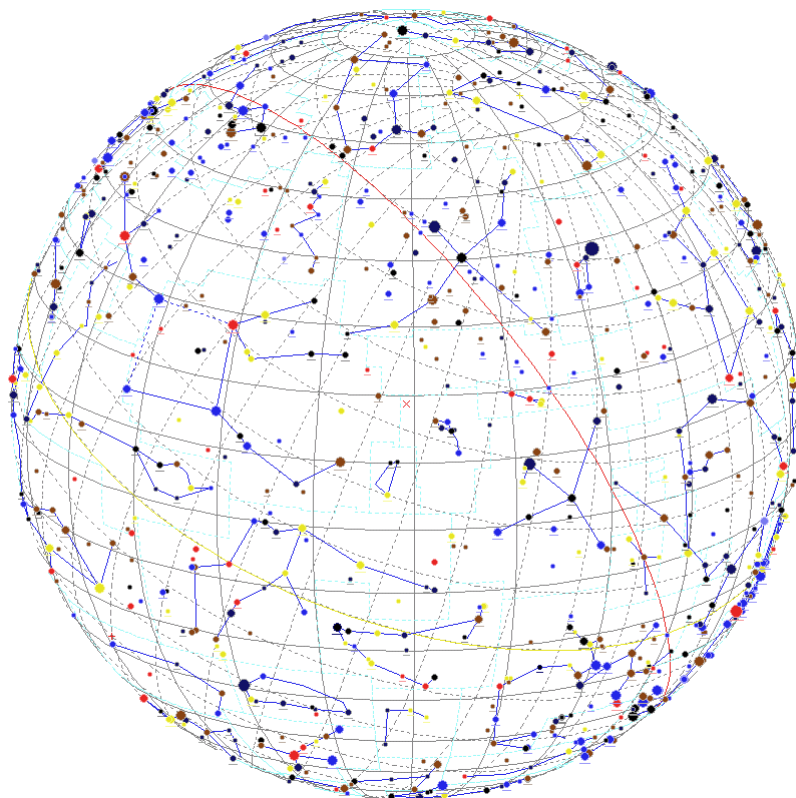


Dispense del corso

# «Come si Osserva il Cielo»

Parte Prima: il Cielo a Occhio Nudo, Geografia Astronomica.



*Accademia delle Stelle*

DISPENSE AD USO DEGLI ISCRITTI DEL CORSO DI ASTRONOMIA “COME SI OSSERVA IL CIELO”  
DELL’ACCADEMIA DELLE STELLE. AUTORE: **PAOLO COLONA**.

NE È VIETATA LA RIPRODUZIONE, ANCHE PARZIALE E CON QUALSIASI MEZZO.

1)

## IL CIELO AD OCCHIO NUDO

Cominciamo il nostro viaggio alla scoperta del cielo immaginando di trovarci in un luogo lontano dalla città e con una buona visibilità. Di giorno osserviamo un cielo azzurro e brillante e cominciamo a porci qualche domanda: perché il cielo è azzurro, più luminoso e sbiadito al mare, più scuro e intensamente blu in montagna? Perché al tramonto è rosso? Perché di giorno non si vedono le stelle? E infine: perché di notte il cielo è buio (paradosso di Olbers)?

**Il colore blu del cielo** dipende dal fatto che l'atmosfera, composta di gas, *non è perfettamente trasparente*: se è attraversata dalla luce, una parte di questa viene *diffusa*, ovvero non attraversa indenne l'aria ma viene deviata in ogni direzione. Dato che la maggior componente dell'atmosfera sono atomi di gas, e questi sono più piccoli della lunghezza d'onda della luce, il modo in cui la luce viene diffusa segue la cosiddetta *diffusione di Rayleigh* nella quale le lunghezze d'onda brevi (luce blu) sono diffuse più efficacemente delle lunghezze d'onda maggiori (luce rossa). In altre parole, la luce rossa passa quasi indenne, invece una percentuale maggiore della luce blu viene "sparpagliata" in tutte le direzioni. Per questo motivo, osservando una massa d'aria illuminata dal Sole, essa ci apparirà azzurra.

Il cielo al livello del mare è più luminoso e slavato di quello della montagna perché l'aria contiene molte più particelle "grandi" (polveri e vapore acqueo) che riflettono la luce di qualsiasi lunghezza d'onda, pertanto alla luce blu diffusa dall'effetto Rayleigh si somma la luce bianca del Sole che viene riflessa da queste particelle più grandi.

Al tramonto, infine, la luce del Sole ci raggiunge filtrata da un grosso strato di atmosfera e, poiché questa diffonde la luce blu, quella residua che riesce a raggiungerci è soprattutto di colore rosso.

### Visibilità delle stelle di giorno

Perché un oggetto risulti visibile, deve avere un contrasto sufficiente con lo sfondo. Lo stesso avviene anche per le stelle. Se consideriamo la luminosità di una stella e quella dell'area di cielo diurno circostante che non riusciamo a distinguere da essa (i più piccoli dettagli che l'occhio umano distingue hanno un'ampiezza maggiore di 1 primo d'arco), la luminosità del cielo è talmente superiore a quella della stella da rendere trascurabile il suo contributo: non potremo cioè percepire la differenza di luminosità tra un'areola di cielo che contiene una stella da quella di un'areola che non ne contiene nessuna; per questo motivo di giorno non si vedono le stelle.

Il telescopio permette di ingrandire ciò che si osserva. Se di giorno puntiamo il cielo in direzione di una stella, possiamo ingrandire di 100 volte o più l'areola di cielo che la circonda. In questo modo la sua luminosità superficiale calerà (perché viene distribuita su un'area  $100 \times 100 = 10.000$  volte più grande). La stella, invece, rimanendo sostanzialmente puntiforme, non subirà una diluizione della propria luce. Con il telescopio risulta così possibile, usando un centinaio di ingrandimenti, scurire il cielo attorno ad una stella finché l'astro non risulterà visibile. In un cielo terso è possibile osservare con un telescopio amatoriale stelle fino alla terza magnitudine (usando un apocromatico da 18cm dalla montagna, chi scrive è riuscito ad osservare stelle fino alla magnitudine 5,1 in pieno giorno). Invece ad occhio nudo è normalmente possibile vedere con il Sole ancora alto Venere e, talvolta, anche Giove.

Per riuscire a vedere le stelle ad occhio nudo bisogna aspettare che il Sole cali e il cielo inizi a scurirsi: le stelle più brillanti iniziano ad avere un contrasto sufficiente con il fondo cielo per diventare visibili e, dopo di esse, anche quelle più deboli.



*A sinistra: piccola porzione di cielo diurno ad occhio nudo. Puntando il telescopio e ingrandendo 100 volte, il cielo si scurisce abbastanza da rendere visibile una stella luminosa.*

Il corollario immediato di questo è che di notte, più il cielo è buio (lontano dalle luci cittadine, terso e rarefatto come in montagna) e più stelle potremo osservare...

### **Quante stelle si possono osservare ad occhio nudo?**

Un cielo buio come quello che si aveva in zone rurali italiane fino a pochi anni fa (ed ora eccezionalmente riscontrabile solo in pochi siti) permette di vedere circa 6.000 stelle su tutta la sfera celeste. Considerando che metà del cielo è sempre sotto l'orizzonte, e che la parte bassa del cielo, più densa, opaca e illuminata, nasconde molte stelle, si può stimare che, in condizioni ideali, si riescano a vedere circa 2.000 stelle contemporaneamente. Cieli ancora più bui, non più presenti nel nostro Paese, consentono di raddoppiare questo numero<sup>1</sup>. Aumentare la quota ha un vantaggio fino ad un certo punto: oltre i 3.000 metri circa le stelle visibili iniziano paradossalmente a calare perché l'occhio funziona bene solo se è sufficientemente ossigenato e, con l'aumentare della quota, si rischia di non vedere più le sorgenti meno luminose.

Anche dallo spazio, fuori dall'atmosfera, il numero non aumenta illimitatamente perché il nostro occhio ha comunque limitazioni fisiologiche: la pupilla raggiunge una dimensione massima di circa 7mm e quindi la raccolta di luce non può aumentare a piacere, e la retina a sua volta ha una sensibilità anch'essa limitata.

### **Perché di notte il cielo è buio?**

Ovviamente il cielo di notte è buio perché il Sole non illumina l'atmosfera, ma il problema ha implicazioni più profonde. Se infatti consideriamo un universo omogeneo, eterno ed infinito (come era considerato fino a un secolo fa), in qualunque direzione guardassimo, il nostro sguardo incontrerebbe, prima o poi, una stella, più o meno distante. Pertanto il cielo, diurno o notturno, ci dovrebbe apparire come una superficie brillante quanto il Sole. Questo problema è noto come Paradosso di Olbers. Considerando infatti l'oscurità del cielo come prova della finitezza dell'universo, la gravità avrebbe necessariamente condotto al suo collasso, per cui entrambe le possibilità sembravano egualmente contraddette dai fatti. Senza il supporto dato alla cosmologia dalla Relatività Generale, tale paradosso resta insolubile. Oggi sappiamo che lo spazio ci appare nero in quanto ha un "orizzonte": l'universo nacque 13,75 miliardi di anni fa (e quindi non possiamo ricevere luce da sorgenti più distanti di 13,75 miliardi di anni luce) e inoltre è in espansione: man mano che osserviamo galassie più distanti le vediamo anche più deboli perché luce emessa da sorgenti in allontanamento ci raggiunge con un'energia inferiore.

### **Inquinamento luminoso e magnitudine limite**

In generale, più scuro è il cielo e più stelle riusciamo a vedere grazie al maggior contrasto che queste hanno rispetto allo sfondo. L'oscurità del cielo, oltre che da fattori meteorologici quali la trasparenza e serenità, dipende dall'assenza di fonti di illuminazione. Il cielo è quindi più buio nelle notti senza Luna e in assenza di inquinamento luminoso. Il superfluo invio verso l'alto della luce artificiale non è solo un grave problema astronomico: rappresenta uno spreco netto di risorse, un costo maggiore della bolletta, con inquinamento e depauperamento del pianeta per l'estrazione e il bruciamento di combustibili fossili o nucleari, con relative emissioni. La compromissione del cielo a causa dell'IL è misurata empiricamente dalla "scala di Bortle" che classifica il cielo da estremamente inquinato, come nei centri cittadini, con il grado 9, fino a puro e naturale, ormai osservabile solo da postazioni remote e non più sul territorio italiano, col grado 1. Un modo semplice per esprimere la bontà del cielo è la "magnitudine limite", ovvero la magnitudine della stella meno luminosa che si riesce a vedere ad occhio nudo (normalmente verso lo zenit). Nel cielo inquinato sono visibili solo le stelle più brillanti, in quello incontaminato, oltre migliaia di stelle fin quasi alla magnitudine 7 (15000 stelle totali!), inoltre emergono anche fenomeni luminosi come la luce zodiacale e il Gegenschein (luce zodiacale antisolare), si osservano molte deboli meteore, e le parti più luminose della Via Lattea

---

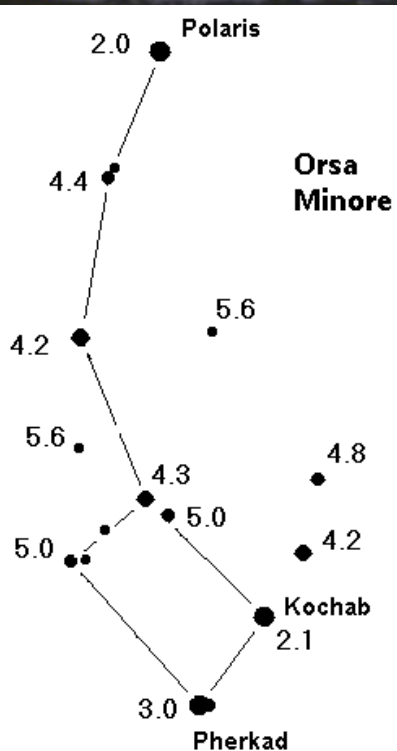
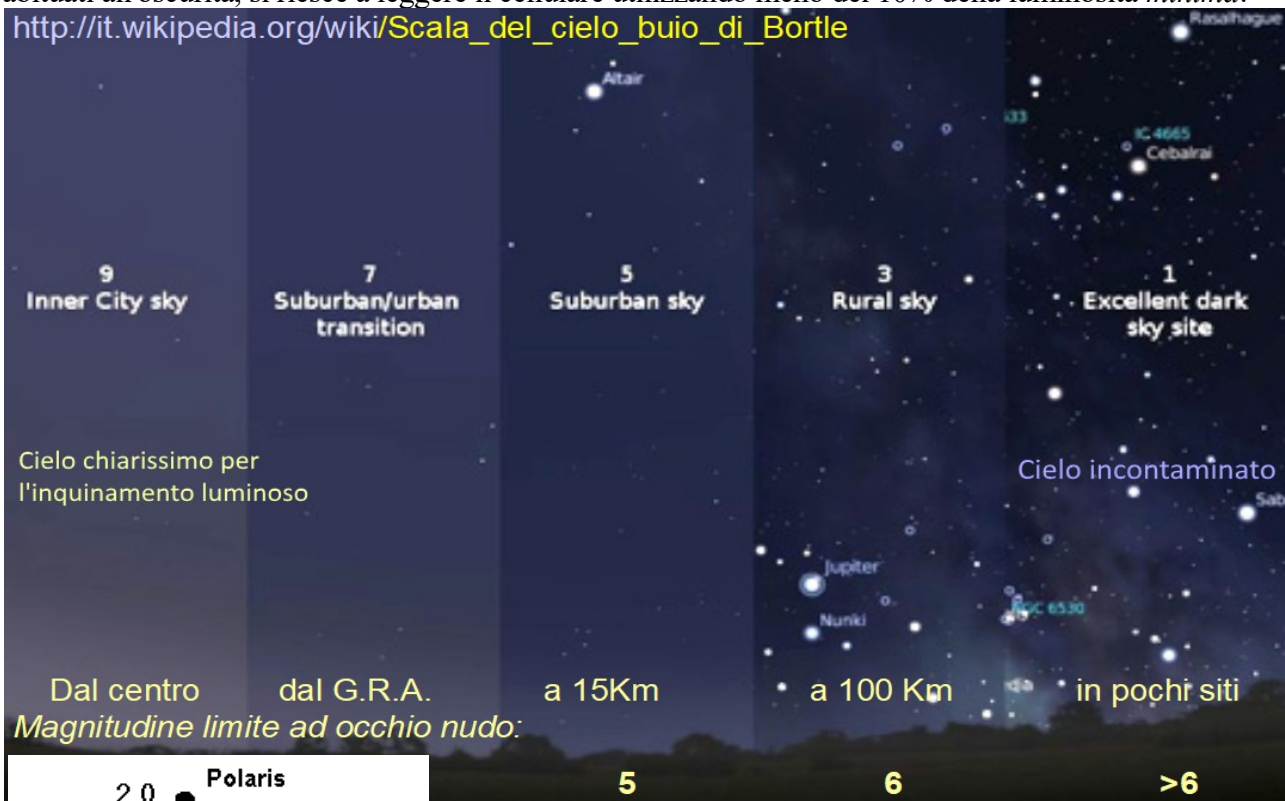
<sup>1</sup>In cielo esistono 9831 stelle più luminose della magnitudine 6,6, visibili sotto cieli vergini, non più presenti in Italia.

proiettano un'ombra, così come fanno pure i pianeti Giove, Venere e Marte in opposizione (quando si trova al massimo di luminosità).

### Adattamento degli occhi all'oscurità

La possibilità di osservare oggetti deboli, oltre alla qualità del cielo, dipende anche dall'adattamento degli occhi alla visione "scotopica", ovvero a basse intensità di illuminazione. In questo regime non vengono coinvolti i coni (cellule della retina responsabili della visione a colori), ma i bastoncelli, più sensibili ma incapaci di distinguere il colore degli oggetti (questo è il motivo per cui al telescopio le nebulose non sono colorate come in fotografia). L'adattamento al buio è fisiologico, veloce nei primi minuti e poi sempre più lento. Qualunque fonte luminosa, come una torcia non schermata, e soprattutto lo schermo del cellulare, può vanificare un'ora di adattamento al buio. Imprescindibile è quindi dotare il proprio cellulare di un'app per la riduzione della luminosità (ad esempio *Screen Filter*): quando si è abituati all'oscurità, si riesce a leggere il cellulare utilizzando meno del 10% della luminosità minima.

[http://it.wikipedia.org/wiki/Scala\\_del\\_cielo\\_buio\\_di\\_Bortle](http://it.wikipedia.org/wiki/Scala_del_cielo_buio_di_Bortle)



L'inquinamento luminoso limita ciò che si può osservare in cielo. Dal centro cittadino si possono osservare poche decine di stelle. Allontanandosi dalle luci se ne possono osservare più di mille. Occorre però raggiungere siti incontaminati, ormai assenti in Italia, per riuscire a vedere lo spettacolo di un cielo "originario", con migliaia di stelle, luce zodiacale e frequentissime meteore.

L'Orsa Minore è utile per valutare la bontà del cielo. Memorizzando lo schema a fianco, possiamo sapere qual è la luminosità della stella più debole visibile ad occhio nudo. Se riusciamo a vedere anche quelle di magnitudine 5,6 siamo in un cielo di ottima qualità (per gli standard degli astrofili cittadini...) Ad esempio in un cielo del genere si potrebbe tentare di individuare il pianeta Urano che, all'opposizione, ha una magnitudine di 5,6. (NB: in un cielo originario Urano è immediatamente visibile).

2)

## ASTRONOMIA AD OCCHIO NUDO

### **Gli astronomi antichi**

Tutta l'astronomia antica è stata sviluppata senza l'ausilio di strumenti ottici. Questo ci dà un'idea delle possibilità che abbiamo osservando il cielo semplicemente ad occhio nudo.

Ecco alcuni risultati ottenuti dall'osservazione del cielo nell'antichità, quando non si avevano telescopi né strumenti tecnologici moderni:

- Creazione dei segni zodiacali e delle costellazioni (fin dal Paleolitico)
  - Comprensione dei moti celesti e creazione del calendario
  - Determinazione con altissima precisione dei periodi orbitali dei pianeti
  - Durata dell'anno e del mese (con la precisione di un secondo)
  - Dimensioni della Terra
  - Distanza della Luna e del Sole
  - Previsione delle eclissi di Sole e di Luna
  - Osservazione e annotazione di comete, eclissi, stelle cadenti e altri eventi
- .....

### **Astrofisica in casa.**

Oggi, oltre a ripetere le stesse osservazioni dell'antichità (con l'incomparabile aiuto fornitoci dagli orologi), è possibile eseguirne anche altre, non solo perché esistono oggetti che all'epoca non c'erano (come i satelliti artificiali che possiamo vedere solcare il cielo), ma soprattutto perché alcuni fenomeni sono stati compresi e la loro osservazione ha un significato di interesse astrofisico che nell'antichità non si poteva nemmeno supporre (le stelle cadenti sono prodotte da corpi con la medesima orbita delle comete, il colore delle stelle dipende dalla loro temperatura, la loro variazione di luce da fenomeni fisici talvolta molto complessi, eccetera...). Ecco alcune osservazioni possibili senza telescopio:

- Satelliti artificiali
  - Sciame di stelle cadenti
  - Fenomeni meteorologici e aurore
  - Fasi e librazione della Luna
  - Variazione della distanza del Sole e della Luna
  - Rotazione del Sole
  - Stima delle dimensioni della Terra
  - Stelle variabili, colore delle stelle
  - Orientamento e riconoscimento delle costellazioni
  - Moti stagionali di Sole, Luna, stelle
  - Spettroscopia solare
  - Determinazione del diametro apparente dei pianeti
  - Osservazione dei satelliti di Giove e determinazione dei loro periodi orbitali
- .....

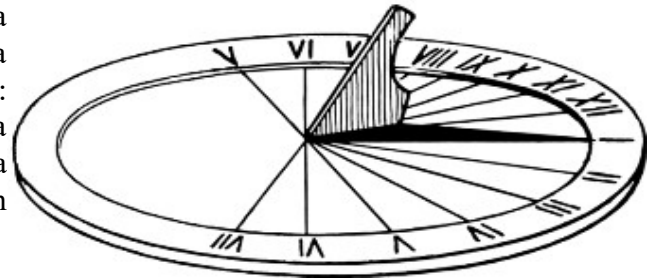
Ciascuna di queste osservazioni può essere fatta ad occhio nudo, oppure utilizzando oggetti di uso comune, come un orologio, uno specchio o un DVD, una fotocamera digitale, o eseguendo disegni a matita.

### **La gnomonica e l'arte di misurare la posizione del Sole**

In aggiunta a queste, vi sono le innumerevoli esperienze offerte dal mondo della gnomonica, che è la scienza che studia gli orologi solari e, più in generale, le implicazioni pratiche del moto diurno ed

annuo del Sole. È possibile ad esempio realizzare molto facilmente orologi solari di grande precisione. Il confronto del loro orario con quello del nostro orologio permetterà, tra l'altro, di costruire l'*analemma*: la figura che rappresenta l'*equazione del tempo*, ovvero lo scostamento tra ora solare vera e ora solare media (causato dal fatto che la Terra rivolge attorno al Sole su un'orbita ellittica e non circolare, e con un asse inclinato di 23,4° rispetto a quello di rivoluzione).

In effetti tra la punta del corpo che proietta l'ombra sulla meridiana e la punta dell'ombra stessa, passa una retta che indica il Sole: l'orologio solare è un modo per riportare su di una superficie che possiamo toccare e misurare la posizione esatta del Sole in cielo, e pertanto è un potente mezzo di indagine astronomica.



3)

## LE STELLE

### Numero e luminosità delle stelle

Torniamo alla nostra postazione osservativa (al mare o in montagna, purché lontana da fonti di inquinamento luminoso). Di notte, notiamo che le circa 2.000 stelle che possiamo vedere hanno luminosità differenti. Questo dipende da due fattori principali: dalla luminosità intrinseca della stella (le stelle possono essere 1 milione di volte meno o più luminose del Sole) e dalla distanza (la brillantezza di una sorgente luminosa puntiforme cala con il quadrato della distanza; ad esempio una stella ci invia 4 volte meno luce se è posta a distanza doppia). Un terzo fattore che può modificare la luminosità apparente delle stelle è la quantità di *mezzo interstellare* (polveri e gas) che si frappone tra noi ed essa.

### Distanze astronomiche

La quasi totalità delle stelle visibili ad occhio nudo si trova a *meno* di 1000 anni luce dalla Terra. Considerando che la nostra Galassia ha un diametro di 100.000 anni luce, capiamo che appena una minima parte di essa è accessibile alla sola indagine visuale senza telescopi. Per confronto, la nostra Galassia contiene circa 300 miliardi di stelle.

Le distanze astronomiche sono così grandi che i chilometri risultano inadeguati.

Queste sono le principali unità di misura usate in astronomia:

- *Unità Astronomica* (UA o AU secondo l'acronimo inglese): è la distanza media Terra-Sole, pari a 149.597.870,691 chilometri (approssimativamente 150 milioni di Km).
- *Anno luce*: è la distanza percorsa dalla luce in un anno ed equivale a circa 10.000 miliardi di Km (la velocità della luce è  $c=299.792,458$  Km/s)
- *Parsec*: è la distanza alla quale il raggio dell'orbita terrestre sottende un angolo di un secondo d'arco. Equivale a 3,26 anni luce.

In cosmologia si utilizza solitamente il megaparsec, ovvero il milione di parsec (Mpc).

### Gradi °, primi ', secondi "

La misura degli *angoli* in astronomia è fondamentale al punto che i primi uomini a studiarli furono gli astronomi. Non è un caso che ancora oggi dividiamo l'angolo giro in 360 gradi, numero che approssima i 365 giorni dell'anno: in questo modo, a partire da 5000 anni fa, i calcoli sul moto del Sole venivano fortemente semplificati. L'angolo è la differenza tra due direzioni: nord ed est distano 90 gradi, la Luna piena dista (circa) 180 gradi dal Sole, la punta del pollice e la punta del mignolo tenendo palmo spalancato e braccio teso distano circa 20°, e così via. Un grado viene diviso esattamente come le ore: in sessanta<sup>2</sup> *primi* o *minuti*, ciascuno a sua volta diviso in *secondi*. Si può distinguerli dalle misure di tempo specificando ad esempio *secondi d'arco*, *secondi angolari*,

<sup>2</sup> dividere in sessantesimi è un altro retaggio della astronomia egizia e babilonese

*arcosecondi*. (e la stessa cosa naturalmente vale per “minuti” e “primi”). Le abbreviazioni sono:  
 - per gli angoli: °, ', ''.  
 - per l'orario: h, min, s

### La luminosità delle stelle: la magnitudine

Ipparco di Nicea, astronomo ellenistico del II secolo a.C., suddivise le stelle in sei classi di luminosità. Nella prima classe pose le stelle più luminose, nell'ultima quelle più deboli visibili ad occhio nudo. Opportunamente corretta, ed anche estesa grazie alla possibilità di osservare oggetti ancora più deboli attraverso il telescopio, questa scala di magnitudini è ancora in vigore.

Facciamo alcune osservazioni:

- più la magnitudine cresce e più debole è una sorgente

- le stelle più deboli visibili ad occhio nudo sono di sesta magnitudine. Un binocolo permette di raggiungere l'ottava, un piccolo telescopio l'undicesima, un telescopio da 20 cm di diametro la 13esima. Le stelle più deboli ancora fotografabili con i più grandi telescopi superano la trentesima magnitudine.

- gli astri più brillanti raggiungono magnitudini negative (alcune stelle, alcuni pianeti, meteore luminose, Luna, Sole, eccetera).

- un salto di una magnitudine equivale ad una differenza di luminosità di 2,512 volte. Tra la prima e la sesta magnitudine la differenza di luminosità è di 100 volte (pari a 2,512 elevato alla quinta)<sup>3</sup>

- le magnitudini si possono esprimere con parti decimali, e la classe di magnitudine inizia a metà della divisione, ad esempio la terza magnitudine comprende stelle con luminosità tra la 2,51 e la 3,50.

- la magnitudine esprime ovviamente la luminosità *apparente* di un corpo celeste. Per confrontare la luminosità di due oggetti a distanze differenti è stata introdotta la **magnitudine assoluta**, ovvero la magnitudine che avrebbe una stella se fosse posta alla distanza di 10 parsec (32,6 anni luce). Il Sole ha magnitudine assoluta 4,83: a quella distanza sarebbe una anonima stella.

Magnitudine	Oggetto celeste
-26,8	Sole
-12,6	Luna piena
-4,4	Venere al massimo di luminosità
-2,8	Marte e Giove al massimo di luminosità
-1,46	Sirio, la stella più luminosa
-0,7	Canopo, la seconda stella più luminosa
+5,8	Urano al massimo di luminosità
+6	Le stelle più deboli osservabili ad occhio nudo
+12,6	Il quasar più luminoso
>+30	Gli oggetti più deboli osservabili con telescopi professionali

### Colore delle stelle

Ad occhio nudo (e meglio ancora con un binocolo o telescopio) possiamo notare che le stelle hanno colori differenti. Non sono tutte bianche: alcune appaiono gialle o rossastre mentre altre tendono all'azzurro o hanno riflessi blu. Il colore delle stelle dipende esclusivamente dalla loro temperatura superficiale. Una stella "fredda" (tra i 2500 e i 4000 gradi) emette molto infrarosso e, nella banda visibile, soprattutto luce rossa. Man mano che la temperatura sale, aumenta la luminosità, l'emissione si sposta verso l'ultravioletto e il colore tende all'azzurro. Stelle rosse sono ad esempio Betelgeuse (Orione, visibile d'inverno) e Antares (Scorpione, visibile d'estate), entrambe con superficie a circa 3200°C. Stelle blu: Rigel (in Orione), 12.000°C e Spica (Vergine, visibile in primavera), 22.000°C.

### Scintillazione e seeing

Un'altra caratteristica delle stelle che si nota immediatamente è il loro scintillio. Questo dipende dal fatto che il diametro apparente delle stelle è sempre inferiore al centesimo di secondo d'arco (che è l'angolo sotteso da una formica distante 50 chilometri). Dalle stelle ci giunge quindi un sottilissimo "filo" di luce che può essere efficacemente distorto dai movimenti d'aria nell'atmosfera: l'indice di rifrazione dell'aria cambia infatti con la temperatura, per cui, se aria calda e fredda si rimescolano nell'atmosfera, cambieranno lievemente la direzione della luce che le attraversa. Solo un cielo assolutamente calmo mostrerà stelle non scintillanti. Questo tipo di disturbo passa sotto il nome

<sup>3</sup> Si può comprendere questa differenza pensando che la luminosità è una misura lineare della quantità di energia che riceviamo da un astro, mentre la magnitudine esprime la nostra percezione della luminosità, che è logaritmica



inglese di *seeing*. Un cattivo seeing impedisce di osservare dettagli fini al telescopio e limita l'ingrandimento massimo utilizzabile, per cui preclude l'osservazione in alta risoluzione di pianeti e stelle doppie. I pianeti solitamente non scintillano perché hanno dimensioni apparenti immensamente più estese rispetto alle stelle: il loro “raggio di luce”, con diametro di molti secondi d'arco, è piuttosto spesso e la turbolenza atmosferica riesce difficilmente a perturbarlo.

### Cosa sono le costellazioni

Si tratta di raggruppamenti arbitrari di stelle: non hanno una natura fisica ma sono esito di scelte culturali (in genere popoli diversi ed epoche diverse adottano costellazioni diverse). Nacquero quando nell'antichità gli uomini iniziarono a dare nomi a gruppi di stelle per motivi diversi: di solito perché si trovavano in luoghi particolari del cielo (vicino al polo, oppure sugli equinozi o sui solstizi), oppure perché erano particolarmente vistosi (come Orione o le Pleiadi), o ancora perché erano utili a scandire il calendario (funzione rimasta talvolta nei nomi delle stelle, come per Spiga e Vendemmiatrice). La presenza in cielo di questi potenti indicatori fece poi fiorire abbondanti storie e mitologie, alcune delle quali conservatesi fino a noi grazie a scrittori e commentatori greci e latini. Le costellazioni attualmente riconosciute sono 88 e il loro numero e i loro confini sono stati determinati negli anni Venti del '900 dall'Unione Astronomica Internazionale.

### I nomi delle costellazioni

Tutte le costellazioni hanno un nome latino ufficiale ed una traduzione italiana. Per indicare una stella di una costellazione si usa spesso il genitivo della stessa, talvolta sostituito dall'abbreviazione a tre lettere del nome latino. Ecco alcuni esempi:

NOME ITALIANO	NOME LATINO	GENITIVO	ABBREVIAZIONE
Orione	<i>Orion</i>	<i>Orionis</i>	Ori
Orsa Maggiore	<i>Ursa Major</i>	<i>Ursae Majoris</i>	UMa
Giraffa	<i>Camelopardalis</i>	<i>Camelopardalis</i>	Cma
Cani da Caccia	<i>Canes Venatici</i>	<i>Canum Venaticorum</i>	CVn

### I nomi delle stelle

Tutte le stelle alla portata di un astrofilo sono state registrate in almeno uno delle centinaia di cataloghi astronomici esistenti, ed alcune hanno anche un nome proprio conferitole nell'antichità o in tempi moderni. Il catalogo più famoso è quello di Johann Bayer, pubblicato nel 1603 con la celebre *Uranometria*. Il metodo che adottò fu quello di assegnare una *lettera greca* alle stelle delle costellazioni, spesso (ma non sempre!) in ordine di luminosità: alfa alla più luminosa, beta alla seconda e così via. Un altro catalogo che gli astrofili imparano presto a conoscere è quello di John Flamsteed pubblicato postumo nel 1729: l'*Atlas Coelestis*. In esso Flamsteed usa un metodo più rigoroso: assegna un *numero* progressivo a tutte le stelle entro la sesta magnitudine che si trovano nei confini di ogni costellazione, partendo da ovest. Esistono poi molti altri cataloghi moderni con cui l'astrofilo entrerà prima o poi in contatto, come SAO (Smithsonian Astrophysical Observatory), HD (Henry Draper), DM (Durchmusterung), BD (Bonner Durchmusterung), HR (Harvard Revised photometry), Hip (Hipparcos), ecc.

Va ricordato che per catalogare le *stelle variabili* che non avevano già un nome si conveniva di usare una o due lettere latine davanti al genitivo della costellazione, come ad esempio: SS Cygni, T Tauri, VV Cephei, FU Orionis,

Esempio. I nomi della stella Vega in diversi cataloghi:

LETTERA DI BAYER	NUMERO DI FLAMSTEED	SAO	BD	HD	HR	HIP
Alpha Lyrae, Alp Lyr, $\alpha$ Lyr	3 Lyrae, 3 Lyr	67174	+38 3238	172167	7001	91262

4)

## GEOGRAFIA ASTRONOMICA

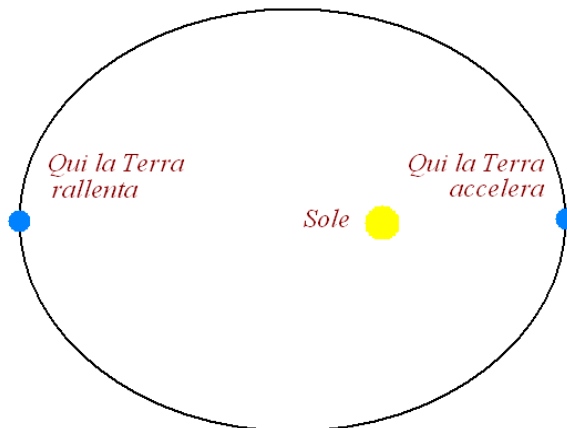
### Giorno siderale

La prima osservazione astronomica che si può compiere ad occhio nudo è che il cielo è in continua rotazione. In effetti, è la Terra a ruotare ma, poiché noi siamo solidali con essa e non ne percepiamo il movimento, abbiamo l'impressione che sia il cielo a ruotare. Se traggiamo una stella, possiamo verificare che essa impiega 23 ore, 56 minuti e 4 secondi per compiere un giro e ritornare al punto di partenza. Questo è il *giorno siderale*, ovvero il tempo impiegato dalla Terra a ruotare rispetto alle stelle.

### Giorno solare medio

Perché, allora, il nostro orologio segna 24 ore intere? Perché la nostra misura del tempo si basa sul Sole e non sulle stelle, e questo si sposta, percorrendo circa  $1^\circ$  al giorno in direzione est rispetto alle stelle. Pertanto, quando la stella ha compiuto il suo giro verso ovest ed è tornata al nostro traguardo, il Sole, che si è mosso verso est, ha ancora circa  $1^\circ$  da coprire e per farlo impiegherà circa altri 4 minuti. Le 24 ore dei nostri orologi indicano quindi il *giorno solare medio*, ovvero il tempo che impiega *mediamente* il Sole a compiere un giro apparente completo attorno alla Terra. Il motivo per cui il Sole sembra muoversi rispetto alle stelle è ancora una volta prospettico: in realtà siamo noi che rivoliamo intorno ad esso e lo osserviamo ogni giorno da una posizione diversa. In circa 365 giorni compiamo un'orbita, per cui il Sole ci sembra spostarsi di quasi  $1^\circ$  al giorno ( $360^\circ/365$  giorni) rispetto alle stelle e, in un anno, esso appare compiere un giro intero attorno alla Terra (muovendosi nel cielo lungo un percorso noto come Eclittica).

Il **giorno solare vero**, invece, è il tempo effettivamente necessario al Sole a compiere una rotazione apparente attorno alla Terra in un certo momento dell'anno. Esso differisce dal tempo solare medio perché la Terra non orbita su una circonferenza ma su un'ellissi, della quale il Sole occupa uno dei fuochi, ed anche a causa del diverso orientamento fra l'asse di rotazione e quello di rivoluzione. Quando la Terra è più vicina al Sole, accelera il proprio moto orbitale e il Sole appare spostarsi più rapidamente rispetto alle stelle ( $61'$  al giorno): pertanto bisogna aspettare più di 4 minuti perché torni al punto di partenza segnato dal nostro traguardo. Quando siamo più lontani dal Sole, invece, il nostro moto orbitale rallenta e il Sole appare più lento rispetto alle stelle ( $57'$  al giorno) e la differenza con il giorno siderale è minore di 4 minuti. Come conseguenza, all'afelio il giorno solare dura circa 8 secondi in meno, mentre nel punto più vicino dura circa 7 secondi in più del giorno solare medio. Per questo, un orologio solare, che indica ovviamente il tempo solare vero, accumulando queste differenze, può anticipare o ritardare rispetto al nostro orologio di diversi minuti. Lo sfasamento è indicato dalla cosiddetta *equazione del tempo*, che viene riportata anche sulle meridiane di miglior fattura, poiché dà i minuti da aggiungere o sottrarre all'ora indicata dall'orologio solare per avere il tempo solare medio dei nostri orologi.



Orbita della Terra intorno al Sole. L'ellitticità in figura è esagerata per renderla più evidente

## Il cielo nelle stagioni

Poiché il Sole si sposta rispetto allo sfondo stellato, col passare dei giorni e dei mesi, di notte saranno visibili stelle e costellazioni sempre diverse. Convenzionalmente il cielo viene perciò diviso in quattro spicchi di  $90^\circ$ , uno per ciascuna stagione.

È fondamentale per l'astrofilo imparare le costellazioni più importanti di ogni periodo dell'anno. Le costellazioni predominanti e centrali di ciascuna stagione, ben visibili la sera dopo il tramonto del Sole, sono le seguenti:

PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO	INVERNO
Leone, Vergine, Orsa Maggiore	Triangolo Estivo (Lira, Cigno, Aquila), Scorpione	Pegaso, Cassiopea	Orione, Esagono Invernale (Aur, Tau, Ori, CMa, CMi, Gem)

## Poli ed equatore celeste, loro posizione in cielo a seconda della latitudine. Stella Polare e Sigma Octantis. Punti cardinali.

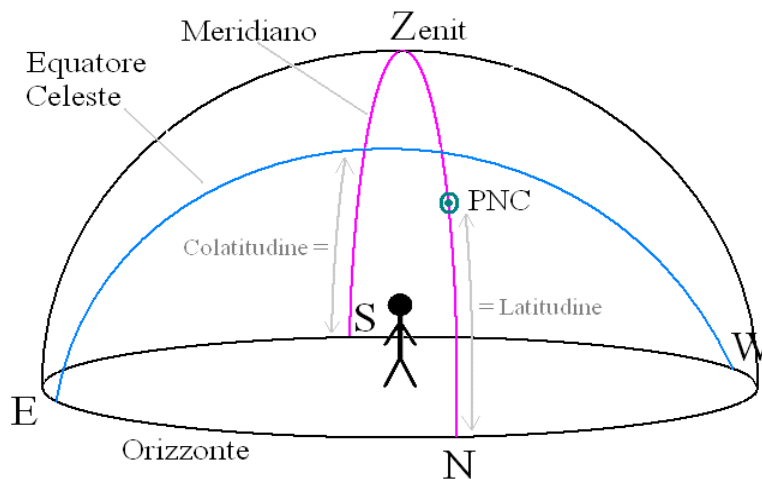
La rotazione apparente del cielo determina immediatamente l'esistenza di due poli, punti fissi attorno ai quali si compie la rotazione. Ognuno è visibile da ciascun emisfero terrestre. Nell'Emisfero Boreale osserviamo il Polo Nord Celeste (PNC). A soli 45 primi d'arco da esso, per caso, si trova una stella di seconda grandezza nota per ovvi motivi come Stella Polare. Dato che i poli celesti sono i punti dove l'asse di rotazione terrestre interseca la sfera celeste (la sfera ideale, a distanza grandissima, sulla quale possiamo immaginare di collocare tutti i corpi celesti), se ci troviamo al Polo Nord, dove l'asse terrestre esce da sotto i nostri piedi e punta verso il culmine del cielo, il PNC sarà sopra le nostre teste, cioè allo zenit. Se ci troviamo invece all'Equatore, l'asse terrestre corre parallelamente al terreno e quindi i Poli Celesti Nord e Sud saranno all'orizzonte, rispettivamente in direzione nord e sud. A latitudini intermedie, come ad esempio in Italia, il PNC si troverà verso nord, ad un angolo sull'orizzonte pari alla nostra latitudine. Questo è un metodo generale per conoscere dove si trova il PNC. Viceversa, una volta che individuamo il PNC (in pratica la Stella Polare), sapremo che all'orizzonte sotto di esso si trova il nord geografico.

La presenza in cielo di due poli consente di dividerlo in due emisferi, ciascuno centrato su un polo. La linea che divide i due emisferi, come avviene per la Terra, si chiama Equatore. L'Equatore Celeste, per un osservatore, interseca l'orizzonte nei punti cardinali est ed ovest e raggiunge la massima altezza in direzione Sud (per gli osservatori boreale). L'altezza raggiunta in quella direzione è pari alla colatitudine, ovvero  $90^\circ$  meno la latitudine dell'osservatore. Ai Poli la latitudine è  $90^\circ$  quindi l'Equatore coinciderà con l'orizzonte ( $90^\circ - 90^\circ = 0^\circ$ ). All'Equatore invece passerà allo zenit.

Vicino al Polo Sud Celeste non c'è nessuna stella importante (cioè manca una "stella polare" dell'Emisfero Sud). L'astro più vicino (a poco più di  $1^\circ$  di distanza) è la debole Sigma Octantis, di quinta magnitudine. Si può localizzare il PSC utilizzando il brillante asterismo della Croce del Sud, il cui asse principale punta proprio verso di esso. La Croce del Sud dista però ben  $40^\circ$  dal PSC.

## Meridiano locale

Importantissimo a fini astronomici è il cosiddetto *meridiano locale* anche detto meridiano passante, più spesso semplicemente "il meridiano". Si tratta della linea immaginaria che unisce i punti cardinali Nord e Sud passando per lo zenit. È un arco di cerchio massimo e, per costruzione, passa per il PNC. L'astrofilo lo tiene in grande considerazione perché, guardando verso Sud, gli astri raggiungono la massima altezza sull'orizzonte (e quindi la migliore visibilità) proprio quando transitano al meridiano.



*I cerchi della sfera celeste con Polo Nord Celeste e i punti cardinali, visti da un osservatore posto alle medie latitudini settentrionali.*

### Il moto delle stelle in cielo: circumpolari ed occidue

Tutte le stelle in cielo si spostano seguendo la rotazione apparente del cielo che va da Est verso Ovest. Alle medie latitudini settentrionali possiamo osservare il Polo Nord Celeste sopra l'orizzonte Nord (la sua altezza sull'orizzonte è pari alla latitudine dell'osservatore). Rivolgendoci verso di esso vedremo le stelle ruotare in senso antiorario (salgono infatti da est che sta alla nostra destra). Le stelle cioè descrivono dei cerchi centrati attorno al PNC (nei pressi del quale si trova la Stella Polare, che descrive un cerchio molto piccolo, grande circa il doppio della Luna).

È di immediata evidenza che qualunque stella che disti dalla Polare meno di quanto essa dista dall'orizzonte non potrà mai tramontare: il suo cerchio, la sua completa orbita diurna, rimane infatti interamente sopra l'orizzonte. Le stelle con questa caratteristica si chiamano *circumpolari*. Tutte le altre, che intersecano l'orizzonte, si chiamano *occidue*, e rimangono visibili per un tempo sempre minore man mano che aumenta la loro distanza dal PNC. Vi sono infine delle stelle che non sorgono mai, trovandosi troppo vicine all'altro polo, per cui il loro cerchio non emerge dall'orizzonte alle nostre latitudini. Per osservare queste altre stelle (come ad esempio la Croce del Sud), dovremo avvicinarci di più all'Equatore, da dove si possono osservare tutte le stelle di entrambi gli emisferi.

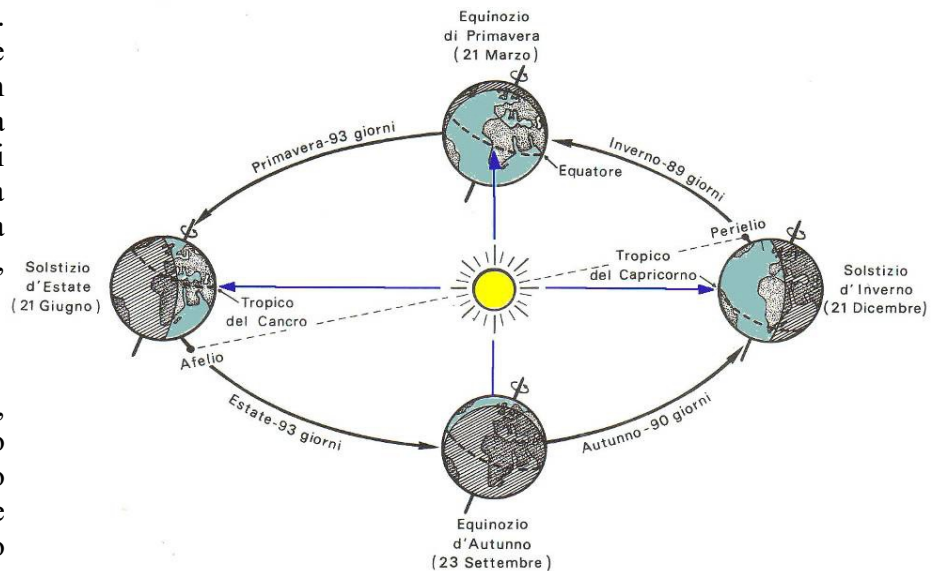
### Eclittica e suoi poli, etimologia

Abbiamo visto che la rotazione della Terra produce quella apparente del cielo conferendo così alla sfera celeste due Poli e un Equatore. La Terra però ha anche un movimento di rivoluzione intorno al Sole. Nel cielo compaiono quindi un altro "equatore" e altri due "poli" ovvero: l'Eclittica e i suoi due poli Nord e Sud. L'Eclittica è l'intersezione del nostro piano orbitale attorno al Sole con la Sfera Celeste ed è anche, per forza, il percorso annuo apparente del Sole nel cielo. Il suo nome deriva dal fatto che solo quando la luna (piena o nuova) si trova su di essa si possono avere le eclissi (di Luna o di Sole rispettivamente)<sup>4</sup>. Poiché l'asse di rotazione terrestre non è parallelo a quello di rivoluzione, ma forma con esso un angolo di 23° 27', i Poli dell'Eclittica distano altrettanti gradi dai Poli Celesti. Allo stesso modo l'Eclittica è un cerchio massimo che interseca l'Equatore Celeste (in due punti) con la medesima inclinazione (vedere l'ultima figura del capitolo, dove è indicato il punto gamma, che è una delle due intersezioni tra eclittica ed equatore celeste).

<sup>4</sup>Questo non avviene sempre perché la Luna non orbita esattamente sull'Eclittica, ma ha un'orbita inclinata mediamente di 5,14° rispetto ad essa, sicché la Luna attraversa l'eclittica solo due volte durante la sua rotazione mensile

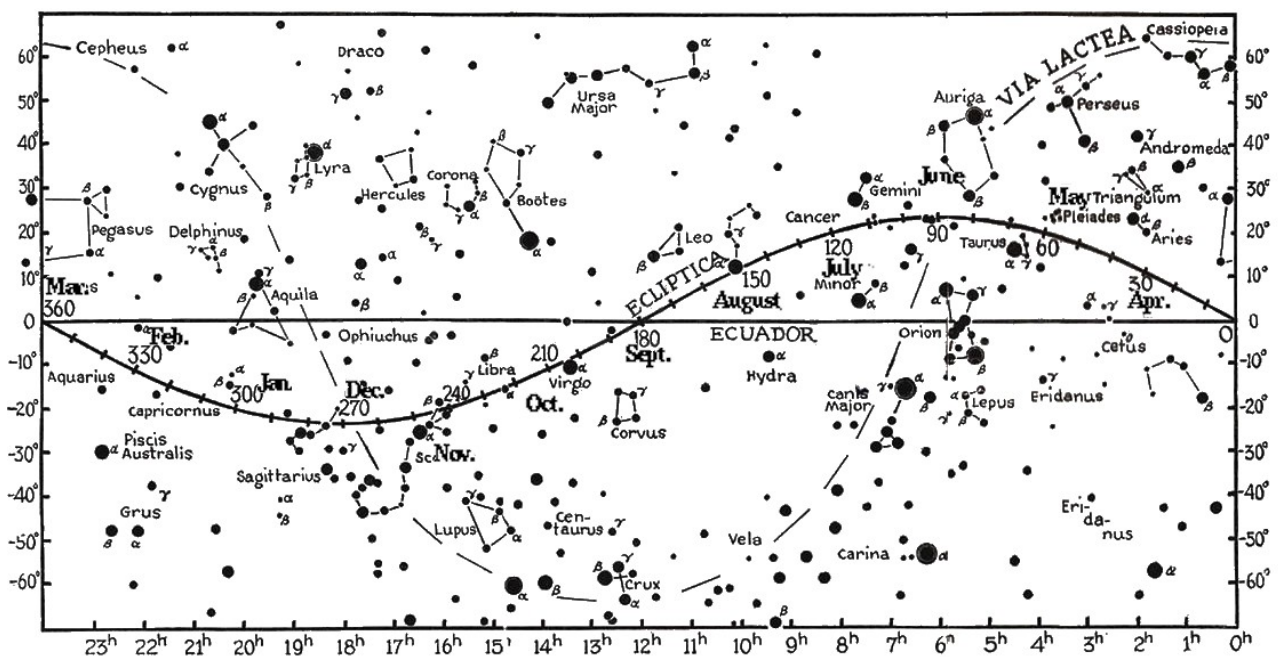
## Le stagioni astronomiche

Le stagioni sono una conseguenza dell'inclinazione tra Eclittica ed Equatore Celeste, ovvero della non coincidenza tra gli assi di rotazione e di rivoluzione terrestri. Per questo motivo infatti durante l'anno, gli emisferi del nostro pianeta sono esposti in maniera sempre diversa all'irraggiamento del Sole. Attorno al 21 giugno (solstizio estivo) la Terra rivolge il Polo Nord al Sole e si ha la massima insolazione dell'emisfero nord e la minima di quello meridionale (dove comincia l'inverno!). Il contrario avviene il 21 dicembre quando per noi è il solstizio d'inverno. Attorno al 21 marzo e al 22 settembre si hanno invece gli equinozi, momenti in cui il Sole risulta perpendicolare all'equatore terrestre e illumina identicamente i due emisferi giungendo radente ad entrambi i Poli. Poichè l'orbita terrestre è ellittica e varia la velocità con cui la Terra la percorre, la durata delle quattro stagioni non è la stessa: l'inverno è la più breve perchè la Terra passa al perielio il 3 gennaio, momento in cui va più veloce.



Anzi che eliocentricamente, possiamo descrivere lo stesso fenomeno anche dal nostro punto di vista: dato che l'Eclittica, ovvero il percorso apparente annuo del Sole in cielo, non coincide con l'equatore celeste ma è inclinato di  $23^\circ$  circa su di esso, per metà dell'anno il Sole apparirà nell'Emisfero Celeste Boreale, e per metà dell'anno in quello meridionale. Per metà dell'anno quindi noi vedremo il Sole più vicino al PNC, con la conseguenza che resterà sopra l'orizzonte per più di metà giornata e ne riceveremo più luce e calore per un tempo più lungo. Per l'altra metà dell'anno il Sole sarà più meridionale, a sud dell'equatore celeste, risultando basso in cielo: sorgerà tardi e tramonterà presto scaldandoci e illuminandoci di meno.

Ecco il percorso annuo del Sole tra le stelle, in una proiezione cilindrica dell'intero cielo:



In questa mappa, il Sole si muove lungo la linea sinusoidale spostandosi da destra verso sinistra (da ovest verso est) alla velocità di circa un grado al giorno.

I due momenti dell'anno in cui il Sole transita sull'Equatore Celeste sono gli equinozi. È allora che il Sole sorge esattamente ad Est, tramonta esattamente ad Ovest e passa un tempo uguale sopra e sotto l'orizzonte (*dies aequa nox* = giorno uguale alla notte, da cui "equinozio").

Agli equinozi il Sole si trova allo zenit all'Equatore, mentre al solstizio estivo sarà allo zenit sul Tropico del Cancro, e su quello del Capricorno al solstizio invernale.

L'intersezione tra Eclittica ed Equatore Celeste nel quale il Sole passa dall'emisfero Sud a quello Nord, l'equinozio di primavera, è così importante da avere più di un nome. Si chiama infatti Punto Gamma, Punto vernale, o Primo Punto d'Ariete. Il termine "gamma" deriva dal fatto che il simbolo dell'Ariete ♈ ricorda la lettera greca gamma minuscola:  $\gamma$ .

Laddove invece il Sole raggiunge la distanza massima dall'equatore si hanno i solstizi (da *Sol sistit*, il Sole si ferma, o *Solis statio*, fermata del Sole): lì il Sole infatti arresta il moto in senso nord-sud e lo inverte: per sei mesi sale verso nord (da inverno a estate) e per gli altri sei mesi scende verso sud.

### Perielio ed afelio

La Terra si avvicina ed allontana dal Sole poiché la sua orbita è ellittica, ma ciò non ha effetti sul clima in quanto la variazione della distanza non è grande. Tale fenomeno ci porta vicini al Sole d'inverno e lontani d'estate...

Attorno al 3 gennaio la Terra raggiunge il perielio (distanza minima dal Sole) a 147 milioni di chilometri dal Sole, 2,5 milioni di chilometri meno della distanza media. L'afelio (distanza massima dal Sole) avviene invece attorno al 4 luglio, a 152,1 milioni di chilometri dal Sole.

La linea che unisce perielio e afelio si chiama linea degli apsidi (o "apsidi"). L'anno inteso come il tempo necessario perché la Terra ritorni allo stesso abside si chiama *anno anomalistico*. La sua durata è differente dall'*anno siderale* (tempo impiegato dalla Terra per compiere un giro completo intorno al Sole rispetto alle stelle) perché, a causa dell'influenza gravitazionale degli altri pianeti, l'orbita della Terra è soggetta ad un movimento denominato precessione anomalistica, che determina lo spostamento della linea degli apsidi lungo il piano dell'eclittica: esso si completa in circa 115.000 anni. L'anno del nostro calendario è detto anno tropico medio, pari a 365,2422 giorni (365 giorni, 5 ore, 48 minuti e 46 secondi) che indica la rivoluzione attorno al Sole rispetto a solstizi ed equinozi. Esso è più breve di 20 minuti e 24,6 secondi rispetto all'anno siderale (rivoluzione rispetto alle stelle), che dura 365,2564 giorni solari medi (365 giorni, 6 ore, 9 minuti e 10 secondi), a sua volta più breve di circa 4 minuti e 43 secondi a quello anomalistico, di 365,259 giorni.

### Precessione degli equinozi e suoi effetti

Abbiamo visto che la Terra ruota su se stessa e attorno al Sole su assi inclinati tra di loro di 23,4 gradi. Ebbene, *l'asse di rotazione ruota attorno a quello di rivoluzione*. Questo fenomeno si chiama *precessione*, dura poco meno di 26.000 anni e ha due conseguenze principali. La prima, semplice da capire, è che, poiché l'asse di rotazione terrestre cambia orientamento nello spazio, punterà ora verso una stella, ora verso un'altra: la Stella Polare occupa quindi solo temporaneamente la sua posizione privilegiata in cielo vicino al PNC. Ai tempi delle Piramidi, per esempio, vicino al Polo Nord Celeste si trovava Thuban, *Alpha Draconis*.

L'altra conseguenza è più sottile. Se guardiamo l'orbita terrestre, il punto in cui la Terra si trova all'equinozio di primavera è quello in cui i raggi del Sole arrivano perpendicolari all'asse di rotazione (in corrispondenza col centro della Terra)<sup>5</sup>. Ora, dato che questo cambia orientamento, cambia di conseguenza anche il punto dell'orbita in cui avviene l'equinozio, che in effetti si sposta lungo l'orbita terrestre in senso opposto a quello di rivoluzione. Il punto equinoziale va cioè "incontro" alla Terra lungo la sua orbita, che quindi lo raggiungerà con un anticipo costante rispetto all'anno siderale: per

---

<sup>5</sup> Poiché l'asse è una retta infinita e i raggi del Sole vanno in tutte le direzioni, esisterà *sempre* un punto in cui i raggi solari arrivano perpendicolarmente sull'asse terrestre. La particolarità degli equinozi, che è necessario menzionare per darne la definizione, è che in quei momenti il punto di perpendicolarità tra raggi del Sole e asse terrestre cade geometricamente al centro della Terra. Chiarito questo, una definizione equivalente di equinozio è "quando il centro del Sole si trova sul piano dell'equatore terrestre".



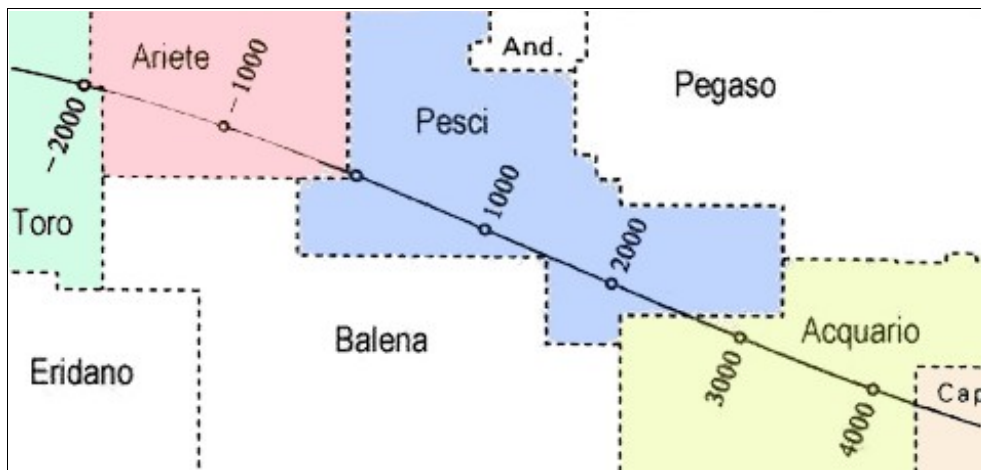
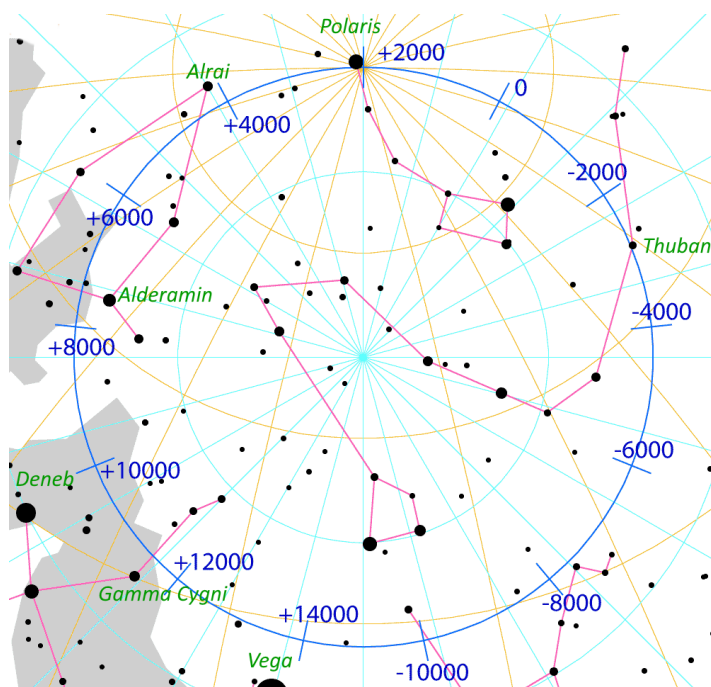
tale motivo questo fenomeno si chiama *precessione* degli equinozi. Questo anticipo è di 20 minuti e 24,6 secondi. Con una simile differenza, se il nostro calendario si basasse sull'anno siderale (e potrebbe farlo ad esempio se fosse fondato sulla ricomparsa annuale di una stella nelle luci dell'alba dopo che il Sole le è passato davanti), nel giro di 72 anni la data dell'equinozio cambierebbe di un giorno, e col passar dei secoli ci ritroveremmo con le stagioni sfasate rispetto al nostro calendario. Poiché il calendario civile nasce dall'esperienza millenaria di civiltà agricole e deve rimanere agganciato alle stagioni e non alla posizione delle stelle, di epoca in epoca si è fatto uno sforzo sempre maggiore per stabilire un calendario il più possibile fedele alla durata dell'*anno tropico* (il periodo intercorrente tra due medesimi equinozi). L'ultimo e definitivo miglioramento fu introdotto dalla Chiesa Cattolica nel 1582 con la bolla pontificia *Inter Gravissimas* di Papa Gregorio XIII. Il calendario che ancora adottiamo si chiama perciò "gregoriano" e sostituì quello della riforma del calendario voluta da Giulio Cesare (calendario giuliano).

Nel cielo, per la precessione, le intersezioni tra Eclittica ed Equatore si spostano tra le stelle. Così i segni zodiacali determinati 2000 anni fa dall'astrologia (e ancor oggi smerciati dagli oroscopi) non coincidono più con le costellazioni che ospitano il sole nei mesi corrispondenti. Sono rimasti però i nomi dei tropici: Cancro e Capricorno (Nord e Sud) benché ai solstizi il Sole si trovi nel Toro (estate) e nel Sagittario (inverno).

I due effetti astronomici della Precessione degli Equinozi

A destra la migrazione del PNC fra le stelle lungo i millenni. Sono indicati i nomi di alcune "stelle polari" delle diverse epoche.

Sotto: la posizione dell'equinozio di primavera nelle costellazioni dello Zodiaco negli ultimi quattromila anni e per i prossimi duemila.

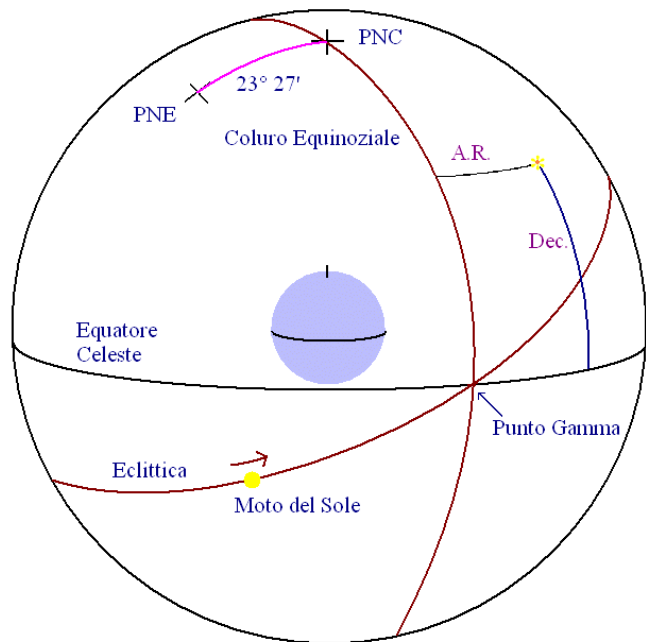


## Coordinate astronomiche

Sappiamo tutti che sulla Terra possiamo indicare la posizione di un punto con un paio di coordinate: latitudine e longitudine. La stessa cosa si può fare nel cielo. Le coordinate astronomiche sono analoghe a quelle terrestri. Similmente alla latitudine, la *declinazione* misura la distanza angolare di un astro dall'Equatore Celeste. Può assumere qualsiasi valore tra 0 e 90 gradi, è preceduta da un + o da un - a seconda che sia settentrionale o meridionale. L'analogo astronomico della longitudine si chiama *ascensione retta* e si misura non in gradi bensì in ore, minuti e secondi. Come sulla Terra, anche in cielo abbiamo bisogno di determinare un *meridiano fondamentale*. Si è convenuto che il meridiano zero dell'ascensione retta sia quello passante per il Punto Gamma. Tale meridiano si chiama Coluro Equinoziale (di primavera).

Poiché, per la precessione, le stelle subiscono un costante spostamento rispetto a tale meridiano e quindi subiscono un'analogia variazione nelle coordinate, è consuetudine riportare l'anno rispetto al quale sono valide le coordinate. Per esempio gli ultimi grandi atlanti celesti cartacei riportavano la dicitura "Equinozio 2000.0". Oggi i software dei planetari danno di ciascuna stella sia le coordinate riferite all'equinozio del 2000, sia quelle riferite alla data di consultazione.

La scelta di esprimere l'ascensione retta in ore minuti e secondi non è casuale, essa indica infatti in quanto tempo (siderale) una stella raggiunge il meridiano locale dopo che per esso è passato il Punto Gamma.



*I cerchi del cielo e le coordinate astronomiche di un astro: A.R.: Ascensione Retta, Dec.: Declinazione. È indicato anche il verso del movimento apparente del Sole lungo l'Eclittica e la distanza angolare tra Polo Nord Celeste e Polo Nord dell'Eclittica.*



### Il moto della Luna

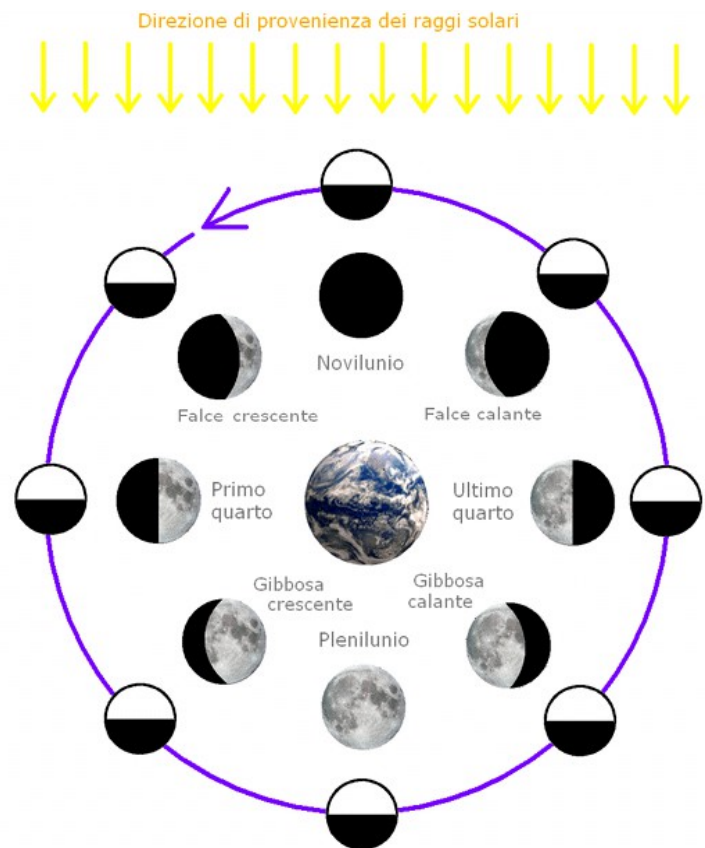
La Luna, unico satellite naturale della Terra, ci ruota attorno in circa un mese (non è un caso: il mese nasce proprio dall'osservazione del ciclo lunare) ed è il più luminoso astro notturno. Poiché i gradi di un angolo giro sono 360, la Luna percorre circa  $12^\circ$  al giorno spostandosi verso Est lungo l'Eclittica (per la precisione la sua traiettoria è inclinata di  $5,1^\circ$  rispetto a quella del Sole e quindi la interseca in due punti e può arrivare al massimo a  $5,1^\circ$  a nord o a sud di essa).

Quando si trova tra noi e il Sole, la Luna ci mostra il suo emisfero oscuro (quello illuminato è rivolto ovviamente verso il Sole) e non la vediamo: è il novilunio o "Luna nuova" (termine che un tempo indicava la prima falce che compare la sera) e la Luna è alla minima distanza angolare col Sole<sup>6</sup>.

Giorno dopo giorno, spostandosi di  $12^\circ$  lungo la sua orbita, la Luna si allontana angularmente dal Sole e inizia a mostrarci una porzione sempre maggiore del suo emisfero illuminato: compare la falce di Luna. Ad un quarto di giro, la Luna ci appare divisa esattamente a metà tra ombra e luce. Questa fase si chiama "primo quarto"<sup>7</sup>. Nei giorni seguenti la porzione illuminata è sempre maggiore, e si parla di fase "gibbosa crescente", finché la Luna non è completamente illuminata trovandosi dalla parte opposta del cielo rispetto al Sole:

noi la osserviamo dalla stessa direzione di provenienza dei raggi solari e ci appare "piena" (plenilunio). Durante questa metà del ciclo, la Luna è detta "crescente" (aggettivo. Il sostantivo "crescente" indica una forma a falce di luna. In francese è *croissant*, da cui il nome dei cornetti, che hanno appunto la forma di una falce di Luna). L'emiciclo seguente, dopo il plenilunio, vede la Luna "calante". In questa parte della sua orbita attorno alla Terra, ritorna progressivamente in ombra l'emisfero della Luna rivolto verso di noi e la fase decresce passando dalla gibbosa calante, all'ultimo quarto, alla falce calante.

Il periodo delle fasi dura 29, giorni e coincide con la rotazione della Luna attorno alla Terra rispetto al Sole (*mese sinodico*, precisamente 29 giorni 12 ore 44 minuti e 2,9 secondi, ovvero circa 29,53059 giorni). Rispetto alle stelle, invece, la Luna orbita attorno alla Terra in 27,3 giorni (*mese siderale*, precisamente 27 giorni 7 ore 43 minuti e 11,5 secondi, ovvero circa 27,32166 giorni).



*Il moto della Luna attorno alla Terra rispetto al Sole (indicato dalla direzione di provenienza dei raggi solari). Sono riportate, internamente all'orbita lunare, le fasi viste dalla Terra con il loro nome.*

NB. La Luna ci rivolge sempre la stessa faccia, che noi chiamiamo *faccia visibile*, mentre l'emisfero lontano è noto come *faccia nascosta*. La Luna, come ogni pianeta, è sempre illuminata per metà dal

<sup>6</sup> In termini comuni si parla di "cingunzione". In realtà, tecnicamente, la congiunzione tra due corpi del Sistema Solare è il momento in cui hanno la medesima longitudine eclittica (ovvero le loro proiezioni sull'eclittica coincidono). Questo non necessariamente indica la minima distanza angolare, per la quale il termine più corretto è "appulso".

<sup>7</sup> Il momento in cui più precisamente il disco lunare è diviso a metà tra ombra e luce si chiama "dicotomia"

Sole e, poiché ruota su se stessa rispetto al Sole, tutta la sua superficie viene illuminata per metà del mese. Questo per sottolineare che il “lato oscuro” della Luna, cioè quello non illuminato, non ha nulla a che vedere con il “lato nascosto”, che è quello rivolto sempre lontano rispetto alla Terra: i due “lati” coincidono solo una volta, durante il plenilunio.

### Visibilità della Luna: la sua posizione in cielo

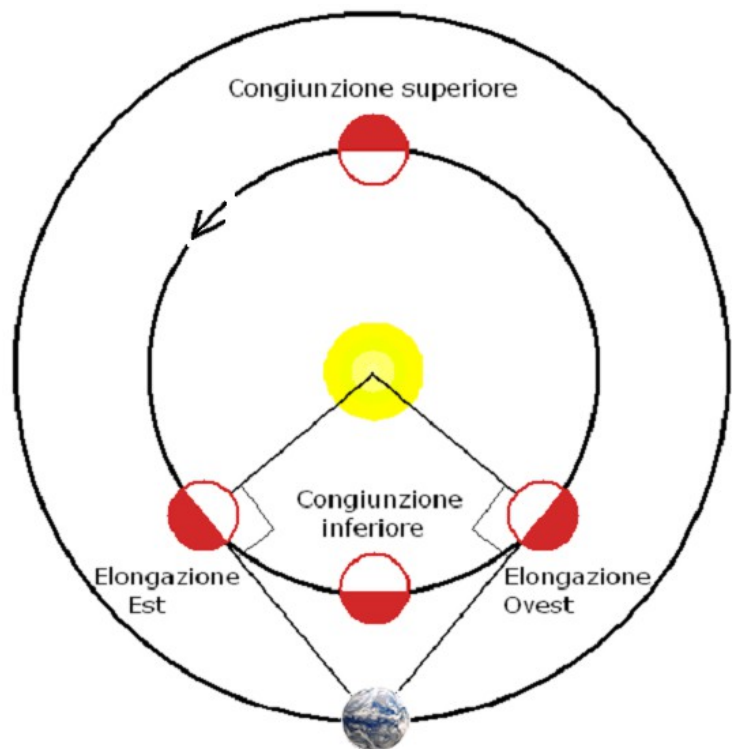
All’inizio del suo ciclo di visibilità, durante la fase di falce crescente, la Luna è visibile verso Ovest dopo la calata del Sole e impreziosisce il tramonto. Nei giorni seguenti, sempre al tramonto, la vedremo più luminosa e spostata sempre più verso sinistra (est). Al primo quarto dista  $90^\circ$  dal Sole e quindi si trova attorno al meridiano quando il Sole tramonta. Continuerà a spostarsi verso est e a crescere nei giorni successivi fino a sorgere, quando è piena, nel momento in cui il Sole tramonta. Da quel momento in poi sorgerà quando è già notte, diminuendo la propria fase. All’ultimo quarto, la Luna sarà mediamente al meridiano (quindi alta a sud) nel momento in cui il Sole sorge. Nella fase di falce calante, infine, la Luna sorgerà poco tempo prima del Sole e arriccherà il crepuscolo dell’alba con la sua falce sempre più ridotta e vicina al Sole.

### Il moto dei pianeti inferiori

Due pianeti rivolvono attorno al Sole su un’orbita interna a quella terrestre e sono detti pianeti inferiori: Mercurio e Venere. Poiché osserviamo la loro orbita dall’esterno, essi ci appaiono sempre vincolati entro un certo angolo dal Sole, che varia tra  $18^\circ$  e  $28^\circ$  per Mercurio ed è di circa  $47^\circ$  per Venere, pertanto non saranno mai visibili attorno alla mezzanotte.

Durante la sua orbita, un pianeta interno può trovarsi al di là del Sole. Si dice allora che è in *congiunzione superiore*. Sarà invisibile e in fase piena. Quando si discosta abbastanza dal Sole lo si potrà iniziare ad osservare dopo il tramonto: la fase è calante e, poiché il pianeta si avvicina anche alla Terra (si veda la figura), le sue dimensioni angolari aumenteranno. Il punto di maggior scostamento angolare dal Sole si chiama *elongazione massima*. Quando il pianeta capita tra la Terra e il Sole si ha la *congiunzione inferiore* e il pianeta sarà di nuovo invisibile e in fase nuova. Successivamente, il pianeta interno ricomparirà nel cielo dell’alba prima del sorgere del Sole, in fase crescente e sempre più alto sull’orizzonte (all’alba) fino a raggiungere la massima elongazione occidentale.

Mercurio completa un ciclo (periodo sinodico) in circa 116 giorni e Venere in 584.



*Il moto di un pianeta interno. Sono indicate le congiunzioni col Sole, durante le quali il pianeta è invisibile, e le elongazioni massime, quando il pianeta ha la miglior visibilità, al tramonto (elongazione Est) e all’alba (elongazione Ovest).*



*L'aspetto dei un pianeta inferiore visto al telescopio durante l'intero periodo sinodico.*

### **Il moto dei pianeti esterni**

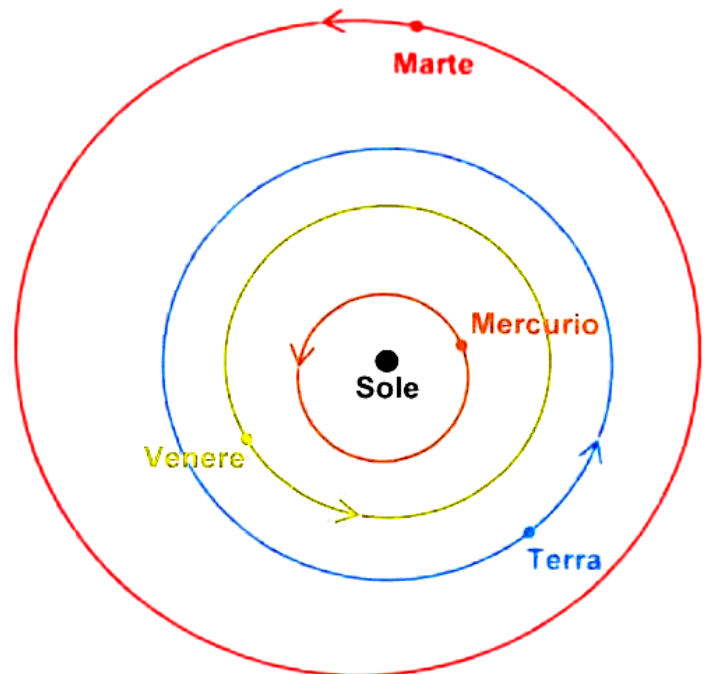
Tutti gli altri pianeti (Marte, Giove, Saturno, Urano e Nettuno) orbitano attorno al Sole su un'orbita esterna a quella della Terra e pertanto possono occupare qualsiasi porzione di Eclittica, anche lontano dal Sole (tutte le orbite planetarie giacciono su piani vicini a quello della Terra e pertanto in cielo non si discostano che di pochi gradi all'Eclittica).

La loro visibilità è migliore quando si trovano in direzione opposta al Sole, momento in cui raggiungono anche la massima luminosità e dimensione apparente.

Marte è in opposizione ogni 26 mesi

Giove ogni 13 mesi

Saturno, Urano, Nettuno ogni 12 mesi circa.



*L'immagine rappresenta le orbite dei quattro pianeti interni. Osservando quella di Marte, appare evidente che esso sarà più vicino e meglio visibile quando, rispetto alla Terra, si trova in direzione opposta al Sole. All'opposizione i pianeti esterni all'orbita terrestre sono visibili per tutta la notte (sorgono quando il Sole tramonta) e si trovano alla minima distanza da noi.*

MERCURIO	4.5" ○	12.9" ○
VENERE	9.5" ○	65.2" ○
MARTE	3.5" ○	25.7" ○
GIOVE	30.4" ○	50.1" ○
SATURNO	15.0" ○	20.9" ○
URANO	3.1" ○	3.7" ○
NETTUNO	2.0" ○	2.2" ○

### Grandezze apparenti dei pianeti

A seconda della sua distanza dalla Terra ciascun pianeta mostra dimensioni apparenti molto differenti.

La grafica, tratta da "Astronomia Oggi" di Franco Potenza (Longanesi 1976), mostra le dimensioni minime e massime dei pianeti riportate alla stessa scala. Le misure sono espresse in secondi d'arco (1 arcsec = 1/60 di primo d'arco = 1/3600 di grado).

Si consideri che un secondo d'arco è all'incirca la migliore risoluzione ottenibile con piccoli telescopi amatoriali. Per i pianeti interni all'orbita terrestre la dimensione massima è quella teorica raggiunta nelle congiunzioni inferiori, per i pianeti esterni è quella apprezzabile durante le migliori opposizioni.