



I QUADERNI DELL'ALMANACCO

UN OROLOGIO SOLARE...

...semplice semplice

di Franco Martinelli



Chi ha letto il nostro Quaderno relativo al *Cerchio di Ipparco* e ne ha realizzato uno può reimpiegare tale semplice strumento per estenderlo e trasformarlo in un orologio solare. Esso non perde la sua funzione primitiva che, come spiegato nell'articolo citato, continua ad essere quella di individuare il momento del passaggio del Sole ai due Equinozi.

In tale circostanza (lo rammentiamo brevemente), e solo in essa, l'ombra dell'anello assume la forma di un segmento mentre negli altri giorni dell'anno ha la forma di un'ellisse più o meno schiacciata. Ricordiamo ancora che la disposizione e l'orientamento dello strumento è tale che il piano del cerchio risulta parallelo all'Equatore terrestre.

Coloro che invece non hanno realizzato l'Anello di Ipparco stiano tranquilli; potranno comunque ugualmente costruire con estrema facilità lo strumento qui presentato il quale a sua volta potrà assolvere anche alla funzione dell'Anello. In realtà i due oggetti, anche se presentati in maniera distinta e separata altro non sono che due aspetti diversi dello stesso strumento, l'orologio solare, il quale a sua volta è una parte di un altro strumento molto usato dagli antichi astronomi e che fisicamente rappresentava il modello ridotto della sfera celeste (il cielo): la sfera armillare.

In futuro parleremo anche di essa; al momento basti sapere che essa è, per il cielo, ciò che il mappamondo è per la Terra.

Fatte queste premesse, passiamo alla realizzazione pratica dell'orologio solare; più in seguito, con le dovute cautele per non spaventare i profani, cercheremo di illustrarne anche i principi astronomici.

Si prenda un quadrato di compensato, o di cartone robusto, di dimensioni leggermente superiori a quelle del Cerchio di Ipparco in modo da poterlo poi appoggiare su di esso, o in alternativa di una ventina di centimetri di lato. Si disegni una linea orizzontale ed una verticale passanti più o meno per il centro del quadrato in modo da dividerlo in quattro parti uguali. La linea verticale sarà la linea meridiana (o del Mezzogiorno), quella orizzontale delle ore 6 e delle ore 18. Dal loro punto di incontro, che sarà il centro astronomico (o origine) del nostro orologio, si traccino in senso orario, rispetto alla metà destra della linea orizzontale, delle semirette che formino angoli multipli di 15° ; si contrassegnino tali semirette progressivamente con numeri dal 6 al 18 (vedi la Fig. 1); questa sarà la faccia superiore sulla quale scriverete Primavera-Estate.

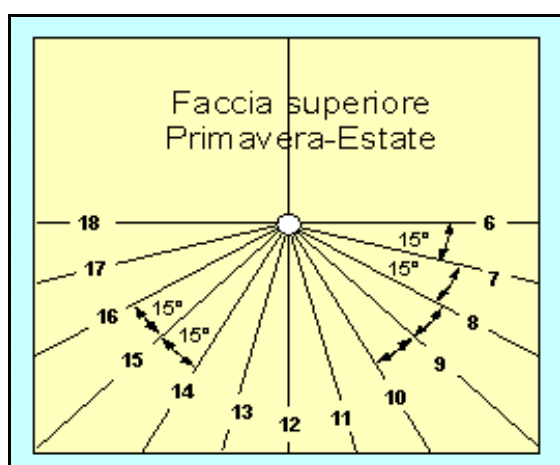


Fig. 1

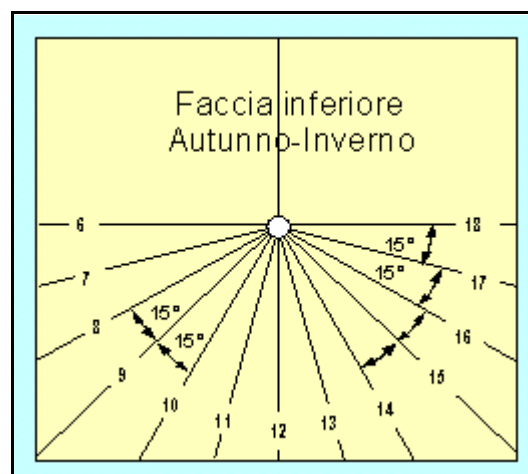


Fig. 2

Analogamente si proceda con l'altra faccia del quadrato con l'unica differenza di disporre i numeri al contrario, cioè da 18 a 6 (Fig. 2) e di riportarvi la scritta Autunno-Inverno. Si pratichi un forellino nel punto di confluenza delle linee e vi si fissi un bastoncino del diametro di circa 3 mm. in modo che sia il più possibile perpendicolare alla superficie del quadrante e che sporga di circa 15 cm. da entrambe le facce.

Adesso si prenda il tutto e lo si appoggi sull'anello di Ipparco lasciando in alto la faccia superiore ed in modo che la linea delle ore 12 cada esattamente in corrispondenza del sostegno più corto del cerchio.

Basta così; si esponga l'oggetto al Sole e si vedrà che l'ombra proiettata dal bastoncino sulla parte inferiore del disco si dispone sempre secondo un raggio. La sua posizione all'interno della raggiera tracciata e soprattutto rispetto alle due linee più vicine consentirà di apprezzare, con una certa precisione, l'ora solare (Fig. 3).

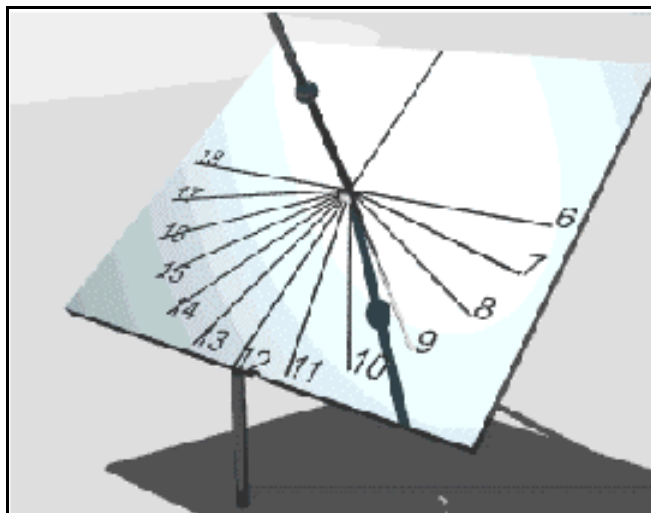


Fig. 3

Attenzione! Se la confronterete con il vostro orologio da polso noterete una certa differenza, anche notevole (intorno alla mezz'ora e a seconda del periodo dell'anno e anche di più). Non spaventatevi; ammesso che non abbiate commesso errori grossolani lo strumento va bene così com'è; infatti non a caso più sopra abbiamo parlato di ora solare. Tutti gli orologi solari (o meridiane che dir si voglia) indicano l'ora rigorosamente esatta ma legata alla posizione del Sole nel cielo; i nostri orologi indicano invece un'ora, legata sì alla posizione del Sole, ma modificata quel tanto che basta per non snaturarla completamente e renderla nel contempo più adatta alle esigenze della nostra vita civile.

Questa modifica fa sì che i due sistemi di orologi diano indicazioni che differiscono (per Viareggio) da un minimo di 3 ad un massimo di 36 minuti. I motivi di queste differenze sono spiegate nel paragrafo finale.

Per il momento accontentiamoci di avere realizzato un orologio solare funzionante a tutti gli effetti e, salvo sempre che non ci siano errori di costruzione e posizionamento, notevolmente preciso. Qualcuno noterà che la lettura dell'ora, a meno che l'ombra del bastoncino non cada nelle immediate vicinanze di una linea oraria, è imprecisa e legata alla capacità di interpolazione di chi osserva lo strumento. Ebbene, naturalmente è possibile tracciare, oltre alle linee delle ore intere anche quelle delle mezz'ore, dei quarti d'ora, dei cinque minuti e così via in modo da non lasciare più all'interpretazione personale la lettura dell'ora ma di desumerla da un confronto diretto con un quadrante opportunamente suddiviso, esattamente come quelli nei nostri comuni orologi. Poiché le linee orarie sono equamente intervallate di 15° , per avere anche le mezz'ore occorrerà tracciare angoli multipli di $7^\circ.5$, per i quarti d'ora di $3^\circ.75$, per i cinque minuti di $1^\circ.25$.

Chi non avesse realizzato in precedenza il Cerchio di Ipparco e quindi non disponesse del supporto già inclinato ed orientato sul quale poggiare il quadrante graduato può, come già detto, costruirsi l'orologio con grande semplicità, superiore addirittura a quella necessaria per la costruzione dell'Anello stesso.

Disegnato il quadrante come precedentemente spiegato sarà sufficiente prolungare (o accorciare) verso il basso il bastoncino indicatrice dell'ombra in modo che assuma una lunghezza **d** ben precisa in funzione della latitudine del luogo. Tale lunghezza **d** (per Viareggio e zone limitrofe) deve essere pari a **1.035** moltiplicata la distanza **R** (fig. 4) del bastoncino dal bordo inferiore.

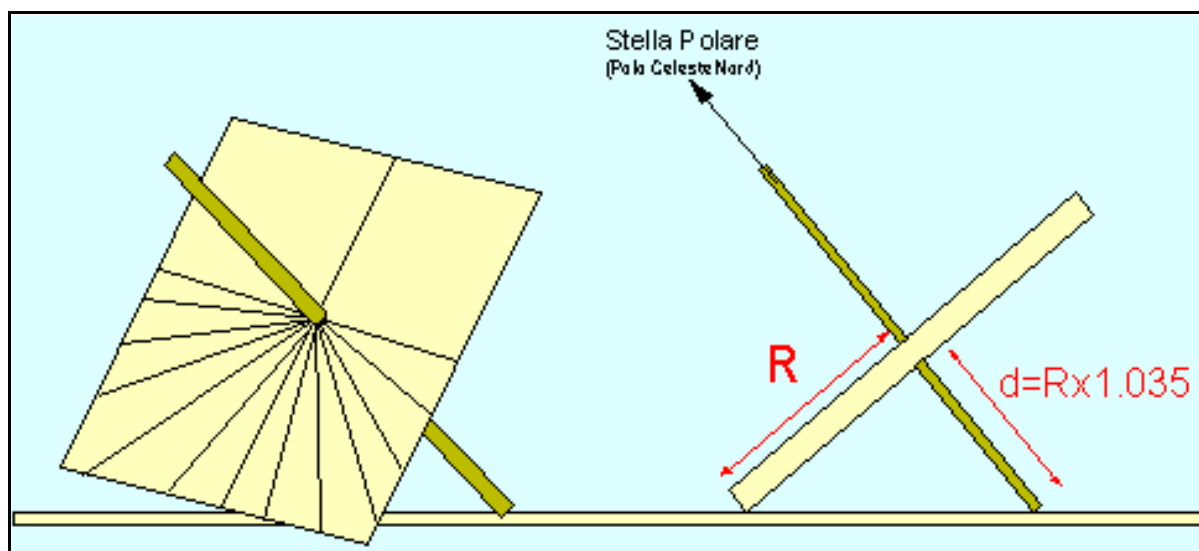


Fig. 4

Per coloro che sono più esperti diremo che tale lunghezza è pari a **R** diviso la tangente della Latitudine del luogo.

Ad es.se il bastoncino dista dal bordo inferiore (**R**) 10 cm. esso dovrà essere lungo (**d**) 10.3 cm, con **R**=15 cm. si avrà **d**=15.5 cm, con **R**=20 cm **d**=20.7 cm e così via.

A questo punto si poggia il quadrante su un tavolo lungo il suo bordo inferiore in modo che il bastoncino funga da sostegno e lo tenga inclinato (vedi ancora Fig. 4). Il quadrante così costruito adesso va orientato in modo che l'asta al di sopra del quadrante punti (di notte) esattamente sulla Stella Polare; affinché ciò si realizzi occorre fare riferimento ai dati riportati su un qualunque Almanacco Astronomico. Prendete nota dell'istante del passaggio in meridiano per la data in corso: ad esempio il 10 Gennaio il Sole passa in meridiano, per una certa località, alle ore 12.30; in quell'istante si disponga l'orologio in modo che l'ombra del bastoncino cada esattamente sulla linea delle 12. In tale maniera l'orologio è orientato per meridiano geografico e l'estremità superiore del bastoncino è diretto verso il Polo Celeste Nord (Stella Polare). Se si ripete per più giorni tale operazione, aggiustando di volta in volta la posizione dello strumento saremo sicuri di averlo correttamente orientato e che le sue indicazioni siano pertanto giuste. Ovviamente al posto del quadrato si può usare una qualsiasi altra forma geometrica; ad esempio va benissimo un disco, anche se una volta posizionato è sicuramente meno stabile e più soggetto a rotolare sul bordo. Si noterà che a seconda della stagione la faccia superiore del nostro orologio potrebbe risultare mai illuminata dal Sole. Questo si verifica perché nel periodo 23 Settembre-21 Marzo il Sole si trova, astronomicamente parlando, sotto l'Equatore, e quindi sotto il piano dell'orologio (non dimentichiamo che il piano del quadrante è stato disposto parallelo all'Equatore). Nel restante periodo (21 Marzo-23 Settembre) accade esattamente l'opposto: sarà sempre e soltanto la faccia superiore ad essere illuminata e a ricevere l'ombra dell'asticciola. E' per questo motivo che abbiamo disegnato entrambe le facce del quadrante. Una soluzione costruttiva elegante è quella di utilizzare, al posto del compensato, del materiale semitrasparente, come ad esempio del plexiglass smerigliato a mano con lana d'acciaio o della carta vetrata fine e tracciare le linee orarie soltanto sulla faccia superiore. L'ombra dell'asticciola sarà sempre visibile, sia che il Sole illumini la faccia inferiore che quella superiore. Nei due giorni dell'Equinozio (21 Marzo e 23 Settembre) il Sole giace esattamente sul piano dell'Equatore (e quindi del nostro quadrante); in tal caso i suoi raggi, paralleli al piano del quadrante non riescono ad illuminare nessuna delle due facce. Per di più l'ombra del quadrante proiettata sul tavolo di appoggio sarà rettilinea, esattamente come accadeva per il Cerchio di Ipparco. Per pochi giorni intorno a quelle date l'orologio sarà praticamente inutilizzabile, anche se le inevitabili minime imprecisioni costruttive e di posizionamento sicuramente consentiranno la formazione di un'esile e sfumata ombra almeno su una delle due facce.

Questo è il più semplice e naturale orologio solare che si possa costruire, anche se la scarsa utilizzabilità intorno agli equinozi ne limita certamente l'uso.

Esso prende il nome completo di **Orologio Solare Equatoriale** in quanto il piano del quadrante è disposto parallelamente all'Equatore terrestre; il bastoncino viene genericamente chiamato **gnomone** (che in greco vuol dire indicatore).

Da questo strumento "di base" è possibile passare ad altri orologi più complessi sia dal punto costruttivo che di interpretazione.

Tornando all'immagine fotografica di fig. 3 si nota (oltre al fatto che l'ombra è proiettata sulla faccia superiore e quindi siamo nel periodo Primavera-Estate) che sullo gnomone è riportata una pallina che, in questo caso specifico non ha però nessuna funzione; essa serve, una volta tracciate altre linee di riferimento sul quadrante, oltre le già presenti linee orarie, a desumere dalla posizione della sua ombra informazioni relative al segno zodiacale, alla stagione, alle ore del sorgere e del tramonto.

E' infatti possibile arricchire il nostro quadrante con altri riferimenti in modo da poter desumere, dalla semplice posizione dell'ombra, altre e più complete informazioni.

UN OROLOGIO SOLARE UN PO' PIU' COMPLICATO

Per estendere le informazioni desumibili da questo (e da ogni altro) quadrante è sufficiente inserire una sferetta lungo l'asticella (vedi Fig. 5) che genera l'ombra (e che, come già visto, prende

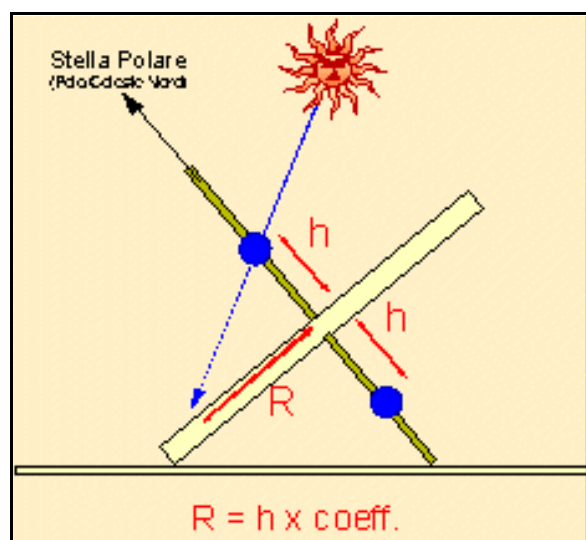


Fig. 5

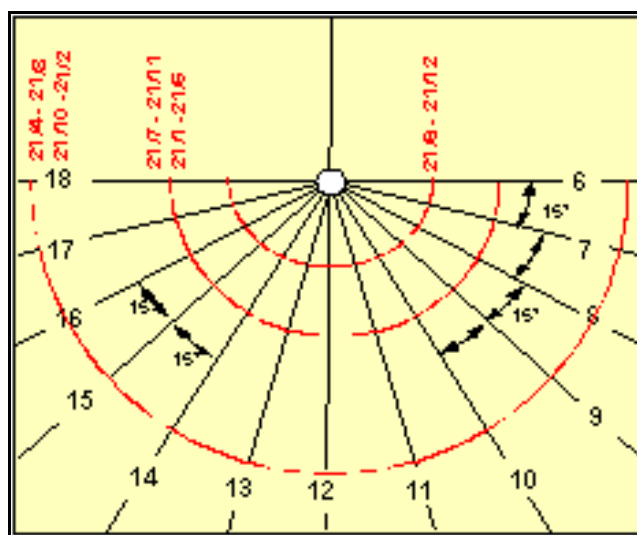


Fig. 6

il nome di gnomone); grazie ad essa è possibile, seppur con una incertezza notevole e scarsamente scientifica date le dimensioni dello strumento, ricavare il periodo dell'anno; trasformare cioè l'orologio anche in un calendario solare.

Oltre alla sferetta, che ovviamente va messa in posizione opportuna, occorre tracciare sul quadrante dei cerchi concentrici opportunamente distanziati e ai quali potremo associare un qualunque giorno dell'anno. Tradizionalmente si usa marcare i giorni di transito da un segno zodiacale all'altro e che in genere coincidono con il 21 di ogni mese (Fig. 6); se poi si prendono in considerazione solo i mesi di Giugno, Dicembre, Marzo e Settembre (ma per questi ultimi due occorre fare un discorso diverso) allora avremo un indicatore di Stagioni o, per usare termini astronomici, di Solstizi ed Equinozi.

Il raggio degli archi di cerchio, che possono essere limitati soltanto alla metà inferiore occupata dalle linee orarie (la metà superiore infatti rappresenta le ore notturne e quindi non rilevabili dal nostro strumento) sono in stretto rapporto con la distanza del centro della pallina dal piano del quadrante; detto **h** tale valore (Fig. 5) il raggio **R** dei cerchi diurni si ottiene moltiplicando **h** per il coefficiente riportato nei giorni indicati dalla seguente tabellina.

Date	Coefficiente
21/6 - 21/12	2.3
21/7 - 21/5 21/11 - 21/1	2.73
21/8 - 21/4 21/10 - 21/2	5.0
21/3 - 23/9	infinito

Come si nota i raggi crescono assai rapidamente allontanandoci dalle date dei Solstizi per arrivare addirittura all'impossibilità di tracciare i cerchi relativi ai giorni degli Equinozi in quanto giacciono a distanza infinita.

Esempio: se la pallina viene posta a 2 cm. di altezza sul quadrante il primo cerchio avrà raggio 4.6 cm, il secondo 5.46 cm, il terzo 10 cm. La posizione dell'ombra della pallina rispetto a tali cerchi darà un'indicazione (lo ripetiamo, grossolana) del periodo in cui ci troviamo; nei giorni indicati l'ombra si muoverà esattamente sul cerchio corrispondente. Tali archi di cerchio prendono il nome generico di archi diurni, mentre se riferiti a date specifiche si chiameranno archi zodiacali, stagionali, solstiziali, equinoziali. Riepilogando l'ombra del bastoncino indica l'ora solare, mentre l'ombra della pallina il giorno. Il quadrante è diventato così un orologio-calendario. E' ovviamente possibile tracciare gli archi diurni relativi a qualunque giorno; se volessimo fare un omaggio ad una persona cara potremmo riportare sul quadrante soltanto l'arco relativo alla sua data di nascita.

Tale operazione richiede però la disponibilità di un almanacco astronomico o di un libro delle effemeridi che riporti giorno per giorno le coordinate astronomiche del Sole ed in base ad esse calcolare il raggio del cerchio diurno per il giorno prescelto. L'operazione è un po' complessa per cui, tranne il cenno che se ne è fatto, non entreremo nei dettagli.

Per poter utilizzare l'orologio-calendario tutto l'anno dovremo predisporre, come al solito, entrambe le facciate del quadrante. I semicerchi sono perfettamente identici sia sulla faccia superiore che in quella inferiore e la sferetta andrà riportata anche sulla parte inferiore dello gnomone di modo che nel periodo Autunno-Inverno sia possibile utilizzare la faccia inferiore del quadrante.

Una soluzione semplice per evitare di fare un doppio lavoro, come abbiamo sopra già spiegato, è quella di impiegare un quadrante in plexiglass reso semitrasparente mediante abrasione con carta vetrata fine o con lana d'acciaio. In questo caso le linee e i cerchi vanno tracciati da una sola parte, quella che preferite, mentre le sferette devono comunque essere poste, alla stessa distanza, sia sotto che sopra la superficie del quadrante.

In questo modo sarà resa anche più semplice la lettura dello strumento. Durante il periodo invernale non sarà necessario andare ad osservare a testa in giù la faccia inferiore. La semitrasparenza della superficie ci consentirà di vedere le ombre direttamente dalla faccia superiore quando il Sole illuminerà quella inferiore.

Abbiamo detto che nei giorni degli Equinozi il cerchio diurno ha raggio infinito e quindi non è materializzabile sul quadrante. In tali date infatti il Sole giace sull'Equatore ed i suoi raggi sono esattamente paralleli al piano del quadrante; nessuna delle due superfici, inferiore e superiore, dovrebbe, a rigore, essere illuminata. Ebbene questa è la circostanza che consente di determinare la data degli Equinozi, esattamente come accade con il Cerchio di Ipparco, non potendo fare riferimento all'ombra della pallina che, o non esiste o è a distanza infinita.

UN OROLOGIO SOLARE ORIZZONTALE

Compriamo adesso un ulteriore passo per costruire un oggetto nuovo, figlio diretto dell'orologio equatoriale, ma il cui quadrante sia disposto orizzontalmente e pertanto sia anche più comodo da maneggiare. Tali tipi di meridiane sono diffusissime e sono particolarmente adatte ad essere

rappresentate su grandi superfici sia aperte che chiuse, come ad esempio le grandi meridiane di precisione disegnate su piazze pubbliche con al centro un obelisco oppure sulle pavimentazioni delle grandi basiliche e cattedrali del passato (ad es. S.Maria Novella a Firenze - la più grande del mondo nel suo genere- o S.Petronio a Bologna) dove al posto di un'ombra si usa il disco luminoso del Sole proiettato sul lastrico attraverso un foro praticato sul soffitto (meridiane di luce anziché d'ombra). Altri quadranti del genere, più decorativi e di dimensioni ridotte si trovano su tavoli da giardino o altri appositi sostegni, o addirittura disegnate su aiuole per mezzo di fiori. Altre ancora, ed è ciò che intendiamo realizzare noi, sono di dimensioni ancora più contenute e comunque mobili, cioè realizzate su un supporto di legno da esporre all'aperto solo quando ci interessa. Tutte queste versioni sono esattamente identiche, a prescindere dalle dimensioni, ed hanno in comune l'orizzontalità del quadrante sul quale tracciare le linee di riferimento.

Procuratevi quindi una tavoletta di legno di circa 20cm di lato; tracciate su di essa una linea che la divida esattamente a metà: essa sarà la linea meridiana o del mezzogiorno vero. Su tale linea segnate, ad un quarto circa di distanza dal bordo superiore un punto: esso sarà l'origine o il centro dell'orologio. Tracciate ora per tale punto una linea perpendicolare alla linea meridiana: essa sarà la linea delle ore 6 e delle ore 18 (fin qui è la stessa procedura utilizzata per disegnare l'orologio equatoriale). A partire dall'origine tracciate delle semirette che formino con la linea meridiana gli angoli riportati nella sottostante tabella di costruzione

Tabella di costruzione di una meridiana orizzontale				
Ore	Angolo	Inverno	Estate	Ore
7	68°.8	---	7.4	7
8	50°.2	66.0	5.9	8
9	34°.7	20.6	5.3	9
10	21°.8	14.4	5.0	10
11	10°.5	12.4	4.9	11
12	0°.0	11.9	4.9	12
13	10°.5	12.4	4.9	13
14	21°.8	14.4	5.0	14
15	34°.7	20.6	5.3	15
16	50°.2	66.0	5.9	16
17	68°.8	---	7.4	17
Ore	Angolo	Inverno	Estate	Ore
Per la latitudine di 44°				

e su ognuna di tale semiretta segnate l'ora corrispondente.

Le ore antimeridiane (6-11) vanno tracciate a destra della linea meridiana mentre quelle pomeridiane (13-18) a sinistra. Il reticolato è simmetrico rispetto alla linea delle ore 12 e si deve presentare come le linee blu della Fig. 7.

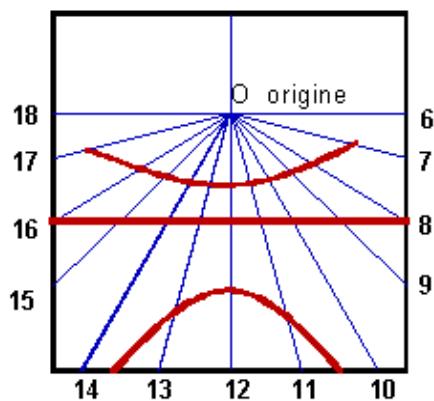


Fig. 7

Costruitevi adesso un triangolo rettangolo di compensato (gnomone) le cui dimensioni sono riportate in Fig. 8

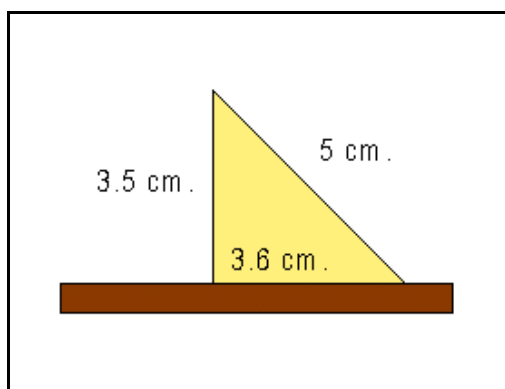


Fig. 8

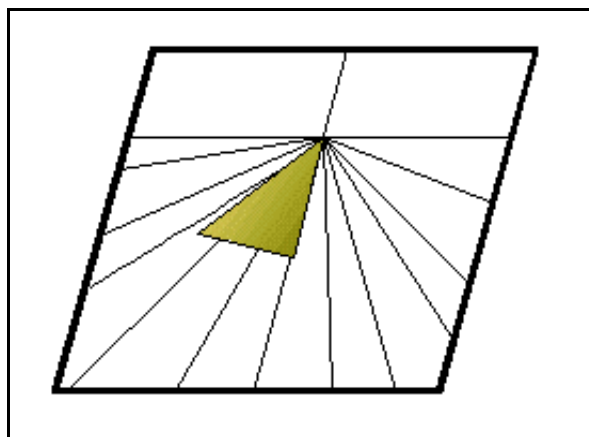


Fig. 9

ed incollatelo verticalmente sul quadrante esattamente sulla linea meridiana e con il vertice coincidente con l'origine (vedi Fig. 9).

La lunghezza dell'ipotenusa del triangolo è stata stabilita in 5 cm., ma come sarà spiegato in seguito può essere modificata a piacere. Essa costituisce la lunghezza gnomonica o dello gnomone, elemento di fondamentale importanza per il successivo arricchimento del reticolato.

L'orologio è pronto, non vi è altro da fare. Esso naturalmente deve essere orientato in modo che la linea delle ore 12 punti esattamente a Nord, quella delle 6 a Ovest e quella delle 18 a Est.

Le modalità per l'orientamento sono esattamente identiche a quelle già viste per la meridiana equatoriale.

Chi volesse arricchire ulteriormente il quadrante e riportare anche le linee stagionali (per semplicità omettiamo quelle zodiacali mensili) può utilizzare le due colonne intitolate Estate e Inverno della tabella di costruzione. Si riporti la distanza in cm su ogni linea oraria a partire dall'origine (possibilmente prima di avere fissato il triangolo-gnomone); si uniscano poi tutti i punti relativi all'Estate e all'Inverno; si otterranno due rami di iperbole simmetrici alla linea delle ore 12 ma diversi tra di loro, uno più schiacciato e l'altro più arcuato (curve rosse della Fig.7). Ebbene l'estremità dell'ombra triangolare indicherà queste due curve, e per alcuni giorni si muoverà lungo essa, rispettivamente intorno al 21 di Giugno (per l'Estate) ed il 21 di Dicembre (per l'Inverno). Esse sono le curve Solstiziali.

E' possibile tracciare anche la curva degli Equinozi, che in realtà è una semplice linea retta. Essa è perpendicolare alla linea delle ore 12 e su di essa è distante dall'origine 6.9 cm. L'estremità dell'ombra dello gnomone percorrerà tale linea sia il 21 di Marzo che il 23 di Settembre (Equinozi di Primavera e d'Autunno).

Le distanze riportate in tabella (e quella della linea equinoziale) sono proporzionali alle dimensioni dello gnomone. In figura è stato proposto uno gnomone lungo 5 cm. (ipotenusa del triangolo rettangolo), ma niente vieta di farlo ad es. di 10 cm., in tal caso, poichè il triangolo deve conservare invariato il suo aspetto anche i due lati minori andranno raddoppiati, e così pure le distanze tabellate. Se lo gnomone dovesse essere lungo 7 cm., sempre per esempio, tutte le altre misure lineari andrebbero riproporzionate rispetto a tale valore dividendole per 5 (lunghezza precalcolata dello gnomone) e moltiplicandole per 7 (lunghezza effettiva).

Gli angoli invece restano invariati, qualunque siano le dimensioni del triangolo gnomonico, e qualunque siano le dimensioni della tavoletta, da pochi centimetri a diversi metri. Una lunghezza eccessiva dello gnomone, se da un lato comporta una migliore leggibilità dello strumento dall'altro determina un allontanamento delle curve stagionali dall'origine tale da farle uscire dal quadrante. Trovate voi le vostre giuste dimensioni per far rientrare tutto il reticolato sulla tavoletta. Magari prima di lavorare su di essa preparatevi il disegno su un foglio di carta provando diversi valori di lunghezza gnomonica.

Questo quadrante è calcolato per la Latitudine di 44° (Viareggio) ed è valido per qualunque Longitudine; allontanandosi dalla Latitudine di progetto occorrerebbe cambiare la forma dello gnomone e gli angoli tra le linee orarie (cambierebbe ovviamente anche la forma e le distanze delle curve stagionali), ma per spostamenti di modesta entità (un centinaio di chilometri circa più a Nord o più a Sud di Viareggio) le differenze di indicazioni, per uno strumento che vuol essere solo didattico, sono trascurabili.

IL TEMPO VERO E IL TEMPO MEDIO

Poichè le meridiane per segnare il tempo usano il Sole che splende effettivamente nel cielo, cioè il **Sole Vero**, esse indicano ciò che gli astronomi chiamano **Tempo Solare Vero**. Ogni volta che il Sole, ad esempio passa in meridiano si dice che sono le ore 12 e, rispetto al passaggio in meridiano del giorno precedente, è trascorso un giorno solare.

Il problema è che la Terra nella sua rivoluzione attorno al Sole descrive una orbita ellittica che (in base alle leggi di Keplero) viene percorsa a velocità non costante ma variabile in funzione della distanza dal Sole. Tanto più la Terra è vicina alla nostra stella e tanto più essa deve correre veloce per non cadere su di essa; tanto più è lontana e tanto più deve rallentare se non vuole perdersi nello spazio. Queste differenze di velocità vengono percepite da noi terrestri come irregolarità nei movimenti del Sole, i cui passaggi al meridiano di uno stesso osservatore non avvengono pertanto con lo stesso intervallo di tempo, ma a volte un po' prima, a volte dopo. Sono differenze minime, di pochi secondi, ma tanto basta per poter dire che ogni giorno solare è diverso dall'altro. Insomma per farla breve un giorno solare vero non è costituito da 24 ore esatte. La meridiana, che insegue instancabilmente e fedelmente i capricci del Sole non consente di apprezzare queste differenze.

Gli orologi moderni, nel segnare il tempo, si basano invece su fenomeni ciclici a periodo rigorosamente costante (l'oscillazione di un pendolo, di un bilanciere, di un quarzo piezoelettrico) che permette di marcare lo scorrere uniforme del tempo in maniera molto più efficiente. Un orologio non può quindi variare la sua marcia per inseguire e restare sincronizzato sull'ombra del Sole Vero. Se facciamo partire insieme una meridiana ed un orologio noteremo che dopo un po' di tempo si sarà determinato un certo scarto. Se controlliamo l'andamento dei due strumenti per tutto un anno intero noteremo che lo scarto sarà variabile, a volte positivo altre negativo, ma che concluso l'anno i due strumenti torneranno ad indicare esattamente la stessa ora.

Un orologio segna pertanto il tempo muovendosi alla velocità media del Sole Vero e non alla sua velocità istantanea.

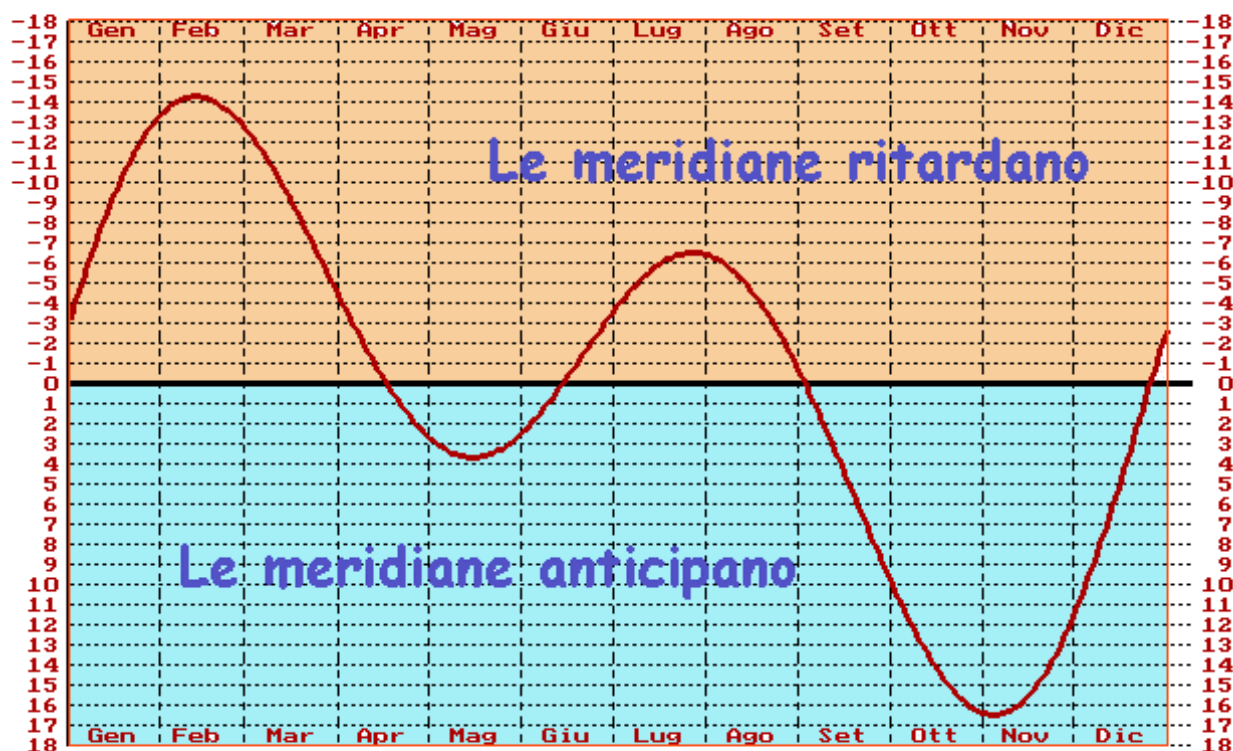
L'orologio insegue l'ipotetica ombra di un Sole che non esiste, inventato dall'uomo e che prende il nome di **Sole Medio**. L'uomo ha sostituito al Tempo Vero il più comodo e regolare **Tempo Medio** mandando così in pensione le meridiane.

Questo spiega (in maniera un po' sbrigativa ma sostanzialmente corretta) quell'impressione di imprecisione che regolarmente si prova quando si osserva un quadrante solare. In realtà chi sbaglia è il nostro orologio piegato alle esigenze di indicare un tempo dallo scorrere regolare e costante. Il

prezzo che si paga in termini di vita civile è irrisorio tanto che nessuno si accorge se veramente il Sole è in meridiano (Mezzogiorno Vero) quando i nostri orologi segnano le ore 12 (Mezzogiorno Medio). Lo scarto tra il Tempo Vero ed il Tempo Medio prende nome **Equazione del Tempo Medio**: il suo valore massimo è di -14 minuti in Febbraio, +16 minuti a Novembre, mentre per ben quattro volte l'anno esso si azzerava (16 Aprile, 13 Giugno, 2 Settembre e 25 Dicembre); in tali giorni pertanto orologi e meridiane vanno perfettamente d'accordo.

La variazione annuale dell'Equazione del Tempo viene rappresentata con il grafico sottostante.

EQUAZIONE DEL TEMPO MEDIO



L'Equazione è espressa in minuti

Tale curva sovente viene riportata sulle meridiane allo scopo di consentirne la correzione a colpo d'occhio e quindi permettere un paragone diretto con gli orologi. Sovrapposta sulle linee orarie dei quadranti l'Equazione si trasforma in una caratteristica curva a forma di otto.

Dopo aver inventato il Tempo Medio l'uomo si accorse che occorre fare qualcosa di più per omogeneizzare gli orari. Il tempo che si misura in un dato luogo si definisce Locale perchè è valido solo in tale istante per tale località. Per ogni località della Terra, in un dato istante, esiste un tempo diverso; è a tutti noto che mentre in Italia è mezzogiorno nelle Americhe sono le 6 del mattino ed in Giappone le 8 di pomeriggio; in realtà non ha senso dire che in Italia è mezzogiorno perchè ogni città ha la sua ora locale ed esistono tante ore diverse quante sono le località di un paese; così mentre a Viareggio sono le ore 10 a Firenze, nello stesso istante, gli orologi dovrebbero segnare le 10 e 4 minuti, e via di seguito. E' evidente che un sistema orario basato sul tempo locale è estremamente scomodo e nel mondo odierno delle comunicazioni e delle telecomunicazioni assolutamente improponibile. Come potremmo sapere quando sintonizzarci su un programma televisivo che a Roma inizia alle ore 20? E se fissassimo per telefono un appuntamento in una città diversa, a quale orario dovremmo fare riferimento? al nostro o a quello del nostro amico? Come faremmo a prendere la coincidenza di un treno che passa da Venezia alle ore 8:15?

In breve in un paese non è possibile consentire la presenza di mille repubbliche del tempo ma gli orologi di tutte le città devono segnare contemporaneamente la stessa ora. A questo scopo l'uomo ha inventato i **fusi orari**. Essi sono zone della Terra opportunamente dimensionate in modo che al loro interno regni un'ora unica: quella del meridiano che passa per il centro del fuso. Così facendo si obbligano coloro che abitano ad Ovest del meridiano centrale a metter gli orologi avanti rispetto a quanto dovrebbero normalmente segnare, e quelli che abitano ad Est all'indietro; la quantità dipende dalla lontananza dal meridiano di riferimento; coloro che abitano esattamente sul meridiano centrale non devono fare niente e gli orologi segnano il tempo che loro effettivamente compete.

A questo nuovo tempo si dà il nome di **Tempo Medio del Fuso** o più semplicemente **Tempo Fuso**. I fusi sono ampi 15° in longitudine, il primo meridiano centrale è quello di Greenwich (Longitudine 0°) e tutti gli altri sono multipli di 15° . L'ampiezza dei fusi è stata scelta in maniera che la differenza tra due fusi adiacenti sia esattamente di un'ora (poichè la Terra compie una rotazione completa di 360° in 24 ore, in un'ora ruoterà di 15°) e la "forzatura" che devono subire gli orologi sia al massimo di 30 minuti (per coloro che abitano ai bordi del fuso).

Questa forzatura prende il nome di **Correzione del Fuso** ed è un elemento costante per ogni luogo tanto che da alcuni viene chiamata anche *Costante Locale*. Il suo calcolo è semplice: basta fare la differenza tra la longitudine del meridiano centrale del fuso di appartenenza e quella del luogo e moltiplicare per quattro. Esempio: la longitudine di Viareggio è $10^\circ 15'E$ circa ed il meridiano centrale del nostro fuso ha longitudine $15^\circ E$; la differenza è pari a $4^\circ 45'$ che espressi in formato decimale diventano 4.75 e moltiplicati per 4 danno esattamente 19 minuti. Poichè siamo ad Ovest del nostro meridiano centrale la correzione è positiva cioè il nostro orologio è forzato a segnare 19 minuti in più di quanto dovrebbe.

Quando entra in vigore la cosiddetta ora legale (in realtà già il Tempo Fuso è un'ora legale in quanto imposto per legge ad un intero paese; si dovrebbe invece dire **ora legale estiva**) non facciamo altro che cambiare fuso e meridiano di riferimento. Portiamo idealmente i nostri orologi nel fuso più orientale adiacente (che quindi ha un'ora in più del nostro) e li regoliamo sul meridiano di longitudine $30^\circ E$. La correzione del fuso assomma a 79 minuti ma provate a calcolarla da soli.

Se si osserva un planisfero con la ripartizione dei fusi si nota che non tutti hanno una forma ben definita, alcuni sono abbastanza contorti allo scopo di inglobare territori di uno stesso paese che altrimenti giacerebbero al di fuori del fuso geometrico. Alcuni paesi molto estesi in longitudine sono attraversati da più fusi e quindi hanno più ore nazionali. Tipico è il caso degli Stati Uniti.

Spesso si sente parlare di **Tempo Medio Europa Centrale (T.M.E.C.)**. E' l'ora che convenzionalmente è stata adottata da tutti i paesi dell'Europa centrale (ad eccezione della Gran Bretagna), indipendentemente dal loro fuso di appartenenza, dando origine ad una sorta di mega-fuso. Essa è riferita al meridiano $15^\circ Est$ (il nostro!).

E le meridiane come se la cavano con il Tempo Fuso? Essendo un'invenzione dell'uomo non se ne curano affatto con la conseguenza che le indicazioni tra esse e i normali orologi si allontanano ancor più. Lo scarto tra i due strumenti, oltre all'Equazione del Tempo Medio, deve tenere conto anche della Correzione del Fuso. Per Viareggio esso arriva al valore massimo di ben 33 minuti ($14+19$) ai primi di Febbraio; se poi si applica l'ora estiva lo scarto aumenta di un'altra ora.

L'unico vantaggio è che, essendo la correzione del fuso una costante del luogo, essa può essere incorporata nel quadrante spostando opportunamente le linee orarie. Per vedere se una meridiana verticale è stata compensata per il fuso è necessario guardare la linea oraria delle ore 12: se essa è rigorosamente verticale la correzione non è stata incorporata.