



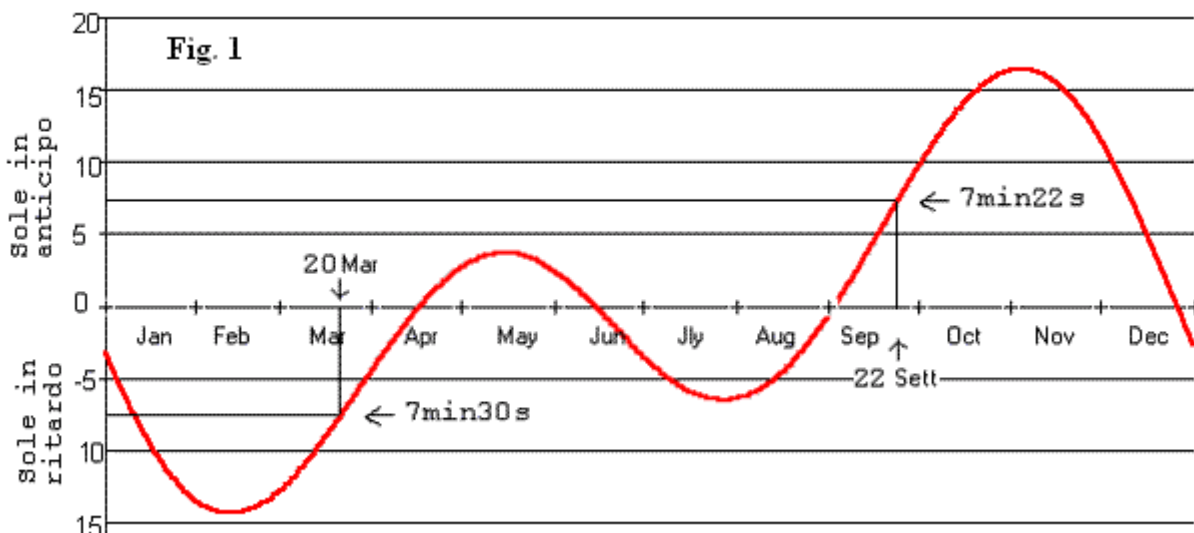
## Rilevamento della posizione del sole ai fini della determinazione della latitudine del luogo nel giorno dell'equinozio: appunti e suggerimenti Silvia Pugliese Jona, Gian Nicola Cabizza

Il contributo seguente è stato preparato per aiutare chi, nell'anno internazionale della fisica, vuole organizzare una giornata di "Fisica in Piazza" nel giorno dell'equinozio di primavera oppure nel giorno dell'equinozio d'autunno. Tra le manifestazioni si può in tal caso prevedere anche una misurazione pubblica della latitudine del luogo basata sulla posizione del Sole nell'istante della culminazione. Ovviamente, la misurazione potrà essere eseguita solo se in un adeguato intervallo di tempo intorno al mezzogiorno locale il cielo sarà sereno!

### Analisi del problema

I dati da considerare per ottimizzare il procedimento sono:

- In Italia, la latitudine (indicata nel seguito con  $\lambda$ ) va da un massimo di circa  $47^\circ$  ad un minimo di un po' meno di  $37^\circ$  (senza contare Lampedusa e Pantelleria!).
- Il mezzogiorno locale non coincide con il mezzogiorno dell'orologio per più motivi:
  - a) la posizione del luogo rispetto al centro del fuso orario (meridiano dell'Etna,  $15^\circ$  di longitudine est): la correzione per la differenza di longitudine corrisponde a 4 minuti per ogni grado, in anticipo se ci si trova ad Est del meridiano dell'Etna; in ritardo se ci si trova ad ovest. In Italia la longitudine più orientale è circa  $18^\circ 30'$ , quella più occidentale è circa  $6^\circ 30'$ : l'istante del mezzogiorno locale differisce quindi di circa 48 minuti tra un luogo e l'altro.
  - b) l'eventuale regime di ora legale estiva o invernale.
  - c) la differenza di durata del giorno (inteso tra intervallo di tempo tra due mezzogiorni successivi) nel corso dell'anno. Questa è descritta dalla cosiddetta "equazione del tempo" rappresentata nel seguente grafico che mostra che, rispetto al mezzogiorno dell'ora legale invernale, il giorno 20 Marzo il mezzogiorno solare ritarda di circa 7 minuti e mezzo e il giorno 22 Settembre (in regime di ora legale estiva) anticipa di circa altrettanto (fig. 1).

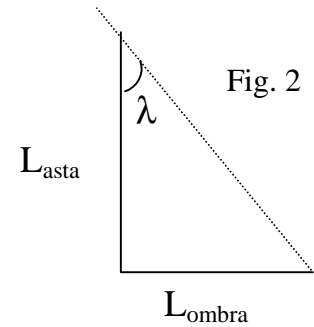


E' opportuno che chi si accinge a compiere le misurazioni calcoli in precedenza a quale ora dell'orologio si verificherà il mezzogiorno solare nel suo luogo di residenza.

## Metodi di misurazione

### Gnomoni

Il principio dello gnomone (Fig. 2) è universalmente noto ma una applicazione improvvisata può riservare spiacevoli sorprese. La figura lo illustra nella sua forma più semplice: un'asta verticale che illuminata dal sole, getta la sua ombra su un piano orizzontale. Se quella illustrata è l'ombra nell'istante della culminazione nel giorno dell'equinozio, l'angolo  $\lambda$  è la latitudine del luogo.



### Possibili procedimenti

Soprattutto volendo fare una dimostrazione in piazza visibile da tutti, è quasi impossibile trovare un suolo davvero orizzontale e potrebbe essere necessario costruire una (o più) piattaforma orizzontale su cui realizzare l'esperimento (o più esperimenti in modo da accomodare diversi gruppi di persone e confrontare, poi, i risultati di ciascuno). Per fortuna il sole sarà abbastanza alto da produrre in Italia, nell'istante della culminazione, un'ombra di lunghezza minore o solo poco maggiore di quella dell'asta. Le piattaforme dovranno essere ricoperte di carta su cui si possano tracciare le successive posizioni delle ombre della punta dello gnomone e/o altre linee importanti.

Il procedimento da seguire cambierà secondo le disponibilità di voglia e di tempo del pubblico e del numero di informazioni che si vogliono fornire.

a) Se si dà per scontato che si conosce (perché calcolato in precedenza) l'istante della culminazione, basta misurare la lunghezza dell'ombra nell'istante calcolato.

b) Se si dà per scontato che nell'istante della culminazione il sole è esattamente a Sud, usando p.es. una bussola o un GPS si può tracciare sulla piattaforma, partendo dal piede dello gnomone, la direzione del Sud e poi seguire il ruotare dell'ombra per pochi minuti intorno all'istante della culminazione e misurarne la lunghezza quando si sovrappone alla linea tracciata.

c) Se non si dà nulla per scontato si deve misurare ripetutamente (p.es. ogni 2 o 3 minuti) la lunghezza dell'ombra dell'asta sul piano orizzontale per almeno mezz'ora prima del mezzogiorno locale fino ad almeno mezz'ora dopo (ma più a lungo è meglio) ed individuare tra tutte quelle misurate l'ombra più corta.

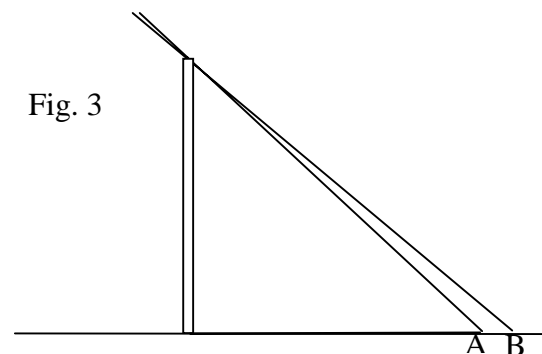
Con un pubblico non scolastico non c'è probabilmente tempo per fare seduta stante un best-fit (parabolico anche se la curva, a rigore, è un'iperbole) dei dati di lunghezza delle ombre in funzione del tempo ricavando la lunghezza minima dalla posizione del vertice della parabola. Questo sarebbe invece un bell'esercizio per una classe di studenti.

## Problemi

### 1) Ombra e penombra

L'ombra di uno gnomone lungo un metro si estenderà per circa 1 metro sul suolo. Dato che il cono di luce proveniente dal sole ha un'apertura di circa mezzo grado, l'ombra della punta dello gnomone sarà affiancata e sormontata da una penombra che contribuisce all'incertezza della misura della sua lunghezza che dovrebbe essere presa circa a metà tra i

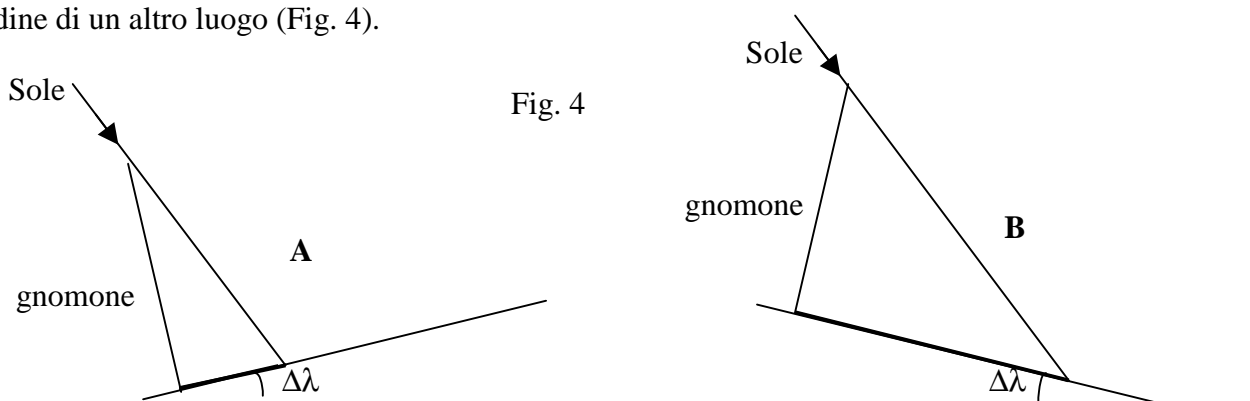
punti A e B (zona di penombra: fig. 3). La cosa è meno facile di quanto possa apparire e l'incertezza dovuta alla penombra produrrà un'incertezza di circa mezzo grado nella misura della latitudine. Uno gnomone più lungo produrrà una zona di penombra più ampia e più sfumata. Forse la migliore scelta per minimizzare l'importanza dell'effetto è utilizzare uno gnomone la cui



penombra abbia un'ampiezza paragonabile all'incertezza strumentale dello strumento di misura che s'intende adoperare. Conviene dimensionare l'esperimento facendo qualche calcolo preliminare. Per attenuare l'incertezza dovuta alla penombra si potrà montare una sfera di dimensioni adeguate in cima all'asta dello gnomone. Si dovrà in tal caso trarre il centro dell'ombra della sfera (che sul piano orizzontale sarà ellittica) effettuando così una misurazione più precisa.

## 2) Impossibilità di trovare un piano orizzontale

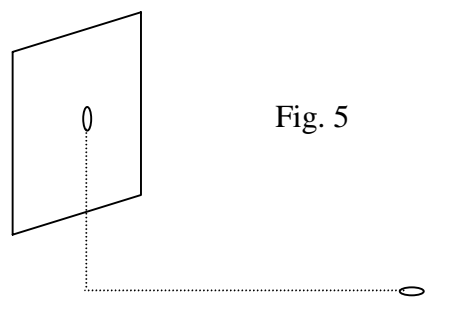
Supponiamo che la piattaforma sia inclinata ma che possa comunque essere orientata in modo che la massima pendenza sia in direzione Nord-Sud. In tal caso l'ombra più corta corrisponderà alla latitudine di un altro luogo (Fig. 4).



Nel caso A simuliamo un luogo in cui la latitudine è minore della nostra di  $\Delta\lambda$ ; nel caso B un luogo dove essa è maggiore della nostra di  $\Delta\lambda$ . Misurando l'inclinazione del piano della piattaforma rispetto all'orizzontale si può comunque trovare la latitudine del luogo in cui ci si trova, ma l'esperimento è senz'altro meno convincente di quello descritto sopra.

## La soluzione più efficace

Si può, analogamente, usare uno gnomone immateriale costituito da uno schermo in cui si sia praticato un foro circolare, misurando la distanza tra il centro dell'ellisse luminosa proiettata sul piano orizzontale e il piede della verticale per il centro del foro (Fig. 5). Questa soluzione prende il nome di gnomone a foro gnomonico. Le fotografie che seguono ne mostrano un esemplare (Foto 1) ed alcuni dettagli (Foto 2 e Foto 3).



## Dettagli costruttivi

- 1) Base: la base dello gnomone è in multistrato da 20 mm ed è dotata di tre viti calanti che consentono una rapida messa in bolla. Quella illustrata misura 30x80 cm, ma occorre ricalcolare la lunghezza in funzione delle particolari esigenze del luogo in cui si svolge la misurazione (punto 2).
- 2) Asta verticale: nella foto è realizzata mediante una tavola messa in squadra con una tavola orizzontale. Per la misurazione della latitudine occorre dimensionare le lunghezze delle due tavole in modo da poter rilevare le posizioni della macchia luminosa in un adeguato intervallo di tempo che comprende l'istante del mezzogiorno locale. Per esempio se la latitudine è  $45^\circ$ , la tavola orizzontale dovrà essere adeguatamente più lunga della tavola verticale dato che nell'istante del mezzogiorno le distanze della macchia luminosa e del foro gnomonico dal piede dell'asta di sostegno saranno uguali.

3) Foro gnomonico (Foto 2): è un foro di diametro 8 mm praticato in un cartoncino montato su un pezzo di multistrato sottile 20x20 cm in corrispondenza di un foro centrale di 5 cm di lato. È importante che dopo il montaggio il foro gnomonico sia sulla verticale dello spigolo tra la tavola verticale e la tavola orizzontale.

4) Scala graduata millimetrata: un metro di carta è incollato sulla tavola orizzontale con il bordo in corrispondenza del piede della verticale dal centro del foro gnomonico. In tal modo l'asse maggiore della macchia luminosa ellittica si troverà sul bordo della scala graduata, facilitando la determinazione della posizione del centro.

5) Fissaggio dello gnomone sulla base: il centro della tavola orizzontale della squadra è montato su una vite che la fissa dolcemente al centro della base. Infatti, poiché per motivi di messa in bolla la posizione della base non deve cambiare nel corso delle misurazioni, ad ogni misura si dovrà riorientare lo gnomone.

6) Durante la misurazione, per rendere più precisa la lettura è bene accostare al metro un foglio bianco sul cui bordo è segnata una tacca che va posta al centro della macchia luminosa ellittica (Foto 3). Con questo gnomone e con queste precauzioni si può ottenere un errore massimo di 3 primi di grado sull'angolo  $\lambda$ .



### **Raccomandazione finale**

**Qualunque soluzione si scelga, è indispensabile provarla prima!!!**