

Esperienza con l'estensimetro

Obiettivi

1. la verifica della risposta elastica lineare, ovvero la dipendenza lineare del modulo dell'allungamento (accorciamento) Δx di un corpo elastico dal modulo della forza applicata F_{app} :
 $\Delta x = K F_{app}$;
2. nel caso di un corpo cilindrico, stima del modulo di Young $E = \frac{x_0}{SK}$ dove S è la sezione del cilindro, K è la costante di proporzionalità di Δx e F e x_0 la lunghezza del cilindro a riposo.

Dettagli tecnici sull'apparato sperimentale

L'estensimetro è uno strumento che permette di misurare l'allungamento subito da un filo elastico a seguito dell'applicazione di una forza di intensità nota ad un'estremità dello stesso (l'altra estremità essendo invece vincolata). Lo schema rappresentativo dell'apparato è riportato in Fig.1.

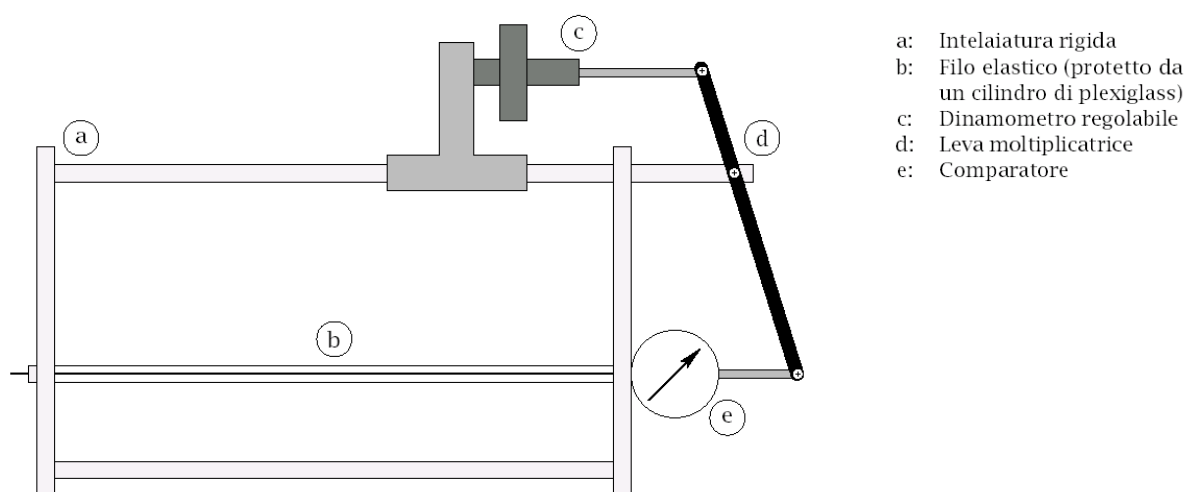


Fig.1 Schema di un estensimetro

La misura dell'allungamento del filo è effettuata attraverso un minimetro, comparatore associato ad una lancetta rotante (1 giro completo della lancetta corrisponde ad 1 mm di allungamento del filo (sensibilità al centesimo di millimetro). Allungamenti superiori ad 1 mm (n. giri completi) sono visualizzati nella finestrella all'interno del quadrante.

La forza viene applicata al filo mediante un dinamometro attraverso la rotazione di una ghiera: la forza effettiva applicata F_{appl} è pari a *quattro volte* il valore F letto sulla scala graduata del dinamometro la cui scala graduata è espressa in grammi.

Sperimentazioni di Fisica 1 - modulo B

In laboratorio sono disponibili 16 estensimetri in acciaio (tipico valore del modulo di Young $E_{\text{acciaio}} = (20,5 \pm 0,1) 10^{10} \text{ N/m}^2$), due estensimetri in tungsteno ($E_{\text{tung}} = (37,9 \pm 1,5) 10^{10} \text{ N/m}^2$) ed uno di ottone ($E_{\text{ottone}} = (9,6 \pm 0,2) 10^{10} \text{ N/m}^2$).

Procedura

1. Posizionare la ghiera in modo che il valore della forza F letto sulla scala sia pari a 200g (quello effettivamente applicato sarà perciò $4 \times 200\text{g} = 800\text{g}$).
2. Azzerare la scala del minimetro posizionando la ghiera in modo che lo zero corrisponda alla posizione della lancetta (che è associata perciò a $F = 200\text{g}$).
3. Aumentare la forza applicata al filo variando F di 100g in 100g fino a 1100g: per ogni valore di F e perciò della forza applicata, misurare l'allungamento Δx indotto sul filo elastico. Si otterranno 10 coppie $(F_i, \Delta x_i)$, $i = 1, \dots, 10$.
4. Partendo da $F = 1100\text{g}$, diminuire la forza applicata al filo in modo che F vari di 100g in 100g sino a tornare al valore di 200g: per ogni valore di F e perciò della forza applicata, misurare l'accorciamento Δx indotto sul filo elastico. Si otterranno 10 coppie $(F_i, \Delta x_i)$, $i = 1, \dots, 10$.
5. Definendo il valore iniziale della forza applicata $F_{\text{app},0} = 4 \times F_0$ e con $\Delta F_{\text{app},i} = F_{\text{app},i} - F_{\text{app},0}$ la differenza dell'*i-sima* misura rispetto la forza applicata iniziale, riportare in grafico la dipendenza $(\Delta F_{\text{app},i}, \Delta x_i)$ nella fase di allungamento e accorciamento del filo. Interpolare i dati relativi alla fase di allungamento con una retta di equazione $y = a + bx$ e nella fase di accorciamento con una retta del tipo $y = c + dx$. Riportare i valori di a , b , c , d con i relativi errori dati dall'interpolazione lineare e verificare la compatibilità di a e c e la compatibilità di b e d rispettivamente. La costante K del filo è data da b e d rispettivamente. Come errore su x utilizzare $1/3$ del valore dato dall'errore di sensibilità dello strumento.
6. Calcolare il modulo di Young E a partire dai valori di b e d così ricavati usando come diametro e lunghezza del filo i valori indicati sullo strumento utilizzato.

Ricordando che $E = \frac{x_0}{SK} = \frac{4x_0}{\pi D^2 K}$ dove S è la sezione del filo, K è la costante di proporzionalità di Δx e F (e perciò pari a b e d nella fase di allungamento ed accorciamento rispettivamente) e x_0 la lunghezza dal filo a riposo, calcolare l'errore sul modulo di Young E attraverso la formula di propagazione:

$$\sigma_E = E \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x_0}}{x_0}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_K}{K}\right)^2 + 4\left(\frac{\sigma_D}{D}\right)^2}$$

7. Calcolare la media pesata dei valori del modulo di Young $E_i \pm \sigma_{E_i}$ ottenuti dalle misure di allungamento e le misure di accorciamento ricordando che la media pesata è fornita dalla seguente relazione:

$$\langle E \rangle = \frac{\sum_i \frac{E_i}{\sigma_{E_i}^2}}{\sum_i \frac{1}{\sigma_{E_i}^2}} \quad \text{dove } \sigma_{\langle E \rangle} = \sqrt{\frac{1}{\sum_i \frac{1}{\sigma_{E_i}^2}}}$$

8. Calcolare la media pesata $\langle K \rangle$ dei valori di $K, K_i \pm \sigma_{K_i}$ ottenuti dalle misure di allungamento e le misure di accorciamento ricordando che la media pesata è fornita dalla seguente relazione:

$$\langle K \rangle = \frac{\sum_i \frac{K_i}{\sigma_{K_i}^2}}{\sum_i \frac{1}{\sigma_{K_i}^2}} \quad \text{dove } \sigma_{\langle K \rangle} = \sqrt{\frac{1}{\sum_i \frac{1}{\sigma_{K_i}^2}}}$$

9. Verificare la compatibilità della stima $\langle E \rangle$ con E_{pes} ricavata usando la media pesata dei $\langle K \rangle$ ottenuti in fase di allungamento e accorciamento del filo:

$$E_{\text{pes}} = \frac{4x_0}{\pi D^2 \langle K \rangle} \quad \sigma_{E_{\text{pes}}} = E \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x_0}}{x_0} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\langle K \rangle}}{\langle K \rangle} \right)^2 + 4 \left(\frac{\sigma_D}{D} \right)^2}$$

Discutere quale stima di E è migliore.

10. Ripetere i punti 1-9 utilizzando diversi estensimetri seguendo il seguente criterio: almeno 4 estensimetri in acciaio con stesso diametro ma diversa lunghezza a riposo; almeno 4 estensimetri in acciaio con stessa lunghezza e diverso diametro; *se disponibili in laboratorio*, 1 estensimetro con il filo in tungsteno e 1 estensimetro con il filo in ottone.
11. Per gli estensimetri in acciaio, verificare la dipendenza lineare di $\langle K \rangle$ rispetto $1/S$, S sezione del filo e di $\langle K \rangle$ rispetto x_0 riportando in grafico $\langle K \rangle$ in funzione di $1/S$ e di x_0 rispettivamente. In entrambi i casi, sovrapporre ai dati la retta interpolante e disporre in grafico gli errori di $\langle K \rangle$.
12. Per gli estensimetri in acciaio, verificare che il rapporto $R = \langle K \rangle / x_0$ è costante utilizzando come valori di $\langle K \rangle$ la media pesata prima calcolata. Riportando in grafico il valore R in ordinata rispetto a x_0 in ascissa. Associare ad ogni valore di R l'errore dato dalla propagazione

$$\sigma_R = R \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x_0}}{x_0} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\langle K \rangle}}{\langle K \rangle} \right)^2}.$$

13. Per gli estensimetri in acciaio, verificare che il prodotto $P = \langle K \rangle D^2$ è costante riportando in grafico il valore P (con i relativi errori) in ordinata rispetto a D^2 in ascissa. Associare ad ogni

valore di P l'errore dato dall'interpolazione: $\sigma_P = P \sqrt{4 \left(\frac{\sigma_D}{x_D} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\langle K \rangle}}{\langle K \rangle} \right)^2}.$