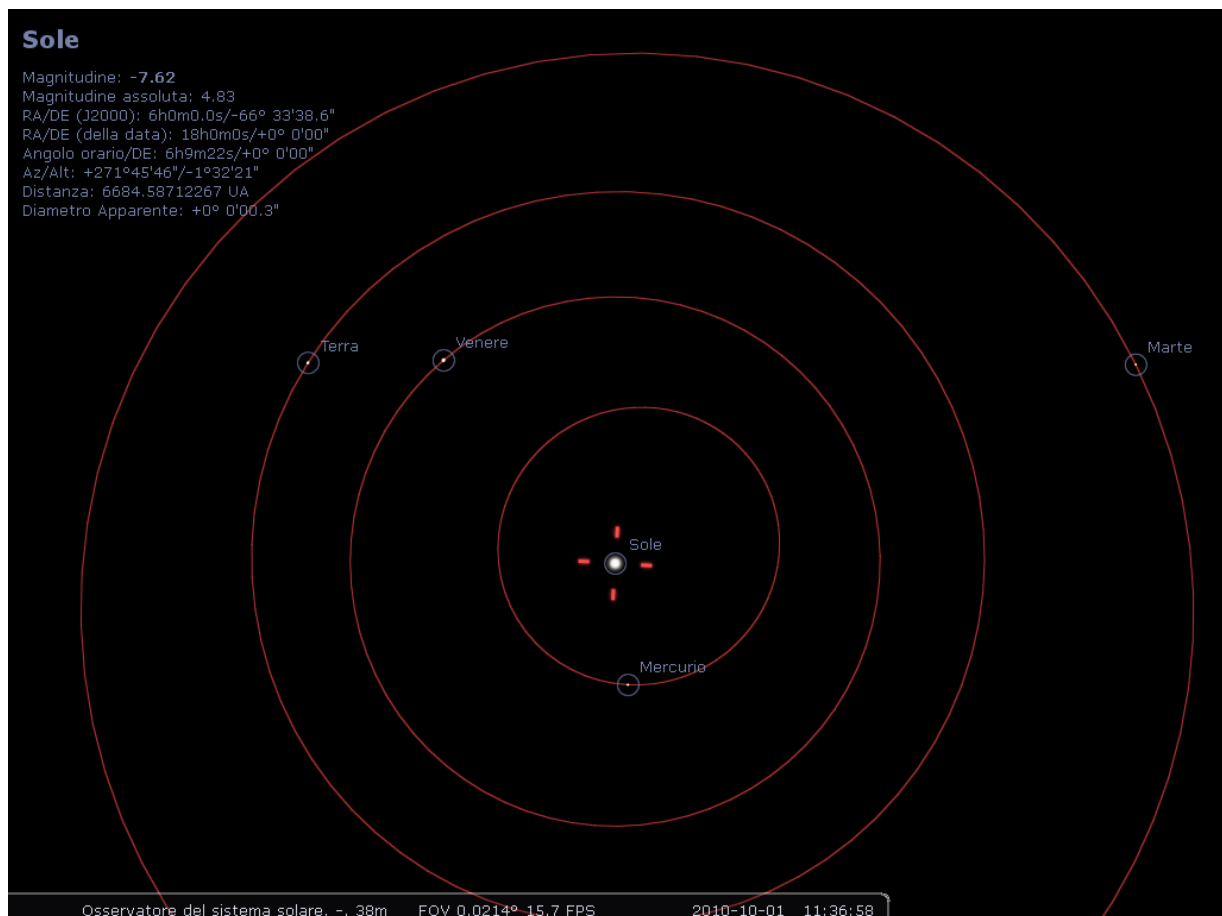


# IL MOTO DEI PIANETI

G. Iafrate<sup>(a)</sup> e M. Ramella<sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> INAF – Osservatorio Astronomico di Trieste

Informazioni e contatti: <http://vo-for-education.oats.inaf.it> - [iafrate@oats.inaf.it](mailto:iafrate@oats.inaf.it)



*Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail ([iafrate@oats.inaf.it](mailto:iafrate@oats.inaf.it)) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook ([www.facebook.com/VOedu](http://www.facebook.com/VOedu)). Grazie!*

## Un po' di storia

Il moto dei pianeti è stato per molti secoli un mistero.

A occhio nudo sono visibili cinque pianeti: Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno. Questi pianeti sono visibili in momenti differenti della notte e nel corso dell'anno, in alcuni periodi due o più pianeti appaiono vicini tra loro sulla volta celeste, altre volte invece sono lontani.

In una notte i pianeti sembrano muoversi come le stelle: sorgono a est e tramontano a ovest. Studiando però la loro posizione per un periodo più lungo, alcune settimane o alcuni mesi, si nota che essi si spostano lentamente attraversando le costellazioni dello zodiaco. Anche il Sole e la Luna si spostano tra le costellazioni, ma i pianeti si muovono in un modo molto più complicato, variando la loro velocità e luminosità. Inoltre essi si muovono la maggior parte del tempo verso est, rispetto alle stelle. A volte però questo moto avviene nel verso opposto (moto retrogrado). Successivamente, dopo alcune settimane di moto retrogrado, il verso si inverte nuovamente e i pianeti riprendono a muoversi verso est.

Gli antichi Greci credevano che la Terra fosse ferma al centro dell'Universo e che le stelle facessero parte di una sfera che le ruotava attorno. Questo modello, chiamato "geocentrico" (Tolomeo, 100 – 175 d.C.), spiegava bene il moto apparente delle stelle. Il moto dei pianeti rimaneva però un mistero.

Nel modello geocentrico ciascun pianeta si muove attorno alla Terra su un piccolo cerchio che a sua volta orbita su un cerchio più grande. Il cerchio piccolo è chiamato "epiciclo", quello grande "deferente". Un pianeta che si muove su questi due cerchi, se osservato dalla Terra, compie un movimento avanti e indietro simile al moto retrogrado.

Il modello geocentrico di Tolomeo poteva predire la posizione dei pianeti (effemeridi) con una precisione di alcuni gradi e, poiché funzionava sufficientemente bene, rimase in uso per i successivi 1500 anni.

Un modello "eliocentrico" in cui il Sole è al centro e i pianeti, inclusa la Terra, gli ruotano attorno, ha reso facilmente spiegabile il moto dei pianeti.

Per la definitiva adozione di un sistema eliocentrico dobbiamo però attendere l'astronomo danese Nicolò Copernico (1473 - 1543).

All'epoca di Copernico le effemeridi dei pianeti erano molto imprecise: per produrne di più accurate egli adottò l'idea di un sistema con al centro il Sole, e non la Terra, in quanto era il modo più semplice per spiegare il moto dei pianeti. Lavorando sugli aspetti matematici del suo modello Copernico scoprì anche alcune semplici relazioni geometriche che gli permisero di calcolare il periodo di rivoluzione dei pianeti e la loro distanza dal Sole, in termini della distanza Terra-Sole.

Il successo del suo modello convinse ulteriormente Copernico che l'idea di un sistema eliocentrico fosse corretta, ma il modello copernicano non portò nessun sostanziale miglioramento nel calcolo delle effemeridi dei pianeti rispetto al modello tolemaico, principalmente perché Copernico era convinto che il moto dovesse avvenire su orbite circolari. Per descrivere il moto dei pianeti con orbite circolari anche Copernico dovette aggiungere epicicli e deferenti, con il risultato di un modello altrettanto impreciso e complesso di quello di Tolomeo.

Nei 50 anni successivi alla pubblicazione del "De revolutionibus orbium coelestium" (1543), in cui Copernico espose la sua teoria, il modello eliocentrico trovò pochi seguaci. Il principale problema di coloro

*Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail ([iafrate@oats.inaf.it](mailto:iafrate@oats.inaf.it)) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook ([www.facebook.com/VOedu](http://www.facebook.com/VOedu)). Grazie!*

che volevano migliorare uno dei due modelli, tolemaico o copernicano, era la mancanza di dati di qualità sufficiente. Il telescopio non era stato ancora inventato e le osservazioni a occhio nudo esistenti erano molto imprecise.

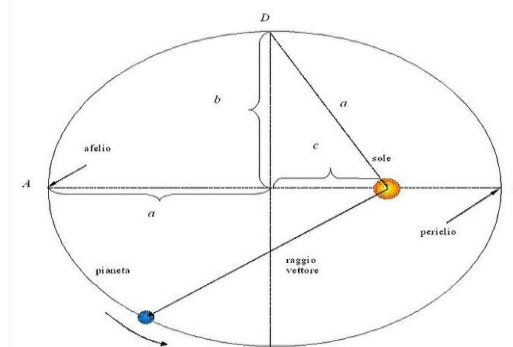
Il primo a dedicarsi a una accurata e sistematica osservazione della posizione dei pianeti in cielo fu Tycho Brahe (1546 - 1601). Alla fine del XVI secolo egli e i suoi assistenti effettuarono, in tre decenni, osservazioni a occhio nudo di precisione maggiore di un minuto d'arco. Poiché pochi anni dopo fu inventato il telescopio, queste osservazioni rimangono le migliori mai effettuate a occhio nudo.

Brahe incaricò un suo allievo, Keplero, di elaborare un modello che soddisfacesse le sue osservazioni. Keplero, come Copernico, era convinto che la Terra e gli altri pianeti si muovessero su orbite circolari attorno al Sole. Nel tentativo di far combaciare i dati di Tycho con orbite circolari egli si accorse che alcune osservazioni si discostavano dalle previsioni di oltre 8 minuti d'arco. Keplero credette nella precisione delle osservazioni di Brahe e queste discrepanze lo portarono presto ad abbandonare l'idea delle orbite circolari, in favore di orbite ellittiche. Keplero riuscì così a formulare un modello in grado di predire la posizione dei pianeti con una precisione maggiore dei modelli precedenti. Il modello eliocentrico di Keplero divenne il modello accettato universalmente.

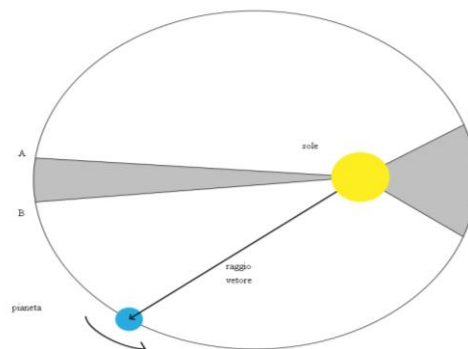
## Leggi di Keplero

Le orbite dei pianeti, dei loro satelliti, degli asteroidi e delle comete sono governate dalla forza di gravità e descritte dalle tre leggi di Keplero (pubblicate tra il 1610 e il 1618):

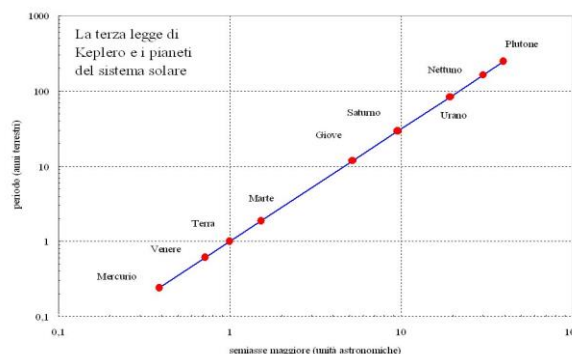
1. L'orbita descritta da un pianeta è un'ellisse, di cui il Sole occupa uno dei due fuochi.



2. Il raggio vettore che unisce il centro del Sole con il centro del pianeta descrive aree uguali in tempi uguali.



3. Il quadrato del periodo di rivoluzione dei pianeti è proporzionale al cubo del semiasse maggiore della loro orbita.



*Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail ([iafrate@oats.inaf.it](mailto:iafrate@oats.inaf.it)) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook ([www.facebook.com/VOedu](http://www.facebook.com/VOedu)). Grazie!*

Come conseguenza delle leggi di Keplero la velocità angolare dei pianeti non è costante, ma varia lungo l'orbita: essa è maggiore in prossimità del perielio (il punto dell'orbita più vicino al Sole), dove il raggio vettore è più corto, e minore in prossimità dell'afelio (il punto dell'orbita più lontano dal Sole), dove il raggio vettore è più lungo.

Un'altra conseguenza è che il periodo di rivoluzione è tanto maggiore quanto più il pianeta è distante dal Sole: ciò significa che i pianeti interni percorrono le loro orbite in meno tempo e sembrano "soppassare" quelli esterni. È questa differente velocità relativa che produce il moto retrogrado dei pianeti osservato sulla volta celeste: quando la Terra sorpassa i pianeti esterni (Marte, Giove, Saturno, Urano e Nettuno) o viene sorpassata da quelli interni (Mercurio e Venere), questi sembrano muoversi da est verso ovest.

## **Stellarium**

Stellarium è un software che trasforma un PC in un planetario. Stellarium calcola la posizione di Sole, Luna, pianeti e stelle e mostra il cielo come apparirebbe a un osservatore ovunque sulla Terra e in qualsiasi momento. Stellarium può anche disegnare le costellazioni e simulare fenomeni astronomici come sciame meteorici ed eclissi di Sole e di Luna.

Stellarium può essere utilizzato come software educativo per l'insegnamento dell'astronomia a bambini e ragazzi, come aiuto agli astrofili che vogliono pianificare una sessione osservativa o semplicemente per esplorare il cielo (è divertente!). Stellarium mostra un cielo realistico, proprio come si vedrebbe a occhio nudo, oppure con un binocolo o un telescopio.

Stellarium fornisce i dati astronomici (coordinate, magnitudine, distanza, ecc.)

della maggior parte degli oggetti celesti visualizzati sullo schermo.

Stellarium è scaricabile gratuitamente dal sito <http://www.stellarium.org>.

## **Moto dei pianeti in Stellarium**

Con Stellarium possiamo facilmente visualizzare il moto dei pianeti ed esplorare le leggi di Keplero. Stellarium infatti offre la possibilità di osservare il Sistema Solare da posizioni diverse: da uno qualsiasi dei pianeti, dal Sole o anche dall'esterno.

Iniziamo con i porci all'esterno del Sistema Solare, per renderci conto di come sono disposti i pianeti, quali siano le loro orbite e la loro distanza dal Sole.

Avviare Stellarium e nella finestra della posizione (menu a sinistra), nel menu "pianeta" selezionare "Solar System Observer". Per avere una migliore visualizzazione, dalla finestra delle opzioni del cielo, scheda "cielo", togliere l'atmosfera e l'adattamento dinamico dell'occhio, impostare al minimo la scala relativa delle stelle (0.25) e l'inquinamento luminoso (1), selezionare pianeti e orbite dei pianeti. Nella scheda successiva, "indicatori", deselezionare tutto e nella scheda "paesaggio" togliere orizzonte e nebbia.

Ora cercare il Sole (scrivere "Sole" nella finestra di ricerca). Zoommare su di esso fino a far apparire i pianeti del Sistema Solare. Per una visione migliore del Sistema Solare togliere la visualizzazione delle stelle, schiacciando il tasto "s".

Cliccando su un pianeta appare la sua orbita, cliccando sul Sole appaiono le orbite di tutti i corpi del Sistema Solare. Dalla finestra delle opzioni del cielo si può aumentare o diminuire il numero degli oggetti del Sistema Solare visualizzati: spostare a destra o a sinistra la barra "pianeti" nella sezione "etichette e indicatori".

*Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail ([iafrate@oats.inaf.it](mailto:iafrate@oats.inaf.it)) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook ([www.facebook.com/VOedu](http://www.facebook.com/VOedu)). Grazie!*

Ora che abbiamo configurato Stellarium possiamo osservare la dinamica del moto dei pianeti nel nostro Sistema Solare: accelerare il tempo (con le frecce nella parte destra del menu in basso) per vedere la rotazione dei pianeti, selezionare uno a uno i pianeti per vederne l'orbita, avvicinarsi e allontanarsi dal Sole per vedere i pianeti interni o tutto il Sistema Solare. Osservare la validità della terza legge di Keplero: i pianeti più lontani hanno un periodo di rivoluzione più lungo di quelli più vicini, che li "sorpassano".

Cambiamo ora punto di vista: posizioniamoci sul Sole e osserviamo da lì il moto dei pianeti.

Nella finestra della posizione, su "pianeta", selezionare "Sun". Cercare la Terra e bloccarla al centro dello schermo con l'opzione "centra l'oggetto selezionato" (menu in basso). Passare dalla montatura azimutale a quella equatoriale, con l'opzione "scambia tra montatura equatoriale e azimutale". Dalla finestra delle opzioni del cielo togliere le stelle o diminuirne le etichette. Regolare lo zoom per ottenere un campo di vista (FOV) di circa 20°.

Accelerare il tempo e osservare come la Terra, lungo la sua orbita, sorpassi i pianeti esterni (Marte, Giove, Saturno, Urano e Nettuno) e venga sorpassata da quelli interni (Mercurio e Venere).

Per visualizzare il moto retrogrado dalla finestra della posizione selezionare la Terra, poi cercare Marte e bloccarlo al centro dello schermo. Far riapparire le stelle, accelerare il tempo e osservare il moto del pianeta rispetto alle stelle: in alcuni periodi sembra invertire il proprio moto e descrivere un anello in cielo. La stessa cosa è osservabile con tutti gli altri pianeti. Quelli più vicini al Sole (Mercurio e Venere) orbitano più veloci e quindi

evidenziano più spesso il loro moto retrogrado.