

Il gioco delle ombre

come misurare il tempo e le distanze tra gnomoni, quadranti e meridiane



prof.ssa Isabella Stevani

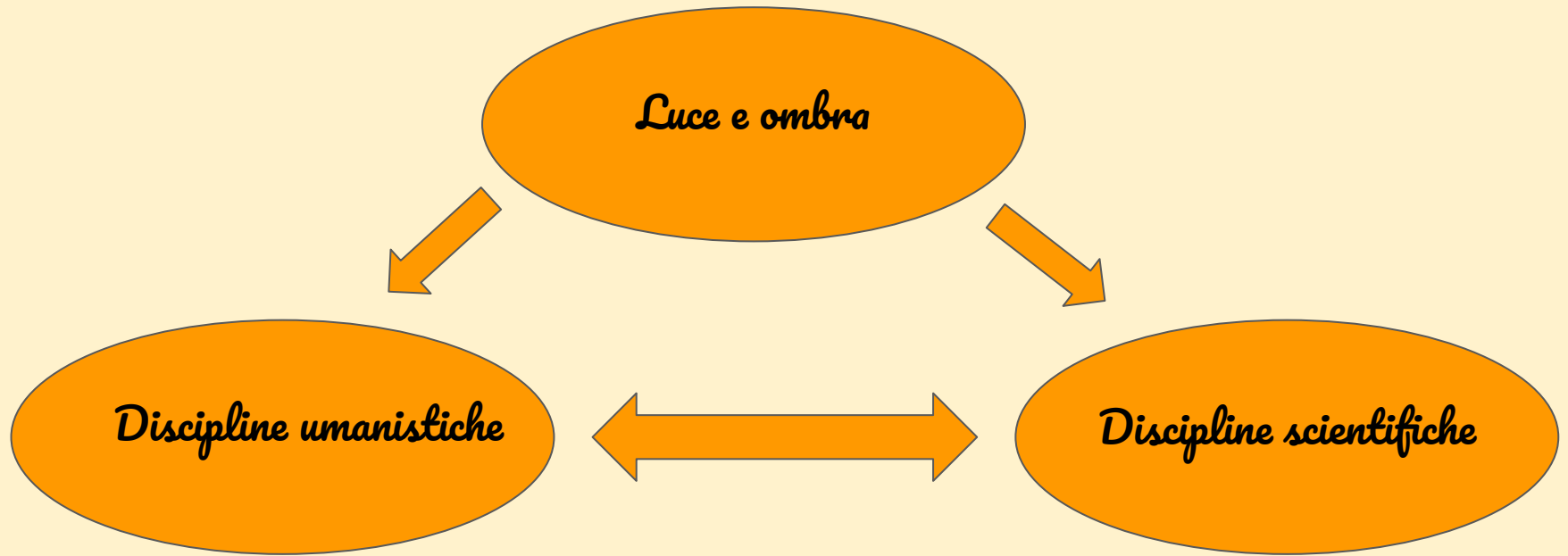
ἐπάμεροι· τί δέ τις; τί δ' οὐ τις; σκιᾶς ὄναρ
ἄνθρωπος. ἀλλ' ὅταν αἶγλα διόσδοτος ἔλθῃ,
λαμπρὸν φέγγος ἔπεστιν ἀνδρῶν καὶ μείλιχος αἰών·

"Creature di un giorno, che cosa mai è qualcuno, che cosa mai nessuno?"

Sogno di un'ombra è l'uomo. Ma quando un bagliore discende dal dio,

fulgida luce risplende sugli uomini e dolce è la vita."

Pindaro, Pitica, VIII, v.95 sgg.



La proposta: un percorso didattico attuato negli anni adattandolo a diversi indirizzi e a classi del biennio e triennio

Finalità: educare alla complessità dei saperi favorendo un intreccio fra cultura umanistica e cultura scientifica

Il ruolo della matematica: "leggere il libro della natura" e "matematizzare" la realtà attraverso strumenti di indagine "scientifica", analisi critica dei dati in un'ottica di ricerca storico-filosofica

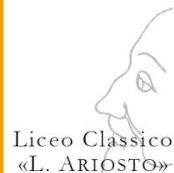
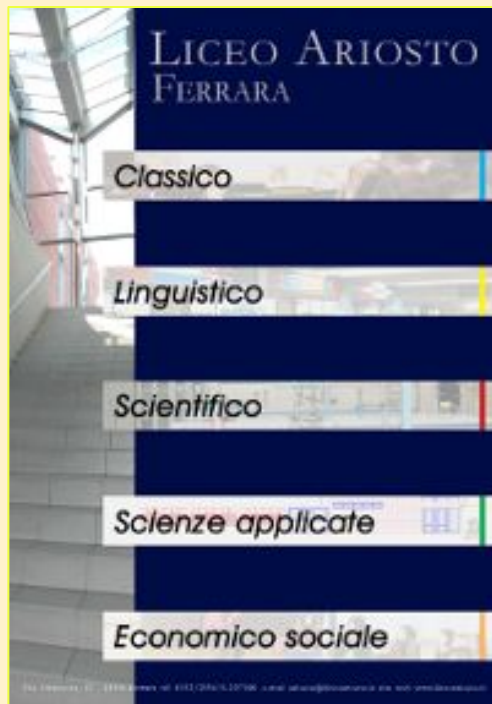
Esempio di percorso didattico interdisciplinare

Dove?

in quale indirizzo?

in quale classe?

quale durata?



Liceo Classico
«L. ARIOSTO»

*Classe
seconda
indirizzo
Economico
sociale*

*Anno
scolastico*



Progettazione e studio di fattibilità

Lavorare per problemi

*Attività
laboratoriali
anche "sul campo"*

*Contestualizzazione
storico-geografica*

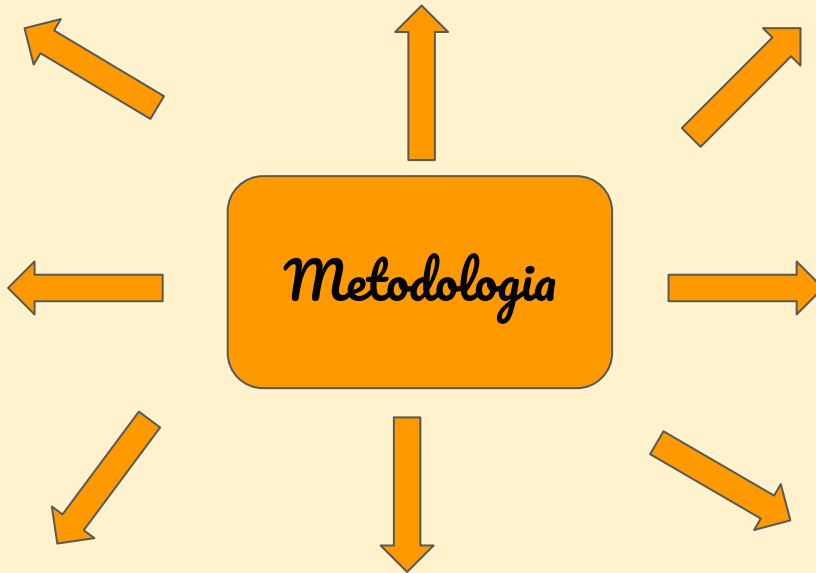
Metodologia

*Utilizzo e
costruzione di
strumenti*

*Diffusione della
scienza attraverso
realtà museali e
"buoni maestri"*

Interdisciplinarietà

*Raccolta,
elaborazione,
interpretazione,
confronto dei dati
sperimentali*



Sviluppo del percorso didattico

Luce
ombra
penombra

misurare con le
ombre Talete,
Eratostene

Rete di
Eratostene
metodi e dati

misure altezze
gnomoni,
quadranti

misure tempo
orologi solari,
meridiane

astronomia
sfere, piani:
sezioni,
proiezioni

orologi solari
diurne e
coniche

progettazione
orologio
polare

meridiane nella
storia, arte
geografia

meridiane
analemni
equazione
del tempo

I motti in
diverse lingue
e le meridiane

scritti su
ombre e
orologi solari

approfondimenti
calendari
cosmologia
archeoastro

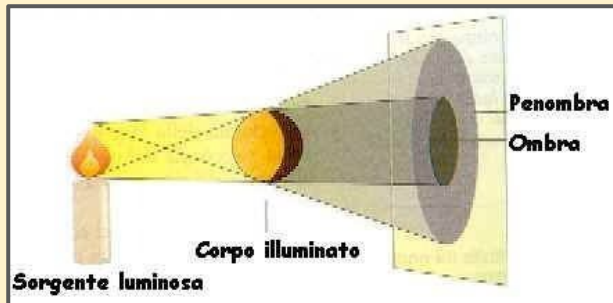
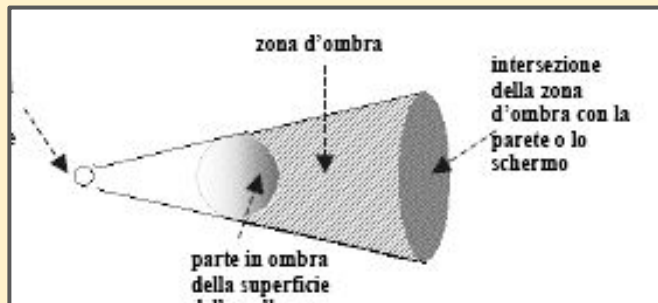
Visita specola
di Bologna e
meridiana
S. Petronio

Regio Liceo
museo e
Prof,
Bongiovanni

Ombre e penombre: dalla geometria all'ottica geometrica

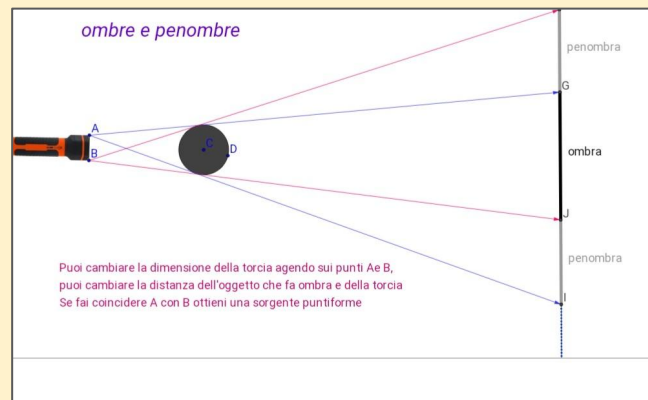
Attività: formulare **ipotesi** e **sperimentare** direttamente o **simulando** al computer variazioni di posizione, forma, dimensione di un **sistema sorgente-oggetto-schermo**, per vedere come si ottengono **ombre** e **penombre**, individuare le loro caratteristiche e conoscere i fenomeni ad esse connessi (*eclissi, fasi della luna...*)

Prerequisiti disciplinari: conoscere i *concetti base di geometria euclidea, ottica geometrica e trasformazioni geometriche*; saper *lavorare per variabili separate e operare con metodo scientifico*



Ombre e penombre: sperimentazioni e simulazioni

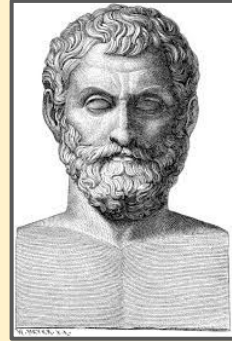
sorgente	oggetto opaco	schermo	immagine
<i>varia posizione</i>	costante	costante	descrivi
<i>varia grandezza</i>	costante	costante	descrivi
costante	<i>varia posizione</i>	costante	descrivi
costante	<i>varia forma</i>	costante	descrivi
costante	costante	<i>varia posizione</i>	descrivi



Simulazioni con Geogebra

ombra e penombra

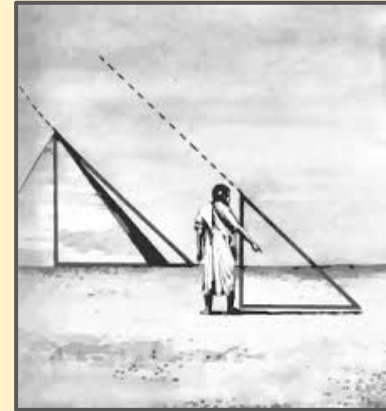
Ombre per misurare: l'esempio storico di Talete



Problema

*"determinazione dell'altezza della piramide di Cheope"
posto a Talete, secondo la leggenda, dal faraone o da alcuni sacerdoti*

« Io soprattutto vi ammiro, Talete di Mileto, perché, ponendo il vostro bastone all'estremità dell'ombra di una piramide, formaste coi raggi del sole due triangoli, e dimostraste che l'altezza della piramide sta alla lunghezza del bastone come l'ombra della piramide sta all'ombra del bastone ». Così scrisse nel "Simposio dei Sette Sapianti" Plutarco storico e biografo greco vissuto nel I sec. d.C.



Prerequisiti disciplinari: proporzioni, similitudini fra triangoli, teorema di Talete

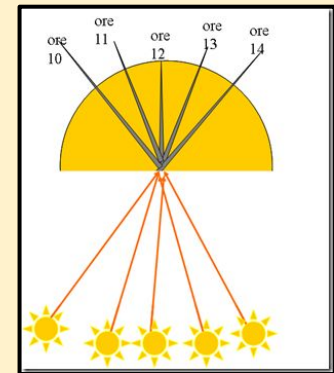
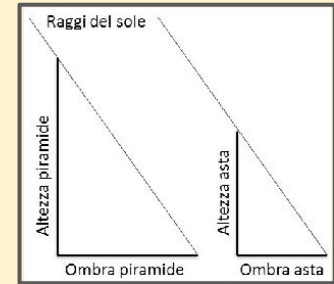
La soluzione di Talete e alcune considerazioni

Assunzioni e considerazioni

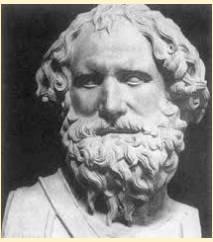
- Sole sorgente lontana quindi raggi solari si possono considerare paralleli
- bastone verticale come si suppone la piramide
- alla misura dell'ombra della piramide si deve poi aggiungere la distanza fra il centro della base della piramide e il lato su cui si proietta l'ombra
- raggi solari formano uno stesso angolo col terreno e le altezze sono perpendicolari i due triangoli sono simili e quindi hanno i lati in proporzione

$\text{altezza piramide} : \text{altezza bastone} = \text{lunghezza ombra piramide} : \text{ombra bastone}$

- il rapporto tra le ombre resta costante al variare delle ombre durante il giorno
- Se in particolare l'inclinazione dei raggi del sole è di 45° l'altezza della piramide sarà uguale alla lunghezza della sua ombra
- le osservazioni e la legge individuata permettono di **costruire un modello** che descrivere fenomeni simili a questo e consente di fare **previsioni** e anche di **progettare dispositivi tecnologici** idonei alla risoluzione dei diverse situazioni problematiche



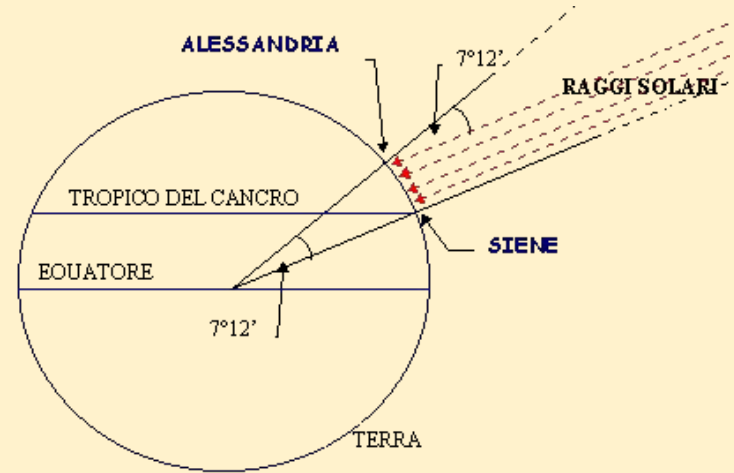
Ombre per misurare: l'esempio storico di Eratostene



Problema determinazione della lunghezza del meridiano terrestre

Esperimento di Eratostene di Cirene

- Sole allo zenit a Siene quindi raggi verticali illuminano pozzo profondo
- *Misura altezza angolare* del sole tramite l'ombra di un'asta ad Alessandria
- *Misura distanza* fra le due città



Prerequisiti disciplinari: proporzioni, similitudini fra triangoli, trigonometria

La soluzione di Eratostene e alcune considerazioni

Assunzioni e considerazioni

- La terra *sferica*, la *distanza* fra due città: Alessandria e Siene, l'odierna Assuan era di **5.000 stadi** (circa 787,5 km, 1 stadio = 157,5 m) misurata dai *mensores regii*, funzionari regi incaricati di effettuare misure capillari del territorio egiziano per fini fiscali.
- *Ipotesi che fossero sullo stesso meridiano* (in realtà sono separate da 3° di longitudine) e **Siene al Tropico del Cancro** mentre in realtà è a 55 km a Nord di esso
- *raggi solari paralleli tra loro e verticali, nel solstizio d'estate a Siene*; mentre l'*altezza angolare del sole ad Alessandria era 7° 12'* (in realtà 7° 5'), *angolo* uguale a quello al *centro della Terra* tra le rette che congiungono le due città che è **1/50 di 360°**
- Quindi $7^{\circ} 12' : 360^{\circ} = 5.000 \text{ stadi} : x$ da cui $x = \text{lunghezza del meridiano} = 257.142$ stadi pari a **40.500 km** circa: un valore sorprendentemente vicino al valore attuale di **40.009 km**.

Plinio il Vecchio la definì «impresa inaudita ma così semplice che è impossibile non credergli»

Il progetto "Rete di Eratostene"

Il progetto "Rete di Eratostene" di cui è stato, dal 1999 fino all'anno scorso, coordinatore nazionale il prof. Nicola Scarpel di Venezia (<https://eratostene.vialattea.net>), *fa capo ad un progetto internazionale* Eratostenes experiment patrocinato da IAU, the European project space EU, OSOS Project and the Hellenic Mathematical Society (<http://eratosthenes.ea.gr>)



In cosa consiste?

Si crea una *rete di scuole italiane ed europee*, a cui viene proposto di fare *la misurazione del meridiano terrestre*, con un *esperimento simile a quello di Eratostene*, scegliendo, a seconda del periodo in cui si riesce a svolgere l'attività, scuole partners con cui condividere i dati e confrontare in rete le misure del meridiano, inserendole in una banca dati internazionale.

L'esperimento di Eratostene nelle scuole: metodiche

- Si **scelgono** scuole **partners nella rete**, italiane ed europee, **possibilmente nello stesso meridiano** lontane dalla propria scuola almeno un centinaio di chilometri
- Si misura per ciascuna scuola la “**distanza in linea d'aria**” dalla propria scuola ossia la distanza fra i paralleli geografici
- Si concorda la data per l'**osservazione simultanea**.
- Si **colloca un bastoncino** (o altri dispositivi) in posizione perfettamente verticale (la verifica si potrà fare con un filo a piombo) e si **misura la lunghezza dell'ombra** che il bastoncino proietta sul terreno **al momento del mezzogiorno solare** (diverso dal mezzogiorno convenzionale dell'orologio e ricavabile **consultando** moduli per il **calcolo online**)
- Si eseguono i **calcoli**, si inviano **le relazioni al coordinatore** e si **condividono in rete le misure del meridiano così effettuate**

Esperimento di Eratostene nelle scuole: le misure

- si misura la distanza **d** tra le località su una **carta geografica** o con **Google Earth**
- Si misura la lunghezza dell'**ombra l**, si disegna su un foglio di carta, un triangolo rettangolo che ha un cateto lungo quanto il **bastone L** e l'altro quanto **l**, si misura l'**angolo α** compreso fra l'**ipotenusa e il cateto-ombra** oppure **col metodo trigonometrico** si ha

$\alpha = \arctg (L/l)$ che rappresenta l'**altezza del Sole a mezzogiorno**

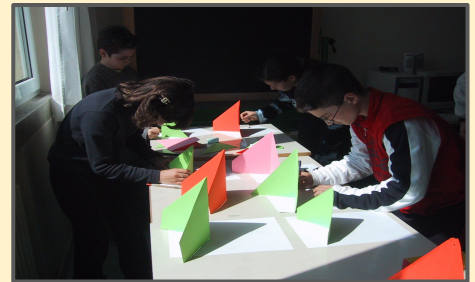
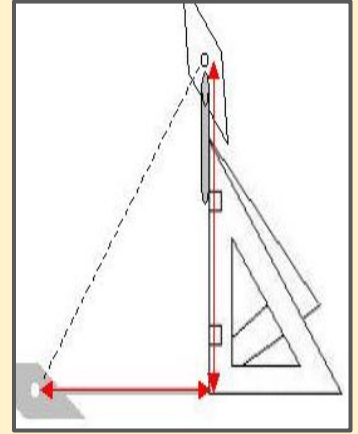
- Si determina la **differenza in gradi fra le altezze del Sole** rilevate da due scuole e si imposta la proporzione **differenza in gradi : distanza Km = 360° : circonferenza Terra**
- Si ottiene così la lunghezza della circonferenza della Terra **eguale alla distanza in km fra le due città**, moltiplicata per 360, diviso la differenza in gradi.
- I risultati ottenuti dal confronto fra le diverse scuole in uno stesso meridiano andranno raccolti in una tabella condivisa

Esperimento di Eratostene: i dati e le strumentazioni

Tabella riassuntiva delle misure 2003 riferite all'ITI A.Volta Sassuolo (Modena)

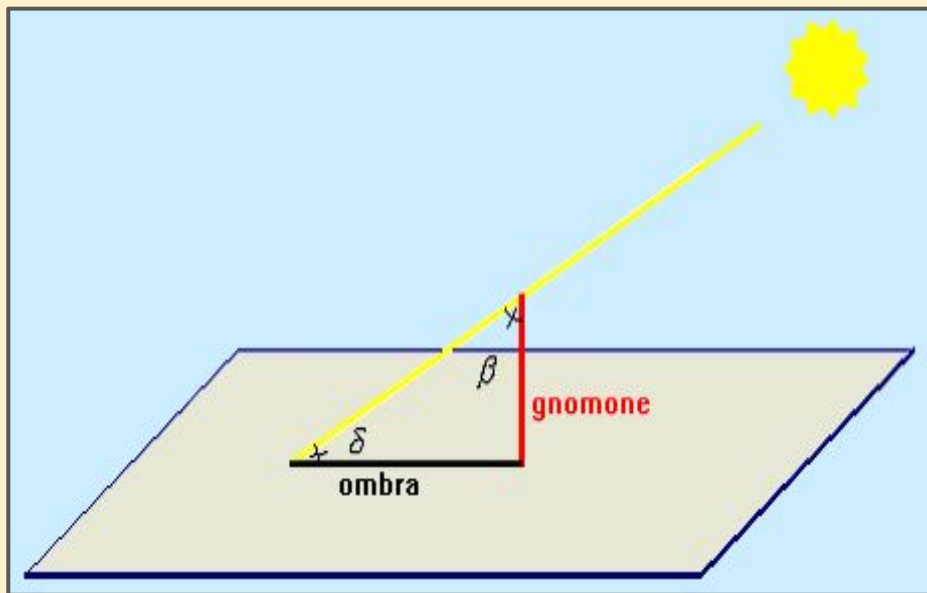
km	21-03-03	ang(°)	Circonferenza km
0	ITI A.Volta Sassuolo (Modena)	45.6	
337	Lucera (FG) LS Onorato LC Bonghi	48.6	40444
525	Scalea (CB) SM Caloprese	50.5	38587
582	Cosenza LC Telesio	51.0	38788
-547	Francia Marie Curie	41.0	42808
-257	Francia Collège Gaston Defferre	43.3	40578
-1405	Lettonia Dzerbene secondaria sup	33.1	
km	26-03-03	ang(°)	circconferenza
0	ITI A.Volta Sassuolo (Modena)	47.1	
525	Scalea (CB) SM Caloprese	52.2	37074
-99	Francia Pergaud Raphaële-les-Arles	46.2	38800
-462	Francia école élémentaire Friedolsheim	41.9	31885
km	28-03-03	ang(°)	circconferenza
0	ITI A.Volta Sassuolo (Modena)	48.3	
337	Lucera (FG) LS Onorato LC Bonghi	51.3	40444
525	Scalea (CB) SM Caloprese	53.3	37818
km	31-03-03	ang(°)	circconferenza
0	ITI A.Volta Sassuolo (Modena)	49.5	
99	Francia Pergaud Raphaële-les-Arles	50.8	28512
km	1-04-03	ang(°)	circconferenza
0	ITI A.Volta Sassuolo (Modena)	49.8	
301	Roma Liceo classico E. G. Visconti	53.5	28288
525	Scalea (CB) SM Caloprese	54.8	37818
km	7-04-03	ang(°)	circconferenza

La **precisione** dei dati dipende da tanti fattori: da cosa si usa per creare l'ombra, *per diminuire gli effetti della penombra*; da *misure ripetute* e dalla **accuratezza** con cui si sono fatte tutte le misure e la elaborazione dei dati e il **calcolo degli errori**

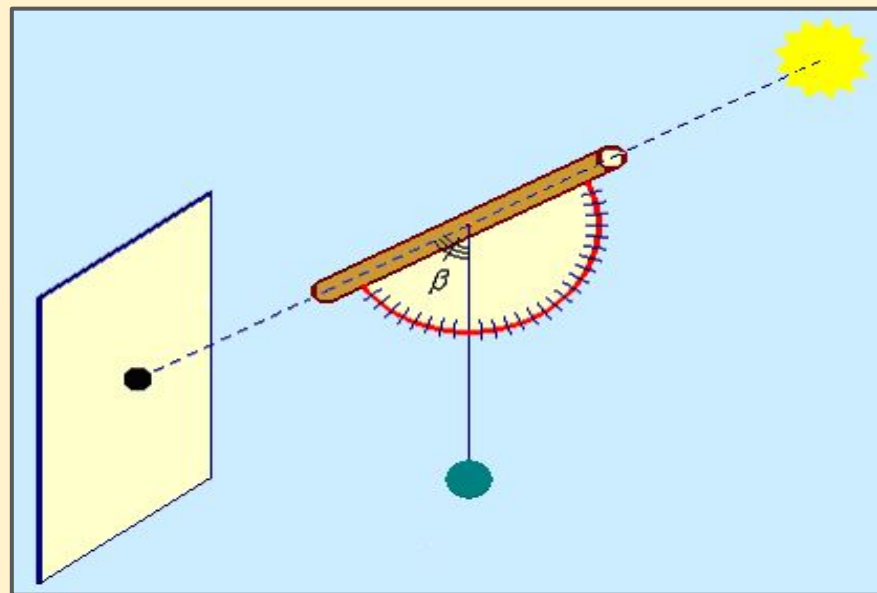


Ombre per misure di altezze: gli strumenti rudimentali

Gnomone



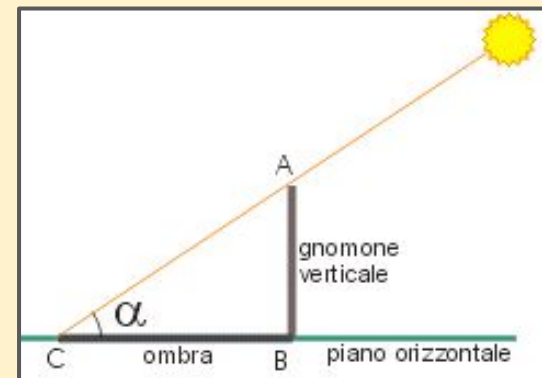
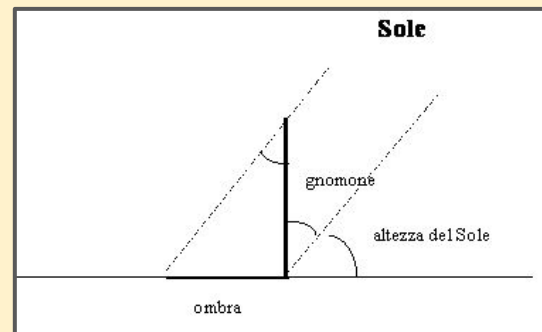
Quadrante mobile



Lo Gnomone: etimologia e suo utilizzo

Dal greco γνῶμων che significa “*che permette di conoscere*”

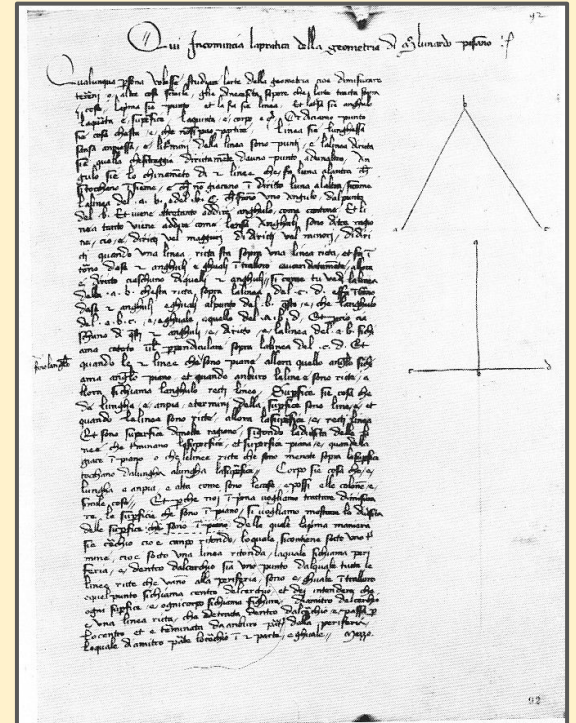
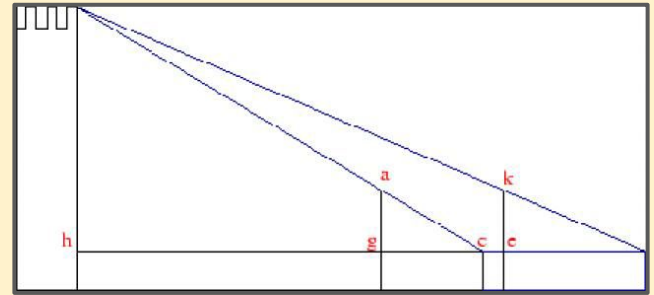
- *cos'è?* *fungeva da gnomone* un'asta verticale piantata nel suolo, un **obelisco** nelle piazze o uno **stilo o foro** negli orologi solari della cui ombra si analizzavano le caratteristiche geometriche.
- *a cosa serviva?* per misurare **altezze** con diversi metodi, **definire matematicamente i movimenti del Sole** e per **determinare la linea meridiana**, l'**altezza del Sole**, la **latitudine** di un luogo, l'**obliquità dell'eclittica** ...
- *come era utilizzato?* proiettava l'ombra su un piano e dalla determinazione dell'angolo α formato dal raggio solare con il piano si poteva misurare l'altezza angolare del sole
- *Simulazioni con geogebra* <https://www.geogebra.org/m/BgQJwKWG>



Lo gnomone e le misure "a vista"

Nel medioevo l'asta fu utilizzata soprattutto per misure "a vista" cioè "traguardando l'estremità" dell'asta e il punto di cui si vuole determinare l'altezza rispetto al suolo.

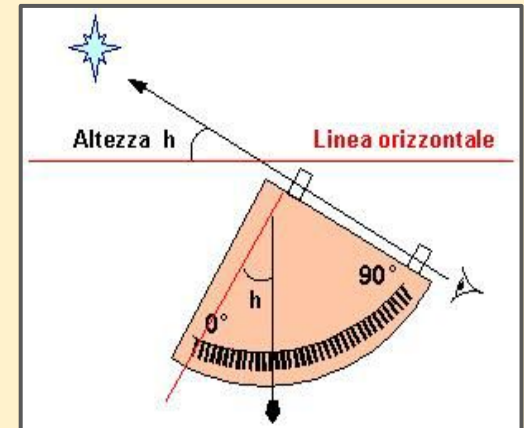
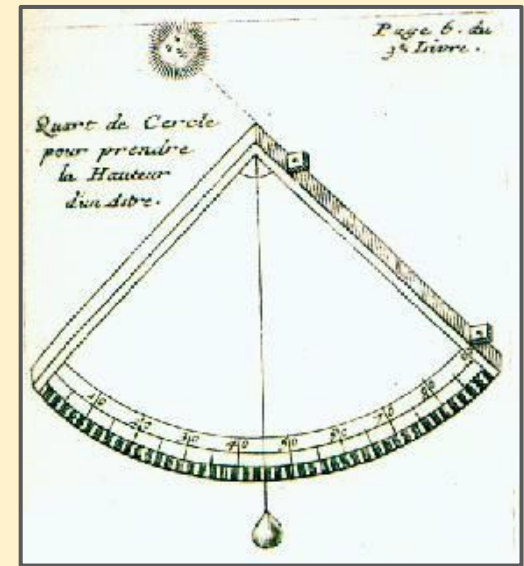
Cristofano di Gherardo di Dino nel manoscritto del 1443 rifacimento volgare dell'opera "*Pratica geometriae*" di **Leonardo Pisano** espone diversi metodi per misurare l'altezza di una torre utilizzando un'asta.



Il quadrante mobile: funzionamento

È un settore curvilineo con scala graduata, puntatore e filo a piombo. Si tiene in posizione verticale e col puntatore lungo un lato si riguarda un punto ad una certa altezza dal suolo. Il **filo a piombo** indica l'angolo verticale (*altezza*) sulla **scala graduata** nella parte curva del settore, contrassegnata da una gradazione da 0° a 90° .

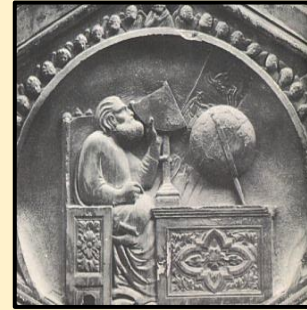
Può essere utilizzato, traguardando la stella polare, per **determinare la latitudine** del luogo e anche l'**altezza** di una torre o altezza del sole, proiettando la sua immagine su un foglio di carta e quindi può essere utilizzato anche come **orologio solare**.



Il quadrante mobile: nella storia

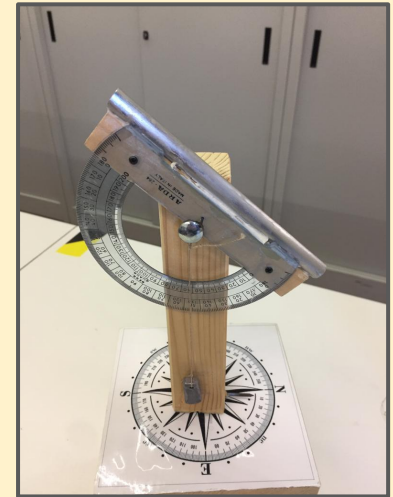
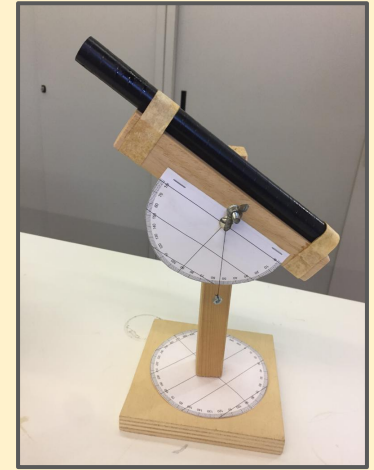
L'origine del quadrante viene fatta risalire ai **Caldei** ed ai **Babilonesi**. Ne avevano fatto uso anche **Ipparco** di Nicea, **Eratostene** e **Tolomeo** nel II secolo d.C. (a fianco immagine di Tolomeo nella formella del campanile di Giotto a Firenze).

Il quadrante era utilizzato nella **navigazione**, in **astronomia** e in **cartografia**. Uno strumento indispensabile perché con il quadrante si misurava l'altezza degli astri e si poteva di conseguenza fare il punto del luogo in cui ci si trovava. **Cristoforo Colombo** lo adoperò durante la prima traversata verso le Indie e anche il navigatore **Amerigo Vespucci** lo utilizzò. Nel XVII e XVIII secolo *i quadranti mobili facevano parte della strumentazione di base che un osservatorio doveva possedere.*



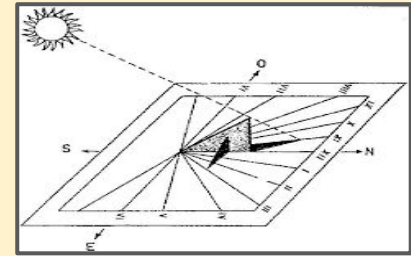
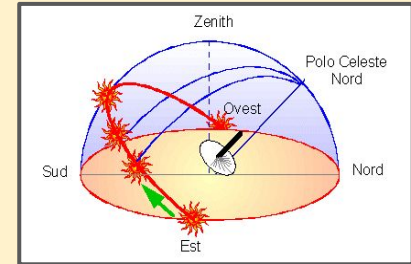
Il teodolite: un'evoluzione del quadrante

Verso la fine del XVI secolo compare per la prima volta il nome Theodolitus (usato dall'inglese Leonard Digges). Il teodolite oltre a muoversi in verticale si muove anche in orizzontale. Con questo strumento sono state fatte nel 1600 e 1700 molte **campagne di misurazioni** di distanze terrestri che si basavano sul *metodo della triangolazione*, introdotto nel 1617 dall'olandese Willebrord Snell. Questo metodo di *misurazioni geodetiche e topografiche* è rimasto il più accurato per più di trecento anni, fino all'introduzione delle rilevazioni da satellite. In una di queste campagne con partenza nel giugno del 1792 da Parigi si *misurò la lunghezza dell'arco di meridiano tra Dunkerque e Barcellona*, su cui si sarebbe basata la *definizione del metro campione*.



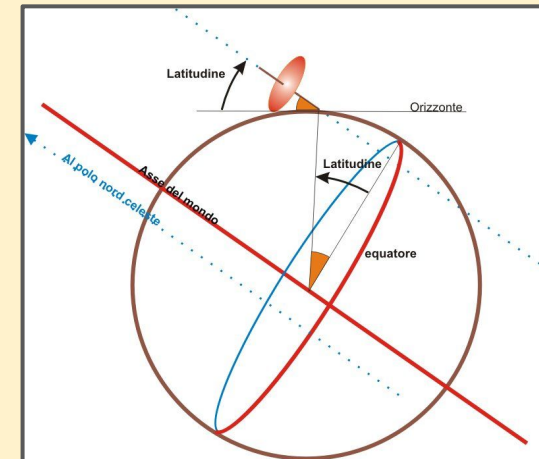
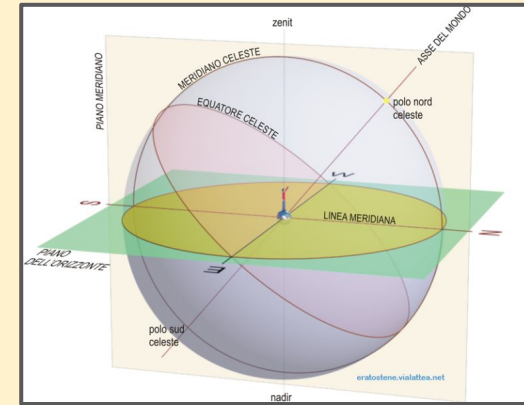
Ombre per misure di tempo: orologi solari o meridiane?

Nella forma tradizionale l'**orologio solare** è uno **stilo**, detto **gnomone**, che **proietta la sua ombra su una superficie**, detta **quadrante**, nel quale l'angolo orario di tutte le ore è un multiplo di 15° poiché $360^\circ : 24 = 15^\circ$ e indica l'**ora solare locale** che differisce dall'orario dell'orologio perché quest'ultimo indica l'**ora media** in vigore nei vari paesi. **L'ombra** dello gnomone prodotta dal Sole **cambia a seconda dell'ora e del periodo dell'anno**. Lo gnomone può essere a mo' di stilo o foro anche nelle meridiane. La **meridiana** è un **orologio solare e anche calendario** che indica il **Mezzogiorno locale sopra una linea retta nel corso dell'anno**, ma in realtà il termine viene utilizzato anche per indicare, erroneamente orologi solari presenti sui muri degli edifici.



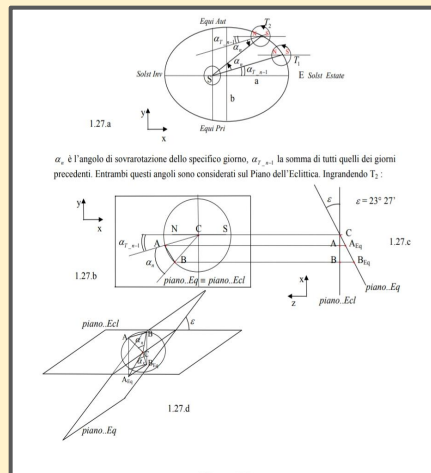
Alcuni concetti astronomici fondamentali

La *linea meridiana* è l'intersezione tra il piano del meridiano celeste e il piano dell'orizzonte. Essa interseca la *sfera celeste* in due punti all'orizzonte chiamati *punto cardinale nord* e punto cardinale *sud*: il primo si trova nell'*emisfero nord* e il secondo *circolo del meridiano celeste*, o anche meridiano dell'osservatore. Il piano dell'*equatore celeste* interseca anch'esso la sfera in un cerchio massimo: l'equatore celeste. Ognuno di questi cerchi massimi è perpendicolare ad un asse: l'asse dell'orizzonte è la *verticale astronomica* la quale interseca la sfera celeste in due punti opposti: lo *zenit*, il punto più alto del cielo, che appartiene all'emisfero visibile, e il *nadir*, che si trova nell'emisfero invisibile. L'asse del piano meridiano è chiamato linea est-ovest o *linea equinoziale*: essa interseca la sfera celeste in due punti opposti che si trovano all'orizzonte: il punto cardinale *est* nell'emisfero orientale e il *punto cardinale ovest* nell'*emisfero occidentale*. L'asse dell'equatore celeste è l'*asse celeste*. La *latitudine* (φ) è l'angolo formato dalla direzione verticale del filo a piombo con il piano dell'equatore celeste. Sulla sfera celeste essa è anche l'altezza del polo celeste elevato e la distanza zenitale del mezzocielo superiore. La *longitudine astronomica* di un punto sulla superficie della Terra è l'angolo formato dal piano meridiano del punto e il piano del *meridiano fondamentale* (di *Greenwich*). (<https://eratostene.vialattea.net/wpe/glossario>)



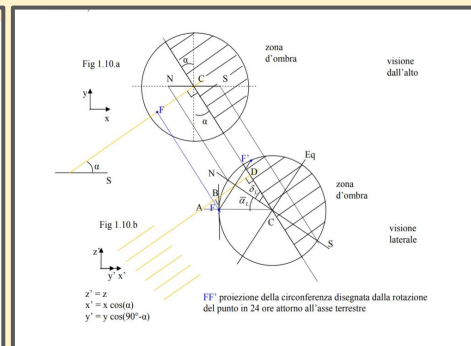
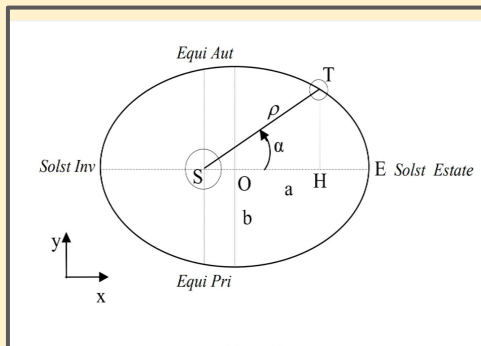
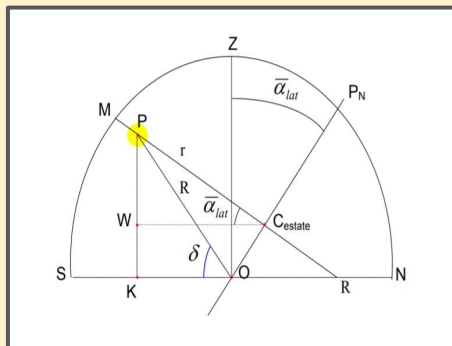
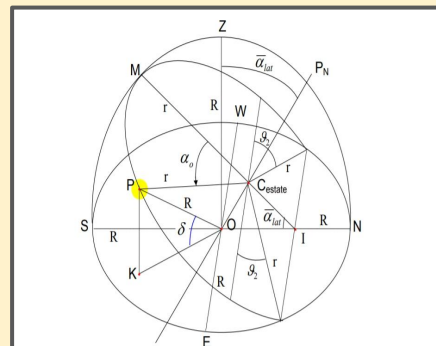
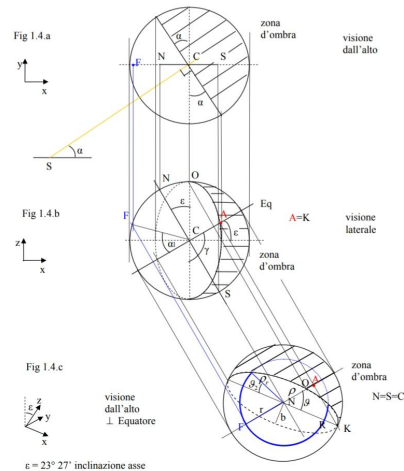
Sfere, piani: sezioni e proiezioni e la trigonometria

L'approccio nel triennio può essere fatto fornendo ai ragazzi conoscenze di geometria solida, trigonometria piana e sferica e l'utilizzo di geogebra ed eventualmente Autocad per costruire le sezioni e proiezioni in modo più veloce e dinamico. Nel biennio si lavora in due dimensioni e basta la conoscenza dei teoremi sui triangoli rettangoli in trigonometria, le similitudini, le coniche e le trasformazioni geometriche e l'utilizzo di Geogebra



Ore di illuminazione

prima proiezione (quella sul piano xy, fig 1.4.a) la circonferenza che separa l



$$z' = z$$

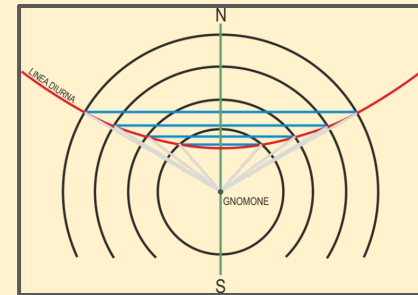
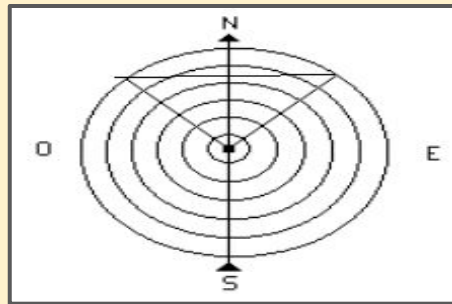
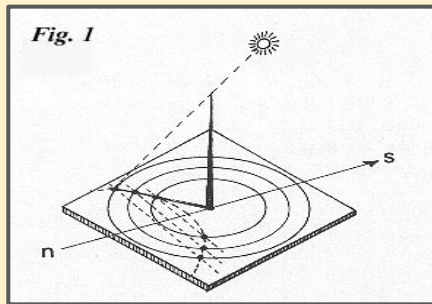
$$x' = x \cos(\alpha)$$

$$y' = y \cos(90^\circ - \alpha)$$

FF' proiezione della circonferenza disegnata dalla rotazione del punto in 24 ore attorno all'asse terrestre

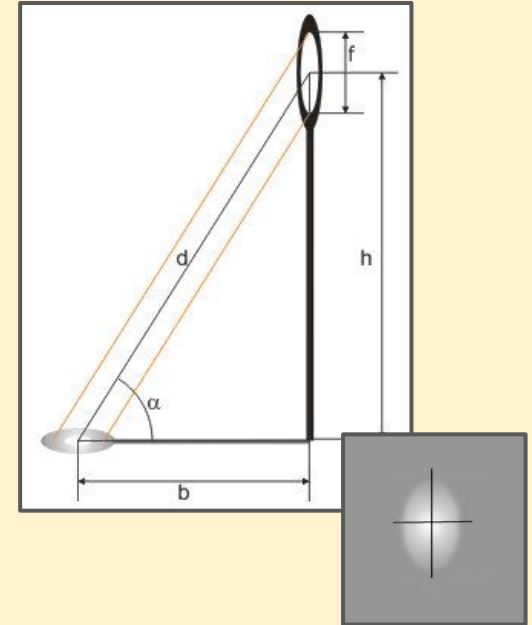
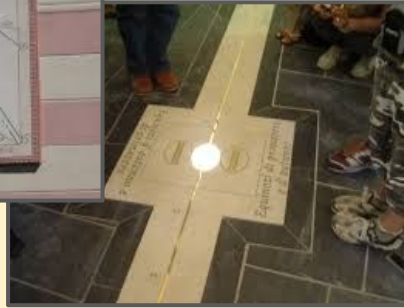
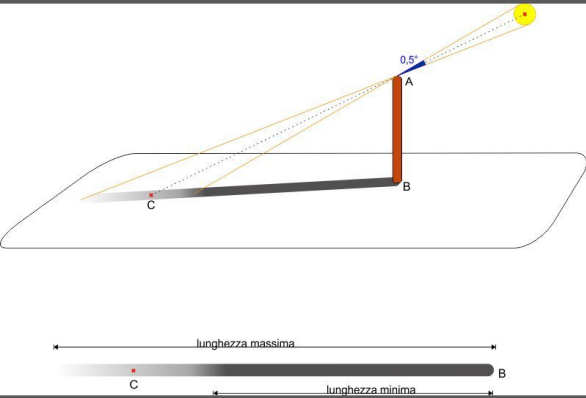
Il nostro punto di partenza: orologio solare da giardino

Con il seguente metodo (noto con il nome di “*metodo dei cerchi indù*”) si è *tracciato la direzione della linea meridiana* con buona precisione e in pochi passaggi. Lo strumento che abbiamo costruito è un *orologio capostipite* dei più complessi orologi solari. Su una superficie orizzontale *si sono disegnati alcuni cerchi concentrici e, nel loro centro comune si è collocato un bastoncino verticale (gnomone)* (Fig.1). Di mattina, *una o due ore prima del mezzogiorno solare*, si attende che *l'apice dell'ombra dello gnomone coincida con una qualsiasi delle circonferenze*. Si traccia un segno su quel punto della circonferenza e si fa un'altra registrazione una o due ore dopo il mezzogiorno. Si uniscono tra loro i due punti segnati disegnando un segmento. *La linea meridiana è la retta che passa tra il centro dei cerchi e il punto medio di questo segmento*



Alcuni esempi di orologi solari

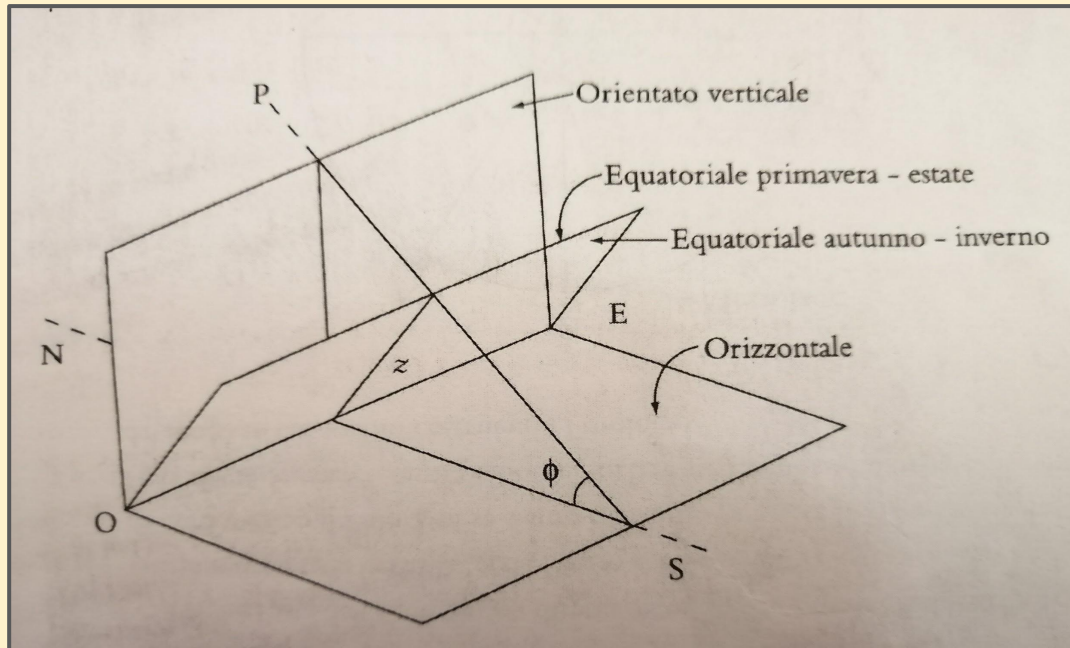
A seconda di come è posizionato il piano su cui sono segnate le ore gli **orologi solari** si suddividono in **equatoriali, orizzontali, verticali a quadro declinante, polari** e gli gnomoni possono essere **a stilo o a foro**



Lo gnomone e il problema della penombra

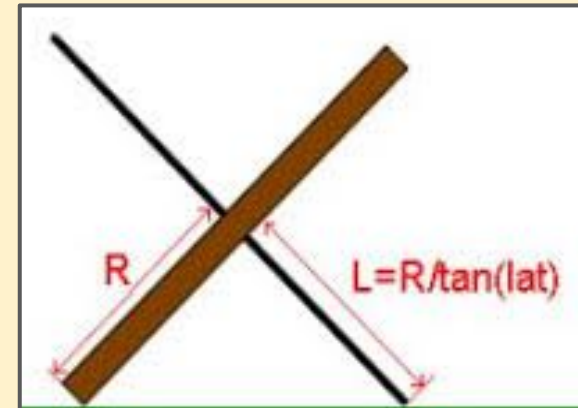
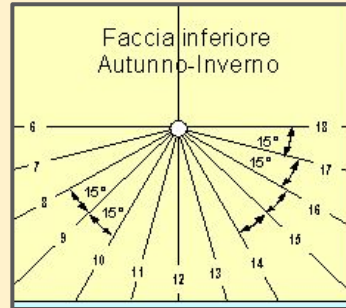
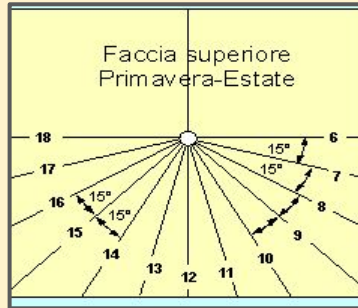
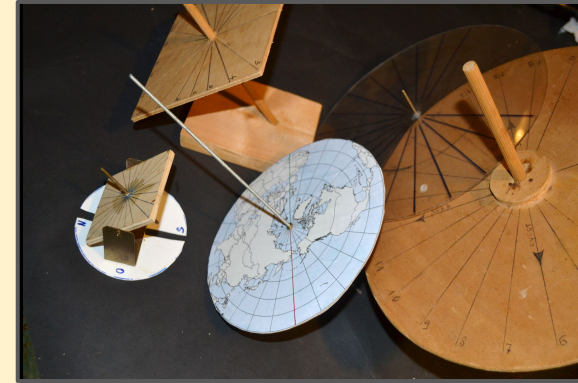
Diverso orientamento dei quadranti di tre orologi

Una questione di proiezioni



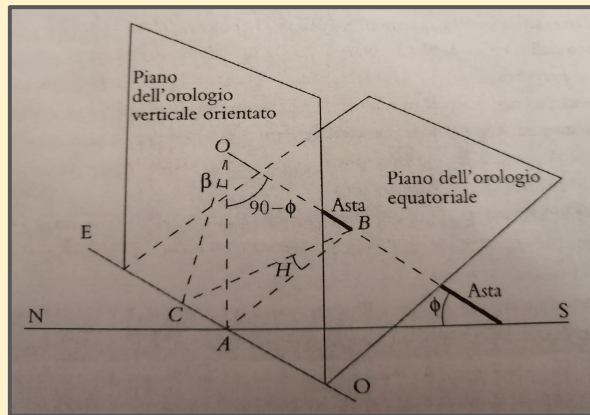
Esempio di orologio equatoriale e il suo funzionamento

L'*orologio equatoriale* è costituito da uno *gnomone* a stilo disposto parallelamente all'*asse celeste* che forma col piano orizzontale un angolo pari alla *latitudine* del luogo e deve essere sul piano verticale della linea meridiana Nord-Sud. Lo stilo forma le ombre su un *quadrante* o cerchio *perpendicolare allo stilo* e di conseguenza è *parallelo all'equatore celeste*. Nel corso della giornata l'ombra dello *stilo polare* si sposterà sul cerchio orario percorrendo 15° ogni ora. Le *linee orarie* sul cerchio orario si spostano di 15° in 15° . **Per poter leggere l'ora solare in qualsiasi giorno dell'anno, le linee orarie vanno disegnate su entrambi i lati del cerchio orario.** La lunghezza dello stilo $L = R/\text{tg}(\Phi)$ dove Φ è la latitudine



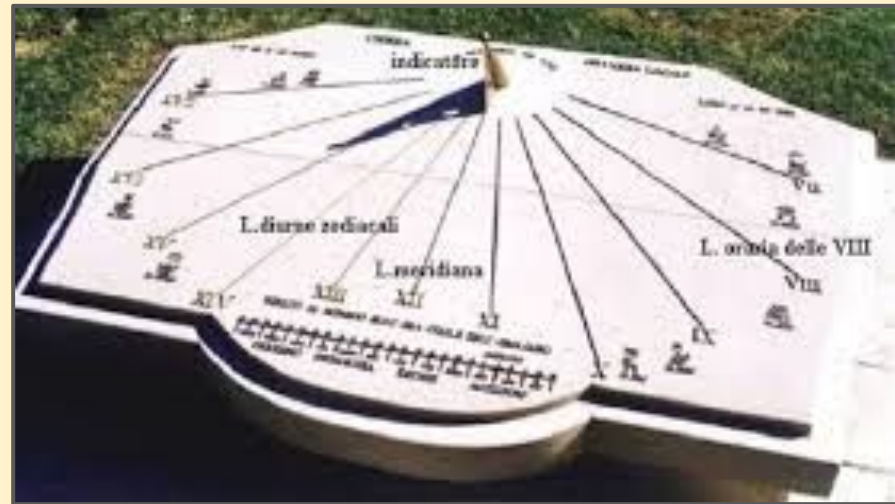
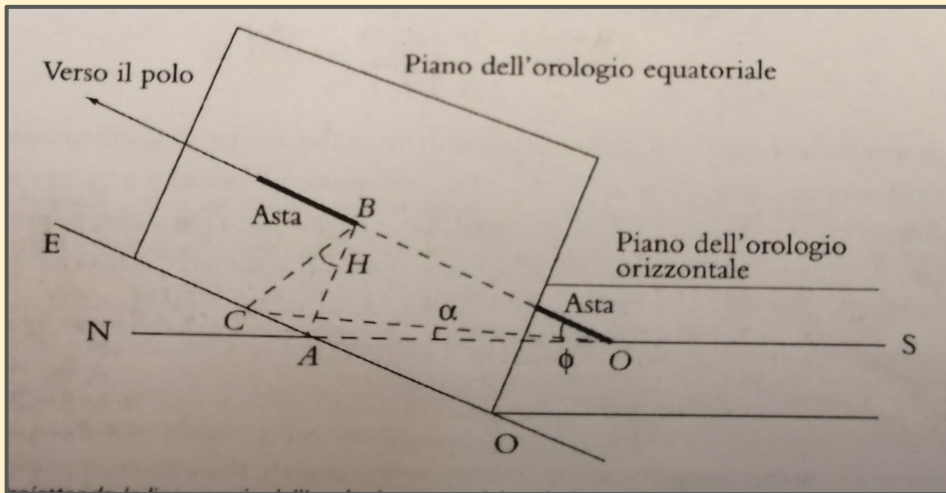
Esempio di orologio verticale e il suo funzionamento

Tipico *orologio disegnato sulla parete di un edificio*. Il suo quadrante si dovrebbe trovare su un *piano verticale orientato E-W*. Lo stilo è *parallelo all'asse terrestre*. Le *linee orarie sono proiezioni delle linee del piano equatoriale sul piano verticale* e richiedono conoscenze di trigonometria. $\text{tg } \beta = \text{CA}/\text{AO}$, $\text{tg } H = \text{CA}/\text{AB}$ e $\text{sen } (90^\circ - \Phi) = \text{AB}/\text{AO}$ da cui $\text{tg } \beta = \text{tg } H \cdot \text{cos } \Phi$ dove H può essere 15° allora β darà l'angolo per le linee delle 11 e 13 e così via. Se *la parete non è orientata E-W* occorre misurare l'angolo che la parete forma con la linea E-W e fare calcoli trigonometrici un po' più complessi (Determinazione della declinazione della parete con l'uso del teodolite cfr. G.De Donà in Atti del XVIII Seminario nazionale di gnomonica, Chatillon ,2012.).



Esempio di orologio orizzontale e il suo funzionamento

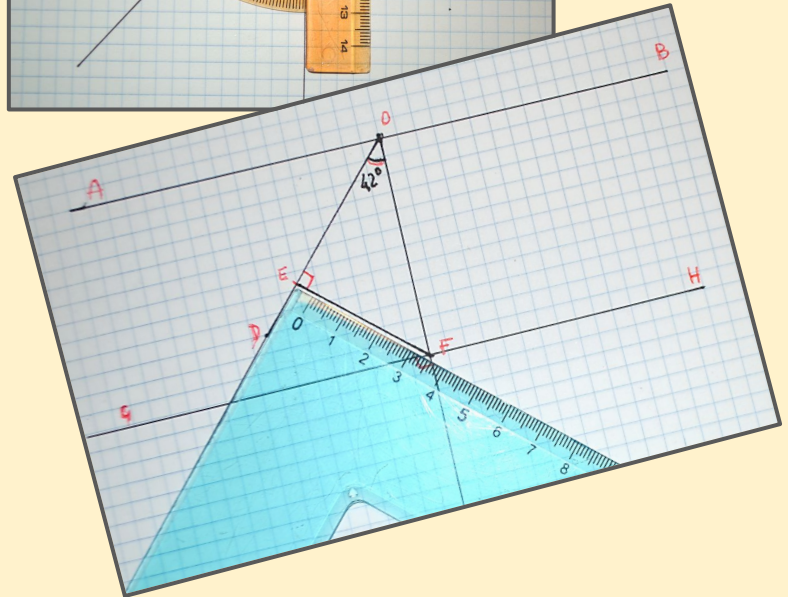
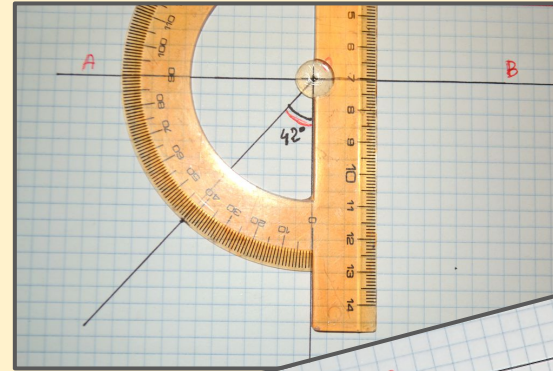
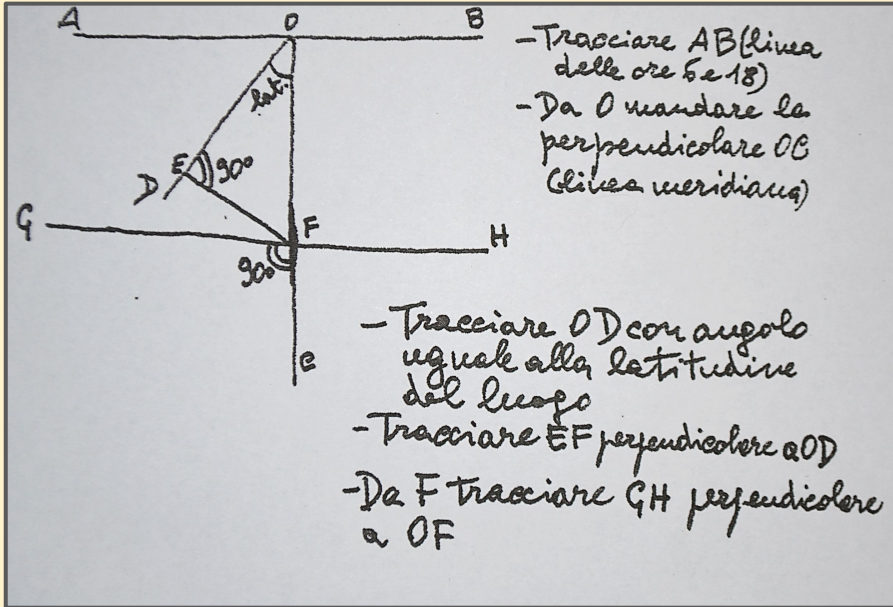
Il suo quadrante è un piano di cui occorre verificare la orizzontalità con una livella e lo gnomone forma un angolo uguale alla latitudine del luogo con la linea nord-sud e sarà diretto verso il polo celeste. La linea N-S è la linea delle 12 le altre linee si determinano con la trigonometria come gli orologi verticali $\operatorname{tg} \alpha = CA/AO$, $\operatorname{tg} H = CA/AB$ e $\operatorname{sen} \Phi = AB/AO$ da cui $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} H \cdot \operatorname{sen} \Phi$ dove H può essere 15° allora α darà l'angolo per le linee delle 11 e 13 e così via.



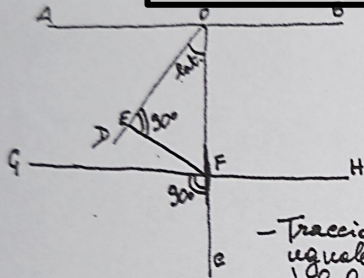
Esempio di orologio orizzontale: costruzione grafica

seguiamo le indicazioni di un costruttore di orologi solari

Lavoro del Prof. Enzo Bellettato

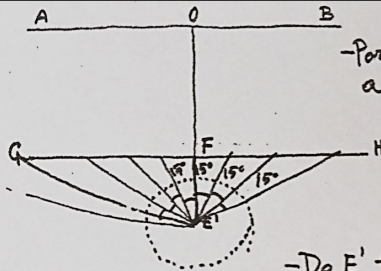


TRACCIATURA DI UN OROLOGIO SOLARE ORIZZONTALE



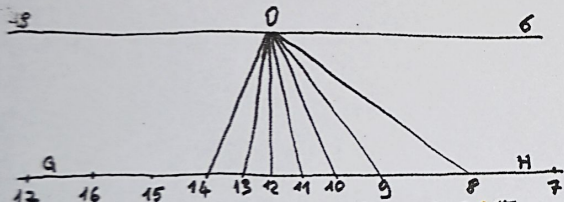
- Tracciare AB (linea delle ore 6 e 18)
- Da O mandare la perpendicolare OC (linea meridiana)

- Tracciare OD con angolo uguale alla latitudine del luogo
- Tracciare EF perpendicolare a OD
- Da F tracciare GH perpendicolare a OF

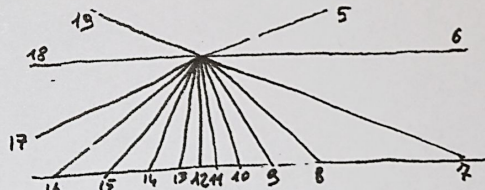


- Porre FE' uguale a FE

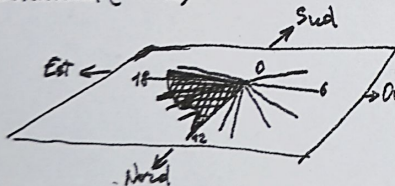
- Da E' tracciare a destra e a sinistra angoli di 15° ciascuno fino ad intersecare GH



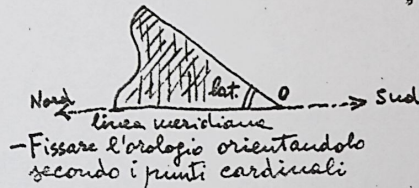
- Unire i punti di intersezione in GH con O. Si ottengono così le linee orarie che vanno numerate a partire dalla linea meridiana (ora 12)



- Prolungare le linee delle 7 e delle 14 per ottenere le linee delle 13 e delle 5.



- Collocare lo gnomone col vertice in O sulla linea meridiana
- Lo gnomone va tagliato con angolo uguale alla latitudine del luogo

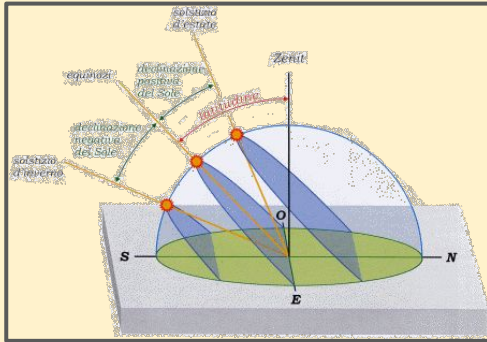


- Fissare l'orologio orientandolo secondo i punti cardinali

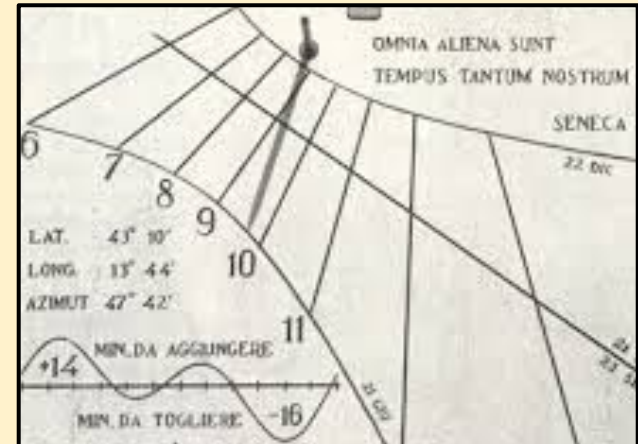
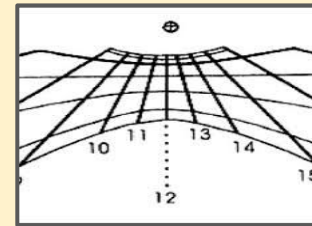
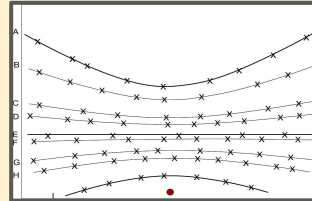
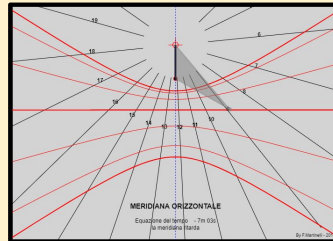
Prof. Pavigio

Gli orologi solari: le linee diurne e le coniche

La linea diurna è la traccia che percorre l'ombra della punta di uno stilo sul quadrante dell'orologio, durante il giorno. *L'intersezione tra la superficie conica e il piano del quadrante è una curva conica (ramo di iperbole, parabola o ellisse) che dipende dall'inclinazione "e" del quadrante rispetto all'equatore in relazione alla declinazione del Sole "δ". Alle nostre latitudini si hanno iperboli.* Se si analizzano le linee diurne si nota che sono simmetriche rispetto alla linea meridiana; ci sono linee diurne con curvatura rivolta verso lo gnomone e più vicine ad esso ottenute durante l'estate quando il Sole raggiunge altezze maggiori in cielo, e quelle più lontane con curvatura opposta durante l'inverno; la retta equinoziale che separa i due gruppi precedenti.



iperbole	quando $e > \delta$
parabola	" $e = \delta$
ellisse	" $e < \delta$
cerchio	" $e = 0^\circ$

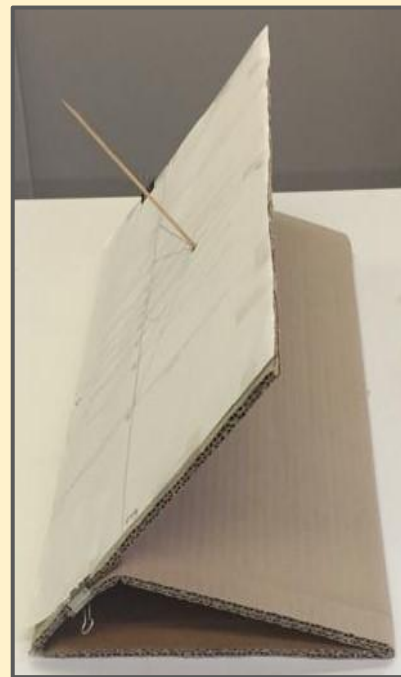


Progetto di orologio polare per la scuola

Obiettivo: immaginare di dover ideare e realizzare un orologio solare da posizionare all'ingresso della scuola, curandone la **funzionalità** e l'**estetica**

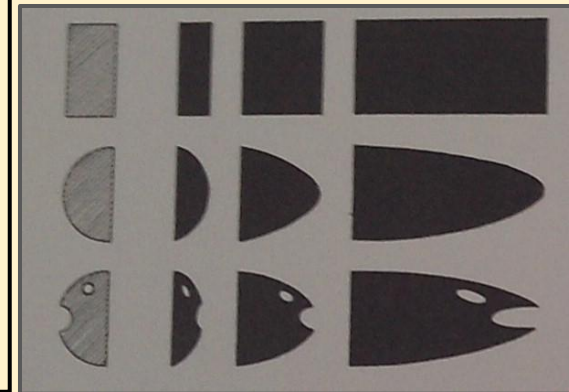
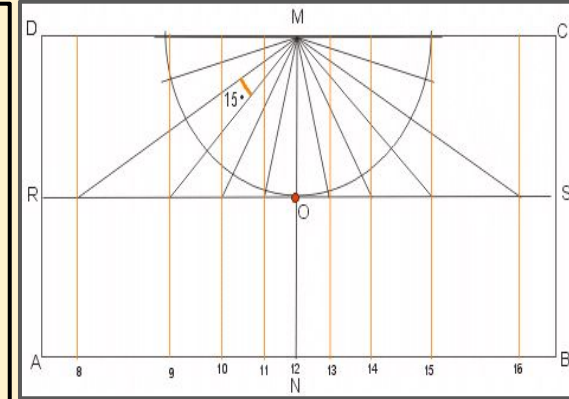
Fasi del progetto

1. Scelta del tipo di orologio in base alla semplicità di costruzione e alla universalità: **orologio polare** con quadrante sul piano est-ovest e stilo perpendicolare ad esso
2. Costruzione del **prototipo** di orologio e sperimentazione (conoscenze di trigonometria)
3. Studio delle **correzioni** da apportare per poter confrontare l'ora solare e quella civile (conoscenza dell'equazione del tempo e della longitudine)
4. Costruzione **linee diurne** dei due solstizi (conoscenza delle proprietà dell'iperbole)
5. Scelta del **tipo di gnomone** in base a considerazioni estetiche, creative e funzionali, andando a studiare le trasformazioni geometriche sottese alla creazione delle ombre
6. Studio di **fattibilità** in base a questioni tecniche e finanziarie



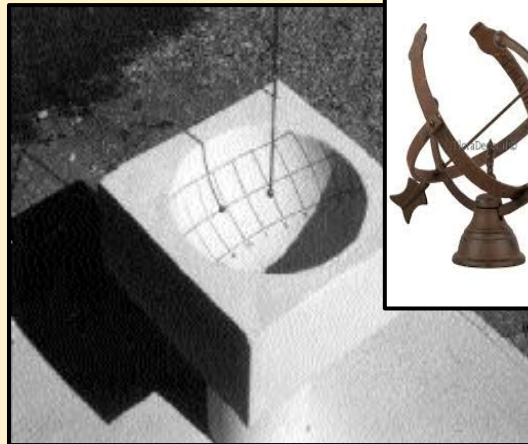
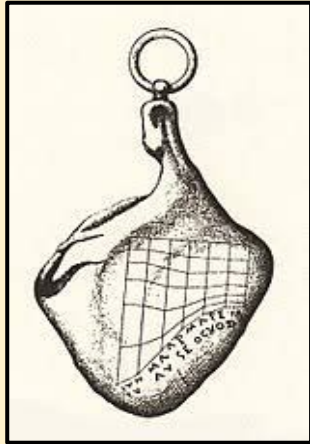
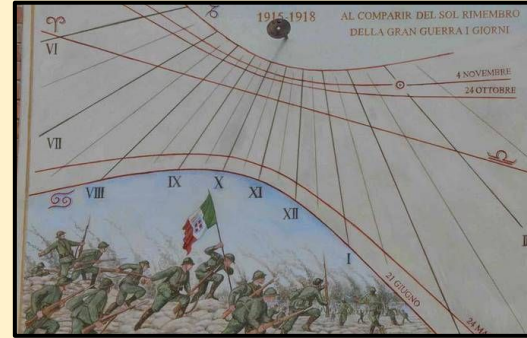
Costruzione del prototipo e questioni matematiche

- **Costruzione del piano di appoggio dell'orologio *inclinato di un angolo φ che è la latitudine del luogo* (qui di 45°) e questo implica che la *lunghezza delle ombre non varia* con le stagioni ma solo l'angolo che per la misura non è influente. Il quadrante così inclinato risulta parallelo all'asse polare**
- **Stima delle dimensioni dello *gnomone* in base a questioni di nitidezza dell'ombra e dimensioni della plancia (calcolo con trigonometria di *D=dist linee orarie da O*, *L= lungn stilo*, *α = angolo orario* $D=L \operatorname{tg} \alpha$)**
- **Costruzione grafica delle linee orarie** (Linea E-W ossia RS perpendicolare nel punto medio MN linea N-S, circonferenza di centro in M e raggio OM= lunghezza dello stilo. Da OM misurare angoli di 15° in 15° tracciando le semirette uscenti da M fino ad incontrare la retta RS. Nei punti di intersezione tracciare le perpendicolari all'asse RS queste sono le linee orarie e numerarle a partire dalle 12 in O e a sinix antimeridiane e dex pomeridiane
- **Costruzione geometrica delle linee diurne solstiziali con l'equazione delle iperboli tramite la geometria analitica e trigonometria**
 $y = -\operatorname{tg} \square \cdot \sqrt{L^2 + X^2}$, dove \square = declinazione, L= stilo, X= punto sull'asse E-W
- **Creazione linea meridiana e scelta della sagoma dello gnomone**



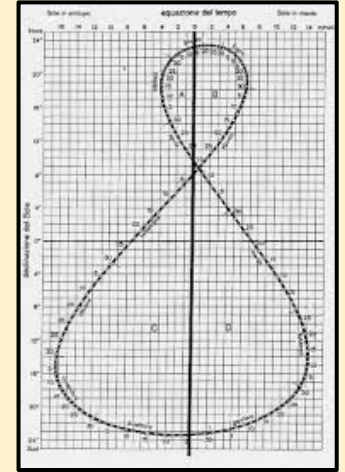
Orologi solari e meridiane tra storia, arte, geografia

- *gli orologi solari di pietra nel mondo*
- *meridiane storiche dell'impero Romano*
- *meridiane in piazze e chiese in Italia*
- *orologi solari nel nostro territorio*
- *meridiane in alcune città europee*



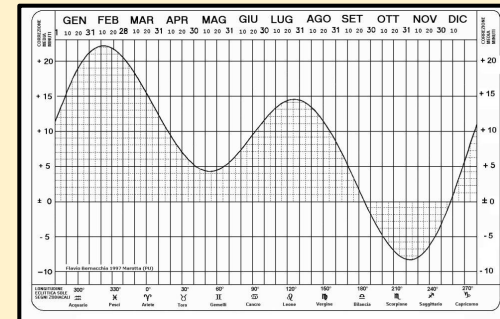
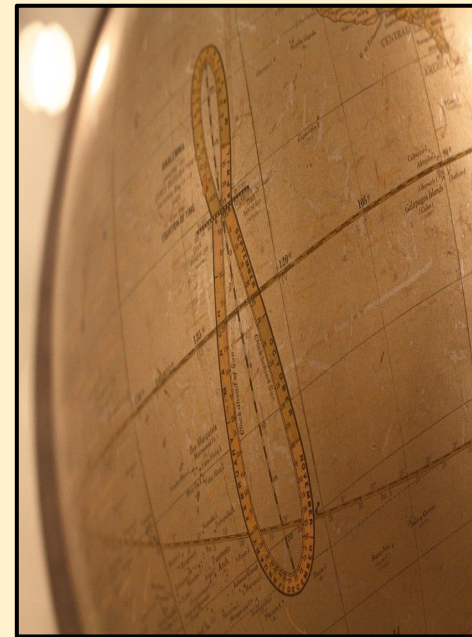
Le meridiane e l'analemma o lemniscata

'Analemma' deriva dal greco ἀνάλημμα, che significa "basamento", "sostegno". **Vitruvio** nel libro IX del suo trattato *De Architectura*, risalente più o meno al 15 a.C., dice che l'analemma è il fondamento su cui si costruiscono gli orologi solari o le meridiane. E' una *curva a forma di otto ottenuta dall'ombra* proiettata da uno **gnomone nel corso dell'anno**. L'estensione longitudinale è prodotta dalle variazioni di **declinazione del Sole** nel corso dell'anno ed è un effetto dell'**inclinazione** dell'asse di rotazione della Terra. Il **vertice superiore corrisponde al solstizio d'estate** quello inferiore al **solstizio d'inverno**. L'**anello** inferiore è più allungato rispetto a quello superiore ed è una conseguenza dell'**eccentricità** dell'orbita terrestre. Inoltre fotografando ogni giorno alla stessa ora la posizione del sole si nota che le immagini non sono equidistanti fra loro e questo indica che per esempio si ha la **massima velocità orbitale della Terra al solstizio d'inverno**. La diversa larghezza dell'analemma dipende dal fatto che il sole durante il suo moto si sposta anche orizzontalmente .



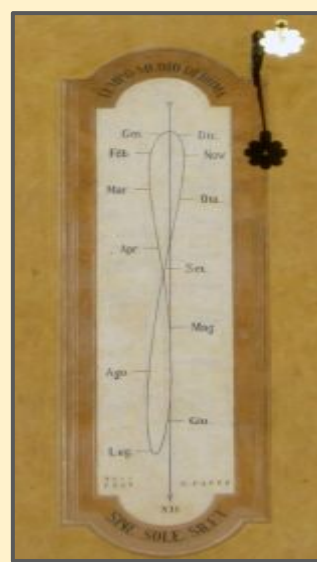
Le meridiane e l'equazione del tempo

A causa del **moto ineguale** della Terra nella sua orbita e dell'**inclinazione dell'orbita** rispetto all'equatore, **la durata del giorno varia con le stagioni dell'anno**. Gli astronomi considerarono **fino alla fine del Seicento** l'ora del **Giorno solare vero** (tempo intercorso tra due passaggi consecutivi del Sole per il meridiano del luogo) per registrare le loro osservazioni. Raggiunto un accordo sulle correzioni da apportare, adottarono poi, sull'esempio di Flamsteed, il **Tempo solare medio** (tempo riferito al percorso apparente in cielo di un "sole fittizio" che si muove con velocità media lungo l'eclittica). *L'equazione del tempo è la curva che descrive gli anticipi e i ritardi del mezzogiorno solare vero rispetto al mezzogiorno segnato dagli orologi* (non tenendo conto dell'ora legale). In accordo con l'equazione del tempo, le immagini del Sole che si trovano sulla **destra** dell'analemma rappresentano i giorni in cui il mezzogiorno solare vero è *in anticipo* sul mezzogiorno solare medio, cioè il **mezzogiorno convenzionale corrispondente alla longitudine del meridiano locale**.



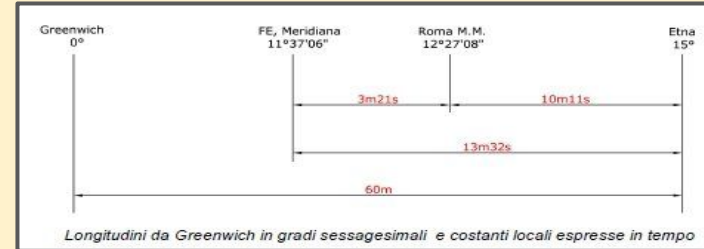
La meridiana in piazzetta municipale a Ferrara

Nel prospetto nord di piazza Municipale è presente una *meridiana verticale a Tempo Medio di Roma*; eseguita dallo *gnomonista Giovanni Zaffi nel 1869*. Nel 1866 con Regio Decreto n. 3224 del 22 settembre si stabilì che: "*... il servizio dei convogli nelle ferrovie, quello dei telegrafi, delle poste, delle messaggerie e dei piroscafi postali nelle Province continentali del Regno, verrà regolato col tempo medio di Roma*". Nel 1870 il tempo medio del meridiano passante prima per la chiesa di S. Ignazio (specola del Collegio Romano dei Gesuiti), poi per il vertice di Monte Mario, divenne il riferimento di tutta la nazione. E' in questa fase del cammino storico verso la moderna organizzazione della misura del tempo che Giovanni Zaffi realizzò questa meridiana. *Essa segnava il mezzogiorno medio riferito al Meridiano di Roma nell'istante in cui il punto luce proiettato dal foro gnomonico intersecava il tratto della curva ad otto in corrispondenza del mese interessato* (tempo di riferimento civile in uso nelle Ferrovie all'epoca della sua costruzione) e, inoltre, segnava *le ore 12 vere locali quando il punto luce intersecava la linea verticale*. Per una serie di errori di interpretazione dovuti a successivi interventi, la meridiana non assolveva più alla sua funzione oraria originale, ma il 21 giugno 2013, solstizio d'estate, la meridiana è stata inaugurata dopo un intervento di ripristino della funzione oraria originale, sulla base di calcoli e grafici elaborati dallo gnomonista *Renzo Righi di Correggio (RE)*



Come leggere la meridiana verticale della piazzetta

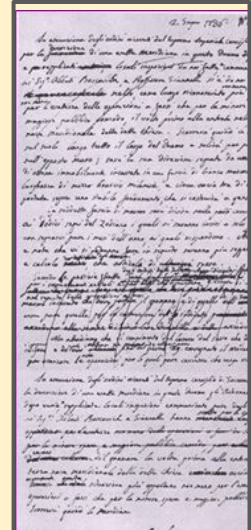
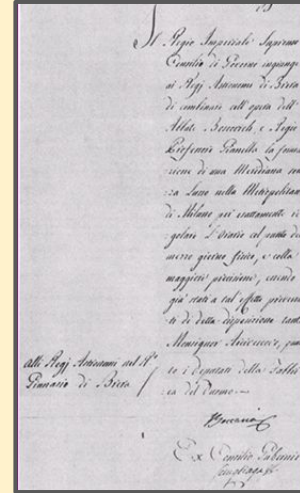
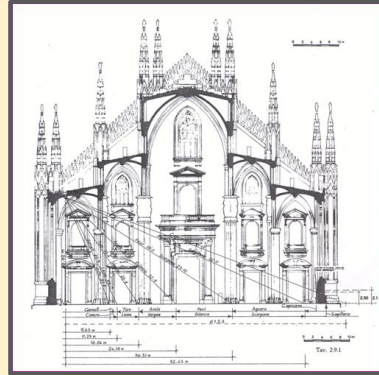
Quando il punto luce interseca il tratto della curva a otto in corrispondenza del mese interessato, è il **mezzogiorno medio** riferito al meridiano di Roma. Per "raccordare" *l'ora media di Roma con l'ora civile nazionale letta sull'orologio convenzionale (che fa riferimento non più al meridiano di Roma ma al meridiano posto 15° est da Greenwich, che passa per il cratere dell'Etna-Catania), dobbiamo sempre aggiungere la costante locale (differenza in longitudine ovest espressa in tempo) tra Roma e Catania pari a 10m11s* in quanto il Sole, nel suo moto apparente, transita su Catania 10m circa prima che a Roma. Pertanto quando la macchia di luce attraverserà la curva, ovvero quando segnerà il mezzogiorno medio di Roma, gli orologi convenzionali di tutta Italia segneranno 12h10m11s (quando è in vigore l'ora legale estiva si deve aggiungere 1h). Il punto luce interseca la linea verticale alle ore 12 vere locali, (transito del Sole al meridiano di Ferrara); ma qui *si ricorda che per questioni astronomiche e scelte convenzionali l'ora vera solare subisce scarti ciclici giornalieri rispetto all'odierna ora civile*. Quindi, per sincronizzare il mezzogiorno vero di Ferrara al meridiano dell'Etna, si devono aggiungere alle ore 12 delle quantità in minuti riportate nella tabella seguente ed espresse in valori medi arrotondati per ogni decade del mese e quando vige l'ora legale estiva, occorrerà aggiungere 1h.



mesi gior.	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
1	17	27	26	17	11	12	17	20	14	3	-3	3
10	21	28	24	15	10	13	19	19	11	0	-2	6
20	24	27	21	12	10	15	20	17	7	-2	-1	11

La meridiana del duomo di Milano e gli astronomi di Brera

Con ingiunzione del Regio Imperiale Supremo Consiglio di Governo del 12 maggio 1786 a firma Cesare Beccaria si ordina agli astronomi di Brera di creare una meridiana del Duomo di Milano , *“esattamente regolare l’orario col punto del mezzogiorno fisico e con la maggior precisione”* (a sinistra). A destra la risposta del 2 giugno 1786 degli *astronomi di Brera* in esecuzione degli ordini ricevuti dando indicazioni sulle modalità costruttive. Gli astronomi abati Giovanni Angelo De Cesaris (1749-1832) e Guido Francesco Reggio (1745-1804) si assunsero l’impegno del sopralluogo in Duomo e di informare delle loro ispezioni l’abate Ruggero Giuseppe Boscovich (1711-1787) e il gesuita prof. Carlo Francesco Gianella (1740-1810).



La linea meridiana del duomo nella storia

Fu costruita **nel 1786** col contributo degli abati e astronomi *Giovanni Angelo De Cesaris e Guido Francesco Reggio allievi diretti dell'abate Boscovich dell'Accademia di Brera*, a cui fu affidato il compito da Maria Teresa e Giuseppe II d'Asburgo. *La motivazione principale di tale decisione era costituita dall'entrata in vigore della cosiddetta "Riforma del Tempo"*. Tale decreto ordinava l'adeguamento di tutti gli orologi lombardi all'ora transalpina francese a partire dal **primo dicembre del 1786**. La meridiana è costituita da una *linea di ottone* che percorre la Cattedrale in senso longitudinale e corredata dai segni zodiacali. Sulla *parete rivolta a sud*, opposta a quella della meridiana, c'è un **foro** che si trova a un'altezza di circa **24 metri**, di circa **25 millimetri** di diametro. Quando il sole entra nel foro, al mezzogiorno solare, la luce raggiunge la parete opposta proiettandosi sulla striscia metallica. Essendo un **orologio e un calendario solare** funzionante ha necessitato nel corso dei secoli di verifiche e ripristini. Uno di questi fu effettuato nel 1827 a causa dell'abbassamento del piano del pavimento. Una seconda verifica nel 1929 dall'astronomo Luigi Gabba per conto del Regio Osservatorio Astronomico di Brera. L'ultima verifica effettuata fu eseguita nel 1976 in quanto gli scavi della prima linea della metropolitana e l'*abbassamento della falda freatica causarono un ulteriore abbassamento del pavimento della Cattedrale*. Fu anche allargato il foro gnomico sito in corrispondenza della volta della prima campata sud.

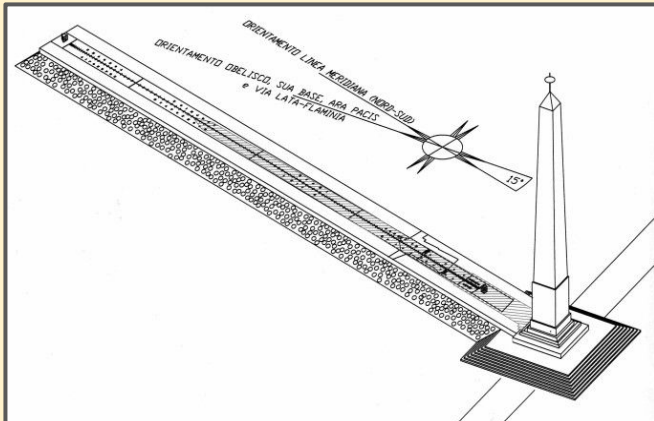


La meridiana di Augusto: un obelisco come gnomone

“ Il divo Augusto attribuì una mirabile funzione all’obelisco che è nel Campo Marzio, cioè quella di catturare l’ombra del sole e di determinare la lunghezza dei giorni e delle notti. Realizzò di conseguenza un pavimento di lastre di ampiezza proporzionale all’altezza dell’obelisco in modo che l’ombra fosse pari a questo lastricato alla sesta ora (mezzogiorno) del solstizio d’inverno e, a poco a poco giorno dopo giorno, diminuisse e poi aumentasse di nuovo, indicata da regole di bronzo inserite nel pavimento. Fatto degno di essere conosciuto, l’opera dell’astronomo Facondo Novio. Costui aggiunse al culmine dell’obelisco un globo dorato, sulla cui sommità l’ombra si raccoglie in se stessa, in modo da evitare che l’apice proietti un’ombra troppo grande: prendendo in questa ispirazione, a quanto si dice, dalla testa umana.

L’orologio ormai non funziona più da quasi trent’anni, sia che il sole abbia cambiato corso per qualche legge celeste, sia che la terra intera si sia alquanto spostata dal suo centro, sia che lo gnomone (obelisco), in seguito a terremoti, si sia piegato, oppure che le inondazioni del Tevere abbiano provocato un cedimento alle fondazioni, benché si affermi che queste furono costruite per una profondità adeguata al peso sovrapposto “ (Plinio il Vecchio “*observatio umbrarum*” XXXVI, 72)

Augusto fece portare questo obelisco da **Eliopoli** poco prima del 10 a.c. e fu eretto come gnomone per il Solarium Augusti, una enorme meridiana incisa su una platea presso l’**Ara Pacis**, dove oggi è San Lorenzo in Lucina, oggi collocato a **Piazza Montecitorio**.



I motti negli orologi solari o nelle meridiane

Il motto è un elemento tradizionale degli orologi solari. A volte esprime antiche saggezze, a volte è ironico. Spesso negli orologi più antichi esprime concetti religiosi legati alla vacuità della vita ed alla certezza della morte.



- **Lumen Dei, lex diei:** Sono la luce di Dio e comando il tempo; **Sine Sole nihil sum:** Senza Sole sono nulla.
- **Allor che il Sol mi si farà palese, darò l'ora germanica e francese;** **Lux me regit:** La luce mi guida.
- ***Je passe mes heures à dire l'heure:*** Io passo le mie ore a dire l'ora.
- **Metti a profitto il giorno presente;** **Labuntur anni:** Gli anni fuggono (Orazio, Odi, II, 14, 1)
- ***Voici l'heure d'être hereux:*** Ecco l'ora di essere felici; **Carpe diem:** Cogli l'attimo che fugge
- **Lumen et umbra sumus:** Siamo luce ed ombra; **PANTA REI:** Tutto scorre
- ***INCLUSO UN SOLO CABELLO TIENE TAMBIÉN SU SOMBRA:*** Anche un solo capello ha la sua ombra
- **Wahrheit ist die Tochter der Zeit (Lat.=Temporis filia veritas);** **Tempore Tempora Tempera:** Il tempo mitiga le sventure
- **Lucet omnibus:** Il sole risplende per tutti; **Sine sole sileo:** Senza il sole sono muto.
- **Induce animum sapientem:** Crea una mente saggia; **FESTINA LENTE:** *Affrettati con calma;*
- **Homo fugit velut umbra:** La vita dell'uomo fugge come ombra; **Hora fugit ne tardes:** Il tempo fugge, non indugiare.
- **Der Tod ist gewiss, nicht aber seine Stunde (Lat.=Mors certa, hora incerta)**
- **Lux umbra Dei:** La luce è l'ombra di Dio; **Lex Dei lux diei:** La legge di Dio è la luce del giorno
- ***Je mesure le temps, image mobile de l'immobile éternité:*** Io misuro il tempo, immagine mobile dell'eternità immobile.

Alcuni scritti su ombre, gnomoni, meridiane

Luce ombra Pindaro, Pittica, VIII, v.95 sgg.

Platone, Il mito della caverna da La Repubblica

La luce aristotelica [Aristotele Dell'anima] II, 7, 418b9-11 [Aristotele Dell'anima] II, 7, 418b9-11 [Aristotele Dell'anima] II, 7 418b24-26 Aristotele, De Sensu

Plinio il Vecchio, Naturalis Historia: Libro 02, Paragrafi 35-47, pag 2

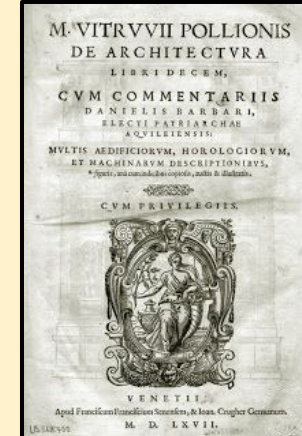
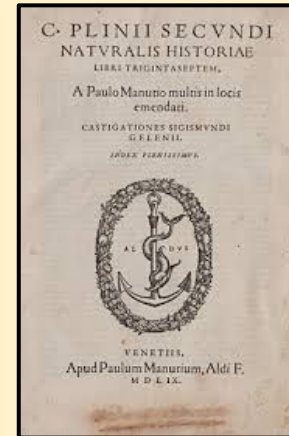
deinde solis meatum esse partem quidem trecentarum sexaginta, sed ut observatio umbrarum eius redeat ad notas, quinos annis dies adici superque quartam partem diei [Quindi il cammino del sole è pertanto la trecentosessantesima parte, ma affinché l'osservazione delle ombre torni alle sue connotazioni, si aggiungono cinque giorni dell'anno e in più la quarta parte del giorno]

Vitruvio De Architectura libro IX,8,1. Astronomia; astrologia e meteorologia; orologi solari e ad acqua (tradotta e commentata dal marchese Berardo Galiani)

Plinio il Vecchio, Naturalis Historia, XXXVI, 72 ss.: Ei, qui est in campo, divus Augustus addidit mirabilem usum ad dependendas solis umbras dierumque ac noctium ita magnitudines, strato lapide ad longitudinem obelisci, cui par fieret umbra brumae confectae die sexta hora paulatimque per regulas, quae sunt ex aere inclusae, singulis diebus decresceret ac rursus auferesceret, digna cognitu res, ingenio Facundi Novi mathematici. is apici auratam pilam addidit, cuius vertice umbra colligeretur in se ipsam, alias enormiter iaculante apice, ratione, ut ferunt, a capite hominis intellecta.

San

Tommaso – Summa Theologica. “Quidam a meridie, quidam ab occasu, quidam a media nocte, quidam ab ortu solis diem incipiunt. Ecclesia tamen romana diem a meridiana nocte incipit”



Maledette le ore e chi le inventò



"Le meridiane dettavano l'ora precisa in cui mangiare, così anche se si aveva fame si doveva aspettare l'ora giusta... maledette meridiane" così scrive Plauto vissuto tra 250 a.C. e 184 a.C.

Plauto - Fragmenta: Boeotia - da Aulo Gellio in *Noctes Atticae* III.3.5

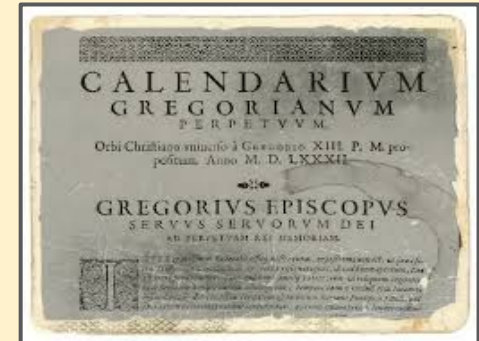
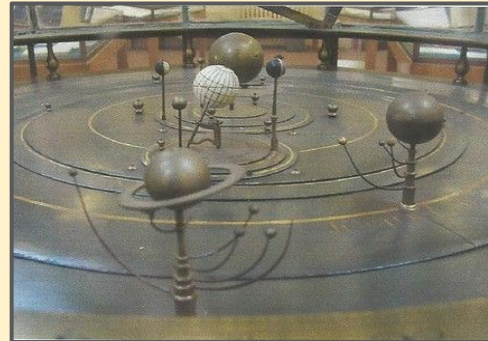
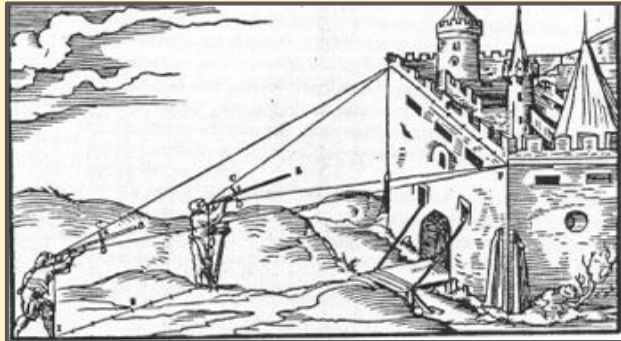
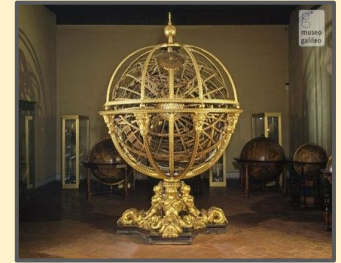
ut illum di perdant, primus qui horas repperit, quique adeo primus statuit hic solarium! qui mihi conminuit misero articulatim diem. Nam [unum] me puero venter erat solarium, multo omnium istorum optimum et verissimum: ubi is te monebat, esses, nisi cum nihil erat. Nunc etiam quod est, non estur, nisi Soli libet; itaque adeo iam oppletum oppidum est solariis, maior pars populi aridi reptant fame. [Maledette le ore e chi le inventò Che gli dei possano fulminare quello che per primo inventò le ore, ed anche quel maledetto che posizionò questa meridiana! Che con questa ossessione ha mandato in pezzetti la mia giornata di povero cristo.

Giacché quand'ero bambino lo stomaco era il solo orologio assai più equo e giusto di tutte queste diavolerie moderne: ovunque tu andassi lui t'avvisava, ch'era l'ora di mangiare, anche se non c'era nulla da mangiare. Adesso, anche quando hai fame, non si mangia, se non lo dice il sole; con tutte queste meridiane in giro per la città, la maggior parte del popolo striscia rinsecchito dalla fame].

I Romani si limitarono all'utilizzo degli orologi solari, senza apportare contributi scientifici di rilievo alla gnomonica. Valerio Messalla collocò nel Foro (nel 263 a.C.) un orologio solare preso a Catania senza sapere che cambiando la latitudine non poteva dare l'ora esatta e per tre generazioni l'ora pubblica romana venne stabilita da tale orologio. L'ora romana era considerata una delle più approssimate: famosa a questo proposito l'affermazione di Seneca sul fatto che *fosse più facile trovare in accordo dei filosofi che degli orologi* ("*Facilius inter philosophos, quam inter horologia conveniet*").

Approfondimenti: dalle meridiane ai calendari ...

- Il tempo civile e i sistemi delle ore da quelle romane a quelle francesi
- I calendari nella storia e la riforma
- Dalla cosmogonia alla cosmologia e i modelli cosmologici
- archeo astronomia e gli orologi solari di pietra
- Dal concetto di tempo in filosofia a quello in fisica
- Gli strumenti: bastone di Giacobbe, sestanti, astrolabi, sfere armillari...



Specola di Bologna: orologi solari e quadranti

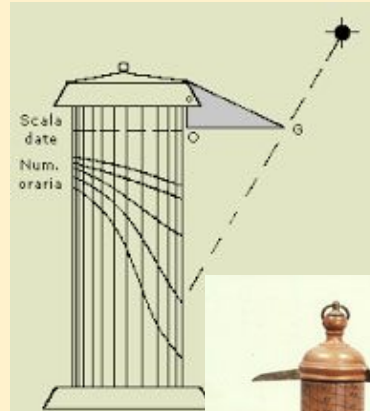
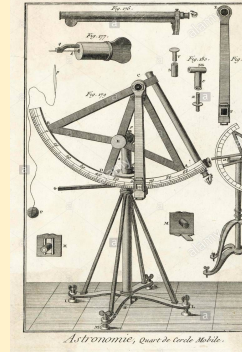


Fig. 2.7a
Orologio solare di altezza
"del pastore".



Viene descritto nell'*Instrumentum donationis* del 1712 con le seguenti parole:

"Quadrans alter eadem forma, atque opificio eodem, à Lusvergo etiam fabrefactus, omnia priori similis, eodemque instructo, sed ferrea eius contignatio perpendiculariter quadrantis plano insistit. Limbus etiam est illi paulo latior, & exquisitiori divisione incisus."



Eustachio Manfredi: uomo di scienza e di lettere



Manfrédi Eustachio. - Scienziato e letterato (Bologna 1674 - ivi 1739) studiò filosofia e lettere, poi legge, infine si diede alla matematica e all'astronomia. Dal 1690 cominciò a riunire in casa sua un gruppo di amici per discutere su vari argomenti. Dal 1699 lettore di matematica allo studio bolognese; dal 1711 soprintendente delle acque del territorio di Bologna. **Fondò l'Accademia degli Inquieti**, che poi conflui nell'Istituto delle scienze fondato da L. F. Marsili (attuale Accademia delle scienze dell'Istituto). Grande fama si acquistò come studioso di idraulica; non minore come astronomo, sia iniziando (1715) la pubblicazione (durata fino al 1844) delle *Ephemerides motuum coelestium*, che resero celebre in tutto il mondo scientifico l'osservatorio di Bologna, sia curando il trasporto della Specola dal palazzo Marsili sulla torre dell'edificio universitario, dove ancora si trova. Come letterato, lasciò rime d'amore, sacre, d'occasione, lontane così dal gusto secentesco come da quello arcadico: è considerato capo del gruppo di letterati bolognesi detti *i riformatori della bella letteratura*, che propugnarono un ritorno a un corretto petrarchismo.

La meridiana di S. Petronio a Bologna a camera oscura

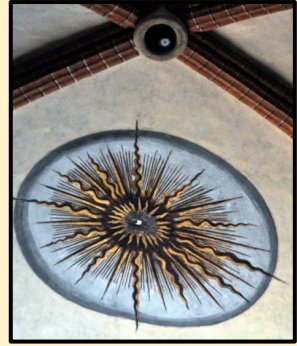
Una **prima Meridiana** venne costruita in **San Petronio** da **Egnazio Danti**, domenicano perugino docente di matematica all'università di Bologna, nel 1576, e fu verificata poi da **Giovan Battista Riccioli** e **Francesco Maria Grimaldi** verso la metà del secolo successivo.

Tale linea attraversava la navata centrale e prendeva luce da un foro praticato nel punto estremo del muro che chiudeva la navata sinistra. Lo strumento di Danti venne distrutto nel 1653 durante i lavori di allungamento della chiesa, rendendo la Meridiana inservibile. **Gian Domenico Cassini**, grande astronomo italiano, propose la costruzione di un nuovo e maggiore strumento solare. Cassini decise di eseguire il *foro alla sommità di una delle volte* della navata sinistra. La linea avrebbe occupato molta parte di tale navata e doveva avere un obbligato percorso Nord-Sud. Le colonne infatti avevano portato il Danti ad un errore di tracciatura, impedendogli di ottenere risultati precisi. Essa sarebbe passata sfiorando la prima e la seconda colonna mantenendosi interamente orizzontale da un Solstizio all'altro; la sua larghezza sarebbe stata, considerando la latitudine locale, circa due volte e mezzo l'Altezza Gnomonica. In seguito a queste considerazioni il Cassini informò il Senato di Bologna, da cui ottenne l'approvazione ad iniziare i lavori.



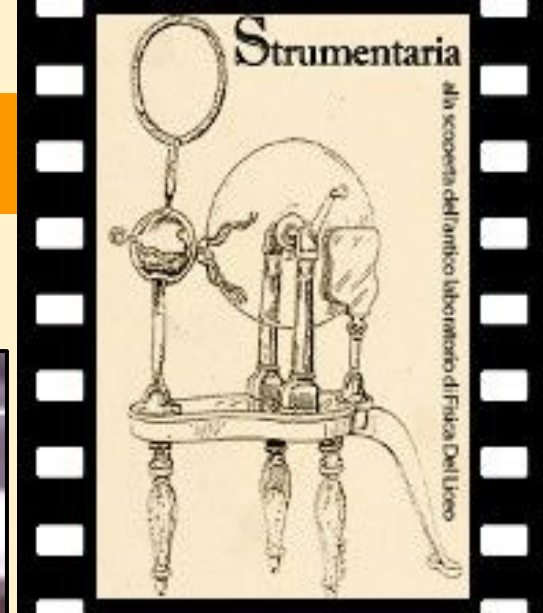
La costruzione della meridiana di S. Petronio

Definita l'esatta posizione del *foro sulla volta*, si cementò un blocco di marmo avente al centro un'abbondante apertura, e su quel piano orizzontale si fissò una *sottile piastra d'ottone nel cui centro era praticato il vero Foro*. Il suo diametro era la millesima parte dell'Altezza Gnomonica e fu inoltre praticata una parziale apertura del tetto per agevolare l'ingresso dei raggi solari anche nei periodi invernali. Dal centro del Foro si fece scendere un sottile filo di rame attaccato ad un peso il quale arrivava in un contenitore d'acqua che serviva a smorzare le normali oscillazioni di un pendolo così lungo. Il tutto serviva per *determinare sul pavimento il Punto Verticale*. Si determinò poi la dimensione dello Gnomone, cioè la distanza Foro – Pavimento. Si trovò che essa corrispondeva a circa 71 Piedi e 5 Pollici del Piede di Bologna (27,070 metri). Prima del Solstizio Estivo del 1655, si preparò in *perfetta orizzontalità* con una serie di livellazioni il tratto di pavimento su cui si sarebbero proiettati i raggi solari. *I risultati ottenuti con la Meridiana posero il Cassini tra i più autorevoli astronomi del suo secolo*, infatti a seguito della realizzazione dello strumento da Parigi gli venne proposta la direzione dell'Osservatorio astronomico della città.



Le scuole e le collezioni di strumenti

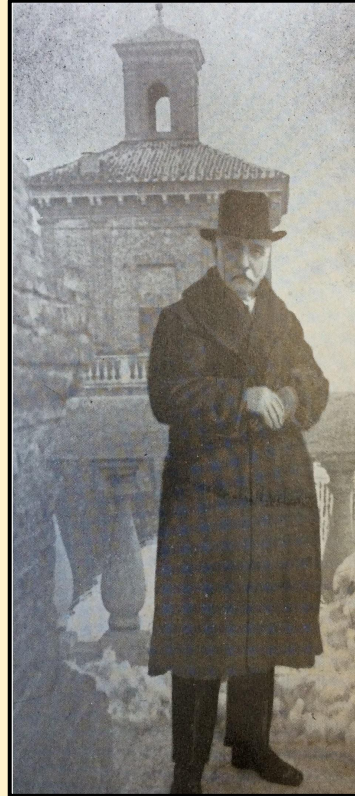
Un liceo ... il Regio Liceo "L. Ariosto" di Ferrara



"I buoni maestri": il Prof. Bongiovanni del liceo Ariosto, l'osservatorio nel castello estense e i metafisici

Il professor *Bongiovanni* era arrivato a Ferrara nel 1877, appena ventiseienne, come insegnante di fisica e chimica al Liceo Ariosto. Nel 1885, aveva ottenuto anche la cattedra di fisica sperimentale all'Università cittadina, assumendo la direzione dell'Ossevvatorio Meteorico. Successivamente l'osservatorio fu allestito negli ambienti in cima alla Torre di Nord Ovest, detta Torre Panfilia, del Castello Estense di Ferrara e diventò uno tra i più avanzati d'Italia. Nel 1910, è registrato l'arrivo straordinario di un telescopio, accompagnato dall'autorizzazione ad aprire una finestra verso mezzogiorno per poter usare il grande telescopio". Con l'approssimarsi della Grande Guerra giunsero nelle caserme di Ferrara giovani soldati e tra questi c'erano anche Giorgio de Chirico e Alberto Savinio (alias Andrea de Chirico) che qui intrecciarono le loro strade con quella di Carlo Carrà. L'Ossevvatorio di Bongiovanni nella Torre del Castello, il monumento che diventerà un'icona della pittura Metafisica, rappresentò uno straordinario laboratorio per le idee dei Metafisici di passaggio a Ferrara.

Lo frequentarono De Chirico e Savinio, insieme a Filippo de Pisis, con il quale avevano stretto amicizia e che di Bongiovanni era stato allievo. Giorgio de Chirico che nel gennaio 1916, scriverà la poesia "La notte misteriosa", all'amico astronomo, che fu pubblicata solo nel 1919, dopo la morte di Bongiovanni sulla rivista "Noi: raccolta internazionale d'arte d'avanguardia", edita a Roma dall'artista Enrico Prampolini (1894-1956).



"La notte misteriosa"

all'astronomo Bongiovanni

Era il professore Martino e Grancane il suo dolce amico [...]

Entro lo stesso telescopio

mirava l'uno la costellazione pomeridiana

già scorta dall'altro.

O dolcezza...

Due carciofi di ferro sulla tavola d'ocra.

La geometria delle ombre straziava il cuore

al mattino immalinconichito.

Ma venne la sera e si fusero i volumi e le forme.

Uomini ed animali passavan come ombre silenziose

nella luce crepuscolare.

Luce di sogno lungo. Giungon sordi i rumori strani

solo le ruote della mente roteano vertiginose. [...]



La storia della scienza e della tecnica, come quella del pensiero, delle lettere e delle arti, non è solo la storia di grandi uomini isolati, ma anche quella di desideri, ricerca ed attese, dove grandi scoperte ed invenzioni nascono, a volte dopo tanti ostinati tentativi ed altre volte anche per caso, comunque sempre in un clima culturale a loro propizio

Grazie per l'attenzione



Bibliografia



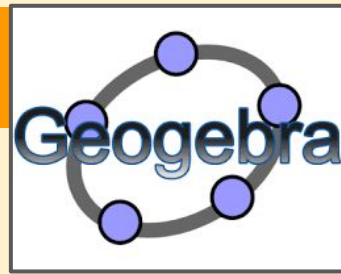
1. R.Osserman, *Poesia dell'universo. L'esplorazione matematica del cosmo*, Longanesi & C., Milano, 1996.
2. L.Russo, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna*, Feltrinelli, Milano 1996
3. M.Parotto B.Accordi, E.Lupia Palmieri, *Il globo terrestre e la sua evoluzione*, Zanichelli, 1997
4. J.Gribbin, *Enciclopedia di Astronomia e Cosmologia*, Garzanti, 1998.
5. A.Trincherò G.Pavanello, *Le Meridiane*, De Vecchi, 1999
6. AA.VV., *Meridiane: le tecniche. la casa verde*, 2001.38
7. Tolomeo, "Almagesto" (testo in greco);
8. Cristofano di Gherardo di Dino " *Pratica della geometria*" (rifacimento in volgare dell'opera di Leonardo Pisano), 1443
9. Nicola Severino, *Nuovi quadranti solari di epoca romana* , Gennaio 2009
10. F. Zagar, *Astronomia Sferica e Teorica*, Zanichelli, 1984
11. Denis Savoie, *La Gnomonique*, 2007
12. Francesco Caviglia, *Strumenti per la gnomonica vettoriale* in Atti del XIX Seminario Nazionale di Gnomonica, Cefalù, 4/2014
13. David Larousserie, *Les mythes de l'archéo-astronomie*, tratto da Le Monde Science et Techno
14. Girolamo Fantoni, *Trattato completo di Gnomonica*, Technimedia 1988

Sitografia

1. <http://www.nicolaseverino.it>
2. <http://www.vialattea.net/eratostene/>
3. <http://www.analemma.com>
4. <http://www.digilander.libero.it/orologi.solari/dow>
5. <http://www.le-meridiane.info/costruzione.html>
6. <https://www.basilicadisanpetronio.org/basilica/la-meridiana/>
7. <https://www.romanoimpero.com>
8. <http://www.cd-astro.org/quaderni/eratostene/eratostene.html>
9. <http://www.bpchamp.com/part/tlaurent/pedago/eratosthene/eratosthene.htm>
10. <http://www.lerepairedessciences.fr/sciences/astronomie/histoire/archeoastronomie.htm>
11. <http://www.sundials.eu>
12. <http://www.orologisolari.eu>
13. <http://www.clkuk.tradedoubler.com>
14. <http://it.groups.yahoo.com/group/gnomonicaitaliana/>



Link per animazioni con geogebra



1. <https://www.geogebra.org/m/GC6ZFYZX>
2. <https://www.geogebra.org/m/eqewdyvy>
3. <https://www.geogebra.org/m/mR9jff7K>
4. <https://www.geogebra.org/m/TgyCgY2Q>
5. <https://www.geogebra.org/m/zXBkA94p>
6. <https://www.geogebra.org/m/CADkqWX8>
7. <https://www.geogebra.org/m/bfR3ZaQS>
8. <https://www.geogebra.org/m/zb2dkwst>
9. <https://www.geogebra.org/m/Yt3chFaY>
10. <https://www.geogebra.org/m/Wz5qpcd7>
11. <https://www.geogebra.org/m/sebKzWEN>
12. <https://www.geogebra.org/m/BgQJwK>
13. <https://www.geogebra.org/m/ikkYn68f>
14. <http://www.matematica.it/tomasi>

