

# I moti apparenti degli astri

## 1. La rotazione giornaliera del Sole

Ogni mattina il Sole compare nella parte del cielo rivolta a est, un istante detto **sorgere del Sole** o **levata**. Con il passare delle ore esso si muove descrivendo un arco che lo porta ad alzarsi sempre di più rispetto all'orizzonte, fino a raggiungere la massima altezza, una posizione detta **culminazione**. Essa avviene sempre esattamente a metà del dì<sup>1</sup>, in un istante di tempo che è detto **mezzogiorno** (Figura 1).

L'intervallo di tempo compreso tra una culminazione del Sole e quella successiva è detto **giorno solare** ed è stato suddiviso per convenzione in 24 ore.

Dopo la culminazione, il Sole continua a muoversi scendendo fino a scomparire nella parte del cielo rivolta ad ovest, un istante detto **tramonto**. La mattina seguente il Sole ricomparirà verso est, perciò possiamo immaginare che, durante la notte, completi il giro passando sotto di noi. Dal nostro punto di vista, ogni giorno il Sole sembra ruotare attorno alla Terra.<sup>2</sup>



**Figura 1** Il movimento giornaliero del Sole

Oggi sappiamo che questo movimento del Sole è un'illusione, dovuta al fatto che la Terra ruota su se stessa. Quando guardiamo il cielo ci troviamo nelle condizioni di chi è su una giostra e guarda in fuori: tutto intorno a noi sembra muoversi in cerchio, ma in realtà siamo noi che ruotiamo in senso opposto.

In effetti, non solo il Sole ma tutti i corpi celesti (Luna, stelle e pianeti) compiono un movimento apparente da est ad ovest che si spiega con la rotazione della Terra da ovest ad est<sup>3</sup>.

La rotazione giornaliera della Terra su se stessa da ovest ad est è responsabile del movimento apparente di tutti i corpi celesti **da est a ovest**<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Nell'uso comune giorno e dì sono spesso usati come sinonimi, perché con le parole giorno o giornata intendiamo comunemente sia l'arco delle 24 ore che le ore di luce. Nel trattare di astronomia dovremo essere necessariamente più precisi, per cui d'ora in poi chiameremo **di** il periodo che va dal sorgere del Sole al suo tramonto. Infatti, si usa l'aggettivo *diurno* per intendere un intervallo di tempo in presenza di Sole nel cielo. La **notte** è invece il periodo che va dal tramonto al sorgere del Sole, per cui si dice *notturno* un intervallo di tempo in assenza di Sole nel cielo.

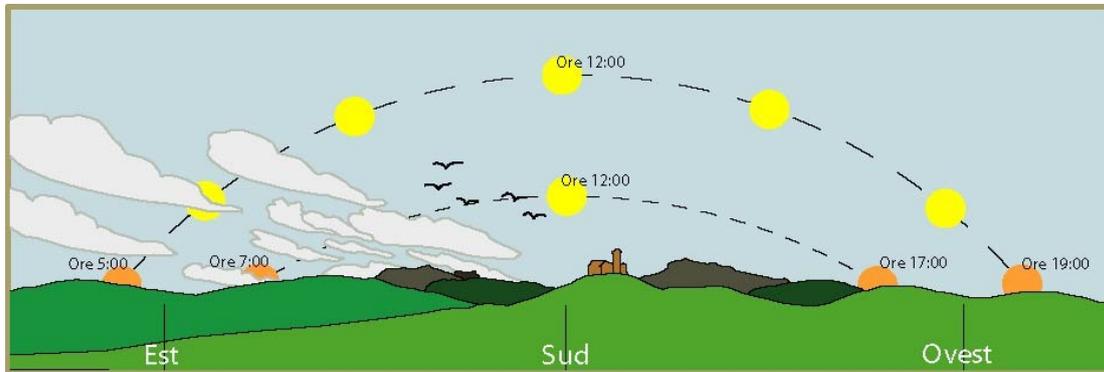
<sup>2</sup> Un'altra ipotesi è che una riserva di Soli sorga giornalmente a est e si accumulino poi a ovest.

<sup>3</sup> È meglio non usare i termini **orario** e **antiorario** per descrivere la rotazione terrestre. Infatti, per un osservatore dell'emisfero nord la Terra ruota in senso antiorario, ma per chi sta sull'emisfero sud la Terra ruota in senso orario.

<sup>4</sup> Per molti secoli gli astronomi hanno creduto ragionevole che il Sole e gli altri corpi celesti ruotassero attorno alla Terra e che quest'ultima fosse ferma; non possiamo dar loro torto perché non ci sono evidenze clamorose del contrario. Molti ritengono ovvio che la Terra non sia ferma perché l'hanno letto sui libri o l'hanno sentito dire. Eppure pochi saprebbero fornire le prove del moto di rotazione terrestre, perché tale movimento non è percepibile con i nostri sensi.

## 2. Lo spostamento annuale della traiettoria del Sole

Al contrario di quanto vedremo nel caso delle stelle, il percorso del Sole nel cielo non è sempre uguale a se stesso. Con il trascorrere dei giorni, la traiettoria diurna del Sole cambia: l'arco si restringe verso il basso oppure si amplia verso l'alto, di conseguenza le ore di luce non sono costanti, come visualizzato nella Figura 2<sup>(5)</sup>.



**Figura 2** Due percorsi del Sole: quello superiore è un giorno d'estate, quello inferiore un giorno d'inverno

Andando verso l'inverno ogni mattina il Sole sorge e tramonta un po' più a sud, inoltre ogni nuova culminazione a mezzogiorno avviene ad un'altezza leggermente inferiore. Nel complesso la sua traversata nel cielo diventa sempre più breve e di conseguenza la notte è sempre più lunga. Il giorno con il dì più breve e la notte più lunga è quello del **solstizio d'inverno**<sup>6</sup> ed è per convenzione il primo giorno dell'inverno. In quel giorno il Sole sorge nel punto più vicino al sud rispetto a tutte le altre levate, la sua culminazione è la più bassa e tramonta nel punto più vicino al sud rispetto a tutti gli altri tramonti.

Andando verso l'estate il comportamento del Sole è opposto. Esso sorge e tramonta sempre più a nord, inoltre giorno dopo giorno la sua altezza a mezzogiorno aumenta, la sua traversata nel cielo dura più a lungo e la notte si accorcia. Il giorno con il dì più lungo e la notte più breve è quello del **solstizio d'estate** ed è per convenzione il primo giorno dell'estate. In quel giorno il Sole sorge nel punto più vicino al nord, la sua culminazione è la più alta e tramonta nel punto più vicino al nord.

Tra tutti i giorni che hanno una traiettoria intermedia tra quella massima e minima dei solstizi ce ne sono due molto importanti: quello dell'**equinozio di primavera**<sup>7</sup> e quello dell'**equinozio d'autunno**<sup>8</sup>. In questi due giorni il Sole sorge esattamente a est alle ore 6:00 e tramonta esattamente a ovest alle ore 18:00, di conseguenza, in questi due giorni particolari, la notte e il dì hanno la stessa durata.

<sup>5</sup> A questo punto è importante precisare che questa figura e la precedente rappresentano un paesaggio posto sull'emisfero settentrionale (boreale). Sull'emisfero meridionale (o australe), un osservatore vedrebbe gli stessi fenomeni con la differenza che li vedrebbe guardando verso nord con l'est alla sua destra e l'ovest alla sua sinistra. Nell'emisfero meridionale il Sole sorge sempre ad est e tramonta sempre ad ovest, ma culmina a nord.

<sup>6</sup> **Solstizio** ha origine latina e significa *sole sta (fermo)* perché nei solstizi lo spostamento di traiettoria del Sole si ferma e cambia direzione. La spiegazione di questo fenomeno sarà più chiara nel prossimo capitolo.

<sup>7</sup> **Equinozio** ha origine latina e significa *equa notte*, infatti la notte è equa (giusta) perché è lunga quanto il dì.

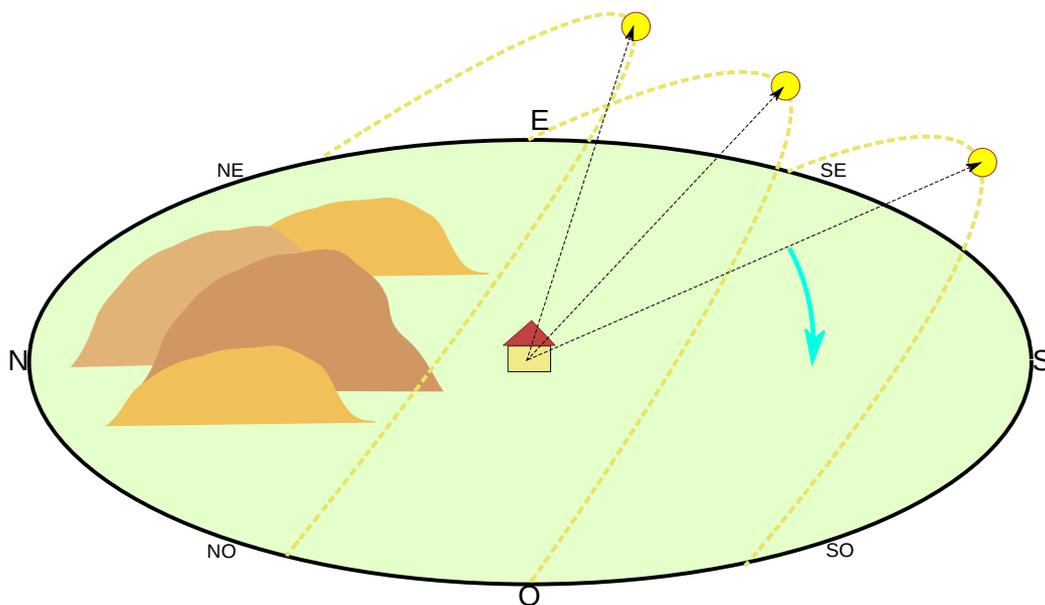
<sup>8</sup> Comunemente, quando si parla di solstizi e di equinozi ci si riferisce a giorni particolari, tuttavia, più precisamente, **il solstizio e l'equinozio sono istanti di tempo** e non giorni interi. Le definizioni astronomiche di solstizio ed equinozio non sono legate alla posizione e al percorso del Sole nel cielo rispetto all'orizzonte, ma al suo percorso e alla sua posizione rispetto alla sfera delle stelle fisse. Le esatte definizioni di solstizio e di equinozio potranno essere chiarite solo nel capitolo 6.

### 3. La traiettoria risultante del Sole: rotazione + spostamento

Ricapitolando, il percorso del Sole nel cielo è il risultato della combinazione di due movimenti che si ripetono con regolarità (Figura 3). Essi sono:

- 1) una traiettoria circolare che si ripete ogni giorno;
- 2) uno spostamento del percorso verso l'alto e verso il basso che si ripete ogni anno.

Purtroppo una parte del percorso del Sole è nascosto sotto l'orizzonte. Se però potessimo vedere la traiettoria continua del passaggio del Sole sullo sfondo del cielo, collegando gli archi diurni con la parte notturna, tale percorso ci apparirebbe a forma di una **spirale** la cui spira più stretta rappresenta il giorno del solstizio d'inverno e la spira più larga il giorno del solstizio d'estate.



**Figura 3** Il percorso del Sole nel cielo durante l'anno.

Fonte: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Percorso\\_del\\_sole.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Percorso_del_sole.svg)

Lo spostamento della traiettoria del Sole si ripete ciclicamente ogni 365 giorni circa

L'intervallo di tempo da un equinozio di primavera al successivo è detto **anno solare** (o anche anno tropico) la cui durata è di circa **365 giorni, 5 ore e 49 minuti**

## 4. Il movimento delle stelle

Le stelle si muovono? Sì, le stelle si muovono, addirittura un po' più velocemente del Sole, ma non basta un veloce sguardo per rendersene conto. Quando guardiamo il cielo stellato sopra di noi, le stelle ci sembrano ferme perché non abbiamo punti di riferimento per apprezzarne il movimento (Figura 4) ed anche perché la nostra osservazione spesso è troppo breve (Figura 5).



**Figura 4**

Per apprezzare lo spostamento notturno delle stelle basta guardare il cielo dalla stessa posizione in momenti diversi e prendere un riferimento sulla Terra (un particolare profilo dell'orizzonte o un qualsiasi oggetto di fronte a noi).



**Figura 5**

In questa fotografia, che ha richiesto circa 20 minuti di posa, le stelle hanno lasciato una traccia sulla pellicola a dimostrazione del loro movimento circolare. La macchina fotografica è rivolta a nord e il punto luminoso al centro delle rotazioni è la stella polare che segna il polo nord celeste.

Avevamo già detto che, a causa della rotazione terrestre, tutti i corpi celesti compiono giornalmente movimenti circolari. Di alcune stelle vediamo l'intera traiettoria circolare perché non scendono mai sotto l'orizzonte, di altre vediamo solo un arco del loro percorso e cioè da quando sorgono dall'orizzonte nella parte del cielo rivolta ad est, fino a quando tramontano verso ovest.

Rispetto al moto del Sole, le stelle hanno un movimento molto semplice, consistente in perfette traiettorie circolari che non subiscono alcun cambiamento nel corso dell'anno. Le traiettorie descritte dalle stelle non variano in altezza da stagione a stagione e le loro posizioni reciproche non cambiano mai, per questo gli antichi le chiamavano **stelle fisse** e le immaginavano incastonate su di un'unica grande sfera rotante: la **sfera celeste**. Le stelle impiegano poco meno di un giorno solare per compiere una rotazione completa, per la precisione 23 h 56 min. Ciò significa che se, ad esempio, fissiamo la nostra attenzione su una stella particolare che transita sopra un riferimento come un albero o un oggetto all'orizzonte alle ore 21:30, il giorno dopo la stessa stella transiterà con 4 minuti di anticipo, ossia alle ore 21:26<sup>9</sup>.

Le traiettorie delle stelle sullo sfondo del cielo sono circonferenze perfette e concentriche che le stelle percorrono in **23 ore e 56 minuti**, un intervallo di tempo detto **giorno sidereo**.

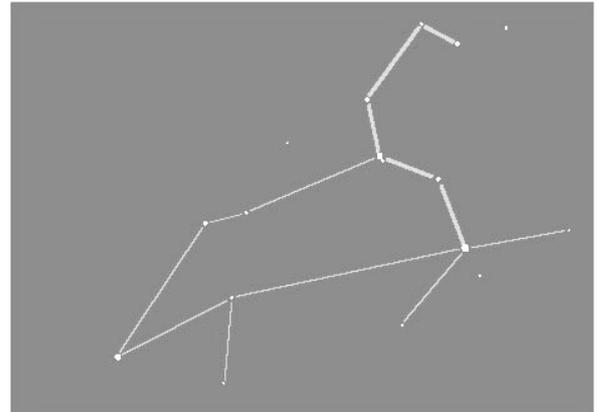
<sup>9</sup> Come per il Sole, anche per le stelle si parla di **culminazione** per indicare l'istante in cui ciascuna di esse raggiunge la massima altezza nel cielo, situazione che si verifica esattamente in direzione sud. Una volta stabilita con esattezza la direzione del sud, il tempo impiegato a compiere un giro completo può essere misurato calcolando l'intervallo trascorso tra due culminazioni successive di una qualsiasi stella.

## 5. La distribuzione delle stelle nel cielo

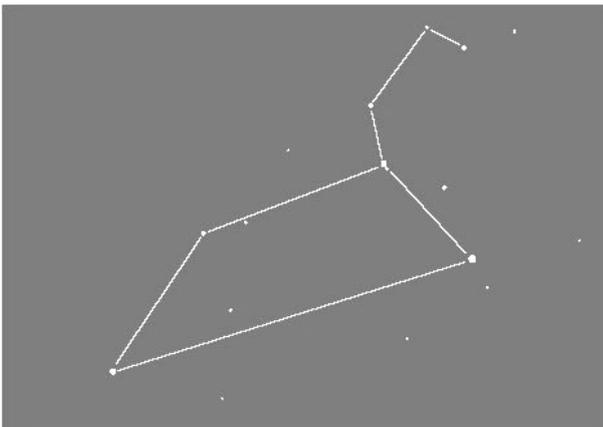
Le stelle sono distribuite in modo irregolare nel cielo e formano raggruppamenti chiamati **costellazioni** (Figura 5a). Guardando una costellazione nel suo insieme è possibile immaginarvi le figure più diverse. Gli antichi greci vi hanno visto animali, creature fantastiche ed eroi mitici. La loro tradizione ci è stata tramandata e ancora oggi la ritroviamo nei nomi delle costellazioni principali. Prendiamo ad esempio la costellazione del Leone (Figura 5b). Essa è facile da individuare nel cielo, ed è anche una delle costellazioni che più assomigliano alla figura che rappresenta. Si tratta di un leone accovacciato in cui la testa è delineata da un arco di stelle detto falce e il corpo da quattro stelle ai vertici di un trapezio.



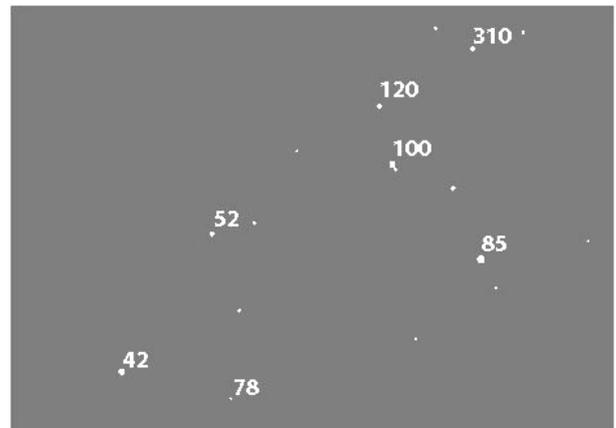
**Figura 5a.** Le stelle principali della costellazione del Leone. La loro diversa **luminosità apparente** è stata resa disegnando cerchi di diverse dimensioni.



**Figura 5b** Il profilo del leone ricostruito unendo le stelle in modo opportuno (con tratto spesso è evidenziata la falce).



**Figura 5c** È possibile collegare solo le stelle più luminose del trapezio e della falce. Così la costellazione appare più simile ad un vecchio ferro da stiro che a un leone.



**Figura 5d** Le distanze in anni luce dalla Terra dimostrano che le stelle del Leone sono solo apparentemente vicine tra loro, dal nostro punto di vista.

È chiaro dalla figura che in cielo non c'è né un leone né qualcosa che gli assomigli vagamente, le stelle si possono collegare in vario modo ed ognuno nel cielo ci può vedere ciò che vuole (Figura 5c). Di conseguenza le stelle sono oggetti reali ma le costellazioni no.

Le costellazioni sono raggruppamenti **convenzionali** di stelle

Oggi sappiamo che, nella maggior parte dei casi, non c'è alcun legame fisico tra stelle che a noi appaiono vicine nel cielo, perché esse non sono affatto incastonate su un'unica superficie sferica rotante, come credevano gli antichi, ma poste nello spazio immenso, a distanza variabile dalla Terra (Figura 5d).

## 6. I movimenti del Sole e delle stelle a confronto

Il cielo notturno non è sempre uguale, le costellazioni che si vedono nelle notti d'estate sono diverse da quelle che si vedono d'inverno. Come si spiega questo fatto?

Pur essendo simili, i cicli giornalieri del Sole e delle stelle non sono identici. Abbiamo visto che il Sole ruota più lentamente delle stelle: nel suo moto da est ad ovest il Sole impiega **24 ore** e le stelle **23 ore e 56 minuti (23h 53min)** a compiere un giro completo. Purtroppo non è possibile vedere insieme il Sole e le stelle, perché la luce solare diffusa dall'atmosfera ci impedisce di vedere la debole luce stellare nel cielo diurno. Se potessimo vedere le stelle durante il dì e fissare la nostra attenzione su una stella che si trova in linea con il Sole, il giorno seguente ci accorgeremmo che il Sole è rimasto indietro e si trova un po' a est della stella (Figura 6). Giorno dopo giorno il Sole viene via via superato dalle stelle fino a che, dopo un anno esatto, avrà perso un giro completo e si ritroverà in linea con la stella fissata in partenza.

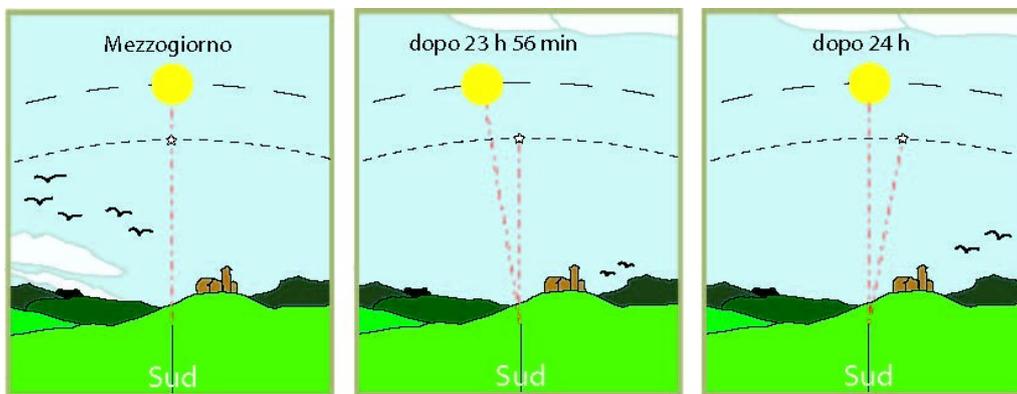


Figura 6 I movimenti apparenti del Sole e delle stelle a confronto

**Un esempio per capire: la pista di atletica** Per comprendere bene questo fenomeno e le sue conseguenze possiamo paragonare il cielo ad una pista di atletica in cui si sta svolgendo una gara. Noi sulla Terra siamo seduti all'interno della pista e, quando guardiamo il cielo verso sud, è come se fissassimo lo sguardo su di un punto preciso della pista, ad esempio sulla linea del traguardo. Non possiamo girarci per seguire la corsa lungo tutto l'anello, dobbiamo trarre le nostre conclusioni in base a ciò che vediamo nella zona del traguardo. La gara è iniziata da tempo e in pista ci sono vari corridori (le stelle) che sono distribuiti in modo casuale su tutto il percorso e che corrono alla stessa velocità, per cui ad ogni giro li vedremo transitare sul traguardo senza che sia variata la loro distanza reciproca. Ora immaginiamo un corridore più lento (il Sole): ad ogni giro lo vedremo comparire sul traguardo in una posizione diversa, sempre più arretrata. Se all'inizio della nostra osservazione egli passa appaiato al corridore X, nel giro successivo lo vedremo più indietro, tra X e Y, in quello seguente sarà superato anche dal corridore Y e così via. È inevitabile che dopo un certo numero di giri il corridore lento verrà doppiato da X, cioè si ritroverà nella stessa posizione che aveva all'inizio della nostra osservazione.

Ora dovrebbe essere chiaro perché, accumulando un ritardo di 4 minuti ogni giorno, il Sole scorre verso est rispetto allo sfondo delle stelle fisse e perché, col passare del tempo, viene a trovarsi davanti a costellazioni diverse percorrendo una traiettoria chiusa che lo porta sulla stessa posizione dopo un intero ciclo annuale.

L'intervallo di tempo impiegato dal Sole per tornare nella stessa posizione rispetto alle stelle è detto **anno sidereo** (o siderale) la cui durata è di circa **365 giorni, 6 ore e 9 minuti**. La traiettoria annuale del Sole sullo sfondo delle stelle fisse è detta **eclittica**.

## 7. La Luna e i pianeti

Anche la Luna ha un moto giornaliero da est ad ovest, ma essa è molto più lenta del Sole e delle stelle. Ad ogni giro rimane indietro e sorge con circa un'ora di ritardo rispetto alle stelle fisse. In altre parole si può dire che la Luna scorre verso est molto più velocemente del Sole contro lo sfondo delle stelle fisse.

Tra tutte le stelle visibili ad occhio nudo ce ne sono cinque che non appartengono a nessuna costellazione perché si comportano in un modo insolito e sorprendente. Se le osservate nel corso di più notti, noterete che queste stelle cambiano posizione. Rispetto alle altre stelle esse si spostano verso est come il Sole e la Luna. In realtà, per alcune di queste cinque stelle lo spostamento rispetto alle costellazioni è veramente molto lento e quindi non sarebbe facile accorgersene, se non fosse che tali stelle sono tra le più luminose del cielo. Gli antichi greci le hanno chiamate **stelle erranti** ed hanno riservato ad esse nomi presi dalle loro divinità: **Mercurio**, **Venere**, **Marte**, **Giove** e **Saturno**<sup>10</sup>. Il termine pianeta deriva proprio dal greco *planetes* che significa errante.

La distinzione degli antichi in stelle fisse e stelle erranti, venne fatta solo sulla base dei loro movimenti perché ad occhio nudo una stella e un pianeta appaiono entrambi come punti luminosi e non è possibile valutare il fatto che le stelle brillano di luce propria e i pianeti di luce riflessa.

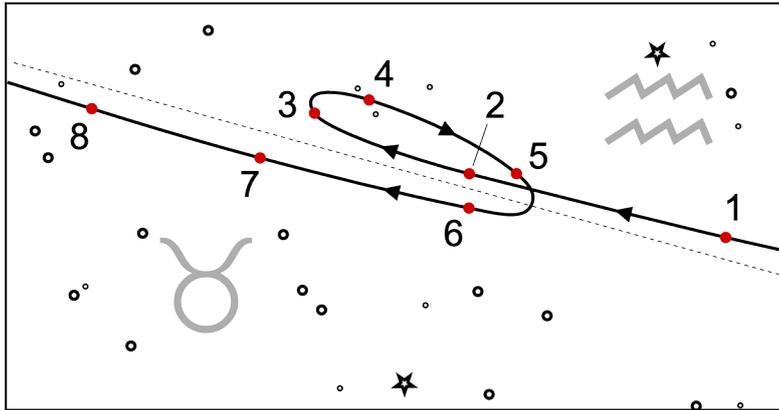
Abbiamo detto che, come il Sole e la Luna, anche le stelle erranti ruotano attorno alla Terra e accumulano giornalmente un certo ritardo rispetto alle stelle fisse. Di conseguenza anch'esse, notte dopo notte, si spostano lentamente verso est rispetto allo sfondo delle costellazioni e questo loro movimento rispetto alle stelle fisse è detto **moto diretto**.

Il ritardo rispetto alle stelle fisse varia da una stella errante all'altra ed è piccolo per Saturno, un po' più grande per Giove, seguito da Marte. Queste tre stelle hanno un ritardo minore del Sole, invece Venere e Mercurio, nel loro moto verso est sullo sfondo delle stelle fisse, si spostano più velocemente del Sole.

Le stelle erranti hanno anche un altro moto stranissimo che è una loro caratteristica peculiare. In certi periodi interrompono il loro scorrimento verso est sullo sfondo delle stelle fisse e per alcuni mesi ritornano verso ovest per poi spostarsi nuovamente verso est compiendo in tutto questo una caratteristica traiettoria ad anello o cappio. Lo spostamento in direzione anomala, ossia verso ovest rispetto alle stelle fisse, è detto **moto retrogrado**.

---

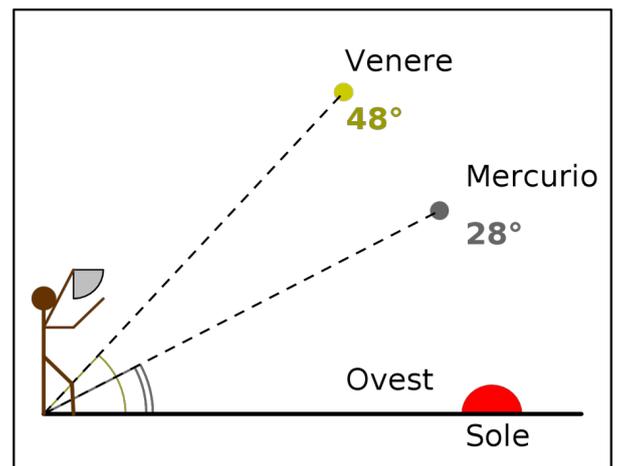
<sup>10</sup> Solo con l'introduzione dei telescopi fu possibile scoprire altri tre pianeti più lontani e perciò poco luminosi: **Urano**, **Nettuno** e **Plutone**. In realtà Urano sarebbe visibile ad occhio nudo, ma la sua luminosità è così debole ed il suo spostamento rispetto alle stelle fisse così lento, che gli antichi astronomi non lo notarono. Urano fu scoperto solo nel 1781 da William Herschel.



Nel disegno a fianco è rappresentato il moto retrogrado di Marte rispetto alle stelle fisse mentre transita tra le costellazioni dell'Acquario, (simbolo ) e del Toro (simbolo ). I punti numerati sono le posizioni del pianeta ad intervalli di un mese. Il moto retrogrado è quello compreso tra 3 e 5. La linea tratteggiata indica il percorso annuale del Sole (eclittica).

[Fonte: <http://it.wikipedia.org> pubblico dominio ©]

Le stelle erranti presentano tra loro certe differenze. Saturno, Giove e Marte possono trovarsi in un certo istante in qualsiasi posizione nel cielo, sempre tuttavia molto vicini all'eclittica. Il moto retrogrado di ognuna di queste stelle ha luogo quando essa viene a trovarsi quasi in **opposizione**<sup>11</sup> al Sole. Al contrario, Mercurio e Venere non possono raggiungere qualsiasi distanza angolare rispetto al Sole: la massima distanza angolare raggiungibile da entrambe le parti del Sole (est e ovest) è detta **massima elongazione** ed è 28° per Mercurio e 48° per Venere. Quando questi pianeti si trovano ad est del Sole sono visibili alla sera, mentre quando si trovano ad ovest del Sole sono visibili al mattino. Il moto retrogrado di Venere e Mercurio inizia dopo che queste stelle hanno raggiunto la massima distanza ad est dal Sole, e sono visibili nel cielo della sera (vedi figura a lato).



La luminosità delle stelle erranti varia considerevolmente. Marte, Giove e Saturno sono al massimo di luminosità quando si trovano in moto retrogrado cioè in opposizione al Sole. Venere raggiunge la massima luminosità in corrispondenza della massima elongazione. A causa della sua costante vicinanza al Sole, Mercurio è sempre immerso in un chiarore che non permette di apprezzarne le variazioni di luminosità.

Antonio Guermani, 2007

© Alcuni diritti sono riservati. Quest'opera è stata rilasciata con licenza Creative Commons: Attribuzione - Non commerciale - Non opere derivate 3.0 Italia . Info su: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/it/deed.it>

<sup>11</sup> Un pianeta in opposizione si trova in direzione opposta al Sole, quindi sorgerà quando il Sole tramonta, culminerà esattamente a mezzanotte e tramonterà al sorgere del Sole.