



La Fisica nel Biennio, Trento 27-30 agosto 2012



LA GRANDEZZA CHAMATA LUNGHEZZA
Emanuela Antolini
Liceo Galileo Galilei, Trento

LA GRANDEZZA chiamata LUNGHEZZA

INTRODUZIONE

Finalità

Le esperienze proposte sono **solo uno dei tanti esempi (!)** di come si possono avvicinare gli alunni delle classi prime, ad inizio di anno scolastico, ai seguenti temi:

- a. Che cos'è **una grandezza fisica**?
- b. Che cos'è **l'unità di misura di una grandezza A**? Come si scrivono i **multipli** e i **sottomultipli** di una unità campione?
- c. Che cos'è invece la **notazione scientifica** di un numero? Che cos'è **l'ordine di grandezza** di un numero? Che cos'è **l'ordine di grandezza di una misura rispetto ad una data unità di misura**.
- d. Cosa significa **misurare una grandezza fisica A**?
 - e. Che cos'è la **misura a** di una grandezza A presa rispetto all'unità campione A'?
 - f. Che cos'è uno **strumento di misura**? Che cos'è la **sensibilità** di uno strumento? E cos'è la **portata** di uno strumento?
 - g. Perché le misure in laboratorio sono espresse **da intervalli** di valori? Che cos'è **l'errore assoluto** **ea della misura a di una grandezza**?
 - h. Cosa intendiamo con il termine 'ottenere una **misura diretta**'? In questo caso quale procedura dobbiamo seguire nella determinazione dell'errore assoluto?
 - i. Che cosa sono **l'errore relativo e l'errore percentuale di una misura**? Hanno unità di misura? Quale informazione in più forniscono rispetto all'errore assoluto?
 - l. Cosa intendiamo con il termine 'ottenere una **misura indiretta**'? In questo caso quale procedura dobbiamo seguire nella determinazione dell'errore assoluto? Come facciamo a scegliere in questo caso il **numero di cifre significative** che dobbiamo scrivere, visto che i risultati forniti dalle calcolatrici sono numeri decimali?
 - m. Come si analizzano un grande numero di misure della stessa grandezza?
 - n. Come si **confrontano** in laboratorio **due misure**: cioè quando si dice che esse sono 'uguali entro i limiti degli errori sperimentali'?

L'esempio riportato costituisce un'unica grande unità didattica dal titolo, se vogliamo, **LA GRANDEZZA chiamata LUNGHEZZA** suddivisa in 6 unità didattiche legate ciascuna ad un esperimento attraverso il quale si introducono di volta in volta uno o due concetti nuovi e si consolidano quelli precedenti.

L'idea parte dal seguire l'abitudine dei ragazzi (acquisita nelle esperienze precedenti) di procedere alle trasformazioni di unità di misura 'per salti'. Così, introducendo la 'linea dell'unità di misura metro',

Gm **Mm** **km** **m** **mm** **μm** **nm**
hm **dam** **dm** **cm**



ci si sposta 'a salti' prima 'a destra' fino a scoprire l'unità di misura atomica Angstrom:

- 1) **Misure dirette di lunghezze con righelli e calibri**
- 2) **La misura dello spessore della pagina di un libro**
- 3) **La misura dello spessore della traccia di una matita**
- 4) **La misura delle dimensioni della molecola di acido oleico**

e poi 'a sinistra'

5) La triangolazione: misura della distanza di due punti di cui il secondo non accessibile

6) Misura del diametro del sole

fino ad incontrare l'unità astronomica U.A

Le schede sono quelle consegnate lo scorso anno scolastico agli alunni di una 1° classe P.N.I. che aveva 3 ore di fisica a settimana, di cui 2 in laboratorio.

Come si vede le schede sono state compilate in quasi tutte le loro parti, in modo che gli alunni di volta in volta fossero costretti a concentrarsi solo nella parte relativa all'elaborazione dei dati e all'acquisizione dei concetti via via introdotti.

NOTA : Come detto all'inizio dell'introduzione, questo è solo uno dei modi in cui gli esperimenti introdotti possono essere utilizzati, ma essi si prestano, con altre finalità ad essere introdotti in percorsi completamente diversi.

prof.ssa Emanuela Antolini

Titolo: **Misure dirette di lunghezze con righello, calibro e corda metrica**

Scopo: misurare direttamente con un righello, un calibro e la corda metrica le lunghezze di alcuni oggetti assegnati e scrivere le misure ottenute riportando l'errore assoluto associato.

- Materiale:* - un righello di sensibilità $s = 1\text{mm}$
 c. un calibro di sensibilità $s = 1\text{dmm}$
 ci. una corda metrica di sensibilità $s = 1\text{ cm}$
 cii. alcuni oggetti di forma geometrica differente:

Consegna:

1^ Ciascun componente del gruppo deve misurare le dimensioni degli oggetti assegnati ripetendo ogni volta la misurazione utilizzando il righello, il calibro e la corda metrica e deve riportare i valori ottenuti espressi in centimetri nella seguente tabella scrivendo prima l'intervallo

(a_{\min} , a_{\max}) della misura e poi scrivendo la misura stessa nella forma $a \pm \epsilon a$ ricordando che l'errore assoluto ϵa non può mai essere inferiore alla semisensibilità dello strumento!

Lunghezza	(a_{\min} , a_{\max})	$a \pm \epsilon a$	Strumento di m.
			corda metrica
			righello
			calibro
			corda metrica
			righello
			calibro
			corda metrica
			righello
			calibro
			corda metrica
			righello
			calibro

2^ Che osservazioni puoi fare?

Titolo: Misura indiretta e diretta dello spessore della pagina di un libro

Scopo: misurare indirettamente lo spessore della pagina di un libro e confrontare poi la misura ottenuta con uno strumento di misura di sensibilità adeguata.

Materiale: - un righello di sensibilità _____
il libro di fisica

Consegna:
(da eseguire a casa)

1^ "Misura direttamente" con il righello lo spessore di un numero n di pagine del libro di fisica e riporta la misura S_n con l'errore associato e l'unità di misura nella seguente tabella.

n	$S_n \pm \epsilon S_n$

2^ "Calcola" lo spessore S_1 di una pagina applicando la " formula":

$$S_1 = \frac{S_n}{n}$$

due volte, una volta per calcolare il valore massimo S_{1Max} e una seconda volta per calcolare il valore minimo S_{1min} di S_1 sostituendo i valori da te trovati.

$$S_{1Max} = \frac{S_n + \epsilon S_n}{n} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$S_{1min} = \frac{S_n - \epsilon S_n}{n} = \underline{\hspace{2cm}}$$

3^ Ora puoi risalire alla misura cercata e al suo errore calcolando:

$$S_1 = \frac{S_{1Max} + S_{1min}}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

[scrivi tutte le cifre che vuoi,
con l'unità di misura]

$$\epsilon S_1 = \frac{S_{1Max} - S_{1min}}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

[scrivi tutte le cifre che vuoi
con l'unità di misura]

e scrivendo il risultato nelle tre 'scritture'

$$S_{1 \min} < S_1 < S_{1 \max}$$

$$S_1 \pm \epsilon S_1$$

$$\overline{S_{1 \min} \hspace{1.5cm} S_{1 \max}}$$

Domanda: che sensibilità dovrebbe avere lo strumento adatto a misurare direttamente lo spessore della pagina del tuo libro?

Sensibilità = ____ ____ ____

(da eseguire a scuola)

4^ Misuriamo ora lo spessore di una pagina con il calibro centesimale (detto calibro di Palmer). Riporta nella seguente tabella il valore dello spessore della pagina del libro ottenuto direttamente con il calibro di Palmer e quello da te ottenuto indirettamente eseguendo i calcoli numerici.

$S_1 \pm \epsilon S_1$ Misura diretta	$S_1 \pm \epsilon S_1$ Misura indiretta

Confronta i valori e verifica se essi sono **compatibili** (cioè se **sono uguali entro i limiti degli errori sperimentali**) confrontando i grafici degli intervalli associati.

Cosa concludi?

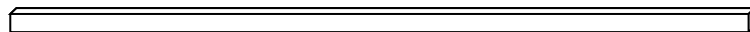
Titolo: LO SPESSORE DELLA TRACCIA DI UNA MATITA

Scopo: Vogliamo misurare lo ‘spessore’ della traccia lasciata da una matita.

Materiale: una mina (possibilmente
(possibilmente un portamine)
un foglio di carta a righe o a quadretti
un righello

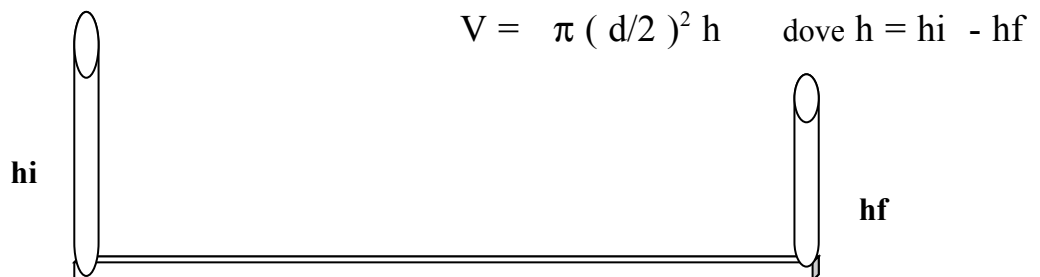
Premesse teoriche: Per risalire allo spessore di una traccia lasciata da una matita su di un foglio di carta, associamo alla traccia stessa l’idea di un lungo parallelepipedo avente :

- lunghezza **L** pari alla lunghezza della traccia,
- ciii. larghezza **d** pari al diametro della mina della matita,
- civ. altezza **s** pari allo spessore della traccia stessa.



Questa traccia di grafite ha perciò un volume pari a $V = L d s$.

Ma la quantità di grafite lasciata sul foglio è pari a quella che si è consumata. Pertanto, se uso una mina di diametro **d** conosciuto e misuro con un calibro la lunghezza **hi** della mina prima di disegnare la traccia e misuro la lunghezza **hf** della mina dopo aver disegnato la traccia, posso trovare il volume di grafite consumato pensandola come ad un cilindro di volume:



Una volta calcolato il volume **V** posso risalire alla misura dello spessore **s** con la formula inversa:
 $s = V / Ld$

Indicazioni di lavoro

- i. Misura con un calibro o con un righello la misura della lunghezza iniziale **hi** di una mina .
- ii. Traccia su di un foglio a righe **N** righe lunghe uguali e possibilmente diritte (senza usare il righello) fino a quando ti sembra di aver consumato un paio di millimetri di grafite.
- iii. Misura la nuova lunghezza **hf** della mina e calcola $h = h_i - h_f$.
- iv. Misura la lunghezza totale **L** della traccia lasciata.
- v. Rispondi alle seguenti domande per iscritto:

1. Costruisci una tabella ordinata ove raccogliere tutti i dati e decidi quale errore assoluto assoceresti a ciascuna misura.

d (cm)	hi (cm)	hf (cm)	L (cm)
	±	±	±

Dom: Quali sono le misure ottenute direttamente e quali quelle ottenute indirettamente?

2. Senza il calcolo degli errori perché altrimenti sarebbe troppo complicato, applica la formula del volume del cilindro: $V=\pi(d/2)^2h$ per trovare la quantità di graffite consumata.

3.

$$V \text{ (mina consumata)} = \underline{\hspace{5cm}}$$

4. Applica la formula inversa del volume del parallelepipedo $s = V/ Ld$ e ricava il valore dello spessore della traccia.

$$s = V/ Ld = \underline{\hspace{5cm}}$$

5. Esprimi la misura in m e ricavane l'ordine di grandezza.

$$S = \underline{\hspace{5cm}} \quad \text{O.G.} = \underline{\hspace{5cm}}$$

Dom: E' possibile fare una verifica diretta di questa misura così come abbiamo fatto per lo spessore della pagina del libro di fisica? Che sensibilità dovrebbe avere un eventuale strumento di misura atto a misurare questo spessore?

6. Raccogli i dati dei compagni di tutta la classe nella tabella allegata seguendo, per comodità, l'ordine alfabetico del registro.

Raccolta dati dell'esperienza "Lo spessore della traccia di una matita"

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	S1	0,	mm
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	S2	0,	mm
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	S3	0,	mm
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	S4	0,	mm
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	S5	0,	mm
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	S6	0,	mm
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	S7	0,	mm
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	S8	0,	mm
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>			

	S9	0,	mm
	S10	0,	mm
	S11	0,	mm
	S12	0,	mm
	S13	0,	mm
	S14	0,	mm
	S15	0,	mm
	S16	0,	mm
	S17	0,	mm
	S18	0,	mm
	S19	0,	mm
	S20	0,	mm
	S21	0,	mm
	S22	0,	mm
	S23	0,	mm
	S24	0,	mm
	S25	0,	mm
	S26	0,	mm
	S27	0,	mm

Il valor medio di questa serie di misure é:

$$S(\text{medio}) = \frac{\sum S_i}{n} = \quad \text{mm} = \quad \text{mm}$$

il cui errore assoluto è

$$\epsilon S = \frac{S_{\text{Max}} - S_{\text{min}}}{2} = \quad \text{mm}$$

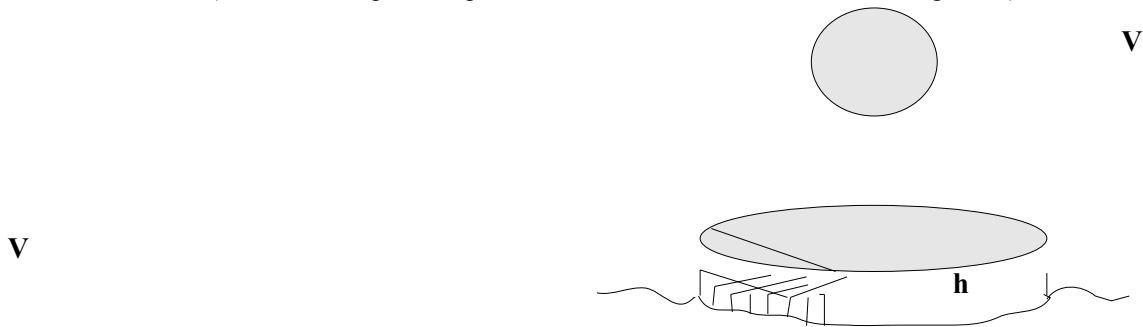
Possiamo quindi concludere che, **per noi**, lo spessore della traccia della mina utilizzata è:

$$S = (\quad \pm \quad) \text{mm}$$

Titolo: LA MOLECOLA DI ACIDO OLEICO

Scopo: trovare la dimensione di una molecola di acido oleico.

Premesse teoriche: la molecola di acido oleico $C_{18}H_{36}O_2$ è una lunga molecola costituita da una "catena di 18 atomi di carbonio, ai lati dei quali vi sono degli atomi di idrogeno, che termina con due atomi di ossigeno. Questa molecola ha così la proprietà di avere una estremità 'idrofoba' [che ha paura dell'acqua] che tende ad allontanarsi dall'acqua ed una estremità "idrofila" [che ama l'acqua] che ricerca il contatto con l'acqua. Pertanto, se noi versiamo una goccia di acido oleico su di una superficie d'acqua sufficientemente grande, questa tenderà a disporsi in uno strato alto.....come una sola molecola (le molecole si possono pensare come tanti soldatini affiancati uni agli altri).



Conoscendo allora il volume V della goccia di acido oleico che versiamo sull'acqua e misurando la superficie della macchia che si forma, potremmo risalire alle dimensioni della molecola con la formula inversa del volume di un solido

$$V = (S_{base}) h$$

Cioè

$$h = V / S_{base}$$

Ma per eseguire questa esperienza occorrerebbe... una piscina! Infatti la macchia che una sola goccia di acido oleico formerebbe sull'acqua avrebbe il diametro dell'ordine di grandezza dei metri!

Noi possiamo eseguire l'esperienza in laboratorio usando una soluzione diluita con un solvente volatile. Questa si ottiene unendo 1 parte di acido oleico e 99 parti di solvente che, a contatto con l'aria, evapora.

Elenco del materiale

- Una vaschetta contenente acqua
- Una pipetta graduata
- Soluzione di acido oleico diluito all'1%
- Polvere di gesso o di lycopodio
- Un righello millimetrato

Raccolta dati

- Numero di gocce di soluzione
- Volume di n gocce di soluzione
- Volume di 1 goccia di soluzione
- Volume di acido oleico contenuto in 1 goccia di soluzione
- Diametro della macchia di acido oleico

$$n =$$

$$Vn =$$

$$V_1 = Vn/n =$$

$$V = V_1 / 100 =$$

$$d_{Max} =$$

$$d_{min} =$$

Elaborazione dati

Calcoliamo l'area della macchia di acido oleico sull'acqua calcolandone il valore massimo e quello minimo:

$$S_{\text{Max}} = \pi (d_{\text{Max}}/2)^2 =$$

$$S_{\text{min}} = \pi (d_{\text{min}}/2)^2 =$$

Applichiamo la formula $h = V/S$ cercando di risalire al valore massimo e minimo di questa quantità.

$$h_{\text{Max}} = V / S_{\text{min}} =$$

$$h_{\text{min}} = V / S_{\text{max}} =$$

allora il valor medio è $h =$

e l'errore associato è $\Delta h =$

La lunghezza sperimentale della molecola di acido oleico è $h =$

Conclusione:

Abbiamo ricavato la misura della lunghezza della molecola di acido oleico, che per noi è:

$$h =$$

Domande:

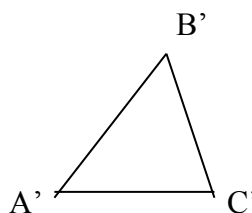
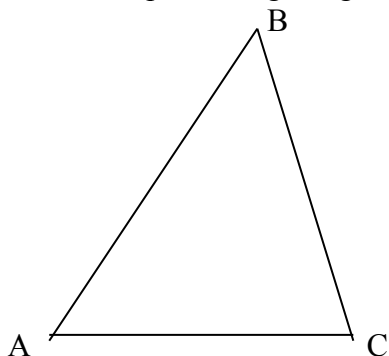
- 1) Qual è lo scopo di questa esperienza e perché è stata scelta, come sostanza, l'acido oleico? Potevamo usare olio di semi? Di quale proprietà gode l'acido oleico?
- 2) Cosa significa 'diluire l'acido all'1%'? Perché è stato necessario diluire l'acido oleico? Non avresti potuto usarlo puro?
- 3) Quali difficoltà di ordine pratico ha comportato la misurazione del volume di una goccia di soluzione?
- 4) Descrivi la procedura dell'esperienza eseguita in laboratorio sottolineandone tutti i momenti operativi in sequenza logico-temporale corretta.
- 5) Qual è la misura della lunghezza di una molecola di acido oleico?
- 6) E quella dell'atomo di carbonio? (pensa ad una 'catena' costituita da 18 atomi di carbonio!)
- 7) Qual è l'ordine di grandezza (rispetto ai m) delle dimensioni di una molecola di acido oleico?
- 8) E quale quello dell'atomo di carbonio?

Titolo: La triangolazione: misura della distanza tra due punti, di cui il secondo non accessibile

Scopo: Vogliamo misurare l' altezza di uno dei cornicioni della scuola applicando il metodo della triangolazione.

Premesse teoriche: Il metodo della triangolazione consente di misurare la distanza fra due punti A e B di cui il secondo non accessibile. Il metodo consiste:

- vi. nello scegliere un terzo punto C preso a piacere,
- vii. nel misurare la distanza CA,
- viii. nel misurare con un goniometro le misure degli angoli CAB e BCA del triangolo immaginario ABC,
- ix. nel disegnare un triangolo A' B' C' simile al triangolo immaginario ABC, ossia un triangolo avente le ampiezze degli angoli uguali a quelli del triangolo ABC ($A = A'$, $B = B'$, $C = C'$).



- x. Disegnato il triangolo A'B'C' con A'C' preso a piacere (ad esempio 10 cm), _si misura con un righello la lunghezza del lato A'B'.
- xi. Essendo i due triangoli simili (ossia 'in scala ') possiamo scrivere una proporzione che lega le lunghezze dei lati del 'triangolo grande 'a quelle dei lati del 'triangolo piccolo':

$$AB : AC = A'B' : A'C'$$

Da cui:
$$AB = \frac{AC \cdot A'B'}{A'C'}$$

Materiale:

- 7) Una corda metrica centimetrata
- 8) Un metro millimetrato
- 9) Un goniometro verticale di sensibilità
avente un indice mobile e montato su di
un supporto metallico
- cv. Un filo a piombo

Disegno dell'apparecchiatura

Procedimento: Ci siamo posizionati di fronte alla parete della scuola scegliendo a piacere il punto C ove posizionare il supporto metallico con il goniometro e abbiamo misurato con la corda metrica la distanza AC di tale punto dalla parete stessa. Quindi, utilizzando l'indice mobile del goniometro, abbiamo *traguardato* la posizione del cornicione, ossia abbiamo cercato di *allineare 3 punti*: il centro del goniometro, il punto estremo dell'indice mobile e il punto B scelto sul cornicione. Così facendo, abbiamo potuto rilevare (leggere) l'ampiezza dell'angolo ABC. Infine, abbiamo misurato l'altezza h del supporto metallico al quale era fissato il goniometro, ossia abbiamo misurato l'altezza da terra del goniometro stesso.

Raccolta dati:

AC (m)	BAC	BCA	h (m)
±	90°± 1°	±	±

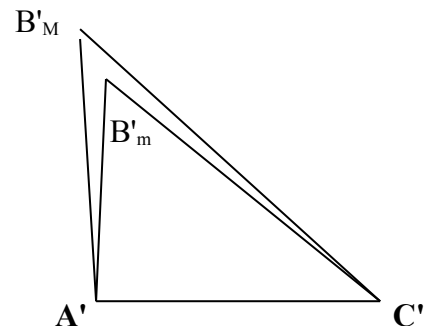
Gli errori che accompagnano le misure di AC e di h sono superiori alla sensibilità dello strumento. Perché?

Elaborazione dati:

Trascuro gli errori delle misure lineari escluso quelli delle misure degli angoli. Disegno allora Su di un foglio (meglio se di carta millimetrata) due triangoli rettangoli e precisamente A' B_M' C' e A' B_m' C' aventi entrambi la base A'C' = 10cm , ma aventi rispettivamente gli angoli

B'_MC' A' = ----- e B'_MA' C' = -----
(che sono i valori massimi degli angoli)

B'_mC' A' = ----- e B'_mA' C' = -----
(che sono i valori minimi degli angoli)



Per entrambi i due triangoli applico la proporzione fra i lati in modo da avere:

a) il valore massimo della lunghezza AB cercato

$$AB_M = \frac{AC \cdot A'B'_M}{A'C'} = \text{-----}$$

b) e il valore minimo della della lunghezza AB cercato

$$AB_m = \frac{AC \cdot A'B'_m}{A'C'} = \text{-----}$$

Posso così calcolare la misura più probabile di AB (valor medio) e il suo errore assoluto (semidispersione)

$$AB = \frac{AB_{Max} + AB_{min}}{2} = \underline{\hspace{2cm}} \quad \epsilon_{AB} = \frac{AB_{Max} - AB_{min}}{2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

quindi $AB = (\quad \pm \quad) \text{ m}$

Essendo l'altezza **H** del cornicione data da $H = AB + h$, la misura dell'altezza del cornicione risulta essere:

$$H = (\quad \pm \quad) \text{ m}$$

Conclusioni:

La misura dell'altezza del cornicione della scuola da me misurato è

$H = (\quad \pm \quad) \text{ m}$ con un errore percentuale di $\epsilon\% = \underline{\hspace{2cm}}$

Verifica del risultato per confronto con altri gruppi di lavoro

Raccogli in una tabella i valori trovati da tutti i gruppi di lavoro:

Gruppo	H (m)

Dom: Che osservazioni puoi fare dall'analisi dei dati? Le misure sono compatibili?

Dom: Se vuoi 'esportare' il valore della misura 'dell'altezza del cornicione' come conclusione del lavoro di tutti i gruppi, cosa scriveresti? Perché?

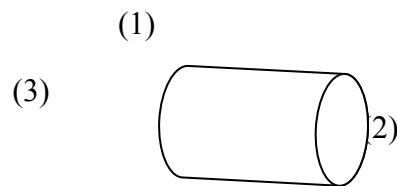
Titolo:

IL DIAMETRO DEL SOLE

Scopo: Vogliamo misurare il diametro del sole applicando il metodo di misurazione indiretto chiamato 'metodo della triangolazione'.

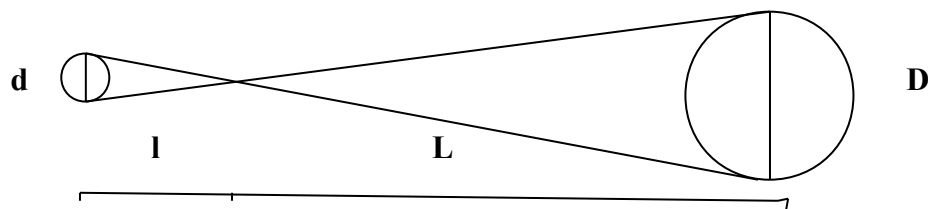
Premesse teoriche: se supponiamo che i raggi luminosi si propaghino in linea retta, possiamo costruire un oggetto particolare, chiamato camera oscura, sulla quale è possibile ottenere l'immagine rimpicciolita del disco solare.

La camera oscura (1) è costituita da una scatola o da un tubo opaco (non trasparente) alle cui estremità si trovano rispettivamente: (2) un cartoncino nero con un piccolo foro centrale e (3) un foglio di carta traslucida.



Poiché i raggi luminosi si propagano in linea retta, i due triangoli che si formano (OAB) e (OA'B') hanno la stessa forma anche se hanno dimensioni diverse, cioè sono simili.

Questo significa che i lati e le altezze sono 'in proporzione', cioè possiamo scrivere la proporzione:



$$L : l = D : d$$

dove: L è la distanza Terra-Sole

l è la lunghezza della camera oscura

D è il diametro del Sole (che dobbiamo cercare)

d è il diametro dell'immagine del disco solare che compare sulla camera oscura.

Misurando la lunghezza l della camera oscura, la lunghezza d del disco associando alla distanza Terra-Sole l'unità di misura 1 U.A. cioè, una Unità Astronomica, possiamo risalire alla misura del diametro del sole in unità astronomiche applicando la proprietà delle proporzioni (il prodotto dei medi è uguale al prodotto degli estremi):

$$D = \frac{d \cdot L}{l} \quad \text{ossia} \quad D = \frac{d}{l} \text{ UA} \quad (*)$$

Indicazioni di lavoro

cvi. Costruisci una camera oscura e misurane la lunghezza l .

cvii. Facendoti aiutare da un familiare indirizza l'estremo (2) del tubo verso il sole. **NON GUARDARE MAI DIRETTAMENTE IL SOLE**, ma guarda il lato del tubo ove è attaccata la carta traslucida. Quando vedi comparire l'immagine del sole

cviii. Segui con una matita il contorno del disco solare e misurane il diametro d con un righello.

cix. Quindi rispondi per iscritto alle seguenti domande:

1. Descrivi come hai costruito la tua camera oscura.
2. Riporta in una tabella i dati di l , L e d raccolti con gli errori che ritieni di assegnare alle misure.
Hai incontrato particolari difficoltà nell'eseguire le misurazioni?
3. Applica la formula (*) due volte: una volta per cercare il massimo valore del diametro del sole D massimo (cioè D_{Max}) ed una volta per cercarne il valore minimo (cioè D_{min}) tenendo presente che:

$$D_{\text{Max}} = \frac{d_{\text{Max}}}{l_{\text{min}}} \text{ UA} \quad \text{e} \quad D_{\text{min}} = \frac{d_{\text{min}}}{l_{\text{max}}} \text{ UA}$$

Calcola poi il valor medio di D ed il suo errore assoluto.

4. Scrivi quindi il valore del diametro del sole in U.A

$$D = (\quad \pm \quad) \text{ UA}$$

L'ordine di grandezza di questo valore (10^{-2}) era già conosciuto nell'antichità, ma la determinazione della misura in metri di 1UA ha richiesto il contributo di molti astronomi. Attualmente si sa che la distanza Terra-Sole, cioè 1 U.A è pari a 149 MKm (cioè 149 milioni di Km),
Trova quindi il valore di D in m.

$$D = (\quad \pm \quad) 10^7 \text{ m}$$

Con quale errore percentuale hai trovato la tua misura?

5. Confronta questo intervallo di misure con la misura del diametro del sole che puoi trovare sull'enciclopedia. Cosa puoi concludere? Hai eseguito una 'buona' misurazione?