

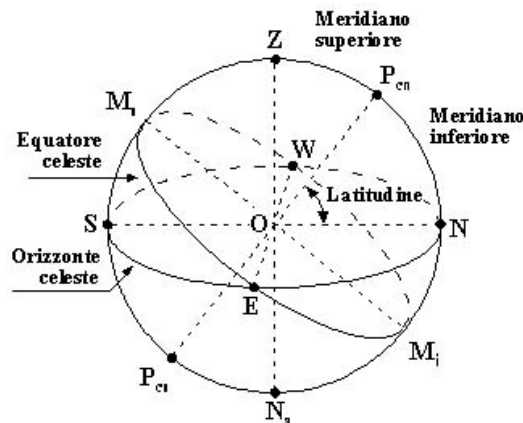
ELEMENTI DI ASTRONOMIA NAUTICA

Sfera Celeste

Fino a qualche secolo fa il cielo era pensato come una sfera concentrica alla Terra e ruotante intorno ad essa con il periodo di un giorno. Incastonate come gemme sulla sfera celeste e trascinate con essa nel moto giornaliero erano le stelle, dette fisse per via delle loro posizioni reciproche immutabili nel tempo. A differenza di queste, i pianeti si muovevano seguendo traiettorie bizzarre, cambiando più o meno rapidamente la loro luminosità e la loro posizione rispetto alle stelle fisse.

Oggi sappiamo che l'universo è ben diverso dal cielo di Aristotele. Le stelle sono tutt'altro che immobili, e sembrano equidistanti solo a causa dell'enorme distanza che le separa da noi e che rende impossibile la percezione della prospettiva. Tuttavia, l'astronomia moderna fa ancora uso dei concetti di sfera celeste e stelle fisse poiché, come vedremo, risultano estremamente utili nella pratica.

Così, pur sapendo che il modello che stiamo utilizzando per la descrizione della realtà fisica non è ad essa rispondente, supporremo ugualmente che gli astri siano collocati su una superficie sferica di raggio infinitamente grande e concentrica alla Terra. Da ogni luogo della Terra che abbia l'orizzonte libero è possibile vedere metà della sfera celeste (o poco meno).



Zenit e Nadir: Si ottengono prolungando la direzione della verticale (la direzione della forza di gravità) fino ad intersecare la sfera celeste. Lo zenit è il punto al di sopra della testa dell'osservatore; il nadir, al contrario, è situato esattamente all'antipode dello zenit.

Orizzonte celeste: è il cerchio individuato sulla sfera celeste, dal prolungamento del piano dell'orizzonte dell'osservatore; tale piano è perpendicolare alla "verticale". Per quanto detto prima è indifferente condurre tale piano da un punto della superficie terrestre o dal suo centro essendo essi praticamente coincidenti. L'orizzonte divide la sfera in due emisferi, il primo è l'emisfero visibile, che contiene lo zenit e tutte le stelle osservabili in un certo istante. L'altro è l'emisfero invisibile, che contiene il nadir e le stelle non osservabili.

Poli celesti Nord e Sud: Si ottengono dal prolungamento dell'asse polare terrestre e sono, rispettivamente, visibili dall'emisfero nord e sud. È facile rendersi conto come l'angolo fra l'asse polare ed il piano dell'orizzonte, che rappresenta l'elevazione del polo, sia uguale alla latitudine del luogo d'osservazione. Il polo celeste nord si individua con facilità grazie alla stella polare.

Equatore celeste: È un cerchio che si ottiene prolungando il piano che contiene l'equatore terrestre. Tale piano è perpendicolare all'asse polare.

Verticali: sono gli infiniti cerchi che passano sia per lo zenit che per il nadir.

Meridiani celesti e Cerchi orari: sono gli infiniti cerchi che passano contemporaneamente per i due poli celesti.

Meridiano dell'osservatore: è il meridiano che passa per lo zenit e si ottiene prolungando il piano del meridiano che sulla Terra passa per l'osservatore. Per un osservatore con latitudine Nord, si definisce meridiano superiore il semicerchio passante per il Polo celeste Nord, lo Zenit ed il Polo celeste Sud, al contrario si definisce meridiano inferiore il semicerchio passante per il Nadir. Il piano del meridiano interseca l'orizzonte nei due punti cardinali Nord e Sud. A 90°, rispettivamente a destra e a sinistra guardando verso Nord, si hanno i punti cardinali Est ed Ovest.

Paralleli di declinazione: sono i circoli minori, paralleli all'equatore celeste, caratterizzati dalla stessa declinazione.

Almicantarati o paralleli di altezza: sono i circoli minori, paralleli all'orizzonte celeste, aventi la stessa altezza.

Punto subastrale: rappresenta la proiezione sulla superficie terrestre di un astro. Si ottiene congiungendo in un determinato istante l'astro con il centro della terra.

Effemeridi Nautiche: sono delle tavole che forniscono per ogni istante dell'anno (giorno, ora, minuto e secondo) le coordinate celesti degli astri (sole, luna, giove, saturno, venere, stelle) ed altri elementi indispensabili per la navigazione astronomica (crepuscolo, sorgere e tramonto del sole e della luna, correzioni ed interpolazioni...).

Coordinate degli astri

Mentre i punti situati sulla superficie terrestre sono individuati a partire da due (o al massimo tre) coordinate,

$$\varphi, \lambda, z$$

per definire la posizione degli astri sulla sfera celeste è necessario ricorrere a diversi sistemi di coordinate che tengono conto dei diversi aspetti coinvolti a seconda che:

ELEMENTI DI ASTRONOMIA NAUTICA

- Si consideri l'astro in funzione della posizione dell'osservatore**

↓

Sistema: Coordinate Locali Orarie (δ, t)
 Coordinate Orizzontali Altoazimutali (h, a)

↓

Riferimento: Orizzonte Astronomico
- Non si consideri l'astro in funzione della posizione dell'osservatore**

↓

Sistema: Coordinate Uranografiche Equatoriali (δ, α)

↓

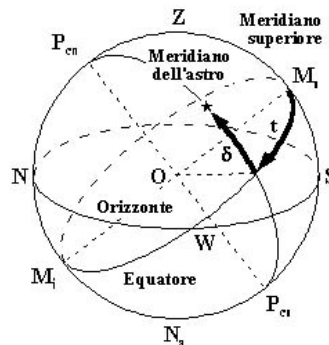
Riferimento: Equatore Celeste

Facendo riferimento alla stella più importante per noi e cioè il Sole, si può facilmente intuire come un osservatore situato alla nostra latitudine (45°N), vedrà l'astro nel cielo più basso di un osservatore che si trovi all'equatore.

Ragionando in termini di declinazione il 21 giugno (solstizio d'estate) il Sole si trova alla sua massima "distanza" (in declinazione) dall'equatore. Similmente il 22 dicembre (solstizio di inverno), il Sole si trova esattamente nel punto opposto. In sostanza ha compiuto un percorso che è del tutto indipendente dalla posizione dell'osservatore. Vale la pena precisare che il Sole compie il suo moto apparente annuo percorrendo l'Eclittica (circolo massimo percorso ad una velocità di circa 108.000km/h , che rappresenta la proiezione sulla sfera celeste del moto di rivoluzione della Terra ed è inclinato di $23^\circ 27'$ rispetto all'equatore celeste).

Per completezza, durante gli equinozi, infine, 21 marzo (di primavera) e 23 settembre (di autunno), il sole si trova esattamente sull'equatore celeste (ed i suoi raggi incidono ortogonalmente sull'equatore), definendo rispettivamente il punto Vernale o punto Ariete (γ) ed il punto Bilancia (Ω).

Coordinate locali orarie



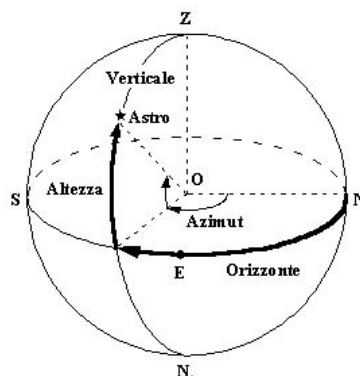
Declinazione (δ): esprime la distanza dell'astro dall'equatore misurata sulla sfera celeste. Può assumere valori compresi tra $0^\circ \div 90^\circ$, con segno N oppure S.

Angolo Orario (t): per effetto del moto di rotazione gli astri sono visti in continuo movimento (apparente da Est verso Ovest). Per stabilire la posizione dell'astro, l'osservatore deve perciò misurare la distanza sull'equatore tra il meridiano passante per l'osservatore ed il meridiano istantaneo dell'astro.

L'angolo orario rappresenta l'angolo formato tra il meridiano superiore e l'orario passante per l'astro, misurato sulla sfera celeste. Varia da $0^\circ \div 360^\circ$ ed è contato dal meridiano superiore oppure da $0^h \div 24^h$ misurato in senso indiretto (orario).

L'analogia di questo sistema di coordinate con quello normalmente adottato nel sistema di coordinate geografiche (φ, λ), è lampante.

Coordinate orizzontali altoazimutali



Altezza (h): esprime la distanza dell'astro dall'orizzonte, misurato sul verticale passante per l'astro. Può assumere valori da $0^\circ \div 90^\circ$. In teoria assume solo valori positivi, visto che se l'astro non è sorto non dovrebbe essere visibile. In pratica, in taluni

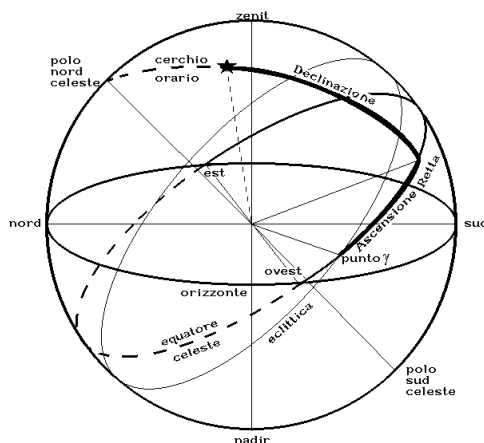
ELEMENTI DI ASTRONOMIA NAUTICA

casi, a causa dei fenomeni di rifrazione, è possibile osservare il sole prima del suo sorgere (Crepuscolo). In questo caso l'altezza misurata è evidentemente negativa.

Azimut (α): dall'arabo "as sumüt", che significa "le direzioni". In pratica rappresenta il rilevamento dell'astro. Si misura da 0° a 360° ed è contato dal punto cardinale Nord.

Amplitudine (Ampl): è l'arco di orizzonte compreso tra il punto cardinale E ed il punto del sorgere (amplitudine Ortiva, segni E, δ) oppure tra il punto cardinale W ed il punto del tramonto (amplitudine Occasa, segni W, δ). Trova utilità nella determinazione della deviazione della bussola.

Coordinate uranografiche equatoriali



L'eclittica interseca l'equatore celeste in due punti, detti punti equinoziali (di cui si è già accennato), indicati con le lettere γ (punto vernale o punto ariete) e Ω (punto bilancia).

Declinazione (δ): è stata già trattata in precedenza

Ascensione Retta (α): esprime l'arco di equatore celeste compreso tra il punto γ ed il punto in cui il cerchio orario dell'astro interseca l'equatore celeste. Si misura da 0° a 360° oppure da 0^h a 24^h misurato in senso diretto (antiorario).

Infatti poiché gli astri mantengono sempre la stessa distanza fra loro, risulta molto più semplice calcolare l'angolo orario di una stella rispetto ad un unico punto, al quale, successivamente, tutte le stelle potranno essere riferite per il calcolo dell'angolo orario dell'osservatore. In sostanza in questo modo si snelliscono i calcoli (effemeridi nautiche).

A rigore va infine osservato che il punto γ non è un punto fisso. A causa del fenomeno della precessione degli equinozi si registra uno spostamento retrogrado (arretramento sull'equatore celeste) di circa $50''$ d'arco all'anno, come conseguenza del fatto che l'asse terrestre non si mantiene parallelo a sé stesso nel tempo, ma compie un moto con periodo pari a circa 25.000 anni.

Tempo e misura del tempo

Dal punto di vista scientifico si può affermare che non è stata ancora introdotta una definizione soddisfacente ed univoca del concetto di tempo.

Nella vita quotidiana siamo abituati a definire il concetto di giorno come l'intervallo di tempo che trascorre tra una mezzanotte e quella successiva.

Dal punto di vista astronomico il giorno rappresenta invece l'intervallo di tempo tra due successivi passaggi di un astro allo stesso meridiano. Esistono inoltre diverse definizioni atte a rappresentare il concetto di "giorno" in relazione al sistema di riferimento considerato.

Giorno Sidereo: è il giorno che si considera quando ci si riferisce ad astri che si trovano al di fuori del sistema solare. Il riferimento è dato dal punto vernale γ .

Un giorno sidereo corrisponde pertanto all'intervallo di tempo compreso tra due successivi passaggi del punto γ allo stesso meridiano. Tale intervallo risulta sempre uguale per effetto della notevole distanza a cui si trovano le stelle. Un giorno siderale corrisponde a $23^h 56^m 04^s$.

Giorno Solare: esprime il concetto di giorno allorché ci si riferisce al Sole. In questo caso si definisce come giorno solare l'intervallo di tempo compreso tra due successivi mezzogiorni (astro alla massima culminazione, visibile e, quindi, osservabile e non due successive mezzanotti...).

Il giorno solare non è sempre uguale. A causa del moto di rivoluzione della Terra e, in particolare, della II^a Legge di Keplero (...i pianeti percorrono aree uguali in tempi uguali...), il moto apparente del sole sull'eclittica non è uniforme.

Il tempo impiegato dal Sole a ritornare nell'Equinozio di primavera definisce l'anno tropico che è pari $365^g 05^h 49^m$ ($365,2422$ giorni) ed è quello considerato nella vita civile. Al contrario, il tempo impiegato dal Sole per descrivere l'intera eclittica risulta più lungo dovendo l'astro percorrere in più un angolo di $50,26$ secondi. Tale intervallo di tempo è l'anno sidereo ed è più lungo di quello tropico di circa $20^m 24^s$.

Sole Medio e Giorno Medio: in base alle definizioni ora date, per regolare gli eventi della vita civile è stato adottato come misura del tempo il sole medio, che esprime la media matematica di una grande numero di giorni solari. E' così possibile definire il giorno medio, che corrisponde a $24^h 03^m 56^s$. Inoltre poiché il giorno di un qualsiasi astro inizia allorché lo stesso

ELEMENTI DI ASTRONOMIA NAUTICA

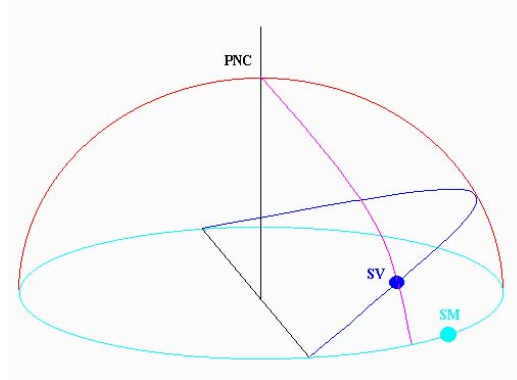
passa per il meridiano superiore e per il Sole ciò avviene a mezzogiorno, ecco che, per ragioni di praticità si fa riferimento al passaggio del sole al meridiano inferiore, che corrisponde alla mezzanotte.

Questo aspetto è rilevabile sulle Effemeridi Nautiche dove le ore di T_m sono contate dal meridiano inferiore, mentre il T è calcolato dal meridiano superiore. Si osservi, in particolare che per $T_m = 12h$ il T del sole è prossimo a 0° .

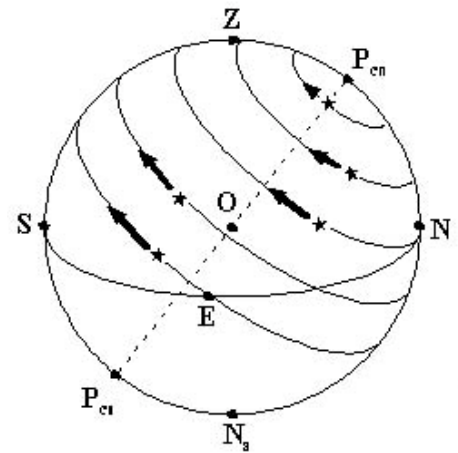
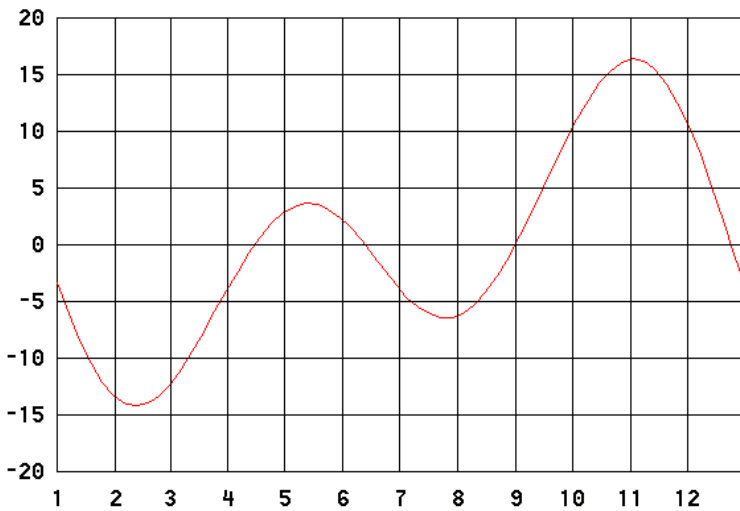
Si tenga presente che l'astronomia è importante per i nostri scopi in quanto ci consente di determinare la posizione della nave; è perciò necessario conoscere i tempi con la precisione del secondo, cosa facilmente ottenibile oggigiorno, non altrettanto nel passato.

Al navigante è pertanto indispensabile determinare il valore dell'angolo orario rispetto al Sole vero, che si ottiene grazie all'equazione del tempo che esprime la differenza algebrica tra tempo vero e tempo medio in un dato istante, secondo la:

$$\epsilon_m = t_v - t_m$$



Si osservi però che le Effemeridi, nelle pagine giornaliere, nelle colonne relative al sole forniscono l'angolo orario del Sole vero (T) in corrispondenza dell'ora media civile (T_m), rendendo inutile il calcolo. Da segnalare che la differenza raggiunge al più la quindicina di minuti (abbondante, visto che il valore massimo corrisponde a $17^m 32^s$ come peraltro si vede in figura).



Moto apparente degli astri sulla sfera celeste.

Effemeridi Nautiche

Sono dei cataloghi, editi dall'Istituto Idrografico della Marina Militare Italiana dal 1916, che riportano, in funzione dell'ora di Greenwich (UT), la posizione degli astri impiegabili a fini nautici; essi sono:

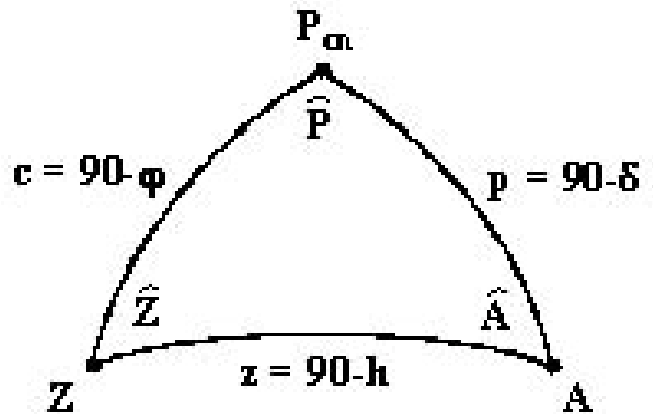
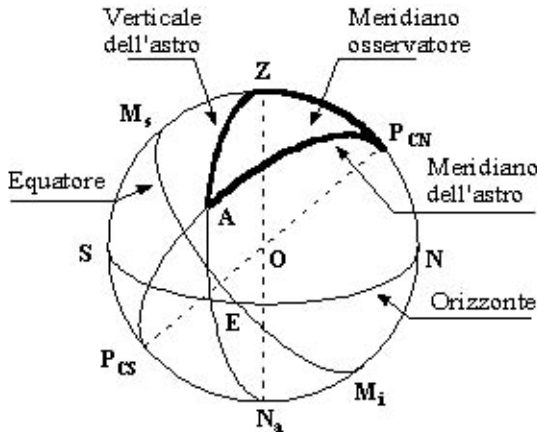
- 4 pianeti (Venere, Marte Giove e Saturno);
- Luna e Sole;
- 66 stelle più luminose.

Le Effemeridi riportano anche l'ora siderea (angolo orario del punto gamma), il sorgere e il tramonto del Sole e della Luna, l'ora di inizio e fine dei crepuscoli nautici mattinale e serale, l'ora del passaggio in meridiano del Sole e della Luna, più altre informazioni specifiche.

Le Effemeridi Nautiche impiegano coordinate che sono:

- apparenti, ossia tenendo conto delle variazioni periodiche (aberrazione, polodia, nutazione);
- geocentriche, e cioè riferite al centro della Terra;
- riferite al centro degli astri;
- espresse in funzione dell'ora (e data) di Greenwich.

Triangolo di posizione



Con riferimento alle tre figure, è possibile andare a definire il triangolo di posizione, che, per certi versi, rappresenta una fotografia della sfera celeste nell'istante dell'osservazione astronomica. Si vede subito che la posizione dell'astro è identificata da più parametri.

- Si individuano: z: distanza zenitale
 p: distanza polare
 c: colatitudine
 e poi: P: angolo al polo
 Z: angolo zenitale
 A: angolo all'astro

Di un certo interesse sono le relazioni esistenti tra i diversi sistemi di riferimento, in particolare la relazione tra l'angolo Orario (t) e l'angolo al Polo (P) e quella tra angolo zenitale (Z) ed azimut dell'astro (a).

Dovrebbe essere noto dalla conoscenza dei fusi la seguente relazione:

$$t = T + \lambda$$

In particolare si ha che λ è considerato positivo se E, negativo se W. In astronomia non si fa riferimento all'angolo orario (t), bensì all'angolo al Polo (P). Ne segue che la relazione sopra esposta appare nella forma:

| | |
|----|--|
| T' | |
| +I | |
| T | |
| +λ | |
| t | |
| ↓ | |
| P | |

Il valore di T' è solitamente quello ottenuto dalla correzione tra Tc (tempo del cronometro) e K (correzione del cronometro).

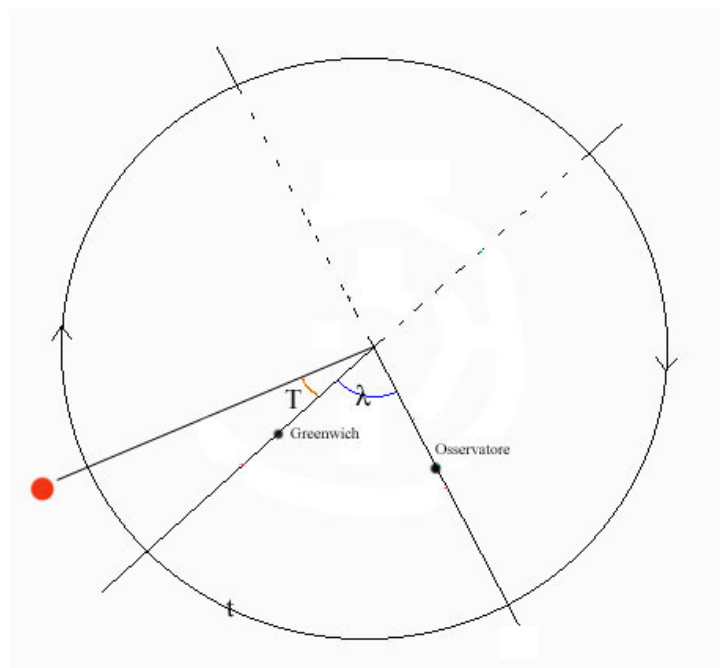
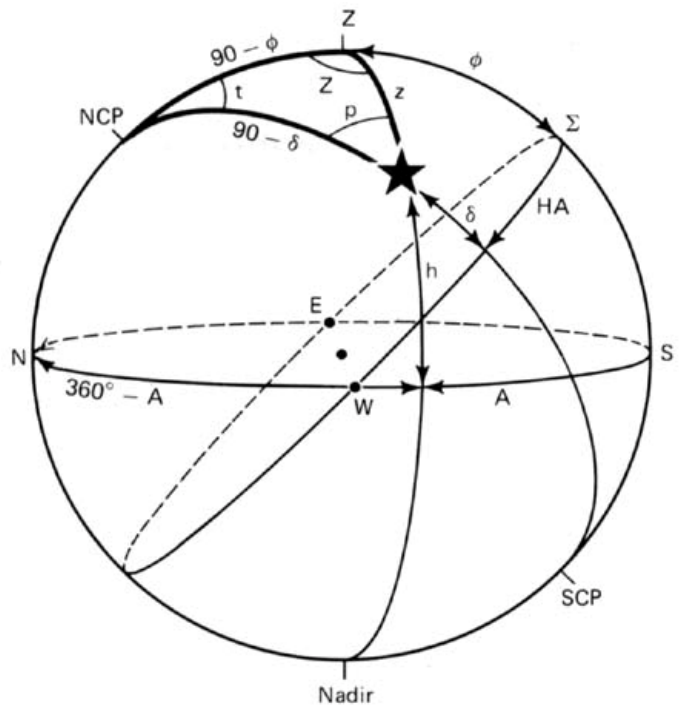
La differenza tra l'angolo orario (t) e l'angolo al polo (P) sta nel fatto che il primo si conta da 0°=360° in senso orario, mentre il secondo (P) si conta verso Est oppure verso Ovest, a seconda dell'emisfero in cui si trova l'astro rispetto al meridiano dell'osservatore. Ne segue che:

$$t > 180^\circ \quad \rightarrow P_E = 360^\circ - t$$

$$t < 180^\circ \quad \rightarrow P_W = t$$

Schemi di calcolo per la retta di altezza

A questo punto è possibile introdurre gli schemi di calcolo per la risoluzione di un triangolo di posizione a seguito di un'osservazione di un astro. Si



ELEMENTI DI ASTRONOMIA NAUTICA

precisa, in particolare, che le formule di seguito riportate si possono ricavare (in realtà matematicamente sono identiche) facendo uso dei teoremi di trigonometria sferica già visti in navigazione ortodromica.

Va da sé che per poter effettuare l'osservazione è necessario disporre di un punto stimato:

$$Z_s (\varphi_s, \lambda_s)$$

Tale punto, grossomodo, va determinato all'istante delle osservazioni, ottenibile attraverso i problemi di lossodromia.

Controllo data ed ora

| | |
|----------------|--|
| T_{fp} | |
| λ_{fp} | |
| T_{mp} | |
| T_{NAV} | |
| T_{ma} | (data ed ora di ingresso nelle Effemeridi) |

Correzione del cronometro

| | |
|-------|---|
| T_c | |
| K | (rappresenta l'errore in secondi del cronometro di bordo rispetto all'ora esatta) |
| T_m | |

Formula dei tempi per gli astri

| | |
|---|--|
| T'_s | (gg hh sulle Effemeridi) |
| I_s (mm ss pagine azzurre delle Effemeridi) | |
| T_s | |
| $\cos \alpha_*$ | (Effemeridi, colonna relativa al $\cos \alpha$ dell'astro considerato) |
| T_* | |
| λ | (è la longitudine del punto Z_s) |
| t_* | |
| ↓ | |
| P | (si ricava con modalità illustrate in precedenza) |
| δ | (Effemeridi, accanto al valore di $\cos \alpha$ per l'astro osservato) |

Vale la pena di ricordare nuovamente che l'angolo al Polo mi serve in quanto lo stop cronometrico effettuato all'istante dell'osservazione non fa altro che fissare la posizione dell'astro sulla sfera celeste e quindi sulla terra, determinando in questo modo il punto subastrale.

L'angolo al Polo è legato alla longitudine dell'astro esattamente come la declinazione alla sua latitudine.

Formula dei tempi e della declinazione per il Sole

| | |
|---|---|
| T'_\odot | (gg hh sulle Effemeridi) |
| I_\odot (mm ss pagine azzurre delle Effemeridi) | |
| T_\odot | |
| λ | (è la longitudine del punto Z_s) |
| t_\odot | |
| ↓ | |
| P_\odot | (si ricava con modalità illustrate in precedenza) |
| δ'_\odot | (Effemeridi) |
| pp | (Pagine azzurre Effemeridi) |
| δ_\odot | |

Formula dei tempi e della declinazione per Luna e Pianeti

| | |
|---|---|
| T'_{\bullet} | (gg hh sulle Effemeridi) |
| I_{\bullet} (mm ss pagine azzurre delle Effemeridi) | |
| pp | (pagine azzurre Effemeridi) |
| T_{\bullet} | |
| λ (è la longitudine del punto Z_s) | |
| t_{\bullet} | |
| ↓ | |
| P_{\bullet} | (si ricava con modalità illustrate in precedenza) |
| δ'_{\bullet} | (Effemeridi) |
| pp | (Pagine azzurre) |
| δ_{\bullet} | |

Determinazione dell'altezza stimata

$$\text{sen} h_s = \text{sen} \varphi_s \text{sen} \delta + \cos \varphi_s \cos \delta \cos P$$

ELEMENTI DI ASTRONOMIA NAUTICA

Le regole sui segni sono le stesse del calcolo ortodromico, perciò, il primo termine a secondo membro è positivo de latitudine e declinazione dell'astro hanno lo stesso segno. Il secondo termine a secondo membro è positivo se l'angolo al Polo è minore di 90° (il coseno è positivo nel primo e quarto quadrante). Va da sé che l'altezza è positiva se l'astro è già sorto.

Questo calcolo mi consente di determinare l'altezza stimata in quanto, nel calcolo, ho inserito le coordinate stimate relative alla posizione della nave. In pratica se conoscessi perfettamente la mia posizione, l'altezza stimata e quella osservata (corretta) dovrebbero coincidere.

Determinazione dell'azimut

$$\cos Z = (\text{sen} \delta - \text{sen} \varphi_s \text{sen} h) / \cos \varphi_s \cos h$$

I segni di Z provengono dalla latitudine e dall'angolo al Polo (semicircolare). Per ciò che concerne i segni si ha che nel secondo membro il primo termine è positivo se la declinazione e la latitudine sono omonime in segno. Il secondo termine ed il denominatore sono invece sempre positivi. Da Z si ricava infine l'azimut.

Esiste un'altra formula per il calcolo dell'angolo zenitale, ottenuto con il teorema delle cotangenti. Questa relazione è migliore della precedente in quanto non fa uso di dati iniziali e, pertanto, limita la propagazione dell'errore:

$$\cot g Z = (\text{tg} \delta \text{ cosec} P - \text{tg} \varphi \cot g P) / \text{sec} \varphi$$

Riguardo alla discussione sui segni, il primo termine a secondo membro è positivo se declinazione e latitudine hanno lo stesso segno; il secondo termine, per effetto del segno meno, è complessivamente positivo se l'angolo al polo è maggiore di 90°.

L'azimut, come abbiamo già visto, rappresenta l'arco di orizzonte misurato da Nord verso Est e rappresenta il rilevamento dell'astro o, più precisamente, il rilevamento del punto subastrale. Si misura da 0° a 360° (circolare). L'azimut è legato all'angolo azimutale, che invece rappresenta l'angolo compreso tra il verticale che contiene il polo elevato ed il verticale passante per l'astro. Ha due segni (N oppure S dalla latitudine ed E oppure W, dall'angolo al Polo). Si misura da 0° a 180° (semicircolare).

Correzioni delle altezze osservate per astri

| | |
|--------------|---|
| h_{i*} | <i>(altezza instrumentale misurata con il sestante)</i> |
| $c + \gamma$ | <i>(correzione d'indice ed instrumentale)</i> |
| h_{o*} | <i>(altezza osservata)</i> |
| c_1 | <i>(pagine azzurre Effemeridi)</i> |
| c_2 | <i>(pagine azzurre Effemeridi)</i> |
| -1° | |
| h_v^* | |

Correzione delle altezze osservate per Sole, Luna e Pianeti

| | |
|----------------|---|
| $h_{i\bullet}$ | <i>(altezza instrumentale misurata con il sestante)</i> |
| $c + \gamma$ | <i>(correzione d'indice ed instrumentale)</i> |
| $h_{o\bullet}$ | <i>(altezza osservata)</i> |
| c_1 | <i>(pagine azzurre Effemeridi)</i> |
| c_2 | <i>(pagine azzurre Effemeridi)</i> |
| c_3 | <i>(per Sole Luna e, per i pianeti, limitatamente a Venere e Marte)</i> |
| -1° | |
| $h_{v\bullet}$ | |

L'unica avvertenza è quella di entrare nella pagina esatta delle Effemeridi.

Determinazione del Δh

| | |
|------------|--|
| h_v | |
| $-h_s$ | |
| Δh | <i>(solitamente, ma non è una regola, è inferiore a 10')</i> |

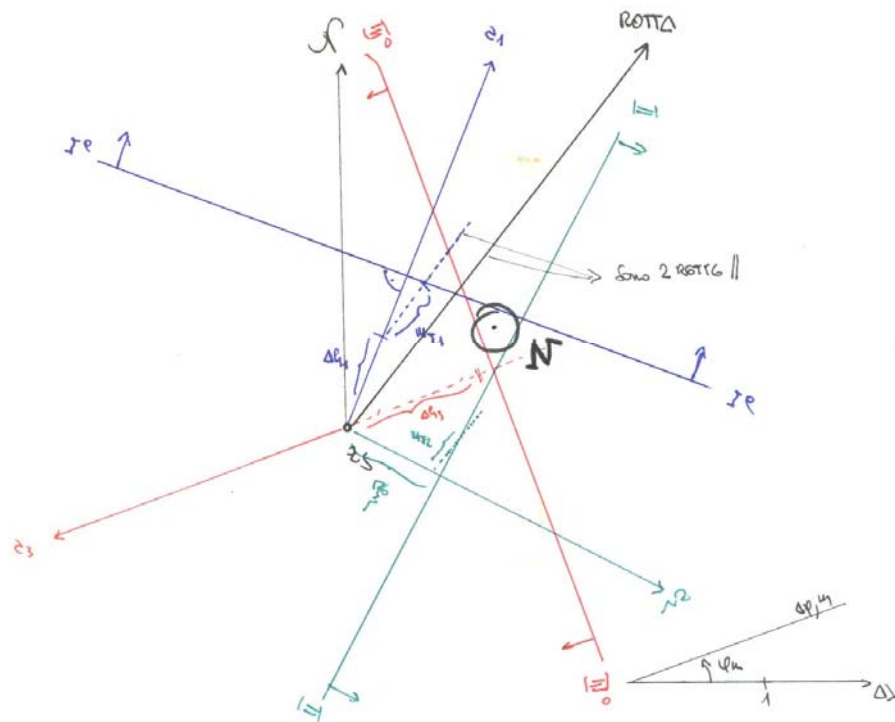
Δh mi dice di quanto mi devo spostare (algebricamente) dal punto stimato nella direzione dell'astro, fissata all'azimut per incontrare la retta di altezza.

Costruzione del grafico

Per la costruzione del grafico, su carta di Mercatore approssimata, su foglio quadrettato, per ogni astro vanno riportati, a partire dal punto stimato:

- 1) l'azimut
- 2) il Δh (nella direzione di osservazione se positivo, altrimenti nella direzione opposta)
- 3) l'eventuale trasporto (le rette vanno trasportate all'istante dell'ultima osservazione, tenendo conto della rotta e della velocità della nave, procedendo come per il trasporto dei rilevamenti non simultanei).

Il risultato appare come in figura.



Riferimenti Bibliografici

- ❑ Di Franco "Manuale di Navigazione Astronomica Semplificata" Ed Mursia
- ❑ Flora "Astronomia Nautica" Ed. Hoepli
- ❑ Istituto Idrografico della Marina "Effemeridi Nautiche 1998"
- ❑ Nicoli "Navigazione Astronomica" Ed. Del Bianco
- ❑ web.tiscali.it/cosmoweb/orientamento.html
- ❑ www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/2166/gakdsp1.htm
- ❑ [www.math.nus.edu.sg/Heavenly Mathematics Highlights of Cultural Astronomy.htm](http://www.math.nus.edu.sg/HeavenlyMathematics/Highlights%20of%20Cultural%20Astronomy.htm)
- ❑ www.nauticoartiglio.lu.it