

Il principio di Archimede

PREREQUISITI

Per affrontare la prova devi sapere:

- ▶ Che cos'è la forza peso e qual è la sua unità di misura
- ▶ Come si utilizza il dinamometro
- ▶ Definizione e unità di misura della densità
- ▶ Definizione e unità di misura della pressione
- ▶ Enunciato del principio di Archimede

1 Titolo

L'argomento di questa prova di laboratorio riguarda un importante fenomeno fisico, noto fino dall'antichità ed espresso dal principio di Archimede. Poiché si affronta l'esperienza con l'intento di valutarne la validità, puoi scrivere come titolo: **Verifica del principio di Archimede.**

2 Obiettivi

Lo scopo che vogliamo realizzare consiste quindi nel vedere se la spinta che un fluido esercita su un corpo in esso immerso coincide con il peso del liquido spostato, per lo meno entro i limiti sperimentali, che potranno essere valutati eventualmente – ma questo non è indispensabile – tramite le leggi di propagazione degli errori.

3a Schema e/o disegno

In questo caso si possono realizzare due disegni che mostrino, in sequenza, i momenti fondamentali della fase operativa (fig. 1).

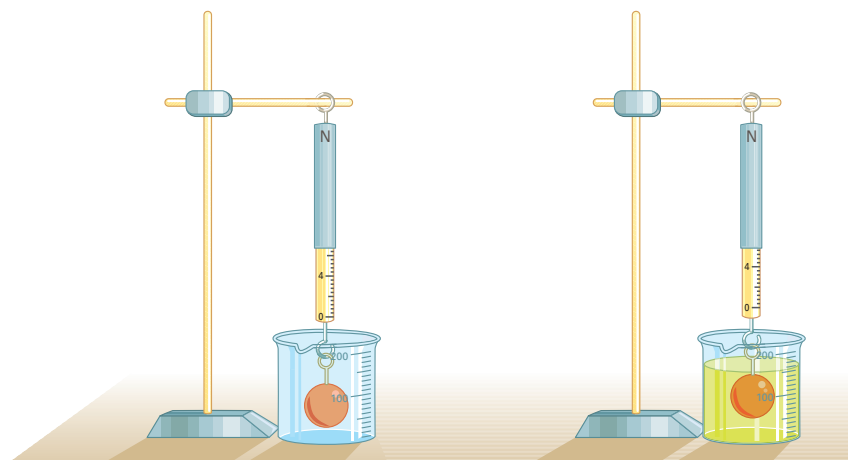


Figura 1

3b Materiali e strumenti

Il materiale e gli strumenti necessari in questa prova sono:

- asta di supporto;
- corpi di vari materiali e diverse dimensioni, possibilmente dotati di gancio;
- liquido (o vari tipi di liquidi);
- dinamometro;
- contenitore graduato (becker).

4 Contenuti teorici

Riassumi brevemente il contenuto del principio di Archimede, descrivendo esaurientemente le grandezze fisiche e le rispettive unità di misura che entrano in gioco. Tutto ciò ti serve per dare chiarezza alle azioni che ti appresti a compiere, oltre che a rendere maggiormente comprensibile la relazione.

5 Descrizione della prova

La descrizione dell'esperimento consiste nell'illustrazione delle modalità operative che hai seguito, sottolineando in particolare attraverso quale via tenti di determinare il valore della spinta di Archimede S_A agente sul corpo di forma irregolare, al fine di confrontarla con il prodotto $\rho \cdot V \cdot g$.

Per capire come devi agire, le tappe operative della prova sono le seguenti:

- calcolare la spinta S_A come:

$$S_A = \underset{\substack{\text{peso oggetto} \\ \text{in aria}}}{P_1} - \underset{\substack{\text{peso oggetto} \\ \text{in acqua}}}{P_2}$$

- calcolare il volume V del solido come:

$$V = \underset{\substack{\text{volume di} \\ \text{acqua + solido}}}{V_2} - \underset{\substack{\text{volume} \\ \text{dell'acqua}}}{V_1}$$

A questo punto, ascoltate le indicazioni degli insegnanti, puoi iniziare l'esecuzione della prova.

- Dopo aver montato l'asta di supporto (che in linea di massima è il semplice dispositivo illustrato in figura 1, che probabilmente hai già utilizzato), fissa verticalmente un dinamometro della portata opportuna e assicurati che la parte mobile sia disposta in basso esattamente in corrispondenza dello 0 (questa operazione si chiama azzeramento).
- Appendi all'estremità del dinamometro l'oggetto sul quale vuoi verificare per primo la spinta idrostatica e rilevano la forza peso P_1 , riportando correttamente la relativa scrittura. Nell'esempio utilizzato da noi per impostare la tabella 1 che trovi al punto 6 (colonna 1), avremmo dovuto riportare:

$$P_1 = (6,80 \pm 0,05) \text{ N}$$

ipotizzando un errore di sensibilità del dinamometro pari a 0,05 N.

- Prendi il contenitore graduato (becker) e versaci dentro una quantità d'acqua sufficiente a consentire l'immersione totale degli oggetti scelti. Sulla scala indicata nel vetro, vai a leggere il volume di acqua presente: ovviamente, l'acqua va versata in modo tale che il suo livello raggiunga un valore comodo da rilevare. Nel nostro esempio (colonna 5 di tabella 1):

$$V_1 = (750 \pm 1) \text{ cm}^3 = (0,750 \pm 0,001) \text{ dm}^3$$

I valori dei volumi sono riportati direttamente in m^3 : basta aggiungere 10^{-3} in testa alla colonna (vedi **help 1**).

- Abbassa l'asta di supporto che sorregge il dinamometro con il corpo appeso, in modo tale da immergere completamente nel liquido il corpo, lasciando fuori l'anello di aggancio del dinamometro. A questo punto effettua due letture:
 - il valore della forza peso indicata adesso dal dinamometro, che sarà inferiore a quella precedente;
 - il valore del volume occupato dall'acqua con il corpo immerso.

Ad esempio, faremo delle letture rispettivamente del tipo:

$$P_2 = (5,90 \pm 0,05) \text{ N} \quad V_2 = (838 \pm 1) \text{ cm}^3 = (0,838 \pm 0,001) \text{ dm}^3$$

Tali valori vanno inseriti rispettivamente nelle caselle delle colonne 2 e 6 della solita tabella.

e) Ripeti l'operazione con gli altri corpi solidi a disposizione, completando le colonne 1, 2, 5 e 6.

6 Raccolta dei dati

Qui sotto trovi la tabella nella quale inserire i dati (colonne 1, 2, 5 e 6). Per non renderla troppo pesante, abbiamo evitato di inserire gli errori di sensibilità degli strumenti per i due pesi P_1 e P_2 e per i due volumi V_1 e V_2 , che comunque devi annotare scrupolosamente.

Inoltre, tieni presente che dati impliciti noti sono anche:

- la densità dell'acqua: $\rho = (1000 \pm 1) \text{ kg/m}^3$;
- l'accelerazione di gravità: $g = (9,81 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$.

Tabella 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_1 (N)	P_2 (N)	$S_A = P_1 - P_2$ (N)	$\Delta x(S_A)$ (N)	V_1 $\cdot 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)}$	V_2 $\cdot 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)}$	$V = V_2 - V_1$ $\cdot 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)}$	$\Delta x(V)$ $\cdot 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)}$	ρVg (N)	$\Delta x(\rho Vg)$ (N)
6,80	5,90	0,9	0,1	0,750	0,838	0,088	0,002	0,86	0,03
...
...
...

7 Elaborazione

L'elaborazione dei dati comprende il completamento delle colonne 3, 7 e 9. Il calcolo di S_A e di V non è un problema, trattandosi di semplici sottrazioni.

Dopodiché, passi al calcolo del prodotto ρVg (colonna 9). Dunque, riprendendo i dati riportati a mo' di esempio, abbiamo:

$$\rho Vg = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,088 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1000 \cdot 0,088 \cdot \frac{1}{1000} \cdot 9,81 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0,86328 \text{ N}$$

Puoi arrotondare il risultato prendendo due cifre significative (tante quante sono quelle del valore che ne ha di meno fra ρ , V e g che abbiamo moltiplicato, vale a dire $0,088 \text{ dm}^3$) e scrivere perciò: $\rho Vg = 0,86 \text{ N}$. Quanto appena visto, dovrai ripeterlo per ognuno dei corpi solidi che hai a disposizione.

Nel caso l'insegnante richieda la determinazione delle incertezze di S_A e di V , nonché del prodotto ρVg , tramite le leggi di propagazione degli errori, puoi rivedere i procedimenti necessari nella rubrica **help 2** per completare le colonne 4 e 8, quindi l'**help 3** per la 10.

8 Analisi dei risultati e conclusioni

Se non hai calcolato la propagazione degli errori per ρVg , allora valuterai la riuscita della prova in base alla prossimità tra i valori di S_A e quelli di ρVg . Un modo può essere quello di calcolare lo scostamento in percentuale di ρVg rispetto a S_A :

$$\frac{S_A - \rho Vg}{S_A} \cdot 100 = \frac{0,9 - 0,86}{0,9} \cdot 100 = 4,4\%$$

valutando il risultato positivo quando, per esempio, in base alla possibilità di fare misurazioni accurate, esso è inferiore al 5% o anche di più.

Se, al contrario, hai dovuto calcolare anche le incertezze di ρVg , allora la valutazione dei risultati è più semplice, in quanto si tratterà di controllare la **compatibilità** fra i due intervalli di indeterminazione, quello di S_A e quello di ρVg , verificando che si sovrappongano almeno parzialmente, abbiano cioè dei valori in comune. Con i nostri esempi numerici:

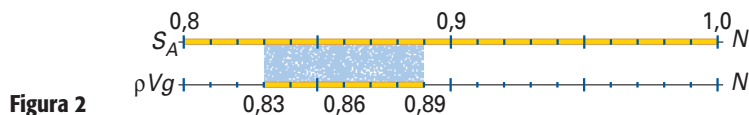


Figura 2

Per cui scriverai: «La prova è/non è riuscita in quanto gli intervalli di indeterminazione...». In caso di riscontro negativo, dovrai cercare di individuarne le cause, che possono concentrarsi nei momenti in cui sono state effettuate le letture dei valori delle grandezze fisiche in gioco.

help 1

Molto probabilmente l'unità di misura che troverai indicata nel becker è in cm^3 . Ti ricordiamo comunque che 1 litro (l) equivale a 1 dm^3 e che 1 dm^3 equivale a 1000 cm^3 , cioè a 10^3 cm^3 .

Soffermati un attimo sulle equivalenze riportate sotto, in modo da leggere correttamente il volume:

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3 \quad 1 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ l} \quad 1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

help 2

Per calcolare le incertezze di S_A e V , cioè $\Delta x(S_A)$ e $\Delta x(V)$, da mettere nelle colonne 4 e 8, ricorda che nella differenza, così come nella somma, per trovare l'incertezza si devono sommare le incertezze degli addendi:

$$\Delta x(S_A) = \Delta x(P_1) + \Delta x(P_2) = 0,05 + 0,05 = \dots \text{ N}$$

$$\Delta x(V) = \Delta x(V_1) + \Delta x(V_2) = 0,001 + 0,001 = \dots \text{ dm}^3$$

help 3

Per trovare l'incertezza di ρVg , da inserire nella colonna 10 della tabella, dovrai procedere così:

1. calcolare gli errori relativi delle tre grandezze ρ , V e g (ipotizzando, come da relative misure, per la densità un'incertezza di 1 kg/m^3 e per l'accelerazione di gravità $0,01 \text{ m/s}^2$):

$$\varepsilon_r(\rho) = \frac{\Delta x(\rho)}{\rho_M} = \dots \quad \varepsilon_r(V) = \frac{\Delta x(V)}{V_M} = \dots \quad \varepsilon_r(g) = \frac{\Delta x(g)}{g_M} = \dots$$

2. trovare l'errore relativo del prodotto:

$$\varepsilon_r(\rho Vg) = \varepsilon_r(\rho) + \varepsilon_r(V) + \varepsilon_r(g) = \dots$$

3. determinare la sua incertezza:

$$\Delta x(\rho Vg) = \varepsilon_r(\rho Vg) \cdot \rho Vg = \dots$$

4. arrotondare coerentemente incertezza e valore della misura e scrivere:

$$\rho Vg = (\dots \pm \dots) \dots$$