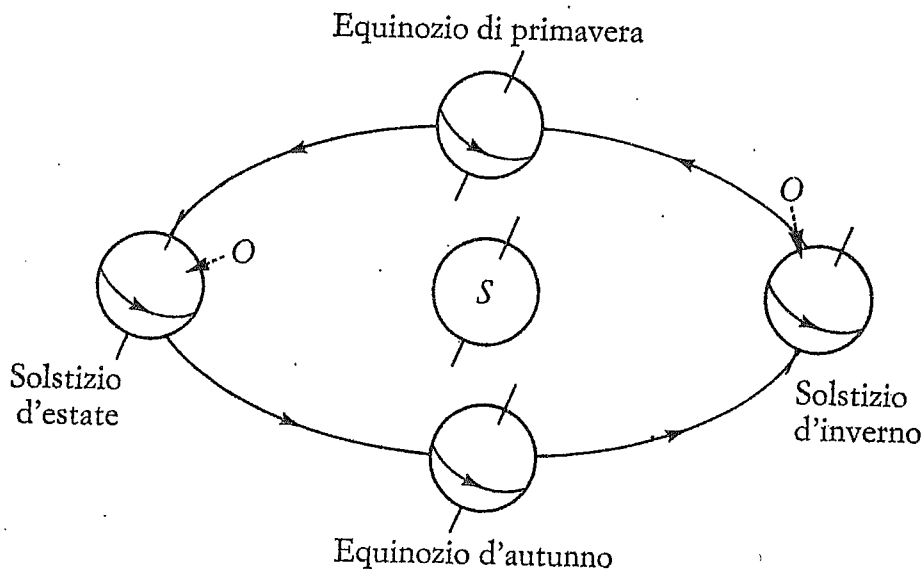
Nel disegno, la Terra vien mostrata in due posizioni che essa occupa a distanza di trenta giorni. In ciascuna posizione il Sole è visto contro la sfera delle stelle ed entrambe le posizioni apparenti del Sole giacciono necessariamente sull'eclittica, che viene ora definita come la linea in cui il piano del moto della Terra (piano che comprende il Sole) interseca la sfera. Ma quando la Terra s'è mossa, in direzione est, dalla posizione T_1 alla posizione T_2 del disegno, il Sole si è apparentemente mosso, in direzione est, lungo l'eclittica dalla posizione S_1 alla posizione S_2 . Quindi la teoria di Copernico prevede esattamente lo stesso moto annuale in direzione est del Sole lungo l'eclittica della teoria tolemaica. Prevede inoltre, come vedremo subito, la stessa variazione stagionale dell'altezza del Sole nel cielo.

La figura 29 mostra l'orbita terrestre, com'è vista da un punto della sfera celeste posto leggermente a nord del-

sta da T_1 a T_2 , ro la sfera del-

Figura 29.

Il moto annuale della Terra attorno alla sua orbita copernicana. In ogni istante l'asse della Terra si conserva parallelo a se stesso oppure alla linea fissa disegnata attraverso il Sole. Di conseguenza un osservatore O , al mezzogiorno delle medie latitudini nord, trova il Sole molto più approssimativamente sulla sua verticale nel solstizio estivo che in quello invernale.



(fig. 30), la posizione angolare apparente della stella, osservata dalla Terra, dovrebbe risultare diversa nelle diverse stagioni. Ma se la distanza dalla Terra alla stella è molto maggiore della distanza fra due punti diametralmente opposti dell'orbita terrestre, allora l'angolo di pa-

Figura 30.

La parallasse annuale di una stella. Poiché la linea fra un osservatore terrestre ed una stella fissa non rimane esattamente parallela a se stessa mentre la Terra si muove lungo la sua orbita, la posizione apparente della stella sulla sfera stellare dovrebbe cambiare di un angolo p nell'arco di sei mesi.

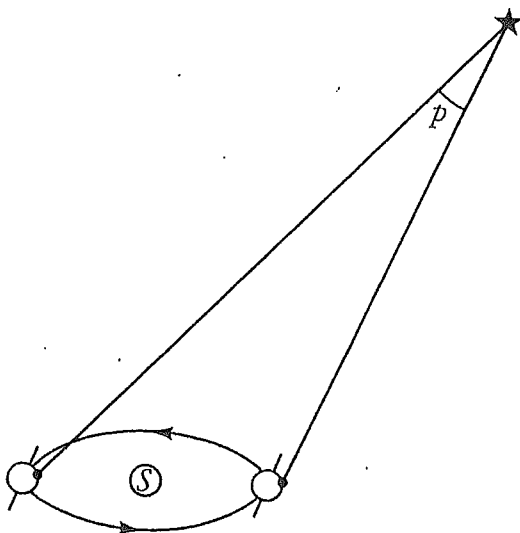
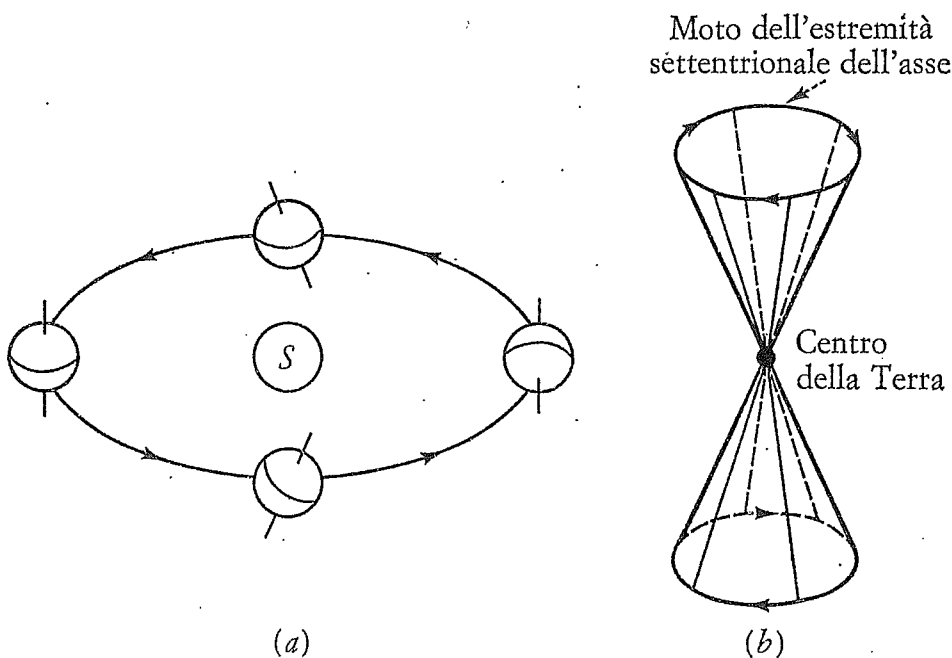


Figura 31.

Il «secondo» e il «terzo» moto di Copernico. Il secondo moto, moto di un pianeta fissato in una sfera che ruota attorno al Sole come centro, è illustrato in (a). Questo moto non fa rimanere l'asse della Terra parallelo a se stesso, cosicché non rende necessario il terzo moto conico illustrato in (b) per rimettere l'asse in linea.



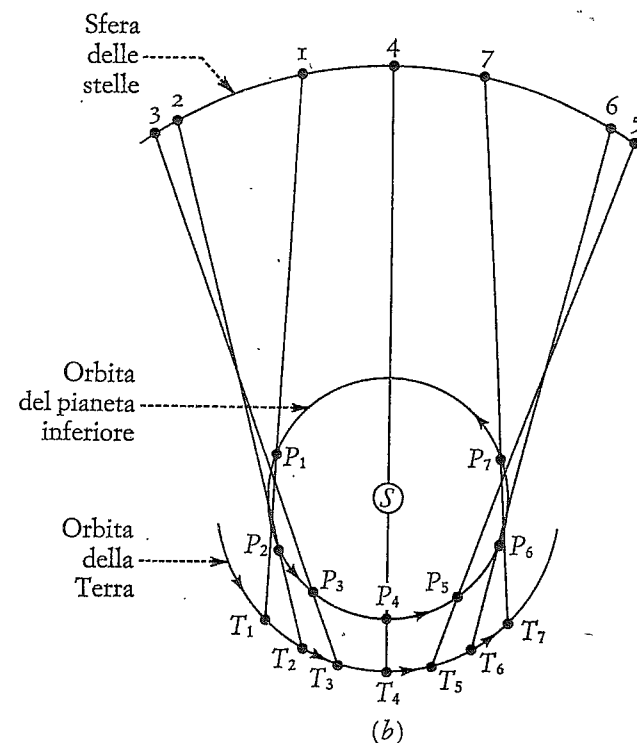
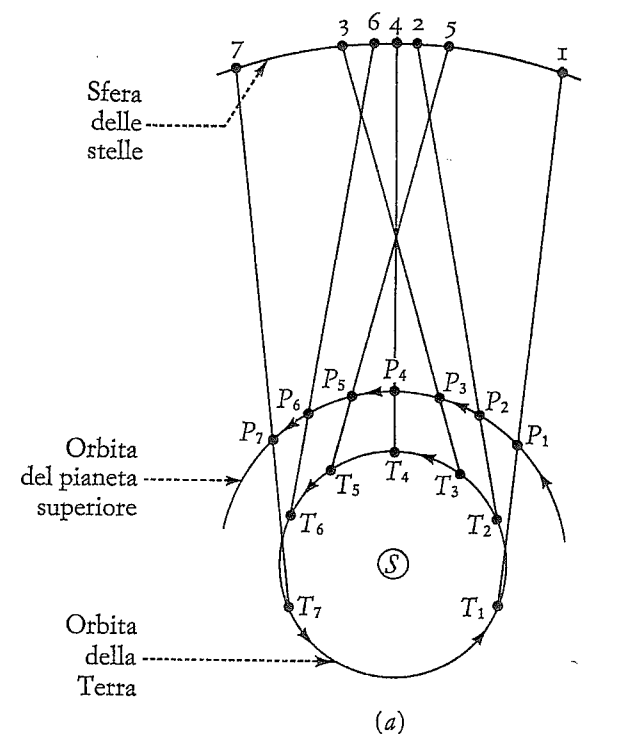
L'astronomia copernicana. I pianeti.

Fino a questo punto, lo schema concettuale sviluppato da Copernico si mostra tanto efficace quanto quello di Tolomeo, ma non lo è sicuramente di piú e sembra inoltre molto piú complesso. È soltanto quando all'universo di Copernico vengono aggiunti i pianeti che ogni vero fondamento della sua innovazione diventa evidente. Prendiamo ad esempio in considerazione la spiegazione del moto di retrocessione cui Copernico accennava, senza discuterne, alla fine del capitolo v del suo libro I introduttivo. Nel sistema tolemaico il moto di retrocessione viene spiegato disponendo il pianeta su un epiciclo maggiore, il cui centro è, a sua volta, fatto ruotare attorno alla Terra dal deferente del pianeta. La combinazione di questi due moti circolari genera i caratteristici tracciati annodati descritti nel capitolo III. Nel sistema di Copernico non è necessario alcun epiciclo maggiore. Il moto di retrocessione, o moto in direzione ovest, di un pianeta fra le stelle è soltanto un moto apparente, generato, come il moto apparente del Sole attorno all'eclittica, dal moto orbitale della Terra. Secondo Copernico, il moto che Tolomeo aveva spiegato con gli epicicli maggiori era in realtà il moto della Terra, attribuito ai pianeti da osservatori terrestri che si consideravano fermi nello spazio.

Il fondamento dell'idea di Copernico è illustrato e chiarito dalle figure 32 *a* e 32 *b*. Nel primo disegno si vedono le successive posizioni apparenti di un pianeta superiore in movimento, osservato da una Terra in movimento contro lo schermo fisso costituito dalla sfera delle stelle.

Figura 32.

La spiegazione data da Copernico al moto di retrocessione dei pianeti superiori (*a*) e dei pianeti inferiori (*b*). In ciascun disegno la Terra si sposta regolarmente sulla sua orbita da T_1 a T_7 ed il pianeta si sposta da P_1 a P_7 . Nel medesimo tempo la posizione apparente del pianeta contro la sfera delle stelle si sposta, in direzione est, da 1 a 7, ma allorquando i due pianeti si oltrepassano c'è un breve tratto di retrocessione in direzione ovest da 3 a 5.



posizioni appa-
ati solo i mo-
ra, che gene-
one ovest del
e stelle viene
ni successive
a sul Sole so-
pondenti po-
gnate con P_1 ,
del pianeta,
cellare di una
pianeta, sono
aso il pianeta
velocemente.

oto apparen-
: in direzione
mbra retroce-
3 a 4 e da 4
ione del suo
6 a 7. Men-
ta, il pianeta
in direzione
ne a trovarsi
al Sole.

eti, osservati
zione est per
ono soltanto
bitale, li sor-
si sorpassano
cessione può
a minima di-
e questo con-
iori, almeno,
i spostano in
rilevante del
umente senza

di Copernico
r rilievo dei
tempo neces-

sari ad un pianeta per compiere passaggi successivi attorno all'eclittica. Nel disegno si è ammesso che la Terra compie 1 giro e $1/4$ della sua orbita, mentre il pianeta, in questo caso un pianeta superiore, compie un giro solo della sua. Supponiamo che, all'inizio della serie di osservazioni, la Terra sia in T_1 e il pianeta in P . Il pianeta si trova quindi nel mezzo di una retrocessione ed appare in 1 disegnato contro la sfera fissa delle stelle. Quando il pianeta ha completato una rivoluzione nella sua orbita ed è tornato in P , la Terra ha fatto 1 giro e $1/4$ della sua orbita ed ha raggiunto T_2 . Il pianeta quindi è visto in 2, ad

Figura 33.

La spiegazione data da Copernico alle variazioni del tempo necessario ad un pianeta per completare viaggi successivi attorno all'eclittica. Mentre il pianeta compie un giro della sua orbita da P a P , la Terra effettua una rivoluzione e $1/4$ da T_1 a T_1 e poi a T_2 . In questo intervallo di tempo, la posizione apparente del pianeta fra le stelle si sposta verso est da 1 a 2, poco meno di un giro completo. Durante la successiva rivoluzione del pianeta, la Terra si sposta da T_2 a T_2 e poi a T_3 , cosicché la sua posizione apparente fra le stelle si muove da 2 a 1 e poi di nuovo ad 1, un po' più di un giro completo dell'eclittica.

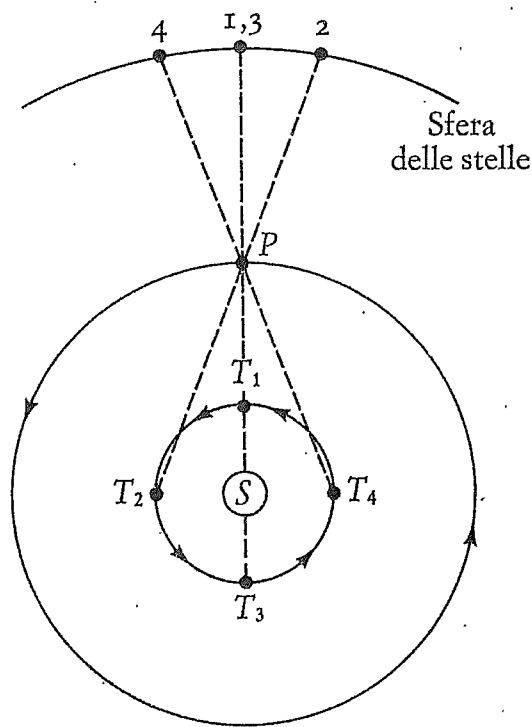


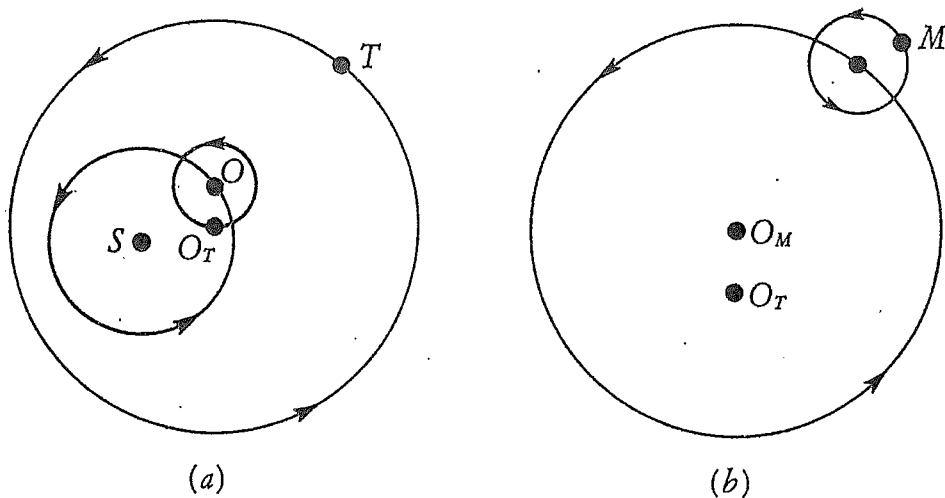
Figura 34a. Nel disegno S è il Sole, fisso nello spazio; il punto O , che si muove esso stesso lentamente attorno al Sole, è il centro di un circolo che ruota lentamente e porta il centro mobile O_T dell'eccentrico della Terra; T rappresenta la Terra.

Complessità di questo tipo furono rese necessarie dall'osservazione dei moti degli altri corpi celesti. Per la Lu-

ta con l'antico. Anche ques sistema di circ calcolare la po incongruenza ironico dell'op zione del *De l* accusa dell'ast la sua comples finire, il testo te delle stesse non è né più meo. E i met sembrano poc meo, a produ blema dei pia coerente con l sistema, descritt *Commentariol* dedurre dalle s unica di circol fecero. Quegli portato Coper vennero elimi va respinto la perta che « i r che [astronom

Figura 34.

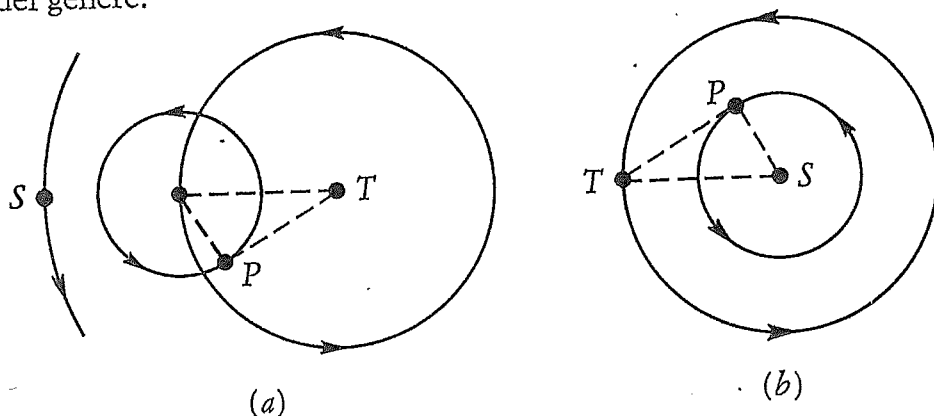
La spiegazione data da Copernico del moto della Terra (*a*) e di Marte (*b*). In (*a*) il Sole si trova in S e la Terra T ruota su di un circolo, il cui centro O_T ruota lentamente attorno ad un punto O , il quale a sua volta ruota su di un circolo che ha per centro il Sole. In (*b*) Marte è posto su di un epiciclo che ruota su di un deferente, il cui centro O_M conserva un rapporto geometrico fisso col centro mobile O_T dell'orbita terrestre.



l'orbita della Terra, il pianeta non ha mai modo di appa-

Figura 35.

Spiegazione della limitata elongazione dei pianeti inferiori nel sistema tolemaico (*a*) e nel sistema copernicano (*b*). Nel sistema tolemaico l'angolo fra il Sole S e il pianeta P deve essere limitato tenendo il centro dell'epiciclo sulla linea che passa per la Terra e il Sole. Nel sistema copernicano, con l'orbita del pianeta interamente contenuta in quella della Terra, non è necessaria alcuna limitazione del genere.

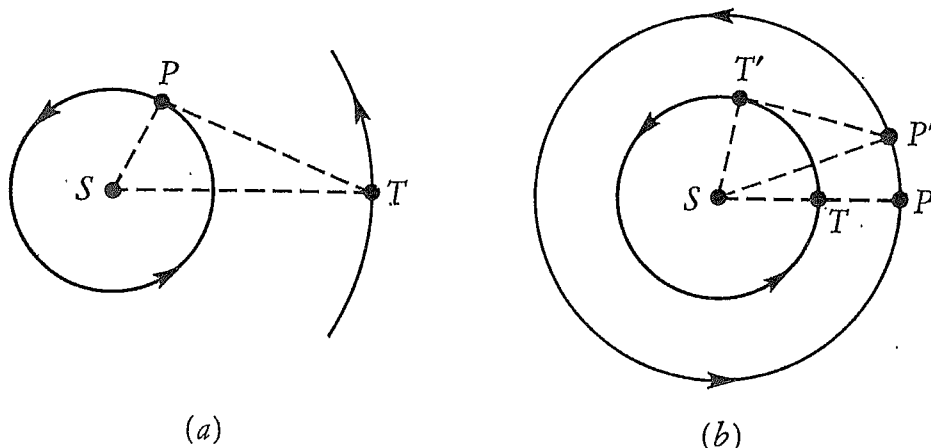


la Terra e il pianeta giacciono tutti sulla retta STP : in questo orientamento il pianeta si trova diametralmente opposto al Sole, nell'altra parte dell'eclittica e nel mezzo di un moto di retrocessione. Poiché la Terra percorre la sua orbita piú velocemente di qualsiasi pianeta superiore, deve esserci un successivo istante di tempo in cui la Terra in T' e il pianeta in P' formeranno col Sole un angolo retto $ST'P'$, e, poiché $ST'P'$ è l'angolo sotto cui il Sole e il pianeta superiore son visti dalla Terra, esso può essere direttamente determinato e può essere misurato il tempo necessario perché esso si formi. Diventa ora possibile calcolare l'angolo TST' , in quanto deve stare a 360° nel medesimo rapporto in cui il tempo impiegato dalla Terra per spostarsi da T a T' sta ai 365 giorni che la Terra impiega per completare la sua orbita. Analogamente possiamo calcolare l'angolo PSP' , poiché il tempo necessario al pianeta per andare da P a P' è lo stesso che la Terra ha impiegato per andare da T a T' . Noti PSP' e TST' , l'angolo $P'ST'$ può essere ricavato per differenza. Abbiamo quindi di nuovo un triangolo rettangolo $ST'P'$ di cui è noto un angolo acuto $P'ST'$ ed è quindi possibile determinare, come per un pianeta inferiore, il rapporto fra il raggio SP' dell'orbita del pianeta ed il raggio ST' dell'orbita terrestre.

Con procedimenti analoghi si possono calcolare le di-

Figura 36.

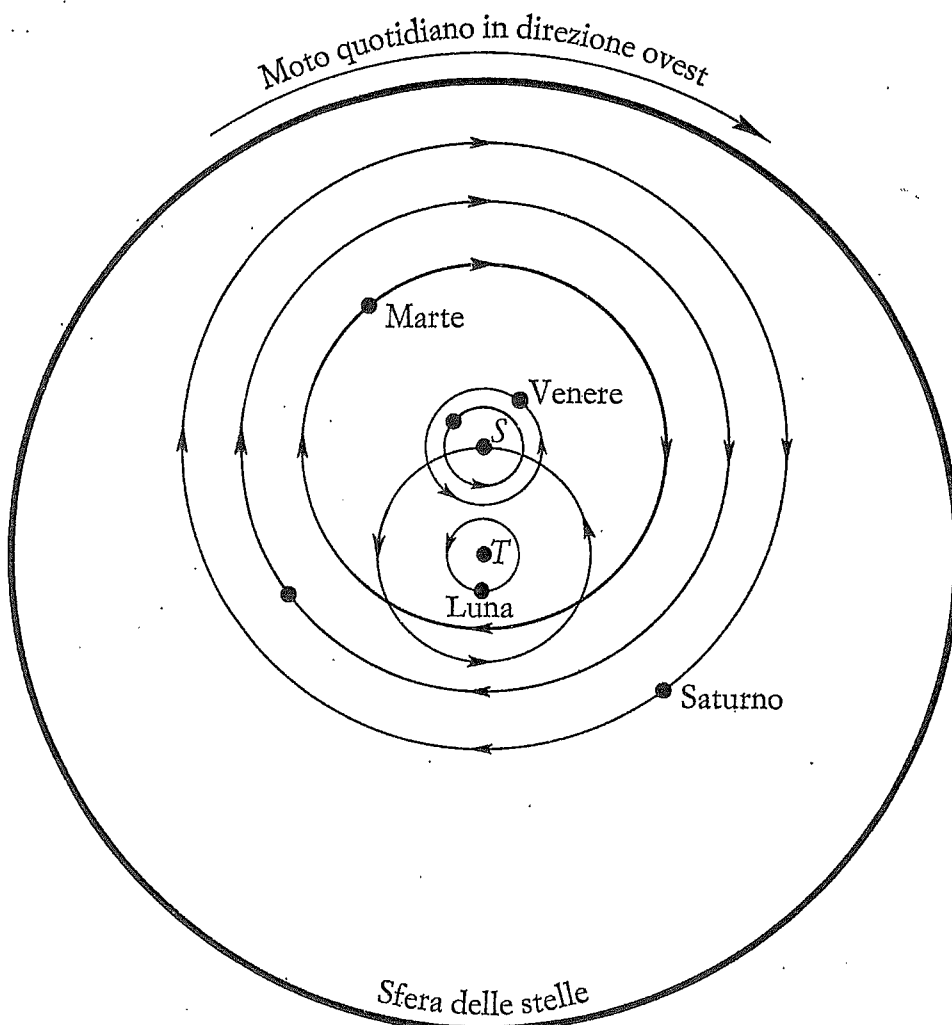
Determinazione delle dimensioni relative delle orbite nel sistema copernicano per un pianeta inferiore (a) e per un pianeta superiore (b).



nico », è illustrato in figura 37. La Terra è di nuovo ferma nel centro geometrico di una sfera stellare, la cui rotazione quotidiana spiega i circoli giornalieri delle stelle. Come nel sistema tolemaico, il Sole, la Luna e i pianeti sono fatti quotidianamente ruotare con le stelle in direzione ovest dalla sfera esterna e possiedono inoltre un loro proprio moto orbitale in direzione est. Nel disegno questi moti orbitali sono rappresentati da circoli, sebbene nel sistema ticonico completo si siano resi necessari anche epi-

Figura 37.

Il sistema ticonico. La Terra è di nuovo nel centro di una sfera stellare in rotazione, e la Luna e il Sole si muovono nelle loro vecchie orbite tolemaiche. Gli altri pianeti invece sono fissati su epicicli, il cui centro comune è il Sole.

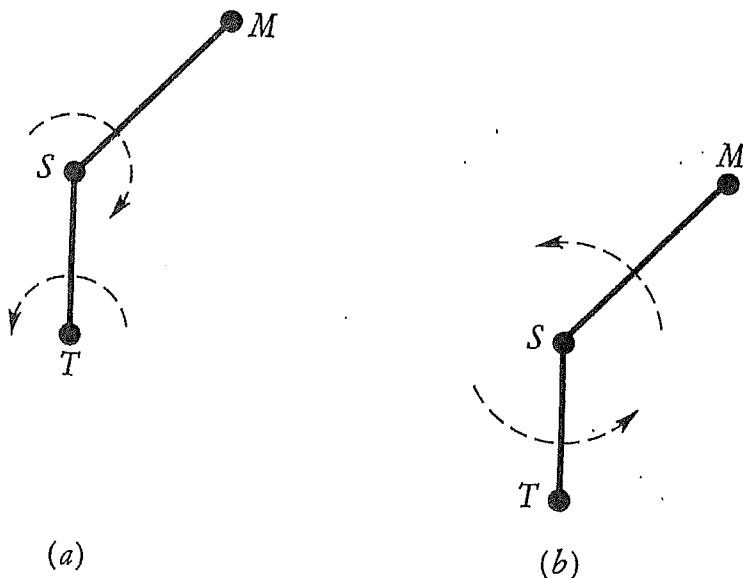


za determinata che lo fa ruotare in senso antiorario attorno alla Terra, mentre Marte è collegato al Sole da un'altra lancetta di lunghezza determinata che lo fa muovere in senso orario attorno al Sole. Poiché la lunghezza delle due lancette non varia durante il moto, il meccanismo ad orologeria produrrà esattamente le orbite circolari illustrate in figura 37.

Supponiamo ora che, senza interferire nei meccanismi che guidano le lancette in figura 38*a*, si sollevi tutto il complesso e poi lo si rimetta a posto con le lancette che ruotano come prima e con il Sole fissato nella posizione centrale occupata precedentemente dalla Terra. Tale situazione è illustrata in figura 38*b*. Le lancette hanno la stessa lunghezza di prima; sono fatte girare alle stesse ve-

Figura 38.

L'equivalenza geometrica del sistema ticonico (*a*) e del sistema copernicano (*b*). In (*a*) il Sole *S* è fatto ruotare in direzione est attorno alla Terra dalla lancetta rigida *TS*. Contemporaneamente il pianeta Marte è portato in direzione ovest attorno ad *S* dalla rotazione regolare della lancetta *SM*. Poiché *TS* ruota più velocemente di *SM*, il moto risultante di Marte è diretto verso est, fatta eccezione per il breve periodo in cui *SM* passa sopra *TS*. Nel secondo disegno (*b*) le stesse lancette ruotano attorno al Sole fisso *S*. Le *posizioni relative* di *T*, *S* ed *M* sono le stesse di quelle in (*a*) e restano le stesse durante la rotazione delle lancette nei due disegni. Si noti in modo particolare che in (*b*) l'angolo *TSM* diminuisce necessariamente come in (*a*), poiché *TS* ruota attorno al Sole più velocemente di *SM*.



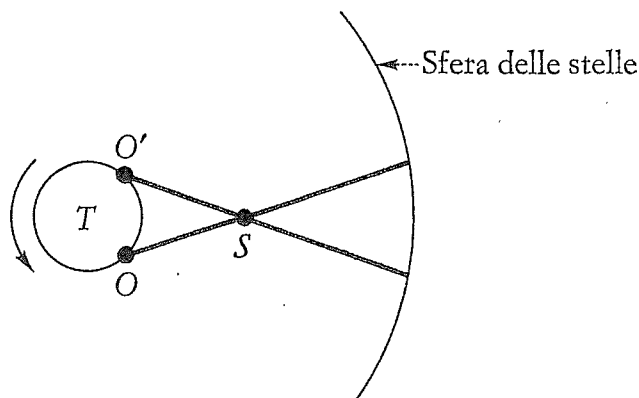
menti nelle regioni superlunari venne fornita dalle comete che Brahe osservò attentamente nel 1577, 1580, 1585, 1590, 1593 e 1596. Anche in queste osservazioni non fu rilevata alcuna parallasse misurabile e le comete quindi furono pure poste al di là della sfera lunare dove esse si muovevano nella regione occupata precedentemente dalle sfere cristalline.

Come le osservazioni della nuova stella, così le dissertazioni di Brahe sulle comete non riuscirono a convincere tutti i suoi contemporanei. Nelle prime decadi del secolo XVII Brahe venne spesso attaccato, e talora con la stessa acrimonia usata contro Copernico, da coloro i quali ritenevano che altri elementi di informazione provassero che le comete e le stelle nuove erano fenomeni sublunari e che

Figura 39.

Parallasse quotidiana di un corpo al di sotto delle stelle. Se S si trova fra la Terra e la sfera delle stelle, dovrebbe allora apparire in posizioni diverse sullo sfondo delle stelle quando venga osservato da osservatori terrestri posti in O e O' . Non è necessario che ci siano due osservatori. La rotazione in direzione est della Terra (oppure la corrispondente rotazione in direzione ovest del corpo osservato e della sfera delle stelle) porta in sei ore un osservatore da O ad O' ; in conseguenza della rotazione, il corpo S sembra cambiare continuamente di posizione e tornare dopo ventiquattro ore al suo punto di partenza fra le stelle. Se S fosse vicino quanto la Luna, il suo spostamento apparente in sei ore risulterebbe molto prossimo ad 1° . I corpi più lontani dalla Terra hanno spostamenti minori.

Con gli strumenti moderni questo procedimento può servire per determinare la distanza dalla Luna e dai pianeti; ma le osservazioni a occhio nudo non sono abbastanza precise per questa applicazione. Le grandi dimensioni della Luna e il suo veloce moto orbitale dissimulano l'effetto parallattico. I pianeti sono troppo lontani.



L'ASSIMI

quindi l'in-
ta. Ma Br
nomi che
un'incrina
luppò un
vano cont
mete brill
occhio nu
appartene
dall'osserv
le comete
più essere
una volta

In un m
te di Cope
teoria astr
ni, si trasfe
cana. Si p
strandò la
cerne le co
quanto str
nuove non
moto della
spiegate se
quanto da
to, prodott
stato il sis

Tuttavia
del tutto i
dal clima ic
no state vis
colo XVI. C
frequentem
chio nudo,
dagli osser
una second
terza nel 16
menti perfe
delle *Novae*
deviazione :

...a sperimentare alla sua forma moderna kepleriana. Due dei presupposti necessari all'opera di Kepler risultano già

Figura 40.

Le prime due leggi di Kepler. I disegni (a) e (b) definiscono l'ellisse: la curva geometrica lungo cui devono muoversi tutti i pianeti che seguono la prima legge di Kepler. In (a) l'ellisse è disegnata come la curva chiusa secondo cui un piano interseca un cono circolare. Quando il piano è perpendicolare all'asse del cono, l'intersezione diventa una circonferenza che è un caso particolare dell'ellisse. Quando il piano è inclinato, la curva d'intersezione si allunga assumendo forme più tipicamente ellittiche.

Il disegno (b) dà dell'ellisse una definizione più moderna e un po' più utile. Se si fissano le estremità di uno spago non teso a due punti F_1 e F_2 di un piano, e si inserisce nello spago una matita e poi la si fa muovere in modo che tenga lo spago in continua tensione, la punta della matita disegnerà un'ellisse. Cambiando la lunghezza dello spago oppure spostando, assieme o separatamente, i due fuochi F_1 e F_2 , la forma dell'ellisse cambia come per le variazioni d'inclinazione del piano nel disegno (a). La maggior parte delle orbite sono quasi circolari e i fuochi delle ellissi corrispondenti sono quindi molto vicini.

Il disegno (c) illustra la seconda legge di Kepler, che regola la velocità orbitale. Il Sole si trova in un fuoco dell'ellisse, come vuole la prima legge, ed il suo centro è collegato da segmenti di retta ad un certo numero di posizioni del pianeta P e P' , scelte in modo che i tre settori tratteggiati SPP' abbiano tutti la stessa superficie. La seconda legge stabilisce che, poiché le superfici sono uguali, il pianeta deve impiegare lo stesso tempo per percorrere ciascuno degli archi corrispondenti PP' . Quando si trova vicino al Sole, il pianeta deve muoversi con una velocità relativamente grande in modo che la linea corta SP copra nell'unità di tempo la stessa area coperta dalla linea più lunga SP quando il pianeta è più lontano dal Sole e si sposta più lentamente.

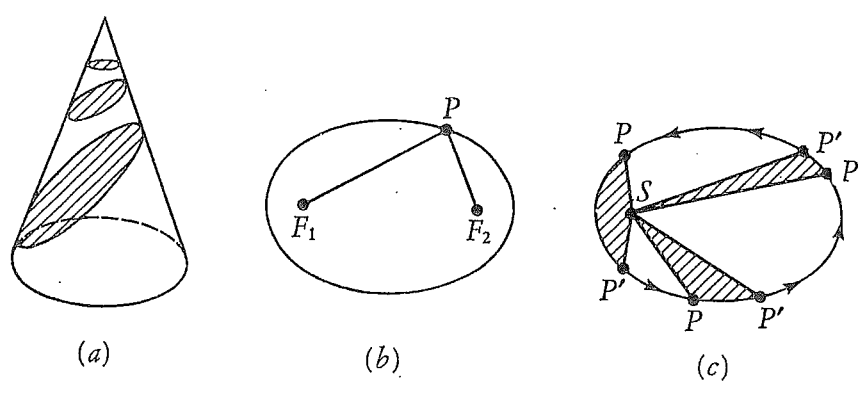
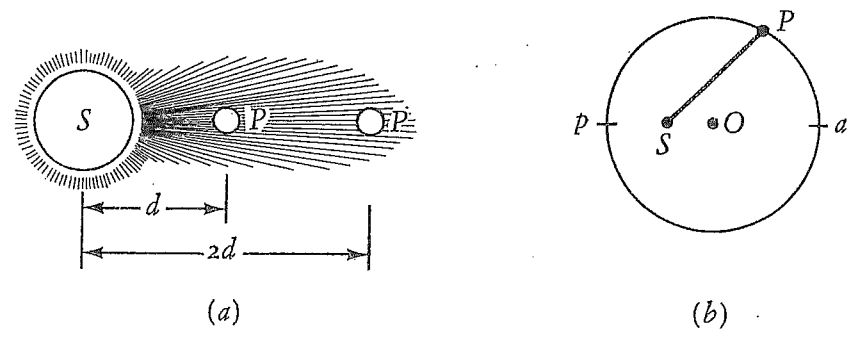


Figura 41.

La legge della velocità di Kepler nella sua formulazione più antica. Il disegno (a), che mostra i tipici raggi dell'anima motrix che emanano dal Sole, illustra la teoria fisica da cui Kepler derivò la legge. Il disegno (b) mostra come la legge potesse applicarsi ad un pianeta in movimento su di un circolo eccentrico.



...raminare
...ano in or-
...semplice
...ultati che
...[la Nuo-
...Praga nel
...e di tutti
...iva previ-
...te prima.
...risolto in

...finale del
...per noi)
...i si muo-
...a uno dei
...la prima
...atamente
...rima leg-
...in modo
...l pianeta
...rzioni di
...ri fonda-
...si soste-
...uniforme
...centro si
...eno ogni
...pedienti
...metrica,
...legge di
...ione dei
...isultano

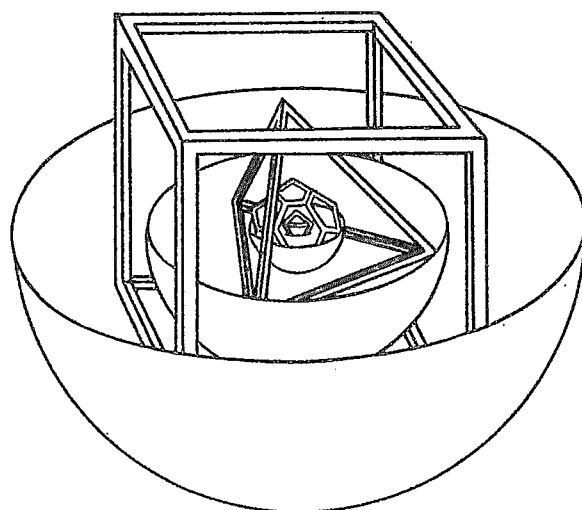
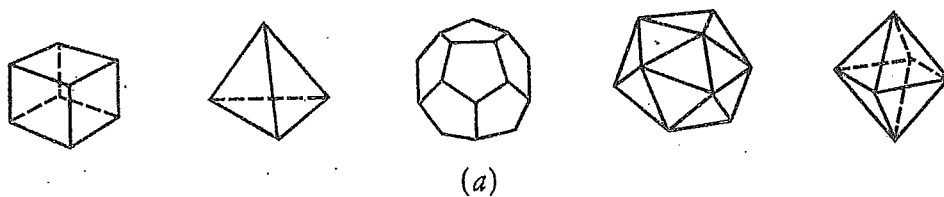
...o dalla
...ll'opera
...i Kepler
...tempo-
...cite nel-

...umora su
...questa con-
...intrinseche
...respingere
...di enorme
...do partico-
...dipende la
...solo al tipo
...ta più che
...aneti siano
...za motrice,
...resti raggi,
...nel piano
...si muove-
...vano ad ur-

e i cinque solidi regolari o « cosmici ». Essi sono i solidi illustrati in figura 42 *a*, i quali soli hanno la caratteristica che le facce di ciascun solido sono identiche e costituite unicamente da figure equilateri. Nell'antichità era stato dimostrato che ci potevano essere soltanto cinque solidi del genere: il cubo, il tetraedro, il dodecaedro, l'icosaedro e l'ottaedro. Kepler affermò che se la sfera di Saturno fosse circoscritta al cubo in cui risultasse inscritta la sfera di Giove e se il tetraedro fosse esattamente inscritto nella sfera di Giove con la sfera di Marte inscritta in esso, e così via per i tre rimanenti solidi e le tre rimanenti sfere, allora le dimensioni relative di tutte le sfere risulter-

Figura 42.

L'applicazione pratica data da Kepler ai cinque solidi regolari. Il disegno (*a*) mostra i solidi stessi. Essi sono, da sinistra a destra: il cubo, il tetraedro, il dodecaedro, l'icosaedro e l'ottaedro. Il loro ordine è quello che Kepler ha elaborato per giustificare le dimensioni delle sfere planetarie. Il disegno (*b*) mostra i solidi in questa loro applicazione. La sfera di Saturno è circoscritta al cubo, mentre la sfera di Giove è inscritta in esso. Il tetraedro è inscritto nella sfera di Giove e così via.



(b)

quattro lune principali di Giove e la loro scoperta diede una fortissima scossa all'immaginazione del secolo XVII. Fu chiaro che c'erano nuovi mondi « nei pianeti » come « nel firmamento ». E quel che è piú importante, non era possibile pensare, tanto nell'ipotesi tolemaica che in quella copernicana, che questi nuovi mondi si muovessero attorno al centro dell'universo in orbite approssimativamente circolari. Apparentemente essi si muovevano attorno ad un pianeta ed il loro comportamento era quindi

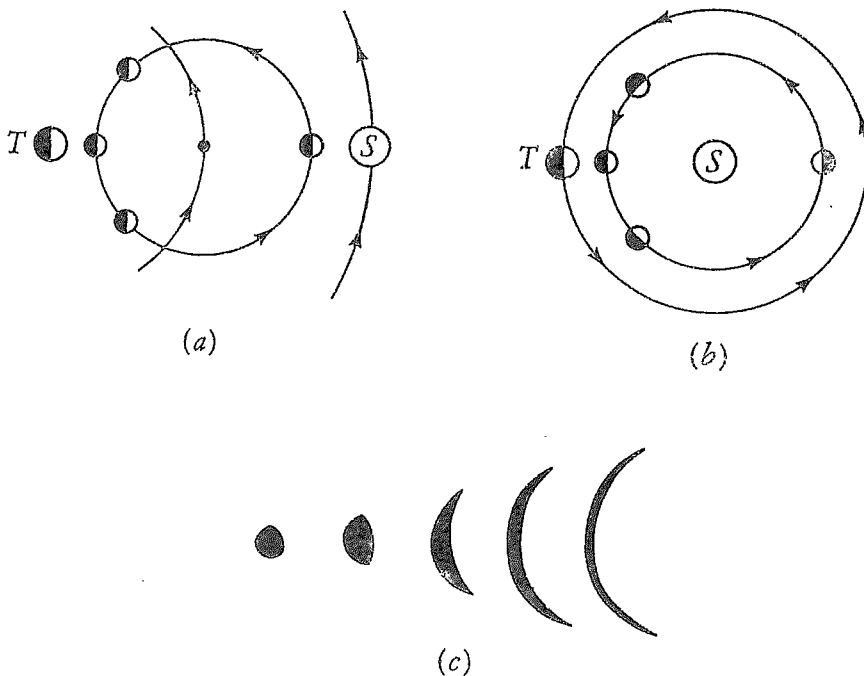
Figura 43.

Tre osservazioni successive di Giove e dei suoi satelliti effettuate a distanza di parecchi giorni. Il costante ridisporsi dei quattro piccoli satelliti secondo un certo ordine è spiegato nel modo piú semplice supponendo che i satelliti siano in continua rotazione attorno al pianeta maggiore.



Figura 44.

Le fasi di Venere nel sistema tolemaico (a), nel sistema copernicano (b), e come vengono osservate con un telescopio con piccolo potere d'ingrandimento (c). In (a) un osservatore sulla Terra non vedrebbe mai piú di un sottile semicerchio della faccia illuminata. In (b) egli vedrebbe quasi tutta la faccia di Venere illuminata, esattamente o dopo il passaggio di Venere dietro il Sole. Sulla sinistra della figura (c) è disegnata la sagoma quasi circolare di Venere che viene osservata con un telescopio a piccolo potere d'ingrandimento, quando il pianeta appare come stella della sera. Le altre figure tratte dall'osservazione e disegnate sulla destra mostrano come Venere sia in fase calante e, nel medesimo tempo, la grandezza della sua immagine aumenti quando il moto orbitale porta il pianeta piú vicino alla Terra.



lari, p
l'orbita
che si
il cent
le, allo
Terra
tro che
circon
vincola
quasi c
to le fa
sultere
ra trop
stingui
vedonc
scopio
ciente
la form
pianeta
La p

revisio
telesco
za cor
tuare
fettuar
sione c
rarono
passagi
spinti
no i pi
profeti
va. Av
fasi di
visto, a
sto incr
ne dell'
verso cl
frasi pit
Per g
del teles
sue Tab
efficaci,
Ma non
scopio e
colare c
una docu
matemat
uomini c
mia avre
e vedere

di osservare alcuna parallasse. Ma prima di Copernico, questa versione di un universo infinito aveva avuto ben poca rilevanza sulla pratica dell'astronomia o di qualsiasi altra scienza. Finché si pensò che i corpi celesti fossero in continuo movimento, non fu facile porli nello spazio infinito al di là della sfera piú esterna. Le funzioni di quello spazio erano teologiche e non fisiche o astronomiche.

Tuttavia, facendo star ferme le stelle, Copernico rese possibile attribuire allo spazio delle funzioni astronomiche e questa nuova libertà venne sfruttata per la prima volta una generazione circa dopo la pubblicazione del *De Revolutionibus*. Nel 1576 il copernicano inglese Thomas Digges introdusse il concetto di un universo infinito in una parafrasi, per altri versi fedele, del libro I di Copernico ed il risultato, riprodotto dall'illustrazione originale di Digges, vien mostrato in figura 45. Il nucleo centrale dell'universo è lo stesso dell'universo del *De Revolutionibus*, ma le stelle son state rimosse dalla superficie della sfera stellare stazionaria e sparse all'esterno attraverso lo spazio infinito postulato dalla piú antica tradizione cosmologica minoritaria. Sebbene pochi fra gli immediati successori di Copernico arrivassero all'ipotesi di Digges, molti di loro riconobbero che le stelle non dovevano piú stare su di una sfera e che le distanze fra le singole stelle e il Sole potevano variare senza che variasse il loro aspetto. Quando il telescopio di Galileo fece scoprire innumerevoli stelle nuove dove prima non ne era stata vista nessuna, la dispersione delle stelle attraverso uno spazio incommensurabilmente lontano parve quasi un fenomeno sperimentale agli astronomi meno legati alla tradizione.

Figura 45.

L'universo copernicano infinito di Thomas Digges, riprodotto dal suo *Perfit Description of the Caelestiall Orbes*, pubblicato nel 1576. Il disegno è simile a tutti gli altri schemi antichi dell'universo copernicano, fatta eccezione per le stelle che non son piú limitate alla superficie della sfera celeste. Non ci sono stelle dentro la sfera (se ve ne fossero si potrebbe osservare la parallasse stellare), ma lo spazio infinito al di là della sfera non è costellato. Si noti tuttavia che il Sole conserva ancora una posizione privilegiata e che la

distanza fra le stelle contigue è molto minore di quella esistente fra il Sole e la sfera celeste. Nell'universo di Digges il Sole non è esattamente una stella come le altre. [Diamo qui di seguito la versione italiana delle diciture: « Un'esatta descrizione delle sfere celesti | secondo l'antichissima teoria dei | pitagorici. || La sfera delle stelle fisse infinitamente eccelsa si estende sfericamente in altezza ed è quindi | l'immobile edificio della felicità, ornata di innumerevoli maestose luci, eternamente risplendenti, | di gran lunga superiori al nostro Sole in quantità e qualità, la vera corte degli angeli celesti; | priva di dolore e colma di assoluta ed eterna gioia; dimora degli eletti. || La sfera di Saturno che compie la sua rivoluzione in 30 anni. || La sfera di Giove che compie il suo periodo in 12 anni. || La sfera di Marte che compie la sua rivoluzione in 2 anni. || La gran sfera che porta questo globo di mortalità. | Il suo periodo circolare determina la lunghezza del nostro anno. || La sfera di Venere che compie un giro in 9 mesi. || La sfera di Mercurio in 80 giorni. || Il Sole »].

A perfit description of the Caelestiall Orbes,
according to the most auncient doctrine of the
Pythagoreans. &c.

