

Sistema geocentrico e sistema eliocentrico

Gli antichi accomunavano sotto lo stesso nome di *planeti* la Luna, Mercurio, Venere, Marte, Giove, Saturno (non conoscevano i pianeti più distanti, non essendo visibili a occhio nudo) e pure il Sole, perché «si muovono» sulla Sfera celeste, al contrario delle stelle che «restano fisse».

Dal punto di vista dei loro movimenti apparenti, un osservatore sulla Terra percepisce numerose differenze. Per esempio, il Sole e la Luna si muovono sull'Eclittica con velocità non uniforme rispetto alle stelle, e la Luna lo fa più velocemente e ancor meno regolarmente del Sole. Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno si spostano tra le stelle e i periodi per compiere un ciclo completo sono diversi per ciascuno di essi. L'interrogativo che gli astronomi dell'antichità si ponevano era quindi: «qual è lo schema che spiega perché un osservatore sulla Terra osserva i moti dei pianeti nel modo in cui appaiono?». Per rispondere a questa domanda bisognava formulare delle ipotesi e costruire

un modello del mondo che spiegasse, per quanto possibile, tutte le apparenze.

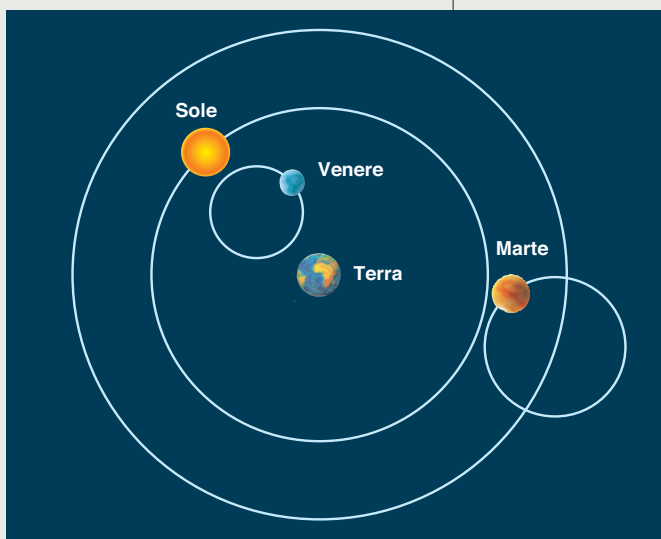
Il moto di rotazione delle stelle poteva essere spiegato semplicemente dal fatto che tutti i corpi siano trasportati nel moto attorno alla Terra da una sfera cristallina, dotata di un moto uniforme e imperniata nei poli celesti. Spiegare il moto dei pianeti era invece più complesso.

Nel II secolo a.C. Ipparco di Nicea propose un sistema del mondo che venne completato ed esposto più tardi, nel II secolo d.C., dall'astronomo alessandrino Claudio Tolomeo. Questo sistema si fondava sul principio della circolarità e dell'uniformità dei moti celesti, già espresso da Aristotele. In altre parole bisognava ricondurre le apparenze (in questo caso, le irregolarità dei moti planetari) alla «perfezione» di un moto che non poteva che essere circolare e uniforme, senza inizio né fine.

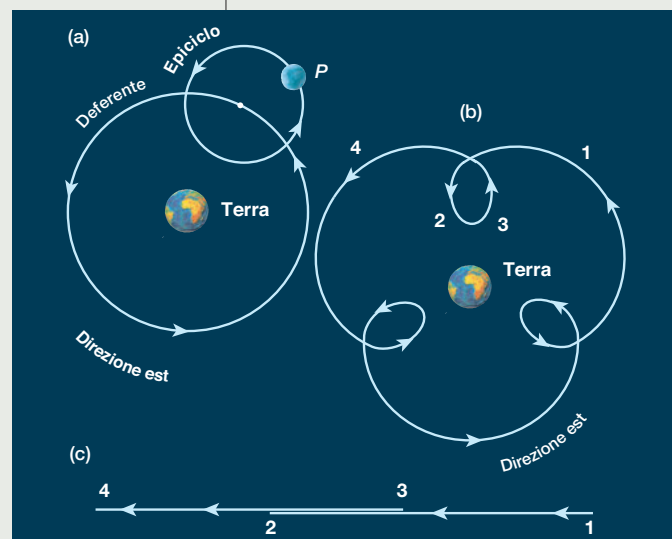
Nel sistema tolemaico la Terra si trova al centro del mondo (**sistema geocentrico**)

e attorno ad essa ruota la Sfera celeste con la Luna, il Sole e le stelle «fisse». Per spiegare il moto di Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno si suppose che essi si muovessero di moto uniforme su circonferenze, dette *epicicli*, i cui centri si muovevano, sempre di moto uniforme, su altre circonferenze di diametro maggiore, chiamate *deferenti*. La rappresentazione geometrica che ne derivava era coerente con il principio preso a fondamento. Quando – come avveniva di frequente – nuove osservazioni introducevano nuovi fatti da spiegare, la soluzione era quella di aggiungere nuovi epicicli imperniati sugli epicicli precedenti.

Anche per la Luna e il Sole si supponeva che si muovessero su circonferenze attorno alla Terra, ma senza epicicli; l'unico dato da spiegare era la non uniformità del moto sulla loro traiettoria apparente sulla Sfera celeste. Anche questo fatto veniva spiegato con un'opportuna e complessa rappresentazione geometrica.



Il modello del Sistema solare secondo Tolomeo. Il centro della circonferenza su cui ruota Venere è sempre sulla congiungente Terra-Sole, per cui il pianeta, visto dalla Terra, non si discosta mai più di tanto dal Sole. Il centro della circonferenza di Marte può invece essere a qualunque distanza dal Sole.



Il sistema degli epicicli e dei deferenti. In (a) vediamo un deferente ed un epiciclo tipici. In (b) è illustrato il moto intrecciato che essi generano sul piano dell'eclittica. (c) mostra una parte del moto del pianeta P (da 1 a 4), come è visto dalla Terra, che si trova al centro del deferente.

Il sistema geocentrico era una grandiosa costruzione geometrica che rappresentava in modo completo e particolareggiato tutti gli aspetti del cielo e permetteva di prevedere il corso dei corpi celesti chiamati pianeti. Ciò gli permise di rimanere come spiegazione più accreditata per molti secoli.

Era però estremamente complicato: in qualche caso ci volevano fino a 33 epicicli su epicicli per descrivere le più piccole irregolarità osservate nel moto dei «pianeti». Inoltre era totalmente privo di *senso fisico*, cioè non spiegava in alcun modo quali forze naturali muovessero la complessa costruzione dei deferenti e degli epicicli.

In questo contesto apparve nel 1543 il *De Revolutionibus Orbium Coelestium* di Nicolò Copernico (1473-1543), nel quale si avanzava l'ipotesi di un sistema con il Sole in posizione centrale (**sistema eliocentrico**). Per la verità questa ipotesi era stata già formulata in passato da Aristarco di Samo, ma i tempi non erano ancora maturi per accoglierla.

Copernico pose, dunque, il Sole al centro dell'Universo, con Mercurio, Venere, Terra, Marte, Giove e Saturno – in ordine di distanza crescente – posti su orbite circolari attorno ad esso. Inoltre, la Terra era dotata di un movimento di rotazione su se stessa in senso antiorario, in modo da spiegare l'apparente rotazione della Sfera celeste nel verso orario (per un osservatore posto nell'emisfero settentrionale del pianeta). La Luna, infine, era dotata di un moto di rivoluzione attorno alla Terra, che permetteva di spiegare le fasi lunari.

Anche se distinguere tra i due sistemi, quello geocentrico e quello eliocentrico, poteva essere fatto soltanto compiendo ac-

curate osservazioni delle posizioni dei pianeti, del Sole e della Luna, la concezione copernicana mostrò subito il grande vantaggio di una maggiore semplicità rispetto a quella tolemaica. E anche da un punto di vista quantitativo la nuova ipotesi permetteva di rendere conto di tutte le apparenze ancora meglio del sistema tolemaico.

Copernico fu il precursore di queste idee, anche se non fu l'artefice della loro affermazione. La prima e importante verifica della validità dell'ipotesi copernicana venne da Keplero (1571-1630) che poté utilizzare osservazioni di Marte molto precise fatte dal suo maestro Ticho Brahe (1546-1601). Dopo vari tentativi, fatti nel corso di dieci anni di lavoro, Keplero pervenne in modo empirico alla formulazione delle tre leggi che portano il suo nome.

Con la prima legge cade il principio della circolarità dei moti planetari e le orbite descritte dai pianeti acquistano identità fisica rispetto alle circonferenze tolemaiche, enti puramente geometrici. La seconda legge segna la caduta del principio della uniformità dei moti planetari. Dalla terza legge di Keplero diventa possibile calcolare la distanza di un pianeta dal Sole, sconosciuta nell'astronomia tolemaica, prendendo come unità di misura l'Unità astronomica, determinato che sia il periodo di rivoluzione in anni. La terza legge di Keplero disegna, per così dire, la «mappa» del Sistema solare.

Questi risultati ampliarono enormemente i confini dell'Universo ipotizzati nell'antichità. Inoltre, le leggi di Keplero non trovano collocazione nelle idee correnti per l'epoca sulla fisica. Per spiegarle occorre «reinventare» una fisica, modificare radicalmente le idee correnti.

Galileo Galilei (1564-1642), copernicano convinto, stabilì i principi di due nuove scienze, la cinematica e la dinamica; enunciando tra l'altro il principio di inerzia e la relatività del moto e preparando il terreno su cui si sarebbe poi mosso il suo grande successore, Isaac Newton. Con l'uso del cannocchiale da poco inventato, il 7 gennaio 1610 Galileo poté constatare con i suoi occhi che Giove era accompagnato da quattro satelliti che gli giravano intorno come la Luna alla Terra e i pianeti al Sole. Osservò inoltre per la prima volta che Venere, come la Luna, mostra le fasi, dimostrando inequivocabilmente che Venere si trova tra la Terra e il Sole. La teoria copernicana aveva così una clamorosa conferma: si dimostrava con l'osservazione che la Terra non era l'unico centro di ogni moto celeste.



Ritratto di Copernico.

RICERCA

Le scoperte di Galileo

Le scoperte di Galileo Galilei hanno riguardato non soltanto il Sistema solare ma molte discipline diverse.

In biblioteca potrete trovare notizie sulle ricerche fatte da questo grande scienziato, non soltanto nei libri di astronomia, ma anche in quelli di fisica e di filosofia.

Da queste fonti potrete raccogliere informazioni sulle scoperte da lui fatte.

In che cosa consiste il metodo scientifico da lui fondato?

Come ha cercato Galileo di divulgare le straordinarie conoscenze cui era giunto?

Chi aveva indagato quegli stessi campi prima di lui?

Chi ha potuto proseguire sulle basi da lui gettate nella ricerca scientifica?

Preparate una breve tesina che riassume le principali scoperte di Galileo e che risponda anche alle domande precedenti.