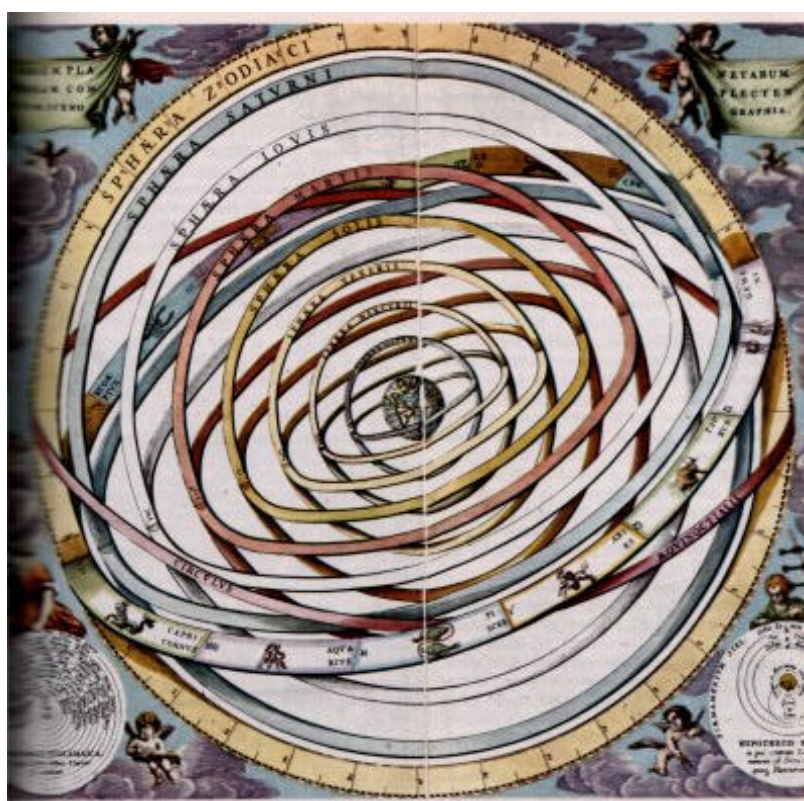




I QUADERNI DELL'ALMANACCO

LA SFERA CELESTE

di Franco Martinelli



INTRODUZIONE

Quando osserviamo il cielo abbiamo la netta impressione, sia di giorno che di notte, che esso sia costituito da una cupola semisferica che ci sovrasta. Se lo osserviamo di notte l'impressione è ancora più forte e tutti gli astri che splendono sembrano come appiccicati su questa immateriale volta e quindi posti tutti alla stessa distanza dalla Terra. In realtà il cielo inteso in questo senso non esiste. Gli astri sono posti a distanze diversissime da noi (ed è in parte per questo che alcuni sono più luminosi di altri) e vagano nello spazio infinito seguendo ognuno la propria rotta. Sono talmente lontani però che le loro posizioni reciproche restano apparentemente immutate per secoli.

Gli antichi osservatori ed astronomi ritenevano che il cielo fosse materialmente costituito non da una sola superficie sferica, bensì da molte, sovrapposte una all'altra come gli strati di una cipolla e fisicamente e realmente esistenti. La presenza di più sfere concentriche era legata

alla necessità di spiegare i diversi moti di alcuni astri visibili (sole, luna e pianeti) con una particolare rotazione della sfera sul quale l'astro si riteneva incollato.

Una unica sfera non era in grado di spiegare le differenze di tali moti. Le stelle, considerate fisse e ancora oggi, sebbene si sappia che così non è, appellate in tale maniera, si riteneva che fossero trascinate da una sfera trasparente, di natura cristallina e posta al di là di tutte le altre a chiudere l'universo.

Tali impressioni, così forti e radicate, sebbene basate su considerazioni errate sia di natura fisica che matematica, non sono state completamente abbandonate ed ancora oggi per descrivere dal punto di vista matematico i moti degli astri usiamo un modello di cielo che a tali idee, rivedute e corrette, fa riferimento e al quale l'astronomia ha dato il nome di Sfera Celeste.

Per Sfera Celeste si intende una sfera immaginaria di raggio infinitamente grande tanto da comprendere tutti gli oggetti dell'Universo, sulla cui superficie vengono rappresentati attraverso la loro proiezione vista dall'occhio dell'osservatore. Adottando quale modello una sfera e ritenendo che tutti gli astri, lontani o vicini, siano fissati sulla sua superficie interna ci svincoliamo dalla necessità di dover calcolare, per ognuno di esso, la distanza dalla Terra e le rispettive distanze reciproche. Alle distanze sostituiamo gli angoli sotto i quali gli astri ci appaiono potendo quindi applicare le formule ed i teoremi propri della geometria e della trigonometria della sfera.

E' certo un limite all'interpretazione della realtà ma il beneficio, dal punto di vista del calcolo che se ne ricava è enorme.

Questa Sfera Celeste può avere il suo centro coincidente con quello della Terra ed allora prenderà nome di S.C. geocentrica; se viene riferita ad una specifica posizione geografica (quella occupata dall'osservatore) prende nome di S.C. locale ed è quella cui più frequentemente si fa riferimento per comprendere e dare ragione dei fenomeni celesti che comunemente si osservano.

IL MOTO DIURNO

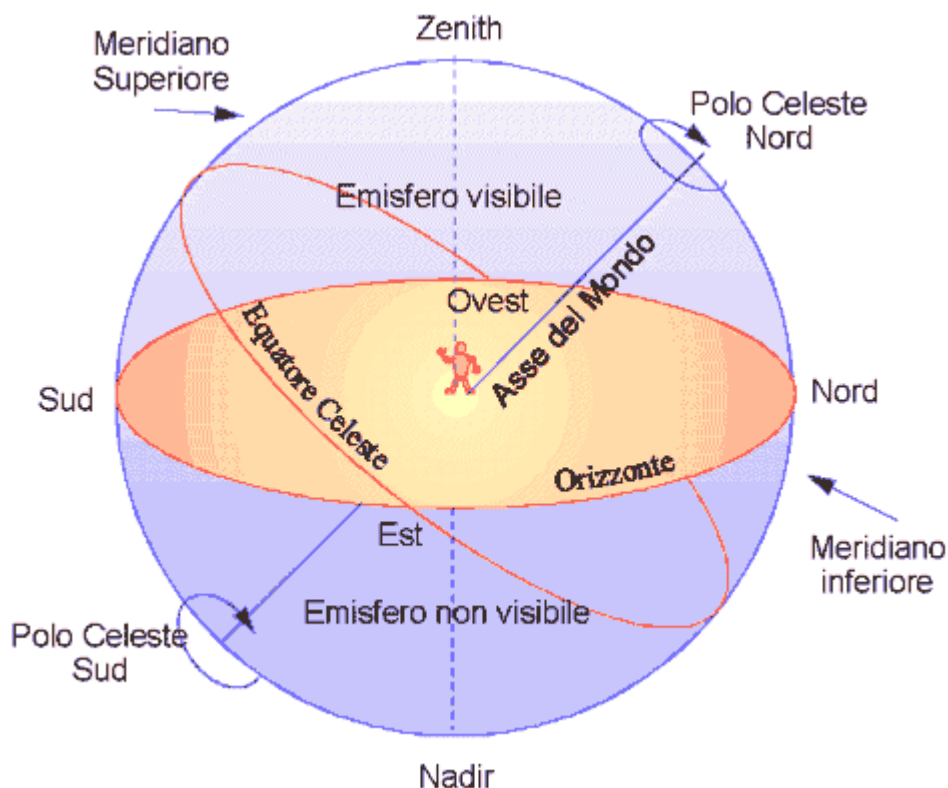
Poichè la Terra ruota attorno a se stessa da Ovest verso Est (in senso antiorario se un osservatore in elevazione sulla verticale del Polo Nord la osservasse) e poichè noi, solidali con essa, non percepiamo tale movimento, abbiamo l'impressione che sia la sfera celeste a ruotare in senso contrario, e cioè da Est ad Ovest, trascinando con sè tutti gli astri (stelle fisse, Sole, pianeti, ecc.).

Tale moto è detto moto diurno apparente della S.C. Anche questa è una impressione errata che ha condizionato la visione del mondo e del cielo per millenni; è però tanto comoda che ancora oggi viene utilizzata per fare riferimento, in maniera semplice ed intuitiva, a ciò che avviene nel cielo. In conseguenza a ciò le traiettorie percorse dagli astri non sono altro che archi di circonferenza, di diametro diverso, ma la cui ampiezza può essere misurata con l'angolo sotto il quale essi sono visti o dall'osservatore o dal centro della Terra. Come si vede il modello matematico che oggi utilizziamo per descrivere i fenomeni celesti, è un modello che appartiene al passato remoto ma che è ottimamente in grado di risolvere (se non tutti, alcuni) problemi astronomici legati alla posizione degli astri; non a caso tale settore dell'Astronomia, proprio perchè fa riferimento a tale modello, prende il nome di Astronomia Sferica.

(Apriamo un inciso; la consapevolezza che fosse la Terra a ruotare attorno a sè e non il cielo attorno ad essa, la si era saltuariamente già avuta nel passato. Lo studio dei moti, soprattutto dei pianeti, portava verso questa direzione. La prima inoppugnabile prova scientifica di ciò la fornì lo scienziato francese Foucault con la celebre prova del pendolo.

Come tutte le superfici sulle quali si devono effettuare le misure, sulla S.C. sono tracciate delle linee (archi) e punti notevoli che servono da riferimento a sistemi di coordinate. Questi archi di riferimento, per la maggior parte, derivano dalla trasposizione nel cielo di quelli

comunemente adottati sulla superficie terrestre, e cioè Equatore, meridiani, paralleli ecc. Vediamo nel dettaglio questi elementi, facendo riferimento alla figura che riporta una S.C. locale per un osservatore posto alla latitudine di 45° .



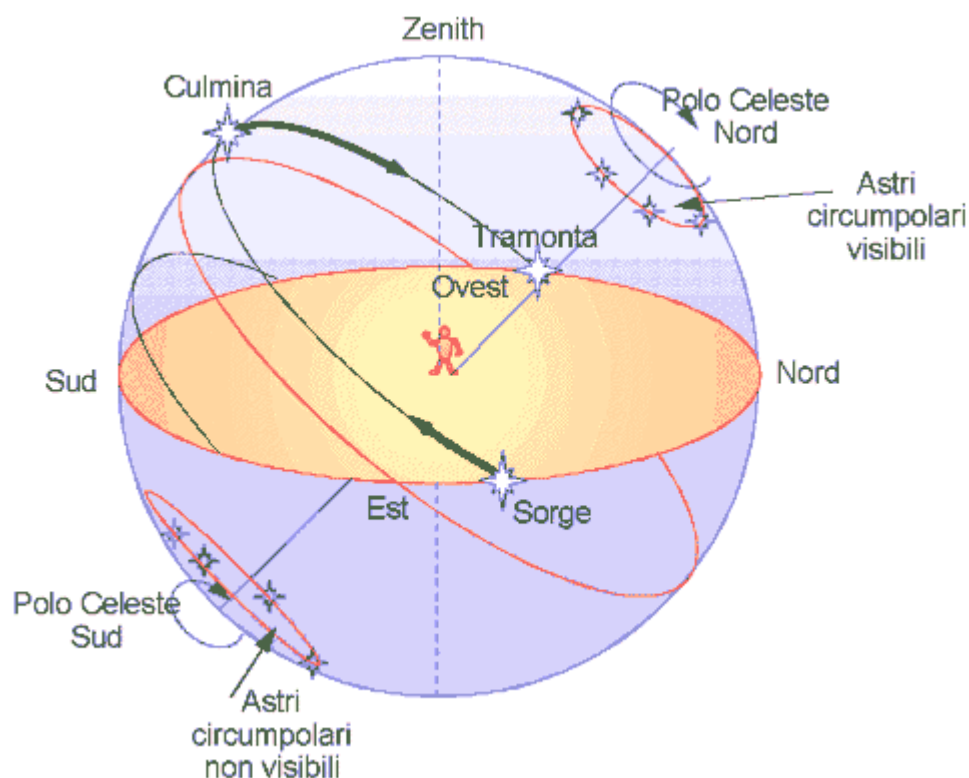
La sfera celeste per un osservatore alla latitudine di circa 45° Nord

La S.C. è divisa in due metà da un piano orizzontale passante per il centro. Tale è il piano dell'orizzonte che taglia un cerchio massimo sulla sfera che prende il nome di orizzonte astronomico. La semisfera che è al di sopra dell'orizzonte costituisce l'emisfero visibile, mentre quella inferiore è invisibile. Gli astri che vediamo, in qualunque momento del giorno e della notte appartengono all'emisfero visibile, gli altri sono preclusi alla nostra vista.

Poichè la S.C. ruota in senso orario trascinando con sè gli astri, quando questi passano dall'emisfero invisibile a quello visibile si ha il fenomeno del sorgere, mentre quando passano dall'emisfero visibile a quello invisibile si ha il tramonto (dell'astro). La rotazione della S.C. avviene attorno al prolungamento dell'asse terrestre che in questo caso assume il nome di Asse celeste o Asse del mondo e che incontra la superficie della S.C. in due punti (che sono la proiezione dei poli geografici): il Polo Celeste Nord ed il Polo Celeste Sud. La proiezione dell'Equatore terrestre sulla sfera genera l'Equatore Celeste che è una circonferenza che divide in due parti identiche la S.C. e che prendono il nome (come per la Terra) emisfero Nord ed emisfero Sud. L'Equatore Celeste risulta inclinato rispetto all'orizzonte di un angolo corrispondente alla colatitudine (complemento della Latitudine) e numericamente pari a $90^\circ - \text{Latitudine}$ (quindi per una Latitudine di 40° la colatitudine è 50°). L'Asse del Mondo risulta invece inclinato sull'orizzonte di un angolo esattamente identico alla Latitudine (fatto molto importante che riprenderemo in esame più avanti).

La verticale prolungata all'infinito sopra e sotto l'orizzonte all'infinito perfora la S.C. in due punti: quello appartenente all'emisfero visibile prende il nome di Zenith, quello opposto Nadir. Lo Zenith è il punto più alto del cielo (anche sul concetto astronomico di altezza ci torneremo sopra più dettagliatamente). La proiezione del meridiano geografico genera il Meridiano Celeste che è l'arco di circonferenza che unisce il Polo C. Nord con il Polo C.

Sud, passando per lo zenith. Questa semicirconferenza in particolare prende il nome di meridiano superiore, mentre l'altra metà che passa per il nadir meridiani inferiore.



Il moto diurno apparente della sfera celeste

Quando un astro entra nel nostro emisfero visibile con il fenomeno del sorgere, descrive una traiettoria circolare che è più o meno ampia a seconda della sua distanza dall'Equatore e che prende nome di arco diurno. Quando arriva al Meridiano superiore, l'astro ha percorso metà del suo cammino nell'emisfero visibile, si dice pertanto che è al suo mezzogiorno; tale istante prende nome di culminazione o transito in meridiano ed è il momento in cui l'astro assume la massima altezza possibile per il luogo preso in esame. Dal meridiano l'astro torna a scendere avvicinandosi all'orizzonte per poi tramontare ed immergersi di nuovo nell'emisfero invisibile. Salvo casi eccezionali (ed il Sole è uno di questi) l'intervallo di tempo che intercorre tra il sorgere e la culminazione è identico a quello tra la culminazione ed il tramonto. Per il nostro amato Sole (ma anche per la Luna) i due intervalli di tempo sono lievemente diversi, ma di così poco che non ce ne accorgiamo. Per la Luna, invero, la differenza è assai più marcata.

Tutti gli astri, qualunque sia la loro posizione e distanza dall'Equatore, essendo solidali con la S.C. impiegano lo stesso tempo per passare consecutivamente due volte al meridiano. Scegliendo un astro a piacere è così possibile determinare il tempo che impiega la S.C., e di conseguenza la Terra stessa, a compiere una rotazione completa. A tale intervallo di tempo si dà il nome di giorno siderale. L'uomo, per ovvie ragioni di praticità ha scelto come astro campione per misurare il tempo il Sole. La durata del giorno solare purtroppo non è identica a quella del giorno siderale, risultando quest'ultimo più corto di circa 4 minuti.

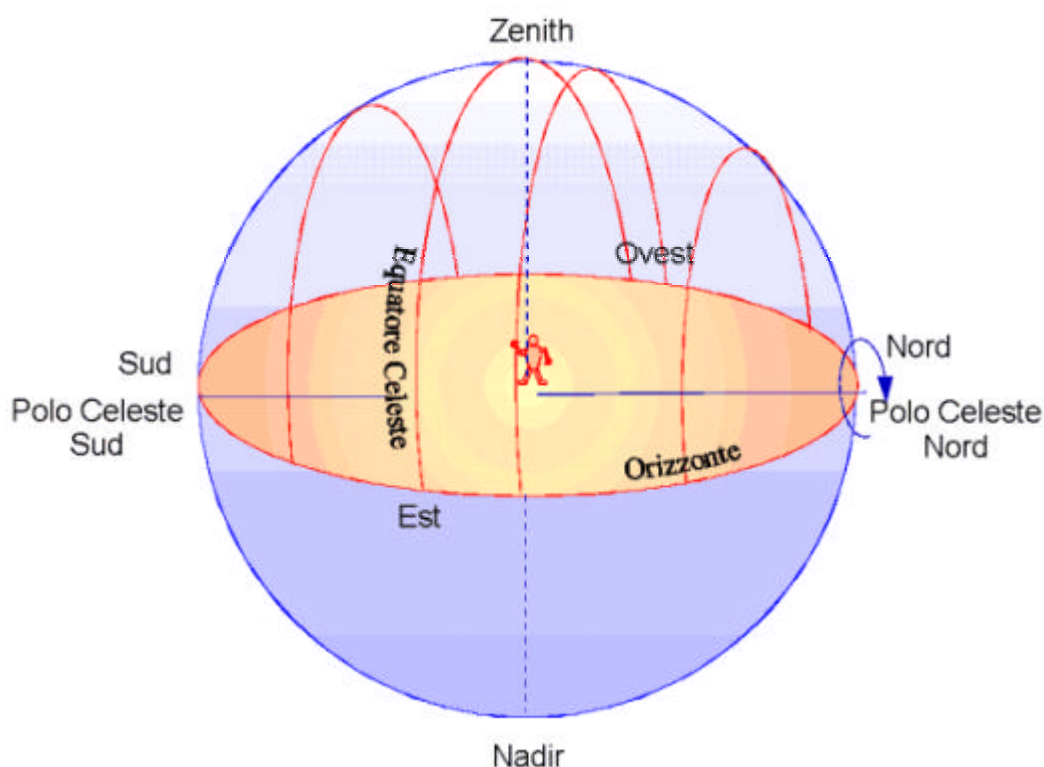
Non tutti gli astri sorgono e tramontano. Ve ne sono alcuni che non tramontano mai e sono sempre visibili, altri che non sorgono mai e quindi, per una data Latitudine, perennemente invisibili. Poiché tali astri sono quelli posti più in prossimità dei Poli Celesti prendono il nome di circumpolari. Alla nostra latitudine sono circumpolari visibili quelli nelle vicinanze del Polo Celeste Nord (es. le costellazioni Orsa Minore, Cassiopea, Orsa Maggiore); sono circumpolari invisibili quelli nei pressi del Polo Celeste Sud (es. Croce del Sud, Pavone,

Centauro).

L'unico modo per modificare la visibilità (o l'invisibilità) di alcuni astri è quello di cambiare Sfera Celeste, cioè spostarsi in Latitudine; insomma se vogliamo vedere la Croce del Sud dobbiamo andare a Sud dell'Equatore.

Alla nostra latitudine, parte dunque degli astri risulta essere sorgenti-tramontanti, parte circumpolari visibili ed altri circumpolari invisibili. Esistono però dei luoghi sulla Terra dove gli astri sono tutti o sempre sorgenti- tramontanti o sempre circumpolari. All'Equatore (Latitudine $=0^\circ$) infatti la S.C. si presenta come nella fidura sottostante. L'asse del mondo giace esattamente sull'orizzonte e l'Equatore Celeste risulta perpendicolare all'orizzonte, come pure perpendicolari sono tutte le traiettorie diurne degli astri, qualunque sia la loro distanza dall'Equatore.

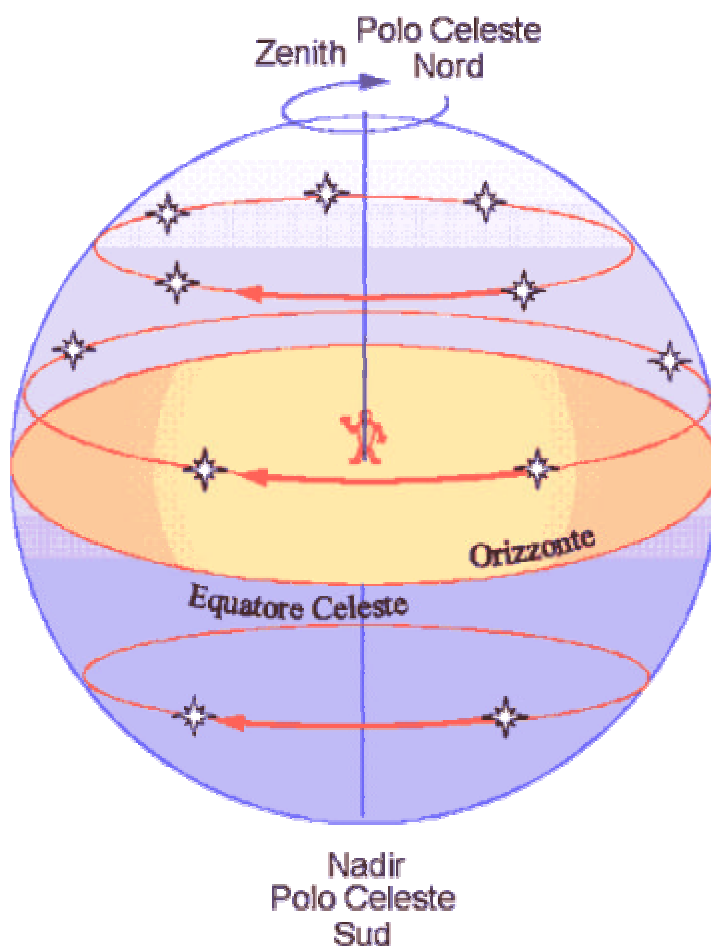
Come si vede tutti gli astri sorgono e tramontano e nessun astro è circumpolare, né visibile né invisibile.



La sfera celeste per un osservatore all'Equatore

Tali traiettorie risultano divise a metà dall'orizzonte cosicché l'arco diurno è esattamente uguale all'arco notturno. Tutti gli astri stanno 12 ore sopra l'orizzonte e 12 sotto. Se in particolare si prende in esame il moto apparente del Sole il giorno è sempre uguale alla notte, qualunque sia il periodo dell'anno, così come da noi accade invece soltanto durante gli Equinozi.

Se ci spostiamo ad uno dei due poli geografici il Polo Celeste Elevato (quello cioè contenuto nell'emisfero visibile) coincide con lo Zenith e l'Equatore Celeste coincide con l'orizzonte (Fig. 2).



La sfera celeste per un osservatore al Polo Nord

Il moto di tutti gli astri è sempre parallelo all'orizzonte e di conseguenza tutti gli astri sono circumpolari. Non esiste il fenomeno del sorgere né quello del tramonto (eccezion fatta per quegli astri che hanno un comportamento particolare: Sole Luna e pianeti e che vedremo più avanti). L'arco diurno di un astro ha l'ampiezza di una intera circonferenza ed ha la durata di 24 ore; altrettanto dicasi per l'arco notturno che giace interamente al di sotto dell'orizzonte. All'Equatore, poiché tutti gli astri sono sorgenti-tramontanti, nel corso dell'anno per il fenomeno detto dell'accelerazione delle stelle fisse (anche questo lo vedremo più oltre) le stelle sono tutte osservabili; ai poli invece se ne può osservare solo la metà, quella che rimane perennemente sopra l'orizzonte. L'altra metà è inaccessibile, qualunque sia il periodo dell'anno.

Tra questi due estremi, abbiamo già detto, esistono le latitudini intermedie per le quali solo una parte delle stelle risulta sempre non visibile. La seguente formula:

$$\text{sen}^2(\text{Lat}/2)$$

ci dice quanta parte di stelle (meglio sarebbe dire quanta parte di cielo non accessibile) siano perennemente invisibili ad una data Latitudine.

E' facile verificare i due casi estremi, con l'aiuto di una calcolatrice scientifica: Latitudine=0° (Equatore) la formula dà zero, cioè non esistono stelle invisibili; Latitudine 90° (Polo) il risultato è 0.5, cioè metà delle stelle sono non visibili.

Alla nostra Latitudine, 45°, è invisibile circa il 15% di stelle (0.146).