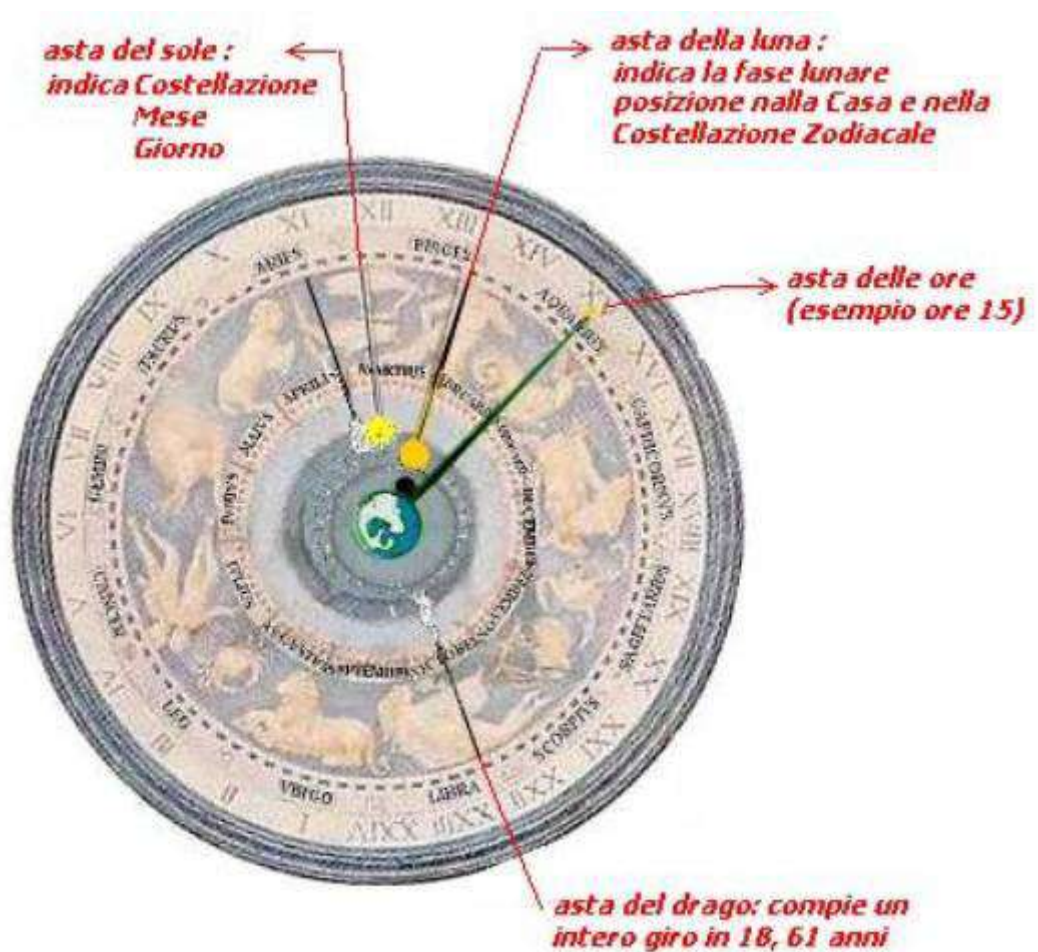


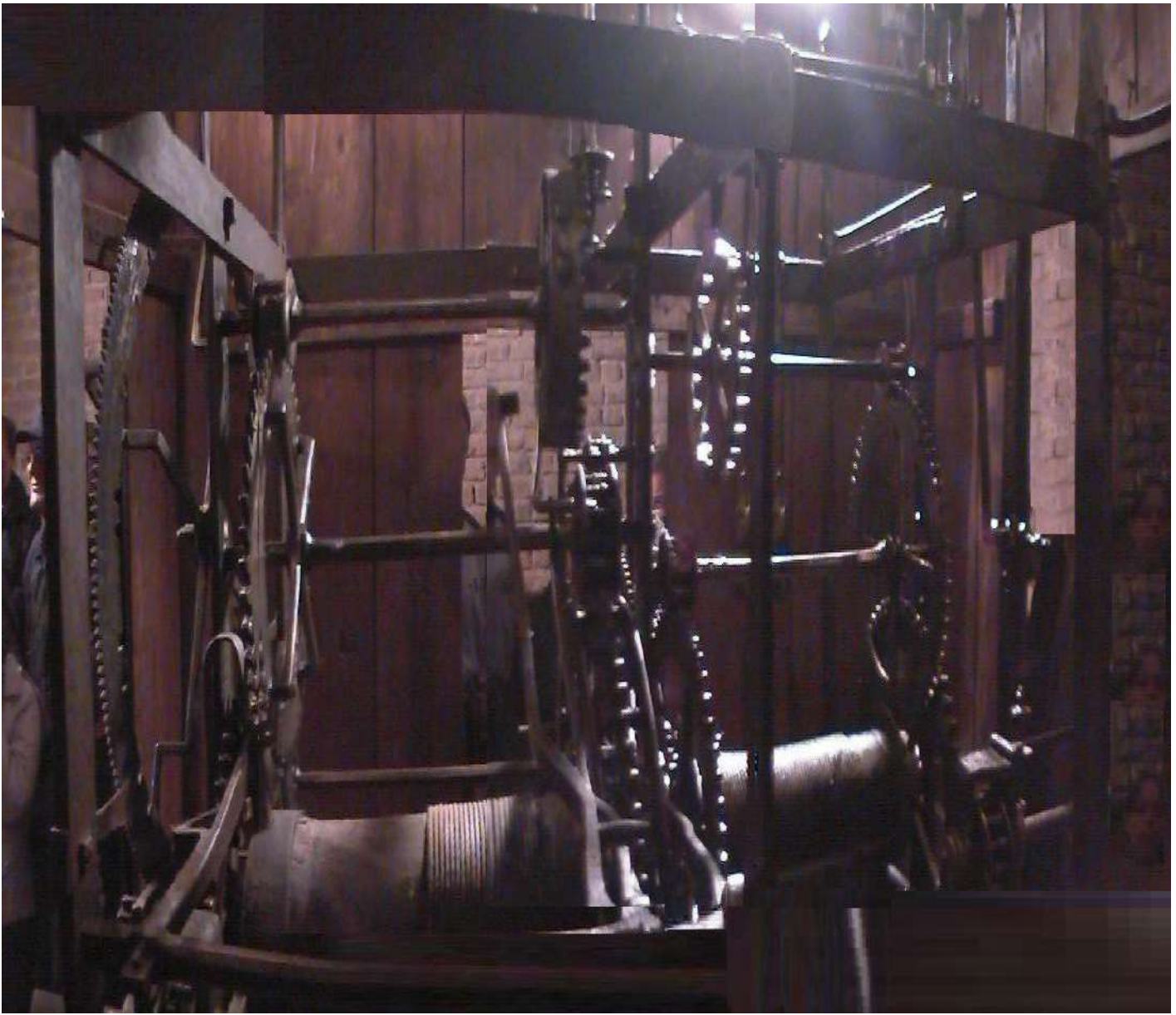
una passeggiata con la classe alla scoperta dell' ...

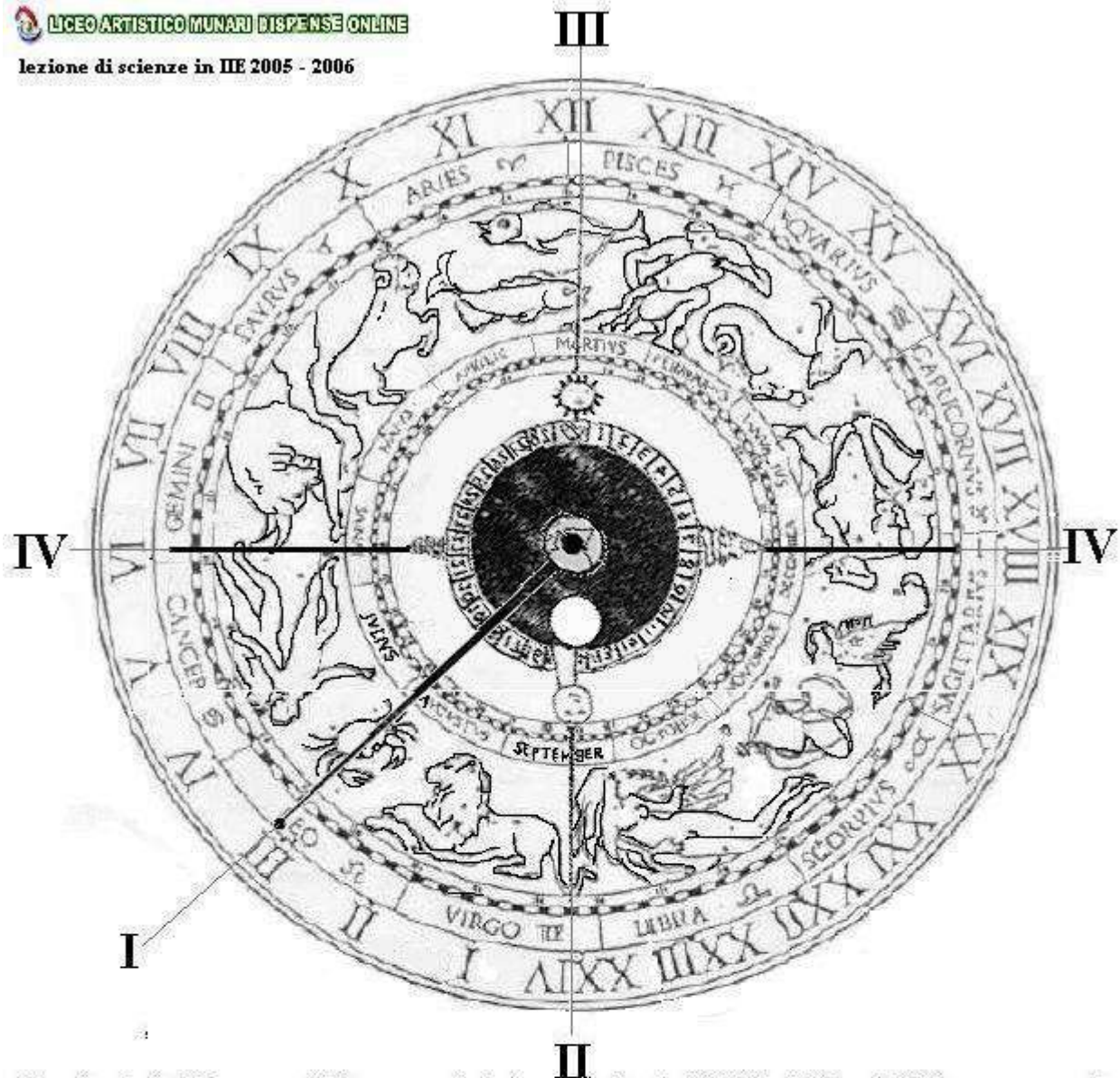
OROLOGIO ASTRONOMICO

DI FRANCESCO E GIOVAN BATTISTA DIVIZIOLI (1583-1588)

(TORRAZZO DEL DUOMO DI CREMONA)







L'orologio del Torrazzo di Cremona è stato costruito da G.F.Divizioli nel 1583 e segue, nella grafica del Planisfero, il sistema geocentrico Tolomaico che prevedeva la Terra al centro dell'universo e Sole, Luna e pianeti del sistema solare ruotanti intorno ad essa in deferenti o orbite perfettamente circolari. (Copernico sviluppa la sua teoria nella prima decade del 1510)

Il Planisfero attuale è opera di P. V. Ferraroni, M. Busini e A. Leani ed è costituito da 8 corone circolari (ore, casa zodiacale nel periodo classico, 180 tacche da 2° , 36 tacche da 10° , le 12 costellazioni dello zodiaco attualmente, mesi, giorni, decadi.

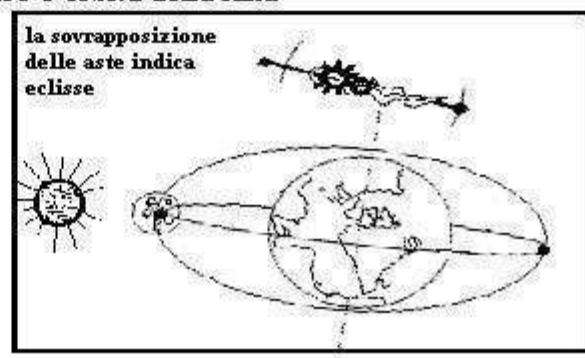
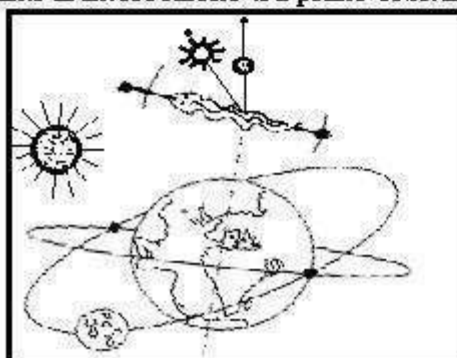
Aste o lance del quadrante:

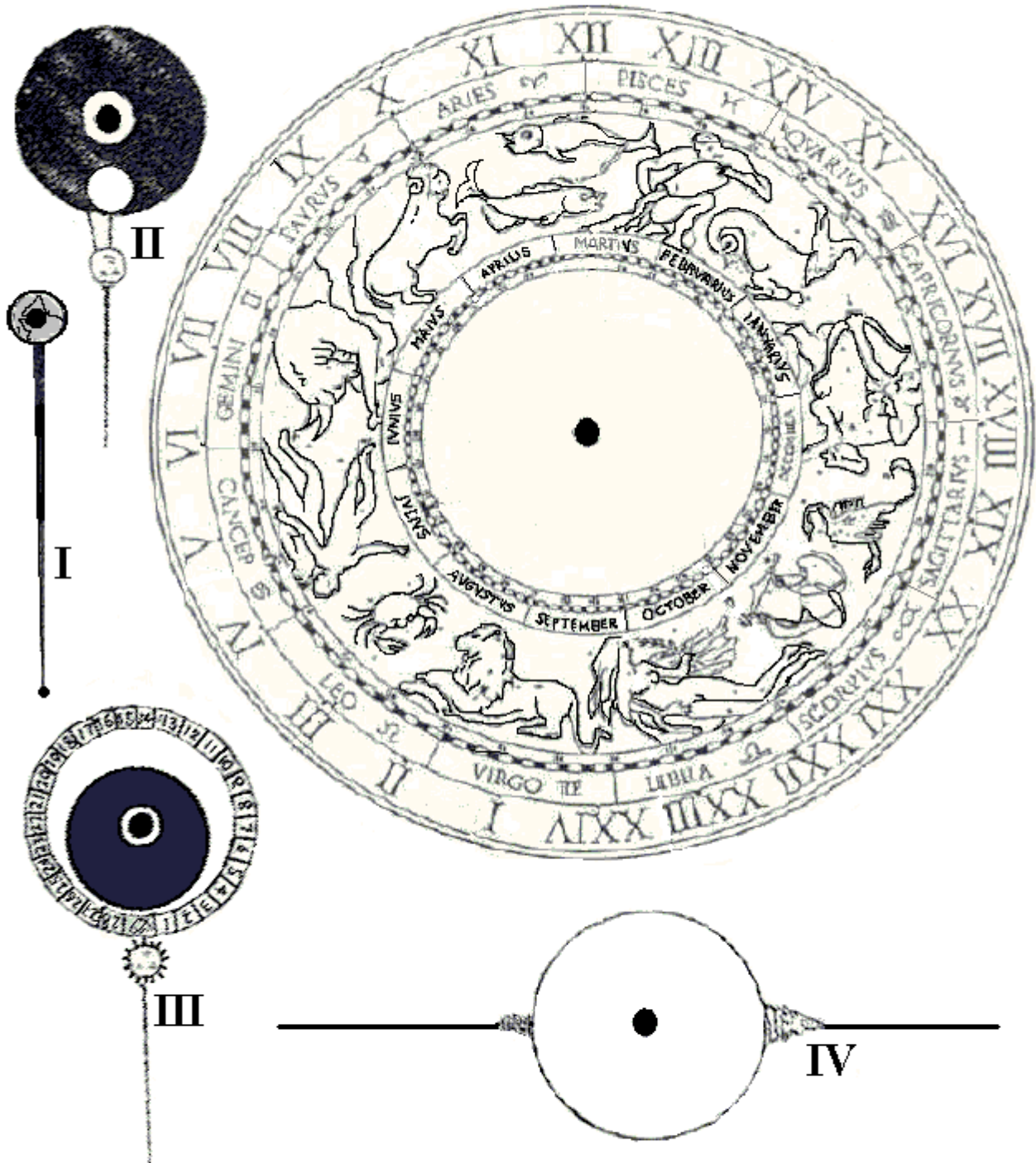
I: asta delle ore da I a XXIV (poggia sul disco centrale che rappresenta la Terra)

II: asta della Luna che compie un giro in 29g 12h 44m 2,8s (poggia sul disco con 29,5 divisioni)

III: asta del Sole che ruota in 365 g e indica mese, giorno e la posizione della terra nello zodiaco

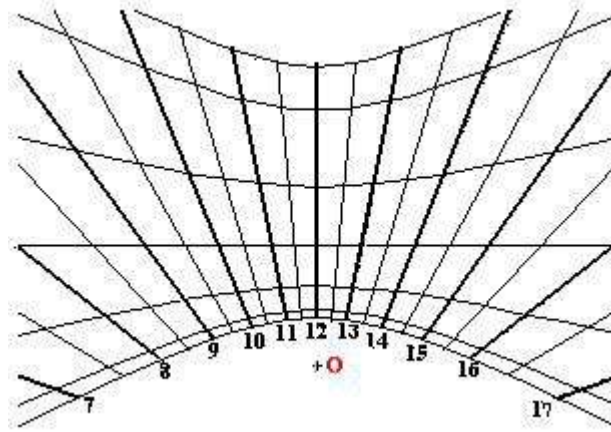
IV: asta del drago (doppia) che compie il giro completo in 18,61 anni e indica la posizione dei punti di intersezione tra piano orbitale terrestre e orbita della luna





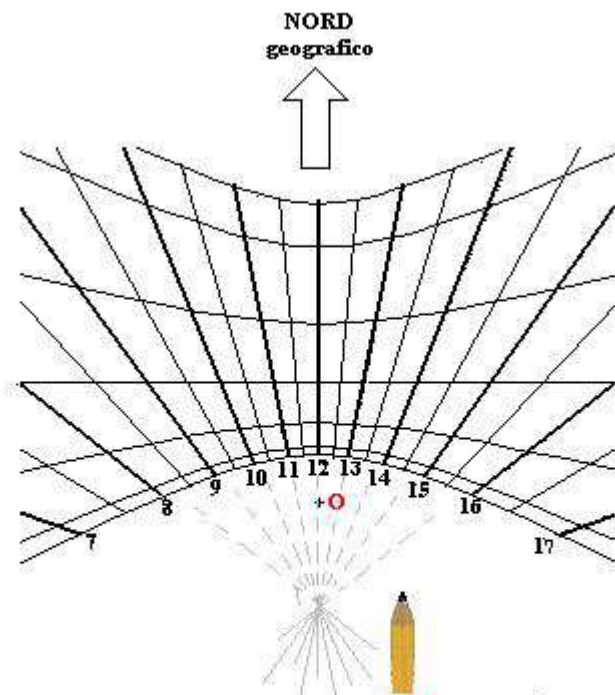
Quadrante orologio Torrazzo di Cremona - liber. tratto da un disegno di Ferraroni
impara a [leggerlo](#) 03_04OROLOGIO

La classe riproduce la [meridiana](#) della torre , descrive il rinnovarsi di [equinozi e solstizi](#) , studia una



[lemniscata](#), ritaglia una [meridiana di carta](#)

e ... [legge](#)

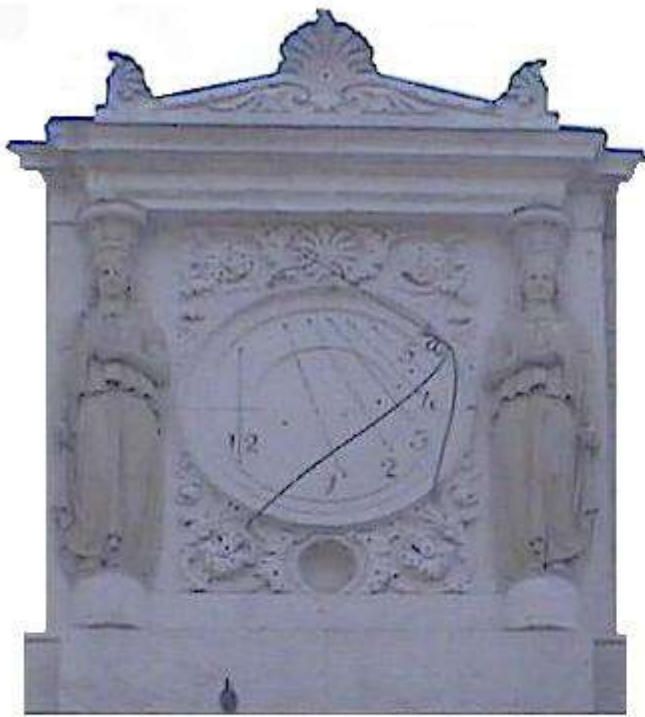


orienta la fotocopia a nord e poni in O una matita come gnomone per osservare l'ora indicata dall'ombra proiettata dal sole sul grafico

il disegno è tratto liberamente da "Astronomia in rete"
Ministero dell'Istruzione, dell'Univ. e della Ricerca

[l'ora](#) di Cremona a 45° di latitudine

In giro per la città alla scoperta di antiche
[meridiane](#)



Facciata di S. Agata (CR)

Facciata Est del Torrizzo



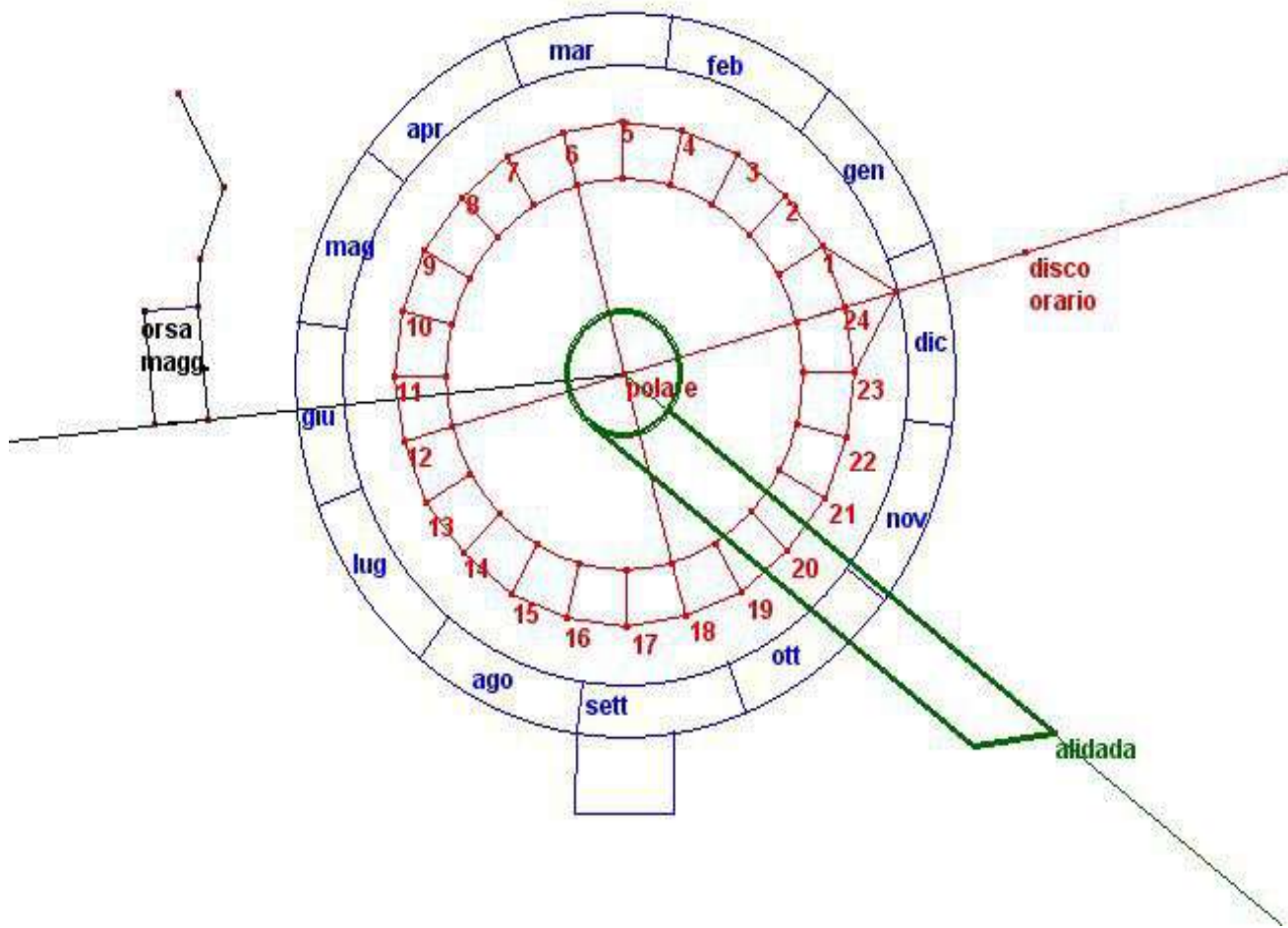
Facciata palazzo Piazza Lodi



e una [sorpresa](#)



**Il giorno dell'equinozio di
autunno il sole entra dal
rosone della facciata centrale
ed illumina nell'abside il
Redentore capolavoro di
Boccaccio Boccaccino 1506**



Istituto Comprensivo "P. Sentati" - Castelleone
LABORATORIO MISURA

TITOLO : Misura della *altezza del sole* a con strumento di misura autocostruito

Prerequisiti : Conoscere i concetti aritmetici di rapporto e proporzione ; conoscere il significato di *altezza del sole* ; saper leggere una cartina e la latitudine del luogo.

Obiettivi

1. Comprendere il significato geometrico di congruenza di angoli e similitudine tra triangoli
2. Costruire uno strumento di misura (telemetro astronomico) più efficace del semplice gnomone per valutare statisticamente, attraverso raccolta e elaborazione dati, le caratteristiche dimensionali di grandezze astronomiche come l'altezza del sole in gradi e la latitudine del luogo.

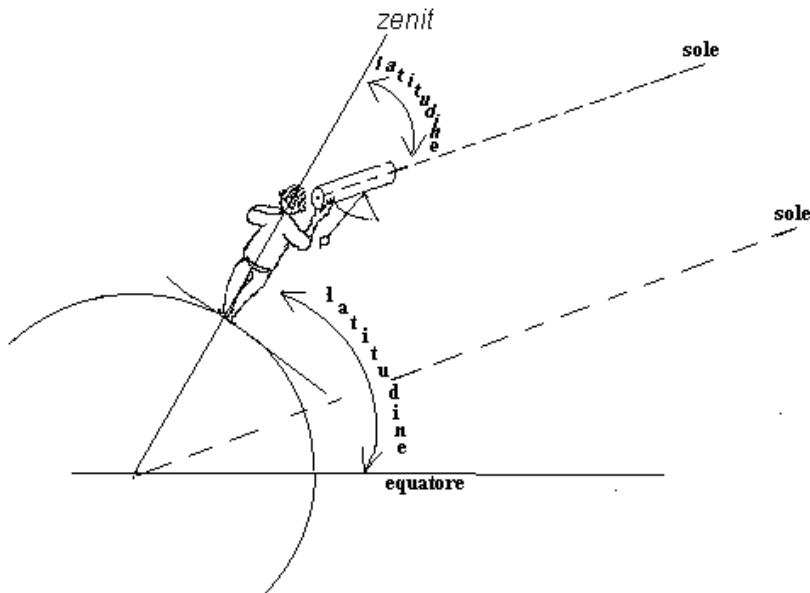
Strumenti e materiali

Tubo di cartone ; goniometro; filo a piombo"; computer con programmi Cabri ed Excel

Premessa teorica

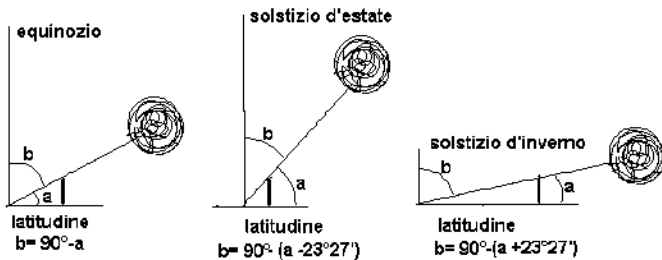
Si intende per *altezza del sole a* la distanza angolare misurata dal sole all'orizzonte lungo il cerchio verticale passante per quel punto.

Si intende per *latitudine b* l'angolo sotteso dall'angolo formato dal piano dell'equatore e lo zenit del luogo : essa è complementare alla colatitudine

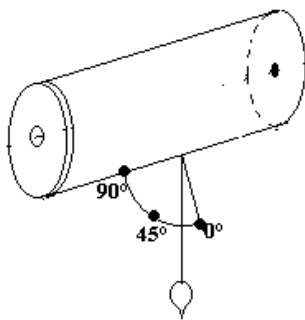


Si intende per *colatitudine* la misura della somma degli angoli relativi alla altezza del sole e alla sua declinazione (all'equinozio la colatitudine corrisponde all'altezza del sole).

Per *declinazione del sole* si intende : di quanto varia in gradi l'altezza del sole rispetto all'equatore celeste (nel solstizio estivo sarà $-23^{\circ}27'$; nell'equinozio sarà 0° ; nel solstizio invernale sarà $+ 23^{\circ}27'$)



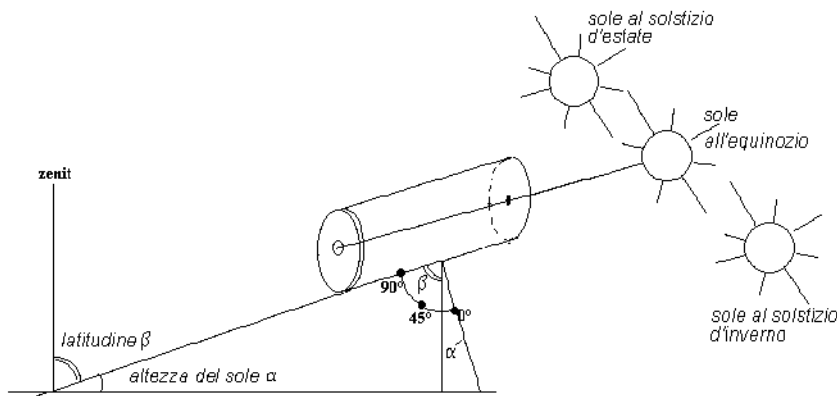
Costruzione del telemetro : lo strumento è costituito da un tubo di cartone chiuso ai due lati : ad una estremità si è praticato un foro/obiettivo di circa 5 mm di diametro, mentre dall'altra parte, uno schermo semitrasparente permette di collimare l'immagine proiettata dal sole nella camera oscura così costruita. Lo strumento è stato dotato di un goniometro (disegnato con Cabri, software in dotazione alla Scuola) al quale è stato fissato un filo " a piombo".



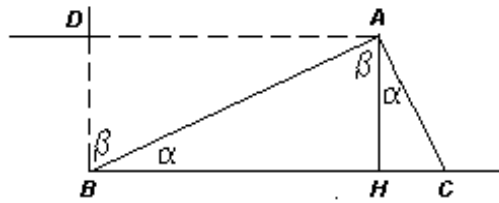
Il goniometro è costruito usando Cabri o Excel (vedi esperienza a parte)

Procedimento da eseguire in loco

Gli studenti si dividono in gruppi e scelgono il punto più adatto (verso sud) alla misura. di a : predispongono il telemetro in modo che la proiezione dell'immagine del sole sullo schermo sia collimata : a questo punto la misura di a sul goniometro sarà indicata dal filo a piombo.



La misura di a sarà sempre accompagnata da data e ora della rilevazione.



Sarà utile notare che i triangoli $\triangle ABH$; $\triangle ACH$ e $\triangle ABD$ sono simili per il 1° criterio di similitudine (angoli congruenti: 90° ; alterni interni β ; complementari $\alpha = 90 - \beta$) e quindi:

HAC corrisponde alla altezza del sole *ABH*
HAB corrisponde alla latitudine *ABzenit*

I dati saranno successivamente rielaborati al computer utilizzando il foglio elettronico di Excel per determinare la media dei valori, lo scarto ed errore

Da si procederà alla misurazione della

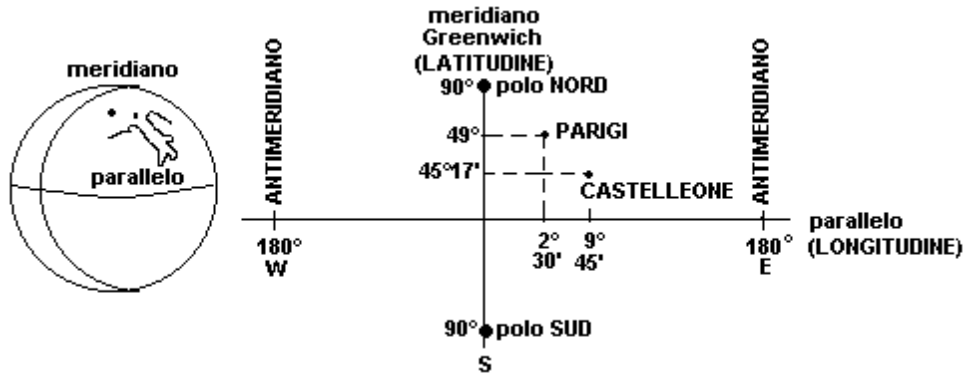
latitudine = $90^\circ - (\alpha - \text{valore della declinazione in quel giorno al mezzogiorno solare})$

La successiva discussione in classe preparerà lo studente alla stesura della relazione finale



COORDINATE GEOGRAFICHE TERRESTRI: astronomiche e azimutali

Sono LONGITUDINE e LATITUDINE



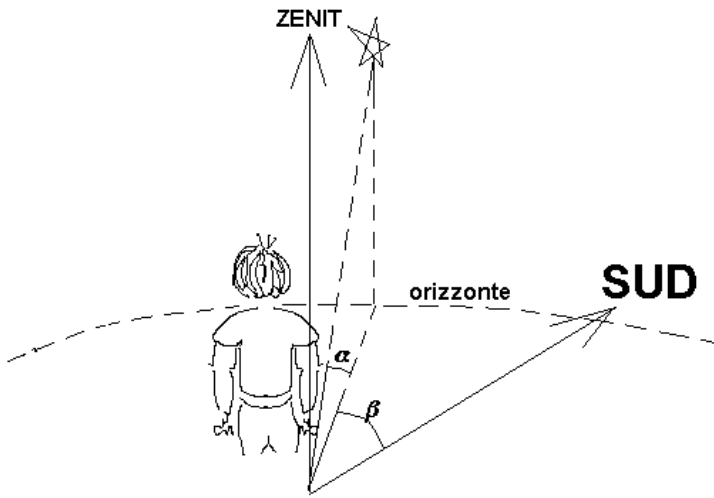
COORDINATE ASTRONOMICHE

ZENIT = punto sopra la testa

ORIZONTE = linea in cui il piano su cui appoggiano i piedi incontra la sfera celeste

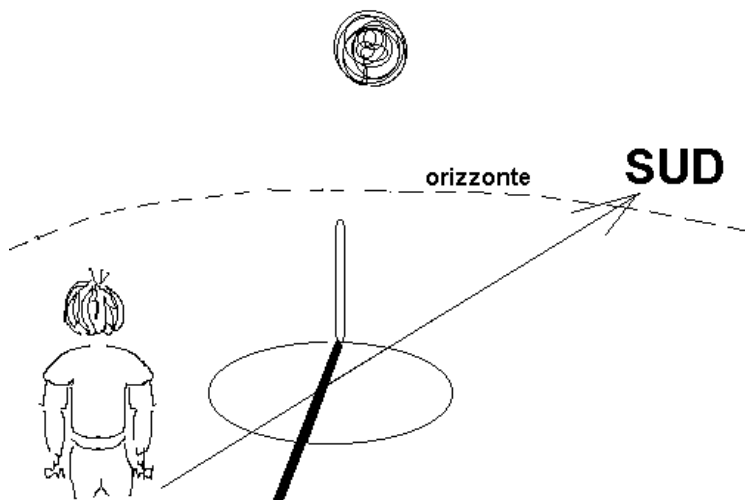
AZIMUT = angolo (beta) tra la proiezione della stella sull'orizzonte e la direzione SUD

ALTEZZA = angolo (alfa) che la stella fa con l'orizzonte

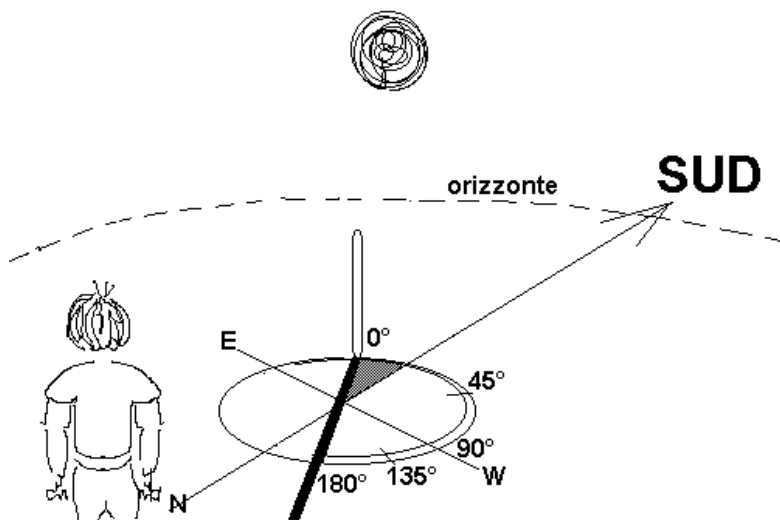


per misurare l'AZIMUT del sole in quel momento faccio così:

1. preparo un cerchio su un cartoncino
2. segno la linea nord sud
3. dispongo il cartoncino in cortile lungo la direttrice N-S usando una bussola
4. sposto il bastoncino lungo la circonferenza sino a che l'ombra del sole incontra il centro

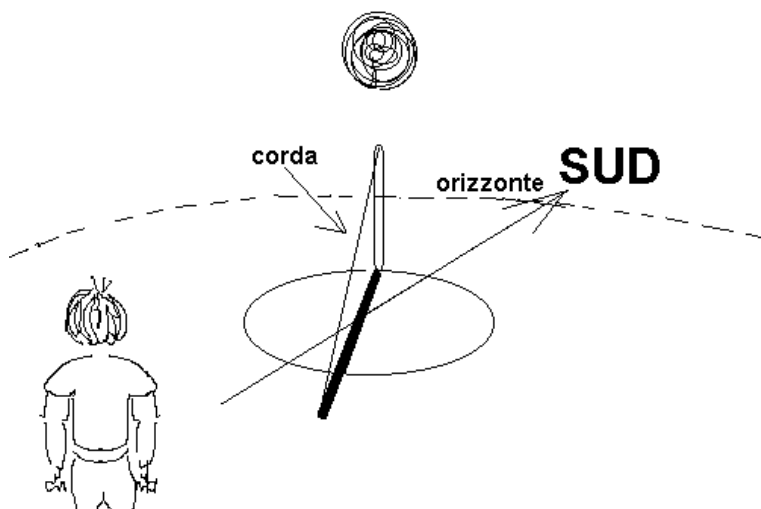


5. faccio coincidere il centro del goniometro con il centro del cerchio e misuro il valore dell'angolo creato dal bastoncino e la direzione nord-sud
6. Ogni gruppo fa la misurazione a quell'ora che viene raccolta in una statistica di classe con misurazione della media dei valori
7. Nel momento di massima culminazione del sole e cioè al mezzogiorno solare , l'ombra coinciderà con il valore azimutale di 0°

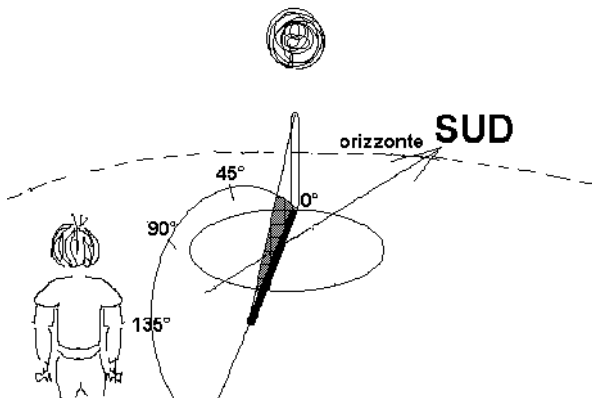


per misurare l'ALTEZZA del sole ad un'ora qualsiasi

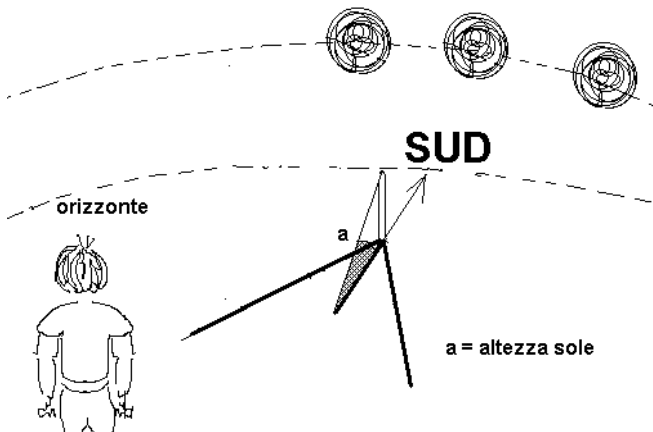
1. dispongo il bastoncino perfettamente " a piombo" usando uno strumento a bolla
2. si fa coincidere una corda tra la parte alta del bastoncino e la fine dell'ombra



- si misura l'angolo formato tra il piano e la corda disponendo il goniometro verticalmente e con il suo 0 nel punto in cui finisce l'ombra
- Ogni gruppo fa la misurazione a quell'ora che viene raccolta in una statistica di classe con misurazione della media aritmetica dei valori degli angoli.



per misurare l'ALTEZZA del sole al mezzogiorno solare vero o culminazione del sole



Dunque : dispongo lo gnomone perfettamente perpendicolare al piano del terreno e misuro la lunghezza dell'ombra ad intervallo ad esempio di 5 minuti costruendo una tabella in cui siano indicate le misure dell'ombra e le corrispondenti misure di tempo nell'intervallo delle 12. Esempio :

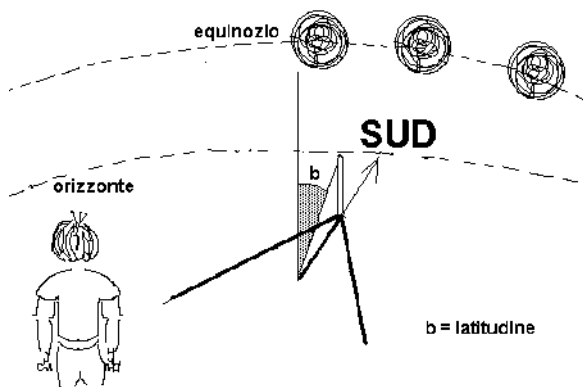
tempo	Misura dell'ombra
11,50	10
11,55	9
12	8
12,05	7
12,10	8
Ecc.	9

Con una tabella simile troverei che la culminazione del sole avviene alle 12,05 (la conferma mi sarebbe data dal fatto che la linea d'ombra più corta coincide con la direzione nord-sud misurata con una bussola.

Al momento della culminazione misuro l'angolo **a** formato dal piano e dalla corda che unisce l'estremo dell'ombra con la sommità dello gnomone: esso rappresenta l'altezza del sole

per misurare l'ALTEZZA del sole al mezzogiorno solare vero e all'equinozio

l'altezza del sole in gradi misurata all'equinozio si dice colatitudine e mi permette di calcolare la latitudine del luogo in cui mi trovo



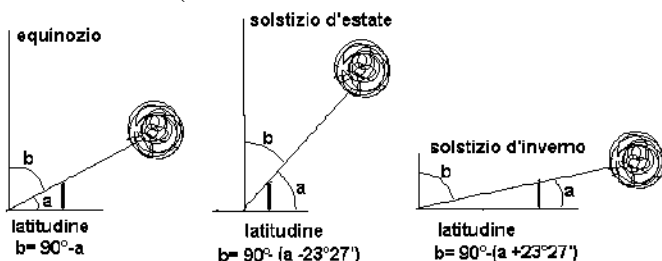
con la formula : latitudine $b = 90^\circ - \text{altezza sole } a$

per misurare l'ALTEZZA del sole al mezzogiorno solare vero e in tutti gli altri periodi dell'anno

nei periodi diversi dal solstizio la colatitudine e cioè l'altezza del sole deve essere corretta per il fatto che il sole in estate è più alto nel cielo , mentre d'inverno è più basso rispetto all'equatore : la correzione si dice declinazione del sole ed è $-23^\circ 27'$ al solstizio d'inverno e $+23^\circ 27'$ al solstizio d'estate

la formula della latitudine sarà :

latitudine = $90^\circ - (\text{altezza misurata del sole} - \text{declinazione del sole})$



il programma Eratostene permette di misurare anche la circonferenza della terra seguendo la procedura :

1. contatto una scuola e mi accordo su un giorno specifico in cui verranno fatte misurazioni di altezza del sole nel momento preciso del mezzogiorno solare ; es.:

città	ora solare (ora legale)	misura dell'altezza del sole	differenza tra le altezze	360°: differenza tra altezze	Distanza tra le città sulla carta in km	Circonferenza terrestre
Cuneo	Ore 13 e 31 m	A = 53°	B - A = 7°	360°/(B-A)= 360°:7°=51 volte	C = 696 km	C*360°/(B-A)= 35.496
Palermo	Ore 13 e 8 m	B = 60°				

Per chiarire posso immaginare di ripetere l'esperimento tra l'equatore e il polo nord

città	ora solare (ora legale)	misura dell'altezza del sole	differenza tra le altezze	360°: differenza tra altezze	Distanza tra le polo ed equatore in km	Circonferenza terrestre
Polo nord		A = 90°	B - A = 90°	360°/(B-A)= 360°:90°=4 volte	C = 8874 km	C*360°/(B-A)= 35.496
Equatore		B = 0°				

TITOLO : Costruzione di un goniometro

Obiettivi

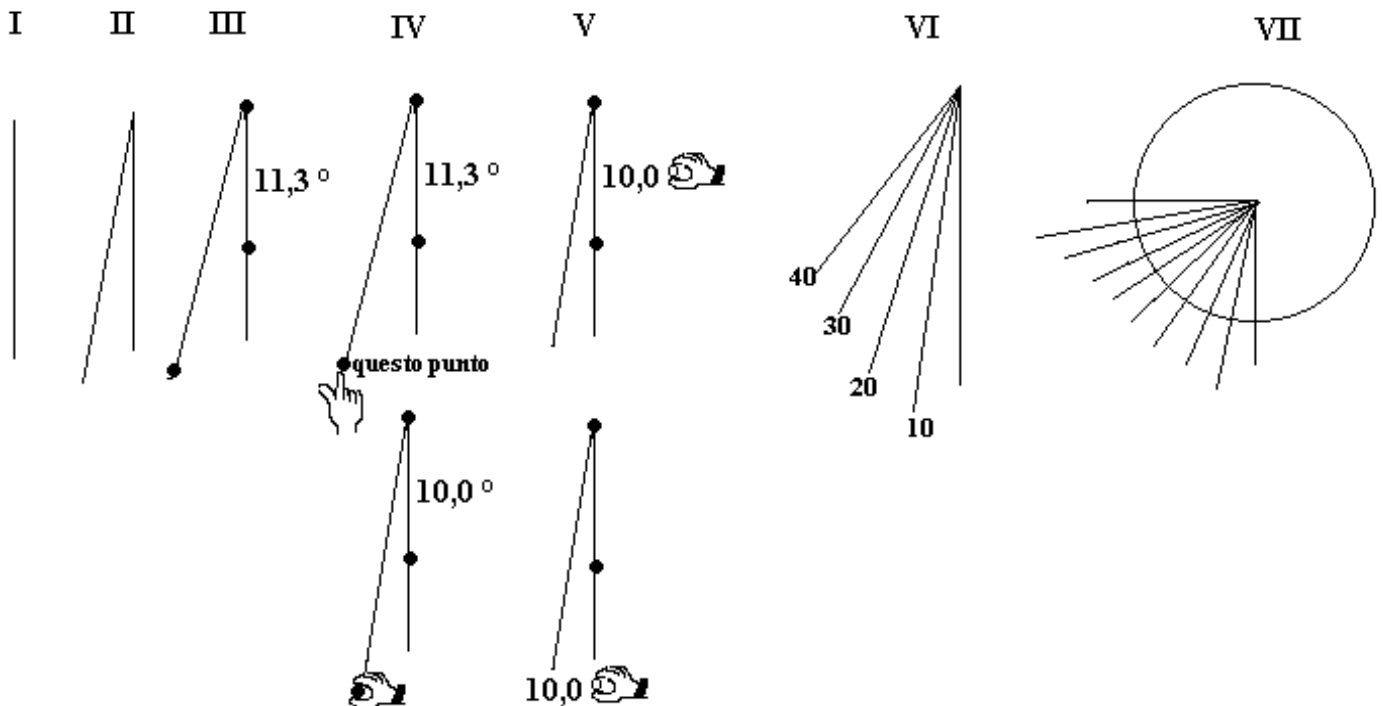
1. Saper misurare angoli
2. Costruire un goniometro con Cabri
3. Costruire un goniometro con Excel.

Strumenti e materiali

computer con programmi Cabri ed Excel; stampante

Costruzione del goniometro con Cabri (procedura : in maiuscolo metterò i comandi del programma ; in minuscolo le operazioni secondo procedura; TS = Clicco tasto sinistro mouse)

- I. Apro CABRI - FILE - NUOVO - TS su SEGMENTO - traccio segmento verticale dall'origine
- II. TS su SEGMENTO - traccio segmento obliquo dall'origine
- III. TS su MISURA DELL'ANGOLO - TS in lato/vertice/lato - appare il valore in gradi dell'angolo sotteso dai due segmenti -
- IV. Avvicino il cursore all'estremità del secondo segmento e osservo che , tenendo premuto TS, il punto si sposta e contemporaneamente cambia il valore dell'angolo - fisso $10,0^\circ$
- V. Punto sul segno di grado in 10° - TS e sposto il numero
- VI. Traccio un nuovo segmento - ripeto l'operazione di misura dell'angolo sotteso con il primo segmento disegnato e colloco opportunamente il valore di 20° ripetendo la procedura per 30° ; 40° fino a 90° ; l'elaborato può essere stampato
- VII. TS su CIRCONFERENZA per completare il goniometro



Costruzione del goniometro con Excel: apro EXCEL; incolonna dati (esempio 10 x 36 volte); evidenzio la colonna e INSERISCI GRAFICO TORTA TENERE PREMUTO... ; l'elaborato può essere stampato

Alla Scoperta Degli Orologi Solari



STONEHENGE

Un'ora.....

per una storia che dura da un po'

INTRODUZIONE ALL'ARGOMENTO

A volte visitando chiese o ammirando vecchi palazzi o piazze, ci si accorge di strani ed astrusi disegni, riportati sulle pareti o sui pavimenti con scritte talora in latino, con numerose linee, curve e numeri che, a prima vista, non dicono niente.

Sulle pareti, il più delle volte, si trovano anche dei pezzi di ferro a triangolo o con altre forme più complicate e lavorate o dei semplici stilette diritti, perpendicolari o inclinati rispetto alla parete. Altre volte lo gnomone è un foro, chiamato *foro gnomonico*, che è posto sopra la meridiana

Tutti questi elementi fanno parte di un oggetto unico chiamato: *orologio solare*.

Lo scopo di questa lezione è di imparare a conoscerli, saperli interpretare e di costruirli.

Dopo una breve introduzione alla storia della scienza che li studia, la "Gnomonica", affronteremo l'argomento prima dal punto di vista teorico e poi da quello costruttivo.

UN PO' DI STORIA

Lo studio della misura del tempo ha sempre affascinato la natura umana, infatti ci sono giunte dall'antichità numerose testimonianze di questa attività.

L'astronomia, cioè lo studio sistematico dei cieli, è importante per conoscere l'ora di giorno e di notte, per orientarsi nei viaggi ed anche per tenere nota dell'avanzare delle stagioni. Quest'ultima funzione divenne importante quando si formarono i primi insediamenti abitativi stabili e gli agricoltori ebbero bisogno di un calendario per seguire il ciclo annuale delle stagioni e quindi dei lavori e dei raccolti.

Ad esempio era preferibile che le pecore partorissero a primavera, quando c'era l'erba nuova; e la semina doveva essere fatta in autunno, quando la terra era ancora abbastanza calda da far germogliare i semi.

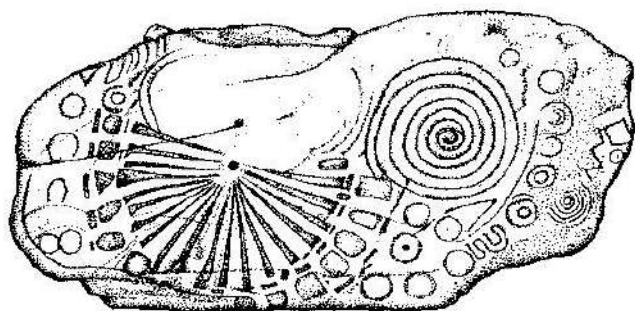
Alcuni dei più antichi osservatori astronomici di cui è rimasta traccia hanno dimensioni monumentali e sfruttano la presenza di elementi naturali combinati ad obelischi di pietra, che venivano usati come mire e traguardi.

Tra gli esempi più noti il famoso Stonehenge: un osservatorio solare e lunare risalente al V millennio a.c.

Gli archeologi danno anche notizia di un orologio solare orizzontale, ritrovato in Irlanda ed inciso su pietra (Sundial Stone) nel complesso archeologico di Newgrange, risalente al III millennio a.c.



Stonehenge



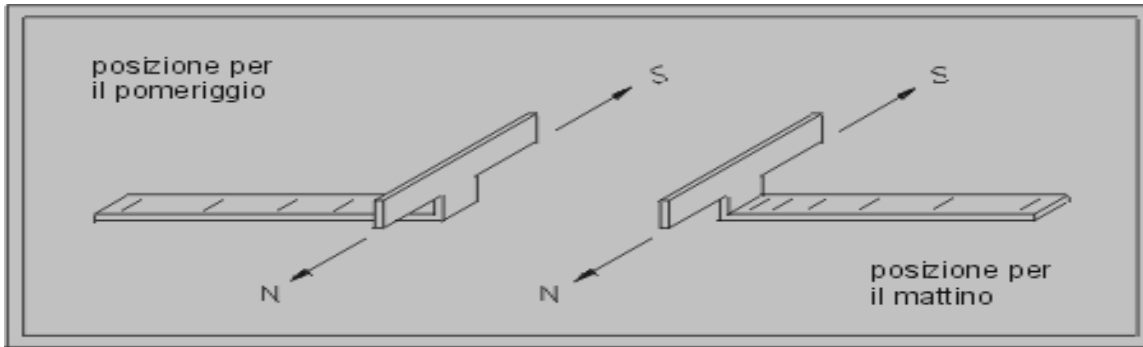
The Sundial Stone

L'invenzione degli orologi solari è molto antica, infatti, alcuni indizi archeologici indicano che probabilmente le prime civiltà scientificamente evolute, stabilitesi tra il Tigri e l'Eufrate attorno al IV e III millennio a.c. (Babilonesi, Ittiti, Sumeri) disponessero di strumenti solari, ma non sappiamo quali frazioni di tempo usassero come unità di misura.

Gli astronomi babilonesi usarono strumenti più raffinati dei cerchi di pietra e fecero notevoli progressi: tra l'altro furono loro a dividere il cerchio in 360 gradi, suddivisi a loro volta in 60 minuti e 60 secondi di arco.

In altre regioni, come in Egitto, circa nel 1500 a.c., già si costruivano orologi solari portatili con forme particolari: evidentemente a quei tempi erano già comunemente usati.

Gli orologi solari egizi rappresentano uno stadio avanzato di tecnica costruttiva.



Orologio solare da viaggio Egiziano

Le prime notizie certe, sul tentativo di costruzione di un orologio solare, ci provengono dagli storici Claudio Salmasio e Dionisio Petavio che indicano in Anassimandro, filosofo greco vissuto circa nel 600 a.c. a Sparta, come il primo che cercò di creare un orologio solare orizzontale con gnomone perpendicolare al piano.

Lo gnomone prende il nome appunto da un verbo greco “gnomon” che si traduce con “indicare”: infatti, lo gnomone è un indicatore!

Lo studio dell'ombra prodotta dallo gnomone affascinò il filosofo che riuscì, dopo numerosi studi ed osservazioni, a tracciare la linea equinoziale e le curve solstiziali. E' anche probabile che Anassimandro conoscesse le ore, ereditate forse dalla cultura egizia e se, sul suo orologio, tracciò le linee orarie, lo possiamo considerare veramente uno strumento completo.

Potrebbe essere questa la cronaca, del primo esperimento di misura del tempo, di cui la storia abbia reso memoria. Gli studiosi comunque, non avendo prove concrete su cui basarsi, considerano l'orologio di Anassimandro come l'inizio della scienza gnomonica.

Il periodo in cui gli orologi solari ebbero una grande diffusione ed i grandi filosofi si dedicarono allo studio tecnico di questa disciplina, può considerarsi solo a partire dal IV o III secolo a.c. Apollonio di Perge fu uno dei primi a compiere studi matematici e Beroso Caldeo, forse proveniente dalle terre dell'Eufrate, modificò il più comune orologio solare detto "emisfero" trasformandolo nel più noto dell'antichità: lo "emiciclo".



Emisfero

L'emisfero e l'emiciclo, sono gli unici orologi solari che testimoniano l'uso delle ore quali dodicesima parte del giorno.

Prima che divenissero popolari, era correntemente in uso nella Grecia un metodo di misura del tempo detto "Stoicheion".

Aristofane adoperava questo termine per indicare uno strumento per la misura del tempo basato sulla misura dell'ombra proiettata dal proprio corpo, quando si è in piedi.

La misura era effettuata nell'unità detta "piede" e, in genere, erano menzionati i momenti principali della giornata, come per esempio quello della cena, che doveva tenersi, quando "l'ombra dello Stoicheion era di dieci piedi".

Questo metodo, essendo molto semplice ed immediato nell'applicazione, fu adottato anche dai Romani e rimase in uso fino al Rinascimento.

Dal III secolo a.c., dopo le innovazioni apportate da Beroso Caldeo, gli orologi solari in Grecia vennero riprodotti in gran quantità e in molte forme, delle quali l'unica testimonianza ci è data dall'autorevole fonte del più noto architetto dell'antichità: Vitruvio Pollione.



Orologio del Pastore

La sua opera "De Architectura" costituisce la più antica ed importante documentazione sulla gnomonica di quell'epoca: infatti, è l'unico in cui si tratta specificamente di gnomonica per un intero libro, il IX, relativamente alle diverse categorie di orologi solari ed i loro inventori, infatti è qui che è menzionata la trasformazione dell'antico "emisfero" in "emiciclo" effettuata da Beroso. Vitruvio Pollione descrisse numerosi orologi solari dell'antichità e la sua opera è oggi considerata la base di partenza per tutti gli studiosi di questa scienza.

Dopo i Greci anche i Romani li utilizzarono e negli scavi archeologici ne troviamo tracce molto evidenti. Il più famoso è sicuramente l'orologio di Cesare Augusto, senz'altro la più grandiosa testimonianza gnomonica giunta dal passato.

L'opera fu uno dei tanti progetti voluti dall'imperatore Cesare Augusto, mirati alla sistemazione architettonica del Campo Marzio. Così, fra l'Ara Pacis ed i portici di Agrippa, al centro di un grande parco, ordinò che si costruisse un grandioso orologio solare.

Un obelisco egiziano, trafugato da Eliopolis nell'anno 12 a.C. e trasportato a Roma con enormi chiatte, costituiva lo gnomone.

L'opera fu inaugurata il 9 d.C. e, a quanto riporta Plinio, fu realizzata da un personaggio detto "Fecondo Novo" ma non sappiamo se questo fosse il vero nome o solo un tributo al suo intelletto.

Si potrebbe ipotizzare che Augusto avesse incaricato un esperto greco per la realizzazione, questi potrebbe essere Epigene di Bisante che, secondo Seneca, si distinse all'epoca di Augusto come affermato studioso di gnomonica, tanto da essere denominato Epigene Gnomonico.



Obelisco Egiziano

Claudio Tolomeo, attivo ad Alessandria d'Egitto nel II secolo d.c., elaborò tavole astronomiche che restarono in uso per circa un millennio, ma le inesattezze di queste tavole finirono per ostacolare lo sviluppo di vere e proprie teorie astronomiche.

Un impulso allo studio della gnomonica arrivò dai Benedettini, i quali trascrivendo gli antichi testi latini, greci e pagani misero a disposizione culture antiche ed in parte dimenticate. Il santo, attorno al 529 d.c., dettò la "Regola" che comprendeva tra le altre cose, l'osservanza dei riti religiosi ad ore ben precise: la prima, la terza, la sesta e la nona.

Fu questo uno dei motivi per cui nei monasteri, si riprese a studiare la misurazione del tempo: non ci furono comunque avanzamenti nella tecnica costruttiva e progettuale. I monaci per gli Uffici notturni usavano le clessidre o dei ceri che si consumavano in tempi noti.

Dobbiamo aspettare alcuni secoli per veder entrare in scena prepotentemente gli gnomonisti arabi. La nostra conoscenza della strumentazione astronomica del mondo medioevale islamico, si basa

essenzialmente su due fonti: gli strumenti conservati nei vari musei e nelle collezioni private ed i trattati manoscritti sulla fabbricazione e sull'uso degli strumenti, presenti nelle biblioteche europee e mediorientali.

Gli strumenti sono numerosissimi: più di seicento astrolabi, qualche dozzina di quadranti e meridiane, anche se in maggioranza appartengono al periodo successivo alla fase creativa della scienza islamica, che si protrasse dall'VIII al XV secolo.

Di grande importanza fu la traduzione ed il commento di molte opere scientifiche alessandrine. Sono disponibili moltissimi testi, diversi dei quali, scritti nel primo periodo della scienza islamica. Alcuni descrivono strumenti più interessanti dell'astrolabio e delle meridiane, resta comunque da dire che molti non sono mai stati classificati e che si trovano in diverse raccolte di manoscritti scientifici arabi, ma anche persiani e turchi, conservati nelle biblioteche del Medio Oriente e dell'India.

Nell'anno mille gli gnomonisti arabi già usavano la trigonometria per i calcoli per la costruzione degli orologi: ben settecento anni prima di quanto avvenne da noi.

A Bagdad, nel X secolo furono compilate tavole per facilitare la segnatura delle curve sulle meridiane verticali, con inclinazione a qualsiasi angolo rispetto al meridiano per tutte le latitudini. Svilupparono la meridiana polare, la meridiana equatoriale e lo gnomone allineato al polo celeste, che è il punto attorno al quale sembra ruotino le stelle e le costellazioni in 24 ore.

Le conoscenze astronomiche islamiche vennero diffuse in Europa dopo l'occupazione della Spagna e la successiva espulsione: Toledo divenne un centro specializzato nella costruzione di astrolabi!

Dall'anno mille in avanti la gnomonica europea non fece passi significativi ed innovativi, si restò legati all'uso della geometria. Ricordiamo il grande astronomo e gnomonista tedesco Giovanni Regiomontano, costruttore dell'orologio rettilineo universale che porta il suo nome. Fu anche il primo a stampare le tavole astronomiche, rendendo più accessibile la costruzione di strumenti adatti alla misurazione del tempo.

Nel secolo XV fanno la loro prima comparsa gli orologi solari murali di grandi dimensioni e comunque recanti una novità assoluta rispetto alle antiche meridiane canoniche: lo stilo disposto parallelamente all'asse terrestre che, come è facile immaginare, è un'innovazione importata in Europa dai paesi arabi dopo che i crociati fecero ritorno dalle loro campagne contro gli "infedeli". Probabilmente gli Arabi avevano già adottato da secoli l'assostilo negli orologi ad ore astronomiche.



Johann Müller (1436 - 1476), si era iscritto all'università di Vienna all'età di 13 anni, divenendo dunque discepolo di Peurbach. Nativo di Königsberg, assunse poi il nome latinizzato di "Johannes de Regio Monte", dal nome della città natale, e quindi di "**Regiomontanus**"

Tutto il Rinascimento è caratterizzato da un lento progresso di studi esclusivamente geometrici sulla gnomonica teorica e sui metodi di costruzione degli orologi solari principali, cui erano affiancati esperimenti, con strumenti non ortodossi, ma questo solo in epoca relativamente tarda.



Cristoforo Clavio

Cristoforo Clavio ci ha lasciato un'opera fondamentale, una piccola enciclopedia tecnica dal titolo "Gnomonices libri octo", dal quale prendono spunto tutti i successivi autori fino al nostro secolo, che raccoglie tutte le "dottrine" dei predecessori e tutti i suoi metodi originali, dovuti a decenni di studi gnomonici.

L'eredità di Clavio si può dire che fu raccolta subito dopo da un altro gesuita, altrettanto grande, noto come Athanasius Kircher.

Kircher era un uomo che parlava disinvoltamente 18 lingue, tra cui il cinese. La sua sconfinata erudizione non risparmiò la gnomonica, intesa da lui, non solo come lo studio delle ombre gettate da uno gnomone su tutti i piani possibili, ma come integrazione delle diverse discipline esistenti. I concetti espressi nel suo trattato "Omnia in Omnibus" funzionavano anche per gli orologi solari i quali cominciarono a segnare non solo le ore astronomiche, italiche, temporarie, planetarie e canoniche, ma anche le posizioni dei pianeti nelle rispettive costellazioni e persino le indicazioni più disparate relative al calendario civile e religioso: una gnomonica a 360 gradi.



P. ATHANASIVS KIRCHERVS FVLVDENSIS
è Societ: Iesu Anno ætatis LIII.

Honoris et observantiz ego sculpsit et D.D. C. Bloemaert Romæ 2 Maij A. 1655.

Kircher fu l'unico che seppe distaccarsi da tutti, inventando una sua gnomonica scaturita dal suo pensiero, dalle sue convinzioni, dalla sua speranza di pace che nasceva non solo dal suo animo religioso, ma anche dall'averne a che fare con la "luce di Dio".

Il periodo dell'Illuminismo vede protagonista un interesse generale, a cominciare dagli studi di Cartesio, rivolto alla ricerca di metodi grafici e soprattutto analitici per la realizzazione di tutti i tipi di orologi solari. In particolare, nel primo decennio del XVIII secolo, furono resi noti i primi metodi trigonometrici per il tracciamento delle linee orarie "per punti".

Picard ed altri personaggi illustri dell'epoca misero a punto alcuni metodi per tracciare orologi solari murali di grandi dimensioni con molta precisione.

Ormai la trigonometria ed il metodo analitico avevano preso il sopravvento negli studi gnomonici e così la maggior parte dei libri che furono pubblicati in quel periodo erano basati sulle nuove metodologie.

Nel XIX secolo con l'entrata in vigore del tempo medio locale e del tempo medio nazionale, gli studiosi si rivolsero ancora una volta all'antica disciplina, apportando la necessaria modifica che prevede, in un orologio solare verticale murale, l'introduzione di una curva a forma di 8 allungato detta lemniscata o analemma.

L'**analemma** descrive la posizione del sole nei diversi giorni dell'anno e ci dà la differenza tra il tempo segnato dalla vecchia meridiana e quello solare reale.

Per avere l'ora esatta dovremmo quindi sommare o detrarre i minuti corrispondenti al giorno in cui facciamo la misura.

Questo avviene a causa del moto di rivoluzione terrestre: quando la terra si trova in **afelio**, la sua velocità è minima perché si trova alla distanza massima dal sole, mentre in **perielio** è massima perché la sua distanza dal sole è minima.

Il moto non uniforme ed ellittico provoca la differente durata delle giornate e la diversa lunghezza dell'ombra dello gnomone proiettata sulla meridiana

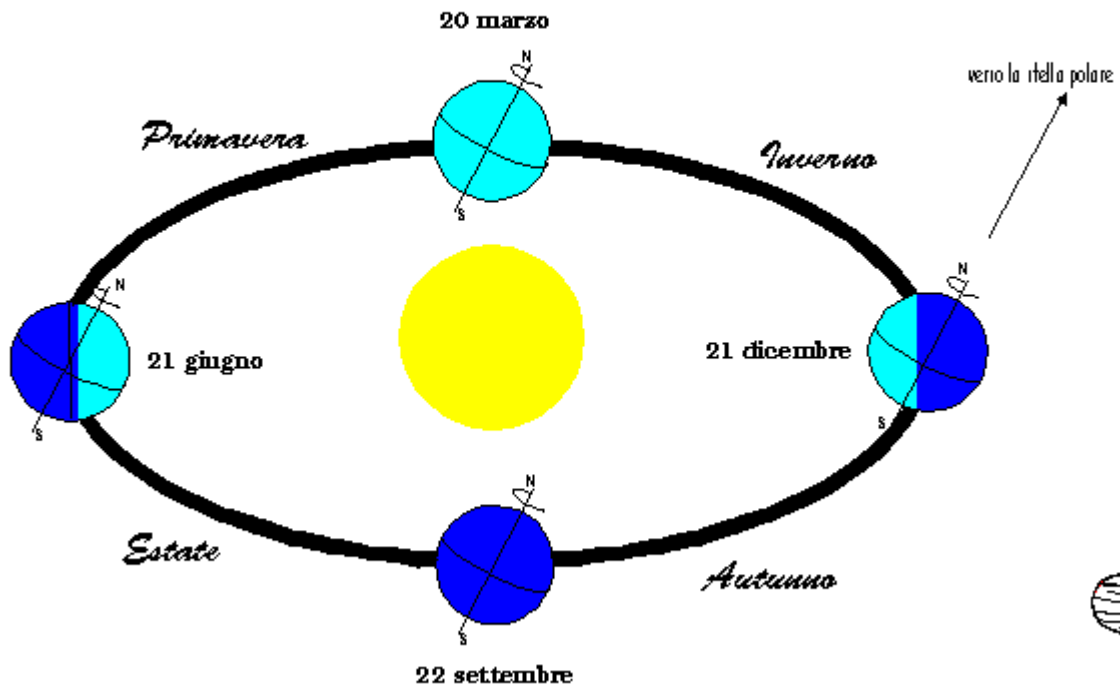
Dalla fine dell'800 e nei primi decenni del XX secolo si riscontra ancora un apprezzabile interessamento agli orologi solari, soprattutto nel mondo accademico ma l'incessante sviluppo dell'arte meccanica, ed in particolare dell'orologeria meccanica, mette al tappeto il vecchio e superato orologio solare in un lasso di tempo brevissimo

RUDIMENTI

DI

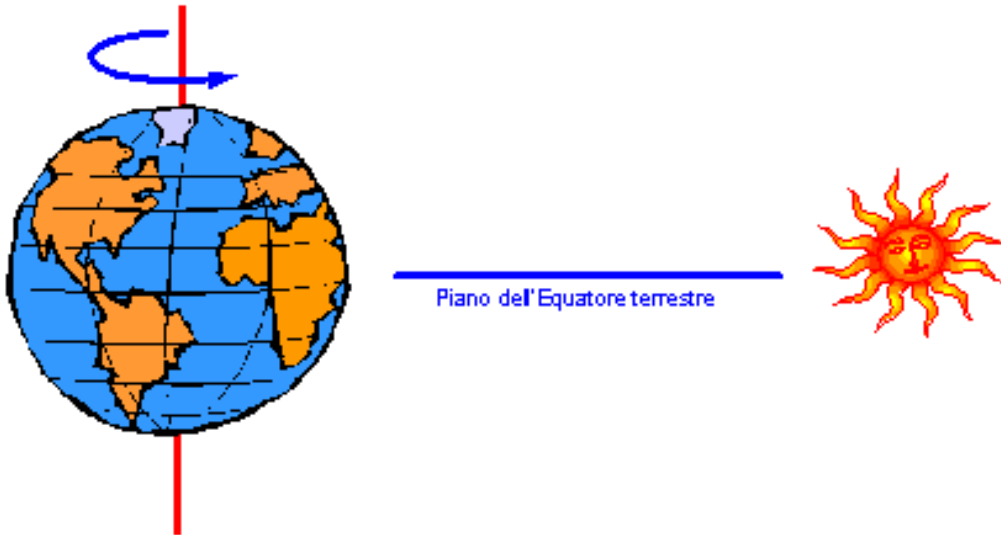
ASTRONOMIA

La terra intorno al sole e le stagioni

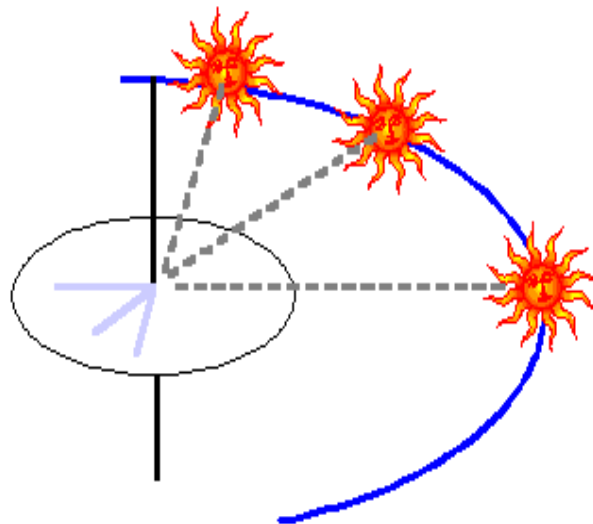


Funzionamento degli orologi solari

Immaginiamo, semplificando la situazione reale, che il Sole sia permanentemente posizionato, nei confronti della Terra, all'altezza dell'Equatore. Poiché la Terra ruota attorno al proprio asse compiendo un giro completo in 24 ore, se vi fosse un abitante sul Sole che osserva il nostro pianeta, questi vedrebbe in un giorno intero passare davanti a sé tutti i meridiani terrestri.



Poiché un giro completo è costituito da una rotazione di 360° l'abitante del Sole vedrebbe ruotare la Terra di 15° ogni ora. Per reciprocità nei confronti dell'abitante solare noi, abitanti della Terra, vediamo il Sole girarci attorno alla velocità di 15° all'ora. Se dalla Terra eliminassimo tutto e lasciassimo solo il piano equatoriale e l'asse polare, questo creerebbe un'ombra sull'Equatore che ruoterebbe in sincrono con il movimento apparente del Sole.



L'ombra, sarà proiettata dalla parte opposta del Sole, spazzerebbe il piano equatoriale alla velocità di 15° all'ora e tale ombra potrebbe essere considerata come una enorme lancetta di orologio. Per misurare il tempo è possibile costruire un oggetto in formato ridotto che possa ricreare la stessa condizione dell'Equatore e dell'asse polare.

Un disco di legno con un bastone perpendicolare fissato al suo centro, potrebbe essere sufficiente. Se lo diamo ad un abitante posto sul Polo Nord e questi lo tiene con il bastoncino in posizione verticale (ed il disco ovviamente orizzontale), ecco che si è creato un modello ridotto e portatile dell'Equatore terrestre. Se esponiamo al Sole questo modello, il bastoncino creerà un'ombra sul disco che si muoverà alla velocità di 15° all'ora.

Se ci spostiamo sulla superficie terrestre e abbiamo cura di conservare inalterati l'orientamento del disco e del bastoncino rispetto allo spazio, tale strumento diventa universale potendosi utilizzare a qualunque latitudine.

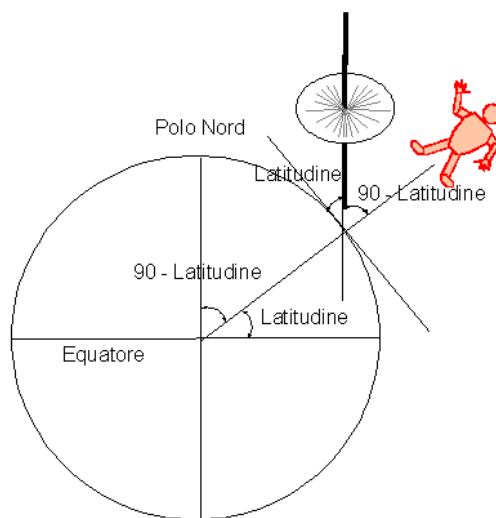
Rispetto all'orizzonte, che è il nostro piano di riferimento naturale, la posizione dello strumento deve comunque cambiare.

Polo Nord

Alla nostra latitudine

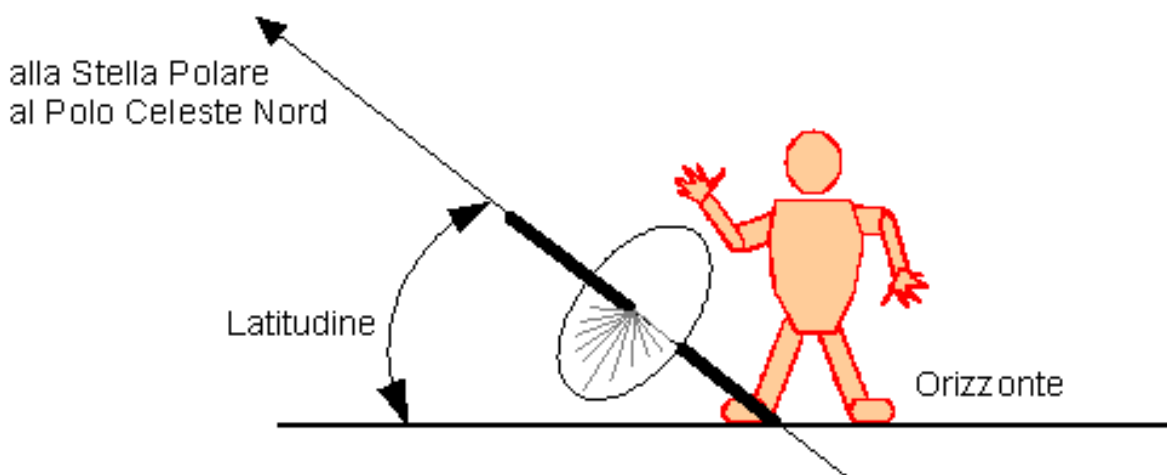
All'equatore

Come si può facilmente desumere da questa figura, dove la Terra è vista in proiezione laterale, il disco deve risultare sempre parallelo al piano dell'Equatore e il bastoncino parallelo all'asse di rotazione terrestre.



Il bastoncino viene a formare con il piano dell'orizzonte un angolo pari alla latitudine del luogo.

Passando dalla vista generale della Terra ad una vista locale si ottiene una situazione come questa



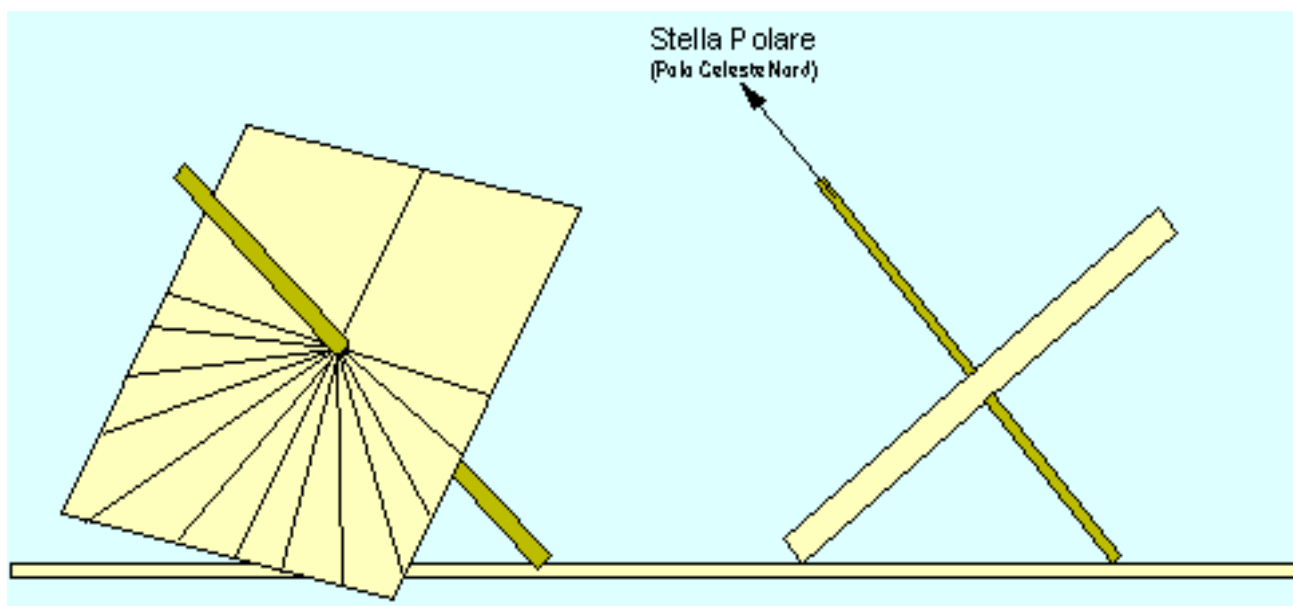
Uno strumento, che misura con uniformità il movimento del Sole attraverso la sua ombra, è un orologio solare. Poiché il piano del disco è orientato parallelamente all'Equatore tale strumento prende il nome di Orologio Solare Equatoriale.

La sua costruzione ed il suo posizionamento sono estremamente semplici. Sarà sufficiente tracciare sul disco dei raggi, che partono dal centro e formano tra di loro angoli di 15° , per avere individuato la posizione che l'ombra del bastoncino assumerà ad ogni ora intera.

Poiché un orologio solare funziona solo di giorno sarà sufficiente segnare le ore dalle ore 6 del mattino alle ore 18 di sera.

Per facilitarne l'orientamento ed il posizionamento, il piano equatoriale, anziché a forma di disco esso potrebbe essere realizzato con una tavoletta quadrata.

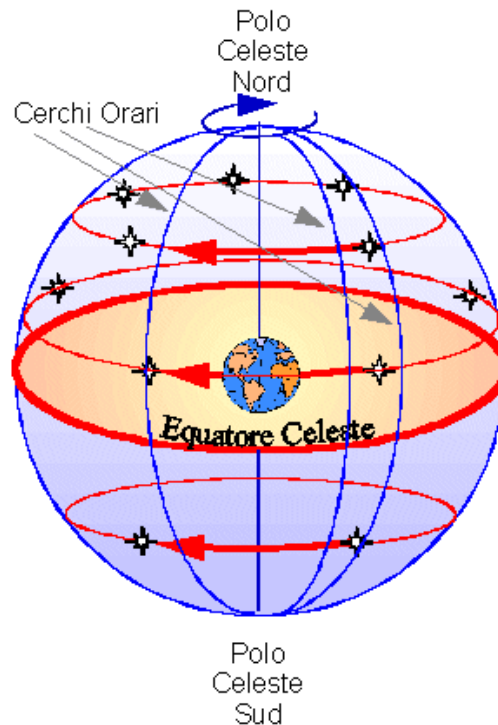
In questa maniera, dimensionando opportunamente il bastoncino nella parte inferiore esso potrebbe costituirne il supporto di appoggio, garantendone l'opportuna inclinazione rispetto all'orizzonte.



Le ore ed il moto apparente del Sole.

Il cielo viene rappresentato come un sfera ideale sulla cui superficie si muovono gli astri e al cui centro è posta la Terra e prende il nome di Sfera Celeste.

Su di essa si possono proiettare punti e cerchi di riferimento della Terra in modo tale che essa sia un modello espanso della Terra stessa.



In particolare sulla sfera sarà presente un Equatore (Celeste), i Poli, i meridiani che, in questo caso, prendono il nome di Cerchi orari.

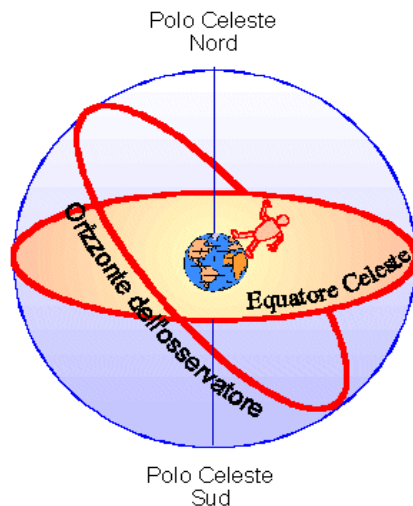
La Sfera Celeste è dotata di un moto di rotazione attorno all'asse polare in senso orario. Questo moto, evidenziato dalla continua e uniforme rotazione di tutti gli astri (stelle, Sole, Luna, pianeti) è solo apparente ed è dovuto alla rotazione della Terra. E' opportuno considerare ferma la Terra e dotare di moto di rotazione la Sfera Celeste.

Per tale effetto tutti gli astri descrivono sulla S.C. in un giorno esatto dei cerchi di raggio diverso, in base alla loro distanza dall'Equatore. Se ad un astro qualunque associamo un cerchio orario, tale cerchio spazza la S.C. al ritmo di 15° all'ora per tornare nella sua posizione iniziale dopo 24 ore.

Esso costituisce quindi una sorta di enorme e virtuale lancetta di orologio (è per tale motivo che a tali cerchi è stato dato l'aggettivo di "orario").

La S.C. rappresentata in figura è generale, cioè non fa riferimento a nessuna particolare località.

Se prendiamo un osservatore posto alle nostre latitudini (circa 45°), la situazione vista dall'esterno dello spazio apparirebbe così



Abbiamo introdotto un nuovo cerchio: l'orizzonte dell'osservatore.

Esso è quel piano ideale che taglia in due la S.C. e separa le cose visibili da quelle invisibili.

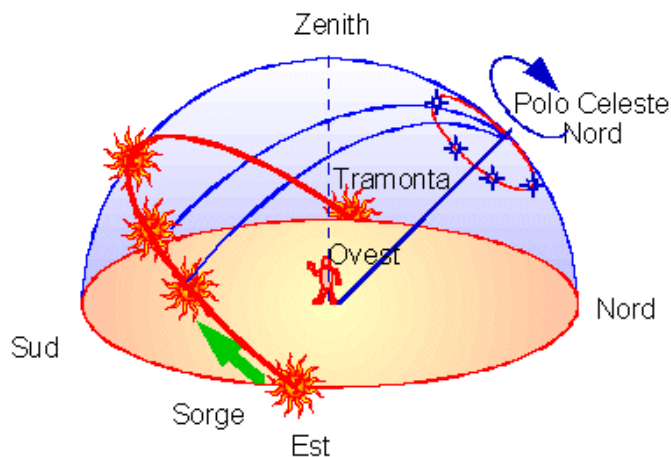
Tutto quello che è sopra l'orizzonte è visibile, quello che è al di sotto è invisibile.

E' la base su quale poggia quella semicupola popolata dagli astri che noi chiamiamo cielo. Ogni osservatore ha un proprio orizzonte, così che sulla sfera celeste esistono infiniti orizzonti tanti quante sono le possibili località della Terra.

Sulla sfera Celeste ovviamente viene disegnato solo l'orizzonte dell'osservatore.

Limitandoci ora a rappresentare solo la mezza Sfera Celeste a noi visibile: ecco come si presenta per le nostre latitudini.

L'Equatore Celeste risulta inclinato rispetto all'orizzonte locale; tutti gli astri sorgono ad Est (che sta sulla destra dell'osservatore con la faccia rivolto a Nord) e tramontano ad Ovest.



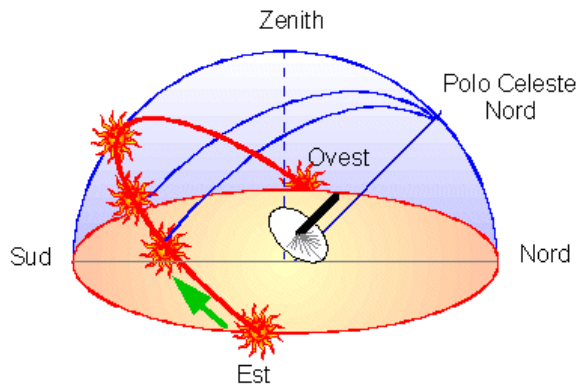
Il loro percorso nel cielo risulta tagliato dall'orizzonte tranne per quegli astri molto vicini al Polo Celeste Nord che restano sempre sopra l'orizzonte.

Tali astri sono sempre visibili (non sorgono né tramontano mai) come ad esempio l'Orsa Maggiore. Tutti gli astri, visibili o non, lontani o non dall'Equatore percorrono un cerchio completo.

Per essere più tecnici diciamo che un cerchio orario di un astro percorre 360° in 24 ore e quindi 15° in un'ora. Per quello che riguarda il Sole, supponiamo inizialmente per semplicità che esso sia sempre posizionato sull'Equatore Celeste.

Come si può facilmente notare il suo arco diurno (dal sorgere al tramonto, dal punto cardinale Est a quello Ovest) è diviso esattamente a metà dal semicerchio che passa per i punti Nord - Polo Celeste Nord - Zenith - Sud.

Questo è un particolare cerchio (passando per il Polo Celeste Nord è un cerchio orario) che prende il nome di Meridiano dell'osservatore.

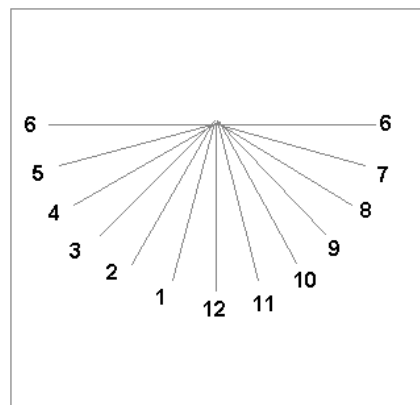


Quando il Sole è in meridiano, esso è a metà del suo percorso e raggiunge la massima altezza sull'orizzonte: è l'istante in cui i nostri orologi segnano Mezzogiorno.

Possiamo prendere tale istante come riferimento per misurare il tempo; così un'ora più tardi (all'una) il Sole si sarà spostato sull'Equatore di 15° , alle due di 30° e così via.

Il discorso vale altrettanto per le ore antimeridiane: alle ore 11 il Sole sarà 15° prima del passaggio in meridiano, alle 10, 30° ecc. Ecco quindi associato il nostro sistema orario alla posizione del Sole in cielo ed anche alle ombre che esso proietta sul nostro quadrante Equatoriale.

Dalla figura si comprende come debba essere posizionato il quadrante cioè con la linea delle ore 12 a contatto con l'orizzonte e perché le linee orarie siano tracciate solo sulla parte più bassa del disco.



Per amor di precisione occorre aggiungere che il Sole, a causa del suo moto apparente annuo (in realtà rivoluzione della Terra attorno ad esso) non sempre giace sull'Equatore Celeste (anzi non vi è quasi mai) ma si sposta un po' più a Nord ed un po' più a Sud (dando così origine al fenomeno delle stagioni).

Il suo percorso sopra l'orizzonte sarà quindi diverso durante l'anno, a volte più lungo, altre più corto ma la sua velocità di rotazione (essendo comune a tutti gli astri) rimane quella di 15° all'ora.

La conseguenza di questo fatto è che l'ombra continuerà a muoversi uniformemente tra le linee segnate ma, in base al periodo dell'anno, potrà essere più lunga o più corta

COSTRUZIONE DI

UN QUADRO

UNIVERSALE

A MERIDIANA

ORIZZONTALE

PREMESSA

Nella figura possiamo vedere com'è un quadro universale finito.

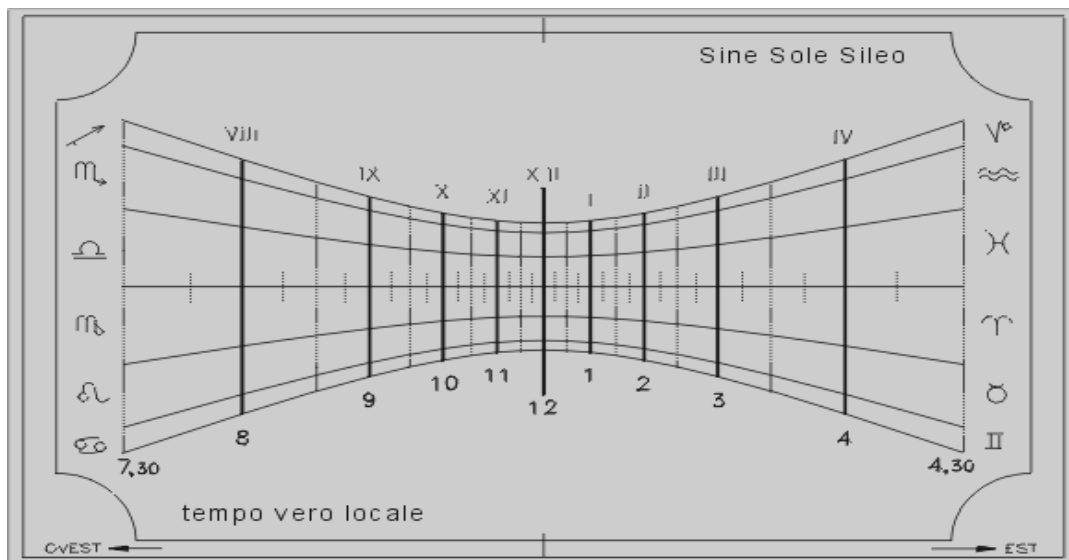
Le rette perpendicolari all'asse delle ascisse sono chiamate **rette orarie**, in particolare notiamo che in grassetto sono indicate le ore intere, con linea più lieve le mezz'ore.

L'ordinata delle ascisse si definisce tecnicamente **linea equinoziale**.

La lunghezza dell'ombra proiettata dallo **gnomone** varia con le stagioni, per questo motivo dovremo costruire delle linee che tengano conto di queste variazioni.

Tali linee sono delle "iperboli" e sono chiamate **linee diurne**, esse delimitano delle zone corrispondenti ai segni dello zodiaco.

La meridiana funzionerà perciò anche da calendario, perché la fine dell'ombra proiettata dallo gnomone andrà a colpire la zona interessata nel momento della lettura.



PROCEDURA PER LA COSTRUZIONE DEL QUADRO UNIVERSALE

Le operazioni da svolgere per la costruzione del quadro universale si possono così riassumere:

- assegnazione del tipo e delle misure dello gnomone
- costruzione dello gnomone
- esecuzione dei calcoli per determinare i valori di X ed Y
- trasporto dei valori sul quadro universale e costruzione della meridiana
- finitura del piano con inserimenti personali
- fissaggio dello gnomone sul quadro
- assemblaggio del supporto d'orientamento
- fissaggio del quadro universale al supporto d'orientamento
- taratura ed impostazione del supporto d'orientamento

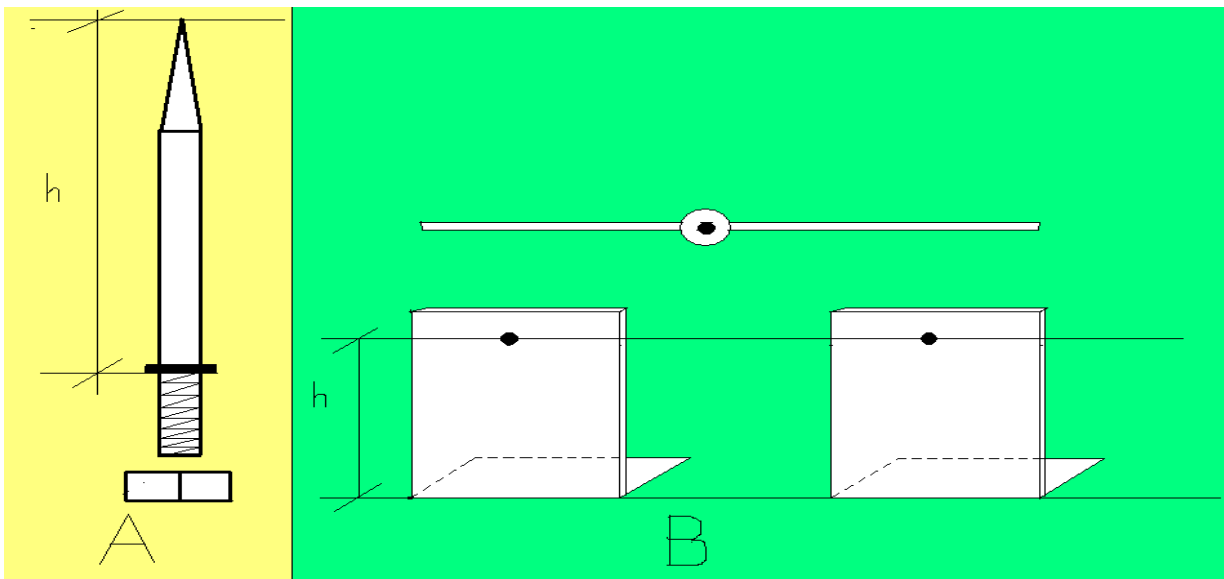
- costruzione dello gnomone

La misura esatta dello gnomone è molto importante per avere una buona precisione nella lettura del quadro universale, per questo motivo conviene costruirlo prima di intraprendere ogni calcolo.

Nella nostra prova utilizzeremo due gnomoni di differenti forme e con altezze diverse, ciò ci porterà ad avere quadri universali simili ma non uguali.

Il primo è una specie di semplice chiodo, appuntito nella parte alta, con un fermo in basso (una rondella saldata) che finisce con una parte filettata di quattro o sei centimetri, da infilare nel punto di origine degli assi cartesiani (che avevamo indicato con **O**) e fissato sotto al piano del quadro con un bullone.

Unica avvertenza è che deve essere perfettamente perpendicolare al quadro stesso.



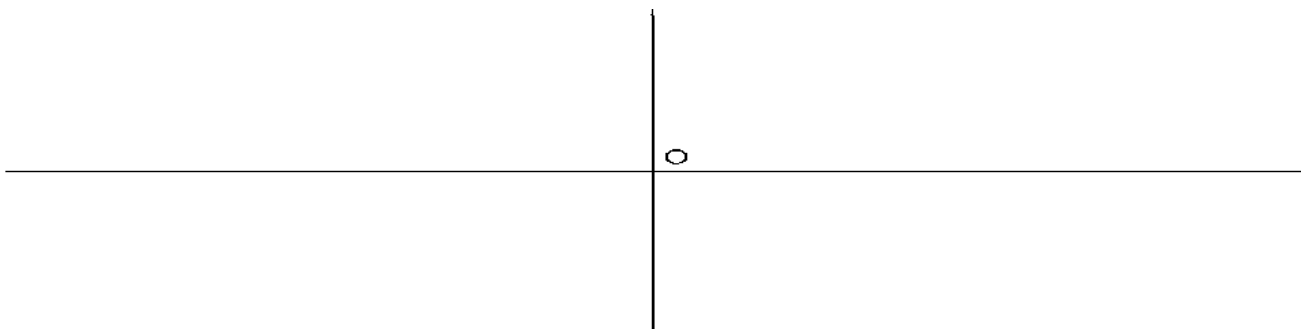
$h =$ altezza dello gnomone indicata nelle formule con AB

Il secondo è costituito da due barrette metalliche che trattengono una rondella il cui buco centrale è il foro gnomonico (che deve risultare perfettamente perpendicolare al punto **O**) supportate da due distanziatori che devono tenere la rondella perfettamente parallela al piano del quadro universale.

- esecuzione dei calcoli per determinare i valori di X ed Y

COME DETERMINARE LE RETTE ORARIE CON LA TRIGONIMETRIA

Prendiamo il piano su cui dovremo costruire il quadro universale e tracciamo gli assi cartesiani che s'intersecano nel punto **O**, corrispondente al centro del quadro stesso.



Calcoliamo, con l'aiuto della trigonometria, quanto le rette orarie distano dal punto d'intersezione O ed indichiamo questa distanza con la lettera X.

Avremo tanti valori di X quante sono le ore che vogliamo delineare sul piano.

Prima di procedere a calcolare questi valori facciamo alcune considerazioni.

La prima è che i calcoli trigonometrici accettano valori in **gradi** e non in **ore**, perciò dovremo eseguire una trasformazione per poter trovare i valori che ci interessano.

Sappiamo dall'astronomia che in 1 ora la terra ruota di 15° rispetto al sole, per cui basterà moltiplicare per 15 le ore per avere i gradi corrispondenti.

La seconda considerazione, di cui dobbiamo tenere conto, è che la **distanza** tra il foro gnomonico ed il piano determinato dal quadro universale, oppure l'**altezza** dello gnomone, a secondo del tipo di indicatore che vogliamo usare, deve essere la più esatta possibile.

E' intuibile che variando questa distanza variano tutti i parametri costruttivi dell'orologio.

Per evidenziare questo, costruiremo gnomoni di misure e forme diverse, così d'avere vari gruppi di quadri universali.

Ora possiamo procedere col trovare i valori di X.

La formula trigonometrica da applicare è la seguente:

$$X = AB * \text{TAN}(\text{ORE} * 15)$$

dove con **AB** indichiamo la distanza tra il foro gnomonico ed il piano determinato dal quadro universale o l'altezza dello gnomone,

con **TAN** il valore della tangente dell'angolo corrispondente all'ora considerata.

Essendo il quadro universale simmetrico, i valori di X trovati per le ore pomeridiane corrisponderanno a quelle del mattino: infatti, il valore della distanza dal punto di origine O è la stessa, ma risulterà dalla parte opposta.

Calcoliamo per esempio il valore di X per le quattro del pomeriggio, con gnomone alto 10 cm.

$$X = 10 * \text{TAN}(4*15) > X = 10 * \text{TAN}(60^\circ)$$

$$X = 10 * 1.73 > X = 17.3 \text{ cm.}$$

Questo valore va riportato sulla linea equinoziale a destra del punto O, mentre il valore da riportare a sinistra dello stesso punto sarà **-17.3** e corrisponderà alle otto del mattino.

Lo stesso procedimento è rifatto per tutte le altre ore e mezz'ore, in questo modo costruiremo una tabella, come quella mostrata sotto, con i valori di X calcolati per le ore della giornata che ci interessano.

RETTE ORARIE									
ORA	GRADITANG	AB	X	ORA	GRADI	TANG	AB	X	
7,50	112,5	-2,41	10	-24,14	12,50	7,5	0,13	10	1,32
8,00	120	-1,73	10	-17,32	13,00	15	0,27	10	2,68
8,50	127,5	-1,30	10	-13,03	13,50	22,5	0,41	10	4,14
9,00	135	-1,00	10	-10,00	14,00	30	0,58	10	5,77
9,50	142,5	-0,77	10	-7,67	14,50	37,5	0,77	10	7,67
10,00	150	-0,58	10	-5,77	15,00	45	1,00	10	10,00
10,50	157,5	-0,41	10	-4,14	15,50	52,5	1,30	10	13,03
11,00	165	-0,27	10	-2,68	16,00	60	1,73	10	17,32
11,50	172,5	-0,13	10	-1,32	16,50	67,5	2,41	10	24,14
12,00	180	0,00	10	0,00					

COME DETERMINARE LE LINEE DIURNE CON LA TRIGONOMETRIA

Per il calcolo delle linee diurne dobbiamo introdurre un nuovo parametro: **l'angolo di declinazione** rispetto al sole, indicato con **D**, che varia al variare delle stagioni.

Osservando il sole possiamo notare che l'arco che descrive nella giornata non è uguale per tutti i giorni dell'anno, ma risulterà essere più acuto o più schiacciato rispetto all'orizzonte a secondo della stagione in cui facciamo l'osservazione.

Per questo motivo l'ombra che lo gnomone proietterà sul quadro universale sarà ovviamente più lunga o più corta.

Alle nostre latitudini gli angoli di declinazioni del Sole, relative alle tre linee diurne del pomeriggio sono di 11°55'16" - 20°13'23" - 23°26'27".

Nel disegno iniziale si nota che queste linee sono delle iperboli. Per poterle tracciare dobbiamo ora trovare i tre punti, che chiameremo **Y**, corrispondenti alle varie **X**.

Per semplicità troveremo solo i valori dei punti in corrispondenza delle rette orarie che poi uniremo tra di loro cercando di creare una linea non spezzata ed abbastanza regolare.

La formula trigonometrica per conoscere il valore di **Y**, da riportare sulle relative rette orarie, è data dalla seguente formula:

$$Y = \text{TAN}(D) * \sqrt{(AB*AB)+(X*X)}$$

Per le linee diurne vale lo stesso discorso fatto per le rette orarie per quel che riguarda l'applicazione al quadro universale e cioè che i valori della primavera-estate trovati vanno riportati specularmente all'autunno-inverno.

Prendiamo come esempio il precedente, cioè le ore 4 del pomeriggio.

Sulla retta diurna interessata dovremo trovare i punti con le declinazioni corrispondenti.

Iniziamo con la declinazione **D = 11° 55'**

$$Y = \text{TAN} (11^\circ 55') * \sqrt{ (10*10) + (17.32*17.32) }$$

$$Y = 0.20 * \sqrt{ 100 + 299.9824 } = 0.20 * \sqrt{ 400 } = 0.20 * 20 = 4$$

$$Y = \text{TAN} (20^\circ 13') * \sqrt{ (10*10) + (17.32*17.32) } = 0.37 * 20 = 7.4$$

$$Y = \text{TAN} (23^\circ 26') * \sqrt{ (10*10) + (17.32*17.32) } = 0.43 * 20 = 8.6$$

I tre punti trovati saranno da riportare sulla retta oraria delle 4 del pomeriggio.

Lo stesso procedimento è da applicare a tutte le rette orarie, l'esempio della tabella sotto riportata, tiene conto anche delle mezz'ore.

LINEE DIURNE									
ORA	D	TAN D	Y	D	TAN D	Y	D	TAN D	Y
12,00	23,26	0,43	4,30	20,13	0,37	3,30	11,55	0,20	2,04
12,50	23,26	0,43	4,34	20,13	0,37	3,70	11,55	0,20	2,06
13,00	23,26	0,43	4,45	20,13	0,37	3,79	11,55	0,20	2,12
13,50	23,26	0,43	4,65	20,13	0,37	3,97	11,55	0,20	2,21
14,00	23,26	0,43	4,96	20,13	0,37	4,23	11,55	0,20	2,36
14,50	23,26	0,43	5,42	20,13	0,37	4,62	11,55	0,20	2,58
15,00	23,26	0,43	6,08	20,13	0,37	5,18	11,55	0,20	2,89
15,50	23,26	0,43	7,06	20,13	0,37	6,02	11,55	0,20	3,36
16,00	23,26	0,43	8,60	20,13	0,37	7,33	11,55	0,20	4,09
16,50	23,26	0,43	11,23	20,13	0,37	9,58	11,55	0,20	5,34

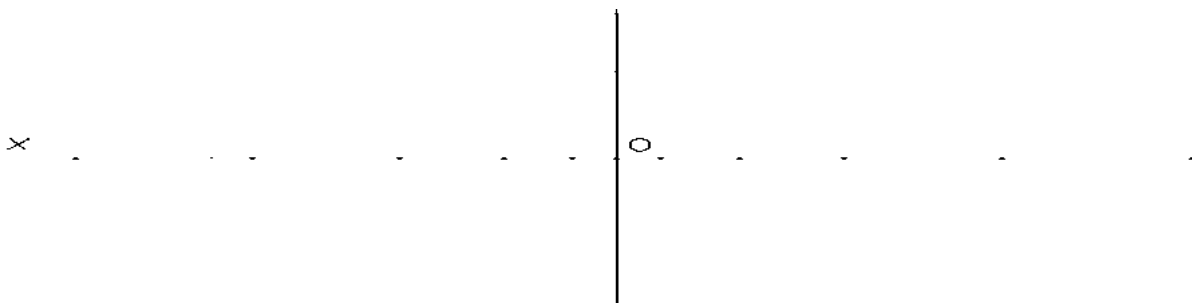
I calcoli vengono eseguiti in un foglio di lavoro excell dove sono state inserite le varie formule matematiche necessarie.

CALCOLO COORDINATE DELLA MERIDIANA							
GNOMONE DA 10 cm							
RETTE ORARIE				LINEE DIURNE			
ORA	GRADI	TANGENTE	GN	X	D	TANGENTE D	Y
12,00	180	0,0000	10	0,00	23,26	0,42984547	4,30
12,50	187,5	0,1317	10	1,32	23,26	0,42984547	4,34
13,00	195	0,2680	10	2,68	23,26	0,42984547	4,45
13,50	202,5	0,4143	10	4,14	23,26	0,42984547	4,65
14,00	210	0,5774	10	5,77	23,26	0,42984547	4,96
14,50	217,5	0,7674	10	7,67	23,26	0,42984547	5,42
15,00	225	1,0001	10	10,00	23,26	0,42984547	6,08
15,50	232,5	1,3033	10	13,03	23,26	0,42984547	7,06
16,00	240	1,7322	10	17,32	23,26	0,42984547	8,60
16,50	247,5	2,4145	10	24,15	23,26	0,42984547	11,23
ORA	GRADI	TANGENTE	GN	X	D	TANGENTE D	Y

- trasporto dei valori sul quadro universale e costruzione della meridiana

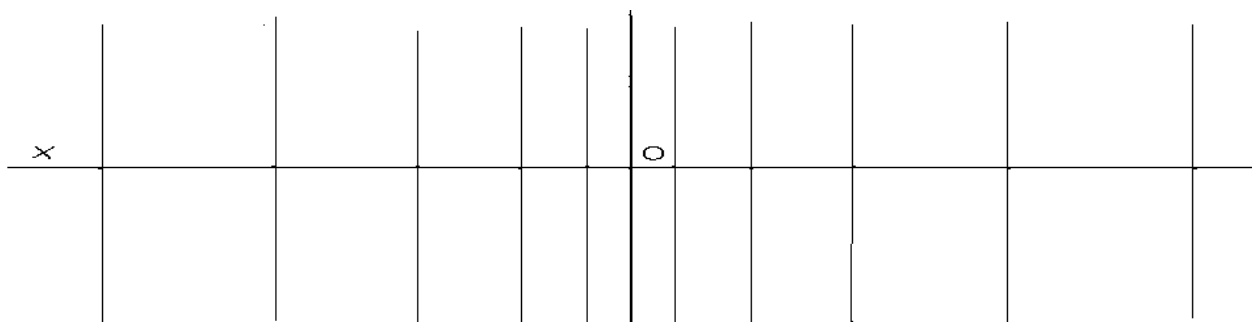
Dopo la costruzione dello gnomone ed i calcoli, si riportano i valori trovati per le rette orarie e le linee diurne sul piano del quadro universale.

In questa fase useremo segni leggeri per definire la meridiana, questo per avere la possibilità di correggere eventuali errori nel riportare le misure.

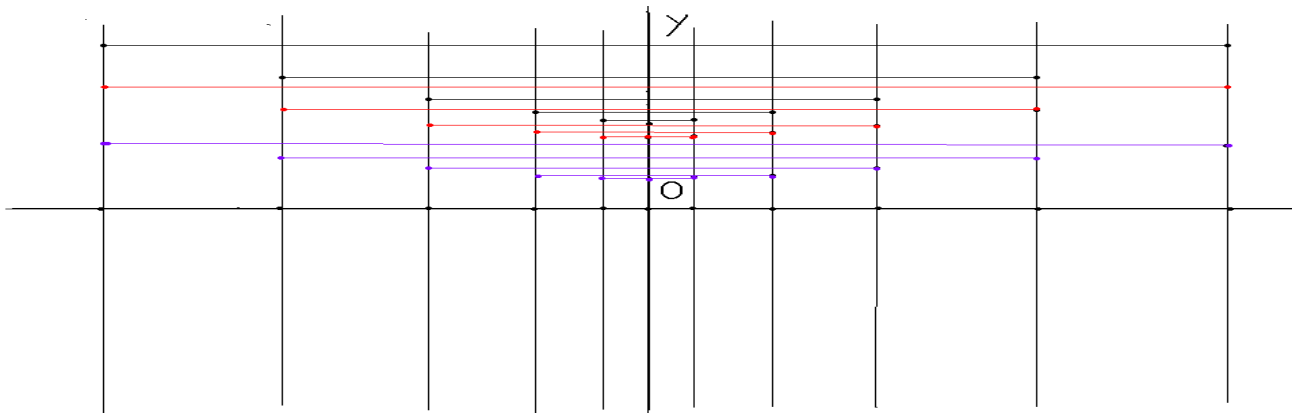


Riportiamo i valori dei punti trovati sulle coordinate cartesiane ed otterremo il disegno sopra riportato

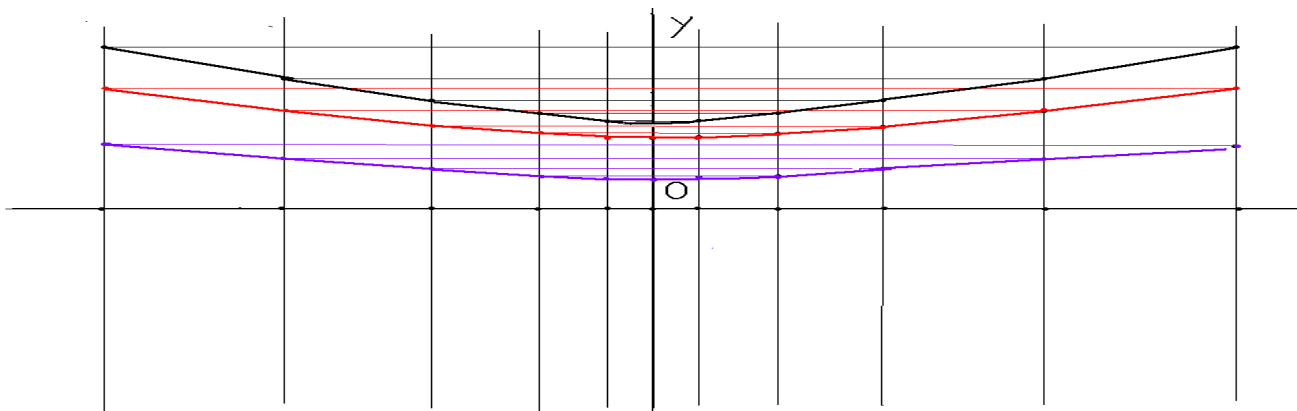
Definiti i punti, si tracciano le perpendicolari alla linea equinoziale passanti per ogni punto ottenendo tutte le rette orarie volute.



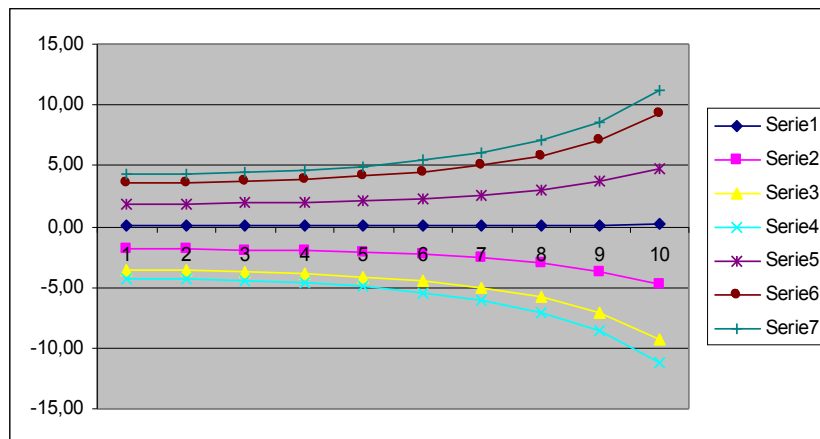
Poi si riportano i tre valori di Y, il più precisamente possibile, su ogni retta oraria.



Gli stessi valori di Y usati per la parte superiore valgono, con il segno negativo davanti, per la parte inferiore del piano cartesiano.
 Ora uniamo i punti ed otterremo un'iperbole abbastanza regolare per ogni declinazione.



Qui sotto l'esempio utilizzando i dati in tabella per la parte di destra del quadro universale. La parte di sinistra sarà esattamente uguale



- _____ 21 dicembre
- _____ 21 novembre
- _____ 21 ottobre
- _____ 21 settembre
- _____ 21 agosto
- _____ 21 luglio
- _____ 21 giugno

- _____ 21 dicembre
- _____ 21 gennaio
- _____ 21 febbraio
- _____ 21 marzo
- _____ 21 aprile
- _____ 21 maggio
- _____ 21 giugno

- finitura del piano con inserimenti personali

Ora diamo spazio alla parte creativa del lavoro.

Qualunque sia il tipo di piano che si usa per la costruzione dovremo, per prima cosa, fissare in modo indelebile i segni: per esempio, usando il legno, si potrebbero ottenere dei buoni risultati con il pirografo per delineare le rette orarie e le linee diurne.



Dopo questa fondamentale operazione, passeremo ad altri strumenti e materiali per decorare i simboli dello zodiaco, per scrivere il motto, per lo sfondo e così via. Il risultato finale sarà funzione della precisione nel riportare le misure ottenute per le rette e le linee e dell'impegno nelle rifiniture.

- fissaggio dello gnomone sul quadro

Ottenuto il quadro universale, firmeremo lo gnomone nel punto esatto facendo in modo che risulti il più possibile solidale allo stesso.

- assemblaggio del supporto d'orientamento

La progettazione e l'assemblaggio del supporto d'orientamento verrà eseguito da persone esterne alla scuola.

Ad esempio si potrebbe usare una barra filettata inserita in un tubo, con filettatura interna e solidale al supporto, in modo che avvitandola o svitandola, eleverà o diminuirà l'inclinazione del quadro stesso

- fissaggio del quadro universale al supporto d'orientamento

Operazione semplice che non abbisogna di spiegazioni.

taratura ed impostazione del supporto d'orientamento

Di notevole importanza per una corretta lettura del quadro è la sua inclinazione.

Crema è ad una latitudine di $45^{\circ} 22'$ per cui dovremo inclinare il quadro universale applicando la formula vista all'inizio.

I = 90° - latitudine del luogo

$$I = 90^{\circ} - 45^{\circ} 22' \ggggg = 89^{\circ} 60' - 45^{\circ} 22' \ggggg = 44^{\circ} 38'$$

S'impone l'inclinazione esatta, controllando con un goniometro di riferimento, poi si fissa il supporto d'orientamento definitivamente.

Ora si tratta di trovare l'orientamento a Sud che può essere ottenuto con una semplice bussola, anche se il Nord magnetico trovato dalla bussola non corrisponde esattamente al Polo Nord.

Finita quest'ultima operazione e fissato il SUD, il nostro lavoro è finito e possiamo cominciare a leggere l'ora sul quadro universale

BIBLIOGRAFIA

- Accenni tratti dal libro “ Breve Storia della Gnomonica “ di Nicola Severino

- “ *Storia delle Scienze* “ edito da Mondadori per BPM :
“ Gli Strumenti” a cura di Gerard L’E. Turner
- Dal sito “ *Mythical Ireland* “ Conferenza di Anthony Murphy. This lecture was delivered to members of [Astronomy Ireland](#) at their monthly lecture in DCU in January 2002.
- “ *Orologi* “ mensile, anno IV numero 2/1990
- Dal sito dello “ Istituto Nautico Artiglio” di Viareggio:
 - “ *Funzionamento degli orologi solari* “
 - “ *Le ore ed il movimento apparente del sole* “
- Dal sito del “Comune di Cremona”

Redazione by Zot: eliozot@alice.it



*Orologio Astronomico del Torrazzo di Cremona.
Notare che l’orologio è diviso per 24 ore.*

Orologi astronomici famosi in Europa – accenni e un diario di viaggio

Praga



...Orologio di Praga. Mio diario di viaggio

Ero proprio lì, sulla destra, con l'ombrello aperto, al riparo di un caldo infernale. Un'orchestrina jazz accompagnava un ragazzo al violino che sonava come un pazzo o forse come un violinista pazzo. Odori di salamelle disordinavano mescolandosi ad un Poison Dior ormai demodé ma irrinunciabile dalla riconoscibile turista italiana vociante di nulla. I rintocchi dell'orologio mi confermarono che il tempo non si era fermato neanche per una frazione di secondo. Il principe sembrava indicare noi seduti al ristorante Uprince, io disegnavo la Piazza mentre il tempo irrefrenabile cambiò e arrivò il diluvio.

Strumenti da museo

1989

Il Trecento fu per Padova un momento magico anche per quanto riguarda la musica: il mecenatismo dei Carraresi, la presenza della Cattedrale che a sua volta richiamava la presenza di grandi musicisti, dettero un notevole impulso a quest'arte.

Musica naturalmente significa anche strumenti musicali e nella casa di Venere, pianeta della musica, vengono

esposte alcune riproduzioni di strumenti d'epoca medievale, della collezione Prof. Mario Maggi della Scuola di Luteria

Gli strumenti che si possono vedere sono: un piffero ciaramella; un tamburo a cornice; una ribeca, strumento a tre corde dalla cassa piriforme; una fidula, strumento a corde; una viella, strumento a cinque corde dal fondo piatto; un olifante, cioè una tuba cornea.

Se in mostra è possibile

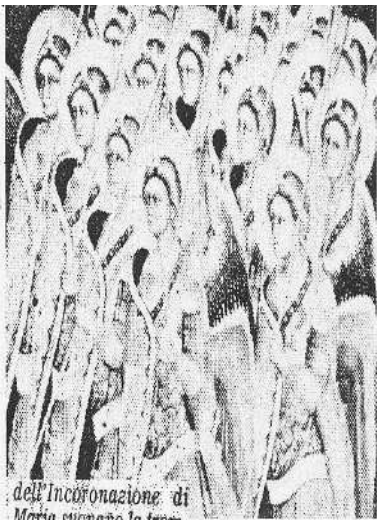
vedere le riproduzioni, non bisogna dimenticare che Padova è piena di immagini di strumenti musicali: in quasi tutti gli affreschi trecenteschi, e in città sono molti, sono riprodotti anche strumenti musicali.

L'esempio massimo è la schiera composta da una quarantina di angeli musicisti affrescati da Giusto de' Menabuoi nel Battistero del Duomo che ci presenta un intero complesso strumentale tra i più completi e raffinati.

Nel Museo vi è una tela di un pittore veneto, Emiliano, del 1408, dove degli angeli suonano strumenti a corda: l'arpa gotica, il salterio e la ribeca.

Anche Giotto in numerose scene della Cappella degli Scrovegni ha affrescato degli angeli musicisti: gli angeli giotteschi suonano il tamburo, il salterio, la tromba, il doppio flauto (detto anche doppia ciaramella), l'olifante.

Bellissimi sono gli angeli musicisti rappresentati nell'oratorio di S. Giorgio dove nella scena



dell'Incoronazione di Maria suonano la tromba, la fidula (uno strumento a corde), la ribeca e il salterio. Questi affreschi sono opera dell'Altichiero e dell'Avanzo.

Poiché durante la mostra verranno eseguite musiche d'epoca si avrà anche la possibilità di sentire quali suoni accompagnavano la vita trecentesca: alcuni dei pezzi che verranno eseguiti sono inediti

Durante la mostra verranno eseguite musiche originali dell'epoca e verranno presentati anche dei pezzi inediti: per questo viene messa in vendita una cassetta con incisi 14 pezzi eseguiti da strumenti e voci sotto la direzione di Luigi Lera.

La sezione della mostra, oltre a presentare documenti dell'epoca, presenterà anche le ricostruzioni di numerosi strumenti musicali medievali, strumenti i cui modelli si trovano raffigurati in molti affreschi padovani del '300.

**La ribeca,
la ridula,
l'olifante,
la ciaramella,
il salterio**

PADUA SIDUS
PRECLARUM

I DONDÌ DALL'OROLOGIO E
LA PADOVA DEI CARRARESI

HANNO IL PIACERE
DI INVITARE LA S.V.
ALL'INAUGURAZIONE DELLA
MOSTRA

GIOVEDÌ 27 LUGLIO 1989, ORE 21
PALAZZO DELLA REGIONE

Il Sindaco di Padova
PAOLO ZUCCHETTI

Il Rettore dell'Università di Padova
MARIO EDISEURANTE

L'Assessore alla Cultura e Beni Culturali
GIANNI PATTI



COMUNE DI PADOVA
ASSESSORATO ALLA CULTURA
E BENI CULTURALI

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI PADOVA

REGIONE DEL VENETO

PROVINCIA DI PADOVA

CENTRO INTERNAZIONALE DI
STORIA DELLO SPAZIO
E DEL TEMPO

IL GAZZETTINO

GRUPPO DATAMEDICA

Comunicato Stampa /2

PADOVA SIDUS PRECLARUM

I Mondi dall'Orologio e la Padova dei Carraresi

Palazzo della Ragione
27 luglio - 12 novembre

Sarà inaugurata giovedì 27 luglio alle ore 21 con un fastoso corteo storico in costume medievale l'attesa rassegna storica, artistica, documentaria,

PADOVA SIDUS PRECLARUM

-I Mondi dall'Orologio e la Padova dei Carraresi-

La grande manifestazione è a cura del Comune di Padova, Assessorato alla Cultura e Beni Culturali, dell'Università di Padova e del CISST (Centro Internazionale di Storia dello Spazio e del Tempo), con la collaborazione della Provincia di Padova

Il titolo della mostra è tratto dal primo verso di un nottetto celebrativo dei Carraresi composto tra il 1399 e il 1401 da Johannes Cicogna da Liegi, esaltante la straordinaria atmosfera dei luoghi padovani.

La cultura umanistica, scientifica, artistica e politico-economica della Padova al tempo della Signoria dei Carraresi, epoca di eccezionale fioritura testimoniata dagli artisti che appresero e continuarono la lezione di Giotto, interpretarono gli insegnamenti di Pietro D'Abano e di Marsilio da Padova, realizzarono, come i Mondi dall'Orologio, strumenti di grande complessità di cui l'Astrario è la più alta testimonianza: una macchina che nel lega tempo, spazio cosmico, spazio astrologico e, in certo senso, anche lo spazio psicologico attraverso le influenze dei pianeti, e delle loro posizioni, sugli uomini.

L'allestimento è a cura dello studio M. Massironi e A. Verdi, con la collaborazione degli architetti Collegain e Ometto. Si è ispirato al concetto di far rivivere eventi del periodo carrarese in modo che il visitatore si trovi come "immerso" in una situazione informativa, cioè si senta in certo modo coinvolto nel ripercorrere aspetti della vita suddivisi per aspetti astrologici.

I momenti espositivi coincidono con le stazioni dei cinque pianeti allora conosciuti e della luna e del Sole. Per ciascun momento è stata ideata una struttura significativa. L'itinerario è collegato con i segni astrali affrescati alle pareti, per cui si inizia con Saturno, sulla destra dell'ingresso, come pianeta che influenza la Scienza e la Filosofia: entro una struttura praticabile sa-

rà esposta una ricostruzione dell'Astrario del Bondi accanto le vetrine con il famoso erbario dei Carraresi prestatato dal British Museum.

Segue il pianeta Marte (temi militari) con una torre come sviluppo tridimensionale di rappresentazioni medievali, realizzata mantenendo gli effetti di prospettiva sfalsata.

Saranno esposte armi e armature, il bellissimo codice dei 'cimieri' dei Carraresi.

Per il pianeta Giove (religiosità) la struttura riprende motivi ascensionali di una chiesa gotica e propone sculture, frammenti di affreschi (da S. Agostino), la croce e la mastra tombale di Ildebrandino Conti e busto di Stefano da Carrara, Madonna col Bambino di Giusto e quella di Altichiero (?).

Venere è il pianeta della musica e delle feste di corte, per cui, accanto alla sagoma della facciata della Cappella degli Scrovegni troveranno spazio testi musicali, testi miniati, immagini e ricostruzioni di strumenti musicali.

Mercurio era il dio del commercio ed è il pianeta che influisce più direttamente sugli aspetti quotidiani della vita. Lo spazio è caratterizzato da pedane e da rampe a tre diverse pendenze e sono esposte monete carraresi, Stauti dell'Arte della Lana, Uazi, Documenti relativi all'edilizia, vetri, ceramiche da Casa Dondi.

La casa della Luna è la casa dell'arte e della poesia: la struttura crea la suggestione di girare dentro un polittico e conterrà frammenti di affreschi: foto delle lettere Petrarca-Bondi; il ritratto di Francesco Petrarca (affresco del Vescovado); Canzoniere del Dondi. Momento particolarmente significativo è quello rappresentato dalla quarantina di frammenti di affreschi della Cappella Maggiore della Chiesa degli Eremitani, riuniti sotto il titolo di 'Guardingo ritrovato'.

Infine il Sole con un'alta struttura merlata sarà la casa del potere, dove saranno esposte carte geografiche antiche, modello di Padova (dalla tomba carrarese agli Eremitani), albero genealogico dei Carraresi, pergamene, sigilli, medaglie, Cronache. Per questa sezione saranno proiettate diapositive e un commento sonoro approfondirà la spiegazione dei contenuti.

Sarà edito un ampio catalogo illustrato a cura del prof. Giovanni Lorenzoni per le edizioni I+I.

In occasione della mostra saranno realizzate numerose manifestazioni collaterali: dal corteo ai giochi, dalla gastronomia alle canzoni, dalla musica alla poesia.

Sponsor ufficiali della manifestazione sono il Gruppo Iata Medica e il Gazzettino.

L'Assessore alla Cultura
e Beni Culturali
Gianni Fotti

...
quel giorno al papà Mario luccicavano gli occhi. I suoi strumenti musicali nati per la lezione in classe facevano bella mostra accanto ad oggetti simbolici necessari alla comprensione della misura del tempo e degli astri.

Atene orologio ad acqua



La Torre dei Venti, chiamata anche horologion, è una torre ottagonale situata nell'agorà romana di Atene. Lessi in fretta la guida turistica, faceva un gran caldo, Mario fece la foto e Maria si chiese quando il nostro amico Ferigon ci avrebbe raggiunto ...

...

Berlino orologio del tempo in Kurfürstendamm



L'orologio funziona con acqua colorata che riempie vasi di vetro comunicanti nel tempo di 2 minuti per cui, quando si sono riempiti tutti, sono passati 60 minuti. A questo punto il liquido defluisce e riempie uno dei vasi sferici sull'altra colonna che indicano un'ora. Dopo 12 ore l'orologio si svuota completamente ed il ciclo riprende.

Immaginai il luogo sotto le bombe alleate nella II guerra mondiale, poco distante la Kaiser Wilhelm Gedächtniskirche ossia la Chiesa commemorativa dell'imperatore Guglielmo I – o semplicemente Gedächtniskirche, Chiesa della Memoria.

Il telefono squillò ... mi comunicavano che avevo ottenuto la cattedra di ruolo al Liceo Artistico di Crema.