

# Laboratorio di Fisica

Esperienza: forze e legge di Hooke  
– Liceo Massimo D’Azeglio di Torino –

**Descrizione** Esperienza di laboratorio di fisica in cui lo studente applica il concetto di forza peso e forza elastica, verifica la legge di Hooke e viene gradualmente introdotto ad argomenti successivi quali l’equilibrio e l’oscillatore armonico.

## Scopi dell’esperimento

1. Verificare la legge di Hooke
2. Calcolare il valore della costante elastica di una molla

## Strumenti e materiale:

- supporto a forca
- bilancia di precisione
- molle di tipo diverso
- righello e calibro

**Richiami teorici** La legge di Hooke prevede una proporzionalità diretta tra forza elastica di richiamo di una molla  $F_e$  e allungamento (o accorciamento) della stessa  $x$ . La costante di proporzionalità  $\zeta$  dipende dalla molla.

Per verificare questa legge, si sfrutterà la condizione di equilibrio con la forza peso  $F_p$  esercitata da alcuni pesetti di massa nota  $m$  agganciati verticalmente alla molla. Tale situazione di equilibrio prevede che la somma vettoriale delle forze sia nulla e questo, come si vedrà più avanti, rappresenterà un caso particolare del Primo Principio della Dinamica. Dal momento che la direzione dei due vettori forza è la stessa e il verso è opposto, l’equazione si riduce all’uguaglianza delle intensità dei due vettori. In formule:

$$\vec{F}_e + \vec{F}_p = 0 \quad \Rightarrow \quad F_e = F_p \quad (1)$$

Dal momento che esercitare diversi valori di forza peso sulla molla corrisponde a diversi valori di forza equilibrante, nell’esperimento, la variabile indipendente sarà costituita dalla forza elastica della molla. In funzione di tale valore, sarà poi misurato l’allungamento della molla rispetto alla sua posizione di riposo  $x$ :

$$x = \zeta F_e \quad (2)$$

che è l’espressione analoga a  $y = mx$  sul consueto piano cartesiano  $xy$ . Si noti che se tipicamente in matematica si usa  $y = f(x)$ , in questo caso la relazione funzionale è  $x = f(F_e)$ .

Notoriamente si esprime la forza elastica in funzione dell’allungamento della molla:

$$\vec{F}_e = -k\vec{x} \quad (3)$$

dove  $k$  è la costante elastica della molla o costante di Hooke. Il segno negativo riflette il carattere di richiamo della forza o, in altri termini, che il vettore forza ha sempre verso opposto rispetto al vettore allungamento che, per essere più precisi, andrebbe espresso come  $\Delta\vec{x}$ .

Per verificare la proporzionalità diretta, bisogna riportare su un grafico i valori ottenuti, che saranno punti di coordinate  $(F_e, x)$  con l’incertezza sulle ordinate  $x$  rappresentata come barra verticale, e verificare che si dispongono su una retta passante per l’origine. Il coefficiente angolare della retta è la costante di proporzionalità  $\zeta$ . Per ottenere la costante elastica della molla, bisogna calcolarne il reciproco  $k = \zeta^{-1}$  con la sua incertezza.

### Svolgimento: presa dati

1. Descrivere gli strumenti utilizzati e per ognuno determinare sensibilità e portata.
2. Misurare la massa dei pesetti  $m$  effettuando 5 misure per calcolarne la media.
3. Misurare la lunghezza a riposo della molla  $L$  effettuando 5 misure per calcolarne la media.
4. Aggiungere un pesetto di massa  $m$  alla molla e misurare l'allungamento  $x_i$  della molla rispetto alla sua posizione di riposo, dopo aver atteso che le oscillazioni siano terminate.
5. Ripetere la misura almeno 5 volte per calcolare il valor medio di  $x_i$  e calcolarne l'incertezza come semidispersione massima.
6. Ripetere il procedimento aggiungendo altri 4 pesetti e riportare i dati in una tabella come in quella seguente:

(misure di  $x$  in mm, di  $m$  in g)

$m_{\text{tot}}$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$\bar{x}$	$\Delta x$
25	1,20	1,25	1,15	1,00	1,15	1,22	0,13
50	3,20	3,15	2,90	3,00	3,10	3,08	0,14
...	...	...	...	...	...	...	...

### Svolgimento: analisi dati

1. Calcolare il valore della forza peso (e quindi della forza elastica) come  $F_e = F_p = mg$ , usando il valore nominale di  $g$  o, se disponibile, il valore ottenuto dalla precedente esperienza in questo laboratorio.
2. Riportare i valori ottenuti in una nuova tabella come la seguente.

	$F_e$ [N]	$x$ [mm]	$\Delta x$ [mm]
1	0,24	1,22	0,13
2	0,48	3,08	0,14
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...

3. Rappresentare i valori come punti di coordinate  $(F_e, x)$ . Disegnare anche le barre di incertezza di lunghezza  $\Delta x$  verso l'alto e verso il basso.
4. Trarre delle conclusioni sulla relazione tra le due grandezze.
5. Tracciare una retta che interpoli i dati, usando eventualmente lo strumento del foglio di calcolo *linea di tendenza*, determinarne il coefficiente angolare  $\zeta$  e stimarne l'incertezza.
6. Calcolare la costante elastica della molla come  $k = \zeta^{-1}$  e stimarne l'incertezza assoluta e relativa.
7. Ripetere il procedimento appena effettuato aggiungendo come punto l'origine  $(0, 0)$  e riflettere sulle conseguenze di questa scelta e sul suo significato fisico.
8. Trarre delle conclusioni sul lavoro effettuato, individuando eventuali sorgenti di errore sistematico o casuale.
9. Confrontare i valori ottenuti con quelli di un altro gruppo.
10. Immaginare modalità per migliorare l'accuratezza della misura e scenari differenti per sperimentare condizioni limite della risposta elastica della molla.