

## Relazione Fisica

**Titolo:** determinazione della densità

**Obiettivo:** calcolare la densità di diverse sostanze allo stato solido o allo stato liquido utilizzando la spinta di Archimede

**Teoria:** la legge di Archimede dice che un corpo immerso in un fluido subisce una forza diretta verso l'alto di intensità pari al peso del liquido spostato. Questa forza è detta 'spinta di Archimede' e si ottiene con  $F_A = g \cdot d \cdot V$ , dove  $g$  è la costante di gravitazione universale,  $d$  è la densità del liquido in cui si immerge il corpo e  $V$  è il volume del liquido spostato. La densità di un corpo o sostanza è una caratteristica dei corpi, ed è il rapporto tra la massa del corpo e il suo volume, per cui  $d = \frac{m}{V}$ . Densità e spinta di Archimede sono messe in relazione dalle condizioni di galleggiamento di un corpo: un corpo galleggia quando la sua densità è uguale a quella del liquido in cui è immerso. Ciò significa che anche il peso del corpo è uguale al peso del liquido spostato.

**Materiali e strumenti utilizzati:**

- Tre pesi campione di forma cilindrica di materiali diversi:
  - ✓ Ferro, con massa  $m=93,3$  g;
  - ✓ Alluminio, con massa  $m=7,9$  g;
  - ✓ Rame, con massa  $m=25,2$  g;
- Un treppiede con un'asta metallica perpendicolare al piano e una seconda asta metallica regolabile parallela al piano fissata alla prima;
- Un becher;
- Acqua (circa 250 ml);
- Sapone (circa 250 ml);
- Bilancia elettronica con sensibilità 0,1 g e portata 500 g;
- Filo.

**Procedimento:** si misura la massa dei campioni in grammi per calcolarne il peso, utilizzando come unità di misura della forza il grammo-peso ( $g_p$ ) dove  $1g = 1g_p$ . Si riempie un becher con circa 250 ml di acqua e lo si posiziona sopra la bilancia, impostando il programma tara per azzerare la bilancia. A questo punto si lega un filo ad uno dei tre cilindri e si immerge il peso nel liquido, tenendolo ancorato all'asta del treppiede tramite il filo e facendo in modo che non tocchi il fondo o le pareti del becher. Si trascrive il valore indicato dalla bilancia e lo si trasforma nuovamente in grammi-peso. Quindi si ripete la procedura con i restanti cilindri e cambiando il liquido all'interno del becher (cioè 250 ml di acqua vengono sostituiti con 250 ml di sapone). Si calcola la densità dei materiali di ogni cilindro, rapportando il peso del cilindro con il peso del cilindro in acqua. Ne deriva quindi:

$$d_C = \frac{P_C}{P_{CH_2O}} \cdot d_{H_2O}$$

La seguente formula è ricavata da:

$$P_C = g \cdot d_C \cdot V_C$$

dove  $P_C$  = peso del corpo

$g$  = costante di gravitazione universale

$d_C$  = densità del corpo

$V_C$  = volume del corpo

$$P_{CH_2O} = g \cdot d_{H_2O} \cdot V_C \quad \text{dove} \quad P_{CH_2O} = \text{peso del corpo immerso nell'acqua (spinta di Archimede)}$$

$g$  = costante di gravitazione universale

$d_{H_2O}$  = densità dell'acqua

$V_C$  = volume del corpo

$$\frac{P_C}{P_{CH_2O}} = \frac{g \cdot d_C \cdot V_C}{g \cdot d_{H_2O} \cdot V_C} \qquad \frac{P_C}{P_{CH_2O}} = \frac{d_C}{d_{H_2O}}$$

Rapportando poi il peso del cilindro nell'acqua con il peso del cilindro nel sapone si può ottenere la densità del sapone:

$$d_{sapone} = \frac{P_{Csapone}}{P_{CH_2O}} \cdot d_{H_2O} \quad \text{dove} \quad d_{sapone} = \text{densità del sapone}$$

$P_{Csapone}$  = peso del corpo immerso

nel sapone (spinta di Archimede)

$d_{H_2O}$  = densità dell'acqua

$P_{CH_2O}$  = peso del cilindro immerso

nell'acqua (spinta di Archimede)

#### Calcoli e tabelle:

	<b>Ferro</b>	<b>Alluminio</b>	<b>Rame</b>
Massa [g]	93,3	7,9	25,2
Forza-peso [g <sub>p</sub> ]	93,3	7,9	25,2
Forza-peso in acqua [g <sub>p</sub> ]	12,1	2,6	2,3
Forza-peso nel sapone [g <sub>p</sub> ]	30,5	17,7	16,8
Densità del materiale $\left[ \frac{g}{cm^3} \right]$	7,71	3,04	10,96
Densità del sapone $\left[ \frac{g}{cm^3} \right]$ utilizzando	2,52	6,8	7,3

Calcolo delle densità dei materiali:

$$d_{Fe} = \frac{P_C}{P_{CH_2O}} \cdot d_{H_2O} \quad d_{Fe} = \frac{93,3 \text{ g}_p}{12,1 \text{ g}_p} \cdot 1 \text{ g/cm}^3 \quad d_{Fe} = 7,71 \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Al} = \frac{P_C}{P_{CH_2O}} \cdot d_{H_2O} \quad d_{Al} = \frac{7,9 \text{ g}_p}{2,6 \text{ g}_p} \cdot 1 \text{ g/cm}^3 \quad d_{Al} = 3,04 \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Cu} = \frac{P_C}{P_{CH_2O}} \cdot d_{H_2O} \quad d_{Cu} = \frac{25,2 \text{ g}_p}{2,3 \text{ g}_p} \cdot 1 \text{ g/cm}^3 \quad d_{Cu} = 10,96 \text{ g/cm}^3$$

Calcolo del valore medio e dell'incertezza di ogni densità calcolata:

$$C = \frac{A \pm e_A}{B \pm e_B} \quad C = \frac{A}{B} \pm e_C \quad C = \frac{A}{B} \pm \left[ \frac{A}{B} \cdot \left( \frac{e_A}{A} + \frac{e_B}{B} \right) \right]$$

$$d_{Fe} = 7,71 \text{ g/cm}^3 \pm \left[ 7,71 \cdot \left( \frac{0,1}{93,3} + \frac{0,1}{12,1} \right) \right] \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Fe} = 7,71 \text{ g/cm}^3 \pm [7,71 \cdot (0,001 + 0,008)] \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Fe} = 7,71 \text{ g/cm}^3 \pm [7,71 \cdot 0,009] \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Fe} = 7,71 \text{ g/cm}^3 \pm 0,08 \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Fe} = (7,63; 7,79) \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Al} = 3,04 \text{ g/cm}^3 \pm \left[ 3,04 \cdot \left( \frac{0,1}{7,9} + \frac{0,1}{2,6} \right) \right] \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Al} = 3,04 \text{ g/cm}^3 \pm [3,04 \cdot (0,01 + 0,04)] \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Al} = 3,04 \text{ g/cm}^3 \pm [3,04 \cdot 0,05] \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Al} = 3,04 \text{ g/cm}^3 \pm 0,15 \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Al} = (2,89; 3,19) \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Cu} = 10,96 \text{ g/cm}^3 \pm \left[ 10,96 \cdot \left( \frac{0,1}{25,2} + \frac{0,1}{2,3} \right) \right] \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Cu} = 10,96 \text{ g/cm}^3 \pm [10,96 \cdot (0,004 + 0,043)] \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Cu} = 10,96 \text{ g/cm}^3 \pm [10,96 \cdot 0,05] \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Cu} = 10,96 \text{ g/cm}^3 \pm 0,55 \text{ g/cm}^3$$

$$d_{Cu} = (10,41; 11,51) \text{ g/cm}^3$$

Calcolo della densità del sapone utilizzando i cilindri di:

➤ Ferro:	$d_{\text{sapone}} = \frac{30,5 g_p}{12,1 g_p} \cdot 1 \text{ g/cm}^3$	$d_{\text{sapone}} = 2,52 \text{ g/cm}^3$
➤ Alluminio:	$d_{\text{sapone}} = \frac{17,7 g_p}{2,6 g_p} \cdot 1 \text{ g/cm}^3$	$d_{\text{sapone}} = 6,8 \text{ g/cm}^3$
➤ Rame:	$d_{\text{sapone}} = \frac{16,8 g_p}{2,3 g_p} \cdot 1 \text{ g/cm}^3$	$d_{\text{sapone}} = 7,3 \text{ g/cm}^3$

Calcolo del valore medio e dell'incertezza della densità del sapone:

$$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3} \quad \bar{d} = \frac{2,52 + 6,8 + 7,3}{3} \text{ g/cm}^3 \quad \bar{d} = \frac{16,62}{3} \text{ g/cm}^3 \quad \bar{d} = 5,54 \text{ g/cm}^3$$

$$e = \left[ \frac{A}{B} \cdot \left( \frac{e_A}{A} + \frac{e_B}{B} \right) \right] \quad e_1 = \left[ 2,52 \cdot \left( \frac{0,1}{30,5} + \frac{0,1}{12,1} \right) \right] \text{ g/cm}^3$$

$$e_1 = [2,52 \cdot (0,003 + 0,008)] \text{ g/cm}^3$$

$$e_1 = [2,52 \cdot 0,01] \text{ g/cm}^3$$

$$e_1 = 0,025 \text{ g/cm}^3$$

$$e_2 = \left[ 6,8 \cdot \left( \frac{0,1}{17,7} + \frac{0,1}{2,6} \right) \right] \text{ g/cm}^3$$

$$e_2 = [6,8 \cdot (0,006 + 0,038)] \text{ g/cm}^3$$

$$e_2 = [6,8 \cdot 0,04] \text{ g/cm}^3$$

$$e_2 = 0,272 \text{ g/cm}^3$$

$$e_3 = \left[ 7,3 \cdot \left( \frac{0,1}{16,8} + \frac{0,1}{2,3} \right) \right] \text{ g/cm}^3$$

$$e_3 = [7,3 \cdot (0,006 + 0,043)] \text{ g/cm}^3$$

$$e_3 = [7,3 \cdot 0,05] \text{ g/cm}^3$$

$$e_3 = 0,365 \text{ g/cm}^3$$

$$\bar{e} = \frac{e_1 + e_2 + e_3}{3} \quad \bar{e} = \frac{0,025 + 0,272 + 0,365}{3} \text{ g/cm}^3 \quad \bar{e} = \frac{0,662}{3} \text{ g/cm}^3 \quad \bar{d} = 0,22 \text{ g/cm}^3$$

$$d_{\text{sapone}} = \bar{d} \pm e_d \quad d_{\text{sapone}} = 5,54 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \pm 0,22 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad d_{\text{sapone}} = (5,32; 5,76) \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

**Commento:** i valori ottenuti delle densità avrebbero dovuto avere un valore approssimativamente uguale a quello reale, cioè:

- Per il ferro  $d = 7,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  a fronte del ricavato  $d = 7,71 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ;
- Per l'alluminio  $d = 2,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  a fronte del ricavato  $d = 3,04 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ;
- Per il rame  $d = 8,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  a fronte del ricavato  $d = 10,96 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ .

Per il sapone vale ciò sopra descritto, cioè  $d \cong 1,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  a fronte dei ripetuti valori trovati di  $d_1 = 2,52 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ,  $d_2 = 6,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  e  $d_3 = 7,3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ . Questi tre risultati avrebbero anche dovuto avere una minima differenza tra di loro. Evidentemente ciò non è accaduto, probabilmente a causa di una misurazione poco precisa, dovuta a errori commessi durante il procedimento di immersione del cilindro nel liquido.