

Coordinate Celesti

=====

La misura della posizione di un oggetto celeste e' di importanza fondamentale quando di questo si vogliono studiare le proprieta' correlate con l'ambiente cosmico nel quale e' immerso. Come prima cosa quindi dovremo definire dei sistemi di coordinate rispetto ai quali si misura la posizione di un corpo.

In astronomia si usano normalmente sistemi di riferimento polari in quanto la coordinata 'distanza' gioca un ruolo fondamentale sulle proprieta' di un corpo misurabili dalla terra. In un riferimento polare centrato sulla terra e orientato arbitrariamente, le coordinate di un oggetto saranno quindi (r, θ, ϕ) dove con θ e ϕ intenderemo le lettere greche theta e phi (non riproducibile in ASCII ristretto). Valgono pertanto (come risulta dalla figura) le formule di trasformazione:

$$(1) \quad \begin{aligned} x &= r \cos(\theta) \sin(\phi) \\ y &= r \sin(\theta) \sin(\phi) \\ z &= r \cos(\phi) \end{aligned}$$

$$(2) \quad \begin{aligned} r &= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ \theta &= \arctan(y/x) \\ \phi &= \arccos(z / \sqrt{x^2 + y^2}) \end{aligned}$$



Quando guardiamo il cielo stellato la prima impressione e' di trovarci al centro di una sfera sulla quale le stelle siano in qualche modo 'stampate'. Questo concetto, proprio della cosmologia Tolemaica, e' conservato tutt'oggi, almeno per l'utilita' pratica che ne deriva: le coordinate angolari (apparenti) (θ, ϕ) delle stelle sono riferite alla cosiddetta 'SFERA CELESTE' mentre la coordinata radiale (r) rimane in qualche modo 'indeterminata', sempre fermo restando che quando ci interessi calcolare la posizione spaziale corretta di una stella, bastera' conoscere la sua distanza (in realta' molto difficile da determinare) per introdurla nelle (1) e calcolarne la posizione in coordinate cartesiane (x, y, z) .

Vediamo le cose dal punto di vista del sistema solare: il piano sul quale la terra compie in un anno solare la sua orbita (quasi circolare) attorno al sole viene detto PIANO DELL'ECLITTICA.

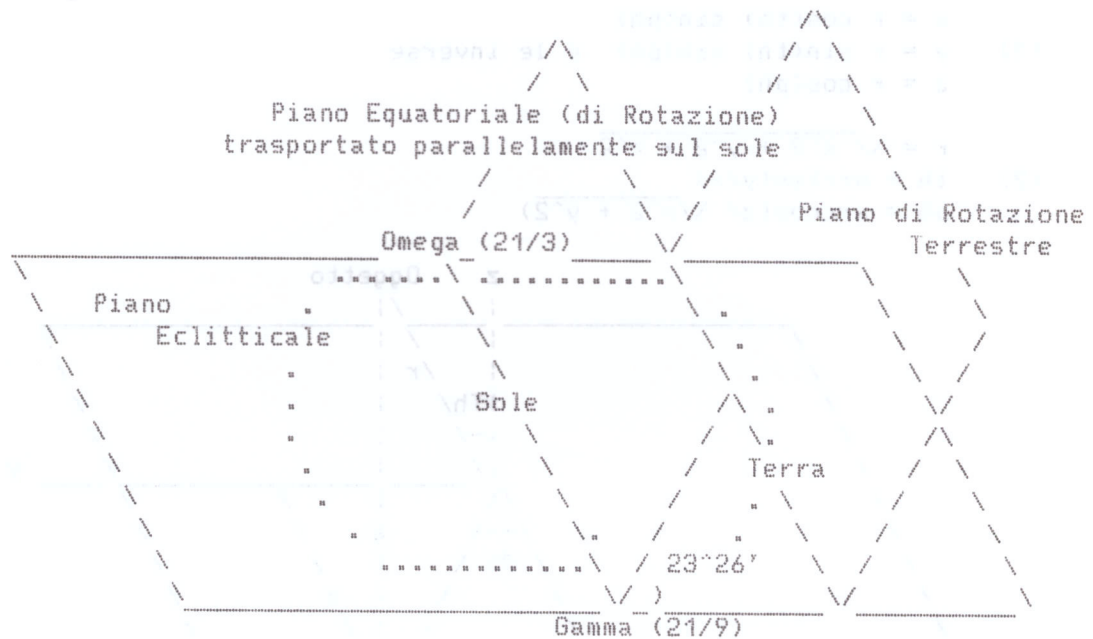
Ma la terra, come si sa, ruota anche attorno al proprio asse Nord-Sud compiendo un giro (360 gradi) in un giorno siderale (23h 56m).

Per effetto della rivoluzione orbitale (moto attorno al sole), il giorno solare appare quindi piu' lungo: se durante una completa rivoluzione attorno

al sole noi vediamo le stelle sorgere e tramontare 366 volte, il sole invece sorge e tramonta 365 volte in quanto si 'perde' il giro che noi abbiamo fatto attorno a lui.

Il GIORNO SOLARE (intervallo di tempo tra due successivi passaggi del sole sulla verticale del luogo nel quale siamo) e' percio' $1/365$ di giorno (=4 min) piu' lungo del GIORNO SIDERALE (intervallo di tempo tra due passaggi di una stella data sulla verticale del luogo) e percio' dura 24 ore.

Fissiamo ora un punto molto importante per l'astronomia: il PUNTO GAMMA. Il piano di rotazione terrestre e' inclinato di $23^{\circ}26'$ sul piano di rivoluzione (eclittica). Per questa ragione noi osserviamo sulla terra il fenomeno delle stagioni: quando la terra 'mostra' al sole il suo emisfero sud, per noi al nord e' inverno... e viceversa per l'estate. L'intersezione tra questi due piani forma una retta le cui proiezioni sulla sfera celeste si chiamano rispettivamente 'punto gamma' e 'punto omega'.



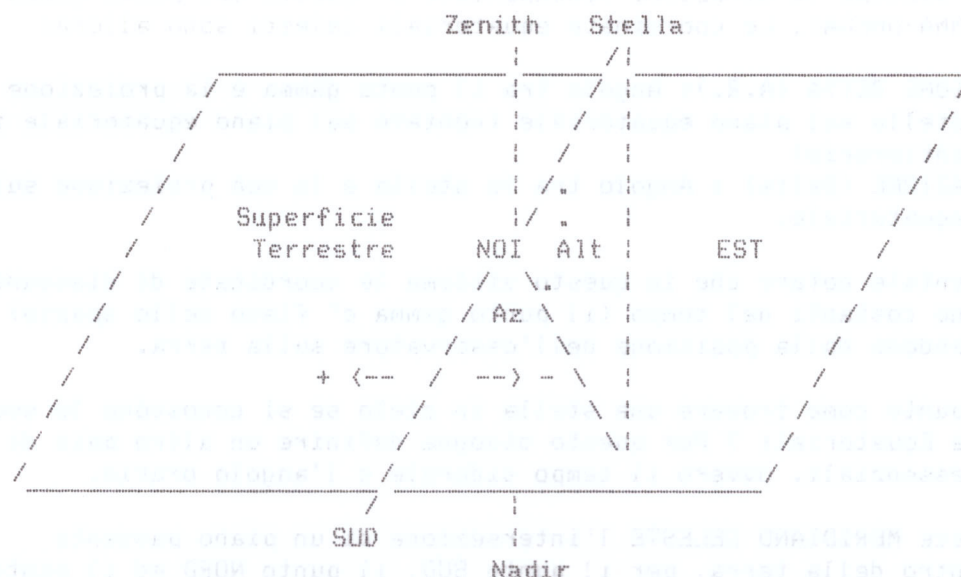
Il 21 marzo e il 21 settembre di ogni anno ci troviamo a passare per questa retta. Il sole alle 12 e' perfettamente perpendicolare all'equatore e noi osserviamo una durata del giorno pari a quella della notte (12h): sono gli EQUINOZI rispettivamente di primavera e di autunno. Il 21/9 passiamo dunque per il punto GAMMA (e osserviamo il sole proiettato nel punto OMEGA), il 21/3 per il punto OMEGA. A questo punto possiamo passare alla definizione dei sistemi di coordinate.

1) COORDINATE ALTAZIMUTALI

Queste coordinate dipendono dalla nostra posizione sulla terra: come direzioni fondamentali definiamo la direzione della VERTICALE del luogo, che interseca la sfera celeste nei due punti detti ZENITH (sopra la nostra testa) e NADIR (sotto di noi). Come piano fondamentale assumiamo il piano tangente alla sfera terrestre nel punto in cui ci troviamo. L'intersezione di questo piano con la sfera celeste viene detto ORIZZONTE CELESTE. Definita la direzione del punto SUD (geografico) sull'orizzonte celeste, le coordinate altazimutali di una stella sono:

- AZIMUTH: angolo tra la proiezione verticale della stella sul piano dell'orizzonte celeste e il punto sud (contato in senso orario)

- ALTEZZA: angolo tra la proiezione verticale della stella sul piano dell'orizzonte celeste e la stella stessa (positivo verso lo zenith)



Ovviamente la stella avra' Altezza positiva se e' sopra l'orizzonte (ovvero se la possiamo vedere), negativa se e' gia' tramontata.

Lo svantaggio evidente di questo sistema di coordinate e' che ogni stella ha coordinate variabili nel tempo e anche da luogo a luogo. Se ad esempio un astronomo negli USA dicesse 'Ho visto una stella interessante a tali coordinate a tal ora del giorno' un astronomo italiano dovrebbe fare calcoli su calcoli per rintracciarla.

2) COORDINATE EQUATORIALI CELESTI

Questo sistema di coordinate fa riferimento invece al piano dell'equatore terrestre che proiettato sulla sfera celeste forma l'EQUATORE CELESTE. Sulla sfera celeste lo si vedrebbe come una curva che parte dal punto EST e termina nel punto OVEST (dell'orizzonte) e che raggiunge la sua altezza massima in corrispondenza del SUD ad una altezza pari a $90 - \text{Lat}$ dove Lat e' la latitudine del luogo da cui osserviamo. Ma la rappresentazione schematica e' piu' semplice guardandolo dal punto di vista di un osservatore esterno alla terra (vedi figura).



In questo sistema la direzione fondamentale e' quella del punto gamma (linea GAMMA-OMEGA). Le coordinate equatoriali celesti sono allora:

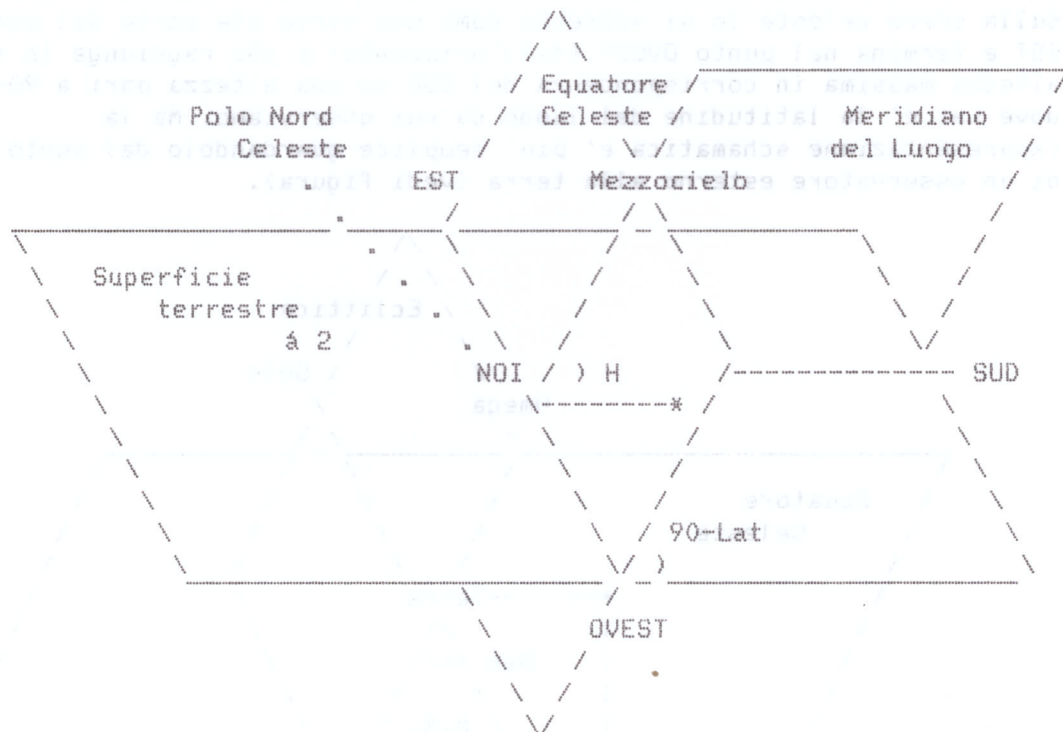
- ASCENSIONE RETTA (A.R.): Angolo tra il punto gamma e la proiezione della stella sul piano equatoriale (contato sul piano equatoriale in senso antiorario)
- DECLINAZIONE (Delta) : Angolo tra la stella e la sua proiezione sul piano equatoriale.

E' fondamentale notare che in questo sistema le coordinate di ciascuna stella sono costanti nel tempo (il punto gamma e' fisso nello spazio) e non dipendono dalla posizione dell'osservatore sulla terra.

A questo punto come trovare una stella in cielo se si conoscono le sue coordinate Equatoriali ? Per questo bisogna definire un altro paio di concetti essenziali, ovvero il tempo siderale e l'angolo orario.

Si definisce MERIDIANO CELESTE l'intersezione di un piano passante per il centro della terra, per il punto SUD, il punto NORD ed il punto della superficie terrestre sul quale siamo seduti. In pratica e' la proiezione in cielo di un qualsiasi meridiano terrestre. Tra questi e' particolarmente importante il MERIDIANO DEL LUOGO ovvero il meridiano che passa anche per lo ZENITH ed il NADIR del luogo dove siamo. In pratica e' il meridiano per il quale il sole passa a mezzogiorno. L'intersezione di questo meridiano con l'equatore celeste e' il MEZZOCIELO ovvero il punto piu' alto della linea 'equatore celeste' che noi vediamo in cielo (come si diceva prima).

L'ANGOLO ORARIO (H) di una stella e' l'angolo (contato sull'equatore celeste in senso orario) tra il mezzocielo e la proiezione della stella sullo stesso equatore celeste (vedi figura). Si misura in ore,min,sec.



Così' si definisce TEMPO SIDERALE l'angolo orario del punto GAMMA. E' facile comprendere che quando la terra passa per il punto gamma (il 21/9) (linea GAMMA-OMEGA) nella sua orbita attorno al sole,

noi vedremo proiettati il sole ed il punto omega nella stessa direzione in cielo, pertanto IL TEMPO SOLARE SARA' UGUALE AL TEMPO SIDERALE: infatti alle 12 il sole sara' sul mezzocielo mentre il punto gamma sara' dalla parte opposta (angolo orario = 12 ore).
 Man mano che passano i giorni dal 21 settembre il tempo solare (che scorre piu' lentamente) accumulera' un ritardo di 4 minuti al giorno (3.9425 per l'esattezza) sul tempo siderale fino al 21/9 dell'anno successivo quando questo ritardo sara' di 24 ore e i 2 tempi saranno di nuovo 'agganciati'.
 Per un calcolo approssimato (approssimazione di orbita terrestre circolare) si puo' dire che

$$(3) \quad S.T. = G.M.T. + 3.9425 * gg$$

dove S.T. = Sideral Time
 G.M.T. = Greenwich Mean Time (tempo solare)
 gg = giorni trascorsi dal 21/9

Torniamo al problema della determinazione della posizione di una stella note che siano le sue coordinate equatoriali.
 E' chiaro che esiste una relazione tra tempo siderale, angolo orario di una stella e ascensione retta della stessa: contando che l'angolo orario e quindi il tempo siderale si contano in senso orario mentre l'ascensione retta si conta in senso antiorario, vale la famosissima equazione:

$$(4) \quad A.R. + H = S.T.$$

che permette di trovare l'angolo orario di una stella note A.R. e S.T. (dalla (3)) oppure di ricavare la posizione di una stella (A.R.) una volta misurato l'angolo orario. Per esempio quando una stella passa sul meridiano del luogo (H=0) allora la sua ascensione retta e' uguale al tempo siderale. Si puo' allora o ricavare la posizione di una stella, oppure, nota la posizione della stessa, sincronizzare il proprio orologio siderale.

Ma non e' ancora risolto il problema fondamentale, quello di sapere dove cercare una stella una volta lette le sue coordinate su di una mappa celeste. Per far questo occorre operare su A.R. e Delta una rotazione di coordinate per ricavare Azimuth e Altezza, coordinate relative al posto su cui ci troviamo e molto semplici da interpretare.
