

Il Sole

Il moto annuo

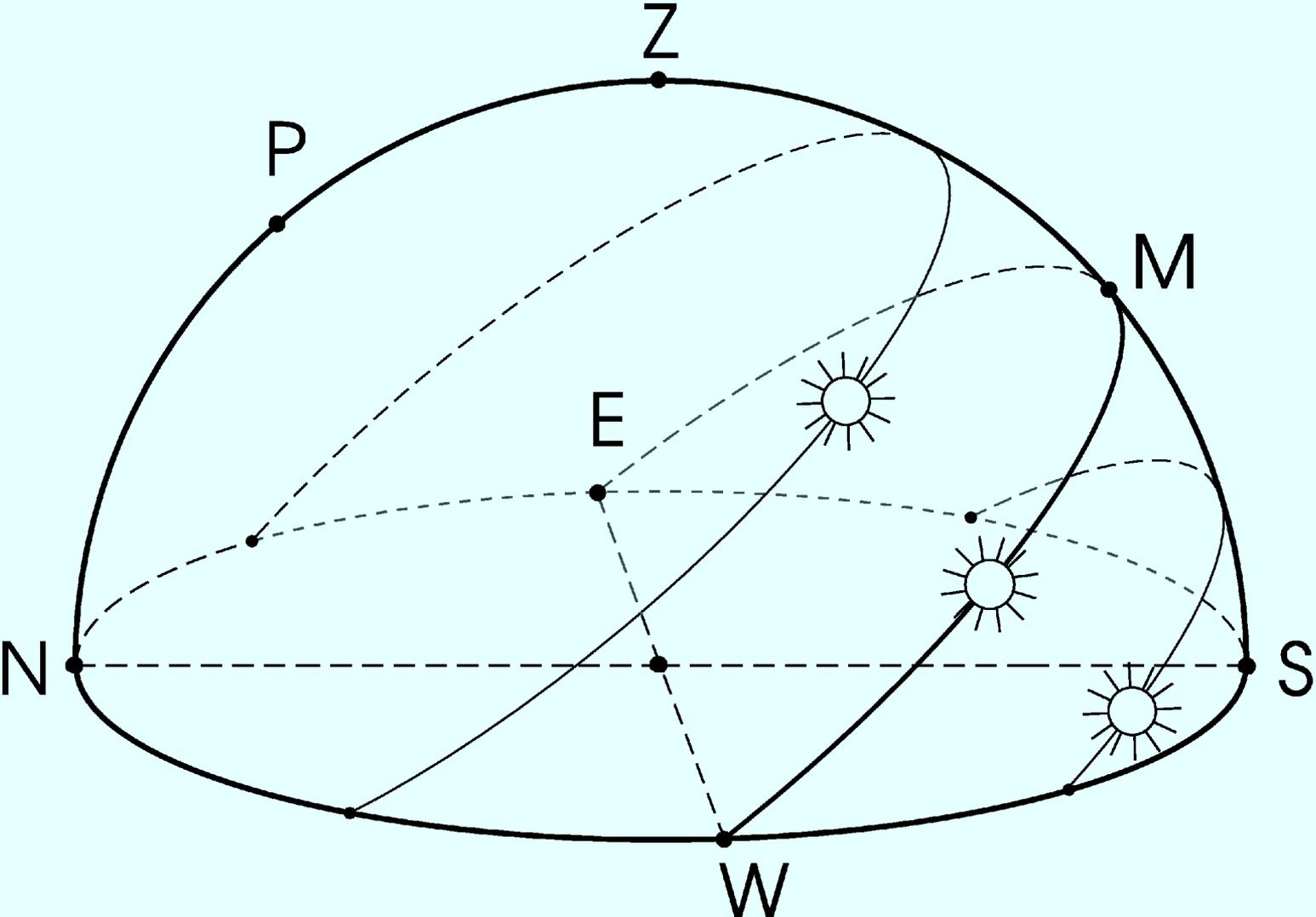
Variazioni annue

Che cosa accade se ripetiamo le osservazioni sull'altezza e azimut del Sole nel corso dell'anno?

Vediamo le seguenti cose:

- *l'altezza massima* del Sole cambia: raggiunge il valore più alto a giugno, il più basso a dicembre
- *la durata del giorno* (dì) cambia in corrispondenza
- *gli azimut* del sorgere e del tramonto variano anch'essi.

Tutto si può riassumere in una figura:



La sfera celeste

Se non ci limitiamo a guardare il Sole di giorno, ma osserviamo anche la Luna, le stelle, magari i pianeti, vediamo che tutti partecipano di un moto d'insieme, che prende il nome di “moto diurno”.

Noi oggi sappiamo (da qualche secolo...) che questo moto diurno è solo l'effetto della *rotazione della Terra su se stessa* (in un giorno).

Chi è che si muove: la Terra o il Sole?

Accade spesso, quando si parla di moto diurno, di sentirsi dire: “in realtà non è il Sole che si muove attorno la Terra, ma la Terra attorno al Sole”.

Ma questa contrapposizione è *sbagliata*!

Infatti – come ho già detto – l'apparenza del moto *diurno* del Sole è dovuta al moto di *rotazione* della Terra, non al suo moto *orbitale*, che invece ha a che fare coi fenomeni che stiamo per esaminare.

Sistemi di riferimento

Ma anche se siamo disposti ad attribuire realtà al moto diurno della Terra, e pura apparenza a quello di tutti gli altri corpi celesti, ci sono un paio di cose da osservare in proposito:

– Da un punto di vista generale, stiamo solo davanti a un caso particolare di *cambiamento del sistema di riferimento* (rif.); se ne possono pensare e proporre tanti altri...

È certo che il moto va riferito a un dato rif., ma non è detto che il rif. “giusto” sia sempre e soltanto uno...

– Nel nostro caso particolare, visto che viviamo sulla Terra, la scelta di un rif. *solidale alla Terra* riesce utile per descrivere direttamente *ciò che si vede*.

Che vuol dire “geocentrico”?

Il termine “geocentrico” va usato con cautela, perché *non ha significato univoco*.

Infatti ciò che conta non è tanto *dove si mette il centro*, ma come il riferimento *si muove*.

Nel caso geocentrico sono possibili e usate *due scelte diverse*:

- 1) Il rif. è *solidale alla Terra solida*: in questo caso tutti i corpi celesti ruotano (moto diurno).
- 2) Il rif. è *solidale alle stelle*: in questo caso le stelle sono fisse, la Terra ruota, Sole, Luna e pianeti ... vedremo.

Senza dubbio il rif. geocentrico di tipo 1) è stato nella storia dell'astronomia *il primo* a essere pensato e usato; ma piuttosto presto si è concepito il rif. 2), nel quale i moti dei corpi celesti sono assai *più semplici*, mancando il moto diurno.

Nota didattica: La questione del rif. è importante, e fa parte degli *obiettivi* di questo corso.

Perciò va trattata con attenzione, e *ripresa più volte*, tutte le volte che ne capita l'occasione.

Torniamo alla sfera celeste

Nel rif. geocentrico di tipo 1) il moto diurno dei corpi celesti suggerisce un modello: che tutti i corpi si trovino *sulla superficie di una sfera*, di cui noi occupiamo il centro, e che ruota facendo *un giro in un giorno*.

Nota: “noi” occupiamo il centro? Oppure il centro della sfera celeste sta *nel centro della Terra*?

Data la *grande distanza* dei corpi celesti fa poca differenza: a meno di non disporre di strumenti di precisione, *soltanto per la Luna* la differenza è visibile.

Quanto è grande la sfera celeste?

Non ha importanza quanto è grande: a noi servirà solo per individuare le direzioni, mentre le distanze — almeno per ora — sono fuori discussione.

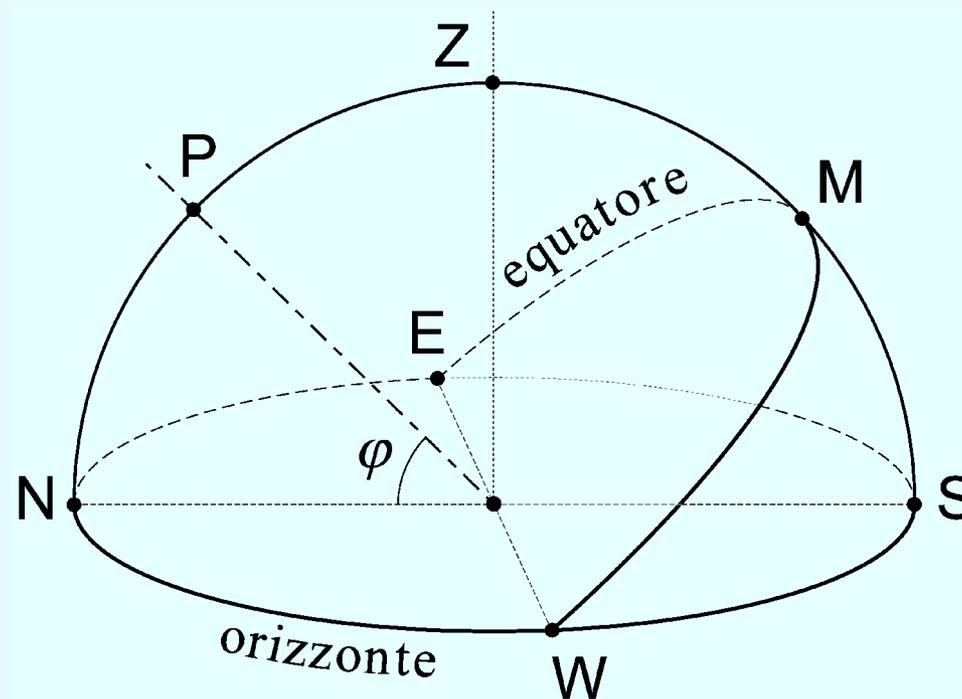
Per noi la sfera celeste è un modello *puramente geometrico*, al quale non facciamo corrispondere *alcuna realtà fisica*.

Diverso era il pensiero dell'astronomia greca.

Punti e curve notevoli

Sulla sfera celeste s'individuano alcuni punti e alcune curve notevoli:

- prima di tutto, il cerchio dell'*orizzonte*, coi *punti cardinali* già visti
- lo *zenit* Z
- il *polo celeste* P, per il quale passa l'asse di rotazione
- l'*equatore*, una circonferenza ortogonale all'*asse polare*
- il *meridiano*: il semicerchio che passa per N, P, Z, S.



Nota didattica: accertarsi bene che i ragazzi capiscano le figure della sfera celeste!

Può essere utile l'uso di modelli 3D.

Sole e sfera celeste

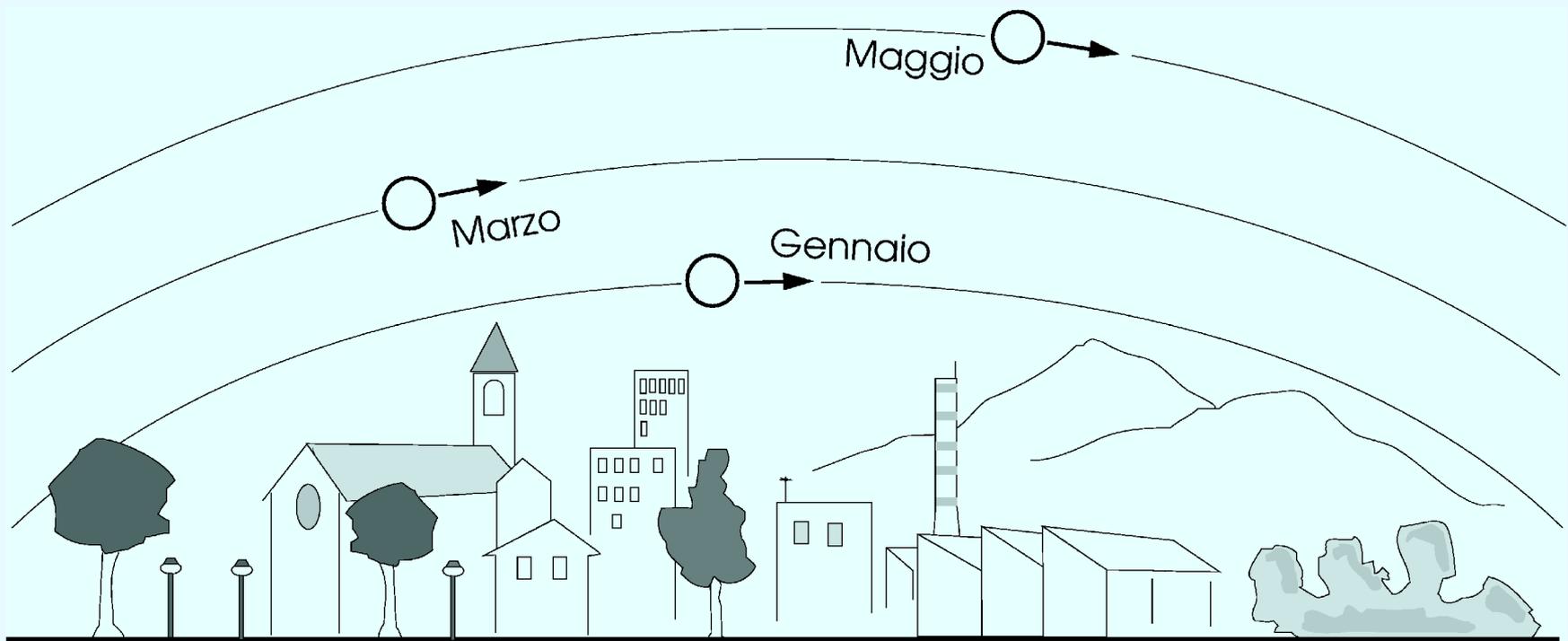
Sistemiamo ora sulla sfera celeste il Sole e il suo percorso in cielo.

Se supponiamo il Sole (per ora) fisso alla sfera, anch'esso ruota in un giorno, descrivendo una circonferenza parallela all'equatore (un *parallelo*).

La *culminazione* M si ha dove questo parallelo incontra il *meridiano*.

Abbiamo detto “una circonferenza parallela all'equatore”: ma *quale*? Ce ne sono tante...

La risposta è che la circonferenza *varia nel corso dell'anno*, come mostrato dalle osservazioni sull'altezza massima e sugli azimut al sorgere e al tramonto.



Il che dimostra che il Sole non è fisso inchiodato sulla sfera celeste...
Forse va su e giù? Oppure?

Stelle e sfera celeste

Osservando il cielo di notte, si vedono una gran quantità di *stelle*, che riesce naturale disporre in gruppi secondo figure geometriche o altre di fantasia: le *costellazioni*.

Ma il fatto stesso che si possa fare ciò, ossia che le costellazioni *permangono inalterate* con le loro forme e posizioni nel corso di secoli e più, è un forte stimolo a costruire il modello che abbiamo già visto: la *sfera celeste* su cui si trovano *inchiodate* le stelle (per questo dette "fisse").

Il *moto* delle costellazioni *nel corso della notte* (sorgono culminano e tramontano, come il Sole) è così spiegato con la *rotazione* della sfera celeste.

Però c'è una complicazione: si sa che le costellazioni *visibili* di notte *in una stagione* non sono visibili *in un'altra*, e viceversa.

Esempi: in queste sere di novembre si può vedere bene *Orione*, che invece non è visibile in primavera. Fra due–tre mesi si vedrà bene il *Leone*, e così via.

Fotografiamo le stelle

Si ottiene un'informazione più precisa con un esperimento: si fotografa una regione del cielo *alla stessa ora* in sere consecutive, tenendo la macchina *nella stessa posizione*, e si confrontano i risultati.

Dato che noi (docenti) sappiamo che cosa aspettarci, scegliamo un tempo di posa adatto: *4 minuti*.

In una foto del genere le stelle formano dei *trattini*, che evidenziano il *moto diurno*.

Ma il confronto mostra che i trattini delle due foto *non coincidono*: quelli del secondo giorno sono spostati *in avanti* (nel senso del moto diurno) *di un tratto uguale alla loro lunghezza*.





Quale interpretazione?

La prima è ovvia: le stelle *anticipano* il loro sorgere di 4 minuti ogni giorno rispetto al Sole (oppure il Sole *ritarda* rispetto alle stelle).

O anche: se il giorno solare dura *per definizione* 24 ore, il giorno “siderale” dura 4 minuti *meno*: **23 ore e 56 minuti**.

Ma se le stelle anticipano di 4 minuti ogni giorno, in quanti giorni avranno guadagnato *un intero giorno*?

Il conto è presto fatto, visto che 24 ore sono pari a 1440 minuti:

$$1440 / 4 = 360 \text{ giorni.}$$

In realtà occorre *esattamente un anno*, perché l'anticipo ogni giorno è un poco *minore* di 4 minuti.

Ecco dunque spiegato perché le costellazioni hanno un *ciclo annuale* di visibilità.

Altra interpretazione

Si può vedere la cosa in un altro modo, tornando alla sfera celeste.

Sappiamo che la sfera fa un giro attorno alla Terra in un giorno ... ma è proprio esatto?

Se le stelle sono fisse sulla sfera, allora la sfera fa un giro in un giorno *sidereale*, ossia **23h 56m**, non 24 ore.

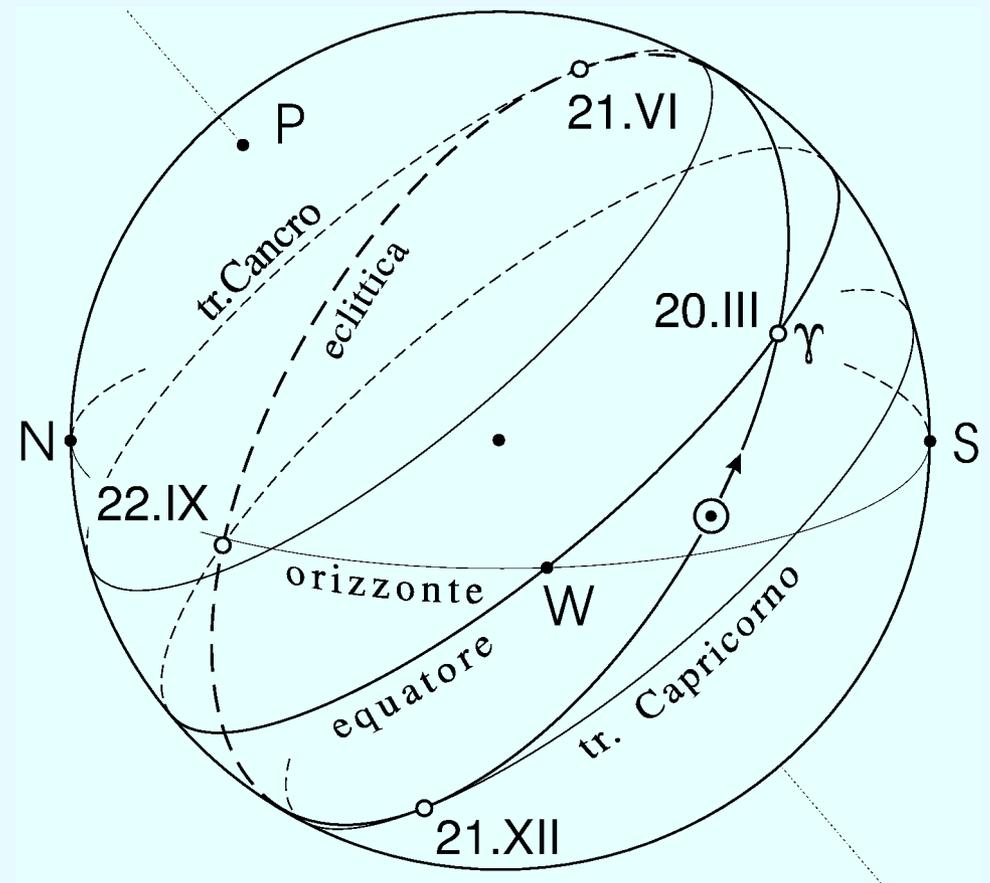
Se invece il Sole fa un giro in 24 ore, vuol dire che esso *non è fisso* sulla sfera celeste, ma si muove *in verso opposto* al moto orario, ossia da Ovest verso Est, facendo *un giro in un anno*.

Al tempo stesso, come avevamo visto, va “su e giù” rispetto all'equatore.

L'eclittica

Se si compongono i due effetti si vede che in realtà il moto del Sole sulla sfera è più semplice: descrive *una circonferenza inclinata* rispetto all'equatore, che prende il nome di “eclittica”.

L'angolo tra il piano dell'equatore e quello dell'eclittica si chiama “obliquità dell'eclittica” ε , e vale circa $23^\circ 27'$.



Note didattiche importanti

1. Attenzione a questo punto, che è delicato: abbiamo *diversi moti* da considerare.

1) Il moto *diurno* della *sfera celeste*, da Est verso Ovest in un *giorno siderale*.

2) Il moto *annuo* del *Sole* in verso opposto, in un *anno*.

3) Il moto *risultante* del *Sole*, che è ancora da Est verso Ovest ma *più lento* di quello delle stelle, facendo un giro in un *giorno solare*.

Abbiamo qui diversi *sistemi di riferimento* e la corrispondente *composizione dei moti*.

Ci si può appoggiare su esempi più tangibili: per es. una *piccola giostra* che ruota in senso orario, e su di questa una *formica* che si sposta in senso opposto...

2. Questo argomento è complesso ma anche *molto importante*.

Ha lo scopo di dare non delle *nozioni*, ma l'idea di *come ci si arriva*.

E anche di far vedere che queste cose *erano già state pensate 2500 anni fa...*

Un'altra variazione annua: il mezzogiorno vero

Ripetendo le misure con lo gnomone per un intero anno si scopre un altro fatto: il *mezzogiorno vero* non solo non coincide col mezzogiorno “dell'orologio”, ma *varia*.

A Lucca, da **12h 32m 16s** TMEC l'11 febbraio a **12h 1m 32s** il 2 novembre.

(In realtà i secondi non sono sicuri, perché basta spostarsi di 300 m verso Est od Ovest per avere uno spostamento di un secondo.)

La spiegazione è troppo complessa per affrontarla a questo livello...

Il fenomeno ha grande importanza per le *meridiane*, che “sbagliano” rispetto al *tempo civile*, in modo variabile nel corso dell'anno.

