

## FORZE ELASTICHE

### Obiettivi

- Comprendere concettualmente il significato delle grandezze analizzate
- Misurare le grandezze in questione
- Distinguere tra misure dirette e indirette
- Raccogliere i dati in opportune tabelle corredate da didascalie
- Valutare sperimentalmente la proporzionalità che intercorre fra le grandezze indicate nelle istruzioni, evidenziandone la costante e costruendone il grafico associato
- Discutere l'esito del lavoro sperimentale

### INDICAZIONI TEORICHE

#### La forza elastica

Possiamo definire la forza elastica come la forza generata da molle o elastici in allungamento o compressione. La molla, quando non viene deformata, si trova in uno stato di riposo. Se invece viene applicata ad essa una forza, la molla subisce una deformazione (compressione o allungamento) e tende a tornare nella sua posizione di equilibrio.

Possiamo definire la forza elastica come una grandezza vettoriale e come tale essa ha:

- Direzione: lungo l'asse della molla
- Verso: opposto alla deformazione
- Modulo: direttamente proporzionale alla deformazione ed esprimibile tramite la legge di Hooke, la cui formula è:

$$F_e = - Kx$$

Quindi:

- $F_e$  indica la forza elastica misurata in Newton
- $K$  indica la costante elastica della molla che dipende dal tipo di materiale: tanto più grande è  $K$ , tanto più è difficile deformare la molla. Essa ha come unità di misura N/m
- $x$  indica la deformazione della molla misurata in metri
- Il segno negativo indica che la forza è opposta alla deformazione

#### Il dinamometro

Il dinamometro è uno strumento di misura che sfrutta la forza elastica per determinare il peso di un corpo poiché l'allungamento della molla è direttamente proporzionale al peso del corpo appeso. Lo strumento è costituito da una molla alla cui estremità viene agganciato un corpo. Misurando l'allungamento della molla risultante dall'applicazione della forza peso del corpo e conoscendo la sua costante elastica, si può ricavare la forza peso del corpo stesso grazie alla legge di Hooke. Infatti, quando la molla e il corpo hanno raggiunto l'equilibrio, la forza elastica e la forza peso si annullano e pertanto sono uguali in modulo e in direzione, se pur con verso opposto. Ne deriva la seguente formula:

$$P = F_e = Kx$$

### MATERIALE NECESSARIO

1. Supporto
2. Molla
3. Portapesi e massette
4. metro flessibile/righello

## ISTRUZIONI

- Prendere una molla e appenderla verticalmente terminando con un portapesi (un bicchierino, ad es.)
- Rilevare la lunghezza iniziale  $L_0$  della molla.
- Considerare un certo numero di massette uguali note, abbastanza leggere da poterne usare in buon numero.
- Appendere alla molla prima una, due, poi tre massette... etc. e rilevare ogni volta la lunghezza della molla (facendo attenzione a non superare i limiti di elasticità della molla stessa, danneggiandola).
- Riportare in una tabella i dati raccolti relativi alla massa appesa  $m$  e alla lunghezza  $L$  della molla, specificando unità di misura e margini di incertezza.
- Determinare l'allungamento  $L$  della molla (valutato sempre rispetto alla lunghezza iniziale  $L_0$ ) e la costante elastica della molla, specificando unità di misura e margini di incertezza

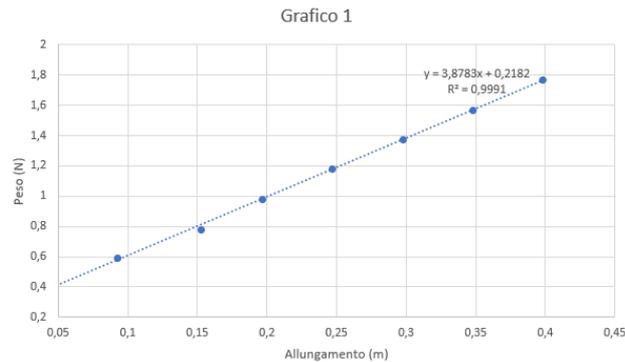
N	Massa m (g)	Lunghezza molla L (cm...)			Errore% L
			±		
1	0,00	3,5	±	0,1	2,86
2	40	7,6	±	0,1	1,32
3	60	12,8	±	0,1	0,78
4	80	18,8	±	0,1	0,53
5	100	23,2	±	0,1	0,43
6	120	28,2	±	0,1	0,35
7	140	33,3	±	0,1	0,30
8	160	38,3	±	0,1	0,26
9	180	43,4	±	0,1	0,23

N	Peso P (N)	Allungamento delta L (m)			E% delta L	Costante elastica k (N/m)			E% k
			±				±		
1	0	-	±	-	-	-		-	-
2	0,39	0,041	±	0,002	4,88	9,512	±	0,464	4,88
3	0,59	0,093	±	0,002	2,15	6,344	±	0,136	2,14
4	0,78	0,153	±	0,002	1,31	5,098	±	0,067	1,31
5	0,98	0,197	±	0,002	1,02	4,975	±	0,051	1,03
6	1,18	0,247	±	0,002	0,81	4,777	±	0,039	0,82
7	1,37	0,298	±	0,002	0,67	4,597	±	0,031	0,67
8	1,57	0,348	±	0,002	0,57	4,511	±	0,026	0,58
9	1,77	0,398	±	0,002	0,50	4,447	±	0,022	0,50
<b>Valore medio k (N/m)</b>						<b>5,53</b>			
<b>Errore k (N/m)</b>						<b>1,71</b>			
<b>E% k</b>						<b>31%</b>			

Sebbene la stima dell'errore su  $k$  sia tutto sommato accettabile utilizzando la propagazione degli errori per la somma di grandezze, riteniamo sia possibile fare una stima migliore che meglio rispecchi l'ampio range del

valore di  $k$  ottenuto. Pertanto, visto che nelle prime misure l'errore incideva maggiormente, abbiamo calcolato la stima della deviazione standard che risulta  $1,718066267 \text{ N/m}$ .

- Rappresentare i dati in un grafico peso-allungamento ed indicare l'equazione della linea di tendenza che più si avvicina ai dati sperimentali verificando la relazione di proporzionalità tra le due grandezze.
- Provare a ricavare la costante elastica della molla in unità del SI.



## DOMANDE

- ✓ **Come è stato stimato l'errore assoluto sull'allungamento? E quello sulla costante elastica?**

Dal momento che l'allungamento è una misura diretta (ottenuta facendo la differenza tra lunghezza finale e lunghezza iniziale), l'errore assoluto è stato calcolato sommando gli errori assoluti delle due lunghezze sottratte. I due errori assoluti in questione sono stati stimati prendendo come riferimento la sensibilità dello strumento (1 mm). Pertanto, l'errore assoluto dell'allungamento è pari a 2 mm. In  $N1$  non è stato inserito l'errore assoluto perché non c'è stato l'allungamento. Ipotizzando l'errore su una forza peso trascurabile, l'errore assoluto sulla costante elastica è stato stimato calcolando l'errore relativo sull'allungamento (errore assoluto diviso allungamento) e successivamente moltiplicando quanto ottenuto per la costante  $K$ .

- ✓ **Quale relazione intercorre tra peso e allungamento? Quale è la loro rappresentazione grafica? Cosa rappresenta la costante di proporzionalità tra queste due grandezze?**

Vi è una relazione di proporzionalità lineare tra peso e allungamento. Infatti, la rappresentazione grafica di queste due grandezze corrisponde a una retta non passante per l'origine, ma in prossimità di questa ( $h = 0,2182$ ). La costante di proporzionalità tra le due grandezze rappresenta la costante elastica della molla e nel grafico è pari a  $3,8783$ . Questo dato si discosta dalla media precedentemente calcolata pari a  $5,53 \pm 0,10 \text{ N/m}$  probabilmente a causa di non-idealità della molla che ha inficiato la qualità della regressione lineare. Tuttavia, i punti del grafico risultano sufficientemente allineati, infatti  $R^2$  è uguale a  $0,9991$  valore molto vicino a 1.

- ✓ **Aspetti problematici nella realizzazione ed analisi dell'esperienza:**

- fissare lo strumento di misurazione in modo che mantenesse costante la sua posizione, in modo tale che permettesse di ricavare dei dati attendibili;
- attendere che la molla fosse in una posizione statica affinché la possibile imprecisione potesse essere minima;
- utilizzare il medesimo punto di osservazione per ricavare le informazioni;
- per effettuare le misurazioni della molla abbiamo scelto di prendere un punto di riferimento della molla, mantenendolo costante.

## CONCLUSIONI

- ✓ **Dall'analisi dei dati raccolti e dall'osservazione del grafico peso-allungamento elaborato si evince che la relazione tra le due grandezze è di proporzionalità lineare.**
- ✓ **Se si ricava la costante elastica in unità del SI (N/m) si osserva che:** per ottenere un allungamento devo applicare alla molla un peso P pari al valore della costante moltiplicato per l'allungamento desiderato. Per esempio, per ottenere un allungamento  $\Delta L = 0,001$  m con k pari a 5,53 N/m devo applicare alla molla un peso  $P = K \cdot X = 5,53 \text{ N/m} \cdot 0,001 \text{ m} = 0,00553$  N
- ✓ **Se si volesse determinare con questo sistema la massa di un oggetto sconosciuto, come si potrebbe fare?**  
È possibile calcolare la massa di un oggetto sconosciuto conoscendo la costante elastica K della molla e misurandone l'allungamento. È quindi possibile determinare il peso P di un corpo, che è uguale in modulo alla forza elastica  $F_{el}$ :

$$\Delta L \cdot K = P$$

Successivamente dividendo il dato sopra ottenuto per l'accelerazione di gravità g, ricaviamo la massa m dell'oggetto ignoto:

$$P/g = M$$

- ✓ **Commenti sugli esiti dell'esperienza**  
Siamo soddisfatte dei risultati ottenuti, in quanto il l'errore relativo % più alto rilevato è pari a 4,88%, ben al di sotto della soglia presa in considerazione come ottimale (15%). Ci lascia un po' perplesse l'errore percentuale che abbiamo ottenuto relativamente alla costante elastica (31%) in quanto supera molto la soglia ottimale del 15%. Anche in questo caso pensiamo sia dovuto al primo valore ottenuto che provoca un innalzamento dell'errore finale. Giunte al termine dell'esperienza possiamo affermare che ci ha permesso di acquisire nuove nozioni circa il funzionamento di una molla e la sua forza elastica. Inoltre, svolgere le attività in prima persona ci ha consentito di sperimentare le possibili difficoltà in cui i nostri futuri studenti potrebbero incorrere.

## POSSIBILI APPLICAZIONI DELL'ESPERIENZA ALLA DIDATTICA

A livello didattico l'esperimento affrontato potrebbe essere un argomento accattivante per i bambini poiché la molla è un elemento spesso presente nella loro quotidianità e nella loro realtà ludica; al tempo stesso, però, siamo consapevoli della difficoltà concettuali che l'argomento presenta. Tuttavia, riteniamo sia possibile progettare un percorso didattico per una classe dell'ultimo anno della scuola primaria, limitando le indicazioni teoriche e prediligendo attività laboratoriali e di tutoring. La progettualità dell'intervento richiederebbe una dilatazione dei tempi canonici, creando attività a misura di bambino concentrandosi su osservazioni e attività di misurazione semplificate. Infine, si potrebbe collaborare anche con la scuola secondaria di primo grado, possibilmente munita di un laboratorio attrezzato.