



Olimpiadi Italiane di Astronomia

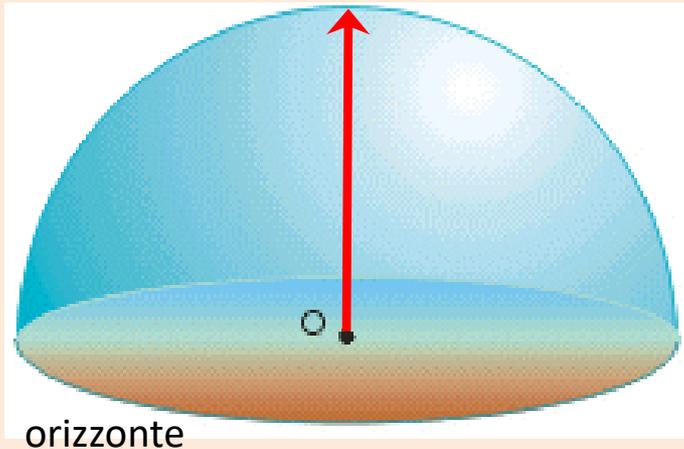
Preparazione alla fase interregionale delle
Olimpiadi Italiane di Astronomia

Coordinate

By Giuseppe
Cutispoto



La Sfera Celeste



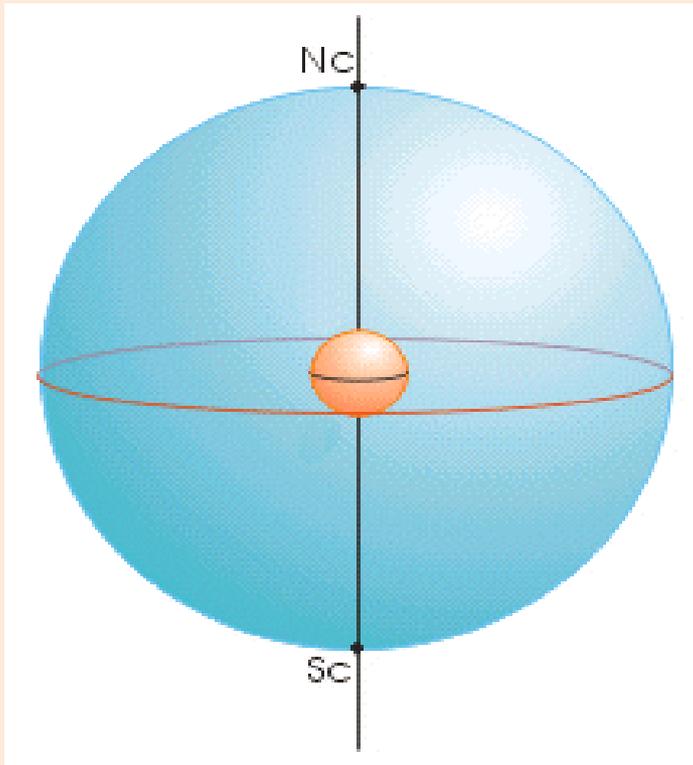
Quando osserviamo il cielo notturno abbiamo la sensazione di trovarci al centro di una cupola semisferica con dimensioni imprecisabili.

L'intera volta celeste è una sfera completa, che possiede un moto apparente di rotazione, detto **moto diurno**, dovuto in realtà alla rotazione della Terra.

Per ogni osservatore (**O**) la visibilità dei corpi celesti risulta limitata dall'**orizzonte**, definito come il piano passante per il centro della sfera celeste e perpendicolare alla verticale del luogo.

La Sfera Celeste

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

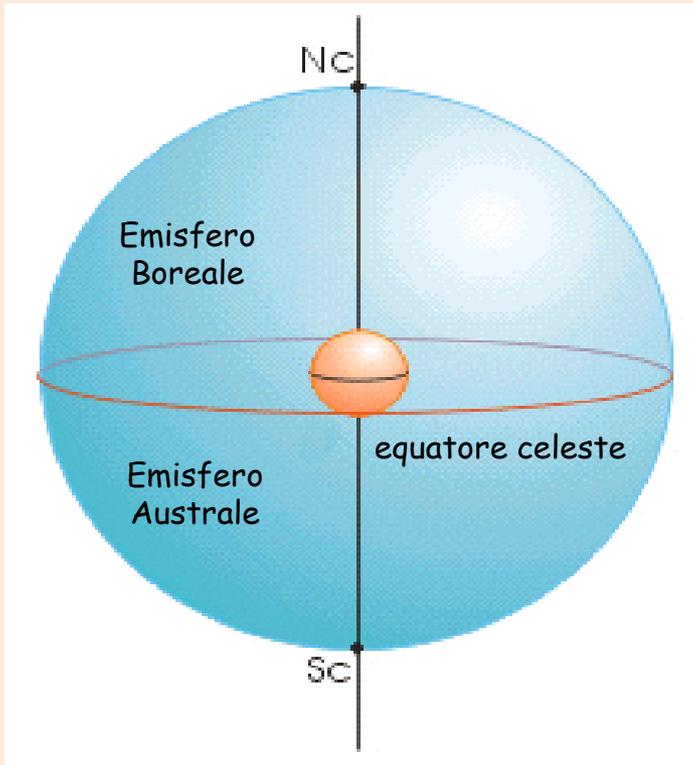


Gli oggetti visibili sulla Sfera Celeste ad ogni istante dipendono dalle coordinate geografiche dell'osservatore e cambiano nel tempo a causa della rotazione della Terra.

Per una data posizione sulla Terra e per una data ora, gli oggetti visibili cambiano nel corso dell'anno a causa del moto di rivoluzione della Terra.

Su tempi scala molto lunghi gli oggetti visibili possono cambiare a causa del "moto di precessione" dell'asse terrestre e del "moto proprio" delle stelle.

Poli ed equatore

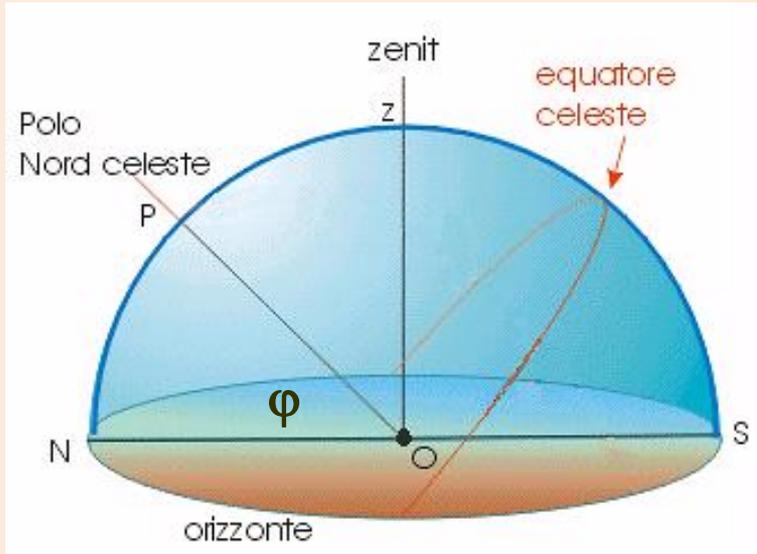


Il prolungamento dell'asse terrestre incontra la Sfera Celeste in due punti: il **Polo Nord** (Nc) e il **Polo Sud** (Sc) celesti.

La Sfera Celeste sembra ruotare su sé stessa attorno a un asse, chiamato "asse celeste" o "asse del mondo" passante per i poli. I Poli Celesti sono gli unici due punti che restano 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) e **australe** (che contiene il polo sud).

Zenit e Nadir



In generale, da una qualunque posizione sulla Terra, solo uno dei poli celesti risulta visibile; la sua posizione nel cielo dipende unicamente dalla **latitudine** (φ) 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.

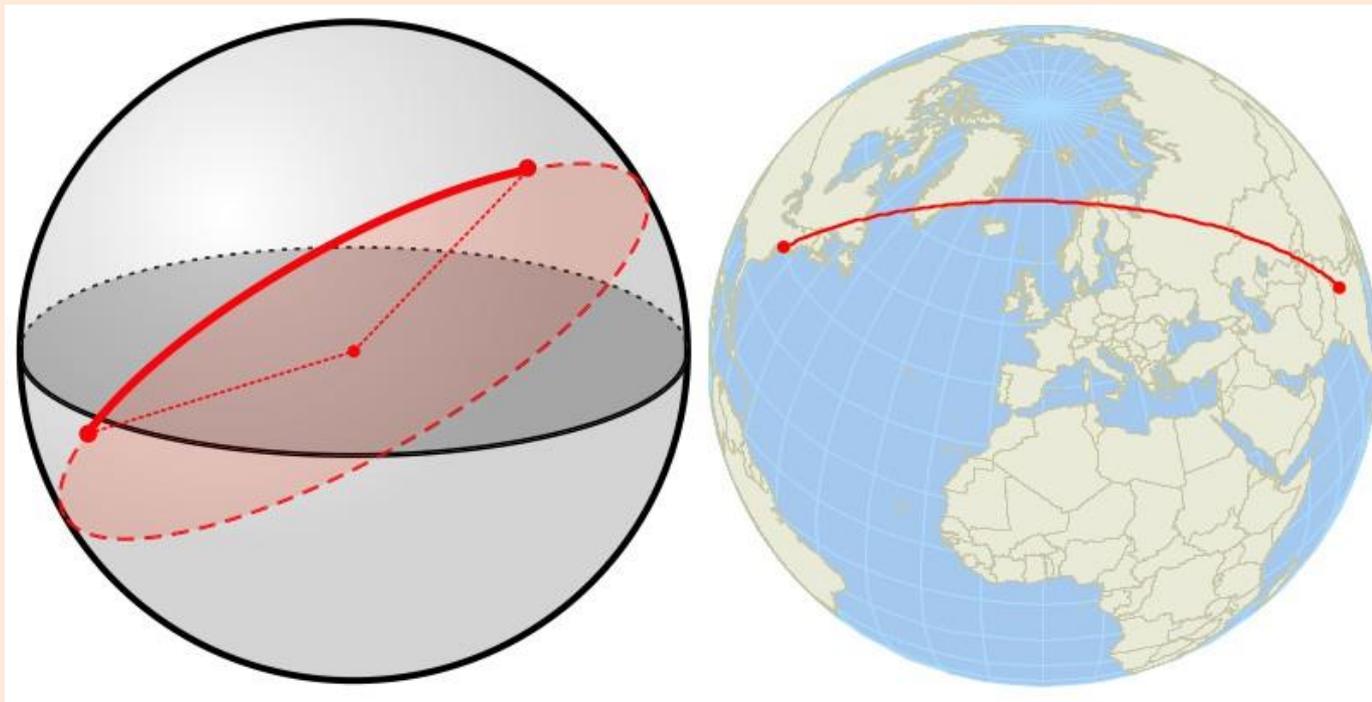
Le intersezioni della verticale nel luogo di osservazione (definita dalla direzione del filo a piombo) con la Sfera Celeste sono dette:

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). Al Polo Nord e al Polo Sud il polo celeste coincide con lo Zenit.

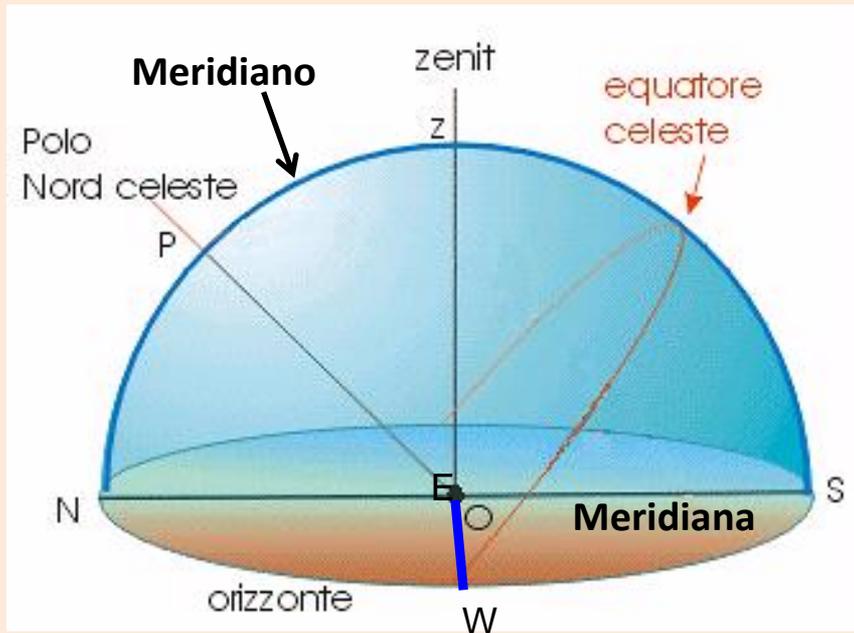
Cerchio massimo



In una sfera un **cerchio massimo** è un cerchio individuato dall'intersezione della superficie della sfera con un piano che passa per il suo centro.

Il percorso più breve tra due punti posti sulla superficie di una sfera è l'arco di cerchio massimo che si ottiene dall'intersezione tra la sfera e il piano passante per i due punti e il centro della sfera.

Meridiano e punti cardinali



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**”).

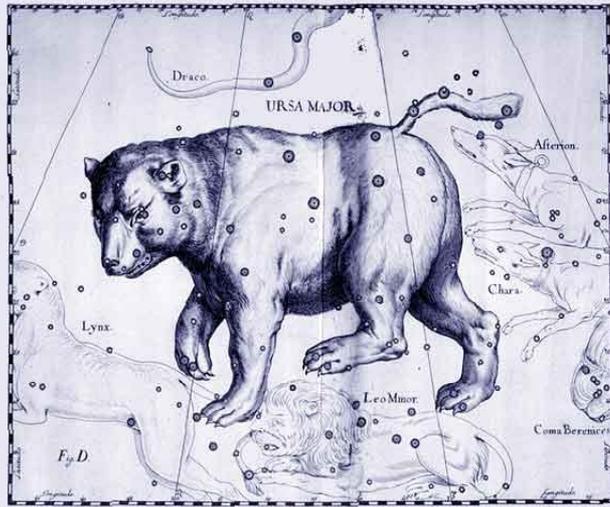
L’intersezione del piano del Meridiano Celeste con il piano dell’Orizzonte viene detta **Meridiana**.

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 definisce i **punti cardinali Est (E) e Ovest (W)**.

I punti cardinali E e W coincidono con l’intersezione tra l’equatore celeste (anch’esso un cerchio massimo che, per costruzione, risulta equidistante dai poli celesti) e l’orizzonte.

Le costellazioni



Fin dall'antichità gli astronomi hanno associato tra di loro le stelle visibili sulla sfera celeste formando le **costellazioni**. Oggi l'**IAU** (Unione Astronomica Internazionale) riconosce 88 costellazioni e ogni punto del cielo appartiene a una sola di esse. Molto spesso il nome delle costellazioni si abbrevia con tre lettere partendo dal nome in latino, con in maiuscolo la prima lettera più la seconda se il nome della costellazione è composto: Orsa Maggiore = Ursa Maior = UMa, Cane Maggiore = Canis Maior = CMa, Vergine = Virgo = Vir, Cefeo = Cepheus = Cep

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 formate 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 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 della "precessione degli equinozi". Ad esempio nella nostra epoca il 21 Marzo, equinozio di primavera, il Sole si trova nella costellazione dei Pesci.

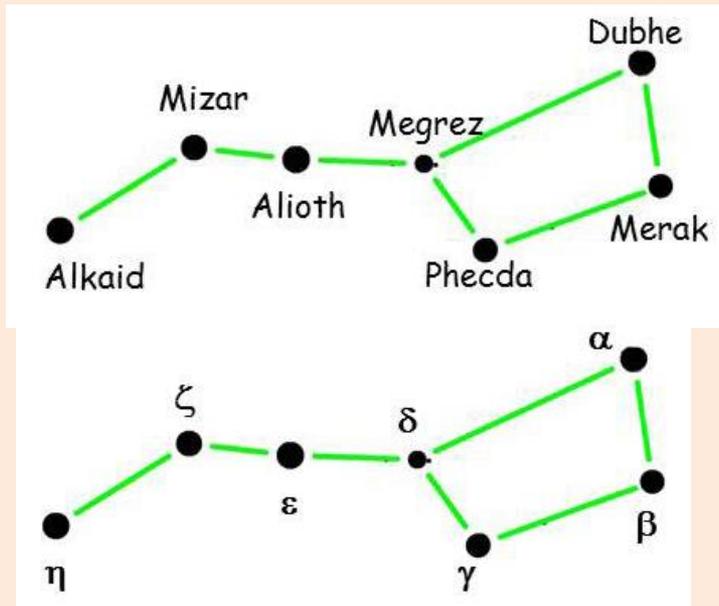
Gli "Asterismi" sono raggruppamenti di stelle di costellazioni diverse o parti di una costellazione. Tra i più famosi il "Triangolo Estivo", formato dalle stelle Vega, Deneb e Altair e il "Grande Carro", formato dalle sette stelle più luminose dell'Orsa Maggiore.

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.

Recentemente sono state introdotte nuove classificazioni (che hanno in gran parte dei casi, sostituito quelle più antiche) che assegnano dei nomi, quasi sempre dei codici seguiti da un numero, anche a un gran numero di stelle non visibili a occhio nudo.

I nomi delle stelle



Nomenclatura di Bayer: la stella più luminosa di una costellazione è chiamata “ α ” più il genitivo del nome latino della costellazione (α Ursae Majoris = α UMa), la seconda stella più luminosa è detta β , la terza γ e così via

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

Nei cataloghi più moderni le stelle sono elencate con criteri che fanno riferimento alle loro coordinate. 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. Ogni stella ha ovviamente nomi diversi in cataloghi diversi: Sirio = α CMa = 9 CMa = HD 48915 = SAO 151881 = HIP 32349

Le coordinate astronomiche

Definiscono le posizioni degli oggetti astronomici sulla Sfera Celeste

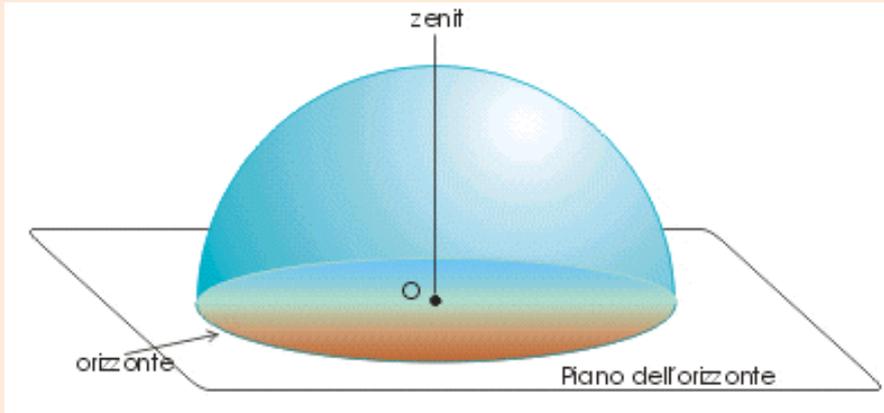
Si basano sulla definizione di:

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

I **sistemi di coordinate** più utilizzati sono:

Altazimutale; Equatoriale / Orarie; Eclittiche; Galattiche

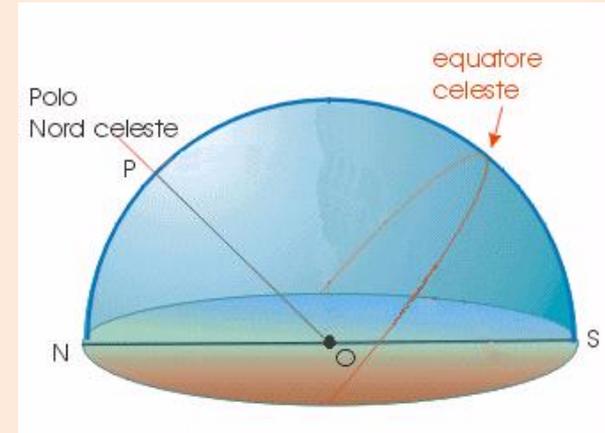
Le coordinate astronomiche



Coordinate Altazimutali

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

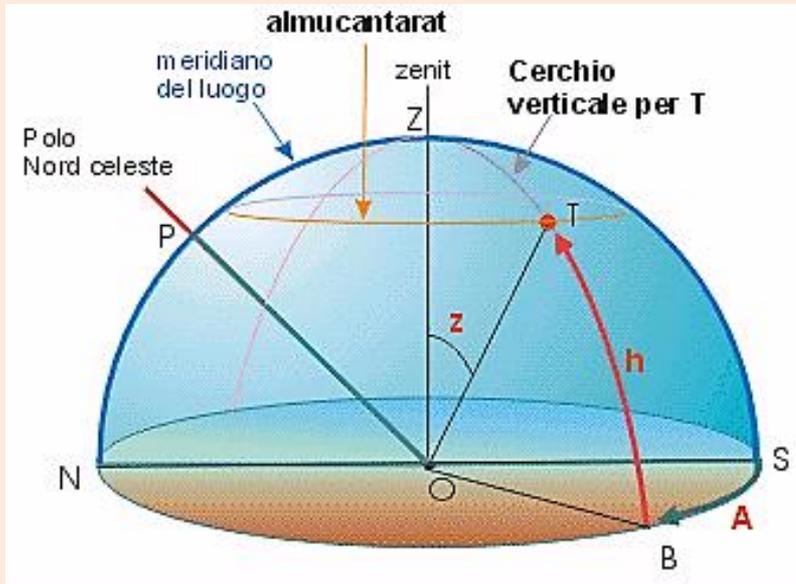


Coordinate Equatoriali

La direzione fondamentale è l'**asse di rotazione della Terra**; il piano fondamentale è l'**equatore celeste**

Le coordinate sono l'**Ascensione Retta (α)** e la **Declinazione (δ)**. Il Sistema Orario è una variante di quello equatoriale

Sistema Altazimutale



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° e 360°

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° verso il Nadir

Sistema Altazimutale

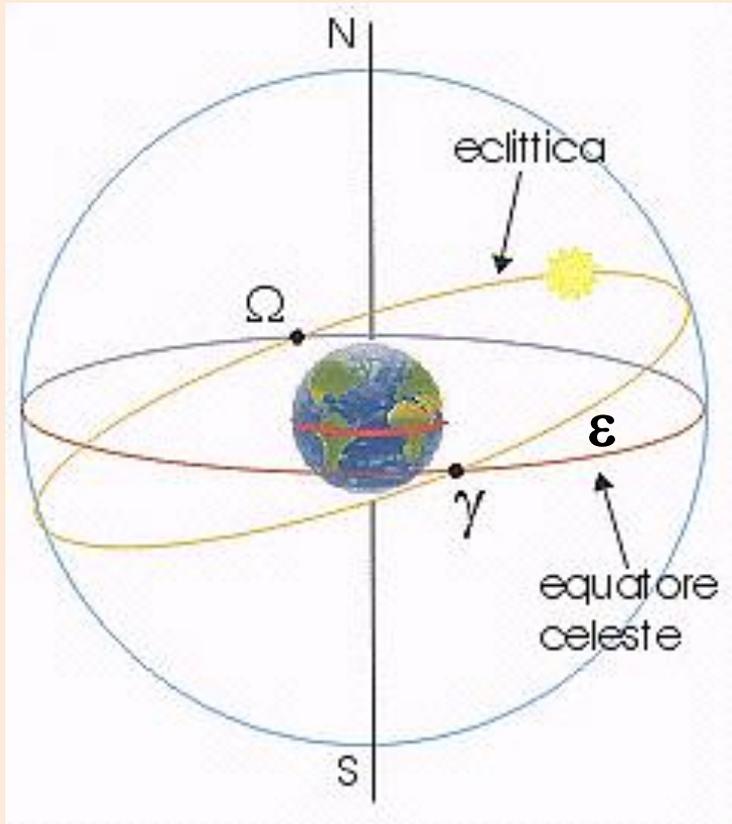
La **Distanza Zenitale**: $z = 90 - h$ è la distanza dell'astro dallo Zenit ed è compresa tra 0° e 180° ; vale sempre la relazione $z + h = 90^\circ$.

Il **valore massimo dell'Altezza** di un corpo celeste si ha quando, a causa del moto diurno, transita al **meridiano in direzione Sud**, il **valore minimo dell'Altezza** si ha quando transita al **meridiano in direzione Nord**.

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

Le coordinate Altazimutali sono facili da misurare, ma sono relative all'osservatore, in quanto dipendono da parametri (Orizzonte, Zenit e Meridiano) tipici della località di osservazione. A causa del moto diurno, 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

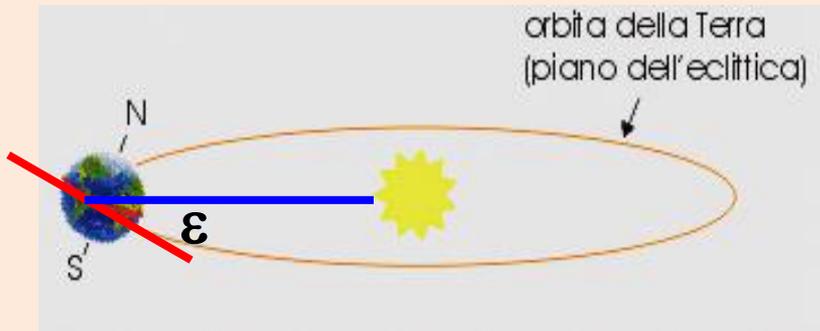


L'eclittica è il percorso apparente del Sole rispetto alle stelle sulla Sfera Celeste.

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

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

Eclittica

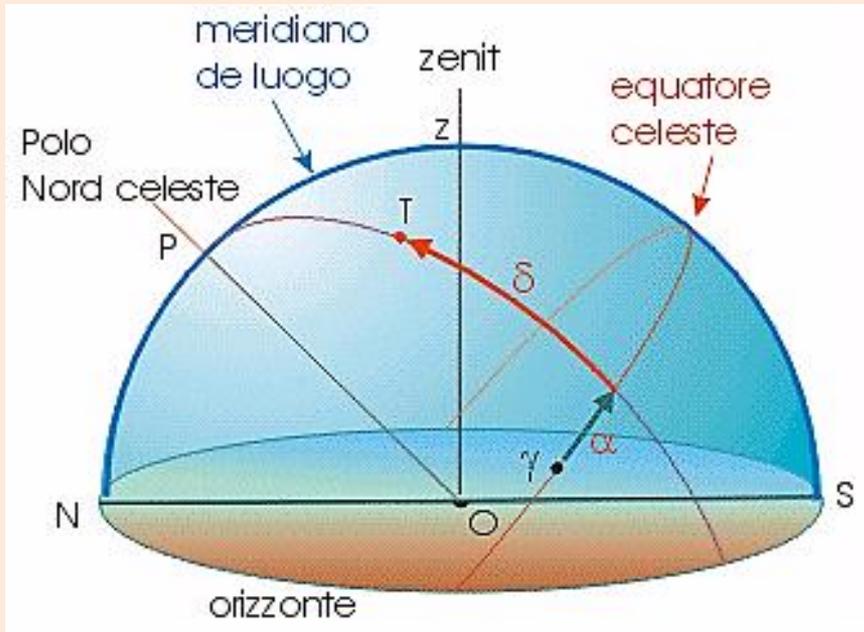


L'eclittica non coincide con l'equatore celeste perché il piano dell'equatore terrestre è inclinato rispetto a quello dell'orbita della Terra; l'angolo tra i due piani è chiamato obliquità (ϵ) dell'eclittica.

Attualmente si ha: $\epsilon = 23^\circ 27'$

Il valore dell'obliquità oscilla ciclicamente tra circa $22^\circ.5$ e $24^\circ.5$ gradi, con un periodo dell'ordine di 41000 anni. Nell'epoca attuale l'obliquità decresce di circa $47''.11$ /secolo.

Sistema Equatoriale



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 (α): è l'arco di equatore celeste tra il Punto γ e il cerchio orario passante per l'astro (T); viene misurata in senso antiorario ed è compresa tra 0h e 24h

Declinazione (δ): è l'arco di cerchio orario compreso fra l'equatore celeste e l'astro; si conta dall'equatore da 0 a 90° per l'emisfero Boreale e da 0 a -90° per l'emisfero Australe

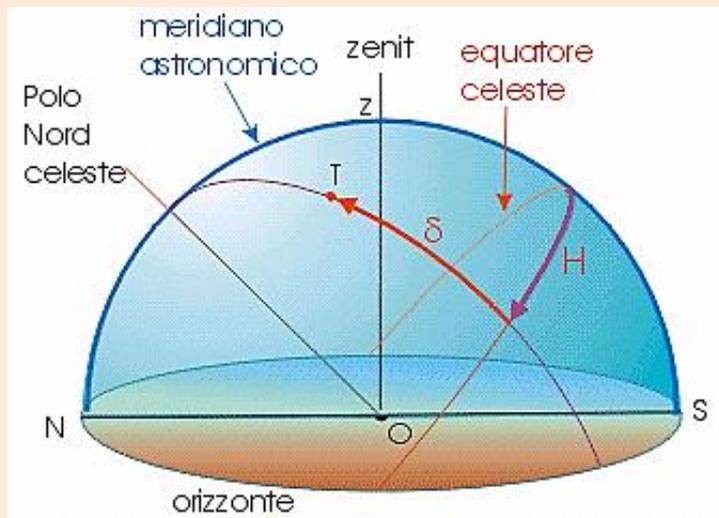
Sistema Equatoriale

È il sistema di coordinate più utilizzato.

Il grande vantaggio rispetto alle coordinate altazimutali è che i valori di α e δ risultano completamente svincolati dalla posizione dell'osservatore e rimangono inoltre costanti (vedremo poi entro quali limiti) nel tempo, in quanto l'intero sistema di riferimento è definito a partire da un punto della sfera celeste (il Punto γ) che partecipa al moto diurno.

La **distanza polare** (p), è la distanza angolare di un astro dal polo nord celeste e varia da 0° a 180° . Vale la relazione: $p + \delta = 90^\circ$.

Sistema Orario

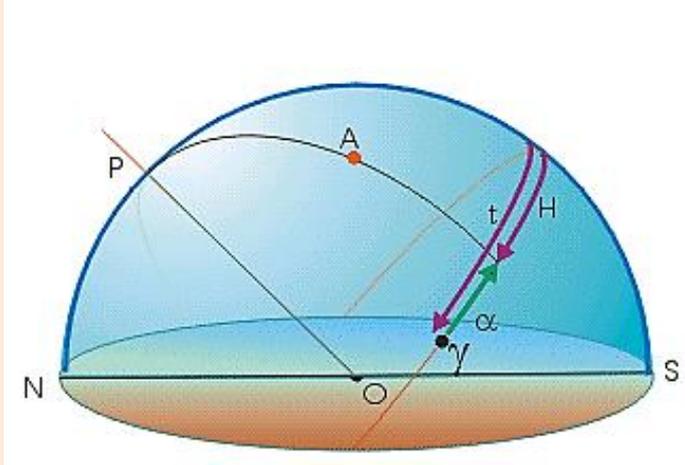


Angolo Orario (H): è la distanza angolare tra il cerchio orario che passa per l'astro (T) e il Meridiano; viene misurato in senso orario ed è compreso tra 0h e 24h

Declinazione (δ): è definita come per il sistema equatoriale.

Questo sistema non partecipa al moto diurno; **H** dipende dalla posizione dell'osservatore e fornisce indicazioni sulla visibilità di un astro. Quando un astro nel corso del moto diurno passa al meridiano potrà avere $H = 0$ (altezza sull'orizzonte massima) oppure $H = 12$ (altezza sull'orizzonte minima).

Angolo Orario e Tempo Siderale



Il **Tempo Siderale** (t) è definito come l'angolo orario del Punto γ . Conoscendo l'ascensione retta (α) di un astro (A) e misurando il suo angolo orario (H), si può determinare il tempo siderale dalla relazione:

$$t = \alpha + H$$

Normalmente t è noto ed è usato per calcolare l'angolo orario di un astro di cui si conosce α .

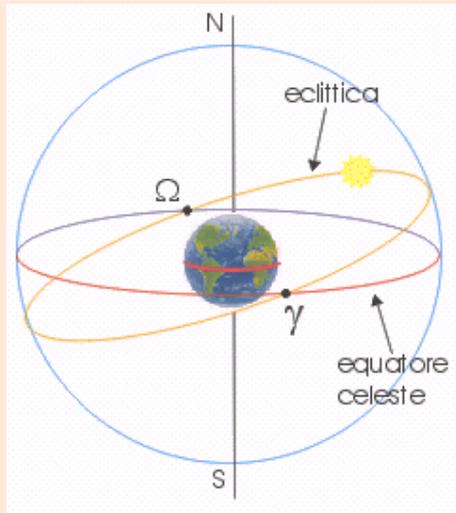
Quando una stella passa al meridiano $H = 0$, per cui: $t = \alpha$; quindi ad ogni istante passano al meridiano tutte le stelle che hanno ascensione retta pari al tempo siderale in quell'istante.

Trasformazione di coordinate

Per convertire la declinazione (δ) di un astro in altezza (h), è necessario conoscere la latitudine dell'osservatore (φ), l'angolo orario (H) dell'astro e applicare la seguente espressione:

$$\sin h = \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos H$$

Il moto annuo del Sole

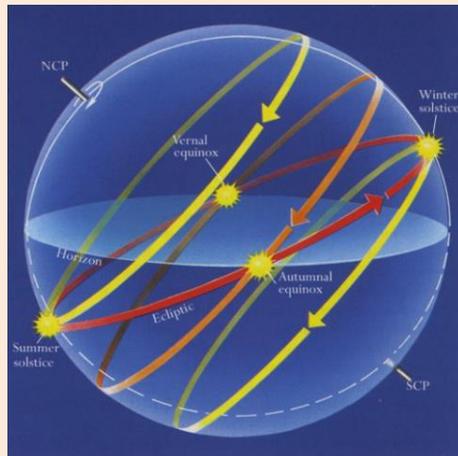


Si svolge lungo l'eclittica ed è un moto apparente dovuto al moto di rivoluzione della Terra; poiché attualmente l'eclittica forma con l'equatore celeste un angolo $\varepsilon = 23^\circ 27'$, la declinazione del Sole sarà:

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

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

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



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.

Nell'emisfero boreale al solstizio d'estate avremo il giorno più lungo, al solstizio d'inverno il giorno più corto. Le stagioni risultano invertite nell'emisfero Australe.

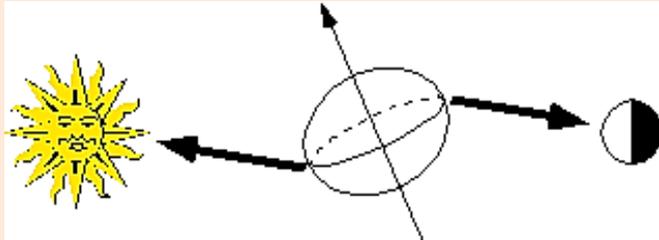
Declinazione osservatore = 45°

Variazione delle Coordinate: Sistema Equatoriale

Nel sistema equatoriale le coordinate α e δ di un dato oggetto astronomico risultano indipendenti dalla posizione dell'osservatore e dovrebbero quindi rimanere costanti nel tempo. Le osservazioni mostrano invece numerosi effetti, che possono dipendere anche dall'oggetto osservato, che alterano in modo ciclico o continuo il valore di α e δ :

- Parallasse Diurna (causata dalla rotazione della Terra),
- Parallasse Annua (causata dalla rivoluzione della Terra),
- Aberrazione della luce (causata dalla rivoluzione della Terra),
- Precessione (causata dal moto dell'asse della Terra)
- Rifrazione (causata dall'atmosfera della Terra),
- Moti propri delle stelle.

La Precessione



La **precessione degli equinozi** è dovuta 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 il suo asse di 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**. 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.

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:

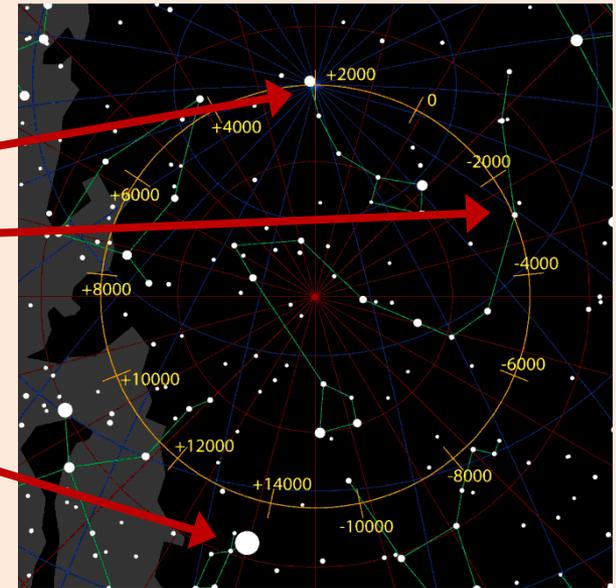
Attualmente si trova a meno di 1° dalla **Stella Polare** (α UMi)

Nel 3000 a.C. era invece prossimo a **Thuban** (α Dra)

In futuro a stella più brillante che assumerà il ruolo di polare, tra circa 12000 anni, sarà **Vega** (α Lyr)

A causa della precessione le posizioni del Punto γ

(da cui vengono misurate le coordinate equatoriali) e del Punto della Bilancia si spostano lungo l'eclittica di $50''.25/\text{anno}$

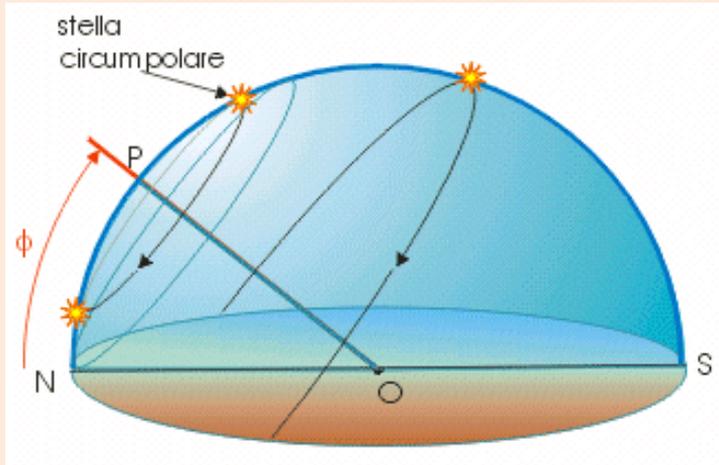


A causa della precessione in circa 70 anni ogni equinozio anticipa di 1 giorno. Tener conto di questa differenza è importante nella compilazione di calendari e nelle regole per stabilire gli anni bisestili.

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 (a volte abbreviata in J2000), che indica le coordinate dell'oggetto all'1 gennaio 2000.

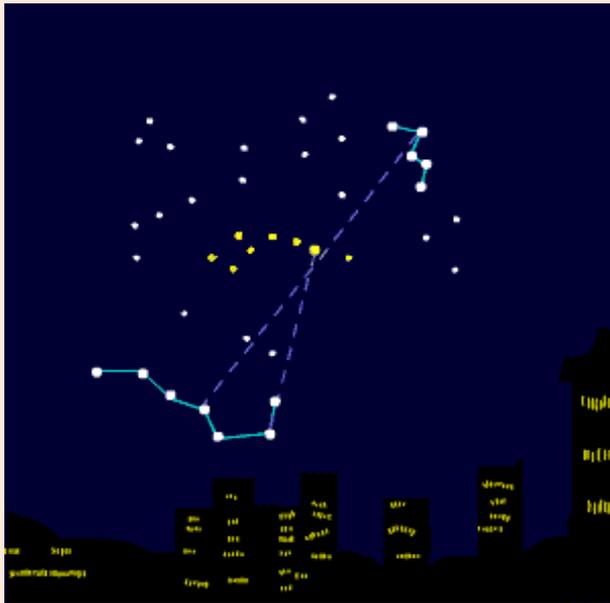
Nei cataloghi si trovano le coordinate delle stelle e l'epoca a cui sono riferite; per puntare correttamente i telescopi occorrerà applicare a detti valori un fattore correttivo (usando semplici formule) per tener conto della differenza tra l'epoca a cui è riferito il catalogo e la data in cui si effettuano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

Stelle circumpolari



Una stella si dice **circumpolare** se nel corso del moto diurno della sfera celeste non tramonta mai, (si avrà quindi h sempre > 0).

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

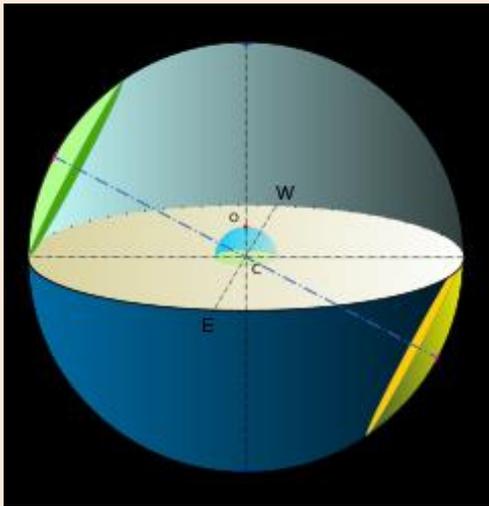


L'appartenenza a una di queste categorie dipende dalla declinazione (δ) della stella e dalla posizione dell'osservatore

Poiché l'altezza sull'orizzonte del Polo Celeste è pari alla latitudine (ϕ), in un dato luogo nell'emisfero Nord saranno **circumpolari** le stelle con declinazione:

$$\delta > 90 - \phi$$

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



Affinché una stella risulti **visibile** nel corso del moto diurno occorre che:

$$\delta > \varphi - 90$$

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

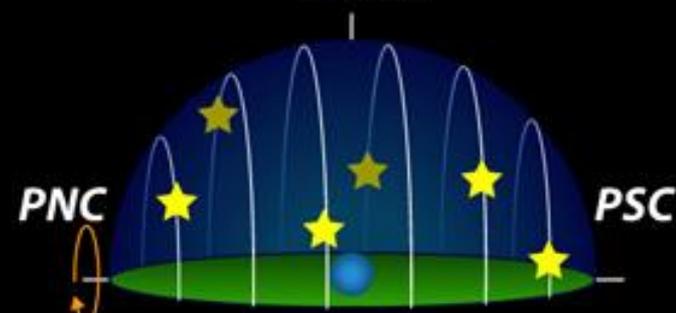
Zenit



latitudine 45°

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

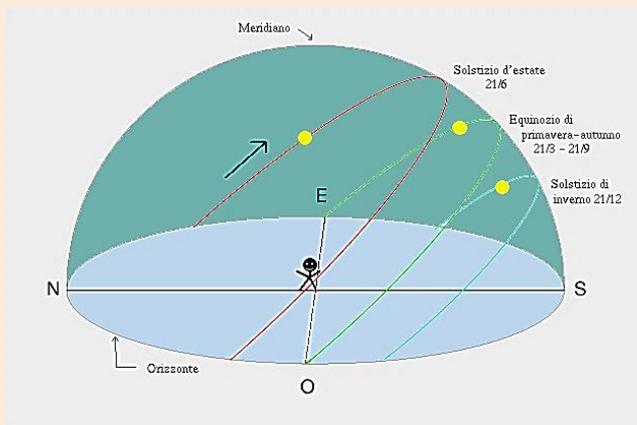
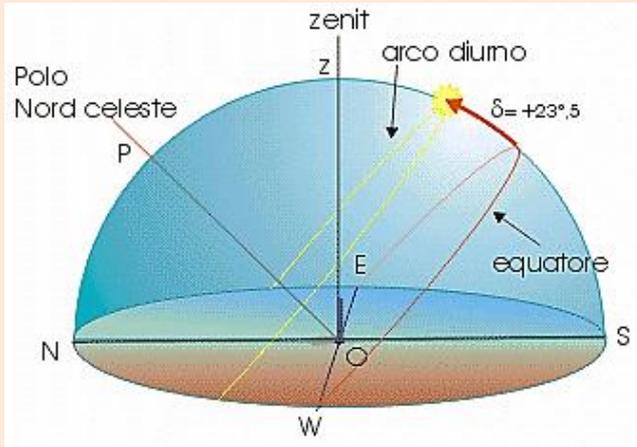
Zenit



equatore

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

Visibilità del Sole



Per un osservatore posto a latitudine φ l'altezza massima dell'equatore celeste al meridiano vale:

$$h_{\text{equatore}} = 90 - \varphi$$

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 φ posto nell'emisfero Nord, l'altezza del Sole sull'orizzonte al meridiano in direzione sud varierà quindi tra:

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

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

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

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

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.

Rifrazione e Depressione dell'Orizzonte



La 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, ovvero di "abbassare" la linea dell'orizzonte. Il valore della rifrazione dipende dalle condizioni atmosferiche (temperatura, pressione, ecc.) e può variare notevolmente da notte a notte. Il suo valore (d) è massimo all'orizzonte, dove vale in media circa $35'$ (cioè poco più di mezzo grado), e si annulla allo zenit.

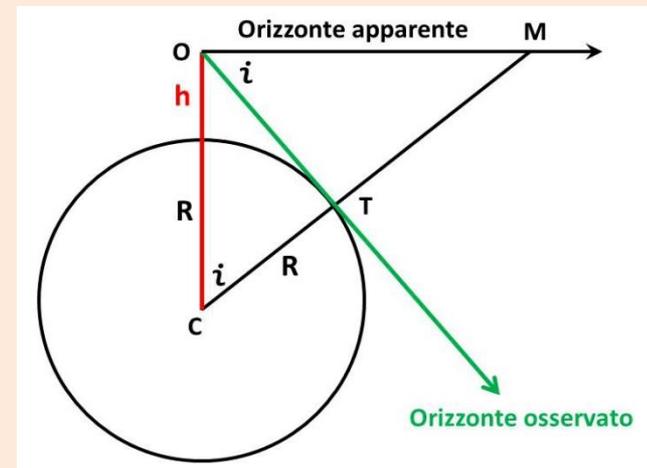
Se l'osservatore è posto a un'altezza " h " dalla superficie si avrà inoltre una componente "geometrica" (i) che produce un'ulteriore abbassamento dell'orizzonte.

$$i = \arccos \frac{R}{R+h}$$

Altezza	Rifrazione
0°	$35'$
10°	$5'$
45°	$1'$
90°	$0'$

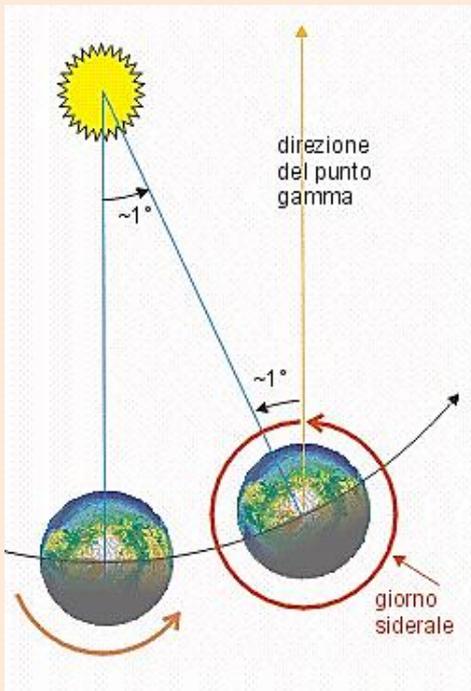
La "depressione dell'orizzonte" (D) è quindi un effetto dovuto sia all'atmosfera terrestre che alla quota dove si trova l'osservatore:

$$D = d + i$$



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 γ** due suoi passaggi consecutivi al meridiano definiscono il **giorno siderale**.



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

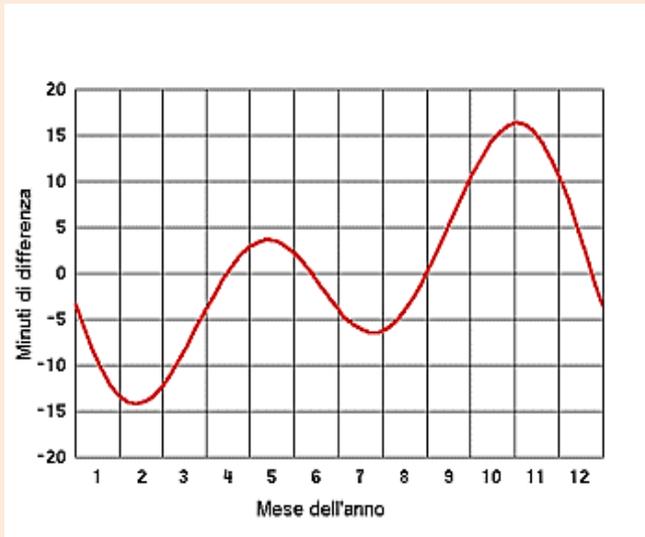
La differenza è dovuta al fatto che mentre ruota attorno a se stessa la Terra percorre anche un tratto della sua orbita attorno al Sole.

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° /giorno.

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 e a partire dal quale viene calcolato il **giorno solare medio**.

Giorno Solare Medio

È definito come l'intervallo di tempo che intercorre tra due passaggi consecutivi al meridiano del “**Sole Medio**”. La sua durata è di 24 h (= 86400 s).

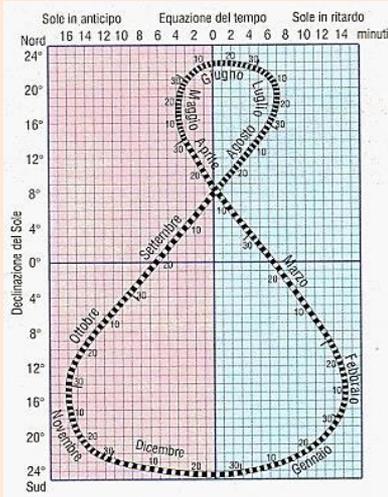


La differenza tra tempo solare medio (T_M) e tempo solare vero (T_V) è detta Equazione del Tempo:

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

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

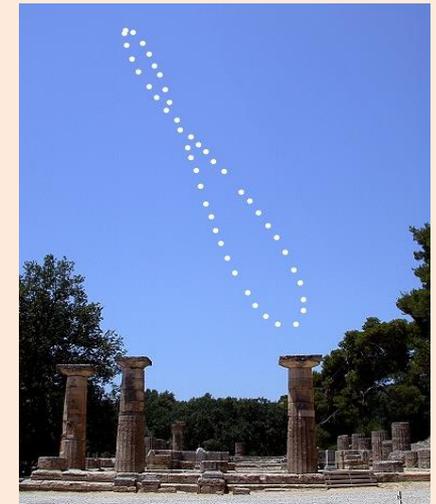
Analemma



Una visualizzazione degli effetti dovuti alla variabilità del moto apparente del Sole si ottiene con l'**Analemma**, 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 a δ_{\odot} nelle varie date; la coordinata orizzontale (Sole "in anticipo" o "in ritardo" rispetto al Sole Medio) è dovuta alla diversa velocità con cui la Terra percorre la sua orbita.

L'inclinazione dipende dalla latitudine di osservazione. Si può fotografare l'Analemma con delle esposizioni alla stessa ora per un anno con la camera puntata nella stessa direzione e sovrapponendo le riprese.



Tempo Universale

L'ora locale è funzione della longitudine, in quanto il Sole passa al meridiano in tempi diversi a longitudini diverse. Gli astronomi hanno invece la 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.

Giorno Giuliano (Julian Day, JD)

È il numero di giorni trascorsi dal mezzogiorno dell'1 gennaio 4713 a.C. ed è un sistema introdotto per fornire un singolo riferimento che superi le difficoltà di datazione che scaturiscono da differenti calendari e cronologie storiche. Il giorno giuliano cambia al mezzogiorno di Greenwich.

Il 15 Febbraio 2016 alle ore 12:00 di UT corrispondeva a $JD = 2457434.0$

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.

Anche se i loro nomi sono simili il Giorno Giuliano non è legato all'Anno Giuliano. Il Giorno Giuliano specifica una data (più un tempo in quella data con la parte decimale) senza riferimento a nessun altro calendario, ma solo alla propria epoca iniziale.

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 365,24219 giorni solari medi. Un Anno tropico comprende un ciclo completo di stagioni. 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). Questa correzione era però eccessiva e l'equinozio rimaneva "indietro" rispetto all'anno civile 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 (ovvero 1600 sì; 1700, 1800 e 1900 no; 2000 sì....)

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

Un **Anno Giuliano** vale 365.25 giorni solari medi (= 3155760 s).

Anno Tropic e Anno Siderale

Si definisce **Anno Siderale** il periodo in cui la Terra completa una rivoluzione attorno al Sole, misurata relativamente alle stelle. La sua durata è di 365,25636 giorni solari medi.

L'**Anno Tropic** è leggermente più corto dell'**Anno Siderale** a causa del moto di precessione degli equinozi, che fa spostare il punto γ in direzione opposta alla rivoluzione della Terra.

In questa dispensa, distribuita gratuitamente, sono utilizzate informazioni e disegni prelevati da vari siti presenti sulla rete. Si ringraziano gli autori per aver messo a disposizione i materiali.