

SCHEDA PER IL DOCENTE

DETERMINAZIONE DELLA DENSITÀ DI UN LIQUIDO TRAMITE IL PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

I

Titolo dell'esperienza N° 4

DETERMINAZIONE DELLA DENSITÀ DI UN LIQUIDO CON IL PRINCIPIO DI ARCHIMEDE

Autori

Prof.sse Fabbri Fiamma, Mancini Rossella, Proietti Orietta

Docenti del L.S.S. "F. ENRIQUES" (Ostia, Roma)

II

Breve descrizione del fenomeno fisico e finalità dell'esperienza

Principio di Archimede: un corpo immerso in un fluido riceve una spinta dal basso verso l'alto pari al peso del volume del liquido spostato: $S_A = mg = \rho Vg$

Sia P il peso del corpo determinato con il dinamometro e P_a il suo peso apparente dopo averlo immerso nel liquido.

Il peso apparente è uguale alla differenza tra il peso del corpo nell'aria e la spinta di Archimede

$$S_A = \rho_{\text{acqua}} g V_c \quad \text{con} \quad V_c = \text{volume del corpo immerso}$$

$$P_a = P - S_A \quad \Rightarrow \quad S_A = P - P_a$$

Prima finalità

□ **Calcolo del volume del corpo:** $P_a = P - \rho_{\text{acqua}} g V_c$

applicando la formula inversa si può ricavare il volume del corpo

$$V_c = \frac{P - P_a}{\rho_{\text{acqua}} g} = \frac{S_A}{\rho_{\text{acqua}} g} \quad (1)$$

Seconda finalità

□ **Calcolo della densità di un liquido incognito:**

immergendo ora il corpo in un liquido incognito la spinta S_A sarà diversa dalla precedente quindi, si può calcolare la densità del liquido applicando opportunamente il principio di Archimede:

$$\rho_l = \frac{S_A}{gV_c}$$

E' possibile facilitare l'esperienza utilizzando un dinamometro tarato in grammi.

Con esso infatti si può giungere al calcolo immediato del volume ricordando che la differenza tra i due pesi espressa in grammi rappresenta il volume del corpo espressi in cm^3

$$V \text{ cm}^3 = (P - P_a) \text{ grammi} \quad (2)$$

Infatti, indicando $P_a = m_x g$ il peso apparente e sostituendo tale valore nella (1) otteniamo:

$$V_c = \frac{mg - m_x g}{\rho_{acqua} g} \quad \text{semplificando ed essendo } \rho = 1 \text{ g/cm}^3$$

si arriva alla relazione (2).

III

Classi a cui è rivolta l'esperienza e prerequisiti

- Prime classi del Liceo Tecnologico, PNI, Linguistico, Istituti Tecnici
- Classi terze e quarte del Liceo Scientifico e classi quarte del Liceo Classico

Prerequisiti

- Teoria della misura
- Costruzione e interpretazione di un grafico sperimentale
- Densità e sua unità di misura
- Uso del dinamometro
- Misura della massa e del peso
- Spinta idrostatica
- Principio di Archimede

IV Obbiettivi generali

Applicare il Principio di Archimede per:

- Calcolare il volume di un corpo V_c
- Determinare la densità di un liquido incognito
- Confrontare differenti modalità operative analizzando e valutando i risultati ottenuti
- Scegliere tra gli strumenti di misura disponibili quelli più adeguati

V Obbiettivi specifici

- Effettuare misure dirette ed indirette
- Usare le corrette unità di misura e se necessario le opportune equivalenze
- Gestire i calcoli numerici in notazione scientifica
- Applicare le leggi di propagazione degli errori nelle misure indirette
- Costruire un grafico sperimentale e trarre da esso informazioni
- Confrontare grafici sperimentali diversi ma riferiti alla stessa grandezza fisica

VI Materiale occorrente Strumentazione occorrente , con elenco dettagliate delle caratteristiche

- Corpo di forma regolare (cilindro di rame)
- Dinamometro tarato in newton : portata $2 N$; risoluzione $0.05N$
- Dinamometro tarato in grammi: portata $100 g$; risoluzione $1 g$
- Metro di carta: portata $10 cm$ (minimo); risoluzione $1mm$
- Acqua distillata, alcool
- Becher
- Supporto per appendere il dinamometro

Assemblaggio



VII

**Descrizione generale del procedimento di misura
Grandezze da misurare direttamente, unità di misura, errori
Elenco delle tabelle e dei grafici da produrre**

Analisi dei dati e determinazione delle grandezze derivate con relativi errori

L'esecuzione dell'esperienza avviene a gruppi di lavoro (massimo quattro alunni per gruppo).

I PARTE

- Agganciare il corpo al dinamometro tarato in grammi e leggere il peso
- Immergere il corpo nell'acqua distillata e leggere il peso apparente
- Calcolare il volume del corpo tenendo presente che in questo caso esso equivale alla spinta di Archimede subita dal corpo
- Agganciare successivamente il corpo al dinamometro tarato in Newton e leggere il peso.
- Immergere il corpo nell'acqua distillata e leggere il peso apparente
- Calcolare il volume del corpo ricavandolo da $P_a = P - \rho_{\text{acqua}} g V_c$

II PARTE

- Agganciare il corpo di cui si è precedentemente calcolato il volume al dinamometro e leggere il peso del corpo
 - Riempire il becher con il liquido incognito (alcohol, benzina, olio.....)
 - Immergere il corpo nell'alcool e leggere il peso apparente
 - Calcolare la spinta di Archimede subita dal corpo
- Calcolare la densità dell'alcool applicando il principio di Archimede

III PARTE

- Prendere il corpo di cui si è calcolato il volume e segnare con un pennarello le tacche che corrispondono ad $\frac{1}{2}$ e ai $\frac{3}{4}$ della sua altezza
- Appendere il corpo al dinamometro e leggere il suo peso P
- Riempire il becher con uno dei liquidi disponibili
- Immergere ora il corpo nel liquido fino alla tacca che indica la metà dell'altezza
- Calcolare il volume V_c del corpo immerso e leggere sul dinamometro il peso apparente
- Calcolare la spinta subita dal corpo S_A
- Calcolare il rapporto tra la spinta subita e il volume immerso
- Ripetere le precedenti operazioni immergendo il cilindro fino alla seconda tacca e successivamente immergendolo in modo completo
- Inserire i dati raccolti nella tabella
- Ripetere tutta l'esperienza inserendo nel becher un liquido diverso
- Inserire i dati raccolti nella tabella relativa

Costruire nello stesso piano cartesiano i grafici sperimentali ottenuti dai dati elaborati, riportando in ascissa il volume V e in ordinata la spinta S_A

VII

Grandezze da misurare direttamente, unità di misura, errori

- P : peso del corpo in aria misurato in newton (N) o in grammi (g) a seconda del dinamometro scelto
- P_a : peso apparente del corpo (corpo immerso nel liquido) misurato in N o in g
- $\varepsilon_a(P)$: errore assoluto sul peso = risoluzione del dinamometro, misurato in N o in g
- $\varepsilon_a(P_a)$: errore assoluto sul peso apparente = risoluzione del dinamometro, misurato in N o in g

Grandezze derivate con errori relativi

- S_A : spinta di Archimede misurata in N o in g
- $\varepsilon_a(S_A) = \varepsilon_a(P) + \varepsilon_a(P_a) =$ il doppio della risoluzione, misurato in N o in g
- $\varepsilon_r(S_A)$: errore relativo sulla spinta = $\frac{\varepsilon_a(S_A)}{S_A}$

Se si usa il dinamometro tarato in grammi, il Volume equivale alla spinta, quindi:

- $\varepsilon_a(V_c)$: errore assoluto sul volume = risoluzione del dinamometro, misurato in N o in g
- $\varepsilon_r(V_c)$: errore relativo sul Volume = $\frac{\varepsilon_a(V_c)}{V_c}$
- $S_A/V_c =$ densità se si usa il dinamometro tarato in grammi
- $\varepsilon_a(S_A/V_c) = (S_A/V_c) \left(\frac{\varepsilon_a(S_A)}{S_A} + \frac{\varepsilon_a(V_c)}{V_c} \right)$
- $\overline{S_A/V_c} =$ media dei valori

VIII

Eventuali difficoltà operative ed accorgimenti da seguire durante l'esecuzione dell'esperienza

- Se si ha difficoltà nel reperire il corpo cilindrico lo si può sostituire con un qualsiasi contenitore di forma regolare (cilindro o parallelepipedo), munito di un piccolo gancio per poter essere appeso al dinamometro.
- Il contenitore potrà essere riempito con una qualsiasi sostanza, o con dei ribattini di rame o di ferro, perché la spinta di Archimede non dipende dalla qualità del corpo ma solo dal liquido in cui è immerso.
- E' importante che il contenitore così riempito non galleggi quando viene immerso nell'acqua o nel liquido incognito.
- Per l'esecuzione della I e della II parte si può comunque procedere come se stesse usando il corpo cilindrico, mentre per l'esecuzione della III occorre applicare con il nastro adesivo trasparente, esternamente al contenitore, un centimetro di carta per avere l'opportuna suddivisione dell'altezza.
- Se la risoluzione del dinamometro è apprezzabile conviene dividerla ulteriormente
- I valori medi trovati risentono dell'errore dovuto alla difficile lettura della parte immersa del corpo attraverso il liquido.

- Quando la parte immersa del corpo è molto piccola, l'errore che si commette nella misurazione risulta molto grande, quindi conviene iniziare le misure quando il corpo è immerso per metà. E' per questo che i valori della prima riga delle due tabelle allegate non sono stati considerati.
- Cercare di eliminare gli errori di parallasse durante la lettura del peso e nel valutare la posizione della parte immersa del corpo nel liquido.

Dati e risultati di riferimento

I PARTE

$$\mathbf{P} = (1.00 \pm 0.05) N \qquad \mathbf{P}_a = (0.85 \pm 0.05) N$$

$$S_A = (1.00 - 0.85) N = 0.15 N \qquad S_A = (0.15 \pm 0.10) N \qquad \varepsilon\% = 66 \%$$

$$V_c = (0.01 \pm 0.01) 10^{-3} m^3 \qquad \varepsilon\% = 100 \%$$

Nonostante nei laboratori siano ormai presenti dinamometri tarati in newton, l'errore commesso sul volume è tale che è più conveniente utilizzare un dinamometro tarato in grammi. Inoltre tale metodo risulta più rapido, fornisce misure più precise ed è applicabile anche a corpi di forma irregolare.

E' preferibile lavorare usando *cm* e *g* e solo alla fine trasformare nelle unità di misura del S.I.; in tal modo la densità dell'acqua è 1 g/cm^3 e $g = 980 \text{ cm/s}^2$

Le stesse misurazioni vengono ripetute con il dinamometro tarato in grammi.

$$\mathbf{P} = (100 \pm 1) g \qquad \mathbf{P}_a = (88 \pm 1) g$$

$$V_c = S_A = (100 - 88) g = 12 \text{ cm}^3$$

$$V_c = (12 \pm 2) \text{ cm}^3 = (12 \pm 2) 10^{-3} m^3 \qquad \varepsilon\% = 20 \%$$

II PARTE

Il liquido preso in considerazione è l'alcool.

E' preferibile lavorare usando *cm* e *g* e solo alla fine trasformare nelle unità di misura del S.I.; in tal modo la densità dell'acqua è 1 g/cm^3 e $g = 980 \text{ cm/s}^2$.

$$\mathbf{P} = (100 \pm 1) g \qquad \mathbf{P}_a = (90 \pm 1) g$$

$$S_A = (100 - 90) g = (10 \pm 2) g \qquad \varepsilon\% = 20 \%$$

$$\rho_l = \frac{S_A}{V_c} = \frac{10g}{12cm^3} = 0.8\bar{3} \text{ g/cm}^3 = 833 \text{ kg/m}^3 \qquad \varepsilon\% = 33 \%$$

III PARTE

Legenda

$V_c = 12 \text{ cm}^3$	Volume del corpo	$\epsilon_a(V) =$	errore assoluto del volume
$P = 100 \text{ g}$	Peso del corpo nell'aria	$\epsilon_r(V) =$	errore relativo del volume
$h_{\text{totale}} = 56 \text{ mm}$	Altezza del corpo	$\epsilon_a(S_A) =$	errore assoluto della spinta
$\frac{1}{4} h = 14 \text{ mm}$		$\epsilon_r(S_A) =$	errore relativo della spinta
$P_a =$	Peso apparente		

Tabella Acqua distillata : $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

	h cm	V_c cm^3	$\epsilon_a(V)$ cm^3	$\epsilon_r(V)$	P_a g	S_A g	$\epsilon_a(S_A)$ g	$\epsilon_r(S_A)$	S_A/V_c g/cm^3	$\epsilon_a(S_A/V)$ g/cm^3
1	1,4	3	2	0,60	98	2	2	1,00	0,6	0,96
2	2,8	6	2	0,30	94	6	2	0,33	1,0	0,63
3	4,2	9	2	0,20	92	8	2	0,25	1,0	0,36
4	5,6	12	2	0,17	88	12	2	0,17	1,0	0,34

$$\overline{S_A/V_c} \cong 1,0 \text{ g/cm}^3$$

Tabella Alcool : $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$

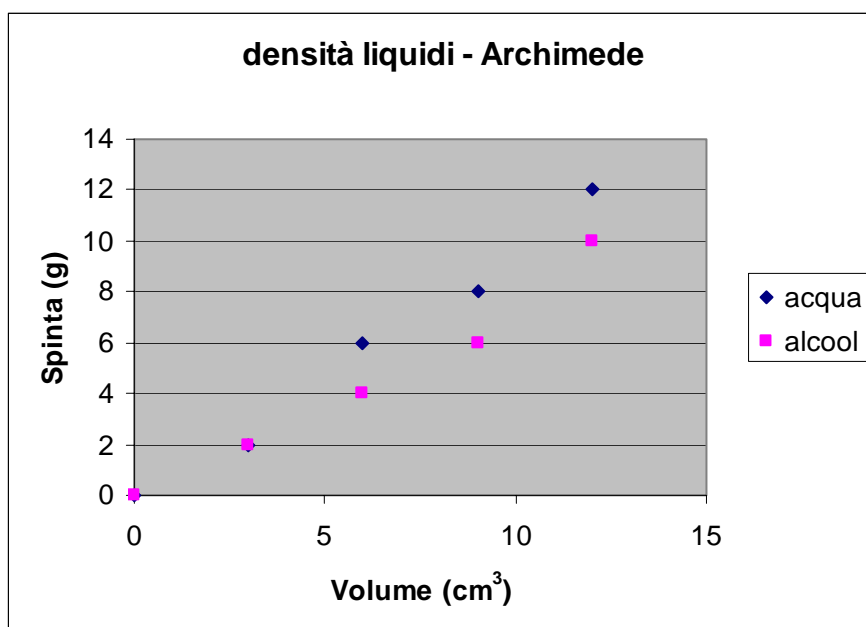
	h cm	V_c cm^3	$\epsilon_a(V)$ cm^3	$\epsilon_r(V)$	P_a g	S_A g	$\epsilon_a(S_A)$ g	$\epsilon_r(S_A)$	S_A/V_c g/cm^3	$\epsilon_a(S_A/V)$ g/cm^3
1	1,4	3	2	0,60	98	2,0	2,0	1,0	0,6	0,96
2	2,8	6	2	0,30	96	4,0	2,0	0,5	0,6	0,48
3	4,2	9	2	0,20	94	6,0	2,0	0,3	0,6	0,30
4	5,6	12	2	0,17	90	10,0	2,0	0,2	0,8	0,30

I valori della prima riga non sono stati conteggiati

$$\overline{S_A/V_c} \cong 0,7 \text{ g/cm}^3$$

Guida alla costruzione dei grafici per ciascun liquido esaminato

- Riportare sul piano cartesiano, scegliendo opportunamente la scala da usare, i punti sperimentali aventi come ascissa i valori del volume e come ordinata i corrispondenti valori della spinta.
- Rispetto ad ognuno dei punti sperimentali così ottenuti tracciare le barre d'errore (la loro ampiezza è il doppio dell'errore assoluto commesso sulla grandezza considerata).
- Tracciare la semiretta passante per l'origine che meglio approssima tutti i punti sperimentali; è sufficiente che la retta passi per la regione di variabilità del valore numerico delle grandezze rappresentate.
- Calcolare il coefficiente angolare di ciascuna retta prendendo due punti lontani dall'origine.



IX Esempi di questionari e griglie per la valutazione

I PARTE

1. Come hai calcolato l'errore assoluto commesso sulla spinta?
Applicando le leggi della propagazione degli errori della differenza.
2. Come hai calcolato l'errore assoluto commesso sul volume?
Dividendo il valore dell'errore assoluto sulla spinta per il prodotto ρg .
3. Spiega perché l'unità di misura del volume dipende dal dinamometro usato.
Il volume deve essere calcolato usando la formula inversa del principio di Archimede. Pertanto se la spinta è misurata in Newton il valore della densità è espresso nell'unità di misura del S.I. , mentre se è misurata in grammi tale valore risulta espresso in cm^3 .
4. Confronta i due valori del volume ottenuti e spiega come puoi decidere quale dei due è più preciso.
I valori del volume sono uguali se espressi in m^3 a causa degli arrotondamenti, mentre sono diversi se espressi in cm^3 e in m^3 . Per decidere quale dinamometro scegliere per migliorare la loro precisione si deve calcolare l'errore percentuale.

II PARTE

5. Indica gli ordini di grandezza per ogni valore trovato della densità e confrontali con quelli teorici.
L'ordine di grandezza sia per l'acqua distillata che per l'alcool è 10^3 e quindi corrispondente a quello teorico.
6. Ricava la densità dell'alcool applicando la formula inversa della spinta.
$$\rho_l = \frac{P - P_a}{gV_c} = \frac{S_A}{gV_c}$$
7. Confronta il valore della spinta subita dal corpo immerso nell'alcool in relazione con quella dell'acqua distillata e interpreta il risultato.
La spinta è minore perché la densità dell'alcool è minore.

III PARTE

8. Quale relazione esiste tra la parte del corpo immersa nei due liquidi considerati e la spinta subita dal corpo?
La spinta è direttamente proporzionale alla parte del corpo immerso.
9. La spinta dipende solo dalla parte di volume del corpo immerso?
No dipende anche dal liquido usato.
10. Da quale caratteristica del liquido dipende la spinta?
Dalla densità.
11. Interpreta, dalla pendenza delle rette ottenute nei grafici, l'andamento della spinta in funzione del volume e dei liquidi usati
A parità di volume la spinta maggiore è dovuta all'acqua poiché più "densa".
12. Quale valore ottieni calcolando sul grafico il rapporto S_A/V_c avendo usato il dinamometro tarato in grammi?
Il valore della densità del liquido.
13. Quale valore avresti ottenuto calcolando sul grafico il rapporto S_A/V_c usando il dinamometro tarato in newton?
Si ottiene il prodotto tra densità e accelerazione di gravità come da formula

GRIGLIA DI VALUTAZIONE

Determinazione della densità di un liquido con il Principio di Archimede

Tale griglia potrà essere usata come strumento di valutazione qualitativo barrando le caselle SI-NO, oppure quantitativo dopo averla corredata dei criteri di attribuzione dei punteggi per le singole domande.

<u>DOMANDE</u>			
	Si	No	Punti
DOMANDA 1: * Applica le leggi di propagazione degli errori nelle misure indirette			
DOMANDA 2: Applica le leggi di propagazione degli errori nelle misure indirette			
DOMANDA 3: Usa all'interno di una formula le unità di misura in modo coerente			
DOMANDA 4: Opera correttamente gli arrotondamenti e conosce l'uso dell'errore percentuale			
DOMANDA 5: E' capace di determinare l'ordine di grandezza e sa verificare la compatibilità tra i valori teorici e quelli sperimentali			
DOMANDA 6: E' capace di ricavare la formula inversa			
DOMANDA 7: Interpreta in modo corretto i valori trovati			
DOMANDA 8: Riconosce il tipo di relazione tra la spinta e la parte di volume immersa			
DOMANDA 9: Associa la spinta al liquido in cui il corpo è immerso			
DOMANDA 10: Associa la spinta alla densità del liquido			
DOMANDA 11: Analizza correttamente i grafici ottenuti e li interpreta			
DOMANDA 12: Analizza correttamente i grafici ottenuti			
DOMANDA 13: Analizza correttamente i grafici in funzione degli strumenti usati			
<u>TABELLA</u>			
Scrivo correttamente le unità di misura			
Scrivo correttamente le incertezze di misura			
Scrivo correttamente le cifre significative delle misure			
Calcolo correttamente il valore della densità			
Calcolo correttamente il valore medio della densità			
Arrotondo correttamente il risultato, scrivendolo con le sole cifre significative			
Riporto ordinatamente le misure nella tabella			
<u>GRAFICO</u>			
Riporto correttamente le grandezze sugli assi cartesiani			
Riporto correttamente sul grafico le unità di misura delle grandezze rappresentate			
Riporto correttamente le incertezze di misura			
Calcolo correttamente la pendenza della retta del grafico			
PUNTEGGIO MASSIMO PUNTI			

* Per ogni domanda sono indicati gli obiettivi oggetto della verifica dell'attività sperimentale.

X
Bibliografia e siti Web di interesse

1. J. S. Walker – Fisica – vol.1 Meccanica, Ed. Zanichelli
 2. E. Amaldi – Le idee della fisica – vol1, Ed. Zanichelli
 3. M. Palladino Bosia – Da Galileo ad Einstein – vol 1, Ed. Petrini
 4. F. Bocci – Manuale per il laboratorio di fisica – Ed. Zanichelli
Il testo analizza le varie fasi di un'esperienza di laboratorio e guida all'analisi dei dati sperimentali.
 5. F. Tibone – Quattro.zero – vol 1 e 2, Ed. Zanichelli
Il testo consente di utilizzare il foglio elettronico per raccogliere ed elaborare i dati sperimentali, costruire grafici e tabelle.
-
1. <http://it.wikipedia.org/wiki/Densit%C3%A0>
Su Wikipedia, l'enciclopedia libera, è possibile trovare informazioni sulla densità di una sostanza e su altre grandezze ad essa correlate.
 2. <http://jumk.de/calc/densita.shtml>
Consente di convertire automaticamente il valore della densità nelle diverse unità di misura.
 3. <http://costruire.altervista.org/libro/densita.htm>
Illustra diversi metodi di misurazione della densità: picnometro, pesata idrostatica, flottazione ed altri.