



"Giardino del CIELO e del TEMPO" Lac Muffé - Champorcher

Per una più profonda immersione nella natura proviamo ad orientarci e a misurare il tempo con i lenti movimenti del Sole e delle ombre.

Sono proposti alcuni oggetti per l'orientamento, alcuni orologi solari ed un dispositivo per conoscere la posizione del Sole fra le stelle secondo la data.

E' preferibile osservare gli oggetti seguendo la numerazione.

Tutti gli orologi solari presentati fanno riferimento all'ORA SOLARE LOCALE, non all'ora convenzionale o civile a cui siamo abituati, regolata dal passaggio di un Sole "medio" sul meridiano dell'Etna.

E' considerata l'attuale suddivisione del giorno solare in 24 ore eguali, a partire dalla mezzanotte.

Sono richieste un po' di pazienza, buona volontà e qualche ricordo scolastico di geografia terrestre e astronomica.

Gli ideatori Paolo Chiaberto e Mario Peaquin

Edizione luglio 2019

Questo opuscolo può essere scaricato dal sito www.montavic.it, ma per chi vuole saperne di più, sono consigliate alcune letture, ciascuna dotata di una bibliografia sull'argomento:

ARGOMENTI TRATTATI :

Introduzione : cenni di geografia astronomica.

1. dove siamo? "Indirizzo cosmico" del nostro pianeta e movimenti nel sistema solare;
2. geolocalizzazione: le coordinate di un luogo sulla superficie terrestre;
3. orientamento sulla Terra- punti cardinali;
4. Terra e sfera celeste - cupola celeste locale;
5. Terra da più punti di vista e alternanza delle stagioni;
6. movimenti apparenti del Sole visti dalla nostra latitudine;
7. coordinate del Sole : altezza, azimut, declinazione ed angolo orario.

Oggetti del "giardino del cielo e del tempo"

1. dove ci troviamo, ora solare locale e ora media convenzionale;
2. volta celeste locale, con riferimenti essenziali
3. foro "gnomonico";
4. mappamondo "orientato" ; oggetto n. 4;
5. oggetto n.5: orologio solare equatoriale;
6. orologi solari piani (meridiane classiche); oggetto n. 6;
7. orologi solari particolari : spiegazioni degli oggetti dal n. 7 al n. 11;
8. oggetto n.12: il Sole fra le 13 costellazioni dello zodiaco; oroscopo ? No grazie !

Bibliografia essenziale

1. Denis Savoie - Les cadrans solaire - ed. Belin
2. Piero Tempesti - il calendario e l'orologio - ed. Cremese
3. G.Bosca - P.Stroppa - Meridiane e orologi solari - ed. Il Castello
4. Giovanni Paltrinieri - Meridiane e orologi solari d'Italia - ed. L'artiere
5. Sergio Giudici - Fare il punto - ed. Mondadori
6. Roberto Casati - Dov'è il Sole di notte? - Raffaello Cortina editore

INTRODUZIONE

1 - DOVE SIAMO?

Indirizzo cosmico del nostro pianeta

La **TERRA**, considerata anticamente il centro dell'Universo, è il terzo pianeta orbitante attorno alla stella **SOLE**, assieme a molti compagni di viaggio.

Il **SOLE** è una stella **media** appartenente ad un **sistema** detto "**GALASSIA**" a forma di disco con rigonfiamento centrale, contenente più di 100 miliardi di stelle (di varie dimensioni, età, massa, luminosità, temperatura...), oltre a gas e polveri, in rotazione attorno al centro.

Il **SOLE**, che **non è in posizione centrale**, impiega circa 220 milioni di anni per un giro, alla velocità di circa 250 km/secondo, portando con sé tutti gli oggetti che gli orbitano attorno: pianeti con i loro satelliti e una infinità di corpi minori (comete, asteroidi...), gas e polveri.

L'appartenenza alla Galassia è osservabile nelle notti senza luna e senza inquinamento luminoso, come una striscia biancastra che attraversa il cielo, conosciuta col nome di "**Via Lattea**".

La **GALASSIA** è immersa in un universo di miliardi di altre galassie in continua evoluzione e in allontanamento fra loro, raggruppate in ammassi e super-ammassi.

Le **figure 1-2-3-4** partono da una panoramica iniziale dell'universo e via via, riducendo la scala, arrivano al nostro **sistema solare**.

VIVIAMO IN UN UNIVERSO FORMATO DA MILIARDI DI GALASSIE : agglomerati di decine o centinaia di miliardi di **STELLE** ; una di queste galassie, la "**VIA LATTEA**", ospita il nostro **SOLE**.
Le galassie sono raggruppate in ammassi tenuti insieme dalla forza di gravità e *(salvo qualche deroga locale) si allontanano una dall'altra*



Figura 1

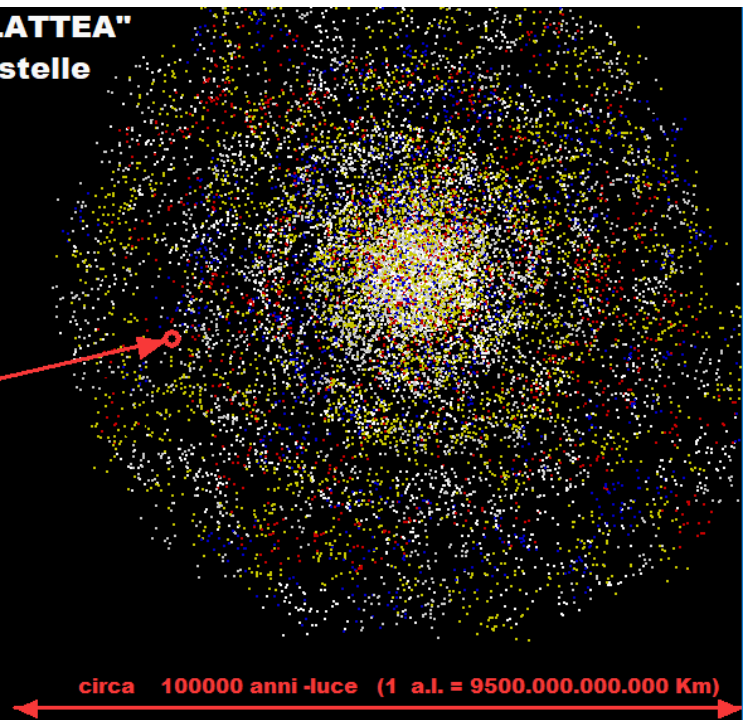
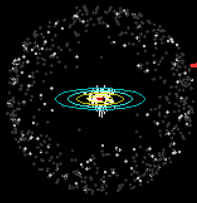
SISTEMA SOLARE NELLA "VIA LATTEA"

agglomerato di ~ 200 miliardi di stelle

IL SOLE NON SI TROVA AL CENTRO DELLA "GALASSIA", MA A ~ 30.000 ANNI-LUCE.

("anno luce" =distanza percorsa dalla luce in un anno = ~ 9500 miliardi di km)

la forma della "VIA LATTEA" è quella di un disco con rigonfiamento centrale



circa 100000 anni -luce (1 a.l. = 9500.000.000.000 Km)

La "VIA LATTEA" non è ferma ma ruota attorno al suo nucleo centrale.

Il SOLE compie un giro in circa 250 milioni di anni alla velocità di circa 230 km/sec , trascinando tutti gli oggetti che gli gravitano attorno.

Figura 2

VISTA PROSPETTICA dei principali oggetti del SISTEMA SOLARE

con le fasce dove abbondano ASTEROIDI - non disegnati i satelliti-

- le orbite dei pianeti sono quasi complanari - i pianeti NON risplendono di luce propria
- le velocità attorno al Sole diminuiscono con l'aumentare della distanza
- Il disegno non rende conto della quantità di oggetti minori e delle immense distanze che li separano

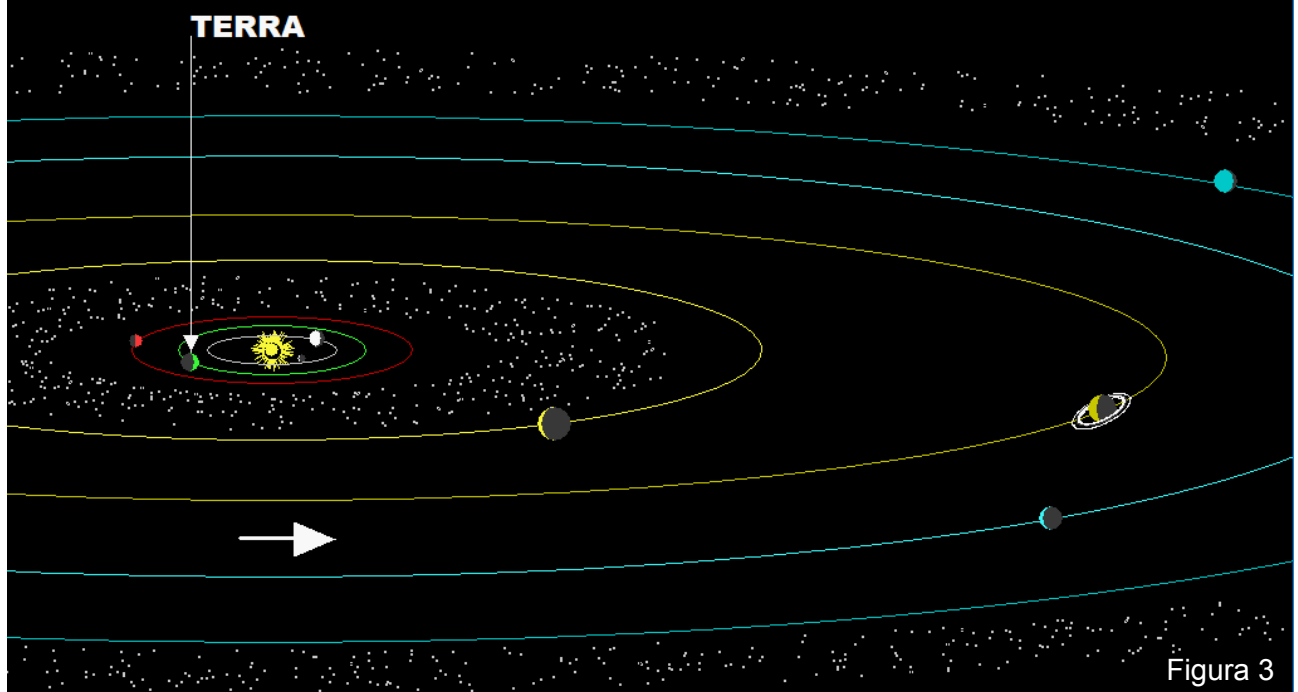
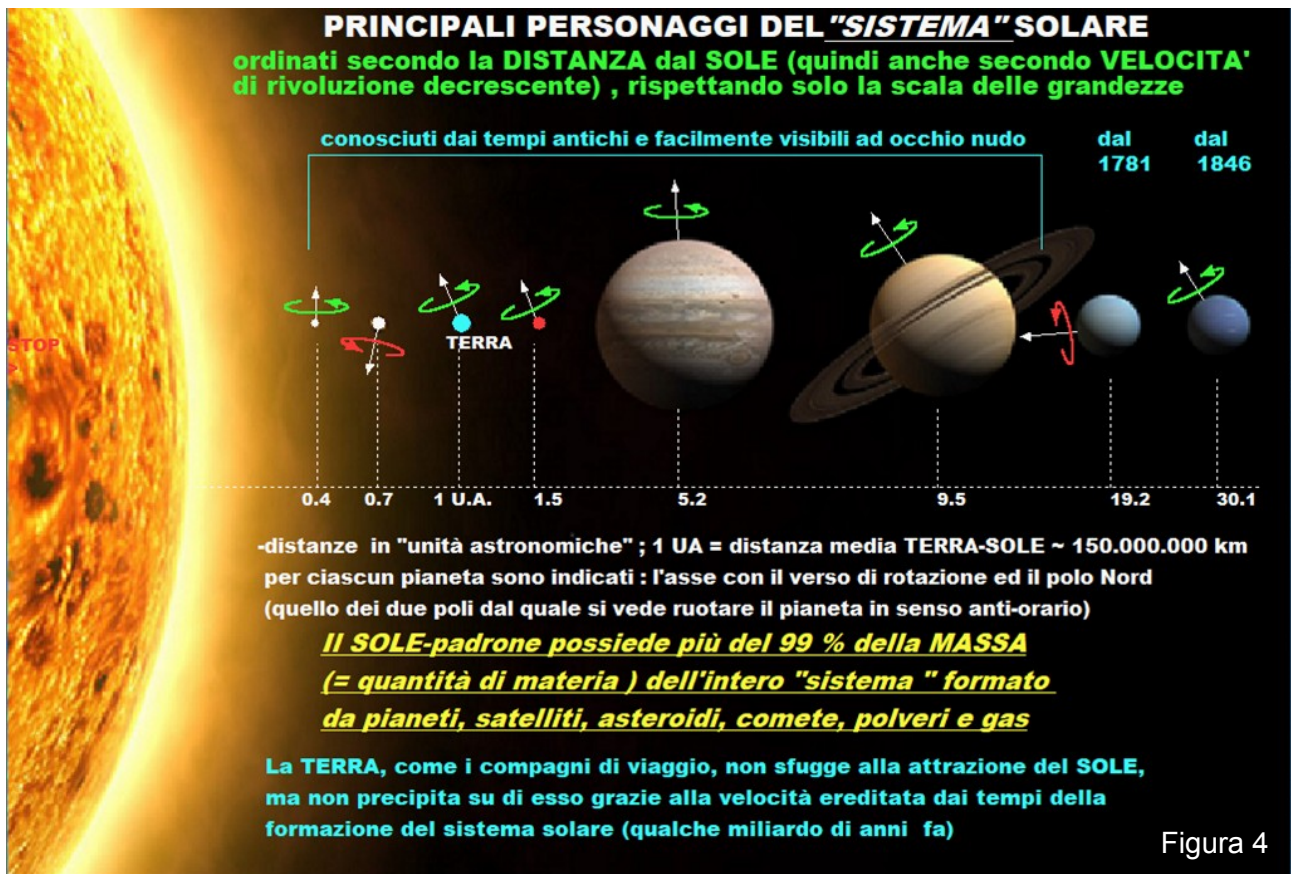


Figura 3



I movimenti del nostro pianeta

- 1) **rotazione giornaliera: spostamento da Ovest ad Est alla velocità di circa 400 metri al secondo all'equatore.** E' responsabile dell'alternarsi della luce solare e della notte, del cammino apparente del Sole dall'alba al tramonto, del moto apparente del cielo notturno attorno al polo Nord celeste.
- 2) **rivoluzione annuale della Terra attorno al SOLE alla velocità di circa 30 km al secondo.** E' responsabile del cambiamento dell'aspetto del cielo notturno durante l'anno e *corresponsabile* con l'inclinazione dell'asse di rotazione terrestre rispetto il piano orbitale, dell'avvicinarsi delle stagioni.
- 3) **viaggio (legato al SOLE dall'attrazione gravitazionale) attorno al centro galattico, alla velocità di circa 220 km al secondo.**
Questo movimento pur essendo molto consistente non ha riflessi sulla vita di tutti i giorni.
- 4) **precessione: lento movimento conico dell'asse di rotazione, con un periodo di circa 25.800 anni,** scoperto dall'astronomo greco Ipparco nel II° secolo A.C.. Alcuni effetti di questo moto, non percepibili in tempi brevi, sono presi in considerazione a proposito dell'oggetto N.12, dedicato al movimento apparente del Sole rispetto allo sfondo delle stelle "fisse".

Nessuno dei movimenti è percepibile dai nostri sensi, che suggeriscono l'immagine di una terra piatta ed immobile.

I primi due movimenti elencati, la rotazione giornaliera e la rivoluzione attorno al SOLE sono fondamentali per la misura del tempo perché ci forniscono due unità di misura naturali: il GIORNO e l'ANNO.

Anche la **Luna** ha avuto e continua ad avere un ruolo importante. I suoi cicli hanno suggerito il mese e forse la settimana.

Siccome non è soltanto il "faro" della notte, ma è visibile anche di giorno, quando non si trova troppo vicina al Sole, merita qualche semplice riflessione.

L'Orbita della Terra

Sono proposti tre disegni (**figure 5-6-7**) dell'orbita terrestre, uno classico con la terra inclinata rispetto all'orbita, un secondo con la Terra "diritta" ed un terzo con vista polare. Al riguardo alcune osservazioni:

- L'orbita in prospettiva appare molto ellittica, con il Sole in posizione spostata rispetto al centro, in uno dei "fuochi" dell'ellisse, ma, se si disegnasse l'asse maggiore dell'orbita eguale a 100 cm, l'altro asse dovrebbe essere disegnato di 99,98 cm ed il Sole posizionato a 1,7 cm dal centro: praticamente una circonferenza quasi perfetta.
- Quando è estate nell'emisfero NORD, il Sole è più lontano .
- La distanza minima dal Sole è circa 147.100.000 km, avviene il 3 gennaio ed il punto corrispondente dell'orbita è chiamato **perielio**.
- La massima distanza è invece 152.100.000 km, avviene il 5 luglio ed il punto corrispondente è chiamato **afelio**.
- La differenza tra le due distanze è circa 5.000.000 km (3% rispetto alla distanza media).
- La TERRA viaggia più veloce quando si trova più vicina al SOLE (circa 30,4 km/s) e più lenta (29,4 km/s) quando si trova più lontano .
- Il punto di massima velocità NON coincide coll'inizio dell'inverno, quindi **le stagioni hanno durate leggermente diverse**. Inoltre **il periodo di rivoluzione non contiene un numero intero di giorni**. Questo ha determinato altre irregolarità nel calendario.

Va osservata la **diversa illuminazione** che riceve la Terra al variare della posizione sull'orbita attorno al Sole: si tratta dell'**alternanza delle stagioni**, su cui si tornerà in seguito. (*Il fenomeno delle stagioni è assente sul pianeta Giove che ha l'asse di rotazione perpendicolare al piano dell'orbita*).

Le figure vogliono anche evidenziare che **la direzione dell'asse di rotazione terrestre è praticamente costante**, per cui le frecce sono parallele fra loro e puntano tutte ad un medesima posizione del cielo, quasi coincidente in questi secoli con la stella "**POLARE**", la stella più luminosa della costellazione "**Orsa minore**".

Il fatto che il "perno" attorno al quale ruota la volta celeste sia fisso è stato usato in passato come argomento a favore della idea della immobilità della Terra.

Solo dalla metà del 1800 si sono ottenute le prime misure delle distanze stellari.

L'orbita della Terra ha dimensioni insignificanti rispetto alle distanze stellari: ad esempio è circa 12 milioni di volte inferiore rispetto alla distanza dalla polare.

Uscendo dal sistema solare il **chilometro** è una unità di misura non più usabile e si ricorre alla luce che nel vuoto ha velocità costante di circa 300.000 km/s. **Il SOLE dista circa 8 minuti luce, cioè la luce impiega circa 8 minuti per raggiungerci**. La polare dista circa 350 anni-luce (un anno-luce corrisponde a circa 9.500 miliardi di km).

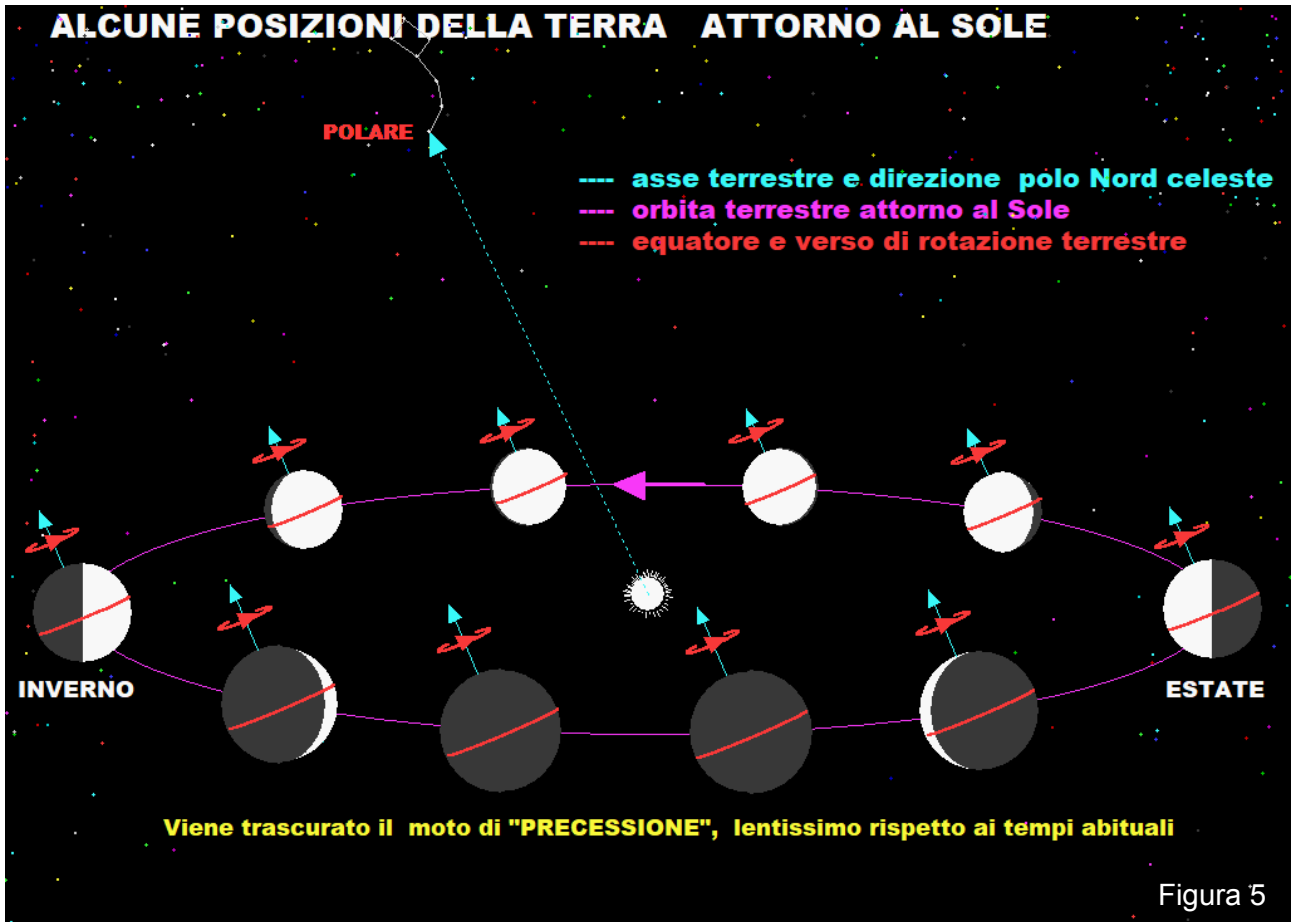


Figura 5

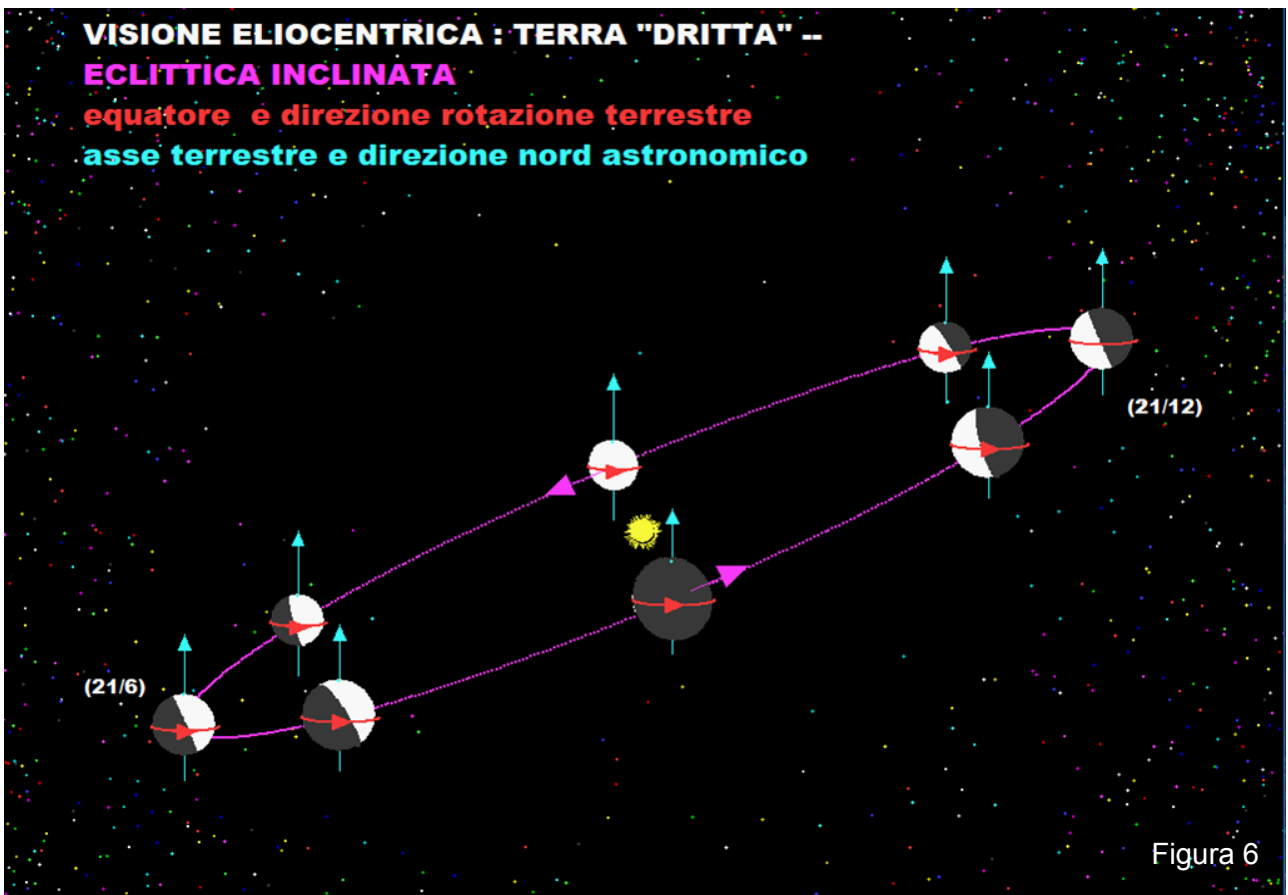


Figura 6

ORBITA TERRESTRE (con eccentricita' esagerata) DURATA DIVERSA DELLE STAGIONI

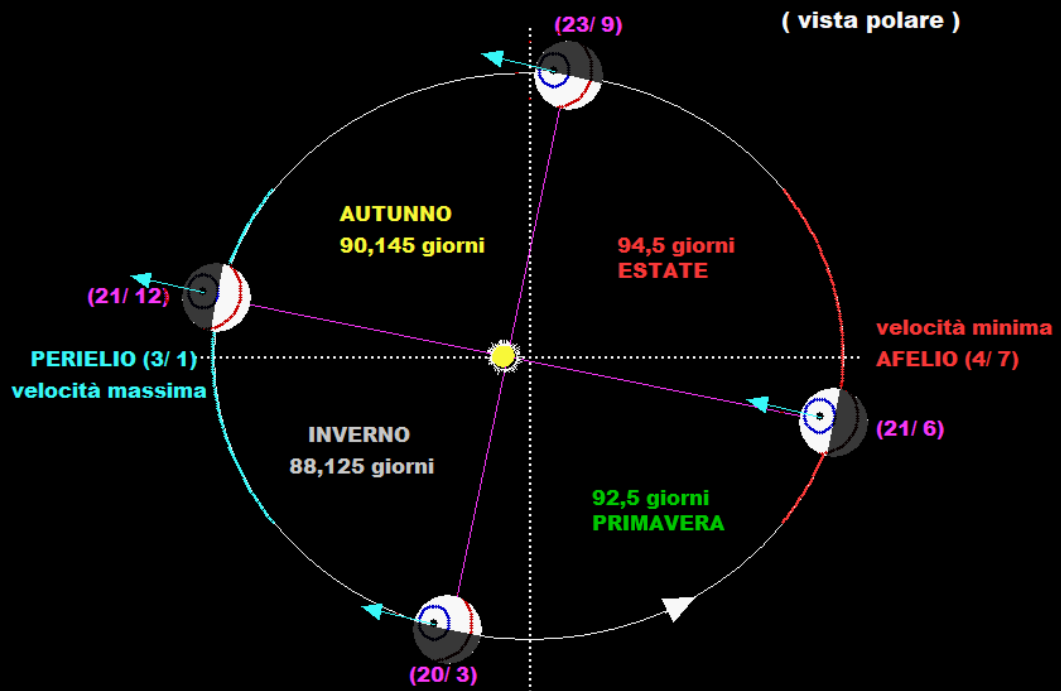


Figura 7

2 - GEOLOCALIZZAZIONE

le coordinate di un luogo sulla superficie terrestre

La costruzione di un orologio solare dipende dal luogo in cui si trova, per questo è necessario richiamare qualche idea sulla localizzazione di un punto sulla superficie terrestre.

Per individuare un punto su una superficie occorre una coppia di numeri con un certo insieme di convenzioni condivise da tutti, in modo che l'informazione fornita dai due numeri conduca ad un punto senza ambiguità.

Pensiamo ad esempio al piano cartesiano oppure più semplicemente al gioco della "battaglia navale".

Sulla **superficie della Terra**, immaginata come una **sfera** perfetta, si considerano:

- l'**asse di rotazione**: retta immaginaria per il centro, che attraversa la superficie in due poli **Nord** e **Sud**, con la convenzione che da Nord si vedrebbe la rotazione terrestre in senso antiorario. Il suo prolungamento attraversa la "volta celeste" negli omonimi **poli astronomici**;
- l'**equatore**: circonferenza **massima** perpendicolare all'asse. Prolungando il piano di questa si arriva all'**equatore celeste**;
- un **meridiano fondamentale**: semicirconferenza per i due poli. La scelta è toccata al meridiano passante per la città inglese GREENWICH.

Si immagina la superficie avvolta da un **reticolo di meridiani e paralleli** (circonferenze parallele all'equatore che si restringono avvicinandosi ai poli).

Il verso di numerazione dei meridiani è concorde col verso di rotazione terrestre.

Ogni punto (esclusi i poli) si trova all'incrocio di un meridiano e di un parallelo, individuati da due angoli con il vertice nel centro della Terra:

- **longitudine**, misurata sull'arco di equatore compreso fra il meridiano fondamentale e quello contenente il punto
- **latitudine**, misurata sull'arco di meridiano compreso fra il punto e l'equatore.

Vedere l'esempio in **figura 8**: al posto dei segni + o -, la longitudine è precisata da Est / Ovest e la latitudine da Nord / Sud .

Solo localmente il reticolo può essere assimilato ad una quadrettatura distesa su un piano.

L'invenzione di questo sistema di coordinate risale alla civiltà ellenistica.

L'asse era identificato dalla rotazione apparente del cielo, perché si riteneva che la Terra fosse immobile al centro dell'Universo.

L'unità di misura per gli angoli in gradi, primi e secondi che tutti conosciamo (un grado è la 360^{esima} parte dell'angolo giro), risale alla civiltà babilonese, in cui si usava un sistema di numerazione in base 60. Vengono spesso usati i gradi e le frazioni decimali di grado.

Gli abitanti dell'emisfero settentrionale **misurando l'altezza angolare, rispetto all'orizzonte, della "stella polare" ottengono una discreta approssimazione della latitudine geografica** del luogo interessato, perché questa stella, in questi secoli, coincide quasi esattamente col polo Nord astronomico, perno della rotazione apparente della volta celeste. **Vedi figura 9**

Se viaggiando in mare si percorre un parallelo la "stella polare" si mantiene alla stessa "altezza" sull'orizzonte. Questo era noto ai tempi della navigazione astronomica.

Per l'emisfero Sud non esiste una stella di riferimento altrettanto comoda.

La latitudine è fondamentale per la costruzione di orologi solari perché da essa e dalla data dipendono il cammino giornaliero del Sole e lo spostamento delle ombre.

Gli oggetti proposti nel parco astronomico sono quindi esportabili solo in altri luoghi di eguale latitudine.

Fra i paralleli sono particolarmente importanti soprattutto in rapporto al cammino diurno del Sole:

- il **"tropico del Cancro"** alla latitudine +23° 26'(23,43°)

- il **"tropico del Capricorno"**, alla latitudine $-23^{\circ} 26'$ (-23.43°)
- il **"circolo polare artico"**, alla latitudine $66^{\circ} 34'$
- il **"circolo polare antartico"**, alla latitudine $-66^{\circ} 34'$

Alle nostre latitudini il Sole alla massima altezza rispetto all'orizzonte (mezzogiorno locale) indica la direzione Sud.

Nella zona fra i due tropici, dimezzata dall'equatore il Sole a mezzogiorno, secondo la data, può essere allo "Zenit", cioè i suoi raggi possono cadere perpendicolari al suolo oppure può indicare il Nord o il Sud. Sotto il tropico del Capricorno il Sole alla culminazione indica sempre il Nord.

Fra i poli ed i corrispondenti circoli polari può esserci "il Sole a mezzanotte" o verificarsi il caso opposto di buio per tutto il giorno.

Nota: Lo storico greco Erodoto narra che intorno al 600 a.C. vi fu una spedizione dei Fenici, per conto di un re egiziano, per esplorare le coste dell'Africa. La spedizione (60 navi) partita dalle coste orientali dell'Africa, circumnavigando il continente rientrò dopo 3 anni dallo stretto di Gibilterra. Erodoto non crede all'impresa perché i marinai dichiararono che navigando verso Ovest il Sole culminava verso Nord.

Il mezzogiorno vero locale è il momento in cui il Sole raggiunge la massima altezza rispetto all'orizzonte (culminazione), transita sul meridiano e proietta ombre di lunghezza minima. Questo momento che divide a metà il periodo di luce, avviene contemporaneamente per i punti di uno stesso meridiano.

LOCALIZZAZIONE DI UN PUNTO SULLA TERRA

asse di rotazione terrestre, poli NORD e SUD - EQUATORE

- MERIDIANO FONDAMENTALE: il semicerchio massimo per i POLI e per GREENWICH

- punto "zero" sull' equatore = incontro con il meridiano fondamentale

- rete di meridiani e paralleli distanziati di 15°

coordinate di un punto :

LATITUDINE : distanza angolare dall'equatore, misurata sul meridiano per il punto, verso NORD o verso SUD

LONGITUDINE : distanza angolare dal meridiano fondamentale, misurata sull'equatore, verso EST o verso OVEST

-esempio : le coordinate di A sono :

~ 30° di latitudine NORD

~ 35° di longitudine EST

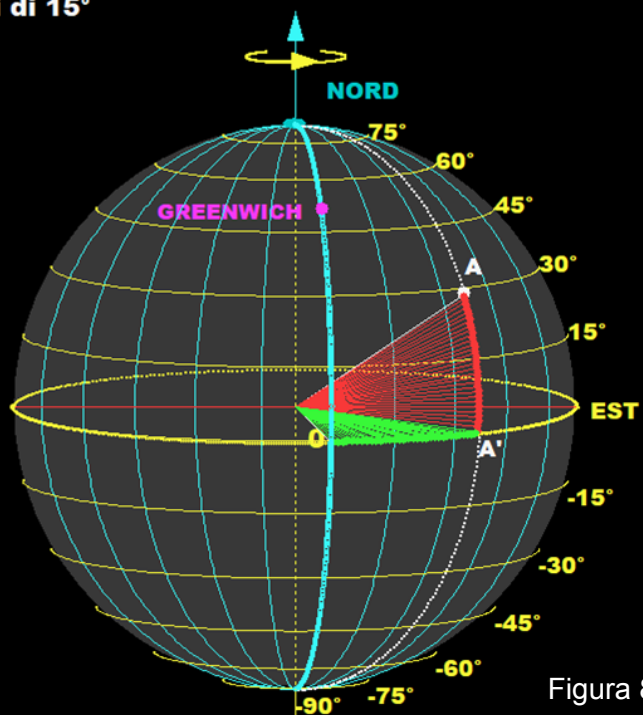
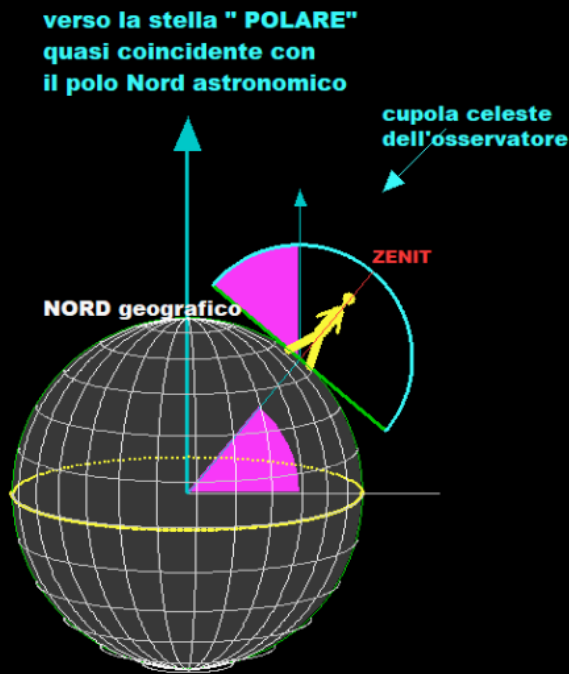


Figura 8

LATITUDINE di un luogo = angolo fra la direzione del polo Nord astronomico e l'orizzonte -- OSSERVATORE : latitudine ~ 50° Nord



GONIOMETRO con filo a piombo per una misura approssimata della LATITUDINE

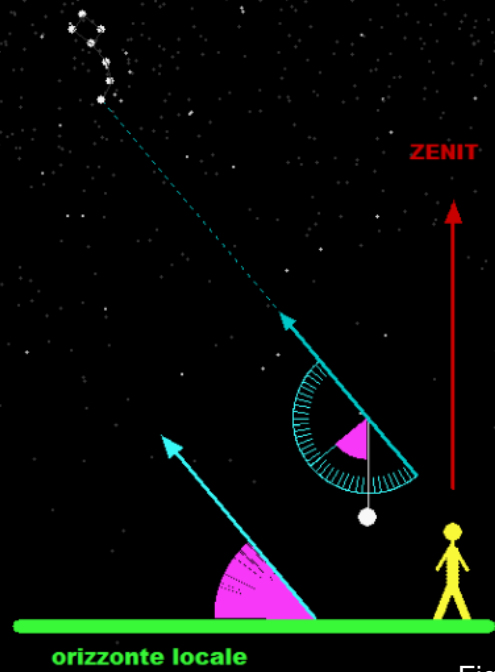


Figura 9

3 - ORIENTAMENTO SULLA TERRA - PUNTI CARDINALI

Orientarsi letteralmente significa trovare l'**oriente** cioè il punto dove sorge il Sole.

Il più immediato elemento di riferimento **locale** è la linea verticale indicata dal filo a piombo, che intercetta sulla volta celeste il punto sopra la nostra testa, detto **Zenit**.

Prolungando idealmente il piano sotto i nostri piedi e immaginando di spianare ogni ostacolo si ha il piano dell'**orizzonte**.

Per le dimensioni insignificanti della Terra rispetto alle distanze astronomiche possiamo permetterci, senza danni, di confonderlo con l'**orizzonte astronomico**, parallelo al precedente, passante per il centro della Terra.

Per poterci muovere sul piano dell'orizzonte è necessario fissare delle linee di riferimento e questo è stato fatto già nell'antichità sfruttando le posizioni degli astri.

La linea più facilmente individuabile è il meridiano terrestre locale, cioè la linea Nord-Sud.

Senza strumenti tecnologici, di notte, la **direzione della Polare** segna il Nord per gli abitanti dell'emisfero settentrionale. Per gli abitanti dell'emisfero meridionale manca una stella luminosa che indichi il polo Sud.

Di giorno l'**ombra minima di un bastone verticale**, raggiunta quando il Sole è alla massima altezza e si è a metà del periodo di luce, segna la direzione **Sud-Nord**.

La direzione **Est-Ovest** è perpendicolare alla precedente, con l'Est alla sinistra di chi guarda il Sud. **Le direzioni della levata o del tramonto funzionano solo in prossimità degli equinozi come indicatori dell'Est o dell'Ovest, perché in quei giorni il cammino del Sole coincide con l'equatore celeste.**

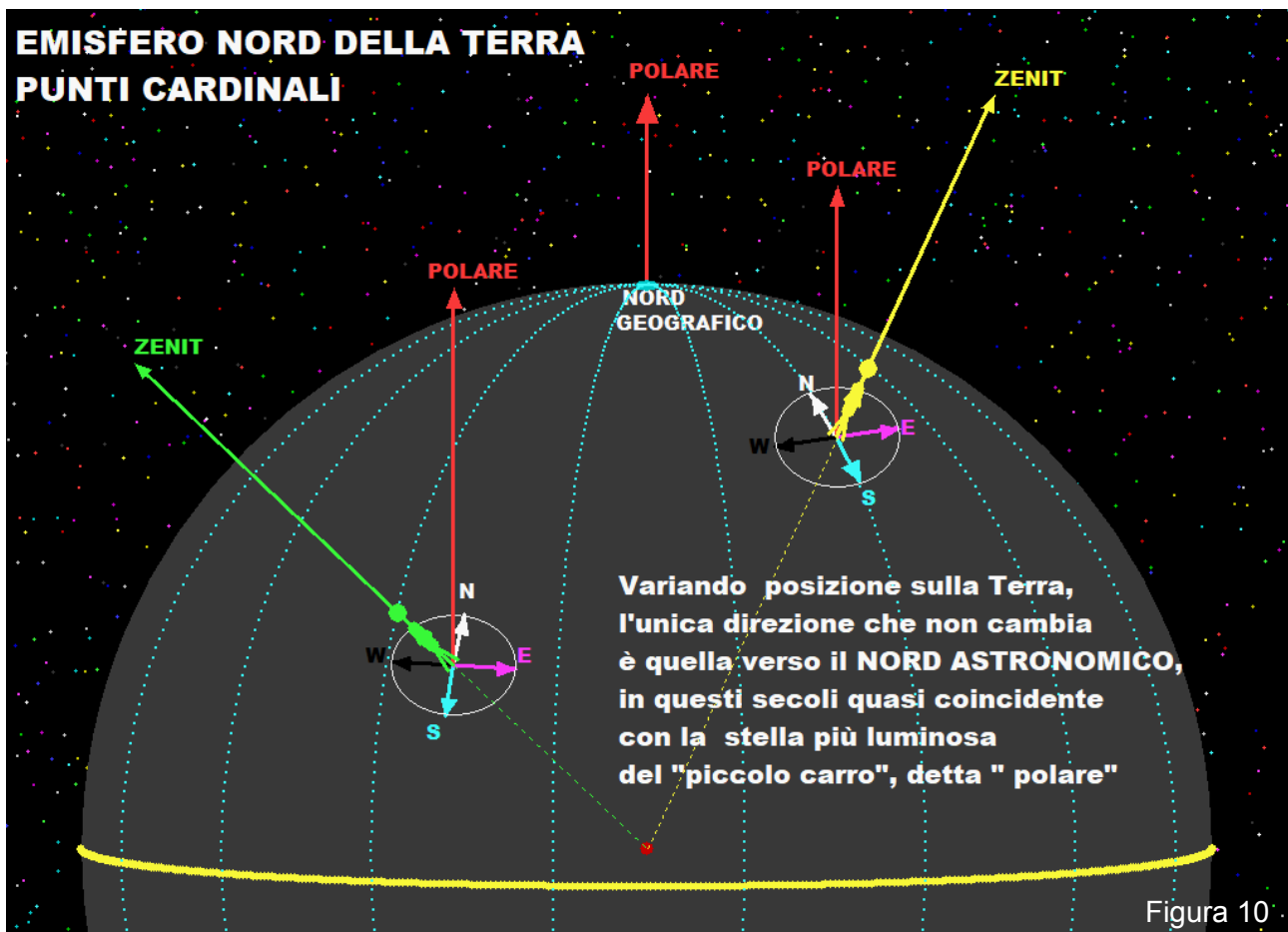
Punti cardinali sono i punti dell'orizzonte che corrispondono alle quattro direzioni fondamentali.

Spesso sono considerate delle direzioni intermedie che vengono associate ai **nomi dei venti**. **La "rosa dei venti" ha valore locale.**

Cambiando luogo di osservazione l'unica direzione che rimane invariata è quella parallela all'asse terrestre, cioè quella che punta al polo visibile. (**Figura 10**)

Cosa succede in altre parti del mondo?

- ai poli i punti cardinali perdono di significato: dal polo Nord allontanandosi in qualsiasi direzione si va verso Sud ed una casa avrebbe tutte le finestre orientate a Sud ; per l'altro polo basta scambiare i due nomi.
- ai poli il piano orizzontale è parallelo all'equatore e lo Zenit coincide con il polo astronomico visibile.
- all'equatore il piano orizzontale è parallelo all'asse terrestre, la stella polare si trova sull'orizzonte e la linea terrestre Nord-Sud indica anche i poli astronomici.



Poli magnetici e poli geografici

Tutti conoscono la **bussola** ed i suoi limiti. Nella **figura 11** viene mostrata la differenza fra Nord geografico e Nord magnetico con una rete di meridiani passanti per il polo Nord geografico e una rete analoga per il polo magnetico (che a dispetto del nome è fisicamente il polo Sud), non coincidente con il polo geografico.

Problemi sull'uso della bussola

L'ago della bussola punta verso il polo magnetico e non verso quello geografico. Il "difetto" può essere grave: in certi luoghi vicini al Nord geografico la bussola punta decisamente verso Sud.

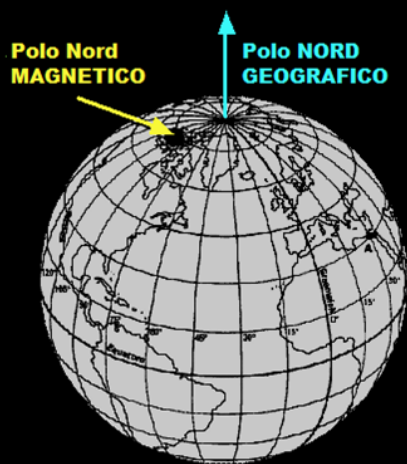
Si può osservare la differenza, detta **declinazione magnetica**, fra la direzione della bussola e la direzione (lungo un meridiano) del polo Nord terrestre, in vari punti della Terra.

A complicare l'uso della bussola esistono zone di **anomalia magnetica** in cui la direzione dell'ago non è per niente attendibile. Inoltre il **campo magnetico varia col tempo**.

Si era pensato ai tempi delle grandi esplorazioni ad un possibile metodo per calcolare la **longitudine in mare, basato sulla misura della declinazione**, ma come si è visto, questa non dipende solo dalla longitudine e l'idea è stata abbandonata in seguito alle ricerche dell'astronomo **HALLEY** (dopo due anni di misure in mare, 1676).

La bussola è usata dagli escursionisti non in possesso del GPS, per orientare correttamente la carta geografica della zona interessata.

ORIENTAMENTO CON UNA BUSSOLA : possiamo fidarci ?



reti di meridiani per i POLI
GEOGRAFICI e **MAGNETICI**
NON COINCIDENTI !!!

**L' AGO DELLA BUSSOLA PUNTA VERSO IL
POLO MAGNETICO ;**
la deviazione rispetto il meridiano locale,
varia in base alla longitudine, non sempre
in modo regolare; inoltre nello stesso luogo
NON è costante nel tempo

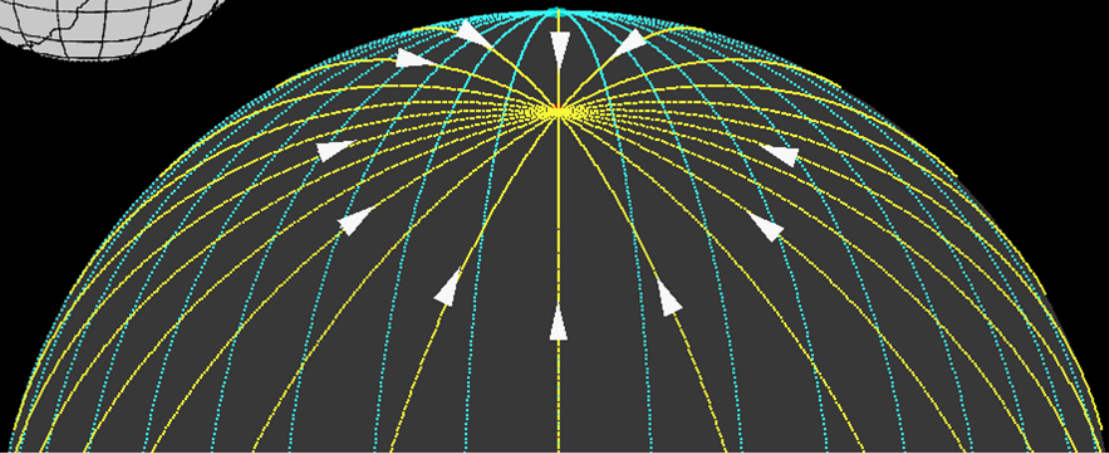


Figura 11

4 - TERRA E SFERA CELESTE

Cupola celeste locale

Movimenti apparenti del cielo stellato (latitudine di circa 45° Nord).

Le relazioni geometriche fra la posizione del Sole e le ombre non dipendono dal fatto che la Terra sia fissa al centro dell'Universo, o che sia in movimento su se stessa e attorno al Sole.

Possiamo quindi scegliere la via più **comoda e in accordo con i nostri sensi, considerarci con i piedi ancorati alla terra fissa e spettatori di movimenti reali degli oggetti celesti.**

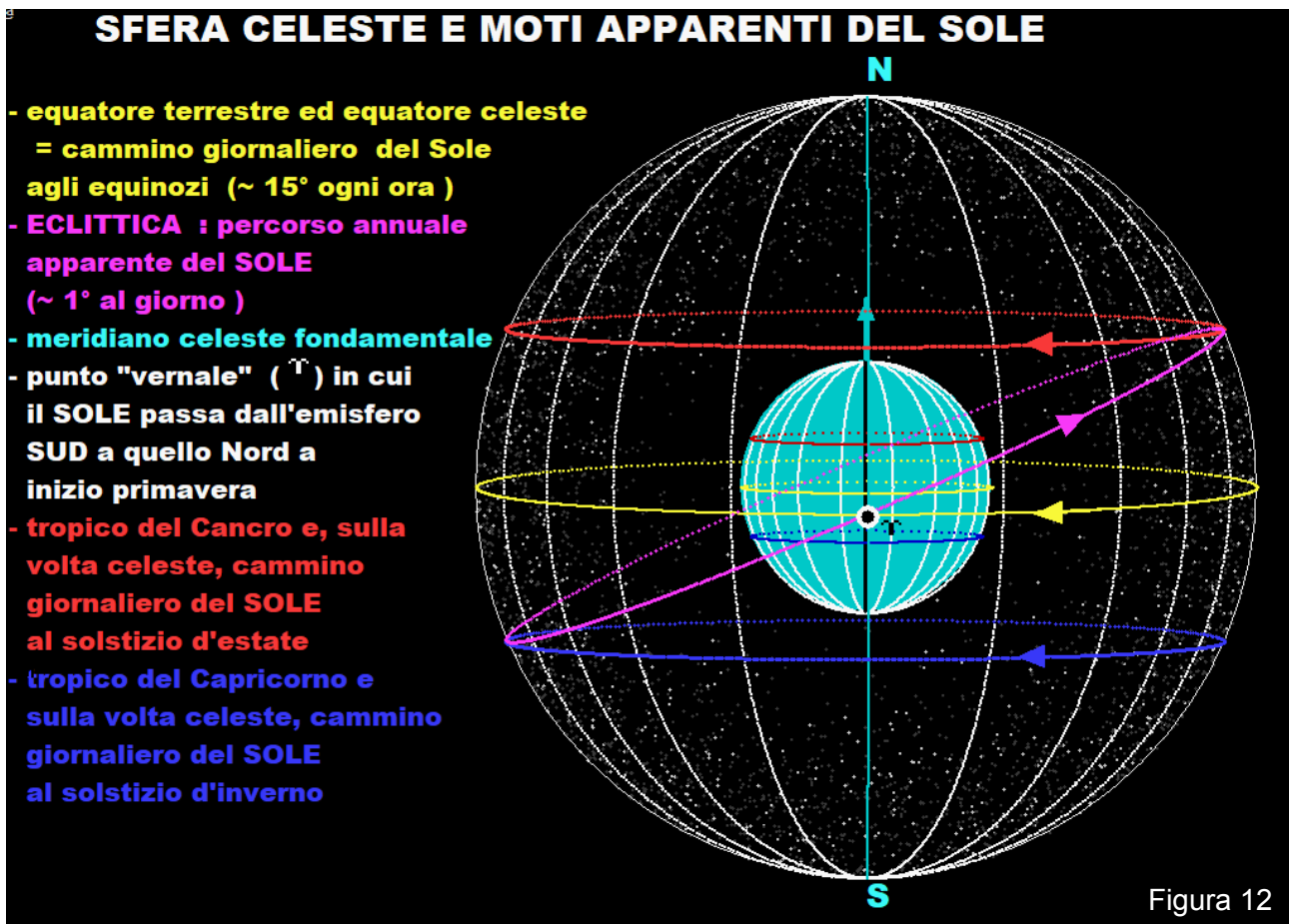
Quindi parlando di movimenti del Sole si può, senza danni, dimenticare l'aggettivo "apparenti". Per la costruzione di orologi solari è importante rispettare le regolarità di ciò che osserviamo.

Nella **figura 12** il disegno della sfera celeste presenta la Terra "diritta", vista dall'esterno, stando paralleli all'asse di rotazione. L'aggiunta della rete di meridiani e dei paralleli fondamentali mostra che anche per le stelle e in particolare per il SOLE, si ricorre ad un reticolo simile a quello terrestre per identificare la loro posizione in cielo.

Sulla sfera celeste l'**asse** è il prolungamento di quello terrestre, i **poli** vengono chiamati con gli stessi nomi, aggiungendo l'aggettivo "astronomico" o "celeste".

L'equatore celeste è sullo stesso piano di quello terrestre.

In **astronomia** come meridiano fondamentale si sceglie quello per il punto "**Gamma**", intersezione fra l'equatore celeste e l'eclittica, in cui il Sole si trova all'equinozio primaverile e segna il suo passaggio dall'emisfero Sud a quello Nord. La scelta è dettata dalle leggi astronomiche, non dalla situazione politica come è avvenuto per la scelta del meridiano fondamentale terrestre passante per Greenwich.



Sfera celeste locale di notte (latitudine di circa 45° Nord)

Il cielo visibile dipende dalla posizione sulla Terra, dalla data e dall'ora di osservazione.

Cosa vediamo osservando con pazienza il cielo in una notte, alle nostre latitudini?

Accettiamo la sensazione di essere sotto una **cupola** di forma emisferica, al centro di un **orizzonte** che segna il confine fra la terra ed il cielo. La Terra sotto i nostri piedi sembra ferma e osservando il cielo con un po' di pazienza, a più riprese, vediamo nuove stelle sorgere verso EST e altre tramontare verso OVEST: è la **rotazione apparente** del cielo (di circa 15° all'ora in verso antiorario) attorno al polo Nord celeste, dovuta alla rotazione reale della Terra nel verso opposto. Le stelle abbastanza vicine alla **polare** restano visibili tutta la notte e vengono dette **circumpolari** (secondo il poeta Omero: "dai lavacri dell'oceano immuni"). Ai poli tutte le stelle sono circumpolari, mentre all'equatore non ci sono stelle con questa proprietà.

In montagna l'orizzonte accidentato ci ruba qualche pezzo di cielo ma rende più facile percepire il suo lento movimento. (Figura 13)

Cosa notiamo guardando il cielo stellato giorno dopo giorno, sempre alla stessa ora?

La **rivoluzione** terrestre attorno al SOLE, che si svolge nello stesso verso della rotazione, produce gli stessi effetti in modo molto più lento, perché vediamo il SOLE spostarsi di 1° al giorno, da OVEST ad EST, rispetto allo sfondo delle stelle fisse. Le stelle quindi raggiungono la posizione del giorno precedente con circa **4 minuti di anticipo rispetto al Sole**.

Occorre quindi distinguere fra due possibili unità di misura del tempo:

- **GIORNO SIDERALE:** intervallo fra due passaggi successivi di una stella su uno stesso meridiano, corrispondente ad un giro **rispetto alle stelle "fisse"**, estremamente lontane.
- **GIORNO SOLARE:** intervallo fra due passaggi successivi del Sole su uno stesso meridiano corrispondente alla rotazione terrestre **rispetto al Sole**. Il giorno solare è più lungo di circa 4 minuti.

Si ha questa differenza perché la Terra, durante un giro completo attorno al proprio asse si è anche spostata lungo l'orbita attorno al Sole di circa 200 volte il proprio diametro, correndo a circa 30 km al secondo.

Siccome la vita quotidiana è regolata sui ritmi del Sole, quando si parla di giorno si intende sempre quello solare, accettando di gestire il fatto che non è rigorosamente uniforme, come verrà discusso in seguito.

N.B. Lasciar passare due ore in una notte è come guardare il cielo un mese dopo.

Lasciar passare 6 ore è come cambiare stagione. D'estate, facendo una gita in montagna ad agosto, se si parte prima dell'alba si vede con tristezza ad EST la costellazione tipicamente invernale di ORIONE.

ORIZZONTE LOCALE E SFERA CELESTE per la latitudine ~ 45° NORD

referimenti locali : linea **NORD-SUD** (meridiano locale) e linea **EST-OVEST**

rotazione reale della **TERRA** rotazione apparente della volta celeste

— equatore celeste (percorso apparente del SOLE agli equinozi)

— meridiano locale

— orizzonte locale

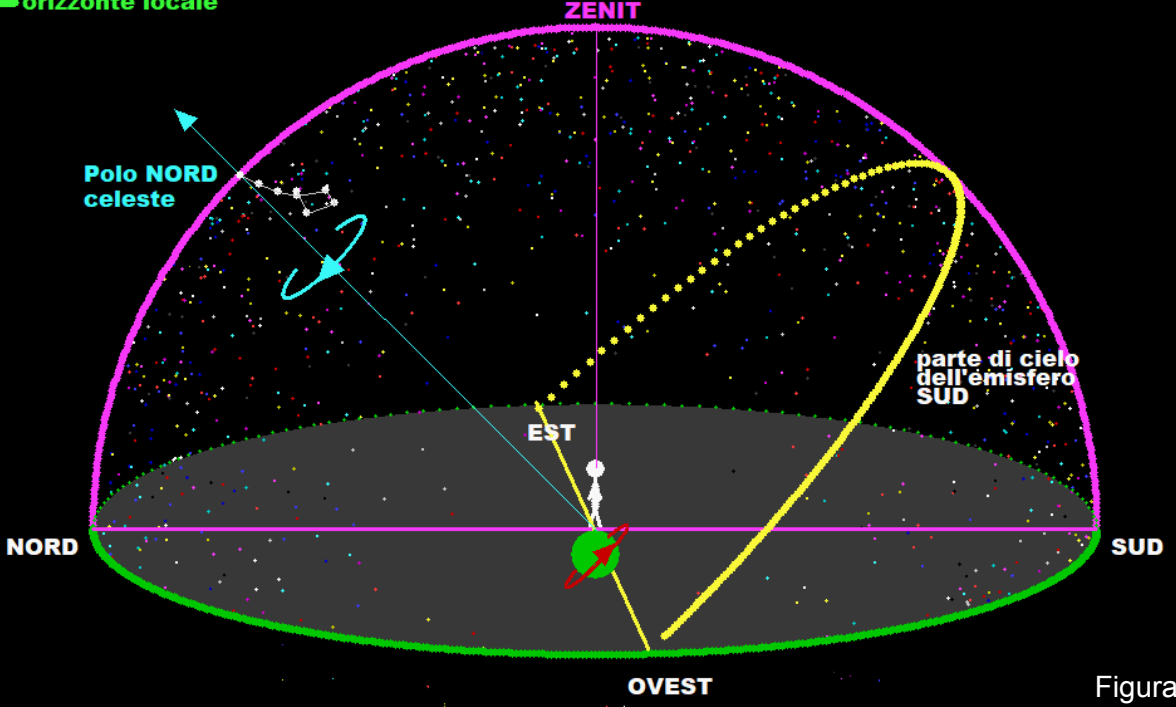


Figura 13

5 - TERRA DA DIVERSI PUNTI DI VISTA

Figura 14

Terra "dritta": vista dal piano dell'equatore .

E' una rappresentazione comoda per introdurre il reticolo geografico dei meridiani e paralleli e anche per studiare l'alternarsi delle stagioni facendo variare l'inclinazione dei raggi solari.

Terra vista dal piano della sua orbita attorno al Sole (eclittica).

E' una rappresentazione usata nelle scuole per spiegare il fenomeno delle stagioni, immaginando l'orbita attorno al Sole su un piano orizzontale ed il Sole come una lampada nel centro, che illumina la terra privilegiando il polo Sud nel periodo dal 23 settembre al 20 marzo (**autunno e inverno** per il nostro emisfero) ed il polo Nord nel periodo dal 20 marzo al 23 settembre (**primavera ed estate**).

L'asse di rotazione terrestre risulta inclinato di circa 23° e in qualsiasi posizione sull'orbita **deve conservare la medesima direzione**.

Terra sotto i miei piedi.

E' una rappresentazione "egocentrica" che **dipende dal luogo di osservazione**.

Occorre immaginarsi nel punto più alto del globo e questo non è difficile perché concorda con la nostra percezione dello spazio, cioè con l'immagine della sfera locale.

E' la rappresentazione più comoda per studiare i movimenti apparenti della volta celeste e dei suoi oggetti e quindi per la misura del trascorrere del tempo.

TERRA da diversi punti di vista:

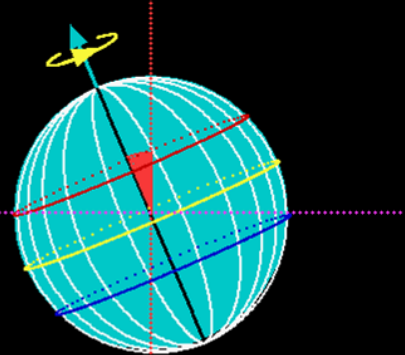
asse di rotazione - direzione del Nord astronomico - verso di rotazione terrestre - equatore, tropici del Cancro, del Capricorno, meridiani (ogni 15° = angolo di rotazione terrestre in 1 ora)

vista dal piano dell'equatore



vista dal piano dell'orbita attorno al SOLE :
"ECLITTICA"

-inclinazione dell'asse di rotazione terrestre
($\sim 23,4^\circ$)

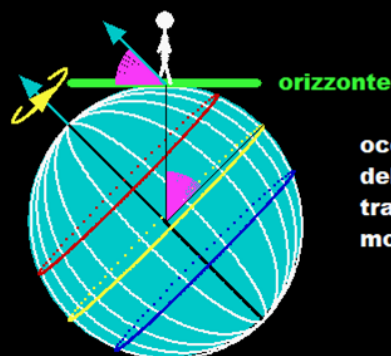


PUNTO DI VISTA LOCALE :

alla latitudine di circa 45°

-visione egocentrica :

(TERRA "sotto i miei piedi ")



occorre immaginarsi al posto dell'omino per misurare il trascorrere del tempo con i movimenti apparenti del SOLE

Figura 14

6 - ALTERNANZA DELLE STAGIONI

Le **figure 15-16-17** rappresentano le quattro posizioni della terra sull'orbita attorno al Sole, ai solstizi ed equinozi, con vista da Nord e a fianco la terra "dritta" per evidenziare le direzioni dei raggi luminosi provenienti dalla nostra stella.

Data la lontananza del Sole i raggi vengono disegnati **paralleli**.

Sono rappresentati, oltre all'equatore, i tropici ed i circoli polari.

Stagioni e ombre a mezzogiorno

Le **figure 18-19-20** rappresentano il legame fra direzione dei raggi solari e l'ombra di un osservatore a varie latitudini, al momento della culminazione del Sole, ai solstizi ed equinozi.

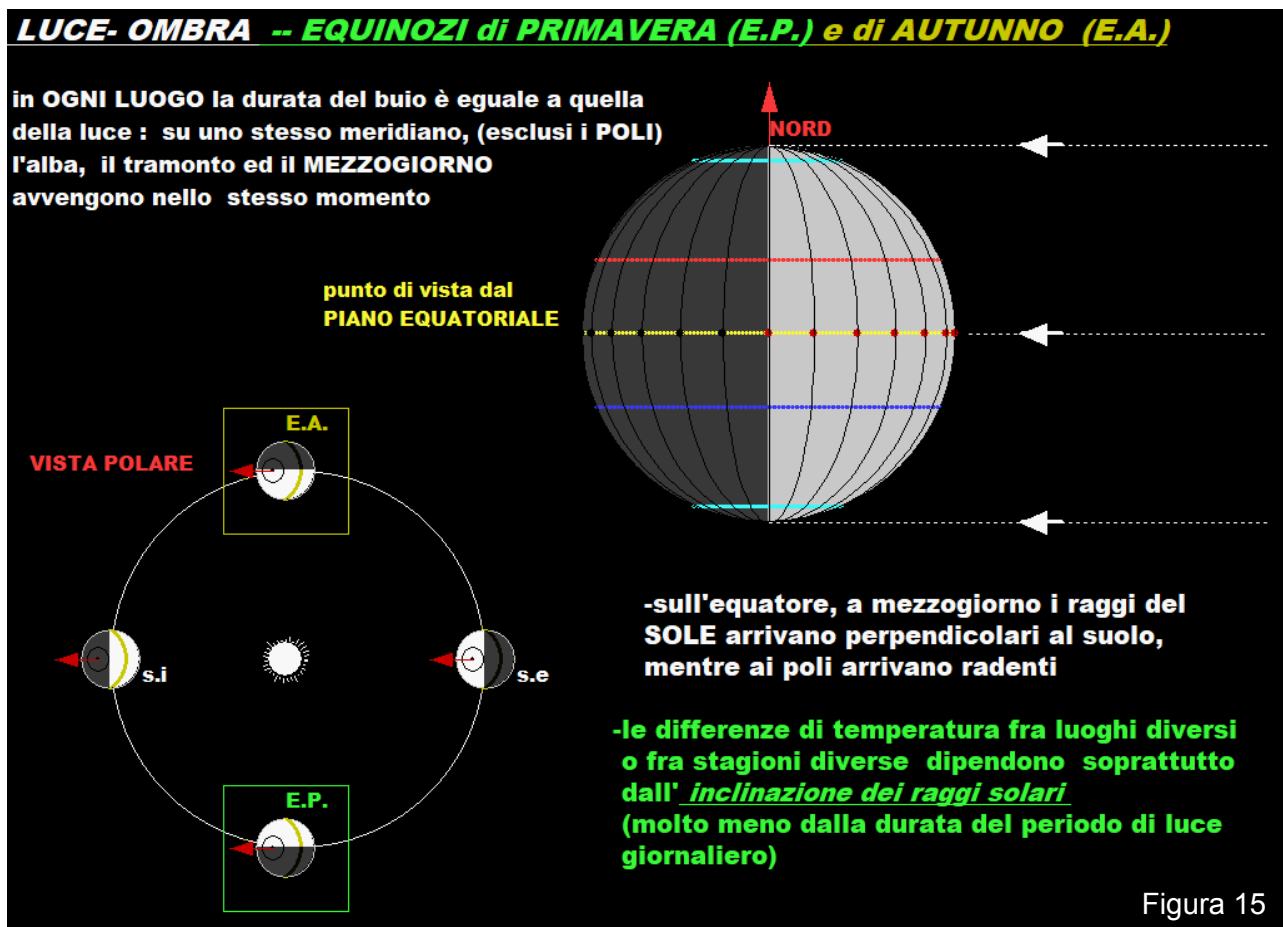
E' utile per capire meglio la nostra situazione locale, immaginarsi a varie latitudini ed osservare i cammini diurni del Sole, la durata del periodo di luce, la lunghezza dell'ombra, ecc..

Perché d'estate fa più caldo? (figura 21)

Le variazioni climatiche legate alle stagioni non dipendono dalla piccola variazione della distanza dal SOLE, **ma dalla inclinazione dell'asse terrestre**, che alterna periodi in cui la luce del sole illumina maggiormente l'emisfero NORD (con polo SUD in ombra), ad altri in cui la situazione è scambiata. Agli equinozi (inizio primavera o inizio autunno) il Sole non fa torti e illumina in egual modo i due emisferi.

La **temperatura più alta in estate** dipende **poco** dal fatto che il periodo di luce giornaliero è più lungo (se qualcuno non è convinto, quando è estate da noi, provi ad andare verso il polo Nord dove il Sole non tramonta), ma **dipende soprattutto dalla inclinazione dei raggi solari**.

(Sulle comete, che generalmente seguono orbite molto allungate, si ha la temperatura più alta nel periodo di massima vicinanza al SOLE, con conseguente formazione della chioma e della coda).

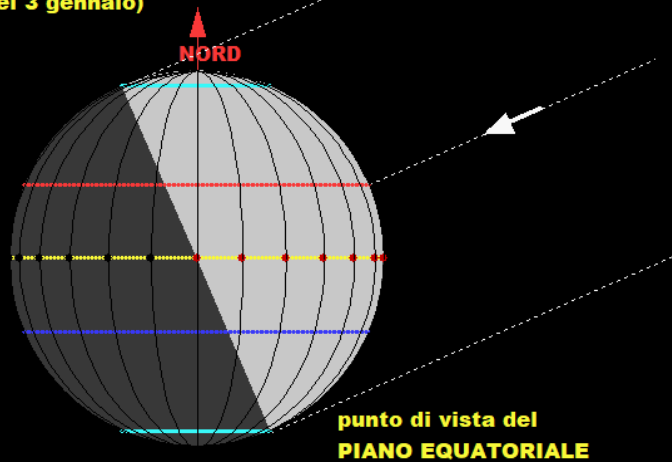
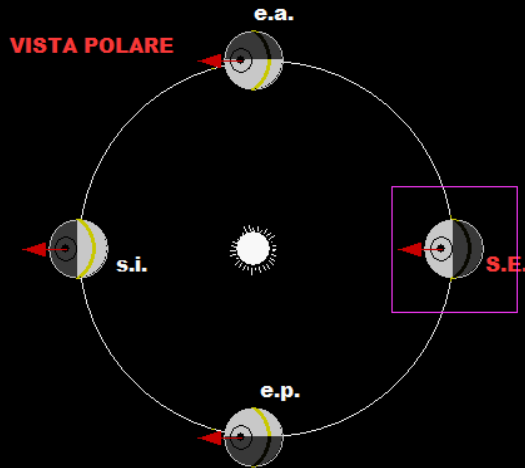


ALTERNANZA LUCE / OMBRA *al SOLSTIZIO ESTIVO (S.E.)*

N.B. Il 3 luglio la TERRA si trova alla massima distanza dal SOLE
(circa il 3% in più rispetto la distanza minima del 3 gennaio)

-solo all'equatore la durata del buio è eguale a quella della luce ; in luoghi diversi sullo stesso meridiano, l'alba e il tramonto avvengono in tempi diversi

Il MEZZOGIORNO (culminazione del SOLE) avviene contemporaneamente per i punti di un meridiano (esclusi i punti vicini al polo SUD)



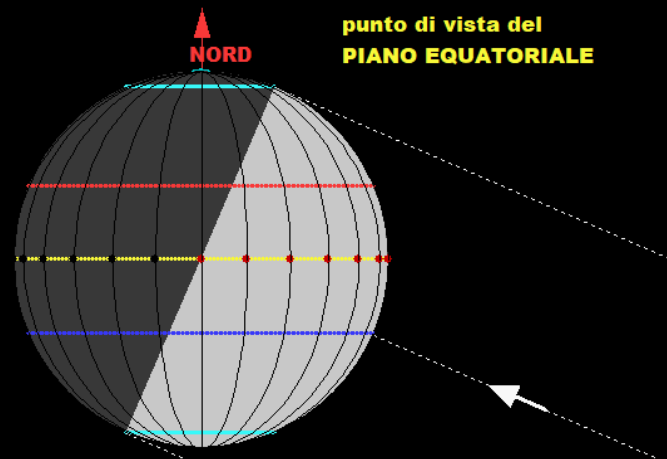
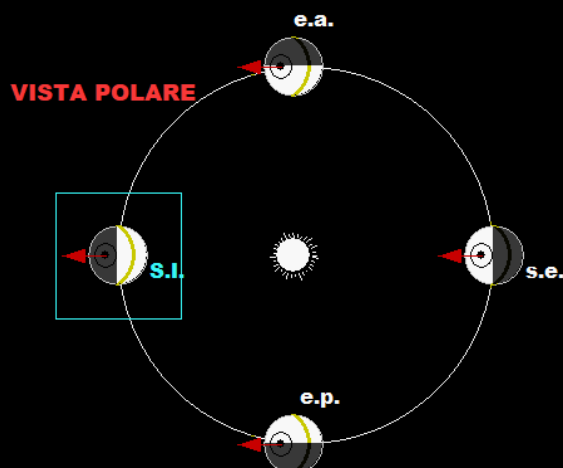
- sul "**tropico del Cancro**" i raggi del SOLE arrivano perpendicolari al suolo
- sul "**circolo polare artico**" il SOLE non tramonta, sfiorando l'orizzonte a mezzanotte (verso Nord)
- la calotta a NORD è illuminata tutto il giorno
- sul "**circolo polare antartico**" il Sole fa capolino all'orizzonte Nord a mezzogiorno -buio più Sud

Figura 16

ALTERNANZA LUCE-OMBRA *al SOLSTIZIO INVERNALE (S.I.)*

solo all'equatore la durata del buio è eguale a quella della luce : in luoghi diversi sullo stesso meridiano, l'alba e il tramonto avvengono in tempi diversi

Il MEZZOGIORNO (culminazione del SOLE) avviene contemporaneamente per i punti di uno stesso meridiano, (esclusi i punti vicini al NORD)



- sul "**tropico del Capricorno**" i raggi del SOLE arrivano perpendicolari al suolo
- sul "**circolo polare artico**" il Sole fa capolino a mezzogiorno all'orizzonte Sud - buio più a NORD
- sul "**circolo polare antartico**" il 21/12 il SOLE non tramonta, sfiorando l'orizzonte a mezzanotte
- la calotta a SUD è illuminata tutto il giorno

Figura 17

**OMBRE a varie latitudini, a mezzogiorno solare (culminazione del SOLE)
all'equinozio di primavera o di autunno**

la mia ombra non ha fine
(polo Nord o Sud)

la mia ombra è lunga come me
ed è diretta a NORD
(latitudine ~ 45 Nord)

io non faccio ombra!

la mia ombra è lunga come me
ed è diretta a SUD
(latitudine ~ 45 Sud)

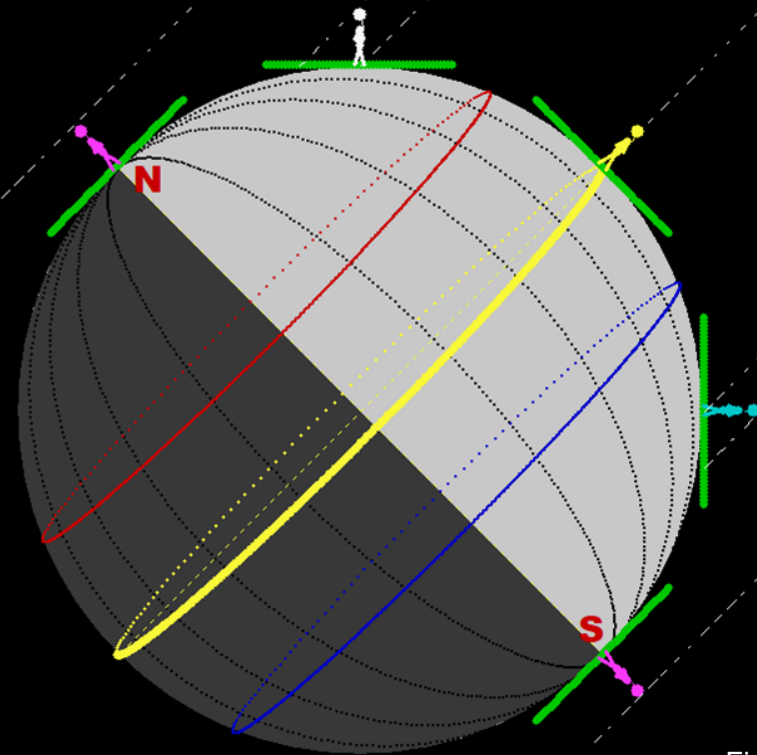


Figura 18

**OMBRE a varie latitudini,
a mezzogiorno
al solstizio estivo**

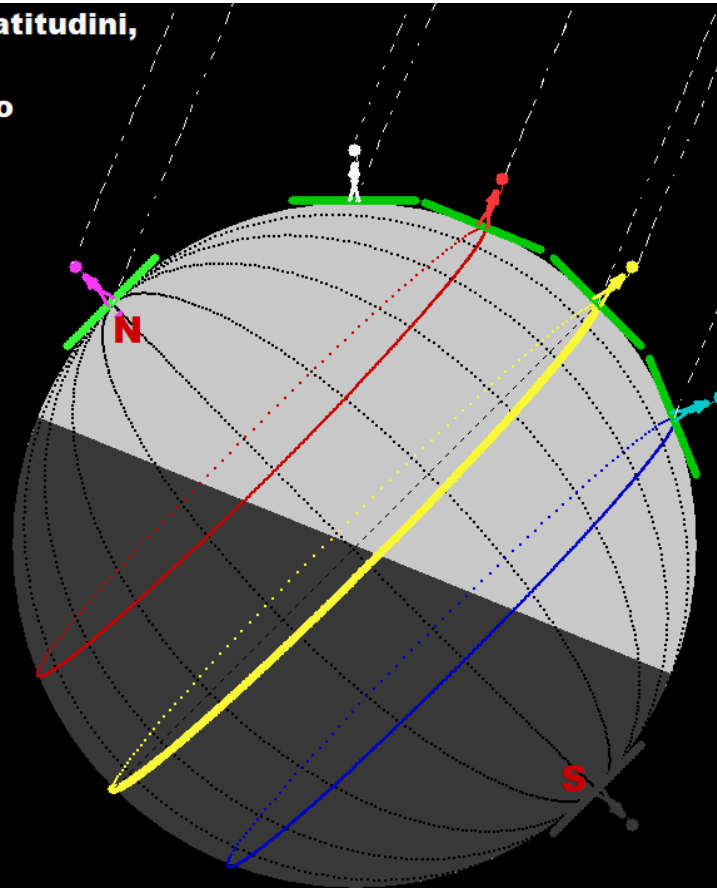


Figura 19

**OMBRE a varie latitudini,
a mezzogiorno
al solstizio INVERNALE**

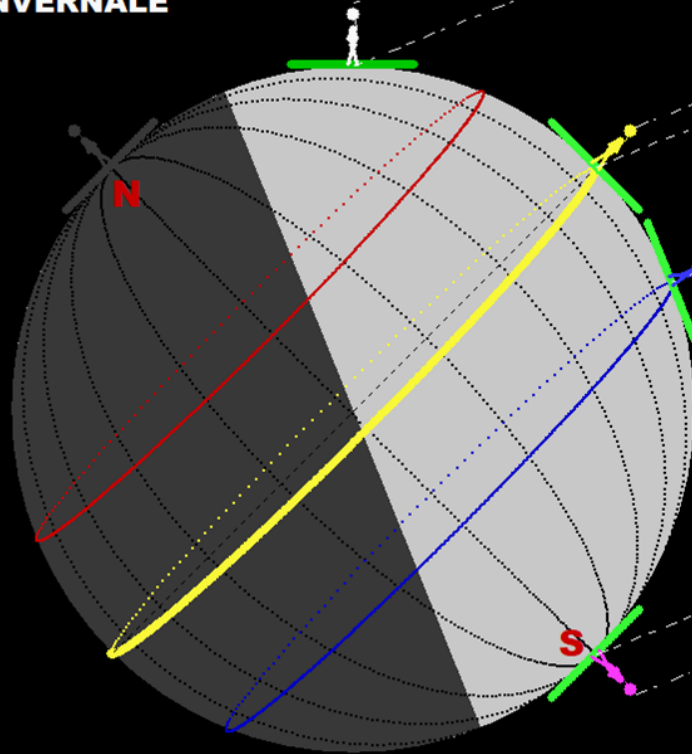
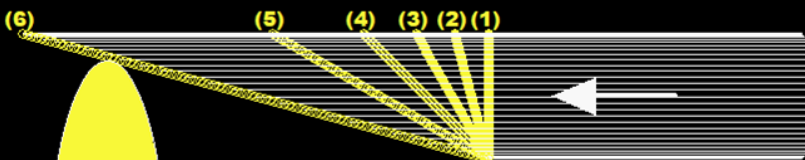


Figura 20

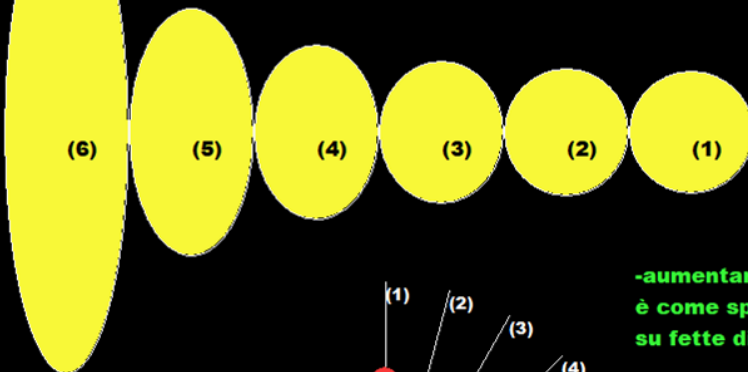
CILINDRO DI LUCE SOLARE CHE INVESTE UN PIANO :

**LA QUANTITA' DI CALORE CHE RICEVE OGNI UNITA' DI SUPERFICIE
DIPENDE DALL' INCLINAZIONE DEI RAGGI SOLARI**



- (1) area = 100
- (2) area = 103
- (3) area = 115
- (4) area = 141
- (5) area = 200
- (6) area = 387

**AREE IN CUI VIENE
DISTRIBUITA LA STESSA
QUANTITA' DI CALORE**



**-aumentare l'inclinazione dei raggi solari
è come spalmare la stessa quantità di nutella
su fette di pane sempre più larghe ...**

Figura 21

7 - MOVIMENTI APPARENTI DEL SOLE alla nostra latitudine

Riprendiamo la rappresentazione della Terra "sotto i nostri piedi" (*figura 22*).

Il primo disegno mostra tutta la sfera celeste con l'orizzonte dell'osservatore prolungato e mostra i cammini giornalieri apparenti del Sole . Si può assumere che ogni **giorno il Sole percorra un parallelo celeste con centro sull'asse terrestre e perpendicolare ad esso**. Sono evidenziati i percorsi ai Solstizi e agli equinozi. Tutti i cammini sono percorsi in due date, esclusi quelli ai solstizi, quindi i calendari solari, salvo ai "capolinea", indicano due possibili date.

La *figura 23* mostra solo la semisfera sopra l'osservatore, con i meridiani distanziati di 15° , angolo percorso dal meridiano del Sole in un'ora.

In seguito si vedrà che **il lavoro svolto dagli orologi solari consiste essenzialmente nel misurare con le ombre l'angolo, detto ANGOLO ORARIO, che il meridiano del Sole forma rispetto al meridiano locale**.

Alle nostre latitudini in un giorno qualunque il Sole sorge, compie un arco e tramonta, ma memorizzando i punti più significativi si nota che la sua traiettoria giornaliera varia lentamente compiendo un ciclo annuale.

Osservando il cielo ad oriente appena prima dell'alba, ad occidente dopo il tramonto e a mezzanotte verso il meridiano locale, si nota che il Sole percorre annualmente (spostandosi verso EST mediamente di 1° al giorno) una circonferenza detta **ECLITTICA, non parallela all'equatore celeste ma inclinata di circa 23° rispetto ad esso**.

Queste osservazioni sono già state fatte in tempi antichissimi con grande scrupolo e con risultati molto precisi, in rapporto agli strumenti a disposizione.

Questa variazione ciclica con periodo annuale, impercettibile da un giorno all'altro, col trascorrere dei giorni fa cambiare **l'altezza massima del Sole a mezzogiorno e sposta i suoi punti di levata e di tramonto (vedi oggetto N.2)**.

L'arco diurno è più breve al solstizio d'inverno (periodo di luce più corto), poi si amplifica, coincide con l'equatore celeste all'equinozio di primavera, riprende a salire fino al solstizio d'estate e compie il "giro di boa", dopo di che inverte il cambiamento.

Nei giorni intorno al 21 dicembre ed intorno al 21 giugno il cambiamento è praticamente nullo, da cui il nome di "**solstizi**", mentre è più evidente nei giorni vicini agli equinozi.

MOVIMENTI APPARENTI DEL SOLE , a intervalli di 10 giorni

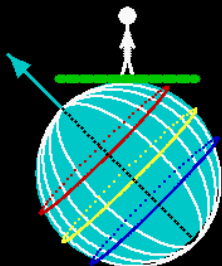
GIORNALIERO : - primavera-estate - autunno-inverno - equinozi (equatore celeste)

ANNUALE : sulla "eclittica" (circa 1° al giorno)

MERIDIANO CELESTE LOCALE per lo Zenit ed i poli

☉ punto attraversato dal SOLE all'inizio della primavera

posizione osservatore terrestre ~ 45° Nord



DECLINAZIONE (δ) è la distanza angolare dall'equatore celeste

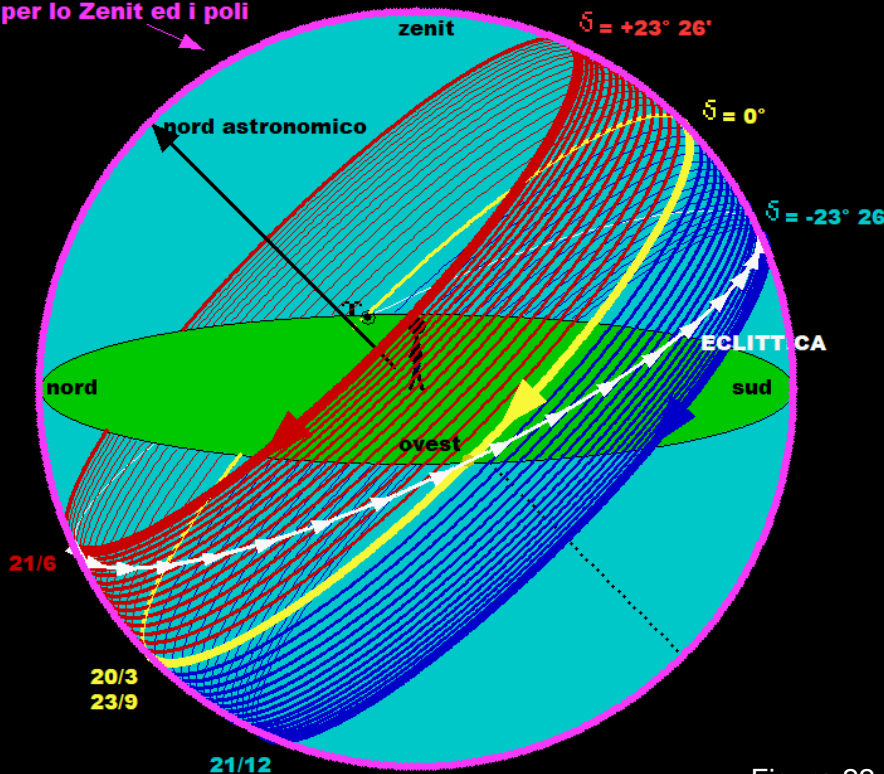


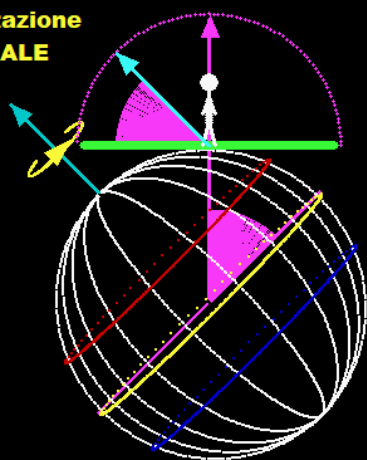
Figura 22

TERRA E SFERA CELESTE LOCALE - MOVIMENTI APPARENTI DEL SOLE AI SOLSTIZI ED EQUINOZI - latitudine : ~ 45°

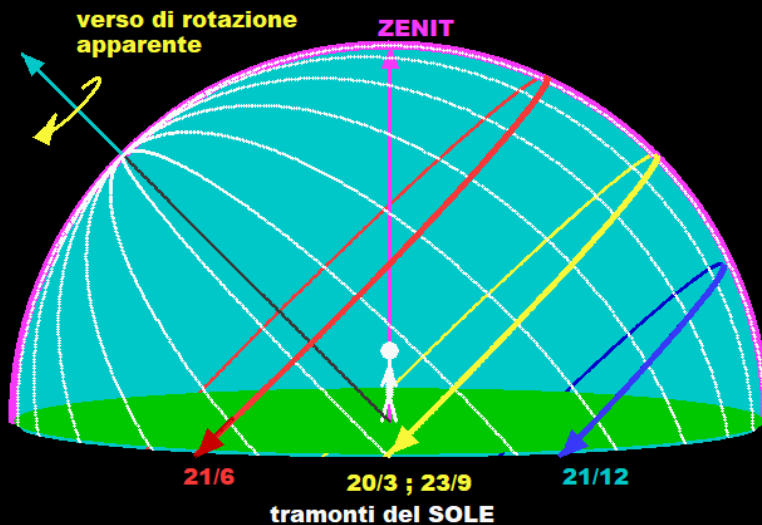
➔ direzione polo NORD celeste
 — ORIZZONTE dell'osservatore

— agli equinozi (EQUATORE CELESTE)
 — al SOLSTIZIO ESTIVO
 — al SOLSTIZIO INVERNALE

verso di rotazione REALE



verso di rotazione apparente



meridiani distanziati di 15° = angolo percorso dal SOLE in un'ora

Figura 23

8 - COORDINATE DEL SOLE

Il modo più **naturale** per individuare la posizione del Sole è quello detto **alt-azimutale**

Se l'osservatore è rivolto inizialmente a Sud misura due angoli:

- l'**AZIMUT** è l'angolo di cui l'osservatore deve girarsi, verso Est oppure verso Ovest, per osservare il Sole in fronte, partendo dalla direzione del Sud. L'azimut del Sole a mezzogiorno è sempre 0° , nei giorni di equinozio all'alba è -90° e al tramonto $+90^\circ$
- l'**ALTEZZA**, angolo di cui deve alzare lo sguardo rispetto l'orizzonte.

Queste coordinate dipendono dal luogo di osservazione e cambiano al trascorrere del tempo.

Nella **figura 24** sono anche evidenziati **punti di levata e di tramonto del Sole sull'orizzonte**.

La scelta della direzione Sud come direzione zero è arbitraria ma comoda per gli orologi solari nel nostro emisfero, a nord della fascia equatoriale.

Un altro sistema di riferimento ricorre ai due angoli (**vedi figura 25**):

- **DECLINAZIONE**: distanza angolare dall'**equatore celeste**, **equivalente alla latitudine terrestre**. Questa misura **dipende solo dalla data** (la Terra può essere considerata puntiforme per cui l'osservatore ovunque si trovi può essere immaginato al centro). **In un anno oscilla fra i valori $-23^\circ 26'$ del solstizio invernale a $23^\circ 26'$ del solstizio estivo e viceversa, passando da 0° agli equinozi.**
- **ANGOLO ORARIO**: **angolo formato dal meridiano che segue il Sole ed il meridiano fondamentale del luogo, misurato in ore, minuti e secondi, in senso orario, concorde con lo spostamento del Sole.**

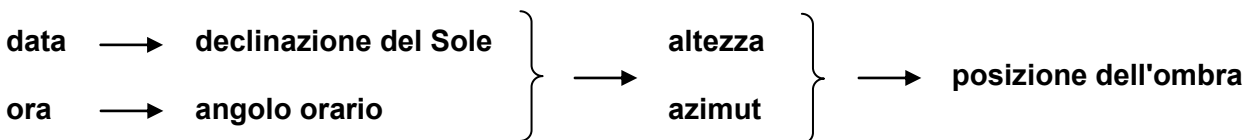
Quando il Sole culmina, cioè raggiunge la massima altezza **l'angolo orario è 0**, si è a metà del periodo di luce, detto **mezzogiorno locale solare**, a cui siamo abituati ad assegnare l'**ora 12**.

Il Sole percorre il cammino di 360° in un giorno, quindi si sposta di 15° ogni ora .

Con la suddivisione del giorno in 24 ore, a partire dalla mezzanotte, l'angolo orario del Sole, aumentato di 12 ci fornisce l'ORA SOLARE LOCALE.

Vedi esempi a figura 26

Il procedimento per mettere in relazione l'ora e la data con la posizione dell'ombra di uno **stilo** su una superficie è a grandi linee il seguente:



Per i calcoli si rimanda alla bibliografia (1).

COORDINATE ALT-AZIMUTALI del SOLE -- osservatore verso SUD

ALTEZZA: angolo fra il SOLE e l'ORIZZONTE, misurato sulla circonferenza per SOLE e lo Zenit

AZIMUT : angolo sull'orizzonte a partire dalla direzione SUD ; positivo verso OVEST

MERIDIANO FONAMENTALE (per i poli e lo ZENIT) -- attraversato dal SOLE al mezzogiorno "locale"

nell'esempio: -- altezza ~ + 50°

-- azimut ~ + 30°

*N.B. queste coordinate
DIPENDONO dal luogo di
osservazione*

**SFERA CELESTE
LOCALE** per
latitudine ~ 45°

solo agli equinozi (20/3 e 23/9)
il SOLE sorge esattamente ad EST
e tramonta esattamente ad OVEST
spostandosi sull'equatore celeste

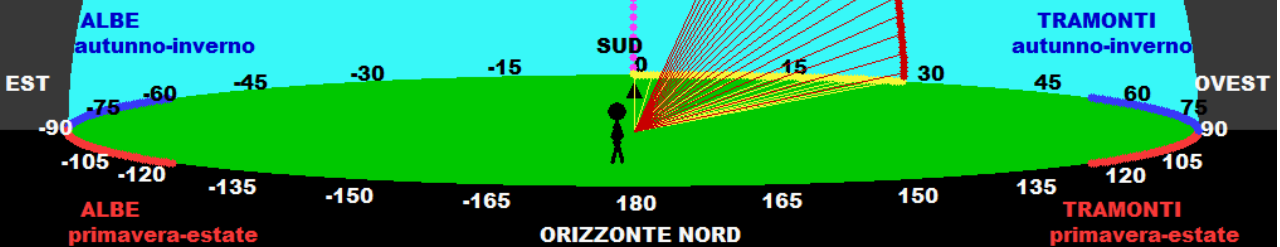


Figura 24

GEOMETRIA per gli OROLOGI SOLARI ---- esempio

-- LATITUDINE del luogo ~ 45° NORD -- MERIDIANO LOCALE (per lo Zenit ed il polo NORD)

-- ANGOLO ORARIO -- "AZIMUT" -- ALTEZZA sull'orizzonte

-- DECLINAZIONE del SOLE : distanza angolare dall'EQUATORE CELESTE

ora solare = 15 h, 20 min

data : intorno a : 25/4 oppure 14/8

declinazione $\delta \sim +23^\circ 26'$

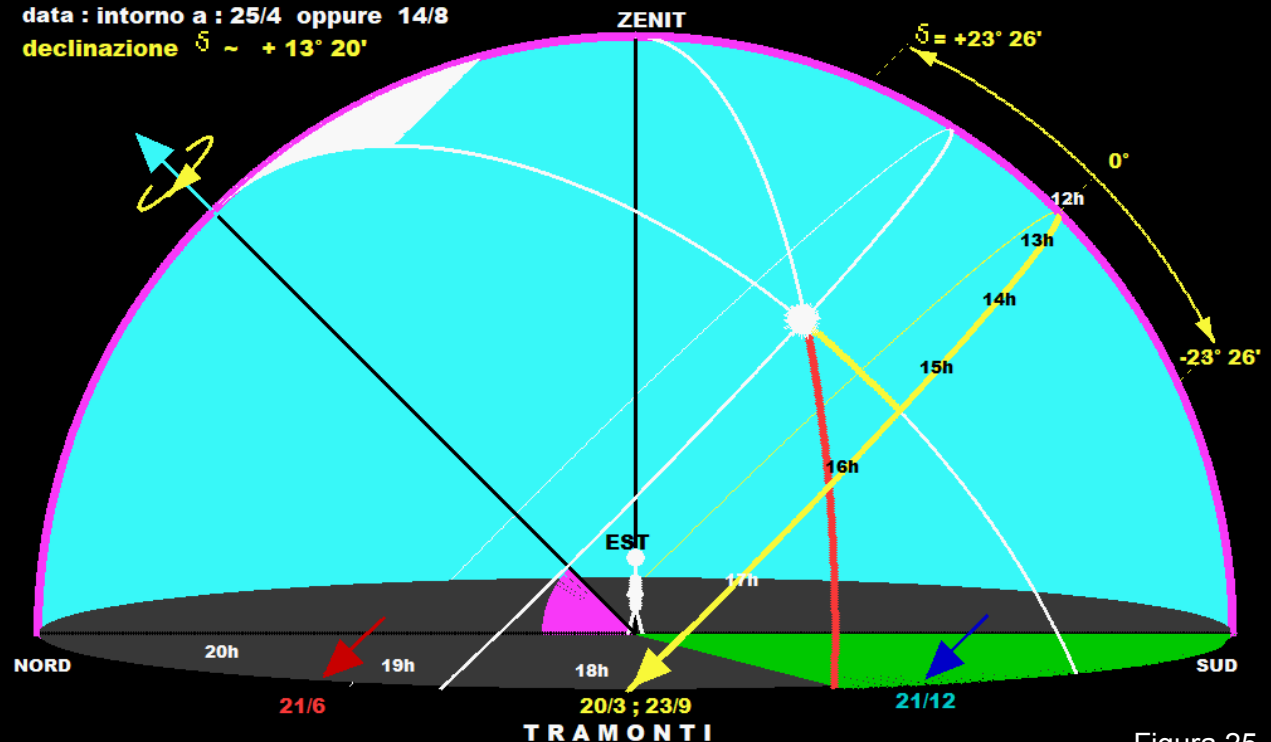


Figura 25

ORA SOLARE LOCALE - LATITUDINE ~ 45° NORD ORE DEL POMERIGGIO - ESEMPI

ora solare :	(1) - 16 h, 40 min	(2) - 15 h, 20 min	(3) - 13 h, 30 min
date :	solstizio estivo	intorno a :20/2 ; 20/10	intorno a :25/4 ; 14/8
declinazione del SOLE	$\delta = +23^\circ 26'$	$-10^\circ 53'$	$+13^\circ 20'$

del SOLE
(distanza angolare dall'equatore celeste)

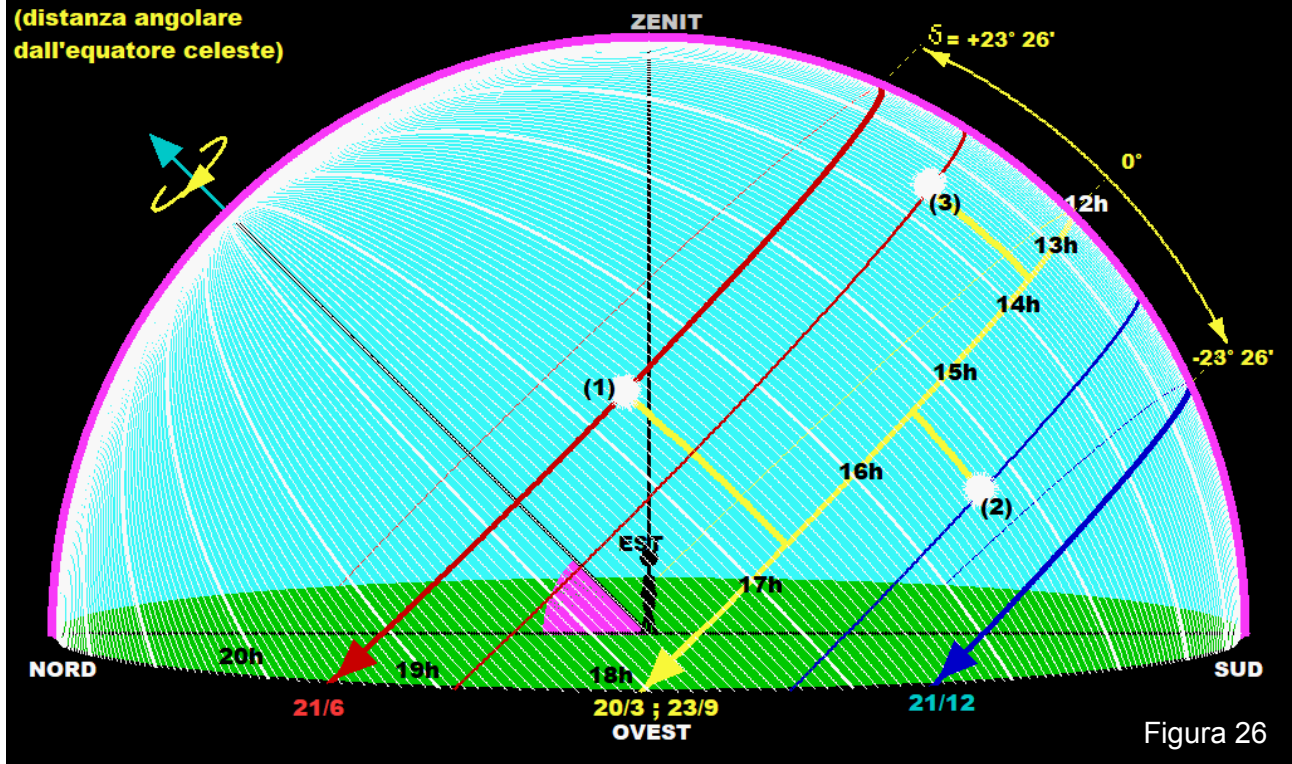


Figura 26



"Giardino del CIELO e del TEMPO" Lac Muffé - Champorcher

GLI OGGETTI

1 - OGGETTO N.1

Dove si trova il nostro sito

Tempo solare locale e tempo convenzionale

Globo terrestre.

Nella figura 27 è rappresentato il globo terrestre con alcuni meridiani e paralleli, il polo Nord geografico e quello magnetico, non coincidenti.

Sono indicati il verso di rotazione terrestre ed il verso in cui vediamo muovere il cielo stellato ed in particolare il Sole.

Gli oggetti del giardino sono orientati secondo la direzione Nord-Sud geografica, cioè secondo il meridiano del posto, quindi l'uso della bussola magnetica da' risultati leggermente diversi.

Chiamiamo **mezzogiorno solare locale** l'istante in cui il Sole culmina, cioè passa in meridiano, raggiunge la massima altezza sull'orizzonte ed è a metà del cammino diurno da Est ad Ovest. L'ombra di un bastone verticale raggiunge la lunghezza minima ed è diretta secondo il meridiano geografico locale, da Sud a Nord.

In tutti i punti di uno stesso meridiano, il mezzogiorno avviene nello stesso momento. Le località più ad Est hanno già vissuto questo momento e quelle ad Ovest non ancora, quindi gli orologi solari, nati per rispondere ad esigenze locali, segnano ore differenti a longitudini diverse.

Su uno stesso meridiano (stessa longitudine), l'altezza del Sole a mezzogiorno e quindi la lunghezza dell'ombra di un bastone verticale, dipendono dalla latitudine e dalla data.

Fino alla fine del secolo XVIII ogni città aveva la propria ora solare mentre gli orologi meccanici, sempre più precisi, dovevano comunque seguire i ritmi del Sole. Gli orologiai regolavano i loro congegni utilizzando le meridiane, soprattutto quelle indicanti solo il mezzogiorno. Gli astronomi ed i geografi facevano riferimento ad un meridiano della propria zona che passasse per un centro importante.

Con lo sviluppo dei sistemi di comunicazione si impone la necessità di usare una stessa ora per tutta una nazione e successivamente la necessità di un regolamento internazionale.

Nel **1884** in una conferenza internazionale a Washington si è deciso di dividere la Terra in 24 spicchi detti "**FUSI ORARI**" di 15 gradi ciascuno, a partire dal fuso "0" centrato sul meridiano passante per la città inglese **Greenwich**. La decisione, molto sofferta per ragioni non scientifiche, non è stata accettata subito da tutte le nazioni. In Italia fu adottata nel 1893, in Francia nel 1911. (L'idea dei fusi era stata dell'italiano Quirino Filopanti nel 1859, "scippata" da S. Fleming).

Ogni fuso ha la stessa ora convenzionale, corrispondente a quella del meridiano di mezzo. Fra un fuso e l'altro si ha la differenza di un'ora.

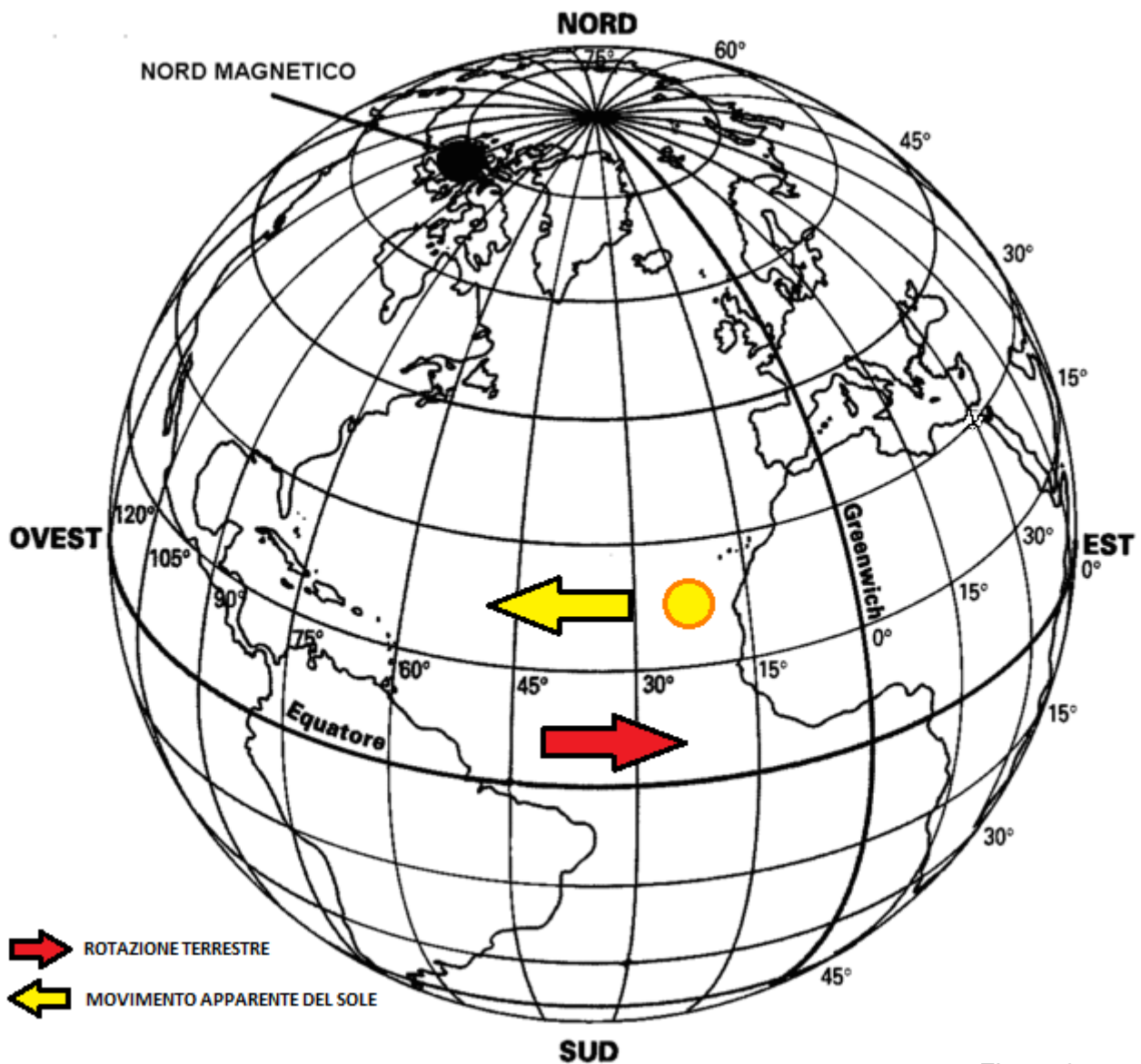


Figura 27

Europa, Italia e Valle d'Aosta (figure 28 e 29)

L'Italia si trova fra 7° e 19° di longitudine EST rispetto il meridiano fondamentale ed il tempo civile è regolato sul meridiano per l'**Etna (o Catania)** di longitudine 15° Est.

Noi ci troviamo a circa 7° 36' Est rispetto Greenwich o, più comodamente a 7° 24' Ovest rispetto l'Etna.

Quindi il Sole culmina al Lago Muffé con un ritardo di circa 30 minuti (29 min e 26 sec), rispetto l'Etna (15° => 1 h, 1° => 4 min, 1'=> 4 sec).

Ad Aosta, 16' ad Ovest rispetto a noi, il Sole culmina con 1 min e 4 sec di ritardo rispetto alla nostra località.



Figura 28

Ogni grado equivale alla differenza di 4 minuti per il tempo locale

Es: a Gressoney il sole culmina 4 minuti prima rispetto al Monte Bianco

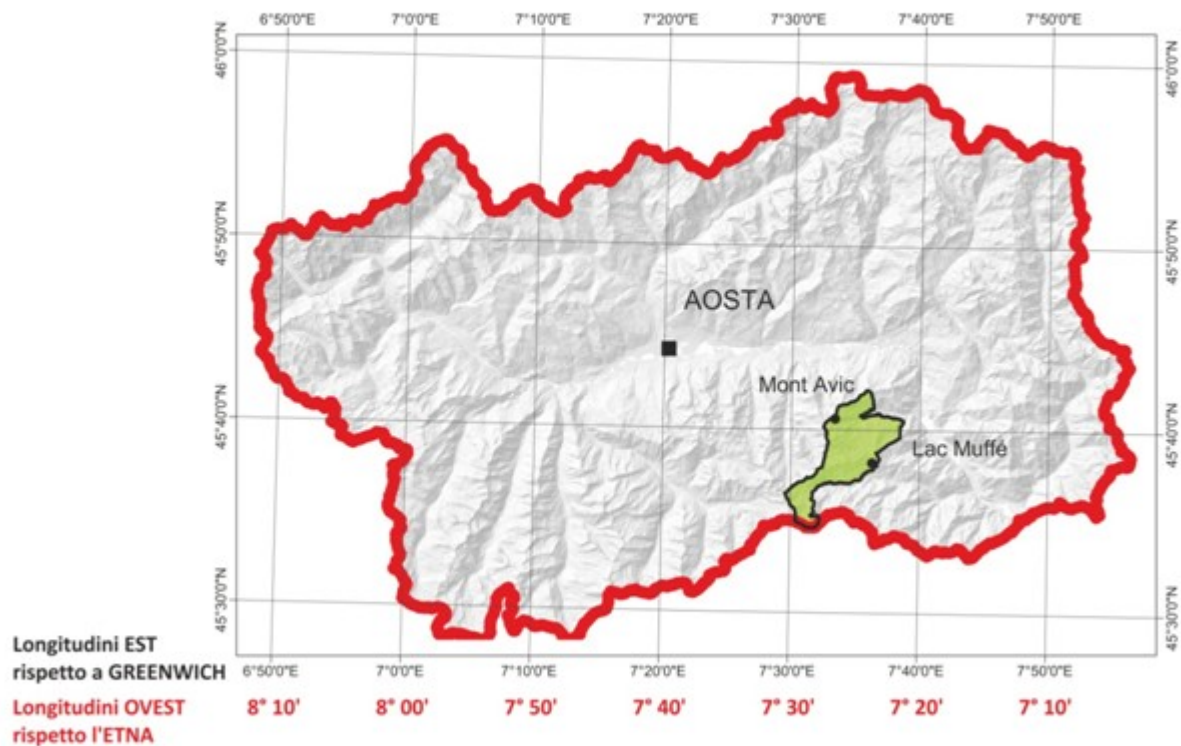


Figura 29

Misura del tempo

Ora solare locale – ora convenzionale

Per sistemare gli eventi nel tempo occorrono unità di misura sia per intervalli brevi che per intervalli lunghi restando nella scala della vita umana.

Gli uomini hanno da sempre avuto a disposizione tre orologi naturali, cioè tre unità elementari per la divisione del tempo: il giorno, il mese lunare e l'anno.

Le suddivisioni in ore, minuti, secondi non vengono dalla natura ma dipendono dai sistemi di numerazione in uso nelle varie civiltà.

Nella civiltà babilonese era diffuso il sistema di numerazione sessagesimale (base 60).

Il fatto di dividere l'ora in 60 minuti ed il minuto in 60 secondi è una eredità di questo sistema.

Questa suddivisione è più che sufficiente per la costruzione e l'utilizzo del Sole e delle ombre per misurare il tempo.

I primi orologi solari che indicavano con grande precisione il mezzogiorno "vero", vennero chiamati meridiane. Il nome venne in seguito usato anche per gli altri orologi solari che indicavano anche le frazioni del giorno.

Anticamente venivano suddivisi in 12 parti eguali sia il periodo di luce che il periodo di buio, ottenendo ore diseguali, dette "temporarie".

Il diffondersi degli orologi meccanici ha prodotto un lento abbandono delle ore disuguali a favore di una suddivisione dell'intero giorno in 24 ore uguali, dette "equinoziali" perché agli equinozi il periodo di luce eguaglia quello di buio.

Altro problema è quello di scegliere l'inizio del computo delle ore.

Il problema è stato risolto in diversi modi:

- **ore italiane:** inizio del giorno al tramonto.
- **ore babiloniche:** inizio del giorno all'alba;
- **ore francesi:** inizio del giorno alla mezzanotte.

Nei primi due casi si tratta di ore **eguali**, ma **mobili** perché durante l'anno variano i momenti dell'alba e del tramonto.

Iniziare il giorno a mezzogiorno, momento più facile da individuare, non è pensabile perché l'ora zero è anche l'ora del cambio data.

Si è diffusa universalmente la scelta della mezzanotte (le ore corrispondenti vengono chiamate ore **moderne o civili**), scelta molto più comoda per la regolazione degli orologi meccanici .

In Italia hanno resistito le ore italiane fino a circa metà del secolo XIX.

Si è già discusso della necessità di un'ora comune per tutta una nazione, che ha portato alla divisione della Terra in 24 spicchi o **fusi**, ciascuno con l'ora del meridiano che dimezza il fuso.

Noi ci troviamo a 7° 24' Ovest rispetto l'Etna, meridiano medio del fuso orario a cui appartiene l'Italia, e sul quale sono regolati i nostri orologi da polso.

Quindi il Sole culmina al Lago Muffé con un ritardo di circa 30 minuti (29 min e 26 sec), rispetto l'Etna (15° => 1 h, 1° => 4 min, 1'=> 4 sec).

Aggiungendo 30 minuti all'ora letta dai dispositivi otteniamo l'ora civile?

L'aggiustamento non è sufficiente.

La **rotazione della Terra su se stessa si può ritenere costante** (non ci turba in questo contesto che la durata della rotazione si allunghi di 1,6 millisecondi per secolo e che vi siano delle oscillazioni irregolari dell'ordine del millesimo di secondo per giorno)

Il GIORNO SOLARE, intervallo di tempo fra due passaggi successivi del Sole su uno stesso meridiano, non è costante ma varia con differenze di pochi secondi al giorno. Queste differenze si sommano di giorno in giorno e producono un EFFETTO CUMULATIVO che può raggiungere 15 minuti da sottrarre o 16 da aggiungere all'ora solare del fuso (ora solare locale corretta per la differenza di longitudine), per ottenere finalmente il tempo "civile" degli orologi .

Questo tempo è scandito da un **SOLE MEDIO (fittizio!)** che cammina con velocità costante sull'equatore celeste, non sull'eclittica.

La differenza fra tempo solare e tempo medio è detta "**EQUAZIONE DEL TEMPO**" e varia da un giorno all'altro.

Le cause di questa irregolarità sono:

- **l'inclinazione dell'asse terrestre rispetto il piano dell'eclittica:** l'angolo orario dal quale determiniamo il tempo è misurato sull'equatore celeste mentre il Sole percorre l'eclittica, che è inclinata rispetto l'equatore.
- **la diversa velocità della Terra lungo l'orbita attorno al Sole e, di conseguenza, la diversa velocità del Sole nel suo moto apparente lungo l'eclittica.**

I minuti da sommare o sottrarre all'ora solare sono normalmente letti da una **tabella** come la seguente oppure da un **grafico cartesiano (figura 30)** oppure ancora dalla **rappresentazione dal grafico a forma di otto detta "analemma" (vedi figura 31).**

data	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1	3	14	12	4	-3	-2	4	6	0	-10	-16	-11
5	5	14	12	3	-3	-2	4	6	-1	-11	-16	-10
10	7	14	10	1	-4	-1	5	5	-3	-13	-16	-7
15	9	14	9	0	-4	0	6	5	-5	-14	-15	-5
20	11	14	8	-1	-4	1	6	3	-6	-15	-14	-3
25	12	13	6	-2	-3	2	6	2	-8	-16	-13	0
30	13		5	-3	-3	3	6	1	-10	-16	-12	2

Esistono artifici geometrici per fare in modo che gli orologi solari mostrino l'ora convenzionale, però le meridiane sono strumenti nati quando per sopravvivere era importante **rispettare i ritmi della natura legati necessariamente ad un determinato luogo** .

*Non bisogna dimenticare che la **data ufficiale di pensionamento degli orologi solari** è in realtà il 1925, quando è entrato in funzione il segnale orario della R.A.I.*

*Fino ad allora sono stati usati per regolare gli orologi meccanici delle stazioni ferroviarie e dei campanili: non si facevano coincidere le ore, ma si dava all'orologio meccanico il **giusto scarto dall'ora locale, segnata in modo esatto dalla meridiana.***

Anche se in pensione le meridiane possono ancora dare molte soddisfazioni a chi le studia e anche a chi come turista piace immergersi nella natura e seguire i suoi ritmi.

Per chi desiderasse comunque **conciliare l'ora segnata dall'ombra dello stilo sul quadrante ed il proprio orologio** sono proposti alcuni esempi usando la tabella precedente dell'equazione del tempo, ridotta ad alcuni giorni di ogni mese e approssimata al minuto. Si assume per semplicità una differenza di 30 minuti dovuta alla diversità di longitudine rispetto l'Etna .

Es. 1- Ora letta dall'ombra 11; data 12 / 1; consultando la tabella, si può prendere 8 come numero di minuti da sommare Ora dell'orologio = 11 h + 30m (differenza di longitudine)+ 8 m (equazione del tempo) = 11 h 38 m

ES. 2- Ora letta dall'ombra 11 ; data 27 / 9 che corrisponde a circa 9 m da sottrarre

Ora dell'orologio = 11 h +30m – 9 m + 1h (orario estivo) =12 h 21 m

La differenza da usare per **"correggere"** le meridiane è al massimo dell'ordine del quarto d'ora in più o in meno.

Già l'astronomo Tolomeo (II° secolo d.C.) per riuscire a predire in modo efficace le posizioni del Sole e dei pianeti aveva fatto ricorso ad un Sole medio, che corre in modo uniforme lungo l'equatore celeste.

Ci sono conseguenze osservabili della equazione del tempo?

Per gli appassionati di "gnomonica" (misura del tempo con il Sole) è importante la comprensione del fenomeno ed è interessante eseguire delle foto del Sole alla stessa ora civile, distanziate di una decina di giorni: si ottiene una figura a forma di otto detta "analemma" (figura 32). **Il disegno dell'analemma al posto delle linee orarie è una delle strategie per adattare gli orologi solari al tempo convenzionale.**

Per gli altri mortali l'equazione del tempo si fa sentire al passaggio ad un anno nuovo. Tutti si aspettano che il 21 dicembre sia il giorno più corto e **questo è vero ma la sensazione è diversa**. Dopo il solstizio invernale per qualche giorno oltre l'inizio anno, al mattino la levata del Sole continua a ritardare e questo è notato (forse per l'entusiasmo di andare al lavoro), molto di più che non il ritardo leggermente maggiore del tramonto, per cui il periodo di luce pare diminuire.

"EQUAZIONE DEL TEMPO" : MINUTI DA AGGIUNGERE O TOGLIERE ALL' ORA SOLARE

ORA SOLARE VERA + 29,5 MINUTI (differenza di LONGITUDINE rispetto il meridiano dell'ETNA) +
 + EQUAZIONE DEL TEMPO + 1 ora nel periodo estivo → ORA MEDIA DEGLI OROLOGI

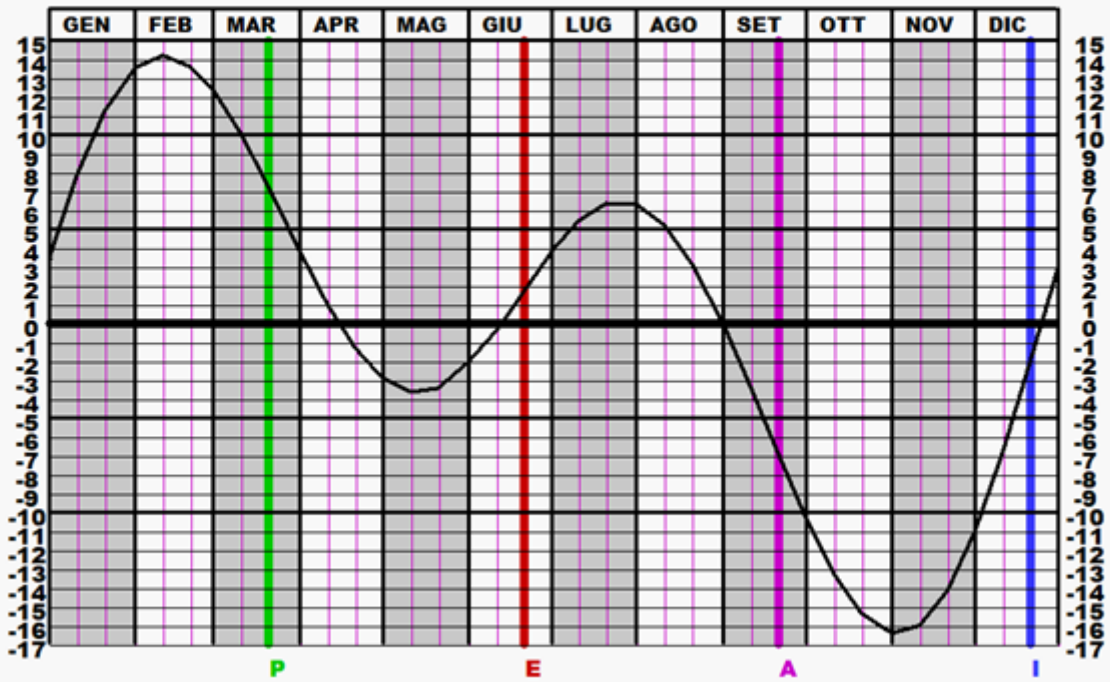


Figura 30

"ANALEMMA" : rappresentazione dell' "EQUAZIONE DEL TEMPO"

esempio : per il 10/ 3 : +10 minuti

La linea verticale centrale è il **MEZZOGIORNO LOCALE SOLARE**.
 La linea a forma di "otto" è il **SOLE MEDIO LOCALE** (ora dell'orologio riportata al meridiano del luogo).
 In orizzontale sono riportati i minuti di **ANTICIPO** o di **RITARDO** del **SOLE VERO** rispetto al **SOLE MEDIO**.
N.B.: nel disegno, più a destra equivale ad essere in anticipo.

La differenza è nulla nei giorni 15/4, 13/6, 1/9, 25/12

Sono indicati i giorni di inizio di ogni mese

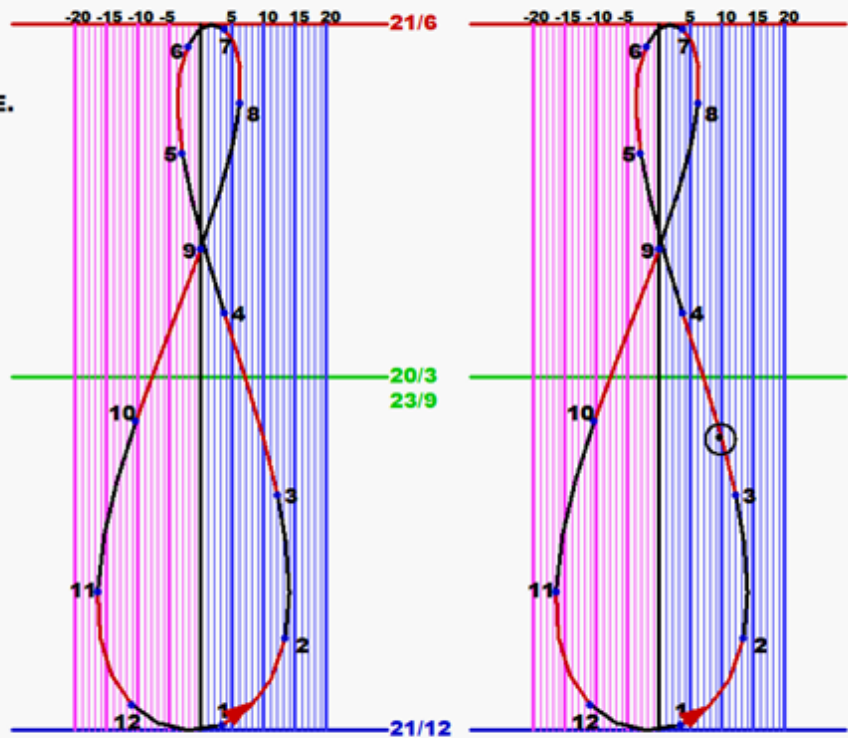


Figura 31

SOLE a MEZZOGIORNO dell'ORA MEDIA DEL FUSO (ora civile)

traiettorie apparenti del SOLE : -solstizio estivo- -equinozi- -solstizio invernale

MERIDIANO LOCALE : posizione del SOLE a MEZZOGIORNO LOCALE VERO

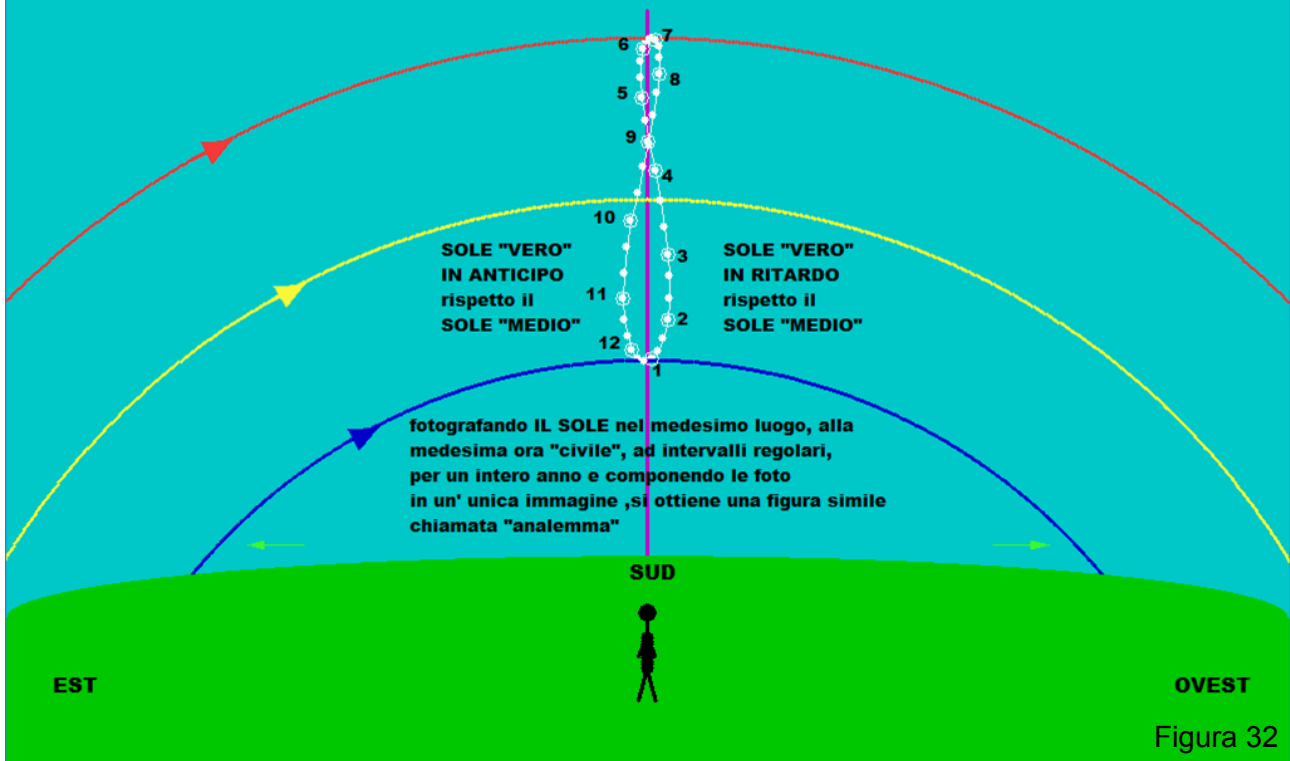


Figura 32

2 - OGGETTO N.2

Volta celeste locale

La **figura 33** mostra i cammini del Sole visti da un osservatore rivolto verso Sud, intervallati di 10 giorni.

La **figura 34** rappresenta un orizzonte piatto verso EST, con i punti di levata del Sole, sempre intervallati di 10 giorni. Per l'orizzonte Ovest si presenterebbe una situazione analoga per i punti di tramonto.

Con questo principio sono stati costruiti in passato dei siti con funzione di calendario, materializzando le direzioni con delle pietre verticali, in funzione di "mire" per un osservatore al centro del sito.

In molti casi si ricorreva al profilo delle montagne, sia come **orologio solare** che come **calendario**. Molte vette in tutto l'arco alpino hanno nomi che richiamano questa funzione.

Nella **figura 35** sono rappresentati con vista prospettica, i **cammini del Sole** ai solstizi e agli equinozi, con le **ombre** di un bastone verticale, il **meridiano celeste locale**, la **linea meridiana** sul terreno e i **punti di levata e di tramonto** del Sole, immaginando un **orizzonte piatto**.

L'**oggetto N 2** sintetizza le informazioni dei 3 disegni: gli archi di metallo rappresentano i **cammini diurni del Sole ai solstizi ed agli equinozi** e l'arco rivolto verso Sud rappresenta il **meridiano celeste locale**, che passa per lo **Zenit** ed il polo Nord astronomico, visibile alle nostre latitudini.

La linea Nord-Sud rappresenta il meridiano terrestre locale: linea immaginaria sul terreno. La direzione del Sud geografico è anche segnata sulla foto delle montagne lontane.

L'osservatore deve immaginarsi al centro della "rosa dei venti".

E' rappresentata la direzione verso il polo Nord astronomico (stella polare), con una asta parallela all'asse di rotazione terrestre : l'angolo che essa forma col piano orizzontale è eguale alla **latitudine** del luogo.

Sono segnati i **punti di levata e tramonto del sole**, per un orizzonte piatto, intervallati di 10 giorni. Va notato come questi punti siano ravvicinati ai solstizi e diradati in prossimità degli equinozi.



**"PENDOLO" ANNUALE DEL PUNTO DI LEVATA DEL SOLE
SU UN ORIZZONTE PIATTO AD INTERVALLI DI 10 GIORNI
DAL SOLSTIZIO DI INVERNO, AL SOLSTIZIO D'ESTATE E RITORNO.**

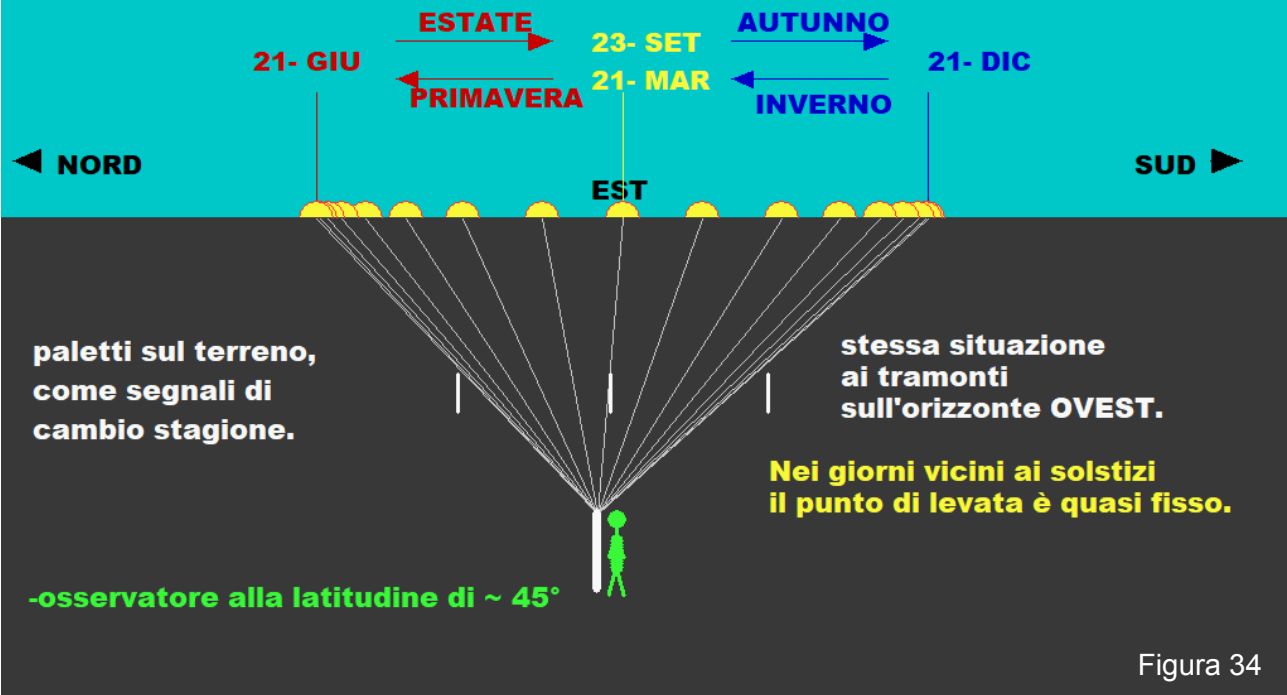


Figura 34

**CAMMINI DIURNI DEL SOLE E CULMINAZIONE = MEZZOGIORNO SOLARE LOCALE
= altezza massima sull'orizzonte locale = lunghezza minima delle ombre
- EQUINOZI(=equatore celeste) - SOLSTIZIO ESTIVO - SOLSTIZIO INVERNALE
per latitudine ~ 45°**

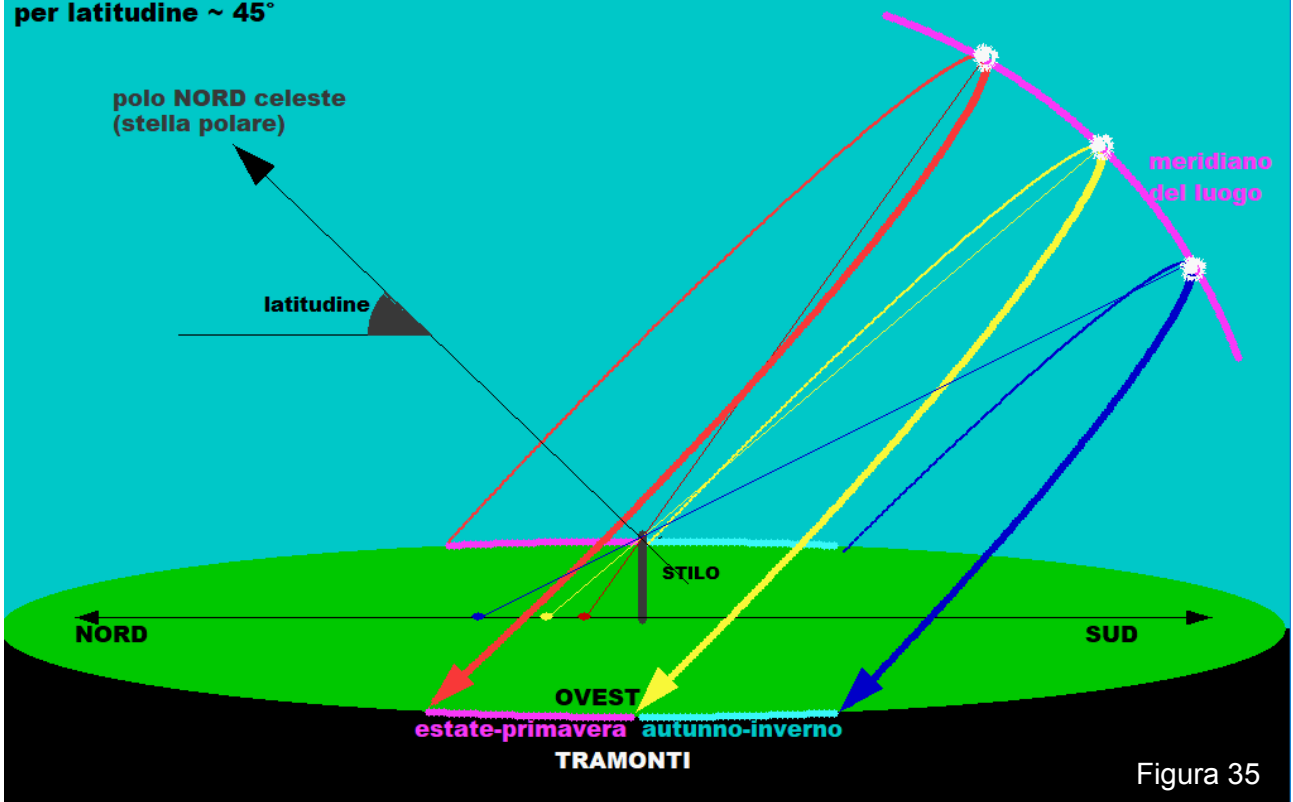


Figura 35

3 - OGGETTO N. 3 Foro “Gnomonico”

Sulla piastra verticale orientata (perpendicolare alla linea Nord-Sud) è praticato un piccolo foro (*figure 36-37*) .

Quando il Sole raggiunge la massima altezza al **mezzogiorno vero locale**, filtra un raggio di luce che forma un dischetto luminoso sulla linea orizzontale Nord-Sud, parallela al meridiano locale.

L'oggetto come orologio **segnala solo il mezzogiorno** ma la posizione del dischetto luminoso può funzionare da **calendario** .

La linea che intercetta il raggio di sole è detta linea **meridiana** e questo nome è stato adottato per indicare in generale gli orologi solari.

A causa dell'**inclinazione dell'asse terrestre rispetto l'eclittica**, l'altezza del Sole a mezzogiorno varia in base alla data e di conseguenza anche la sua immagine sulla linea varia, spostandosi da Nord (solstizio d'inverno) a Sud (solstizio d'estate) e ritorno.

Sono segnate accanto alla linea meridiana le posizioni corrispondenti all'inizio di ogni mese, ai solstizi ed equinozi. Ad ogni posizione del dischetto luminoso al mezzogiorno vero locale corrispondono due possibili date .

Questo oggetto rappresenta in piccolo ciò che è stato realizzato in molte cattedrali, ad esempio:

Santa Maria del Fiore a Firenze (Toscanelli -1468, foro a 90 metri di altezza);

San Petronio a Bologna (Cassini – lunga 68 metri);

Santa Maria degli Angeli a Roma (1702 – usata fino al 1846 per regolare gli orologi meccanici).

Con questi strumenti, detti anche **meridiane a camera oscura**, sono stati calcolati con notevole precisione i **tempi intercorrenti fra i solstizi ed equinozi** e quindi la **durata delle stagioni**, dell'**anno tropico** (tempo fra due eventi dello stesso tipo), l'**obliquità dell'asse terrestre rispetto all'eclittica**.

CULMINAZIONE DEL SOLE, ogni 10 giorni, latitudine circa 45° NORD

SOLSTIZIO D' INVERNO --> EQUINOZIO DI PRIMAVERA --> SOLSTIZIO D'ESTATE

Foro gnomonico e linea meridiana , utilizzi immediati :

- segnare esattamente il **MEZZOGIORNO LOCALE** (orologio solare)
- segnare l'inizio esatto delle stagioni e date intermedie (calendario)

Le immagini del SOLE sulla linea meridiana sono piu' vicine in prossimita' dei solstizi (21/6 e 21/12)



Figura 36

FORO "GNOMONICO", LINEA MERIDIANA E CALENDARIO : nei giorni sereni il raggio di luce proveniente dal "foro gnomonico" segna sul pavimento il MEZZOGIORNO SOLARE

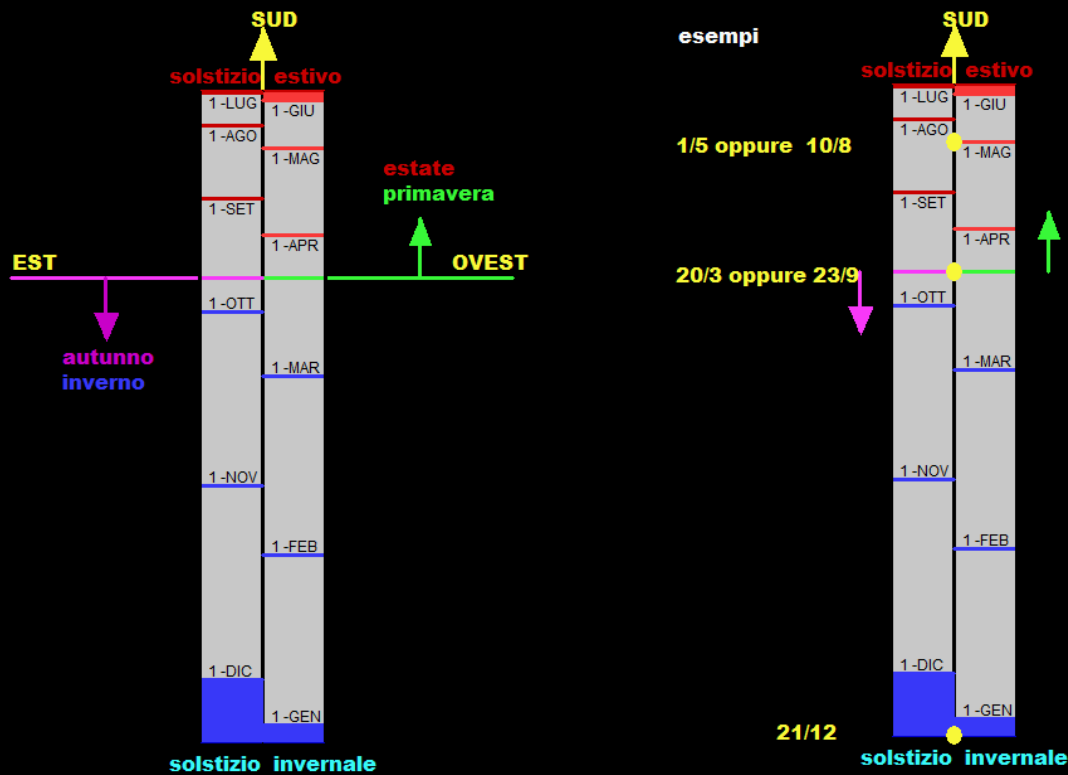


Figura 37

4 – MAPPAMONDO ORIENTATO - OGGETTO N.4

Generalità sui mappamondi orientati con l'asse parallelo all'asse di rotazione terrestre ed il punto più alto corrispondente alla posizione dell'osservatore.

Normalmente i mappamondi hanno l'asse inclinato di 23° rispetto il piano di appoggio e questo ne limita l'uso per la spiegazione a scuola dell'alternarsi delle stagioni.

Orientato correttamente, in dipendenza dal luogo in cui si opera, esposto al sole è una miniera di informazioni: è come osservare la Terra dall'esterno, mantenendosi paralleli alla direzione originale del luogo di partenza!!.

Consente una comprensione migliore del movimento apparente del SOLE come lo vediamo noi e come lo vedono gli abitanti di altre regioni e della relazione fra la **longitudine** e la **misura del tempo**.

Osservando la posizione dell'ombra si può sapere in quali luoghi il Sole **tramonta**, in quali **sorge**, dove **culmina (mezzogiorno locale)**.

Si osserva la diversa durata del periodo di luce alle varie latitudini.

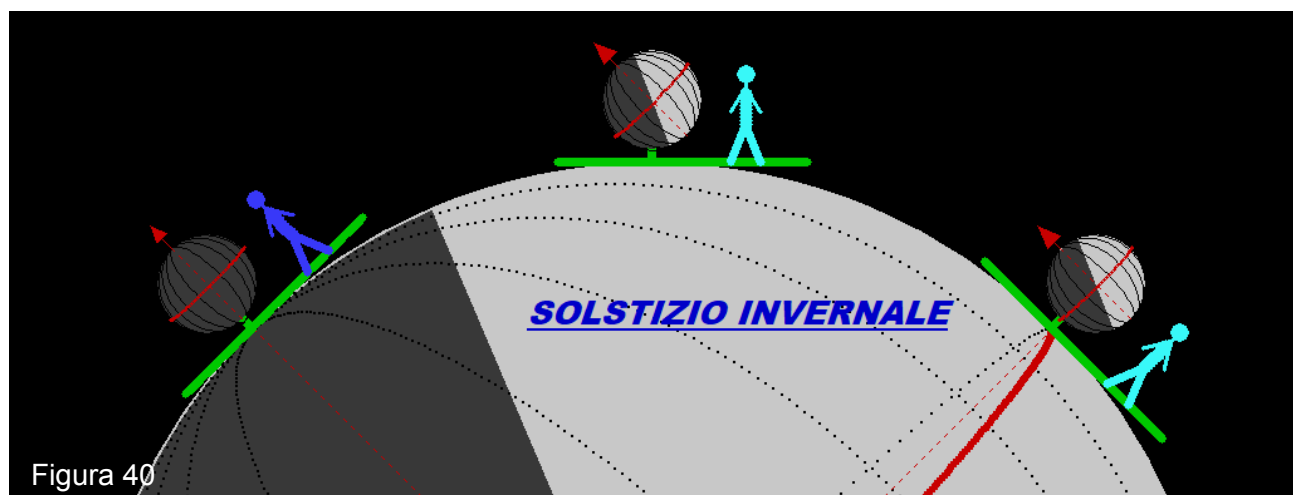
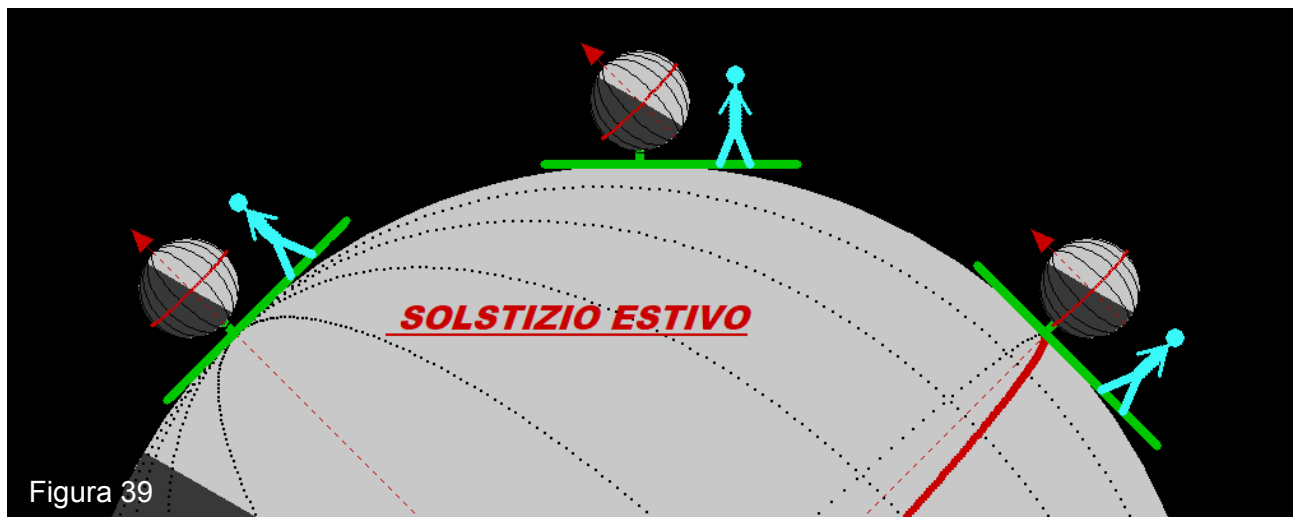
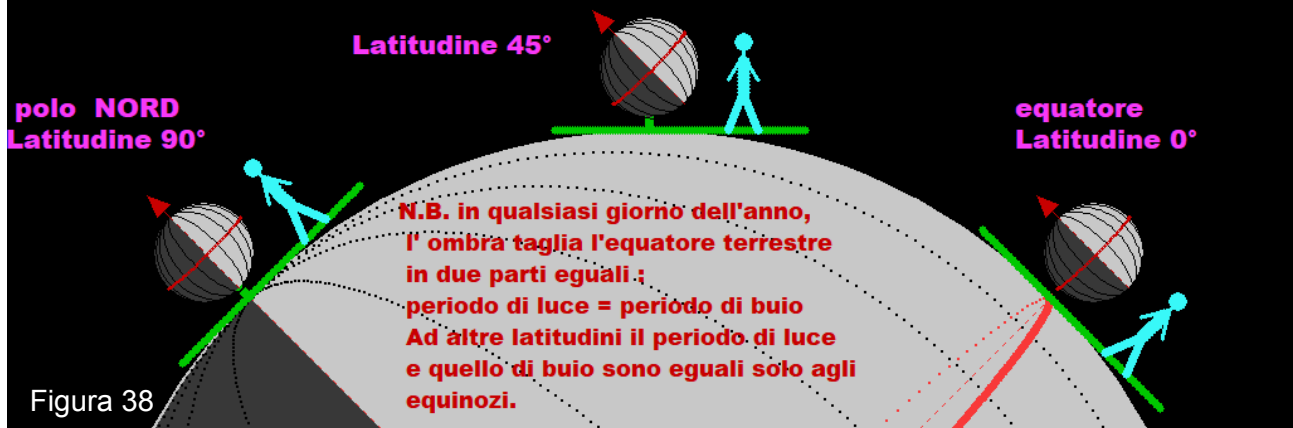
Si può avere una idea della **stagione attuale** osservando l'ombra rispetto ai poli:

- se i raggi del Sole privilegiano il polo Nord (lasciando al buio il polo Sud) siamo nel semestre che va dalla primavera all'autunno.
- se i raggi del Sole privilegiano il polo Sud (lasciando al buio il polo Nord) siamo nel semestre che va dall'autunno alla primavera successiva.
- se i raggi del sole illuminano in modo radente i due poli siamo in prossimità degli equinozi.
- Gli abitanti dell'emisfero Sud sperimentano le stagioni opposte.

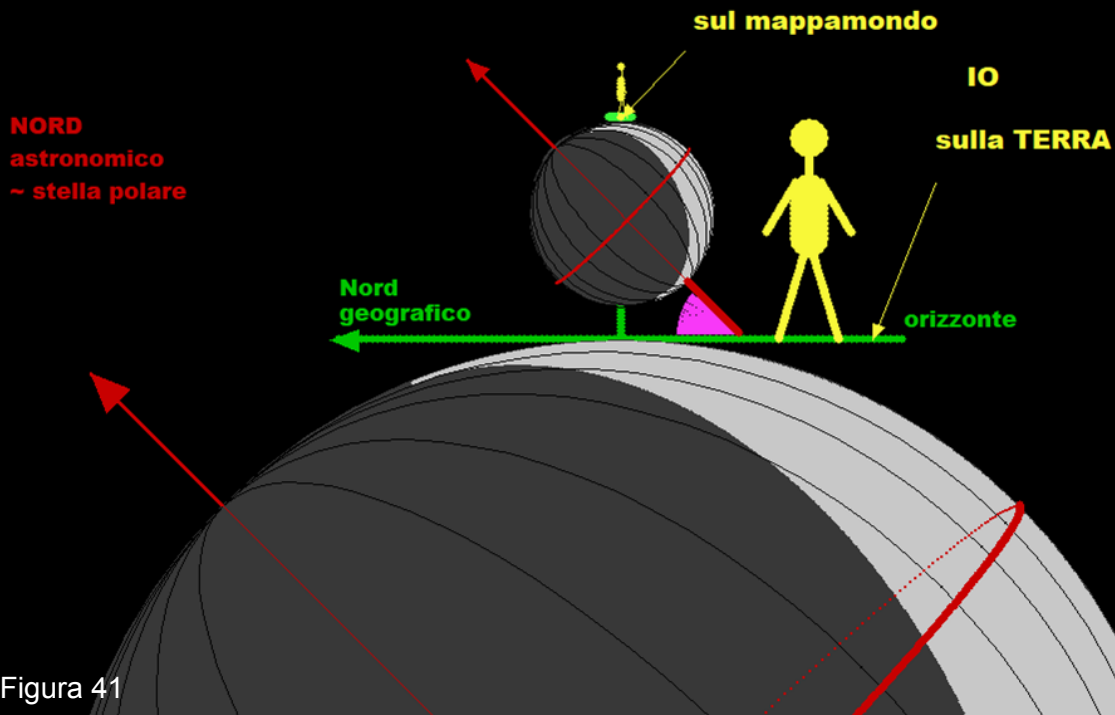
I disegni delle **figure 38-39-40** rappresentano mappamondi esposti al Sole a mezzogiorno, uno al polo Nord, uno alla nostra latitudine ed uno all'equatore, su uno stesso meridiano, agli equinozi e ai solstizi.

Le **figure 41-42-43** riguardano la nostra latitudine nelle date degli equinozi e dei solstizi, in un'ora del mattino.

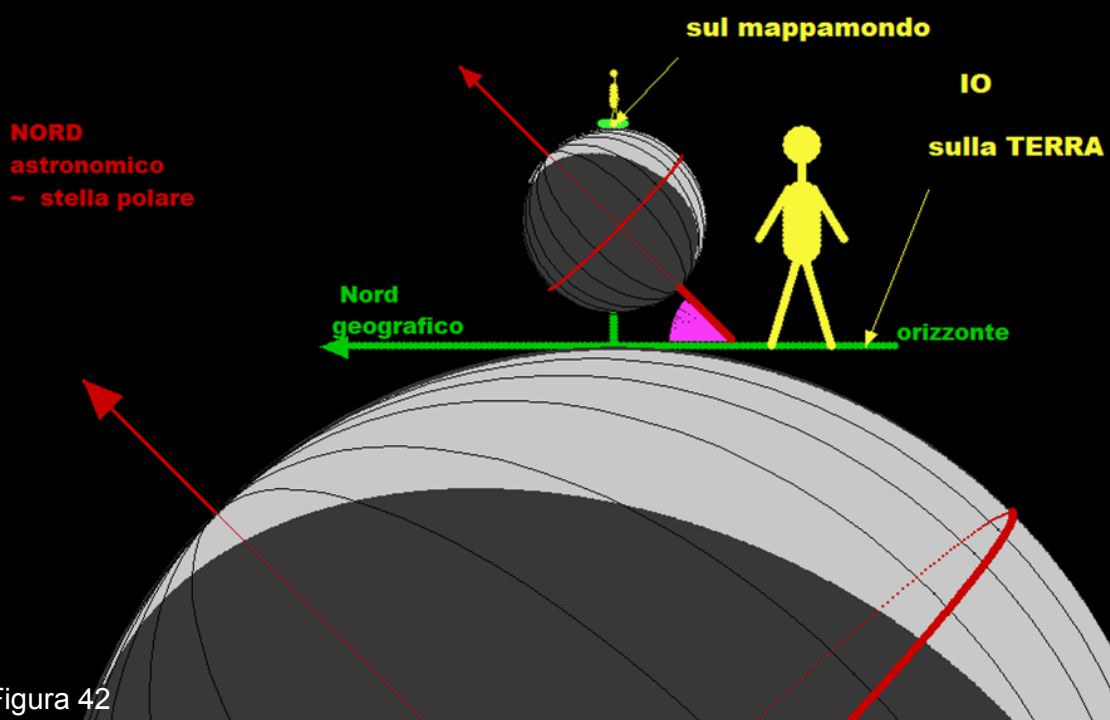
**MAPPAMONDI orientati secondo l' asse terrestre, esposti al SOLE
a mezzogiorno --EQUINOZIO DI PRIMAVERA O AUTUNNO**



MAPPAMONDO orientato con l'asse parallelo all'asse terrestre, esposto al SOLE , al solstizio invernale , alla latitudine 45° NORD



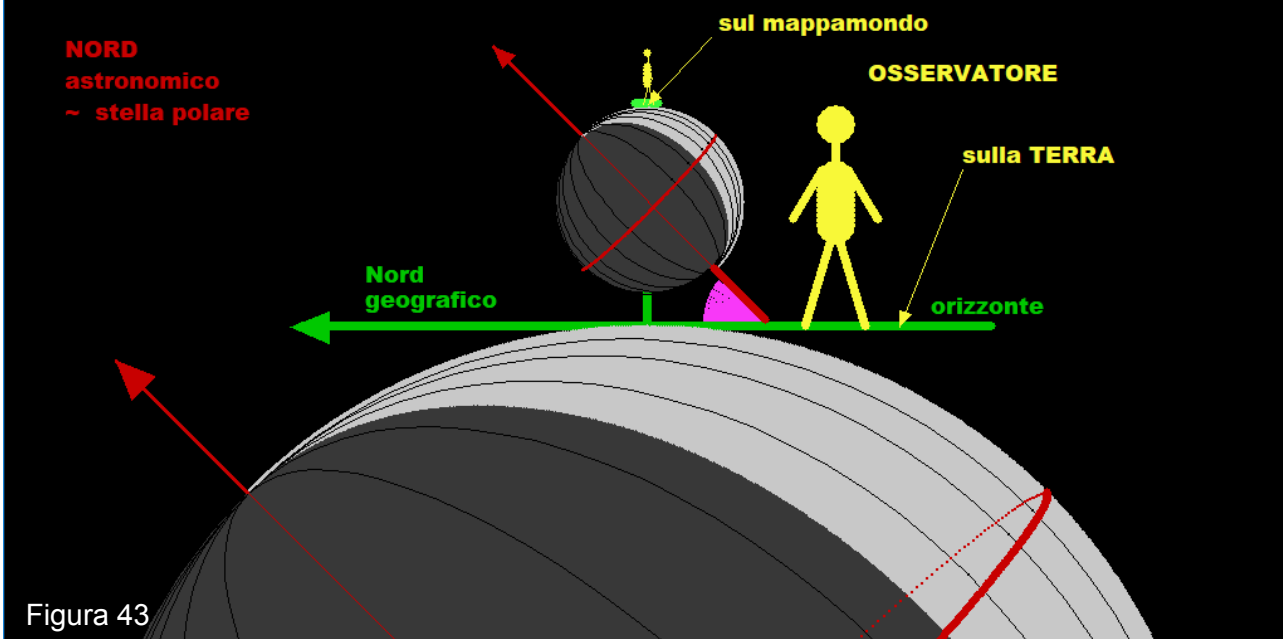
MAPPAMONDO orientato con l'asse parallelo all'asse terrestre esposto la SOLE , al sostizio estivo , alla latitudine 45° NORD



MAPPAMONDO con l'asse parallelo all'asse terrestre, esposto al SOLE ad uno degli equinozi , alla latitudine 45° NORD

!!! L'immagine sul mappamondo del luogo di osservazione deve trovarsi nel punto più alto!!

L'osservatore vede una immagine rimpicciolita della Terra



Oggetto n.4

Mappamondo orientato come orologio solare

Il mappamondo orientato può funzionare da orologio solare utilizzando la fascia equatoriale con le "tacche" orarie da Est ad Ovest, ogni 15° di longitudine (una per ogni ora, dalle 1 alle 24), con il meridiano del luogo corrispondente alle 12.

L'ombra taglia sempre l'equatore in due parti uguali. Cioè all'equatore il periodo di illuminazione solare è eguale al periodo di ombra in qualsiasi giorno dell'anno, trascurando l'effetto della rifrazione atmosferica, che allunga sensibilmente il periodo di luce.

Per ottenere l'ORA SOLARE LOCALE si legge il numero dove l'ombra incrocia la fascia equatoriale, dalla parte più comoda. Se è superiore a 12 si sottrae 6, se è inferiore a 12 si somma 6.

L'oggetto per funzionare correttamente come orologio solare richiederebbe dimensioni molto maggiori, resta comunque un valido modello didattico.

I due esempi delle **figure 44-45** riguardano la lettura di una stessa ora solare, osservando il mappamondo una volta con le spalle rivolte verso Ovest e l'altra verso Est.

N.B. Se nel cielo è visibile anche la Luna, vale la pena paragonare la fase lunare con l'illuminazione che il mappamondo riceve dal Sole.

MAPPAMONDO "ORIENTATO" come OROLOGIO SOLARE

LATITUDINE ~ 45° nord -- visto con le spalle a OVEST !! :

osservare dove l'ombra taglia l'EQUATORE

EQUINOZIO (20/3 oppure 23/9)

-ORA SOLARE =
numero letto - 6 =
16 - 6 = 10

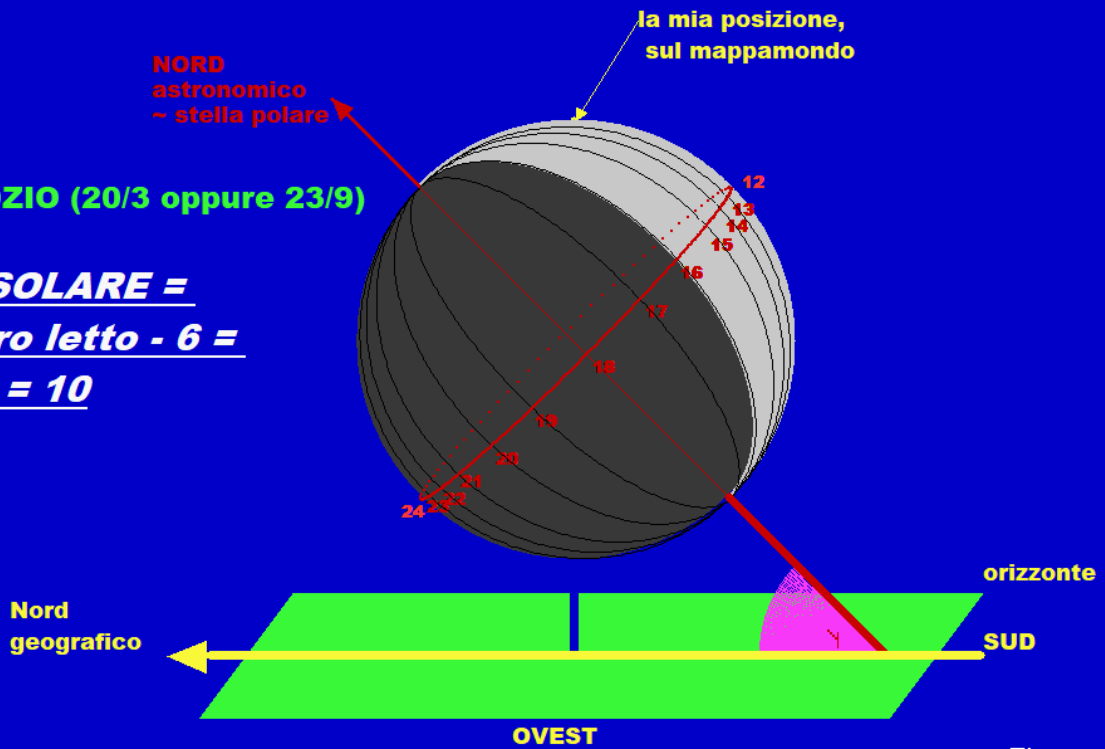


Figura 44

MAPPAMONDO "ORIENTATO" come OROLOGIO SOLARE

LATITUDINE ~ 45° nord --- visto con le spalle ad EST !!

osservare dove l'ombra taglia l'EQUATORE

EQUINOZIO (20/3 oppure 23/9)

-ORA SOLARE =
numero letto + 6 =
4 + 6 = 10

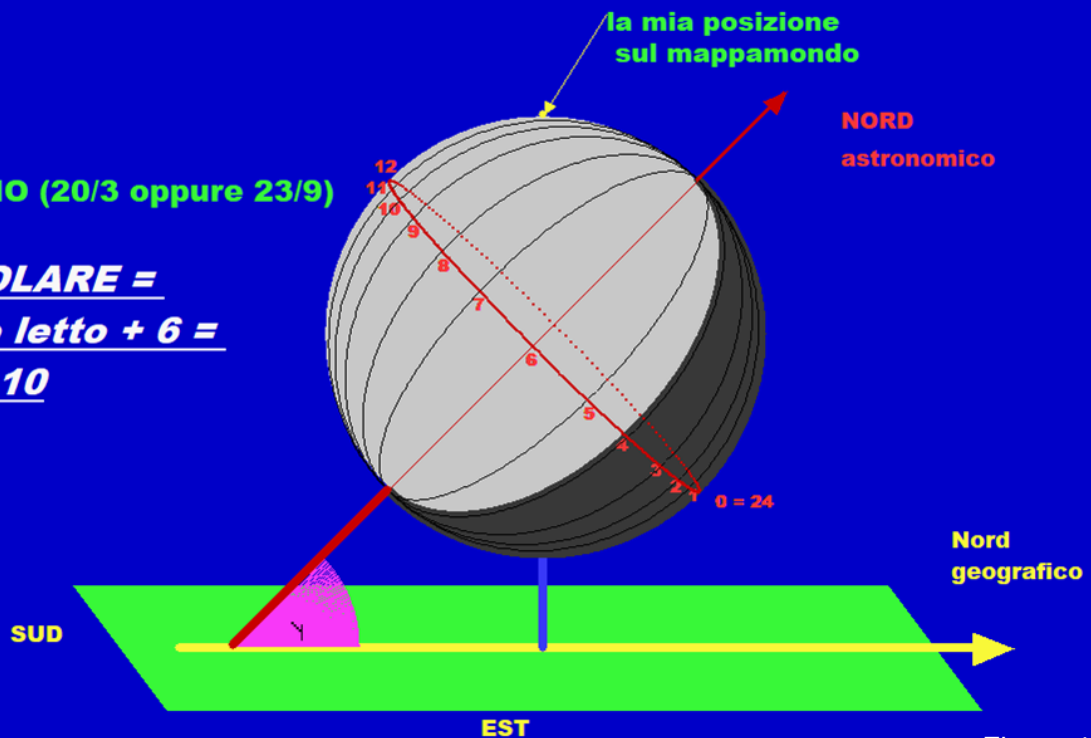


Figura 45

5 – OROLOGIO SOLARE EQUATORIALE - OGGETTO N. 5

Si tratta di un dispositivo a forma di parallelepipedo coricato, con due facce **parallele all'equatore celeste**, una illuminata dall'equinozio primaverile a quello autunnale ed una illuminata nel periodo invernale (**figura 46**).

Ciascuna faccia possiede nel centro uno stilo perpendicolare, quindi **parallelo all'asse terrestre**.

Sulle due facce sono segnati dei **raggi distanziati di 15°**, corrispondenti alla rotazione della Terra in un'ora.

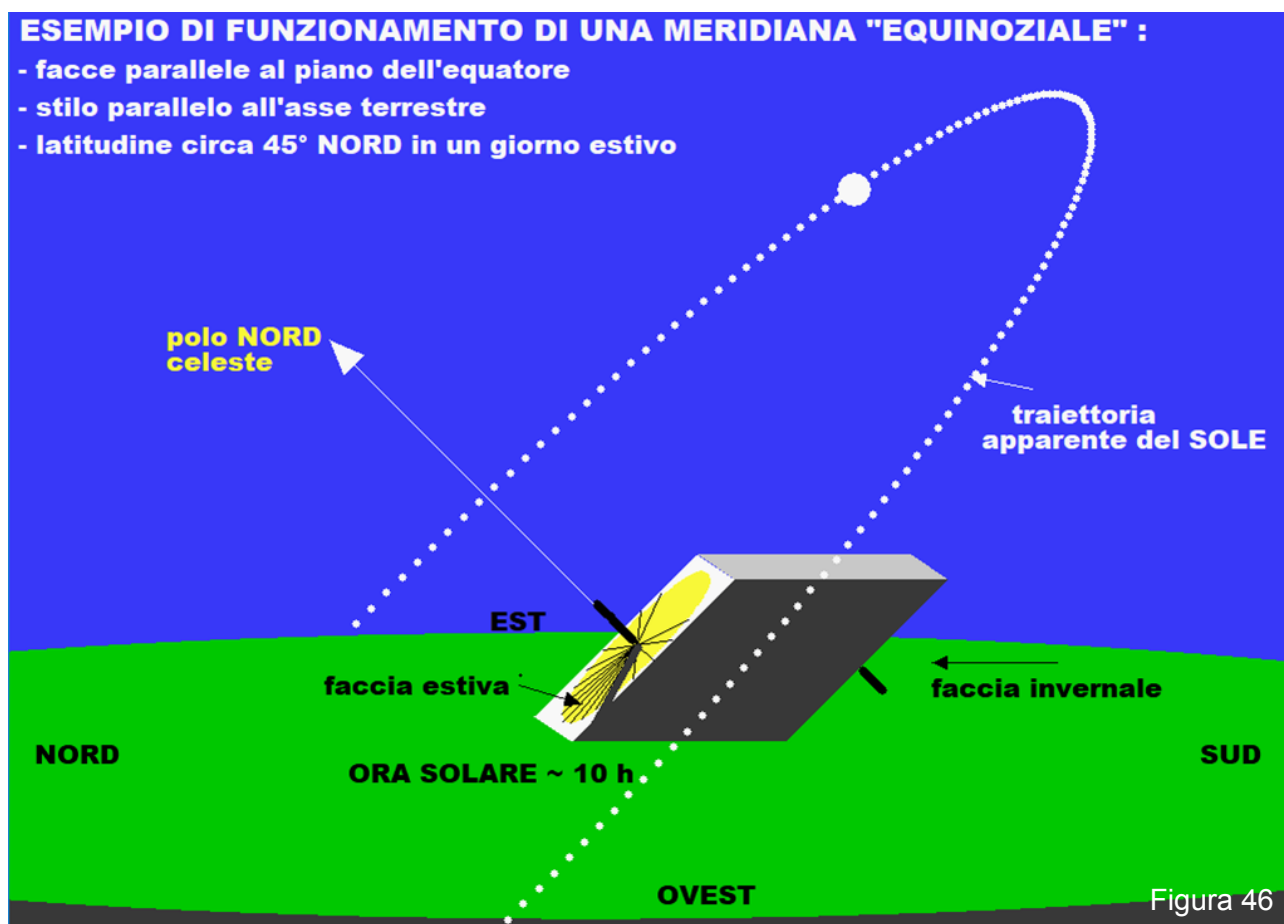
L'ombra dello stilo sulla faccia illuminata permette di leggere l'**ora vera solare**.

La **faccia estiva rappresenta la situazione al polo NORD**, dove si vedrebbe il Sole girare sopra l'orizzonte in senso orario.

La **faccia invernale rappresenta la situazione al polo SUD**, dove si vedrebbe il Sole girare sopra l'orizzonte in senso antiorario.

L'ombra si sposta in senso opposto rispetto al Sole.

Nei giorni di equinozio le due facce sono illuminate solo con luce radente, quindi non utilizzabili per leggere l'ora.



6 – OROLOGI SOLARI PIANI - OGGETTO N.6 (meridiane classiche)

Si è già visto come l'ombra di un bastone verticale oppure il raggio luminoso proveniente da un foro ad una certa altezza possano fornire una quantità di informazioni: passaggio del Sole in meridiano locale, date dei solstizi ed equinozi, durata dell'anno (intervallo fra due eventi dello stesso tipo), ecc..

Si considera ora la possibilità di **intercettare con l'ombra le frazioni del giorno.**

Orologio solare orizzontale.

Nella **figura 47** sono rappresentati i cammini del Sole agli equinozi e ai solstizi ed i cammini della estremità dell'ombra di un bastone verticale sul terreno.

Le linee descritte dalla estremità dell'ombra sono dette **linee diurne**. La linea descritta agli equinozi è una retta, percorsa da Ovest ad Est, intersezione con l'orizzonte del piano dell'equatore celeste, le altre linee diurne sono tratti di **iperboli**, comprese fra le due estreme corrispondenti ai solstizi.

Sono mostrati tre esempi di legame fra Sole ed ombra sul terreno.

La costruzione di un orologio solare non si risolve piantando un bastone verticale e osservando per un giorno il progredire dell'ombra al passare delle ore. La fatica fatta durerebbe solo pochi giorni e la situazione andrebbe lentamente alla deriva.

Gli esempi della figura 48 mostrano che la lunghezza e la direzione dell'ombra, a parità di ora, cambiano in funzione della data di osservazione. Solo al mezzogiorno solare l'ombra al variare della data cambia in lunghezza ma conserva sempre la stessa direzione Sud-Nord.

A causa di questa variazione delle direzioni al trascorrere dei giorni, per la suddivisione in ore fa fede **solo l'estremità dell'ombra.**

Le estremità delle ombre, per una medesima ora, sono allineate e convergono tutte ad un medesimo punto, indipendente dalla data.

*E' attribuito agli astronomi arabi la scoperta dei vantaggi di uno stilo posizionato in questo punto ed orientato secondo l'asse terrestre, cioè di uno **stilo "polare"**.*

Con lo stilo polare non solo l'estremità dell'ombra ma tutta l'ombra è utilizzata per segnare le ore e la direzione dell'ombra è la stessa per una medesima ora per tutto l'anno.

Orologio solare verticale.

Discorso analogo si può fare con un orologio disegnato su una **parete verticale**.

Con lo stilo perpendicolare alla parete (equivalente al bastone verticale del caso precedente), si avrebbero gli stessi difetti, per cui è decisamente conveniente lo stilo polare.

Per le meridiane verticali occorre precisare un parametro in più: l'orientamento della parete rispetto al Sud (**declinazione** della parete). Nel caso nostro la faccia verticale è rivolta esattamente a Sud, quindi questo angolo è zero.

Gli orologi solari su pareti verticali sono i più comuni, su campanili, facciate delle chiese o uffici pubblici o su case private. Sono sempre accompagnati da motti. Spesso si trovano assieme ad orologi meccanici, che prima della diffusione di segnali radio, dovevano essere regolati quasi giornalmente in base all'ora solare.

CAMMINI DEL SOLE E DELL'ESTREMITA' DELL'OMBRA DI UN BASTONE
- SOLSTIZIO ESTIVO - EQUINOZI - SOLSTIZIO INVERNALE
 SOLE E OMBRE IN TRE DATE MERIDIANO CELESTE LOCALE

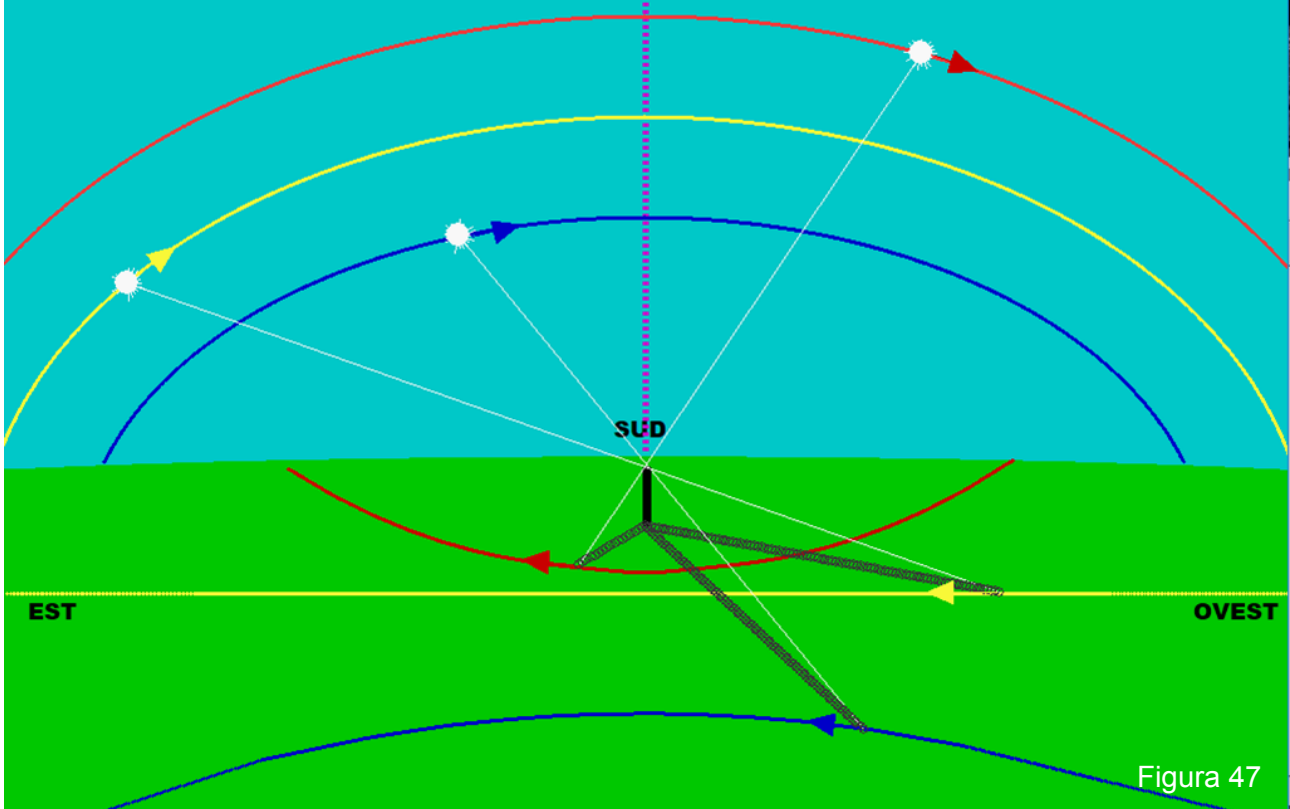


Figura 47

OMBRA DI UN BASTONE VERTICALE ("gnomone" o "stilo")
AD UNA STESSA ORE IN DATE DIVERSE per latitudine Nord ~ 45 °
 linee diurne : --equinoziale --solstizio estivo --solstizio invernale

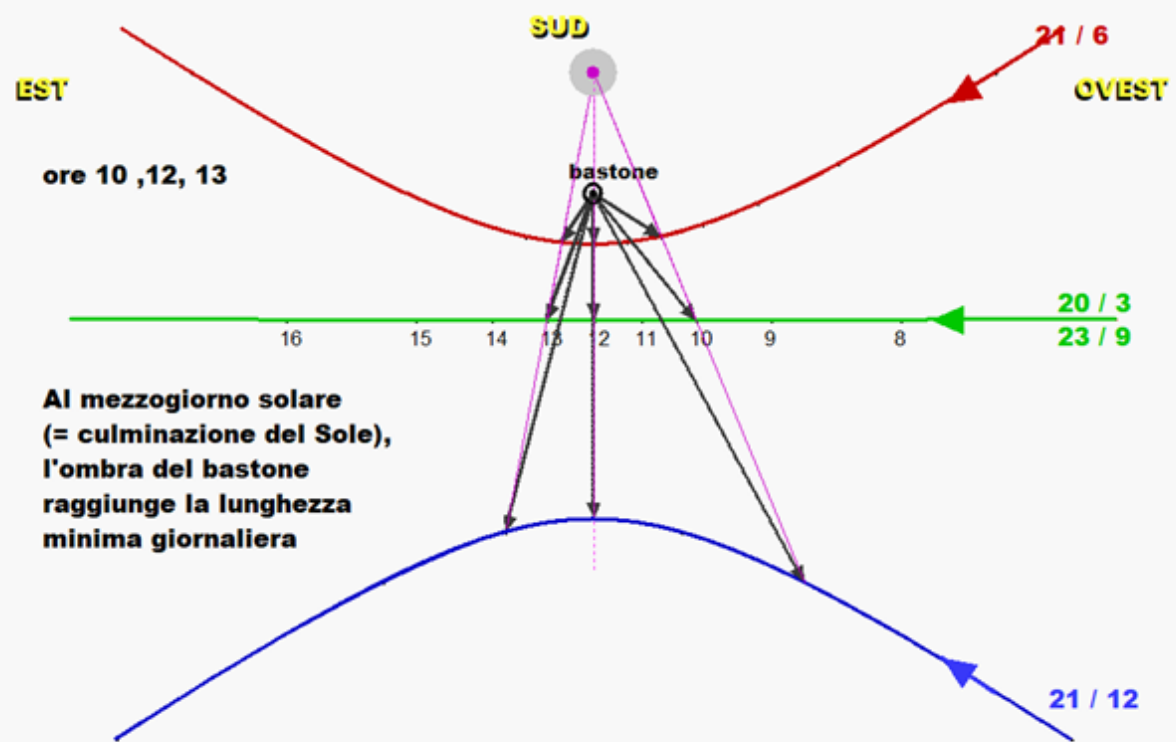


Figura 48

Oggetto n.6

Cubo con 4 meridiane a stilo polare

- **orizzontale** sulla faccia superiore;
- **verticale con faccia a Sud**;
- **verticale rivolta verso Est** (fruibile al mattino);
- **verticale rivolta verso Ovest** (fruibile nel pomeriggio).

Sulla faccia verso **Nord** sono richiamate le istruzioni per la conversione dell'**ora solare locale** all'**ora media convenzionale dell'orologio da polso**. Come orologio solare sarebbe illuminata e quindi utilizzabile nel semestre estivo solo di primo mattino dopo l'alba e poco prima del tramonto e solo in caso di orizzonte piatto, quindi non in questa località.

Per ragioni di robustezza, nell'orologio orizzontale e in quello rivolto a Sud lo **stilo polare** è sostituito dal lato obliquo di una piastrina a forma di triangolo rettangolo e nelle facce Est ed Ovest da una piastrina rettangolare.

In un orologio solare piano sono importanti le linee orarie su cui si posiziona l'ombra dello stilo, essenziali per leggere l'ora, e le linee diurne, percorse dall'estremità dell'ombra in un giorno.

Queste ultime se sono presenti hanno funzione di calendario. Spesso sono disegnate solo le linee diurne riguardanti i solstizi e la retta riguardante gli equinozi.

La **figura 49** rappresenta la meridiana orizzontale con linee orarie marcate per ogni ora e linee più leggere per le mezze ore. Le linee diurne marcate per i solstizi ed equinozi ed alcune linee diurne per date intermedie.

Nella **figura 50** è rappresentato un esempio.

Sulla faccia verticale sono indicate solo le ore normali intere e le **ore "italiche"**, che corrispondono ad una suddivisione del giorno in 24 parti uguali, **ma con inizio del conteggio delle ore dal tramonto**.

Si tratta di **ore mobili** perché l'ora del tramonto dipende dalla data. La differenza fra 24 e l'ora letta in corrispondenza della **punta dell'ombra** dice quante ore mancano al tramonto, informazione che si rivelava utile per il viandante o per chi lavorando voleva ritagliarsi il tempo per un ritorno a casa con la luce.

Sulla meridiana anziché l'ora italica è indicata col segno negativo questa differenza. Le ore normali non sono indicate ma si possono ricavare pensando al movimento del Sole.

N.B. Per le ore italiche si utilizza solo l'estremità dell'ombra.

Nella **figura 51** si leggono esempi di lettura dell'ora normale e delle ore mancanti al tramonto.

Sulla meridiana orizzontale e su quella verticale sono anche indicati due **motti** non di tipo minaccioso.

Sulle facce Est ed Ovest del cubo sono disegnate solo le linee orarie e sono evidenziati il movimento del Sole, lo spostamento in direzione opposta dell'ombra, il parallelismo fra lo stilo e l'asse terrestre e l'angolo che lo stilo forma col piano orizzontale, eguale alla latitudine del luogo.

La **figura 52** rappresenta la faccia Est

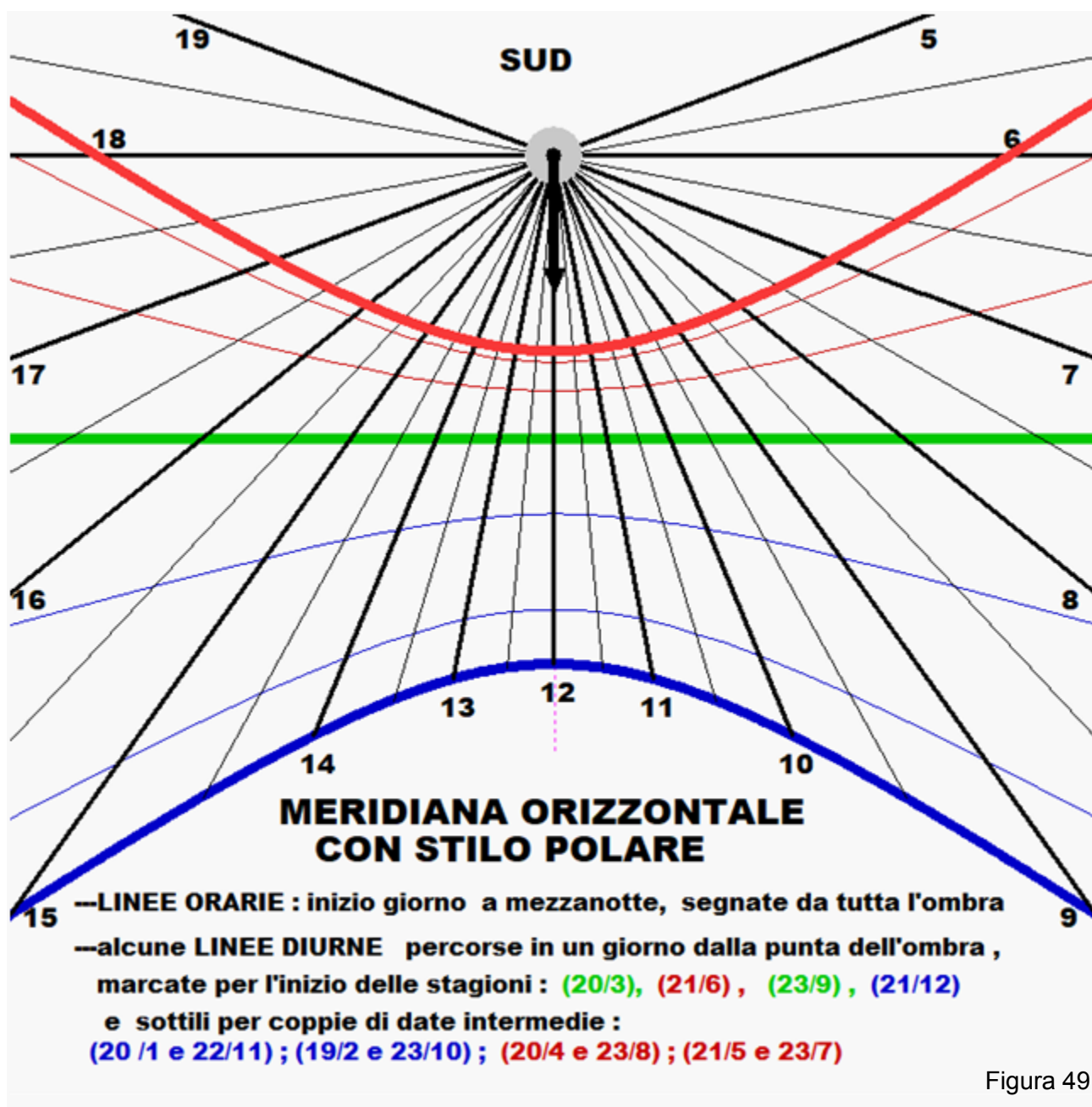


Figura 49

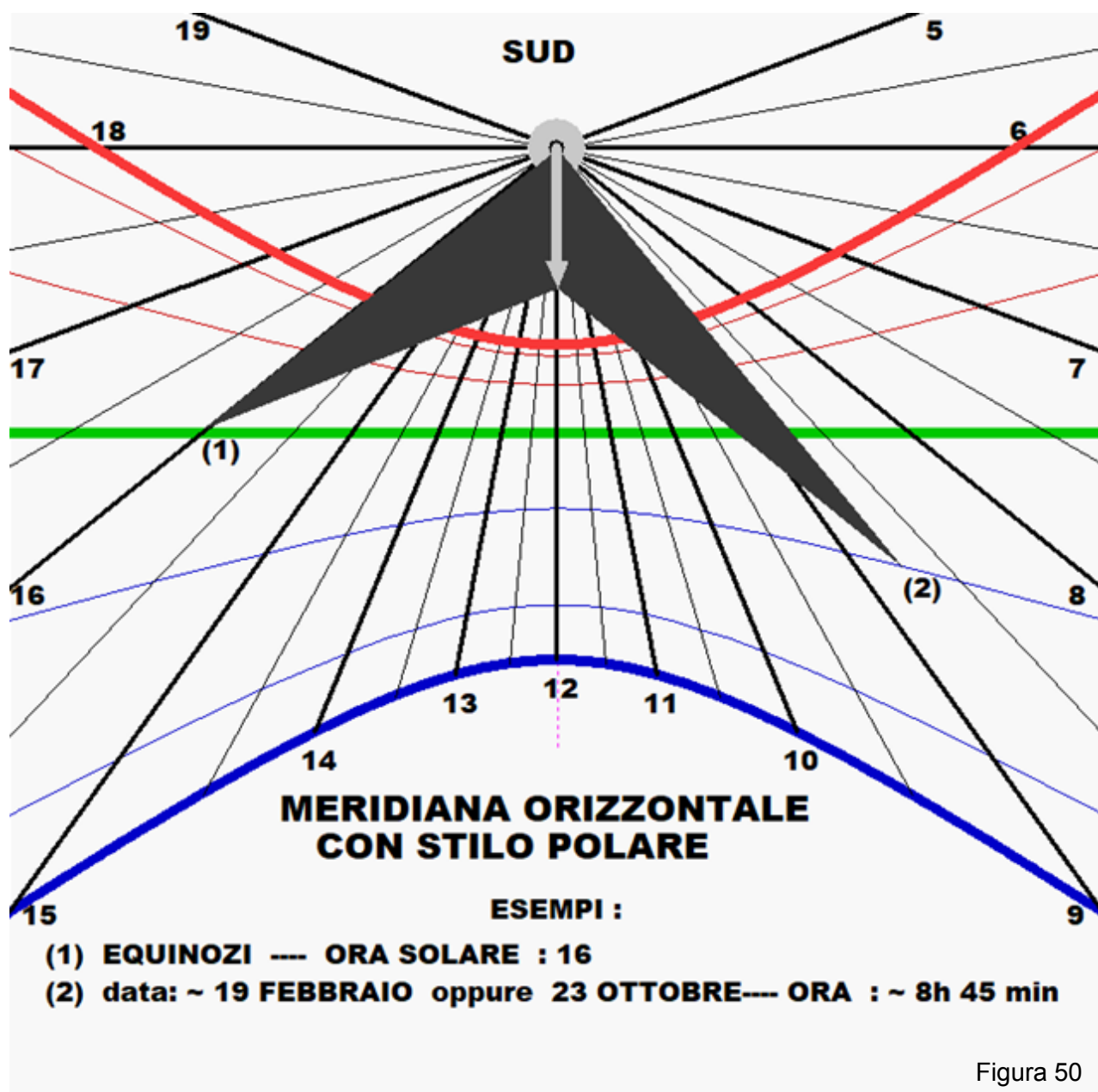
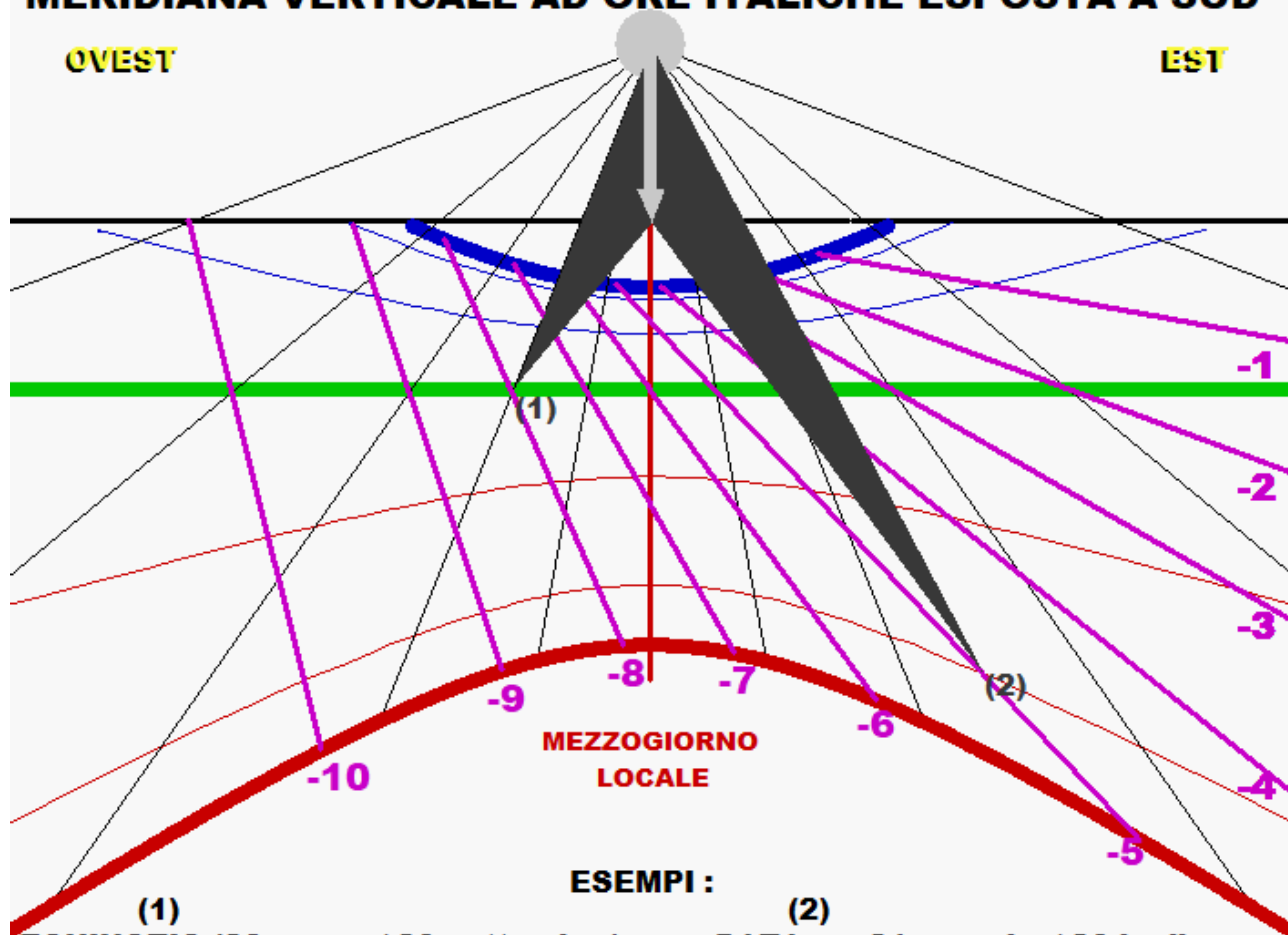


Figura 50

MERIDIANA VERTICALE AD ORE ITALICHE ESPOSTA A SUD

OVEST

EST



MEZZOGIORNO
LOCALE

ESEMPI :

(1)

EQUINOZIO (20 marzo / 23 settembre)

- ora solare vera : 10

- **8 ORE AL TRAMONTO**

(2)

DATA : ~ 21 maggio / 23 luglio

- ora solare vera : ~14h 30 min

- **5 ORE AL TRAMONTO**

AGLI EQUINOZI : ORE MANCANTI AL TRAMONTO = 24 - ORA SOLARE

Figura 51

BUON MATTINO !

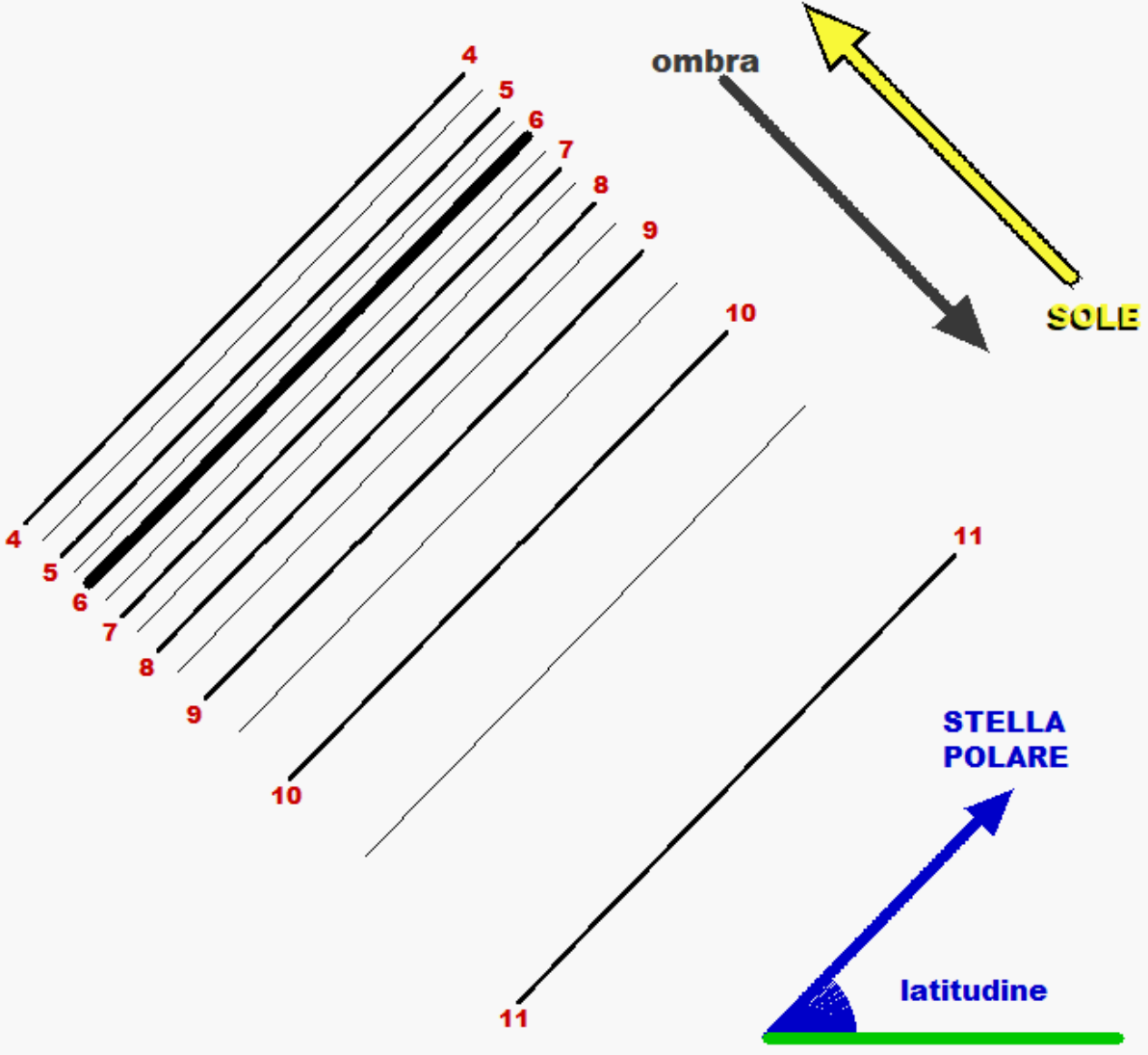


Figura 52

7 – OROLOGI SOLARI PARTICOLARI

Oggetto n.7 - Meridiana interattiva ad anello mobile

L'anello che può ruotare attorno ad un **asse parallelo a quello terrestre**, presenta un **foro** in corrispondenza dell'equatore e nella parte interna opposta una serie di "tacche" per le declinazioni del Sole all'inizio di ogni mese e ai solstizi ed equinozi.

La **declinazione** del Sole (coordinata sulla volta celeste che corrisponde alla **latitudine** sulla terra) dipende dalla data e determina quindi la posizione del punto luminoso sull'anello interno. La declinazione varia da $-23,43^\circ$ (sotto l'equatore celeste) al solstizio invernale, a $+23,43^\circ$ al solstizio estivo; quindi il cammino diurno del Sole, salvo ai "capolinea", passa due volte per le posizioni intermedie.

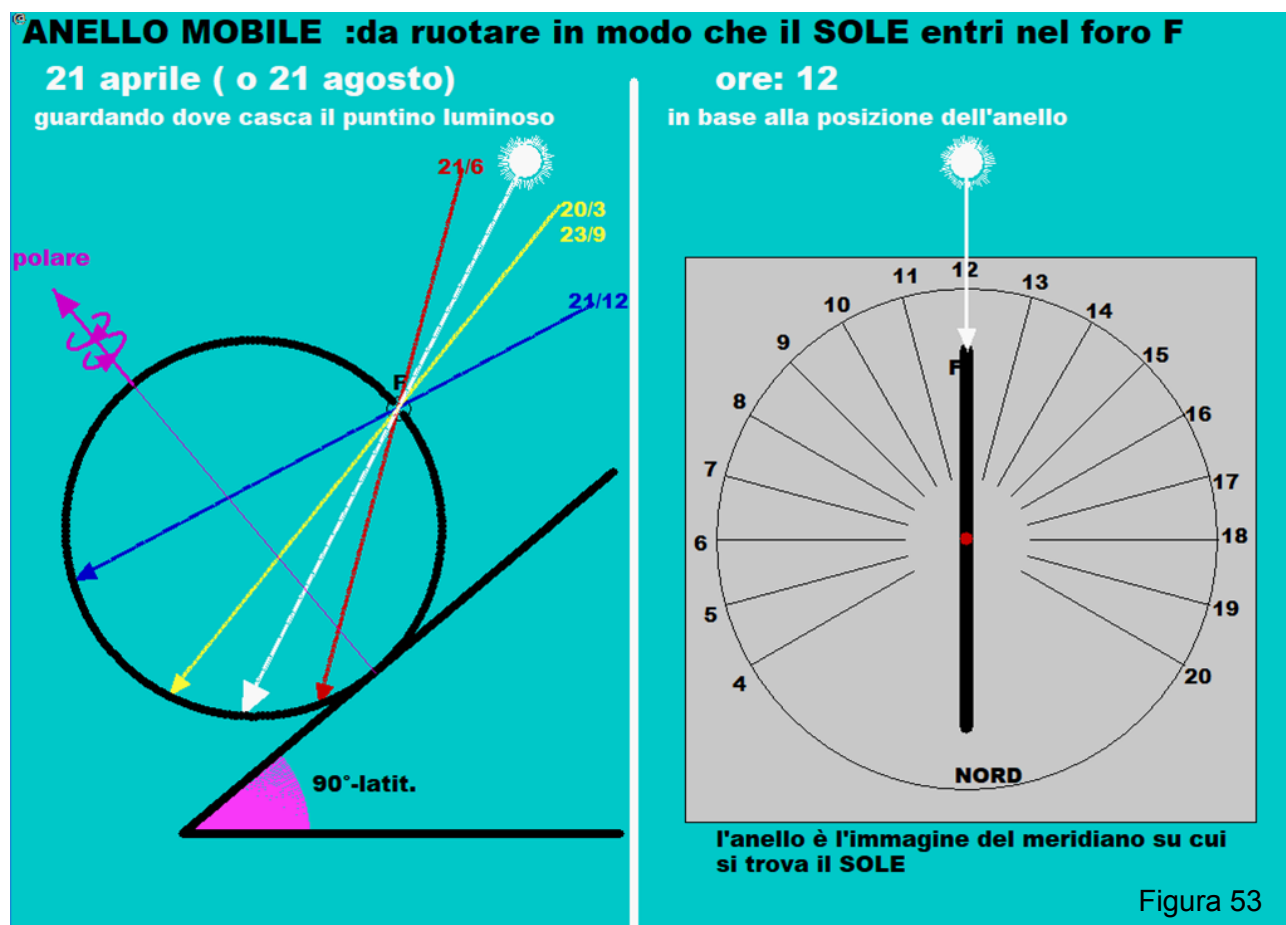
Per leggere l'**ora solare** e avere una idea della **data**:

ruotare l'anello in modo che la luce del Sole arrivi sulla metà interna dell'anello, così questo diventa una **immagine del meridiano celeste che passa per il Sole**.

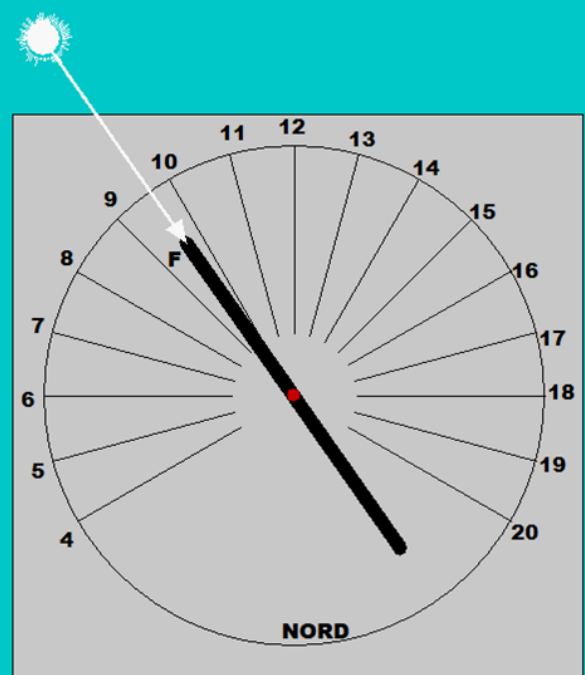
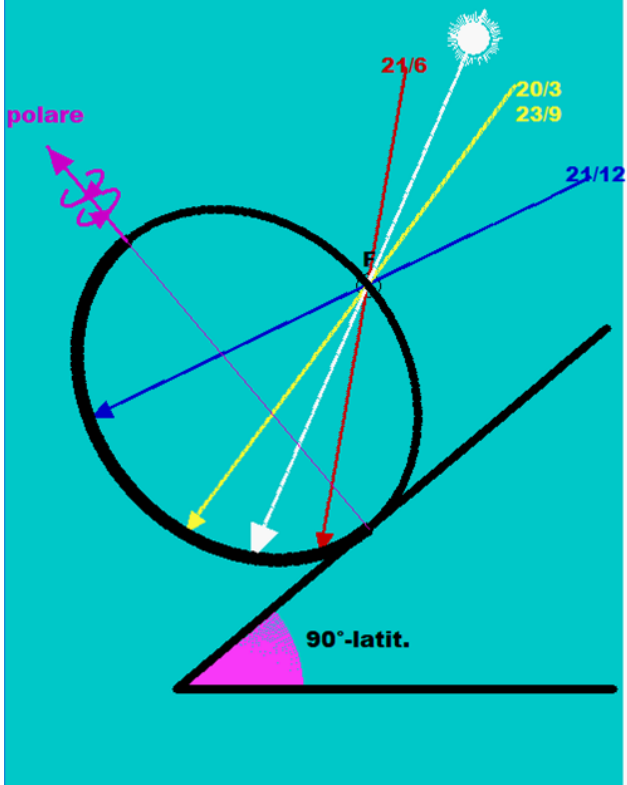
L'**angolo dell'anello** rispetto alla linea nord-sud non è altro che l' **ANGOLO ORARIO del SOLE** e ci indica l'ora solare locale.

Il **piccolo cerchio di luce** sulla parte interna dell'anello ci indica in modo approssimato due possibili date.

Sono disegnati due esempi di funzionamento del dispositivo nelle **figure 53, 54**



ANELLO MOBILE :da ruotare in modo che il **SOLE** entri nel foro **F**
21 aprile (o 21 agosto)
 guardando dove casca il puntino luminoso
ore: 9h, 45min
 in base alla rotazione dell'anello



l'anello è l'immagine del meridiano su cui
 si trova il SOLE

Figura 54

Oggetto n.8

Meridiana interattiva a pagina mobile

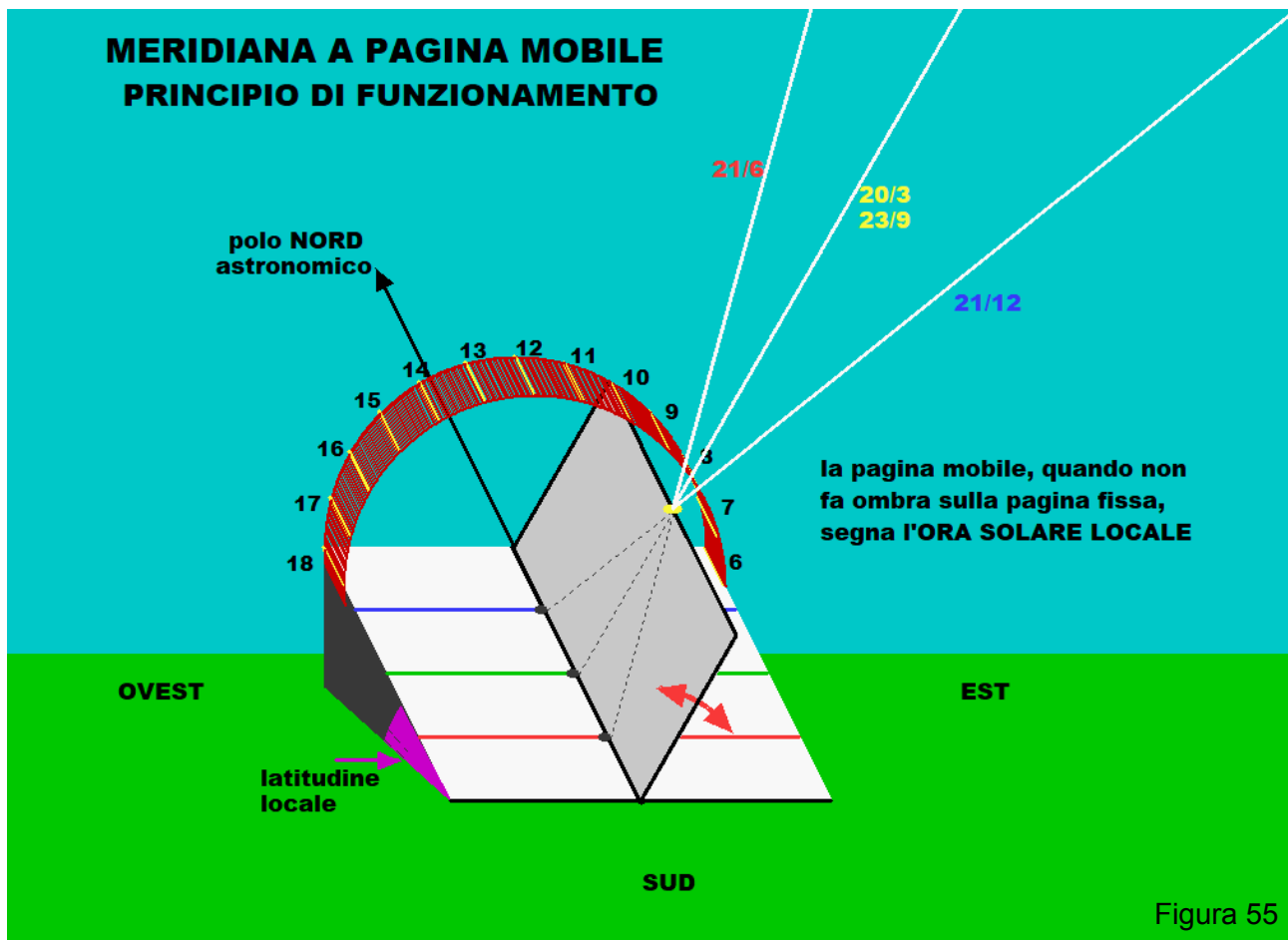
L'oggetto ha l'aspetto di un libro aperto appoggiato in modo che la nervatura punti al Nord astronomico (rappresentato bene dalla stella polare).

Occorre muovere la pagina mobile finché la sua ombra scompare: in corrispondenza si legge l'ora solare locale (*figura 55*).

Sul bordo esterno della parte mobile è infilzato un piccolo segnalino la cui ombra sulla pagina fissa serve per leggere la data in modo approssimato.

Sulla pagina fissa sono indicate le date di inizio dei mesi, quelle degli equinozi e dei solstizi ed alcune informazioni sulla variazione del periodo di luce e sulla posizione del Sole rispetto all'equatore celeste.

La pagina mobile nel movimento da destra a sinistra si comporta come un piano per l'asse terrestre, quando non fa ombra e le facce sono illuminate con luce radente, coincide praticamente con il piano meridiano del Sole.



Oggetto n.9

Meridiana “del pastore”

Si tratta di un orologio solare che si basa sull'**altezza del sole rispetto all'orizzonte**. L'informazione sull'altezza però non basta per decidere l'ora, occorre conoscere la data del giorno (e quindi la declinazione del Sole, cioè la sua distanza angolare dall'equatore celeste).

Le **linee orarie** dipendono dalla latitudine del luogo e dalla lunghezza dello stilo.

Esse sono disegnate sulla superficie laterale di un cilindro verticale. Le date sono intervallate di 10 giorni e rappresentate con linee verticali, più marcate all'inizio dei mesi.

Per leggere l'ora solare occorre:

- **posizionare lo stilo in base alla data ruotando la parte superiore dell'oggetto.**
- **ruotare il tutto in modo che lo stilo sia diretto verso il Sole (la sua ombra deve risultare verticale).**
- **l'ora è indicata dalle linee orarie fra cui cade l'ombra dello stilo, resta l'ambiguità fra mattino e pomeriggio, perché il sole raggiunge due volte in una giornata la stessa altezza, in due momenti simmetrici rispetto alla culminazione.**

N.B.: questo orologio solare **non richiede la conoscenza della linea Nord-Sud sul piano orizzontale** e per questo motivo, abbinato ad un altro orologio che richieda l'orientamento, può servire proprio a questo scopo: si determina in modo più accurato possibile l'ora solare con la meridiana di altezza, dopo si cerca di orientare l'altro orologio in modo che indichi la stessa ora: resta così determinata *in modo approssimato* la linea Nord- Sud.

Questo tipo di orologio costruito in forma portatile, ebbe una discreta diffusione nel medioevo.

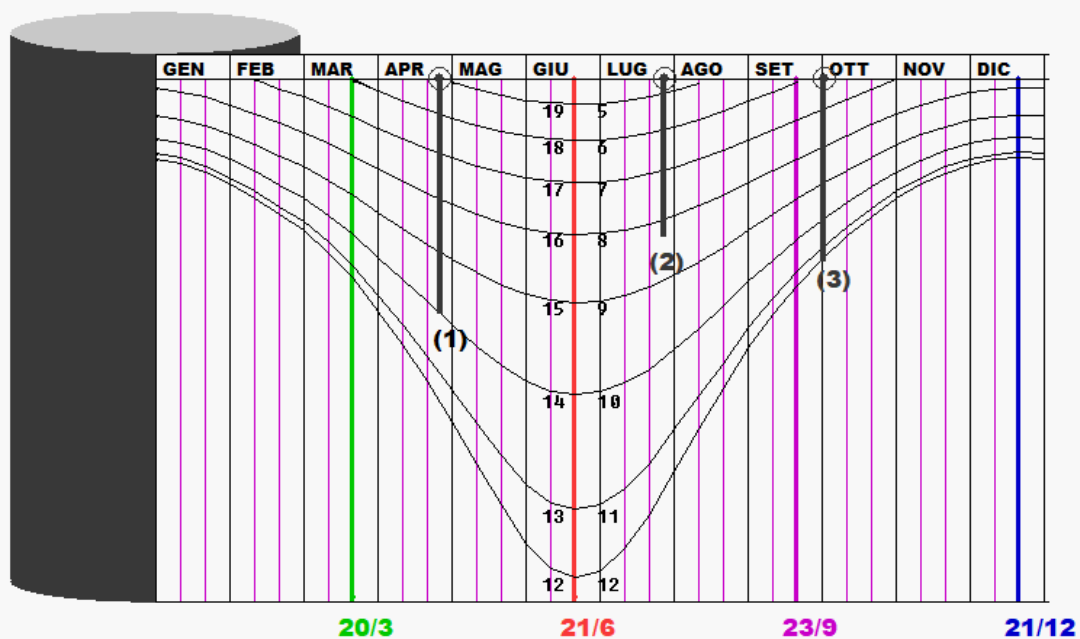
Un difetto, oltre all'ambiguità fra mattino e pomeriggio è **la scarsa precisione intorno al mezzogiorno perché l'altezza del sole varia pochissimo in prossimità del meridiano locale.**

Sono disegnati il principio di funzionamento (**figura 56**) ed alcuni esempi immaginando di srotolare le informazioni sul cilindro (**figura 57**).



ALTEZZA DEL SOLE VERO E MISURA DEL TEMPO

esempi di lettura dell'ora solare con la MERIDIANA "DEL PASTORE"



- (1) DATA = 25 / 4
- (2) DATA = 26 / 7
- (3) DATA = 1 / 10

- ORE = 10 oppure 14
- ORE = 8h,20 min oppure 15h, 40 min
- ORE = 12

Figura 57

Oggetto n.10 Meridiana "azimutale"

In questo orologio solare è sfruttato l'angolo fra la direzione del Sud e la direzione del Sole (**azimut del Sole**).

Questo angolo è la coordinata più naturale perché è legata direttamente all'arco diurno del Sole ed è stata quella più usata nell'antichità sia come calendario che come orologio.

Solo per il mezzogiorno l'azimut è lo stesso per qualsiasi data.

L'azimut normalmente è indicato dall'ombra di uno "gnomone" verticale.

Nella realizzazione pratica lo gnomone verticale è stato sostituito, per ragioni di robustezza, da una piastrina che va ruotata fino a che entrambe le facce siano appena illuminate dalla luce radente del Sole. A questo punto il bordo esterno della piastrina getta un'ombra rettilinea sulla parte orizzontale con le linee orarie e le circonferenze delle date.

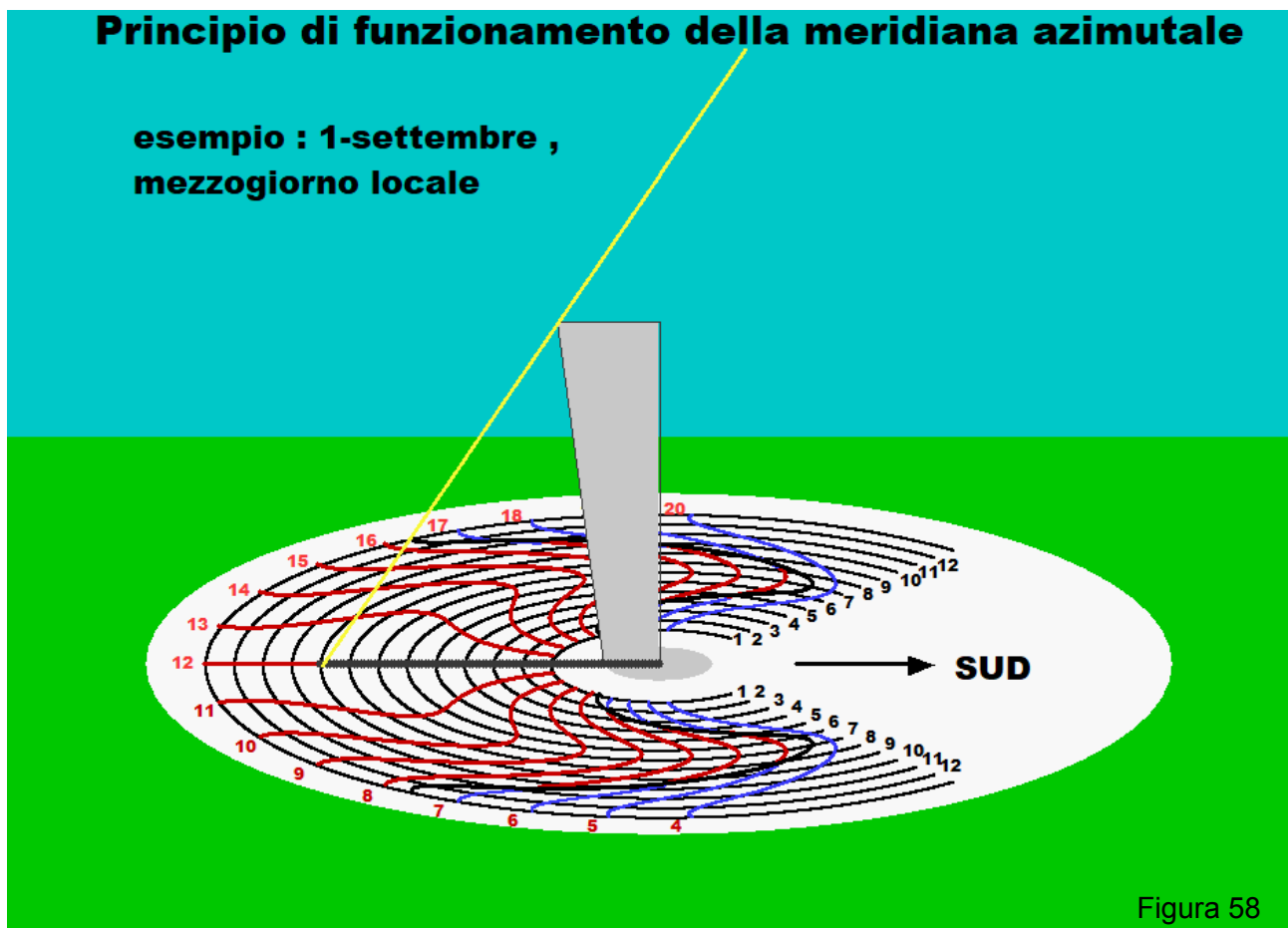
L'azimut di una stessa ora varia con la data, per cui le **linee orarie** risultano tortuose.

I dodici mesi sono rappresentati da circonferenze concentriche.

Per leggere l'ora solare:

- scegliere in base alla data una circonferenza (fra quelle disegnate se si è all'inizio del mese);
- individuare l'intersezione dell'ombra dello stilo verticale con la circonferenza corrispondente alla data;
- seguire il cammino della linea oraria di colore rosso, verso l'esterno fino all'indicazione dell'ora.

Nei disegni (**figure 58-59-60**) sono rappresentati il principio di funzionamento, la "ragnatela" delle linee orarie e delle date ed alcuni esempi di lettura dell'ora solare locale.



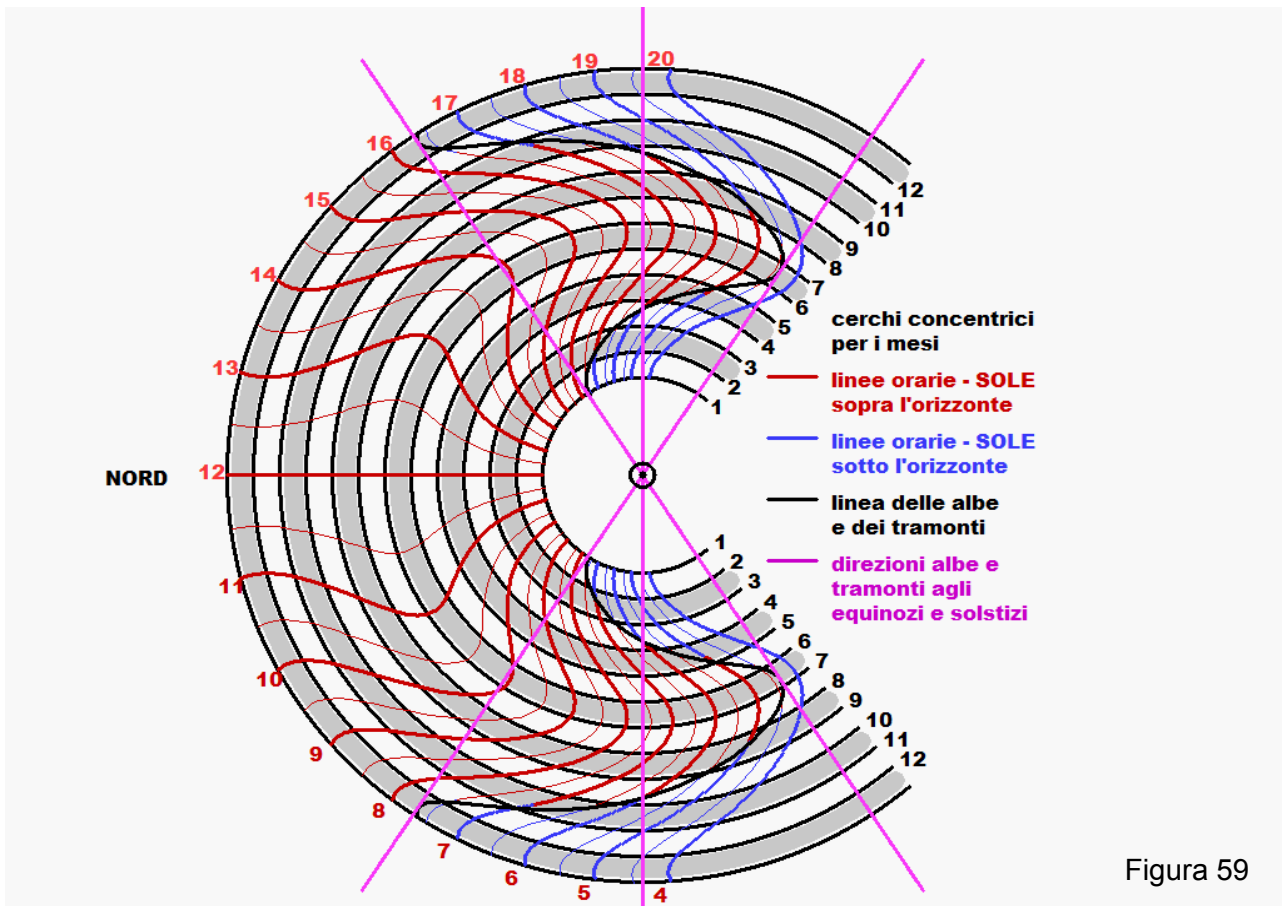


Figura 59

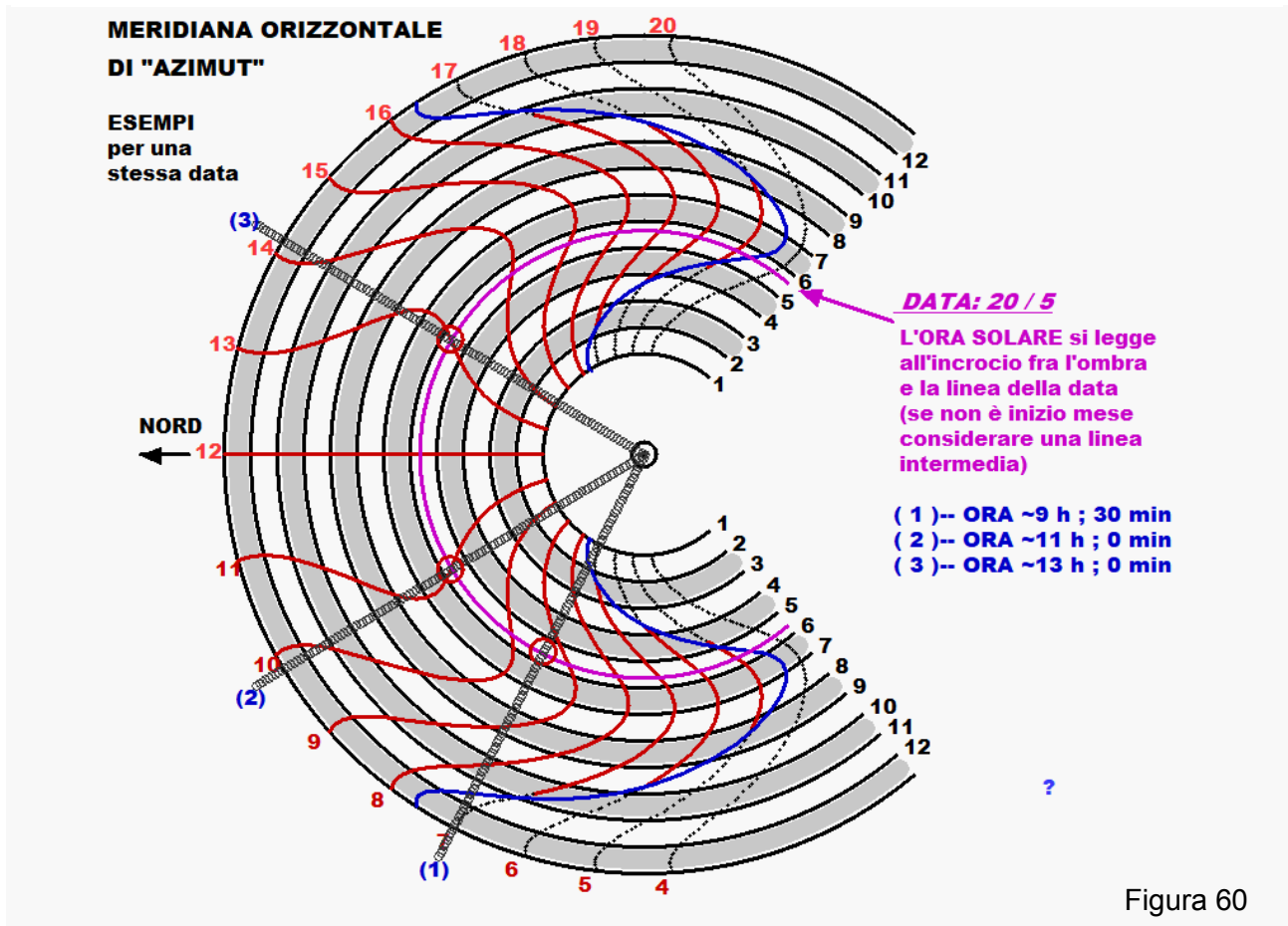


Figura 60

Oggetto n.11

Meridiana “Analematica” su terreno orizzontale

L'orologio solare è di tipo **azimutale** e sfrutta l'ombra di una persona che si posiziona, secondo la data di osservazione, sulla pedana centrale orientata secondo il meridiano locale .

Le indicazioni sulla pedana si riferiscono all'inizio di ogni mese, ai solstizi e agli equinozi. Anche i riferimenti all'ora sono disposti sul terreno su una ellisse . Se lo "gnomone " fosse fisso occorrerebbe una ellisse diversa per ogni giorno.

L'idea vincente di disegnare una sola ellisse e di rendere mobile lo stilo è stata del francese **Vaulezard** (prima realizzazione nel 1640).

N.B. Questa meridiana è stata realizzata su molte piazze e in alcune scuole .

Può essere costruita su una tavoletta orizzontale, con uno stilo mobile da posizionare secondo la data, ottenendo una maggiore precisione.

Abbinata ad una meridiana che sfrutta un altro principio, può essere usata come bussola per individuare la linea Nord -Sud, che si intercetta ruotando il dispositivo fino a quando entrambi gli orologi segnano la stessa ora.

Nelle **figure 61-62** sono rappresentati due esempi.

I' ORA SOLARE LOCALE e' indicata dall'ombra di una persona o di uno stilo verticale mobile nel punto ☉

DATA ~ 1/4 oppure 10/9 -- ORA indicata : 14 h

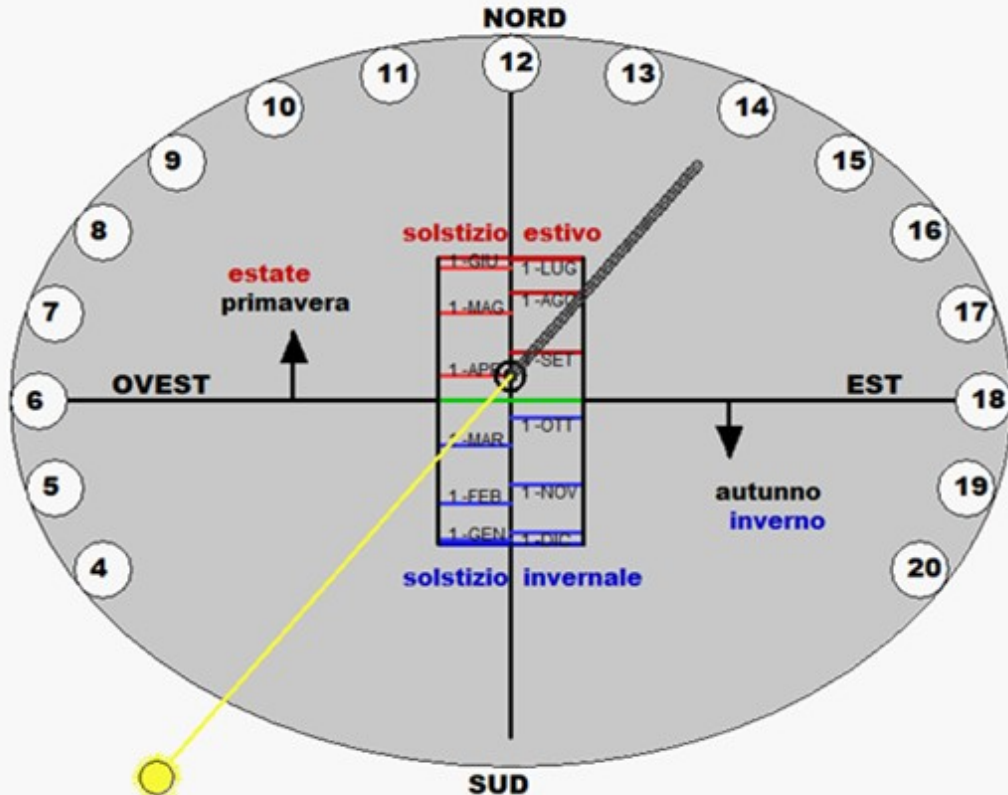


Figura 61

l' ORA SOLARE LOCALE e' indicata dall'ombra di una persona o di uno stilo verticale mobile nel punto ☉

DATA ~ solstizio estivo-- ORA indicata : 5 h

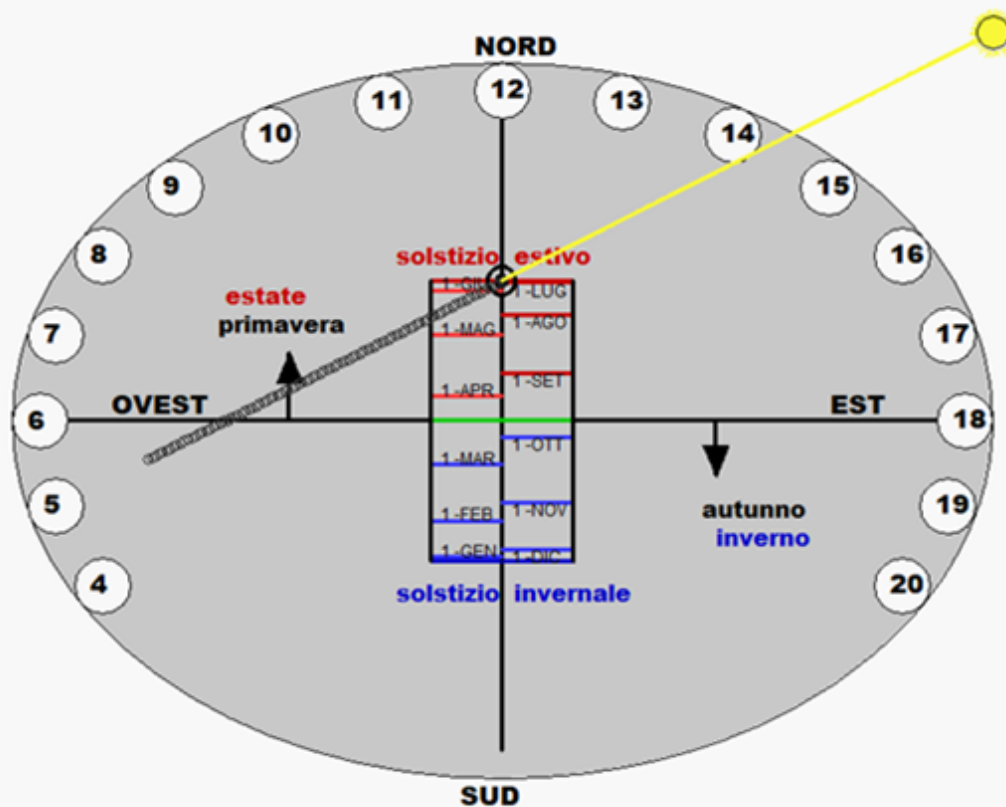


Figura 62

8 – IL SOLE FRA LE 13 COSTELLAZIONI DELLO ZODIACO

Oggetto n.12

Lo **zodiaco**, fascia di cielo attorno all'eclittica, ha assunto in passato una maggiore importanza rispetto al resto del cielo perché essendo le orbite dei pianeti quasi complanari, questi sono visti **dalla terra sempre nella stessa fascia**.

Praticamente la fascia zodiacale era il “ **teatro** “ in cui si svolgevano i principali avvenimenti riguardanti i pianeti. Gli avvenimenti non prevedibili (meteore, comete, .), erano ritenuti fenomeni atmosferici.

La credenza che il cielo influenzi il destino delle persone non ha alcun fondamento scientifico.

Le costellazioni o raggruppamenti di stelle a cui in passato sono stati attribuiti significati e strani poteri, non sono altro che **effetti prospettici**. **Le stelle che compongono le costellazioni sono quasi sempre scollegate fisicamente e hanno distanze da noi estremamente diverse**. La stella Sole impiega 8 minuti a mandarci la sua luce mentre le stelle che vediamo impiegano da qualche anno a qualche decina o centinaio o migliaio di anni.

Da sempre certe costellazioni sono state viste come marcatori di eventi legati alle stagioni. Ad esempio per gli Egizi era importante la prima apparizione della stella SIRIO: circa due settimane più tardi il NILO straripava. Anche i nomi di alcune stelle rivelano la loro funzione di guida per i lavori agricoli (es: SPICA, VENDEMIATRIX). L'apparizione della costellazione di ORIONE ad EST nel cielo autunnale segnava l'inizio delle burrasche in mare. Molti popoli hanno praticato una navigazione non solo costiera ma in alto mare usando come riferimento i movimenti regolari del cielo stellato.

Come esempio di **inconsistenza fisica delle costellazioni** nella **figura 63** sono rappresentate le stelle più luminose del “**Leone**”. Accanto ad ogni stella è indicata la distanza in **anni-luce**. Fra la più vicina e la più lontana del gruppo la differenza supera 2000 anni luce. Nella stessa figura è indicato un tratto dell'eclittica “percorso” dal Sole nel mese di aprile: si capisce facilmente quanto è erronea l'idea che il sole “attraversi” le costellazioni dello Zodiaco.

La **figura 64** rappresenta un tratto di eclittica percorso dal Sole in 3 mesi e le relative costellazioni di sfondo.

Le **figure 65-66** mostrano l'orbita terrestre, il **Sole vero** al centro e la sua **proiezione** sulla volta celeste, ai due solstizi.

Nella **figura 67** viene illustrato lo spostamento dell'asse di rotazione terrestre dal 2000 a.C. ai giorni nostri.

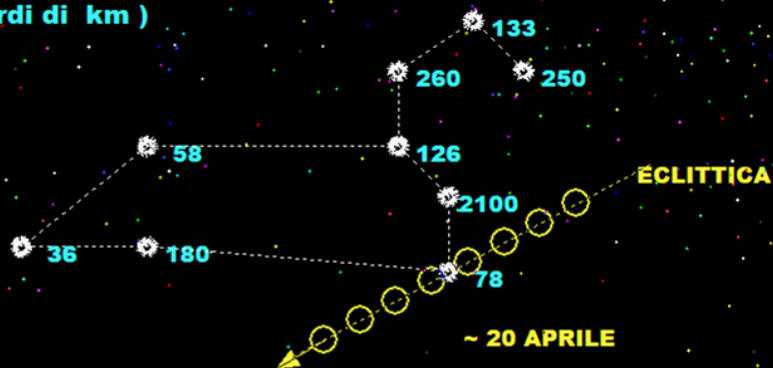
Questo movimento è spiegato dalla meccanica celeste ed è dovuto alla attrazione gravitazionale del Sole e della Luna sulla Terra e dal fatto che questa presenta un rigonfiamento equatoriale .

*N.B. Questo moto (**precessione degli equinozi**) non è una scoperta dell'era spaziale ma risale alle osservazioni dell'astronomo greco IPPARCO nel II° secolo a.C. ! Confrontando le posizioni delle stelle con quelle di un catalogo di circa 150 anni prima, l'astronomo ha rilevato un cambiamento sistematico non imputabile ad errori, ed ha calcolato per la rotazione dell'asse terrestre un periodo di circa 25000 anni, (misura attuale: 25800 anni).*

LE COSTELLAZIONI SONO SOLO EFFETTI PROSPETTICI

esempio: costellazione "LEONE" e **traiettoria apparente del SOLE**

-le distanze sono misurate in anni-luce; (1 anno luce = distanza percorsa dalla luce in un anno, alla velocità di 300.000 km/sec, equivalente a ~ 9.500 miliardi di km)



La luce del SOLE (~ 150.000.000 km)
ci raggiunge in circa 8 minuti

le stelle sembrano tutte
alla stessa distanza, fissate
su una cupola



Figura 63

SE LE STELLE FOSSERO VISIBILI DI GIORNO :

tre mesi di moto apparente del SOLE fra le costellazioni dello "zodiaco"
posizioni ogni tre giorni



dalla Terra vediamo
il SOLE spostarsi
rispetto lo sfondo
delle stelle "fisse"

Di notte sono visibili
le costellazioni
diametralmente
opposte
lungo l'eclittica

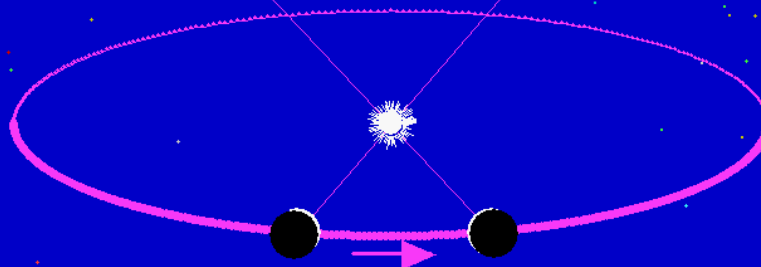


Figura 64

FASCIA ZODIACALE attorno all' ECLITTICA

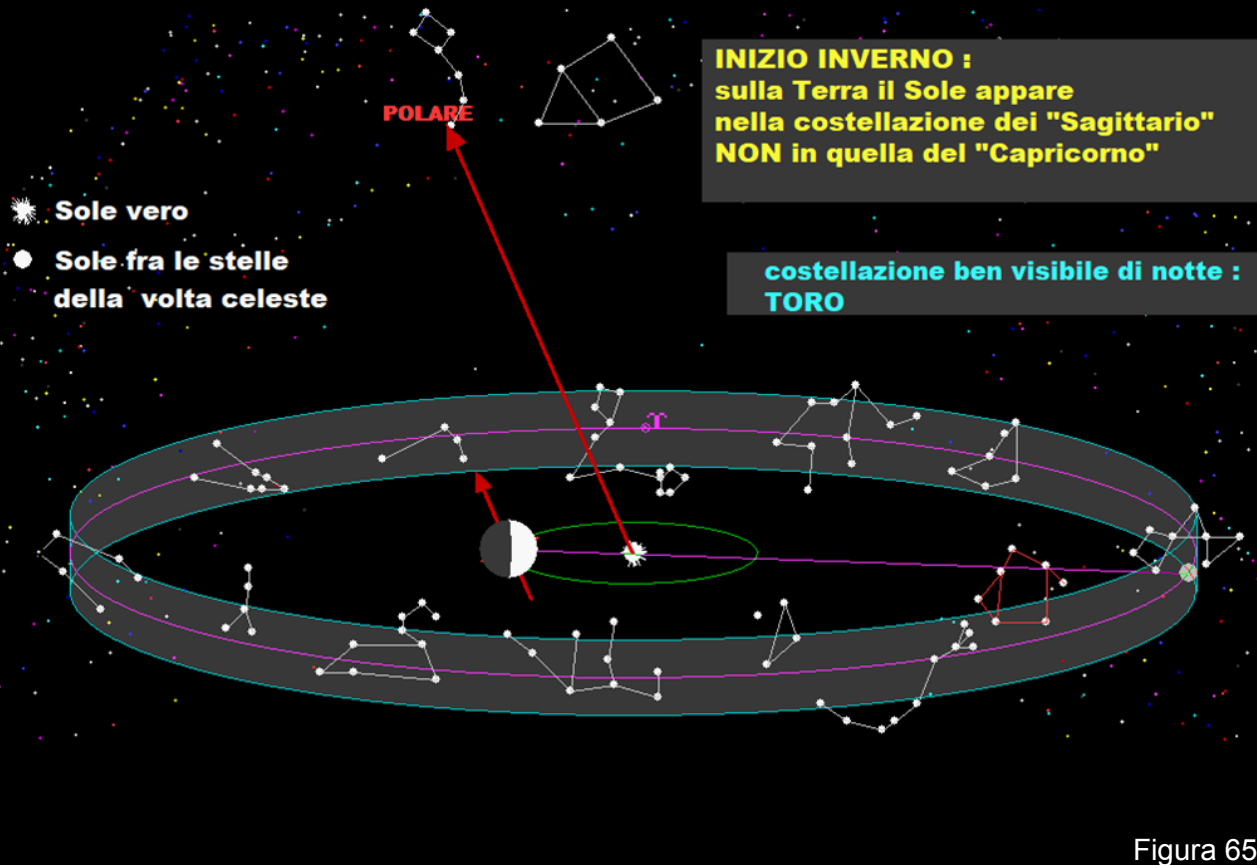


Figura 65

FASCIA ZODIACALE attorno all' ECLITTICA

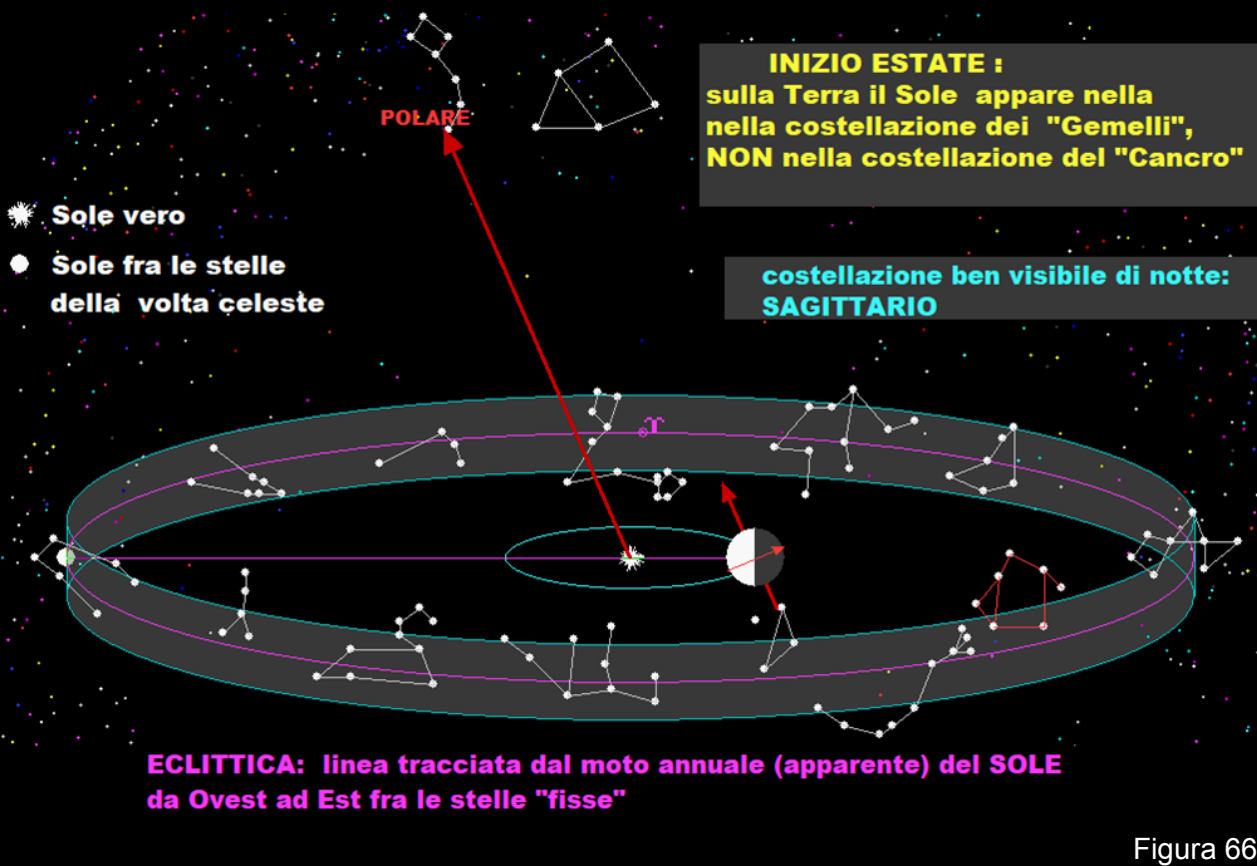


Figura 66

SPOSTAMENTO DEL POLO NORD CELESTE NEI MILLENNI

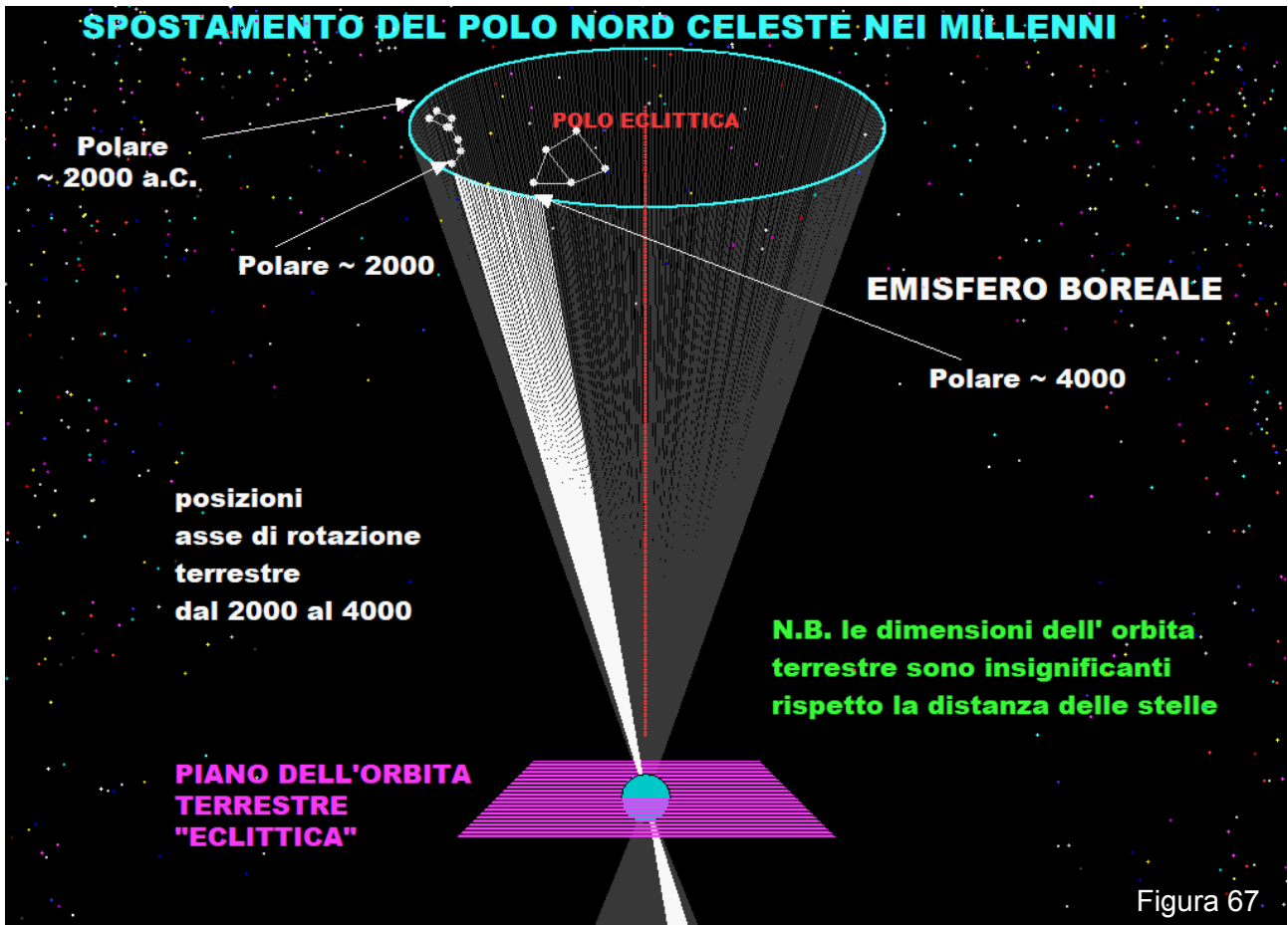


Figura 67

Oggetto n.12

Oroscopo? No grazie!

Posizionando la lancetta su una data si conosce in quale costellazione apparirebbe il Sole se le stelle fossero visibili anche di giorno.

Se la data è quella della nascita si ha **qualche sorpresa**, che serve da "**vaccino**" contro la fiducia negli oroscopi:

- **13 costellazioni e non 12;**
- **date di "ingresso" sfatate;**
- **durate diseguali.**

I "**segni**" zodiacali usati dagli oroscopi sono una eredità della civiltà babilonese. La fascia zodiacale era stata divisa per comodità in **12** spicchi di **30** gradi ciascuno ed i segni a quei tempi corrispondevano abbastanza bene, come date di transito del Sole, alle costellazioni omonime.

Le stelle sono dotate di un moto proprio rilevante dell'ordine di decine di km/sec, ma per le loro grandi distanze, in 3000 anni, questo moto non ha quasi modificato le loro posizioni reciproche in cielo.

Inoltre la fascia zodiacale è rimasta la stessa, perché l'asse di rotazione della terra è sempre inclinato di circa 23° rispetto il piano dell'orbita attorno al SOLE.

Che cosa è successo?

Il lento moto conico dell'asse terrestre (precessione) ha prodotto, oltre ad un cambiamento di posizione dei poli celesti, uno slittamento di più di una costellazione; sono cioè cambiate le date di passaggio apparente del Sole sulla fascia zodiacale.

N.B. Le 8 stelle più luminose dell'emisfero NORD non stanno nella fascia zodiacale (Sirio; Arturo ;Vega ;Capella; Rigel; Procione; Betelgeuse; Altair).

Anche pensando alla vicinanza delle stelle visibili, occorre andare avanti nella classifica per trovare una stella dello zodiaco .

Se vogliamo a tutti i costi che le stelle influenzino il nostro destino perché trascurare le costellazioni che non stanno nella fascia attorno all'eclittica?

Sulla freccia mobile sono rappresentati, non in scala, la Terra ed il SOLE.

Girare in senso antiorario la freccia riproduce il moto di rivoluzione della Terra e ci fa capire che il moto del Sole fra le stelle dello zodiaco è solo apparente .

N.B. quando il Sole ha come sfondo le stelle di una costellazione, di notte sono ben visibili le stelle della costellazione diametralmente opposta.

Nelle figure 68-69-70 sono disegnati l'oggetto con la freccia che punta a inizio anno ed alcuni esempi.

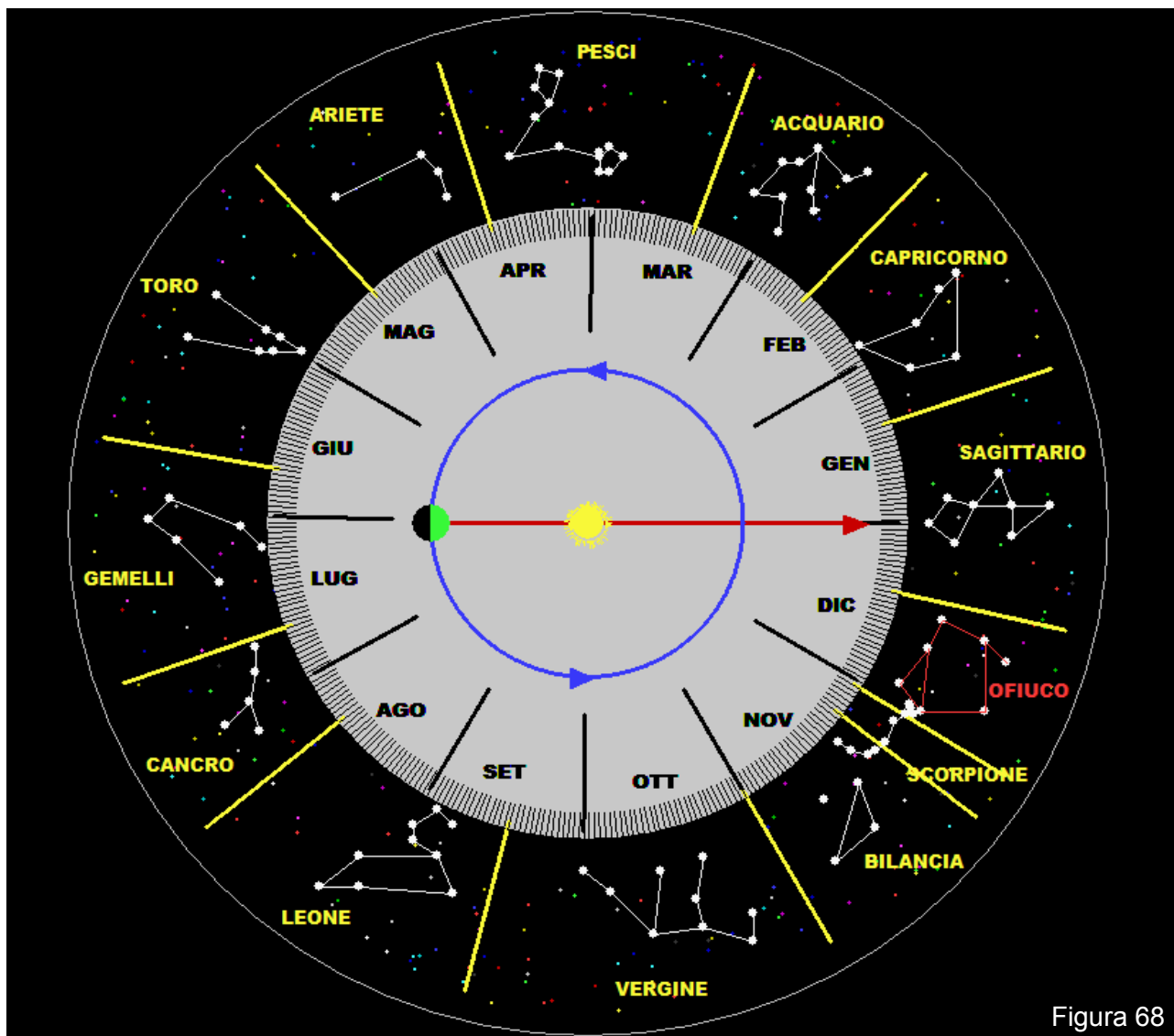


Figura 68

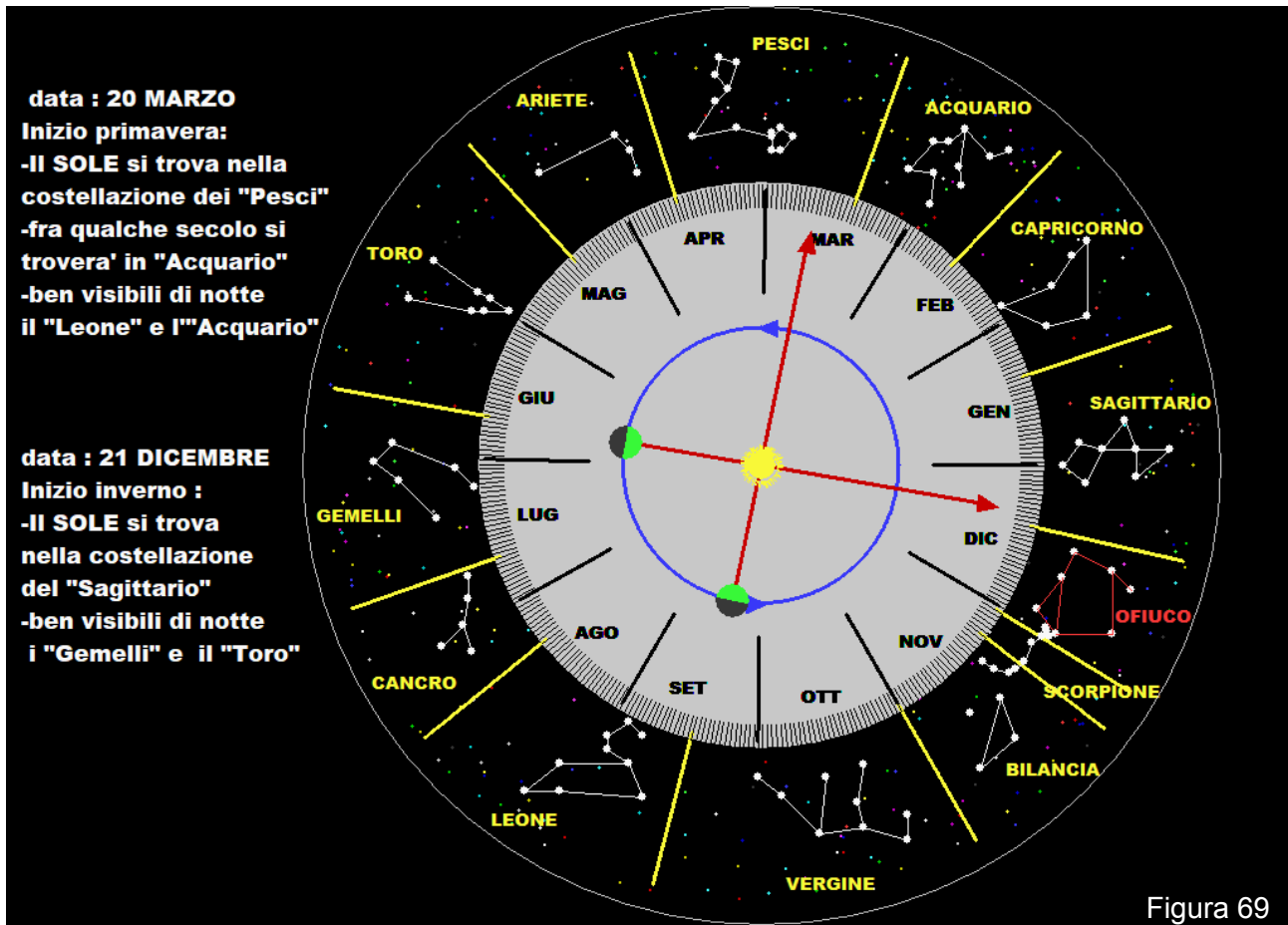


Figura 69

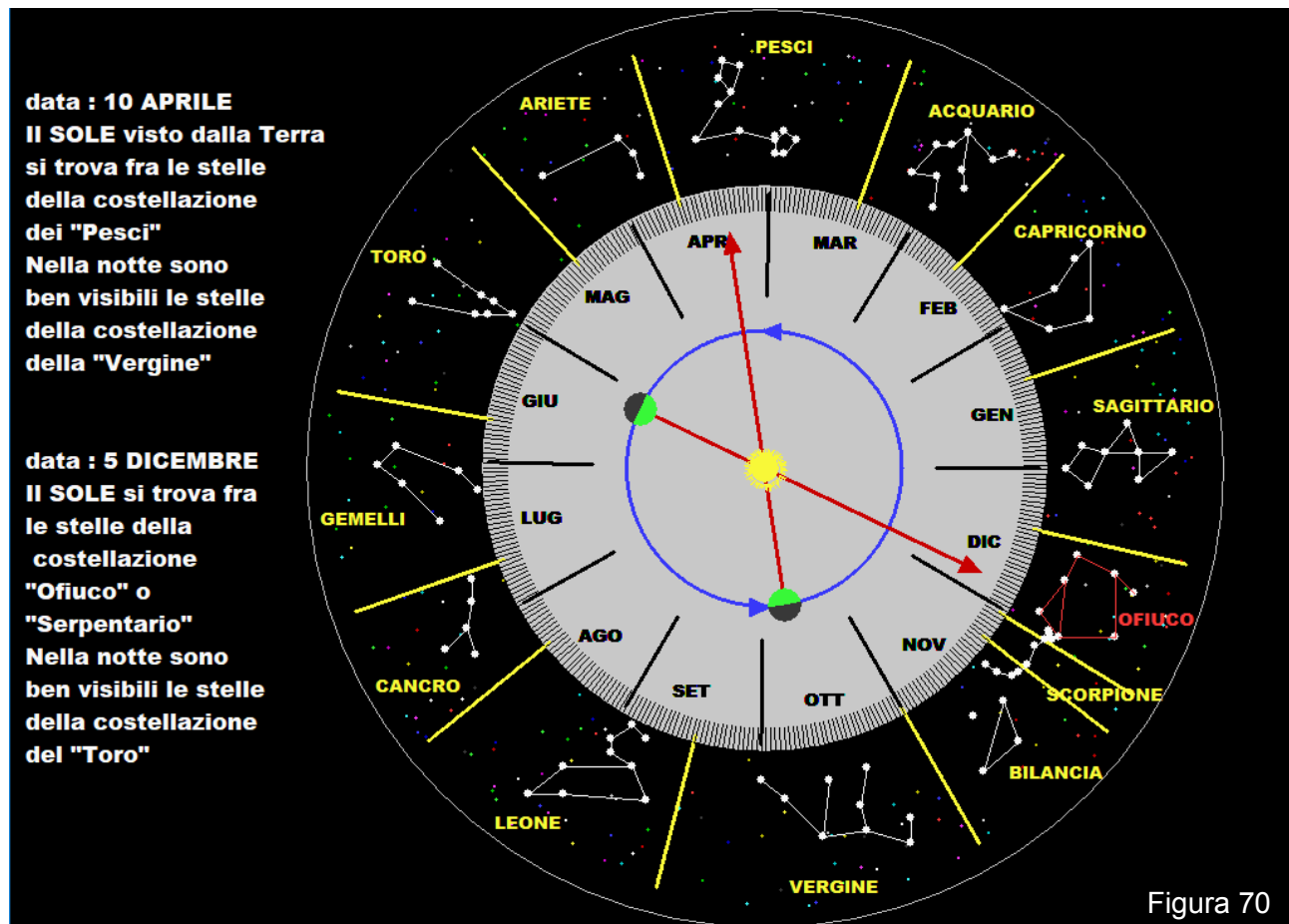


Figura 70