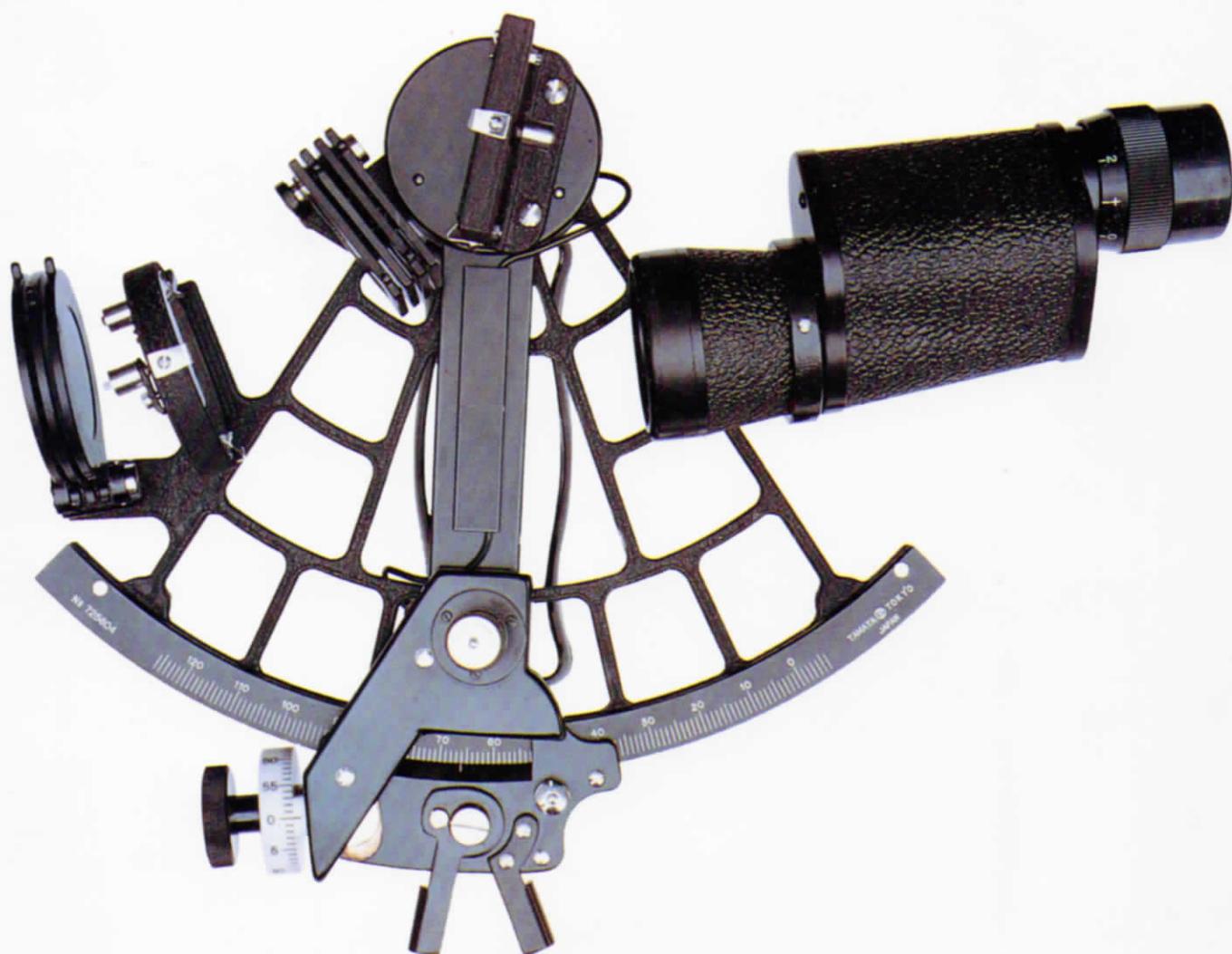


Introduzione alla navigazione astronomica

Remo C. Grillo



Unione Astrofili Bresciani
Assessorato alla Pubblica Istruzione e Gioventù del Comune di Brescia

Introduzione alla navigazione astronomica

Remo C. Grillo

Redazione
Loris Ramponi

Stampa
Tip. M. Squassina / Brescia

Dicembre 1990

Unione Astrofili Bresciani
c/o Civici Musei di Scienze - via Ozanam 4 - 25128 Brescia

La riproduzione totale o parziale della presente pubblicazione
è consentita a condizione di ottenere l'accordo dell'autore

PREFAZIONE

La presente dispensa è stata strutturata come Testo-Guida del CORSO DI NAVIGAZIONE ASTRONOMICA che viene tenuto annualmente presso il Museo di Storia Naturale di Brescia, ed è anche, in parte, una raccolta di articoli dell'Autore pubblicati nel corso di alcuni anni sull'annuario della SPECOLA CIDNEA, bollettino ufficiale dell'Osservatorio Astronomico Bresciano.

In essa sono state riportate le varie tavole che normalmente vengono impiegate per interpolazione, correzione, soluzione ecc.

Inoltre vengono fornite le varie formule che consentono una soluzione diretta dei vari problemi con vantaggio anche, in molti casi, di risultati con una migliore precisione.

Questo ultimo sistema, che fino a non molti anni fa poteva essere ritenuto eccessivamente laborioso, è oggi enormemente semplificato dall'impiego di semplici minicalcolatori programmabili il cui uso, peraltro, è ormai ampiamente diffuso.

Il metodo è del tutto generale e può essere usato con qualsiasi astro.

Tuttavia in questa trattazione sono presi in esame solo il Sole e le Stelle in quanto questi oggetti celesti si prestano, in particolare al fruitore non professionista, meglio degli altri (Luna e pianeti) allo scopo per il quale vengono impiegati.

Pertanto sarà esaminato il modo di calcolare il PUNTO (e) con:

RETTA MERIDIANA DI SOLE

DUE O PIU' RETTE DI SOLE CON DIFFERENTI AZIMUT

RETTE DI DUE O PIU' STELLE

Oltre agli elementi e alle formule matematiche per la determinazione del PUNTO, vengono fornite negli ultimi capitoli, alcune indicazioni per la soluzione di alcuni problemi secondari ma di grande utilità per l'appassionato di Navigazione, come per esempio la determinazione dei CREPUSCOLI NAUTICI, e l'impiego di azimut astronomici per il calcolo degli angoli di DEVIAZIONE della BUSSOLA MAGNETICA.

Infine, qualora si vogliano determinare le coordinate geografiche del Punto senza disporre dell'ORIZZONTE MARINO, viene preso in considerazione l'uso dell'ORIZZONTE ARTIFICIALE.

Alcuni esempi chiariscono il modo di risolvere i vari problemi.

CAPITOLO 1°

Uno dei sistemi più precisi e sicuri per determinare la propria posizione in mare (ma anche in Terra e in cielo), è quello astronomico.

Per la determinazione del PUNTO ci si avvale della misura dell'altezza h dell'Astro che è l'angolo che la visuale forma con l'ASTRO-OSSERVATORE-ORIZZONTE.

Questo angolo si misura in gradi sessagesimali partendo da 0° (orizzonte) a 90° (zenit).(Fig. 1)

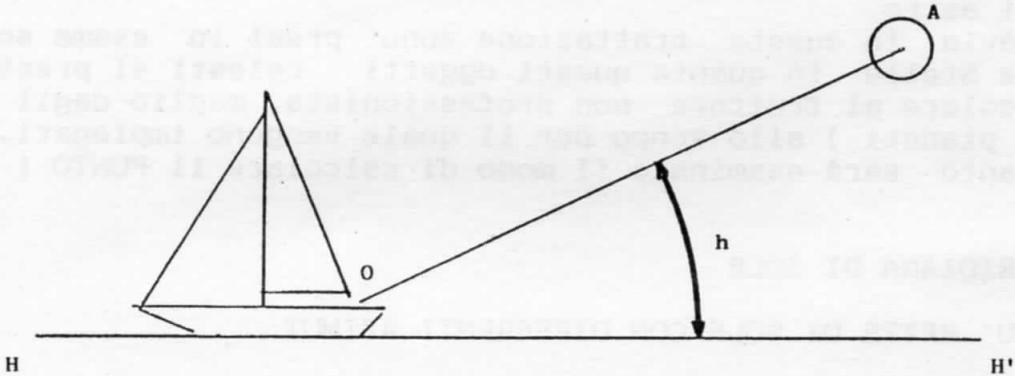


Fig. 1

- A = Astro.
- O = Osservatore.
- h = Altezza dell'astro sull'orizzonte.
- HH = Linea dell'orizzonte.

Conoscendo il valore dell'angolo h e l'ora esatta dell'osservazione, si possono stabilire i valori della LATITUDINE (φ) e della LONGITUDINE (λ).

Si può, in altre parole, calcolare con precisione la posizione sulla Terra occupata dall'Osservatore al momento dell'osservazione. Per misurare l'angolo si possono usare vari strumenti (goniometri, quadranti, ottanti, teodoliti ecc.), ma lo strumento più idoneo, specialmente per le misurazioni in mare, dove è addirittura indispensabile, è il SESTANTE.

IL SESTANTE

Il SESTANTE è uno strumento ottico basato sulla doppia riflessione. Il suo nome trae origine dal fatto che il suo LEMBO è graduato fino a 120 mezzi gradi e quindi ha un'ampiezza reale di 60 gradi, sesta parte di un angolo giro. Lo schema descrittivo dello strumento è riportato in fig. 2 e' ad esso sono riferite le varie descrizioni.

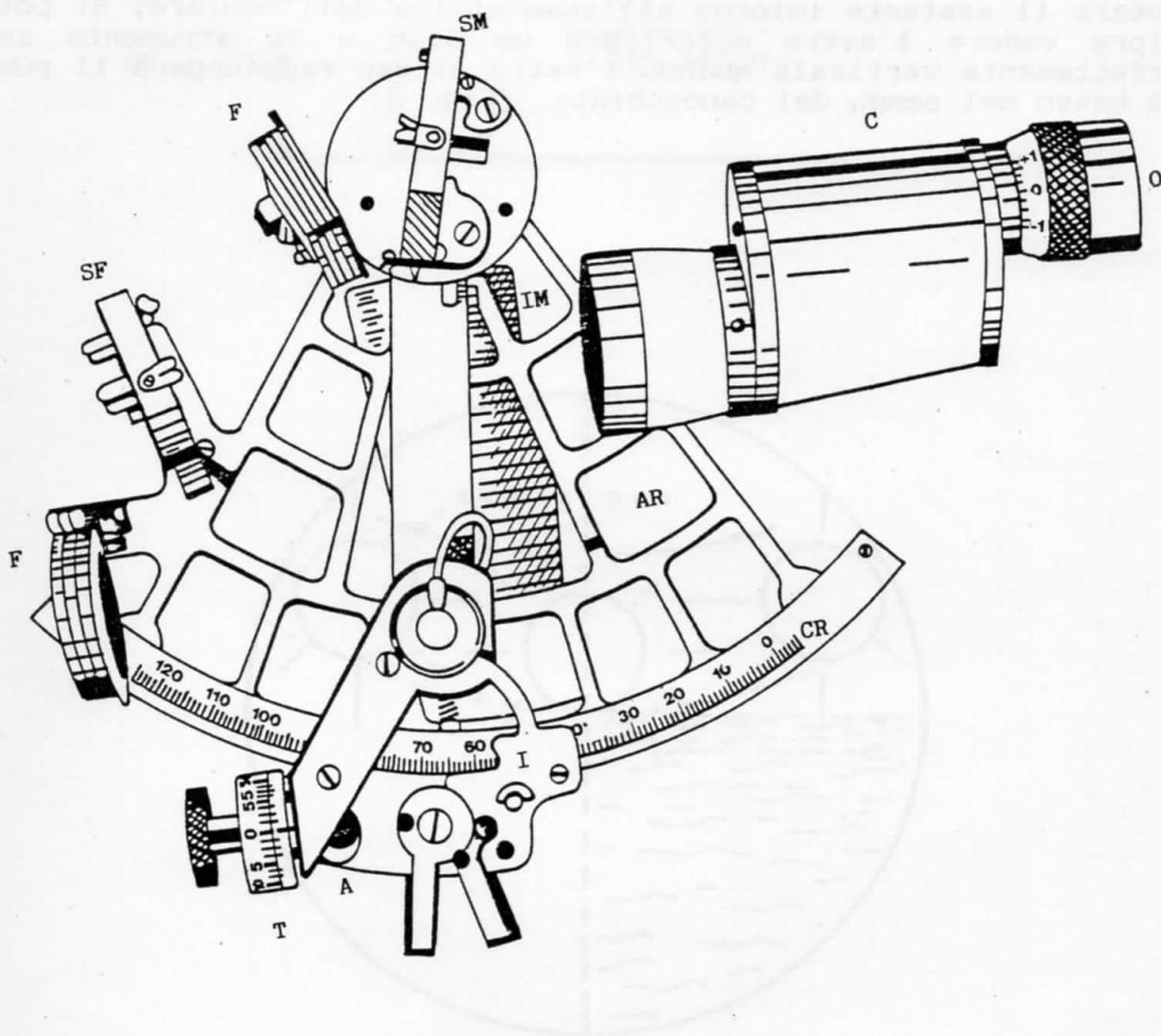


Fig. 2

AR = Armatura.
 SM = Specchio mobile.
 SF = Specchio fisso.
 F = Filtri.
 L = Lembo.
 O = Oculare.

T = Tamburo.
 A = Alidada.
 I = Indice.
 CR = Cremagliera.
 C = Canocchiale.
 IM = Impugnatura.

Lo strumento è costituito da una armatura alla quale sono applicati i vari componenti. Un indice sull'alidada indica il valore di h in gradi. Sul tamburo, graduato in 60 divisioni, si possono leggere i minuti primi, ed infine delle linee di fede in corrispondenza col tamburo, permettono l'apprezzamento dei decimi di primo. Pertanto la lettura del sestante viene fatta nella connotazione: GRADI-PRIMI-DECIMI DI PRIMO.

La collimazione dell'astro con l'orizzonte, può essere fatta abbastanza agevolmente anche se lo strumento è sottoposto a movimenti (ad esempio con mare mosso) in quanto nell'oculare si vedranno le immagini dell'astro e dell'orizzonte, muoversi insieme. Durante l'operazione di collimazione è importante che lo strumento sia tenuto verticale poiché in caso contrario non si avranno letture esatte. Si può facilmente fare la prova facendo ruotare il sestante intorno all'asse ottico dell'oculare; Si potrà allora vedere l'astro descrivere un arco e lo strumento sarà perfettamente verticale quando l'astro stesso raggiungerà il punto più basso nel campo del cannocchiale. (Fig. 3)

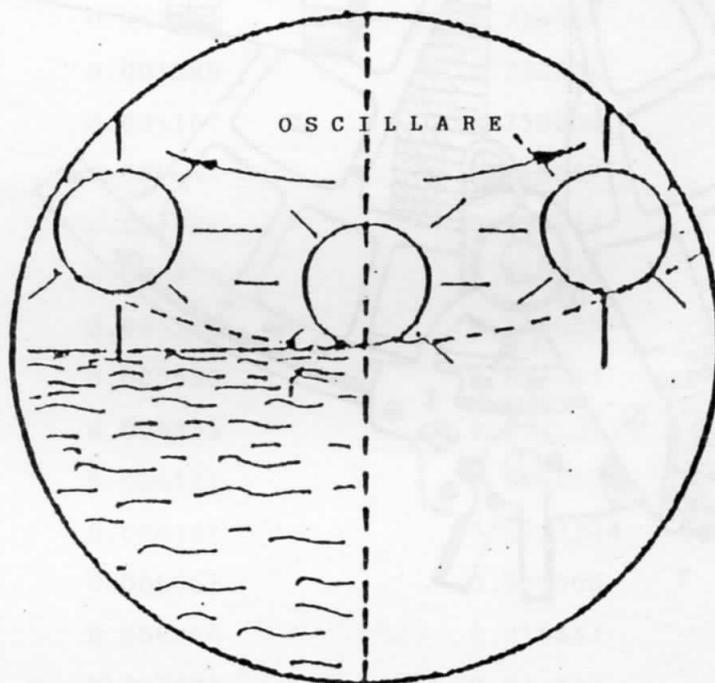


Fig.3

In figura 4 è riportato lo schema ottico del sestante

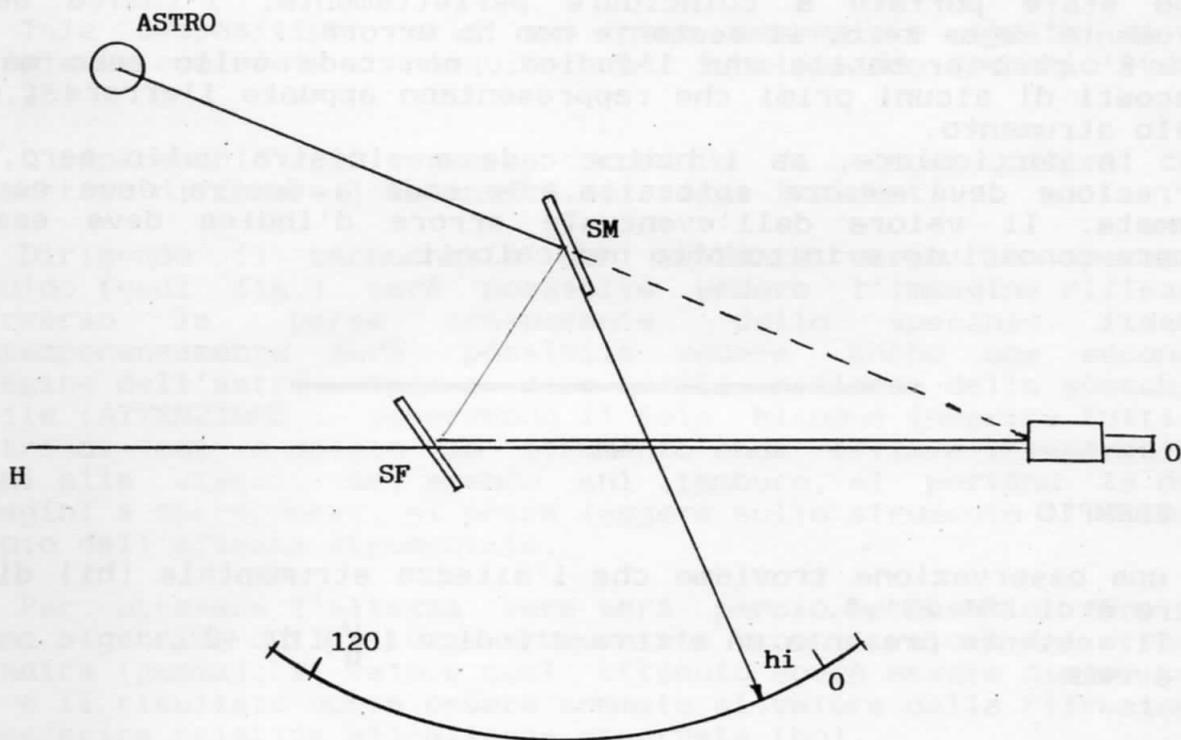


Fig.4

All'occhio dell'osservatore (o) arriva il raggio ASTRO-SPECCHIO-MOBILE-SPECCHIO-FISSO-CANNOCCHIALE e contemporaneamente il raggio ORIZZONTE (H)-SPECCHIO-FISSO (attraverso la parte trasparente) - CANNOCCHIALE.

Di conseguenza, nell'oculare, viene visto l'astro in collimazione con l'orizzonte (H) mentre l'Indice ed il tamburo segnano l'altezza strumentale (h_i) dell'astro.

Il sestante, per quanto sia uno strumento di alta precisione, può presentare degli errori sistematici (in genere uno o due primi). Questi errori vengono notificati dal costruttore sul libretto delle istruzioni che accompagna lo strumento, ma possono essere determinati anche dall'osservatore.

Per determinare l'errore sistematico, che chiameremo errore d'Indice (γ) si opera nel seguente modo:

Si osserva un oggetto lontano (per esempio l'orizzonte o meglio una stella). Dell'oggetto osservato si vedranno due immagini, una diretta ed una riflessa. Agendo sul tamburo si portano a coincidere le due immagini. Se dopo che le due immagini sono state portate a coincidere perfettamente, l'indice dello strumento segna zero, il sestante non ha errore.

E' però probabile che l'indice non cada sullo zero ma si discosti di alcuni primi che rappresentano appunto l'errore (γ) dello strumento.

In particolare, se l'indice cade a sinistra dello zero, la correzione deve essere sottratta. Se cade a destra deve essere sommata. Il valore dell'eventuale errore d'indice deve essere sempre conosciuto e introdotto nei calcoli.

UN ESEMPIO

In una osservazione troviamo che l'altezza strumentale (h_i) di un astro è di $38^\circ 22',5$.

Il sestante presenta un errore d'indice (γ) di $+2'$.

Avremo:

Altezza strumentale	$h_i =$	38°	$22',5$
Errore d'indice	$\gamma =$		$+2',0$
			<hr/>
Altezza osservata	$h_o =$	38°	$24',5$

Per ottenere invece l'altezza vera (h_v) che ci servirà per i calcoli successivi, sono necessarie alcune correzioni.

LE CORREZIONI

1ª correzione : elevazione dell'occhio

A seconda dell'altezza del punto di osservazione, cioè dell'altezza dell'occhio sul livello del mare, l'orizzonte si vede più o meno depresso (Fig. 5). Pertanto sarà necessario conoscere l'altezza di detto punto e in funzione di essa apportare la prima correzione (C1) che si può desumere dalle tavole che si trovano in ogni Almanacco Nautico, oppure calcolare con la seguente formula:

$$C1 = 1,773 \sqrt{e}$$

dove e (elevazione dell'occhio) è espressa in metri.

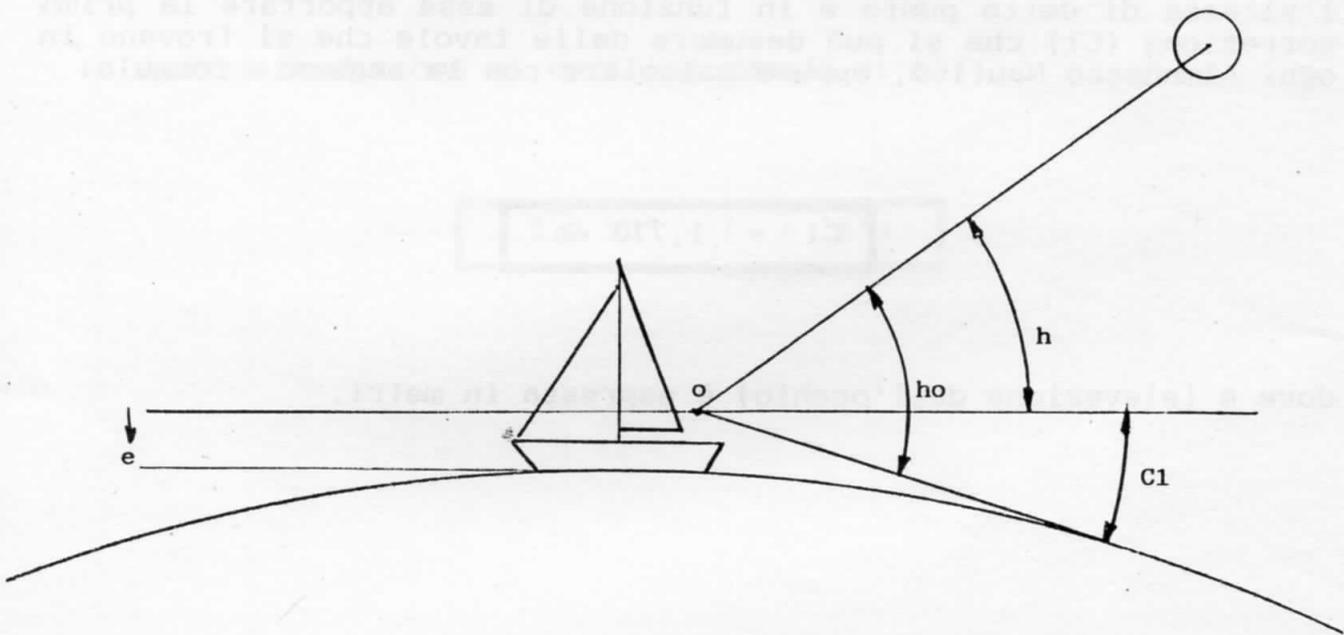


Fig. 5

- e* = Elevazione dell'occhio sul livello del mare
- ho* = Altezza osservata
- h* = Altezza dell'astro
- C1* = Correzione per la depressione dell'orizzonte

Nel caso che l'elevazione dell'occhio fosse espressa in piedi (foot), la formula diventa:

$$C1 = 0,97 \sqrt{e}$$

Come è chiaramente visibile in figura 5 il valore della correzione è negativo.

$$\text{Altezza dell'Astro } h = h_0 - C1$$

Correzione per la depressione dell'orizzonte (C1)

Elev. occhio in metri	Correz. in primi	Elev. occhio in metri	Correz. in primi	Elev. occhio in metri	Correz. in primi
1,00	-1,8	3,85	-3,5	8,55	-5,2
1,10	-1,9	4,05	-3,6	8,90	-5,3
1,25	-2	4,30	-3,7	9,30	-5,4
1,35	-2,1	4,55	-3,8	9,60	-5,5
1,50	-2,2	4,80	-3,9	10	-5,6
1,65	-2,3	5	-4	10,35	-5,7
1,80	-2,4	5,30	-4,1	10,70	-5,8
1,95	-2,5	5,60	-4,2	11,05	-5,9
2,10	-2,6	5,80	-4,3	11,45	-6
2,25	-2,7	6,10	-4,4	11,85	-6,1
2,45	-2,8	6,40	-4,5	12,25	-6,2
2,60	-2,9	6,70	-4,6	12,65	-6,3
2,80	-3	7	-4,7	13,05	-6,4
3	-3,1	7,30	-4,8	13,45	-6,5
3,20	-3,2	7,60	-4,9	13,70	-6,6
3,40	-3,3	7,90	-5	14,30	-6,7
3,60	-3,4	8,25	-5,1	14,60	-6,8
3,85		8,55		15	

2ª correzione : rifrazione atmosferica

L'atmosfera devia i raggi luminosi provenienti dagli Astri che, per tale ragione, vengono osservati più alti della loro altezza effettiva (fig. 6). E' necessario quindi apportare un'altra correzione, i cui valori, come nel caso precedente, possono essere desunti dalle tavole, oppure calcolati con la seguente formula:

$$C2 = 1 / \tan [h + 7,31 / (h + 4,4)]$$

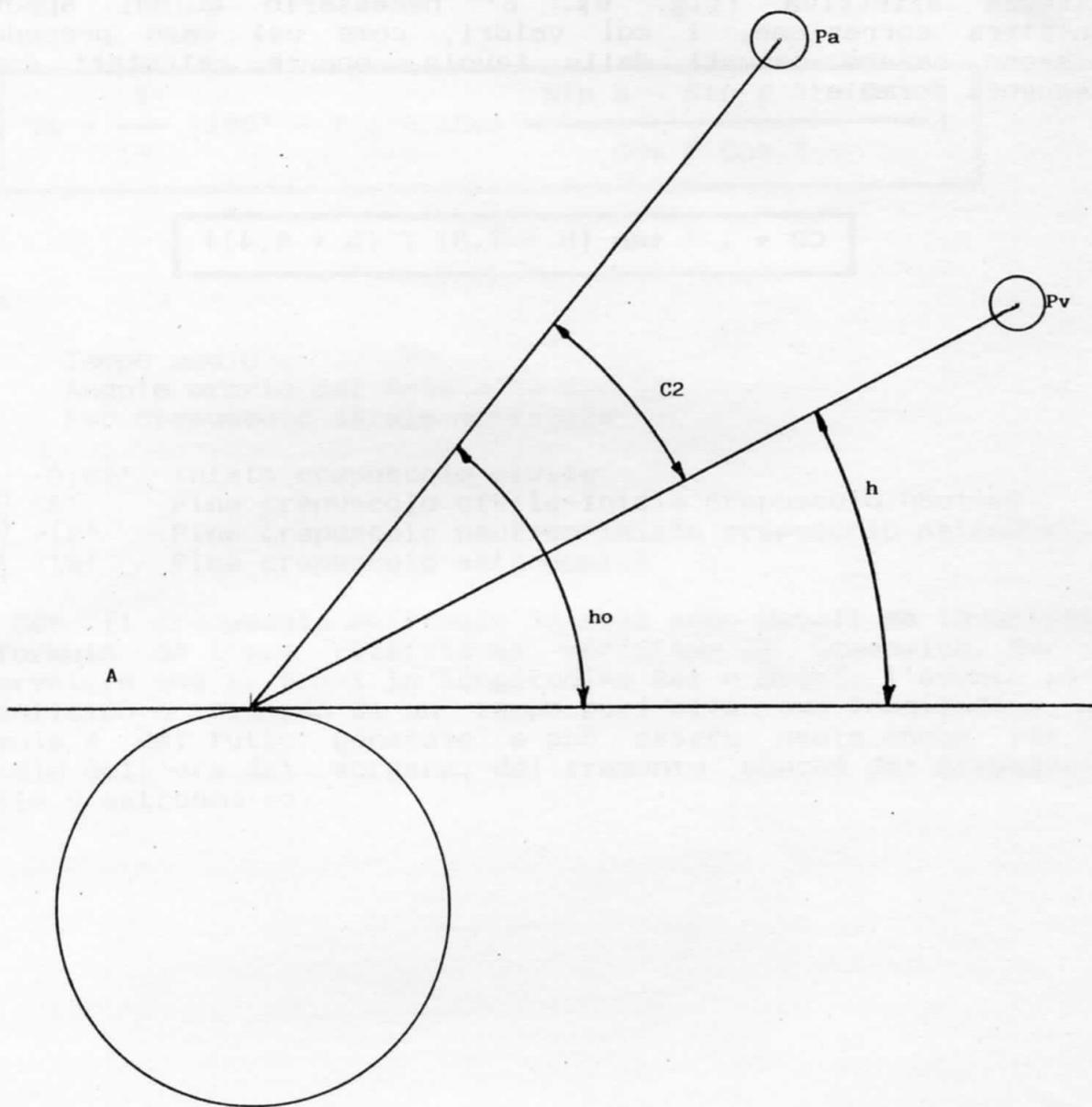


Fig. 6

- A = Atmosfera
- Pa = Posizione apparente dell'astro
- Pv = Posizione vera dell'astro
- C2 = Angolo di rifrazione
- ho = Altezza osservata
- h = Altezza dell'astro

Il risultato è valido per una condizione atmosferica STANDARD e cioè con:

PRESSIONE ATMOSFERICA (P) = 760 mm.

TEMPERATURA DELL'ARIA (T) = 10 °C.

Per condizioni non STANDARD il risultato va moltiplicato per un coefficiente K che è dato dalla formula:

$$K = \frac{0,372 P}{273 + T}$$

Anche il valore della correzione C2 è sempre negativo.

$$h = h_0 - C_2$$

TAVOLA II

Correzione per la rifrazione atmosferica C2

Altezza osserv.	Correz. in primi	Altezza osserv.	Correz. in primi	Altezza osserv.	Correz. in primi
10,30	-5	15,55	-3,3	30,20	-1,6
10,45	-4,9	16,25	-3,2	32	-1,5
11,00	-4,8	16,55	-3,1	34	-1,4
11,15	-4,7	17,30	-3	36	-1,3
11,30	-4,6	18,00	-2,9	38	-1,2
11,45	-4,5	18,40	-2,8	40	-1,1
12,00	-4,4	19,20	-2,7	42	-1
12,20	-4,3	20	-2,6	45	-0,9
12,35	-4,2	20,40	-2,5	49	-0,8
12,55	-4,1	21,30	-2,4	52	-0,7
13,15	-4	22,20	-2,3	56	-0,6
13,35	-3,9	23,15	-2,2	60	-0,5
13,55	-3,8	24,10	-2,1	65	-0,4
14,15	-3,7	25,15	-2	70	-0,3
14,40	-3,6	26,20	-1,9	75	-0,2
15,05	-3,5	27,30	-1,8	81	-0,1
15,30	-3,4	29,00	-1,7	87	-0
15,55		30,20		90	

3ª correzione : semidiametro

Nel caso di un astro esteso come il Sole, il suo centro non è esattamente individuabile, ed è opportuno far collimare con l'ORIZZONTE uno dei due LEMBI, il superiore o l'inferiore (Fig. 7). Dato però che i calcoli astronomici si riferiscono ai centri, dobbiamo tener conto dei SEMIDIAMETRI ed apportare un'ulteriore correzione (C3) che può essere calcolata con la seguente formula:

$$SD = \frac{S}{d}$$

Dove

S = 959",63

d = Distanza in Unità Astronomiche

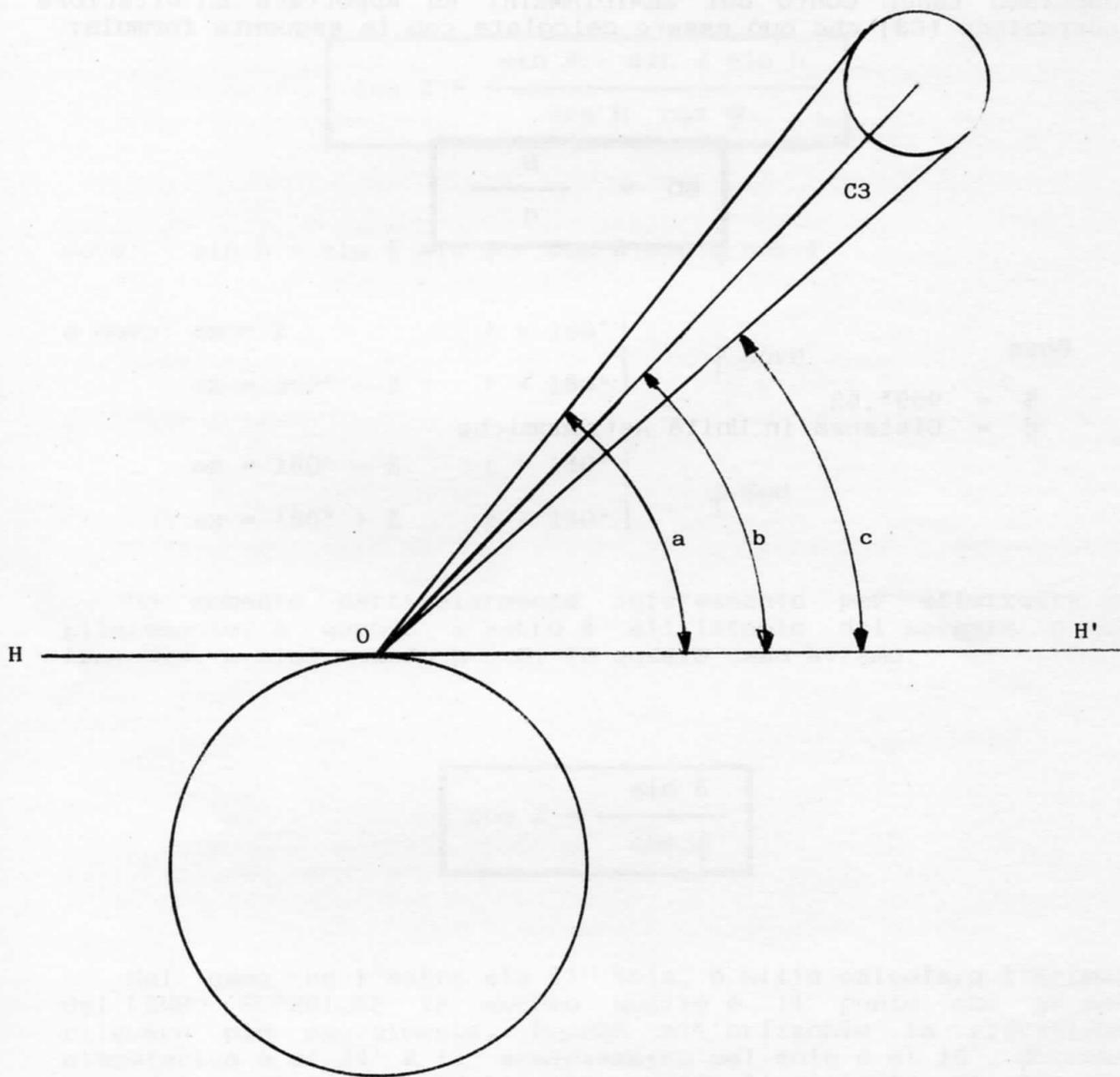


Fig. 7

- O = Osservatore
- a = Lembo superiore
- b = Centro dell'astro
- c = Lembo inferiore
- H-H' = Orizzonte
- C3 = Correzione per il semidiametro

La correzione C3 è positiva se si osserva il lembo inferiore oppure negativa se si osserva il lembo superiore.

I valori della suddetta correzione sono tabulati nella tavola III.

Correzione C3	Valore	Periodo
-18.2	+18.2	Febbraio
-18.1	+18.1	Marzo
-18.0	+18.0	Aprile
-18.0	+18.0	Maggio
-18.0	+18.0	Giugno
-18.0	+18.0	Luglio
-18.0	+18.0	Agosto
-18.0	+18.0	Settembre
-18.1	+18.1	Ottobre
-18.2	+18.2	Novembre
-18.2	+18.2	Dicembre

TAVOLA III

Correzione per il semidiametro del Sole

MESE	Lembo inferiore	Lembo superiore
Gennaio	+16',3	-16',3
Febbraio	+16',2	-16',2
Marzo	+16',1	-16',1
Aprile	+16',0	-16',0
Maggio	+15',8	-15',8
Giugno	+15',8	-15',8
Luglio	+15',8	-15',8
Agosto	+15',8	-15',8
Settembre	+15',9	-15',9
Ottobre	+16',1	-16',1
Novembre	+16',2	-16',2
Dicembre	+16',3	-16',3

Concludendo: per ottenere l'altezza vera h_v di un astro (Sole e stelle) bisogna aggiungere all'altezza strumentale h_i (sestante) l'errore d'indice, ottenendo così l'altezza osservata h_o e poi apportare le correzioni:

C1 : Correzione per l'elevazione dell'occhio (Sole - Stelle)

C2 : Correzione per la rifrazione atmosferica (Sole - Stelle)

C3 : Correzione per il semidiametro (Sole)

Calcolo dell'altezza vera del Sole.

Dati:

Giorno 4/6/1989

Altezza strumentale $h_i = 38^\circ 22',5$

Errore d'indice = +2'

Elevazione occhio $e = 2,80$ m

Limbo : inferiore.

Condizioni dell'atmosfera : Standard.

Altezza strumentale	$h_i = 38^\circ 22',5$
Errore d'indice	$\gamma = +2',0$
<hr/>	
Altezza osservata	$h_o = 38^\circ 24',5$
Corr. alt. occhio	$C_1 = -2',9$
Corr. Rif. Atmos.	$C_2 = -1',3$
Corr. semidiametro	$C_3 = +15',8$
<hr/>	
Altezza vera	$h_v = 38^\circ 36',2$

Calcolo dell'altezza vera della stella polare

Dati:

Altezza strumentale

$h_i = 45^\circ 20',2$

Errore d'indice

$\gamma = +2'$

Elevazione dell'occhio

$e = 8,5$ m

$h_i = 45^\circ 20',2$

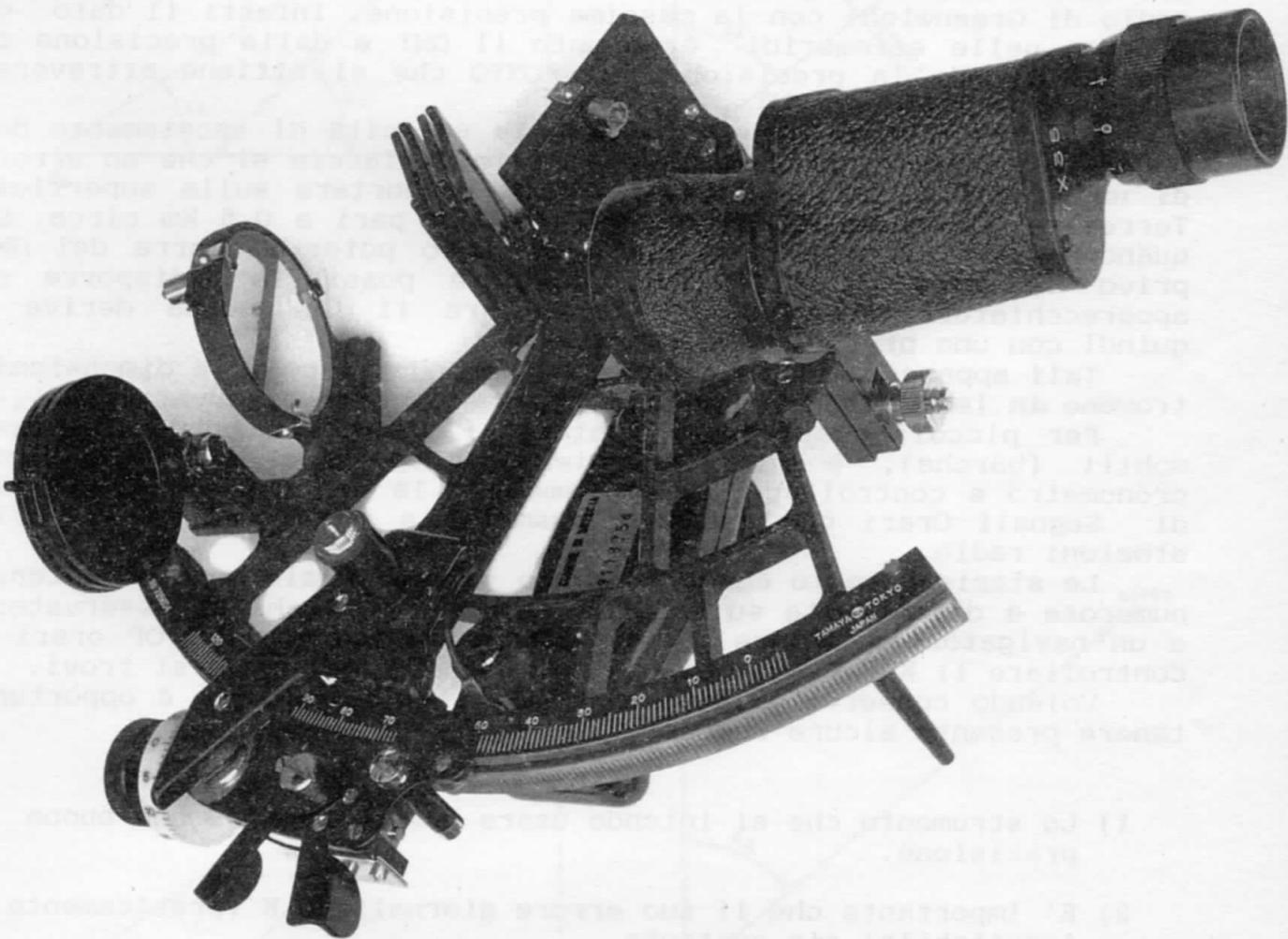
$\gamma = +2'$

 $h_o = 45^\circ 22',2$

$C_1 = -5',1$

$C_2 = -0',9$

 $h_v = 45^\circ 16',2$



IL CRONOMETRO

Calcolo e conservazione del GMT (Ora di Greenwich)

Come è già stato detto nel 1° capitolo, per poter calcolare esattamente la posizione occupata dall'osservatore (φ e λ), è indispensabile conoscere il momento esatto del rilevamento.

Nei calcoli Astronomici, in particolare in quelli di astronomia nautica, è fondamentale poter disporre del GMT (Tempo medio di Greenwich) con la massima precisione. Infatti il dato di entrata nelle effemeridi è appunto il GMT e dalla precisione di questo dipende la precisione del PUNTO che si ottiene attraverso le coordinate (φ) e (λ).

E' interessante osservare come la velocità di spostamento del punto subastrale dell'astro che si rileva, faccia sì che un errore di un minuto secondo di Tempo, possa comportare sulla superficie Terrestre un errore di 15 secondi di arco pari a 0,5 Km circa. Da quando sopra si nota come sia necessario poter disporre del GMT privo di errori. Indubbiamente oggi è possibile disporre di apparecchiature in grado di conservare il GMT senza derive e quindi con una precisione elevatissima.

Tali apparecchiature però, considerando il costo e dimensioni, trovano la loro naturale collocazione nei grandi osservatori.

Per piccoli osservatori amatoriali, oppure a bordo di mezzi mobili (barche), è più conveniente e pratico usare un buon cronometro e controllare periodicamente la sua marcia K a mezzo di Segnali Orari che vengono trasmessi a questo scopo da varie stazioni radio.

Le stazioni radio che effettuano tale servizio sono abbastanza numerose e distribuite su tutti i continenti sicché un osservatore o un navigatore è sempre in grado di ricevere degli STOP orari e controllare il K del suo cronometro in qualsiasi posto si trovi.

Volendo conservare l'ora a mezzo di un cronometro è opportuno tenere presente alcune regole:

- 1) Lo strumento che si intende usare deve garantire una buona precisione.
- 2) E' importante che il suo errore giornaliero K (praticamente inevitabile) sia costante.
E' meglio usare un cronometro meno preciso ma con errore costante che viceversa. In ogni caso è opportuno che lo strumento abbia un errore k non superiore a 3 o 4 secondi al giorno.
- 3) Se il cronometro è a carica manuale, bisogna effettuare la carica in condizioni sempre uguali.
- 4) Se il cronometro è installato su mezzi mobili, è opportuno che sia su montatura cardanica.
- 5) Al momento della lettura è opportuno registrare anche la temperatura dell'ambiente. Il dato è utile per spiegare eventuali anomalie della marcia k.

L'ora segnata dal cronometro (tc) che nel tempo abbia accumulato anche sensibili anticipi o ritardi, non va mai azzerata. Infatti non è necessario e nemmeno conveniente regolare le lancette sull'ora esatta perchè l'inevitabile deriva in più o meno, porterebbe subito lo strumento fuori fase.

Si lascia che il cronometro segni un'ora qualsiasi. Basta tenere conto dell'errore che va riportato su un'apposita tabella. In tal modo è possibile avere un quadro esatto della marcia dello strumento e quindi dell'errore totale (K) e giornaliero (k). La conoscenza dell'errore permetterà di risalire all'ora esatta (GMT) del momento dell'osservazione.

$$K = GMT - Tc$$

dove:

K = errore del cronometro.
GMT = Tempo Medio di Greenwich.
TC = tempo del cronometro.

da cui:

$$GMT = Tc + K$$

Nel caso che il cronometro sia regolato su un'ora diversa da quella di Greenwich, bisogna introdurre anche la correzione del FUSO ORARIO (vedi tavola dei fusi-Tav IV).

$$GMT = Tc + K + f$$

AMBIGUITA' DI LETTURA

La lettura del cronometro che conserva il GMT può presentare un'ambiguità di 12 ore. In altre parole bisogna stabilire se l'ora letta si deve intendere antimeridiana o postmeridiana. Per eliminare tale ambiguità basta applicare la seguente formula:

$$\text{Ora locale} \pm \lambda = \text{GMT (approssimato)}$$

dove λ = Longitudine espressa in tempo.

E' necessario tenere presente che bisogna sottrarre la longitudine EST e sommare la longitudine Ovest.

UN ESEMPIO

Un osservatore si trova in longitudine = 45° OVEST. Ora locale 11.00. Determinare l'ora a Greenwich.

ORA locale	h	11.00
Longitudine = 45° OVEST			
convertita in tempo	h	+3.00
			<hr/>
		h	14.00

Il cronometro segna, fra le due possibilità, le ore 02.00 postmeridiane, cioè le ore 14.00.

TAVOLA IV

Registro del cronometro

DATA	GMT h m s	Tc h m s	K h m s	k diurno	Temp	Note
4-6-88	8 00 00	6 20 16	+1 39 44	-1 sec	20°C	Segnale rice- vuto dalla stazione X
5-6-88	8 00 00	6 20 15	+1 39 45	0 sec	21°C	Segnale rice- vuto dalla stazione Y
6-6-88	8 00 00	6 20 15	+1 39 45		21°C	Segnale rice- vuto dalla stazione Z

UN ESEMPIO

Il giorno 06-06-88 viene fatta un'osservazione nell'istante TC =
20^h 11^m 10^s

Determinare il GMT

Tempo del cronometro Tc	=	20 ^h 11 ^m 10 ^s
Correzione K	=	1 ^h 39 ^m 45 ^s
GMT (ora di Greenwich)	=	<u>21^h 50^m 55^s</u>

STAZIONI CHE EMETTONO SEGNALI DI FREQUENZA E DI TEMPO

La maggior parte delle stazioni radio che emettono segnali orari lavorano su frequenze di:

2,5 - 5 - 10 - 15 - 20 - 25 - Mhz

con orari stabiliti.

Talvolta, sulle tabelle o sulle scale delle apparecchiature per la ricezione, anziché la frequenza in Hz (o multipli) può venire indicata la lunghezza d'onda in metri.

E' facile passare da un sistema all'altro con una semplice formula:

$$\text{Frequenza in Khz} = \frac{300.000}{\text{lunghezza d'onda in mt.}}$$

Oppure:

$$\text{lunghezza d'onda in mt.} = \frac{300.000}{\text{frequenza in Khz}}$$

UN ESEMPIO

Convertire la frequenza di 20.000 Khz in lunghezza d'onda in metri

$$\frac{300.000}{20.000} = 15 \text{ metri}$$

Convertire la lunghezza d'onda di mt. 45 in Khz

$$\frac{300.000}{45} = 6666,66 \text{ Khz}$$

COORDINATE GEOGRAFICHE E ASTRONOMICHE

La posizione di un punto sulla superficie terrestre è definibile dalle coordinate φ (latitudine) e λ (Longitudine) (Vedi Fig.7 bis)

LATITUDINE

La latitudine di un punto è l'arco di meridiano compreso fra l'equatore e il punto considerato. Si esprime in GRADI, PRIMI e DECIMI DI PRIMO.

Si conta a partire dall'Equatore da 0° a 90° verso il POLO NORD o da 0° a 90° verso il POLO SUD.

La latitudine di un punto nell'emisfero NORD è chiamata NORD e considerata positiva (+)

La latitudine di un punto nell'emisfero SUD è chiamata SUD e considerata negativa (-).

I punti che giacciono sull'equatore hanno latitudine 0°.

Il POLO NORD ha latitudine 90° Nord.

Il POLO SUD ha latitudine 90° Sud.

LONGITUDINE

La longitudine di un punto è l'arco di equatore compreso fra il MERIDIANO di riferimento (Meridiano di Greenwich) e il meridiano del PUNTO considerato. Si esprime in GRADI, PRIMI E DECIMI DI PRIMO.

Si conta a partire dal Meridiano di Greenwich da 0° a 180° verso EST e da 0° a 180° verso Ovest.

La longitudine di un punto nell'emisfero orientale si chiama EST ed è considerata positiva (+).

La longitudine di un punto nell'emisfero occidentale si chiama Ovest ed è considerata negativa (-).

Tutti i punti che giacciono sul Meridiano di Greenwich hanno longitudine 0°.

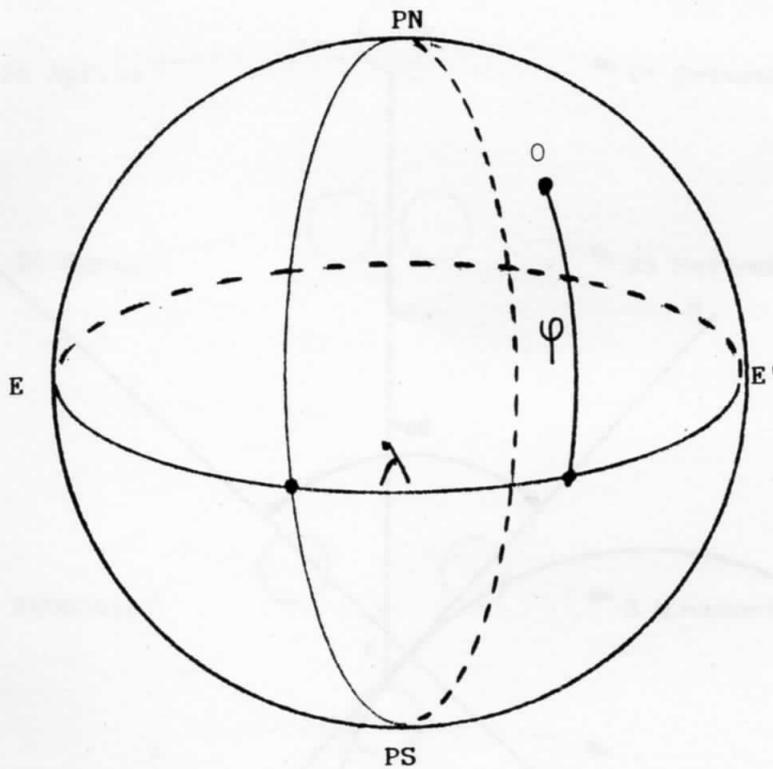


Fig. 7 bis

E-E'
Pn Ps
φ
λ

Equatore
Meridiano di Greenwich
Arco di meridiano (latitudine del punto O)
Arco di equatore (longitudine del punto O)

ORIZZONTE

Piano tangente la superficie terrestre.
Sulla terra, a causa delle varie asperità, la linea dell'orizzonte non è visibile. Sul mare è invece visibile la linea dell'orizzonte marino.

ZENIT

Punto nel cielo esattamente sopra l'osservatore
(v.Fig.8)
La retta dello zenit è normale al piano dell'orizzonte.

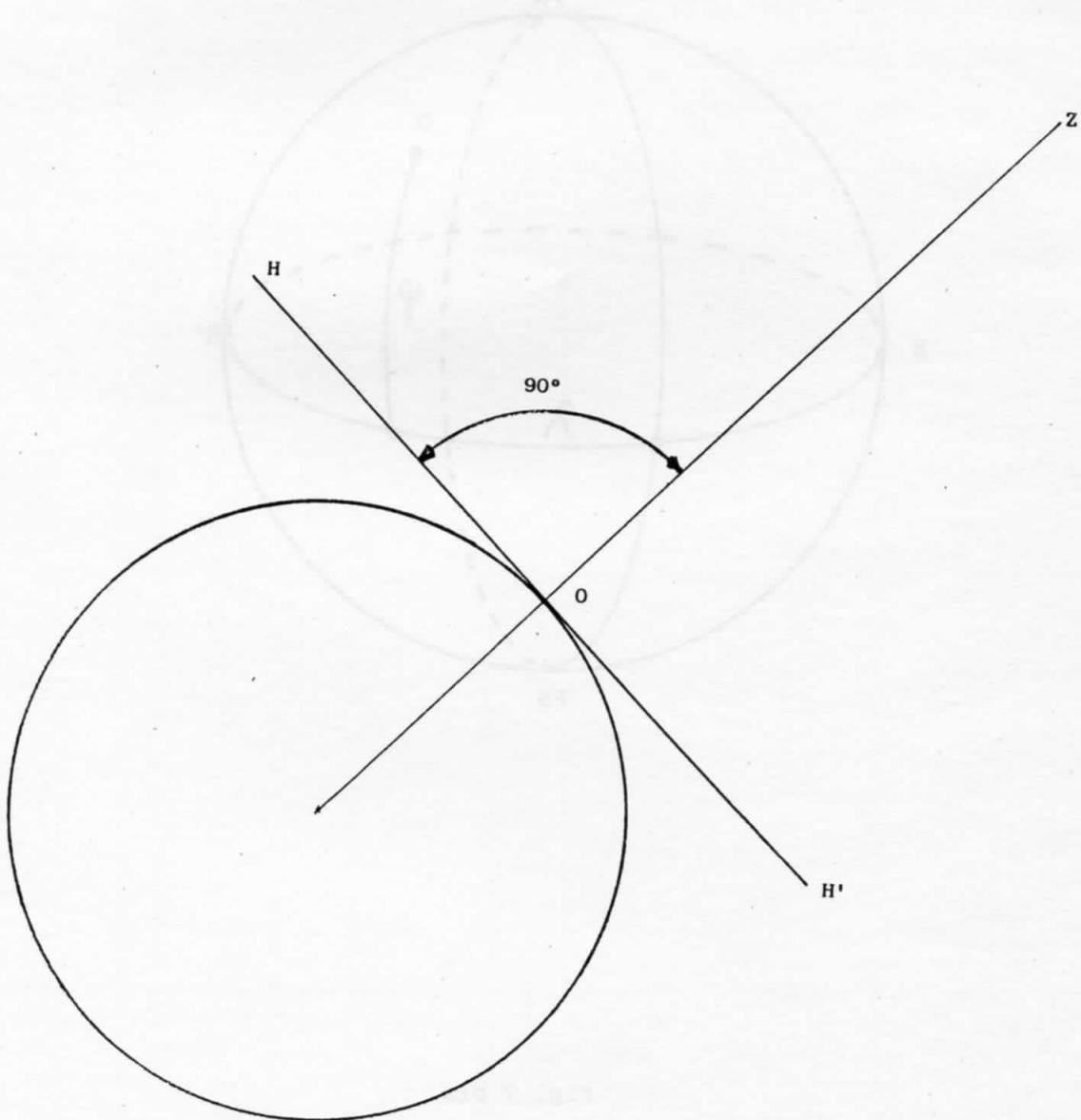


Fig.8

O = Osservatore
H-H' = Orizzonte
Z = Zenit

Punto dal quale si vede l'astro considerato allo Zenit.
 E' anche il punto sulla superficie terrestre che
 incontra una retta che unisce il centro della Terra
 con il centro dell'astro.

DECLINAZIONE

La declinazione (δ) di un astro si identifica con la
 latitudine del suo punto subastrale.
 Si misura partendo dall'equatore da 0° a 90° . Può
 essere di nome NORD o SUD (v.fig.9).

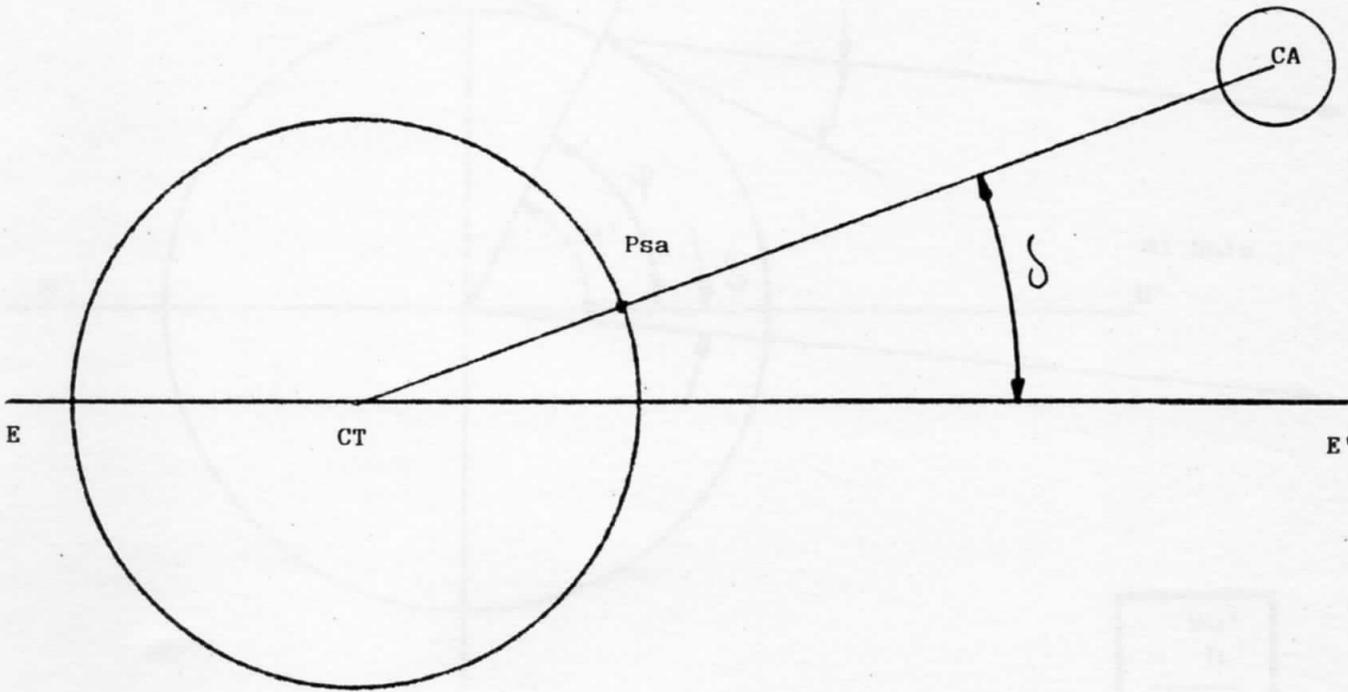


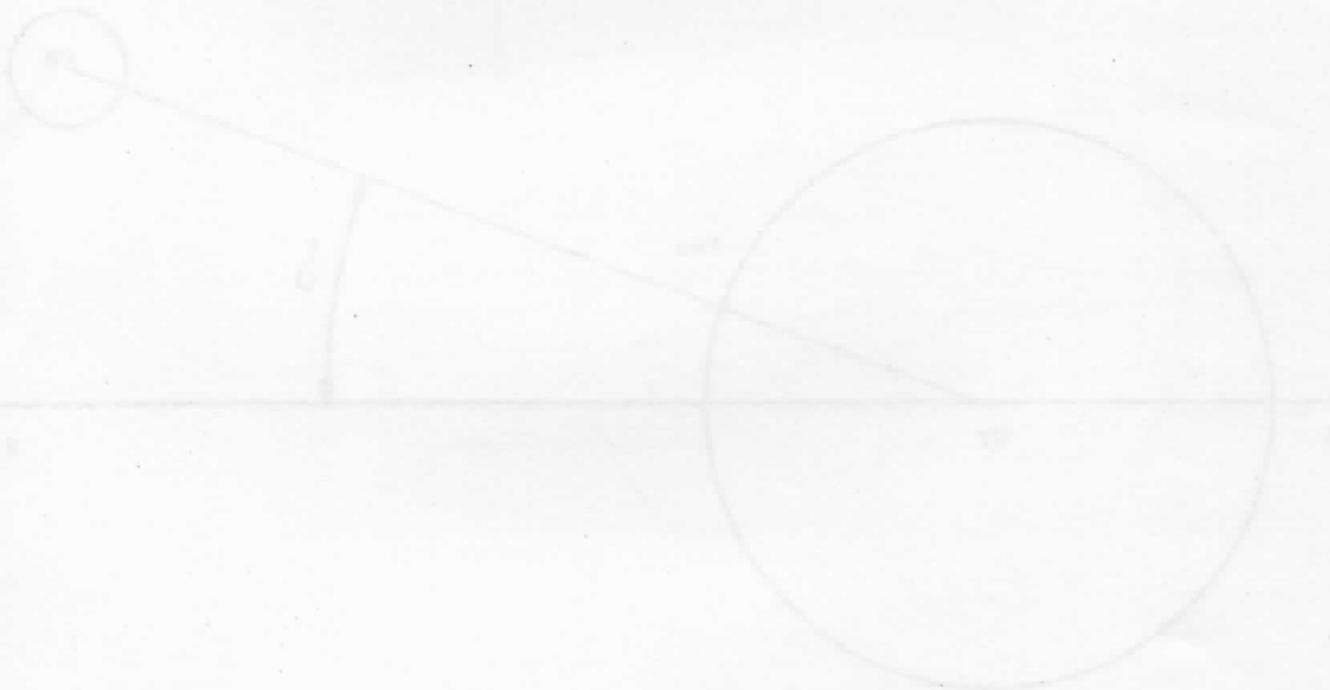
Fig.9

- | | |
|----------|--------------------|
| CA | Centro dell'astro |
| CT | Centro della Terra |
| EE' | Equatore |
| Psa | Punto subastrale |
| δ | Declinazione |

In questo sistema, per definire la posizione di un astro sulla volta celeste, si fa riferimento al punto cardinale Nord e all'orizzonte dell'osservatore. Le due coordinate che individuano il punto sono, rispettivamente, l'altezza (h) e l'azimut (az).

L'ALTEZZA (h) è l'arco di cerchio verticale compreso fra l'orizzonte e l'astro considerato (è l'angolo che si misura col sestante). Si conta da 0° (orizzonte astronomico) a $+90^\circ$ (zenit) o fino a -90° (nadir).

L' AZIMUT (az) è l'arco di orizzonte compreso tra il punto cardinale Nord e il piede dell'astro. Si conta a partire da Nord verso Est per 360° (vedi fig.10).



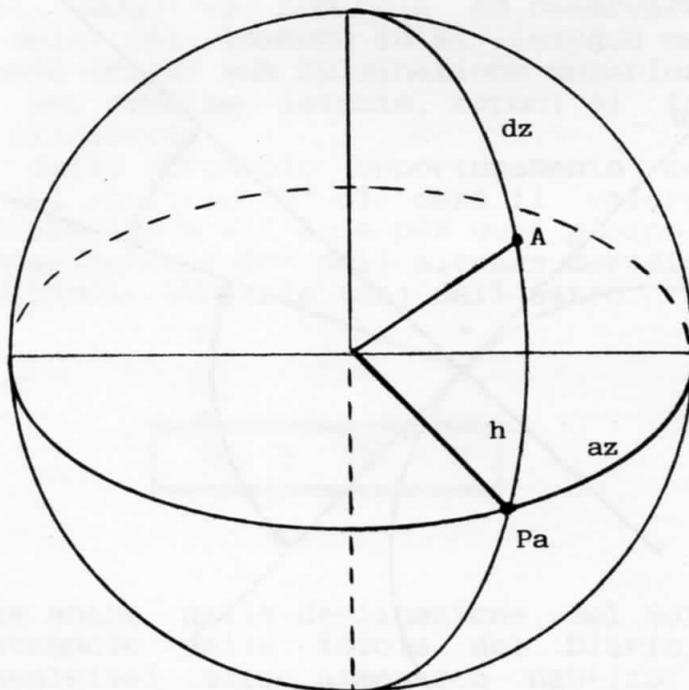


Fig.10

- h* = Altezza
- dz* = Distanza zenitale
- az* = Azimut
- A** = Astro
- Pa** = Piede dell'Astro

DISTANZA ZENITALE

La distanza zenitale dz è l'angolo complementare a 90° dell'angolo che misura l'altezza dell'astro (vedi fig. 11).

$$dz = 90^\circ - h$$

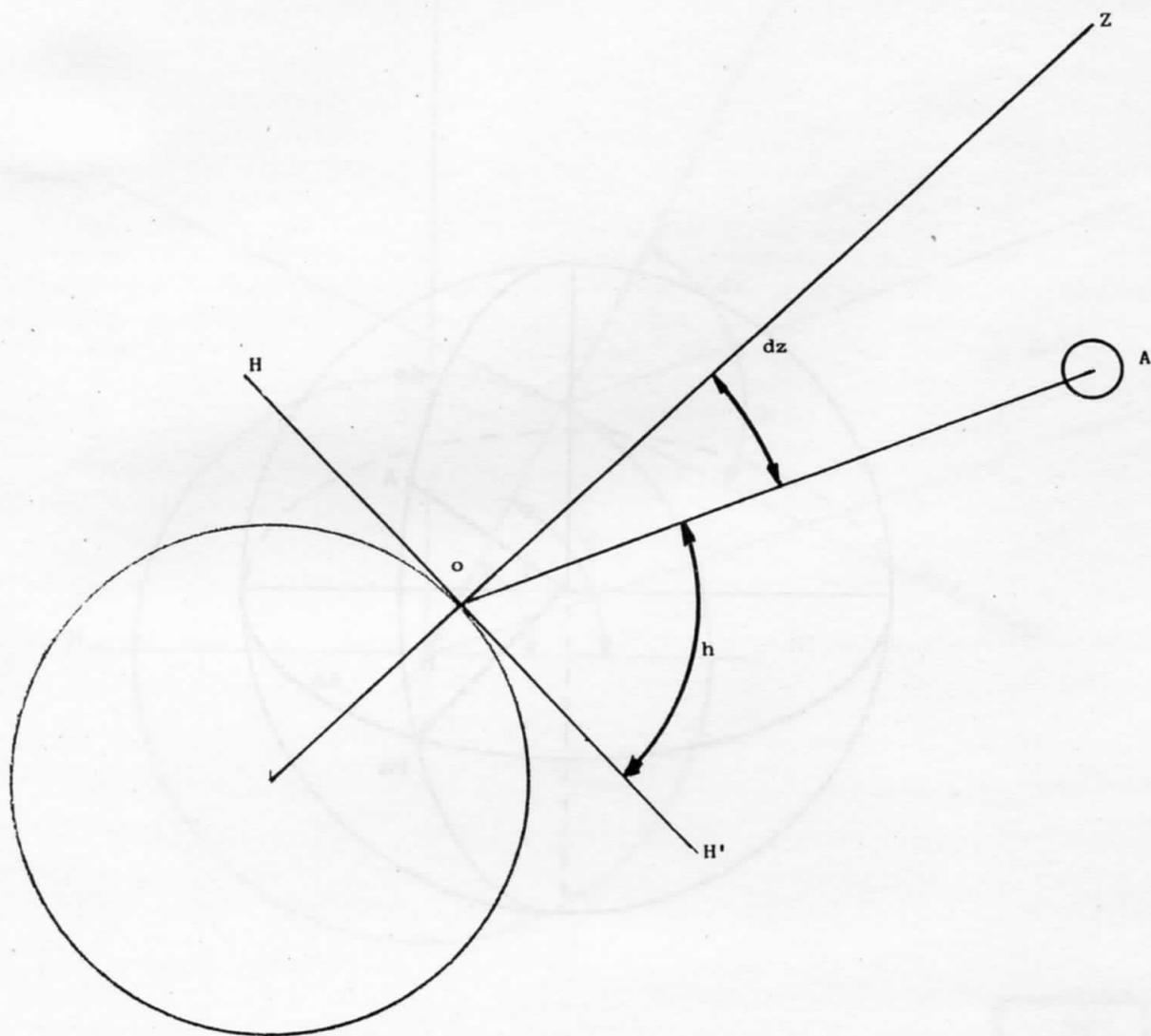


Fig 11

- o = Osservatore
- A = Astro
- Z = Zenit
- dz = Distanza Zenitale
- h = Altezza dell'astro
- $H-H'$ = Orizzonte

ANGOLO AZIMUTALE

L'angolo azimutale (Z) si misura, a partire da Nord nell'emisfero boreale e da Sud in quello australe, per 180° verso Est o verso Ovest rispettivamente.

L'azimut az e l'angolo azimutale AZ sono legati dalle seguenti relazioni:

$$\left. \begin{array}{l} az = Z \quad \text{per } t > 180^\circ \\ az = 360^\circ - Z \quad \text{per } t < 180^\circ \end{array} \right\} \text{Nord}$$

$$\left. \begin{array}{l} az = 180^\circ - Z \quad \text{per } t > 180^\circ \\ az = 180^\circ + Z \quad \text{per } t < 180^\circ \end{array} \right\} \text{Sud}$$



ECLITTICA

L'eclittica è l'orbita che la Terra descrive in un anno attorno al Sole. Può anche essere definita come l'orbita apparente che il Sole compie in un anno (vedi fig.12).

PUNTO GAMMA.

Il punto gamma è individuato dall'intersezione dell'equatore celeste con l'eclittica nel punto di passaggio del Sole da declinazione Sud a declinazione Nord (Equinozio di primavera) (vedi fig.12).

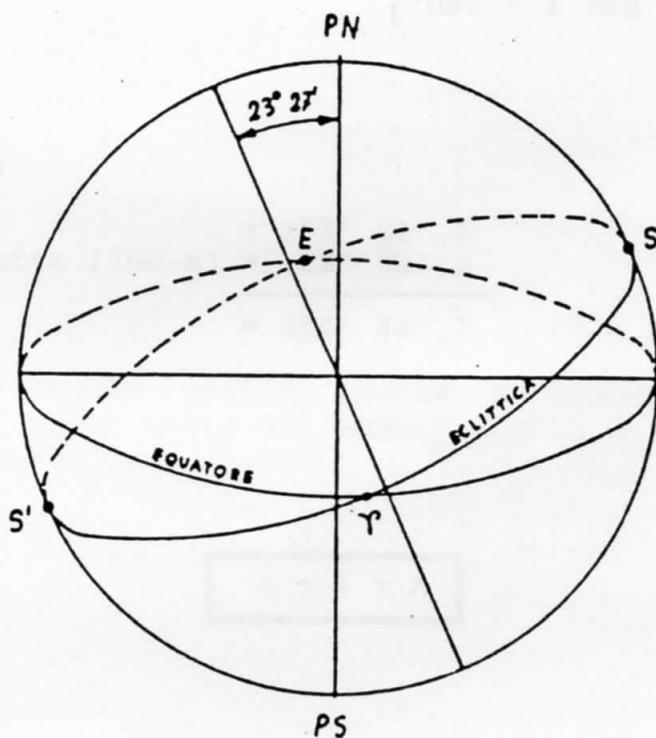


Fig.12

- γ = Punto Gamma o Equinozio di Primavera
- S = Solstizio d'Estate
- E = Equinozio d'Autunno
- S' = Solstizio d'Inverno

ASCENSIONE RETTA

L'ascensione retta (AR) di un astro è l'arco di equatore fra il punto gamma ed il punto in cui il cerchio orario dell'astro interseca l'equatore (vedi fig.13).

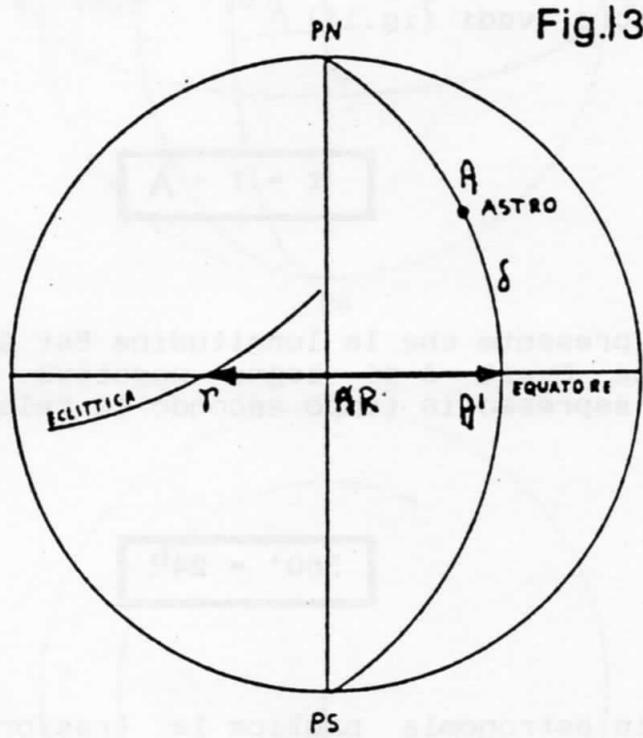


Fig.13

- A = Astro
- A' = Intersezione tra l'equatore e il cerchio orario
- AR = Ascensione Retta

CAPITOLO 6°

ANGOLO ORARIO

Si definisce angolo orario l'angolo compreso tra il meridiano di Greenwich ed il meridiano passante per il punto subastrale (longitudine del punto subastrale).

Si misura da 0° a 360° verso Ovest partendo dal meridiano di Greenwich (T=angolo orario a Greenwich) o dal meridiano locale (t=Angolo Orario Locale).

L'angolo orario a Greenwich per il Sole è dato dalle effemeridi mentre l'angolo orario locale (t) si calcola facendo la somma algebrica dell'Angolo Orario a Greenwich e della longitudine dell'osservatore (vedi fig.14)

$$t = T + \lambda$$

tenendo presente che la longitudine Est è di segno positivo e la longitudine Ovest è di segno negativo. L'angolo orario può essere anche espresso in tempo secondo la relazione

$$360^\circ = 24^h$$

Poiché in astronomia nautica la trasformazione dell'arco in tempo e del tempo in arco è abbastanza frequente, vengono riportate qui di seguito le tavole relative che rendono più rapido il passaggio da una grandezza all'altra

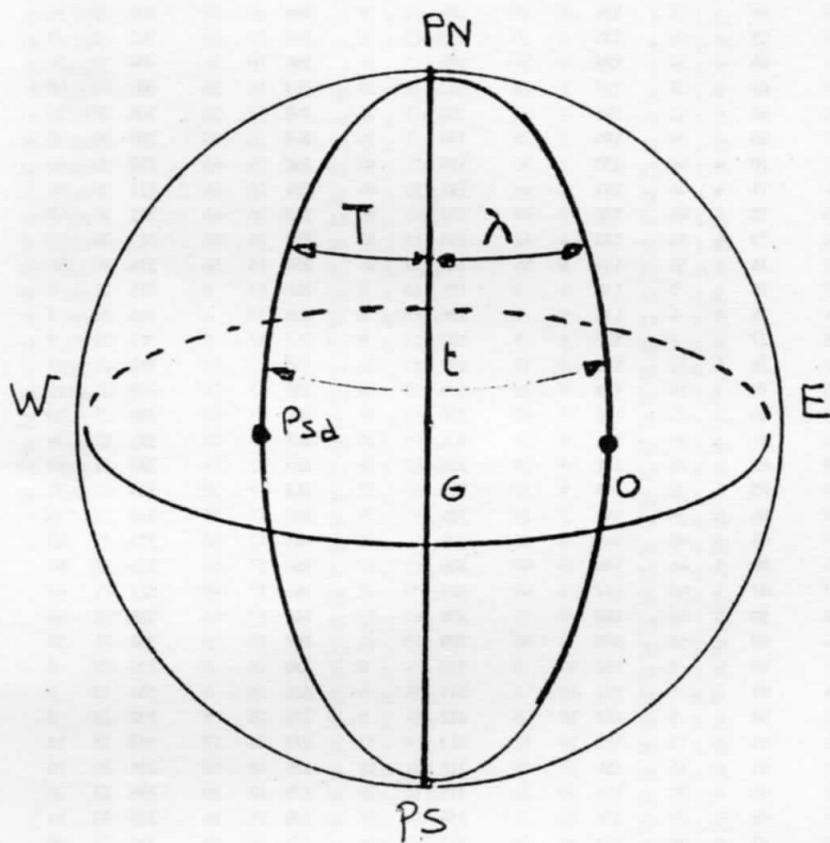


Fig .14

- T = Angolo orario a Greenwich
- t = Angolo orario locale
- λ = Longitudine dell'osservatore
- $N-S$ = Meridiano di Greenwich
- Psa = Punto subastrale dell'astro
- O = Osservatore
- $PN-OPS$ = Meridiano dell'osservatore

Tavola V

Conversione dell'arco in tempo

TAVOLA DI CONVERSIONE ARCO - TEMPO

GRADI												PRIMI								
°	h	m	°	h	m	°	h	m	°	h	m	°	h	m	'	m	s			
1	0	4	61	4	4	121	8	4	181	12	4	241	16	4	301	20	4	1	0	4
2	0	8	62	4	8	122	8	8	182	12	8	242	16	8	302	20	8	2	0	8
3	0	12	63	4	12	123	8	12	183	12	12	243	16	12	303	20	12	3	0	12
4	0	16	64	4	16	124	8	16	184	12	16	244	16	16	304	20	16	4	0	16
5	0	20	65	4	20	125	8	20	185	12	20	245	16	20	305	20	20	5	0	20
6	0	24	66	4	24	126	8	24	186	12	24	246	16	24	306	20	24	6	0	24
7	0	28	67	4	28	127	8	28	187	12	28	247	16	28	307	20	28	7	0	28
8	0	32	68	4	32	128	8	32	188	12	32	248	16	32	308	20	32	8	0	32
9	0	36	69	4	36	129	8	36	189	12	36	249	16	36	309	20	36	9	0	36
10	0	40	70	4	40	130	8	40	190	12	40	250	16	40	310	20	40	10	0	40
11	0	44	71	4	44	131	8	44	191	12	44	251	16	44	311	20	44	11	0	44
12	0	48	72	4	48	132	8	48	192	12	48	252	16	48	312	20	48	12	0	48
13	0	52	73	4	52	133	8	52	193	12	52	253	16	52	313	20	52	13	0	52
14	0	56	74	4	56	134	8	56	194	12	56	254	16	56	314	20	56	14	0	56
15	1	0	75	5	0	135	9	0	195	13	0	255	17	0	315	21	0	15	1	0
16	1	4	76	5	4	136	9	4	196	13	4	256	17	4	316	21	4	16	1	4
17	1	8	77	5	8	137	9	8	197	13	8	257	17	8	317	21	8	17	1	8
18	1	12	78	5	12	138	9	12	198	13	12	258	17	12	318	21	12	18	1	12
19	1	16	79	5	16	139	9	16	199	13	16	259	17	16	319	21	16	19	1	16
20	1	20	80	5	20	140	9	20	200	13	20	260	17	20	320	21	20	20	1	20
21	1	24	81	5	24	141	9	24	201	13	24	261	17	24	321	21	24	21	1	24
22	1	28	82	5	28	142	9	28	202	13	28	262	17	28	322	21	28	22	1	28
23	1	32	83	5	32	143	9	32	203	13	32	263	17	32	323	21	32	23	1	32
24	1	36	84	5	36	144	9	36	204	13	36	264	17	36	324	21	36	24	1	36
25	1	40	85	5	40	145	9	40	205	13	40	265	17	40	325	21	40	25	1	40
26	1	44	86	5	44	146	9	44	206	13	44	266	17	44	326	21	44	26	1	44
27	1	48	87	5	48	147	9	48	207	13	48	267	17	48	327	21	48	27	1	48
28	1	52	88	5	52	148	9	52	208	13	52	268	17	52	328	21	52	28	1	52
29	1	56	89	5	56	149	9	56	209	13	56	269	17	56	329	21	56	29	1	56
30	2	0	90	6	0	150	10	0	210	14	0	270	18	0	330	22	0	30	2	0
31	2	4	91	6	4	151	10	4	211	14	4	271	18	4	331	22	4	31	2	4
32	2	8	92	6	8	152	10	8	212	14	8	272	18	8	332	22	8	32	2	8
33	2	12	93	6	12	153	10	12	213	14	12	273	18	12	333	22	12	33	2	12
34	2	16	94	6	16	154	10	16	214	14	16	274	18	16	334	22	16	34	2	16
35	2	20	95	6	20	155	10	20	215	14	20	275	18	20	335	22	20	35	2	20
36	2	24	96	6	24	156	10	24	216	14	24	276	18	24	336	22	24	36	2	24
37	2	28	97	6	28	157	10	28	217	14	28	277	18	28	337	22	28	37	2	28
38	2	32	98	6	32	158	10	32	218	14	32	278	18	32	338	22	32	38	2	32
39	2	36	99	6	36	159	10	36	219	14	36	279	18	36	339	22	36	39	2	36
40	2	40	100	6	40	160	10	40	220	14	40	280	18	40	340	22	40	40	2	40
41	2	44	101	6	44	161	10	44	221	14	44	281	18	44	341	22	44	41	2	44
42	2	48	102	6	48	162	10	48	222	14	48	282	18	48	342	22	48	42	2	48
43	2	52	103	6	52	163	10	52	223	14	52	283	18	52	343	22	52	43	2	52
44	2	56	104	6	56	164	10	56	224	14	56	284	18	56	344	22	56	44	2	56
45	3	0	105	7	0	165	11	0	225	15	0	285	19	0	345	23	0	45	3	0
46	3	4	106	7	4	166	11	4	226	15	4	286	19	4	346	23	4	46	3	4
47	3	8	107	7	8	167	11	8	227	15	8	287	19	8	347	23	8	47	3	8
48	3	12	108	7	12	168	11	12	228	15	12	288	19	12	348	23	12	48	3	12
49	3	16	109	7	16	169	11	16	229	15	16	289	19	16	349	23	16	49	3	16
50	3	20	110	7	20	170	11	20	230	15	20	290	19	20	350	23	20	50	3	20
51	3	24	111	7	24	171	11	24	231	15	24	291	19	24	351	23	24	51	3	24
52	3	28	112	7	28	172	11	28	232	15	28	292	19	28	352	23	28	52	3	28
53	3	32	113	7	32	173	11	32	233	15	32	293	19	32	353	23	32	53	3	32
54	3	36	114	7	36	174	11	36	234	15	36	294	19	36	354	23	36	54	3	36
55	3	40	115	7	40	175	11	40	235	15	40	295	19	40	355	23	40	55	3	40
56	3	44	116	7	44	176	11	44	236	15	44	296	19	44	356	23	44	56	3	44
57	3	48	117	7	48	177	11	48	237	15	48	297	19	48	357	23	48	57	3	48
58	3	52	118	7	52	178	11	52	238	15	52	298	19	52	358	23	52	58	3	52
59	3	56	119	7	56	179	11	56	239	15	56	299	19	56	359	23	56	59	3	56
60	4	0	120	8	0	180	12	0	240	16	0	300	20	0	360	24	0	60	4	0

Tavola VI

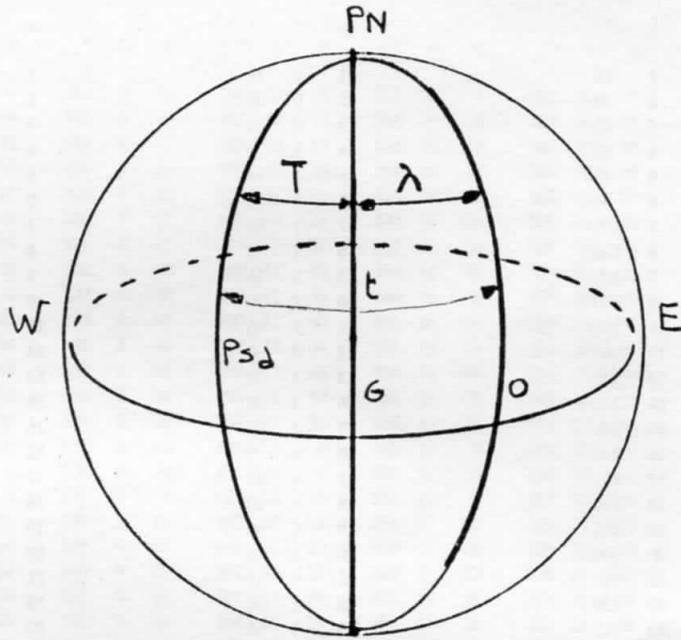
Conversione del tempo in arco

TAVOLA DI CONVERSIONE TEMPO - ARCO

ORE		MINUTI		SECONDI		
h	°	m	'	s		
1	15	1	0	15	1	0.25
2	30	2	0	30	2	0.50
3	45	3	0	45	3	0.75
4	60	4	1	0	4	1.0
5	75	5	1	15	5	1.25
6	90	6	1	30	6	1.50
7	105	7	1	45	7	1.75
8	120	8	2	0	8	2.0
9	135	9	2	15	9	2.25
10	150	10	2	30	10	2.50
11	165	11	2	45	11	2.75
12	180	12	3	0	12	3.0
13	195	13	3	15	13	3.25
14	210	14	3	30	14	3.50
15	225	15	3	45	15	3.75
16	240	16	4	0	16	4.0
17	255	17	4	15	17	4.25
18	270	18	4	30	18	4.50
19	285	19	4	45	19	4.75
20	300	20	5	0	20	5.0
21	315	21	5	15	21	5.25
22	330	22	5	30	22	5.50
23	345	23	5	45	23	5.75
24	360	24	6	0	24	6.0
		25	6	15	25	6.25
		26	6	30	26	6.50
		27	6	45	27	6.75
		28	7	0	28	7.0
		29	7	15	29	7.25
		30	7	30	30	7.50
		31	7	45	31	7.75
		32	8	0	32	8.0
		33	8	15	33	8.25
		34	8	30	34	8.50
		35	8	45	35	8.75
		36	9	0	36	9.0
		37	9	15	37	9.25
		38	9	30	38	9.50
		39	9	45	39	9.75
		40	10	0	40	10.0
		41	10	15	41	10.25
		42	10	30	42	10.50
		43	10	45	43	10.75
		44	11	0	44	11.0
		45	11	15	45	11.25
		46	11	30	46	11.50
		47	11	45	47	11.75
		48	12	0	48	12.0
		49	12	15	49	12.25
		50	12	30	50	12.50
		51	12	45	51	12.75
		52	13	0	52	13.0
		53	13	15	53	13.25
		54	13	30	54	13.50
		55	13	45	55	13.75
		56	14	0	56	14.0
		57	14	15	57	14.25
		58	14	30	58	14.50
		59	14	45	59	14.75
		60	15	0	60	15.0

Alcuni esempi per la determinazione dell'Angolo Orario Locale
 Osservatore a Est. Punto Subastrale a Ovest dell'osservatore

$T = 21^{\circ} 48,9$ (dalle effemeridi)
 $\lambda = 13^{\circ} 05,0$ E (longitudine dell'osservatore)
 $t = T + \lambda$
 $t = 21^{\circ} 48,9 + 13^{\circ} 05,0 = 34^{\circ} 53,9$



$t = T \pm \lambda$
 E +
 W -

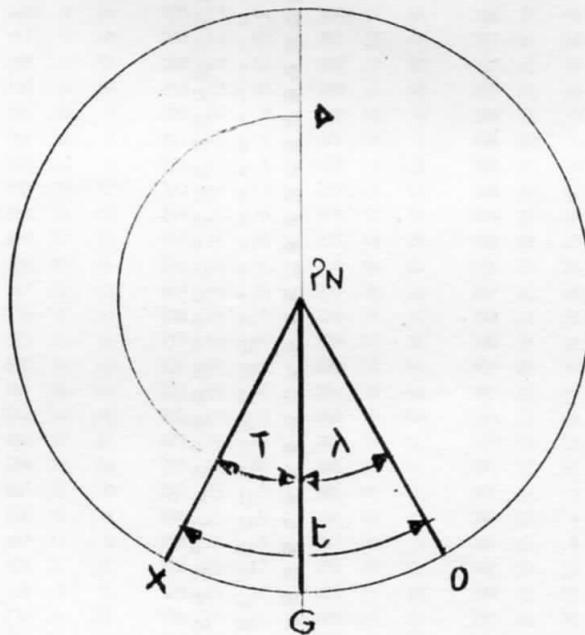
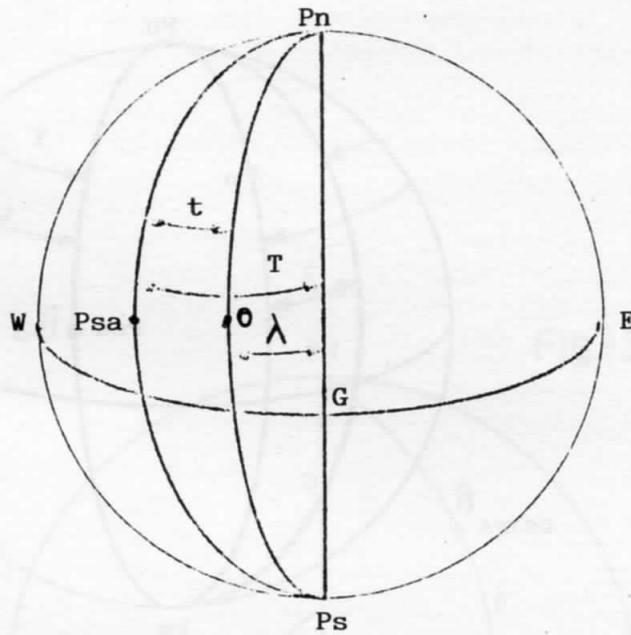


Fig. 15

Psa = Meridiano del punto subastrale
G = Meridiano di Greenwich
O = Meridiano dell'osservatore

Osservatore a Ovest. Punto Subastrale a Ovest dell'osservatore

$T = 36^{\circ} 51,5$ (dalle effemeridi)
 $\lambda = 15^{\circ} 20,0$ w (longitudine dell'osservatore)
 $t = T + \lambda$
 $t = 36^{\circ} 51,5 - 15^{\circ} 20,0 = 21^{\circ} 3$



$t = T \pm \lambda$
 E +
 W -

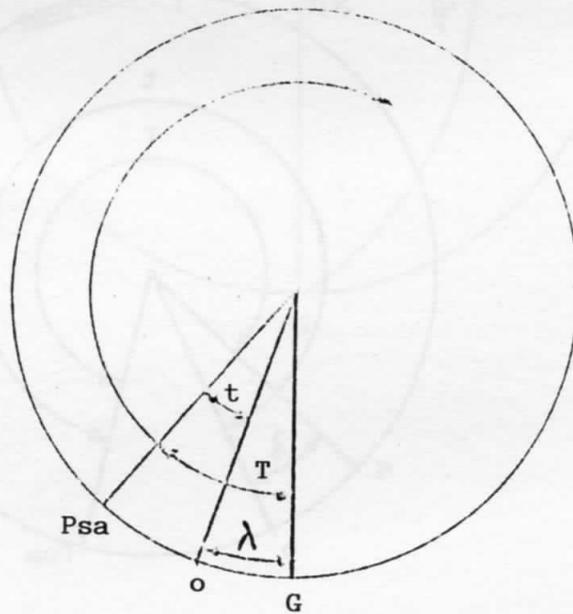


Fig. 16

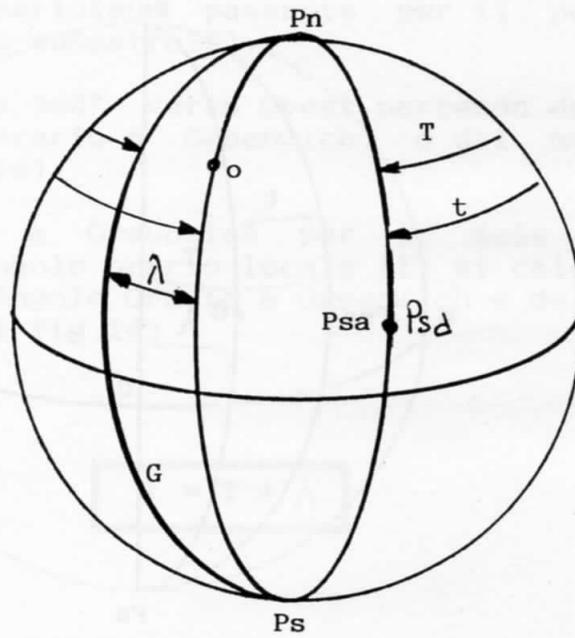
Psa = Meridiano del punto subastrale
G = Meridiano di Greenwich
O = Meridiano dell'osservatore

$T = 321^{\circ} 42,5$ (dalle effemeridi)

$\lambda = 10^{\circ} 20,0$ E (longitudine dell'osservatore)

$t = T + \lambda$

$t = 321^{\circ} 42,5 + 10^{\circ} 20,0 = 332^{\circ} 02,5$



$t = T$

E +

W -

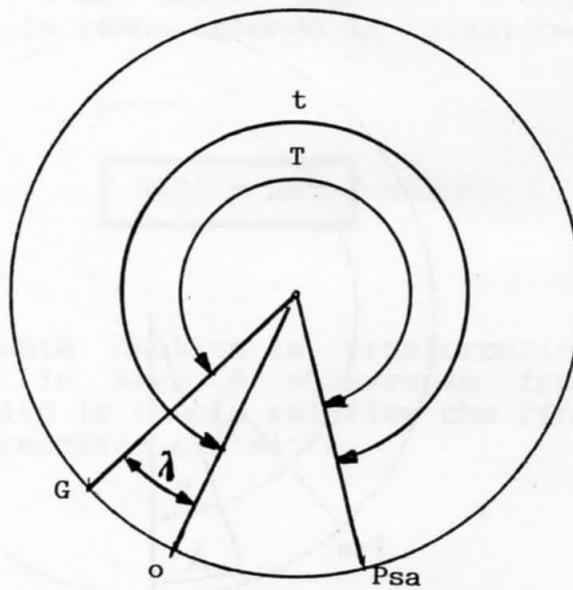


Fig.17

Psa = Meridiano del punto subastrale

G = Meridiano di Greenwich

O = Meridiano dell'osservatore

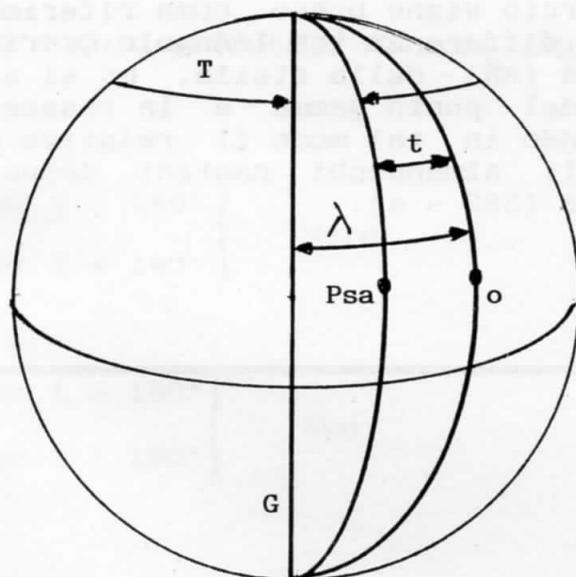
Osservatore a est. Punto Subastrale a Ovest dell'osservatore

$T = 351^{\circ} 40,2$ (dalle effemeridi)

$\lambda = 24^{\circ} 10,0$ E (longitudine dell'osservatore)

$t = T + \lambda$

$t = 351^{\circ} 40,2 + 24^{\circ} 10,0 = 375^{\circ} 50,2 - 360^{\circ} = 15^{\circ} 50,2$



$t = T$

E +

W -

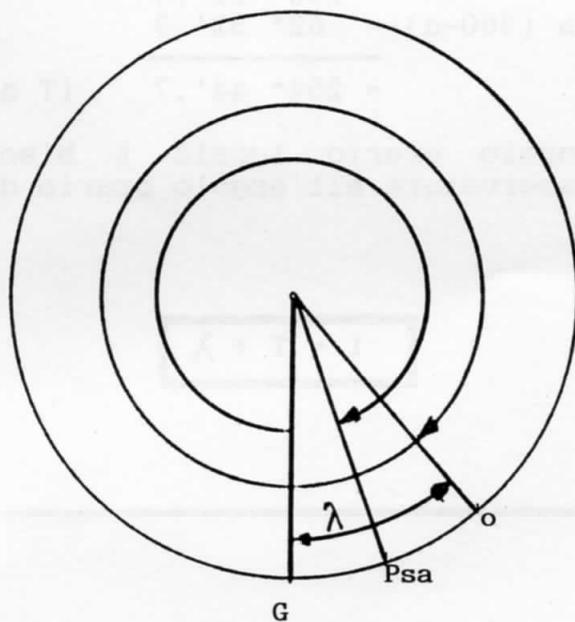


Fig. 18

Psa = Meridiano del punto subastrale
G = Meridiano di Greenwich
O = Meridiano dell'osservatore

ANGOLO ORARIO T (Stelle)

L'angolo orario delle stelle è dato dalla differenza tra l'Angolo Orario del punto gamma e l'ascensione retta della Stella, dati questi che ci vengono forniti dall'almanacco nautico. Infatti ai nostri fini il punto gamma si può considerare fisso rispetto alle stelle e perciò viene preso come riferimento. Nella pratica però non si fa la differenza tra l'Angolo Orario del punto gamma e l'ascensione retta (AR) della stella, ma si esegue la somma tra l'Angolo Orario del punto gamma e la coascensione retta della stella semplificando in tal modo il relativo calcolo. Per questa ragione tutti gli almanacchi nautici danno il valore della coascensione retta ($360 - \alpha$).

Un esempio

Astro : Altair

Dalle effemeridi:

Ts = $192^{\circ} 11',4$
Coascensione retta ($360-\alpha$) = $62^{\circ} 33',3$

T = $254^{\circ} 44',7$ (T a Greenwich)

Per ottenere l'angolo orario locale t bisogna aggiungere la longitudine dell'osservatore all'angolo orario di Greenwich.

$$t = T + \lambda$$

Calcolo della posizione occupata dall'osservatore mediante retta meridiana di Sole.

Con questo procedimento la latitudine e la longitudine vengono calcolate separatamente.

LA LATITUDINE

Il Sole raggiunge la sua massima altezza sull'orizzonte nel momento in cui transita sul meridiano dell'osservatore. Alcuni minuti prima dal mezzogiorno locale (cioè dal passaggio del sole al meridiano del luogo) si comincia ad osservare il Sole col sestante e per mezzo del tamburo lo si insegue nel suo moto di ascesa. Nel momento della sua culminazione superiore (cioè quando il Sole sembra, per qualche istante, fermo) si fa collimare uno dei lembi con l'orizzonte.

La lettura dello strumento opportunamente corretta secondo quanto esposto nel capitolo 3° ci darà il valore della massima altezza vera (h) raggiunta dal Sole per quel giorno e luogo. Si calcola il complemento a 90° dell'altezza meridiana h, cioè la corrispondente distanza zenitale (dz) dell'astro

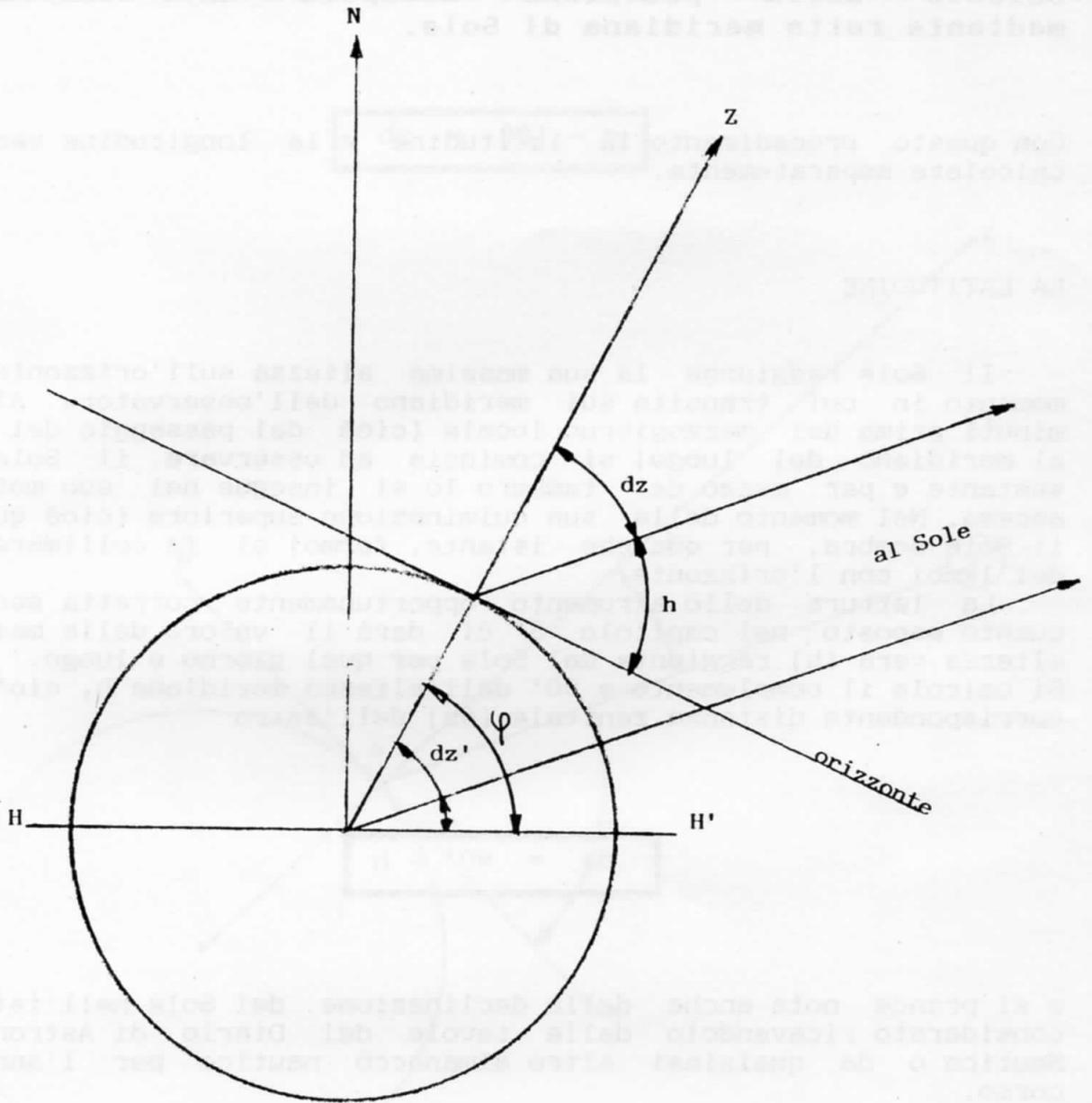
$$dz = 90^\circ - h$$

e si prende nota anche della declinazione del Sole nell'istante considerato ricavandolo dalle tavole del Diario di Astronomia Nautica o da qualsiasi altro almanacco nautico per l'anno in corso.

La latitudine del luogo, e quindi il parallelo geografico su cui l'osservatore si trova, è

$$\varphi = dz + \delta$$

Vedi figure 19 e 20



90°
- h

= dz
+ δ

= φ

Fig.19

- φ = Latitudine dell'osservatore
- δ = Declinazione dell'astro
- h = Altezza dell'astro
- dz = Distanza zenitale
- z = Zenit
- $H-H'$ = Equatore

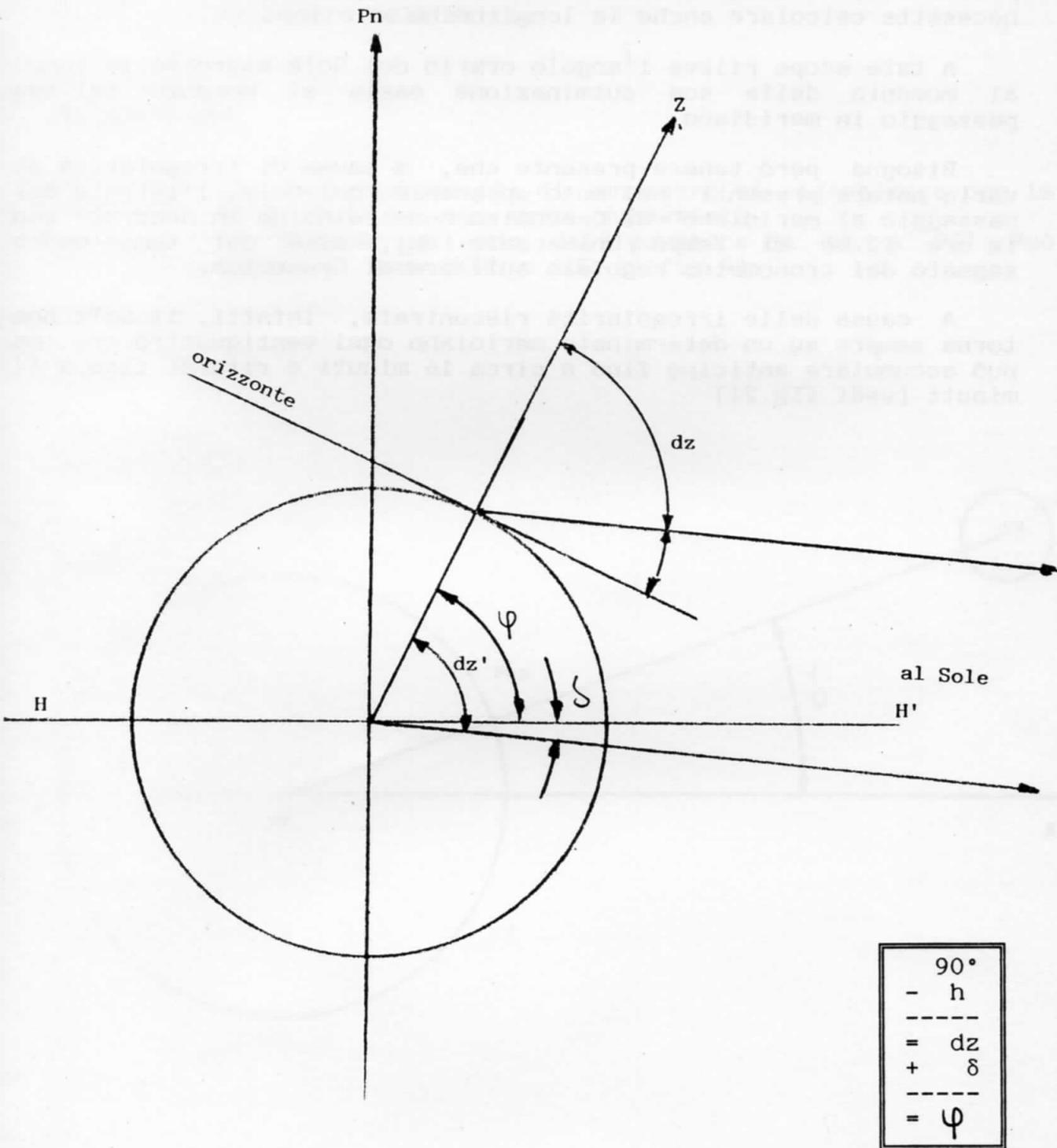


Fig.20

- φ = Latitudine dell'osservatore
- δ = Declinazione dell'astro
- h = Altezza dell'astro
- dz = Distanza zenitale
- Z = Zenit
- $H-H'$ = Equatore

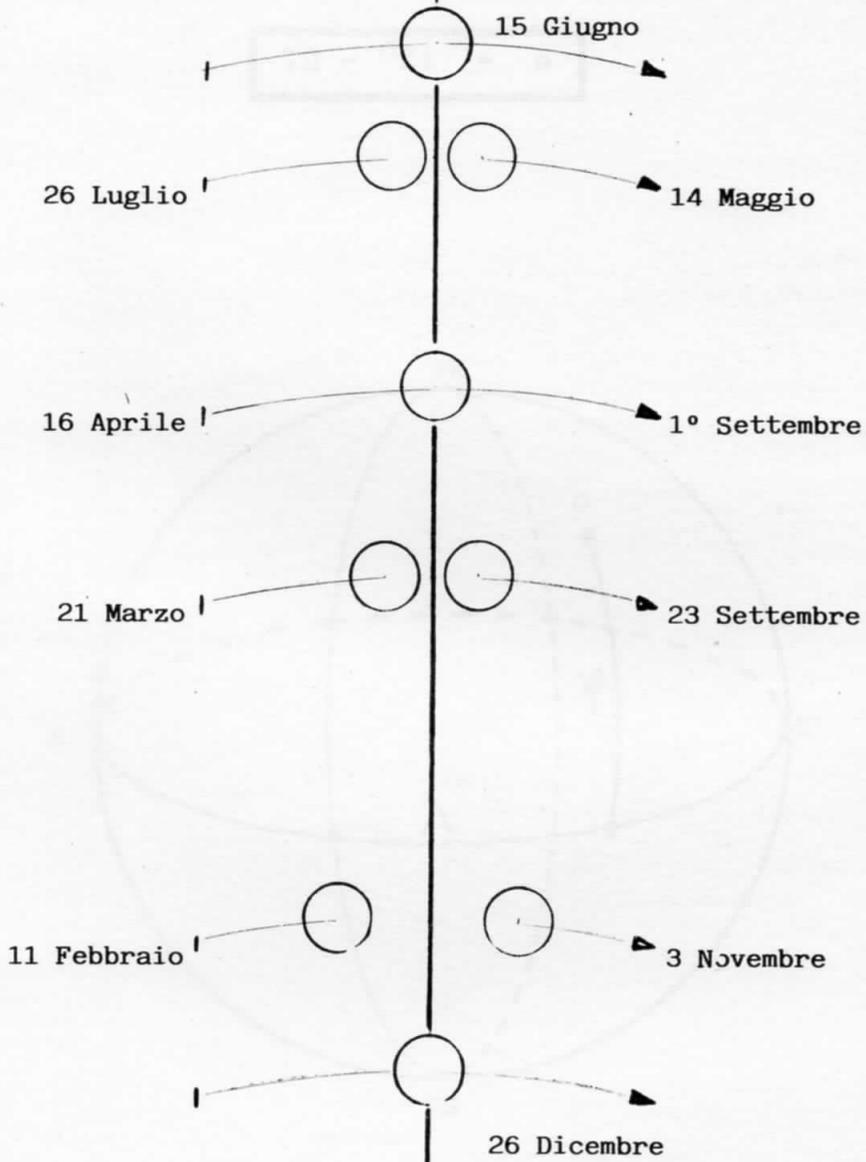
Dopo aver calcolato la latitudine dell'osservatore mediante l'altezza h del Sole all'istante della culminazione superiore, per poter individuare la posizione occupata dall'osservatore, necessita calcolare anche la longitudine.

A tale scopo rileva l'angolo orario del Sole espresso in tempo al momento della sua culminazione ossia al momento del suo passaggio in meridiano.

Bisogna però tenere presente che, a causa di irregolarità di varia natura presenti nel moto apparente del Sole, l'istante del passaggio al meridiano di Greenwich non coincide in generale con le ore 12.00 di Tempo Universale (TU); cioè del tempo medio segnato dal cronometro regolato sull'ora di Greenwich.

A causa delle irregolarità riscontrate, infatti, il Sole non torna sempre su un determinato meridiano ogni ventiquattro ore, ma può accumulare anticipo fino a circa 16 minuti e ritardi fino a 14 minuti (vedi fig.21)

Ritardo



Anticipo

Fig. 21

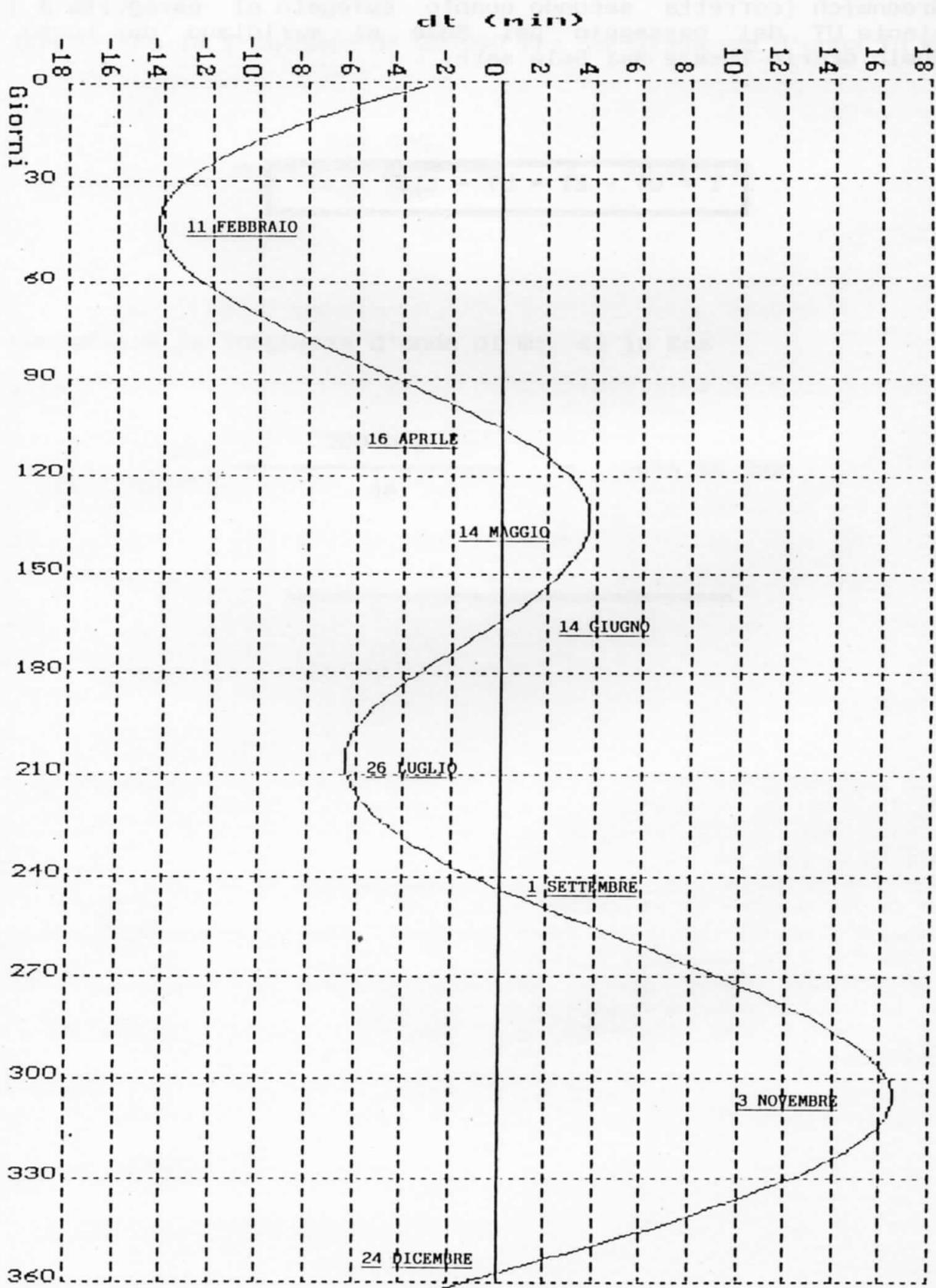
La differenza tra l'ora di Tempo Medio del transito del SOLE (ET) al meridiano considerato e le ore 12, è detta Equazione del Tempo (e).

$$e = 12^h - ET$$



Fig. 8

Equazione del tempo (fig.22)



L'almanacco nautico può fornire l'equazione del tempo (e) oppure l'ora di transito in meridiano (ET). In ogni caso noto un termine si può ricavare l'altro.

Noto pertanto, dal cronometro regolato sull'ora di tempo medio di Greenwich (corretta secondo quanto spiegato al paragrafo 4) l'istante UT del passaggio del Sole al meridiano del luogo, l'angolo orario locale del Sole sarà:

$$T = UT - ET = UT - (12^h - e)$$

Un esempio

Calcolo della posizione occupata dell'osservatore (ψ e λ)

Dati:

Altezza vera del Sole misurata
All'istante:
Decilinazione del Sole
Equazione del Tempo

$h = 69^{\circ} 54',6$
 $VT = 11^h 16^m 09^s$
 $\delta = +22^{\circ} 23',4$
 $e = +01^m 51^s$

LATITUDINE

$90^{\circ} 00',0$
 $-h \quad 69^{\circ} 54',6$

$dz \quad 20^{\circ} 05',4$
 $+ \delta \quad 22^{\circ} 23',4$

$\psi = +42^{\circ} 28',8$

LONGITUDINE

$12^h 00^m 00^s$
 $-e \quad 01^m 51^s$

$ET = 11^h 58^m 09^s$
 $-UT \quad 11^h 16^m 09^s$

$T = 42^m 00^s$

e quindi la latitudine del luogo di osservazione è $\phi = 42^{\circ} 28',8$ e la longitudine è di $42^m 00^s$. Poiché $UT < ET$ la longitudine è Est.

Convertendo il tempo in arco avremo $= 10^{\circ} 30' E$.

Ricavando invece il valore di T corrispondente alle $11^h 16^m 09^s$ di Tempo Universale direttamente dall'almanacco nautico, si ha:

$$T = 349^{\circ} 30',0$$

e quindi, ancora,

$$\lambda = 360^{\circ} - 349^{\circ} 30' = 10^{\circ} 30' E$$

**Cerchio e retta di altezza-Triangolo di posizione
Punto Nave**

Il cerchio di altezza di un astro è il cerchio sulla Terra dal quale, in ogni punto, si rileva un astro sotto il medesimo angolo. L'osservatore si trova su un punto qualsiasi del cerchio e il centro del cerchio è anche il punto subastrale.

Se l'altezza vera (hv) dell'astro è uguale al 90°, l'osservatore si trova sul punto subastrale e la sua posizione è definita.

Posto che l'osservatore non si trovi sul punto subastrale, resta da stabilire su quale cerchio di altezza e in quale punto di questo si collochi (vedi fig.23);

Poiché il navigatore può sempre disporre di un punto stimato (Ps), si tratta di risolvere il triangolo di posizione (vedi fig.24) con questo punto e ricavare l'altezza calcolata (hc) con la formula:

$$\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t$$

Dalla differenza tra altezza calcolata (hc) e quella vera (hv) osservata si può stabilire su quale cerchio si trova il navigatore.

Poiché il cerchio di altezza è generalmente molto grande (vedi fig.22) l'arco nel quale si trova il punto è molto piccolo, si può considerare detto arco come una retta che perciò viene chiamata **RETTA DI ALTEZZA**.

L'azimut (az) che è sempre perpendicolare alla retta stessa può essere misurato o calcolato con la seguente formula:

$$\cos Z = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \sin h}{\cos h \cos \varphi}$$

dove $\cos Z$ è il coseno dell'angolo azimutale.

L'azimut (az) che si misura da 0° a 360° si ricava da:

$$\begin{array}{ll} az = Z & t > 180^\circ \\ az = 360^\circ - Z & t < 180^\circ \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} az = Z \\ az = 360^\circ - Z \end{array}} \right\} \varphi \text{ Nord}$$

$$\begin{array}{ll} az = 180^\circ - Z & t > 180^\circ \\ az = 180^\circ + Z & t < 180^\circ \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} az = 180^\circ - Z \\ az = 180^\circ + Z \end{array}} \right\} \varphi \text{ Sud}$$

La differenza fra la due altezze (altezza vera e altezza calcolata) si chiama spostamento ed è uguale a tante miglia nautiche quanti sono i minuti primi misurati sulla carta nautica sulla scala delle latitudini.

La retta relativa ai dati ottenuti sarà riportata sulla carta nautica e il navigante si troverà su un punto della medesima (vedi fig.).

Se contemporaneamente si rileva un secondo astro si otterrà una seconda retta di altezza che intersecherà la prima in un punto che sarà il punto (φ e λ) occupato dall'osservatore.

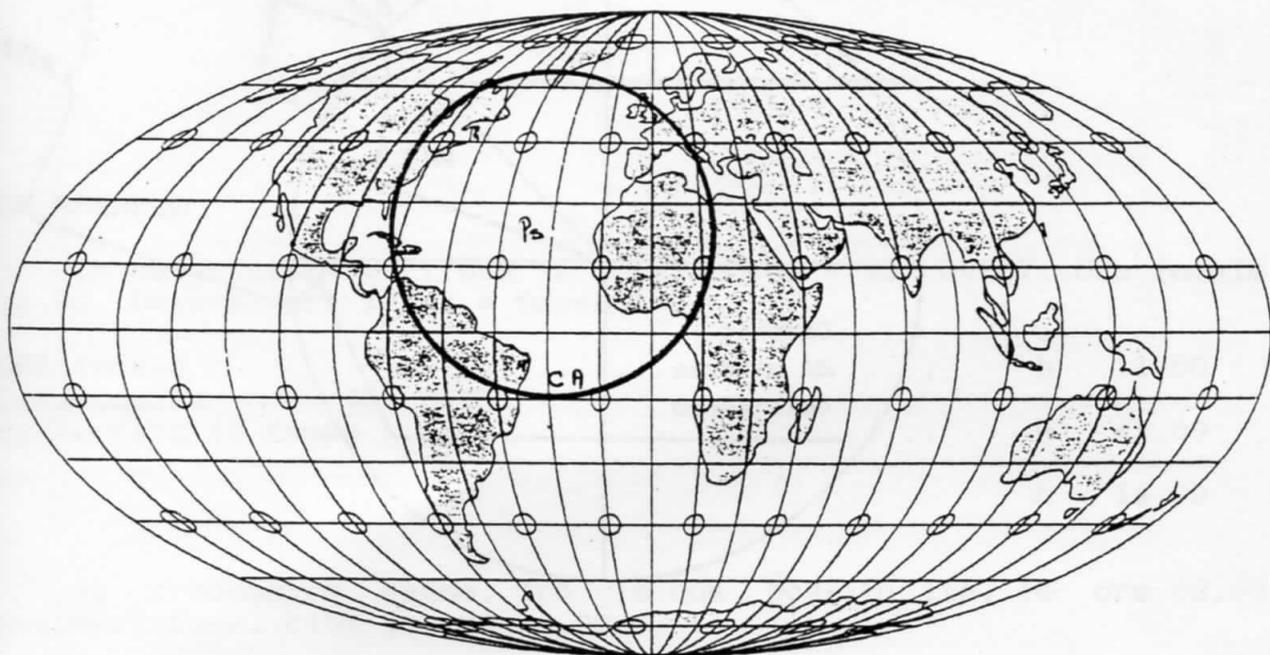


Fig. 22 bis

Ps: Punto subastrale

CA: Cerchio di altezza

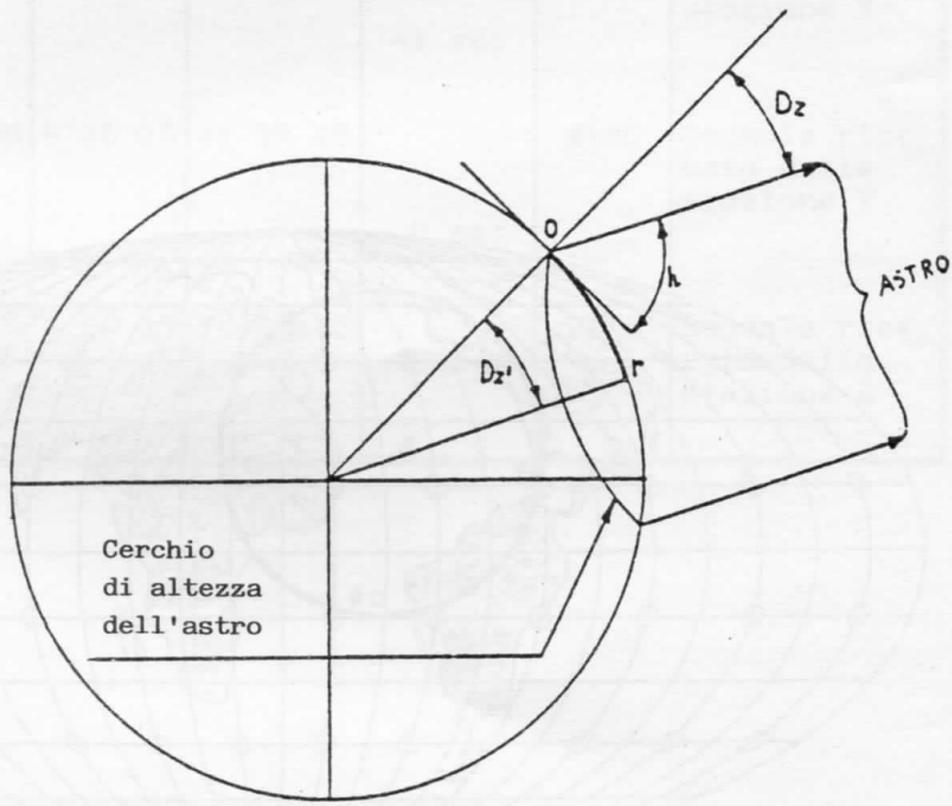


Fig 23

- dz = Distanza zenitale
- O = Osservatore
- h = Altezza dell'astro
- r = Raggio del cerchio di altezza dell'astro

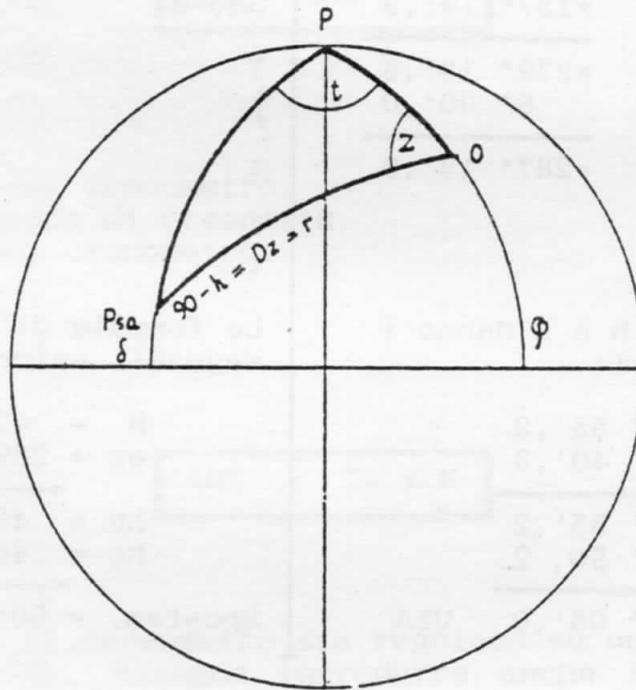


Fig.24

- φ = Latitudine dell'osservatore
- t = Angolo orario locale
- Z = Angolo azimutale
- Psa = Punto subastrale
- δ = Declinazione dell'astro
- $90^\circ - \varphi$ = Colatitudine
- $90 - \delta$ = Distanza polare
- $O-P-Psa$ = Triangolo di posizione

Un esempio

Determinazione del punto mediante le rette di altezza di due stelle. (Fig 25)

Ore (Tm) 19^h 00^m 00^s

Punto stimato $\varphi = 43^{\circ} 00',0$ N $\lambda = 8^{\circ} 00',0$ E

Astro: Kokab $\delta = 74^{\circ} 14',3$ N

Ts 141° 53',9
360- α +137° 19',9

T = 279° 13',8
 λ 8° 00',0

t = 287° 13',8

Le formule di h e z danno i seguenti valori:

h = 49° 55',2
az = 20° 40',3

hc = 49° 55',2
-hv = 49° 50',2

Spostam. = 00° 05',0 VIA

Astro: Capella $\delta = 45^{\circ} 58',7$ N

Ts 141° 53',9
360- α +281° 12',1

T = 423° 06',0
 λ 8° 00',0

t = 431° 06',0
-360°

t = 71° 06',0

Le formule di h e z danno i seguenti valori:

h = 40° 55',3
az = 289° 31',0

hv = 40° 59',3
hc = 40° 55',3

Spostam. = 00° 04',0 VERSO

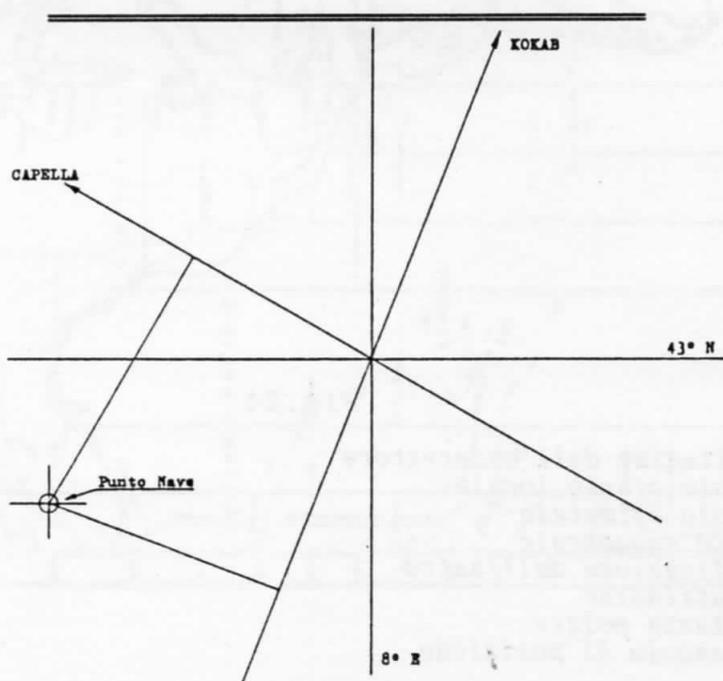
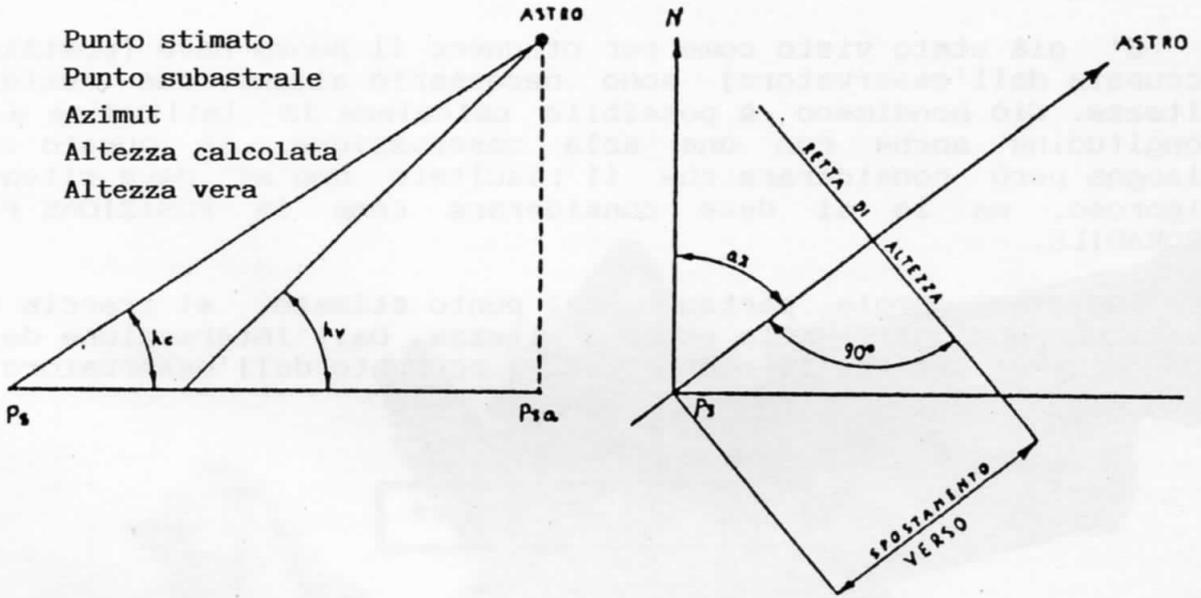
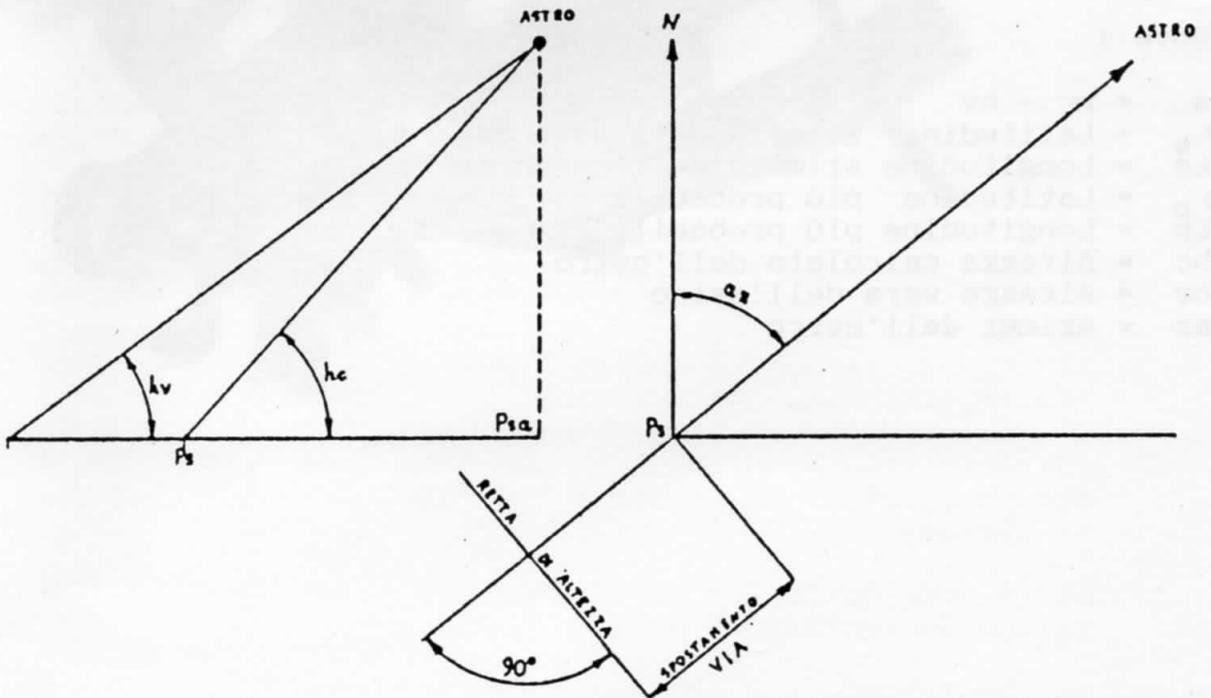


Fig. 25

- Ps. Punto stimato
- Psa. Punto subastrale
- az. Azimut
- hc. Altezza calcolata
- hv. Altezza vera



L'Altezza vera hv (SESTANTE) é maggiore dell'altezza hc (CALCOLATA). La retta d'altezza é più vicina all'astro.



L'Altezza vera hv (SESTANTE) é minore dell'altezza hc (CALCOLATA). La retta d'altezza é più lontana dall'astro.

POSIZIONE (φ E λ) NON RIGOROSA OTTENUTA CON UNA SOLA OSSERVAZIONE

E' già stato visto come per ottenere il punto nave (posizione occupata dall'osservatore) sono necessarie almeno due rette di altezza. Ciò nondimeno è possibile calcolare la latitudine e la longitudine anche con una sola osservazione. In questo caso bisogna però considerare che il risultato non si deve ritenere rigoroso, ma lo si deve considerare come la POSIZIONE PIU' PROBABILE.

In altre parole, partendo dal punto stimato, si traccia una retta perpendicolare alla retta d'altezza. Dall'intersezione delle due rette si ottiene il punto (φ e λ) occupato dall'osservatore.

$$\varphi_p = \varphi_s - a \cos az$$

$$L_p = L_s + \frac{a \sin az}{\cos L_s}$$

Dove :

- a = hc - hv
- φ_s = Latitudine stimata dell'osservatore
- L_s = Longitudine stimata dell'osservatore
- φ_p = Latitudine più probabile
- L_p = Longitudine più probabile
- hc = Altezza calcolata dell'astro
- hv = Altezza vera dell'astro
- az = Azimut dell'astro

IMPOSTAZIONE DATI

Latitudine Nord introdotta e ottenuta come valore positivo
Latitudine Sud introdotta e ottenuta come valore negativo
Longitudine Ovest introdotta e ottenuta come valore positivo
Longitudine Est introdotta e ottenuta come valore negativo



IMPIEGO DELL'AZIMUT DI UN ASTRO PER LA DETERMINAZIONE
DEGLI ANGOLI DI DEVIAZIONE DI UNA BUSSOLA MAGNETICA

E' noto che una bussola magnetica non indica il meridiano geografico bensì il meridiano magnetico (si chiamano meridiani magnetici i circoli massimi della superficie terrestre che passano per i poli magnetici Nord e Sud) e che pertanto la direzione indicata dall'ago della bussola non è il Nord vero, ma il Nord magnetico.

DECLINAZIONE MAGNETICA

L'angolo compreso fra la direzione del, Nord vero e la direzione del Nord magnetico si chiama DECLINAZIONE MAGNETICA e viene indicato con la lettera (d).

La declinazione magnetica si misura in gradi e primi ed è considerata positiva (+) o di nome EST quando il Nord magnetico si trova a EST del NORD vero. E' considerata negativa (-) o di nome OVEST nel caso contrario.

Il valore della declinazione magnetica (d) non è costante, ma varia da luogo a luogo. Inoltre varia anche nel tempo.

Attualmente nella zona di Mediterraneo la declinazione magnetica è di nome OVEST. Poiché è in diminuzione, passerà per lo zero dopo di che assumerà il nome EST.

Detto valore (d) viene riportato per zone sulle carte nautiche unitamente al valore di aumento o di diminuzione e all'anno di riferimneto nella seguente forma data come esempio.

Dec 1981 = 3° 23' OVEST
Diminuisce di 7' all'anno

Volendo conoscere per la medesima zona la declinazione magnetica per l'anno 1989, basterà sottrarre dal valore indicato per l'anno 1981, per il numero degli anni trascorsi.

	1981	=	3°	23'	OVEST
Diminuisce	7' x 8	=	0°	56'	
	1989	d =	2°	27'	OVEST

DEVIAZIONE MAGNETICA

Se una bussola magnetica si trova immersa in un campo magnetico indotto, (ad esempio su una barca in ferro) il suo ago non segnerà più in NORD magnetico ma una terza direzione chiamata NORD BUSSOLA. L'angolo compreso fra la direzione del Nord magnetico e la direzione del NORD Bussola, si chiama DEVIAZIONE MAGNETICA e si indica con la lettera (δ).

La deviazione magnetica (δ) si misura in gradi e primi ed è considerata positiva (+) o di nome EST quando il Nord bussola si trova ad EST del NORD magnetico. E' considerata negativa (-) o di nome OVEST nel caso contrario.

VARIAZIONE MAGNETICA

La somma algebrica dei valori della Declinazione magnetica (d) e della DEVIAZIONE MAGNETICA (δ) si chiama VARIAZIONE MAGNETICA ed è indicata con la lettera (V).

$$V = d + \delta$$

La variazione magnetica V rappresenta la correzione complessiva da apportare al rilevamento bussola (R1b) per ottenere un rilevamento vero (R1v).

Può essere positiva (+) o di nome EST se il Nord bussola si trova ad EST del NORD vero, oppure negativa (-) o di nome OVEST nel caso contrario.

Da quanto detto risulta che per un osservatore a terra passano due meridiani: il MERIDIANO VERO e il MERIDIANO MAGNETICO, mentre per un osservatore a bordo di un mezzo mobile con campo magnetico indotto (Nave, aereo, ecc.) passano tre meridiani:

- I1 MERIDIANO VERO
- I1 MERIDIANO MAGNETICO
- I1 MERIDIANO BUSSOLA

CORREZIONI E CONVERSIONI

Volendo calcolare un rilevamento vero partendo da un rilevamento bussola, si rende necessario effettuare una correzione secondo la relazione:

$$Rilv = Rilb + d + \delta$$

ossia

$$Rilv = Rilb + V$$

Se invece si vuole calcolare un rilevamento bussola partendo da un rilevamento vero, bisogna effettuare una conversione.

$$Rilb = Rilv - d - \delta$$

ossia

$$Rilb = Rilv - V$$

Per conoscere l'angolo di variazione V ($d + \delta$), basterà conoscere l'AZIMUT (az) di un astro per un determinato istante. Poiché l'azimut è un rilevamento vero, avremo:

$$V = Rilv - Rilb$$

quindi

$$V = az - Rilb$$

Facendo alcuni rilevamenti su prove diverse e tenendo conto della (d) del posto, è possibile compilare una tabella delle DEVIAZIONI della BUSSOLA di BORDO. Se invece interessa conoscere il valore della declinazione magnetica avremo:

$$d = az - Rilm$$

e pertanto la differenza fra un rilevamento vero e un rilevamento magnetico darà l'angolo di declinazione (d) relativo al campo magnetico terrestre per quel luogo e momento.

Per calcolare l'azimut (az) di un astro, si può ricorrere ad apposite tavole oppure alla formula:

$$\cos Z = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \sin h}{\cos h \cos \varphi}$$

dove: $\sin h = \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t$

$$\left. \begin{array}{l} \text{e dove: } az = Z \quad t > 180^\circ \\ az = 360^\circ - Z \quad t < 180^\circ \end{array} \right\} \varphi \text{ Nord}$$

$$\left. \begin{array}{l} az = 180^\circ - Z \quad t > 180^\circ \\ az = 180^\circ + Z \quad t < 180^\circ \end{array} \right\} \varphi \text{ Sud}$$

Un momento particolarmente interessante per effettuare un rilevamento, è quando l'astro è all'istante del sorgere o del tramonto, e cioè quando $h = 0$. In questo caso avremo:

$$\cos Z = \frac{\sin \delta}{\cos \varphi}$$

Nel caso che l'astro sia il Sole, è utile calcolare l'azimut del LEMBO SUPERIORE in quanto quello è il punto che si può rilevare più agevolmente. Poiché all'orizzonte la rifrazione atmosferica è di 34' e il semidiametro del sole è di 16', dovremo considerare il centro dell'astro sotto l'orizzonte di 50' che ridotti in valore decimale corrispondono $0^\circ,83$.

Pertanto avremo:

$$\cos Z = \frac{\sin \delta - \sin \varphi \cos 90,83}{\cos \varphi \sin 90,83}$$

Un esempio

Il giorno 4 giugno 1989 alle ore (Tm) 8 e 45 minuti, nel Punto:

$\varphi = 48^{\circ} 30' N$ e $\lambda = 8^{\circ} 25' W$ (declinazione magnetica $d = 4^{\circ} 30' W$), è stato fatto alla bussola magnetica di bordo un rilevamento del Sole $R1b = 104^{\circ} 30'$.

Determinare la variazione magnetica V e la deviazione magnetica della bussola.

Giorno 4/6/89

$T_m = 8^h \quad 25^m$

$\varphi = 48^{\circ} 30' N = +48^{\circ},5$

$\lambda = 8^{\circ} 25' W$

Calcolo di t

ore 8
minuti 25

$T = 300^{\circ} 26',2$
 $T = 6^{\circ} 21',3$

$T = 306^{\circ} 47',5$
 $= 8^{\circ} 25',0 W$

$t = 298^{\circ} 22',5 = 298^{\circ},375$

Calcolo di δ

ore 8
minuti 45

$= 22^{\circ} 26',6 N$
 $= 0',2$

$\delta = 22^{\circ} 26',8 N = 22^{\circ},446$

Calcolo di h

$\sin h =$
 $= \sin 22,446 \sin 48,5 + \cos 22,446 \cos 48,5 \cos 298,375 =$
 $= 0,577007281$

$h = 35,24032481$

$h = 35^{\circ} 14',4$

Calcolo di Z

$$\cos Z = \frac{\sin 22,446 - \sin 48,5 \sin 35,24}{\cos 35,24 \cos 48,5} = - 0,093011563$$

$$Z = 95,33688396$$

Poiché $t > 180$ avremo che $az = Z$

$$az = 95^\circ 20',2$$

Calcolo di V e δ

Rilv =	95°	20',2		
Rilb =	104°	30',0		
<hr/>				
V =	9°	9',8	OVEST	(-)
d =	4°	30',0	OVEST	(-)
δ =	4°	39',8	OVEST	(-)

DETERMINAZIONE DEI CREPUSCOLI NAUTICI

Le osservazioni e le misure delle altezze degli astri sull'orizzonte vengono fatte, in genere, durante i crepuscoli (serale e mattinale) e, più precisamente, quando il Sole occupa una posizione fra -6° e -12° , riferiti all'orizzonte dell'osservatore.

Il periodo di tempo durante il quale il Sole passa da -6° a -12° (o viceversa) è chiamato CREPUSCOLO NAUTICO.

In detto periodo e in condizione di cielo sereno sono visibili sia gli astri usati dal navigatore (stelle fino alla 3^a grandezza), sia la linea dell'orizzonte e, pertanto, si è nella condizione ottimale per la misura delle altezze.

La conoscenza dei momenti di inizio e fine dei crepuscoli nautici (fig.26) permette di programmare le osservazioni per il calcolo del PUNTO.

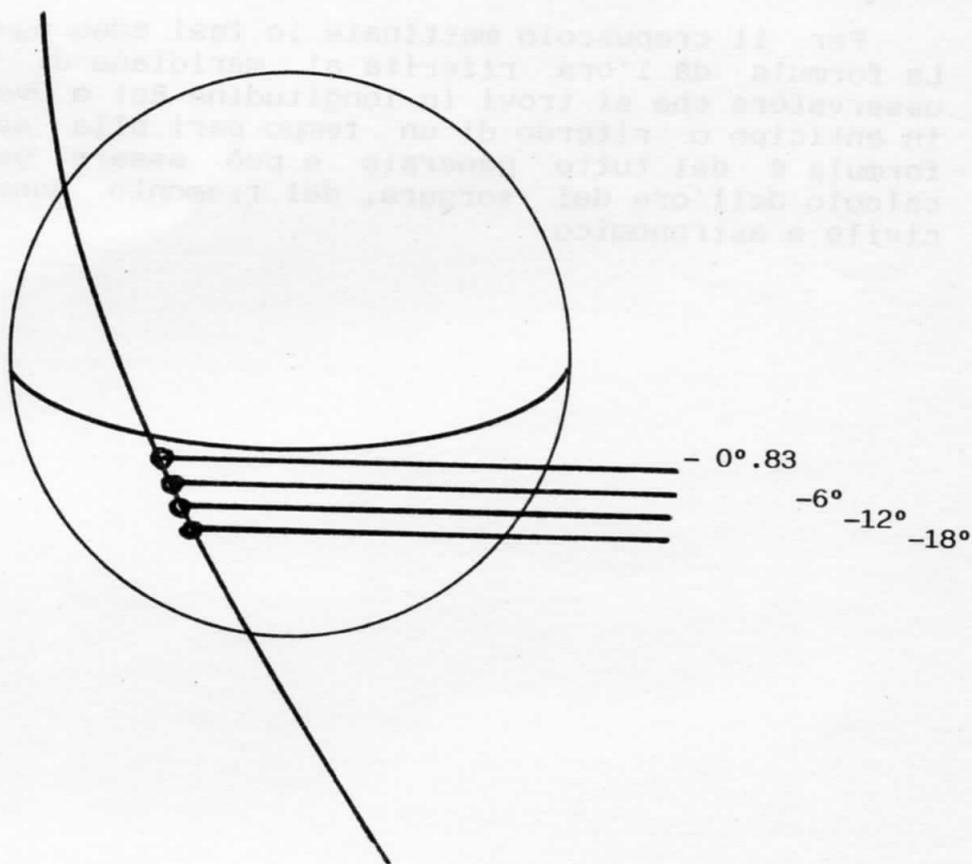


Fig. 26

Posizione del Sole

Da $-0,83^\circ$	a -6°	Crepuscolo Civile
Da -6°	a -12°	Crepuscolo Nautico
Da -12°	a -18°	Crepuscolo Astronomico

Gli orari di inizio e fine dei crepuscoli nautici (serale e mattiniale) vengono normalmente tabulati negli almanacchi di astronomia nautica (Vedi tavole V e VI), ma possono essere calcolati con la seguente formula:

$$T_m = \frac{1}{15} \left[180^\circ - T \pm \text{ArcCos} \frac{\sin h - \sin \varphi \sin \delta}{\cos \varphi \cos \delta} \right]$$

Dove

T_m Tempo medio
 T Angolo orario del Sole alle ore 12
 \pm Per crepuscolo serale-mattiniale

h {
 -0,83° Inizio crepuscolo civile
 -6° Fine crepuscolo civile-Inizio crepuscolo nautico
 -12° Fine crepuscolo nautico-Inizio crepuscolo astronomico
 -18° Fine crepuscolo astronomico

Per il crepuscolo mattiniale le fasi sono uguali ma invertite. La formula dà l'ora riferita al meridiano di Greenwich. Per un osservatore che si trovi in longitudine Est o Ovest, l'evento sarà in anticipo o ritardo di un tempo pari alla sua longitudine. La formula è del tutto generale e può essere usata anche per il calcolo dell'ora del sorgere, del tramonto nonché del crepuscolo civile e astronomico.

Un esempio

Calcolare l'ora di inizio e di fine del crepuscolo nautico mattinale per un osservatore posto nel punto $\phi = 45^\circ\text{N}$, $\lambda = 0$.

Giorno 4 Giugno 1990

$h = -12^\circ$ e $h = -6^\circ$

Dalle effemeridi si ha:

$T = 0^\circ 26',1$

$\delta = 22^\circ 26',1$

Pertanto si ottiene:

$$T_m = \frac{1}{15} \left[180^\circ - 0,435^\circ - \text{ArcCos} \frac{-0,208 - 0,707 \times 0,382}{0,707 \times 0,924} \right] = 2^{\text{h}} 50^{\text{m}} \quad (1)$$

$$T_m = \frac{1}{15} \left[180^\circ - 0,435^\circ - \text{ArcCos} \frac{-0,104 - 0,707 \times 0,382}{0,707 \times 0,924} \right] = 3^{\text{h}} 38^{\text{m}} \quad (2)$$

La (1) indica l'istante d'inizio del crepuscolo nautico mattinale, mentre la (2) indica l'istante della sua fine.

INIZIO E FINE DEL CREPUSCOLO NAUTICO MATTINALE

Data	$\phi=0^\circ$	$\phi=10^\circ$	$\phi=20^\circ$	$\phi=30^\circ$	$\phi=40^\circ$	$\phi=50^\circ$	$\phi=60^\circ$	$\phi=70^\circ$
15 Gen	5 18	5 33	5 47	6 02	6 17	6 35	7 01	7 46
	5 44	5 59	6 14	6 31	6 50	7 16	7 55	9 18
15 Feb	5 25	5 33	5 41	5 47	5 54	6 00	6 06	6 13
	5 50	5 58	6 07	6 16	6 25	6 37	6 55	7 25
15 Mar	5 21	5 22	5 21	5 18	5 13	5 04	4 47	4 07
	5 45	5 46	5 47	5 46	5 45	5 42	5 36	5 22
15 Apr	5 11	5 03	4 53	4 40	4 21	3 51	2 56	== ==
	5 36	5 28	5 20	5 09	4 54	4 33	3 57	2 33
15 Mag	5 06	4 50	4 32	4 09	3 36	2 42	== ==	== ==
	5 31	5 17	5 00	4 40	4 14	3 35	2 19	== ==
15 Giu	5 08	4 49	4 27	3 58	3 16	2 01	== ==	== ==
	5 34	5 16	4 52	4 31	3 58	3 06	0 53	== ==
15 Lug	5 14	4 57	4 36	4 10	3 32	2 27	== ==	== ==
	5 40	5 24	5 05	4 42	4 12	3 25	1 45	== ==
15 Ago	5 15	5 04	4 50	4 32	4 07	3 28	2 06	== ==
	5 40	5 29	5 17	5 02	4 42	4 13	3 23	== ==
15 Set	5 07	5 04	5 00	4 52	4 42	4 24	3 53	2 40
	5 31	5 29	5 25	5 21	5 14	5 03	4 45	4 08
15 Ott	4 57	5 03	5 07	5 10	5 12	5 12	5 09	4 59
	5 22	5 27	5 33	5 38	5 43	5 49	5 57	6 09
15 Nov	4 54	5 07	5 19	5 31	5 43	5 58	6 18	6 49
	5 19	5 32	5 46	6 00	6 16	6 37	7 09	8 11
15 Dic	5 03	5 40	5 36	5 52	6 10	6 32	7 03	8 00
	5 29	5 46	6 03	6 22	6 44	7 13	8 00	9 47

INIZIO E FINE DEL CREPUSCOLO NAUTICO SERALE

Data	$\phi=0^\circ$	$\phi=10^\circ$	$\phi=20^\circ$	$\phi=30^\circ$	$\phi=40^\circ$	$\phi=50^\circ$	$\phi=60^\circ$	$\phi=70^\circ$
15 Gen	18 35	18 20	18 05	17 48	17 28	17 03	16 24	15 01
	19 01	18 46	18 32	18 17	18 02	17 43	17 18	16 33
15 Feb	18 39	18 30	18 22	18 13	18 03	17 51	17 34	17 03
	19 03	18 55	18 48	18 41	18 35	18 29	18 22	18 15
15 Mar	18 33	18 32	18 31	18 32	18 33	18 36	18 42	18 56
	18 57	18 56	18 57	19 00	19 05	19 14	19 31	20 11
15 Apr	18 24	18 32	18 41	18 51	19 06	19 27	20 03	21 26
	18 49	18 57	19 07	19 20	19 39	20 09	21 04	-- --
15 Mag	18 22	18 36	18 52	19 12	19 38	20 18	21 34	-- --
	18 47	19 02	19 20	19 44	20 16	21 10	-- --	-- --
15 Giu	18 27	18 45	19 05	19 30	20 03	20 55	23 08	-- --
	18 53	19 12	19 34	20 03	20 45	22 00	-- --	-- --
15 Lug	18 32	18 48	19 07	19 30	20 00	20 47	22 27	-- --
	18 58	19 15	19 36	20 02	20 40	21 45	-- --	-- --
15 Ago	18 29	18 40	18 52	19 07	19 27	19 56	20 46	-- --
	18 54	19 05	19 19	19 37	20 02	20 41	22 03	-- --
15 Set	18 19	18 22	18 25	18 30	18 37	18 47	19 05	19 43
	18 43	18 46	18 51	18 58	19 09	19 26	19 57	21 11
15 Ott	18 10	18 04	17 59	17 54	17 49	17 43	17 35	17 22
	18 34	18 29	18 25	18 22	18 20	18 20	18 22	18 33
15 Nov	18 10	17 57	17 44	17 30	17 13	16 52	16 21	15 18
	18 35	18 22	18 10	17 58	17 46	17 31	17 12	16 40
15 Dic	18 21	18 04	17 47	17 28	17 06	16 37	15 50	14 03
	18 47	18 31	18 14	17 58	17 40	17 18	16 47	15 50

Al di fuori dell'impiego nautico, il calcolo può dare utili informazioni anche a coloro che compiono osservazioni astronomiche con altre finalità.

E' interessante notare, per esempio, come per certe condizioni di latitudine di un luogo e di declinazione del Sole, non si possa raggiungere il buio profondo ma tutta la notte resti pervasa di luce crepuscolare.

in altre parole, per località poste a 60° o più di latitudine, nel periodo della sua massima declinazione, il Sole tramonta ma non si immerge più di 7° sotto l'orizzonte impedendo così il sopraggiungere della notte completa, situazione questa che rende difficili o impossibili talune osservazioni.

Questa condizione si verifica quando si ha:

$$\delta \geq 90^\circ - (+ 18^\circ)$$

ORIZZONTE ARTIFICIALE

Sulla terra ferma a causa delle varie asperità più o meno sempre presenti, la linea dell'orizzonte non è individuabile e pertanto se si vogliono effettuare misure di altezze di astri col sestante bisogna ricorrere all'orizzonte artificiale.

Tale dispositivo nella sua forma essenziale consta di un recipiente contenente un liquido che funziona da specchio (vedi fig.28).

L'apparecchio può essere corredato da alcuni filtri che permettono di dosare l'intensità dei raggi incidenti.

Dirigendo il cannocchiale del sestante verso lo specchio liquido (vedi fig.) sarà possibile vedere l'immagine riflessa attraverso la parte trasparente dello specchio fisso. Contemporaneamente sarà possibile vedere anche una seconda immagine dell'astro, vale a dire quella riflessa dallo specchio mobile (**ATTENZIONE** : osservando il Sole bisogna inserire tutti i filtri di cui è dotato lo strumento onde evitare irreparabili danni alla vista). Se, agendo sul tamburo, si portano le due immagini a sovrapporsi, si potrà leggere sullo strumento il valore doppio dell'altezza strumentale.

Per ottenere l'altezza vera sarà perciò necessario fare la somma algebrica dell'altezza strumentale con il valore del errore d'indice (γ); il valore così ottenuto dovrà essere diviso per due e il risultato dovrà essere sommato al valore della rifrazione atmosferica relativa all'altezza osservata (h_0).

LIMITI DELLE MISURE

Poiché con il sestante si possono misurare angoli fino a 120° , con l'orizzonte artificiale si potranno misurare altezze di astri fino a 60° sull'orizzonte

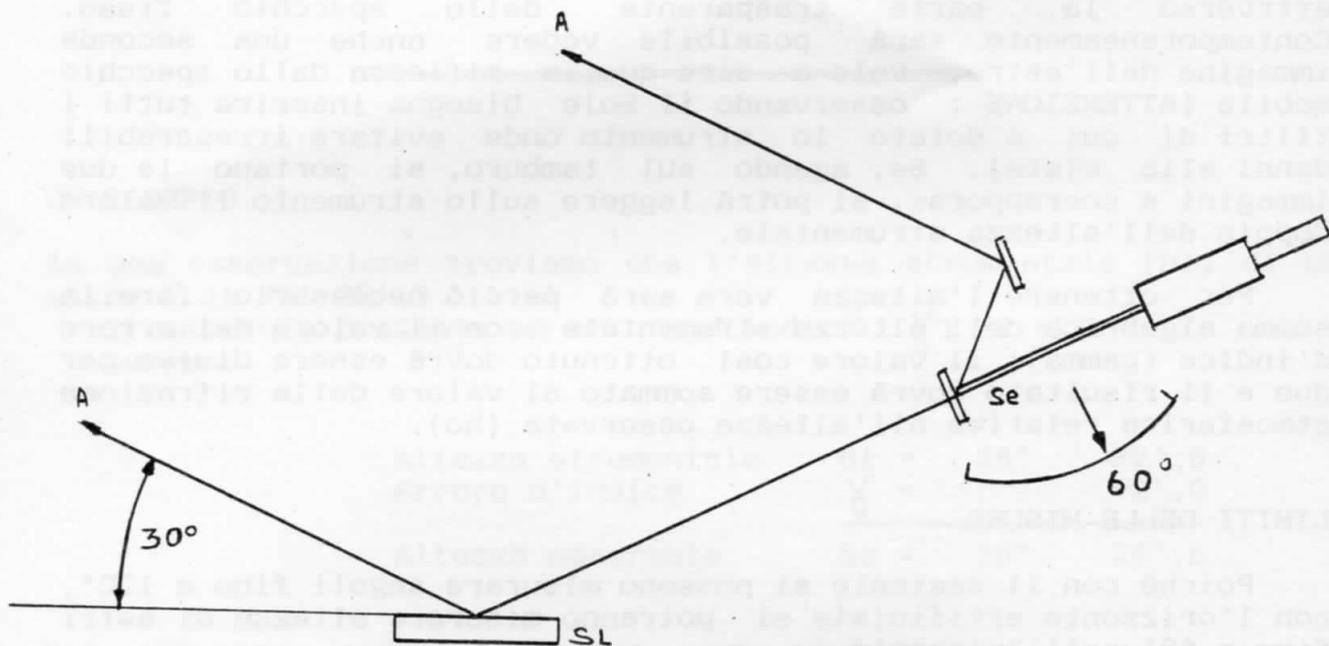


Fig.27

ATTENZIONE : l'osservazione dell'immagine diretta o riflessa del sole deve essere fatta **SEMPRE** attraverso i filtri di cui sono dotati sia i sestanti che gli orizzonti artificiali.

Un esempio

$$hi = 50^{\circ} 00',0$$

$$\gamma = +2'$$

$$ho = 50^{\circ} 02',0 / 2 = 25^{\circ} 01',0$$

$$C2 = -2',1$$

$$hv = 24^{\circ} 58',9$$

TAVOLA DI CONVERSIONE DEI PRIMI E SECONDI IN DECIMALI

Minuti in decimali	Minuti o secondi	Secondi in decimali	Minuti in decimali	Minuti o secondi	Secondi in decimali
0.016667	1	0.000278	0.516667	31	0.008611
0.033333	2	0.000556	0.533333	32	0.008889
0.050000	3	0.000833	0.550000	33	0.009167
0.066667	4	0.001111	0.566667	34	0.009444
0.083333	5	0.001389	0.583333	35	0.009722
0.100000	6	0.001667	0.600000	36	0.010000
0.116667	7	0.001944	0.616667	37	0.010278
0.133333	8	0.002222	0.633333	38	0.010556
0.150000	9	0.002500	0.650000	39	0.010833
0.166667	10	0.002778	0.666667	40	0.011111
0.183333	11	0.003056	0.683333	41	0.011389
0.200000	12	0.003333	0.700000	42	0.011667
0.216667	13	0.003611	0.716667	43	0.011944
0.233333	14	0.003889	0.733333	44	0.012222
0.250000	15	0.004167	0.750000	45	0.012500
0.266667	16	0.004444	0.766667	46	0.012778
0.283333	17	0.004722	0.783333	47	0.013056
0.300000	18	0.005000	0.800000	48	0.013333
0.316667	19	0.005278	0.816667	49	0.013611
0.333333	20	0.005556	0.833333	50	0.013889
0.350000	21	0.005833	0.850000	51	0.014167
0.366667	22	0.006111	0.866667	52	0.014444
0.383333	23	0.006389	0.883333	53	0.014722
0.400000	24	0.006667	0.900000	54	0.015000
0.416667	25	0.006944	0.916667	55	0.015278
0.433333	26	0.007222	0.933333	56	0.015556
0.450000	27	0.007500	0.950000	57	0.015833
0.466667	28	0.007778	0.966667	58	0.016111
0.483333	29	0.008056	0.983333	59	0.016389
0.500000	30	0.008333	1.000000	60	0.016667

ELENCO ALFABETICO DELLE STELLE

Acamar	Theta	Eri	7
Achernar	Alfa	Eri	5
Acrux	Alfa-1	Cru	30
Adhara	Epsilon	Cma	19
Aldebaran	Alfa	Tau	10
Alioth	Epsilon	Uma	32
Alkaid	Eta	Uma	34
Al Na'ir	Alfa	Gru	55
Alnilam	Epsilon	Ori	15
Alphard	Alpha	Hya	25
Alphecca	Alpha	CrB	41
Alpheratz	Alpha	And	1
Altair	Alpha	Aql	51
Ankaa	Alpha	Phe	2
Antares	Alpha	SCO	42
Arcturus	Alpha	Boo	37
Atria	Alpha	TrA	43
Avior	Epsilon	Car	22
Bellatrix	Gamma	Ori	13
Betelgeuse	Alpha	Ori	16
Canopus	Alpha	Car	17
Capella	Alpha	Aur	12
Deneb	Alpha	Cyg	53
Denebola	Beta	Leo	28
Diphda	Beta	Cet	4
Dubhe	Alpha	Uma	27
Elnath	Beta	Tau	14
Eltanin	Gamma	Dra	47
Enif	Epsilon	Peg	54
Formalhaut	Alfa	PsA	56
Gacrux	Gamma	Cru	31
Gienah	Gamma	Crv	29
Hadar	Beta	Cen	35
Amal	Alfa	Ari	6
Kaus Aust.	Epsilon	Sgr	48
Kochab	Beta	UMi	40
Markab	Alpha	Peg	57
Menkar	Alpha	Cet	8
Menkent	Theta	Cen	36
Miaplacidus	Beta	Car	24
Mirfak	Alpha	Per	9
Nunki	Sigma	Sgr	50
Peacock	Alpha	Pav	52
Polaris	Alpha	UMi	-
Pollux	Beta	Gem	21
Procyon	Alpha	CMi	20
Rasalhague	Alpha	Oph	46
Regulus	Alpha	Leo	26
Rigel	Beta	Ori	11
Sabik	Eta	Oph	44
Schedar	Alpha	Cas	3
Shaula	Lambda	SCO	45
Sirius	Alfa	CMA	18
Spica	Alpha	Vir	33
Suhail	Lambda	Vel	23
Toliman	Alpha	Cen	-
Vega	Alpha	Lyr	49
Zubeneigenubi	Alpha-2	Lib	39