

## Eratostene e il suo metodo

Eratostene di Cirene (276-194 a.C.) matematico, astronomo e poeta, viveva ad Alessandria d'Egitto dove dirigeva la famosa biblioteca.

Eratostene sapeva che, a mezzogiorno del solstizio d'estate, il Sole illuminava il fondo dei pozzi a Siene, l'attuale Assuan, situata a circa 840 Km a sud-est di Alessandria, nei pressi del Tropico del Cancro.

Infatti il Sole in quel momento dell'anno si trovava allo Zenit di Siene e un bastoncino piantato verticalmente a terra non avrebbe proiettato nessuna ombra. Ad Alessandria, dove lui viveva, invece contemporaneamente i raggi del Sole non erano verticali ma si discostavano dalla verticalità per un cinquantesimo dell'angolo giro, pari a  $7,2^\circ$ .

Eratostene partiva dal presupposto che la distanza del Sole fosse tanto grande da far sì che i suoi raggi arrivassero praticamente paralleli. Inoltre presupponeva che la Terra fosse sferica, per cui la differenza di inclinazione di  $7,2^\circ$  dei raggi solari tra le due città doveva dipendere dalla curvatura della superficie terrestre.

Egli ragionò così: l'angolo di  $7,2^\circ$  formato dai raggi solari con la verticale di Alessandria è congruente all'angolo che ha per vertice il centro della Terra e i cui lati passano rispettivamente per Alessandria e Siene; infatti sono angoli corrispondenti, generati da due parallele intersecate da una retta. Si tratta quindi della *distanza angolare* tra le due città (fig.1).

Poiché  $7,2^\circ$  corrisponde ad  $1/50$  dell'angolo di  $360^\circ$ , ciò significa anche che la distanza *effettiva* tra le due città, ritenuta allora di 5.000 stadi, è un cinquantesimo della circonferenza terrestre. Dunque la circonferenza terrestre misura  $50 \cdot 5000$  stadi = 250.000 stadi.

Non è facile stabilire una corrispondenza tra le unità di misura di allora con quelle attuali. La lunghezza dello stadio greco è molto discussa, variando dai 154 m ai 215 m. Secondo le opinioni più accreditate, lo stadio usato da Eratostene corrispondeva a 185 metri attuali: ne risulterebbe così una circonferenza terrestre di 46.250 km.

Secondo altri autori lo stadio doveva essere pari a 157,5 m e quindi la circonferenza doveva corrispondere a 39.690 km attuali. Quale sia la valutazione storica più vicina al vero non spetta a noi dirlo.

In ogni caso, tenendo conto che a quel tempo le grandi distanze si misuravano a passi, che l'altezza del Sole si misurava con le ombre e che era impossibile controllare un buon allineamento Nord-Sud di due località così lontane (la differenza di longitudine Alessandria-Assuan è quasi di  $3^\circ$ ) si può senz'altro concludere che la misura della Terra, ottenuta da Eratostene con un metodo geniale per sua semplicità, si avvicinò in modo sconcertante al valore

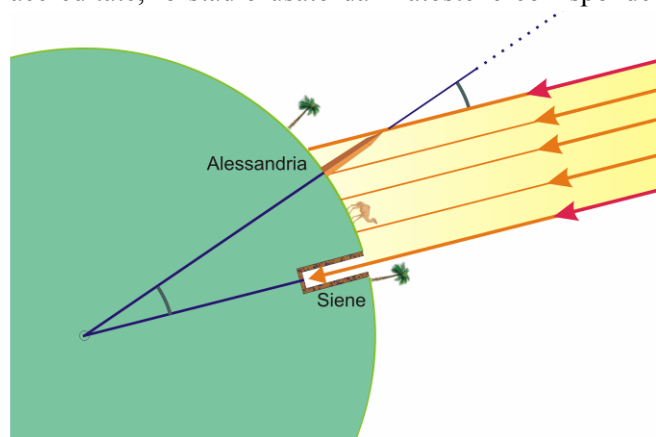


fig.1 Per la curvatura della superficie terrestre i raggi solari giungono a Siene e ad Alessandria con inclinazioni diverse rispetto alla verticale del posto. (N.Scarpel)

attuale.

## La Rete di Eratostene tra scuole e il suo metodo di lavoro

E' proprio la semplicità di realizzazione che rende il metodo di Eratostene uno straordinario strumento didattico. Per questo lo si è voluto sperimentare tra diverse scuole, costituendo la **Rete di Eratostene** tra docenti e studenti di varie città italiane, di cui viene illustrato di seguito il metodo di lavoro.

Alle nostre latitudini i raggi solari non raggiungono mai la verticalità, ma è significativa

comunque la differenza di inclinazione dei raggi osservati da due località poste una a Nord e l'altra a Sud dell'Italia, all'incirca sullo stesso meridiano; se si misura simultaneamente l'altezza del Sole in dette località si possono confrontare i due risultati ed analizzarli per molteplici attività didattiche.

Ovviamente è significativa la misurazione nel momento della culminazione del Sole, cioè nel **mezzogiorno solare** vero del luogo.<sup>1</sup>

L'altezza del Sole si può misurare sostanzialmente con l'ombra proiettata da uno stilo verticale o gnomone. E' necessaria la costruzione di semplici strumenti, scelti fra alcuni di quelli proposti in questo libro e già sperimentati, oppure ideati appositamente dai partecipanti.

Nella sezione **Strumenti 2S** sono illustrate diverse soluzioni, a vari livelli di complessità.

In ogni caso, le scelte dello strumento, dei tempi e dei modi rimangono a discrezione dei singoli insegnanti in base al livello delle classi e agli accordi tra i partecipanti alla misurazione.

Dalla differenza delle altezze misurate e conoscendo la distanza delle due località di osservazione, con dei semplici calcoli si può ottenere una stima della circonferenza terrestre.

I risultati e le documentazioni delle esperienze effettuate vengono pubblicati sistematicamente nel sito della Rete di Eratostene [www.vialattea.net/eratostene](http://www.vialattea.net/eratostene).

Dato lo scopo didattico dell'esperienza e tenendo conto della realtà attuale, la proposta di rivisitazione del metodo ricorre necessariamente ad alcuni *compromessi*, che però non inficiano la sua validità :

- si misurano le distanze tra le località delle scuole utilizzando gli atlanti geografici;
- nel caso in cui le due località non siano esattamente sullo stesso meridiano (situazione molto comune e inevitabile) si utilizzano le distanze tra paralleli piuttosto che quelle tra le località come esplicitato sul sito alla pagina <http://www.vialattea.net/eratostene/cosmimetria/distanze.html>; se è necessario ridurre i tempi dell'esperienza si stabilisce il mezzogiorno solare vero con il *modulo di calcolo* che si trova all'indirizzo <http://www.vialattea.net/eratostene/astrocalc/sole1.html>.

### Mettersi d'accordo per le misure

Per sperimentare il metodo di Eratostene in rete è necessaria dunque una collaborazione tra scuole poste a Nord e a Sud dell'Italia, ma all'incirca sullo stesso meridiano. Il gemellaggio è stabilito dalle scuole stesse facendo riferimento alla pagina web contenente l'elenco dei partecipanti <http://www.vialattea.net/eratostene/scuole/index.html>, utilizzando la apposita *mailing-list* e con l'aiuto del coordinatore della Rete di Eratostene.

Le due o più scuole gemelle si accordano per decidere il giorno nel quale effettuare una misurazione. Per facilitare tutte queste operazioni si propongono degli "appuntamenti collettivi" che in genere si sono concentrati in passato nelle Settimane Nazionali dell'Astronomia proposte dal MIUR e che nel 2006 si terrà dal 20 al 26 marzo.

Dal 2003 collabora con la Rete la gemella francese *Sur le pas d'Eratosthène* con scambi di informazioni e misurazioni <http://www.inrp.fr/lamappp/eratos/2004/>.

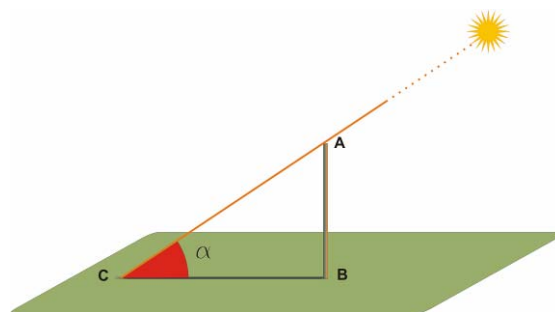


fig.2 L'angolo  $\alpha$  indica l'altezza del Sole sull'orizzonte (N.Scarpel)

### Costruire gli strumenti ed eseguire la misurazione

Il metodo di misurazione si basa sulla proiezione dell'ombra di uno gnomone verticale sul piano orizzontale. La verticalità e l'orizzontalità sono due condizioni molto importanti per limitare gli errori di misura. Lo scopo è quello di misurare l'altezza del Sole rispetto all'orizzonte (angolo  $\alpha$ ) (fig.2).

<sup>1</sup> vedi Scheda Didattica 3SD Tempo del Sole e tempo dell'orologio

La misurazione deve avvenire nel **mezzogiorno solare vero**. Esso è determinato dal momento del transito del Sole nel meridiano del luogo, la cui relazione temporale con l'ora civile dipende **dalla longitudine del luogo e dall'Equazione del tempo**<sup>2</sup>, come illustrato nella Scheda didattica 3SD.

Esso può essere determinato anche sperimentalmente individuando il passaggio dell'ombra di uno gnomone sulla **linea meridiana**<sup>3</sup>.

### Scambiare i dati

I risultati delle misurazioni effettuate vanno adeguatamente elaborati e rimane a discrezione di ogni singolo docente la scelta del livello di elaborazione dei dati a seconda del tipo di scuola e di lavoro che si intende svolgere (fig. 3).

Il valore dell'altezza del Sole individuato viene inviato al coordinatore, per mezzo del modulo on-line predisposto sul sito della Rete per la raccolta dei dati.

Si confronta quindi il dato ottenuto con quello della scuola "gemella" per calcolare la circonferenza terrestre.

### Calcolo della circonferenza terrestre

La distanza **d** tra due località si può determinare utilizzando una carta geografica con rapporto di scala minimo di 1:3.000.000. Poiché quasi mai le due località sono allineate lungo uno stesso meridiano, se la distanza in longitudine non è consistente, si può considerare solo la distanza tra i loro paralleli.

I valori dell'altezza del Sole trovati dalle due scuole "gemelle" al mezzogiorno solare della loro località si sottraggono e si ottiene così la differenza  $\Delta\alpha$  tra esse.

La lunghezza **x** del Meridiano terrestre o Circonferenza terrestre, espressa in chilometri, si ottiene risolvendo la proporzione:

$$360 : \Delta\alpha = x : d$$

da cui  $x = (360 \cdot d) : \Delta\alpha$

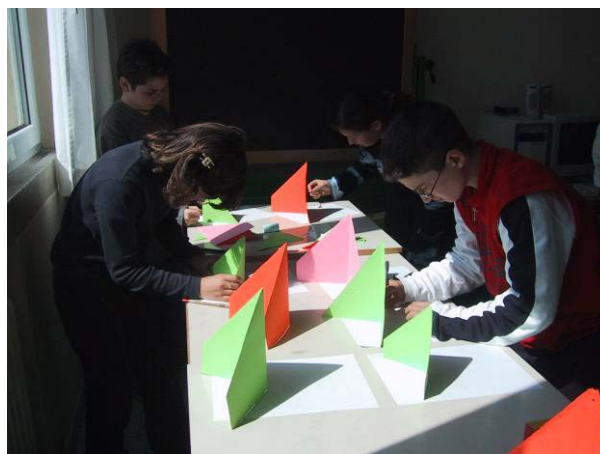


fig.3 L'uso di numerosi gnomoni può limitare l'errore casuale di una singola misurazione (G.Castelli).

## Una traccia di lavoro in rete

Si esemplifica di seguito, passo per passo, una situazione tipica di misurazione, di elaborazione dei dati e di confronto dei dati ottenuti da due scuole, come *traccia di lavoro utile anche per tutte le altre proposte di misurazioni in rete presentate in questo libro*.

### a - Gli accordi e gli appuntamenti

Due scuole, ad esempio una di Cuneo e una di Palermo, decidono di effettuare assieme una misurazione dell'altezza del Sole accordandosi per il 10 aprile 2004.

I rispettivi insegnanti hanno individuato a priori il livello di complessità con cui lavorare con gli studenti.

L'accordo tra le due scuole può essere stabilito via e-mail o via telefono consultando sul sito della **Rete di Eratostene** la pagina delle scuole disponibili; il coordinatore si occupa di aggiornare la pagina degli appuntamenti in modo tale da favorire anche l'aggregazione di eventuali altre scuole e

<sup>2</sup> Vedi Appendice Tabella Equazione del tempo

<sup>3</sup> Vedi Strumenti 1S Trovare la direzione NS

comunica l'appuntamento a tutti per mezzo di un messaggio alla *mailing-list*. Gli studenti e i docenti delle due scuole possono comunicare tra loro anche per mezzo della *chat* predisposta sul sito della Rete di Eratostene per decidere, ad esempio, una scelta comune degli strumenti di misurazione<sup>4</sup>.

---

### **b - Programmare l'ora della misurazione**

I dati di longitudine delle due città sono: Cuneo  $7^{\circ} 32' 18''$  E e Palermo  $13^{\circ} 21' 11''$  E. La prima cosa da fare è determinare il momento di culminazione del Sole nelle due città cioè il mezzogiorno solare vero. Se non si vogliono fare tutti i calcoli, si apre la pagina del modulo di calcolo della Rete di Eratostene [www.vialattea.net/eratostene/astrocalc/sole1.html](http://www.vialattea.net/eratostene/astrocalc/sole1.html) e si inseriscono i dati richiesti.

#### **Per Cuneo:**

anno: 2004 mese: 4 giorno: 10 ora legale estiva: Sì Longitudine  $7^{\circ} 32' 18''$  E

Il fuso orario -1 e il pulsante di scelta per la longitudine E non devono essere modificati dall'utente di una località italiana.

Si legge subito dopo che il mezzogiorno solare vero, in quel giorno, a **Cuneo**, si ha alle  $13^h 31^m$  circa, ora civile degli orologi.

Lo stesso procedimento si segue per **Palermo**, con la longitudine relativa, e si ricava che il mezzogiorno solare invece è alle  $13^h 8^m$  circa.

In effetti, dato che Palermo si trova più a est di Cuneo, il mezzogiorno solare cade 23 minuti prima che a Cuneo.

---

### **c - Effettuare la misurazione**

Le scuole si organizzano ognuna in 7 gruppi e per ogni gruppo preparano uno gnomone costruito con un foro gnomonico<sup>5</sup>.

L'altezza del foro gnomonico, rispetto al piano di appoggio, è uguale per tutte le postazioni (es. 40 cm).

Verso le  $12^h 30^m$  i gruppi escono in cortile o sul terrazzo della scuola, ognuno portando un banco. Usando la livella sistemano i banchi in modo che il loro piano risulti stabile e il più orizzontale possibile e misurano con la massima precisione possibile le altezze dei fori gnomonici, trascrivendo i dati su una tabella.

Fissano gli strumenti con nastro adesivo e segnano con precisione la posizione della base dello gnomone per le successive misure di lunghezza dell'ombra. Mentre aspettano il **mezzogiorno solare** possono già cominciare a tracciare le posizioni della macchiolina di luce proiettata dal foro in modo da abituarsi allo spostamento del Sole e all'identificazione del centro dell'ellisse luminosa proiettata dal foro gnomonico.

La successione dei punti tracciati a intervalli di 2 o 3 minuti descrive un ramo di iperbole con una leggera concavità verso il Nord, quasi rettilineo data la prossimità dell'equinozio primaverile.

Alle  $13^h 8^m$  a Palermo e alle  $13^h 31^m$  a Cuneo si identifica il centro della macchiolina di luce per misurare la lunghezza dell'ombra, che è la distanza tra esso e il piede della verticale del foro gnomonico.

---

### **d-Elaborazione dei dati**

Nella prima elaborazione dei dati di seguito indicata non si tiene conto dell'errore, ma ad un livello di maggiore complessità si può tener conto dell'incertezza della misura.

I risultati ottenuti a Cuneo sono riportati in tabella 1.

Dato che il goniometro fornisce la sensibilità di 1 grado, i valori di angolo sono stati espressi come numeri interi.

---

<sup>4</sup> vedi Strumenti 2S

<sup>5</sup> vedi S.2

## Schede didattiche ed esempi di misurazioni effettuate

Si calcola quindi :

media aritmetica degli angoli =  $(54+54+52+54+53+52+54)^\circ : 7 = 53,285^\circ$   
 che con l'arrotondamento<sup>6</sup> corrisponde ad altezza del Sole a Cuneo =  $53^\circ$   
 Analogamente si procede a Palermo, dove si ottiene altezza del Sole a Palermo =  $60^\circ$ ,  
 quindi la differenza di altezza del sole,  $\Delta\alpha$ , tra Palermo e Cuneo è

$$\Delta\alpha = 60^\circ - 53^\circ = 7^\circ$$

Si determina ora la distanza in km tra le due località. In questo caso la differenza di longitudine è notevole, ma la misura che interessa è quella tra le latitudini delle due località.

Usando una carta con scala 1:3.000.000 la distanza tra le latitudini, misurata con un righello, risulta essere di 232 mm.

Si calcola la distanza tra le due località

$$d = (3.000.000 \cdot 232) \text{ mm} = 696.000.000 \text{ mm} = 696 \text{ km}$$

Poiché

$$360 : \Delta\alpha = x : d \quad \text{si ricava} \quad x = (360 \cdot d) : \Delta\alpha$$

per cui la misura x del Meridiano terrestre ottenuta è :

$$\text{Meridiano terrestre} = (360 : 7) \cdot 696 \text{ km} = 35.496 \text{ km}$$

Se invece si tiene conto dell'errore nelle misure precedenti, considerando  $\pm 1^\circ$  negli angoli e  $\pm 1\text{mm}$  nelle distanze sulla carta, il valore finale ottenuto è  $39.000 \pm 11.000 \text{ km}$ . Il procedimento utilizzato è quello illustrato di seguito nell'esempio di misurazione effettuata da Scalea (1SDE).

*Il valore reale stimato del Meridiano terrestre è di 40.009,152 km.*

Analizzare l'errore e individuare dove vanno perfezionate le misure per correggerlo, può essere un interessante percorso di approfondimento delle applicazioni del metodo scientifico.

Postazione	altezza del foro gnomonico in mm	lunghezza dell'ombra in mm	$\alpha$ = altezza del Sole in gradi
n.1	412	300	54
n.2	424	310	54
n.3	398	304	52
n.4	402	290	54
n.5	430	327	53
n.6	350	267	52
n.7	388	278	54

tab.1 Dati di misurazioni dell'altezza del Sole a Cuneo

<sup>6</sup> L'arrotondamento va fatto in eccesso se la cifra più a destra è maggiore di 5 e in difetto nel caso contrario

## 1SDE Misurazione del Meridiano terrestre da Scalea (CS)

All'iniziativa hanno aderito gli alunni delle classi B ed F della Scuola Media "G.Caloprese" di Scalea (CS), adeguatamente preparati e guidati dai loro insegnanti nell'a.s.2001/2002 .

Gli studenti hanno utilizzato **gnomoni di bastone** a sezione circolare, supportati nella parte inferiore da una stabile base di appoggio a treppiedi, facilmente adattabile a qualsiasi superficie del terreno. E' stato così facile controllare la verticalità dello gnomone con una livella ad acqua e al tempo stesso eliminare il filo a piombo, la cui tenuta creava problemi di instabilità e di messa a punto. Alla sommità del bastone è stato aggiunto un segmento di legno, girevole ed annerito, a forma di T, per marcare meglio l'estremità misurabile dell'ombra.

Sono stati utilizzati anche **gnomoni di cartoncino e gnomoni di squadrette**, muniti di uno schermo nero, su cui è stato praticato un piccolo foro gnomonico con la punta del compasso, orientandoli seguendo l'inclinazione dei raggi solari per avere un'immagine pulita e luminosa sul piano orizzontale.

Gli gnomoni, perfettamente funzionali, sono stati accuratamente controllati nella verticalità e nella misura dell'altezza del foro a partire dal piede.

Scuola capofila : Media Statale "G.Caloprese" di Scalea (CS)

Data: dal 6 al 20 aprile 2002

Docenti: prof. Giuseppe Castelli e prof.Lucia Soccio



fig.1 Alunni della S.M.S."Caloprese" di Scalea alle prese con gli gnomoni (G.Castelli)

### Misura della distanza terrestre tra due località

Tramite la Rete di Eratostene sono stati fissati appuntamenti con altre scuole di varie località italiane come si evince dalla tabella 1.

Utilizzando una carta geografica in scala 1:2.000.000 gli alunni hanno misurato la distanza tra i paralleli delle due località delle scuole gemelle, considerandole virtualmente sullo stesso meridiano.

Hanno misurato la distanza grafica (in mm) tra le località prese in considerazione e la hanno convertita in distanza reale in km, tenendo conto di un possibile errore di  $\pm 1$  mm.

Ad esempio, tra Scalea e Dogliani la distanza reale si è ottenuta moltiplicando la distanza grafica, misurata sulla carta geografica, di  $(524 \pm 1)$  mm, per il valore della scala,  $1 / 2.000.000$ , per cui

$$\text{Distanza reale} = (524 \pm 1) \text{ mm} \cdot 2.000.000 = (524 \pm 2) \text{ km}$$

	Dogliani (CN)	Lucera (FG)	Firenze	ReggioCalabria	Empoli (FI)	Gallarate (VA)
distanze in km da Scalea a	$524 \pm 2$	$187 \pm 2$	$442 \pm 2$	$190 \pm 2$	$434 \pm 2$	$651 \pm 2$
	Palermo	Cassino (FR)	Pescara	Montebelluna (TV)	Riposto (CT)	Sassuolo (MO)
	$188 \pm 2$	$186 \pm 2$	$294 \pm 2$	$664 \pm 2$	$230 \pm 2$	$527 \pm 2$

Tab.1 Distanze tra Scalea e le varie città italiane delle scuole gemelle

### Condizioni del tempo e operazioni preliminari prima del transito del Sole

Le condizioni meteorologiche, complessivamente soddisfacenti durante le misurazioni, hanno consentito di operare a ciel sereno e in assenza di vento.

Gli alunni, suddivisi in gruppi, hanno occupato postazioni ben soleggiate utilizzando i banchi della classe, coperti da un foglio bianco, come base di appoggio per gli gnomoni di cartoncino e di squadrette o il pavimento per quello di bastone (fig.2 e 3).

Con una **livella ad acqua** hanno controllato attentamente l'orizzontalità della superficie d'appoggio e la verticalità degli gnomoni.

---

### Transito e altezza del Sole a Scalea

Con il **modulo di calcolo on line** della Rete di Eratostene gli alunni hanno rilevato i seguenti dati:

- il transito del Sole sul meridiano locale (mezzogiorno solare vero o culminazione)
- la declinazione apparente del Sole, utile per calcolare il valore teorico dell'altezza del Sole, con la formula:  $\alpha = 90 - \text{latitudine locale} + \text{declinazione}$ <sup>7</sup>.

Immediatamente prima e dopo il mezzogiorno solare ciascun gruppo ha effettuato 5 misurazioni, intervallate di 3 minuti; la terza misurazione corrispondeva al momento del mezzogiorno solare vero. Il tutto è stato fatto con accuratezza e nel rispetto dei tempi. Sul foglio di carta sono stati segnati i punti in cui finiva l'ombra proiettata dallo gnomone e in corrispondenza del mezzogiorno solare è stata individuata l'ombra più corta.



fig.2 Alunni della S.M.S. "Caloprese" di Scalea verificano la verticalità del loro gnomone di bastone (G.Castelli)

Con il modulo di calcolo dell'arcotangente e, verificando i calcoli con la calcolatrice scientifica, si è calcolato l'angolo dell'altezza del Sole a Scalea, riportando sul modulo di calcolo l'altezza dello gnomone e la lunghezza dell'ombra (in mm).

La media aritmetica dell'angolo dell'altezza del Sole è stata ottenuta dalla somma di tutti i valori degli angoli divisa per il loro numero, secondo la formula

$$M\alpha = (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n) / n$$

È stato utile calcolare anche *l'errore assoluto (o massimo)*, dove i dati lo riportavano, per definire la misura più probabile dell'altezza del Sole e di conseguenza quella della circonferenza del meridiano terrestre.

L'Errore assoluto (o massimo) è dato dalla semidifferenza tra l'angolo maggiore  $\alpha_2$  e l'angolo minore  $\alpha_1$ , secondo la formula

$$Ea = (\alpha_2 - \alpha_1) / 2$$

Per cui si è calcolata l'Altezza del sole secondo la formula:  $\alpha = M\alpha \pm Ea$

---

### Calcolo del meridiano terrestre tenendo conto dell'errore

Per risalire alla misura del meridiano terrestre si sono effettuati i seguenti calcoli:

1. la distanza  $d$  in linea d'aria tra le due località situate virtualmente sullo stesso meridiano.
2. la differenza  $\Delta\alpha$  delle altezze del Sole tra le due località tenendo conto degli errori.

---

<sup>7</sup> vedi Scheda Didattica 2SD e Prerequisiti 3P

3. la lunghezza  $C$  del meridiano terrestre, secondo la proporzione seguente, tenendo conto che in geometria l'angolo al centro e l'arco corrispondente sono grandezze direttamente proporzionali:

$$360 : C = \Delta\alpha : d \quad \text{da cui} \quad C = 360 \cdot d / \Delta\alpha$$

### Esempio di calcolo del Meridiano con i dati di Scalea e Firenze

Altezza del sole il 19 aprile 2004 a Scalea  $\alpha = 61,6^\circ \pm 0,4$  e a Firenze  $\alpha = 57,3^\circ \pm 0,8$   
per cui  $\Delta\alpha = 4,3 \pm 1,2$

$$C_2(\text{valore massimo}) = 360 \cdot (442+2) \text{ km} / (4,3-1,2) = 51.561 \text{ km}$$

$$C_1(\text{valore minimo}) = 360 \cdot (442-2) \text{ km} / (4,3+1,2) = 28.800 \text{ km}$$

$$C(\text{probabile}) = (C_2+C_1) / 2 = (51561 \text{ km} + 28800 \text{ km}) / 2 = 40.180 \text{ km}$$

Nella successiva tabella 2 sono riportati i giorni delle misurazioni, le città delle scuole gemellate e tutti i dati con cui si è lavorato per giungere al risultato finale.

Il valore medio finale del Meridiano terrestre calcolato da Scalea è risultato essere  
40.307 km

### Conclusioni e riflessioni

Il valore medio finale del meridiano terrestre risulta essere di 40.307 km. Se si confronta col valore del meridiano stimato reale, 40.009 km, la misura ottenuta risulta essere veramente buona, con un errore assoluto abbastanza basso.

Va detto che nello scegliere le scuole con cui confrontare i dati si è ritenuto opportuno di non effettuare misure con località tra loro vicine e al di sotto di 180-150 km, per non incorrere in misurazioni discordanti e in errori percentuali troppo alti.

Dal punto di vista operativo una delle principali difficoltà incontrate è stata quella di assicurare alla strumentazione il dovuto livellamento e l'ortogonalità necessaria. Si è comunque operato serenamente, con precisione e nel rispetto massimo dei *tempi concessi*.

Le condizioni meteorologiche sono state complessivamente soddisfacenti durante le misurazioni e hanno consentito di operare a ciel sereno e in assenza di vento.

*Ci sentiamo pertanto molto soddisfatti del risultato ottenuto e sicuramente desiderosi di ripetere in avvenire questa simpatica esperienza astronomica (fig.3).*

*Infine siamo lieti se, l'esperienza fatta dalla nostra scuola, potrà risultare utile traccia a coloro che per la prima volta si accingono a misurare la circonferenza del Meridiano terrestre, adeguandola al metodo ideato da Eratostene.*



fig.3 Foto di gruppo alla fine del lavoro (G.Castelli)

**Schede didattiche ed esempi di misurazioni effettuate**

Data delle misurazioni	Altezza Sole 1° località (gradi)	Altezza Sole 2° località (gradi)	Differenza $\Delta\alpha$ (gradi)	Distanza da Scalea (km)	Meridiano ( km)
6 aprile 2002	Scalea 57,03	Lucera (FG) 55,4	1,63	187	41.300
9 aprile 2002	Reggio 59,6	Scalea (CS) 57,9	1,7	190	40.235
10 aprile 2002	Palermo 60,2	Scalea (CS) 58,5	1,7	188	39.812
15 aprile 2002	Scalea 60,06	Lucera (FG) 58,4	1,66	187	40.554
idem	Scalea 60,06	Cassino (FR) 58,3	1,7	186	39.388
16 aprile 2002	Riposto (CT) 62,62	Scalea (CS) 60,6	2,02	230	40.990
17 aprile 2002	Scalea 60,825±0,1	Dogliani (CN) 56,2	4,625 ± 0,1	524 ± 2	40.809
	Scalea 60,825 ± 0,1	Firenze 56,8±0,6	4,025 ± 0,7	442 ± 2	40.797
	Scalea 60,825 ± 0,1	Gallarate (VA) 54,72± 0,5	6,105 ± 0,6	651 ± 0,2	38.774
18 aprile 2002	Scalea 60,95 ± 0,4	Empoli (FI) 56,9 ± 0,7	4,05 ± 1,1	434 ± 2	41.702
	Scalea 60,95 ± 0,4	Dogliani (CN) 56,4	4,55 ± 0,4	524 ± 2	41.796
	Scalea 60,95 ± 0,4	Sassuolo (MO) 55,9 ± 1	5,05 ± 1,4	527 ± 2	40.738
	Scalea (CS) 60,95 ± 0,4	Montebelluna (TV) 55,1 ± 0,4	5,85 ± 0,8	664 ± 2	41.657
19 aprile 2002	Scalea (CS) 61,6	Cassino (FR) 5 9,9	1,7	186	39.388
	Scalea (CS) 61,6 ± 0,4	Firenze 57,3 ± 0,8	4,3 ± 1,2	442 ± 2	40.180
	Scalea (CS) 61,6 ± 0,4	Sassuolo (MO) 56,6 ± 0,4	5 ± 0,8	527 ± 2	38.965
	Scalea (CS) 61,6 ± 0,4	Pescara 58,8 ± 0,2	2,8 ± 0,6	294 ± 2	39.677
20 aprile 2002	Scalea (CS) 61,7 ± 0,4	Dogliani (CN) 56,8	4,9 ± 0,4	524 ± 2	38.768

tab.2 Dati utilizzati per i calcoli del Meridiano terrestre da Scalea con date, località delle scuole gemelle, relative altezze e differenze  $\Delta\alpha$  del Sole e distanze da Scalea.