

STORIA DELL'ASTRONOMIA 3

Tycho Brahe e Giovanni Keplero.

IL CINQUECENTO

Il XVI secolo è dominato, oltre che da **Copernico**, da tre altri grandi luminari – **Brahe**, **Keplero** e **Galilei** – che diedero una svolta decisiva allo sviluppo dell'astronomia moderna.

Qui tratteremo i primi due, le cui esperienze si intrecciano (vedi la fotografia del monumento a *Praga* che li immortala insieme), dedicando al genio pisano l'intero prossimo numero.



BRAHE e KEPLERO

Tycho Brahe è considerato uno dei più grandi osservatori del passato. All'età di 30 anni ottenne dal re di Danimarca la concessione dell'isolotto di *Hveen*, ove avrebbe costruito *Uraniborg*, l'osservatorio più importante dell'epoca.

A seguito del passaggio di due comete nel 1577 e nel 1583 dedusse che questi corpi, tanto variabili, si trovassero oltre l'orbita lunare; cominciava quindi a cadere l'idea delle sfere associate al Sole, alla Luna e ai pianeti, come pensava *Aristotele*, così come cominciava a cadere l'idea dell'immutabilità del cielo stellato.

Ma la fama di *Brahe* non è legata solo a queste considerazioni, quanto piuttosto alle precise osservazioni effettuate con strumenti da lui stesso realizzati. *Brahe* determinò con precisione la lunghezza dell'anno terrestre, riscontrando l'accumulo di errori dal passato, tanto da rendere inevitabile la riforma del calendario, passando da quello *giuliano* a quello *gregoriano*, cosa che avvenne nel 1582, come ampiamente trattato nel numero di Aprile 2013 di *Monte Piano* (*Cielo stellato* 16).

Riuscì poi a stabilire con una precisione mai raggiunta: l'*obliquità dell'eclittica*, l'*eccentricità dell'orbita terrestre*, l'*inclinazione del piano dell'orbita lunare*, l'esatta misura della *retrogradazione dei nodi*.

Infine, compilò il primo catalogo moderno di posizioni stellari con oltre 1.000 stelle, scoprendo nel 1572 una stella molto luminosa che era improvvisamente apparsa nella costellazione di *Cassiopea*, descrivendo l'evento in un piccolo libro, *De Stella Nova*, coniato il termine *nova* per una nuova stella (oggi sappiamo che quella stella era una *supernova*).

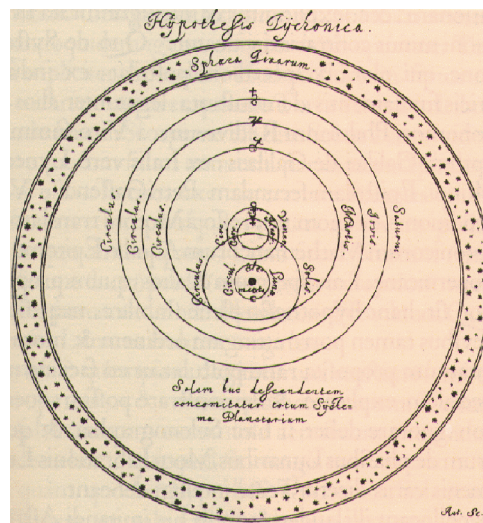
Giovanni Keplero nel 1600 andò a *Praga* a lavorare come assistente di *Brahe* e due anni dopo venne nominato suo successore.

Utilizzò le osservazioni di *Brahe* e in particolare, studiando l'orbita di *Marte*, si accorse dell'esistenza di incongruenze tra teoria e pratica; provando e riprovando, *Keplero* capì che per limitare gli errori di calcolo l'unico modello che potesse spiegare il moto fosse quello ellittico, con il Sole in uno dei fuochi.

Con tale deduzione egli gettò le basi della meccanica celeste; le tre leggi di **Keplero** infatti furono una vera e propria rivoluzione, abbattendo l'ultima barriera ideologica alla radicata convinzione dei moti uniformi e circolari delle orbite dei pianeti.

SISTEMA TICONICO

Keplero cercò, senza riuscirci, di persuadere **Brahe** ad adottare il modello eliocentrico del Sistema Solare. *Brahe* credeva in un modello geocentrico, che prese poi il nome di sistema ticonico (secondo cui il Sole girerebbe attorno alla Terra, immobile, e tutti gli altri pianeti girerebbero attorno al Sole).



Egli sostenne che se la Terra fosse stata in moto, allora le stelle vicine avrebbero dovuto cambiare posizione relativamente alle stelle più lontane. In realtà questo effetto di parallasse esiste; non poteva essere osservato a occhio nudo né con i telescopi dei 200 anni a seguire, perché anche le stelle più vicine sono molto più lontane di quanto gli astronomi dell'epoca ritenessero possibile.

Nel modello ticonico la Terra era immobile, al centro di un universo racchiuso dalla sfera delle stelle fisse. La Terra era il centro anche delle orbite della Luna e del Sole che, a sua volta, era il centro delle orbite degli altri 5 pianeti (*Mercurio*, *Venere*, *Marte*, *Giove*, *Saturno*).

di Marsilio Parolini

VITA DI BRAHE

Nato in Danimarca nel 1546, **Tycho Brahe** (in danese *Tyge Brahe*, un tempo chiamato in italiano anche *Ticone*), dopo aver concluso gli studi universitari di astronomia a *Copenaghen*, *Wittenberg* e *Basilea*, fece costruire il palazzo-osservatorio di *Uraniborg* sull'isola di *Hveen*, che gli venne donata dal re *Federico II di Danimarca* e *Norvegia* e che divenne uno dei primi istituti di ricerca europei.

Nel suo imponente osservatorio, *Brahe* portava avanti un avanzatissimo programma di ricerca, praticamente senza limiti di spesa, con un budget paragonabile a quello odierno della NASA; disponeva della più aggiornata attrezzatura e dei più preparati assistenti, tra cui **Keplero**.

Per le sole pubblicazioni dell'osservatorio, *Brahe* possedeva una pressa da stampa e una cartiera. A causa di disaccordi con il nuovo re *Cristiano IV di Danimarca*, nel 1598 *Brahe* si spostò a *Praga*, dove *Rodolfo II d'Asburgo*, imperatore del Sacro Romano Impero, gli consentì di costruire un nuovo osservatorio (in un castello a *Benátky*, a 50 km da *Praga*), nel quale *Brahe* lavorò fino alla sua morte, che avvenne nel 1601.



Tycho Brahe
Eduard Ender, XIX secolo

VITA DI KEPLERO

Nato a *Weil der Stadt* nel 1571, **Giovanni Keplero** (in originale *Johannes von Kepler*) fu un astronomo, matematico e musicista tedesco.

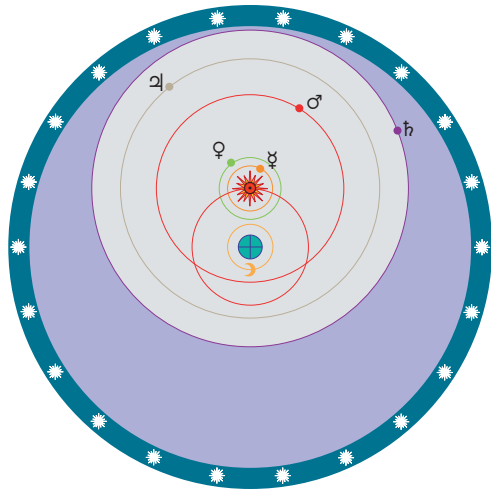
Nel 1584 entrò, per volere dei genitori, in seminario. Nel 1588 cominciò i suoi studi presso l'*Università* protestante di *Tubinga*, seguendo teologia. Qui insegnavano alcuni seguaci del *copernicanesimo*; tra questi vi era *Michael Maestlin*, che convinse *Keplero* della validità delle teorie di **Niccolò Copernico**.

Nel 1594 dovette interrompere gli studi teologici, perché gli venne affidato l'insegnamento di matematica presso la *Scuola Evangelica di Graz* (Austria). Tra i suoi compiti vi era l'obbligo di insegnare presso l'*Università di Graz*, redigere carte astrali e fare previsioni astrologiche. Nell'aprile 1597 sposò *Barbara Mühleck*, che morì prematuramente dopo avergli dato due figli. In quell'anno pubblicò *Mysterium Cosmographicum*, in cui tentò una prima descrizione dell'ordine dell'Universo.

Nel 1599 **Tycho Brahe** gli offrì un posto come suo assistente, che *Keplero* accettò l'anno dopo, sfuggendo così anche agli editti contro i luterani. Nel 1601, dopo la morte di *Brahe*, ne divenne il successore nell'incarico di *matematico e astronomo imperiale a Praga*.

Nel 1604 osservò una *supernova* che ancora oggi è nota col nome di *Stella di Keplero*. Le basi per le sue scoperte astronomiche furono gettate nel 1609, quando pubblicò *Astronomia nova*, in cui formulò le sue prime *due leggi*. Nel 1618 scoprì la *terza legge* che prende il suo nome, resa nota nell'opera *Harmonices mundi*.

Nel 1630 lo scienziato, in disgrazia e in povertà, morì a 58 anni a *Ratisbona*.



Il *sistema ticonico* presentava alcuni vantaggi:

- Qualità dei calcoli matematici pari a quelli del sistema copernicano.
- Escludeva i conflitti con la Chiesa cattolica e le Scritture, mantenendo la Terra immobile e al centro dell'Universo.
- Risolveva l'apparente contraddizione che caratterizzava l'universo copernicano in relazione alla mancanza dell'effetto di parallasse e al problema delle dimensioni delle stelle.
- Confermando sostanzialmente il sistema geocentrico non aveva bisogno di dare una spiegazione fisica del movimento terrestre.

La grande autorità di *Brahe* da un lato ritardò l'affermazione del *sistema copernicano* e dall'altro favorì l'abbandono del *sistema tolemaico*.

Brahe propose un sistema di compromesso in cui la *Terra* è immobile al centro mentre i *planeti* girano attorno al *Sole*, che li trascina a sua volta attorno alla *Terra*.

Brahe capì che il progresso nella scienza astronomica poteva essere ottenuto non con l'occasionale osservazione fortuita, ma solo con un'*osservazione sistematica* e rigorosa, notte dopo notte, e tramite l'uso di *strumenti* che fossero i più accurati possibili.

Le sue dettagliate osservazioni permisero a *Keplero* di determinare le leggi fondamentali del moto planetario.

KEPLERO ELABORA I DATI DI BRAHE

Keplero appoggiò il modello eliocentrico, a differenza di *Brahe*, ma da lui ereditò una gran quantità dei più precisi dati mai raccolti sulle posizioni dei planeti.

Il problema era dare loro un senso.

I movimenti orbitali e gli altri planeti sono visti dalla *Terra*, che orbita a sua volta intorno al *Sole*. Questo fa sì che i planeti sembrano muoversi disegnando strane curve. *Keplero* si concentrò sull'orbita di *Marte*. Con un colpo di genio usò come linea di base il *Sole* e una delle due intersezioni dell'*orbita di Marte* con il piano dell'*eclittica*. Poté così calcolare le posizioni della *Terra* e ricavare poi l'intera *orbita di Marte*.

Egli fu inoltre capace di dedurre le sue leggi sui planeti senza conoscere le esatte distanze dei

planeti dal *Sole*, poiché le sue analisi geometriche richiedevano solo il *rapporto* tra le rispettive distanze dal *Sole*.

LE TRE LEGGI DI KEPLERO

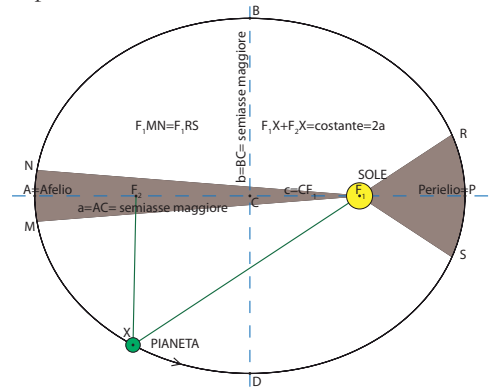
Nell'*Astronomia nova* (*Astronomia nuova*), opera pubblicata a Praga nel 1609, *Keplero* enuncia due delle tre leggi che portano il suo nome.

La terza compare nel quinto e ultimo libro di **Harmonices mundi libri quinque** (*L'armonia del mondo in 5 libri*) del 1619.

Le *tre leggi di Keplero* rappresentano un modello di descrizione del *moto dei planeti* del *Sistema Solare*. Ecco:

1. L'orbita descritta da ogni pianeta nel proprio moto di rivoluzione è un'ellisse di cui il Sole occupa uno dei due fuochi. La distanza dei planeti dal *Sole* non è costante, ma varia da un massimo (*afelio*) a un minimo (*perielio*), seguendo non una linea circolare, ma ellittica. Poiché l'ellisse è una figura piana, i moti dei planeti avvengono in un piano, detto *piano orbitale*. Per la *Terra* tale piano è detto *eclittica*.

2. Durante il movimento del pianeta, il raggio che unisce il centro del pianeta al centro del Sole (raggio vettore) descrive aree uguali in tempi uguali. La velocità orbitale non è costante, ma varia lungo l'orbita. Le due aree evidenziate nella figura sono infatti uguali e vengono quindi percorse nello stesso tempo. In prossimità del perielio, dove il raggio vettore è più corto che all'afelio, l'arco di ellisse è corrispondentemente più lungo. Ne segue quindi che la velocità orbitale è massima al perielio e minima all'afelio.



3. Il quadrato del tempo necessario a percorrere l'intera orbita attorno al Sole è proporzionale al cubo della loro distanza.

Questa legge è valida anche per i *satelliti* che orbitano intorno ai rispettivi *planeti*. Matematicamente: $T^2 = a^3 K$ dove a è il semi-asse maggiore dell'orbita, T il periodo di rivoluzione e K una costante, detta di *Keplero*.

Va specificato che le *leggi di Keplero* sono precise se e solo se sono soddisfatte le seguenti ipotesi:

- la massa del pianeta è trascurabile rispetto a quella della stella di riferimento;
- si possono trascurare le interazioni tra diversi planeti (tali interazioni portano a leggere perturbazioni sulla forma delle orbite).