

**MATEMATICA E
MISURA DEL TEMPO**

La percezione del tempo è diversa rispetto alla percezione dello spazio fisico

La natura del tempo e l'importanza del tempo nelle più varie attività umane (società, economia, religione) ha in ogni epoca stimolato la riflessione di filosofi, teologi, artisti, letterati, scienziati



Platone e Aristotele



S. Agostino

La maniera di rappresentare il trascorrere del tempo è cambiata nel corso della storia

Ai fini sociali e religiosi, si è passati da una concezione “circolare” del tempo, a una concezione “lineare”

Nella scienza, il cambiamento più significativo si è avuto con il passaggio dalla concezione “assoluta” (Newton) alla concezione “relativistica” (Einstein)

Con l'intensificarsi delle attività economiche e sociali, è andata continuamente a crescere la necessità di sviluppare strumenti sempre più precisi e condivisi per misurare e rappresentare gli intervalli di tempo

A tali scopi, gli strumenti più comuni di cui oggi disponiamo si possono raggruppare grosso modo in due categorie:

- Orologi (per intervalli di tempo inferiori al giorno)
- Calendari (per intervalli di tempo superiori al giorno)

Orologi “naturali”

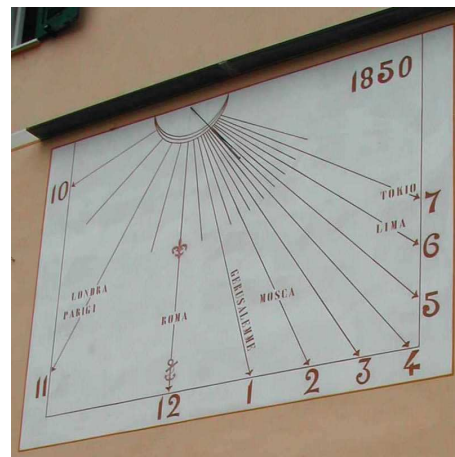


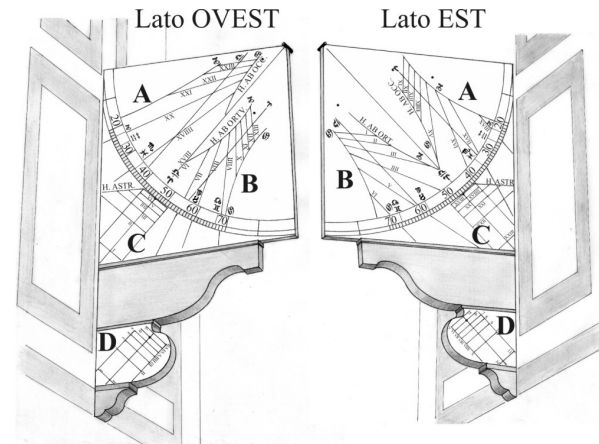
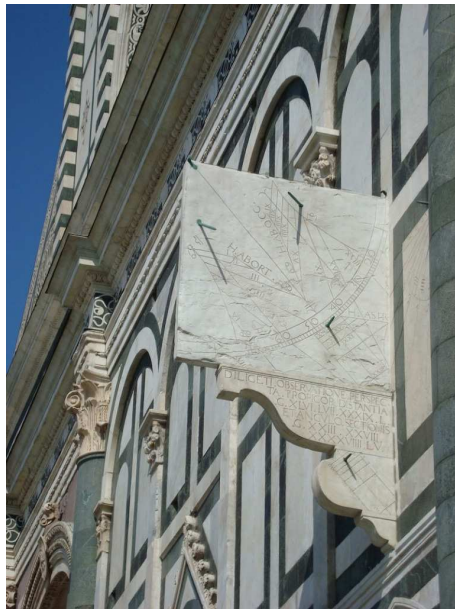
Orologi ad acqua

Ctesibio (Alessandria d'Egitto, ~ 300ac)



Orologi solari



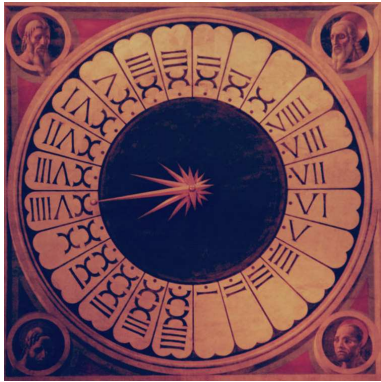


Firenze, Santa Maria Novella (E. Danti)



Palazzo di Giustizia, Mondovì, Castello di Masino

Orologi meccanici



Firenze (sec. XV), Praga (sec. XV), Strasburgo (sec. XIV),
Padova (sec. XIV)

Orologi meccanici a partire dal 1200

Orologi a pendolo, Galileo (1583), Huygens (1658)

Problema della longitudine (1714, premio di 20000 sterline)

Orologi a quarzo (1933)

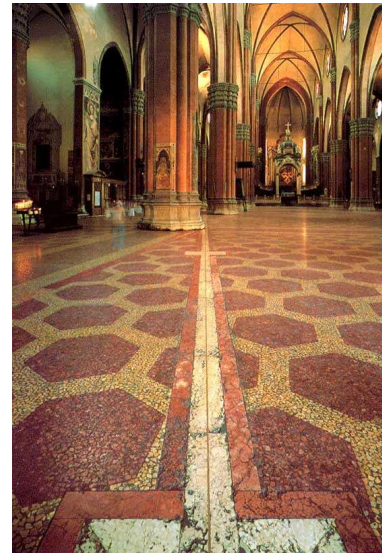
Orologi atomici



Torino, Chiesa di S. Lorenzo (Guarini)

Meridiana orizzontale (prevalentemente all'interno di edifici)

È costituita da una linea diretta da Nord a Sud (meridiano) e da uno gnomone (indicatore): indica il mezzogiorno *vero locale* nelle varie stagioni (passaggi del sole sopra il meridiano)



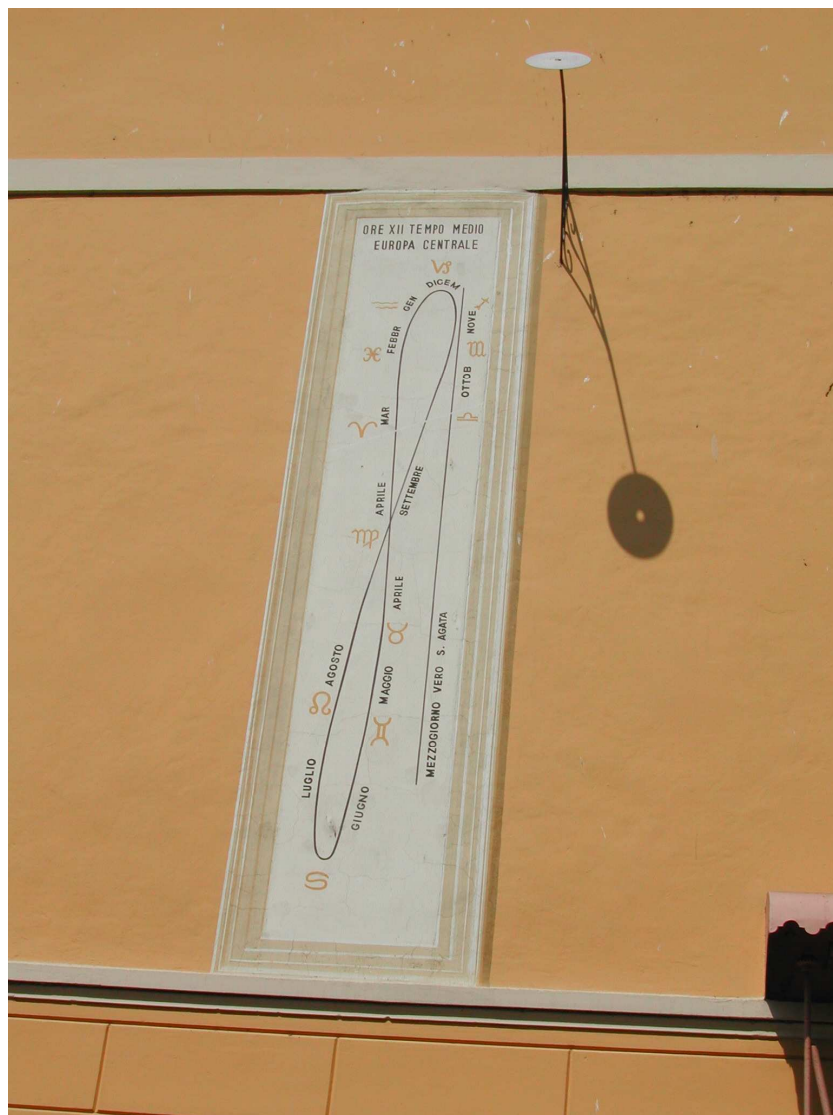
Duomo di Firenze (Paolo dal Pozzo Toscanelli, 1467)

Duomo di Bologna (Gian Domenico Cassini, 1655)

Meridiana verticale

È costituita da una linea verticale e da uno gnomone

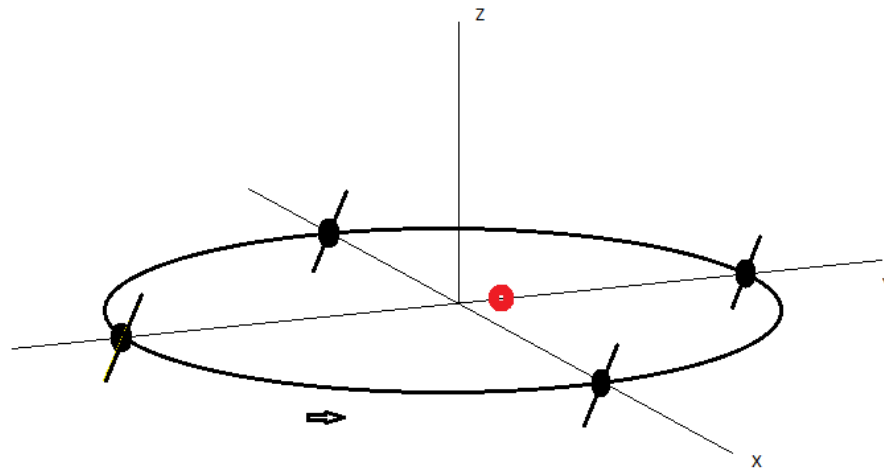
Le più moderne indicano, oltre al Mezzogiorno vero locale, anche il Mezzogiorno medio del fuso.



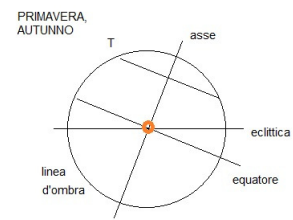
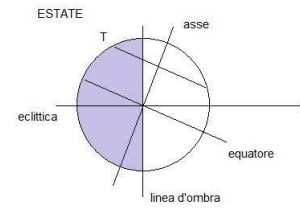
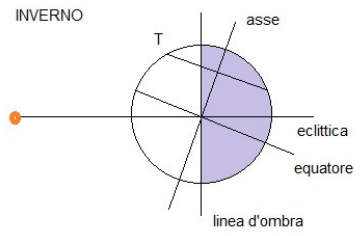
Tenuta di S. Agata (Villanova sull'Arda, Piacenza)

Ma... come “funziona” una meridiana?

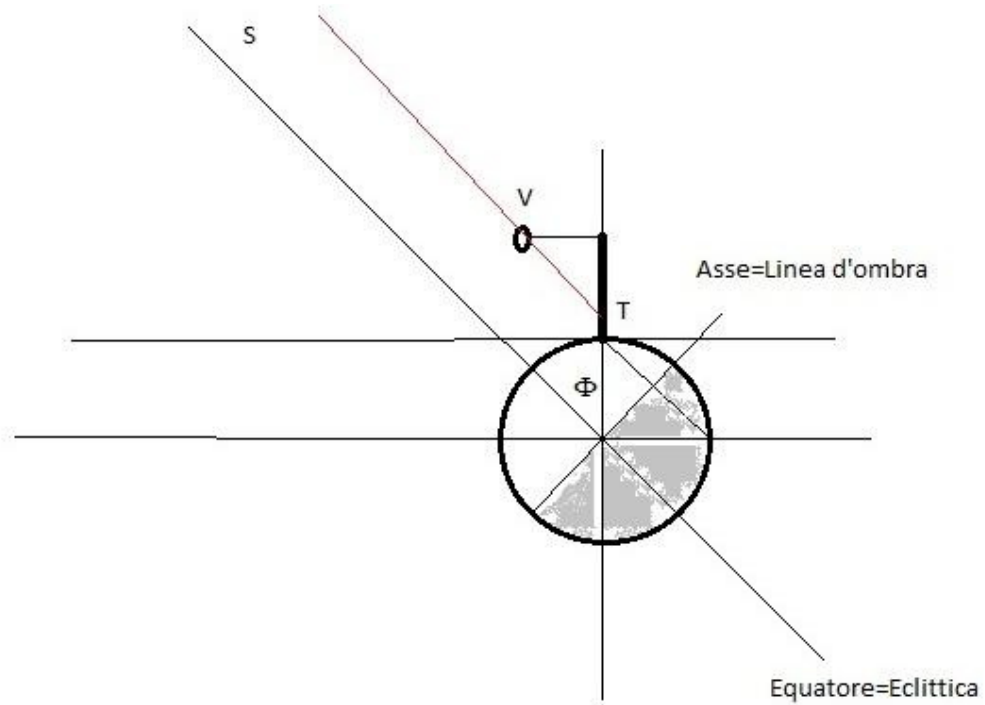
Prima legge di Keplero: i pianeti descrivono orbite piane ellittiche attorno al sole (che si trova in uno dei fuochi)



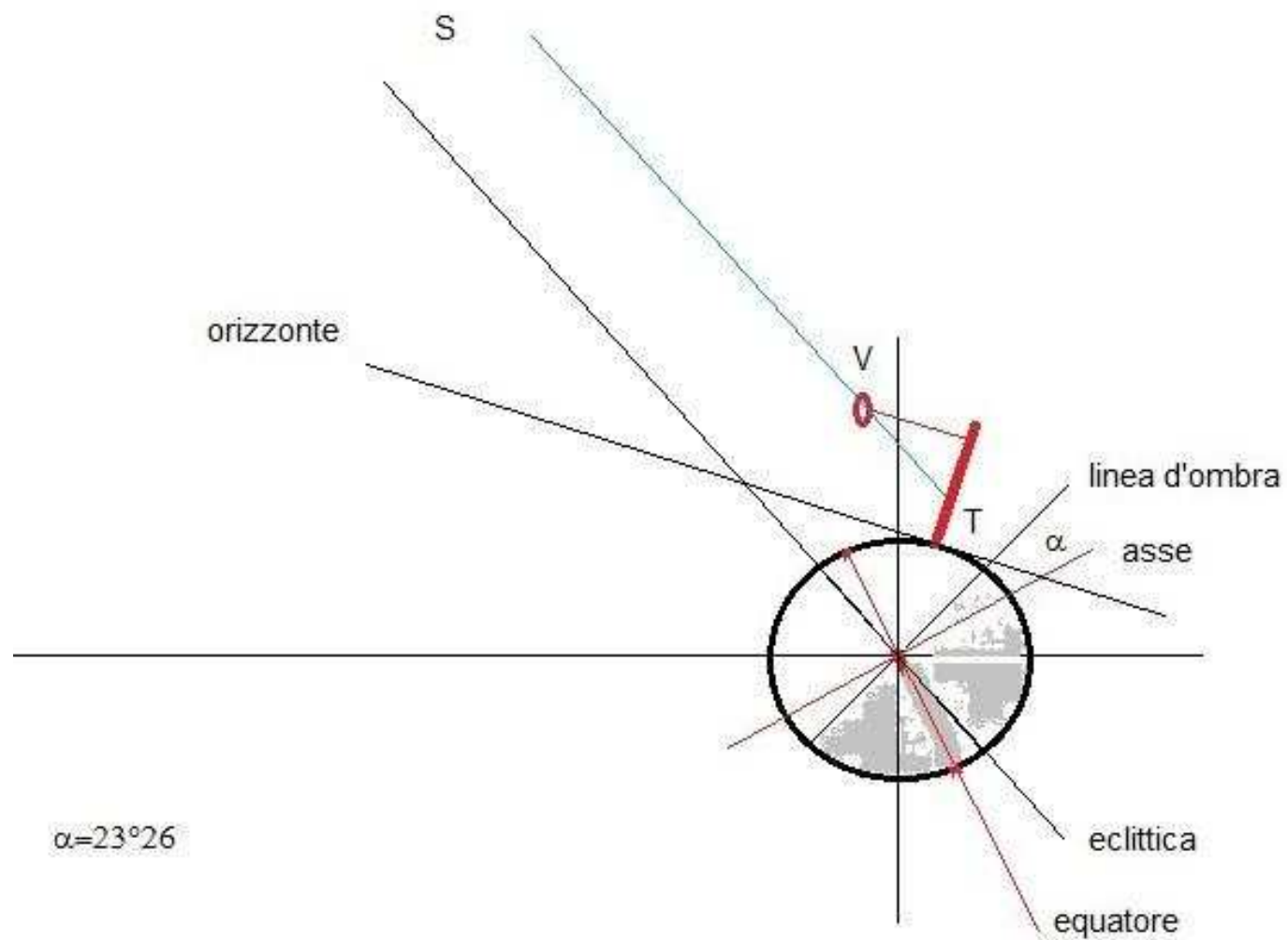
L'asse terrestre rimane sempre parallelo al piano yz



alternarsi delle stagioni

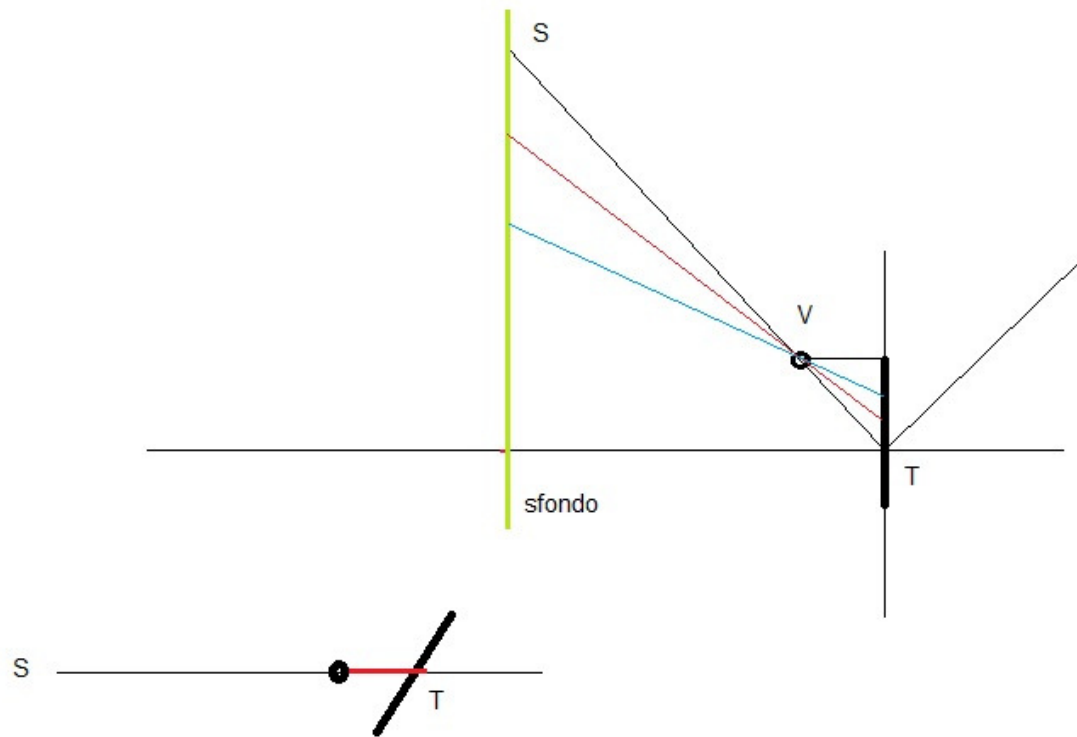


Equinozio d'autunno, Mezzogiorno, parete a Sud



Solstizio d'inverno, Mezzogiorno, parete a Sud

Mezzogiorno nelle varie stagioni



Le convenzioni internazionali sul tempo

L'indicazione dell'ora vera locale fu sufficiente fintanto che le relazioni sociali ed economiche si mantennero limitate in ambiti ristretti. Ma, nel corso dell'Ottocento, lo sviluppo delle comunicazioni (telegrafo, ferrovie) rese indispensabile un accordo internazionale sulla misura del tempo.

Conferenza del Meridiano, Washington 1884: scelta del Meridiano fondamentale (Greenwich), fusi orari (24, ciascuno di 15°), linea del cambiamento di data ecc. (applicati in Italia a partire dal 1893)

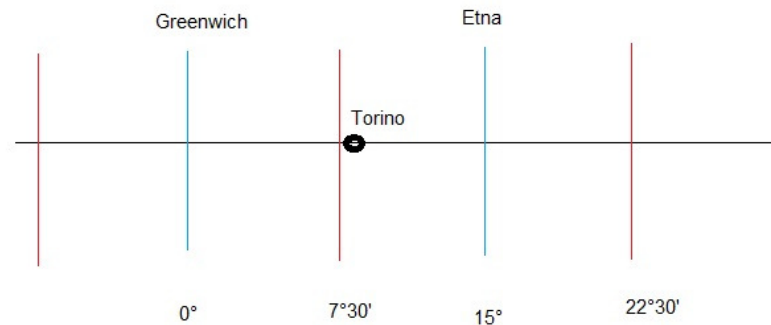
La Terra impiega

$$(24 \times 60) : 360 = 1440 : 360 = 4$$

minuti a percorrere un arco di un grado (e quindi un'ora a percorrere un fuso)

Tempo medio di ciascun fuso=tempo locale relativo al meridiano al centro del fuso (7°30' dalla linea di cambiamento del fuso))

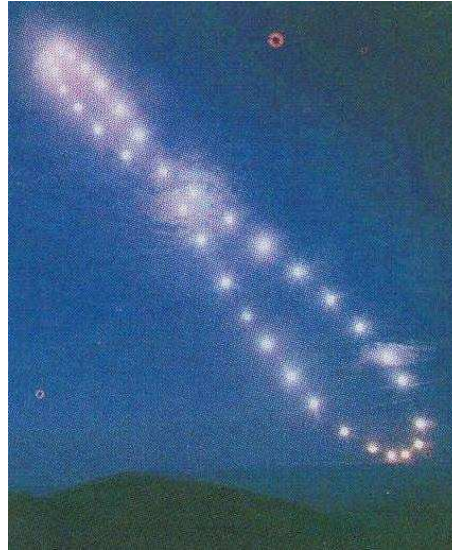
Per l'Italia, il meridiano centrale del fuso è quello che passa per l'Etna (TMEC). Questo significa, per Torino, una differenza di $29^m 12^s$ minuti (Longitudine di Torino $7^{\circ} 42'$). Si tratta di una correzione fissa, di cui si può tener conto nel progetto della meridiana.



L'analemma (Equazione del tempo)

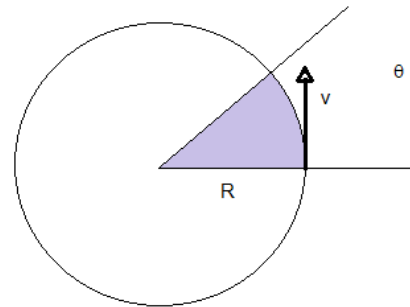
Vi è però da tener conto di un'altra correzione, non costante, dovuta alle variazioni della velocità della Terra.

Rispetto alla meridiana, il sole anticipa o ritarda a seconda delle stagioni.



Seconda legge di Keplero: la velocità areolare è costante

- *Cerchio di raggio R (curvatura costante)*



Lunghezza di un arco corrispondente ad un angolo θ (in radianti): $\ell = \theta R$

Velocità angolare $\omega = \dot{\theta}$

Velocità trasversa $v = \omega R$

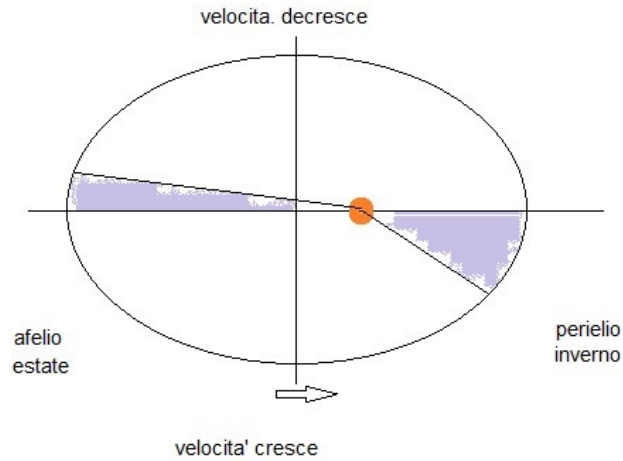
Area del settore $\mathcal{A} = \frac{\theta R^2}{2}$

Velocità areolare $\frac{\omega R^2}{2} = \frac{vR}{2}$

- *Ellissi, curvatura variabile*

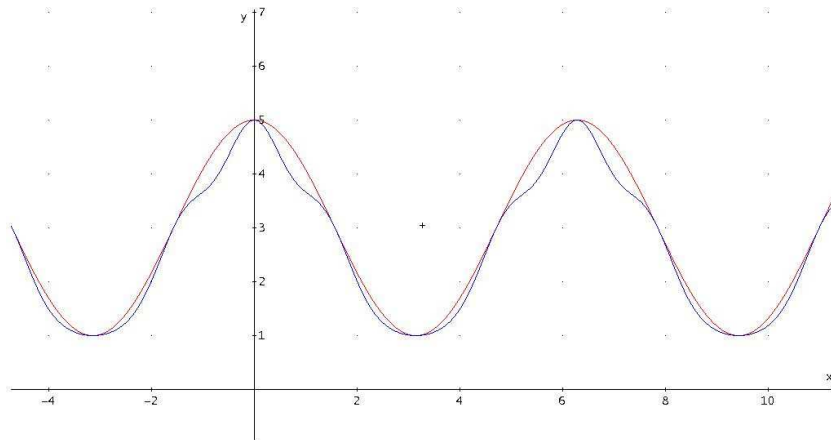
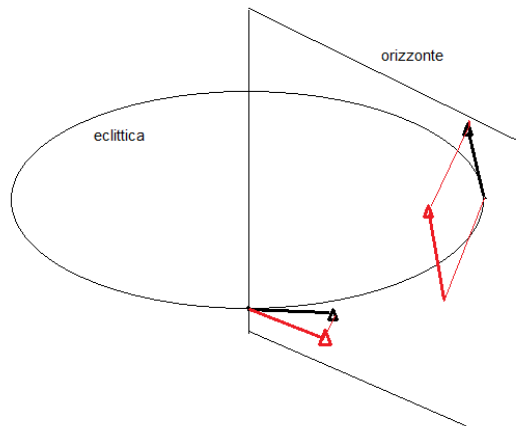
La velocità cresce passando dall'afelio al perielio (dall'estate verso l'inverno), decresce nel passaggio inverso

Fenomeno di periodicità 2π



Effetto ottico dovuto all'inclinazione dell'eclittica rispetto all'orizzonte

Fenomeno di periodicità π



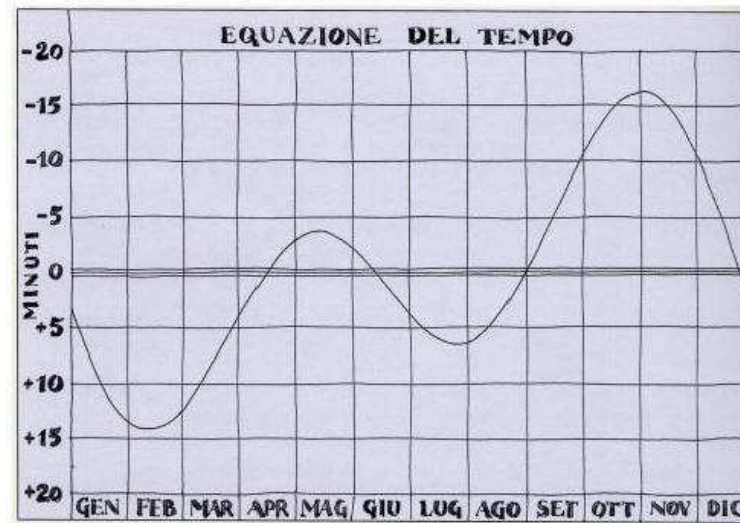


Grafico dell'equazione del tempo

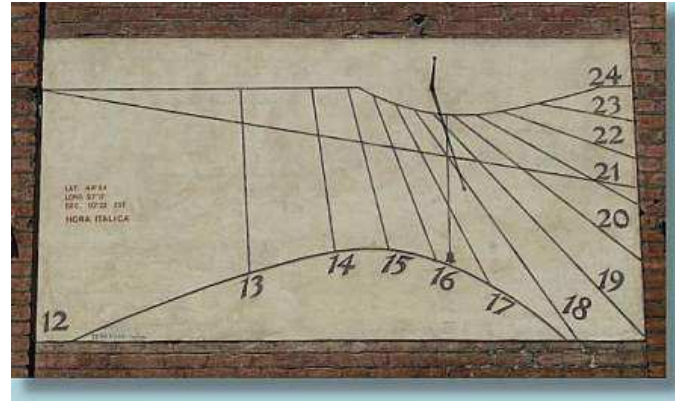
Terza correzione: ora legale nel periodo estivo

Quadranti solari antichi

Ore disuguali o canoniche. In uso nel primo millennio: 12 ore dall'alba al tramonto

Ore italiche. Dall'inizio del secondo millennio (primi orologi meccanici, espansione cultura araba): 24 ore contate dal tramonto, uguali ma sfasate

Ore francesi. Dalla fine del Settecento: 24 ore contate dalla mezzanotte

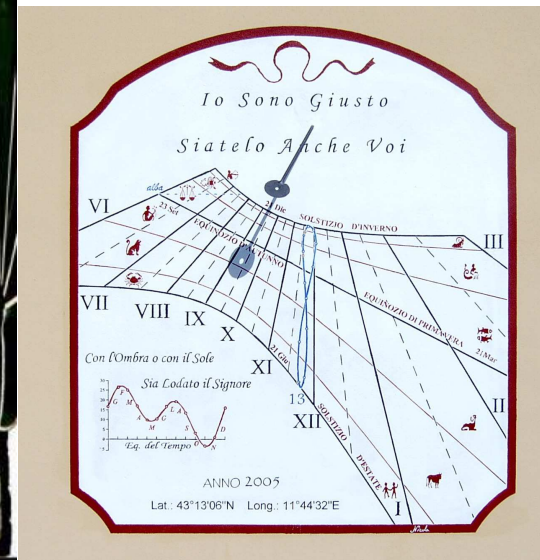
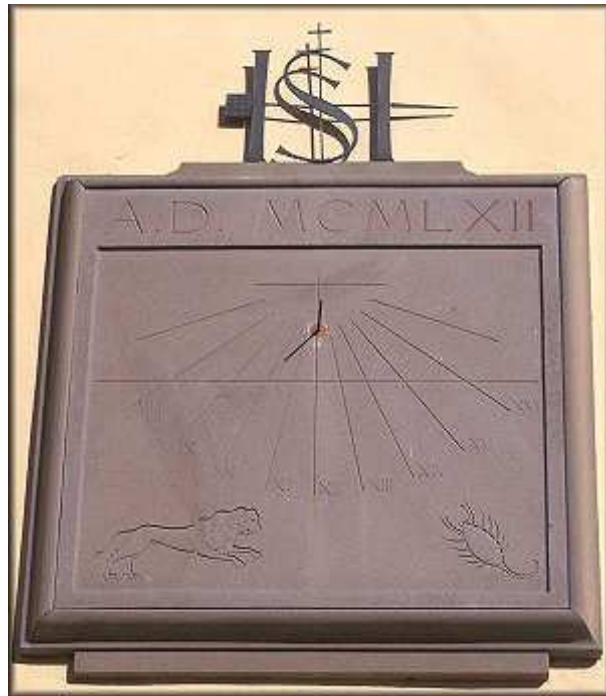


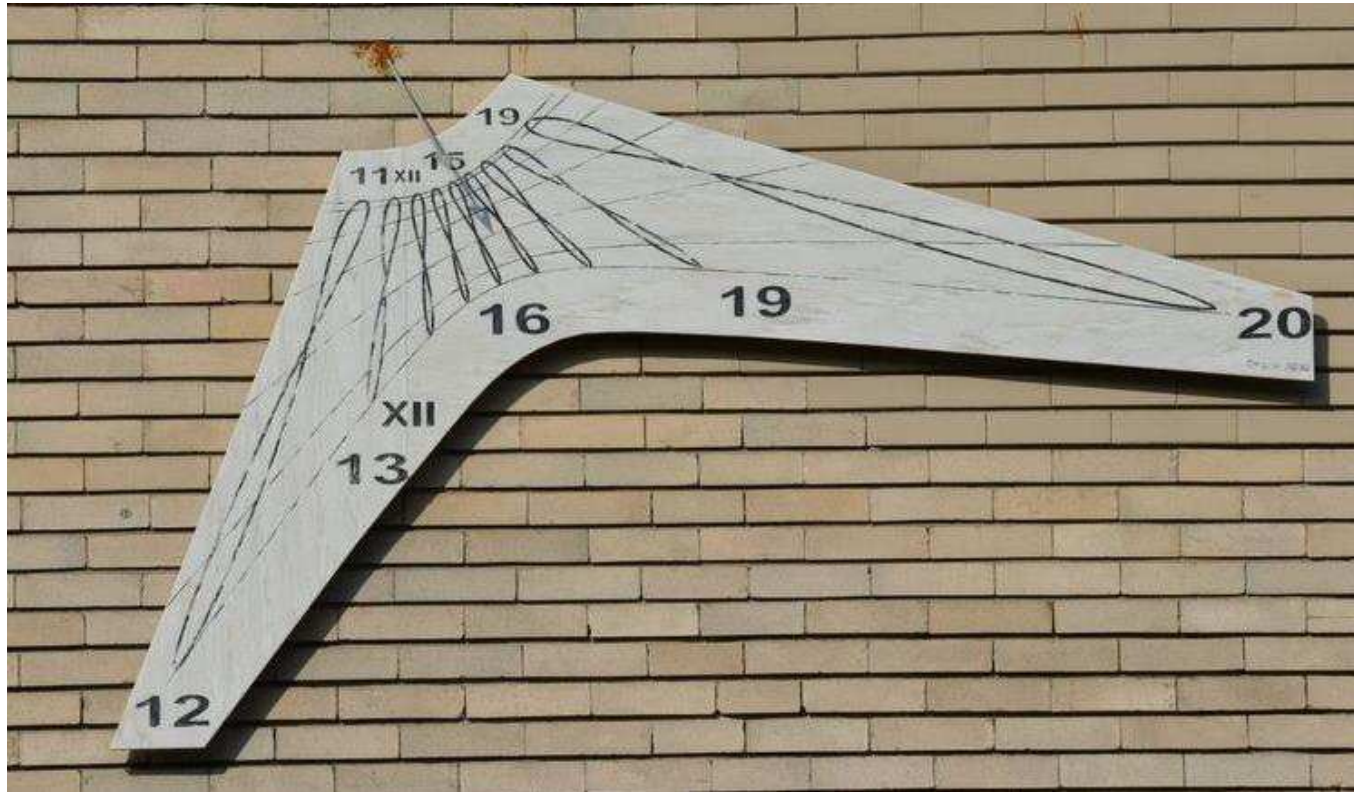
Meridiana a ore canoniche (Firenze)

Meridiana a ore italiane (Asti)

Quadranti solari moderni

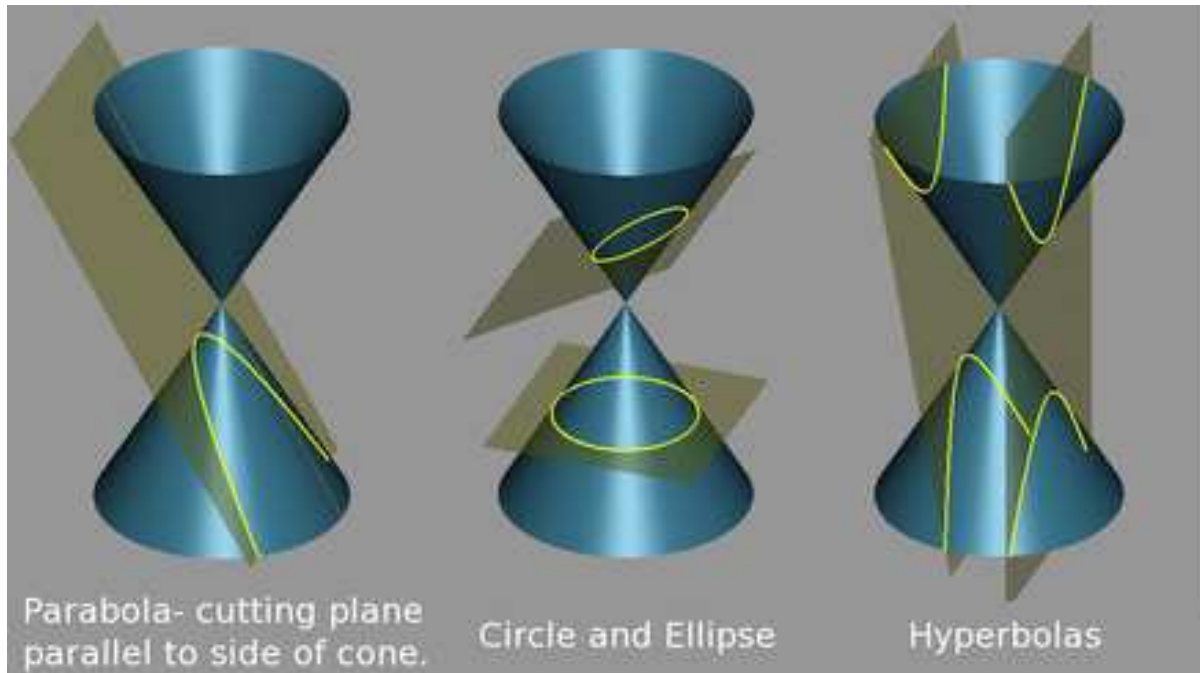
I quadranti solari più interessanti sono quelli costruiti tra la fine dell'Ottocento e gli inizi del Novecento.



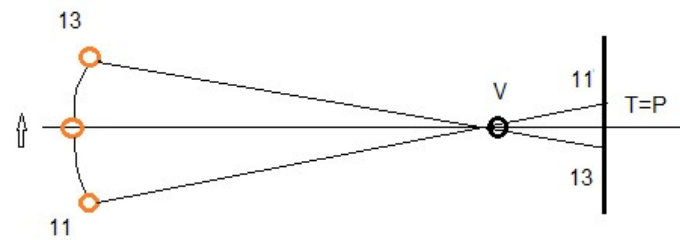
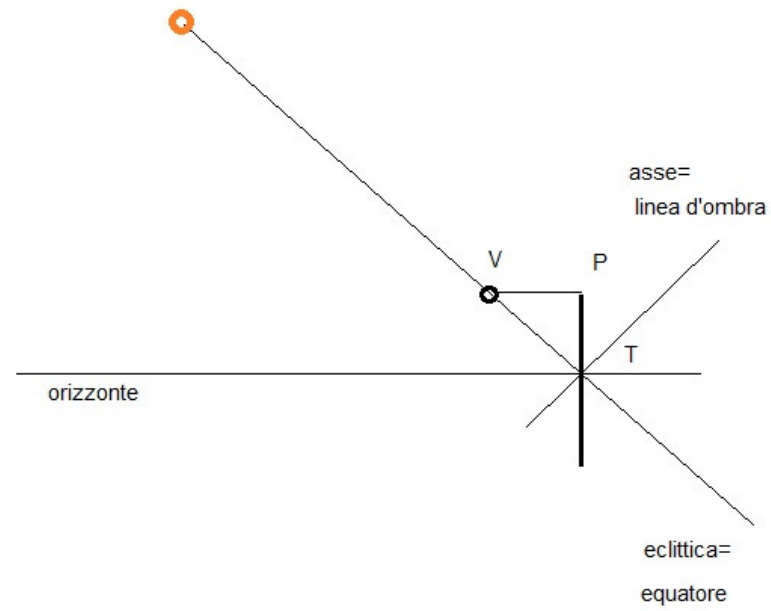


Politecnico (DIATI), Prof. Dequal

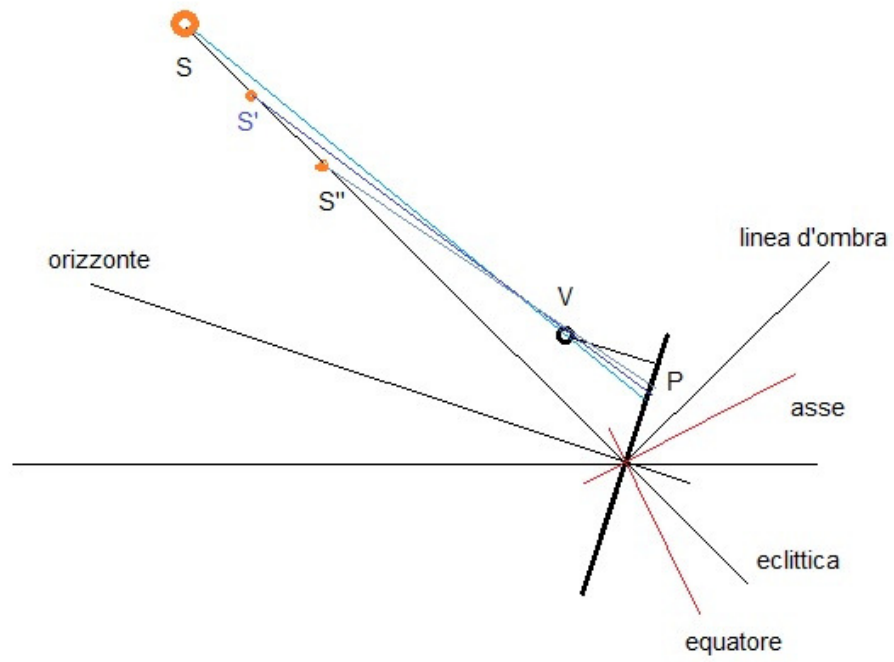
Coniche



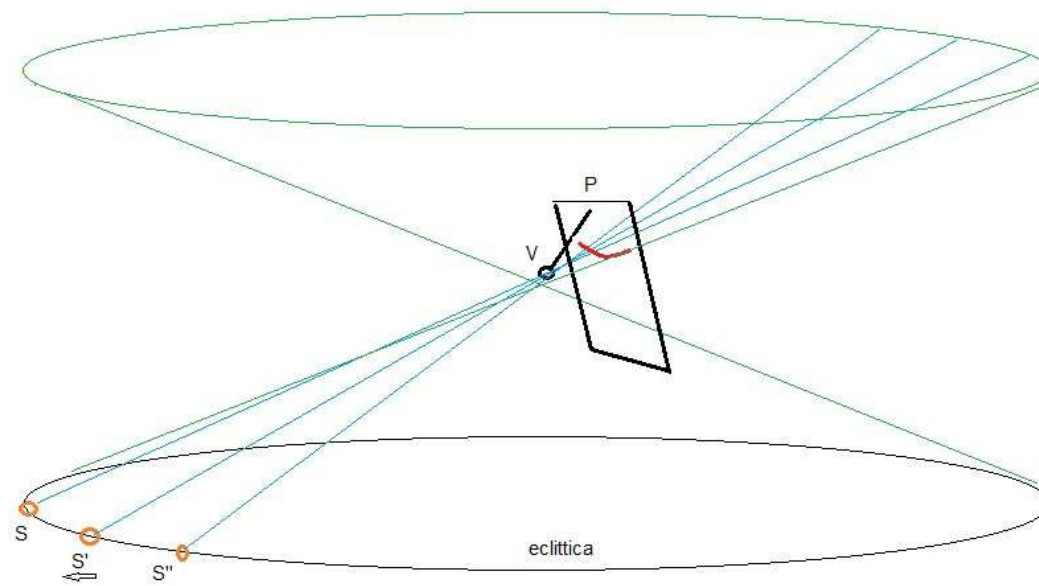
Linea equinoziale



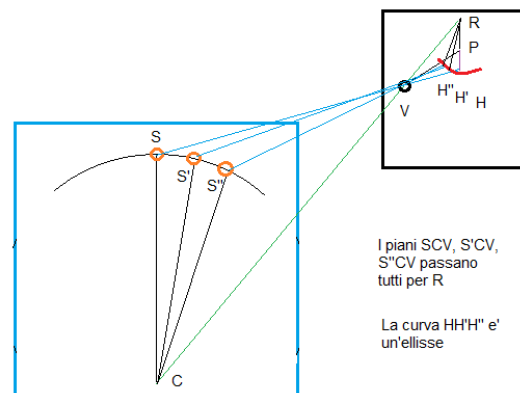
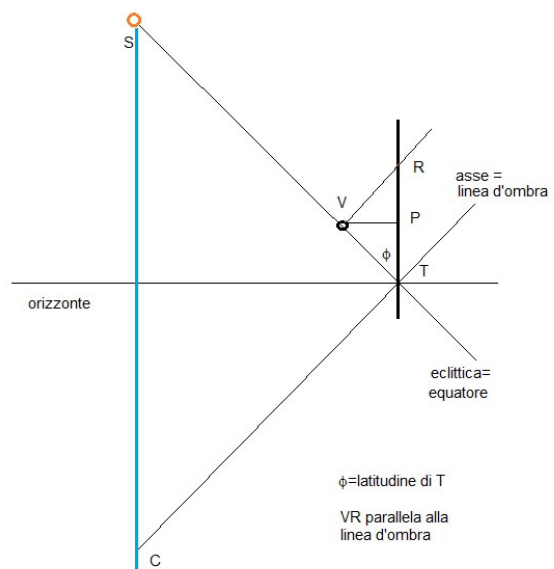
Linee solstiziali (1)



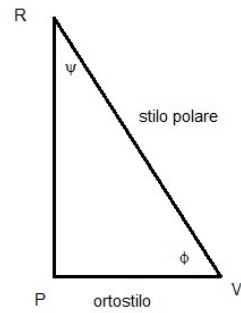
Linee solstiziali (2)



Linee orarie

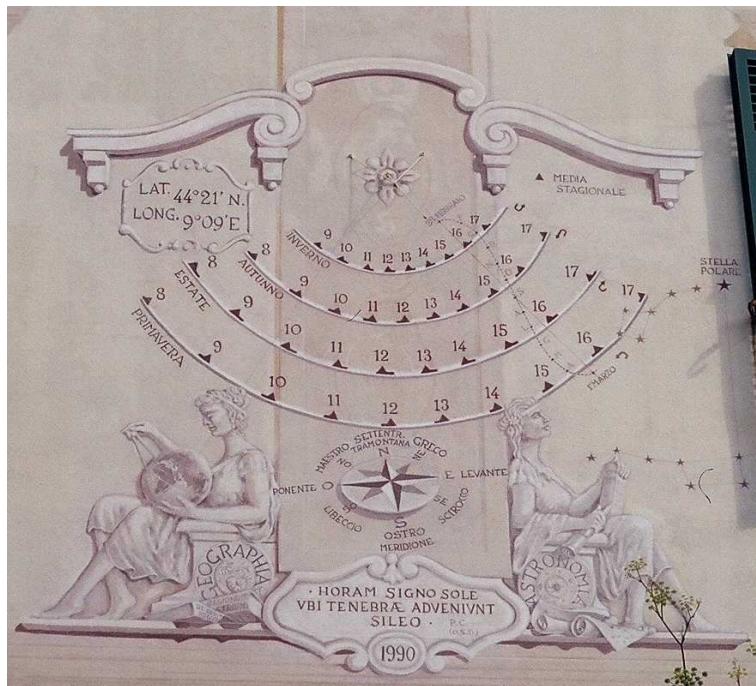


Ortostilo vs. Stilo polare



Parete orientata a
Sud

$$\psi = 90^\circ - \phi$$



Liguria, Val d'Aosta

P. Redondi, Storie del tempo

P. Tempesti, Il calendario e l'orologio

G. Bosca, P. Stroppa, Meridiani e orologi solari

D. Sobel, Longitudine, BUR

M. Hack, Vi racconto l'astronomia, Laterza

J. Meeus, Astronomical Algorithms

<http://www.gnomonicaitaliana.it/>