

COPERNICO E LA RIVOLUZIONE SCIENTIFICA

Come il *De Revolutionibus* ha cambiato la storia

di
GIOVANNI BRAZZELLI

INDICE

Introduzione.....	2
Capitolo 1: CONOSCENZE DIFFUSE SUL TEMA	4
Capitolo 2: IL <i>DE REVOLUTIONIBUS</i>	15
Bibliografia.....	24

INTRODUZIONE

La pubblicazione nel 1543 del *De revolutionibus Orbium Caelestium* di Copernico dà inizio a quello sconvolgimento del pensiero astronomico e cosmologico che si chiama la rivoluzione copernicana.

Il fatto che il Sole sia stazionario e la Terra in movimento è una delle più entusiasmanti scoperte della storia della scienza, ed è anche una delle più sconcertanti, perché è in conflitto con l'esperienza quotidiana.

Noi vediamo il Sole levarsi e tramontare e sentiamo che la Terra sotto i nostri piedi è solida e ferma. La teoria eliocentrica ha messo in crisi la stessa nozione di conoscenza basata sui sensi e ha aperto un nuovo modo di interpretare il mondo, fondato sul ragionamento matematico.

Questo è il perché il 1543, anno in cui apparve l'opera di Copernico *De revolutionibus Orbium Caelestium* (*Sulle rivoluzioni delle sfere celesti*) è assunto come la data in cui l'umanità varcò la soglia della rivoluzione scientifica.

Questa pubblicazione contenente questa ipotesi non poteva non mettere in agitazione la comunità scientifica dell'epoca: astronomi, filosofi, matematici, fisici ed ecclesiastici si divisero fra coloro che appoggiavano la nuova visione del mondo e coloro che la avversarono fin da subito.

Risulta molto interessante analizzare come i contemporanei si posero nei confronti della teoria copernicana: infatti va ricordato che il lavoro di Copernico vide la luce al tempo della Riforma e Controriforma e che la sua asserzione secondo cui la Terra si muoveva nello spazio, doveva essere confrontata con le affermazioni bibliche secondo le quali invece la Terra sarebbe rimasta immobile, ferma nel centro dell'universo (nella Sacra Scrittura si legge che Giosuè ordinò al Sole, e non alla Terra, di fermarsi.¹)

Nella sostanza si trattò quindi di una trasformazione dell'astronomia matematica, ma comportò mutamenti concettuali nel campo della cosmologia, della fisica, della filosofia e anche della religione.

A causa di questa sua complessità la rivoluzione copernicana offre un'occasione ideale per scoprire in che modo e con quale effetto concezioni peculiari di molti e differenti campi del sapere sono intrecciate in una singola costruzione di pensiero.

Copernico stesso era uno specialista, un astronomo impegnato a correggere le tecniche esoteriche usate per calcolare le tabelle delle posizioni dei pianeti, tuttavia l'indirizzo della sua ricerca fu spesso determinato da sviluppi del tutto estranei all'astronomia.

¹ Giosuè 10.13

Tra questi vi furono nuovi indirizzi medievali nello studio delle meteoriti, il risveglio rinascimentale di un'antica dottrina mistica che vedeva il Sole come l'immagine di Dio e i viaggi attraverso l'Atlantico che dilatarono gli orizzonti terrestri dell'uomo della Rinascenza.

Per le alte scienze la sua proposta sollevò semplicemente dei nuovi problemi e, finché questi non furono risolti, la concezione che l'astronomo aveva dell'universo rimase incompatibile con quella degli altri scienziati.

Durante il secolo XVII la riconciliazione di queste altre scienze con l'astronomia copernicana costituì un importante incentivo del generale fermento intellettuale, noto ora come la rivoluzione scientifica, grazie alla quale la scienza acquisì il nuovo grande ruolo che essa ha da allora avuto nello sviluppo della società e del pensiero in Occidente.

Le conseguenze in campo scientifico non esauriscono i significati della rivoluzione.

Copernico visse e operò in un periodo in cui i rapidi cambiamenti nella vita politica, economica e intellettuale preparavano i fondamenti della moderna civiltà europea e americana.

La sua dottrina planetaria e la concezione ad essa legata di un universo incentrato sul Sole furono strumenti del passaggio dalla società medievale alla moderna società occidentale, in quanto investivano apparentemente il rapporto dell'uomo con l'universo e con Dio.

Intrapresa come una revisione strettamente tecnica, ad alto livello matematico, dell'astronomia classica, la teoria copernicana diventò un centro focale delle terribili controversie in campo religioso, filosofico e nelle dottrine sociali che, nei due secoli successivi alla scoperta dell'America, fissarono l'orientamento del pensiero moderno.

Uomini che credevano che la loro dimora terrestre fosse soltanto un pianeta, ruotante ciecamente attorno a una fra miliardi di stelle, valutavano la loro posizione sul sistema cosmico ben diversamente dai loro predecessori che vedevano la Terra come l'unico centro focale della creazione divina.

La rivoluzione copernicana ebbe quindi parte nella trasformazione della concezione dei valori dell'uomo occidentale.

Proprio per i mutamenti così importanti introdotti dalla teoria di Copernico, si è scelto di dedicare a tale argomento questa tesina.

In particolare ci si propone di affrontare il tema della rivoluzione copernicana dando all'inizio un inquadramento generale riguardo le conoscenze astronomiche diffuse prima della nascita di Copernico, seguirà un capitolo nel quale si esamineranno gli aspetti fondamentali della rivoluzione copernicana e infine si cercherà di capire come tale argomentazione possa essere introdotta nella didattica di una scuola superiore.

CAPITOLO 1

CONOSCENZE DIFFUSE SUL TEMA

La rivoluzione copernicana come già detto, fu una rivoluzione di idee, una trasformazione delle conoscenze che l'uomo aveva dell'universo e del suo particolare rapporto con esso.

Nel 1543 Nicola Copernico propose di migliorare la precisione e la semplicità delle teorie astronomiche trasferendo al Sole molte funzioni astronomiche attribuite in precedenza alla Terra; egli, studente presso l'Università di Cracovia, intraprese il curriculum standard che comprendeva un'introduzione ai due principali modelli astronomici del tempo, quello aristotelico e quello tolemaico.

Essi, pur sostenendo entrambi che la Terra fosse ferma, descrivevano il moto dei pianeti in maniera diversa.

Prima di presentarli, dobbiamo innanzi tutto richiamare i principali fatti astronomici di cui gli antichi erano a conoscenza e a cui volevano trovare una spiegazione.

Nelle cosmologia primitive, i cieli sono disegnati semplicemente per inquadrare la Terra e sono popolati e mossi da figure mitologiche i cui poteri crescono con la distanza dall'immediato ambiente terrestre.

Prima della fine del II millennio a.C. i sumeri e gli egizi avevano cominciato ad osservare il moto del Sole; tali osservazioni fecero di questo un mezzo di misura del tempo e un regolatore del calendario.

Come indica la denominazione moderna dei solstizi e equinozi, lo spostarsi avanti e indietro sull'arco dell'orizzonte del punto in cui il Sole sorge, corrisponde al ciclo delle stagioni.

La maggior parte dei popoli antichi credeva quindi che il Sole controllasse le stagioni. Essi lo veneravano come una divinità e, nello stesso tempo, lo osservavano come regolatore del calendario, guida pratica del trascorrere delle stagioni che regolava la loro attività agricola.

I movimenti delle stelle sono molto più semplici di quelli del Sole. La loro regolarità non è tuttavia facilmente avvertibile, poiché un sistematico esame del cielo stellato esige la capacità di selezionare singole stelle per studiarle ripetutamente dovunque appaiano in cielo.

Nell'antichità le stelle erano parte integrante dell'ambiente dell'uomo e i corpi celesti svolgevano una funzione universale come misuratori del tempo; in tali circostanze la capacità di identificare le stelle nel cielo con uno sguardo era relativamente comune.

Uomini, che per le loro mansioni potevano osservare a lungo il cielo, avevano mentalmente ordinato le stelle in costellazioni cioè gruppi di stelle vicine che era possibile vedere e riconoscere secondo un determinato disegno simbolico.

I cerchi concentrici tracciati dai moti circumpolari delle stelle sono noti come i loro cerchi giornalieri e quotidiani e le stelle ruotano in questi cerchi alla velocità di 15° all'ora.

Nessuna stella completa una circunvoluzione fra il tramonto e l'alba, ma un osservatore che guardi le stelle boreali in una notte serena può seguirle in prossimità del polo all'incirca lungo un semicircolo, e nella notte successiva può ritrovarle che si spostano lungo i medesimi cerchi alla stessa velocità. Fin dall'antichità la maggior parte degli osservatori in grado di cogliere queste regolarità hanno naturalmente desunto che le stelle esistono e si muovono sia di giorno che di notte, e che di giorno la gran luce del Sole le rende invisibili ad occhio nudo. Poiché le stelle e il polo conservavano, con il trascorrere delle ore e delle notti, la medesima posizione relativa, possono essere definitivamente fissati sopra una carta dei cieli, una mappa delle stelle. Se la posizione del Sole viene determinata giorno per giorno su una mappa stellare e i punti che contrassegnano le posizioni successive di sera vengono collegati tra loro, si ottiene una curva regolare che si chiude su se stessa al termine di un anno.

Questa curva, denominata eclittica, corrisponde alla linea tratteggiata sulla mappa stellare della figura 1.1.

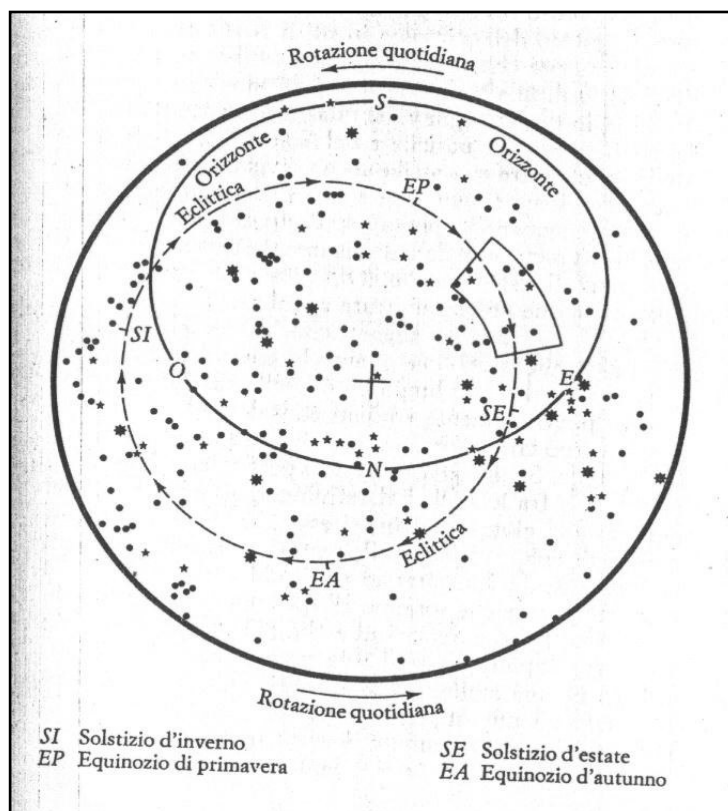


Fig.1.1:Mappa delle stelle circumpolari, comprendente tutte le maggiori stelle visibili in qualche istante da un osservatore che si trovi a circa 45° di latitudine nord. La croce al centro della figura indica la posizione del polo celeste

Il Sole si trova sempre in qualche punto di questa linea. Poiché l'eclittica viene portata velocemente attraverso i cieli dal normale moto quotidiano delle stelle, il Sole è trascinato assieme ad essa e sorge e tramonta come una stella che si trovi in qualche punto della linea.

Ma, nel medesimo tempo, il Sole si sposta lentamente lungo l'eclittica e viene ad occupare, ogni giorno, ora e minuto, una posizione leggermente diversa. Così il complesso moto elicoidale del Sole può essere analizzato come risultante di due moti molto più semplici: il suo moto giornaliero e un contemporaneo lento spostamento in direzione est lungo l'eclittica.

Tutte queste osservazioni costituiscono una parte importante dei dati usati dagli antichi astronomi per analizzare la struttura dell'universo. Tuttavia non forniscono alcuna informazione strutturale, non dicono nulla sulla composizione dei moti celesti, sono quindi soltanto chiavi di un enigma, per il quale le teorie escogitate dagli astronomi costituiscono tentativi di soluzione.

La tradizione per cui dettagliate osservazioni astronomiche possono fornire le guide principali del pensiero cosmologico, è nata con la civiltà occidentale.

Un certo impegno nell'interpretare osservazioni di stelle e pianeti è evidente nei più antichi frammenti che abbiamo del pensiero cosmologico dei Greci.

Per la maggior parte degli astronomi e filosofi Greci, dal IV secolo in avanti, la Terra era una minuscola sfera sospesa e ferma nel centro geometrico di una sfera molto più grande e rotante, che portava le stelle. Il Sole si muoveva nel vasto spazio fra la Terra e la sfera delle stelle e al di fuori della sfera esteriore non c'era nulla: né spazio, né materia.

Questa non fu nell'antichità la sola teoria dell'universo, ma fu quella che ebbe più seguaci e della quale il mondo medievale e moderno ebbero in eredità dagli antichi una versione sviluppata.

Si tratta della teoria dell'universo a due sfere che fu ideata dall'astronomo greco Eudosso e fu poi incorporata nella filosofia naturale di Aristotele, per questo è generalmente nota come modello aristotelico.

L'essenza del sistema è che ciascun pianeta è mosso da diverse sfere tra loro connesse, dette sfere "omocentriche" per il fatto di avere lo stesso centro.

Il pianeta è fissato ad una sfera il cui asse è collegato con l'interno di un'altra sfera, il cui asse è connesso a sua volta a una terza sfera e così via.

Postulando un numero sufficiente di sfere, sistemando gli assi a opportuni angoli e variando la velocità di rotazione, Eudosso era in grado di descrivere le osservazioni con buona approssimazione.

Poiché il moto era comunicato alle sfere interne meccanicamente, per contatto, si evitava la presenza di un imbarazzante vuoto tra le sfere.

Per evitare che una qualunque sfera associata ad un particolare pianeta trasmettesse il suo moto a tutte le sfere sottostanti, Eudosso aveva introdotto, tra il sistema di ogni pianeta e quello del pianeta

successivo, delle sfere di compensazione che ruotavano attorno allo stesso asse e con lo stesso periodo delle sfere planetarie, ma in direzione opposta.

In tutto esistevano 55 sfere planetarie o di compensazione, e una sfera delle stelle fisse, per un totale di 56.

La figura seguente (fig. 1.2) dovrebbe aiutare a comprendere questo sistema applicato al pianeta P che si suppone essere Saturno.

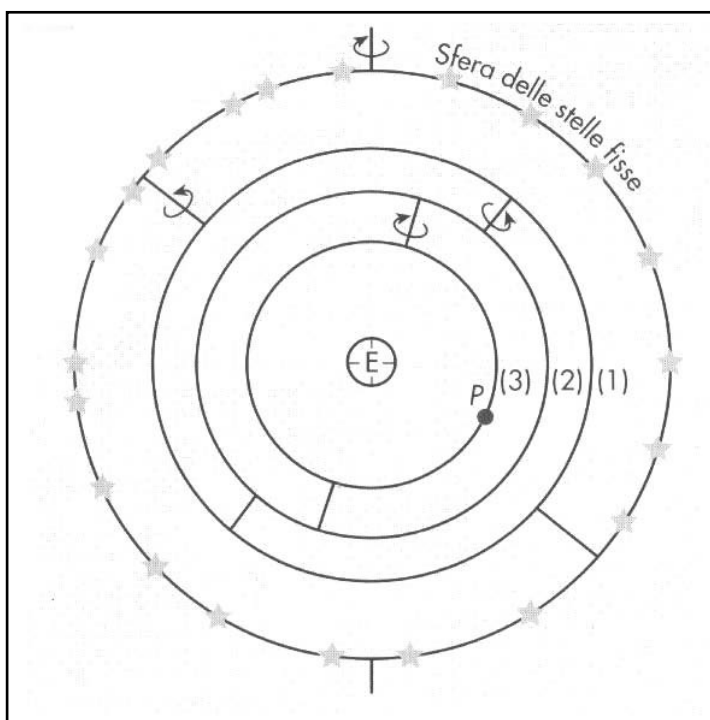


Fig.1.2.:Schema del meccanismo delle sfere omocentriche ipotizzato da Eudosso

La Sfera più esterna è la sfera delle stelle fisse, che ruota quotidianamente da est a ovest attorno ad un'asse nord-sud che passa per il centro della Terra e che rimane immobile.

Questa sfera dà ragione del sorgere e tramontare quotidiano delle stelle fisse e del pianeta considerato.

All'interno della sfera delle stelle fisse vi sono altre tre sfere le quali rendono conto dei moti annuali del pianeta rispetto allo sfondo delle stelle fisse.

La sfera (1) è responsabile del movimento annuale del pianeta da ovest a est, lungo un cerchio massimo attorno allo Zodiaco: una striscia immaginaria che si estende per un arco di 8° da ambo le parti dell'eclittica.

Le sfere (2) e (3) rendono conto di stazioni e moti retrogradi annuali del pianeta, come pure di alcune variazioni di latitudine.

I poli delle sfere (2) e (3) giacciono nella banda dello Zodiaco, cioè sull'equatore di (1).

Il pianeta P viene trasportato lungo l'equatore dalla sfera (3); il moto composto di (2) e (3) induce P a muoversi lungo una curva nota in greco come "hippopede" (cioè "pastoia") per la somiglianza del moto apparentemente avvolto su se stesso dei pianeti con la traccia lasciata da un cavallo impastoiato.

Le sfere del pianeta successivo, Giove, sarebbero state interne alla sfera che trasportava Saturno, mentre la sfera più esterna del sistema di Giove ruotava quotidianamente allo stesso modo della sfera delle stelle fisse. All'interno di Giove si sarebbero trovate le sfere dei restanti pianeti.

Il sistema delle sfere omocentriche forniva una stima grossolana della posizione dei pianeti, ma soffriva di un'intrinseca debolezza: l'assunzione che la distanza di un pianeta dalla Terra fosse costante, che implicava che essi non potessero né avvicinarsi né allontanarsi da questa, impedendo così di spiegare nel modo più semplice le variazioni della loro luminosità e dimensione apparente.

Tuttavia, questa concezione a due sfere fu quella più accettata, soprattutto dagli astronomi, e quella che più tardi fu per prima ereditata dalla civiltà occidentale.

I Greci, infatti, potevano solo contare sull'osservazione a occhio nudo, la quale si adatta benissimo all'universo a due sfere e non esiste per essa alcuna spiegazione più naturale; non è quindi difficile capire perché gli antichi credessero nell'universo a due sfere nonostante le sue debolezze.

Successivamente nel II secolo l'astronomo alessandrino Claudio Tolomeo trovò un modo per superare le difficoltà insite nel sistema delle sfere concentriche.

Il suo lavoro è generalmente ricordato con il nome che venne dato alla sua traduzione medievale in arabo, *Almagesto* (ossia "il più grande").

E' davvero il massimo lavoro astronomico sopravvissuto dall'antichità ed espone in dettaglio i metodi geometrici per calcolare come si spostano in cielo il Sole, la Luna e i pianeti.

Il risultato è impressionante, ed è raggiunto con l'aiuto di tre espedienti principali: l'eccentrico, l'epiciclo e l'equante; la prima innovazione è introdotta da Ipparco, astronomo del II secolo a.C.

Se, come i greci, considerassimo perfetto il moto circolare uniforme, ci augureremmo che un pianeta si sposti sempre alla stessa velocità e alla stessa distanza dalla Terra.

Invece essi si muovono a volte più velocemente, e talvolta sembrano più vicini; Ipparco superò questa difficoltà rendendo la Terra eccentrica, cioè spostandola fuori dal centro.

Quindi, osservando la figura 1.3, la Terra non si trova più in C, centro esatto del cerchio di rivoluzione, ma in T, così che quando il pianeta è più vicino alla Terra (nel punto indicato come perigeo), appare più brillante e sembra muoversi più velocemente, mentre quando è più distante dalla Terra (all'apogeo) brilla meno, appare più piccolo e più lento.

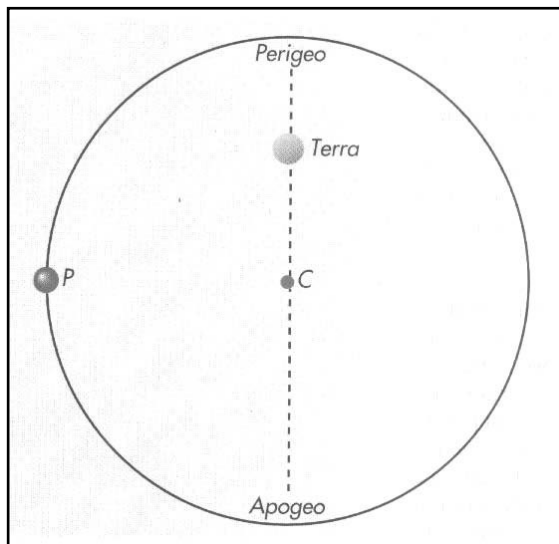


Fig.1.3.:Nozione di eccentrico

Se Ipparco aveva pensato all'eccentrico, Apollonio di Perge, matematico del III secolo a.C., ebbe un'idea altrettanto brillante: porre il pianeta su una circonferenza chiamata epiciclo, la quale era fissata a un'altra circonferenza chiamata "deferente", o circonferenza di sostegno.

Nella figura 1.4 il punto P si muove uniformemente lungo il deferente, mentre un secondo punto Q si sposta lungo l'epiciclo, il quale ha P come proprio centro, con una velocità uniforme differente.

Il risultato è che Q traccia una curva con una serie di cappi e cuspidi.

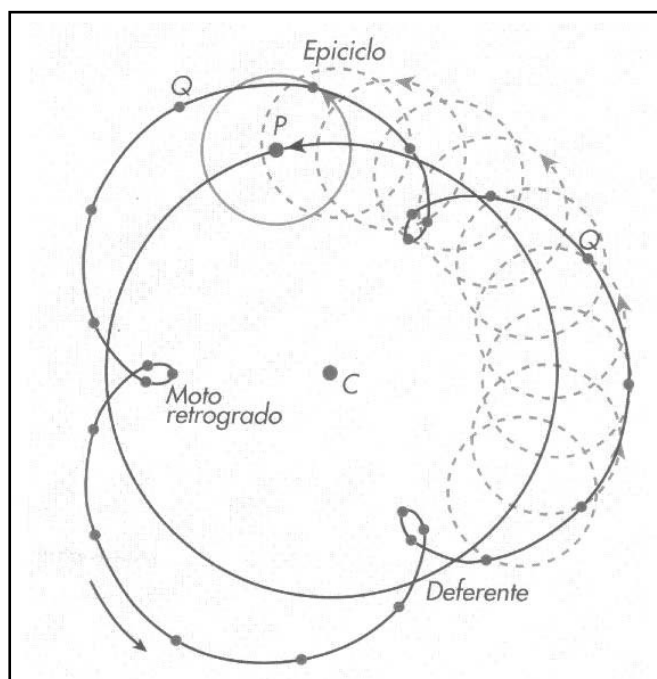


Fig.1.4.:Nozione di epiciclo e deferente

E' chiaro che la curva risultante dalla combinazione di epiciclo e deferente è tale che, percorrendola, il pianeta si trova a volte più vicino e a volte più lontano dal centro, e che, quando un pianeta è all'interno del cappio, un osservatore posto in C lo vede muoversi di moto retrogrado.

Lo spostamento eccentrico o la combinazione di epiciclo e deferente potevano entrambi dare ragione dell'orbita apparentemente irregolare dei pianeti, ma, poiché l'epiciclo e il deferente si muovevano a velocità costanti, restava il problema di giustificare le variazioni apparenti nel comportamento dei pianeti, che a volte sembravano accelerare e a volte rallentare.

Tolomeo era un geometra provetto e sapeva come determinare un punto, detto equante, all'interno di un cerchio da cui la velocità del pianeta apparisse uniforme; tale punto non è il solito centro di qualche rivoluzione, ma un utile artificio.

Questi calcoli di Tolomeo davano risultati molto buoni, ma erano fatti in modo curioso.

Tolomeo infatti considerava una singola costruzione alla volta, e operava come se tutti gli altri aspetti del moto del pianeta fossero irrilevanti al fine di quello che stava facendo.

Possiamo vederlo nel caso della Luna: Tolomeo fa un ottimo lavoro per dare conto della sua velocità, assegnando alla Luna un epiciclo ampio, ma trascura, in questo contesto, una conseguenza assai seria, cioè che in quel caso, il diametro apparente della Luna sarebbe molto maggiore di quello che si osserva realmente.

Per venire a capo del problema Tolomeo ha bisogno di un'altra costruzione, che è incoerente con la prima.

Nell'*Almagesto* non troviamo un insieme di costruzioni geometriche che sia in grado di dare conto di tutti i movimenti di un pianeta contemporaneamente, e tanto meno del moto di tutti i pianeti!

Quali erano dunque le intenzioni di Tolomeo? Di sicuro non era alla ricerca di una teoria completa, sembrava invece convinto che il proprio lavoro fosse quello di "salvare le apparenze", cioè di dare conto di come i corpi celesti apparissero, e non di offrire una spiegazione fisica del loro moto.

Se un dato pianeta mostrava un'irregolarità nella velocità e un'altra nella dimensione apparente, l'astronomo era libero di spiegare la prima con un epiciclo e la seconda con un eccentrico, o viceversa.

Tolomeo non si pose mai il problema della realtà di queste costruzioni.

Dal punto di vista di un fisico, l'equante è un artificio insoddisfacente, può anche funzionare matematicamente, ma contiene in sé qualcosa di irrazionale, e proprio questa caratteristica dell'astronomia tolemaica servirà come punto di partenza per l'attacco sferrato da Copernico nella prima pagina del suo *Commentariolus*, dove si legge: " un sistema di questo tipo non sembra né sufficientemente assoluto, né sufficientemente piacevole alla nostra ragione".

La locuzione “moto circolare uniforme” aveva per Copernico un significato letterale: indicava una velocità costante attorno ad un centro, non un moto attorno a un centro e una uniformità fittizia rispetto ad un altro punto.

Nell’offrire una soluzione astronomica spuria, l’equante sollevava un problema fisico fastidioso.

Ma se si intende solo compilare tavole con la posizione dei corpi celesti le costruzioni di Tolomeo funzionavano perfettamente.

Per la prima volta nella storia, l’*Almagesto* mostrava come convertire dati osservativi specifici in parametri numerici da utilizzare con i modelli planetari per produrre tavole atte a calcolare la posizione del Sole, della Luna e dei pianeti.

Nell’arco di tempo che va da Tolomeo a Copernico, pare che le persone più colte, astronomi compresi, abbiano creduto per lo meno ad una versione spuria delle sfere di Aristotele.

Essi ammettevano l’esistenza di un involucro sferico per le stelle e di un altro per ciascun pianeta e supponevano che ogni involucro planetario avesse uno spessore esattamente sufficiente a far sì che il pianeta stesse sulla superficie interna quand’era alla minima distanza dalla Terra e sulla superficie esterna quand’era alla massima distanza.

Cinque secoli o più dopo la morte di Aristotele, questa concezione degli spessi involucri sferici inseriti l’uno dentro l’altro fornì all’astronomia dell’epoca postolemaica un importante studio tecnico. Mise in grado gli astronomi di calcolare le dimensioni reali delle singole sfere planetarie e conseguentemente dell’universo nel suo insieme.

Quindi Aristotele, il più grande scienziato e filosofo dell’antichità, aveva affermato che la Terra è immobile e la sua parola fu presa immensamente sul serio dai suoi successori, per molti dei quali egli diventò “il Filosofo”, la più alta autorità in tutte le questioni di scienza e cosmologia.

Tuttavia, l’autorità di Aristotele, per quanto importante, costituisce solo un principio di risposta, poiché Aristotele disse molte cose che poi, più tardi, filosofi e scienziati non ebbero la minima difficoltà a respingere.

L’elenco delle modifiche effettuate negli insegnamenti originali di Aristotele è pressoché senza fine, ed alcune di queste modifiche non furono affatto di poco conto, anzi, alcune di queste critiche ebbero un ruolo diretto nella rivoluzione copernicana. L’universo aristotelico non sopravvisse alla modifica che fece della Terra un pianeta.

Copernico tentò di progettare un universo aristotelico attorno ad una Terra in movimento, ma non riuscì nel suo intento; infatti non era in grado di farlo senza sconvolgere nel processo le basi ormai accettate della fisica terrestre.

La visione aristotelica del mondo fu la fonte e il sostegno singolo più importante della tradizione precopernicana, ma il giorno di Aristotele non è il nostro giorno, e si rende quindi necessaria una

effettiva trasposizione mentale per accostarsi ai suoi scritti, in modo particolare a quelli che si occupano di cosmologia e di fisica.

Aristotele fu l'ultimo grande cosmologo dell'antichità e Tolomeo, vissuto quasi cinque secoli dopo, ne fu l'ultimo grande astronomo.

Copernico sembra essere il loro erede diretto, poiché nei tredici secoli che separano la morte di Tolomeo dalla nascita di Copernico, la loro opera non subì alcuna trasformazione vasta e duratura.

Giacché Copernico cominciò laddove Tolomeo si era fermato, molta gente ritiene che durante i secoli intercorsi tra le loro vite la scienza non sia esistita.

In realtà vi fu un'attività scientifica grande e intensa la quale ebbe un ruolo fondamentale per l'affermarsi della rivoluzione copernicana.

I maestri di Copernico pensavano che la struttura dell'universo fosse ancora quella descritta da Aristotele e Tolomeo, ma ne davano una valutazione diversa.

In particolare il distacco dell'Occidente dalla scienza antica si verificò in due fasi: la prima fu un lento declino della qualità e quantità dell'attività scientifica; la seconda fu la vera e propria scomparsa della cultura tradizionale.

L'astronomo Tolomeo e il medico Galeno furono le ultime due figure della scienza antica e vissero entrambi nel secondo secolo dopo Cristo; dopo di loro le maggiori opere scientifiche dell'Occidente furono commentari ed enciclopedie, l'attività era quasi completamente cessata, l'Europa era entrata nei secoli bui.

L'invasione islamica spostò il centro geografico della cristianità europea dal Mediterraneo verso il nord, accentuando così il continuo declino della cultura occidentale.

Durante il secolo VII gli europei furono persino privati dei documenti in cui l'antica tradizione culturale era conservata, fu così che Tolomeo era quasi del tutto sconosciuto e Aristotele era rappresentato unicamente da poche righe di logica.

Durante i secoli in cui la cultura europea toccò i suoi più bassi livelli si ebbe un grande risveglio della scienza nel mondo islamico, che si allargò rapidamente divenendo un impero mediterraneo che ricevette in eredità i manoscritti e la tradizione che la cristianità aveva perduto.

Tuttavia raramente i mussulmani furono degli innovatori nelle dottrine scientifiche ma furono importanti soprattutto per il fatto che hanno salvato e moltiplicato i documenti dell'antica scienza greca.

Gli europei riscoprirono così l'antica cultura dell'Islam durante un periodo di generale risveglio in Europa che rese così diverso il clima del tardo Medioevo rispetto a quello dei secoli bui.

La riscoperta dell'astronomia antica costituì una parte del recupero della scienza e filosofia del mondo antico. L'*Almagesto* di Tolomeo e gran parte degli scritti di Aristotele vennero tradotti in

latino durante il secolo XII, e poi furono introdotti regolarmente, seppure con qualche limitazione, nei corsi di studio delle università medioevali.

Il compito dello studioso medioevale fu complicato ulteriormente da una prospettiva storica distorta. Egli mirava a ricostruire un vasto e coerente sistema del sapere umano modellato su quello di Aristotele, e non sapeva sempre rendersi conto che “il mondo antico” aveva avuto delle opinioni differenti su una gran quantità di questioni di dettaglio.

Questa disarmonia ebbe un ruolo fondamentale nello sviluppo dell’astronomia: il conflitto apparente tra le sfere della cosmologia aristotelica e gli epicicli e deferenti dell’astronomia tolemaica.

Il *De Caelo* di Aristotele descriveva l’intero universo in termini relativamente semplici, il complesso *Almagesto* di Tolomeo si occupava, in gran parte, unicamente del calcolo della posizione dei pianeti.

Pertanto la filosofia e la cosmologia di Aristotele furono assimilate molto più rapidamente dell’elaborata astronomia tolemaica.

Ma gli europei non crearono alcuna tradizione astronomica in grado di competere con quella tolemaica fino alla metà del XV secolo.

Sino a vent’anni prima della nascita di Copernico si ebbero pochi esempi concreti di astronomia planetaria tecnicamente valida.

Per gli europei della generazione di Copernico, l’astronomia planetaria fu un campo pressoché nuovo e venne praticata in un ambiente intellettuale e sociale diverso da quello cui appartenevano gli astronomi precedenti.

Poiché gli stereotipi vengono abbandonati più facilmente nei periodi di grande fermento, la turbolenza dell’Europa durante il Rinascimento e la Riforma favorì l’innovazione astronomica di Copernico.

Il Rinascimento fu, ad esempio, un periodo di viaggi e di esplorazioni.

Cinquant’anni prima della nascita di Copernico, i viaggi dei portoghesi lungo le coste dell’Africa avevano cominciato ad accendere l’immaginazione e l’avidità di ricchezze degli europei.

Il primo approdo di Colombo in America, avvenuto quando Copernico aveva diciannove anni, chiuse soltanto questa prima serie di esplorazioni e gettò le basi per una nuova serie.

Affinché i viaggi avessero successo, si rendeva necessario che le mappe e le tecniche di navigazione fossero perfezionate: il che dipendeva in parte da una migliore conoscenza dei cieli.

L’esplorazione contribuì quindi a creare in Europa una richiesta di astronomi capaci e, con ciò, modificò parzialmente la loro disposizione mentale verso la loro scienza.

Gli uomini apprendevano quanto potevano essere sbagliate le antiche descrizioni della Terra e in particolare essi apprendevano quanto era sbagliato Tolomeo, che era stato il più grande geografo e astronomo dell'antichità.

Gli studiosi del secolo XV aiutarono gli immediati predecessori di Copernico a rendersi conto che era tempo di cambiare.

Esistono altri aspetti del Rinascimento, di carattere più intellettuale, che ebbero nella rivoluzione un ruolo un po' diverso.

Essi si ricollegano all'umanesimo, il movimento culturale dominante dell'epoca, e, più che sui tempi della rivoluzione, ebbero influenza sulla sua struttura. L'umanesimo non era soprattutto un movimento scientifico, gli stessi umanisti si trovavano spesso in aspro contrasto con Aristotele.

Le loro fonti erano costituite dai classici della letteratura da poco riscoperti e, come gli uomini di lettere di altre epoche, molti di essi rifiutavano l'avventura scientifica nel suo complesso.

Gli umanisti non riuscirono tuttavia a fermare il cammino della scienza.

Durante il Rinascimento, una tradizione umanistica predominante al di fuori delle università ebbe vita accanto alla tradizione scientifica che continuava a svilupparsi entro le mura degli atenei.

Di conseguenza, il primo effetto in campo scientifico della dogmatica antiaristotelica degli umanisti fu quello di facilitare ad altri la rottura con i concetti fondamentali della scienza di Aristotele.

Un secondo e più importante aspetto fu il sorprendente incremento dato alla scienza dalla forte tensione ultraterrena che caratterizzava il pensiero umanistico. Da questo aspetto dell'umanesimo, alcuni scienziati rinascimentali, come Copernico, Galileo e Keplero, pare abbiano tratto due concezioni decisamente antiaristoteliche: una nuova fede nella possibilità e importanza di scoprire nella natura semplici regolarità aritmetiche e geometriche, e una nuova concezione del Sole come sorgente di ogni principio e forza vitale dell'universo.

Fu in un contesto del genere che Copernico mosse i primi passi che portarono alla sua grande rivoluzione che verrà analizzata nei suoi aspetti nel capitolo successivo.

CAPITOLO 2

IL *DE REVOLUTIONIBUS*

1. *La struttura del libro*

Il lettore che conosceva l'*Almagesto* di Tolomeo non poteva certamente rimanere sorpreso analizzando il libro di Copernico. La struttura del *De Revolutionibus* è infatti plasmata su quella dell'*Almagesto* di Tolomeo; l'opera è divisa in sei libri, che seguono la dedica al Papa Paolo III. Il primo libro offre uno schema generale del nuovo sistema, e termina con una discussione sui triangoli piani e sferici; il secondo libro tratta di astronomia sferica; il terzo analizza la precessione degli equinozi e il moto della Terra; il quarto libro prende in esame la teoria del moto della Luna; il quinto spiega il moto dei pianeti in longitudine; infine il sesto tratta del loro moto in latitudine. Ad eccezione del libro I introduttivo, il *De Revolutionibus* è incomprensibile a tutti tranne che agli astronomi eruditi del suo tempo, e come vedremo più avanti, questa è stata la sua "fortuna". Infatti l'opposizione ad un'opera più comprensibile si sarebbe organizzata più in fretta e non avrebbe permesso il diffondersi dei concetti chiave. All'inizio, al di fuori del mondo astronomico, il *De Revolutionibus* sollevò ben poco fermento; quando poi si sviluppò una massiccia opposizione laica ed ecclesiastica, gran parte degli astronomi erano già entrati in contatto con la nuova teoria e si erano già resi conto dell'impossibilità a rinunciare ai procedimenti matematici proposti da "l'uomo più colto che si possa ricordare insieme ad Aristotele e Tolomeo"¹. Quindi la vittoria finale del *De Revolutionibus* fu ottenuta per infiltrazione, sebbene lo stesso Copernico non abbia potuto intervenire a difesa della sua opera, pubblicata nel 1543, anno stesso della sua morte. Il successo dell'opera non significò però l'accettazione immediata della sua tesi centrale: la convinzione della maggior parte degli astronomi dell'epoca dell'immobilità della Terra non venne scossa dalla nuova teoria e gli stessi autori che utilizzavano i diagrammi di Copernico ignoravano il moto della Terra o ne respingevano l'idea come assurda².

¹ Secondo quanto afferma Erasmus Reinhold (1511-53) nella prefazione delle *Tabulae Prutenicae*.

² Thomas Blundeville scrisse: Copernico afferma che la Terra gira e il Sole se ne sta fermo nel centro dei cieli, e con l'aiuto di questa falsa ipotesi egli è riuscito a dare dimostrazioni più esatte di quanto non si sia mai fatto prima dei movimenti e delle rivoluzioni delle sfere celesti, come risulta nello studio di Francis R. Johnson, *Astronomical Thought in Renaissance England*, Baltimore, 1937.

2. La prefazione di Copernico

Nell'opera di Copernico la concezione rivoluzionaria del moto della Terra costituisce inizialmente un risultato "collaterale" e anomalo del tentativo di riformare e rendere più precise le tecniche usate nel calcolo della posizione dei pianeti. Questo concetto può essere rilevato nella dedica al Papa Paolo III che egli premise alla sua opera: Copernico scrive che "... non voglio nascondere alla Santità Vostra che io sono stato indotto a pensare ad un altro metodo di calcolo per il moto delle sfere, soltanto dall'aver raggiunto la consapevolezza che i matematici non hanno idee chiare intorno a questi moti"³. Quindi esiste una grande sproporzione fra l'obiettivo che fu la causa dell'innovazione copernicana e l'innovazione stessa. Nella stessa prefazione Copernico spiega il motivo per cui abbia aspettato tanto prima di dare alle stampe il proprio lavoro: temeva di rendersi ridicolo e si era rattristato quando Gnapheus lo aveva preso in giro in una commedia. Infatti scrive che "... ho avuto a lungo il dubbio se rendere pubblici i miei commentari per dimostrare il moto della Terra oppure se fosse in realtà più conveniente seguire l'esempio dei pitagorici e di taluni altri che avevano l'abitudine di trasmettere i misteri della filosofia soltanto a parenti e amici, non per iscritto ma a voce..." Le continue insistenze degli amici portarono Copernico alla fine a pubblicare il suo lavoro: fu Retico che nel 1539 convinse Copernico alla pubblicazione, dopo aver letto una versione del suo libro alquanto vicina al sopravvissuto documento olografo di Copernico. Infatti nella prefazione sostiene che "non avrei mai acconsentito a far pubblicare il mio lavoro, se non fosse stato per le pressioni degli amici e di altri scelti uomini di grande cultura" (cioè il cardinale Schoenberg e Tiedemann Giese, vescovo di Kulm). I dubbi di Copernico derivavano dal fatto che aveva compreso di non poter provare il moto della Terra, ma di poterne solo sostenere la ragionevolezza con maggiore o minore capacità di persuasione: egli era certo di avere ragione, però non poteva dimostrarlo con una prova decisiva e inconfutabile.

3. "E sebbene l'idea mi sembrasse assurda..."

Copernico si era reso conto che l'impostazione del problema dei pianeti sulla base della Terra centrale non apriva la via a nessuna soluzione possibile. Nessuno dei sistemi tolemaici⁴ noti a Copernico forniva risultati totalmente rispondenti a buone osservazioni ad occhio nudo; inoltre non

³ Tutti i brani citati in questo lavoro sono stati ripresi da T. S. Kuhn, *La Rivoluzione copernicana*.

⁴ Sistemi modellati sull'*Almagesto* di Tolomeo.

esisteva più un solo sistema tolemaico, ma erano ormai una dozzina e il loro numero andava sempre più aumentando con l'aggiunta di epicicli e deferenti, ma i risultati non erano né migliori né peggiori dei risultati di Tolomeo. Il distacco da questa struttura conosciuta costituisce solo il primo passo verso la rivoluzione copernicana. Copernico non fu il primo a proporre l'idea del moto della Terra e non pretese affatto di avere scoperto da solo tale idea: infatti nella prefazione cita alcune personalità che avevano già proposto tale idea⁵. “E sebbene l'idea mi sembrasse assurda... pensai che anche a me sarebbe stato facilmente concesso di ricercare se, assunto un certo moto della Terra, fosse possibile trovare dimostrazioni della rivoluzione delle sfere celesti più sicure delle loro”: Copernico fu il primo a capire, forse assieme ad Aristarco, che il moto della Terra avrebbe potuto risolvere un problema astronomico attuale. Egli si convinse del moto della Terra esaminando i moti celesti e dal momento che essi avevano per lui un'importanza preminente, poco si preoccupò delle difficoltà che la sua invenzione avrebbe provocato alla gente comune. Pertanto nel libro I schematizza l'universo che egli ha costruito con la Terra in movimento.

4. L'universo sferico

Copernico si sentiva in dovere di dimostrare che l'universo era sferico. Egli fornisce quattro argomenti a supporto della sfericità del cosmo, argomenti che possono apparire più ragioni di convenienza che vere e proprie dimostrazioni scientifiche. Il primo è che “il mondo è sferico perché questa stessa forma è la più perfetta di tutte, non bisognosa di alcuna articolazione, costituente un assieme armonico”; il secondo è che, di tutti i solidi con una data superficie, la sfera ha il volume maggiore ed è perciò più adatta a contenere ogni cosa; il terzo è che il Sole, la Luna e i pianeti sono sferici; infine il quarto è che tutte le cose tendono ad assumere tale forma, a partire dall'acqua che forma naturalmente goccioline sferiche. Copernico quindi generalizza il fatto che le forme sferiche ricorrono frequentemente in natura fino a concludere che l'intero universo (finito) è sferico.

5. La Terra è sferica e si muove di moto circolare uniforme

La Terra, anche per Copernico (così come per Tolomeo), è anch'essa sferica a seguito di numerose conferme: durante le eclissi lunari l'ombra che la Terra proietta sulla Luna ha forma circolare;

⁵ Iceta di Siracusa (V secolo a.C); Filolao il pitagorico (V secolo a.C); Eraclito di Ponto ed Ecfanto (IV secolo a. C).

spostandoci verso Nord, per esempio dal Cairo a Roma, le stelle sopra le nostre teste mutano di posizione, anzi non vediamo le stesse stelle quando siamo più a settentrione; inoltre lo scafo di una nave che salpa dalla riva scompare alla vista prima della cima dell'albero e si vede una maggiore porzione di nave da un punto di osservazione più elevato, piuttosto che da uno più basso (figura 2.1).

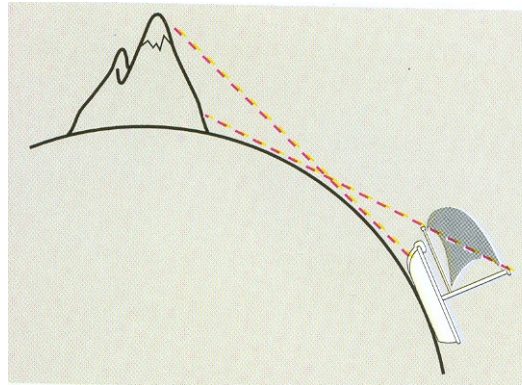


Fig.2.1.: Un osservatore vede una maggiore porzione di nave da un punto più elevato

A questo punto Copernico può dire che “la Terra si muove di moto naturale lungo un cerchio perché essa è una sfera”: se la Terra si muove, è naturale che giri essendo per una sfera naturale girare. E se i pianeti sembrano percorrere un cammino irregolare con stazioni e moti retrogradi, le loro traiettorie si possono ottenere dalla composizione di soli moti circolari uniformi: infatti solo un moto circolare uniforme o una combinazione di moti di questo genere possono giustificare il ricorso regolare di tutti i fenomeni celesti ad intervalli determinati di tempo.⁶ Allora se la Terra si muove su un cerchio orbitale intorno al centro, ruotando anche sul suo asse, diventa possibile spiegare (solo qualitativamente), senza l'uso di epicicli, i moti di retrocessione e i differenti periodi di tempo richiesti per i viaggi di un pianeta lungo l'eclittica.

6. I tre moti della Terra

Si viene così a delinearne a grandi linee la struttura copernicana: il moto del Sole è stato semplicemente trasferito alla Terra e il Sole stesso è il corpo centrale unico attorno a cui l'universo è costruito. L'universo copernicano però è ancora finito e tutti i pianeti sono ancora mossi da sfere

⁶ Non esiste altra possibilità che il moto circolare uniforme, il quale è chiuso e contenuto in se stesso, come ciò che è in riposo [De Revolutionibus, libro I, cap.VII].

concentriche, inserite l'una nell'altra, in una tipica visione aristotelica (con la differenza che la sfera esterna è in quiete per Copernico).

Copernico attribuisce alla Terra tre moti circolari contemporanei: una rotazione diurna attorno al proprio asse, una rivoluzione annuale attorno al Sole e un terzo moto ("moto di declinazione").

a) *Rotazione diurna*

Copernico sostiene sostanzialmente che è più facile credere che la Terra giri su se stessa, piuttosto che credere che tutti i pianeti e le stelle si muovano attorno alla Terra in ventiquattro ore. Egli cerca sempre di rifarsi al *principio di semplicità*: la natura cerca di realizzare sempre ogni cosa nel modo più semplice possibile. Per far fronte all'obiezione che la Terra ruotando su se stessa "perderebbe le nuvole" e ogni altro corpo non ancorato al Sole, Copernico sostiene che tutta la materia, celeste o terrestre, si aggrega naturalmente in sfere che ruotano naturalmente su se stesse. Ogni corpo che viene separato dal suo luogo naturale continua però a muoversi con la propria sfera mentre contemporaneamente torna al proprio luogo di moto rettilineo (ad esempio un sasso lanciato verso l'alto).

b) *Rivoluzione annuale attorno al Sole*

Il sistema di Copernico ammette un moto orbitale della Terra in un universo enormemente dilatato, con il Sole posto nel centro di esso. Egli si dedica a lungo ad analizzare la compatibilità del moto orbitale con i moti osservati del Sole e degli altri pianeti. In particolare la rivoluzione della Terra attorno al Sole ha il duplice vantaggio di offrire una migliore spiegazione del fatto che Mercurio e Venere appaiono sempre o dopo il tramonto o prima dell'alba (Tolomeo lo spiegava con un postulato *ad hoc* sui centri degli epicicli), e di giustificare i moti retrogradi dei pianeti.

Nel sistema eliocentrico le orbite di Venere e Mercurio sono contenute nell'orbita della Terra attorno al Sole: per questa ragione sono visibili solo poco prima o poco dopo il Sole, ma mai a 180° . Il sistema proposto da Copernico offre un argomento molto forte anche nell'interpretazione dei percorsi apparenti dei pianeti, rispetto alle spiegazioni del sistema tolemaico. Per Copernico non è necessario alcun epiciclo maggiore in quanto il moto di retrocessione dei pianeti, 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.

Infatti un esame della figura 2.2 evidenzia che il moto apparente del pianeta fra le stelle è normale (e cioè in direzione est) da 1 a 2 e da 2 a 3; quindi il pianeta sembra retrocedere (e cioè in direzione ovest) da 3 a 4 e da 4 a 5; ed infine inverte nuovamente la direzione del suo moto e si sposta normalmente da 5 a 6 e da 6 a 7. Poi mentre la Terra completa la sua orbita, il pianeta prosegue nel

suo moto normale e si sposta in direzione est con velocità massima quando viene a trovarsi diametralmente opposto alla Terra rispetto al Sole.

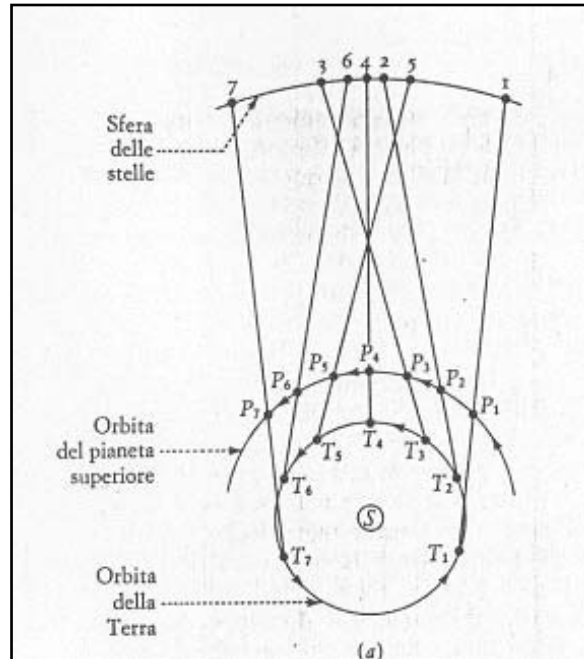


Fig.2.2.:Moto di retrocessione di un pianeta superiore

Quindi, nel sistema di Copernico, i pianeti osservati dalla Terra sembrerebbero muoversi in direzione est per la maggior parte del tempo; essi retrocedono soltanto quando la Terra, nel suo più rapido moto orbitale, li sorpassa (pianeti superiori) oppure quando viene sorpassata (pianeti inferiori).

c) Il terzo moto della Terra

Copernico voleva giustificare anche il fatto che l'asse della Terra, nonostante il moto annuale, fosse sempre rivolto verso lo stesso punto della sfera celeste. Oggi questo si spiega semplicemente dicendo che l'asse della Terra si conserva parallelo ad una retta immaginaria passante per il Sole ed inclinata di $23^{\circ}30'$ rispetto ad una perpendicolare al piano dell'eclittica. Questa motivazione non era presentabile ai suoi contemporanei, cosicché egli è costretto ad introdurre un moto che chiama "moto di declinazione". Se la Terra fosse stabilmente fissata su una sfera, il suo asse non si conserverebbe parallelo alla stessa retta passante attraverso il Sole: sarebbe invece fatto ruotare dalla rotazione della sfera e occuperebbe le posizioni illustrate nella figura 2.3 a.

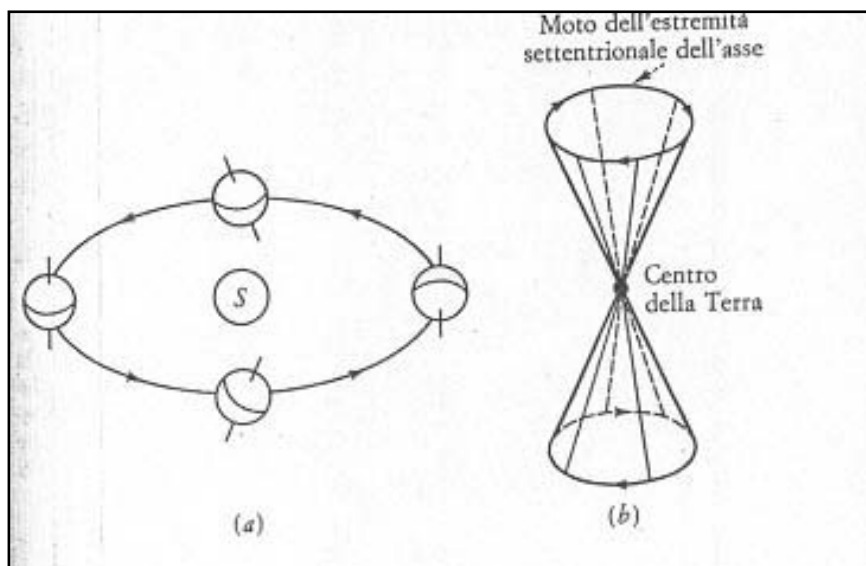


Fig.2.3.:a)Moto di un pianeta fissato in una sfera che ruota attorno al Sole
 b)Terzo moto conico per rimettere l'asse in linea

Per annullare questo mutamento di direzione dell'asse, causato dalla rotazione della sfera che porta la Terra, Copernico introduce un terzo moto circolare attribuito al solo asse della Terra (fig. 2.3 b). E' un moto conico che fa compiere all'estremità settentrionale dell'asse una rotazione all'anno in direzione ovest e compensa così esattamente l'effetto che il moto orbitale ha sull'asse della Terra.

7. Incongruenze

Per giungere ad una spiegazione dei moti planetari, Ipparco e Tolomeo avevano dovuto introdurre dodici circoli: uno ciascuno per il Sole e la Luna e due ciascuno per le altre cinque *stelle erranti*. Copernico giunse alla spiegazione qualitativa dei moti planetari apparenti con soli sette circoli. Egli necessitò soltanto di un circolo, centrato sul Sole, per ciascuno dei sei pianeti conosciuti (Mercurio, Venere, Terra, Marte, Giove e Saturno) e di un ulteriore circolo, centrato sulla Terra, per la Luna. Però questo sistema meravigliosamente economico e razionale, presentato nel libro I e in molti libri scolastici moderni, non funziona: esso non permette di prevedere la posizione dei pianeti con una precisione paragonabile a quella offerta dal sistema tolemaico. Pertanto Copernico fu costretto ad introdurre epicicli minori ed eccentrici, arrivando ad un sistema finale solo leggermente più semplice di quello tolemaico: entrambi i sistemi impiegavano più di trenta circoli. Quando ebbe finito di introdurre circoli, il suo sistema completo centrato sul Sole diede risultati precisi quanto quelli del sistema di Tolomeo. Pertanto Copernico, che aveva incominciato il *De Revolutionibus* con un atto di accusa verso l'astronomia tolemaica per la sua imprecisione, complessità e

incongruenza, alla fine si rende colpevole esattamente delle stesse mancanze. In realtà il suo sistema fu un grande successo dal punto di vista storico: il *De Revolutionibus* convinse in effetti alcuni fra i successori di Copernico che la chiave del problema dei pianeti era un sistema centrato sul Sole e questi uomini giunsero poi alla soluzione semplice ed esatta “intuita” ma non trovata da Copernico.

8. L'armonia del “nuovo sistema”

Come abbiamo visto, il sistema copernicano alla fine non era realmente più economico, più semplice e più preciso di quello tolemaico. Eppure ebbe subito larghissimo consenso, sia prima della pubblicazione del *De Revolutionibus*, sia nel periodo successivo. Perché?

L'effettiva forza di attrazione dell'astronomia centrata sul Sole era di carattere estetico più che pratico. Per gli astronomi, inizialmente, la scelta tra i due sistemi potè essere soltanto un fatto di gusto estetico. L'astronomia centrata sul Sole mostrava una armonia geometrica, una eleganza e una coerenza che furono senz'altro alla base della scelta; se questa eleganza e armonia non fossero state avvertite, oggi forse non avremmo potuto parlare di rivoluzione copernicana.

Certamente i vantaggi estetici erano rilevanti: spiegava le caratteristiche qualitative dei moti dei pianeti senza l'uso di epicicli; il moto di retrocessione diventava una conseguenza naturale della geometria delle orbite centrate sul Sole; spiegava il motivo per cui Mercurio e Venere non si allontanano mai dal Sole. La geometria copernicana chiariva anche l'ordine delle orbite dei pianeti. Nel sistema tolemaico i pianeti erano sistemati in orbite centrate sulla Terra: in tal modo la distanza media fra i pianeti e la Terra cresceva proporzionalmente al tempo necessario al pianeta per percorrere l'eclittica (e c'erano pianeti con lo stesso periodo orbitale di convenienza). In questo caso, se tutti i pianeti compiono rivoluzioni attorno al Sole in orbite approssimativamente circolari, allora tanto l'ordine quanto le dimensioni relative delle orbite possono essere determinate direttamente senza assunzioni particolari.

Tutto il capitolo X libro I pone l'accento sulla “ammirevole simmetria” e sul “chiaro legame armonico del moto e della grandezza delle sfere” che una simmetria a Sole centrale dà all'aspetto dei cieli. Copernico scrive: “E in mezzo a tutto sta il Sole. Chi, infatti, in tale splendido tempio, disporrebbe questa lampada in un altro posto o in un posto migliore, da cui potere illuminare contemporaneamente ogni cosa? Non a sproposito taluni lo chiamano lucerna del mondo, altri mente, altri regolatore. Trismegisto lo definisce il dio visibile, l'Elettra di Sofocle colui che vede tutte le cose. Così il Sole, sedendo in verità come su un trono regale, governa la famiglia degli astri che gli fa corona”.

9. Il grande dibattito copernicano

Molte discussioni sul copernicanesimo avvengono nel contesto dell'anti-aristotelismo e a volte si ha l'impressione che la difesa di Copernico sia in parte una risposta al piacere intellettuale della novità e della provocazione. A volte le citazioni a favore di Copernico erano semplicemente un modo per sconvolgere le basi cosmologiche della filosofia naturale di Aristotele: questo spiega in parte perché tante citazioni a favore di Copernico provenissero da persone che non erano astronomi e nemmeno uomini di scienza.

E' altresì interessante notare che spesso negli attacchi a Copernico gli si attribuiva l'ipotesi di un universo infinito, che egli non aveva in realtà mai sostenuto: la sfera delle stelle fisse doveva essere "solo" enormemente vasta, e spesso i non scienziati vi vedevano impropriamente il concetto di infinito. Questi critici nutrivano profondi sospetti verso un sistema che implicava una violazione sia del buon senso, sia dell'ordine preconstituito dell'universo. Si vennero così a creare due universi: quello dell'astronomo, in cui la Terra sfrecciava attraverso lo spazio, e quello dell'uomo comune, dove essa era ferma e immobile.

Nel 1578 Guillaume De Bartas attaccò duramente Copernico nel suo lavoro *La Sepmaine, ou Création du monde*, ed anche Jean Bodin nel *Teatro della Natura Universale* cercò di deridere Copernico definendolo come colui che aveva ripristinato l'opinione di Aristarco da Samo ma semplicemente perché era troppo lento per comprendere l'incredibile velocità delle sfere celesti e pensava fosse più facile mettere in moto la Terra.

Al contrario, molti filosofi naturali consideravano il copernicanesimo come una liberazione della schiavitù del mondo aristotelico, suggerendo perfino *alcuni passi in avanti*. Uno dei primi astronomi a riprendere la teoria di Copernico fu l'inglese Thomas Digges, il quale vi aggiunse una nuova concezione della sfera celeste. Digges si chiedeva perché Dio non avrebbe dovuto continuare ad espandere questa sfera "via via senza una fine": l'universo di Digges non è più il mondo chiuso di Copernico e la sfera stellare è ora illimitata. Inoltre Digges pone i cieli astronomici in contatto con i Cieli teologici, eliminando in tal modo il limite superiore della sfera celeste. Ciò andava decisamente oltre Copernico, rivoluzionario sì ma prudente e che mai si sarebbe sognato di fare bruciare alle stelle i propri confini. La correzione successiva più significativa del sistema copernicano fu dell'astronomo danese Tycho Brahe, il quale costruì un nuovo sistema con i suoi pregi e difetti che non saranno trattati in questo lavoro.

La strada era comunque aperta e dopo 1500 anni di sostanziale immobilismo (Tolomeo era della fine del II secolo) nuove e fondate teorie venivano proposte in continuazione: Copernico aveva avuto il merito di *provocare* una vera e propria rivoluzione scientifica.

BIBLIOGRAFIA

DREYER J.L.E., *Storia dell'astronomia da Talete a Keplero*, Feltrinelli, Milano, 1970

KUHN T. S., *La Rivoluzione copernicana*, Einaudi, Torino, 1972

KUHN T.S., *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1969

SHEA W., *Copernico: un rivoluzionario prudente*, I Grandi della Scienza; Le Scienze, anno IV, n. 20, aprile 2001