Scuola di speleologia di Cagliari
della
CNSS-SSI

Speleo Club di Cagliari

Il Manualetto del Wayfaring

Tecniche particolari, espedienti, consigli, idee

Paolo Salimbeni

SOCIETA' SPELEOLOGICA ITALIANA

Comitato **E**secutivo **R**egionale **Sardegna**

Commissione **N**azionale **S**cuole di **S**peleologia

Edizione 7E204

Testi Tecnici

Prima edizione: 05 / 2002

quinta edizione **04 / 2020**

Introduzione

Forse è improprio definire le tecniche, esposte in questo *manualetto*, come procedure inquadrabili nell'ambito del *Wayfaring*; il viaggiare a piedi, a mo' di viandante, non necessita certo, in genere, di tecniche così sproporzionatamente complesse e così ricercate, sia dal punto di vista logico sia da quello matematico, se confrontate con le finalità per cui dovrebbero essere impiegate.

Le abbiamo volute definire così di proposito, forse sbagliando, perché indirizzate (almeno nell'idea ispiratrice) a coloro che *vagabondando* per luoghi sperduti si fossero trovati, inaspettatamente, in una situazione critica con la necessità di utilizzare tecniche non «*ortodosse*» per risolvere problemi d'orientamento.

Più realisticamente (esaminato il lavoro compiuto) penso debba ritenersi indirizzato, invero, a tutti coloro che sono attratti dalle curiosità e dagli argomenti non comuni.

E' bene tener presente che la determinazione sia della *latitudine* sia della *longitudine*, utilizzando strumenti non topografici, fornisce risultati alquanto imprecisi; l'intenzione era solo quella di descrivere un procedimento reale col quale potersi cimentare e, forse, anche divertire.

Ringraziamenti

Un ringraziamento particolare agli amici: MAURO VILLANI e STEFANO MOSSA che, lette le bozze, quasi definitive, del lavoro, lo hanno *benevolmente criticato* sia indicandomi e sviste e lacune sia fornendomi ed osservazioni e consigli.

L'Autore

L'Autore sarà grato a tutti quelli che gli segnaleranno eventuali od *errori* od *imprecisioni* (sono graditi anche e *consigli* e *opinioni*).

via P. Cavaro, 73 09131 Cagliari
cellulare.: +39 3493897629
e-mail: p.salimba@gmail.com (preferibile)

Questa ed altre dispense, sempre dello stesso Autore, nel sito di **Paolo Salimbeni** «http://www.paolosalimbeni.it»; vedi in: **Dispense**.

Dello stesso Autore, e nel medesimo sito, alcune presentazioni in ***PowerPoint***; vedi in: **Presentazioni**.

.

Il Manualetto del Wayfaring

Nozioni di geografia fisica

La Rotazione terrestre

giorno siderale, giorno stellare

La Terra ruota, intorno al proprio *asse polare*, in 23^h 56^m $4{,}091^s$ di *tempo medio*; tale periodo è denominato: **giorno siderale** o **giorno sidereo** [vedi oltre: **Il Giorno**].

Il ***giorno siderale*** è definito come «***l'intervallo compreso fra due passaggi, o culminazioni, successivi, del punto* equinoziale di primavera *o* punto «γ»*, al meridiano superiore di un luogo, intendendo per luogo la posizione dell'osservatore sulla Terra***».

Osservazione:

Il ***giorno stellare***, pari a 23^h 56^m $4{,}099^s$ (la sua durata è di soli $0{,}008^s$ più lunga di quella del giorno siderale), è definito come «***l'intervallo compreso fra due passaggi, o culminazioni, successivi, della medesima stella, al meridiano superiore di un luogo***».

Questa definizione, la quale si riferisce ad un punto materiale (la stella) è, forse, più intuitiva e di più semplice comprensione; data la differenza di tempo col *giorno sidereo*, affatto trascurabile (in questa sede), si può assumere quest'ultima per comprenderne meglio il concetto.

Il Giorno

giorno solare vero locale, giorno medio locale

Il **giorno solare vero locale** è l'arco di tempo compreso fra due successive *culminazioni*, o parimenti, l'arco di tempo compreso fra due successivi passaggi, del *Sole* (intendendo ora e sempre il suo centro), sul *meridiano superiore* del luogo; l'istante della *culminazione superiore* è il *mezzogiorno* (o mezzodì) *solare vero locale*, ossia le 12^h *solari vere locali*.

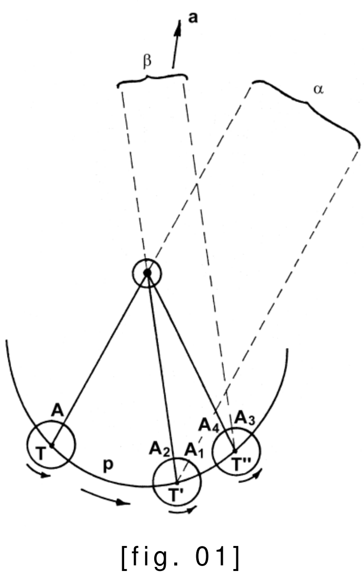
Osservazione:

Nel momento in cui il Sole passa al *meridiano inferiore* od *antimeridiano* (culminazione inferiore) è *la mezzanotte solare vera locale*, ossia le 24^h (o le 0^h) *solari vere locali*.

La durata del *giorno solare vero* non è costante a causa dell'ellitticità dell'orbita descritta dalla terra, intorno al Sole, e delle conseguenti variazioni di velocità che si verificano lungo tale orbita (dalla **1ª** e **2ª** legge di ***Keplero***; vedi **Glossario**) [fig. 01].

Il **giorno medio locale** ha, per contro, una durata sempre costante ed è la media aritmetica, delle singole durate, di tutti i *giorni solari veri* di un anno; è diviso in 24^h, di *tempo medio*; il ***tempo medio*** è quello indicato dai nostri orologi esatti.

> **Osservando la [fig. 01]**
>
> **S = *Sole*, T = *terra*, a = *afelio*, p = *perielio***
>
> Se la Terra passa da «T» a «T'» nel tempo in cui compie una rivoluzione completa di 24^h sideree, il punto «A» verrà a trovarsi in «A_1» (nella stessa direzione che aveva precedentemente rispetto ad una lontanissima stella «α»):
>
> Quando la Terra giungerà in «T''», il punto «A_2» si troverà in «A_3» (nella stessa direzione che aveva precedentemente rispetto ad un'altra lontanissima stella «β»); il punto «A_2», giunto in «A_3», avrà pertanto compiuto un giorno siderale.
>
> Ma affinché il Sole transiti sul meridiano in «A_3» è necessario che la Terra ruoti ancora fino e che «A_3» non giunga in «A_4» compiendo così un giorno solare vero.
>
> Il tratto «A_3 A_4» è però minore del tratto «A_1 A_2» e di conseguenza il punto «A_3» impiegherà meno tempo a giungere in «A_4» di quanto ne ha impiegato il punto «A_1» a giungere i «A_2».
>
> Il *giorno solare vero* sarà pertanto più breve il «T''» piuttosto che in «T'» e la sua durata varierà di continuo lungo tutta l'orbita terrestre.



[fig. 01]

La durata del *giorno solare vero* non coincide con quella del *giorno solare medio* se non quattro volte l'anno: il 15 *aprile*, il 13 *giugno*, il 1° *settembre*, il 25 *dicembre*.

Ne consegue che, salvo in questi quattro giorni, quando il Sole è in *culminazione* (passa al *meridiano superiore* di un luogo) è il ***mezzogiorno solare vero locale*** ($h12_{SVL}$), ma questo istante non coinciderà, generalmente, col ***mezzogiorno medio locale*** ($h12_{ML}$).

Tale differenza, fra il *tempo solare vero locale* «T_{SVL}», indicato dal passaggio del Sole sul meridiano locale (o dalle meridiane), ed il *tempo medio locale* «T_{ML}», indicato dagli orologi esatti (tempo civile) è detta ***Equazione del tempo*** «**Eq**».

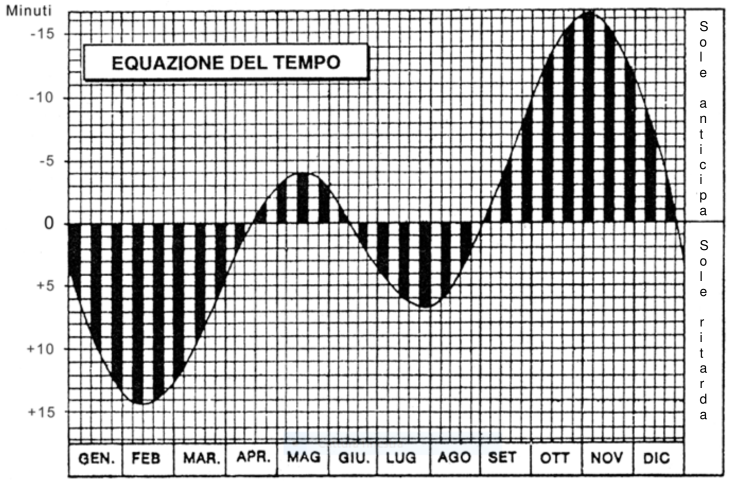
L'Equazione del tempo

L'***equazione del tempo*** (Eq) è, come detto in precedenza, la differenza fra il *tempo medio locale* (T_{ML}) ed il *tempo solare vero locale* (T_{SVL}) [fig. 02].

Tale differenza varia continuamente, nell'intervallo: $\approx +14^m\ 16^s \div \approx -16^m\ 26^s$, [vedi: tab. 01 **Appendice A**] a causa sia della diversa velocità che il nostro pianeta possiede lungo l'*orbita di rivoluzione* (ellittica e non circolare) sia dell'inclinazione del suo *asse di rotazione*, rispetto al piano dell'orbita (eclittica), sia di altri lievi fattori di disturbo.

Per passare dal *tempo solare vero locale* «T_{SVL}» al *tempo medio locale* «T_{ML}» si deve sommare algebricamente, al primo termine «T_{SVL}», il valore dell'*equazione del tempo* (Eq).

Per passare dal tempo medio locale «T_{ML}» al tempo solare vero locale «T_{SVL}» si deve sottrarre algebricamente, al primo termine «T_{ML}», il valore dell'*equazione del tempo* (Eq).



[fig. 02]

Curiosità:

La velocità tangenziale della Terra «Vt», lungo la propria orbita di rivoluzione, intorno al Sole, è massima al *perielio* Vtp ≈ 30 270 m • s^{-1} (quando la Terra è più vicina al Sole) intorno al 2 *gennaio* ed è minima all'*afelio* Vta ≈ 29 270 m • s^{-1} (quando la Terra è più lontana dal Sole) intorno al 2 *luglio*; la velocità media è di Vtm = 29 770 m • s^{-1}.

La corrispondenza fra il «T_{SVL}» ed il «T_{ML}» è in formule:

$Eq = T_{ML} - T_{SVL}$ da cui: $T_{ML} = T_{SVL} + Eq$ [01a]

$T_{SVL} = T_{ML} - Eq$ [01b]

In cui: T_{ML} = tempo medio locale - T_{SVL} = tempo solare vero locale – Eq = equazione del tempo.

Esempi:

1a) Il 17 *febbraio* (Eq = $+14^m\ 03^s$): se il Sole passa sul meridiano del luogo (*culminazione* od ore 12^h *solari vere locali*) sono le ore $12^h\ 14^m\ 03^s$.*medie locali.*

$T_{ML} = T_{SVL} + Eq = 12^h\ 00^m\ 00^s + (+0^h\ 14^m\ 03^s) = 12^h\ 14^m\ 03^s$

1b) Il 3 novembre Eq = $-16^m\ 26^s$): se il Sole passa sul meridiano del luogo (*culminazione* od ore 12^h *solari vere locali*) sono le ore $11^h\ 43^m\ 34^s$ *medie locali.*

$T_{ML} = T_{SVL} + Eq = 12^h\ 00^m\ 00^s + (-0^h\ 16^m\ 26^s) = 11^h\ 43^m\ 34^s$

2a) Il 17 *febbraio* (Eq = $+14^m\ 03^s$): se sono le ore $12^h\ 14^m\ 03^s$ *medie locali* il Sole passa sul meridiano del luogo (*culminazione* od ore 12^h *solari vere locali*).

$T_{SVL} = T_{ML} - Eq = 12^h\ 14^m\ 03^s - (+0^h\ 14^m\ 03^s) = 12^h\ 00^m\ 00^s$

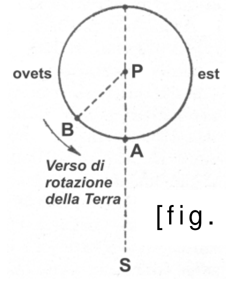
2b) Il 3 novembre Eq = $-16^m\ 26^s$): se sono le ore $11^h\ 43^m\ 34^s$ *medie locali* il Sole passa sul meridiano del luogo (*culminazione* od ore 12^h *solari vere locali*).

$T_{SVL} = T_{ML} - Eq = 11^h\ 43^m\ 34^s - (-0^h\ 16^m\ 26^s) = 12^h\ 00^m\ 00^s$

I Fusi sferici o Spicchi sferici

Fusi orari, tempo civile «T_C»

Consideriamo una circonferenza che rappresenti l'equatore, un punto «P» che rappresenti il *polo nord* terrestre, una direzione «S» che indichi la posizione del Sole [fig. 03].



[fig. 03]

La Terra ruota, intorno al proprio asse polare, da *ovest* verso *est* e pertanto il Sole, nel suo moto apparente, passerà prima sul meridiano posto più ad *est* e poi su quello posto più ad *ovest*; ad esempio, passerà prima sul *meridiano d*i «A» (che potrebbe essere quello di Roma), poi sul *meridiano* di «B» (che potrebbe essere quello di Greenwich).

Ne consegue che tutti i luoghi (punti) della Terra, situati su meridiani diversi, hanno un proprio *tempo solare vero locale*, diverso da longitudine a longitudine; tutti i luoghi, appartenenti allo stesso meridiano (uguale longitudine) hanno, per contro, il medesimo *tempo solare vero locale*.

Dalla constatazione che ogni nazione aveva, ed ha, la necessità che l'ora segnata dagli orologi sia la medesima in tutto il proprio territorio, in un primo momento venne usata come *ora civile* di ogni nazione (ora *solare media nazionale*) quella del meridiano passante per la Capitale di stato di ogni nazione; tutte le località, del territorio italiano, segnavano l'*ora media locale* di **Roma**, le località ***francesi*** segnavano l'*ora media* di **Parigi**, quelle ***spagnole*** di **Madrid**, quelle . . . .

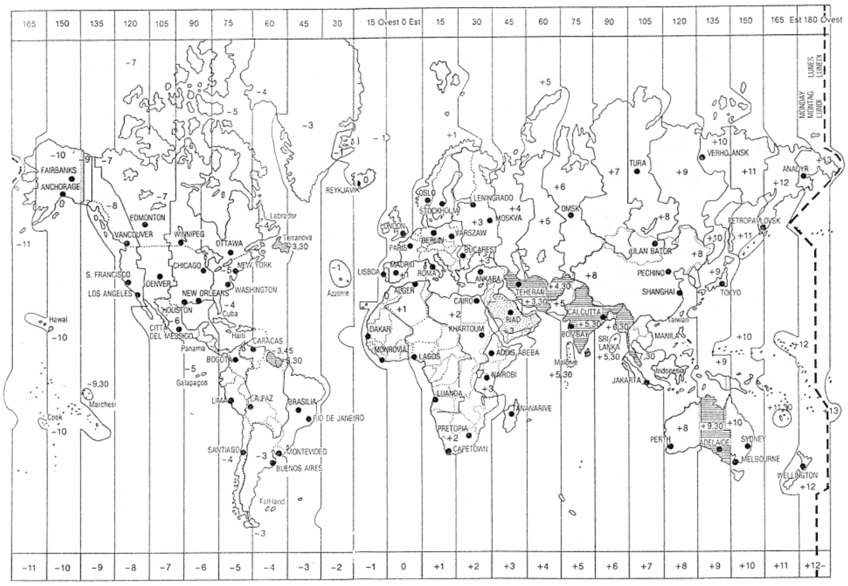
fino al 1° novembre del 1 893, quando a Roma era il *mezzogiorno solare vero* del 1° gennaio, gli orologi, in tutti i luoghi italiani, indicavano le 12^h + *equazione del tempo*; segnavano pertanto le ore 12^h 03^m 30^s (mezzogiorno medio locale di Roma) e tale ora *media nazionale* [vedi oltre: **Tempi locali**] era indicata da tutti gli orologi (esatti) in tutta l'Italia.

Le varie Capitali del mondo, purtroppo, differiscono fra loro di archi di tempo molto variabili e non multipli di ora; si comprende pertanto che dovendo transitare da uno stato all'altro, al confine si era costretti a modificare l'indicazione del proprio orologio di diversi minuti e secondi.

Roma e Parigi differiscono di 10° 06' 58" in longitudine, pari a 40^m 28^s in arco orario; Roma e Vienna differiscono di 3° 53' 12" in longitudine, pari a 15^m $32{,}8^s$ in arco orario.

Per ovviare a tale inconveniente, i tecnici preposti allo scopo di migliorare la situazione (astronomi e geografi), stabilirono, innanzi tutto, di suddividere la superficie terrestre in ventiquattro (24) *fusi sferici* (o spicchi sferici), delimitati dai meridiani, ognuno di quindici gradi (15°) d'ampiezza (corrispondenti, nel sistema orario, ad un'ora) [fig. 04].

L'***asse centrale*** del primo *fuso* corrisponde al meridiano passante per ***Greenwich*** (o *meridiano origine*) denominato ***M****eridiano dell'****E****uropa* ***Oc****cidentale ed è indicato con* (**M.E.Oc**); il tempo segnato dagli orologi, lungo questo meridiano, è detto anche o *tempo medio di Greenwich,* indicato con (**T.M.Gr.**), o ***T****empo* ***M****edio dell'****E****uropa* ***Oc****cidentale*, indicato con (**T.M.E.Oc.**) o ***T****empo* ***U****niversale* (**T.U.**)



[fig. 04]

A quindici gradi (15°) esatti, verso *est* di tale meridiano, si trova l'asse centrale del secondo *fuso* denominato o ***M****eridiano* dell'***E****uropa* ***C****entrale, indicato con* (**M.E.C.**), o *meridiano Etneo* poiché passa, per caso, quasi esattamente sull'**Etna**); il tempo segnato dagli orologi, lungo questo meridiano, è detto ***T****empo* ***M****edio dell'****E****uropa* ***C****entrale* (**T.M.E.C.**) [fig. 04].

Si stabilì, inoltre, che gli orologi, di un medesimo Stato, segnassero tutti l'ora (in *tempo medio locale*) relativa al *meridiano centrale* (*meridiano nazionale*) del fuso cui appartengono; l'Italia adotta il *tempo medio locale dell'****E****uropa* ***C****entrale* (**T.M.E.C.**) il quale è il suo tempo civile «$\mathbf{T_C}$» o tempo legale «$\mathbf{T_L}$» o *tempo medio nazionale* «$\mathbf{T_{MN}}$»; noi lo chiameremo così, in quest'ultimo modo [vedi: tab. 06 **Appendice E**].

Osservazioni

Si possono trovare comunque delle eccezioni, a questa regola, a causa sia della notevole estensione, in longitudine, d'alcune nazioni, sia dovute a particolari esigenze o consuetudini.

Vi sono alcuni stati la cui estensione, in longitudine, sconsiglia realisticamente di utilizzare un'unica ora nazionale come ad esempio: Australia, Canada, Cina; vi sono alcuni stati nei quali la differenza fra la loro *ora nazionale* e l'*ora di Greenwch* non è un numero intero come ad esempio: India (+5^h 30'), Afghanistan (+4^h 30'), Iran (+3^h 30'), Guyana (-4^h 45').

I Tempi locali

costante locale, riduzione al meridiano nazionale

La **costante locale «C_L»** è la differenza, espressa in ore, fra il *tempo solare vero nazionale* «T_{SVN}» ed il *tempo solare vero locale* «T_{SVL}»; parimenti può essere definita la differenza in longitudine (espressa nel *sistema orario*), fra il *meridiano centrale* del *fuso* (*meridiano nazionale*) «λ_{naz}» ed il *meridiano del luogo* «λ_{loc}», ambedue contati da *Greenwch*.

La *costante locale* è *positiva* per le località situate ad *ovest*, del *meridiano nazionale;* è *negativa* per le località situate ad *est* [fig. 04].

15° (arco di longitudine) = 1^h (sistema orario)

1° = $0^h\ 04^m\ 00^s$	1^h = 15° 00’ 00”
1’ = $0^h\ 00^m\ 04^s$	1^m = 0° 15’ 00”
1” = $0^h\ 00^m\ 00{,}07^s$	1^s = 0° 00’ 15”

La ***costante locale*** «C_L» può essere ricavata con la formula:

$$C_L = (\lambda_{NAZ} - \lambda_{LOC}) \bullet 4^{m/°} = T_{SVN} - T_{SVL} = T_{MN} - T_{ML} \qquad [02]$$

In cui: C_L = costante locale espressa in «ore» (sistema orario) - λ_{NAZ} = longitudine (in gradi) del *meridiano nazionale* da ***Greenwich*** - λ_{LOC} = longitudine (in gradi) del luogo da ***Greenwich***.

Esempio:

A **Cagliari**:
(***Torre di S. Pancrazio***: Lat. 39° 13' 15" nord - long. est Gr. 9° 07' 02") si ha:
«λ_{loc}» (longitudine locale da Greenwich) = 9° 07' 02" (equivalente a: $36^m\ 28^s$ nel sistema orario)
«λ_{naz}» (longitudine meridiano nazionale da Greenwich) = 15° (equivalente a: 1^h nel sistema orario)

La ***costante locale*** «C_L» (per la *Torre di S. Pancrazio in Cagliari*), arrotondata al secondo di grado sessagesimale, diviene:
«$\Delta\lambda^h$» (differenza di longitudine, espressa nel sistema orario) fra «λ^h_{LOC}» e «λ^h_{NAZ}»)
«$\Delta\lambda^h$» = $1^h - 36^m\ 28^s = 23^m\ 32^s$ $\qquad C_L$ = $\mathbf{23^m\ 32^s}$

Parimenti otteniamo:
«$\Delta\lambda$» (differenza di longitudine, espressa in gradi sessagesimali, fra «λ_{loc}» e «λ_{naz}»):
«$\Delta\lambda$» = 15° - 9° 07' 02" = 5° 52' 58" = 5,882 778°

trasformando l'arco di longitudine, nel sistema orario, si ha:
«$\Delta\lambda^h$» = 5,882 778° • $4^{m/°}$ (minuti primi per ogni grado) = 23,531 112^m «$\Delta\lambda^h$» = $23^m\ 31{,}87^s$ o, arrotondando al secondo d'arco: C_L = $\mathbf{23^m\ 32^s}$

Nel momento in cui alla ***Torre di S. Pancrazio*** sono le 12^h *solari vere locali,* al *meridiano nazionale* sono le $12^h + 23^m\ 32^s$ quindi le $12^h\ 23^m\ 32^s$ *solari vere locali*.

Curiosità:

Costante locale d’alcune città italiane, capoluogo di provincia, riferita al *meridiano nazionale italiano* (15° est di Greenwich):

Roma	(Osservatorio di M. Mario)	$C_L = +11^m\ 11^s$
Cagliari	(Torre di S. Pancrazio)	$C_L = +23^m\ 32^s$
Nuoro	(Campanile della cattedrale)	$C_L = +22^m\ 39^s$
Oristano*	(Duomo)	$C_L = +25^m\ 38^s$
Sassari	(Torre Giordano)	$C_L = +25^m\ 45^s$

(i dati sono stati desunti dall'***Almanacco 1990 di Astronomia UAI***; quelli *con l’asterisco* sono stati aggiunti dall'Autore poiché non presenti nella pubblicazione).

Osservando la [fig. 05]

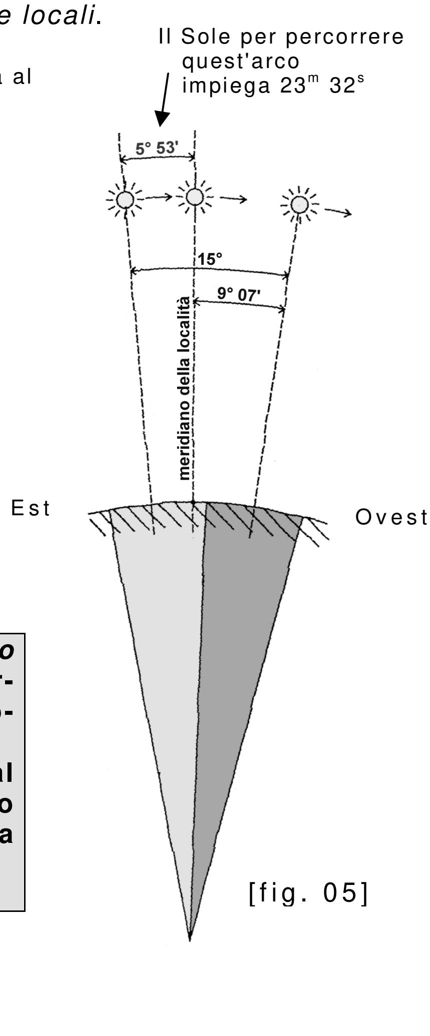
Il *Meridiano Medio dell’Europa Centrale* è il meridiano che passa a 15° ad est di ***Greenwich***.

Se il Sole passa sul *meridiano locale* $23^m\ 32^s$ dopo essere transitato sul **M**eridiano dell’**E**uropa *C*entrale «**M.E.C.**» significa che fra il meridiano passante per il punto d’osservazione «λ_{LOC}» (meridiano della località) ed il «**M.E.C.**» vi è una differenza di: 0,392 2^h • 15 = 5,883 3° pari a 5° 53’ 00”.

La latitudine del punto d’osservazione, dal *meridiano di Greenwich*, sarà pertanto: 15° 00’ 00” – 5° 53’ 00” = **9° 07’ 00” est**.

Per passare dal *tempo solare vero locale* (T_{SVL}) al *tempo solare vero nazionale* (T_{SVN}) si deve sommare, al primo termine (T_{SVL}), la *costante locale* (C_L) espressa nel sistema orario.

Per passare dal *tempo solare vero nazionale* (T_{SVN}) al *tempo solare vero locale* (T_{SVL}) si deve sottrarre, al primo termine (T_{SVN}), la costante locale (C_L) espressa nel sistema orario.



[fig. 05]

In formule:

$T_{SVN} = T_{SVL} + C_L$ [03a]

$T_{SVL} = T_{SVN} - C_L$ [03b]

In cui: T_{SVL} = tempo solare vero locale – T_{SVN} = tempo solare vero nazionale – C_L = costante locale.

1° esempio:

Il 15 febbraio (ma il giorno dell'anno non ci interessa) siamo nella **piazza della chiesa**, in ***Orgosolo*** (λ = 9° 21' 28" *est* di Greenwich) ed il nostro orologio segna le $16^h\,32^m\,47^s$ (T_{MN}); vorremmo conoscere l'*ora media locale* (T_{ML}).

Calcoliamo la *costante locale* sapendo che il *meridiano nazionale italiano* si trova a 15° est di Greenwich:

$$C_L = (15°\,00'00'' - 9°\,21'\,28'') \bullet 4^{m/°} = 5°\,38'\,32'' \bullet 4^{m/°} = 22^m\,34^s$$

ed infine:

$$T_{ML} = 16^h\,32^m\,47^s - 22^m\,34^s = 15^h\,37^m\,13^s$$

In effetti conoscere l'ora media locale della **piazza della chiesa**, in ***Orgosolo***, non è poi così importante; questo esempio serve semplicemente per cominciare il percorso che ci porterà ad enunciare una formula più generale.

2° esempio

Il 21 settembre (come vedremo, in questo caso la conoscenza del giorno è indispensabile) siamo sempre nella **piazza della chiesa**, in ***Orgosolo*** (λ = 9° 21' 28" *est* di Greenwich), ed il nostro orologio segna sempre le $16^h\,32^m\,47^s$ (T_{MN}); questa volta, vorremmo conoscere l'*ora solare vera locale* (T_{svl}).

Iniziamo procedendo come nell'esempio 1°.

$$C_L = (15°\,00'00'' - 9°\,21'\,28'') \bullet 4^{m/°} = 5°\,38'32'' \bullet 4^{m/°} = 22^m\,34^s$$

$$T_{ML} = 16^h\,32^m\,47^s - 0^h\,22^m\,34^s = 15^h\,37^m\,13^s$$

Sottraiamo poi, algebricamente, il valore dell'equazione del tempo «Eq» il giorno «n^{mo}» dell'anno, che dalla [tab. 01] risulta «Eq = $-6^m\,52^s$» ed otteniamo:

$$T_{SVL} = 15^h\,37^m\,13^s - \left(-0^h\,06^m\,52^s\right) = 15^h\,44^m\,05^s$$

3° esempio

Il 12 marzo (anche in questo caso la conoscenza del giorno è indispensabile) siamo sempre nella **piazza della chiesa**, in ***Orgosolo*** (λ = 9° 21' 28" *est* di Greenwich), ed il nostro orologio segna sempre le $16^h\,32^m\,47^s$ (T_{MN}); vorremmo conoscere l'*ora solare vera locale* (T_{svl}).

Iniziamo sempre procedendo come nell'esempio 1°.

$$C_L = (15°\,00'\,00'' - 9°\,21'\,28'') \bullet 4^{m/°} = 5°\,38'32'' \bullet 4^{m/°} = 22^m\,34^s$$

$$T_{ML} = 16^h\,32^m\,47^s - 0^h\,22^m\,34^s = 15^h\,37^m\,13^s$$

Sottraiamo, algebricamente, il valore dell'equazione del tempo «Eq» il giorno «n^{mo}» dell'anno, che dalla [tab. 01] risulta «Eq = $+9^m\,50^s$» ed otteniamo:

$$T_{SVL} = 16^h\,55^m\,21^s - 0^h\,09^m\,50^s = 15^h\,27^m\,23^s$$

Adesso, però, siamo in *marzo* ed in Italia è in vigore l'*ora legale* per cui gli orologi sono stati portati avanti di un'ora rispetto all'*ora solare*, fatto di cui dobbiamo tener conto; il valore precedentemente ottenuto ha pertanto bisogno di un'ultima correzione.

$$T_{SVL} = 15^h\,27^m\,23^s - 1^h\,00^m\,00^s = 14^h\,27^m\,23^s$$

Il 21 marzo, quando nella **piazza della chiesa**, in ***Orgosolo***, è l'*ora solare vera locale* $14^h\,27^m\,23^s$ gli orologi esatti in tutta Italia segnano le ore $16^h\,32^m\,47^s$; questa è anche l'*ora solare media locale* sul meridiano Etneo, coincidente con l'*ora solare media nazionale*.

Riepilogando il tutto

Per passare dal *tempo solare vero locale* «T_{SVL}» al *tempo medio nazionale* «T_{MN}» (segnato dagli orologi) si deve sommare algebricamente, al primo «T_{MN}», sia l'equazione del tempo sia la costante locale «C_L» sia l'ora legale «Or».

Per passare dal *tempo medio nazionale* «T_{MN}» (segnato dagli orologi) al *tempo solare vero locale* «T_{SVL}» si deve sottrarre algebricamente, al primo «T_{MN}», sia l'equazione del tempo sia la costante locale «C_L» sia l'ora legale «Or».

In formule:

$$T_{MN} = T_{SVL} + Eq. + C_L + Or \qquad [04a]$$

$$T_{SVL} = T_{MN} - Eq. - C_L - Or \qquad [04b]$$

In cui: T_{MN} = tempo medio nazionale – T_{SVL} = tempo solare vero locale – Eq = equazione del tempo – C_L = costante locale – Or = differenza, in tempo, fra l'*ora legale* e l'*ora media nazionale* (In Italia: «Or = 1» se è in vigore l'ora legale, «Or = 0» se non è in vigore l'ora legale)

1° esempio:

Il 5 gennaio, alla latitudine di 17° 24' 32" (nei pressi di *Ostini* in *Puglia* «λ_{LOC} = 17° 24' 32"»), il nostro orologio segna le $13^h\ 25^m\ 16^s$; vorremmo conoscere l'ora solare vera locale.

Ricavato, dalla [tab. 01] il valore dell'equazione del tempo (Eq = $+5^m\ 20^s$), calcoliamo il valore della *costante locale*:

$$C_L = (15°\ 00'00" - 17°\ 24ì'\ 32") \bullet 4^{m/°} = -9^m\ 38^s$$

Tenendo conto che siamo in *gennaio* e che quindi in ***Italia*** non è entrata in vigore l'*ora legale* (Or = 0), da quanto detto, l'*ora solare vera locale*, sarà:

$$T_{SVL} = 13^h\ 24^m\ 16^s - 0^h\ 05^m\ 20^s - \left(-0^h\ 09^m\ 38^s\right) - 0 = 13^h\ 10^m\ 18^s$$

2° esempio:

Il 14 maggio, alla latitudine di 17° 24' 32" (nei pressi di *Ostini* in *Puglia* «λ_{LOC} = 17° 24' 32"»), il nostro orologio segna le $13^h\ 25^m\ 16^s$; vorremmo conoscere l'ora solare vera locale.

Ricavato, dalla [tab. 01] il valore dell'equazione del tempo (Eq = $-\ 3^m\ 43^s$), calcoliamo il valore della *costante locale*:

$$C_L = (15°\ 00'00" - 17°\ 24'\ 32") \bullet 4^{m/°} = -9^m\ 38^s$$

Questa volta dobbiamo tenendo conto che siamo in *maggio* e che quindi in ***Italia*** è in vigore l'*ora legale* (Or = 1), da quanto detto, l'*ora solare vera locale*, sarà:

$$T_{SVL} = 13^h\ 25^m\ 16^s - (-3^m\ 43^s) - (-9^m\ 38^s) - 1 = 12^h\ 38^m\ 37^s$$

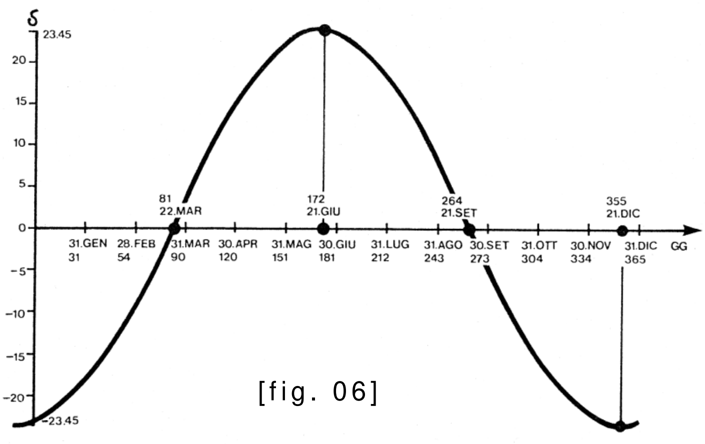
Curiosità

L'ora legale è entrata in vigore per la prima volta, in Italia, nel 1916 (dalle 24^h del 3 *giugno* alle 24^h del 30 *settembre*).

Dal 1980 entra in vigore alle 2^h e termina alle 3^h, dal 1996 entra in vigore l'ultima domenica di *marzo* e termina l'ultima domenica d'*ottobre*.

La Declinazione solare

La ***declinazione solare*** «δ» è la distanza angolare, del Sole, dal piano equatoriale; è positiva (da 0° a +23° 27') quando l'astro è nell'emisfero *nord* (declinazione *boreale*), è negativa (da 0° a -23° 27') quando l'astro è nell'emisfero *sud* (declinazione *australe*) [fig. 06].



[fig. 06]

Curiosità

Anticamente, al posto della *declinazione solare*, si considerava la *distanza polare nord* o l'angolo fra la direzione del nord geografico ed il Sole, da 0° a 180°.

Il calcolo, sufficientemente approssimato, della *declinazione solare* «δ», nel giorno «n^{mo}» dell'anno, può essere eseguito con la formula di ***P. I. Cooper*** [vedi: tab. 03 **Appendice C**].

$$\delta = 23{,}45° \bullet \text{sen}\left(360 \bullet \frac{284 + n^{mo}}{365}\right) \qquad [05a]$$

Nella quale il termine «n^{mo}» rappresenta il numero di giorni trascorsi a partire dal *capodanno*: (il 1° *gennaio* si ha n^{mo} = 1) [vedi: tab. 03 **Appendice C**].

La *declinazione solare* «δ» può essere parimenti ricavata con la seguente:

$$\delta = \text{arcsen}\left[0{,}4 \bullet \text{sen}\left(\frac{n^{mo} \bullet 360}{365}\right)\right] \qquad [05b]$$

Nella quale «N^{mo}» indica il numero di giorni trascorsi a partire *dall'equinozio di primavera*: (il 21 *marzo* si ha N^{mo} = 1) [vedi: **Appendice C**].

Le due equazioni, la [05a] e la [05b], forniscono risultati leggermente differenti e pertanto, nel seguito, si utilizzeranno sempre i risultati ricavati dalla [05a].

Esempi:

1°) declinazione solare «δ» al 30 aprile (120^{mo} giorno dell'anno)

$$\delta = 23{,}45° \bullet \text{sen}\left(360 \bullet \frac{284+120}{365}\right) = 23{,}45° \bullet \text{sen}\ 398{,}466 = 14{,}587° \quad \Rightarrow \quad +14°\ 35'$$

Il Sole si trova a *nord* rispetto al piano equatoriale terrestre (declinazione boreale); dalla [05b] si avrebbe: δ = 15° 02'

2°) declinazione solare al 30 novembre (334^{mo} giorno dell'anno)

$$\delta = 23{,}45° \bullet \text{sen}\left(360 \bullet \frac{284+334}{365}\right) = 23{,}45° \bullet \text{sen}\ 609{,}534 = -21{,}970° \quad \Rightarrow \quad -21°\ 58'$$

Il Sole si trova a *sud* rispetto al piano equatoriale terrestre (declinazione australe); dalla [05b] si avrebbe: δ = -22° 17

L'Analemma

L'***Analemma*** è un diagramma «**Eq,** δ» sul quale è rappresenta una curva, a forma di otto, che ci consente di porre in relazione i *giorni dell'anno*, individuati sulla curva che rappresenta il percorso del Sole nell'arco di una rivoluzione intorno al Sole, sia con l'*equazione del tempo* «Eq» sia con la *declinazione solare* «δ» [fig. 07].

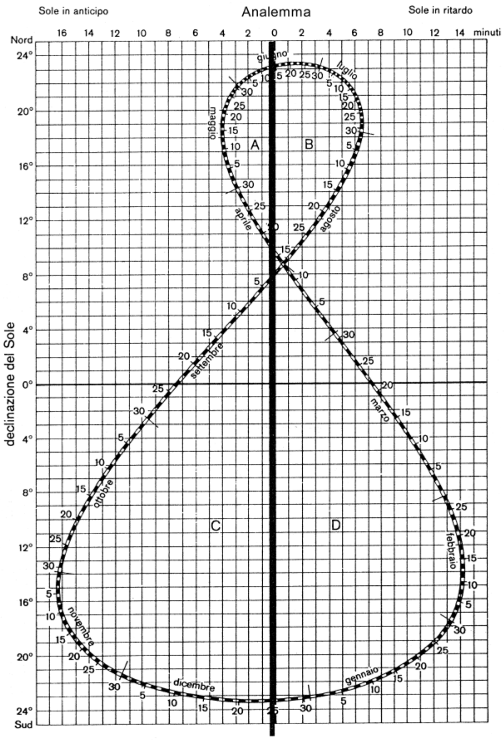
Lungo la linea sono indicati sia i mesi sia i giorni nei quali il Sole occupa quella posizione.

In ascisse sono riportati i valori *dell'equazione del tempo* «Eq»: dall'origine *zero* verso destra quelli positivi (Sole in ritardo), dall'origine *zero* verso sinistra quelli negativi (Sole in anticipo), in ordinate sono riportati i valori della declinazione solare «δ»: dall'origine *zero* verso l'alto quelli positivi (Sole a nord del piano dell'eclittica), dall'origine *zero* verso il basso quelli negativi (Sole a sud del piano dell'eclittica).

Curiosità

L'*analemma* è denominata, talvolta, anche ***Lemniscata dei tempi medi*** poiché è formata da una curva di quarto grado chiamata appunto ***lemniscata***.

La più nota delle *lemniscate* è, forse, la ***lemniscata di Bernoulli*** che, per contro, è generata da un'equazione affatto differente [$(x^2 + y^2)^2 - (x^2 - y^2) = 0$].



[fig. 07]

L'Angolo all'alba ed al tramonto

Il valore dell'angolo «ω_{at}», indifferentemente od *angolo all'alba* «ω_a» od *angolo al tramonto* «ω_t», rispetto al *mezzogiorno* (o mezzodì) *solare vero locale* «$h12_{SOL}$», nel giorno «n^{mo}» dell'anno ed alla latitudine «φ» si ottiene con la:

$$\omega_{at} = \omega_a = \omega_t = \arccos(-\text{tg}\ \varphi \bullet \delta) \qquad [06]$$

l'angolo all'alba «ω_a» e l'angolo al tramonto «ω_t», nello stesso giorno «n^{mo}» dell'anno, sono sempre uguali fra loro in qualsiasi parte del mondo (risultano speculari rispetto alla direzione *nord-sud*).

Esempi:

1°) il 30 aprile (dall'eq. [05a] «δ = +14,587°») alla latitudine di «φ = 40°»

$$\omega = \arccos\ (-\text{tg}\ 40 \bullet \text{tg}\ 14{,}587) = \arccos\ (-0{,}218\ 4) = 102{,}613° \quad \Rightarrow \quad 102°\ 37'$$

Rispetto alla direzione del nord sarà: ω_{nord} = 180° - 102° 37' = 77° 23'

2°) il 30 aprile (dall'eq. [05a] «δ = +14,587°») alla latitudine di «φ = 20°»

$$\omega = \arccos\ (-\text{tg}\ 20 \bullet \text{tg}\ 14{,}587) = \arccos\ (-0{,}094\ 7) = 95{,}435° \quad \Rightarrow \quad 95°\ 26'$$

Rispetto alla direzione del nord sarà: ω_{nord} = 180° - 95° 26' = 84° 34'

3°) il 30 novembre (dall'eq. [05a] «δ = -21,970°») alla latitudine di «φ = 40°»

$$\omega = \arccos\ (-\text{tg}\ 40 \bullet \text{tg} - 21{,}970) = \arccos\ (0{,}338\ 5) = 70{,}214° \quad \Rightarrow \quad 70°\ 13'$$

Rispetto alla direzione del nord sarà: ω_{nord} = 180° - 70° 13' = 110° 47'

Curiosità

L'angolo all'alba ed al tramonto può essere anche indicato per mezzo dell'**amplitudine**.

L'***amplitudine* ortiva** (od ***orientale***) è l'arco di orizzonte compreso fra l'***est*** ed il punto in cui l'astro sorge; l'***amplitudine occasa*** (od ***accidue*** od ***occidentale***) è l'arco di orizzonte compreso fra l'***ovest*** ed il punto in cui l'astro tramonta.

Gli archi si misurano da «0°» a «90°», a partire o da est o da ovest, o verso nord (settentrionale) o verso sud (meridionale).

Nell'esempio 1) si ha: amplitudine all'alba E 12° 37' N; amplitudine al tramonto O 12° 37' N
Nell'esempio 2) si ha: amplitudine all'alba E 19° 47' S; amplitudine al tramonto O 19° 47' N

L'Ora dell'alba e del tramonto

Il calcolo dell'ora, in *tempo solare vero locale* (vedi: **Il Giorno** in [**Nozioni di geografia fisica**]), dell'alba «h_a» e del tramonto «h_t», nel giorno «n^{mo}» dell'anno ed alla latitudine «φ», si esegue, conoscendo «ω_{at}» (indifferentemente l'angolo od all'alba «ω_a» od al tramonto «ω_t») e considerando il *mezzogiorno solare vero locale* «$h12_{LOC}$», con le formule seguenti nelle quali non è stata considerata ne l'equazione del tempo ne la costante locale.

Da quanto sopra:

$$h_a = 12 - \frac{\omega_{at}}{15°/h} \qquad [07a]$$

$$h_a = 12 + \frac{\omega_{at}}{15°/h} \qquad [07b]$$

In cui: ωat = angolo o all'alba od al tramonto – $15^{°/h}$ per convertire, l'ampiezza angolare, dal sistema sessagesimale al sistema orario.

Esempi:

1°) il 30 aprile alla latitudine di «φ = 40°» (dall'eq. [02] «ω = 102,613°»)

$$h_a = 12 - \frac{102{,}613}{15°/h} = 5{,}159^h = 5^h\ 10^m \qquad h_t = 12 + \frac{102{,}613}{15°/h} = 18{,}841^h = 18^h\ 50^m$$

2°) il 30 novembre alla latitudine di «φ = 40°» (dall'eq. [02] «ω = 70°,214»)

$$h_a = 12 - \frac{70{,}214}{15°/h} = 7{,}319^h = 7^h\ 19^m \qquad h_t = 12 + \frac{70{,}214}{15°/h} = 16{,}681^h = 16^h\ 41^m$$

Il 30 aprile alla latitudine di «ϕ = 40°» il Sole sorge alle ore 5^h 10^m e tramonta alle ore 18^h 50^m; il 30 novembre, sempre alla latitudine di «φ = 40°», il Sole sorge alle ore 7^h 19^m e tramonta alle ore 16^h 41^m.

L'*ora dell'alba* «h_a» e l'*ora del tramonto* «h_t», così ottenute, sono le ore che si registrerebbero se l'*ora nazionale* coincidesse con l'*ora solare vera locale*; ciò avviene solo quattro giorni l'anno e solo lungo il meridiano centrale del fuso o meridiano Standard (vedi: ***Fusi orari, tempo medio, tempo nazionale***).

In tutti gli altri casi il risultato ottenuto è affetto dall'errore dovuto sia alla longitudine, del luogo considerato, dal meridiano nazionale, sia all'equazione del tempo.

Per determinare, con la dovuta precisione, sia l'*ora dell'alba* «h_a» sia l'*ora del tramonto* «h_t» si deve far riferimento all'*orizzonte astronomico* o *all'orizzonte apparente*; basandosi sull'*orizzonte reale* si potrebbero ottenere dei risultati alquanto differenti dal vero.

Per una maggiore precisione, inoltre, si dovrebbe tener conto della rifrazione atmosferica a causa della quale noi vediamo il Sole sorgere all'orizzonte prima che l'astro sia veramente all'orizzonte astronomico; vedi: [tab. 04] a pagina 42.

Una digressione

Conoscendo l'ora del *tramonto* e l'ora dell'*alba* si può stimare, in determinate condizioni e con poche misurazioni, la *temperatura minima* che si raggiungerà durante la notte.

Poco dopo il tramonto, la temperatura diminuisce, in presenza di cielo sereno, con *gradiente costante*; e pertanto possibile conoscere, eseguendo due misurazioni di temperatura, distanziate di un'ora l'una dall'altra, il suo «*ritmo*» di riduzione.

La prima misurazione deve essere eseguita in un momento ben preciso, in funzione sia della latitudine sia del periodo mensile; semplificando il problema, per contro, possiamo utilizzare, in tutte le latitudini, la seguente tabella.

Emisfero settentrionale	Intervallo di tempo fra il tramonto e la 1° misurazione	*Emisfero meridionale*
gennaio, agosto, settembre, dicembre.	1 ora	marzo, aprile, maggio, giugno.
febbraio, luglio, ottobre, novembre.	1 ora e 30 minuti	febbraio, luglio, ottobre, novembre.
marzo, aprile, maggio, giugno.	2 ore	gennaio, agosto, settembre, dicembre.

Anche in questo caso, ovviamente, si deve tener debito conto sia dell'*equazione del tempo* «Eq» sia della *costante locale* «C_L».

Eseguendo la seconda misurazione, a distanza di un'ora, si ottiene il *gradiente di diminuzione per ora* della temperatura; si può pertanto calcolare la temperatura che si registrerà, la notte, sapendo che la temperatura minima la si raggiunge circa un'ora prima dell'alba.

Esempi:

1) il 30 dicembre, alla *latitudine* di φ = 40° *nord* ed alla *longitudine* di λ = 9° *est* da Greenwich (vedi: **Ora dell'alba e del tramonto**), si ha: ora del tramonto «$h_t = 16^h\ 35^m\ 54^s$», ora dell'alba «$h_a = 7^h\ 24^m\ 06^s$», ambedue in ore *solari vere locali*.

Cerchiamo che ora segnerà il nostro orologio ed al tramonto ed all'alba; calcoliamo pertanto a quali ore *medie nazionali* corrispondono le rispettive ore *solari vere locali*.

$h^t = 16^h\ 35^m\ 54^s + 0^h\ 02^m\ 25^s + 0^h\ 24^m\ 00^s = 17^h\ 02^m\ 19^s$

$h_a = 7^h\ 24^m\ 06^s + 0^h\ 02^m\ 25^s + 0^h\ 24^m\ 00^s = 7^h\ 50^m\ 31^s$

Essendo in *dicembre* si deve eseguire la prima misura «M1» un'ora dopo il tramonto; otterremo, pertanto, ignorando i secondi poiché irrilevanti:

$$M_1 = 17^h\ 02^m + 1^h\ 00^m = 18^h\ 02^m$$

Ipotizziamo di aver misurato, alle ore 18^h, una temperatura: «T_1 = 8,0 °C»; nella seconda misura, eseguita un'ora dopo alle 19^h, ipotizziamo si sia registrata una temperatura «T2 = 7,3 °C»
Il gradiente di diminuzione, gradi per ora, sarà:

$$Gd = 8^{°C} - 7{,}3^{°C} = 0{,}7\ °C \bullet h^{-1}$$

Il periodo di tempo fra la seconda misura «19^h» ed un'ora prima dell'alba «$6^h\ 50^m$» è:

$$\Delta T = \left(24^h - 19^h\ 00^m\right) + 6^h\ 50^m = 11^h\ 50^m$$

La temperatura scenderà ancora di:

$$0{,}7^{°C/h} \bullet 11{,}83^h = 8{,}3\ °C$$

Raggiungerà, infine, una temperatura minima «Tm»

$$T_m = 7{,}3^{°C} - 8{,}3^{°C} = -1{,}0\ °C$$

Vi sono alte probabilità che si verifichi una gelata.

La Durata media del periodo di luce

Il calcolo della durata media «T», del periodo di luce (intendendo con ciò l'arco di tempo compreso fra l'alba «h_a» ed il tramonto «h_b») nel giorno «n^{mo}» dell'anno, alla latitudine «φ», si esegue con la:

$$T = \frac{2 \bullet \omega_{at}}{15°/h} = \frac{2 \bullet \arccos\ (-\text{tg}\ \varphi \bullet \text{tg}\ \delta)}{15°/h} \qquad [08]$$

Esempi:

1°) il 30 aprile alla latitudine di «φ = 40°» (dall'eq. [01] «δ = +14,587°»)

$$T = \frac{2 \bullet \arccos\ (-\text{tg}\ 40 \bullet \text{tg}\ 14{,}587)}{15°/h} = 13{,}682^h \quad \Rightarrow \quad 13^h\ 41^m$$

equivalente a: $h_t - h_a = 18{,}841^h - 5{,}159^h = 13{,}682^h = 13^h\ 41^m$

2°) il 30 novembre alla latitudine di «φ = 40°» (dall'eq. [01] «δ = -21,970°»)

$$T = \frac{2 \bullet \arccos\ (-\text{tg}\ 40 \bullet \text{tg}\ -21{,}970)}{15°/h} = 9{,}362^h \quad \Rightarrow \quad 9^h\ 22^m$$

equivalente a: $h_t - h_a = 16{,}681^h - 7{,}319^h = 9{,}362^h = 9^h\ 22^m$

Il 30 aprile alla latitudine di «φ = 40°» il giorno ha una durata di $13^h\ 41^m$; il 30 novembre, sempre alla latitudine di «φ = 40°», il giorno ha una durata di $9^h\ 22^m$.

Ovviamente i valori sono riferiti all'*emisfero nord* (o boreale); per l'*emisfero sud* (od australe) la durata del giorno (ore di luce dall'alba al tramonto) e la durata della notte (ore di buio dal tramonto all'alba), per il giorno «n^{mo}» dell'anno, sono invertite.

Nel calcolo della durata «T», del periodo di luce, si possono ignorare le correzioni sia per la *differenza di latitudine*, dal *meridiano nazionale*, sia per l'*equazione del tempo*, poiché le correzioni da apportare a «h_a» ed a «h_t» si annullano a vicenda.

Il Crepuscolo

civile, nautico, astronomico

Se la Terra non fosse circondata dall'atmosfera, si avrebbe l'oscurità completa non appena il Sole calasse sotto l'orizzonte e la luce solo quando il Sole comparisse all'orizzonte; ciò che hanno visto gli astronauti dalla Luna insegna.

La sua presenza (quella dell'atmosfera) diffondendo la radiazione solare rende graduale, per contro, il passaggio dalla luce al buio, durante il tramonto, e viceversa, durante l'alba; il buio si ha solo quando il Sole giunge oltre i 18° sotto l'orizzonte.

Sono stati definiti tre tipi di crepuscolo:

crepuscolo serale civile: termina quando il Sole scende di 6° sotto l'orizzonte; al suo termine sono visibili le stelle di 1^a magnitudine.

crepuscolo serale nautico: termina quando il Sole scende di 12° sotto l'orizzonte; al suo termine sono visibili le stelle di 3^a magnitudine e si intravedono le costellazioni più luminose.

crepuscolo serale astronomico: termina quando il Sole scende di 18° sotto l'orizzonte; al suo termine sono visibili le stelle osservabili ad occhio nudo (di 6^a magnitudine); ovviamente con cielo sereno ed in assenza di disturbi luminosi provenienti da altre sorgenti.

Parimenti sono definiti, seguendo lo stesso principio, il ***crepuscolo mattutino***: ***astronomico***, ***nautico***, ***civile***, che iniziano rispettivamente quando il Sole, nel sorgere, raggiunge i: «ω_{ALBA} = 18°», «ω_{ALBA} = 12°», «ω_{ALBA} = 6°», sotto l'orizzonte; il momento nel quale il Sole transita sull'orizzonte astronomico è «ω_{ALBA} = 0°».

La Durata media del crepuscolo

civile, nautico, astronomico

La durata del crepuscolo è il tempo compreso fra il momento nel quale il Sole transita fra i: «ω = 18°», «ω = 12°», «ω = 6°» (a seconda quale crepuscolo stiamo considerando) ed il momento in cui il Sole transita all'orizzonte astronomico.

La durata del *crepuscolo*, indifferentemente quale sia, è funzione dell'angolo di discesa, o di risalita, del Sole (l'angolo fra il piano dell'eclittica ed il piano tangente, alla Terra, nel punto il cui è l'osservatore); si hanno pertanto crepuscoli più brevi nei paesi equatoriali e sempre più lunghi spostandosi verso i poli.

L'ora «ω» nella quale il Sole, osservato da una latitudine «φ», transita in un punto «x°», della volta celeste, si ottiene con la:

$$\omega = \arccos \frac{\cos\beta - (\operatorname{sen}\varphi \bullet \operatorname{sen}\delta)}{\cos\varphi \bullet \cos\delta} \qquad [09]$$

In cui: ω = angolo orario equivalente a 15° per ogni ora, contato a partire dal mezzogiorno; *mezzogiorno* ω = 0° (positivo fra l'alba ed il mezzogiorno, negativo fra il mezzogiorno ed il tramonto) - β = distanza zenitale (od angolo d'incidenza) compresa fra la normale alla superficie orizzontale (verticale) e la direzione del raggio solare - φ = latitudine geografica (emisfero nord da 0° a +90°, emisfero sud da 0° a –90°) - δ = declinazione solare-

Esempio:

1°) il primo luglio (dalla [tab. 03]: δ = 23° 7'), dal **Faro** del ***Nuovo molo di ponente*** in Cagliari (φ = 39° 25'), si ha:

Sapendo che:	$\theta_{OA\text{-}A}$ (orizzonte astronomico all'alba) .	= 90°
	$\theta_{OA\text{-}T}$ (orizzonte astronomico al tramonto)	= -90°
	$\theta_{CC\text{-}A}$ (crepuscolo mattutino civile, all'alba) . .	= 96°
	$\theta_{CN\text{-}A}$ (crepuscolo mattutino nautico, all'alba) .	= 102°
	$\theta_{CA\text{-}A}$ (crepuscolo mattutino astronomico, all'alba).	= 108°
	$\theta_{CC\text{-}T}$ (crepuscolo serale civile, al tramonto) .	= -96°
	$\theta_{CN\text{-}T}$ (crepuscolo serale nautico, al tramonto) .	= -102°
	$\theta_{CA\text{-}T}$ (crepuscolo serale astronomico, al tramonto)	= -108°

Calcoliamo a che ora il Sole sorge sull'orizzonte astronomico:

In questo caso θ_Z deve essere uguale a $\theta_{OA\text{-}A}$;

$$\cos\omega = \frac{\cos 90° - (\operatorname{sen} 39{,}416\,7° \bullet \operatorname{sen} 23{,}116\,7°)}{\cos 39{,}416\,7° \bullet \cos 23{,}116\,7°} = -0{,}350\,8$$

$$\omega = \arccos - 0{,}350\,8 = 110{,}539\,4° = 110°\,37'$$

esprimendo «ω» in ore, si ha: $\omega_{Ore} = \frac{110{,}539\,4°}{15°/h} = 7{,}369\,3^h = 7^h\,22^m\,9{,}48^s$

Il valore di «ω_{ORE}» indica quante ore mancano al *mezzogiorno vero locale*; l'ora in cui il Sole sorge sull'orizzonte astronomico (trascurando ora e poi i secondi di tempo, poiché irrilevanti) sarà pertanto:

$$\omega_{ALBA} = 12^h - 7^h\,22^m = 4^h\,38^m$$

Il Sole transita, sull'orizzonte astronomico, alle ore: $4^h\,38^m$ (T_{SVL}) del mattino

Calcoliamo l'ora in cui il Sole transita a 6° gradi sotto l'orizzonte astronomico corrispondente al *crepuscolo mattutino civile*:

In questo caso θ_Z deve essere uguale a $\theta_{CC\text{-}A}$; con lo stesso procedimento si ha:

$\cos\omega = -0{,}498\,0$ $\omega = 119{,}865\,6° = 119°\,52'$ $\omega_{ORE} = 7{,}991\,0^h = 7^h\,59^m$
$\omega_{6°} = 12^h\,00^m - 7^h\,59^m = 4^h\,01^m$

Il Sole transita, a 6° sotto l'orizzonte astronomico, alle ore: $4^h\,01^m$ (T_{SVL}) del mattino

La durata del ***Crepuscolo mattutino civile*** è pertanto: $\theta_{CC\text{-}A} = 4^h\,38^m - 4^h\,01^m = 0^h\,37^m$

Calcoliamo l'ora in cui il Sole transita a 12° gradi sotto l'orizzonte astronomico corrispondente al *crepuscolo mattutino nautico*:

In questo caso θ_Z deve essere uguale a $\theta_{CN\text{-}A}$; con lo stesso procedimento si ha:

$\cos\omega = -0{,}643\,5$ $\omega = 130{,}051\,2° = 130°\,4'$ $\omega_{ORE} = 8{,}670\,1^h = 8^h\,40^m$
$\omega_{12°} = 12^h\,00^m - 8^h\,40^m = 3^h\,20^m$

Il Sole transita, a 12° sotto l'orizzonte astronomico, alle ore: $3^h\,20^m$ (T_{SVL}) del mattino

La durata del ***Crepuscolo mattutino nautico*** è pertanto: $\theta_{CN\text{-}A} = 4^h\,01^m - 3^h\,20^m = 0^h\,41^m$

Calcoliamo l'ora in cui il Sole transita a 18° gradi sotto l'orizzonte astronomico corrispondente al *crepuscolo mattutino astronomico*:

In questo caso θ_Z deve essere uguale a $\theta_{CA\text{-}A}$; con lo stesso procedimento si ha:

$\cos\omega = -0{,}785\,8$ $\omega = 141{,}791\,9° = 141°\,48'$ $\omega_{ORE} = 9{,}452\,8^h = 9^h\,27^m$
$\omega_{18°} = 12^h\,00^m - 9^h\,05^m = 2^h\,33^m$

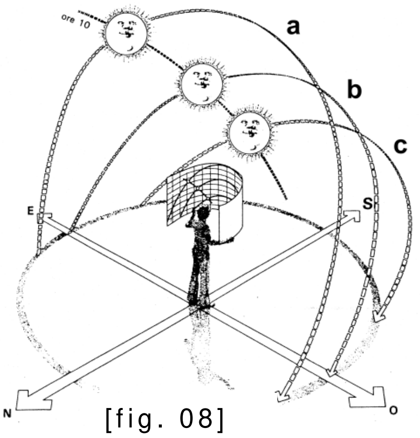
Il Sole transita, a 18° sotto l'orizzonte astronomico, alle ore: $2^h\,33^m$ (T_{SVL}) del mattino

La durata del ***Crepuscolo mattutino astronomico*** è pertanto: $\theta_{CA\text{-}A} = 3^h\,20^m - 2^h\,33^m = 0^h\,47^m$

Il *crepuscolo serale* (sia esso *civile*, *nautico*, *astronomico*) è sempre speculare, al *crepuscolo mattutino*, rispetto alla direzione «nord-sud» passante per il punto d'osservazione.

La Posizione del Sole sulla sfera celeste

Anche se il concetto *tolemaico* (geocentrico) è, da molto tempo, ormai superato a favore dell'attuale teoria *copernicana* (eliocentrica), rappresentativa della realtà, spesso è più semplice descrivere il moto apparente del Sole, rispetto alla Terra, considerando quest'ultima ferma, nello spazio, ed il Sole che le orbita attorno [fig. 08].

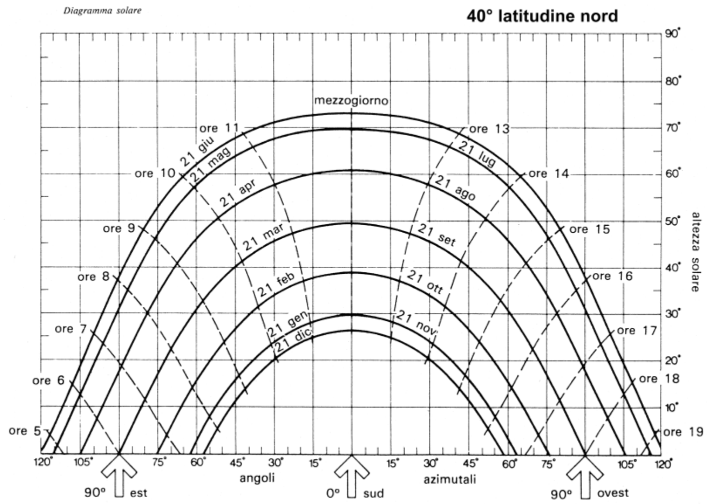


[fig. 08]

Osserviamo la [fig. 08]
La figura mostra i tre principali percorsi apparenti, del Sole, attraverso la volta celeste come li vedrebbe un osservatore, posto in un punto generico, sulla superficie terrestre, compreso fra i 23° 27' ed i 66° 33' di latitudine nord («a» al solstizio d'estate, «b» all'equinozio o di autunno o di primavera, «c» al solstizio d'inverno).
Mostra inoltre le tracce, dei tre percorsi, su di un ipotetico cilindro (con l'asse perpendicolare all'orizzontale e passante per il punto d'osservazione) la cui superficie si interpone fra il Sole e l'osservatore.

Per stabilire la posizione, del Sole, su di un immaginario cilindro posto fra esso e l'osservatore, è sufficiente conoscere due parametri: l'*angolo di elevazione del Sole* «α» (*angolo* formato dal *piano tangente* al *punto d'osservazione* con la direzione *osservatore-sole*), l'*angolo azimutale* «θ» (*angolo* orizzontale formato dalla direzione del *mezzogiorno solare vero locale* e la direzione *osservatore-sole*) [fig. 09].

Osservando la [fig. 09]
La figura *rappresenta il foglio che tiene in mano l'osservatore della* [fig. 08] *una volta svolto.*
Nel diagramma solare, qui presentato, sono indicati alcuni percorsi caratteristici del sole, nel suo moto apparente intorno alla Terra, con le date nelle quali si verificano.
Sono altresì indicate le posizioni che il sole occupa, lungo i vari percorsi, alle varie ore della giornata.
La linea che unisce i punti posti a 90° est ed 90° ovest (indicati dalle frecce) rappresentano il percorso, del sole, agli equinozi.
Il mezzogiorno (o la traccia del *sud*), indicato anch'esso con una freccia (0°), rappresenta il *mezzogiorno solare vero locale* «$h12_{SVL}$».



[fig. 09]

Conoscendo sia la nostra *latitudine* «φ» sia la *declinazione solare* del giorno «δ» sia l'*angolo orario* «ω» (in gradi), si può ottiene la *distanza zenitale* «β», del Sole, dalla:

$$\beta = \arccos\ (\cos\varphi \bullet \cos\delta \bullet \cos\omega + \mathrm{sen}\ \varphi \bullet \mathrm{sen}\ \delta) \qquad [10a]$$

In cui: β = distanza zenitale (od angolo d'incidenza) compresa fra la normale alla superficie orizzontale (verticale) e la direzione del raggio solare - φ = latitudine geografica (emisfero nord da 0° a +90°, emisfero sud da 0° a –90°) - δ = declinazione solare - ω = angolo orario equivalente a 15° per ogni ora, contato a partire dal mezzogiorno, *mezzogiorno* ω = 0° (positivo fra l'alba ed il mezzogiorno, negativo fra il mezzogiorno ed il tramonto)

L'angolo di elevazione sarà pertanto:

$$\alpha = 90° - \beta \qquad [10b]$$

In cui: α = angolo d'elevazione del sole compreso fra l'orizzontale e la direzione dei suoi raggi.

Conoscendo «β» si può infine calcolare l'angolo orizzontale che la direzione del Sole forma con la direzione del *sud* geografico.

$$\theta = \mathrm{arcsen}\ \frac{\cos\delta \bullet \mathrm{sen}\ \omega}{\mathrm{sen}\ \beta} \qquad [10c]$$

In cui: θ = angolo azimutale contato a partire dal mezzogiorno (vale quanto già detto per ω) – noto il significato degli altri termini.

Esempi:

1°) il 21 giugno, alla latitudine di «φ = 40°» *nord* ed alle ore 10^h *solari vere locali*, si ha:

$$\delta = 23{,}45° \bullet \mathrm{sen}\ \left(360 \bullet \frac{285 + 172}{365}\right) = 23{,}448\ 0° \quad \Rightarrow \quad 23°\ 27'$$

$$\omega^h = 12^h - 10^h = 2^h \qquad \omega° = 2^h \bullet 15^{°/h} = 30°$$

$$\cos\beta = \cos 40° \bullet \cos 23{,}448\ 0° \bullet \cos 30° + \mathrm{sen}\ 40° \bullet \mathrm{sen}\ 23{,}448\ 0° = 0.864\ 4$$

$$\beta = \arccos 0{,}864\ 4 = 30{,}185\ 0° \quad \Rightarrow \quad 30°\ 11'$$

$$\alpha = 90° - 30{,}185\ 0° = 59{,}815° \quad \Rightarrow \quad 59°\ 49' \quad \textbf{nord}$$

$$\mathrm{sen}\ \theta = \frac{\cos 23{,}448\ 0° \bullet \mathrm{sen}\ 30°}{\mathrm{sen}\ 30{,}185\ 0°} = 0{,}912\ 3$$

$$\theta = \mathrm{arcsen}\ 0{,}912\ 3 = 65{,}828\ 5° \quad \Rightarrow \quad 65°\ 50' \quad \textbf{est}$$

2°) il 21 settembre, alla latitudine di «φ = 40°» *nord* ed alle ore 18 (sei postmeridiane), si ha:

$$\delta = 23{,}45° \bullet \mathrm{sen}\ \left(360 \bullet \frac{285 + 264}{365}\right) = -0{,}605\ 4° \quad \Rightarrow \quad -0°\ 36'$$

$$\omega^h = 12^h - 18^h = -6^h \qquad \omega° = -6^h \bullet 15^{°/h} = -90°$$

$$\cos\beta = \cos 40° \bullet \cos -0{,}605\ 4° \bullet \cos -90° + \mathrm{sen}\ 40° \bullet \mathrm{sen} - 0{,}605\ 4° = 0{,}006\ 8$$

$$\beta = \arccos 0{,}006\ 8 = 90{,}389\ 2° \quad \Rightarrow \quad 90°\ 23'$$

$$\alpha = 90° - (-90{,}389\ 2°) = 180{,}389\ 2° \quad \Rightarrow \quad 180°\ 23' \quad \textbf{sud}$$

$$\text{sen}\,\theta = \frac{\cos -0{,}605\,4° \bullet \text{sen} -90°}{\text{sen}\,90{,}389\,2°} = -1{,}000\,0$$

$$\theta = \text{arcsen} - 1{,}000\,0 = -89{,}536\,2° \quad \Rightarrow \quad -89°\,32' \quad \textbf{ovet}$$

La Distanza Terra-Sole

Nel suo moto di rivoluzione annuo, la Terra percorre una traiettoria ellittica i cui parametri principali sono:

lunghezza dell'orbita	$9{,}39 \bullet 10^{11}$	m
eccentricità attuale dell'orbita	0,016 73	
velocità tangenziale al perielio	30,27	$km \bullet s^{-1}$
velocità media tangenziale	29,77	$km \bullet s^{-1}$
velocità tangenziale all'afelio	29,27	$km \bullet s^{-1}$
distanza massima dal Sole	154 620 000	km
distanza media dal Sole	149 680 000	km
distanza minima dal Sole	144 740 000	km

Una formula che approssima, con sufficiente precisione, il valore della distanza **Terra-Sole** «D_{ST}», nel giorno ennesimo dell'anno «n^{mo}», è:

$$D_{ST} = \left(1 + 0{,}033 \bullet \cos\frac{360 \bullet n^{mo}}{365}\right) \qquad [11]$$

In cui: UA = unità astronomica pari a: 149 597 870 km.

Esempi:

1°) il 2 gennaio (n^{mo} = 2) col Sole praticamente all'*afelio*, si ha:

$$D_{ST} = 149\,597\,870 \bullet (1 + 0{,}033 \bullet 0{,}999\,407\,40) = 154\,531\,674\ \text{km} \quad \Rightarrow \quad 1{,}545 \bullet 10^{11}\ \text{m}$$

2°) il 2 luglio (n^{mo} = 183) col Sole praticamente al *perielio*, si ha:

$$D_{ST} = 149\,597\,870 \bullet (1 + 0{,}033 \bullet 0{,}999\,962\,96) = 144\,661\,323\ \text{km} \quad \Rightarrow \quad 1{,}447 \bullet 10^{11}\ \text{m}$$

In verità la distanza reale Terra-Sole è di $1{,}521 \bullet 10^{11}$ m all'*afelio* (intorno al 2 gennaio) e di $1{,}471 \bullet 10^{11}$ m al *perielio* (intorno al 2 luglio); la distanza media risulta pertanto ancora di $1{,}496 \bullet 10^{11}$ m.

Come si evince dai risultati la differenza fra i valori reali e quelli dedotti dalla formula non supera il 2%.

Divagando sulle curiosità

La ***costante solare*** «I_{sc}» è l'energia solare incidente nell'unità di tempo su d'una superficie di area unitaria disposta normalmente alla direzione dei raggi solari ed alla distanza media fra Terra e sole, senza considerare l'attenuazione dovuta all'atmosfera.

Attualmente il valore «I_{sc}» della costante solare, considerato più attendibile, è di 1 353 $W \bullet m^{-2}$ (4 871 $kJ \bullet m^{-2} \bullet h^{-1}$; 1 163 $kcal \bullet h^{-1}$); la presenza dell'atmosfera con tempo sereno, per contro, riduce tale valore a quello considerato accettabile di 1 000 $W \bullet m^{-2}$.

La formula [11] può essere pertanto utilizzata anche per calcolare l'energia solare incidente su d'una superficie di area unitaria normale ai raggi solari, durante tutto l'arco dell'anno (alle diverse distanze della Terra dal Sole), solo che si sostituisca, nella formula, il valore della costante UA con quello «I_{sc}» o con quello più realistico di 1 000 $W \bullet m^{-2}$..

Come si può facilmente verificare «I_{cs}» assume un valore *minimo* nei mesi estivi e *massimo* in quelli invernali; il caldo estivo ed il freddo invernale non dipendono pertanto dalla differente distanza della Terra dal Sole, ma la causa va ricercata nell'inclinazione dell'asse terrestre (o, il che è lo stesso, nell'inclinazione del piano equatoriale) rispetto all'eclitica..

Metodi operativi pratici di determinazione

Strumenti principali ad uso dell'«Orientista»

La bussola

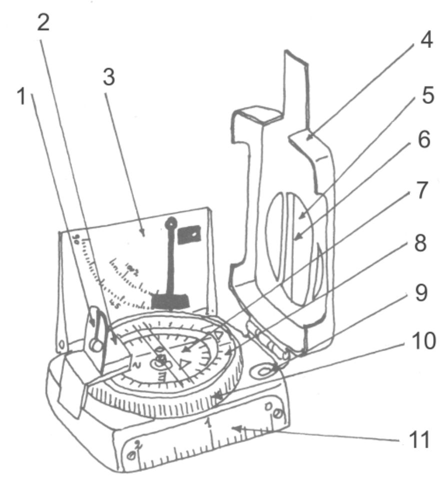
La **bussola** più idonea alle esigenze della *tecnica dell'orientamento* ritengo sia quella *patentata perfezionata* basata sul metodo Silva, chiamata anche *Bussola da carta*.

Questa bussola è già stata esaurientemente descritta nella dispensa «*Il Manualetto del Trekking*», dello stesso Autore.

In considerazione, per contro, sia del fatto che le sue peculiarità non vengono sfruttate appieno nei procedimenti presentati in questa dispensa sia perché la *bussola da carta* è in genere meno precisa della *bussola da rilevamento*, presentiamo una bussola a prisma che, forse, si rivela più idonea per lo scopo che qui ci prefiggiamo di raggiungere [fig. 10].

La [fig. 10] mostra le parti essenziali della bussola da rilevamento tipo **Wilkie**.

1. fessura di fede di 0.3 mm per la collimazione
2. oculare a prisma per la lettura al cerchio graduato
3. ecclimetro
4. coperchio ribaltabile
5. Finestrella in vetro del coperchio
6. linea di mira incisa sul vetro del coperchio
7. disco graduato girevole, immerso nel liquido oleoso della capsula
8. graduazione esterna solidale con la ghiera zigrinata
9. bolla sferica
10. ghiera zigrinata
11. scala lineare incisa su di un lato del bordo



[fig. 10]

La bussola tipo Wilkie qui presentata è una bussola da rilevamento con una sensibilità tale che permette di stimare il mezzo grado (0,5° = 30').

Contiene anche un ecclimetro (strumento che sarà descritto poco più avanti) e una bolla sferica per mettere in stazione (in posizione orizzontale) lo strumento.

L'eclimetro ed il clisimetro

L'**eclimetro** è uno strumento per la misura degli angoli verticali «α» (angoli zenitali) espressi in gradi o sessagesimali o centesimali.

Sono costituiti essenzialmente da un semicerchio graduato (generalmente in gradi sessagesimali), da un sistema di puntamento, da un pendolino che, incidendo sulla scala graduata, indica l'ampiezza dell'angolo di elevazione.

Nel **clisimetro** (strumento concettualmente identico al precedente) la scala indica la pendenza (la tangente dell'angolo) o, in alcune versioni, la pendenza percentuale [per maggiori informazioni sia sulla bussola sia sull'ecclimetro (caratteristiche e modi d'impiego) vedere la dispensa: «*Il Manualetto del Trekking*», dello stesso Autore.

Il rapportatore angolare o goniometro

Il **goniometro** è uno strumento atto sia a fornire il valore di un dato angolo sia ad ottenere un angolo di un determinato valore.

Costruito generalmente di forma o circolare o semicircolare è graduato in gradi o sessagesimali o centesimali.

Utilizzato verticalmente assieme ad una cordicella ed un pendolino può sostituire, in caso d'emergenza, l'ecclimetro, fornendo però, in genere, indicazioni poco precise.

Nelle operazioni che si andrà a descrivere, può efficacemente essere sostituito con la gradazione esterna della bussola.

La calcolatrice

Dagli argomenti fin qui esposti, e da quelli che seguiranno, si evince chiaramente la necessità di utilizzare anche una calcolatrice scientifica; la risoluzione della maggior parte dei problemi può essere ottenuta, infatti, solo con l'ausilio delle funzioni trigonometriche.

Sono tentato di suggerire, al posto della calcolatrice scientifica, l'uso del regolo calcolatore, strumento di cui si sta perdendo il ricordo; si perderebbe sicuramente il precisione, ma ci si divertirebbe di più.

.

Ricerca della propria posizione orientandosi col Sole

Valore della Latitudine (1° metodo)

disponendo di: *orologio*

Calcolo della latitudine «φ»*, di un luogo, conoscendo sia il giorno* «n^{mo}» *dell'anno sia la durata media del giorno* «T_g».

Registriamo, col nostro orologio, l'ora sia del *sorgere* «h_a» sia del *tramontare* «h_t» del sole e calcoliamo la durata «T_g», del giorno (con $T_g = h_t - h_a$); calcoliamo inoltre con l'equazione [01a] (o desunta dalla [tab. 03]) la *declinazione solare* «δ» nel giorno «n^{mo}» dell'anno.

La latitudine «φ», del luogo, si ottiene applicando la:

$$\varphi = \text{arctg}\left[\cos\left(\frac{15 \bullet T_g}{2}\right) \bullet -\frac{1}{\text{tg}\,\delta}\right] \qquad [12]$$

Esempi:

1°) il 30 aprile, in un certo luogo, si ha: («δ» = +14° 35'; «T» = $13^h\ 41^m$)

$$\varphi = \text{arctg}\left[\cos\left(\frac{15 \bullet 13{,}682}{2}\right) \bullet -\frac{1}{\text{tg}\,14{,}587}\right] = \text{arctg}\,0{,}839\,226 = 40{,}004° \quad \Rightarrow \quad 40°\,00'$$

2°) il 30 novembre, in un certo luogo, si ha: («δ» = -21° 58'; «T» = $9^h\ 22^m$)

$$\varphi = \text{arctg}\left[\cos\left(\frac{15 \bullet 9{,}362}{2}\right) \bullet -\frac{1}{\text{tg}{-21{,}970}}\right] = \text{arctg}\,0{,}839\,060 = 39{,}999° \quad \Rightarrow \quad 40°\,00'$$

Il procedimento è valido, fra la latitudine di ± 60°, quasi tutto l'anno salvo circa nei dieci giorni prima, e nei dieci giorni dopo, ogni equinozio (approssimativamente dall'undici al trentuno maggio e dal 13 settembre al due ottobre).

Per determinare, con la dovuta precisione, sia l'ora dell'alba sia l'ora del tramonto si deve far riferimento all'*orizzonte astronomico* o *all'orizzonte apparente*; basandosi sull'*orizzonte reale* si potrebbero ottenere dei risultati alquanto differenti ed inesatti.

Osservazioni

Non è necessario (è inutile) tener conto sia dell'Equazione del tempo «Eq» sia della Costante locale «C_L», poiché si annullano a vicenda fra l'alba ed il tramonto.

Valore della Latitudine (2° metodo)

disponendo di: *ecclimetro o similare* (vedi: L'Angolo d'elevazione del Sole a *mezzogiorno solare vero locale*)

Calcolo della latitudine «φ»*, di un luogo, conoscendo sia il giorno* «n^{mo}» *dell'anno sia l'angolo d'altezza del sole* «α» in culminazione (*a mezzogiorno solare vero locale*).

Dopo aver misurato, con uno dei modi descritti (vedi**: Angolo di elevazione del sole a *mezzogiorno solare vero locale***) ed aver o calcolato con l'equazione [05a] o ricavato dalla [tab. 03] la *declinazione solare* «δ», la latitudine locale si ricava applicando la:

$$\varphi = 90° - (\alpha - \delta) \qquad [13]$$

Osservazioni

Nelle misurazioni d'alta precisione (servendosi per esempio di un buon teodolite, atto ai rilevamenti astronomici speditivi, con il quale si possono leggere i 30" od anche i 20"). si dovrà tener debito conto sia della parallasse solare (dell'ordine dei 15") sia della rifrazione astronomica; per conoscere i valori di quest'ultima consultare la [tab. 04] **Appendice D**).

Esempi:

1°) il 21 giugno, in un certo luogo, si ha: («α» = 37°); («δ» = +23° 27')

$$\varphi = 90° - [37° - (+23°\,27')] = 90° - (37° - 23°\,27') = 90° - 13°\,33' = 76°\,27'$$

2°) il 16 febbraio, in un certo luogo, si ha: («α» = 43°); («δ» = -12° 57')

$$\varphi = -[43° - (-12°\,57')] = 90° - (43° + 12°\,57') = 90° - 55°\,57' = 34°\,03'$$

Curiosità

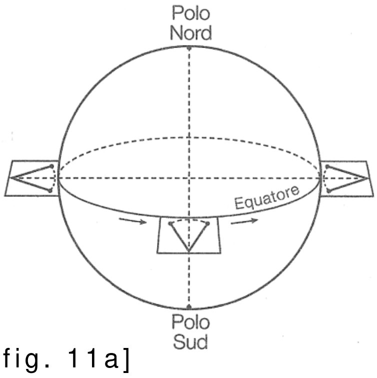
Questo era il metodo abitualmente utilizzato dai naviganti, d'un tempo, per determinare la propria ***latitudine*** osservando il *sole* col sestante; il metodo può essere esteso sia alla *stella polare* sia a qualsiasi astro purché se ne conosca la declinazione (ad esempio dalle effemeridi).

Valore della Latitudine (3° metodo)

disponendo di: *pendolo, goniometro, cronometro*

Calcolo della latitudine «φ» che si basa su un fenomeno che implica concetti e metodologie molto diversi da quelli fin qui utilizzati.

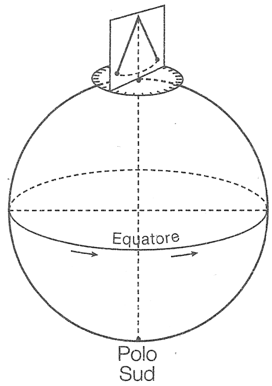
Presento questo metodo dopo e reticenze e ripensamenti poiché, pur essendo teoricamente ineccepibile, è estremamente lungo e alquanto impreciso; si rivela, però, anche una curiosità non molto nota.



[fig. 11a]

Se fossimo all'equatore ($\varphi = 0°$) e ponessimo in movimento un pendolo (indipendentemente dalla sua massa e dalla lunghezza della sua fune di vincolo), questo oscillerebbe in un piano verticale la cui posizione, relativamente alla superficie terrestre, non varierebbe nel tempo; il piano di oscillazione del pendolo (non importa in quale direzione è orientato) apparirebbe sempre fermo rispetto alla superficie di riferimento terrestre [fig. 11a].

Se fossimo al polo ($\varphi \pm 90°$), per contro, (indipendentemente dal fatto di essere od al *polo nord* od al *polo sud*) il piano di oscillazione del pendolo ruoterebbe lentamente, in senso orario al polo nord (in senso antiorario al polo sud), compiendo un giro completo ($\alpha = 2 \bullet \pi = 360°$) in un periodo «T» di 24 ore [fig. 11b].



[fig. 11b]

Se fossimo ad una latitudini intermedia fra l'equatore ed uno dei poli ($0° < \varphi < 90°$ fra l'equatore ed il *polo nord*, $0° > \varphi > -90°$ fra l'equatore ed il *polo sud*), il piano d'oscillazione del pendolo eseguirebbe una rotazione completa in un periodo «T» maggiore di quello registrato ai poli (ovviamente inferiore di quello registrato all'equatore che è infinito); il periodo «T» aumenterebbe, andando dai poli all'equatore con la legge data dell'equazione:

$$T = \frac{24}{\text{sen}\,\varphi}\ [\text{ore}]$$

Eseguendo l'esperimento del pendolo stando sulla **Torre di S. Pancrazio** in ***Cagliari*** (latitudine: $\varphi = 39° 13' 15''$, potremmo procedere come segue:

Mettiamo in movimento il pendolo, avviando contemporaneamente un cronometro, e attendiamo che il suo piano d'oscillazione ruoti di almeno trenta gradi esatti ($\alpha = 30°$) e fermiamo il cronometro; il tempo che il piano d'oscillazione del pendolo impiegherà a percorrere l'arco di 30° gradi sarà di «$Tp = 11\,386{,}8^s = 3{,}163^h$».

L'angolo di 30° è un dodicesimo dell'angolo giro, per cui il piano d'oscillazione avrebbe impiegato, per compiere un intero giro «$T = Tp \bullet 12 = 3{,}163 \bullet 12 = 37{,}956^h$»).

$$\text{sen}\,\varphi = \frac{24}{T} = \frac{24}{37{,}956} \qquad \varphi = \text{arcse}\,\frac{24}{37{,}956} = 39{,}220\,838^\circ = 39°\,13'\,15''$$

La latitudine calcolata «φ», della **Torre di S. Pancrazio** in ***Cagliari***, risulterebbe, pertanto, di: $\varphi = 39{,}220\,838° = 39° 13' 15''$, come effettivamente è.

Curiosità

Questo fenomeno, che fu la inconfutabile prova del moto di rotazione della Terra, è stato scoperto dal fisico francese **Jean Bernard Léon Foucault** (1819 - 1868) esattamente alle due della mattina del 6 gennaio 1851; la prova fu eseguita pubblicamente al Panthéon, nella sala del meridiano, i 3 febbraio 1851.

Eventuali verifiche di attendibilità

Abbiamo determinato la nostra latitudine, col metodo 1°), ottenendo il valore «ϕ_n»; vogliamo ora comprendere se sono attendibili i valori da noi registrati: ora dell'*alba* «h_a», l'ora del *tramonto* «h_t».

a) ***Senza altre osservazioni***

Sappiamo che l'ora dell'alba «h_a» e l'ora del tramonto «h_t» sono ugualmente distanti (distanza temporale) dal *mezzogiorno solare vero locale* per cui si ha:

$$M_{loc} = \frac{h_a + h_t}{2}$$

Tenendo conto della [02], dovrebbe risultare pertanto:

$$h_a = M_{loc} - \frac{\arccos(-\operatorname{tg}\varphi_n \bullet \operatorname{tg}\delta)}{15} \quad [a] \qquad h_t = M_{loc} - \frac{\arccos(-\operatorname{tg}\varphi_n \bullet \operatorname{tg}\delta)}{15} \quad [b]$$

i valori «h_a», «h_t», così ottenuti dovrebbero coincidere con i rispettivi valori realmente registrati; in caso contrario qualcosa non quadra.

b) ***Seguendo un altro procedimento***

Conosciamo la nostra longitudine «λ_{loc}», il meridiano nazionale «λ_{naz}» ed il giorno dell'anno «n^{mo}»

In questo caso (la conoscenza di «n^{mo}» implica anche la conoscenza di «E») abbiamo un'ulteriore possibilità di verifica; dovremmo ottenere infatti:

$$M_{loc} = \frac{h_a + h_t}{2} = 12 - \frac{\lambda_{standard} - \lambda_{loc}}{15}$$

Dovrebbe inoltre essere verificata sia la [a] sia la [b].

c) ***Conoscendo la direzione del nord***

Possiamo conoscere il mezzodì vero locale «M_{loc}» determinando l'ora nella quale l'ombra di un bastoncino è rivolta esattamente a nord; anche in questo caso, dovrebbero essere verificate ambedue le uguaglianze: la [a], la [b].

Valore della Longitudine

disponendo di: *orologio*

Calcolo della longitudine «λ_{LOC}»*, di un luogo, conoscendo sia l'ora media nazionale* «T_{NAZ}»*, al mezzogiorno solare vero locale* «$h12_{SOL}$»*, sia l'equazione del tempo* «Eq», *nel giorno* «n^{mo}» *dell'anno; conosciamo inoltre il meridiano nazionale del luogo* «λ_{NAZ}» (*per l'Italia è il meridiano che si trova* 15°*, o parimenti ad* 1^h*, ad est di Greenwch*).

Il *mezzogiorno solare vero locale* «$h12_{SOL}$» coincide sia con il momento della *culminazione*, del sole, sia col momento in cui l'ombra, ad esempio di un paletto, si trova esattamente sulla direzione *nord-sud*; l'*ora media nazionale* è quella segnata dal nostro orologio (considerato esatto).

Quando il sole transita sul *meridiano locale* (culminazione) sono le 12^h, in *tempo solare vero locale* «$h12_{SOL}$», che corrispondono, in *tempo medio locale* «T_{ML}», alle:

$$T_{ML} = h12_{SOL} + Eq \qquad [14a]$$

La differenza, fra l'*ora media nazionale* «T_{MN}» (segnata dal nostro orologio) e l'*ora media locale* «T_{ML}» (sul meridiano del punto d'osservazione) è sempre la costante locale «C_L»:

$$C_L = T_{MN}\ T_{ML} \qquad \text{vedi equazione [02]} \qquad [14b]$$

Eseguiamo la conversione per passare dalla *costante locale* «C_L», espressa in ore (nel sistema orario), alla *differenza angolare* «D°» (che è la differenza, in longitudine, fra il *meridiano nazionale* ed il *meridiano locale*), espressa in gradi sessagesimali, si ottiene.

$$D° = -(C_L \bullet 15^{°/h}) \qquad [14c]$$

La differenza angolare «D°», ricordiamolo. È positiva per le località situate ad ovest, del meridiano nazionale, ed è negativa per le località situate ad est; come, parimenti, la costante locale «C_L».

Sommando algebricamente, il risultato così ottenuto espresso in gradi «D°», al *meridiano nazionale* «λ_{NAZ}» (sempre espresso in gradi, da ***Greenwch***) otteniamo il valore della ***latitudine*** alla quale stiamo eseguendo l'osservazione «λ_{LOC}».

$$\lambda_{LOC} = \lambda_{NAZ} - D°$$

Per calcolare la *longitudine locale* «λ_{LOC}» (da Greenwich), si deve conoscere: la *longitudine del meridiano nazionale* «λ_{NAZ}» (da Greenwich), l'equazione del tempo «Eq», il *tempo medio locale* «T_{ML}» (al momento della culminazione del sole), ed infine se è in vigore, o meno, l'ora legale «Or».

Da quanto detto, si può ottenere il valore della longitudine «λ_{LOC}», del punto in cui siamo, applicando la formula:

$$\lambda_{LOC} = \lambda_{NAZ} - [T_{MN} - (T_{SVL} + Eq)] \bullet 15^{°/h} \qquad \text{latitudine di Greenwich} \qquad [14d]$$

Consideriamo di eseguire l'osservazione nel momento in cui il sole transita sul meridiano locale (questo perché è relativamente semplice individuarne il momento preciso) e considerando la longitudine nazionale «λ_{NAZ}» pari a 15° (meridiano dell'**Europa centrale** o meridiano **Etneo**), la [14d] diviene:

$$\lambda_{LOC} = 15° - [T_{MN} - (h12_{SOL} + Eq)] \bullet 15^{°/h}$$ [14e]

Esempi:

1°) il 24 ottobre ci troviamo in un punto imprecisato della Nigeria.

Utilizzando metodi già noti determiniamo l'ora, segnata dal nostro orologio, al momento della culminazione: $12^h\ 02^m\ 10^s$ di tempo medio.

Sapendo, dalla [tab. 01], che il «297^{mo}» giorno dell'anno si ha «$Eq = -15^m\ 46^s$» e sapendo ancora che «λ_{NAZ} = 15° da Greenwich» calcoliamo la nostra latitudine (sempre da Greenwch).

Abbiamo detto: $Eq = -15^m\ 46^s = 0{,}2628^h$

$$T_{ML} = h12_{SOL} + Eq = 12{,}000\,0^h + \left(-0{,}262\,8^h\right) = 11{,}737\,2^h$$

$T_{ML} = 11^h\ 44^m\ 14^s$

$$C_L = T_{MN} - T_{ML} = 12^h\,02^m\,10^s - 11^h\,44^m\,14^s = 12{,}036\,1^h - 11{,}737\,2^h = 0{,}298\,9^h$$

$C_L = 0^h\ 17^m\ 56^s$

$$D° = C_L \bullet 15^{°/h} = 0^h\,17^m\,56^s \bullet 15^{°/h} = 0{,}298\,9^h \bullet 15^{°/h} = 4{,}483\,5°$$

$D° = 4°\ 29'\ 01''$

$$\lambda_{LOC} = \lambda_{NAZ} - D° = 15°\,00'00'' - 4°\,29'\,01'' = 15{,}000\,0° - 4{,}483\,5° = 10{,}516\,5°$$

$\lambda_{LOC} = 10°\ 30'\ 59''$

Ci troviamo pertanto in un punto a 10° 30' 59" est di **Greenwich**, ma a 4° 29' 01" ad ovest del Meridiano dell'Europa Centrale (M.E.C.).

Osservazioni

Da notare che eseguendo i calcoli utilizzando dieci cifre significative (al posto delle sole quattro, come si è fatto adesso), il risultato sarebbe: λ_{LOC} = 10° 31' 00"; ci troveremo, pertanto, in un punto a 4° 29' 00" ad ovest del Meridiano dell'Eurapa Centrale

2°) il 27 gennaio ci troviamo in un punto imprecisato dell'Angola.

Il nostro orologio segna le ore: $11^h\ 58^m\ 45^s$ di *tempo medio*; dalla [tab. 01] nel «27^{mo}» giorno dell'anno si ha «$Eq = +12^m\ 44^s$».

Utilizzando solo la formula risolutiva:

$$\lambda_{LOC} = 15° - \left(11^h\ 58^m\ 45^s - (12^h\ 00^m\ 00^s + 0^h\ 12^m\ 44^s)\right) \bullet 15^{°/h} = 18°\ 29'\ 45''$$

Ci troviamo pertanto in un punto a 18° 29' 45" est di Greenwich, ma a 3° 29' 45" ad est del **M**eridiano dell'**E**uropa **C**entrale (**M.E.C.**).

Come già evidenziato, in alcune nazioni può entrare in vigore, in un certo periodo, l'*ora legale*; durante tale lasso di tempo, in riferimento all'***Italia***, gli orologi devono essere portati avanti di un'ora rispetto all'orario che segnerebbero se fossero regolati secondo il «normale» *tempo medio nazionale*.

Si può pertanto formulare un'equazione di carattere più generale nella quale si tiene conto anche dell'eventuale ora legale.

In formula:

$$\lambda_{LOC} = \lambda_{NAZ} - [(T_{MN} - Or) - (h12_{SOL} + Eq)]$$ [14f]

Esempi:

1°) il 31 ottobre ci troviamo in un punto imprecisato dell'Angola.

Il nostro orologio segna le ore: $12^h\ 48^m\ 13^s$ di tempo medio civile; dalla [tab. 01] nel giorno «304^{mo}» dell'anno si ha «$Eq = -16^m\ 22^s$», «Or = 1».

Utilizzando la formula risolutiva:

$$\lambda_{LOC} = 15° - \left\{\left(12^h\,48^m\,13^s - 1^h\right) - \left[h12_{SOL} + \left(-0^h\,16^m\,22^s\right)\right]\right\} \bullet 15^{°/h} = 13°\,51'\,15''$$

Ci troviamo pertanto in un punto a 13° 51' 15" est di Greenwich, ma a 1° 08' 45" ad ovest del meridiano dell'Europa Centrale (M.E.C.).

2°) il 4 aprile ci troviamo in un punto imprecisato della Nigeria.

Utilizzando metodi già noti determiniamo l'ora, segnata dal nostro orologio, al momento della culminazione: $12^h\ 50^m\ 49^s$ di tempo medio.

Sapendo, dalla [tab. 01], che il «94^{mo}» giorno dell'anno si ha «$Eq = +\ 3^m\ 30^s$» e sapendo ancore che «λ_{NAZ} = 15° da Greenwich» calcoliamo la nostra latitudine (sempre da Greenwch).

Utilizzando solo la formula risolutiva:

$$\lambda_{LOC} = 15° - \left[\left(12^h\,59^m\,49^s - 1^h\right) - \left(h12_{SOL} + 0^h\,03^m\,30^s\right)\right] \bullet 15^{°/h} = 18°\,20'\,15''$$

Ci troviamo pertanto in un punto a 18° 20' 15" est di Greenwich, ma a 3° 10' 15" ad ovest del **M**eridiano dell'**E**uropa **C**entrale (**M.E.C.**).

Curiosità

Questo era il metodo abitualmente utilizzato dai naviganti, d'un tempo, per determinare la propria ***longitudine***; il metodo è stato reso possibile solo quando si è riusciti a costruire un orologio, sufficientemente preciso, che potesse essere trasportato su di una nave.

Fu l'inventore inglese **John Harrison** (1 693 – 1 776) ad aggiudicarsi il premio, offerto dalla *Commissione per la longitudine* ***Board of longitudes*** (istituita nel 1 714 dal Parlamento inglese) per chi fosse riuscito ad inventare uno strumento per misurare la longitudine in mare.

Egli riuscì a costruire un orologio sufficientemente preciso adatto ad essere trasportato ed a funzionare nelle difficili condizioni operative proprie di una nave dell'epoca; sembra, da quanto pervenutoci, che il suo orologio abbia fatto registrare un ritardo di soli cinque secondi, dopo una traversata durata sei settimane.

L'angolo d'elevazione del Sole a mezzogiorno solare vero locale

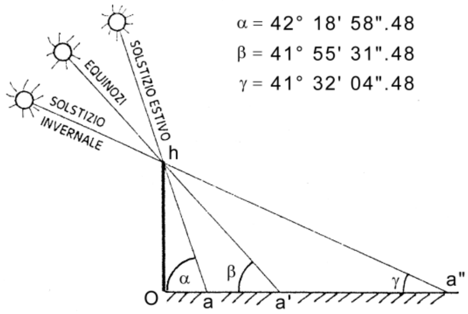
Metodo dell'ombra

disponendo di: *paletto, metro*

Piantiamo verticalmente, su un terreno orizzontale, un paletto che sporga di almeno un metro e misuriamo (in qualche modo) sia l'altezza del bastone « L_b = Oh» (la parte sporgente dal terreno) sia la lunghezza della sua ombra, in [fig. 12]: o «L_o = Oa» o «L_o' = Oa'» o «L_o" = Oa"».

Osservando la [fig. 12]

Nella figura sono visualizzati gli angoli di elevazione, del sole, quando è in culminazione: «α» il 21 giugno (solstizio estivo), «β» o 22 marzo o 23 settembre (equinozio o di primavera o d'autunno), «γ» 21 dicembre (solstizio invernale) quando sono misurati da un punto posto a «φ = 41° 55' 31.48"» latitudine nord (osservatorio di Monte Mario - Roma).



[fig. 12]

Ripetiamo: il paletto deve essere verticale ed il terreno deve essere orizzontale.

L'angolo d'elevazione del sole è dato dalla:

$$\alpha = \operatorname{arctg}\left(\frac{L_b}{L_o}\right) \qquad [15]$$

In cui: α = angolo d'altezza del sole: in [fig. 11] o «α» o «β» o «γ» - L_b = altezza del bastoncino «Oh» - L_o = lunghezza dell'ombra: in [fig. 11] o «Oa» o «Oa'» o «Oa"».

Nel caso la misurazione dell'ombra avvenga quando questa è orientata esattamente sull'allineamento *nord-sud*, si ricava, con la [15], l'*angolo d'elevazione*, del sole, a *mezzogiorno solare vero locale* (vedere: **La direzione del *nord* geografico**).

Metodo del rapportatore o del *goniometro*

disponendo di: *ecclimetro o goniometro e filo a piombo*

Misuriamo, con l'ecclimetro (o con altro mezzo) l'angolo «α», d'elevazione del sole, quando quest'ultimo è in *congiunzione* (transita al *meridiano superiore* del luogo) e pertanto è il *mezzogiorno solare vero locale* (vedere: **La direzione del *nord* geografico**).

Curiosità

Il più antico strumento per la misura dell'*altezza del sole* è l'**Astrolabio**, ma questo nome fu attribuito, specie nei tempi più remoti, anche a diversi altri strumenti.

Tolomeo chiamò, in questo modo, uno strumento, simile alla *sfera armillare*, usato da **Ipparco**; alcuni autori chiamano così lo strumento usato da **Eratostene** quando calcolò l'arco di meridiano fra ***Alessandia*** e ***Siene*** (l'odierna ***Assuan***) per eseguire quella che può essere considerata la «***prima vera misurazione delle dimensioni della Terra***».

L'***astrolabio***, nelle sue varie *forme* e *versioni*, fu usato fino al **XVIII** secolo periodo in cui fu sostituito dal ***Sestante***.

La direzione del nord geografico

Metodo dell'angolo all'alba ed al tramonto

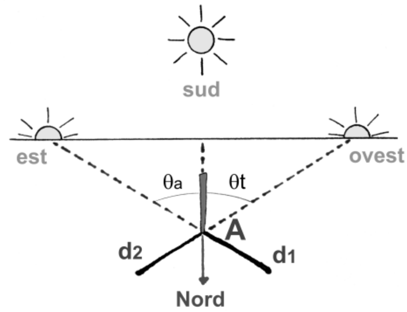
disponendo di: *paletto, due pezzi di spago*

Infiggiamo sul terreno pianeggiante, in «A», un paletto di circa un metro di altezza [fig. 13].

Al sorgere del Sole materializziamo sul terreno (tramite uno spago od un solco od una cintura o . . .) la direzione dell'ombra «d1»; al tramontare del Sole materializziamo sul terreno, allo stesso modo, la direzione dell'ombra «d2».

Seguendo questo procedimento si deve considerare sempre o *l'orizzonte astronomico* o l'*orizzonte apparente*; facendo riferimento all'*orizzonte reale* si potrebbero ottenere risultati anche di molto lontani dalla realtà.

La bisettrice dell'angolo compreso fra le due direzioni «d1» e «d2» è la direzione del meridiano *nord-sud* passante per il piede del paletto in «A».



[fig. 13]

Le condizioni migliori le so ottiene infiggendo il paletto sulla spiaggia ed osservando il sorgere ed il tramontare del Sole sull'*orizzonte marino*.

Metodo delle altezze corrispondenti

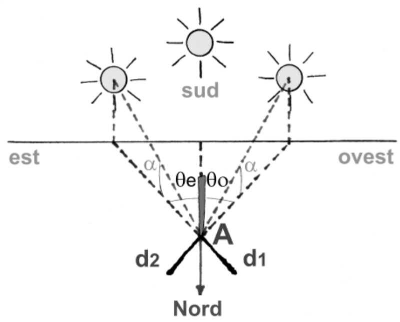
disponendo di: *eclimetro o goniometro e filo a piombo*

Infiggiamo in «A», in posizione verticale e sul terreno pianeggiante, un paletto di circa un metro d'altezza

Determiniamo, tramite l'ecclimetro, l'*angolo d'altezza* «α» del sole, in un qualsiasi momento, e materializziamo sul terreno (tramite od uno spago od un solco od una cintura od un . . .), a partire da un punto «A», la direzione dell'ombra «d_1» in quel momento.

Aspettiamo che il sole, dopo essere giunto in *culminazione*, inizi a ridiscendere verso l'orizzonte e giunga ad avere il medesimo *angolo d'altezza* «α» di quando abbiamo eseguito la prima misurazione [fig. 14].

Materializziamo sul terreno, a partire ugualmente dal punto «A», la nuova direzione dell'ombra «d_2»: la bisettrice dell'angolo compreso fra le due direzioni «d_1» e «d_2» è la direzione del meridiano *nod-sud* passante per «A».



[fig. 14]

Ricordandoci che in qualsiasi parte della terra il Sole sorge sempre da *est* e tramonta sempre ad *ovest*, non possiamo aver dubbi su dove si trova il *nord*.

I risultati migliori si ottengono quando il Sole è basso sull'orizzonte, compatibilmente con la visuale permessa dall'orizzonte reale.

In aprile, alla latitudine di φ = 40° la posizione del Sole varia di ≈11° (gradi verticali), fra le 6^h e le 7^h del mattino; varia di ≈3° (gradi verticali), fra le 11^h e le 12^h).

Metodo dell'angolo od all'alba od al tramonto

disponendo di: *goniometro, pezzo di spago*

Conoscendo il giorno «n^{mo}» dell'anno, e la latitudine a cui ci troviamo, possiamo ricavare, dalla [06], l'angolo «ω_{at}» all'*alba* (od al *tramonto*) [vedi: **Angolo all'alba ed angolo al tramonto**, equazione «[06]» in **Nozioni di geografia fisica**].

Segniamo la direzione da cui è *sorto* (o *tramontato*) il sole (si deve considerare o *l'orizzonte astronomico* o l'*orizzonte apparente*) disponiamo lo zero del goniometro lungo questa direzione e misuriamo, in senso *orario* (od *antiorario* se abbiamo considerato il *tramonto*) un angolo pari ad «ω_{at}»; in questo modo troviamo la direzione del *sud*.

Per contro, ruotando in senso *antiorario* (od *orario* se abbiamo considerato il *tramonto*) di un angolo pari a «180° - ω», troviamo la direzione del *nord*.

Esempio:

Siamo in Sardegna e stiamo attraversando la «*ventosa*» zona di «Janna 'E Bentu», alla latitudine di 40° 16' 45", il 16 *settembre* 2008 (anche se l'anno non ci interessa).

Dalla [tab. 01] ricaviamo che il **16 settembre** è il **259^{mo}** giorno dell'anno

Con la [05a] ricaviamo la declinazione solare «δ»: «δ = 1,814 7°» = 1° 49'

Con la [06] ricaviamo l'angolo all'alba «ω_a»: «ω_a = 91,538 5°» = 91° 32' 19"

Dalla direzione, in cui abbiamo osservato il levar del Sole, ruotiamo, in senso orario, di un angolo pari a «ω = 91° 30'» (*valore approssimato*) ed individuiamo così la direzione del sud (il nord sta alle nostre spalle esattamente a 180°, *ma forse era superfluo dirlo*).

Osservazioni

Quando si parla o del sorgere o del tramontare del Sole, si intende riferirsi al passaggio del Sole all'orizzonte astronomico (distanza zenitale β = 90°).

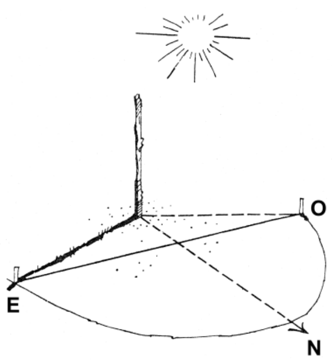
La morfologia esterna, per contro, spesso occulta l'orizzonte astronomico e noi vediamo il Sole o sorgere o tramontare da dietro o una collina od un monte od un fabbricato (orizzonte reale o sensibile), quando il Sole è peraltro ormai alto sull'orizzonte astronomico.

Metodo dell'ombra

disponendo di: *paletto, pezzo di spago*

Una volta ripulita un'area, di terreno pianeggiante, piantiamo un paletto in modo che sporga di almeno un metro e segniamo, con una pietruzza (o con un ramoscello o con una moneta o con . . .), il punto in cui cade l'estremità dell'ombra [fig. 15].

Tracciamo poi, sul terreno, servendoci o di uno spago (o di una stringa per scarpe o una cintura o . . .) una semicirconferenza, con centro nel punto d'infissione del paletto, considerando, come raggio, la lunghezza dell'ombra proiettata, dallo stesso paletto, sul terreno.



[fig. 15]

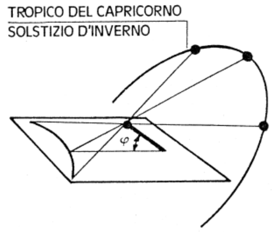
Attendiamo poi che l'estremità dell'ombra, descrivendo un percorso generalmente non rettilineo, tocchi nuovamente la circonferenza; unendo, con un tratto rettilineo, i due punti così individuati otterremo l'immagine della direzione *est-ovest*.

La direzione perpendicolare, a tale linea, è l'allineamento cercato ***nord-sud***, coincidente con la direzione in cui la lunghezza dell'ombra è più corta.

Il paletto può essere sia comunque inclinato sia piantato o verso il basso o verso l'alto o lateralmente; può, inoltre, essere utilizzato qualsiasi elemento fisso, che proietti un'ombra nitida su una superficie piana (o la punta di un ramo o la punta di uno stelo o . . .) in quanto, con questo metodo di rilevamento, si considera solo l'estremità dell'ombra.

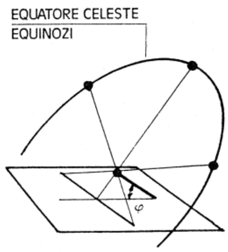
La traccia (le successive posizioni dell'ombra) del vertice superiore, del paletto, sul piano orizzontale, forma archi di iperbole sia diversamente disposti sia diversamente distanziati, dalla base del paletto, a seconda delle stagioni.

Nel periodo compreso fra l'equinozio d'autunno (24 *settembre*) e l'equinozio di primavera (20 marzo), periodo in cui, nell'emisfero boreale, la durata del giorno è minore di quella della notte, l'ombra percorre una curva con la convessità rivolta verso la base del paletto [fig. 16a].



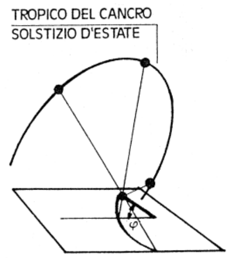
[fig. 16a]

Nei giorni dell'equinozio, sia d'autunno (23 *settembre*) sia di primavera (21 *marzo*), l'ombra percorre una retta perpendicolare alla linea meridiana [fig. 16b].



[fig. 16b]

Nel periodo compreso fra l'equinozio di primavera (22 marzo) e l'equinozio d'autunno (22 settembre), periodo in cui, nell'emisfero boreale, la durata del giorno è maggiore di quella della notte, l'ombra percorre una curva con la concavità rivolta verso la base del paletto [fig. 16c].



[fig. 16c]

A *nord* del parallelo 23° 27' (latitudine nord) il sole, a *mezzogiorno solare vero locale*, si trova sempre a *sud* dell'osservatore, e pertanto l'ombra dell'eventuale bastoncino indica sempre il *nord*; per contro; a *sud* del parallelo –23° 27' (latitudine sud) il sole, *a mezzogiorno solare vero locale*, si trova sempre a *nord* dell'osservatore, e pertanto l'ombra dell'eventuale bastoncino indica sempre il *sud*.

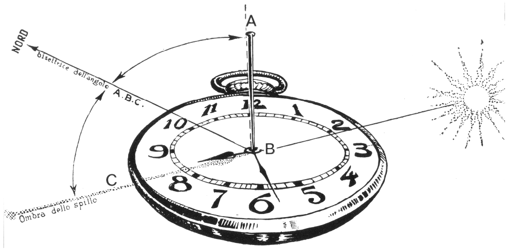
Fra i paralleli 23° 27' nord e 23° 27' sud, il sole può trovarsi o a *nord* o a *sud* a seconda sia della posizione dell'osservatore sia del giorno dell'anno.

Metodo dell'orologio (1°)

disponendo di: *orologio, bastoncino*

Tenendo l'orologio in posizione orizzontale si posiziona uno spillo (o uno stecchino o un fiammifero o un . . .) verticalmente al centro delle lancette.

Si ruota l'orologio fino a quando l'ombra dello spillo si sovrappone alla lancette delle ore (quella più corta).



[fig. 17]

La direzione del *nord geografico* è indicata dalla bisettrice dell'angolo compreso fra la direzione della lancetta delle ore «C» e la direzione delle ore dodici «12^h» sul quadrante «A» [fig. 17].

Procedendo in altro modo: o si divide per due l'ora in cui avviene l'osservazione «Oo = 20» (considerando le ore da 0 a 24) o si somma l'ora in cui avviene l'osservazione «Oo = 8» (considerando le ore da 0 a 12) al mezzogiorno «12^h»; il *nord geografico* si trova nella direzione, e nel verso, indicata dall'ora ottenuta con tale operazione «O_N» (considerando le ore da 0 a 12) dal centro del quadrante.

$$O_N = \frac{20}{2} = 10 = 10^h\ 00^m$$

Il procedimento appena descritto può essere applicato solo nell'**emisfero boreale** (a ***nord*** dell'***equatore***.

Si dovrebbe, inoltre, tener conto sia dell'*equazione del tempo* «Eq» (il sole *anticipa* o *ritarda* rispetto al nostro orologio) sia della differente *velocità angolare* del Sole, riferita al piano orizzontale, lungo la sua orbita; essa varia, infatti, a seconda sia delle ore della giornata sia della latitudine sia del mese nel quale osserviamo il Sole.

Considerando, per contro, la relativa precisione di questo metodo, pare superfluo consigliare delle correzioni di entità così esigua.

Osservazioni

In aprile, alla latitudine di φ = 40° la posizione del Sole varia di ≈10° (gradi orizzontali o azimutali), fra le 6^h e le 7^h del mattino; varia di ≈30° (gradi orizzontali o azimutali), fra le 11^h e le 12^h).

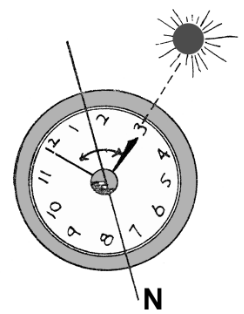
Metodo dell'orologio (2°)

disponendo di: *orologio*

Nell'emisfero boreale (a ***nord*** dell'***equatore***): orientata la lancetta delle ore verso il sole, la direzione del nord geografico e data dalla bisettrice dell'angolo compreso fra la direzione della lancetta delle ore «Oo^h» e la direzione delle ore dodici «12^h» sul quadrante.

Procedendo in altro modo [fig.18a]: o si divide per due l'ora in cui avviene l'osservazione «Oo = 15» (considerando le ore da 0 a 24) o si somma l'ora in cui avviene l'osservazione «Oo = 3» (considerando le ore da 0 a 12) al mezzogiorno «12^h»; il *nord geografico* si trova nella direzione, e nel verso, indicata dall'ora ottenuta con tale operazione «O_N» (considerando le ore da 0 a 12) dal centro del quadrante.

Nel nostro esempio sono le quindici (o le tre del pomeriggio), per cui otterremo:



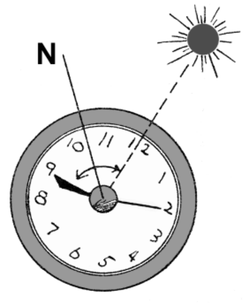
$$O_N = \frac{15}{2} = 7{,}5 = 7^h\ 30^m$$

[fig. 18a]

Parimenti si può dividere per due l'ora dell'osservazione «Oo = 3» (considerando le ore da 0 a 12) ottenendo «O_S = $1{,}5^h$ = $1^h\ 30^m$»; in questo caso, per contro, il *nord geografico*, pur stando nella direzione indicata dall'ora ottenuta con tale operazione (considerando le ore da 0 a 12) «O_S» col centro del quadrante, si trova nel verso opposto.

Quando è in vigore l'*ora legale* si deve portare indietro la lancetta delle ore di un'ora (anche mentalmente).

Nell'emisfero australe (a ***sud*** dell'***equatore***): orientate le dodici (del quadrante dell'orologio) verso il sole, la direzione del *nord geografico* è date dalla bisettrice dell'angolo compreso fra la direzione delle ore dodici «12^h» sul quadrante e la direzione della lancetta delle ore.



[fig. 18b]

Procedendo in altro modo [fig. 18b], si divide, per due, l'ora i cui avviene l'osservazione «Oo = 9» (considerando le ore da 0 a 12), si ottiene «O_N = $4{,}5^h$ = $4^h\ 30^m$»; il *nord geografico* si trova nella direzione, e nel verso, indicata dall'ora ottenuta con tale operazione «O_N» (considerando le ore da 0 a 12) dal centro del quadrante.

Nel nostro esempio sono le nove della mattina, per cui otterremo:

$$O_N = \frac{9}{2} = 4{,}5 = 4^h\ 30^m$$

Parimenti si può o dividere per due l'ora dell'osservazione «Oo = 9» (considerando le ore da 0 a 24) ottenendo «O_S = $10,5^h$ = 10^h 30^m» o si somma l'ora in cui avviene l'osservazione «Oo = 9» (considerando le ore da 0 a 12) al mezzogiorno «12^h»; in questo caso, per contro, il nord geografico, pur stando nella direzione indicata dall'ora ottenuta con tale operazione «O_S» (considerando le ore da 0 a 12) dal centro del quadrante, si trova nel verso opposto.

Quando è in vigore l'*ora legale* si deve:

a nord – orientare verso il sole la lancetta delle ore facendo finta ch'essa si trovi nella posizione in cui dovrebbe essere se l'orologio fosse un'ora indietro.

a sud - orientare, verso il sole, le dodici del quadrante dell'oro facendo finta che la lancette delle ore si trovi nella posizione in cui dovrebbe essere se l'orologio fosse un'ora indietro.

Anche per quanto riguarda questi procedimenti è superfluo consigliare delle correzioni di entità irrilevante; a rigore, infatti, si dovrebbe tener conto anche della *costante locale* «CL» (differenza fra l'*ora solare vera locale* «TSOL» e l'*ora solare vera nazionale* «TNAZ») che viene ricavata dalla differenza di latitudine fra il meridiano nazionale «λNAZ» ed il meridiano sul quale ci troviamo «λLOC».

Metodo del campo magnetico

disponendo di: *bussola*

Agendo sulla *ghiera zigrinata*, si ruota la *capsula*, contenente il *disco graduato*, per apportare, sulla *gradazione esterna* della bussola, la correzione angolare per tener conto dell'eventuale *declinazione magnetica* locale

Disponiamo lo strumento su di una porzione di terreno il più possibile pianeggiante, e ruotiamolo fino a quando la parte *nord*, dell'ago, non coincida con lo zero (o i 360°) della *gradazione esterna*..

Materializziamo con uno spago (o con una stringa o con una cintura o con ...) la direzione indicata dal bordo della bussola su cui è incisa la scala lineare; questa è la direzione *sud-nord* coincidente col meridiano locale.

Osservazioni

La declinazione magnetica, in un dato punto della Terre, è l'angolo formato dalla direzione del nord geografico «N» (la direzione del meridiano passante per quel punto) e la direzione nord magnetico «Nm» (la direzione delle linee di forza del campo magnetico, sempre in quel punto).

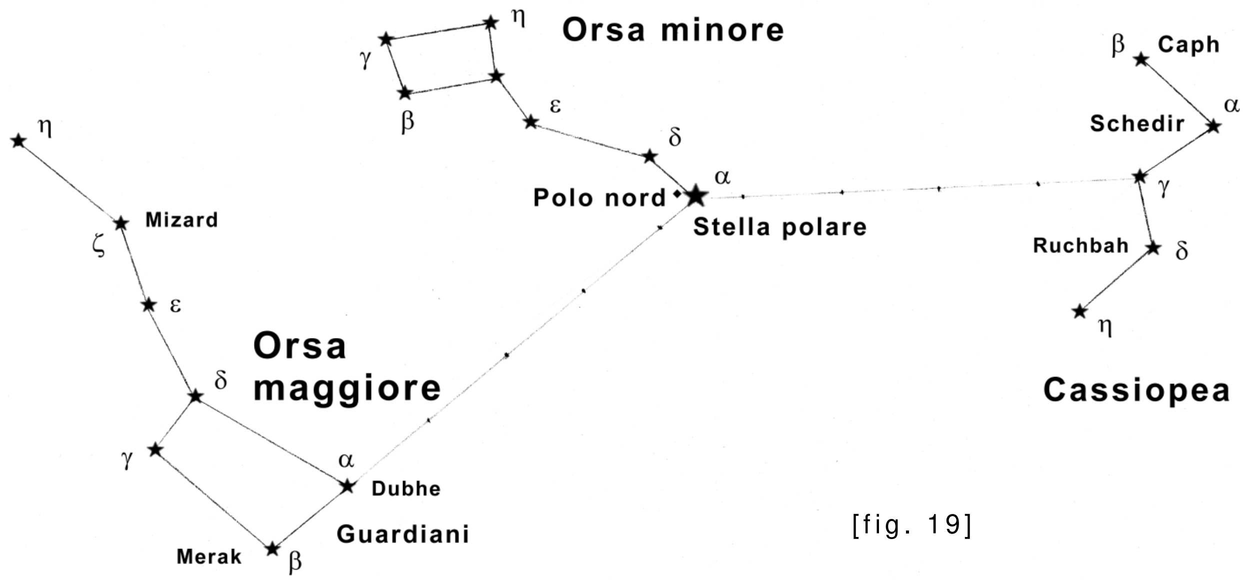
In questo caso, data la buona precisione del metodo, è bene apportare,allo strumento (la bussola) le correzioni del caso.

Ricerca della propria posizione orientandosi con le stelle

Il *nord* con la *Stella polare*

nell'emisfero *settentrionale o boreale*

La ***Polaris*** (o Stella Polare) è la stella «α» (grandezza apparente 2.1) della costellazione dell'***Orsa Minore*** (*Ursa minor* «**UMi**») nell'anno 1958 distava dal *polo nord celeste* 55' 54" ed attualmente (nel 2008) dista dal *polo nord celeste* ≈ 46' 18"; a causa di un particolare moto dell'asse di rotazione terrestre (moto *di precessione degli equinozi*) si avvicinerà al *polo nord celeste* fino all'anno 2105 (raggiungendo la distanza minima di ≈ 27' 42") per poi allontanarsene nuovamente.



[fig. 19]

E' una stella poco visibile e pertanto, per identificarla in modo veloce e sicuro, conviene individuare prima la costellazione dell'***Orsa Maggiore*** (*Ursa major* «**UMa**» ed in particolare tl *Grande Carro*) una fra le più conosciute e particolarmente riconoscibile fra le tante altre.

Curiosità

Secondo la leggenda, l'**Orsa Maggiore** rappresenterebbe la bellissima principessa greca ***Callisto***, tramutata appunto in un'orsa dalla gelosa dea Giunone.

Il gruppo di stelle che formano il **Grande Carro** per gli anglosassoni è «**the big dipper**» che significa ***il grande mestolo***; rischio di sembrare nazionalista, ma il termine ***Grande Carro*** mi sembra più appropriato.

La ***Stella Polare*** si trova approssimativamente sul prolungamento della linea immaginaria che unisce le due ultime stelle dell'*Orsa Maggiore*: ***Dubhe*** (o *Doubhè*), ***Merak*** (situate dalla parte opposta del *giogo* e denominate i «***Guardiani***» ad una distanza, da *Dubhe*, pari a ≈ 4.5 volte la distanza apparente che separa i *Guardiani*; questa distanza (*Dubhe* - *Polare*), osservata dalla terra, sottende un angolo di ≈ 30°) [fig. 19].

Un'altra costellazione, che può facilitare l'identificazione della *Stella Polare*, è quella di ***Cassiopea*** (*Cassiopeia* «**Cas**») il cui aspetto ricorda una «**W**», od una «**M**» (dipende dall'osservatore, l'Autore vede una «**W**»); la *Stella polare* si trova sulla linea immaginaria che congiunge la sua stella «γ» (situata nel vertice centrale) alla stella ***Mizard***, dell'*Orsa Maggiore*, ad una distanza angolare di ≈ 30° dalla prima (da gamma Cas «γ»).

Curiosità

La costellazione di **Cassiopea** deve il proprio nome alla bellissima e vanesia regina di Etiopia, consorte del Re ***Cefeo***, che sfidò le ninfe marine Nereidi e per questo suscitò l'ira di ***Nettuno***.

L'ira del dio si abbatté sull'Etiopia e si placò soltanto dopo il sacrificio di ***Andromeda***, successivamente salvata da ***Perseo***.

Limiti delle costellazioni

Ursa minor : +90° nord, 65° 36' sud, circumpolare.

Ursa major : +73° 18' nord, +28° 48' sud°, 14^h 27^m ovest, 8^h 05^m est.
magnitudine di alcune stelle: **Dobhe** = 1,8, **Merak** = 2,4, **Mizar** (è una stella doppia), **Mizar A** = 2.5, **Mizar B** = 4.5.

Cassiopea : +77° 30' nord, +46° 24' sud, 3^h 36^m ovest, 22^h 56^m est.
Magnitudine di alcune stelle: **Gamma** = 1,6 ÷ 3,0 (è una variabile).

Valore della latitudine osservando la *Stella Polare*

disponendo di: ecclimetro o goniometro e filo a piombo

La latitudine del luogo «φ» è pari all'angolo di elevazione «α» della *Stella Polare* sull'orizzonte astronomico (od apparente).

$$\varphi = \alpha \pm \varepsilon$$ (non considerando l'errore strumentale)

Essendo: ε = angolo sotteso dal raggio del cerchietto descritto dalla ***Stella Polare***, in ventiquattro ore (24^h) sideree, intorno al ***Polo Celeste***, pari a: «ε = 47' 28"».

Esempi:

1°) il 15 settembre dell'anno 2002 l'angolo di elevazione «α», della stella polare, è risultato di: «α = 37° 30'».

La latitudine sarà pertanto: φ = 37° 30' 00" ± 47' 28"

Curiosità

Circa 4 600 anni fa, il ruolo che adesso è svolto dalla **Stella Polare** era ricoperto dalla stella «α» (Thuban) della costellazione del **Drago**.

Circa 2 000 anni fa, la **Stella Polare** occupava il posto che, all'epoca della sua identificazione, praticamente coincideva col polo terrestre.

Circa nel 14 000 il posto della Stella Polare verrà occupato dalla brillante stella «α» della costellazione della **Lyra** (Vega).

Il sud con la *Croce del sud*

nell'emisfero meridionale o australe

Il *Polo sud astronomico* è indicato da una stelluccia (grandezza apparente 5.8) la cui brillantezza è quasi al limite della visibilità (praticamente è come se non ci fosse); è la stella «σ» della costellazione dell'***Ottante*** (Octans «**Oct**») che dista dal *polo sud* circa 43'.

Curiosità

La costellazione dell'**Ottante** rientra nel gruppo di costellazioni concepite dall'***abate de Lacaille*** per colmare i vuoti esistenti nel cielo meridionale.

L'Ottante strumento, è stato ideato dall'inventore inglese John Haddley nel 1731.

Per individuare, con una certa precisione il *polo sud* è pertanto più pratico eseguire una costruzione geometrica visiva partendo dalla ***Croce del sud*** (o Crux «**Cru**»), una costellazione ben visibile formata da quattro stelle principali molto brillanti [fig. 20].

Curiosità

La **Croce del Sud** faceva parte, in passato, della costellazione del ***Centauro***, ma poi divenne una costellazione autonoma.

Fu introdotta o dall'**abate de Lacaille** (già nominato a riguardo della Costellazione dell'Ottante) o dal navigatore ***Royer***; la Croce del Sud compare, infatti, sia nella bandiera dell'**Australia** sia in quella della **Nuova Zelanda**.

Bisogna prestare un poco d'attenzione per non confondere la ***Croce del sud*** con la ***Falsa croce del sud***, più grande della prima e situata nell'antica costellazione di ***Argo navis*** la quale attualmente è suddivisa fra la due costellazioni: ***Carena*** (Carina), ***Vela*** (Vela).

Presso la *Croce del sud* vi sono due stelle molto brillanti, appartenenti alla costellazione del ***Centauro*** (*Centaurus* «**Cen**»), chiamate gli «***Indicatori***»; sono *Alfa Cen* «α» (o Rigil Kentaurus) e *Beta Cen* «β» (o Agena).

Il braccio più lungo, della croce, compreso fra *Gamma Cru* «γ» e *Alfa Cru* «α», indica, con buona approssimazione, la direzione lungo la quale è situato il *polo sud astronomico* il quale si trova ad una distanza, da «α», sull'allineamento «γ-α» di ≈ 4,5 volte la distanza fra *Gamma Cru* «γ» ed *Alfa Cru* «α».

Più precisamente il *polo sud* si trova a ≈ 30° da un punto molto prossimo alla «Cen β» (l'Indicatore più vicino alla *Croce del sud*) in direzione di ***Achernar*** nella costellazione dell'***Eridano*** (Eridanus «**Eri**»).

Osservazioni

Gli *indicatori* si troverebbero alla nostra destra se immaginassimo di essere su *Gamma Cru* «γ» e di guardare verso *Alfa Cru* «α».

Curiosità

La costellazione di **Eridano** è una delle più vaste e sinuose e rappresenta appunto il fiume in cui, secondo la mitologia ellenica, cadde ***Fetonte*** dopo aver tentato invano di condurre il carro di Elio; si dovrebbe identificare col *nostro* fiume **Po**.

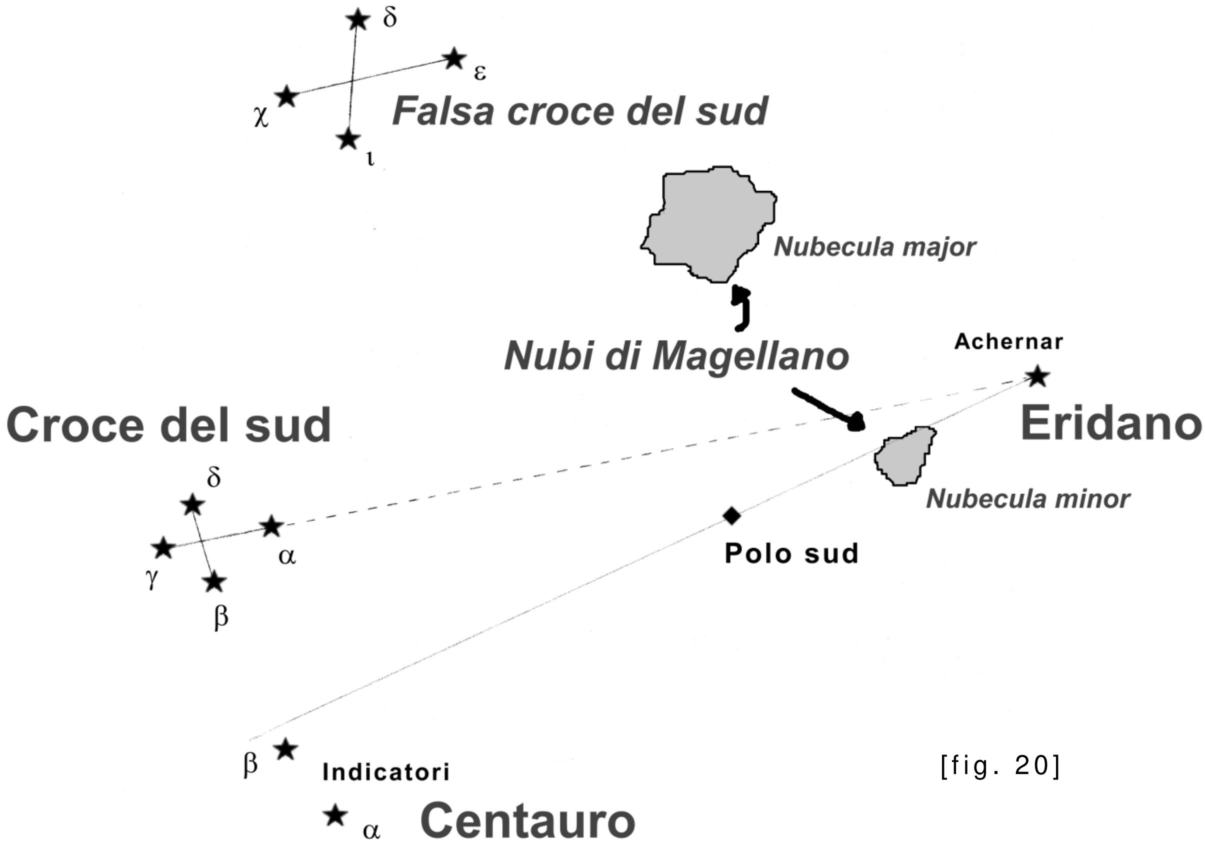
Limiti delle costellazioni

Crux : -55° 30' nord, -64° 30' sud, 12^h 55^m ovest, 11^h 53^m est.
magnitudine di alcune stelle: **Acrux** = 0,9.

Octans : -74° 42' nord, -90° 00' sud, 24^h 00^m ovest, 00° 00' est.

Centaurus : +29° 54' nord, -64° 30' sud°, 14^h 59^m ovest, 11^h 03^m est.
magnitudine di alcune stelle: **Alfa** = 0,3, **Proxma Centauri** = 11.

Eridanus	: +00° 06' nord, -58° 06' sud, $5^h\ 09^m$ ovest, $1^h\ 22^m$ est.	
	magnitudine di alcune stelle: **Achernar** = 0,58.	
Carina	: -50° 54' nord, -75° 12' sud, $0^h\ 06^m$ ovest, $11^h\ 24^m$ est.	
	magnitudine di alcune stelle: **Canopo** = -0,62.	
Vela	; -37° 00' nord, -57° 00' sud, $8^h\ 02^m$ ovest, $11^h\ 24^m$ est.	



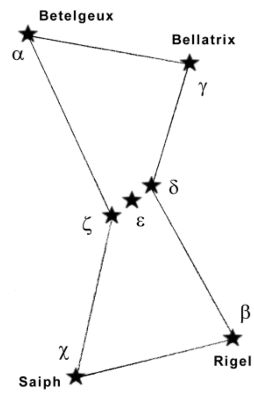
[fig. 20]

Altre costellazioni
nell'emisfero *settentrionale* e *meridionale*

Utile potrebbe risultare anche l'osservazione della costellazione di **Orione** (Orion «**Ori**») una fra le più belle, a parere dell'Autore, e forse anche fra le più conosciute [fig. 21].

La ***Cintura*** di **Orione** formata dalle tre stelle: «ζ», «ε», «δ», si trova quasi sull'*equatore astronomico* e pertanto, in qualsiasi punto della terra, da cui è visibile, la si osserva sorgere sempre ad *est* e tramontare sempre ad *ovest*.

Una linea tracciata dalla stella Chi Ori «χ» (***Saiph***) verso la stella Alpha Ori «α» (***Betelgeux***) individua, anche se molto grossolanamente, la direzione *sud-nord*.



[fig. 21]

Curiosità

La costellazione di **Orione** deve il proprio nome al figlio di ***Poseidonio***, dio del mare, il quale (il figlio) suscitò le ire di ***Diana***, per essersi vantato di essere in grado di cacciare qualsiasi animale.

La dea furente, pertanto, gli fece incontrare lo scorpione che l'uccise; gli Dei, compassionevoli, tramutarono sia **Orione** sia lo **Scorpione** in due rispettive costellazioni.

Limiti della costellazione

Orion : +23° 00' nord, -11° 00' sud, $6^h\ 23^m$ ovest, $4^h\ 41^m$ est.
magnitudine di alcune stelle: **Betelgeluse** = 0,3 ÷ 0,6 (è una variabile).

Orientarsi con la Luna

Il *nord* geografico

disponendo di: *bastoncino, orologio*

La Luna, nel suo *moto apparente* attorno alla terra, descrive una traiettoria ellittica ad una velocità angolare media di 13° 10' 34,89" al *giorno medio*; per ritornare nella direzione di una lontana stella impiega pertanto $27^g\ 07^h\ 43^m\ 11{,}5^s$ (*rivoluzione siderea*).

Poiché durante tale periodo la Terra si sposta lungo la propria orbita, intorno al sole, perché la Luna ritorni in congiunzione col Sole (nel nuovo allineamento Luna-Terra-Sole) occorrono $29^g\ 12^h\ 44^m\ 02{,}8^s$ (*rivoluzione sinodica* o *lunazione* o *mese lunare*).

Curiosità

Parametri principali dell'orbita lunare:
eccentricità dell'orbita di rivoluzione = 0,054 9
inclinazione media rispetto all'eclittica = 5° 08' (4° 59' ÷ 5° 18')
distanza media dalla Terra = 384 000 km (362 900 km ÷ 405 100 km)

La traiettoria della Luna è estremamente complessa, anche a causa dell'influenza del Sole, e pertanto la determinazione della sua posizione, sulla volta celeste, necessiterebbe di laboriose correzioni fra le quali citiamo, senza darne la spiegazione (poiché non verranno prese in considerazione), alcune fra le più importanti: l'*equazione del centro*, l'*evezione*, l'*equazione annuale*, la *variazione*.

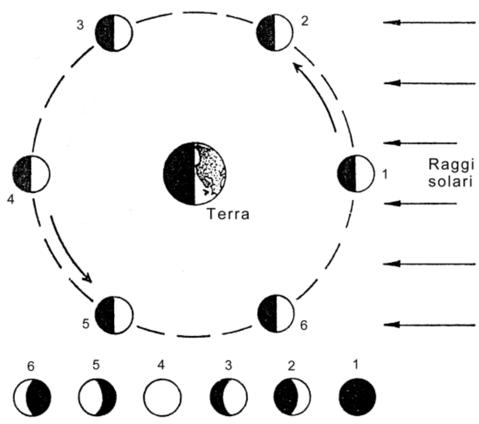
Non tenendo conto di tali correzioni la posizione della Luna (calcolata soltanto in base al moto medio) può differire, dalla posizione reale (in longitudine), fino a 8° 30'.

Curiosità

Ad uso dei naviganti, la posizione della Luna, durante l'anno, è tabulata sul **National Almanac** con una precisione che richiede circa *millecinquecento* correzioni alla sua longitudine media.

Il procedimento che seguiremo sarà pertanto affetto da un errore che, in considerazione di ulteriori semplificazioni, potremmo ritenere sfiori i 10°.

Osservando la [fig. 22]
Lo schema semplificato mostra le fasi lunari e le posizioni relative di: Terra, Sole, Luna.
Il *novilunio* ed il *plenilunio* sono anche chiamati «Sizige».



[fig. 22]

Il moto della Luna, rispetto alla Terra, è un *moto retrogrado* e considerando il mese lunare di 29^g (approssimato per difetto) si può calcolare il ritardo col quale la Luna transita, ogni volta, al meridiano superiore di un luogo:

$$R = \frac{24^h}{29^g} = 0{,}827\ 586\ 206^{h/g}$$

che arrotondiamo a: $0{,}827\ 5^{h/g} = 49^{m/g}\ 39^{s/g}$

Ammettiamo che la *Luna piena* transiti, in una certa notte, al meridiano superiore del luogo alla *mezzanotte solare vera locale* «$h24_{SVL}$»; vi transiterà nuovamente, la volta successiva, alle ore $24^h\ 49^m\ 39^s$ *solari vere locali*; quanto detto per mettere in risalto che la Luna ad ogni transito, al meridiano superiore del luogo, ritarda di $49^m\ 39^s$.

Come il lettore ha già notato il periodo di rotazione della Luna, attorno alla Terra, è differente (più lungo) rispetto a quello del Sole; questo fatto provoca una variazione di posizione relativa fra gli elementi del sistema ternario «Sole-Terra-Luna» producendo il fenomeno delle fasi lunari [fig. 17].

Definiamo il transito della *Luna piena*, al meridiano superiore del luogo, come passaggio *zero* «$n_p = 0$» nel quale «n_p» indica il *numero d'ordine* del passaggio dopo quello della *Luna piena* al meridiano superiore; il ritardo che la Luna avrà accumulato all'ennesimo passaggio «R^{n_p}» (od all'ennesimo giorno «R^{n_g}») dopo la *Luna piena*, al meridiano superiore, sarà dato da:

$$R^{(n_p)} = n_p \bullet 0{,}827\ 5^{h/n_p} \quad \text{o parimenti:} \quad R^{(n_g)} = g \bullet 0{,}827\ 5^{h/g} \qquad [16a]$$

La *Luna al primo quarto* (che si manifesta dopo 7 ÷ 8 giorni dalla *Luna piena*) avrà accumulato un ritardo, considerando che si sia al «$n_p = 7$» passaggio, pari a:

$$R^{(7)} = 7^g \bullet 0{,}827\ 5^{h/7} = 5{,}729\ 5^h = 5^h\ 48^m$$

La *Luna nuova* (che si manifesta dopo 14 ÷ 15 giorni dalla *Luna piena*) non ci interessa, dato che non è visibile, avrà comunque accumulato un ritardo, considerando che si sia al «n_p = 14» passaggio, pari a:

$$R^{(14)} = 14^g \bullet 0{,}827\,5^{h/14} = 11{,}585\,0^h = 11^h\,35^m$$

La *Luna all'ultimo quarto* (che si manifesta dopo 21 ÷ 22 giorni dalla *Luna piena*) avrà accumulato un ritardo, considerando che si sia al «n_p = 22» passaggio, pari a:

$$R^{(22)} = 22^g \bullet 0{,}827\,5^{h/22} = 18{,}205\,0^h = 18^h\,12^m$$

La Luna si sposta, sulla volta celeste, di ≈14,5° (14° 30') ogni ora o ≈0,24° (0° 14' 24") al minuto; per percorrere un arco di 1° impiega pertanto ≈ $4^m\,08{,}28^s$.

La *Costante locale* «C_L^{Luna}» riferita al moto della Luna (non a quello del Sole come si era fatto fino ad ora) è data da:

$$C_L^{Luna} = (\lambda_{NAZ} - \lambda_{LOC}) \bullet 4{,}138^{m/°} \qquad [16b]$$

Riepilogando possiamo affermare (tenendo sempre presenti i limiti di tale determinazione) che l'ora nella quale la Luna passerà al meridiano superiore del luogo è data da:

$$\Omega = (\lambda_{NAZ} - \lambda_{LOC}) \bullet 4{,}138^{m/°} + n_L \bullet 0{,}827\,5^{h/g} + Or \qquad [16c]$$

Bisogna infatti ricordarsi dell'eventualità che sia in vigore l'ora legale.

Conoscendo l'ora in tempo medio nella quale la Luna transita al meridiano superiore del luogo, possiamo utilizzare il suo chiarore per ricavare la direzione del *nord* (così come avremmo agito in presenza del Sole).

Piantiamo un bastoncino sul terreno, possibilmente in una zona in piano, e aspettiamo; all'ora calcolata l'ombra del bastoncino indicherà il nord (nell'emisfero settentrionale).

E' bene comunque sottolineare, ancora una volta, che molte sono le correzioni che si sono dovute ignorare, per rendere il procedimento realisticamente attuabile, e svariate sono sia le semplificazioni sia le approssimazioni alle quali si è dovuto ricorre.

L'Epatta

L'aspetto apparentemente debole della formula [16c] sta nel ritenere troppo complicato il procedimento per determinare «n_L» o ciò che viene indicato come *età della Luna*; il altre parole in numero che indica i giorni trascorsi dall'ultimo *novilunio*.

Il problema di calcolare quanti giorni ha la Luna in una specifica notte di un certo anno, fu risolto fin dall'antichità col metodo detto dell'**Epatta** (dal Greco: epakte).

Tralasciando di inoltrarci nella lunga e complessa teoria che è alla base di questo problema, possiamo semplificare tutto il ragionamento asserendo che per determinare l'età della Luna «n_L», in una data qualsiasi compresa fra il 1900 ed il 2199, è sufficiente eseguire il seguente calcolo:

$$n_L = (g + em + ea)\ \mathrm{modulo}\ 30$$

In cui:

g = giorno del mese considerato
em = epatta del mese considerato
ea = epatta dell'anno considerato

modulo 30 significa che dal risultato si deve sottrarre il numero 30 tante volte fino e che il risultato non diventi un numero minore di trenta (es. (165) modulo 30 significa: 165 – 30 = 135 -30 = 105 – 30 = 75 – 30 = 45 – 30 = 15; o parimenti 165 – 5 • 30 = 165 – 120 = 15).

L'epatta dell'anno «n_L» la si ricava con la seguente formula:

$$ea = [29 + (X\ \mathrm{modulo}\ 19) \bullet 11]\ \mathrm{modulo}\ 30$$

In cui: X = anni trascorsi dal 1900

Il 1° luglio 1948 (data di nascita dell'Autore), l'epatta della'anno «ea» è:

ea = {29 + [(1948 - 1900 modulo 19) • 11]} modulo 30
ea = [29 + (48 modulo 19) • 11] modulo 30   48 – 19 = 29, 29 – 19 = 10
ea = (29 + 10 • 11) modulo 30   ea = 139 - (4 • 30) = 139 – 120 = 19

L'epatta del mese «em» si ricava dalla seguente tabella:

mese	em		mese	em		mese	em		mese	em
gennaio	0		aprile	1		luglio	4		ottobre	8
febbraio	1		maggio	2		agosto	5		novembre	9
marzo	0		giugno	3		settembre	7		dicembre	10

Da cui:

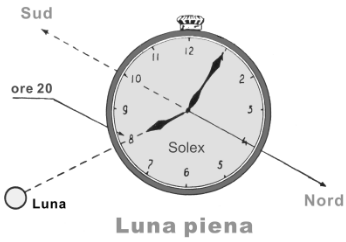
nL = (g + em + ea) modulo 30 = (1 + 4 + 19) modulo 30 = 24

Il 1° luglio del 1948 la Luna era al suo 24^{mo} giorno dopo il *novilunio*, pertanto stavo per nascere sotto gli auspici della **Luna nuova**; purtroppo, anche se di poco, ho mancato ugualmente questa strana occasione.

Nelle Fasi lunari

Durante la fase della *Luna piena* possiamo determinare il *sud*, utilizzando un orologio (meglio se col quadrante illuminato), nello stesso modo, già visto in precedenza, col quale abbiamo determinato il *nord* servendoci del Sole.

Nell'*emisfero nord*, puntiamo la lancetta delle ore verso la Luna (le ore devono essere contate da 1 a 24) dividiamo per due e troviamo l'ora che ci indica la direzione del *sud*; nell'*emisfero sud* puntiamo, verso la Luna, le dodici del quadrante dell'orologio [fig. 23].

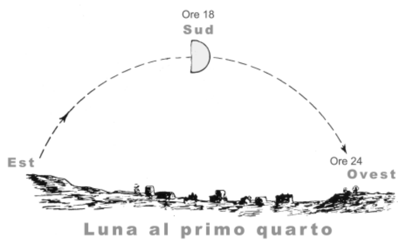


[fig. 23]

Esempio:

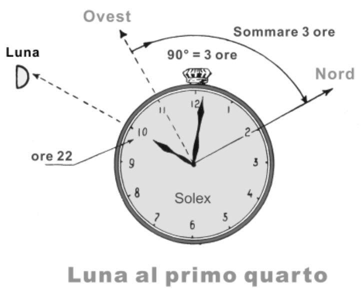
Sono le 20^h, dividiamo 20 per 2 ed otteniamo 10^h; la direzione individuata dal centro dell'orologio e le 10^h indica, puntando le 20 del quadrante verso la Luna, il *sud*.

Lo stesso principio di base può essere utilizzato nel caso la Luna sia od al *primo quarto* od all'*ultimo quarto*, con qualche complicazione in più *ovviamente*; la *Luna nuova* non la vediamo, ricordiamocelo.



[fig. 24a]

Luna al primo quarto: seguendo lo stesso procedimento utilizzato con la Luna al *plenilunio*, troveremo come direzione quella dell'*ovest*; la direzione del *nord* si troverà o a 90° proseguendo in senso orario o aggiungendo tre ore [fig. 24a].



[fig. 24b]

Nel quadrante dell'orologio, l'arco di circonferenza compreso fra due ore consecutive, è determinato da un angolo di 30° (l'intero quadrante è un angolo giro di 360° che comprende 12^h ore: $360° / 12^h = 30^{°/h}$).

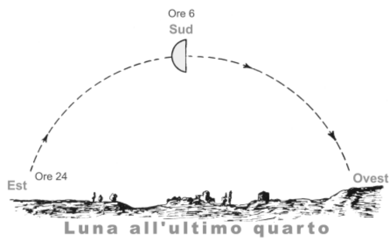
Per spostarci di 90° in senso *orario* dobbiamo aggiungere tre ore all'ora che ci indica la direzione dell'*ovest*, per ottenere l'orala cui direzione ci indicherà il *nord* [fig. 24b].

Esempio:

Sono le 22^h, dividiamo 22 per 2 ed otteniamo 11 (la direzione individuata dal centro dell'orologio e le 11 indica l'*ovest*) aggiungiamo tre ore alle 11^h ed otteniamo «$11^h + 3^h = 14^h$»; la direzione individuata dal centro dell'orologio e le 14^h (le 2^h sul quadrante) indica il *nord*.

Luna all'ultimo quarto: seguendo lo stesso procedimento utilizzato con la Luna al *plenilunio*, troveremo come direzione quella dell'*est*; la direzione del *nord* si troverà a 90° proseguendo in senso antiorario [fig. 25a].

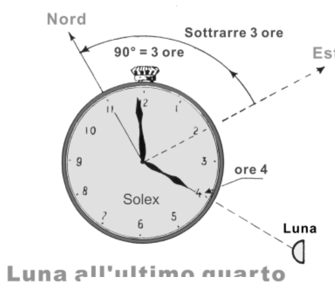
Per spostarci di 90° in senso antiorario dobbiamo sottrarre tre ore all'ora che ci indica la direzione dell'*est*, per ottenere l'ora la cui direzione ci indicherà il *nord* [fig. 25b].



[fig. 25a]

Esempio:

Sono le 4^h, dividiamo 4 per 2 ed otteniamo 2 (la direzione individuata dal centro dell'orologio e le 2^h indica l'est) sottraiamo tre ore alle ore 2^h (equivalenti alle ore 14^h) ed otteniamo «$14^h - 3^h = 11^h$»; la direzione individuata dal centro dell'orologio e le 11^h indica il *nord*.



[fig. 25b]

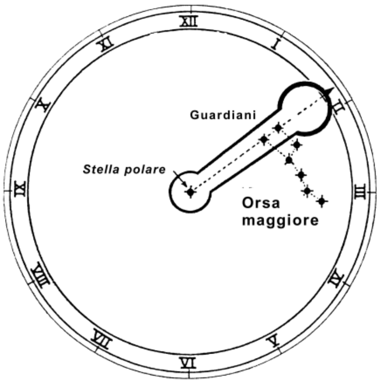
Come già detto per [**Il nord geografico** in **Orientarsi con la *Luna***] anche in questo caso il procedimento, anche se il principio teorico è molto semplice, è affetto dall'imprecisione dovuta al mancato apporto delle necessarie correzioni.

L'orologio del cielo

L'ora di notte

disponendo di: *un poco di fantasia*

L'*Orsa maggiore* può essere utilizzata proficuamente, oltre che per rintracciare la *Stella polare*, anche per quello che alcuni considerano solo un semplice gioco ma altri ritengono essere un istruttivo esercizio.



[fig. 26]

La *sfera celeste*, come il lettore sa già dalle prime righe di questo ***Manualetto***, compie, assieme alle stelle fisse, una rivoluzione completa in 23^h 56^m $4{,}19^s$; tale movimento è talmente regolare da poter essere utilizzato per determinare l'ora esatta.

> **Osservando la [fig. 26]**
> La figura mostra come dobbiamo immaginarci l'orologio del cielo che, nella situazione rappresentata in figura, indica le ore: 1^h 45^m.
> La lancetta ruota in senso antiorario, impiega 24 ore per compiere l'intero giro e per di più avanza quattro minuti al giorno, ma possiamo semplificare i calcoli.

Le stelle dell'**Orsa maggiore** denominate i «*Guardiani*» possono essere immaginate come la parte terminale della lancetta di un gigantesco orologio notturno [fig. 26].

Considerando la Stella polare il perno su cui è incernierata la lancetta delle ore e considerando le «12^h» sulla verticale della Stella polare, si può leggere, nel quadrante dell'immaginario *orologio cosmico* (con un po' di fantasia), l'ora del cielo con l'approssimazione al quarto d'ora.

Si aggiunge poi il numero dei mesi trascorsi a cominciare dal 7 *marzo*, anch'esso approssimato al quarto di mese si raddoppia il risultato e si sottrae infine il valore, così ottenuto, da 24 (o da 48 se il valore è superiore a 24) ottenendo l'ora della notte.

Quando dormendo all'aperto, al tiepido calduccio del vostro sacco a pelo, scruterete il cielo stellato, ricordatevi che lassù si trova un immenso e perfetto *orologio astronomico* che aspetta soltanto qualcuno che sappia leggerlo.

Esempio:

Il 16 *ottobre* siamo in una qualsiasi parte del mondo da cui si possa vedere sia l'*Orsa maggiore* sia la *Stella polare*; osserviamo l'orologio del cielo che ci indica l'una e tre quarti (1^h 45^m = $1{,}75^h$) proprio come in [fig. 26].

Ottobre è il settimo (7°) mese dopo *marzo* ed il 23 cade nel secondo quarto del mese per cui dovremmo aggiungere, all'ora letta in cielo, il valore di: 7,5 ottenendo il risultato di 9,25.

Raddoppiando il risultato otterremo «2 • 9,25 = 18,50» e sottraendo quest'ultimo valore da 24 «24 – 18.50 = 5.5» otterremo l'ora «*stellare*» del luogo: «5^h 30^m».

Anche in questo caso, per conoscere l'ora segnata dal nostro orologio, dovremmo tener conto sia della *Costante locale* «C_L» sia dell'eventuale *ora legale* «Or».

L'Autore, per contro, consiglia di non farlo; nella situazione di serena tranquillità, nella quale ci troviamo, è infatti meglio dimenticarci le ferree leggi della puntualità ed immergerci nello scorrere naturale del tempo.

Per la serie: «facciamoci del male»

Osservazioni extra meridiane

Disponendo di: tutto ciò che abbiamo

Studiando meglio le equazioni [10a] e [10c] (vedi: **Posizione del sole sulla sfera celeste** in [**Nozioni di geografia fisica**]) si intravede la possibilità che quanto detto, in quella sede, possa essere utilizzato per stabilire le proprie *coordinate* per mezzo di osservazioni *extrameridiane* (osservando il sole quando non è in *culminazione*), contrariamente a quanto è stato fatto fino ad ora.

Tralasciamo l'esposizione delle difficoltà pratiche e presentiamo, per mera curiosità, soltanto la parte matematica:

Calcolo delle coordinate (λ, φ)*, di un luogo, conoscendo sia il giorno* «n^{mo}» *dell'anno sia l'angolo d'altezza del sole* «α» *sia l'angolo azimutale* «θ», *contato a partire dal mezzogiorno solare vero locale* «$h12_{SVL}$», *sia l'ora media nazionale* «T_{MN}» (letta sull'orologio).

Si ricava, innanzi tutto, l'angolo orario «ω», espresso in gradi sessagesimali:

$$\omega = \text{arcsen}\,\frac{\text{sen}\,\theta \bullet \cos\alpha}{\cos\delta} \qquad [17a]$$

In cui: ω = angolo orario equivalente a 15° per ogni ora, contato a partire dal mezzogiorno; *mezzogiorno* ω = 0° (positivo fra l'alba ed il mezzogiorno, negativo fra il mezzogiorno ed il tramonto) - θ = angolo azimutale contato a partire dal mezzogiorno - α = angolo d'elevazione del sole compreso fra l'orizzontale e la direzione del raggio solare - δ = declinazione solare.

e lo si esprime in *arco ora* (ampiezza angolare espressa nel sistema orario):

$$\omega_{\text{Ora}} = \frac{\omega}{15^{\circ}/\text{h}} \qquad [17b]$$

Questo valore ci servirà in seguito, nell'equazione [17f].

Il valore della *latitudine* «φ» si ottiene dall'equazione:

$$\text{sen}\,\delta \bullet \text{sen}\,\varphi + \cos\delta \bullet \cos\omega \bullet \cos\varphi = \text{sen}\,\alpha \qquad [17c]$$

Sapendo che sia «sen φ» sia «cos φ» possono essere ambedue espressi come funzioni razionali di «tg (φ/2)», possiamo scrivere:

$$\text{sen}\,\varphi = \frac{2 \bullet \text{tg}\,\frac{\varphi}{2}}{1+ \text{tg}^2\,\frac{\varphi}{2}} \qquad\qquad \cos\varphi\ \frac{1- \text{tg}^2\,\frac{\varphi}{2}}{1+ \text{tg}^2\,\frac{\varphi}{2}}$$

e ponendo «$t = \text{tg}\,\frac{\varphi}{2}$», sostituendo, si ottiene:

$$\text{sen}\,\delta \bullet \frac{2 \bullet t}{1+t^2} + \cos\delta \bullet \cos\omega \bullet \frac{1-t^2}{1+t^2} = \text{sen}\,\alpha \qquad [17d]$$

Utilizzando la formula risolutiva ridotta per l'*equazione di secondo grado*:

$$t = \frac{a \pm \sqrt{a^2+b^2-c^2}}{b+c} \qquad [17e]$$

In cui: a = sen δ • (2 • t / (1 + t^2)) – b = cos δ • cos (1 – t^2 / (1 + t^2)) – c = sen α.

Otterremo, per «t» le due radici: «t_1», «t_2» che danno luogo alle due equazioni trigonometriche elementari: «φ_1 = 2 • arctg t_1» e «φ_2 = 2 • arctg t_2» che soddisfano l'equazione [16a] e pertanto la ***latitudine*** sarà o «φ_1» o «φ_2», (le due soluzioni potrebbero anche risultare coincidenti «$\varphi_1 = \varphi_2$»).

Dalla [17b] possiamo risalire all'*ora solare vera locale* «T_{SVL}», al momento della misurazione, che risulta:

$$T_{SVL} = h12_{SVL} - \omega_{\text{Ora}} \qquad [17f]$$

Conoscendo l'ora «T_{MN}» in *tempo medio nazionale*, segnata dal nostro orologio, possiamo ricavare l'*ora solare vera nazionale* «T_{SVN}» al momento dell'osservazione:

$$T_{SVN} = T_{MN} - \text{Eq} - \text{Or} \qquad [17g]$$

La differenza fra l'*ora solare vera nazionale* «T_{SVN}» e l'*ora solare vera locale* «T_{SVL}» fornisce la costante locale «C_L».

$$C_L = T_{SVN} - T_{SVL} \qquad [17h]$$

La *costante locale* «C_L», espressa nel sistema orario, deve essere convertita nel sistema angolare «D°».

$$D^{\circ} = -\left(C_L \bullet 15^{\circ/\text{h}}\right) \qquad [17i]$$

La ***longitudine*** sarà pertanto fornita da:

$$\lambda = \lambda_{\text{naz} + \text{D}°} \qquad [17l]$$

La relativa complessità matematica si rivela, per contro, poca cosa in confronto alle insormontabili difficoltà pratiche (con gli strumenti che si è fin qui immaginato di utilizzare); la risoluzione del problema, per poter essere di una qualche utilità, necessita infatti di una strumentazione di altissima precisione e di procedure particolarmente complesse.

Abbiamo fin qui taciuto, inoltre, forse per un *falso senso del pudore*, l'eventuale correzione necessaria per tener debito conto della *rifrazione astronomica* «**r**»; il suo valore [vedi: tab. 04] deve essere sempre sottratto dal valore dell'*angolo d'altezza* «**α**» del Sole, misurato con le procedure già descritte, prima di essere utilizzato nelle relative equazioni.

Noi non lo considereremo, con l'avvertimento, però, che se il sole dovesse trovarsi praticamente all'orizzonte l'ignorare tale correzione non sarebbe più affatto trascurabile.

Esempi:

1°) Prendiamo, per confronto, i dati dell'esempio n° 1 presentato in: **Posizione del sole sulla sfera celeste** in cui, alle ore $11^h\ 24^m$ (lette sul nostro orologio) del 21 giugno, presso il *cuile Coa Lada,* registravamo i seguenti valori: «θ = 65° 50'» e «α = 59° 49'» (misurati direttamente) «δ = +23° 27'» (ricavati con la [05a]); siamo ad una *longitudine* di 9° 25' est, da Greenwich, e ad una *latitudine* di 40° nord dall'equatore (ma questo ancora non lo sappiamo).

Dall'equazione [17a], otteniamo:

$$\omega = \text{arcsen}\ \frac{\text{sen}\,(65°\,50') \bullet \cos\,(59°\,49')}{\cos\,(23°\,27')} = 30°\,00'00{,}33''$$

si assume ω = 30°

Dall'equazione [17b], otteniamo:

$$\omega_{\text{Ora}} = \frac{30°}{15°/\text{h}} = 2^{\text{h}}$$

Dall'equazione [17c], modificata nella [17d], ed applicando la formula risolutiva [17e] si ha:

$$\text{t} = \frac{\text{sen}\,\delta \pm \sqrt{\text{sen}^2\,\delta + (\cos\delta \bullet \cos\omega)^2 - \text{sen}^2\,\alpha}}{\cos\delta \bullet \cos\omega + \cos\beta}$$

Sostituendo alle variabili, i relativi valori, si ottiene:

$$\text{t} = \frac{0{,}397\,949 \pm \sqrt{0{,}158\,363 + 0{,}631\,228 - 0{,}747\,224}}{0{,}917\,408 \bullet 0{,}866\,025 + 0{,}864\,421} \qquad \text{t} = \frac{0{,}397\,949 \pm \sqrt{0{,}042\,367}}{1{,}658\,919}$$

Prima soluzione

$$t_1 = \frac{0{,}397\,949 + 0{,}205\,832}{1{,}658\,919} = 0{,}363\,960 \qquad \text{t}_1 = \text{tg}\,\frac{\varphi_1}{2} = 0{,}363\,960$$

$$\varphi_1 = \text{arctg}\,(0{,}363\,960) \bullet 2 = 39{,}999\,005° \qquad \varphi_1 = 39°\,59'\,56{,}42''$$

Praticamente coincidente col valore di «φ» che si era considerato nel precedente esempio preso in esame «φ = 40°».

Seconda soluzione

$$t_2 = \frac{0{,}397\,949 - 0{,}205\,832}{1{,}658\,919} = 0{,}115\,808 \qquad \text{t}_2 = \text{tg}\,\frac{\varphi_1}{2} = 0{,}115\,808$$

$$\varphi_2 = \text{arctg}\,(0{,}115\,808) \bullet 2 = 13{,}211\,774° \qquad \varphi_2 = 13°\,12'\,42{,}36''$$

L'equazione [17e] è pertanto verificata anche per «φ_2»; come possiamo stabilire quale è la vera *latitudine* alla quale ci troviamo?

Considerando che il 21 giugno la *declinazione solare* è «δ = 23° 27'» se ci trovassimo alla *latitudine* di «φ = 13° 13' (valore approssimato)» ci troveremo a *sud* rispetto al piano dell'*eclittica* e pertanto, a noi che comunemente viviamo ad una latitudine superiore a 24° nord, il sole ci sembrerebbe spostarsi da *ovest* ad *est* (per volgerci verso il sole, alle 12 *solari vere locali*, ci dovremmo rivolgere infatti a *nord*); se così non avviene vuol dire, per contro, che ci troviamo alla latitudine «φ_1».

Calcoliamo l'*ora solare vera locale* «T_{SVL}» quando il sole si trova, dalla direzione del *mezzogiorno solare vero locale*, ad un azimut di «θ = 65° 50'» est; pari a «ω = 30°» (dall'equazione [17a]) e pari a «$\omega_{ORA} = 2^h$» (dall'equazione [17b]).

Dall'equazione [17f] otteniamo:

$$\text{T}_{\text{SVL}} = \text{h}12_{\text{SVL}} - 2^{\text{h}} = \text{h}10_{\text{SVL}}$$

Calcoliamo, con l'equazione [17g], l'*ora solare vera nazionale*:

$$\text{T}_{\text{SVN}} = 10^{\text{h}}\,24^{\text{m}}\,00^{\text{s}} - 0^{\text{h}}\,01^{\text{m}}\,39^{\text{s}} = 10^{\text{h}}\,22^{\text{m}}\,21^{\text{s}}$$

Calcoliamo, con l'equazione [17h], la *costante locale* tenendo presente che il 21 giugno, in Italia, è in vigore l'ora legale:

$$\text{C}_{\text{L}} = 11^{\text{h}}\,22^{\text{m}}\,21^{\text{s}} - 10^{\text{h}}\,00^{\text{m}}\,00^{\text{s}} - 1 = 22^{\text{m}}\,21^{\text{s}}$$

Calcoliamo, con l'equazione [17i], la differenza di longitudine (λ_{NAZ} - λ_{LOC}):

$$D° = -\left(0^h\ 22^m\ 21^s\right) \bullet 15^{°/h} = -5{,}587\ 5° = -5°\ 35'15''$$

Calcoliamo infine, con l'equazione [17l], la ***longitudine***, da Greenwich, del meridiano «λ_{LOC}» sul quale ci troviamo.

$$\lambda_{LOC} = 15° - 5°\ 35'\ 15'' = 9°\ 24'\ 45''$$

Riassumendo: l'osservatore (noi) si troverebbe a 9° 25' (approssimato) ***longitudine est*** (da Greenwich) ed a 40° 00' (approssimato) ***latitudine nord*** (dall'equatore).

Altro esempio:

2°) Alle ore $10^h\ 32^m\ 18^s$ (del nostro orologio esatto) del 23 *marzo*, si registrano i seguenti valori: «ω = 43° 16'», «α = 47° 09'».

ma qui mi fermo.

La soluzione di quest'ulteriore ultimo problema la lascio volentieri al lettore . . . e che gli sia d'aiuto il tempo.

Appendici

Appendice A

Equazione del tempo

	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
	i valori sono espressi in (minuti:secondi)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	+3:30	+13:35	+12:24	+3:56	-2:55	-2:17	+3:44	+6:17	**+0:03**	-10:16	-16:24	-11:03
2	+3:58	+13:42	+12:12	+3:38	-3:02	-2:08	+3:56	+6:13	-0:16	-10:35	-16:25	-10:40
3	+4:26	+13:49	+12:00	+3:21	-3:09	-2:58	+4:07	+6:09	-0:36	-10:54	***-16:26***	-10:17
4	+4:53	+13:55	+11:47	+3:03	-3:15	-1:48	+4:17	+6:04	-0:55	-11:13	-16:25	-9:53
5	+5:20	+14:01	+11:34	+2:46	-3:20	-1:37	+4:29	+5:58	-1:15	-11:31	-16:24	-9:29
6	+5:47	+14:05	+11:20	+2:29	-3:25	-1:27	+4:39	+5:52	-1:35	-11:49	-16:22	-9:03
7	+6:13	+14:09	+11:06	+2:12	-3:29	-1:16	+4:49	+5:45	-1:55	-12:06	-16:19	-8:38
8	+6:39	+14:12	+10:54	+1:55	-3:33	-1:04	+5:59	+5:38	-2:16	-12:23	-16:15	-8:12
9	+7:04	+14:14	+10:37	+1:38	-3:36	-0:53	+5:08	+5:30	-2:36	-12:40	-16:11	-7:45
10	+7:29	+14:15	+10:21	+1:22	-3:38	-0:41	+5:17	+5:21	-2:57	-12:56	-16:05	-7:18
11	+7:53	***+14:16***	+10:06	+1:06	-3:40	-0:29	+5:25	+5:12	-3:18	-13:12	-16:59	-6:51
12	+8:16	+14:15	+9:50	+0:51	-3:42	-0:16	+5:33	+5:02	-3:39	-13:27	-15:52	-6:23
13	+8:39	+14:14	+9:34	+0:35	-3:42	**-0:04**	+5:40	+4:52	-4:00	-13:42	-15:45	-5:53
14	+9:02	+14:13	+9:17	+0:20	***-3:43***	+0:09	+5:47	+4:41	-4:22	-13:56	-15:36	-5:27
15	+9:23	+14:10	+9:04	**+0:05**	-3:42	+0:22	+5:54	+4:29	-4:43	-14:10	-15:26	-5:58
16	+9:44	+14:07	+8:44	-0:09	-3:41	+0:34	+5:59	+4:17	-5:05	-14:23	-15:16	-4:29
17	+10:04	+14:03	+8:27	-0:23	-3:40	+0:47	+6:05	+4:05	-5:26	-14:36	-15:05	-4:00
18	+10:24	+14:58	+8:09	-0:37	-3:38	+1:00	+6:10	+3:52	-5:48	-14:48	-14:53	-3:31
19	+10:42	+13:53	+7:52	-0:50	-3:35	+1:13	+6:14	+3:38	-6:09	-14:59	-14:40	-3:01
20	+11:00	+13:47	+7:34	-1:03	-3:33	+1:25	+6:18	+3:24	-6:30	-15:10	-14:26	-2:31
21	+11:18	+13:40	+7:16	-1:16	-3:29	+1:39	+6:21	+3:10	-6:52	-15:20	-14:12	-2:02
22	+11:34	+13:33	+7:58	-1:28	-3:25	+1:52	+6:23	+2:55	-7:13	-15:29	-13:56	-1:32
23	+11:50	+13:25	+6:40	-1:39	-3:20	+2:05	+6:25	+2:39	-7:34	-15:38	-13:40	-1.02
24	+12:05	+13:16	+6:22	-1:51	-3:15	+2:18	+6:27	+2:28	-7:55	-15:46	-13:23	-0:32
25	+12:19	+13:07	+6:04	-2:01	-3:10	+2:31	+6:28	+2:07	-8:16	-15:54	-13:05	**+0:02**
26	+12:32	+13:57	+5:45	-2:12	-3:04	+2:43	***+6:28***	+1:50	-8:36	-16:00	-12:47	+0:27
27	+12:44	+12:46	+5:27	-2:21	-3:57	+2:56	+6:27	+1:33	-8:57	-16:06	-12:28	+1:57
28	+12:56	+12:35	+5:09	-2:31	-2:50	+3:08	+6:27	+1:16	-9:17	-16:11	-12:08	+1:27
29	+13:07		+4:50	-2:39	-2:42	+3:20	+6:25	+0:58	-9:37	-16:16	-11:47	+1:56
30	+13:17		+4:32	-2:47	-2:34	+3:32	+6:23	+0:40	-9:57	-16:19	-11:25	+2:25
31	+13:26		+4:14		-2:26		+6:20	+0:21		-16:22		+2-54

[tab. 01]

I valori dell'equazione del tempo variano leggermente di anno in anno (a causa sia del giorno bisestile sia di altre cause) e ritornano quasi uguali ogni quattro anni.

Quelli riportati nella tabella non sono valori esatti, anche se sufficientemente approssimati.

Valori più precisi, dell'**equazione del tempo** (per l'anno che interessa), si possono ricavare dalle Effemeridi.

Il **tempo solare vero** coincide col tempo medio i giorni: 15 *aprile*, 13 *giugno*, 1 *settembre*, 25 *dicembre*.

Si ha inoltre, dalla [tab. 01], che:

l' 11 febbraio si registra il massimo ritardo invernale.
Il 14 maggio si registra il massimo anticipo primaverile
Il 26 luglio si registra il massimo ritardo estivo
Il 25 dicembre si registra il massimo anticipo autunnale

Appendice B

Giorni trascorsi dal *Capodanno* (1° gennaio)

	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	121	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	**80**[1]	111	141	**172**[2]	202	233	264	294	325	**355**[4]
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	**266**[3]	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29		88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30		89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31		90		151		212	243		304		365

[tab. 02]

[1]) equinozio di primavera (21 *marzo*)
[2]) solstizio d'estate (21 *giugno*)
[3]) equinozio d'autunno (23 *settembre*)
[4]) solstizio d'inverno (21 *dicembre*)

Volendo ricavare, servendosi della presente tabella, i giorni trascorsi *dall'equinozio di primavera* (21 marzo), si possono usare le seguenti uguaglianze.

Per ($n^{mo} \geq 80$): $N^{mo} = n^{mo} - 79$

Per ($n^{mo} < 80$): $N^{mo} = 286 + n^{mo}$

in cui: n^{mo} rappresenta il numero di giorni trascorsi dal *Capodanno* «1 gennaio: $n^{mo} = 1$» – N^{mo} rappresenta il numero di giorni trascorsi dall'*Equinozio di primavera* «21 marzo: $N^{mo} = 1$».

Appendice C

Declinazione solare

	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-23° 01'	-17° 31'	-8° 18'	+4° 01'	+14° 54'	+22° 02'	+23° 07'	+17° 55'	+7° 43'	-4° 13'	-15° 22'	-22° 06'
2	-22° 56'	-17° 15'	-7° 55'	+4° 25'	+15° 13'	+22° 10'	+23° 03'	+17° 39'	+7° 21'	-4° 37'	-15° 40'	-22° 14'
3	-22° 51'	-16° 58'	-7° 32'	+4° 49'	+15° 31'	+22° 18'	+22° 58'	+17° 23'	+6° 57'	-5° 00'	-15° 58'	-22° 22'
4	-22° 45'	-16° 41'	-7° 09'	+5° 12'	+15° 49'	+22° 25'	+22° 53'	+17° 06'	+6° 34'	-5° 24'	-16° 15'	-22° 29'
5	-22° 39'	-16° 24'	-6° 46'	+5° 36'	+16° 07'	+22° 32'	+22° 48'	+16° 50'	+6° 11'	-5° 48'	-16° 33'	-22° 36'
6	-22° 32'	-16° 07'	-6° 23'	+5° 59'	+16° 24'	+22° 39'	+22° 42'	+16° 33'	+5° 48'	-6° 11'	-16° 50'	-22° 42'
7	-22° 25'	-15° 49'	-5° 59'	+6° 23'	+16° 41'	+22° 45'	+22° 36'	+16° 15'	+5° 24'	-6° 34'	-17° 06'	-22° 48'
8	-22° 18'	-15° 31'	-5° 36'	+6° 46'	+16° 58'	+22° 51'	+22° 29'	+15° 58'	+5° 00'	-6° 57'	-17° 23'	-22° 53'
9	-22° 10'	-15° 13'	-5° 12'	+7° 09'	+17° 15'	+22° 56'	+22° 22'	+15° 40'	+4° 37'	-7° 21'	-17° 39'	-22° 58'
10	-22° 02'	-14° 54'	-4° 49'	+7° 32'	+17° 31'	+23° 01'	+22° 14'	+15° 22'	+4° 13'	-7° 43'	-17° 55'	-23° 03'
11	-21° 54'	-14° 35'	-4° 25'	+7° 55'	+17° 47'	+23° 05'	+22° 06'	+15° 03'	+3° 49'	-8° 06'	-18° 10'	-23° 07'
12	-21° 45'	-14° 16'	-4° 01'	+8° 18'	+18° 03'	+23° 09'	+21° 58'	+14° 45'	+3° 25'	-8° 29'	-18° 25'	-23° 11'
13	-21° 36'	-13° 57'	-3° 37'	+8° 40'	+18° 18'	+23° 13'	+21° 50'	+14° 26'	+3° 01'	-8° 51'	-18° 40'	-23° 14'
14	-21° 26'	-13° 37'	-3° 13'	+9° 03'	+18° 33'	+23° 16'	+21° 40'	+14° 06'	+2° 37'	-9° 14'	-18° 55'	-23° 18'
15	-21° 16'	-13° 17'	-2° 49'	+9° 25'	+18° 48'	+23° 19'	+21° 31'	+13° 47'	+2° 13'	-9° 36'	-19° 09'	-23° 20'
16	-21° 06'	-12° 57'	-2° 25'	+9° 47'	+19° 02'	+23° 21'	+21° 21'	+13° 27'	+1° 49'	-9° 58'	-19° 23'	-23° 22'
17	-20° 55'	-12° 37'	-2° 01'	+10° 09'	+19° 16'	+23° 23'	+21° 11'	+13° 07'	+1° 25'	-10° 20'	-19° 36'	-23° 24'
18	-20° 44'	-12° 16'	-1° 37'	+10° 31'	+19° 29'	+23° 25'	+21° 00'	+12° 47'	+1° 00'	-10° 41'	-19° 49'	-23° 25'
19	-20° 32'	-11° 56'	-1° 13'	+10° 52'	+19° 43'	+23° 26'	+20° 49'	+12° 27'	+0° 36'	-11° 03'	-20° 02'	-23° 26'
20	-20° 21'	-11° 35'	-0° 48'	+11° 14'	+19° 56'	+23° 27'	+20° 38'	+12° 06'	+0° 12'	-11° 24'	-20° 14'	-23° 27'
21	-20° 08'	-11° 14'	-0° 24'	+11° 35'	+20° 08'	+23° 27'	+20° 26'	+11° 45'	-0° 12'	-11° 45'	-20° 26'	-23° 27'
22	-19° 56'	-10° 52'	**0° 00'**	+11° 56'	+20° 21'	+23° 27'	+20° 14'	+11° 24'	-0° 36'	-12° 06'	-20° 38'	-23° 27'
23	-19° 43'	-10° 31'	+0° 24'	+12° 16'	+20° 32'	+23° 26'	+20° 02'	+11° 03'	-1° 00'	-12° 27'	-20° 49'	-23° 26'
24	-19° 29	-10° 09'	+0° 48'	+12° 37'	+20° 44'	+23° 25'	+19° 49'	+10° 41'	-1° 25'	-12° 47'	-21° 00'	-23° 25'
25	-19° 16	-9° 47'	+1° 13'	+12° 57'	+20° 55'	+23° 24'	+19° 36'	+10° 20'	-1° 49'	-13° 07'	-21° 11'	-23° 23'
26	-19° 02'	-9° 25'	+1° 37'	+13° 17'	+21° 06'	+23° 22'	+19° 23'	+9° 58'	-2° 13'	-13° 27'	-21° 21'	-23° 21'
27	-18° 48'	-9° 03'	+2° 01'	+13° 37'	+21° 16'	+23° 20'	+19° 09'	+9° 36'	-2° 37'	-13° 47'	-21° 31'	-23° 19'
28	-18° 33'	-8° 40'	+2° 25'	+13° 57'	+21° 26'	+23° 18'	+18° 55'	+9° 14'	-3° 01'	-14° 06'	-21° 40'	-23° 16'
29	-18° 18'		+2° 49'	+14° 16'	+21° 36'	+23° 14'	+18° 40'	+8° 51'	-3° 25'	-14° 26'	-21° 50'	-23° 13'
30	-18° 03'		+3° 13'	+14° 35'	+21° 45'	+23° 11'	+18° 25'	+8° 29'	-3° 49'	-14° 45'	-21° 58'	-23° 09'
31	-17° 47		+3° 37'		+21° 54'		+18° 10'	+8° 06'		-15° 03'		-23° 05'

[tab. 03]

I valori sono stati ricavati con la formula di **P. I. Cooper** [vedi eq. 01a]:

$$\delta_a = 23{,}45° \bullet \mathrm{sen}\left(360 \bullet \frac{284 + n^{mo}}{365}\right)$$

Può essere usata anche la formula:

$$\delta_b = \mathrm{arcsen}\left[0{,}4 \bullet \mathrm{sen}\left(\frac{n^{mo} \bullet 360}{365}\right)\right]$$

I valori, della *declinazione solare*, riportati nella [tab. 04] hanno valore puramente indicativo poiché i valori reali variano, in continuazione, ogni anno; e tornano simili, e non identici, solo ogni quattro anni.

I valori forniti dalla presente tabella, comunque, non solo hanno un'approssimazione maggiore alle necessità, rispetto agli scopi per cui viene utilizzata (in questa relazione), ma possono essere ricavati con una semplice formula senza doverli *mandare a mente*.

Appendice D

Valori medi della rifrazione astronomica

α	r	α	r	α	r	α	r	α	r	α	r
0° 00’	33’ 48”	9° 40’	5’ 30”	18° 40’	2’ 51”	29° 00’	1’ 45”	42° 30’	1’ 04”	67° 00’	0’ 25”
1° 00’	24’ 22”	10° 00’	5’ 20”	19° 00’	2’ 48”	29° 30’	1’ 43”	43° 00’	1’ 02”	68° 00’	0’ 24”
2° 00’	18’ 23”	10° 20’	5’ 10”	19° 20’	2’ 45”	30° 00’	1’ 41”	43° 30’	1’ 01”	69° 00’	0’ 22”
3° 00’	14’ 28”	10° 40’	5’ 01”	19° 40’	2’ 42”	30° 30’	1’ 39”	44° 00’	1’ 00”	70° 00’	0’ 21”
4° 00’	11’ 47”	11° 00’	4’ 52”	20° 00’	2’ 39”	31° 00’	1’ 37”	44° 30’	0’ 59”	71° 00’	0’ 20”
5° 00’	9’ 55”	11° 20’	4’ 43”	20° 20’	2’ 36”	31° 30’	1’ 35”	45° 00’	0’ 58”	72° 00’	0’ 19”
5° 30’	9’ 09”	11° 40’	4’ 36”	20° 40’	2’ 33”	32° 00’	1’ 33”	46° 00’	0’ 56”	73° 00’	0’ 18”
6° 00’	8’ 30”	12° 00’	4’ 28”	21° 00’	2’ 31”	32° 30’	1’ 31”	47° 00’	0’ 54”	74° 00’	0’ 17”
6° 10’	8’ 18”	12° 20’	4’ 21”	21° 20’	2’ 39”	33° 00’	1’ 29”	48° 00’	0’ 52”	75° 00’	0’ 16”
6° 20’	8’ 07”	12° 40’	4’ 14”	21° 40’	2’ 26”	33° 30’	1’ 28”	49° 00’	0’ 51”	76° 00’	0’ 15”
6° 30’	7’ 56”	13° 00’	4’ 08”	22° 00’	2’ 23”	34° 00’	1’ 26”	50° 00’	0’ 49”	77° 00’	0’ 13”
6° 40’	7’ 45”	13° 20’	4’ 01”	22° 20’	2’ 21”	34° 30’	1’ 25”	51° 00’	0’ 47”	78° 00’	0’ 12”
6° 50’	7’ 35”	13° 40’	3’ 55”	22° 40’	2’ 19”	35° 00’	1’ 23”	52° 00’	0’ 46”	79° 00’	0’ 11”
7° 00’	7’ 25”	14° 00’	3’ 50”	23° 00’	2’ 17”	35° 30’	1’ 22”	53° 00’	0’ 44”	80° 00’	0’ 10”
7° 10’	7’ 16”	14° 20’	3’ 45”	23° 20’	2’ 14”	36° 00’	1’ 20”	54° 00’	0’ 42”	81° 00’	0’ 09”
7° 20’	7’ 07”	14° 40’	3’ 39”	23° 40’	2’ 12”	36° 30’	1’ 19”	55° 00’	0’ 41”	82° 00’	0’ 08”
7° 30’	6’ 58”	15° 00’	3’ 34”	24° 00’	2’ 10”	37° 00’	1’ 17”	56° 00’	0’ 39”	83° 00’	0’ 07”
7° 40’	6’ 50”	15° 20’	3’ 30”	24° 20’	2’ 08”	37° 30’	1’ 16”	57° 00’	0’ 38”	84° 00’	0’ 06”
7° 50’	6’ 42”	15° 40’	3’ 25”	24° 40’	2’ 06”	38° 00’	1’ 14”	58° 00’	0’ 36”	85° 00’	0’ 05”
8° 00’	6’ 34”	16° 00’	3’ 21”	25° 00’	2’ 04”	38° 30’	1’ 13”	59° 00’	0’ 35”	86° 00’	0’ 04”
8° 10’	6’ 27”	16° 20’	3’ 17”	25° 30’	2’ 02”	39° 00’	1’ 12”	60° 00’	0’ 34”	87° 00’	0’ 03”
8° 20’	6’ 20”	16° 40’	3’ 12”	26° 00’	1’ 59”	39° 30’	1’ 11”	61° 00’	0’ 32”	88° 00’	0’ 02”
8° 30’	6’ 13”	17° 00’	3’ 09”	26° 30’	1’ 57”	40° 00’	1’ 09”	62° 00’	0’ 31”	89° 00’	0’ 01”
8° 40’	6’ 06”	17° 20’	3’ 05”	27° 00’	1’ 54”	40° 30’	1’ 08”	63° 00’	0’ 30”	90° 00’	0’ 00”
8° 50’	6’ 00”	17° 40’	3’ 01”	27° 30’	1’ 52”	41° 00’	1’ 07”	64° 00’	0’ 28”		
9° 00’	5’ 54”	18° 00’	2’ 58”	28° 00’	1’ 49”	41° 30’	1’ 06”	65° 00’	0’ 27”		
9° 20’	5’ 42”	18° 20’	2’ 54”	28° 30’	1’ 47”	42° 00’	1’ 05”	66° 00’	0’ 26”		

[tab. 04]

In cui: α = angolo di elevazione compreso fra il piano orizzontale e la direzione apparente dell’astro – r = correzione da apportare ad «α» per tener conto della rifrazione astronomica.

La tabella riporta i valori della *rifrazione media* valevoli per una *temperatura* dell'aria di +10 °C (+283,15 K) ed una *pressione atmosferica* di 760 mmHg (101 325 Pa)

Al variare sia della temperatura sia della pressione varia anche la densità degli strati d'aria atmosferica; si ha pertanto la necessità di apportare delle correzioni ai valori della *rifrazione media* riportati in [tab. 04].

Nel caso la temperatura media fosse diversa da +10 °C si dovrebbe apportare, ai valori ottenuti con la [tab. 04], la dovuta correzione servendosi della:

$$K_T'' = \pm 0{,}2 \bullet n^m \bullet (t + 1) \qquad \text{[D-01]}$$

In cui: K_T” = correzione in secondi d’arco «”» (il segno più «+» vale per le temperature inferiori ai +10 °C, il segno meno «-» per le superiori); se risulta «t» ≤ +10 °C, o n^m ≤ 3’; l’addendo «+1» non deve essere aggiunto – n^m = il numero dei primi d’arco, e secondi, forniti dalla [tab. 04] in cui sono riportati i **valori medi della rifrazione astronomica** - t = numero dei gradi, e decimi, in più, od in meno, di +10 °C.

Nel caso la pressione fosse diversa da 760 mmHg si dovrebbe apportare, ai valori ottenuti con la [tab. 04] e corretti con la [D-01], la dovuta correzione servendosi della:

$$K_P'' = \pm \frac{{n_C}^m \bullet (P - 5)}{13} \qquad \text{[D-02]}$$

In cui: K_P” = correzione in secondi d’arco «”» da apportarsi al valore già corretto con la [D-01] – $n_C{}^m$ = il numero dei primi d’arco, e secondi, forniti dalla [tab. 04] che rappresentano il valore della rifrazione corretto con la [D-01] - b = numero dei millimetri di mercurio (di pressione) in più, od in meno, di 760 mmHg..

Esempio:

1°) Altezza rifratta dell’astro «α» = 13° 00’, pressione barometrica «P» = 550 mmHg, temperatura «t» = +25 °C

Dalla [tab. 04], per «h» = 13° 00’, «b» = 760 mmHg, «t» = +10 °C, si ricava r = 4’ 08”

Dall' equazione [D-01] si ottiene:

$$K_T'' = -0{,}2 \bullet 4{,}1 \bullet 16 = 13{,}1''$$ arrotondato a: **K_T" = -13"**

La rifrazione corretta per la sola temperatura risulta: r_T" = 4' 8" – 0' 13" = **3' 55"**

Dall'equazione [D-02] si ottiene:

$$K_P'' = -\frac{3{,}9'' \bullet 205^{mmHg}}{13} = -61{,}5''$$ arrotondato a: **K_P" = -1' 02"**

Valore definitivo della rifrazione, corretta anche per la pressione: 3' 55" – 1' 02" = 2' 53"

Una formula, molto semplice, che fornisce risultati soddisfacenti è quella proposta dall'astronomo irlandese **Strawell-Ball**.

$$r'' = 21{,}7'' \bullet \frac{P^{mmHg}}{273 + t} \bullet \text{cotg}\,\alpha$$

in cui: r" = valore effettivo, della rifrazione atmosferica, espresso in secondi d'arco sessadecimali – P_{mmHg} = pressione atmosferica espressa in millimetri di mercurio (mmHg) – t° = temperatura dell'aria espressa in gradi celsius (°C) – α = altezza apparente, o altezza rifratta, dell'astro espressa in secondi d'arco sessagesimali.

Esempio:

1°) Altezza rifratta dell'astro «α» = 13° 00', pressione barometrica «P» = 550 mmHg, temperatura «t» = +25 °C.

$$r'' = 21{,}7'' \bullet \frac{550^{mmHg}}{298} \bullet \text{cotg}\,13 = 2'\,53{,}47''$$ arrotondato a: 2' 53,5"

Valore definitivo della rifrazione, in ottimo accordo col precedente risultato.

La stessa formula, *leggermente* modificata dall'Autore al fine di poter introdurre il valore della pressione espresso o in millibar «mb» o in ettopascal «hPa», diviene:

$$r'' = 16{,}276'' \bullet \frac{P^{hPa}}{273 + t} \bullet \text{cotg}\,\alpha$$

in cui: r" = valore effettivo, della rifrazione atmosferica, espresso il secondi d'arco sessagesimali – P_{hPa} = pressione atmosferica espressa in ettopascal (hPa) od in millibar (mb) – noto il significato degli altri termini.

2°) Altezza rifratta dell'astro «α» = 13° 00', pressione barometrica «hP» = 733,273 hPa, temperatura «t» = +25 °C.

$$r = 16{,}276'' \bullet \frac{733{,}273^{hPa}}{298} \bullet \text{cotg}\,13 = 2'53{,}47''$$ arrotondato a: **2' 53,5"**

Valore definitivo della rifrazione, sempre in ottimo accordo col precedente risultato.

Appendice E

Semidiametro apparente del Sole

g	Gen.	Feb.	Mar	Apr	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
5	16' 18"	16' 15"	16' 09"	16' 01"	15' 53"	15' 47"	15' 45"	15' 48"	15' 53"	16' 01"	16' 09"	16' 15"
15	16' 17"	16' 13"	16' 06"	15' 58"	15' 51"	15' 47"	15' 46"	15' 49"	15' 56"	16' 04"	16' 12"	16' 17"
25	16' 16"	16' 11"	16' 04"	15' 55"	15' 49"	15' 46"	15' 46"	15' 51"	15' 49"	16' 07"	16' 14"	16' 17"

[tab. 05]

In cui: g = giorno del mese (data l'esiguità del valore del semidiametro del sole si assume quello del giorno più vicino a quelli indicati).

Per i nostri scopi ed utilizzando gli strumenti presentati nel testo la correzione risulta affatto trascurabile . . . ma conoscere non *nuoce*.

Appendice F

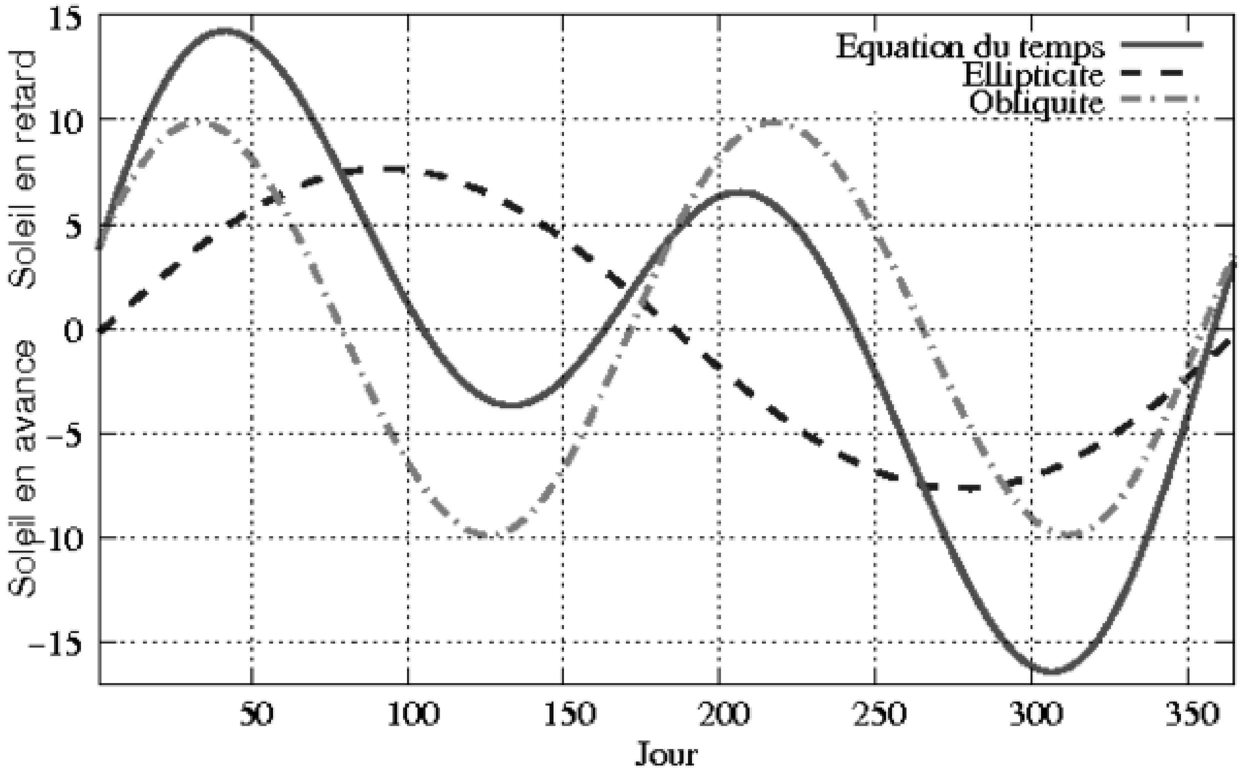
Sull'equazione del tempo

La curva che indica l'***equazione del tempo*** «Eq» è la somma di due curve sinusoidali; rispettivamente dovute ed all'eccentricità dell'orbita, con periodo di un anno ed all'inclinazione dell'eclittica, con periodo di sei mesi.

La curva risultante può essere approssimata dall'equazione:

$$Eq = -9{,}87 \bullet \sin\,[2 \bullet w \bullet (N - 81)] + 7{,}67 \bullet \sin\,[w \bullet (N - 1)]$$

In cui: Eq = equazione del tempo, espressa in minuti – w = rispettivamente a «360°/365^{g}», se espresso in gradi, «2 • π/365^{g}», se espresso in radianti – N = numero dei giorni dall'inizio dell'anno; esempio: 1° gennaio = 1, 20 febbraio = 51.



Nelle ordinate: Valori positivi indicano il Sole in ritardo, valori negativi indicano il Sole in anticipo.

Nelle ascisse: i numeri indicano i giorni trascorsi dal 1° gennaio.

La ***curva continua*** rappresenta l'equazione del tempo «Eq».

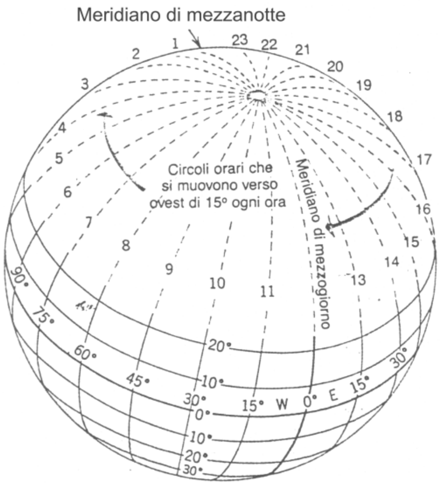
La ***curva tratteggiata*** rappresenta l'equazione dell'eccentricità dell'orbita

La ***curva a tratto e punto*** rappresenta l'inclinazione dell'eclittica.

Appendice G

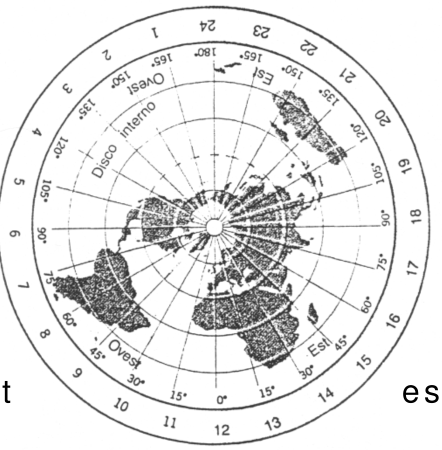
Linea internazionale di cambio di data

Ipotizziamo, ad esempio, che il 1^{mo} *luglio* (giorno in cui è nato l'Autore) il Sole sia in *culminazione* sul meridiano di ***Greenwich*** (sia pertanto il *mezzogiorno solare vero locale*.



[fig. 25a]

ovest



est

[fig.25b]

Se ci spostassimo verso *est* incontreremo, in successione, alla distanza angolate di 15° (1^h nel sistema orario), l'uno dopo l'altro, il meridiano delle 13^h *solari vere locali* (T_{SVL}), del 1^{mo} *luglio*, poi quello delle 14^h (T_{SVL}) e via via fino ad arrivare o a quello dell'ora *zero* o a quello delle 24^h (T_{SVL}) o della *mezzanotte*, sempre del 1^{mo} *luglio*, punto in cui sta per cominciare il 2 *luglio* [fig. 25a],fig. 25b[].

Se ci spostiamo verso *ovest* incontreremo, in successione l'uno dopo l'altro, il meridiano delle 11^h (T_{SVL}), del 1^{mo} *luglio*, poi quello delle 10^h (T_{SVL}) e via via fino ad arrivare al meridiano o dell'ora *zero* o di *mezzanotte* del 30 di giugno, punto in cui il 1^{mo} *luglio* sta per incominciare.

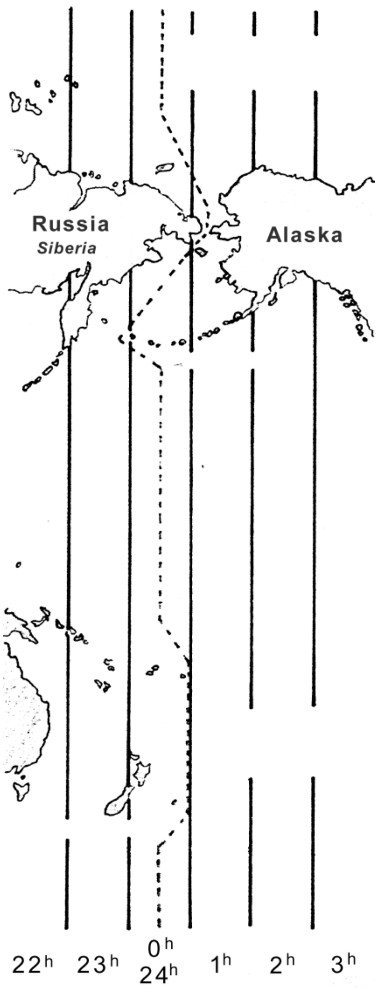
Oltrepassando quest'ultimo meridiano (passando al *fuso adiacente*) non si avrebbe più la differenza di un'ora bensì di un intero giorno (24 ore).

In verità la ***Linea internazionale del cambiamento di data*** non segue esattamente l'*antimeridiano* di *Greenwich*, ma si svolge ondeggiando in mezzo all'*oceano pacifico* evitando di attraversare il territorio di qualche stato (dividerlo in due parti) poiché, in caso contrario, all'interno di quella «*sfortunata*» nazione si dovrebbero usare due diversi *calendari* [fig. 26].

> **Osservando la [fig. 26]**
> La figura, in esame, può essere interpretata come l'ingrandimento dell'estrema parte destra della [fig. 08].
> La linea *tratteggiata* rappresenta il percorso *sinuoso* della ***Linea internazionale di cambiamento di data*** (necessario, ad esempio, sia a non separare la ***Penisola del Cukči*** dal resto della ***Siberia*** (**Russia**) sia ad includere le ***Isole Aleutine*** nella stessa zona oraria dell'**Alaska**).

L'ora indicata, presso i fusi visualizzati, è stata riferita, come già sottolineato, al momento in cui il Sole transita sul meridiano di Greenwich e pertanto i valori risultano tutti espressi in *tempo solare vero locale* (T_{SVL}) e sono sempre riferite al meridiano centrale di ogni fuso.

Nel caso sul meridiano di Greenwich siano le 12^h in *tempo medio locale* (T_{ML}) anche i valori della ore indicati presso il meridiano centrale, di ciascun fuso, risulteranno espressi in *tempo medio locale* (T_{ML}) o *tempo civile* (T_C).



[fig. 26]

Glossario

La terra

Apogeo:punto in ci la Terra, nel suo moto di rivoluzione, viene a trovarsi nel punto più vicino al Sole-

Circoli polari: indicano il limite equatoriale della zona sia quella totalmente illuminata sia quella totalmente oscurata durante i solstizi.

Circolo polare Artico: è rappresentato dal parallelo posto alla latitudine di 66° 33' *nord*; indica il limite della zona totalmente illuminata durante il solstizio d'estate.

Circolo polare Antartico: è rappresentato dal parallelo posto alla latitudine di 66° 33' *sud*; indica il limite della zona totalmente oscurata durante il solstizio d'estate.

Eclittica: è l'orbita apparente, descritta dal centro del sole, sulla sfera celeste; il piano dell'eclittica e quello dell'equatore sono inclinati, fra loro, di circa 23° 27'.

Equatore: è il cerchio massimo, passante per il centro della terra, il cui piano è perpendicolare all'asse di rotazione terrestre (asse polare).

Keplero (***Joannes Weil Wűrttemberg***, astronomo tedesco):

1° *legge*: Ogni pianeta descrive un'orbita ellittica di cui il sole occupa uno dei due fuochi.

2° *legge*: Il raggio vettore, che idealmente congiunge il pianeta col sole, percorre aree proporzionali ai tempi impiegati a descriverle.

3° *legge*: I quadrati dei tempi di rivoluzione, dei vari pianeti intorno al Sole, sono proporzionali ai cubi degli assi maggiori delle rispettive orbite.

Latitudine: la *latitudine* di un luogo, sulla superficie terrestre, è l'arco di meridiano compreso fra l'equatore ed il luogo considerato.

Linea dei tropici: è la linea che corrisponde a quei paralleli in cui il sole si trova allo *zenit* sia al *solstizio di Primavera* sia al *Solstizio d'Autunno*.

Tropico del cancro: è il parallelo, posto a 23° 27' *nord*, sul quale il sole si trova allo zenit al *solstizio d'estate* (il giorno più lungo dell'anno nell'emisfero *boreale*).

Tropico del capricorno: è il parallelo, posto a 23° 27' *sud*, sul quale il sole si trova allo zenit al *solstizio d'inverno* (il giorno più corto dell'anno nell'emisfero *boreale*)

Longitudine: la *longitudine* di un *luogo*, sulla *superficie terrestre*. è l'arco di parallelo compreso fra il *meridiano origine* (o meridiano zero), scelto convenzionalmente, e il *meridiano locale* passante per quel luogo [vedi anche: **Meridiano origine**].

Meridiani terrestri: sono i cerchi massimi passanti per i *poli terrestri*.

Meridiano origine: è. per quanto riguarda i *fusi orari*, quello passante per ***Greenwich***.

Paralleli terrestri: sono quei cerchi i cui piani sono paralleli al piano dell'equatore terrestre; sono sempre minori di quest'ultimo.

Perigeo:punto in ci la Terra, nel suo moto di rivoluzione, viene a trovarsi nel punto più lontano al Sole-

Poli terrestri: sono i due punti di intersezione fra la superficie terrestre e il suo asse di rotazione.

Polo terrestre nord: o settentrionale o boreale

Polo terrestre sud: o meridionale, o australe

Per maggiori informazioni, sugli elementi ***Geodetici*** o ***Cartografici***, consultare la dispensa, dello stesso Autore: «**Geodesia, Cartografia e Carte topografiche**».

Tropici: [vedi: **Linea dei tropici**]

La Volta celeste

Afelio: è il punto, situato sull'orbita di rivoluzione di un pianeta, nel quale, quest'ultimo, viene a trovarsi alla massima distanza dal Sole.

Altezza del sole (o di un altro astro) è l'angolo «α» compreso fra il *piano orizzontale* (piano tangente alla terra nel punto d'osservazione) [vedi: **Orizzonte apparente**] e la direzione fra l'osservatore ed il sole, misurato lungo il piano passante per l'osservatore ed il sole (α = da 0° a 90°) [vedi anche: **Distanza zenitale**].

Analemma: diagramma tramite il quale si può conoscere sia la differenza, espressa nel sistema orario, fra il tempo solare vero locale ed il tempo medio locale sia la declinazione solare, ambedue riferiti al giorno ennesimo dell'anno «n^{mo}».

Anno anomalistico: è l'intervallo di tempo compreso fra due passaggi consecutivi, del sole, al perigeo; equivale a: $365^g\ 6^h\ 13^m\ 52.982^s$ *giorni solari medi*.

Anno siderale: (dal latino: *sidus* = stella) è il tempo impiegato dal sole per tornare in congiunzione rispetto ad una medesima lontana stella; equivale a: $365^g\ 6^h\ 9^m\ 9^s.504$ *giorni solari medi*.

Anno tropico: è l'intervallo compreso fra due passaggi consecutivi, del centro del sole, all'*equinozio di primavera* (o punto «γ»); equivale a: $365^g\ 5^h\ 48^m\ 45^s.975$ *giorni solari medi*.

Antipode od Antipodo: è il punto del globo terrestre diametralmente opposto a quello in cui ci si trova.

Apocinzio: è il punto dell'orbita lunare, descritta da un satellite *non* lanciato dalla Luna stessa, in corrispondenza del quale si ha la massima distanza dalla superficie lunare.

Apolunioio: è il punto dell'orbita lunare, descritta da un satellite lanciato dalla Luna stessa, in corrispondenza del quale si ha la massima distanza dalla superficie lunare.

Azimut astronomico (di un astro): è l'angolo «θ» (od «Az») misurato, sull'orizzonte astronomico, in senso orario (da 0° a 360°) a partire dal sud fino al piede del *verticale* dell'astro considerato (per *piede* si intende il *punto origine* del verticale sulla circonferenza che rappresenta l'*orizzonte astronomico*).

Costante locale «C_L»: è la quantità (di tempo), data dalla differenza di latitudine (espressa in unità di tempo) fra il meridiano passante per il luogo e quello passante per Greenwich; per mezzo d'essa si può trasformare l'*ora solare vera locale* nell'*ora solare vera nazionale*, o viceversa.

Crepuscolo; serale:
Crepuscolo civile: quando il sole è sotto l'orizzonte di: 6°
Crepuscolo nautico: quando il sole è sotto l'orizzonte di: 12°
Crepuscolo astronomico: quando il sole è sotto l'orizzonte di: 18°
Parimenti anche il ***Crepuscolo mattutino***: ***astronomico***, ***nautico***, ***civile***, si ha quando il sole, apprestandosi a sorgere, raggiunge rispettivamente i: 18°, 12°, 6°, sotto l'orizzonte.

Culminazione: è l'istante in cui il *centro del sole* passa per il *meridiano superiore* di un luogo; corrisponde al *mezzogiorno solare vero locale*.

Distanza zenitale: è l'angolo «β» compreso fra la direzione dello zenit e la direzione considerata.

Declinazione (di un astro): e l'*ampiezza angolare* «α» (o «d»), dell'astro, dall'*equatore celeste*, misurata sul *circolo massimo* passante per i *poli celesti* e per quell'astro (circolo di declinazione dell'astro); si conta da 0° a +90° (*declinazione nord*) e da 0° a –90° (*declinazione sud*).

Declinazione solare «δ»: è l'*ampiezza* angolare «α» (o «d») [vedi: **Declinazione**] considerando, come astro, il sole [vedi: tab. 03 **Appendice C**].

Eclissi o Eclisse: (dal greco *ecleipsis*) oscuramento o totale o parziale, di un astro, dovuto all'interposizione di un corpo o fra la sorgente e l'astro (se quest'ultimo non è luminoso) o fra l'osservatore e l'astro (se quest'ultimo è luminoso).

Eclittica: (dal greco ecleipticos) è l'orbita percorsa, dal centro della Terra, nella sua rivoluzione annua intorno al Sole o parimenti la traiettoria apparente descritta dal Sole sulla sfera celeste.

Effemeridi: (dal greco *epì* per *emera* = *giorno per giorno*) o anche ***Annuari astronomici***; questi sono dei cataloghi stellari, compilati con uno o due anni di anticipo, che forniscono la posizione, desunta analiticamente, delle stelle e degli altri corpi celesti.

Equatore celeste: è il circolo massimo generato dall'intersezione del piano equatoriale terrestre con la sfera celeste; il suo piano risulta, ovviamente, perpendicolare all'asse di rotazione terrestre.

Equazione del tempo «Eq»: (dal latino *aequare* = *eguagliare*) è la differenza fra il *tempo medio locale*, segnato dagli orologi civili, e il *tempo solare vero locale*.

Equinozi: (dal latino *aequinotium* = *notte uguale al giorno*) sono i due istanti in cui il centro del sole, nel suo moto apparente, attraversa il piano equatoriale terrestre; in quell'istante la durata del giorno è uguale alla durata della notte in tutti i luoghi della terra.
Equinozio di primavera: è l'istante in cui il sole taglia l'equatore celeste passando da *sud* a *nord* (è chiamato anche *Primo punto d'Ariete*).
Equinozio d'autunno: è l'istante in cui il sole taglia l'equatore celeste passando da *nord* a *sud* (è chiamato anche *Primo punto della Libra*).

Fasi lunari:

- ***Luna piena o plenilunio***: quando il disco lunare è completamente illuminato.
- ***Primo quarto***: Quando è illuminata solo la metà, del disco lunare, che si trova ad ovest, nell'emisfero settentrionale «*Luna crescente gobba a ponente*».
- ***Luna nuova o novilunio***: non è visibile in cielo.
- ***Ultimo quarto***: Quando è illuminata solo la metà, del disco lunare, che si trova ad est, nell'emisfero settentrionale «*Luna calante gobba a levante*».

Giorno siderale: è l'intervallo di tempo compreso fra due passaggi successivi, di un punto della *volta celeste* (che indicheremo come punto «γ»), non contraddistinto da alcuna stella, al *meridiano superiore* di un luogo o *culminazione* (equivale a $23^h\ 56^m\ 4^s.099$).

Giorno stellare: è l'intervallo di tempo compreso fra due passaggi successivi, della medesima stella, al *meridiano superiore* di un luogo (equivale a $23^h\ 56^m\ 4^s.091$).

Giorno solare vero locale: è l'intervallo di tempo compreso fra due passaggi successivi, del centro del sole (culminazioni), sul *meridiano superiore* di un luogo.

Giorno solare medio locale: è l'intervallo di tempo risultante dalla media aritmetica, delle durate, di tutti i singoli *giorni solari veri* dell'anno.

Lemniscata del tempo medio: vedi ***Analemma***

Linea equinoziale: è la linea individuata dall'intersezione fra il piano *equatoriale* terrestre e quello dell'*eclittica*.

Linea meridiana: è l'intersezione fra il piano meridiano ed il piano dell'orizzonte astronomico, ambedue relativi al punto d'osservazione; i due estremi della *linea meridiana* individuano, sull'orizzontale, la direzione astronomica *nord-sud*.

Magnitudine: luminosità di un corpo celeste.

- ***Magnitudine relativa*** (m): la luminosità, di un corpo celeste, misurata da un osservatore sulla Terra.
- ***Magnitudine assoluta*** (M): luminosità intrinseca del corpo celeste o parimenti la luminosità che il corpo avrebbe ad una distanza fissata di 10 parsec.

Meridiano celeste: è il circolo massimo, sulla volta celeste, generato dall'intersezione della *volta celeste* con il piano del *meridiano terrestre*, passante per quel punto; comprende pertanto i due *poli celesti* e lo *zenit* del punto d'osservazione; è diviso, dai *poli celesti*, in due parti uguali.

- ***Meridiano* (*celeste*) *superiore***: (più propriamente il *semimeridiano superiore*) è la parte che contiene lo *zenit*.
- ***Meridiano* (*celeste*) *inferiore***: (più propriamente il *semimeridiano inferiore*) è la parte che contiene il *nadir*.

Nadir: punto diametralmente opposto allo ***zenit*** [vedi anche: **Zenit**]; risulta essere lo *zenit* del punto *antipode*.

Novilunio: il giorno, o il periodo, in cui la luna, trovandosi in congiunzione, rivolge verso la Terra l'emisfero non illuminato.

Orientista: orribile termine che dovrebbe indicare colui che utilizza le tecniche d'orientamento; il vocabolo, per fortuna, ancora non esiste . . . vedremo in futuro.

Orizzonte:

- **apparente**: è il piano ideale tangente alla superficie della terra nel punto «O» in cui si trova l'osservatore (***punto topocentrico***) e normale alla direzione della verticale in quel punto,
- **astronomico *o razionale***: è il piano parallelo all'*orizzonte apparente* e passante per il centro della sfera terrestre (***punto geocentrico***); per la maggior parte delle osservazioni può essere ritenuto coincidente col precedente.
- **fisico *od ottico***: a causa della rifrazione atmosferica (ne riparleremo ancora) l'occhio dell'osservatore in «O» vede dei punti situati più lontano di quelli, uscenti da «O», di tangenza, alla sfera terrestre.
- **geometrico**: è la linea di tangenza fra il cono, con vertice nell'occhio dell'osservatore «O», e la superficie terrestre supposta sferica.
- **reale *o sensibile***: è l'orizzonte, realmente visibile da un punto d'osservazione, determinato dalla morfologia sia del paesaggio naturale sia di quello antropico.

Pericinzio: è il punto dell'orbita lunare, descritta da un satellite *non* lanciato dalla Luna stessa, in corrispondenza del quale si ha la minima distanza dalla superficie lunare.

Perielio: è il punto, situato sull'orbita di rivoluzione di un pianeta, nel quale, quest'ultimo, viene a trovarsi alla minima distanza dal Sole.

Perilunio: è il punto dell'orbita lunare, descritta da un satellite lanciato dalla Luna stessa, in corrispondenza del quale si ha la minima distanza dalla superficie lunare.

Poli celesti: sono i due punti in cui l'ideale prolungamento dell'*asse di rotazione terrestre* incontra la *volta celeste*.

polo nord celeste (o boreale)
polo sud celeste (od australe).

Punto equinoziale di primavera (o Punto d'Ariete o Punto gamma «γ»): è l'istante in cui, il sole, passa, spostandosi dall'emisfero *sud* a quello *nord*, nell'*intersezione* fra il piano dell'eclittica ed il piano equatoriale

Rifrazione astronomica: è quel fenomeno, dovuto alla diversa densità degli strati atmosferici, che causa la deviazione della onde elettromagnetiche, nello spazio, aumentando apparentemente l'altezza degli astri; la correzione per la rifrazione è pertanto sempre sottrattiva [vedi: tab. 04 **Appendice D**].

Sfera armillare: strumento per la misura delle *coordinate* degli astri, e pertanto anche per la misura dell'altezza del Sole, usato dal III secolo a.C. fino al secolo XVII ed oltre.

Solstizi: (dal latino *sol stitium = fermata del sole*) sono i due istanti in cui il centro del sole raggiunge la massima declinazione, sia positiva sia negativa.

Solstizio d'estate: è il momento in cui il centro del sole si trova nel primo punto del Cancro e cessa di alzarsi sopra l'equatore celeste.

Solstizio d'inverno: è il momento in cui il centro del sole si trova nel primo punto dell'Ariete e cessa di scendere sotto l'equatore celeste.

Tempo:

civile «T_C»: è il *tempo segnato dagli orologi* (esatti).

medio locale «T_{ML}»: è il *tempo solare vero locale* (T_{SVL}) corretto per tener conto dell'*equazione del tempo* «Eq».

medio nazionale «T_{MN}»: vedi: ***tempo civile***.

solare vero locale «T_{SVL}»: è il *tempo* riferito alla posizione del sole rispetto al meridiano locale; è soggetto, nell'arco dell'anno, a delle fluttuazioni (*ritardi* ed *anticipi* rappresentati nell'*Equazione del tempo*) dovute soprattutto all'ellìticità dell'orbita terrestre.

Solare vero nazionale «T_{VN}»: è il *tempo solare vero locale* «T_{SVL}» corretto sia in *longitudine* sia per l'*equazione del tempo* (è chiamato anche *tempo civile*).

Teoria astronomica:

Geocentrica (Tolemaica): la Terra è ferma al centro dell'Universo ed intorno ad essa ruotano la Luna, il Sole, i pianeti; più esternamente ruota una sfera sulla quale sono fissate la stelle.

Eliocentrica (Copernicana): al centro dell'Universo sta il Sole ed attorno ad esso ruotano la Terra (con la Luna), e tutti gli altri pianeti; oltre troviamo ancora la sfera delle stelle fisse.

UA: l'unità astronomica è definita come la lunghezza del semiasse maggiore, dell'orbita attorno al Sole, di un pianeta di massa trascurabile, non perturbato, il cui periodo di rivoluzione siderale fosse di 365.2568983263 giorni; il suo valore, dato dalle convenzioni dell'**IERS** (**I**nternational **E**arth **R**utation **S**ervice) è 149 597 870 691 ± 30 m.

Verticali: sono i circoli massimi che passano per lo *zenit*.

Il *verticale di un astro* è pertanto il cerchio massimo che passa per quell'astro e per lo zenit (è perpendicolare all'orizzonte astronomico); il *verticale* del sole, a mezzogiorno solare vero locale, è anche il meridiano del luogo.

Volta celeste o ***Sfera celeste***: può essere definita «*La semisfera apparente, o l'emisfero visibile del cielo, che sembra, ad un osservatore che ne occupi il centro, poggiare sul proprio orizzonte*».

Wayfaring: tecniche di *Orientamento non competitivo*. Aggettivo arcaico per indicare «*chi viaggia*» (specialmente a piedi) «*viaggiatore*, *viandante*»; è utilizzato in contrapposizione ad ***Orienteering*** che indica lo *sport competitivo dell'orientamento*.

Zenit *o Zenith*: è il punto, della sfera celeste, posto sulla verticale dell'osservatore.

Indice analitico

Il Manualetto del Wayfaring

Paragrafi pagina

Nozioni di geografia fisica

Metodi operativi pratici di determinazione

Strumenti principali ad uso dell'«Orientista»

Ricerca della propri posizione orientandosi col Sole

L’angolo d’elevazione del Sole a mezzogiorno solare vero locale

La direzione del nord geografico

Ricerca della propri posizione orientandosi con le stelle

Orientarsi con la Luna

L’orologio del cielo

Per la serie: «Facciamoci del male»

Appendici

Bibliografia

[R. 01] A. D. Aczel (2009) La grande biblioteca della scienza
Pendulum
ED. Fabbri editori (Milano)

[R. 02] F. Alletto (1982) Club Alpino Italiano
Topografia e orientamento
ED. Arti grafiche Tamari (Bologna)

[R. 03] G. Bosca - P. Stroppa (1999)
Meridiane e orologi solari
Ed. Il Castello (Milano)

[R. 04] J. Boswell - G. Reiger (1981) U.S. Armed Forces
Manuale di sopravvivenza
Ed: SugarCo Edizioni (Milano)

[R. 05] E. Cecioni (1987)
Uso della Carta topografica
Ed: Istituto Geografico Militare (Firenze)

[R. 06] A. Corbellini (1989)
Guida all'orientamento
con la carta, la bussola, il cielo
Ed. Zanichelli (Bologna)

[R. 07] E. Marzia (1980
Sistemi solari passivi
Ed: franco muzzio & C. editore (Padova)

[R. 08] G. P. Grassi (1987)
L'Orientamento
Ed. Libreria Meravigli (Milano)

[R. 09] B. Hildreth (1976)
Tecniche di sopravvivenza
Ed: Longanesi & C. (Milano)

[R. 10] B. Kjelstrom (1975)
Carta e Bussola
Ed. Nuovo Umanesimo (Trento)

[R. 11] J. A. Laperal (1997) Manuali Alp
Tecniche di orientamento
Ed: Vivalda Editori (Torino)

[R. 12] R Lazzarin (1981)
Sistemi solari attivi
manuale di calcolo
Ed: franco muzzio & C. editore (Padova)

[R. 13] E. Maddalena (1978)
Orienteering
elementi di orientamento e topografia per escursioni, alpinismo, trekking
Ed: Hoepli (Milano)

[R. 14] W. Peraro - T. Zanetello (1998)
Orienteering
come orientarsi con carta e bussola nella natura
Ed: Mondadori (Milano)

[R. 15] P. Salimbeni (1998)
Geodesia, Cartografia e Carte topografiche
Dispensa: Speleo Club di Cagliari (Cagliari)

[R. 16] P. Salimbeni (2002)
Il Manualetto del Trekking
Dispensa: Speleo Club di Cagliari (Cagliari)

[R. 17] G. Tadini (1960)
Geografia astronomica applicata
Ed: Hoepli (Milano)