

# Elementi di Astronomia di posizione

**Giuseppe Cutispoto**

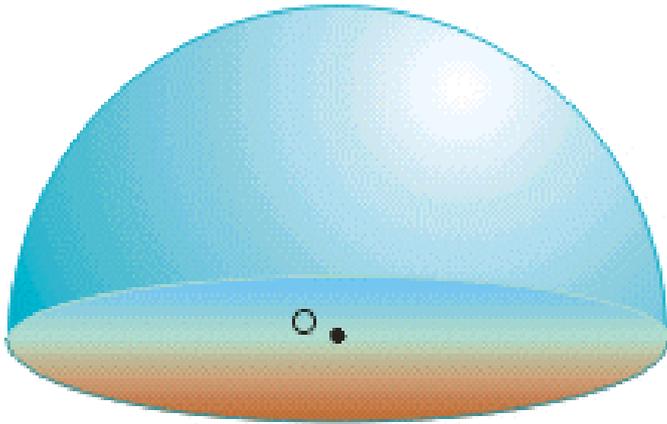
INAF - Osservatorio Astrofisico di Catania

[gcutispoto@oact.inaf.it](mailto:gcutispoto@oact.inaf.it)

Versione 27 Gennaio 2014

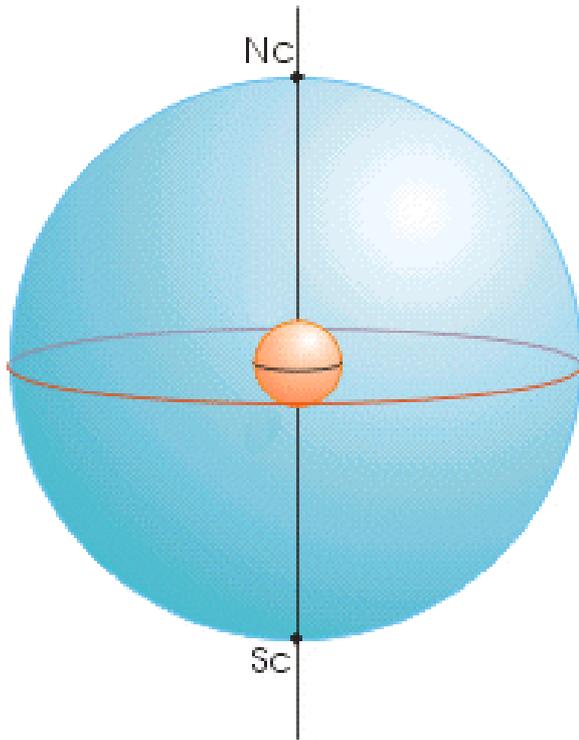


# La Sfera Celeste



Quando osserviamo il cielo notturno abbiamo la sensazione di trovarci al centro di una cupola semisferica con dimensioni imprecisabili

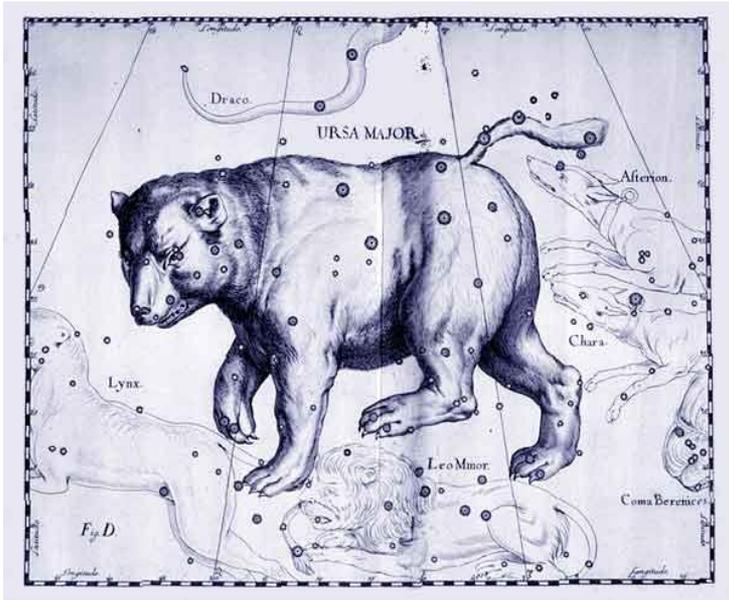
Per ogni osservatore (O) la visibilità dei corpi celesti risulta limitata dall'orizzonte



L'intera volta celeste è quindi una sfera completa che possiede un moto apparente di rotazione (detto moto diurno) dovuto in realtà alla rotazione terrestre

L'aspetto della **Sfera Celeste** dipende dalle coordinate geografiche dell'osservatore e, per una data posizione sulla Terra e per una data ora, cambia nel corso dell'anno a causa del moto di rivoluzione terrestre

# Le costellazioni

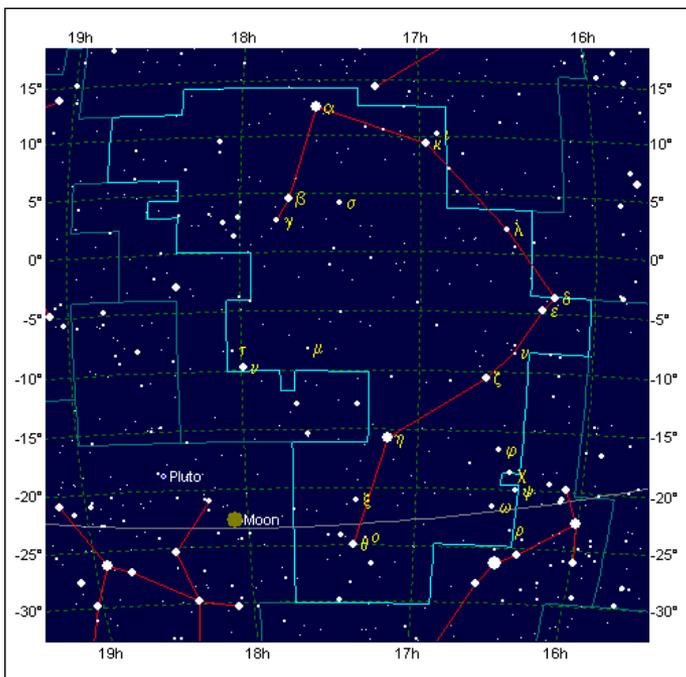


Fin dall'antichità gli astronomi hanno associato tra di loro le stelle visibili sulla sfera celeste formando le **costellazioni**

L'Unione Astronomica Internazionale (IAU) riconosce 88 costellazioni e ogni punto del cielo appartiene a una sola di esse

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

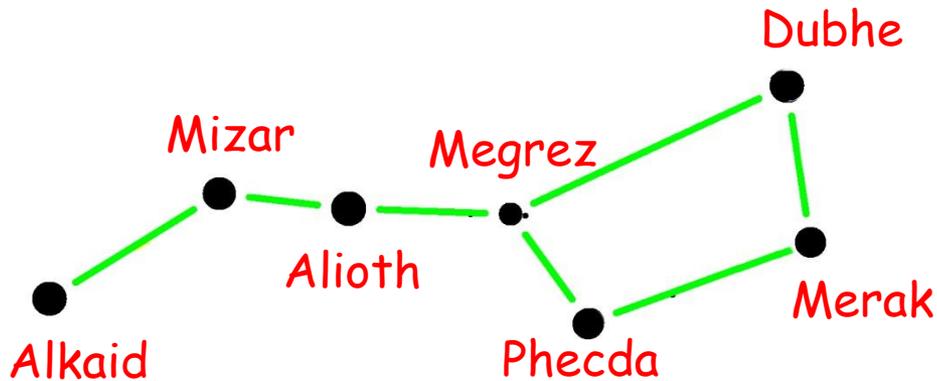
Le costellazioni zodiacali non vanno confuse con i "segni" usati dall'astrologia

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

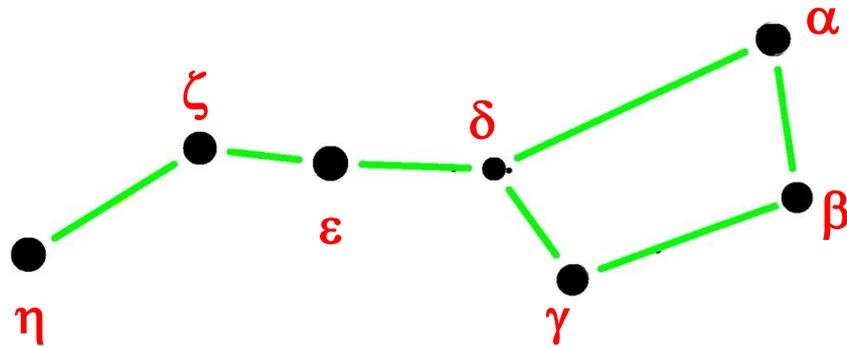
Le stelle più luminose visibili a occhio nudo hanno tutte nomi propri di origine greca o araba (Sirio, Betelgeuse, Capella, Vega, Regolo)



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

# Le coordinate astronomiche

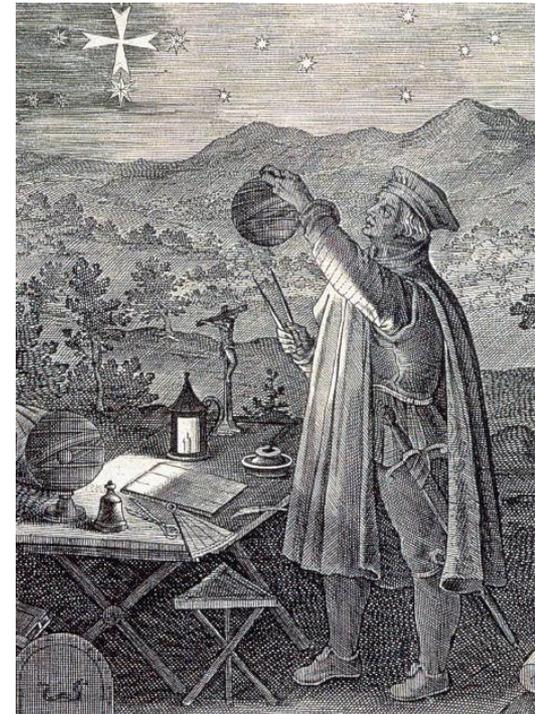
Definiscono le posizioni degli oggetti astronomici sulla Sfera Celeste

Si basano sulla definizione di:

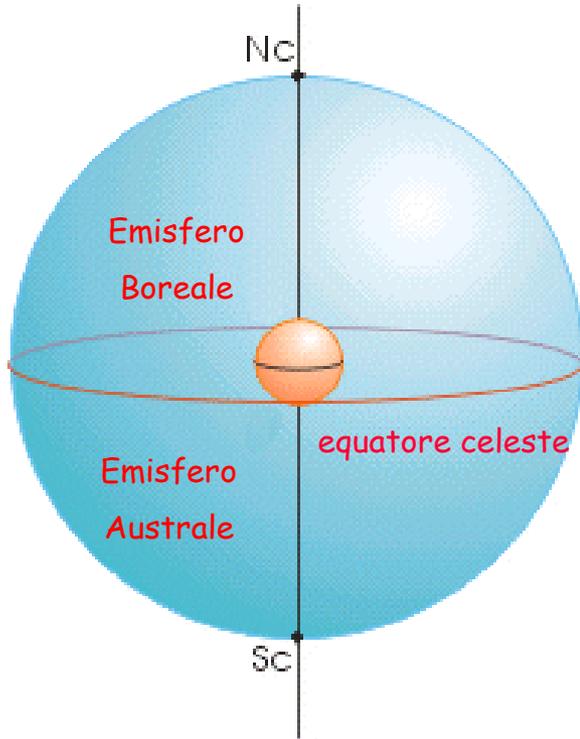
- ✓ un **asse** chiamato **direzione fondamentale**
- ✓ un **piano fondamentale** perpendicolare alla direzione fondamentale

## Sistemi di coordinate

- Altazimutali
- Equatoriali / Orarie
- Eclittiche
- Galattiche



# Alcune definizioni



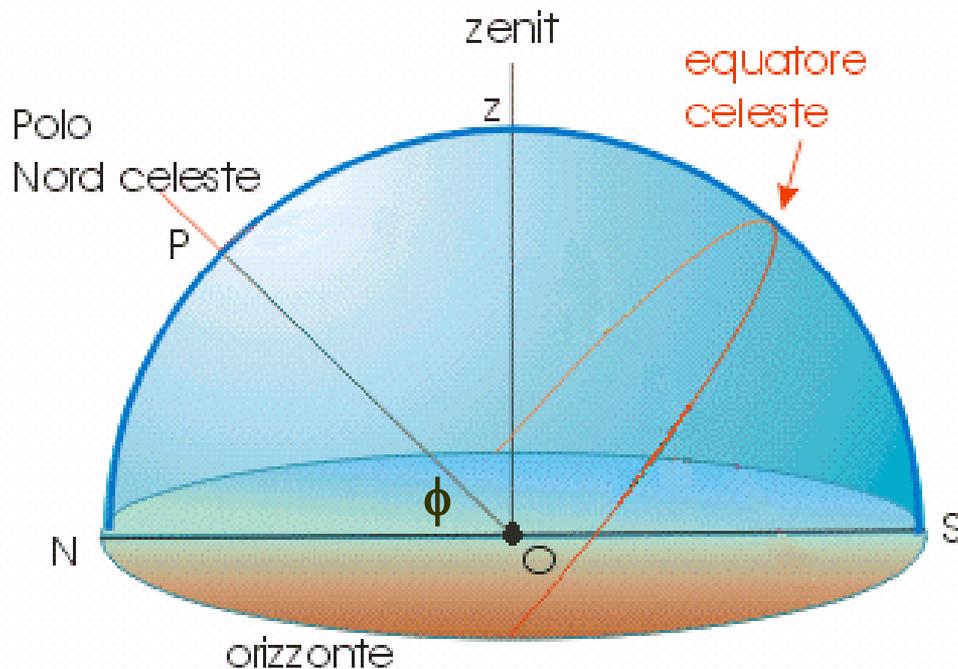
Il prolungamento dell'asse terrestre incontra la **Sfera Celeste** in due punti: il **Polo Nord** (Nc) e il **Polo Sud** (Sc) celesti

I Poli Celesti sono gli unici due punti che restano immobili durante il moto diurno

La sfera celeste sembra quindi ruotare su sé stessa attorno a un asse, chiamato "asse celeste" o "asse del mondo" passante per i poli

Il piano dell'equatore terrestre interseca la sfera celeste definendo l'**equatore celeste** e gli emisferi **boreale** (che contiene il polo nord) e **australe** (che contiene il polo sud)

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



In generale, da una qualunque posizione sulla Terra, solo uno dei poli celesti risulta visibile

La sua posizione nel cielo dipende unicamente dalla latitudine ( $\phi$ ) dell'osservatore

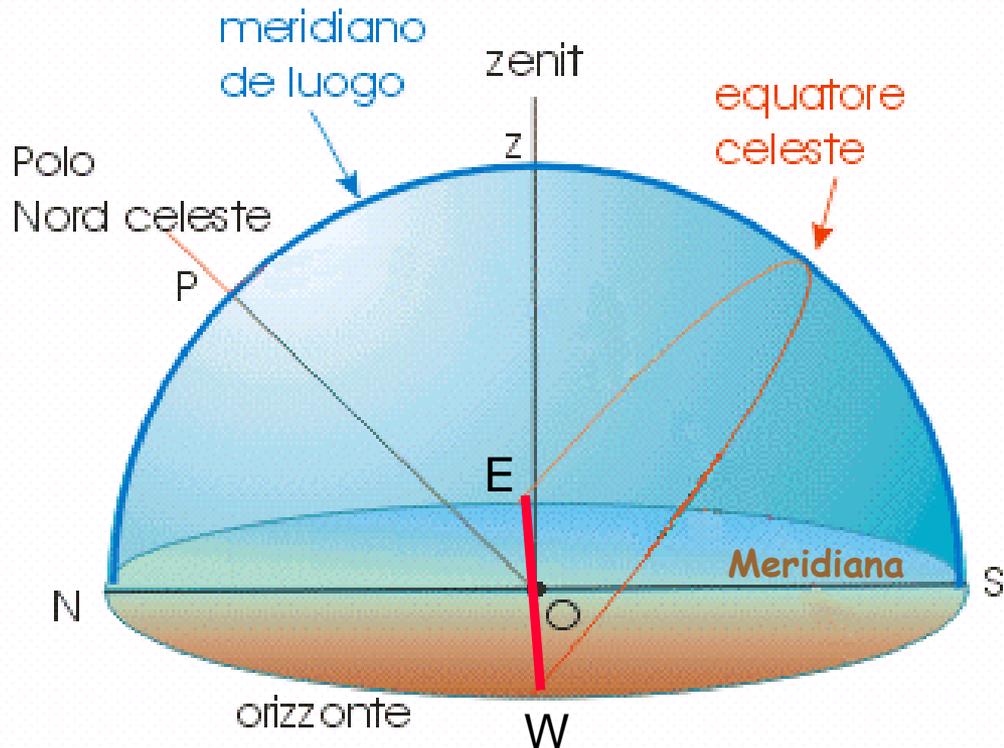
Nell'emisfero Boreale risulta visibile il Polo Nord celeste (la cui distanza dall'orizzonte cresce all'aumentare della latitudine del luogo di osservazione)

Le intersezioni della verticale nel luogo di osservazione (definita dalla direzione del filo a piombo) con la Sfera Celeste sono dette:

**Zenit** (quella visibile all'osservatore)

**Nadir** (quella non visibile all'osservatore)

Solo all'equatore entrambi i poli della Sfera Celeste risultano osservabili (entrambi all'orizzonte), mentre al Polo Nord il polo celeste coincide con lo Zenit



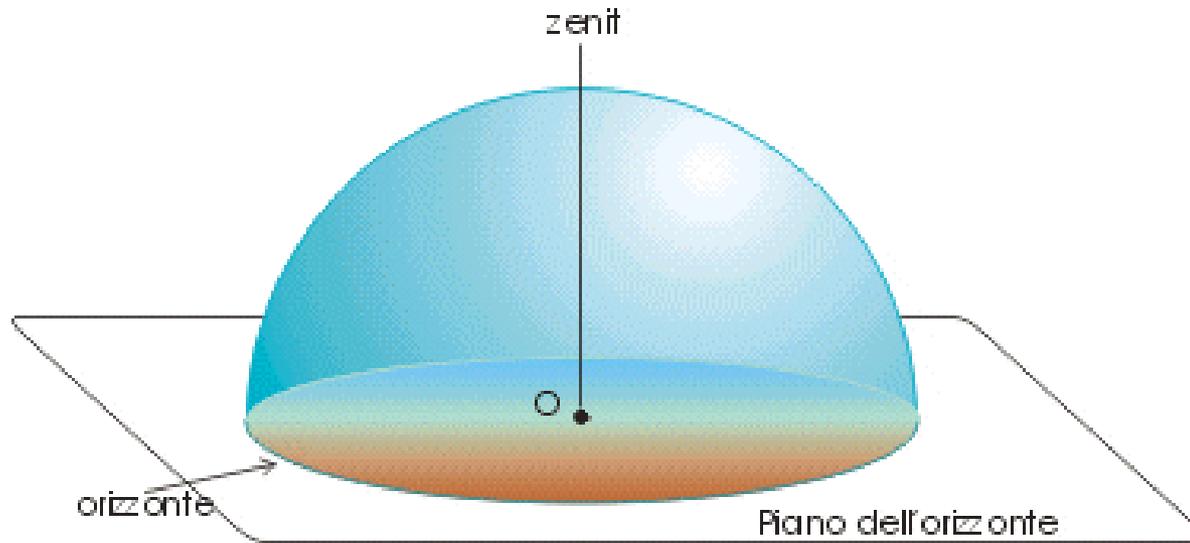
Il "cerchio massimo" passante per i due poli celesti lo Zenit e il Nadir viene detto "**Meridiano Celeste**" (o "Meridiano del luogo" o più semplicemente "Meridiano")

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

L'intersezione del Meridiano Celeste (o della Meridiana) con l'Orizzonte definisce i punti cardinali Nord (N) e Sud (S)

L'intersezione con l'Orizzonte della perpendicolare alla Meridiana passante per l'osservatore (o dell'equatore celeste) definisce i punti cardinali Est (E) e Ovest (W)

# Sistema Altazimutale

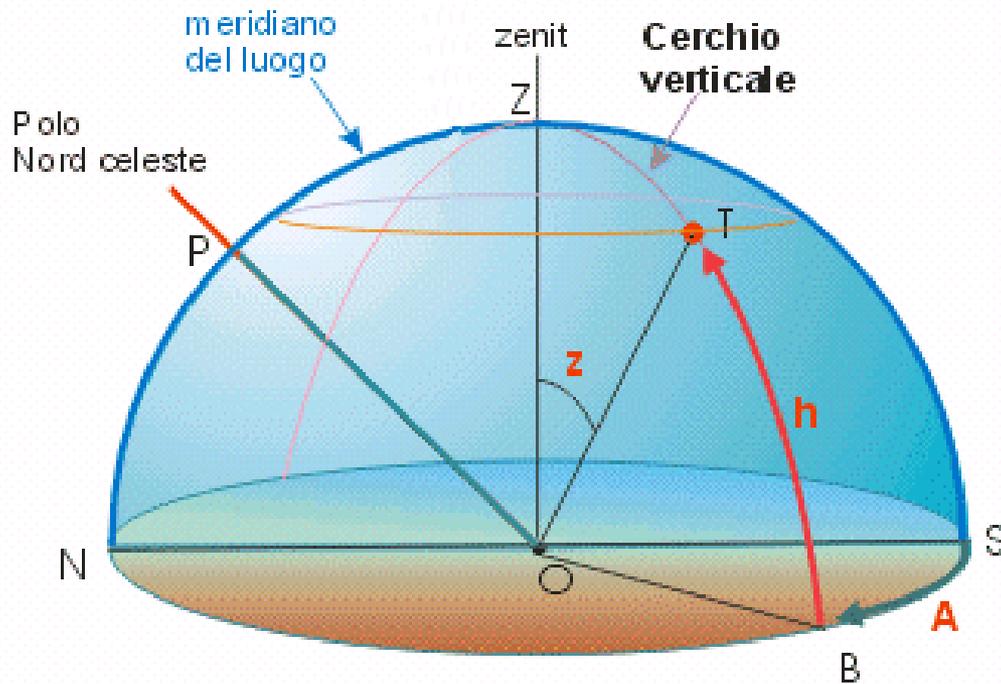


La direzione fondamentale è la verticale del luogo di osservazione

Il piano fondamentale è l'orizzonte astronomico

Le coordinate sono l'**Azimuth** (A) e l'**Altezza** (h)

Le coordinate Altazimutali sono anche dette coordinate orizzontali



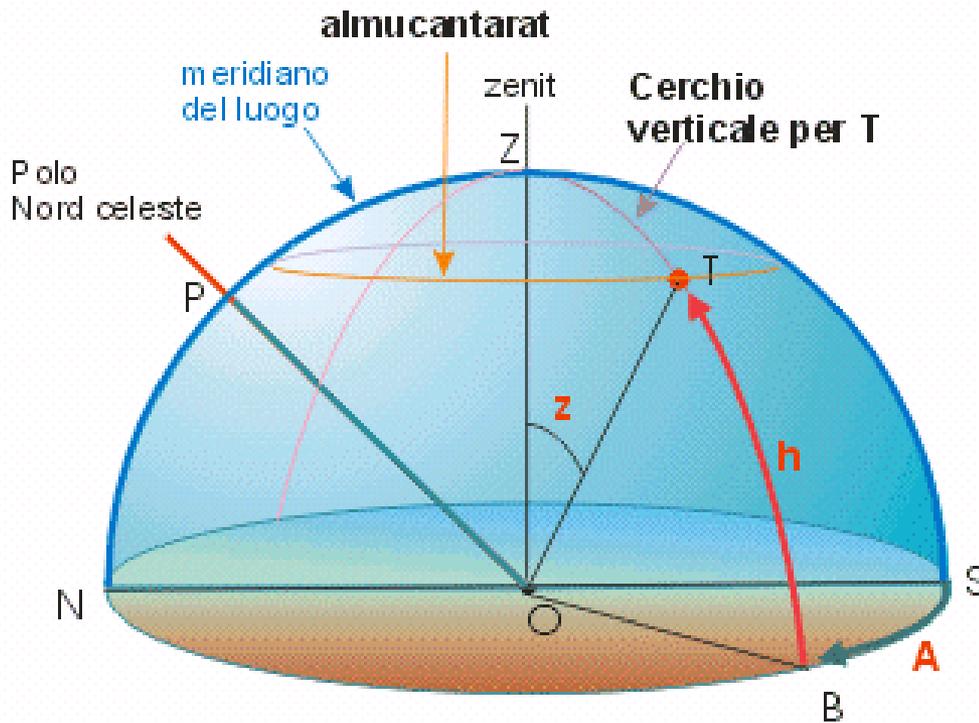
I **cerchi verticali** sono i cerchi massimi passanti per lo Zenit e il Nadir

**Azimut (A):** è 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):** è 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



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

Le coordinate Altazimutali sono molto pratiche, ma hanno il difetto di essere relative all'osservatore, in quanto dipendono da parametri (Orizzonte, Zenit e Meridiano) facili da identificare, ma tipici della località di osservazione

Inoltre, a causa del moto diurno della sfera celeste, 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

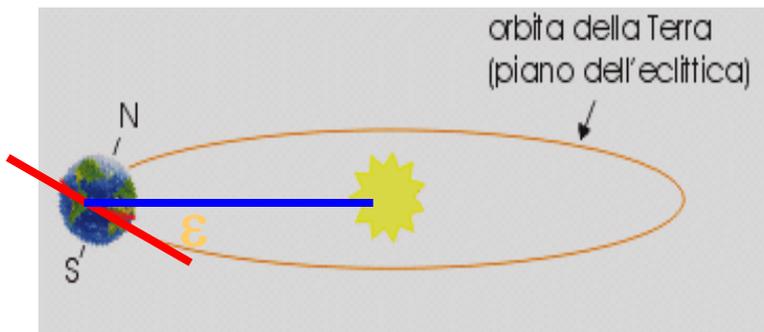
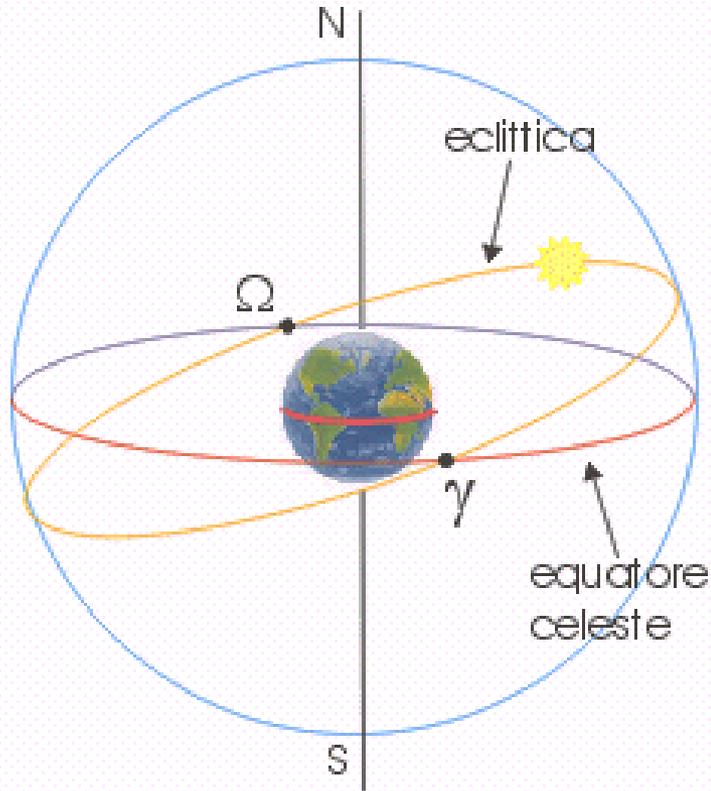
# Eclittica

L'eclittica è il percorso apparente del Sole sulla Sfera Celeste

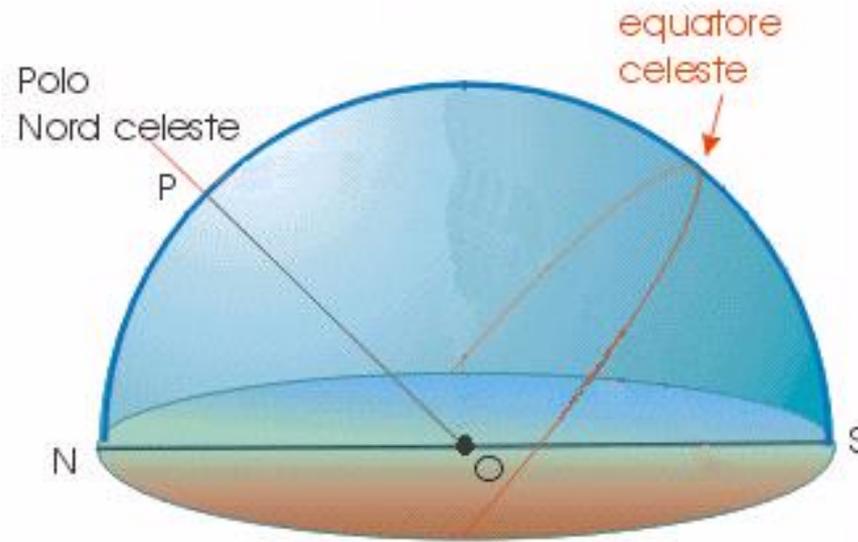
L'eclittica è un cerchio massimo e interseca l'equatore celeste in due punti (nodi) chiamati: **Punto di Ariete** (o **Punto "γ"** o **Punto Vernale**) e **Punto della Bilancia** (o **Punto Ω**)

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

L'eclittica non coincide con l'equatore celeste perché il piano dell'equatore terrestre è inclinato rispetto a quello dell'orbita della Terra; l'angolo tra i due piani è chiamato obliquità dell'eclittica ( $\epsilon = 23^\circ 27'$ )



# Sistema Equatoriale



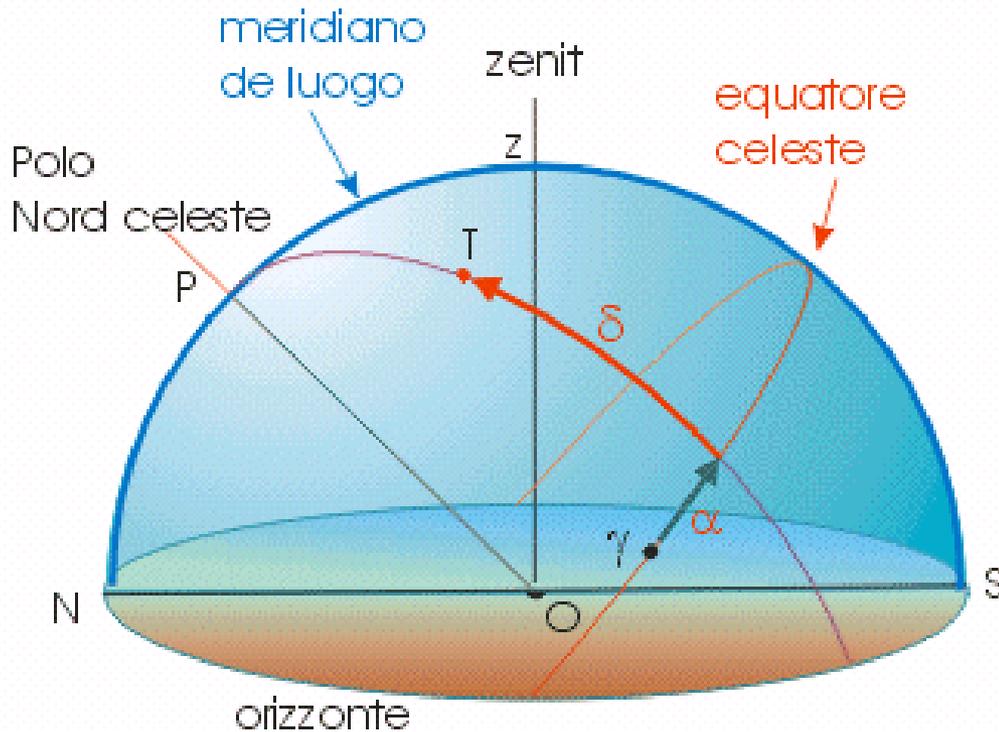
La direzione fondamentale è l'asse di rotazione della Terra

Il piano fondamentale è quello dell'equatore celeste

Le coordinate 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



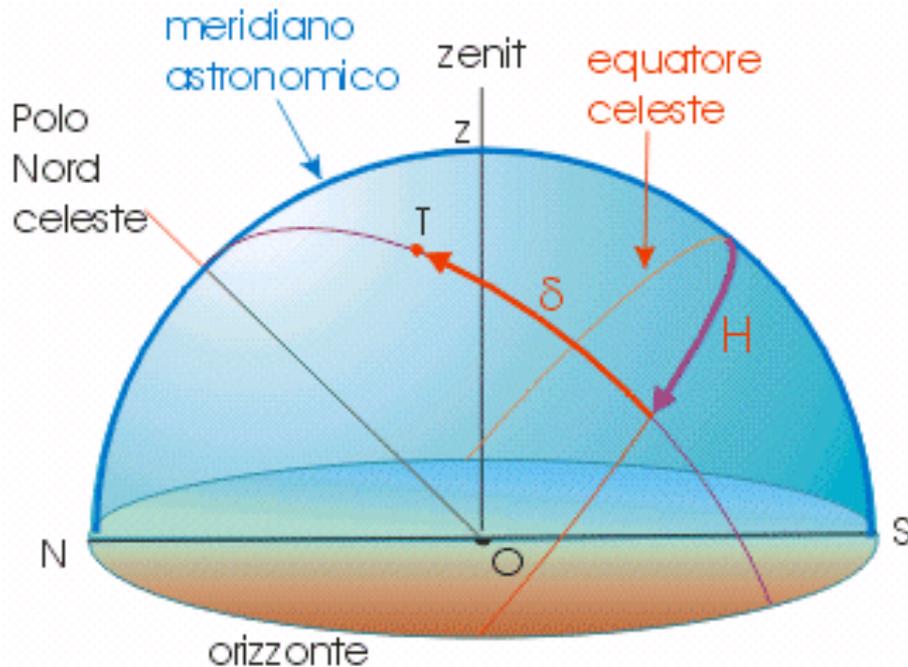
E' il sistema di coordinate più utilizzato

**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

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

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

# Sistema Orario



È 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

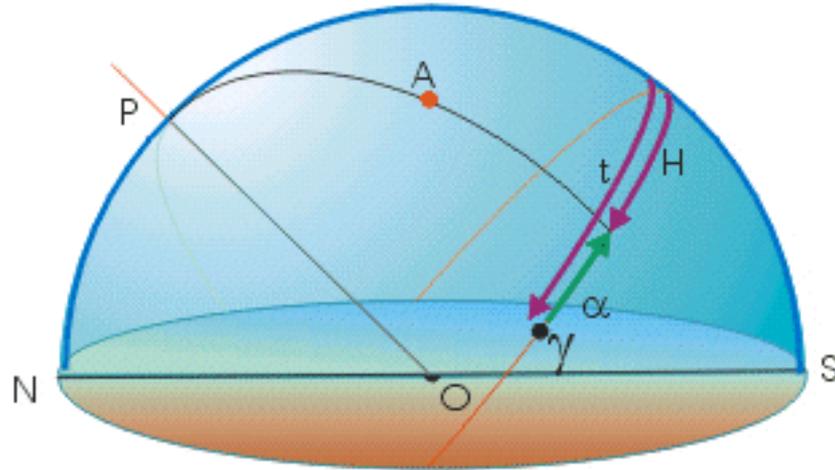
Quando un astro nel corso della rotazione della sfera celeste passa al meridiano potrà avere  $H = 0$  (la sua altezza sull'orizzonte sarà massima) oppure  $H = 12$  (la sua altezza sull'orizzonte sarà minima)

# Angolo Orario e Tempo Siderale

Il **Tempo Siderale** "t" è definito come l'angolo orario del Punto  $\gamma$

Conoscendo l'ascensione retta ( $\alpha$ ) di un astro (A) e misurando il suo angolo orario (H), si può determinare il tempo siderale dalla relazione:

$$t = \alpha + H$$



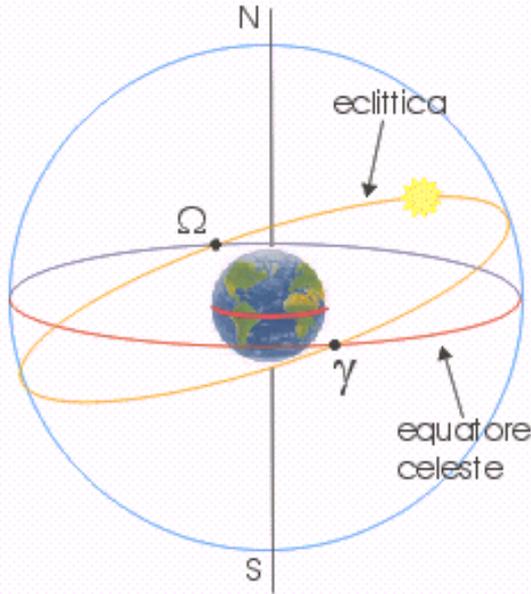
Normalmente il tempo siderale è noto ed è usato per calcolare l'angolo orario di un astro di cui si conosce l'ascensione retta

Quando una stella passa al meridiano  $H = 0$ , per cui:

$$t = \alpha$$

Quindi ad ogni istante passano al meridiano tutte le stelle che hanno ascensione retta pari al tempo siderale in quell'istante

# Il moto annuo del Sole



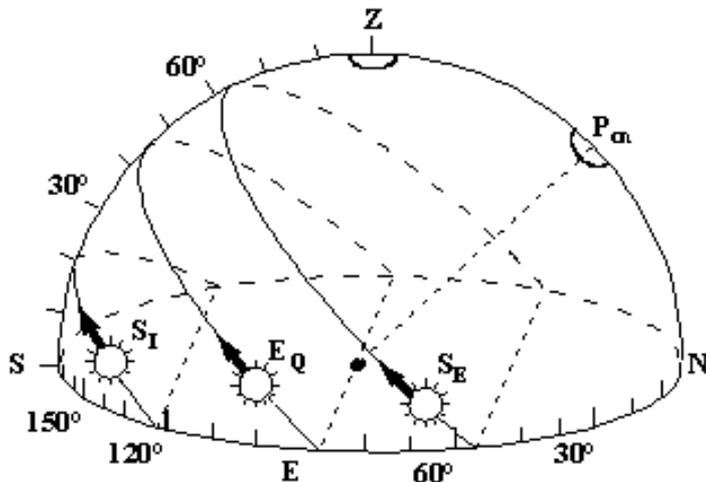
Si svolge lungo l'eclittica ed è un moto apparente dovuto al moto di rivoluzione della Terra

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

$$\delta_{\text{equinozi}} = 0^\circ \quad (21 \text{ Marzo}, 23 \text{ Settembre})$$

$$\delta_{\text{solstizio d'estate}} = + 23^\circ 27' \quad (21 \text{ Giugno})$$

$$\delta_{\text{solstizio d'inverno}} = - 23^\circ 27' \quad (22 \text{ Dicembre})$$



Declinazione osservatore =  $45^\circ$

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)

# Variazione delle Coordinate nel Sistema Equatoriale

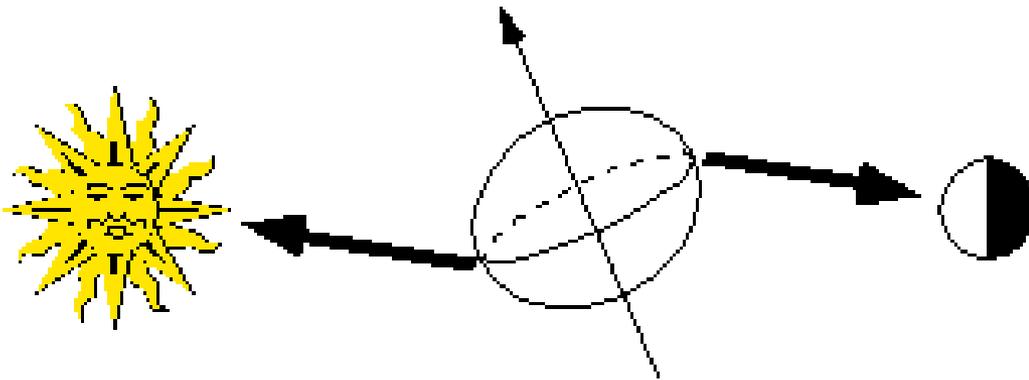
Nel sistema equatoriale le coordinate  $\alpha$  e  $\delta$  di un dato oggetto astronomico risultano indipendenti dalla posizione dell'osservatore e dovrebbero quindi rimanere costanti nel tempo

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

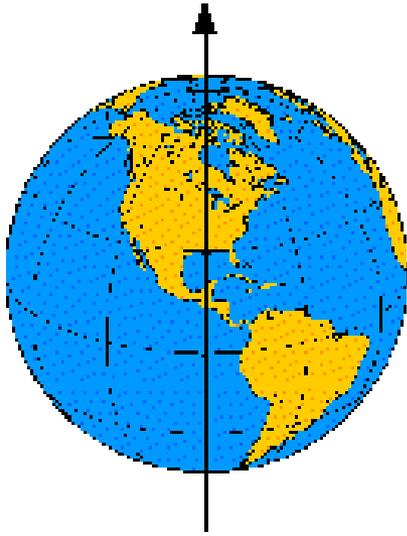
La **precessione degli equinozi** è un movimento della Terra che fa cambiare in modo lento ma continuo l'orientamento del suo asse di rotazione rispetto alla sfera celeste



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



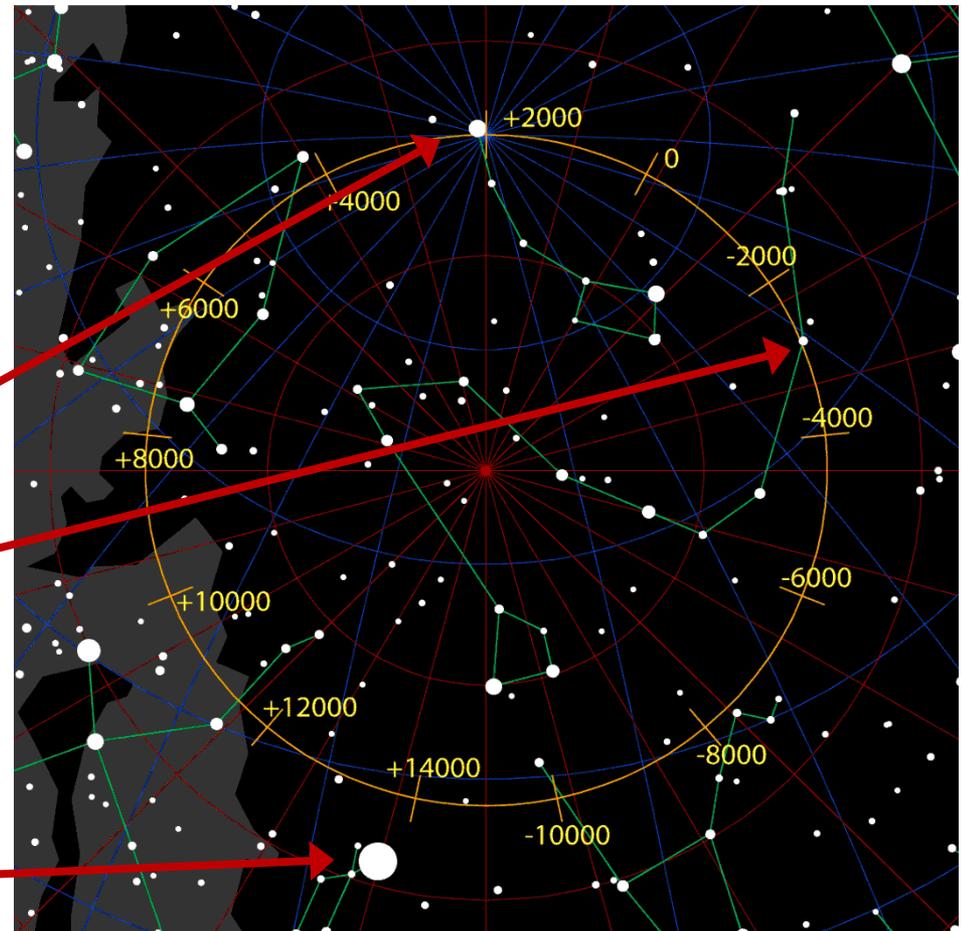
Il moto di precessione fa compiere alla direzione dell'asse di rotazione della Terra un giro in circa 26.000 anni (anno platonico)

A causa della precessione la posizione delle stelle sulla sfera celeste cambia lentamente

Il polo della sfera celeste si muove lungo 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 a 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  $50''.25/\text{anno}$

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 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

La precessione 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

# 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

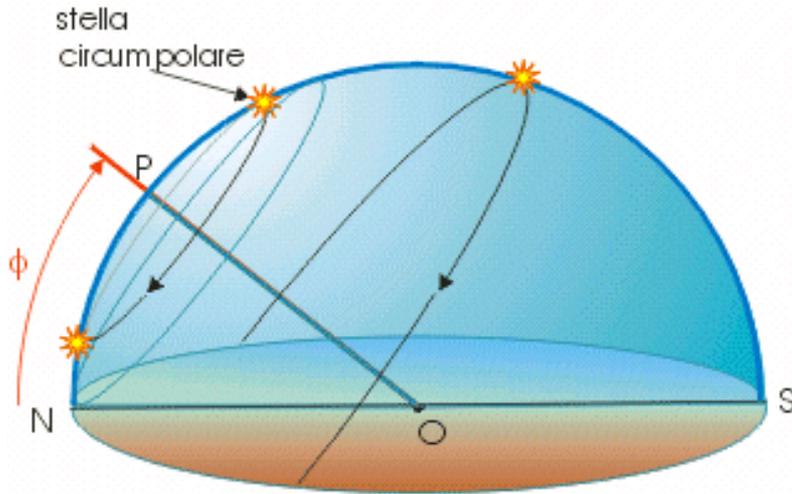
Il valore della rifrazione dipende dalle condizioni atmosferiche (temperatura, pressione, ecc.) e può variare notevolmente da notte a notte

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

Altezza sull'orizzonte	Valore della Rifrazione
0°	35'
10°	5'
45°	1'
90° (zenit)	0'

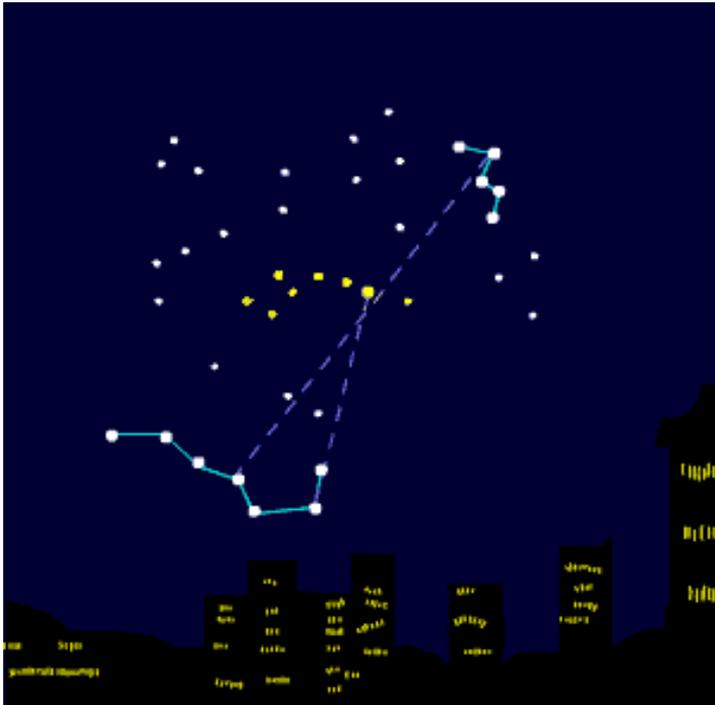


# Stelle circumpolari



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

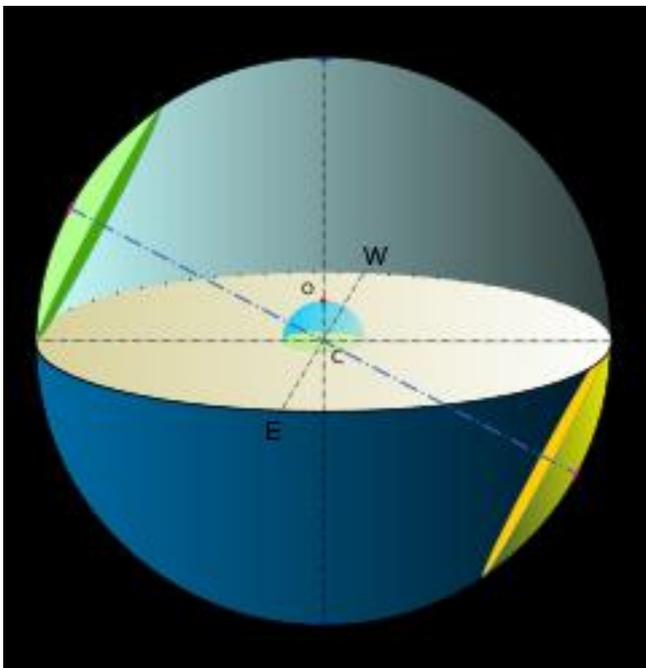
Le stelle che non sorgono mai sono dette **anticircumpolari**, quelle che sorgono e tramontano sono dette **occidue**



L'appartenenza a una di queste categorie dipende dalla declinazione ( $\delta$ ) della stella e dalla posizione dell'osservatore

Poiché l'altezza sull'orizzonte del Polo Celeste è pari alla latitudine ( $\phi$ ), in un dato luogo saranno **circumpolari** le stelle con declinazione:  $\delta > 90 - \phi$

A Catania ( $\phi = 37^\circ 31'$ ) saranno circumpolari le stelle con  $\delta > 52^\circ 29'$



Affinché una stella risulti **visibile** nel corso del moto diurno occorre che:  $\delta > \phi - 90$

A Catania saranno visibili le stelle con  $\delta > - 52^\circ 29'$

In ogni località avremo quindi stelle sempre osservabili (quelle più vicine al polo celeste visibile) e stelle mai osservabili (quelle più vicine al polo celeste invisibile) e altre che sorgono e tramontano

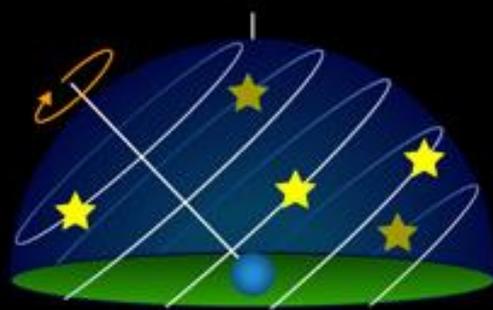
Zenit = Polo Celeste



**Poli Nord e Sud**

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

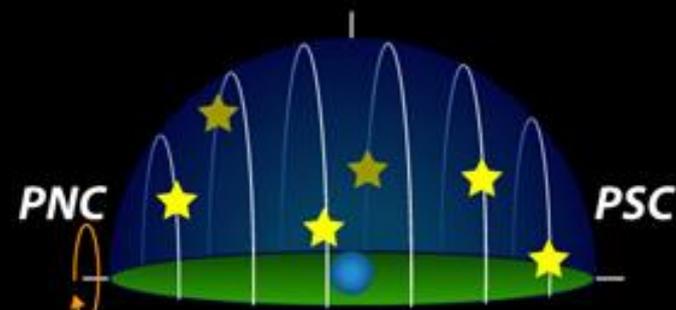
Zenit



**latitudine 45°**

In una generica località a latitudine  $\phi$  se:  
 $\delta > 90 - \phi =$  circumpolare  
 $\delta > \phi - 90 =$  visibile

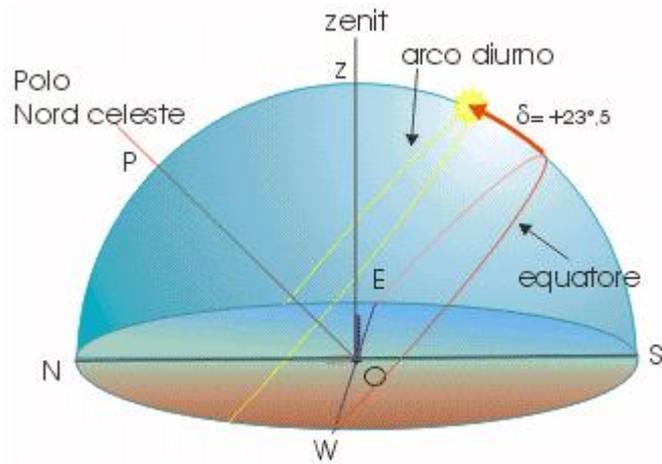
Zenit



**equatore**

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

# Visibilità del Sole



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

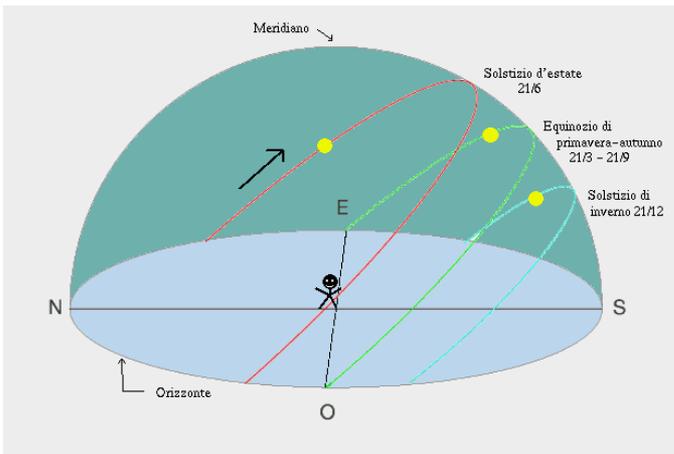
Nel corso dell'anno il Sole si muove sull'eclittica e la sua declinazione varia da un minimo di  $-23^{\circ} 26'$  a un massimo di  $+23^{\circ} 26'$

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 Catania si ha:  $h_{\text{massima}} = 75^{\circ} 55'$ ,  $h_{\text{minima}} = 29^{\circ} 3'$



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

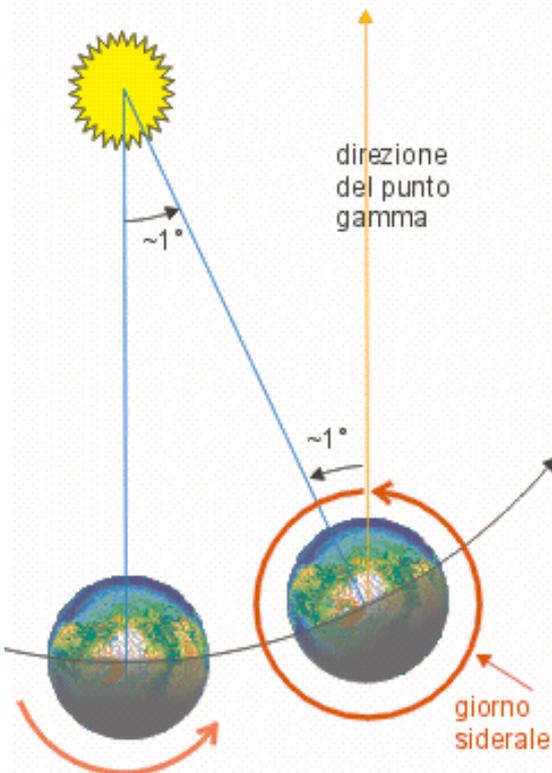
Inoltre ai poli il Sole rimane invisibile per quasi 6 mesi

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

# Giorno Solare e Giorno Siderale

Il **giorno** è l'intervallo di tempo che intercorre tra due passaggi consecutivi al meridiano di un astro o di un punto della Sfera Celeste

Se l'astro è il **Sole** due suoi passaggi consecutivi al meridiano definiscono il **giorno solare vero**; se il riferimento è il **Punto  $\gamma$**  due suoi passaggi consecutivi al meridiano definiscono il **giorno siderale**



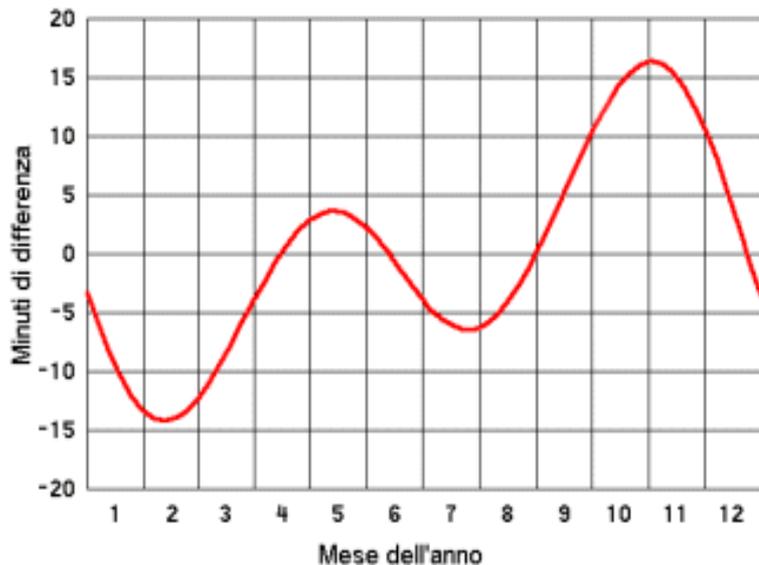
Il **giorno siderale** è quindi il tempo impiegato dalla Terra per eseguire una rotazione attorno al proprio asse; il giorno siderale è più corto del giorno solare medio e vale 23h 56m 4.09s

La differenza è dovuta al fatto che la Terra mentre ruota attorno a se stessa percorre anche un tratto della sua orbita attorno al Sole

Il risultato è il moto apparente annuo del Sole rispetto alle stelle, in senso antiorario per un osservatore boreale, a una velocità di poco meno di 1 grado al giorno

# Giorno Solare Medio

Poiché la velocità con cui la Terra descrive la sua orbita varia, il giorno solare vero non è costante; gli astronomi hanno quindi definito un corpo fittizio detto "Sole Medio" (che si muove lungo l'equatore celeste con velocità costante) a partire dal quale viene calcolato il **giorno solare medio**



La differenza tra tempo solare medio ( $T_M$ ) e tempo solare vero ( $T_V$ ) è detta **Equazione del Tempo**

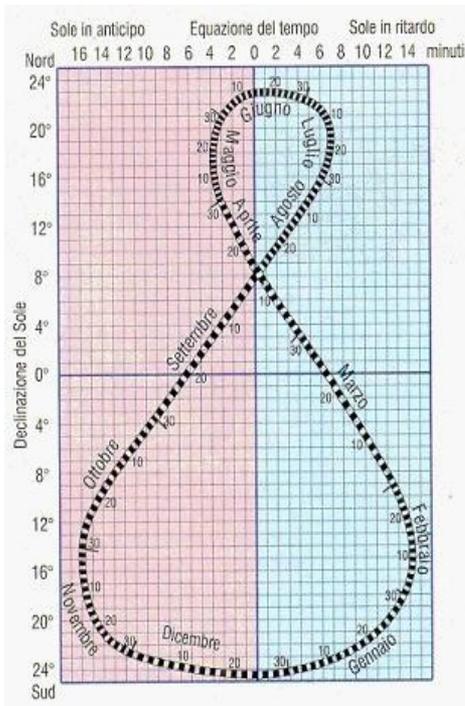
$$T_M = T_V + \text{Equazione del Tempo}$$

Nel calcolo dell'equazione del tempo concorrono effetti dovuti all'eccentricità dell'orbita terrestre e all'inclinazione dell'eclittica

Una visualizzazione degli effetti dovuti alla variabilità del moto apparente del Sole si ottiene con l'**Analemma**

# L'Analemma

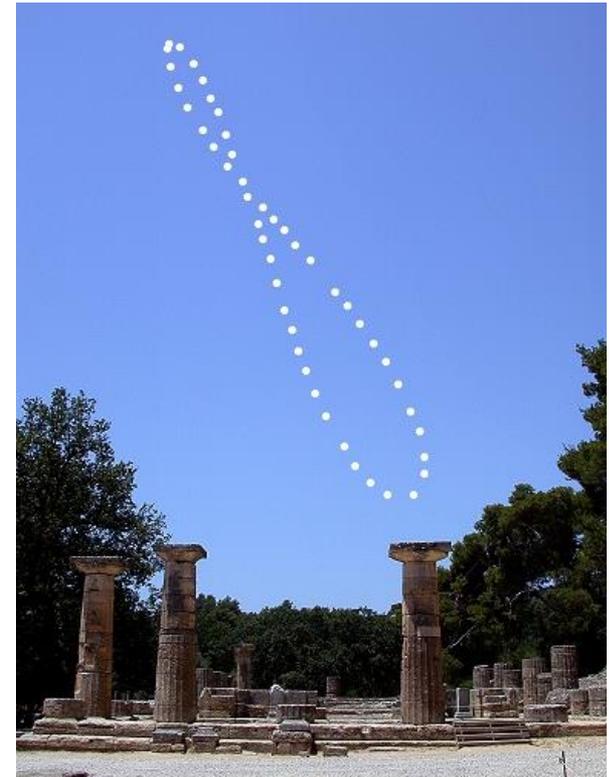
È la figura che si ottiene riportando la posizione del Sole nei diversi giorni dell'anno alla stessa ora (tipicamente il mezzogiorno di tempo solare medio)



La coordinata verticale corrisponde alla declinazione del Sole nelle varie date; la coordinata orizzontale (Sole "in anticipo" o "in ritardo" rispetto al tempo medio) è dovuta alla diversa velocità con cui la Terra percorre la sua orbita

L'inclinazione dell'asse della figura dipende dalla latitudine di osservazione

È possibile fotografare l'Analemma facendo delle esposizioni fotografiche in vari giorni alla stessa ora (per un anno) con la camera puntata esattamente nella stessa direzione e sovrapponendo poi le riprese



**Tempo Universale (UT)** - L'ora locale è funzione della longitudine di un luogo (il Sole passa al meridiano in tempi diversi alle varie longitudini) mentre gli astronomi hanno necessità di riferire le loro osservazioni a un tempo comune

Per risolvere questo problema è stato introdotto il Tempo Universale, definito come il tempo solare medio dell'Osservatorio di Greenwich (la cui longitudine è stata posta, per definizione, pari a zero); tutte le osservazioni astronomiche sono riportate in UT

Per la misura del tempo definita in base ai giorni solari si distingue una **data astronomica** (normalmente il Giorno Giuliano) che considera il giorno come l'intervallo tra due passaggi del Sole al meridiano superiore e una **data civile** che conteggia il tempo a partire dal meridiano inferiore

**Giorno Giuliano (Julian Day, JD)** - È il numero di giorni passati dal mezzogiorno dell'1 gennaio 4713 a.C.; è un sistema introdotto per fornire un riferimento che potesse essere usato per unificare differenti calendari e cronologie storiche

Il giorno giuliano cambia al mezzogiorno di Greenwich

Il 24 Gennaio 2014 alle ore 12:00 di UT corrisponde a  $JD = 2456682.0$

# Il Calendario

Il calendario in uso in gran parte del mondo occidentale è di tipo solare e si basa sull'**Anno Tropic** (definito come il tempo fra due solstizi o due equinozi identici) la cui durata è di 365,2422 giorni solari medi

A causa della quantità frazionaria l'anno civile adotta un numero intero di giorni (365) e aggiunge periodicamente i giorni che si accumulano sommando le frazioni di più anni

Nel calendario introdotto da Giulio Cesare nel 46 A.C. ogni 4 anni si aggiungeva un giorno (il 29 Febbraio); ma questa correzione era eccessiva e portava a uno slittamento (l'equinozio rimaneva indietro rispetto all'anno) di 3 giorni ogni 400 anni

Nel 1582 papa Gregorio XIII riformò il calendario stabilendo:

- a) che in quell'anno dopo il 4 ottobre seguisse il 15 ottobre;
- b) che non fossero più considerati bisestili gli anni secolari non divisibili esattamente per 400 (1600 sì, 1700, 1800 e 1900 no, 2000 sì...)

In questo modo si avrà un errore di un giorno solo dopo 3300 anni