

Nicola Olivieri

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI

Manuale per leggere, comprendere
e progettare meridiane

Edizioni Progetto Cultura

Dedico questo libro a tutti i curiosi, a tutti quelli passano qualche sera ad “aggeggiare” con qualcosa di nuovo, invece di spegnere il cervello davanti alla televisione.

**PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.**

**>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM**

Prefazione

Alcuni anni or sono, passeggiando per Siena, fui attratto da una vetrina in cui erano esposti dei piccoli oggetti di legno con delle bussole incassate; intorno ad esse erano disegnate delle linee a raggiera, ognuna contrassegnata con un numero romano.

Mi tornò in mente una ‘sorpresina’ trovata da piccolo in una confezione di note merendine e capii subito che quelli in vetrina erano degli orologi solari portatili. Appena tornato a casa mi misi subito a cercare negli scaffali dove tenevo tutti i vecchi oggetti e la trovai: una piccola meridiana costituita da un cartoncino ripiegato in due, con un filo che univa le due parti [Figura 1], in una delle quali erano riportate le ore; semplice ma funzionale.

Presi una piccola bussola e, seguendo le istruzioni, corsi subito a provarla. Con delusione scoprii che l’ora segnata differiva da quella del mio orologio da polso di una ventina di minuti e mi ricordai, a quel punto, che proprio quello era stato il motivo per cui l’avevo accantonata anni prima. Ora, però, sapevo che degli strumenti del tutto simili erano in vendita e che dovevano funzionare. Tornai alla vetrina ad osservarli; erano proprio somiglianti alla mia. Ma allora, perché non segnava l’ora esatta? Era chiaro che non ero a conoscenza del segreto della loro lettura.

Fu da allora che volli saperne di più, leggendo libri sull’argomento, la *gnomonica*, finché non scoprii che le ore segnate da una meridiana non sono quelle a cui si fa sempre riferimento al giorno d’oggi, cioè quelle dell’orologio da polso, bensì quelle che le hanno dato origine e che i nostri avi utilizzavano già millenni or sono: le “*ore vere*”. Scoprii, poi, che esistevano la *correzione del fuso* e l’*Equazione del tempo* che mettevano in relazione i due diversi tipi di ore.

D’improvviso mi resi conto che avevo sempre dato per scontato il significato di quei numeri che scandiscono il passare

del tempo e che regolano ogni giorno della nostra vita fin dalla nascita. Quante persone, come me, non ci avevano mai riflettuto?

Era un argomento troppo interessante per fermarmi. Lessi quindi che esistevano anche meridiane verticali, polari, analemmatiche, imparai che si potevano osservare gli equinozi, i solstizi ed era possibile mostrare le ore astronomiche, medie, quelle che mancano al tramonto e quelle trascorse dall'alba.

I popoli antichi conoscevano e usavano questi strumenti già migliaia di anni fa e grazie ad essi avevano fatto importanti scoperte astronomiche.

Dovevo imparare a progettarle.

**PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.**

**>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM**

Introduzione

Questo manuale è stato scritto con lo scopo di permettere a chiunque di assimilare i principi fondamentali del funzionamento di un orologio solare e per fornire dei procedimenti semplici ed immediati per il progetto.

A questo scopo saranno proposti dei metodi grafici per la costruzione di meridiane equatoriali, polari e orizzontali di facile comprensione e realizzazione, mentre, per le meridiane verticali, di cui si vogliono fornire tutti i mezzi per la costruzione di uno strumento completo e sofisticato, sarà mostrato un esempio di progetto che il lettore potrà seguire passo a passo quando si dedicherà alla propria realizzazione. Sarà esposto, dapprima, il metodo di calcolo delle linee orarie (più accessibile) e, per i più volenterosi, verranno forniti i mezzi per disegnare le linee calendario e le lemniscate per indicare il tempo medio.

I più avvezzi all'uso delle formule matematiche e del computer (PC) non avranno problemi ad implementare le espressioni presentate per automatizzare e velocizzare i calcoli (utilizzando, ad esempio, un foglio di lavoro come quelli di *Calc* di OpenOffice - gratuito - o *Excel* delle Microsoft). Se non si vuole usare il PC, sarà sufficiente una buona calcolatrice, passione e, ovviamente, un po' di *tempo*. Già, il *tempo*...

Volendo introdurre ora l'argomento principe di questo libro dovremmo iniziare a domandarci: "Ma che cosa è una *meridiana*?". Astenendoci da definizioni rigorose, possiamo rispondere che una meridiana, o orologio solare, è uno strumento in grado di indicare il tempo grazie all'ombra prodotta da un'asticella metallica (stilo) infissa su una superficie. Innanzi tutto, dovremmo già puntualizzare che, per alcuni "puristi", *meridiana* e *orologio solare* non sono la stessa cosa in quanto il primo termine dovrebbe essere usato solo per gli strumenti atti ad indicare soltanto il mezzogiorno. In

realtà, le due voci sono ormai utilizzate comunemente come sinonimi, senza distinzione.

Risolta questa piccola disputa, rimangono i quesiti più tosti: come deve essere collocata l'asticella? Come deve essere la superficie? E soprattutto: quale *tempo* viene segnato dalla meridiana? Se lo confrontiamo con l'ora segnata dal nostro orologio, solo in alcuni giorni i due tempi potranno coincidere.

Per avere le risposte a queste domande, per comprendere meglio il concetto di tempo ed imparare quindi a leggere e progettare un orologio solare, non possiamo astenerci dall'apprendere alcuni termini fondamentali e concetti base di cosmografia. I termini fondamentali sono riportati in questo manuale in ordine alfabetico, nel "GLOSSARIO ESSENZIALE", così da essere facilmente ritrovati ogni qualvolta il lettore ne abbia bisogno. Varie figure aiuteranno poi a semplificare le spiegazioni.

Bene, è *tempo* di addentrarci nell'argomento, iniziando con un salto indietro nei secoli e ripercorrendo l'interessante viaggio storico che ha visto per protagonisti questi strumenti e i loro geniali inventori e perfezionatori.

**PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.**

**>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM**

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI

Manuale per leggere, comprendere
e progettare meridiane

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

CENNI STORICI

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

La misura del tempo



Fin dall'antichità, gli astri hanno sempre affascinato e influenzato la vita dell'uomo con fenomeni sconcertanti ma spettacolari, come le eclissi e il passaggio di comete o, semplicemente, con l'alternarsi del giorno e della notte e le fasi lunari.

Astri e pianeti, così come il giorno, la notte, il tempo, sono stati rappresentati come divinità da molti popoli. Particolari allineamenti dei corpi celesti venivano ritenuti responsabili di eventi terreni ed è sempre esistito l'interesse a prevederli, soprattutto quelli che si ritenevano preannunciare sventure, come le eclissi.

Basta dire che in Cina, nel XXII secolo a.C., l'imperatore Ciukang fece decapitare gli astronomi Ho e Hi per non aver predetto un'eclisse, la più antica di cui si ha testimonianza scritta.

Sciaterica
Scienza delle ombre, dal greco "σχιατεριχός".

Per quanto riguarda il Sole, l'interesse

è ancora maggiore, in quanto esso determina la durata del giorno e della notte e l'alternarsi delle stagioni, imponendo ritmi di vita alle piante, agli animali e all'uomo.

Si è reso, quindi, da sempre necessario uno strumento che fosse in grado di indicare in quale istante del giorno e dell'anno ci trovassimo, uno strumento, cioè, che indicasse la posizione del Sole nella Volta Celeste.

L'idea più semplice ed efficace è, senza dubbio, quella di ricorrere all'ombra che un qualsiasi oggetto proietta su una superficie (di giorno e con il Sole, naturalmente) ed osservare come varia la sua lunghezza e inclinazione nel tempo.

Gli uomini hanno iniziato queste osservazioni sicuramente

Anche se non legato al tempo, è interessante sapere che i Babilonesi erano a conoscenza di procedimenti, che oggi chiamiamo algebrici, molto avanzati, che abbiamo potuto studiare grazie al ritrovamento di tavolette di terracotta scritte in caratteri cuneiformi. Pensate che, già verso il 2000 a.C. (ben 4000 anni fa!), i Babilonesi sapevano risolvere equazioni particolari di secondo grado (cioè equazioni della forma $ax^2 + bx + c = 0$)¹. Per la soluzione generale delle equazioni di terzo grado, abbiamo dovuto aspettare, invece, millenni e, da questa difficoltà, è nata l'espressione "Fare il terzo grado"².

da tempi immemorabili, ma è con gli Egizi che, da migliaia di anni avanti Cristo, si inizia a misurare il tempo e a controllare il calendario facendo uso degli obelischi. A questo popolo si deve l'istituzione dell'anno di 365 giorni, il cui inizio, coincidente con le inondazioni annuali del Nilo, era collegato al sorgere di Sirio. La divisione del giorno in 24 ore è anch'essa opera degli Egizi.

Intorno al 1450 a.C. fa la sua comparsa, sempre in Egitto, il **Merkhet**, uno strumento portatile a forma di T (o L , in base alla posizione dalla quale lo si osserva), considerato il più antico orologio solare portatile noto [Figura 2] e che il faraone *Thutmosis III* teneva con sé nei suoi viaggi. Tale strumento era anche utilizzato per misurare l'altezza di punti inaccessibili, come la cima

¹ Giorgio T. Bagni, "Problemi di secondo grado nella matematica antica", Dip. di Matematica, Univ. di Roma "La Sapienza"; www.syllogismos.it/history/mat-antica.pdf.

² P. Odifreddi, "Chi ha ucciso Fermat", Alle Otto della Sera, RadioDue; <http://www.radio.rai.it/radio2/alleotto/fermat/>

di grandi costruzioni, la cui stima si basava sull'osservazione della lunghezza dell'ombra dell'oggetto e la proporzione con quella prodotta dal Merkhet.

Dagli scritti di Erodoto (V sec. a.C.) sembra addirittura che in Egitto siano stati costruiti orologi a *polos*, con stilo parallelo all'asse terrestre, di cui, però, non ci è pervenuto nulla. Ai Babilonesi, invece, si deve la divisione del periodo diurno in 12 ore e delle ore in 60 parti. Questa scelta era dovuta sicuramente alla facile divisibilità di questi numeri per 2, 3, 4, 6, 12.

Anche i cinesi non erano da meno e nell'XI secolo a.C. avevano già determinato, usando lo stilo come strumento di osservazione astronomica, l'istante del mezzogiorno, le date dei solstizi e, addirittura, l'inclinazione dell'Eclittica con impressionante precisione.

Una tra le più antiche notizie sull'esistenza di orologi solari la troviamo nella Bibbia dove, nel Libro di Isaia (38,8) e nel Secondo Libro dei Re (20,8-11), si parla dell'orologio del re Achaz, regnante in Giudea attorno al 750 a.C.: *“Ecco, io faccio tornare indietro di dieci gradini l'ombra sulla meridiana, che è già sceso con il sole sull'orologio di Achaz”. E il sole retrocesse di dieci gradini sulla scala che aveva disceso.*”

(Isaia 38,8)³. Non si conosce quasi nulla di questo strumento; con molta probabilità era di origine egizia e l'unica certezza fornita dal testo è che l'orologio era a gradini.

Gnomonica

La scienza (e arte) che si occupa della misura del tempo per mezzo del Sole.

L'inizio della gnomonica viene, però, generalmente

identificato con il periodo di Anassimandro di Mileto (610-546 a.C.), il quale, nel 560 a.C., installava a Lacedemone un orologio solare di cui, purtroppo, ignoriamo la natura. Ad Anassimandro, è comunque universalmente attribuita l'invenzione dello gnomone.

Successivamente, un'ideazione notevole fu l'**hemisphe-**

³ Edizioni diverse della Bibbia riportano frasi leggermente diverse, come *orologio* al posto di *meridiana*, oppure *gradi* invece di *gradini*. Anche *Achaz* viene talvolta indicato come *Acaz*. In ogni caso, il riferimento ad un orologio solare a gradini è chiaro.

rium, costruito da Beroso, un sacerdote caldeo⁴ del III sec. a.C.. Questo strumento era costituito da una semisfera all'interno della quale erano riportate le linee delle 12 ore e gli archi dei solstizi ed equinozi; lo stilo, di lunghezza pari al raggio della semisfera, era posizionato sul fondo di questa, in posizione verticale.

L'hemispherium subì alcune trasformazioni nei secoli man mano che si diffondeva in Grecia e nell'impero romano, ma il principio non cambiava. La parte inferiore, sotto alla linea del solstizio d'estate - inutile perché non vi scendeva mai l'ombra - venne tolta per alleggerire lo strumento e lo stilo fu collocato nella parte superiore in posizione orizzontale. Il nuovo strumento fu chiamato **hemicyclum** [Figura 3 e Figura 4].

Di grande importanza per la conoscenza di questi antichi strumenti è l'opera "De Architectura" (27-23 a.C.) di Vitruvio, in cui l'intero libro IX è dedicato al censimento e descrizione di tredici orologi conosciuti all'epoca, di cui sono elencati anche i presentanti autori.

I Romani appresero le nozioni di gnomonica dai Greci e siamo a conoscenza che tale passaggio non fu immediato. È curioso sapere che, nel III sec. a.C., un orologio solare greco fu trasportato e installato a Roma senza considerare che era stato progettato per una diversa latitudine (Catania). Esso non poteva, quindi, funzionare correttamente nella nuova città ma, nonostante questo, i Romani lo utilizzarono per quasi cento anni, fin quando ne fu realizzato uno corretto. È vero che l'errore non era grandissimo (circa 10 minuti), ma dimostra che questo popolo era ancora agli albori di questa scienza quando in Grecia era già passato il periodo più fiorente.

Con il declino dell'impero romano, l'uso dell'orologio solare divenne man mano più raro, finché non si arrivò a dimenticare il principio di funzionamento per molto tempo. L'inizio del Medioevo segna anche l'inizio di un periodo oscuro, in cui c'è anche chi si dimentica della sfericità della Terra, come il greco Cosma Indicopleuste che, nel VI secolo, rap-

⁴ I Caldei erano le civiltà che si stabilirono sul territorio della Valle dell'Eufrate attorno al IV e III millennio a.C., come Sumeri, Babilonesi, Ittiti, ecc.

presenta il mondo con forma rettangolare, rifacendosi ad un passo della Bibbia che descriveva la Terra in forma di tabernacolo.



Per quanto riguarda gli orologi solari, essi vennero riportati in uso dai Benedettini nel VII-VIII secolo, per l'esigenza di dividere il giorno in momenti precisi in cui dedicarsi alla preghiera. I monaci iniziarono a costruire delle pseudomeridiane – in seguito dette **orologi canonici** – sulle facciate meridionali delle chiese conventuali inglesi, che poi, durante l'evangelizzazione, si diffusero nel continente.

Questi orologi erano costituiti da un'asta infissa perpendicolarmente alla parete, in un punto che costituiva il centro di un semicerchio diviso in varie parti o ore. Si conoscono orologi canonici a 4, 6, 8 e 12 divisioni; va sottolineato che il loro funzionamento non era corretto, come vedremo in seguito, ma erano sufficienti per il loro scopo, che era quello di scandire i momenti della giornata da dedicare alle funzioni religiose.

Tra i monaci inglesi va menzionato Beda, detto il Venerabile, che ci ha lasciato nelle sue opere (*De Natura Rerum*, *Libellus de mensura horarum*, *Historia Ecclesiastica gentis Anglorum*), nozioni sul calendario, sulle maree e sulla forma della Terra. Egli fornisce anche una tabella di lunghezza delle ombre mediante le quali calcolare il tempo.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

GLOSSARIO ESSENZIALE

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

Prima di entrare nel vivo dell'argomento ed affrontare i principi di costruzione delle meridiane, vanno apprese alcune definizioni, la cui conoscenza è di fondamentale importanza per la comprensione del testo che segue. Per semplificare la ricerca, si è scelto un elenco dei termini in ordine alfabetico ed è quindi possibile che alcune definizioni contengano accezioni spiegate successivamente. Ad esempio, nella prima definizione, *Altezza*, si fa riferimento allo *Zenit*, che è spiegato per ultimo.

Altezza

Angolo *Alt* fra un corpo celeste, l'osservatore e il punto sull'orizzonte su cui cade la verticale dell'astro. Lo *Zenit* ha altezza 90° e i punti dell'orizzonte 0° [Figura 8].

Angolo orario

Distanza angolare *AO* tra il cerchio orario dell'astro in esame e un meridiano celeste di riferimento (quello locale o quello di Greenwich); è negativo verso Est e positivo verso Ovest [Figura 7].

Ascensione Retta

È la distanza angolare *a* misurata sull'Equatore Celeste, tra il cerchio orario del corpo celeste in esame e il meridiano passante per il punto γ . È l'equivalente, sulla Sfera Celeste, della longitudine sulla Terra [Figura 7].

Azimut

Angolo *Az* misurato sull'orizzonte, tra il Sud e il piede della verticale dell'astro. È positivo verso Ovest e negativo verso Est [Figura 8].

Cerchio Orario

Vedi "*Meridiani*".

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAZIONAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

Declinazione di un astro

Distanza angolare δ di un corpo celeste dall'Equatore, misurata sul cerchio orario dell'astro; è positiva verso Nord e negativa verso Sud ed è l'equivalente, sulla Sfera Celeste, della latitudine sulla Terra [Figura 7].

Eclittica

È la traccia che il Sole disegna sulla Sfera Celeste nel suo moto apparente annuale tra le stelle fisse; è chiamata così perché il Sole e la Luna giacciono sopra di essa in occasione di un'eclisse.

L'Eclittica è anche l'intersezione del piano dell'orbita terrestre con la Sfera Celeste; è inclinata rispetto all'Equatore Celeste di $23^{\circ}27'$ e si incontra con esso in due punti, uno dei quali è chiamato *primo punto di Ariete* o *punto vernale* o *punto γ* (21 marzo, equinozio di primavera), usato spesso come riferimento [Figura 7].

Equinozio

L'equinozio è il giorno in cui la durata della notte è uguale a quella del dì. Il termine equinozio, che deriva dal latino "*aequa nox*", significa "notte uguale". Si hanno due equinozi l'anno che cadono il 21 Marzo - equinozio di primavera - e il 23 settembre - equinozio d'autunno.

Fusi orari

Sono 24 spicchi in cui viene convenzionalmente suddivisa la Terra; ciascuno di essi è delimitato da meridiani distanti 15° (cioè 1 ora) e ognuno adotta l'ora del suo meridiano centrale. I fusi sono numerati da 0 a 12 verso Est e da 0 a 12 verso Ovest; il fuso 0 è quello compreso tra $7,5^{\circ}$ di longitudine Ovest e $7,5^{\circ}$ di longitudine Est ed il suo meridiano centrale è il meridiano 0 passante per Greenwich.

L'Italia si trova nel fuso 1 Est, o fuso dell'Europa Centrale, compreso tra le longitudini $7,5^{\circ}$ Est e $22,5^{\circ}$ Est e la sua ora è regolata sul meridiano di longitudine 15° Est, Meridiano dell'Europa Centrale (MEC) [Figura 9].

Latitudine

È la distanza, *Lat*, misurata in gradi sul meridiano locale, tra il parallelo passante per un luogo e l'Equatore ed aumenta positivamente verso Nord fino a 90° (90°N , Polo Nord) e negativamente verso Sud fino a -90° (90°S , Polo Sud) [Figura 9].

Longitudine

È la distanza, *Long*, misurata in gradi sull'Equatore, tra il meridiano di un luogo e il meridiano zero. Il suo valore aumenta positivamente verso Est fino a 180° (180°E) e negativamente verso Ovest fino a -180° (o 180°O) [Figura 9].

La longitudine e la latitudine costituiscono un sistema di coordinate che ci permette di determinare univocamente un qualsiasi punto sulla Terra. La conoscenza del loro valore è fondamentale per il progetto di una meridiana.

Meridiani

Il meridiano di un punto o luogo sulla Terra (“*meridiano locale terrestre*”) è la semicirconferenza che ha come estremi i Poli Nord e Sud e passa per quel luogo; il meridiano di riferimento o *meridiano zero* è quello passante per l'osservatorio astronomico di Greenwich [Figura 9], vicino a Londra, riferimento stabilito nella Conferenza internazionale di Washington nel 1884 (convenzione entrata in vigore in Italia nel 1893).

Se proiettiamo il meridiano locale terrestre sulla Sfera Celeste abbiamo il “*meridiano locale celeste*”. Il meridiano celeste passante per un astro è detto “*cerchio orario dell'astro*” e ci serve per determinare la sua posizione [Figura 7].

Paralleli

I paralleli sono cerchi immaginati sulla superficie terrestre, di raggio diverso, che passano per il punto considerato e che rimangono paralleli (appunto) all'Equatore. L'*Equatore* è l'insieme dei punti, della superficie terrestre, equidistanti dai Poli; esso è il parallelo zero di riferimento. All'equatore,

notte e di durano sempre 12h. Il Tropico del Cancro è il parallelo di latitudine $23^{\circ}27'$ Nord; il Tropico del Capricorno ha latitudine $23^{\circ}27'$ Sud o $-23^{\circ}27'$. I Circoli Polari Artico e Antartico hanno latitudine $66^{\circ}33'$ Nord e $66^{\circ}33'$ Sud [Figura 9].

Poli

I Poli terrestri (*Polo Nord o boreale, Polo Sud o australe*) sono i punti di intersezione tra l'asse di rotazione della Terra (*Asse Polare, Asse Terrestre o Asse del Mondo*) e la superficie del pianeta. L'intersezione dell'Asse Polare con la Sfera Celeste ci dà invece i Poli Nord e Sud Celesti [Figura 7]. Il Polo Nord Celeste cade, in questo secolo, praticamente sulla Stella Polare, riferimento odierno di questo punto cardinale [Figura 10]. Va ricordato che tale coincidenza non è costante nei secoli, per effetto della Precessione degli Equinozi.

Sfera Celeste

Superficie sferica puramente immaginaria, utilizzata in astronomia e gnomonica per la rappresentazione delle posizioni e movimenti dei corpi celesti. Su questa sfera, di raggio arbitrario e con centro il centro della Terra, si rappresentano le proiezioni di punti ed elementi della Terra, quali l'Equatore, i Poli ecc. [Figura 7].

In seguito, anche se è ormai noto a tutti che il Sole è immobile al centro del sistema ed è la Terra a spostarsi, ruotando intorno ad esso, parleremo spesso, per comodità didattica, della posizione del Sole sulla Sfera Celeste, moto del Sole ecc.. Per un osservatore terrestre, comunque, è come se fosse il Sole a muoversi e ad assumere una posizione tra le stelle (la sua proiezione sulla Sfera Celeste), che varia durante l'anno e attraversa le dodici costellazioni [Figura 5].

Solstizio

I solstizi sono i giorni in cui il Sole raggiunge il massimo ed il minimo della sua declinazione; così come ci sono due

equinozi l'anno, abbiamo anche due solstizi. Durante il solstizio d'estate - 21 giugno - il Sole raggiunge la sua massima altezza e si ha il dì più lungo dell'anno; per il solstizio d'inverno - 21 dicembre - il Sole è alla minima altezza sull'orizzonte ed abbiamo la notte più lunga e quindi il dì più corto (non per S.Lucia, 13 dic, che i nonni credono "il giorno più corto che ci sia" perché fa rima). Nell'emisfero australe, questi fenomeni sono invertiti. Il termine solstizio deriva dal latino "solstitium", che significa letteralmente "sole fermo" (da sol, "sole", e sistere, "stare fermo"), in quanto, per alcuni giorni successivi a queste date, l'astro non cambia percettibilmente la sua altezza, come possiamo osservare dai valori di declinazione riportati in Tabella 6 e Tabella 7.

Volta celeste

Si può definire come la semisfera apparente che sembra poggiare sull'orizzonte dell'osservatore e di cui questi occupa il centro [Figura 8]. E sulla Volta Celeste che vengono rappresentati astri e pianeti la cui posizione è determinata dai parametri Altezza e Azimut.

Zenit

Punto che la verticale del luogo determina sulla Volta Celeste [Figura 8]. Il punto opposto si chiama *Nadir*.

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.
>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

TEMPO

Secondo

Con simbolo **s**, è l'unità di misura del tempo ed una delle sette unità base del Sistema Internazionale. Dal 1967 è definito come la durata di 9.192.631.770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio-133. Precedentemente, era definito in termini di rotazione terrestre, come

frazione del giorno solare medio e poi come frazione dell'anno tropico (secondo *effemerico*).

Dì e Giorno

Spesso non ci rendiamo conto che usiamo indifferentemente, in modo un po' confusionale, il termine *giorno* sia per l'arco di tempo di ventiquattr'ore, che per il tempo in cui il Sole è visibile nel cielo. Per evitare fraintendimenti, utilizziamo per il secondo significato il termine *dì*, come periodo opposto alla notte e che, sommato a quest'ultima, costituisce il giorno.

Giorno Vero

Intervallo di tempo tra due passaggi consecutivi del Sole al Meridiano Celeste di un luogo.

Giorno Stellare

Intervallo di tempo tra due passaggi consecutivi della medesima stella al meridiano superiore. È praticamente il periodo in cui la Terra compie un giro completo su se stessa.

Dura 23h 56m 4,099s (lebbene si, non 24h) e differisce dal Giorno Medio di circa 4 minuti a causa della rivoluzione del nostro pianeta attorno al Sole, che sembra spostarsi così in senso retrogrado di 1° (≈ 4 min) al giorno rispetto alle stelle fisse [Figura 11].

Giorno Medio

Arco di tempo tra due passaggi consecutivi del Sole Medio al meridiano superiore. La sua durata è di 24h esatte.

Anno Tropico

Detto anche Anno Naturale o Solare, è il tempo che intercorre tra due Equinozi di primavera successivi. La sua durata è di 365,2422 giorni (365g 5h 48m 45s). È l'anno al quale l'uomo ha cercato di adattarsi da secoli, in quanto origine del mutare delle stagioni.

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO

"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"

L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE

DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA

QUALITA' DELLE FIGURE E'

VOLUNTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU

WWW.NICOLAULIVIERI.COM

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

TIPI DI MERIDIANE

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

Le meridiane si distinguono in base al tipo di ora indicata e all'inclinazione e forma della superficie su cui sono disegnate; le più comuni sono quelle verticali, che vediamo raffigurate sulle pareti, ma ci sono anche orologi solari orizzontali, inclinati, sferici e molti altri. Inoltre, le indicazioni del tempo che questi strumenti forniscono possono essere di varia natura.

Meridiana ad ore italiche

Ha come riferimento il tramonto del Sole, che avviene alla ventiquattresima ora. Ad esempio, se l'ombra dello stilo segna le 21 in una meridiana ad ore italiche, significa che mancano ($24-21 =$) 3 ore al tramonto [Figura 12].

Meridiana ad ore babiloniche

Conta le ore a partire dall'alba, definita, per queste meridiane, ora 0. Notare che nessun orologio da polso è in grado di fornire queste informazioni [Figura 13].

Meridiana a camera oscura

È disegnata su un pavimento e fornisce, generalmente, solo l'istante del mezzogiorno, per mezzo della luce che filtra da un foro sulla parete. Possono essere utilizzate per osservare le eclissi di Sole, in quanto l'immagine del disco solare eclissato appare proiettato sul pavimento.

Meridiana ad ore canoniche

È costituita da un'asta infissa orizzontalmente su una parete verticale, che proietta la sua ombra su un semicerchio, con centro la base dell'asta, diviso in 4, 6, 8 o 12 parti [Figura 14]. Le ore segnate hanno però una durata effettiva diversa perché un orologio così fatto è mal progettato, come si capirà in seguito; questo, comunque, non aveva grande importanza in passato, perché tali meridiane, costruite nei conventi Benedettini a partire dal VII-VIII secolo, avevano

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

> ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

il solo scopo di indicare le ore delle funzioni che regolavano la vita monastica.

Meridiana ad ore astronomiche o francesi

Inizia il calcolo delle ore a partire dalla mezzanotte (ora 0) ed è quella che ci apprestiamo a studiare. Il mezzogiorno (ore 12) è l'istante in cui il Sole è più alto sull'orizzonte. Queste ore possono essere raffigurate su meridiane verticali [Figura 15], orizzontali [Figura 22a], polari [Figura 22b], emisferiche [Figura 3] ed equatoriali [Figura 22c].

Tra le meridiane a ore astronomiche, merita un cenno particolare la meridiana anafanatica. È una meridiana orizzontale sul cui quadrante è raffigurato l'anafanica (dal greco "αναλημμα", "piedistallo", cioè l'elisse ottenuta come proiezione di un cerchio parallelo all'Equatore sul piano della meridiana. Lo stilo è verticale e mobile e va spostato ogni giorno lungo una linea su cui è indicata la data. La sua costruzione (che non sarà trattata in questo manuale) è basata su un principio teorico diverso da quello della proiezione dei piani orari che approfondiremo nei prossimi capitoli.

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
 "I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
 L'IMPAZIONAZIONE PUO' ESSERE
 DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
 QUALITÀ DELLE FIGURE È
 VOLTAMENTE RIDOTTA.
 ACQUISTA IL LIBRO SU
 WWW.NICOLAULIVIERI.COM

ELEMENTI DELLA MERIDIANA A ORE ASTRONOMICHE

Quadrante

Superficie sulla quale sono disegnate le linee della meridiana. Quadrante solare è spesso sinonimo di orologio solare [Figura 15].

Stilo Polare

È uno stilo fissato in modo da risultare parallelo all'asse terrestre; rende la meridiana di facile lettura, perché l'ora è indicata dalla direzione dell'ombra di tutta l'asta (non solo dalla punta, come per l'ortostilo), come se fosse la lancetta di un orologio. Le linee orarie convergono nel punto in cui lo stilo è infisso nella parete [Figura 16].

Lo stilo polare è stato reintrodotta in occidente dopo il XII secolo ed ha costituito una vera rivoluzione nel campo della gnomonica.

Gnomone

La parola deriva dal greco “*gnòmon*”, “indicatore”, ed è l'estremità libera dello stilo; può anche essere un foro praticato su una piastra, saldata in cima allo stilo (gnomone a punto indicatore o a macchia di luce). È l'elemento più importante, perché solo la sua ombra ci rivela la data. Generalmente è usato come sinonimo di stilo [Figura 16].

Falso Stilo o Ortostilo

È un'asticella, metallica o di altro materiale rigido, infissa perpendicolarmente nella parete [Figura 16b]. L'ora è indicata dall'ombra della punta dell'asta (gnomone). Attenzione: se l'ortostilo è posto alla convergenza delle linee orarie, la meridiana potrebbe essere del tipo ad ore canoniche o, come succede purtroppo frequentemente, è mal progettata o mal restaurata!

Centro dell'orologio

È il luogo geometrico nel quale convergono tutte le linee orarie; in questo punto viene infisso lo stilo polare [Figura 15].

Linee orarie

Sono le linee che, quando vengono toccate dall'ombra dello stilo, indicano l'ora vera [Figura 15], che equivale, come vedremo nello studio del funzionamento delle meridiane, all'indicazione della posizione del Sole sulla Volta Celeste.

Linea dell'orizzonte

È la proiezione dell'orizzonte sul quadrante [Figura 15]; l'ombra dello gnomone resta sempre sotto questa linea e la tocca solo all'alba (a sinistra del centro) e al tramonto (a destra).

Linee diurne

Sono le linee che vengono percorse dall'ombra dello gnomone nell'arco di un giorno; indicano la posizione del Sole sulla Sfera Celeste e quindi la data. Sulle meridiane vengono disegnate generalmente quelle che annunciano l'ingresso del Sole nei vari segni zodiacali; esse coincidono due a due, tranne quelle dei Solstizi, per cui sono rappresentate sette linee [Figura 15].

Linea equinoziale

È la linea diurna percorsa dall'ombra dello gnomone nei due giorni degli Equinozi di primavera, 21 marzo, e d'autunno, 23 settembre. L'equinoziale è l'unica linea dritta e ci fornisce indicazioni sull'orientamento della parete su cui è posta la meridiana. Se è orizzontale, significa che la parete si affaccia esattamente a Sud; se è più bassa a destra, allora, il muro è declinante a Sud-Est; se è più bassa a sinistra, esso declina a Sud-Ovest.

Linee solstiziali

Queste curve ci indicano quando il Sole raggiunge la sua massima e minima declinazione nell'arco dell'anno. Questo avviene nei giorni del solstizio d'estate, 21 giugno, quando si ha il dì più lungo dell'anno, e del solstizio d'inverno, 21 dicembre, quando si ha la notte più lunga e quindi il dì più corto. Le linee solstiziali delimitano la zona del quadrante in cui cade l'ombra durante l'anno.

**PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.**

**>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM**

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

TEORIA DEL FUNZIONAMENTO DI
UNA MERIDIANA

Per comprendere i principi che ci porteranno al progetto di un orologio solare, è utile far ricorso alla visione tolemaica del nostro sistema planetario ed immaginare, quindi, che il Sole ruoti attorno alla Terra. Anche se tale teoria è notoriamente falsa, questo non influenzerà i risultati che otterremo grazie alla relatività dei fenomeni, ma, al contrario, ci aiuterà nella comprensione di quest'ultimi. Negli esempi e nei disegni, faremo riferimento ad una meridiana verticale, ma capirete presto che i concetti esposti sono validi anche per meridiane orizzontali, polari ed equatoriali, poiché si basano tutte sullo stesso principio che ci accingiamo ad apprendere. Va inoltre sottolineato che le considerazioni fatte in questo testo, se non specificatamente dichiarato, riguardano meridiane verticali e luoghi con latitudine compresa tra il circolo polare artico (Lat=66°33'N) e il tropico del cancro (Lat=23°27'N).

Definiamo il **Fascio dei Piani Orari (FPO)** o Rosa Oraria, come l'insieme di 12 piani distinti o, meglio, 24 semipiani (uno per ora), con una retta in comune ("asse del fascio"), formanti tra loro angoli di 15° [Figura 17].

Portiamo idealmente la Terra all'interno del FPO, facendo coincidere il suo asse con quello del fascio e facendo passare uno dei semipiani dal luogo in cui vogliamo costruire la meridiana, supponiamo a Murlo, un comune in provincia di Siena [Figura 18].

Il concetto fondamentale del funzionamento degli orologi solari, sta proprio in questo modello che abbiamo definito, nel quale possiamo osservare il Sole che, nel suo moto apparente attorno alla Terra, si trova ad attraversare, in un giorno, tutti i semipiani dell' FPO.

Possiamo ora definire il **Mezzogiorno Vero**, ore XII, di un certo luogo, come l'istante in cui il centro del Sole interseca il semipiano passante per quel luogo.

In altri termini, il Mezzogiorno Vero si ha quando il Sole attraversa il meridiano locale proiettato sulla Sfera Celeste

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"

L'IMPAGINAZIONE PUÒ ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITÀ DELLE FIGURE È
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

(meridiano locale celeste), ed è il momento in cui l'astro raggiunge la massima altezza sull'orizzonte [Figura 8].

La parte più complicata è finita; possiamo definire adesso le ore XIII (o I) come l'istante in cui il centro del Sole attraversa il semipiano successivo e così via, anche per le ore precedenti, fino ad un totale di 24 ore.

Questo tipo di ore che abbiamo appena introdotto definiscono il Tempo Vero Locale, cioè il tempo reale scandito dal Sole per un certo luogo sulla Terra; questo tempo, se espresso in gradi, equivale all'Angolo Orario del Sole [Figura 7]. È importante notare che le ore così definite non sono influenzate dall'altezza del Sole e, quindi, dalle stagioni. Vediamo allora come farle indicare alla nostra meridiana, il che equivale a segnalare, tramite un'ombra, gli istanti in cui il Sole attraversa i piani dell'FPO.

Fissiamo un'asticella di metallo ad una parete verticale¹³ in modo che risulti parallela all'asse terrestre (stilo polare) [Figura 19] e immaginiamo di traslare l'FPO in modo da far contenere al proprio asse lo stilo, che diventa, così, la rappresentazione materiale del tratto di asse dell'FPO [Figura 20].

Questa piccola variazione del modello che stiamo definendo, equivale a supporre che il Sole ruoti attorno allo stilo, anziché attorno all'asse terrestre ed introduce un errore assolutamente trascurabile.

A questo punto, basta segnare sulla parete (o quadrante) le linee intersezione tra la parete stessa ed i piani dell'FPO, ottenendo così le linee orarie che ci forniscono la lettura del tempo vero per mezzo dell'ombra dello stilo (spiegato in dettaglio successivamente) [Figura 21].

Infatti, il Sole, attraversando uno di questi semipiani immaginari, proietta l'ombra dello stilo esattamente sulla linea corrispondente, numerata come descritto in precedenza.

Naturalmente, non tutte le linee potranno essere percorse dall'ombra dello stilo, come, ad esempio, quelle al di sopra del centro del quadrante e, quindi, non ha senso disegnarle. Facendo riferimento alla Figura 21, possiamo ora compren-

¹³ Si sceglie la parete che più si affaccia a Sud; conoscere la sua orientazione esatta è fondamentale per il progetto della meridiana [vedi "Misura di Azp a una qualunque ora Tm"]

dere meglio perché lo stilo polare ci permette di ottenere l'indicazione delle ore in modo indipendente dall'altezza del Sole e, quindi, dalle stagioni; l'unica differenza è un'ombra più o meno lunga, che possiamo utilizzare per ricavare ulteriori indicazioni sul periodo dell'anno, equinozi e solstizi.

Per costruire meridiane orizzontali (disegnate cioè su un piano orizzontale [Figura 22a]) o polari (disegnate su un piano con un lato posto orizzontalmente, in direzione Est-Ovest, e l'altro lato inclinato, parallelo allo stilo, posto ad una certa altezza dal piano [Figura 22b]), o equatoriali (costituite da un piano circolare contenente le ore, parallelo al piano equatoriale e da uno stilo polare al centro [Figura 22c]), si procede sempre allo stesso modo: si fa coincidere l'asse dell'FPO con lo stilo e si tracciano le linee intersezione col piano. Nel caso di meridiane polari, le linee orarie risultano parallele tra loro e allo stilo, mentre, nelle meridiane equatoriali, formano angoli di 15° con le proprie vicine. Le meridiane equatoriali sono quelle di più facile progettazione, come avrete già intuito dalle figure, poiché è sufficiente disegnare su un cerchio angoli di 15° . Anche le meridiane polari non presentano grandi difficoltà: basta disegnare la prima linea, ora XII, sotto allo stilo, posto ad un'altezza A dal piano e poi le altre orarie, parallele all'ora XII e, da questa, a distanza $A \cdot \tan(15^\circ)$, $A \cdot \tan(30^\circ)$ e così via, sia alla sua destra che alla sua sinistra.

Approfondiamo ora il concetto di tempo facendo degli esempi pratici: con le definizioni adottate, notiamo che il Mezzogiorno Vero di Aosta (long. $7^\circ 19'E$) non si verifica nello stesso istante del Mezzogiorno Vero di Siena (long. $11^\circ 19'E$), ma circa un quarto d'ora dopo in quanto il Sole, sorgendo da Est, attraversa prima il meridiano della città toscana; con Brindisi (long. $17^\circ 56'E$), otteniamo una differenza ancora maggiore (circa 40 min). In generale, ogni luogo con longitudine diversa ha un suo trascorrere del tempo personale e questo fenomeno, che non costituiva un problema nell'antichità, ha richiesto una soluzione in epoche più recenti, man mano che i trasporti si sono fatti più veloci e

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
 "I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
 L'IMMAGINAZIONE PUÒ ESSERE
 DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
 QUALITÀ DELLE FIGURE È
 VOLUTAMENTE RIDOTTA.
 > ACQUISTA IL LIBRO SU
 WWW.NICOLAOLIVIERI.COM

l'uomo ha iniziato ad attraversare paesi diversi in tempi sempre più brevi.

Come già spiegato nella sezione dedicata ai cenni storici ("LA MISURA DEL TEMPO"), fu stabilito che ogni stato compreso in un fuso orario adottasse il Tempo Medio del rispettivo meridiano centrale. Per l'Italia è quello di 15° di longitudine Est, che passa quasi esattamente per il cratere dell'Etna: è chiamato *Meridiano dell'Europa Centrale (MEC)* o appunto, meridiano etneo.

Se vogliamo che la nostra meridiana indichi l'**ora vera del fuso**, basta ruotare il Fascio dei Piani Orari di un numero di gradi Cf° , pari alla differenza tra la longitudine del meridiano centrale del fuso e quella del luogo in cui vogliamo costruirla. La rotazione sarà in senso antiorario se ci troviamo a Ovest di esso, altrimenti orario [Figura 23], dopodiché traliamo idealmente l'FPO sullo stilo, come spiegato in precedenza, e tracciamo sulla parete le linee d'intersezione con i piani. Le linee orarie si presenteranno come in Figura 24 (sottolineiamo che esse sono ruotate di angoli diversi da Cf° , come vedremo nel paragrafo "Calcolo delle linee orarie che indicano il tempo vero del fuso").

L'ora indicata da questo tipo di meridiana, però, non coincide ancora con quella del nostro orologio da polso, ma è in anticipo o in ritardo, di alcuni minuti, in base al giorno in cui la osserviamo (sono uguali solo in quattro periodi dell'anno [vedi Tabella 4 e Tabella 5]).

Prima di spiegarne le ragioni, ricordiamo come è definito il *Giorno* che tutti noi siamo abituati a conoscere: esso è un arco di tempo chiamato *Giorno Medio*, che ha durata di 24h ed è definito in base ad un Sole virtuale, immaginario, il *Sole Medio*, che inizia la sua traiettoria nel punto γ di Ariete insieme al *Sole Vero*, il Sole reale, e vi ritorna contemporaneamente ad esso dopo un anno, percorrendo però l'Equatore Celeste (proiezione dell'Equatore sulla Sfera Celeste), anziché l'Eclittica, e a velocità costante¹⁴ [Figura 25].

Se il Sole Vero, per ipotesi, coincidesse con il Sole Medio, le meridiane potrebbero segnare la stessa identica ora dell'o-

¹⁴ Ribadiamo ancora che, quando parliamo di moto del Sole, intendiamo il moto apparente; in realtà è la Terra a spostarsi.

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

È L'ORA DI PROGETTARE!

Finalmente abbiamo raccolto tutti i dati di cui necessitiamo e possiamo avventurarci nel progetto di alcuni tipi di meridiane, partendo da quelle più semplici. I primi progetti non precludono, comunque, la comprensione della sezione finale dedicata alla meridiana verticale, un po' più complicata, in quanto tutte le nozioni teoriche necessarie sono già state fornite nella "TEORIA DEL FUNZIONAMENTO DI UNA MERIDIANA". Il lettore potrà quindi dedicarsi alla sezione a cui è interessato, senza timore di tralasciare delle nozioni. Ogni progetto, anche se con metodi diversi, sia grafici che analitici, realizza lo scopo di riportare sul quadrante della meridiana le linee intersezione del Fascio dei Piani Orari che, ricordiamo, è costituito da 24 semipiani, formanti tra loro angoli di 15° . Ripetiamo di nuovo che le considerazioni fatte in questo testo, quando non specificatamente dichiarato, riguardano luoghi con latitudine compresa tra il circolo polare artico e il tropico del cancro.

PROGETTO DI UNA MERIDIANA EQUATORIALE

Le meridiane equatoriali hanno il quadrante disposto perpendicolarmente allo stilo e, quindi, parallelamente al piano equatoriale da cui prendono il nome [Figura 37]. Il progetto delle linee orarie, in questo caso, è molto semplice in quanto sono tutte equidistanti l'una dall'altra di un angolo pari a 15° . La linea oraria che indica il Mezzogiorno, ore XII, punta verso il terreno in direzione Nord e lo stilo, costituito in questo caso da un'asta, deve essere piazzato su una superficie orizzontale, inclinato di un angolo pari alla latitudine del luogo e collocato esattamente nella direzione Nord-Sud. Il primo progetto è già finito: l'ombra dello stilo sulle linee orarie così disegnate, vi indicherà il Tempo Vero del luogo, che potrete convertire nell'ora indicata dall'orologio come già spiegato nella sezione "Tempo Medio segnato dall'orologio". Notate che, in una meridiana così progettata, il Sole illumina

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAZIONAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.
ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULMIVI.COM

na per 6 mesi (21 marzo-22 settembre) la superficie superiore del quadrante e per 6 mesi (23 settembre - 20 marzo) la superficie inferiore, rendendo problematica la lettura nei giorni vicini agli equinozi. Per questo motivo, è conveniente sostituire il quadrante perpendicolare allo stilo con una fascia circolare, senza per questo complicare il calcolo della posizione delle linee orarie, che rimangono, ovviamente, sempre a distanza di 15° da quelle vicine. Un bell'esempio di questa tipologia di meridiane equatoriali è quella collocata vicino alla spiaggia di Tarragona, in Spagna [Figura 38].

PROGETTO DI UNA MERIDIANA POLARE

Sono chiamati orologi solari polari, quelle meridiane il cui quadrante, rettangolare, ha un lato collocato orizzontalmente nella direzione Est-Ovest e l'altro lato inclinato di un angolo pari alla latitudine del luogo e, quindi, parallelo allo stilo, direzionato, come sappiamo, verso il Polo Nord Celeste [Figura 39]. Lo stilo deve essere sistemato ad una certa altezza A dal piano del quadrante, che rappresenta il parametro di progetto per il disegno delle linee orarie. La linea del Mezzogiorno deve essere tracciata esattamente sotto allo stilo e le altre, parallele ad essa, ad una distanza d che calcoliamo con la seguente formula:

$$d = A \cdot \tan(AO)$$

Dove AO , ricordiamolo, è l'angolo orario del Sole. Anche questo progetto è già terminato.

Esercizio 12: Calcolare la posizione delle linee orarie in una meridiana polare con lo stilo posto ad altezza 10cm dal quadrante.

Le ore XIII ($AO=(13-12) \cdot 15^\circ=15^\circ$) saranno indicate da una linea posta a distanza $d = A \cdot \tan(15^\circ) = 10 \cdot 0.27 = 2.7cm$ a destra del Mezzogiorno.

Le ore X ($AO=(10-12) \cdot 15^\circ=-30^\circ$) saranno indicate da una linea posta a distanza $d = A \cdot \tan(-30^\circ) = 10 \cdot (-0.58) = -5.8cm$, e quindi 5.8cm a sinistra del Mezzogiorno.

È sufficiente, comunque, calcolare la posizione delle sole orarie alla destra del Mezzogiorno e poi riportare specularmente quelle alla sinistra.

PROGETTO DI UNA MERIDIANA ORIZZONTALE

Questi tipi di meridiane hanno il quadrante posto orizzontalmente al terreno, come possiamo dedurre dal nome. Lo stilo è piazzato in direzione Nord-Sud ed inclinato rispetto al piano, di un angolo pari alla latitudine del luogo [Figura 40]. Il disegno delle linee orarie è più complesso, rispetto ai disegni precedenti e lo realizzeremo utilizzando un procedimento grafico.

Facciamo riferimento alla [Figura 41]. Sul supporto scelto, tracciamo due linee, una orizzontale e l'altra verticale, perpendicolari tra loro e che si incontrano in un punto O . Dal punto O disegniamo un segmento che formi un angolo con la linea verticale, pari alla latitudine del luogo. Su questo segmento, scegliamo un punto L , la cui distanza da O , che chiamiamo OL , è pari alla lunghezza dello stilo e determina le dimensioni del disegno. Da L tracciamo la perpendicolare al segmento OL , intersecando la linea verticale in un punto che chiamiamo A , dove disegniamo una linea orizzontale.

Ora, segniamo sulla linea verticale il punto B , ad una distanza da A pari alla distanza tra A e L , e tracciamo dal punto B dei segmenti che formano angoli di 15° tra loro, tre alla destra e tre alla sinistra della linea verticale. Prolunghiamo questi segmenti fino ad intersecare la linea orizzontale passante per A , nei punti che indichiamo con i numeri da 9 a 15 che, come avrete intuito, indicano gli estremi delle linee orarie corrispondenti. Il punto di intersezione delle orarie 9 e 15 li chiamiamo rispettivamente D e C . Notate che i segmenti AC e AD hanno la stessa lunghezza del segmento AB .

Per terminare il progetto, osserviamo la Figura 42. Uniamo il punto O con tutti i punti da 9 a 15 ed otteniamo le prime linee orarie del disegno. In teoria, disegnando altri segmenti da B sempre a 15° dagli altri, avremmo potuto ottenere

anche le orarie 7, 8, 16 e 17 ma, lavorando con superfici limitate, abbiamo spesso il problema che i punti di intersezione sulla linea orizzontale passante per A , sono molto distanti e quindi scomodi da individuare. Questo piccolo inconveniente viene aggirato con il seguente metodo: tracciamo delle linee verticali passanti per i punti D e C , fino ad intersecare in basso la linea orizzontale in G e F . Uniamo ora il punto A con il punto F appena trovato.

Il segmento AF interseca le linee orarie 13, 14 e 15 nei punti che indichiamo con H , I e J . Chiamiamo a la distanza HI e b la distanza JM e riportiamo queste distanze sul segmento AF , come indicato in figura, in modo da ottenere un punto M , distante a da J , e il punto N , distante b da M . Unendo questi punti con il centro O e prolungando la linea fino ad intersecare le verticali per F e G , abbiamo individuato sia le ore 16 e 17, sia le ore simmetriche ad esse, 4 e 5.

È chiaro che, per le restanti orarie, si procede allo stesso modo, simmetricamente.

Il progetto è concluso. La meridiana deve essere posta con la linea OA nella direzione Nord-Sud, con il Nord indicato dal punto A e, quindi, dal Mezzogiorno. Lo stilo, la cui lunghezza OL è scelta da noi all'inizio del progetto, deve essere infisso nel centro O ed inclinato rispetto al piano di un angolo pari alla latitudine del luogo. In Figura 43, è mostrata una meridiana orizzontale a ore vere, in pietra, collocata nella cittadina spagnola di Tarragona.

PROGETTO DI UNA MERIDIANA VERTICALE

Per il progetto di una meridiana verticale, non possiamo astenerci dall'utilizzo di alcune formule e calcoli un po' più complessi dei precedenti, che saranno, però, semplificati da esempi e suggerimenti per l'uso di fogli elettronici. La Tabella 2, in appendice, contiene le variabili più importanti, utilizzate nel testo, ed il loro significato, in modo da offrire un utile promemoria.

Prima di passare al progetto vero e proprio, però, è necessario un richiamo al significato di coordinate di un punto.

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

FIGURE



PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA

Figura 1: La piccola meridiana portatile che accese la mia curiosità.

QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

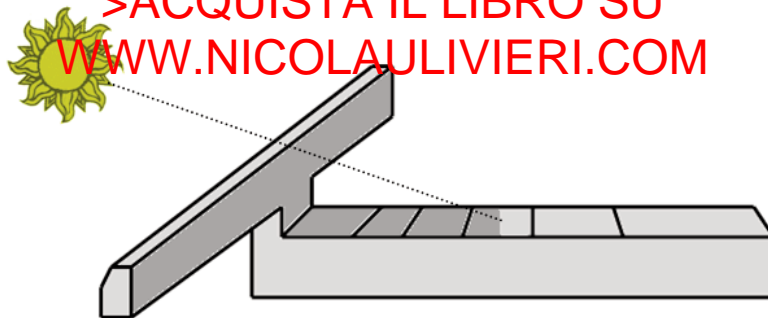


Figura 2: il Merkheth, antico strumento per la misura del tempo.

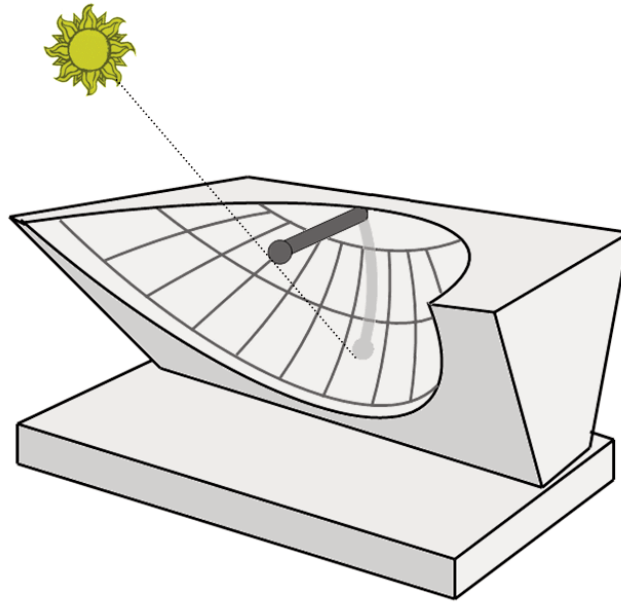


Figura 3: Esempio di hemicyclum in cui sono indicate le linee orarie, le linee dei solstizi ed equinozi.



Figura 4: Hemicyclum sferico ritrovato nel complesso archeologico di Vulci. Sono visibili le linee orarie (VII-XVII) dei solstizi e degli equinozi. Al centro è presente una cavità profonda in cui era posto lo gnomone. I dati sono molto evidenti, con le principali scalfitture sui bordi esterni.²⁰

²⁰ Informazioni dettagliate su questa meridiana sono pubblicate sul CD-ROM "Orologi Solari Greco-Romani" di Nicola Severino che ringrazio per avermi gentilmente attribuito il merito di averla segnalata per la prima volta agli gnomonisti moderni. Ringrazio inoltre la Soprintendenza ai beni archeologici dell'Etruria Meridionale per i permessi di studio e pubblicazione.

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
 "I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
 L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
 DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
 QUALITA' DELLE FIGURE E'
 VOLUTAMENTE RIDOTTA.
 >ACQUISTA IL LIBRO SU
 WWW.NICOLAULIVIERI.COM

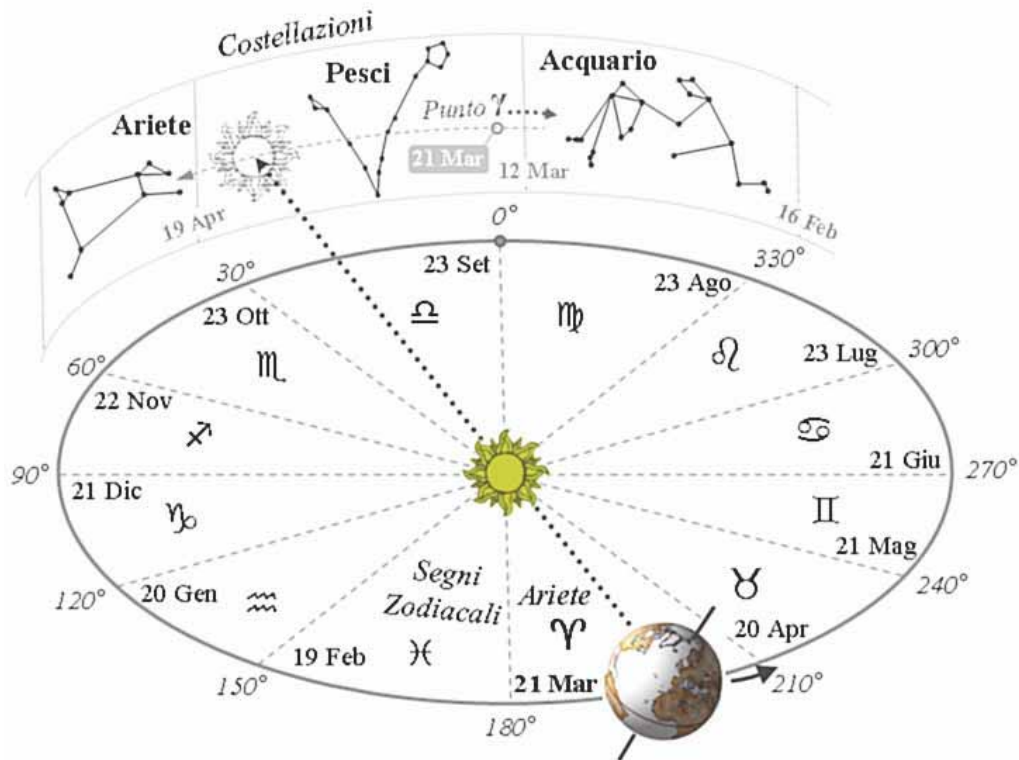


Figura 5: Il Sole sembra muoversi annualmente tra le costellazioni; in realtà è la Terra che, ruotando attorno ad esso, ci dà questa illusione. Il punto γ si sposta lungo l'Eclittica di $0^{\circ}0'50''$ l'anno, e di circa 28° in 2000 anni, sfalsando la corrispondenza originale tra costellazioni e segni zodiacali. I gradi in figura sono relativi alla posizione del Sole, mentre le date si riferiscono alla Terra. Siamo nel segno dell'Ariete quando il Sole transita dal grado 0° (punto γ , 21 Mar) al 30° (20 Apr), zona però occupata dalla costellazione dei Pesci.

**PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.**

**>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM**

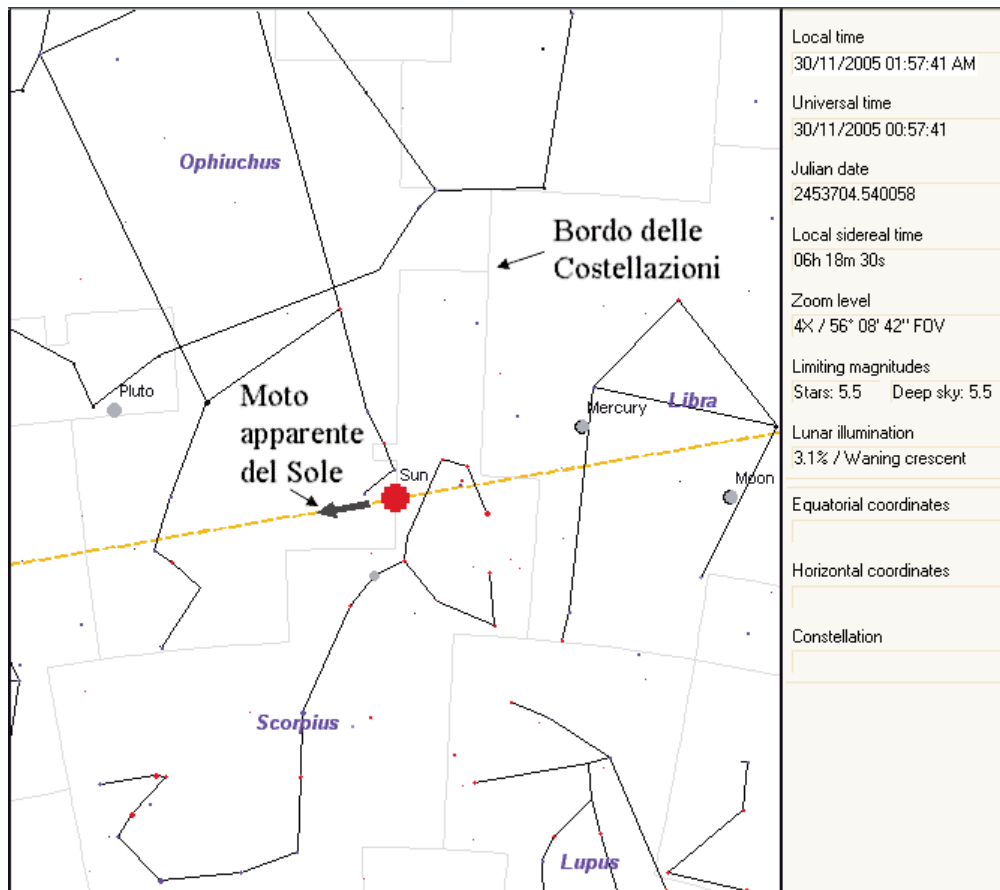


Figura 6: Posizione del Sole nella Sfera Celeste al 30 novembre, giorno in cui l'astro lascia la costellazione dello Scorpione (23-29 Nov) per fare il suo ingresso in quella dell'Ofiuco (30 Nov - 17 Dic).

**PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.**

**>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM**

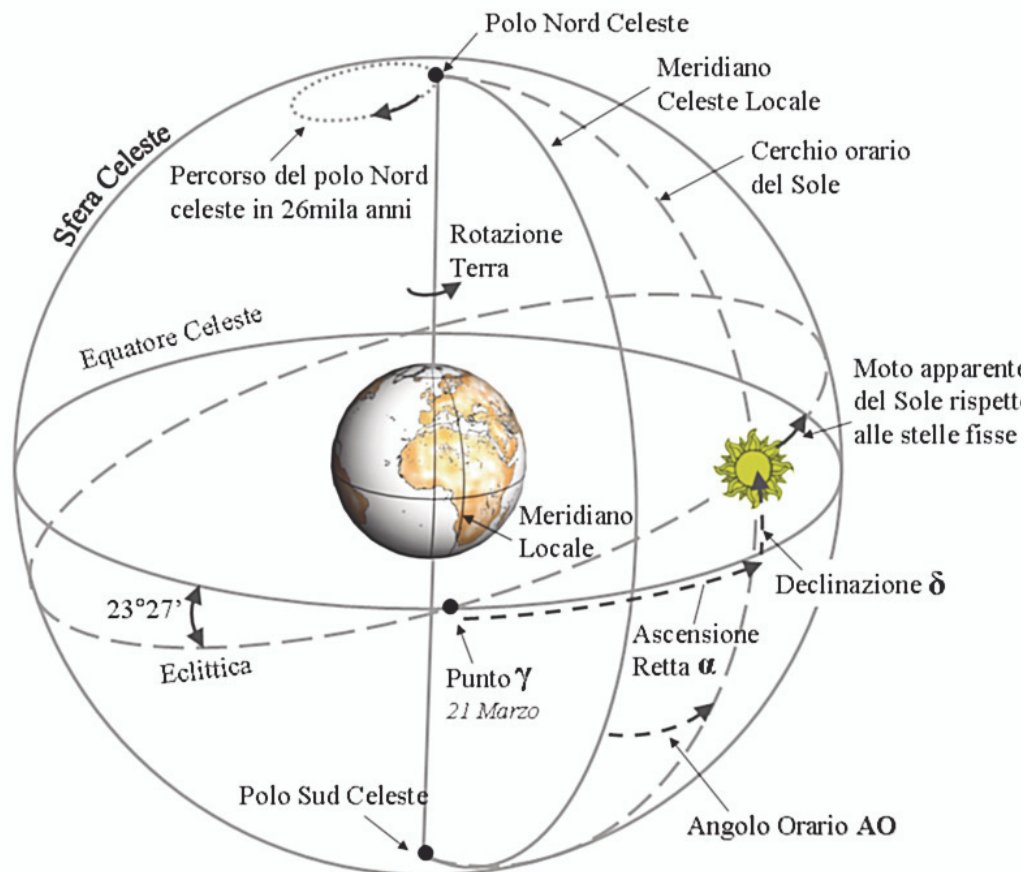


Figura 7: Punti e linee importanti della Sfera Celeste. A titolo di esempio, è riportato un Meridiano Locale Terrestre passante per un luogo e il corrispondente Meridiano Celeste Locale.

**PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.**

**>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM**

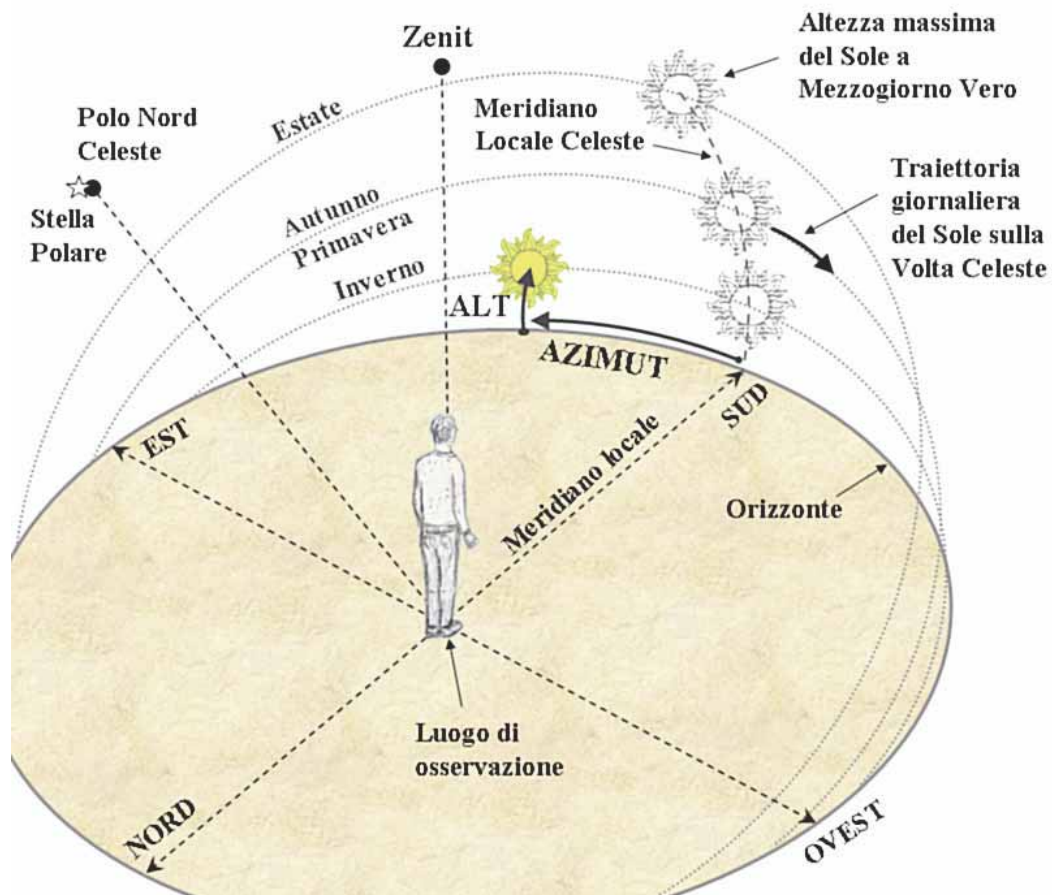


Figura 8: La posizione del Sole sulla Volta Celeste si misura con i parametri Altezza e Azimut. Nel suo moto apparente, l'astro sorge a Est e tramonta ad Ovest, passando per un punto di massima Altezza in corrispondenza del Meridiano Locale Celeste. In quell'istante si ha il Mezzogiorno Vero e l'astro indica la direzione del Sud. L'Altezza del Sole al Mezzogiorno cambia con le stagioni, così come l'Azimut dei punti corrispondenti all'alba e al tramonto.

**PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.**

**>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM**

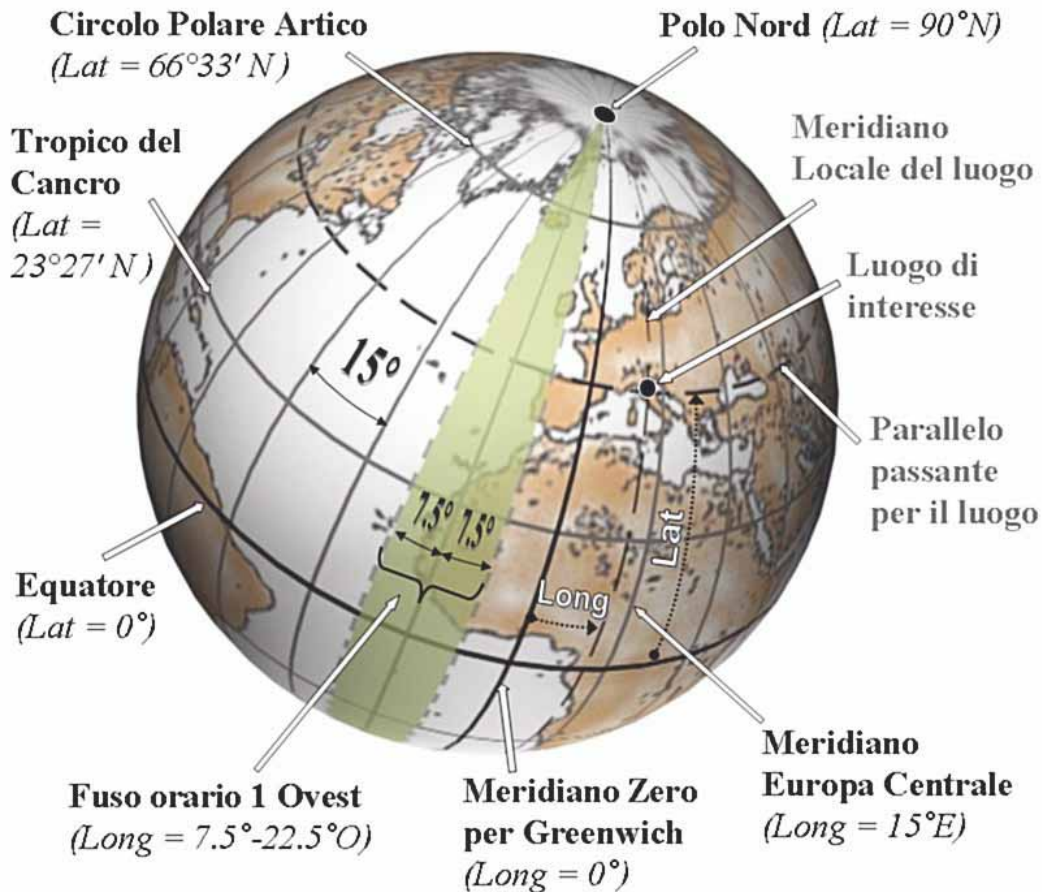


Figura 9: Meridiani, paralleli e fusi orari.

**PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.**

**>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM**

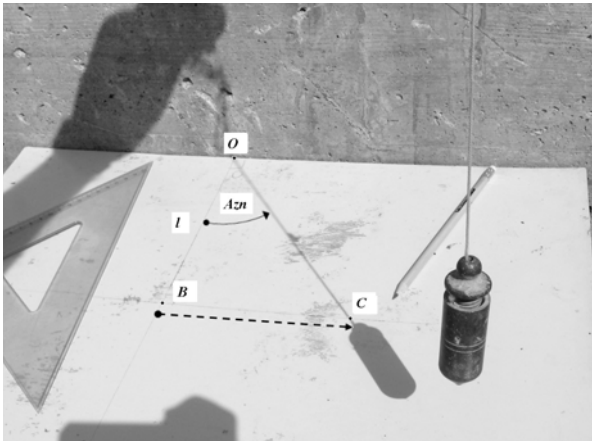
ESEMPIO DI REALIZZAZIONE

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

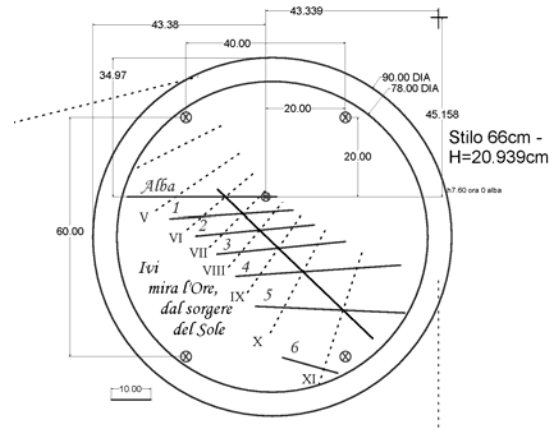
>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM



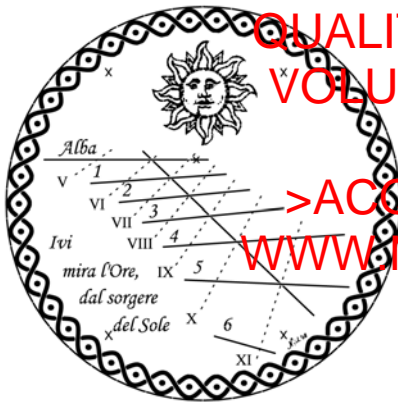
Misura dell'azimut della parete col metodo del filo a piombo.



Disegno al PC della meridiana con programma CAD, in cui sono riportati i punti calcolati con le formule spiegate nel testo. Sono

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO *disegnate le linee orarie vere, babilonesi e l'equinoziale.*
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"

L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA QUALITA' DELLE FIGURE E' VOLUTAMENTE RIDOTTA.



>ACQUISTA IL LIBRO SU WWW.NICOLAULIVIERI.COM

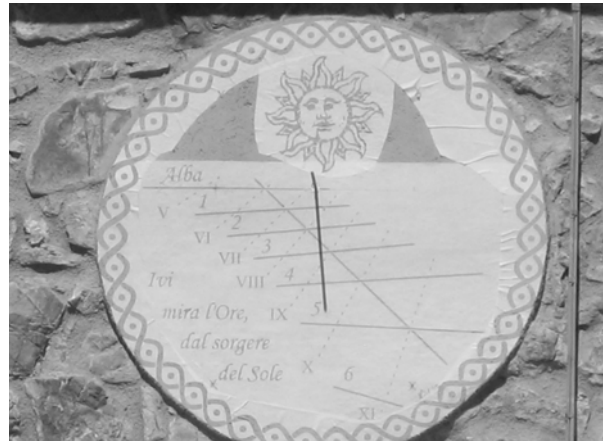


Disegno finale in formato immagine TIF, con risoluzione 300dpi e scala 1:1, adatto per la stampa.

Stampa forata dello spolvero su carta adesiva. È stampato in due pezzi perché il plotter ha una dimensione massima inferiore a quella del disegno.



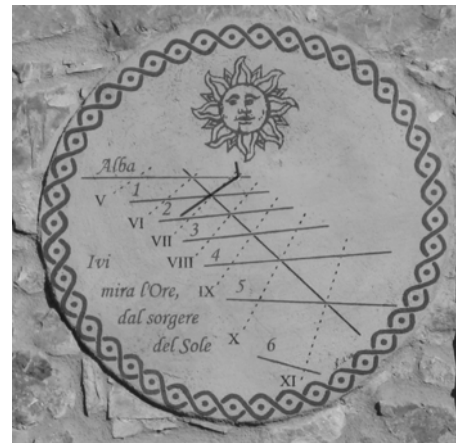
Piazzamento dell'ortostilo. È la parte più delicata e va effettuata con rigore.



Spolvero adesivo posizionato sul quadrante. Prima di passare al disegno, va verificato che l'ora segnata sia corretta e che, quindi, lo spolvero sia piazzato perfettamente.



Pittura con colori acrilici.



Meridiana completata. Foto scattata a circa 2 ore dall'alba.

**PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.**

**>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM**

ALCUNE REALIZZAZIONI

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
 "I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
 L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
 DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
 QUALITA' DELLE FIGURE E'
 VOLTAMENTE RIDOTTA.

Meridiana 1 della Casa del Treccone, Murlo (SI)

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM



Caratteristiche:

Tipo di quadrante: *Verticale. Colori acrilici su malta.*

Dimensioni: *150 cm × 115 cm*

Latitudine: *43°10'27"N*

Longitudine: *11°19'25"E*

Declinazione quadrante: *25°35'24" O*

Tipo gnomone: *Macchia di luce (foro φ= 10 mm), disco con raggi ondulati.*

Dimensioni gnomone: *L = 35 cm, φ = 1cm*

Ore indicate: *Ore vere del luogo (X-VII), Ore medie (13, 14), Ore italiane (21, 22, 23, 34).*

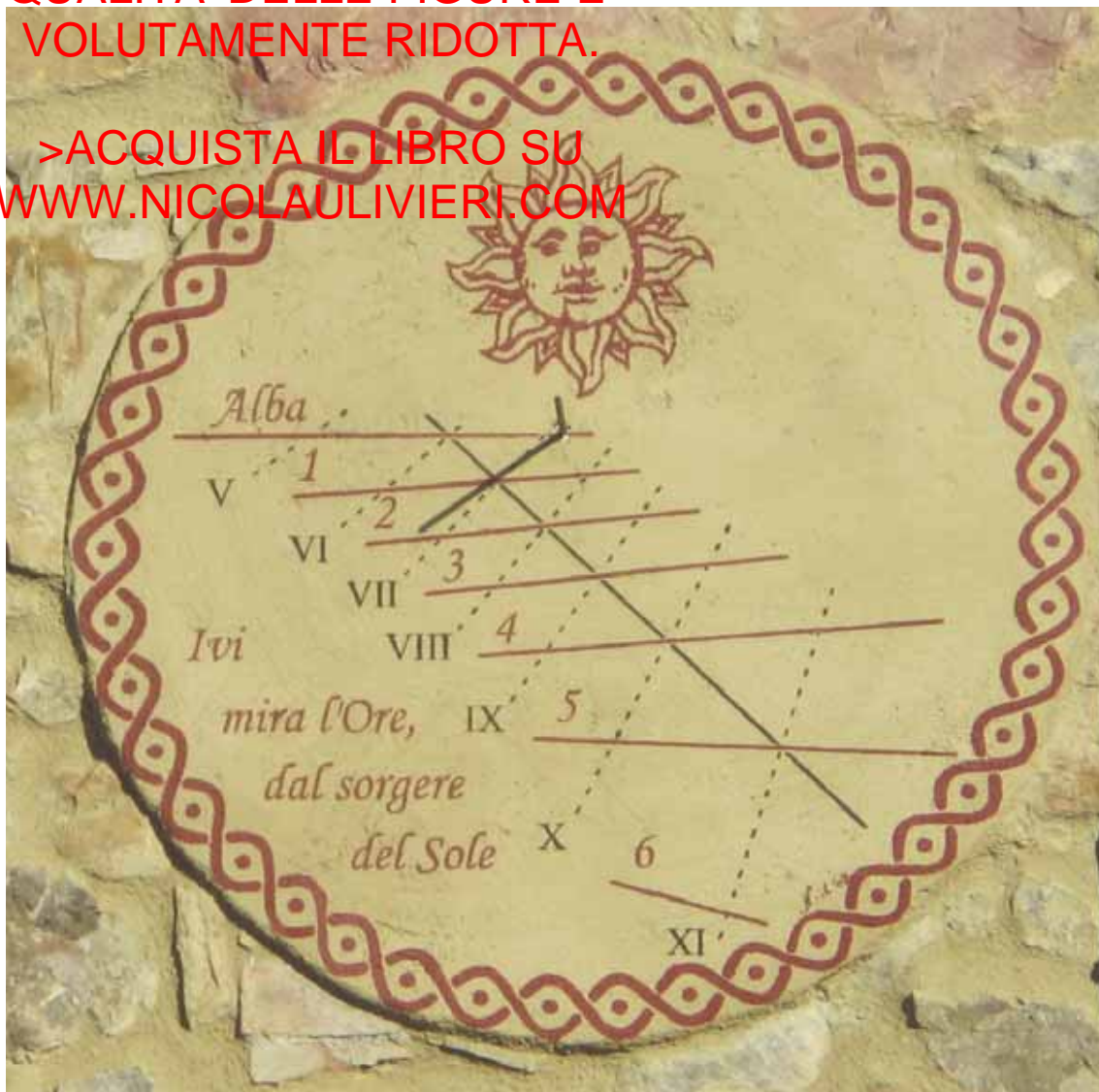
Motto: *"Io Sol Mi Ripeto" (motto originale)*

Note: *I segni zodiacali sono riportati spostati di un segno, per ricordare l'effetto della precessione degli equinozi sul reale percorso del sole nella volta celeste (e per polemizzare con gli astrologi ;-P). Le ore medie sono disegnate in parte con linea continua ed in parte con linea tratteggiata, per indicare l'ora estiva ed invernale. Sull'ora media delle 13, un cerchietto indica il mio compleanno.*

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA

Meridiana 2 della Casa del Treccione, Murlo (SI)
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM



Caratteristiche:

Tipo di quadrante: *Verticale. Colori acrilici su malta.*

Dimensioni: *Diametro 90 cm*

Latitudine: *43°10'27"N*

Longitudine: *11°19'25"E*

Declinazione quadrante: *64°12'47" E*

Tipo gnomone: *Ortostilo.*

Dimensioni gnomone: *H = 20.9 cm (L = 66cm), φ = 0.6cm*

Ore indicate: *Ore vere del luogo (V-XI), Ore babiloniche (Alba-6).*

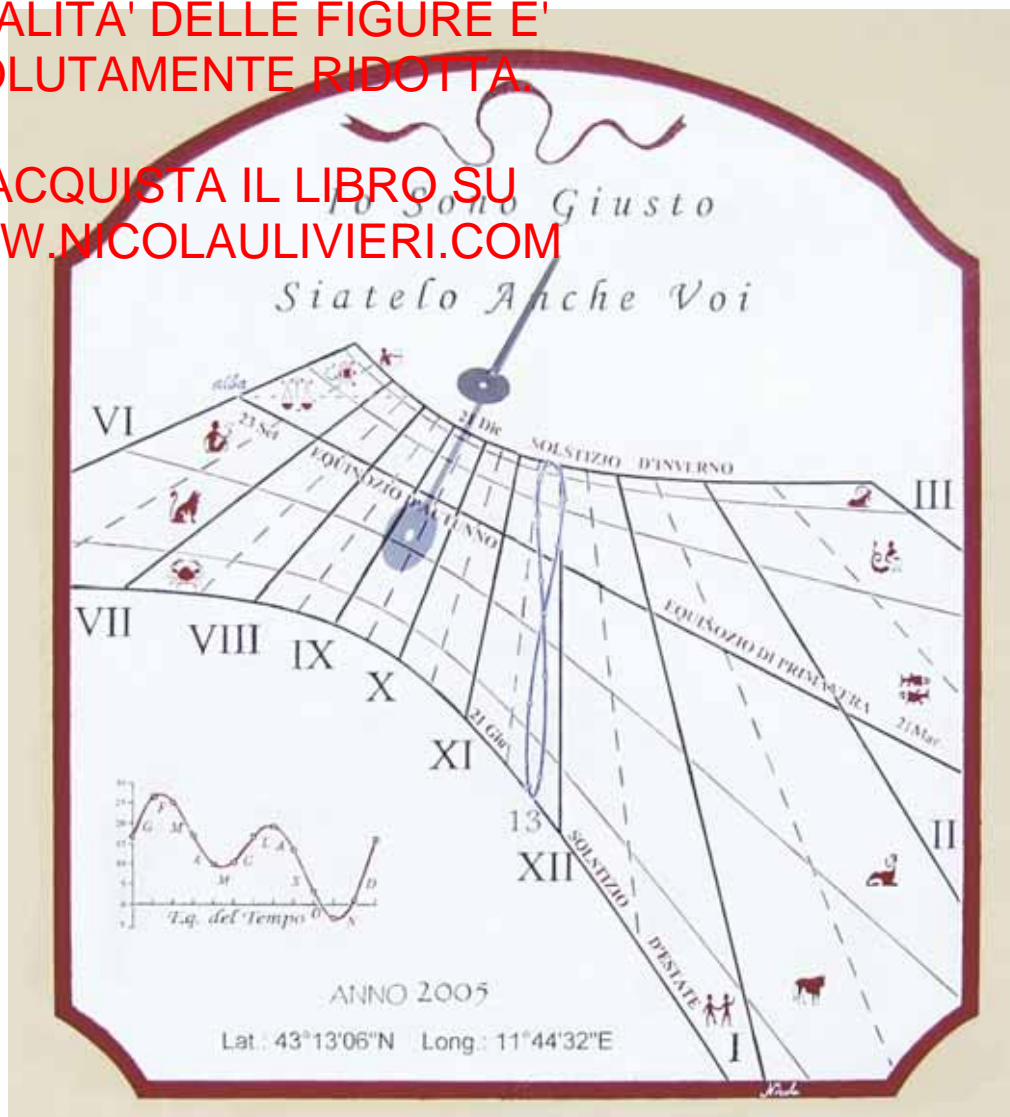
Motto: *"Ivi mira l'ore, dal sorgere dl Sole" (motto originale)*

Note: *La figura del Sole è ripresa da quella presente sulla meridiana portatile che accese la mia curiosità sugli orologi solari [Figura 1].*

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

Meridiana a Sinalunga (SI)

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM



Caratteristiche:

Tipo di quadrante: *Verticale. Idropittura su intonaco.*

Dimensioni: *108 cm × 123 cm*

Latitudine: *43°13'06"N*

Longitudine: *11°44'32"E*

Declinazione quadrante: *29°01'23" E*

Tipo gnomone: *Macchia di luce (foro $\varphi = 10$ mm, disco $\varphi = 6$ cm)*

Dimensioni gnomone: *L = 25 cm, $\varphi = 8$ mm*

Ore indicate: *Ore vere del luogo (VI-III), Ore medie (13), Ore babiloniche (solo l'alba – ora 0).*

Motto: *"Io sono giusto, siatefo anche voi"*

Note: *Il quadrante riporta l'equazione del tempo con aggiunta la correzione del fuso. Sulla lemniscata, tre rombi color oro indicano le date di nascita dei componenti della famiglia per cui ho realizzato il quadrante.*

PAGINE SELEZIONATE DAL LIBRO
"I SEGRETI DEGLI OROLOGI SOLARI"
L'IMPAGINAZIONE PUO' ESSERE
DIVERSA DALL'ORIGINALE E LA
QUALITA' DELLE FIGURE E'
VOLUTAMENTE RIDOTTA.

>ACQUISTA IL LIBRO SU
WWW.NICOLAULIVIERI.COM



L'immagine è un fotomontaggio di una meridiana in fase di progetto al momento della pubblicazione della presente edizione del libro. L'opera sarà realizzata su supporto ceramico.