

Primi sistemi pre-copernicani

Già in ambito pitagorico vi furono idee eliocentriche, tuttavia l'astronomia greca fece seri tentativi di uscire dal *geocentrismo* e dalle *sfere omocentriche* di Eudosso di Cnido con **Eraclide Pontico** (385-322 a.C.). Eraclide, per spiegare il moto diurno dei cieli, pensò ad un moto della terra intorno al proprio asse da occidente ad oriente; probabilmente ipotizzò il movimento di Venere e di Mercurio intorno al Sole.

Nella prima metà del III secolo a.C. **Aristarco da Samo** teorizzò esplicitamente l'eliocentrismo nella sua forma attuale e successivamente, secondo la testimonianza di Plutarco, Seleuco di Seleucia ne dette anche una dimostrazione. La teoria eliocentrica fu però fermamente rifiutata, nel II secolo d.C., da Tolomeo, che era certo della centralità ed immobilità della Terra nell'universo.

Aristarco di Samo (Samo, 310 a.C. circa – 230 a.C. circa) è stato un astronomo greco antico. Astronomo e fisico, Aristarco, è noto soprattutto per avere per primo introdotto una teoria astronomica nella quale il Sole e le stelle fisse sono immobili mentre la Terra ruota attorno al Sole percorrendo una circonferenza. Sappiamo inoltre che Aristarco concordava con Eraclide Pontico nell'attribuire alla terra anche un moto di rotazione diurna attorno ad un asse inclinato rispetto al piano dell'orbita intorno al Sole.

Ipparco di Nicea (Nicea, 190 a.C. – 120 a.C.), è stato un astronomo, matematico e geografo greco antico. Fu il primo greco a sviluppare accurati modelli per spiegare il moto del Sole e della Luna, servendosi degli epicicli e dei deferenti.

Claudio Tolomeo (Pelusio, 100 circa – 175 circa) fu un astrologo, astronomo e geografo greco antico di epoca imperiale e cultura ellenistica che visse e lavorò ad Alessandria d'Egitto. Considerato uno dei padri della geografia, fu autore di importanti opere scientifiche, la principale delle quali è il trattato astronomico noto come *Almagesto*.

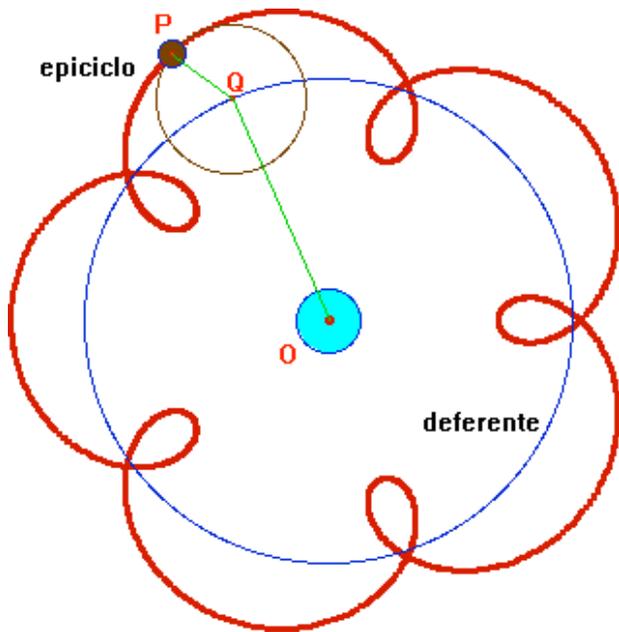
L'*Almagesto* contiene anche un catalogo di stelle, probabilmente un aggiornamento di un analogo catalogo compilato da Ipparco. L'elenco di quarantotto costellazioni che vi è contenuto è l'"*antenato*" del sistema di costellazioni moderne, ma non poteva coprire l'intera volta celeste poiché questa non è completamente accessibile dalle latitudini del Mediterraneo, nelle cui vicinanze vissero Ipparco e Tolomeo.

MODELLO GEOCENTRICO

Il modello geocentrico è molto intuitivo ed è stato concepito da varie civiltà e culture che precedettero l'attuale civiltà scientifica. Nell'antica Grecia esso si fuse con le concezioni filosofiche di chi (ad esempio Platone ed Aristotele) basava il proprio sistema su *armonie matematiche e geometriche*. I pianeti si trovavano nell'iperuranio (lo spazio "oltre il cielo", cioè sovrallunare) ed erano perfetti, quindi dovevano avere orbite perfette. Poiché il cerchio era considerato la forma perfetta, i movimenti dei corpi celesti dovevano essere circolari ed il cosmo doveva essere suddiviso in una serie di *sfere* concentriche.

La sfera centrale (detta anche *sublunare*) era occupata dalla Terra e dalla sua atmosfera; essa era l'unica parte "imperfetta" del cosmo, sia perché entro di essa i moti erano rettilinei, sia perché mutevole. Al di fuori di questa sfera ve ne erano altre otto, le prime corrispondenti ai sette pianeti (nell'ordine: Luna, Mercurio, Venere, Sole, Marte, Giove e Saturno) e l'ultima alle stelle fisse. Ogni oggetto celeste sarebbe stato "incastonato" nella propria sfera e ne avrebbe quindi condiviso il moto circolare uniforme (perfetto, immutabile ed eterno) attorno alla Terra.

STORIA DELL'ASTRONOMIA

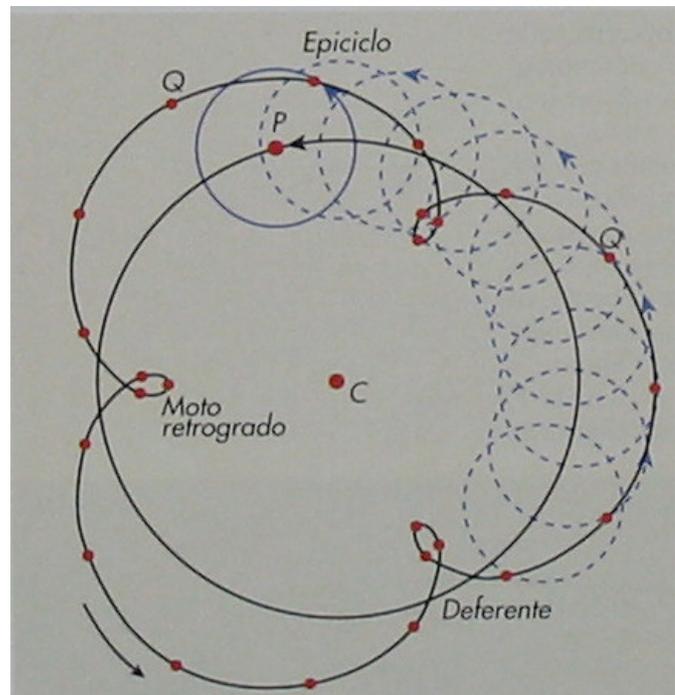


Il sistema geocentrico fu perfezionato nel II secolo a.C. dal massimo astronomo dell'antichità, Ipparco. Per spiegare le "irregolarità" del movimento dei pianeti egli suppose che essi percorressero con moto uniforme delle circonferenze di raggio relativamente piccolo (gli ep cicli), i cui centri a loro volta si muovevano uniformemente su circonferenze di raggio molto maggiore (deferenti) il cui centro era nelle vicinanze della Terra.

Poiché nessuna delle opere di Ipparco è giunta fino a noi, i dettagli di questo sistema ci sono noti attraverso l'opera dell'ultimo grande astronomo dell'antichità, Tolomeo (II secolo d.C.), che riprese e perfezionò l'opera di Ipparco. Il sistema è quindi spesso indicato come tolemaico.

Esso aveva raggiunto una discreta precisione (tanto da essere indubbiamente superiore, dal punto di vista sperimentale, al sistema eliocentrico proposto da Aristarco da Samo), ma al prezzo di una grande complessità. Tuttavia le prove apportate nella tarda antichità e nel medioevo per sostenere il sistema geocentrico erano basate soprattutto su deduzioni da precetti teoretici e da testi sacri. Infatti questo sistema si adattava perfettamente alla dottrina della Chiesa cattolica (ed anche di diverse altre religioni, che quindi fece propri molti di questi concetti: una posizione privilegiata della Terra al centro dell'universo rendeva naturale considerare l'uomo come apice e fine della creazione.

Con **epiciclo** si indica una circonferenza il cui centro è collocato sulla circonferenza di un cerchio di raggio maggiore detto **deferente**. Il termine ha origine greca *epì - kyklos* ed è composta da *epì* che vuol dire *sopra* e *kyklos* che vuol dire *cerchio*, quindi *sopra il cerchio*.



La teoria degli epicicli



L'epiciclo è un artificio geometrico, escogitato dal matematico Apollonio intorno al 200 a.C. per rappresentare movimenti periodici composti.

Tolomeo usa l'epiciclo per rappresentare geometricamente le disuguaglianze periodiche osservate nei movimenti dei pianeti: un punto immaginario M, il centro dell'epiciclo, ruota intorno alla Terra scorrendo lungo un cerchio eccentrico, il deferente: contemporaneamente il pianeta si muove sull'epiciclo. Facendo variare in questi cerchi i tempi di rivoluzione, i rapporti dei raggi e l'eccentricità del deferente si riesce a rappresentare in maniera approssimata il movimento spiraloide dei pianeti quale risulta all'osservatore terrestre.

Mikołaj Kopernik (it. *Niccolò Copernico*, Toruń, 19 febbraio 1473 – Frombork, 24 maggio 1543) fu un presbitero e astronomo polacco famoso per aver portato all'affermazione la *teoria eliocentrica*, contribuendo così alla rivoluzione astronomica.

La sua teoria - che propone il Sole al centro del sistema di orbite dei pianeti componenti il sistema solare - riprende quella greca di Aristarco di Samo dell'eliocentrismo, la teoria opposta al geocentrismo, che voleva invece la Terra al centro del sistema. Merito suo non è dunque l'idea, già espressa dai greci, ma la sua rigorosa dimostrazione tramite procedimenti di carattere matematico.

SISTEMA ELIOSTATICO

Rappresentazione dell'universo eliocentrico

Il nucleo centrale della teoria di Copernico, l'essere il Sole al centro delle orbite degli altri pianeti, e non la Terra, fu pubblicato nel libro *De revolutionibus orbium coelestium* (Delle rivoluzioni dei corpi celesti) l'anno della sua morte. Il libro è il punto di partenza di una conversione dottrinale dal sistema geocentrico a quello eliocentrico e contiene gli elementi più salienti della teoria astronomica dei nostri tempi, comprese una corretta definizione dell'ordine dei pianeti, della rivoluzione quotidiana della Terra intorno al proprio asse, della precessione degli equinozi.

La teoria di Copernico non era però senza difetti, o almeno senza punti che in seguito si sarebbero rivelati fallaci, come per esempio l'indicazione di orbite circolari, anziché ellittiche - come oggi sappiamo - dei pianeti e degli epicicli. Questi errori rendevano i risultati concreti degli studi, come

STORIA DELL'ASTRONOMIA

per esempio le previsioni delle effemeridi, non più precise di quanto non fosse già possibile ottenere col sistema Tolemaico.

La teoria impressionò grandi scienziati come Galileo e Keplero, che sul suo modello svilupparono correzioni ed estensioni della teoria. Fu l'osservazione galileiana delle fasi di Venere a fornire il primo riscontro scientifico delle intuizioni copernicane.

Il sistema copernicano può sintetizzarsi in sette assunti, così come dal medesimo autore enunciati in un compendio del *De revolutionibus* ritrovato e pubblicato nel 1878. Steso tra il 1507 e il 1512, nel *De hypothesis motuum coelestium commentariolus*, Copernico presentò le sette *petitiones* che dovevano dare vita ad una nuova astronomia:

1. Non vi è un unico punto centro delle orbite celesti e delle sfere celesti;
2. Il centro della Terra non è il centro dell'Universo, ma solo il centro della massa terrestre;
3. Tutti i pianeti si muovono lungo orbite il cui centro è il Sole. Il centro dell'orbita terrestre è il centro dell'Universo (il nostro sistema solare);
4. La distanza fra la Terra ed il Sole, paragonata alla distanza fra la Terra e le stelle del Firmamento, è infinitamente piccola;
5. Il movimento del Sole durante il giorno è solo apparente, e rappresenta l'effetto di una rotazione che la Terra compie intorno al proprio asse durante le 24 ore, rotazione sempre parallela a sé stessa;
6. La Terra (insieme alla Luna, ed esattamente come gli altri pianeti) si muove intorno al Sole ed i movimenti che questo sembra compiere (durante il giorno e nelle diverse stagioni dell'anno, attraverso lo Zodiaco) altro non sono che l'effetto del reale movimento della Terra;
7. I movimenti della Terra e degli altri pianeti intorno al Sole possono spiegare le stagioni, le stagioni e le altre particolarità dei movimenti planetari.

Queste asserzioni rappresentavano l'esatto opposto di quanto affermava la teoria geocentrica, allora comunemente accettata. Esse mettevano quindi in discussione tutto il sistema di pensiero allora prevalente in filosofia e religione.

Copernico fu molto attento a non assumere atteggiamenti rivoluzionari, né con la sua condotta di vita, né nelle sue opere. Da buon umanista, ricercò nei testi dei filosofi antichi un nuovo metodo di calcolo per risolvere le incertezze degli astronomi. Egli costruì una nuova cosmologia partendo dagli stessi dati dell'astronomia tolemaica e rimanendo ancorato ad alcune tesi fondamentali dell'aristotelismo: 1) perfetta sfericità e perfetta finitezza dell'Universo; 2) immobilità del Sole data dalla sua natura divina; 3) centralità del Sole dovuta a migliore posizione da cui "può illuminare ogni cosa simultaneamente" (Copernico).

La presunta maggiore semplicità ed armonia del sistema (argomenti con cui Copernico ed il discepolo Georg Joachim Rheticus difendevano la visione copernicana) era però più apparente che reale: per non contraddire le osservazioni, Copernico fu costretto a non far coincidere il centro dell'Universo con il Sole, ma con il centro dell'orbita terrestre; dovette reintrodurre epicicli ed eccentrici, come Tolomeo; dovette attribuire alla Terra un terzo moto di declinazione, oltre a quello di rivoluzione attorno al sole e di rotazione attorno al proprio asse (*declinationis motus*), per rendere conto della invariabilità dell'asse terrestre rispetto alla sfera delle stelle fisse.

Copernico sostituiva Tolomeo e migliorava l'Almagesto sul piano dei calcoli, ricorrendo ad una raffinata matematica pitagorica e conservando il presupposto metafisico della perfetta circolarità dei moti celesti. Non c'è traccia in Copernico di molti degli elementi a fondamento della "rivoluzione astronomica" (eliminazione di epicicli, eccentrici e delle sfere solide, infinità dell'universo), ma il

STORIA DELL'ASTRONOMIA

De revolutionibus, pur non presentandosi come un testo rivoluzionario, aprì questioni che fecero franare l'intero sistema tolemaico, a causa del suo instabile equilibrio.

Dopo Copernico

La teoria copernicana fu in seguito rivisitata da Galileo Galilei (1564-1642). Il Sant'Uffizio inquisì Galileo Galilei perché egli aveva esposto come tesi scientifiche (e quindi assolute) quelle che fino ad allora erano state considerate solamente ipotesi: per questo fu condannato al carcere a vita, pena che dovette scontare nella propria villa di Arcetri. Inoltre fu condannato a recitare preghiere quotidiane per tre anni e dovette pronunciare un atto di abiura (alla fine del quale la leggenda dice mormorò la celeberrima frase: "E pur si muove!").

Giovanni Keplero (in originale **Friedrich Johannes Kepler**, Weil der Stadt, 27 dicembre 1571 – Ratisbona, 15 novembre 1630) fu un astronomo, matematico e musicista tedesco. Scoprì empiricamente le leggi che regolano il movimento dei pianeti e che sono chiamate, appunto, leggi di Keplero.

Sir **Isaac Newton** (Woolsthorpe-by-Colsterworth, 4 gennaio 1643 – Londra, 31 marzo 1727[1]) è stato un matematico, fisico e alchimista inglese. Citato anche come **Isacco Newton**, è considerato una delle più grandi menti di tutti i tempi. Fu Presidente della *Royal Society*. Egli chiari le cause del moto dei pianeti attorno al Sole.