

# Elementi di Astronomia di posizione, sistemi di coordinate, costellazioni

**Olimpiadi di Astronomia 2018**  
Selezione Interregionale Lazio  
[astrolimpiadi.lazio@iaps.inaf.it](mailto:astrolimpiadi.lazio@iaps.inaf.it)

# LA SFERA CELESTE

L'astronomia di posizione si occupa dello studio di posizione, distanza e moti spaziali degli astri, ed è alla base di ogni ricerca astronomica. In campo astronomico è molto difficile definire l'esatta posizione di un oggetto celeste. Infatti, a causa dell'enorme distanza, gli astri ci appaiono proiettati su una sfera ideale, concentrica rispetto l'osservatore, che prende il nome di **sfera celeste** e che, per definizione, ha raggio infinito quando l'osservatore è posto al centro di essa.

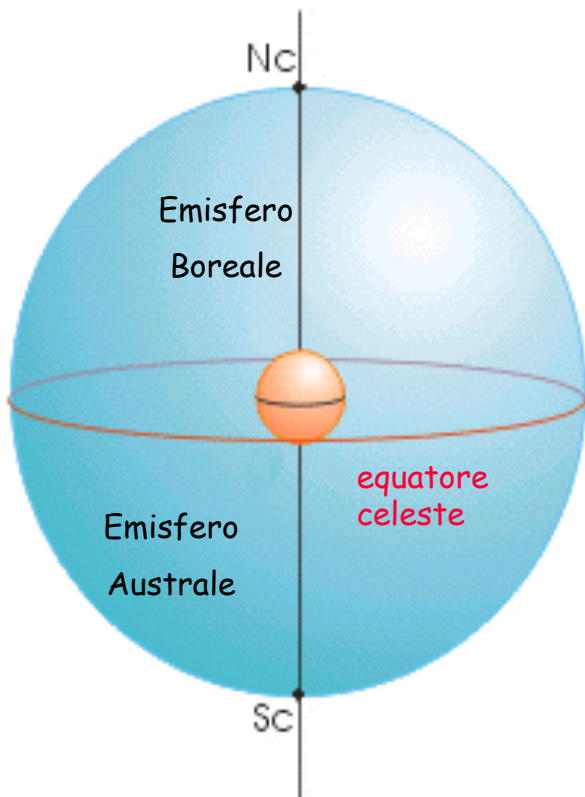


La Sfera Celeste non ha nessuna realtà fisica, è un'illusione dovuta al fatto che oltre un certo limite non siamo più in grado di valutare visivamente la diversa distanza dei corpi celesti.

Per ogni osservatore, inoltre, la visibilità dei corpi celesti risulta limitata dall'**orizzonte**, cioè da un ideale cerchio massimo, definito come l'intersezione della sfera celeste con un piano perpendicolare alla verticale dell'osservatore e passante per l'osservatore stesso.

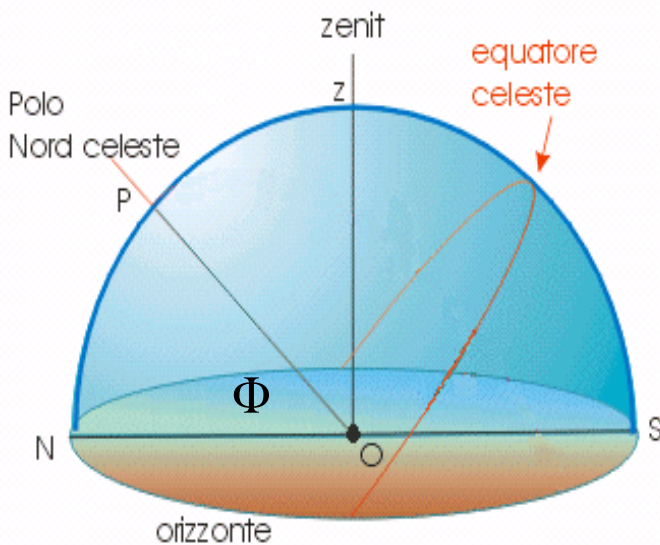
Per **verticale del luogo** o **verticale astronomica** si intende la direzione della gravità nel punto di osservazione, perpendicolare al piano orizzontale. La verticale è materializzata dalla direzione del filo a piombo.

L'osservatore si trova, in generale, sulla superficie della Terra, quindi partecipa al suo moto di rotazione (moto diurno) intorno all'asse polare, con la conseguenza che gli **astri mostrano moti apparenti sulla sfera celeste, da EST verso OVEST**, ma la loro posizione reciproca, per oggetti non appartenenti al sistema solare, rimane praticamente invariata. La sfera celeste sembra quindi ruotare su sé stessa attorno a un asse, che coincide con l'asse di rotazione della Terra, chiamato "**asse celeste**" o "asse del mondo".



Quest'asse incontra la Sfera Celeste in due punti: il **Polo Nord** (Nc) e il **Polo Sud** (Sc) celesti. I Poli Celesti sono gli unici due punti che appaiono rimanere immobili durante il moto diurno.

Il piano dell'equatore terrestre interseca la sfera celeste definendo l'**equatore celeste** e gli emisferi boreale (che contiene il polo nord celeste) e australe (che contiene il polo sud celeste). In generale, da una qualunque posizione sulla Terra, solo uno dei poli celesti risulta visibile. La posizione dei poli celesti dipende unicamente dalla latitudine ( $\Phi$ ) dell'osservatore (O).



Per un osservatore O posto alla latitudine  $\Phi$  nell'emisfero Boreale, sarà visibile solo il Polo Nord celeste. Prolungando la direzione della verticale fino ad intersecare la sfera si ottengono: **Zenit** (quella sopra la testa dell'osservatore); **Nadir** (quella all'antipode, non visibile all'osservatore).

Le caratteristiche della Sfera Celeste dipendono dalle coordinate geografiche dell'osservatore e, per una data posizione sulla Terra e per una data ora, cambiano nel corso dell'anno a causa del moto di rivoluzione terrestre. Se mi trovo a Roma, ad esempio, la stella che avrò sopra la testa sarà una, ma se nello stesso momento mi trovo in Australia sopra la testa ne avrò un'altra. Anche se osservo il cielo da Roma, dopo sei mesi avrò sopra la testa un'altra stella rispetto a quella di sei mesi prima: la sfera locale è quindi legata alla posizione ed al momento di osservazione.

# Le coordinate astronomiche

Definiscono le posizioni degli oggetti astronomici sulla Sfera Celeste.

Si basano sulla definizione di:

- ✓ un **asse** chiamato **direzione fondamentale**
- ✓ un **piano fondamentale** perpendicolare alla direzione fondamentale

## Sistemi di coordinate

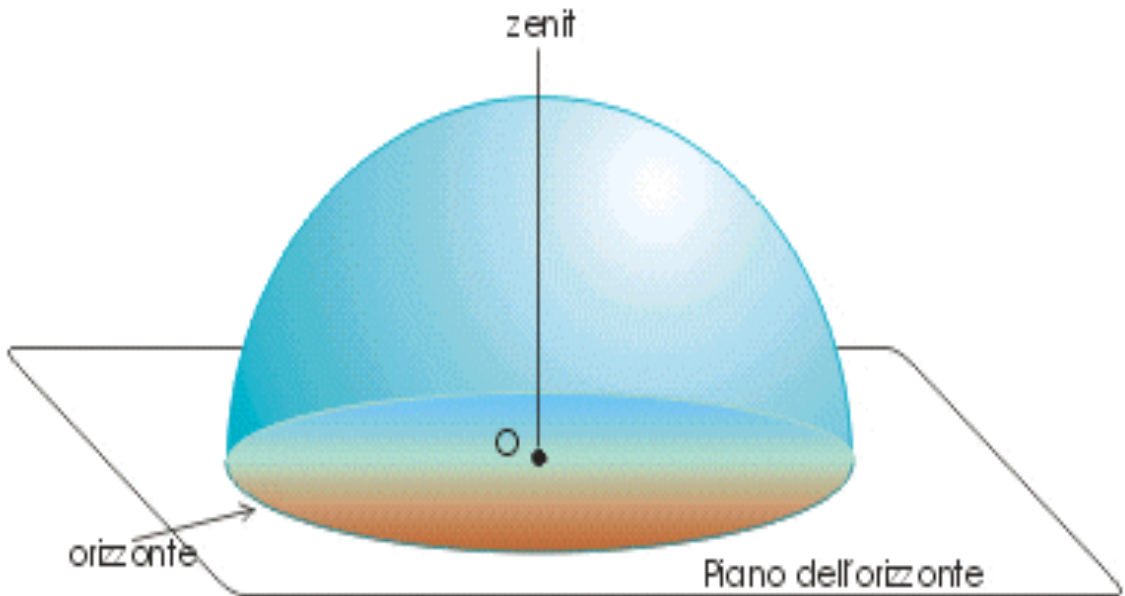
- Altazimutale
- Equatoriale
- Orario

Esistono anche altri sistemi di coordinate: Eclittiche ormai in disuso e Galattiche.

Accenneremo solo brevemente al sistema di coordinate galattiche.



# Sistema Altazimutale



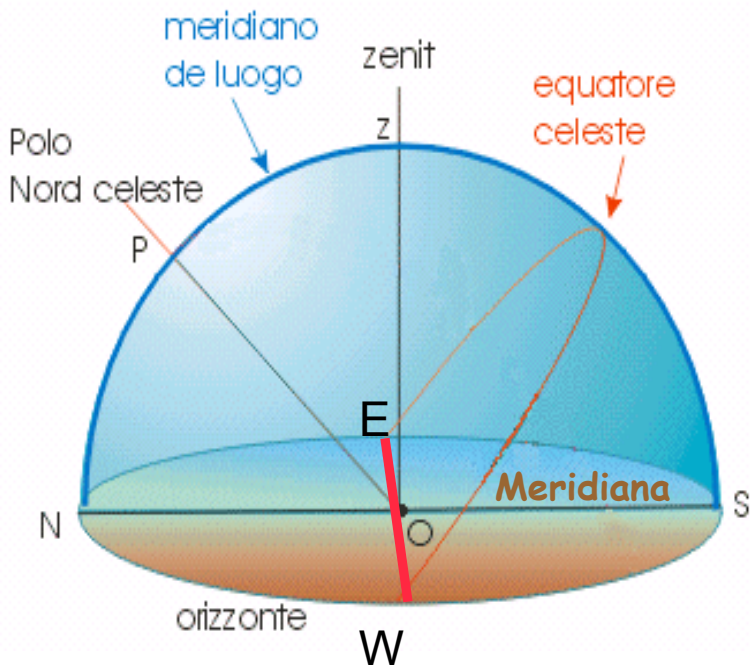
La **direzione fondamentale** è la verticale del luogo di osservazione. Il **piano fondamentale** passante per l'Osservatore e perpendicolare alla direzione fondamentale è l'orizzonte astronomico. Perciò le coordinate Altazimutali sono anche dette coordinate orizzontali.

Le posizione di un astro sulla sfera celeste è definita da due coordinate: l'**Azimuth (A)** e l'**Altezza (h)**.

## Tabella corrispondenza misure angoli

$24h = 360^\circ$	$1m = 15'$
$1h = 15^\circ$	$4s = 1'$
$4m = 1^\circ$	$1s = 15''$



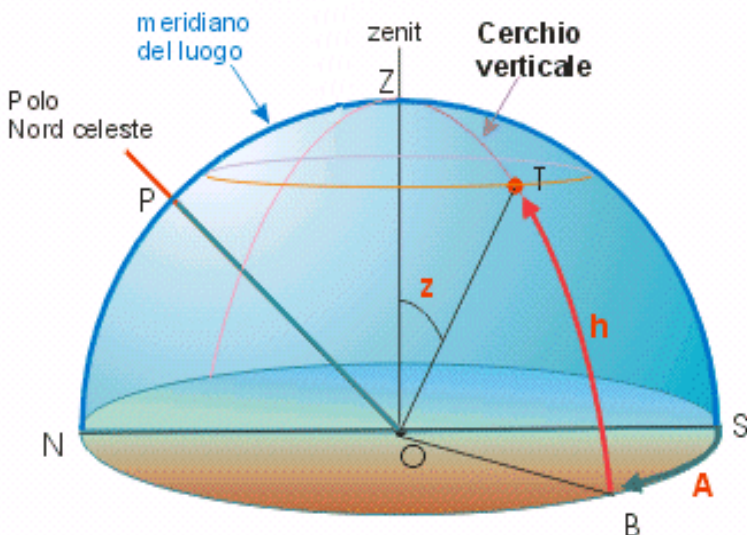


Il “cerchio massimo” passante per i due poli celesti, lo Zenit e il Nadir, viene detto “Meridiano Celeste” (o “Meridiano del luogo” o più semplicemente “Meridiano”)

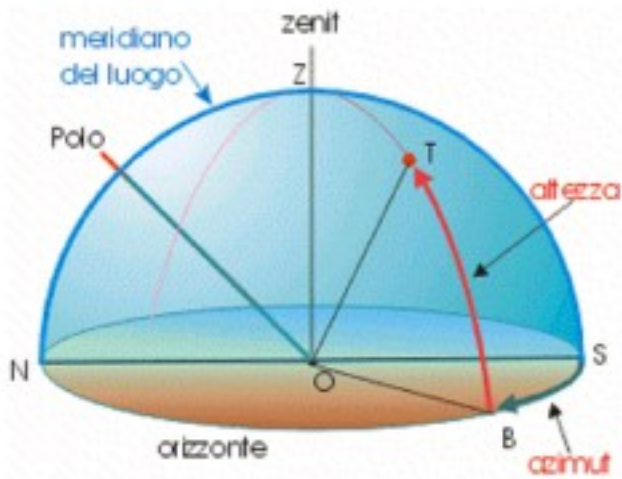
L’intersezione del piano del Meridiano Celeste con il piano dell’Orizzonte viene detta **Meridiana**.

L’intersezione del Meridiano Celeste con l’Orizzonte definisce i punti cardinali Nord (N) e Sud (S).

L’intersezione dell’equatore celeste con l’Orizzonte definisce i punti cardinali Est (E) e Ovest (W).



Tutti i cerchi massimi passanti per lo **Zenit** e il **Nadir** prendono il nome di cerchi verticali



Coordinate altazimutali

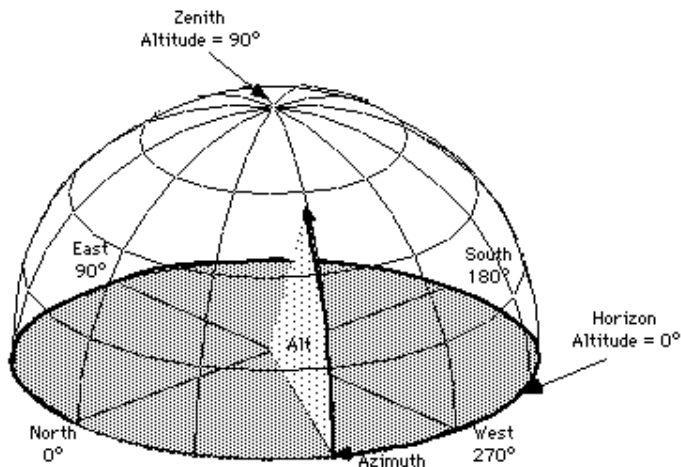
Detto T un generico punto sulla sfera celeste le sue coordinate altoazimutali saranno:

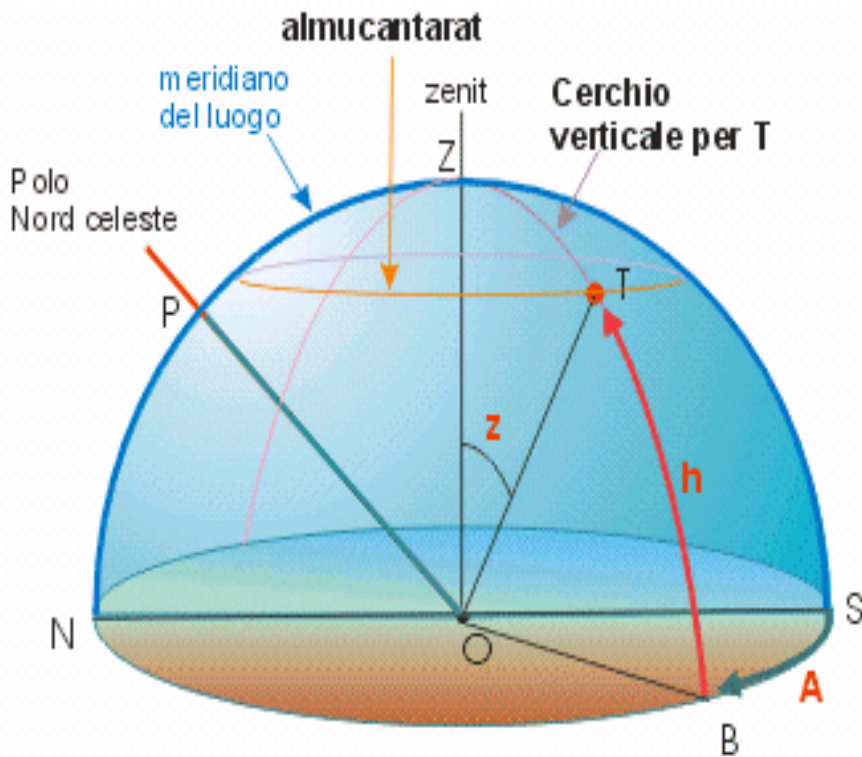
**-Azimut (A)** cioè l'arco di Orizzonte tra il punto Sud e il cerchio verticale passante per l'astro (T); è misurato in senso orario ed è compreso tra  $0^\circ$  e  $360^\circ$ .

**-Altezza (h)** cioè l'arco di cerchio verticale compreso fra l'Orizzonte e l'astro; si conta da 0 a  $+90^\circ$  verso lo Zenit e da 0 a  $-90^\circ$  verso il Nadir.

Al posto dell'Altezza si può usare la **Distanza Zenitale:  $z = 90 - h$**  (cioè la distanza dell'astro dallo Zenit che è compresa tra  $0^\circ$  e  $180^\circ$ ); ovviamente per qualsiasi corpo celeste vale sempre la relazione  $z + h = 90^\circ$ .

Il valore massimo dell'Altezza di un corpo celeste si ha quando, a causa del moto diurno, transita al meridiano in direzione Sud. L'altezza all'orizzonte è  $0^\circ$ .





I cerchi minori formati dai punti sulla sfera celeste che hanno uguale altezza (ovvero uguale distanza zenitale) sono detti "cerchi di altezza" o "almucantarato".

Le coordinate Altazimutali sono molto pratiche, ma hanno il difetto di essere relative all'osservatore, in quanto ogni osservatore sulla Terra ha i propri punti di riferimento, Orizzonte e Zenit, facili da identificare, ma tipici della località di osservazione.

Inoltre, a causa del moto diurno della sfera celeste, le coordinate di un oggetto variano con il tempo: le stelle descrivono archi di cerchio che, in generale, non sono paralleli all'orizzonte; quindi i valori delle due coordinate variano continuamente e in modo non uniforme. Per fare in modo che due osservatori possano scambiarsi le coordinate a prescindere da luogo e orario, occorre fissare delle origini che siano uguali in tutto il mondo e soprattutto che non risentano della rotazione terrestre nel breve periodo, dove per breve non si intendono secondi ma almeno una cinquantina di anni. Per ottenere la posizione di un astro in cielo tramite coordinate fisse e quindi indipendenti dal luogo di osservazione e dal moto apparente della volta celeste dovremo affidarci a riferimenti celesti fissi.



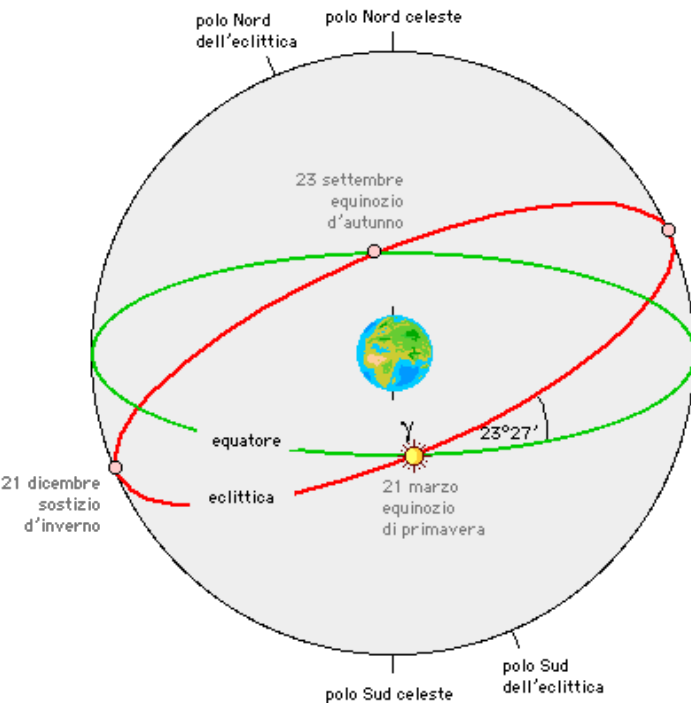
# Eclittica

L'eclittica è il percorso apparente del Sole sulla Sfera Celeste. Il nome "eclittica" viene dal fatto che lungo questo percorso avvengono le eclissi di Sole e di Luna.

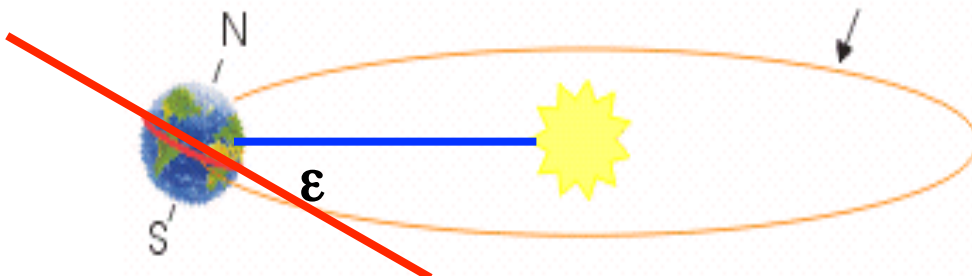
L'eclittica è un cerchio massimo e interseca l'equatore celeste in due punti (nodi) chiamati: Punto di Ariete (o Punto "γ" o Punto Vernale) e Punto della Bilancia (o Punto Ω).

Il Sole passa per il Punto γ all'equinozio di Primavera e per il Punto della Bilancia Ω all'equinozio d'Autunno.

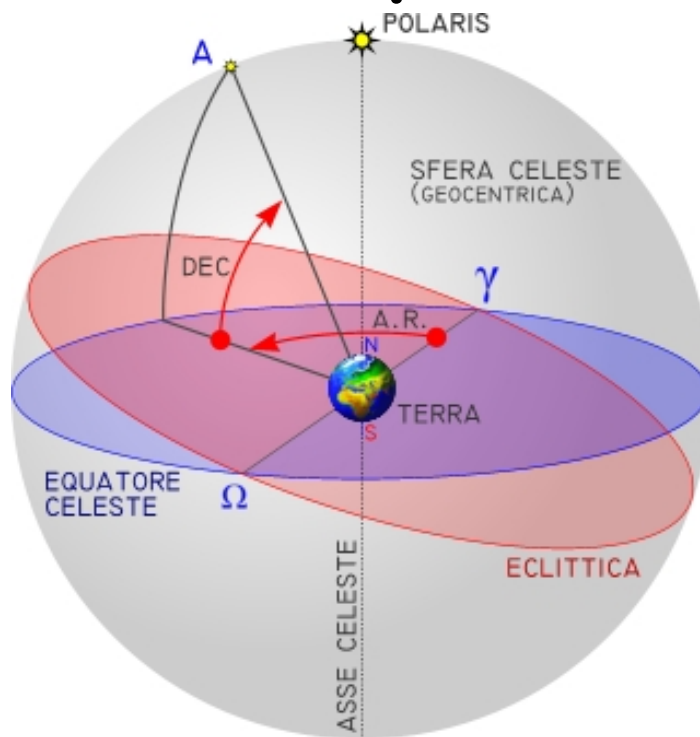
L'angolo tra il piano dell'equatore terrestre e il piano dell'orbita della Terra intorno al Sole è chiamato obliquità dell'eclittica ed è pari mediamente a  $23^{\circ}27'$  ed il suo valore cambia molto lentamente nel corso dei secoli. Il punto γ è il punto fisso tra le stelle che può essere utilizzato per un sistema di coordinate solidale con il moto di rotazione della sfera celeste.



orbita della Terra  
(piano dell'eclittica)



# Sistema Equatoriale



E' il sistema di coordinate più utilizzato.

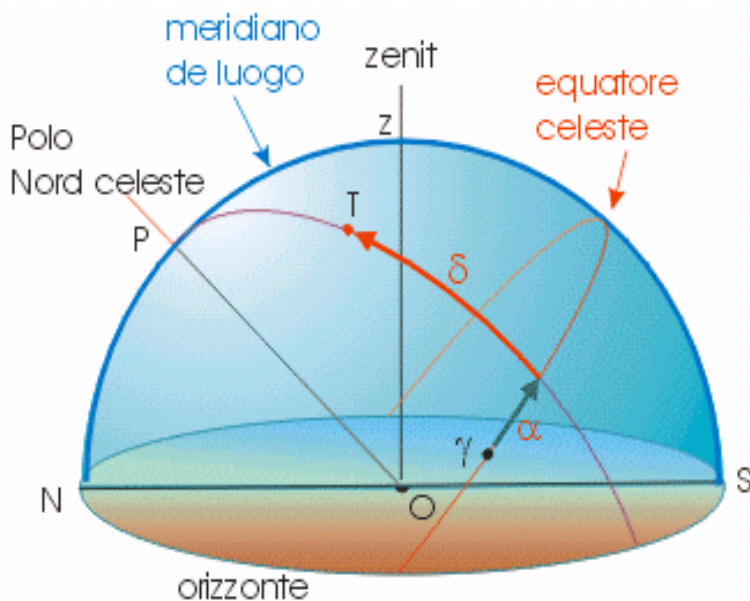
La direzione fondamentale è l'asse di rotazione della Terra.

Il piano fondamentale è quello dell'equatore celeste.

Le coordinate equatoriali sono l'Ascensione Retta ( $\alpha$ ) e la Declinazione ( $\delta$ ).

I cerchi orari (o cerchi meridiani) sono i cerchi massimi passanti per i poli.

I paralleli celesti sono i cerchi minori paralleli all'equatore celeste.



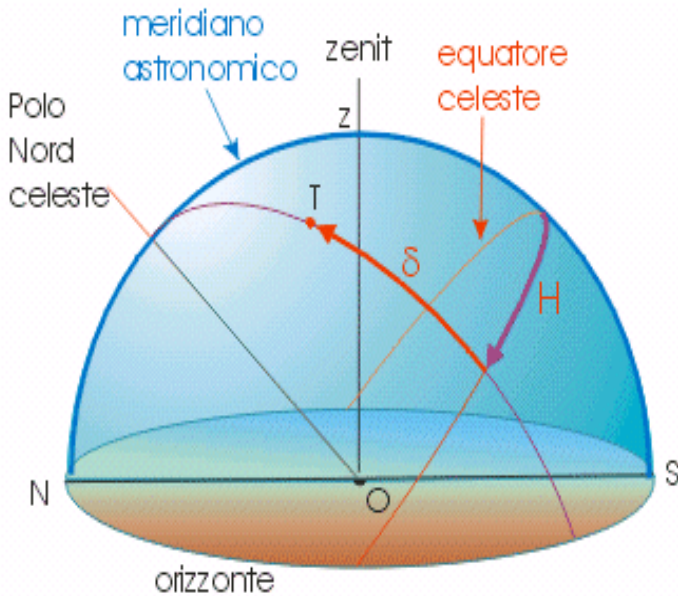
**Ascensione retta ( $\alpha$ ):** è l'arco di equatore celeste tra il Punto  $\gamma$  e il cerchio orario passante per l'astro (T); viene misurata in senso antiorario ed è compresa tra 0h e 24h. Ogni ora è equivalente a circa  $15^\circ$  di un arco.

**Declinazione ( $\delta$ ):** è l'arco di cerchio orario compreso fra l'equatore celeste e l'astro; si conta dall'equatore da  $0^\circ$  a  $90^\circ$  per l'emisfero Boreale e da  $0^\circ$  a  $-90^\circ$  per l'emisfero Australe.

Per definizione si ha che nel punto  $\gamma$  la declinazione del Sole è=0.

Le coordinate  $\alpha$  e  $\delta$  risultano completamente svincolate dalla posizione dell'osservatore e rimangono inoltre costanti nel tempo, in quanto l'intero sistema di riferimento è definito a partire da un punto della sfera celeste (il Punto  $\gamma$ ) che partecipa al moto diurno.

Da quanto detto fino ad ora appare evidente il vantaggio di utilizzare telescopi con montatura equatoriale: tali telescopi hanno l'asse orario parallelo all'asse di rotazione della Terra (inclinato quindi di un angolo pari alla latitudine del luogo), e l'asse di declinazione perpendicolare all'asse orario. Basterà allora puntare il telescopio alla declinazione dell'oggetto da osservare ed impostare l'angolo orario, dopo aver letto il tempo siderale. A questo punto si innesta il moto orario, che fa muovere il telescopio verso W con velocità pari, in modulo, alla velocità di rotazione della Terra verso E: in questo modo l'oggetto resta fermo sull'asse ottico, a meno di piccole correzioni occasionali, dovuti agli errori meccanici e di declinazione.



# Sistema Orario

E' simile al Sistema Equatoriale (stessa direzione fondamentale e stesso piano fondamentale)

Le coordinate sono dette **Angolo Orario (H)** e **Declinazione ( $\delta$ )**

Declinazione ( $\delta$ ): come per il sistema equatoriale

**Angolo Orario (H)**: è la distanza angolare tra il cerchio orario che passa per l'astro (T) e il Meridiano; viene misurato in senso orario ed è compreso tra 0h e 24h.

Questo sistema non partecipa al moto diurno; H dipende dalla posizione dell'osservatore e il suo valore dà indicazioni sulla visibilità di un astro.

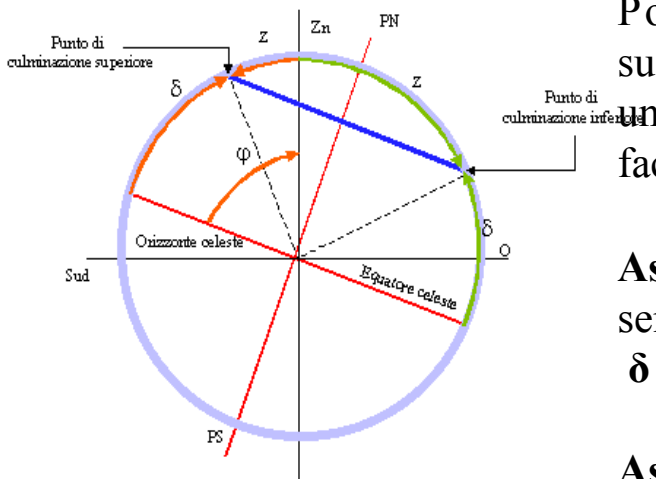
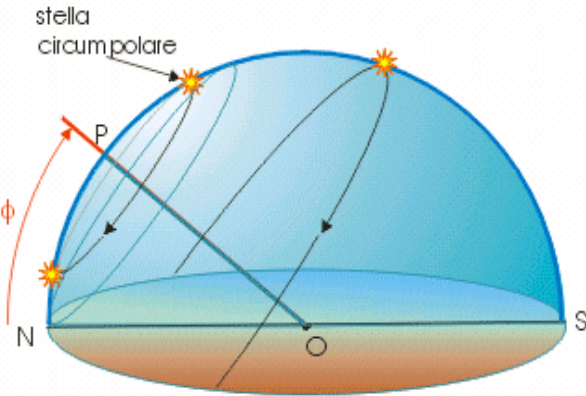
Quando un astro nel corso della rotazione della sfera celeste passa al meridiano potrà avere  $H = 0$  (la sua altezza sull'orizzonte sarà massima) oppure  $H = 12$  (la sua altezza sull'orizzonte sarà minima).

# Stelle circumpolari

Si dice **circumpolare** ogni stella che, nel moto diurno della sfera celeste, non tramonta mai ( $h$  sempre  $> 0$ ).

Le stelle che non sorgono mai sono dette **anticircumpolari**, quelle che sorgono e tramontano sono dette **occidue**.

L'appartenenza a una di queste categorie dipende dalla declinazione della stella e dalla posizione dell'osservatore.



Poiché l'altezza del Polo Celeste sull'orizzonte è pari alla latitudine ( $\phi$ ), in un dato luogo con latitudine  $\phi$  si può facilmente distinguere:

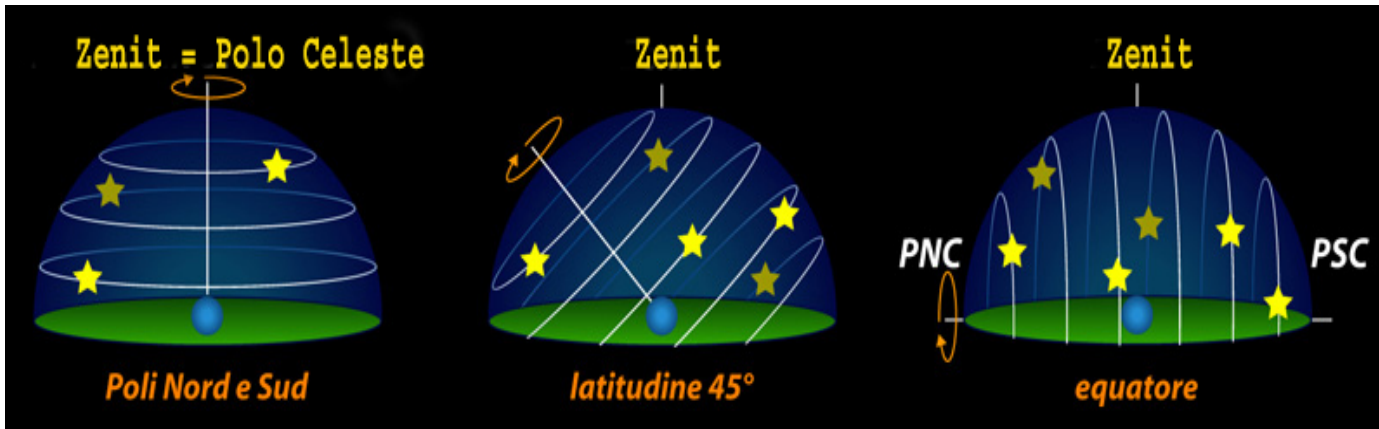
**Astri circumpolari**, ossia quelli che sono sempre sopra l'orizzonte e sempre visibili  $\delta > (90^\circ - \phi)$  e  $h > 0$

**Astri occidui**, ossia quelli che sorgono e tramontano, visibili solo in determinate ore della notte  $-(90^\circ - \phi) < \delta < +(90^\circ - \phi)$

**Astri invisibili**, ossia tutti quelli che sono sempre sotto l'orizzonte e quindi a noi invisibili  $\delta < -(90^\circ - \phi)$  e  $h < 0$



A Roma ( $\varphi = 41^\circ 53'$ ) saranno circumpolari le stelle con  $\delta > 48^\circ 7'$ .



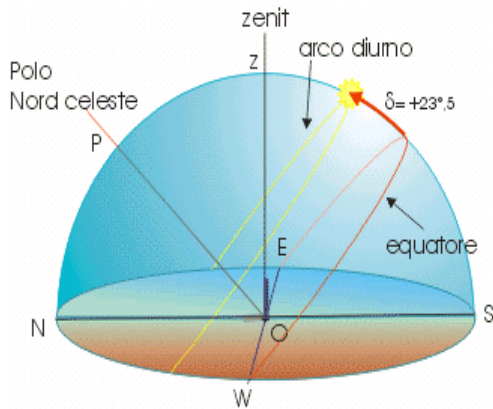
Al polo Nord solo le stelle con  $\delta = 0^\circ$  sono visibili; tutte le stelle visibili sono anche circumpolari.

All'equatore tutte le stelle sono visibili ma non ci sono stelle circumpolari.

# Moto apparente del Sole

L'altezza massima dell'equatore celeste al meridiano vale  $h_{\text{equatore}} = 90 - \phi$

Nel corso dell'anno il Sole si muove sull'eclittica e la sua declinazione varia da un minimo di  $-23^\circ 26'$  a un massimo di  $+23^\circ 26'$

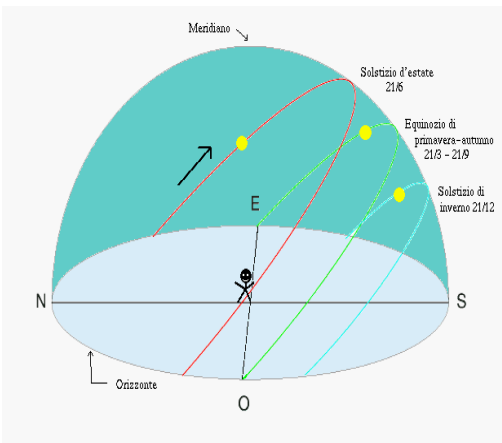


Nel corso di un anno in un luogo a latitudine  $\phi$  l'altezza del Sole sull'orizzonte al meridiano varierà quindi tra:

$$h_{\text{massima}} = 90 - \phi + 23^\circ 26'$$

$$h_{\text{minima}} = 90 - \phi - 23^\circ 26'$$

A Roma si ha:  $h_{\text{massima}} = 71^\circ 33'$ ,  
 $h_{\text{minima}} = 24^\circ 41'$



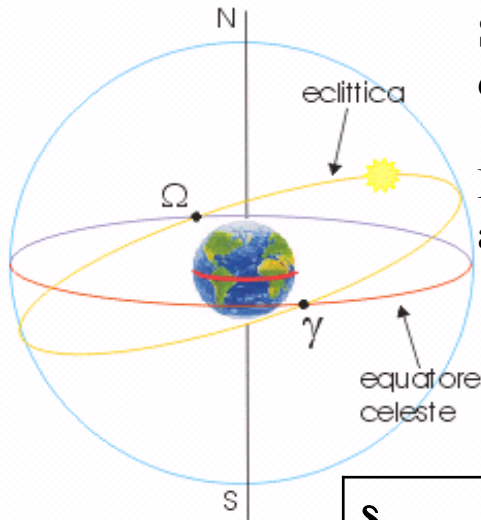
Perché ai poli fa freddo?  $h_{\text{massima polo}} = 23^\circ 26'$

$$h_{\text{minima polo}} = -23^\circ 26'$$

Inoltre ai poli il Sole rimane invisibile per quasi 6 mesi.

L'altezza massima al meridiano di un pianeta o della Luna in un dato luogo si può calcolare con le stesse relazioni usate per il Sole, aggiungendo o sottraendo l'inclinazione della sua orbita rispetto all'eclittica.

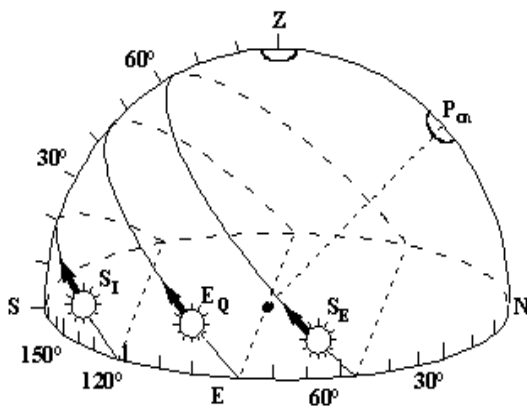
# Il moto annuo del Sole



Si svolge lungo l'eclittica ed è un moto apparente dovuto al moto di rivoluzione della Terra

Poiché l'eclittica forma con l'equatore celeste un angolo di  $23^{\circ} 27'$  la declinazione del Sole sarà

$\delta_{\text{equinozi}}$	= $0^{\circ}$ (21 Marzo, 23 Settembre)
$\delta_{\text{solstizio d'estate}}$	= + $23^{\circ} 27'$ (21 Giugno)
$\delta_{\text{solstizio d'inverno}}$	= - $23^{\circ} 27'$ (22 Dicembre)



Agli equinozi il Sole si trova sul piano dell'equatore celeste, la durata del giorno è uguale a quella della notte su tutto il pianeta.

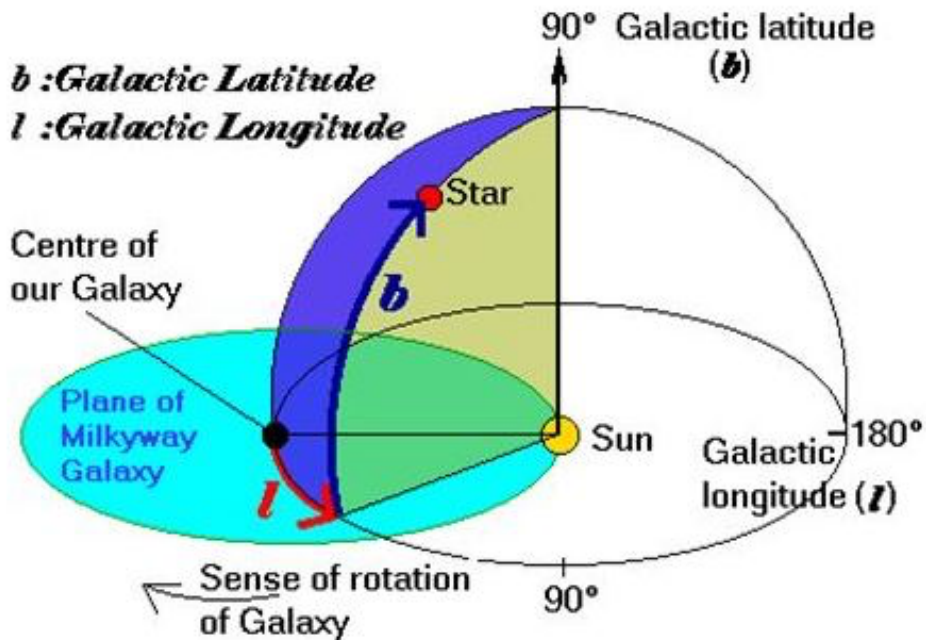
Al solstizio d'estate avremo il giorno più lungo, a quello d'inverno il giorno più corto (le stagioni risultano invertite nell'emisfero Australe).

Declinazione osservatore =  $45^{\circ}$

# Coordinate galattiche

Il sistema di coordinate galattiche, di grande importanza per gli studi galattici ed extragalattici, ha una natura completamente diversa rispetto ai precedenti sistemi di coordinate. Infatti, mentre fino ad ora i piani usati come riferimento sono legati alla Terra e ai suoi movimenti, nel sistema di coordinate galattiche il piano di riferimento è quello della Via Lattea. Il sistema di coordinate galattiche ha il centro nel Sole e il piano di riferimento è il piano della galassia. Tale piano può essere ottenuto congiungendo il Sole con il centro galattico. La retta perpendicolare al piano galattico e passante per il Sole determina il polo nord e il polo sud galattico.

Il sistema di coordinate galattiche utilizza la longitudine e la latitudine galattica. La longitudine galattica viene misurata sul piano dell'equatore galattico cominciando dalla direzione del centro galattico (da  $0^\circ$  a  $360^\circ$ ). La latitudine galattica è misurata partendo dall'equatore galattico verso i poli ( $-90^\circ, +90^\circ$ )



# Variazione delle Coordinate nel Sistema Equatoriale (per junior2/senior)

Nel sistema equatoriale le coordinate  $\alpha$  e  $\delta$  di un dato oggetto astronomico risultano indipendenti dalla posizione dell'osservatore e dovrebbero quindi rimanere costanti nel tempo.

Una più attenta analisi mostra però numerosi effetti che alterano in modo ciclico o continuo il valore di  $\alpha$  e  $\delta$

- Parallasse Diurna
- Parallasse Annua
- Aberrazione della luce
- Precessione
- Rifrazione
- Moti propri delle stelle

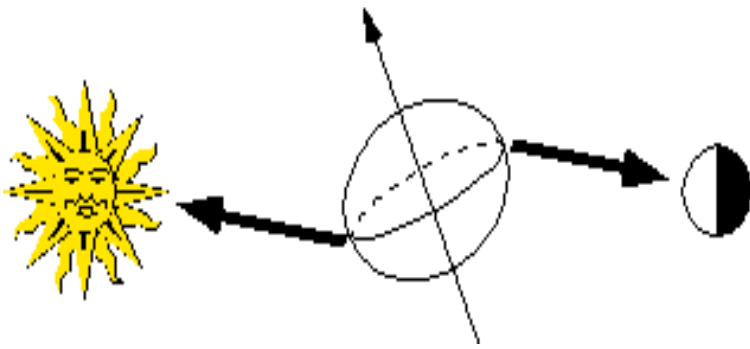


# La Precessione

La precessione degli equinozi è un movimento della Terra che fa cambiare in modo lento ma continuo l'orientamento del suo asse di rotazione rispetto alla sfera celeste. Fu scoperta da Ipparco nell'anno 130 a.C., confrontando le sue osservazioni con quelle fatte nel 290 a.C. dagli astronomi di Alessandria d'Egitto.

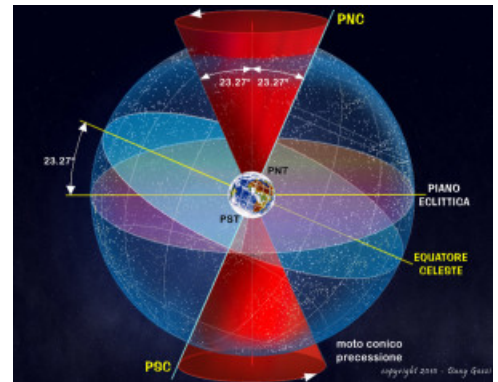
Se la Terra fosse una sfera perfetta la sua rotazione non subirebbe effetti perturbativi dovuti alle forze gravitazionali dei corpi vicini.

Ma la Terra ha la forma di un ellissoide appiattito e le forze gravitazionali del Sole e della Luna agiscono sulla “sporgenza equatoriale” cercando di riportarla sul piano dell'eclittica.



Il risultato è che l'asse terrestre subisce una rotazione attorno alla verticale (simile a quella di una trottola) detta precessione.

Il moto di precessione fa compiere alla direzione dell'asse di rotazione della Terra un giro in circa 25800 anni (anno platonico).

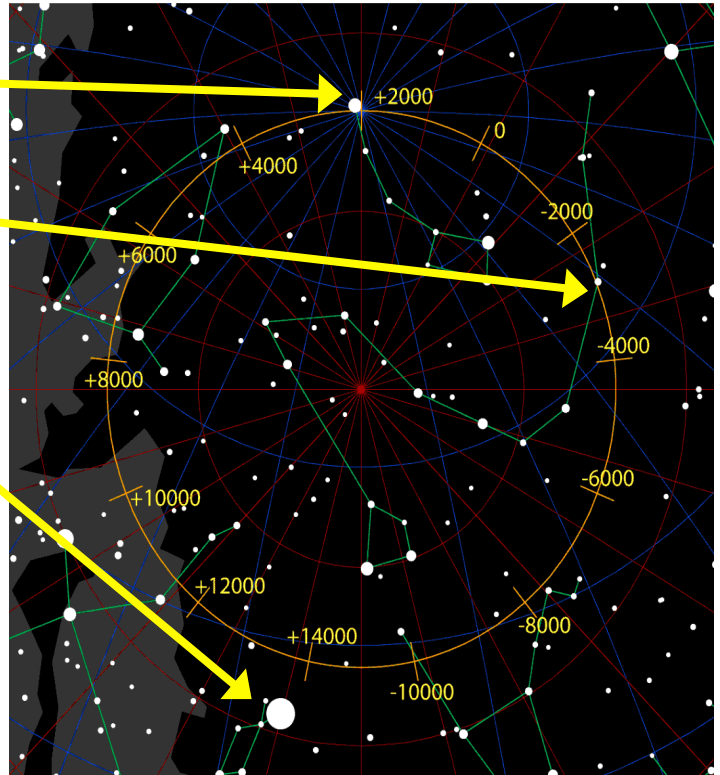


A causa della precessione la posizione dei Poli celesti cambia, descrivendo dei cono, e la posizione delle stelle sulla sfera celeste cambia.

Il polo della sfera celeste muovendosi descrive un cerchio.

Oggi si trova a meno di  $1^\circ$  dalla **Stella Polare** ( $\alpha$  UMi); nel 3000 a.C. era invece prossimo a **Thuban** ( $\alpha$  Dra).

In futuro la stella più brillante che assumerà il ruolo di polare, tra circa 12000 anni, sarà **Vega** ( $\alpha$  Lyr).



A causa della precessione le posizioni del Punto  $\gamma$  (da cui vengono misurate le coordinate equatoriali) e del Punto della Bilancia si spostano lungo l'eclittica di  $50.26''$  all'anno in senso orario.

A causa della precessione in circa 70 anni ogni equinozio anticipa di 1 giorno; tener conto di questa differenza è importante nella compilazione di calendari e nelle regole per stabilire gli anni bisestili

Gli astronomi devono quindi conoscere l'**epoca** a cui le coordinate di un oggetto vengono riferite; durante la maggior parte del XX secolo è stata usata l'epoca 1950.0, mentre oggi si usa l'epoca 2000.0.

Nei cataloghi e carte celesti si trovano le coordinate delle stelle e l'epoca a cui sono riferite; per puntare correttamente i telescopi occorrerà applicare a detti valori un fattore correttivo (usando semplici formule) per tener conto della differenza tra l'epoca a cui è riferito il catalogo e la data in cui si effettuano le osservazioni.

# Rifrazione

È un effetto dovuto all'atmosfera terrestre che ha come risultato quello di mostrare gli oggetti celesti "più in alto" rispetto alla loro posizione vera.

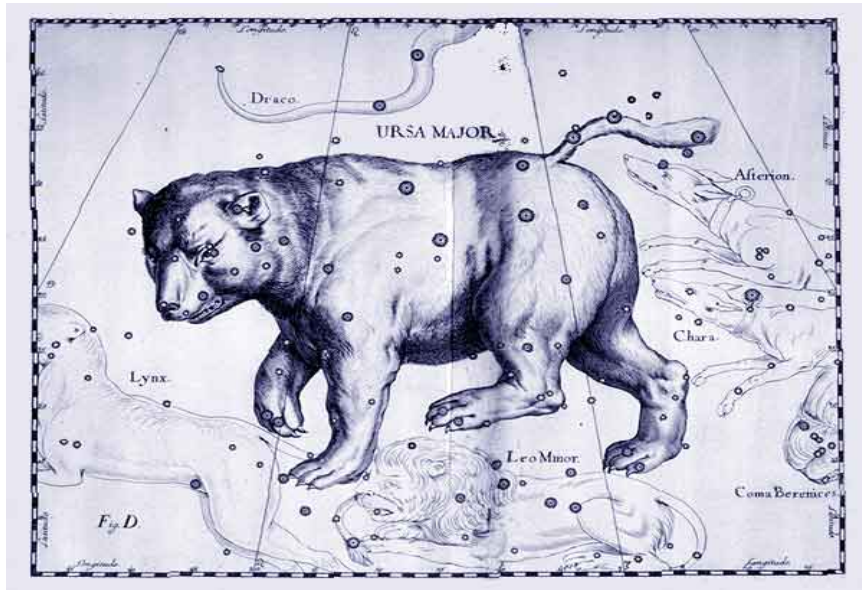
Il valore della rifrazione dipende dalle condizioni atmosferiche (temperatura, pressione, ecc.) e può variare notevolmente da notte a notte.

Il suo valore è massimo all'orizzonte, dove vale in media circa 35' (cioè poco più di mezzo grado), e si annulla allo zenit.

<b>Altezza sull'orizz onte</b>	<b>Valore della Rifrazione</b>
<b>0°</b>	<b>35'</b>
<b>10°</b>	<b>5'</b>
<b>45°</b>	<b>1'</b>
<b>90° (zenit)</b>	<b>0'</b>



# Le costellazioni



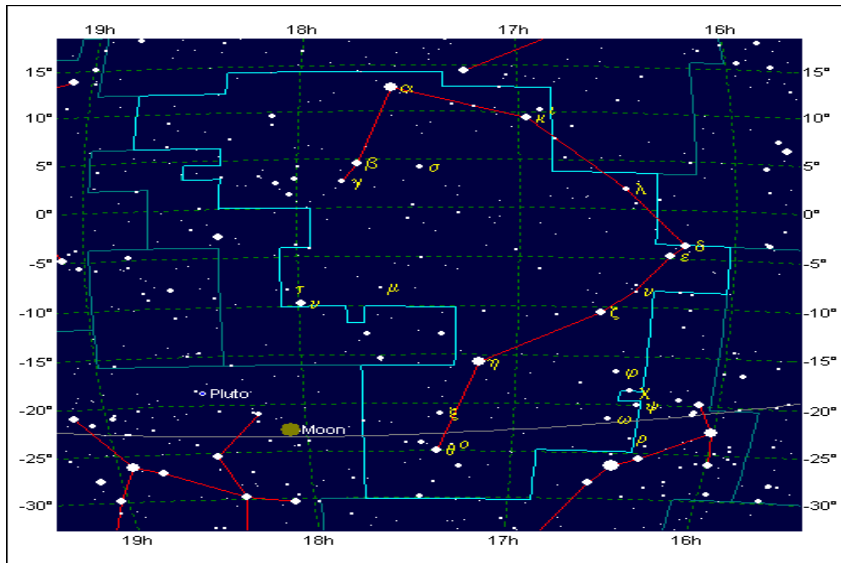
Fin dall'antichità gli astronomi hanno associato tra di loro le stelle visibili sulla sfera celeste formando le costellazioni.

L'Unione Astronomica Internazionale (IAU) riconosce 88 costellazioni.

Le costellazioni visibili dalle latitudini settentrionali sono basate principalmente sulla tradizione ellenistica (anche se la loro origine è parecchio più antica) e i loro nomi richiamano figure mitologiche (Pegaso, Andromeda, Orione, Chioma di Berenice).

Gran parte delle costellazioni visibili nell'emisfero australe sono state battezzate in epoca illuministica e i loro nomi sono spesso legati a invenzioni del tempo (Orologio, Microscopio, Compasso, Macchina Pneumatica).

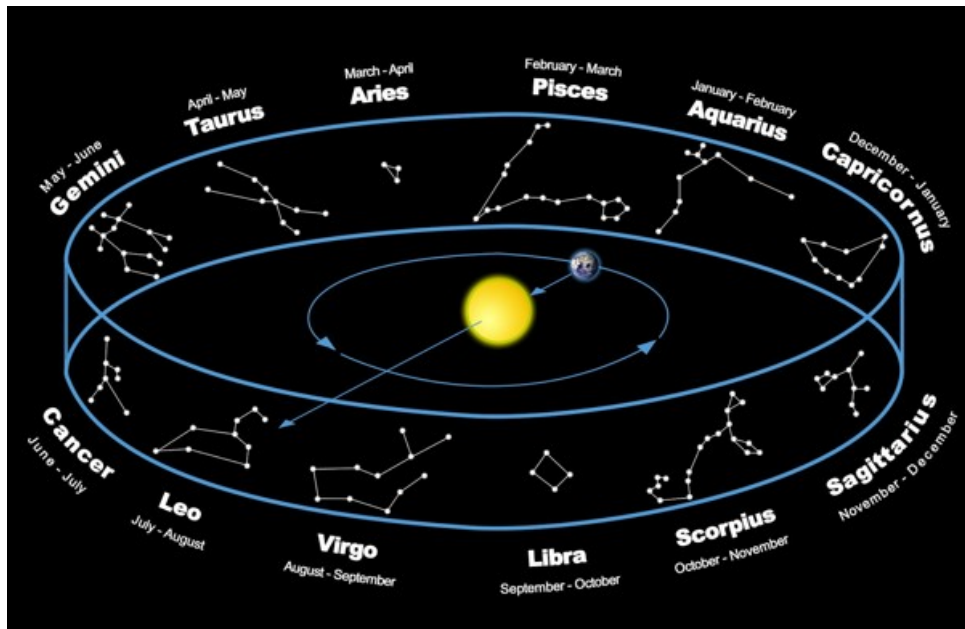
Nel suo cammino apparente lungo la sfera celeste (l'eclittica), il Sole attraversa nel corso dell'anno 13 costellazioni dette costellazioni dello zodiaco: Ariete, Toro, Gemelli, Cancro, Leone, Vergine, Bilancia, Scorpione, Ofiuco, Sagittario, Capricorno, Acquario, Pesci



Le costellazioni zodiacali non vanno confuse con i “segni” usati dall’astrologia.

Le costellazioni sono legate al cielo “reale” e hanno forma e dimensioni irregolari.

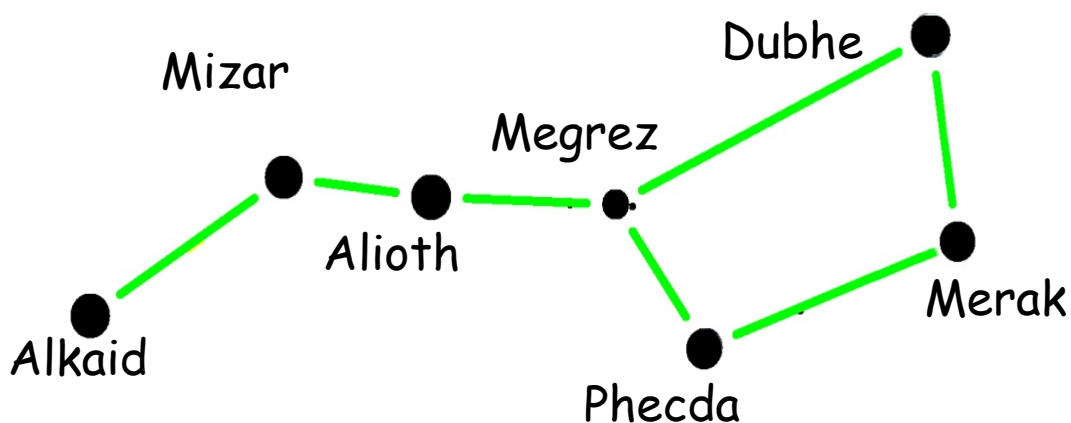
I “segni” sono una suddivisione arbitraria dell’eclittica in 12 parti uguali e nulla hanno a che vedere con le stelle, anche a causa del fenomeno della “**precessione degli equinozi**” (nella nostra epoca il 21 Marzo, equinozio di primavera, il Sole si trova nella costellazione dei Pesci).





# I nomi delle stelle

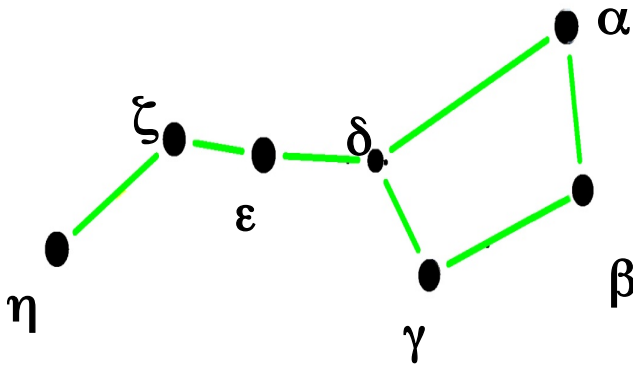
Le stelle più luminose visibili a occhio nudo hanno tutte nomi propri di origine greca o araba (Sirio, Betelgeuse, Capella, Vega, Regolo).



Ad esempio i nomi delle sette stelle più luminose dell'Orsa Maggiore sono: Alkaid, Mizar, Alioth, Megrez, Phecda, Merak, Dubhe

Più recentemente sono state introdotte nuove nomenclature, che hanno in parecchi casi sostituito quelle più antiche e che hanno assegnato dei nomi, in realtà quasi sempre dei codici seguiti da un numero, anche a un gran numero di stelle non visibili a occhio nudo.

**Nomenclatura di Bayer:** la stella più luminosa di una costellazione è detta "α" più il genitivo del nome latino della costellazione (α Ursae Majoris), la seconda stella più luminosa è detta β e così via.



Molto spesso il nome della costellazione si abbrevia con sole tre lettere, si riporta in maiuscolo la prima lettera (più la seconda se il nome della costellazione è composto):  
α UMa, β CMi, γ Vir

**Nomenclatura di Flamsteed:** le stelle di una costellazione sono numerate progressivamente da Ovest a Est più il genitivo del nome latino della costellazione (61 Cygni = 61 Cyg; 51 Pegasi = 51 Peg)

Nei cataloghi moderni le stelle sono elencate in funzione delle loro coordinate o di altri criteri; per esempio il catalogo Henry Draper (HD) elenca le stelle da Ovest a Est, senza riferimento alle costellazioni, da HD 1 a HD 359 083.

In generale una stella può avere diversi nomi in diversi cataloghi **Sirio** = α CMa = 9 CMa = HD 48915 = SAO 151881 = HIP 32349