

## Proporzionalità diretta tra grandezze fisiche

Riccardo Rizzo e Peruzzotti Mattia, 1<sup>a</sup> A

9 novembre 2020

Laboratorio di fisica n°1 del Liceo Viale dei Tigli "Leonardo da Vinci" di Gallarate [da remoto]

**Scopo:** Verifica sperimentale proporzionalità diretta tra grandezze fisiche

### Materiale utilizzato:

- Cilindro graduato in vetro (P=250ml -s=1ml)
- Supporto
- Asta millimetrata Metallica con due bandierine (P=1m- s=1mm)
- Becher



### Premesse Teoriche

L'esperimento da noi effettuato ci porterà a verificare la **proporzionalità diretta tra grandezze fisiche**; e a comprendere come e quando due misure si possono definire direttamente proporzionali. Date due misure  $x$  e  $y$  possiamo dire che sono direttamente proporzionali se il loro rapporto  $\frac{y}{x}$  è costante; tale rapporto, rappresentato tramite la lettera  $k$ , viene identificato come costante di proporzionalità.

La **rappresentazione grafica** di una proporzionalità diretta viene effettuata tramite un grafico cartesiano (invenzione attribuita al filosofo e matematico francese Cartesio da cui il nome). Il riferimento cartesiano è costituito da due rette ortogonali (chiamate assi) tra loro perpendicolari che si intersecano in un punto chiamato origine. La retta orizzontale è detta asse delle ascisse, la retta verticale è detta asse delle ordinate. Un sistema di riferimento cartesiano in due dimensioni (ascisse e ordinate) viene chiamato **piano cartesiano**. Lo spazio viene suddiviso in quattro quadranti di cui il primo caratterizzato da punti di ascissa e ordinata positivi.

Il piano cartesiano è quindi un sistema di riferimento (permette di identificare dei punti in un piano) basato su coordinate cartesiane, tramite le quali ogni punto viene individuato mediante una coppia di numeri.

Utilizzando le coordinate possiamo trovare nel piano tutti i punti presi in considerazione durante la nostra esperienza.

Durante l'esperimento, lavoreremo con grandezze fisiche con errore di sensibilità, ne consegue che non potendo conoscere con precisione le misurazioni effettuate, è importante rappresentare le coordinate nel grafico in maniera corretta. L'errore assoluto di una misura stabilisce il range statistico nel quale la misura è compresa, per difetto o eccesso; se il valore preso in considerazione ha come errore assoluto  $(x \pm 1)$  i punti da prendere in considerazioni sono quelli compresi tra  $x - 1$  (difetto) e  $x + 1$  (eccesso). Tale criterio viene applicato sia alle ascisse che alle ordinate e conseguentemente, congiungendo le due coordinate nel piano, si svilupperanno dei piccoli rettangoli e non più dei singoli punti, questo perché la misurazione effettuata è affetta da errore e quindi impossibile stabilire il valore con precisione.

Possiamo quindi affermare che se esiste una semiretta, nascente dall'origine, che attraversa tutti i punti (nel nostro caso i rettangoli) stabiliti grazie alle coordinate cartesiane abbiamo verificato la **proporzionalità diretta** di due grandezze fisiche. Nella nostra esperienza abbiamo verificato anche la proporzionalità diretta tramite una particolare **relazione lineare** (quando una semiretta, non nascente necessariamente dall'origine, unisce tutti i punti di un piano nel quale passa). Inoltre abbiamo scoperto che l'angolo formato dalla semiretta (che unisce i punti del piano) e dall'asse delle ascisse prende il nome di **coefficiente angolare**.

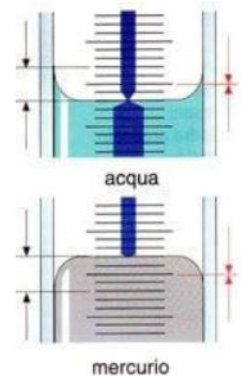
Ogni misura è affetta da errori. Questi possono essere **sistematici** (dipendono dallo strumento o dallo sperimentatore che compie l'esperimento) oppure **casuali** (cioè inevitabili, per esempio causati dagli strumenti di misura che non possono avere una sensibilità precisa oppure possono avere altre cause).

I principali errori che incontreremo nella nostra esperienza sono:

Il **menisco** concavo è la conca superficiale di un liquido (nel nostro caso l'acqua) che si verifica quando la sostanza entra in contatto con il recipiente in vetro. Il menisco è più evidente quando la lunghezza del diametro del recipiente è minore.

L'acqua tende a spargersi contro le pareti del cilindro graduato perché la molecola polare dell'ossigeno trattiene gli elettroni dell'idrogeno che diventa "elettrico" e quindi si "attacca" al vetro.

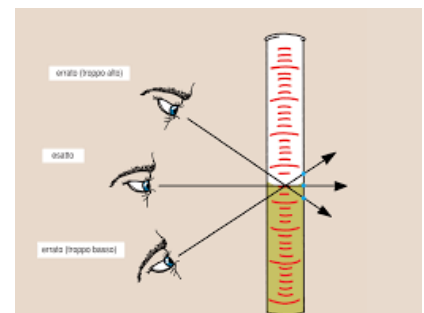
Per effettuare una misura più precisa bisogna misurare l'altezza nella parte inferiore del menisco.



L'**errore di parallasse** è l'errore dovuto alla posizione che si assume rispetto allo strumento con cui effettuiamo la misura; la misura può variare in base ai punti di vista e la direzione da dove guardi.

Per effettuare una misura migliore è opportuno osservare da davanti l'oggetto.

In aggiunta, quando effettuiamo esperimenti di questo sulla misurazione di liquidi è importante prestare attenzione alle bolle d'aria che potrebbero portare ad una misura



Inoltre gli errori si dividono in altri due gruppi fondamentali: errore assoluto o relativo. Nella nostra esperienza, verrà considerato solo l'**errore assoluto**. Questo genere di errore rappresenta l'imprecisione che abbiamo sulla nostra misura e viene calcolato per eccesso o difetto ( $\pm$ , più o meno). Se si compie una sola misurazione sullo stesso oggetto o fenomeno, l'errore assoluto corrisponde alla sensibilità dello strumento ( $5,8 \pm 0,1$ ) cm. Invece se si eseguono più misurazioni l'errore assoluto corrisponde alla **semidispersione** del range statistico il quale si calcola trovando la differenza e poi la conseguente divisione per due del valore maggiore e minore di un intervallo statistico.

Ad esempio:  $\frac{x-y}{2} = z$  (semidispersione range statistico).

Invece per quanto riguarda la **propagazione dell'errore**, che ci servirà per il calcolo e la creazione del piano cartesiano, sappiamo che esso si propaga nelle misure dirette.

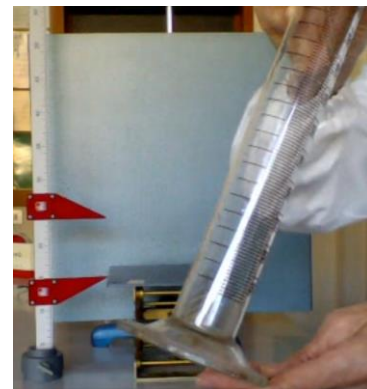
Durante l'esperienza applicheremo la propagazione degli errori nel calcolo di  $\Delta h$  (l'altezza del volume dell'acqua all'interno del cilindro), ossia la differenza tra  $h - h_0$ , dove  $h$  è da intendersi come l'altezza compresa tra il banco di lavoro e il livello dell'acqua all'interno del cilindro (posto sopra al supporto) e  $h_0$  rappresenta l'altezza compresa tra il banco di lavoro e la base del cilindro (posto anch'esso sul supporto).

Quindi, nel calcolo di  $\Delta h [h - h_0]$  i valori della misurazioni si sottraggono, mentre gli errori si sommano perché l'errore non può annullarsi ma è sempre presente sulla misura.

Infine per quanti riguarda gli **strumenti utilizzati** per questa esperienza come citato sopra sono:

- Il cilindro graduato
- Supporto
- Asta millimetrata
- Becher

**Cilindro graduato:** è uno strumento utilizzato per il calcolo del volume principalmente utilizzato per i liquidi, può essere realizzato sia in plastica che in vetro. Ha una **sensibilità** (minima misurazione che si può eseguire con un determinato strumento) di 1ml ed ha una **portata** (massima misurazione che si può eseguire con uno strumento) di 250 ml. Questo strumento non ha una base piatta anche se la consideriamo come se lo fosse.



**Supporto:** strumento che può essere fatto di vario materiale ed è utilizzato per garantire maggiore equilibrio all'oggetto studiato o utilizzato. Alcuni tipi di supporto hanno un'altezza regolabile



**Asta millimetrata:** strumento utilizzato per misurare la lunghezza di un oggetto. Questo utensile è dotato di due bandierine per indicare al meglio il valore della lunghezza. Costituito principalmente da metallo con portata di 1 m e sensibilità di 1 mm.

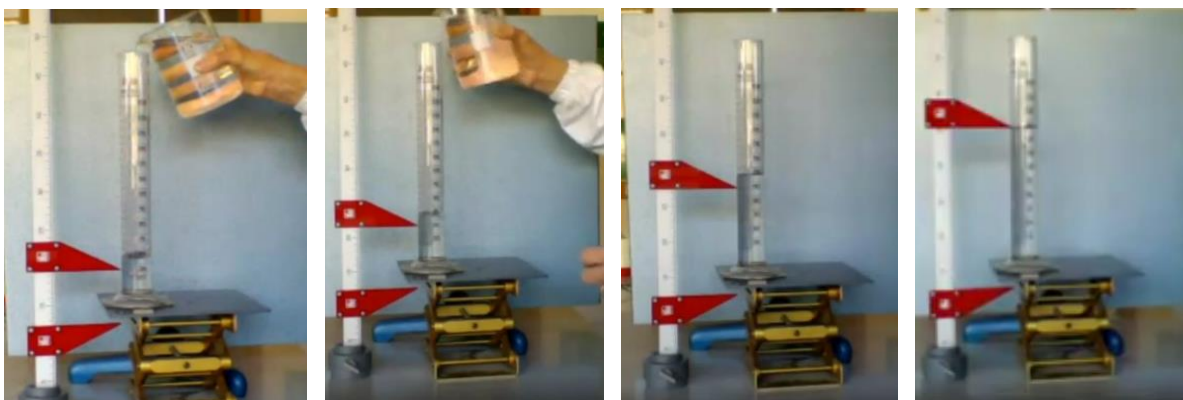
**Becher:** strumento utilizzato in laboratorio utile come recipiente e può essere fatto di vetro o vetro silconato che permette un utilizzo a temperature elevate.



## Esecuzione dell'esperienza

Il giorno 9 novembre 2020, in collegamento dalle proprie abitazioni con la prof.ssa Antonella Demarchi (responsabile del laboratorio n°1 di fisica del liceo), abbiamo eseguito la nostra terza esperienza in laboratorio con l'aiuto del prof.re Franco Maria Boschetto.

1. Inizialmente la professoressa ci ha presentato il **materiale** che avremmo utilizzato durante il nostro esperimento per poi iniziare con il lavoro vero e proprio.
2. Per prima cosa abbiamo posizionato il cilindro graduato al di sopra del supporto, successivamente grazie all'asta millimetrata siamo stati in grado di misurare l'altezza compresa tra il banco di lavoro e la base del cilindro in vetro.
3. Tramite un becher la prof.ssa ha versato dell'acqua all'interno dello strumento raggiungendo la prima tacchetta che era posta vicino alla base, corrispondente a 30 millimetri e ne ha **misurato l'altezza**. Seguentemente la prof. Demarchi ha eseguito lo stesso procedimento aggiungendo ad ogni misurazione 20 millilitri di acqua, arrivando fino a 190 millilitri. Per quanto ricordato nella premessa teorica, durante queste fasi di misurazione, bisogna prestare molta attenzione ai diversi errori che si possono riscontrare ed in particolare l'errore associato al fenomeno del menisco concavo e l'errore di parallasse.
4. Abbiamo poi raccolto i dati in una tabella.



[Nelle immagini è riportata l'esecuzione del nostro esperimento]

## Dati e la loro elaborazione

Una volta fatte le corrette misurazioni abbiamo raccolto i risultati nella tabella calcolando l'altezza del volume dell'acqua ( $\Delta h$ ).

$$\Delta h = h - h_0$$

Ricordiamo che come definito in precedenza in questa formula  $h$  è da intendersi come l'altezza compresa tra il banco di lavoro e il livello dell'acqua all'interno del cilindro (posto sopra al supporto) e rappresenta l'altezza compresa tra il banco di lavoro e la base del cilindro (posto anch'esso sul supporto).

Quindi per calcolare  $\Delta h$  della prima misurazione bisogna eseguire la seguente operazione.

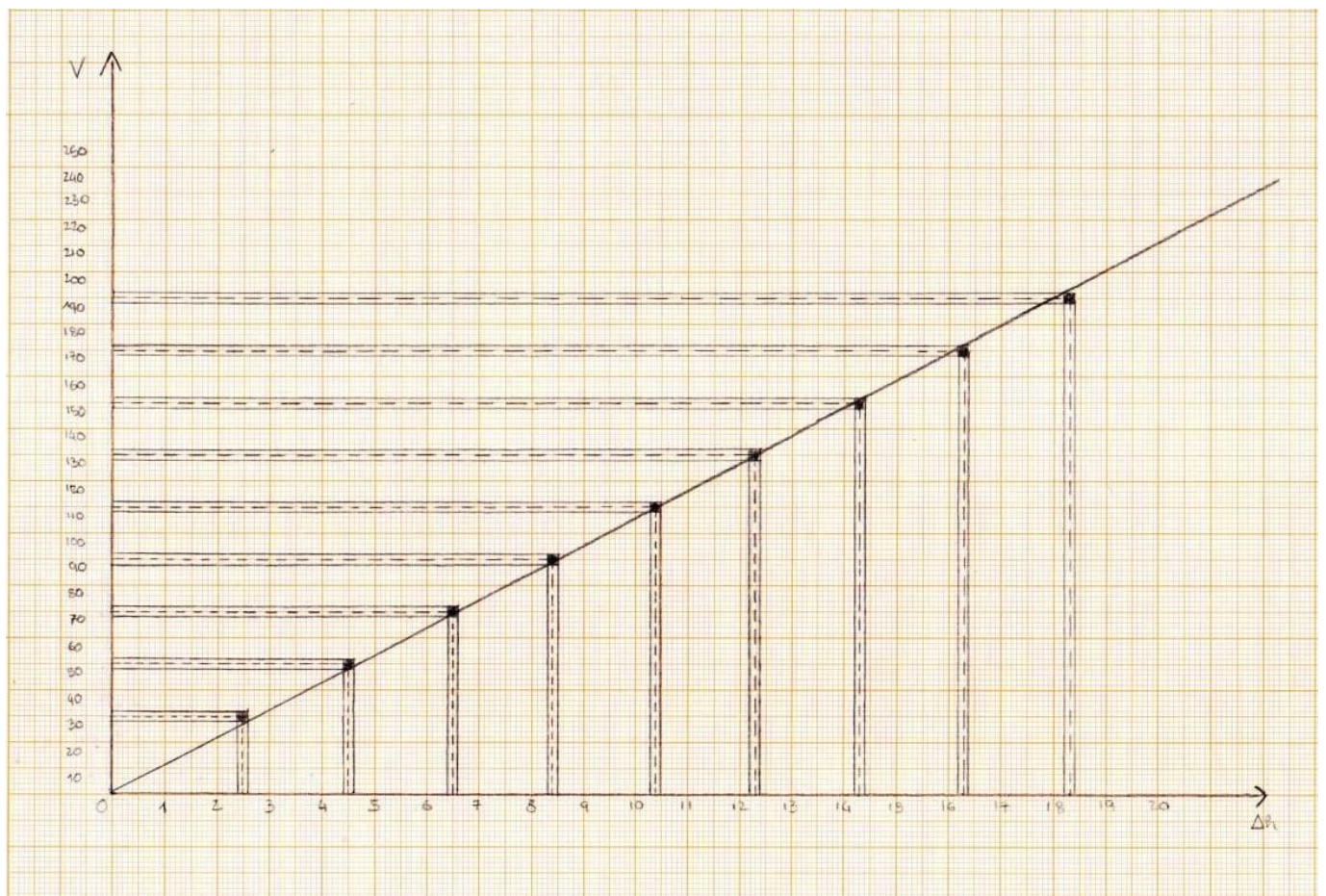
$$(19,4 \pm 0,1) - (16,9 \pm 0,1) = [(19,4 - 16,9) \pm (0,1 + 0,1)] = (2,5 \pm 0,2) \text{ cm}$$

Eseguiamo questa operazione (differenza) per tutte le misurazioni effettuate e quindi completiamo la colonna  $\Delta h$ .

Volume (ml)	Altezza (cm)	$\Delta h$ (cm)
0	16,9 $\pm$ 0,1	0
30 $\pm$ 2	19,4 $\pm$ 0,1	2,5 $\pm$ 0,2
50 $\pm$ 2	21,4 $\pm$ 0,1	4,5 $\pm$ 0,2
70 $\pm$ 2	23,4 $\pm$ 0,1	6,5 $\pm$ 0,2
90 $\pm$ 2	25,3 $\pm$ 0,1	8,4 $\pm$ 0,2
110 $\pm$ 2	27,3 $\pm$ 0,1	10,4 $\pm$ 0,2
130 $\pm$ 2	29,3 $\pm$ 0,1	12,3 $\pm$ 0,2
150 $\pm$ 2	31,2 $\pm$ 0,1	14,3 $\pm$ 0,2
170 $\pm$ 2	33,2 $\pm$ 0,1	16,3 $\pm$ 0,2
190 $\pm$ 2	35,2 $\pm$ 0,1	18,3 $\pm$ 0,2

Una volta organizzati i dati nella tabella precedente, possiamo procedere con il tracciamento del grafico cartesiano. Per semplificare il lavoro prepariamo una tabella dove vengono riportate le coordinate di ogni singolo punto.

<u><math>\Delta h</math> (ascisse)</u>	<u>Volume (ordinate)</u>
$2,5 \pm 0,2$	$30 \pm 2$
$5,3 \pm 0,2$	$50 \pm 2$
$6,5 \pm 0,2$	$70 \pm 2$
$8,4 \pm 0,2$	$90 \pm 2$
$10,4 \pm 0,2$	$110 \pm 2$
$12,3 \pm 0,2$	$130 \pm 2$
$14,3 \pm 0,2$	$150 \pm 2$
$16,3 \pm 0,2$	$170 \pm 2$
$18,3 \pm 0,2$	$190 \pm 2$



## **Considerazioni Finali**

Grazie a questa esperienza abbiamo avuto la possibilità di verificare la proporzionalità diretta tra due grandezze fisiche. Ne è la prova il grafico realizzato da noi, il quale rappresenta una semiretta nascente dall'origine e passante per tutti i punti del piano. Possiamo dunque dire che le ipotesi da noi formulate sono state verificate con successo.