

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 *planeti*, 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*).

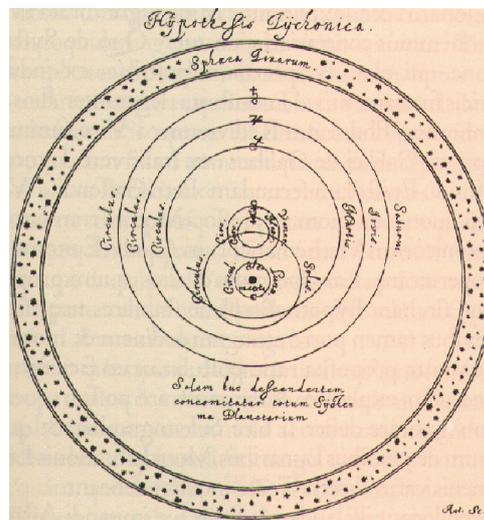
Giovanni Keplero nel 1600 andò a *Praga* a lavorare come assistente di *Brahe* e due anni dopo venne nominato suo successore.

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 planeti.

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 planeti 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 planeti (*Mercurio*, *Venere*, *Marte*, *Giove*, *Saturno*).

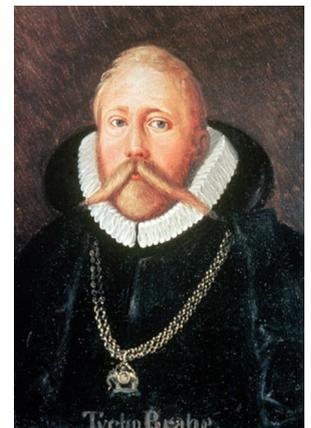
di Marsilio Parolini

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.

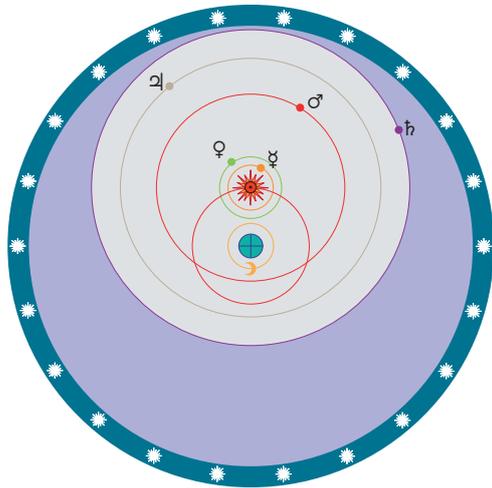
Nel 1584 entrò, per volere dei genitori, in seminario. Nel 1588 cominciò i suoi studi presso l'*Università* protestante di *Tubinga*, seguendo teologia. Qui insegnavano alcuni seguaci del *copernicanesimo*; tra questi vi era *Michael Maestlin*, che convinse *Keplero* della validità delle teorie di **Niccolò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

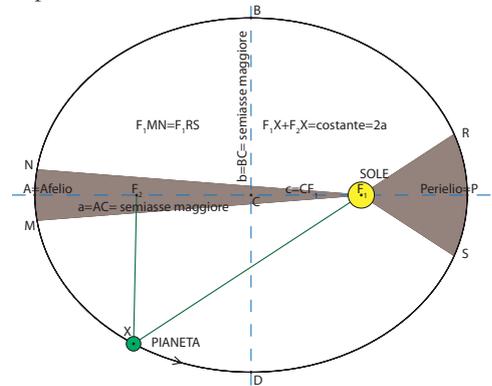
Nell'*Astronomia nova* (*Astronomia nuova*), opera pubblicata a Praga nel 1609, *Keplero* enuncia due delle tre leggi che portano il suo nome.

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).