

2. MASSA, VOLUME, DENSITÀ

GRANDEZZE E MISURAZIONI

La descrizione dei fenomeni naturali necessita di misure sperimentali che permettono di tradurre sotto forma di numero (informazione quantitativa) le impressioni ricavate dall'osservazione (informazione qualitativa). Quando una proprietà fisica legata a un fenomeno è misurabile prende il nome di grandezza fisica. La misura di una grandezza è espressa da un numero accompagnato dall'indicazione dell'unità di misura:

$$\text{grandezza fisica} = \text{valore numerico} \cdot \text{unità di misura.}$$

La misurazione è dunque una tecnica mediante la quale a una proprietà fisica o chimica associamo un numero: esso è il risultato di un confronto con una grandezza simile (grandezza campione) che è stata scelta come unità. Per eseguire una **misurazione** è necessario usare uno strumento appropriato, che ci permetta di determinare il valore numerico di determinate caratteristiche come, la quantità di materia di cui un corpo è costituito, la quantità di spazio che occupa, ecc. Per esempio, se si usa una bilancia per determinare la quantità di materia di un corpo, il risultato della misurazione è espresso in chilogrammi.

I chimici manipolano corpi allo stato gassoso, liquido e solido caratterizzati da certe proprietà che sono oggetto di misurazioni mediante strumenti più o meno sofisticati. La maggior parte delle manipolazioni chimiche richiedono la misurazione di proprietà quali la massa, il volume e la temperatura.

MASSA E PESO

I termini massa e peso sono spesso usati come se fossero sinonimi, ma è un errore perché la massa e il peso sono due grandezze diverse che vengono espresse con unità di misura diverse. Esaminiamo queste differenze. La massa (simbolo m) di un determinato corpo è la quantità di materia contenuta in quel corpo.

la massa di un corpo è la quantità di materia che lo costituisce

Questa quantità di materia è sempre la stessa, qualunque sia il luogo dell'universo in cui si trova il corpo.

Il peso (simbolo P) misura la forza a cui un corpo è sottoposto per effetto di un'attrazione gravitazionale da parte di uno o più altri corpi. Questa forza di attrazione dipende sia dalla massa del corpo esaminato sia dalla massa dei corpi con cui si stabilisce l'interazione gravitazionale. Dipende inoltre dalla distanza tra i vari corpi. Questo significa che il peso di un corpo varia nell'universo e dipende dalle interazioni gravitazionali che agiscono su esso.

Massa e peso sono due grandezze diverse ma sono legate l'una all'altra dalla relazione seguente:

$$\text{Peso} = \text{massa} \times g \qquad P = m \cdot g$$

dove g rappresenta l'accelerazione di gravità che risulta dalle varie interazioni gravitazionali a cui un corpo si trova esposto. In altre parole, il peso è la forza gravitazionale che agisce su un corpo di

massa m . Quindi, se un corpo si trova sulla Terra, risente in modo preponderante della accelerazione di gravità che questa esercita su esso. In questo caso si può affermare:

Il peso è definito come l'entità della forza gravitazionale che la Terra esercita su un corpo

Per esempio, la forza di gravità sulla Luna è circa un sesto di quella sulla Terra. Quindi il peso di un corpo sulla Luna sarebbe un sesto del suo peso sulla Terra, pur essendo la sua massa sempre la stessa. In Tabella 1 è riportato il peso che avrebbe sui vari pianeti del Sole un corpo la cui massa è di 70 kg.

Tabella 1 – Massa e peso di un corpo sui pianeti del Sole

Pianeta	Massa	Peso
Mercurio	70 kg	259 N
Venere	70 kg	625,1 N
Terra	70 kg	686,7 N
Marte	70 kg	260,4 N
Giove	70 kg	1 813 N
Saturno	70 kg	789,6 N
Urano	70 kg	805 N
Nettuno	70 kg	768,6 N
Plutone	70 kg	28,14 N

Una precisazione – Tutti hanno avuto occasione di vedere le fotografie di astronauti flottanti all'interno delle navicelle spaziali (Figura 1). Spesso si afferma che ciò avviene perché gli astronauti si trovano in condizione di «assenza di gravità». In realtà, questa affermazione non è corretta, perché tutti i corpi celesti dell'universo possiedono una massa e quindi esercitano una forza gravitazionale nei confronti degli altri corpi da cui sono a loro volta attratti. L'universo dunque è «riempito» di gravità e quindi l'assenza di gravità non esiste. Tuttavia, in certe condizioni è possibile non avvertire gli *effetti* della gravità, ossia il peso. Ciò si verifica ogni volta che la risultante delle forze gravitazionali a cui un corpo è sottoposto è uguale o prossima al valore zero. Dunque non è corretto parlare di assenza di gravità, ma piuttosto di assenza di peso.



Figura 1 – Fotografia dell'astronauta Samanta Cristoforetti flottante all'interno di una navicella spaziale

La massa di un oggetto viene misurata con una bilancia. Nella figura 2 viene schematizzata una bilancia a bracci uguali.

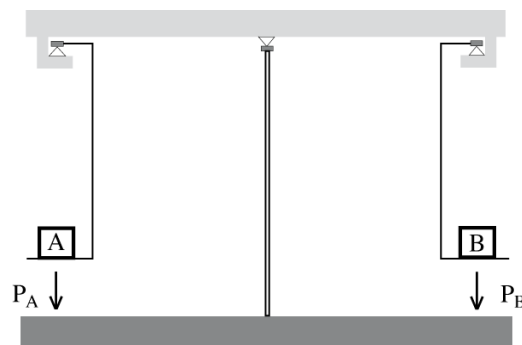


Figura 2 – Schema di una bilancia a bracci uguali

Questo strumento serve per paragonare due forze dirette verso il basso, i pesi dei corpi A e B. Le forze P_A e P_B rappresentano l'interazione della Terra rispettivamente con il corpo A e il corpo B.

$$P_A = m_A \cdot g \quad P_B = m_B \cdot g \quad g = \text{accelerazione di gravità}$$

Quando la bilancia si trova in equilibrio, le due forze sono uguali:

$$P_A = P_B$$

quindi

$$m_A \cdot g = m_B \cdot g$$

Poiché g ha lo stesso valore per tutti i corpi che si trovano nel medesimo luogo, sarà

$$m_A = m_B$$

La bilancia dunque misura la massa, che è una proprietà intrinseca di un corpo indipendente dal luogo in cui viene misurata.

Nel Sistema Internazionale (SI), l'unità di misura della massa è il chilogrammo (simbolo *kg*); in chimica però si usa spesso il grammo (simbolo *g*) che è la millesima parte del chilogrammo:

$$1 \text{ g} = 1 \text{ kg} / 1\,000 \quad \text{ossia} \quad 1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$$

Sebbene si usi comunemente, anche in ambito scientifico, l'espressione «pesare un oggetto», in realtà l'oggetto non viene pesato ma «massato». La massa è un **invariante**, ossia una grandezza invariabile che mantiene un valore costante in qualunque punto dello spazio.

Invece, il peso di un oggetto viene misurato con un dinamometro (Figura 3), poiché è una forza. L'unità di misura di una forza e quindi anche del peso nel Sistema Internazionale (SI) è il newton (simbolo *N*).

Il newton è quella forza che, agendo sulla massa di 1 kg, le imprime l'accelerazione di un metro al secondo quadrato. Le sue dimensioni in termini di unità base SI sono:

$$1 \text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$$

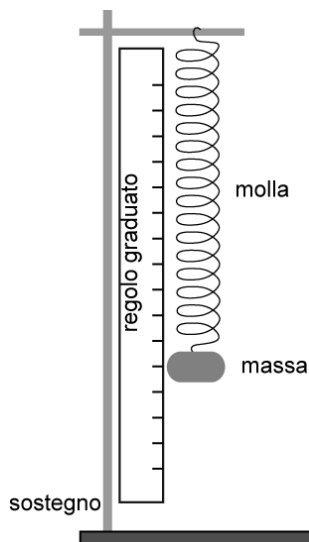


Figura 3 – Schema di un dinamometro

Mentre la massa è un invariante, il peso varia al variare dell'accelerazione di gravità *g*, la quale non è costante sulla superficie della terra in quanto varia con l'altitudine ma anche con la latitudine diminuendo dal polo (9,83 m/s²) all'equatore (9,78 m/s²). Alla nostra latitudine, l'accelerazione di gravità ha il valore *g* = 9,81 m/s².

VOLUME

Nella precedente sequenza si sono effettuate misure di volume dei corpi solidi. In particolare, quando il corpo solido è di forma irregolare, il suo volume viene misurato per spostamento di un corpo liquido nel quale viene immerso. Naturalmente il recipiente nel quale eseguire questa operazione deve essere graduato, cioè fornito di tacche che permettano la misurazione del volume. Questi recipienti

permettono di determinare il volume dei corpi liquidi e possono essere di vario tipo; essi differiscono sia per la forma sia per la precisione con cui è possibile effettuare la misura. Esistono bicchieri e beute sui quali sono presenti delle tacche che permettono di eseguire misure di scarsa precisione. Ci sono invece recipienti chiamati *matraci* la cui taratura permette di misurare volumi prefissati di liquidi con notevole accuratezza. Nelle nostre esperienze abbiamo fatto uso di cilindri graduati; questi permettono di misurare quantità differenti di liquido e hanno sensibilità inversa alla loro capacità. In altre parole, quanto maggiore è il volume massimo di liquido che riescono a contenere, tanto minore è l'accuratezza con la quale si può effettuare la misura. Nella figura 4, sono rappresentati alcuni dei recipienti citati. Altri, come burette e pipette, saranno presi in considerazione più avanti.

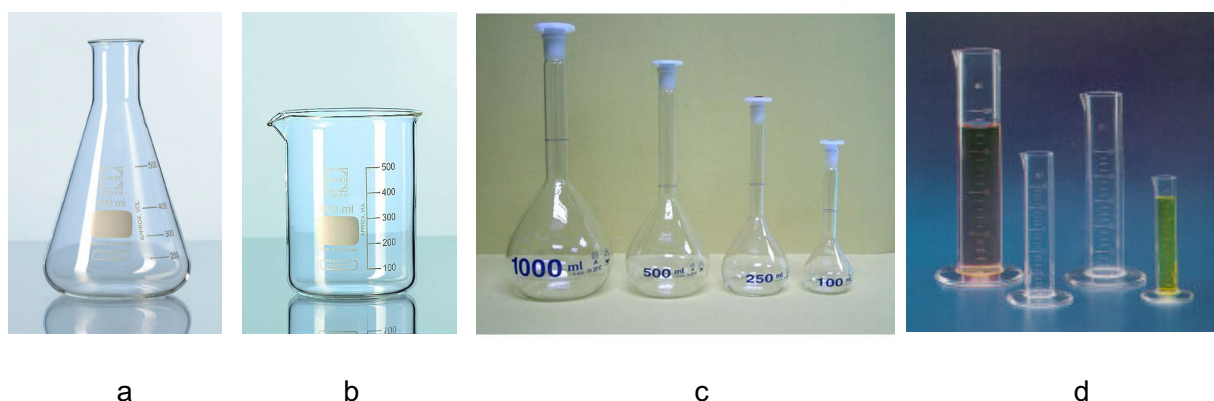


Figura 4 – Fotografie di una beuta graduata (a), un bicchiere graduato (b), alcuni matracci tarati (c), alcuni cilindri graduati (d)

La quantità di spazio che un corpo occupa è il suo **volume**. Nel Sistema Internazionale (SI), l'unità di misura del volume è il metro cubo (simbolo m^3). Tuttavia in chimica il volume si esprime abitualmente in decimetri cubi (simbolo dm^3) o in centimetri cubi (simbolo cm^3). Un decimetro cubo è la millesima parte di un metro cubo e un centimetro cubo è la millesima parte di un decimetro cubo. Quindi:

$$1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ m}^3 / 1\,000 = 1 \text{ m}^3 10^{-3}$$

$$1 \text{ cm}^3 = \text{dm}^3 / 1\,000 = \text{dm}^3 10^{-3}$$

$$\text{cm}^3 = \text{m}^3 / 1\,000\,000 = \text{m}^3 10^{-6}$$

Per il volume dei liquidi si usa anche un'altra unità di misura accettata dal Sistema Internazionale (SI): si tratta del litro (simbolo L). Per convenzione internazionale, un litro di un corpo liquido equivale al volume di un decimetro cubo. (Figura 5).

$$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 \quad 1 \text{ dm}^3 = 1\,000 \text{ cm}^3 \quad 1 \text{ L} = 1\,000 \text{ cm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3$$

Una unità di misura più piccola usata per il volume dei corpi liquidi è il millilitro (simbolo mL):

$$1 \text{ mL} = 1 \text{ L} / 1\,000 = 10^{-3} \text{ L} \quad 1 \text{ L} = 1\,000 \text{ mL} = 10^3 \text{ mL}$$

Poiché

$$1 \text{ L} = 10^3 \text{ cm}^3$$

e

$$1 \text{ L} = 10^3 \text{ mL}$$

ne segue che

$$1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volume del cubo} = 1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L} = 10^3 \text{ cm}^3 = 10^3 \text{ mL}$$

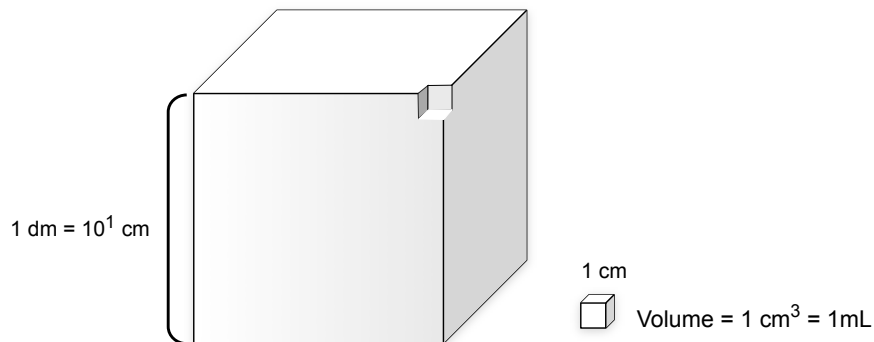


Figura 5 – Rappresentazione di un oggetto cubico avente dimensioni unitarie

Nella Tabella 2 sono riportate alcune unità di misura comuni della massa e del volume e le relative conversioni.

Tabella 2 – Alcune unità di misura comuni della massa e del volume

MASSA	VOLUME
1 kg = 10 ³ g	1 dm ³ = 1 L
1 g = 10 ⁻³ kg	1 dm ³ = 10 ³ cm ³
1 g = 10 ³ mg	1 cm ³ = 10 ⁻³ dm ³
1 mg = 10 ⁻³ g	1 L = 10 ³ mL
1 cg = 10 mg	1 mL = 10 ⁻³ L
1 cg = 10 ⁻² g	1 cm ³ = 1 mL
1 g = 10 ² cg	1 m ³ = 10 ³ L

MASSA VOLUMICA (DENSITÀ)

Nell'ambito del sapere quotidiano sono comuni affermazioni quali «il ferro è più pesante dell'alluminio» oppure «il piombo è più pesante del ferro». Se si riflette un istante su queste affermazioni, ci si rende facilmente conto che non sono accettabili. Non si può affermare genericamente che il ferro è più pesante dell'alluminio: un cubo di alluminio avente la massa di 2 chilogrammi è più pesante di un cubo di ferro avente la massa di 1 chilogrammo. Questo ci permette di dire che l'alluminio è più pesante del ferro? Sicuramente no. Possiamo sostenere che «quel cubo» di alluminio ha massa superiore a «quel cubo» di ferro, ma non possiamo andare oltre e generalizzare il giudizio al ferro e all'alluminio.

D'altronde, se si confrontano i volumi dei due cubi, si constata facilmente che il cubo di alluminio occupa una quantità di spazio superiore a quella occupata dal cubo di ferro. Cosa succede se si confrontano due cubi che occupano la stessa quantità di spazio? Per esempio, se si fa riferimento a un cubo avente il volume di un decimetro cubo si ha che:

massa del cubo di ferro: 7 860 g/dm³

massa del cubo di alluminio: 2 700 g/dm³

Sulla base di questi dati, possiamo affermare che la massa di un decimetro cubo di ferro è superiore alla massa di un decimetro cubo di alluminio. Questa è un'affermazione corretta, perché si mettono a confronto due campioni che hanno lo stesso volume. Se si vuole mettere a confronto il ferro con l'alluminio, si deve tenere conto contemporaneamente di due grandezze: la quantità di materia, ossia la massa, e la quantità di spazio occupato, ossia il volume.

Lo stesso ragionamento vale per i liquidi. Se si vuole mettere a confronto tre liquidi, acqua, alcol e glicerina, si deve operare con volumi eguali. Per esempio, se si prelevano 50 cm³ di ogni liquido e si determina la loro massa si ottiene:

Corpo	Volume (cm ³)	Massa (g)
acqua	50	50
alcol	50	40
glicerina	50	63

Risulta quindi che volumi eguali di liquidi differenti hanno masse diverse: la massa di 1 cm³ di glicerina è superiore alla massa di 1 cm³ di acqua che è superiore alla massa di 1 cm³ di alcol. Anche in questo caso, per mettere a confronto i tre liquidi, si deve tenere conto contemporaneamente di due grandezze: la massa e il volume.

Quale relazione esiste fra queste due grandezze per un determinato corpo?

Per rispondere a questo interrogativo, consideriamo i dati riportati in Tabella 3, ottenuti prelevando da un blocco di ferro alcuni campioni di volume definito (in centimetri cubi), misurandone la massa (in grammi) e calcolando il valore del rapporto massa/volume (g/cm³).

Tabella 3 – Dati relativi ad alcuni campioni di ferro

Campione	1	2	3	4	5	6
Volume (cm ³)	5	10	25	50	75	100
Massa (g)	39,3	78,6	196,5	393,0	590,0	786,0
Massa/Volume (g/cm ³)	7,86	7,86	7,86	7,86	7,86	7,86

Il rapporto massa/volume definisce una grandezza chiamata **massa volumica** o **densità**. Nel caso del ferro, che è un corpo puro, questo rapporto è costante. Nel Sistema Internazionale (SI) il simbolo della massa è *m*, il simbolo del volume è *V* e il simbolo della massa volumica è ρ (lettera greca rho). Avremo quindi:

$$\text{massa volumica (densità)} = \text{massa/volume}$$

$$\rho = m/V$$

Nel Sistema Internazionale, l'unità di misura della massa è il chilogrammo (*kg*) e quella del volume è il metro cubo (*m*³); quindi l'unità di misura della massa volumica è il chilogrammo per metro cubo (*kg/m*³). Tuttavia in chimica, se si escludono le produzioni industriali, si opera in genere con quantità abbastanza ridotte di materia, per cui la massa volumica dei corpi viene generalmente espressa in grammi per centimetro cubo (*g/cm*³) oppure in grammi per decimetro cubo (*g/dm*³).

Ritornando ai dati di Tabella 3, la densità del ferro è espressa in g/cm^3 . Come passare da questo valore alla densità espressa in kg/m^3 ? Il ragionamento da mettere in atto è abbastanza semplice. Consideriamo prima la massa e chiediamoci: a quanti chilogrammi corrispondono 7,86 grammi? Dato che: $1\text{ kg} = 1\ 000\text{ g}$, 7,86 grammi corrispondono a 0,00786 chilogrammi, ossia $7,86 \cdot 10^{-3}\text{ kg}$. Passiamo ora al volume. A quanti centimetri cubi equivale un metro cubo? Poiché

$$1\text{ m}^3 = 1\ 000\text{ dm}^3 \quad \text{e} \quad 1\text{ dm}^3 = 1\ 000\text{ cm}^3 \quad \text{si ha che} \quad 1\text{ m}^3 = 10^6\text{ cm}^3$$

Dato che la massa di un centimetro cubo di ferro è $7,86 \cdot 10^{-3}\text{ kg}$, la massa di un chilogrammo di ferro è $7,86 \cdot 10^{-3} \times 10^6\text{ kg}$, ossia $7,86 \cdot 10^3\text{ kg}$. Quindi la densità del ferro è $7\ 860\text{ kg/m}^3$.

Dal punto di vista matematico, questo ragionamento equivale a impostare una proporzione.

$$7,86 \cdot 10^{-3}\text{ kg} : 1\text{ cm}^3 = y\text{ kg} : 10^6\text{ cm}^3$$

Da cui $y = [(7,86 \cdot 10^{-3}\text{ kg}) \cdot (10^6\text{ cm}^3)] / 1\text{ cm}^3$ ossia $y = 7,86 \cdot 10^3\text{ kg}$

Nelle Tabelle 4, 5 e 6 sono riportati i valori di densità di alcuni corpi solidi e liquidi e di alcune materie plastiche alla temperatura di $20\text{ }^\circ\text{C}$ e alla pressione atmosferica. Come mai si specifica la temperatura e la pressione? Il volume di una determinata quantità (massa) di un corpo varia al cambiare della temperatura: di norma, il volume aumenta all'aumentare della temperatura, mentre la massa rimane costante. Questo implica che anche la massa per unità di volume, ossia la massa volumica, vari al variare della temperatura e precisamente diminuisca all'aumentare della temperatura. Questo è il motivo per cui si deve indicare la temperatura alla quale si riferisce la densità di un corpo. Per quanto riguarda la pressione, questa ha una grande importanza per i corpi aeriformi; in effetti, il volume di questi corpi varia notevolmente al variare della pressione. Se non figurano indicazioni specifiche, si deve ritenere che il valore della densità sia riferito alla pressione atmosferica ($1\ 013\text{ hPa}$).

Come è possibile notare, vi sono corpi per i quali viene indicato un valore unico di densità e corpi per i quali viene indicato un intervallo di valori. I corpi per i quali viene indicato un valore di densità variabile entro certi limiti sono quelli che non hanno una composizione fissa e costante, ossia non sono **corpi puri**. Per esempio, l'acciaio, il bronzo e la ghisa sono leghe (ossia miscele) la cui composizione può variare entro certi limiti.

Tabella 4 – Massa volumica di metalli e leghe a $20\text{ }^\circ\text{C}$

Metalli e leghe	massa volumica kg/m^3	Metalli e leghe	massa volumica kg/m^3
acciaio	7 500 – 8 100	nichel	8 900
alluminio	2 700	oro	19 300
argento	10 500	ottone	7 300 – 8 400
bronzo	8 400 – 9 200	platino	21 400
diamante	3 508	piombo	11 300
ferro	7 860	potassio	850
ghisa	6 800 – 7 400	rame	8 920
grafite	2 250	tungsteno	19 300

litio	530	uranio	18 700
magnesio	1 750	vanadio	6 100
mercurio	13 600	zinco	7 140

Tabella 5 – Massa volumica di alcuni liquidi a 20 °C

Liquidi	massa volumica kg/m ³	Liquidi	massa volumica kg/m ³
acetone	790	etere etilico	704
acido acetico	1 049	glicerina	1 260
acqua distillata	1 000	latte	1 028 – 1 035
alcol etilico	789	benzina	710 - 780
alcol metilico	790	olio d'oliva	914 – 920

Tabella 6 – Massa volumica di alcune materie plastiche a 20 °C

Materie plastiche	massa volumica kg/m ³
nylon 6,6	1 120 – 1 160
poliacrilato di metile	1 160 – 1 200
polietilene bassa densità	890 – 930
polietilene alta densità	940 – 980
polietilene tereftalato (PET)	1 040 – 1 060
polistirene solido	1 040 – 1 090
polistirene espanso	20 – 60

Nella Tabella 7 sono riportati i valori di densità di alcune sostanze gassose alla temperatura di 0 °C e alla pressione atmosferica (1 013 hPa).

Tabella 7 – Densità di alcune sostanze gassose (in kg/m³) a 0 °C e alla pressione atmosferica

Gas	Densità (kg/m ³)
acetilene	1,17
ammoniaca	0,77
diazoto	1,25
dicloro	3,21
diidrogeno	0,090
diossido di carbonio	1,96
diossigeno	1,43
elio	0,178
neon	0,90

Soltanto i corpi puri, hanno un valore ben definito di densità, e ciò dipende dal fatto che la loro composizione è ben definita e costante. Quindi la massa volumica è una grandezza caratteristica di un corpo puro, nel senso che ha un valore unico e ben definito a una determinata temperatura.

Riassumendo si può affermare:

1. **Un corpo può esistere in diversi stati fisici.**
2. **Un campione di un corpo possiede una certa quantità di materia (massa) e occupa una certa quantità di spazio (volume).**
3. **Qualunque sia lo stato fisico di un corpo, il rapporto fra la massa e il volume di un suo campione è una grandezza caratteristica che prende il nome di massa volumica o densità.**
4. **La massa volumica o densità di un corpo è la quantità di materia di quel corpo, espressa in chilogrammi, corrispondente al volume di un metro cubo.**
5. **La massa volumica è una proprietà macroscopica dei corpi.**
6. **Nel Sistema Internazionale (SI) l'unità ufficiale per la massa volumica è il chilogrammo per metro cubo (kg/m³). In chimica, la densità viene spesso espressa in grammi per centimetro cubo (g/cm³).**
7. **A una determinata temperatura e pressione, la massa volumica di un corpo puro è un valore costante; quindi la massa volumica è una grandezza che può essere usata per riconoscere un corpo puro.**

Dato che la massa volumica mette in relazione la massa e il volume di un corpo, essa permette di passare dall'una all'altra di queste grandezze. Per esempio, supponiamo di disporre di un campione di alluminio che ha un volume di 7,88 cm³. Come è possibile determinare la sua massa senza misurarla? Si può usare il volume per calcolare la massa, ricorrendo al valore della densità. Dalla Tabella 3 risulta che la densità dell'alluminio è 2 700 kg/m³, ossia 2,70 g/cm³. Per passare dal volume alla massa si può impostare una proporzione tenendo presente che 1 cm³ di alluminio ha una massa di 2,70 g.

$$1 \text{ cm}^3 : 2,70 \text{ g} = 7,88 \text{ cm}^3 : y \text{ g}$$

da cui si ricava che

$$y = \frac{2,70 \text{ g} \cdot 7,88 \text{ cm}^3}{1 \text{ cm}^3} = 21,28 \text{ g di alluminio}$$

Esempio 1 – Qual è la massa di 44,6 mL di mercurio?

Soluzione

Dalla Tabella 3 si ricava che la densità del mercurio vale 13 600 kg/m³ ossia 13,60 g/cm³. Si può quindi impostare la proporzione:

$$1 \text{ mL} : 13,60 \text{ g} = 44,6 \text{ mL} : y \text{ g}$$

da cui si ricava che

$$y = \frac{13,60 \text{ g} \cdot 44,6 \text{ mL}}{1 \text{ mL}} = 606,56 \text{ g di mercurio}$$

Esempio 2 – Qual è il volume di 45,9 g di oro?

Soluzione – Dalla Tabella 3 risulta che la densità dell'oro è $19\,300 \text{ kg/m}^3$ ossia $19,30 \text{ g/cm}^3$. Si può quindi impostare la proporzione:

$$1 \text{ cm}^3 : 19,30 \text{ g} = y \text{ cm}^3 : 45,9 \text{ g}$$

da cui si ricava che

$$y = \frac{45,9 \text{ g} \cdot 1 \text{ cm}^3}{19,30 \text{ g}} = 2,38 \text{ cm}^3$$

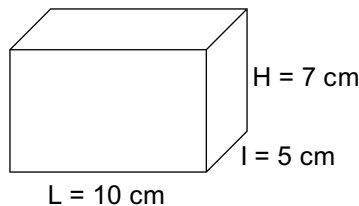
Determinazione sperimentale della massa volumica di un corpo

1. MASSA VOLUMICA DI UN CORPO SOLIDO

Possono presentarsi due casi: il solido ha forma regolare; il solido ha forma irregolare.

- a. Il solido ha forma regolare o geometrica – In questo caso si determina la *massa* del solido mediante pesata con una bilancia. Il *volume* del solido viene determinato in funzione della sua forma geometrica, misurando le dimensioni opportune e calcolando il volume con la formula appropriata.

Esempio – Un solido pesa 788 g e ha la forma di un parallelepipedo rettangolo di dimensioni: larghezza (L) = 10 cm; lunghezza (l) = 5 cm; altezza (H) = 7 cm. Determinare la massa volumica del corpo solido in kg/m^3 .



Massa del solido $m = 788 \text{ g} = 0,788 \text{ kg}$

Volume del solido $V = L \times l \times H = 10 \times 5 \times 7 = 350 \text{ cm}^3 = 350 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 0,000\,350 \text{ m}^3$

Massa volumica $\rho = m/V = 0,788/0,000\,350 = 2\,251 \text{ kg/m}^3$

- b. Il solido ha forma irregolare – In questo caso si procede nel seguente modo:
 - i. si determina la *massa* del solido mediante pesata con una bilancia.
 - ii. Un cilindro graduato viene riempito a metà con un liquido che è meno denso del corpo solido e nel quale il campione non è solubile. Quando un corpo

solido viene immerso in un liquido nel quale è insolubile e che è meno denso del solido, il corpo solido affonda e sposta un volume di liquido che è uguale al volume del solido. (Figura 6). Se si misura il volume del liquido nel cilindro graduato prima e dopo l'immersione del solido è possibile ricavare il volume del solido.

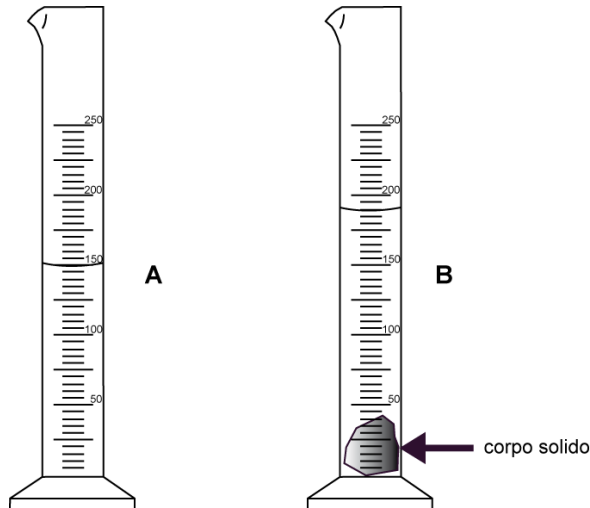


Figura 6 – Come si determina il volume di un corpo solido di forma irregolare

$$V_{\text{corpo solido}} = 158 \text{ cm}^3 (\text{B}) - 150 \text{ cm}^3 (\text{A}) = 8 \text{ cm}^3$$

Esempio - Alla temperatura di 20 °C la massa di un corpo solido sconosciuto è di 197 grammi. Un cilindro graduato di 100,0 mL contiene 50,0 mL di acqua. Quando viene immerso nell'acqua del cilindro, il corpo solido affonda e il livello dell'acqua sale a 60,2 mL. Determinare la densità del corpo solido in grammi per cm^3 . In base ai dati riportati in Tabella 4, stabilire quale potrebbe essere l'identità del corpo solido sconosciuto.

Soluzione

Massa del corpo solido: $m = 197 \text{ g}$

Volume del corpo solido: $V = 60,2 \text{ mL} - 50,0 \text{ mL} = 10,2 \text{ mL} = 10,2 \text{ cm}^3$

Massa volumica del corpo solido: $\rho = m/V = 197 \text{ g} / 10,2 \text{ cm}^3 = 19,3 \text{ g/cm}^3$

In base ai dati riportati in Tabella 3, il corpo solido sconosciuto potrebbe essere **oro**.

2. MASSA VOLUMICA DI UN CORPO LIQUIDO

Per determinare la massa volumica di un corpo liquido si può procedere in questo modo:

- i. si determina la massa di un cilindro graduato vuoto: m_1 .
- ii. Si immette nel cilindro graduato un certo volume di liquido e si determina la massa del sistema cilindro + liquido: m_2 . La differenza ($m_2 - m_1$) fornisce la massa del corpo liquido. Conoscendo la massa e il volume del corpo è possibile calcolare la sua massa volumica.

Esempio - Uno studente deve stabilire quale sia l'identità di un corpo liquido sconosciuto. A tale fine egli decide di determinarne la densità procedendo in questo modo: 1) determina la massa di un cilindro graduato vuoto che risulta essere di 150,0 g; 2) versa 50,0 mL del liquido sconosciuto nel cilindro graduato e misura la massa del cilindro con il liquido che risulta essere di 189,45 g. In base ai dati riportati in Tabella 4, stabilire quale potrebbe essere l'identità del corpo liquido sconosciuto.

Soluzione

Massa del corpo liquido: $m = 189,45 \text{ g} - 150,0 \text{ g} = 39,45 \text{ g}$

Volume del corpo liquido: $V = 50,0 \text{ mL} = 50,0 \text{ cm}^3$

Massa volumica del corpo liquido: $\rho = m/V = 39,45 \text{ g} / 50,0 \text{ cm}^3 = 0,789 \text{ g/cm}^3$

In base ai dati riportati in Tabella 5, il corpo liquido sconosciuto potrebbe essere **alcol etilico**.

Esempio - Nella prima tabella sono riportati il volume e le masse di cinque campioni di sostanze usate nella preparazione della benzina; nella seconda tabella sono riportati i valori di densità di alcune sostanze liquide pure. Stabilire a quali sostanze corrispondono i campioni della prima tabella.

Tabella 1 – Volume e massa dei campioni

Campione	Volume (mL)	Massa (g)
A	337	240,5
B	972	678,1
C	243	188,3
D	119	103,2
E	499	438,5

Tabella 2 – Densità di alcune sostanze

Sostanza	Densità (g/cm ³)
Benzene	0,8787
Toluene	0,8669
Xilene	0,8684
Isoottano	0,6979
Etere etilico	0,7134
Butanolo	0,7750

Soluzione

Per la sostanza A, il rapporto massa/volume risulta uguale a: $240,5/337 = 0,7136 \text{ g/cm}^3$. Quindi dovrebbe trattarsi di etere etilico la cui densità è $0,7134 \text{ g/cm}^3$.

Per la sostanza B, il rapporto massa/volume risulta uguale a: $678,1/972 = 0,6976 \text{ g/cm}^3$. Quindi dovrebbe trattarsi di isoottano a cui densità è $0,6979 \text{ g/cm}^3$.

Per la sostanza C, il rapporto massa/volume risulta uguale a: $188,3/243 = 0,7749 \text{ g/cm}^3$. Quindi dovrebbe trattarsi di butanolo la cui densità è $0,7750 \text{ g/cm}^3$.

Per la sostanza D, il rapporto massa/volume risulta uguale a: $103,2/119 = 0,8672 \text{ g/cm}^3$. Quindi dovrebbe trattarsi di toluene la cui densità è $0,8669 \text{ g/cm}^3$.

Per la sostanza E, il rapporto massa/volume risulta uguale a: $438,5/499 = 0,8787 \text{ g/cm}^3$. Quindi dovrebbe trattarsi di benzene la cui densità è $0,8787 \text{ g/cm}^3$.

Linguaggio scientifico e linguaggio quotidiano

Massa e Peso - La confusione fra i concetti di massa e peso è dovuta al fatto che nella vita quotidiana il peso è misurato con una unità di misura che ha lo stesso nome dell'unità di misura della massa, ossia il chilogrammo. Nella vita di tutti i giorni, si va dal macellaio e si ordina "mezzo chilo di bistecche" senza preoccuparsi se interessa il peso o la massa. Qualunque tipo di bilancia si usi, si mette sempre a confronto la massa dell'oggetto da pesare con una massa campione. La massa campione primaria corrisponde alla quantità di materia contenuta in un campione conservato al Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) a Sèvres presso Parigi. Si tratta di un cilindro di 39 millimetri di diametro e di altezza, composto al 90% di platino e al 10% di iridio, conservato sotto tre campane di vetro a loro volta collocate in una cassaforte. (Figura 7)



Figura 7 – Massa campione conservata a Sèvres

Per ottenere il peso terrestre di un oggetto espresso in newton, è sufficiente moltiplicare per $9,81 \text{ m/s}^2$ la massa dell'oggetto (espressa in chilogrammi) determinata con una normale bilancia. Per esempio, se un oggetto ha la massa di 1 kg, il suo peso è 9,81 N, cioè $9,81 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$.

Qual è il tuo peso espresso in newton?.....

Una palla da tennis pesa 0,56 newton. Qual è la sua massa?

Viscosità e densità - Altri due concetti che non bisogna assolutamente confondere sono quelli di *densità* e di *viscosità*. Nel linguaggio quotidiano infatti si sente spesso dire che "l'olio è più denso dell'acqua", ma ora noi sappiamo che questa affermazione non è corretta. Se mischiato con l'acqua infatti, l'olio tenderà a disporsi in uno strato sopra di essa (a "galleggiare"), e questo fenomeno è una conseguenza della minore densità dell'olio ($0,9 \text{ g/cm}^3$) rispetto a quella dell'acqua ($1,0 \text{ g/cm}^3$). Allo stesso modo, ora sappiamo anche perché non è corretto dire che l'olio "galleggia" sull'acqua perché è più *leggero*! D'altra parte, se proviamo a confrontare la viscosità di questi due corpi valutandone

ad esempio la velocità di scorrimento lungo un piano inclinato, emerge come l'olio sia decisamente più viscoso dell'acqua. Dunque l'olio, pur essendo più viscoso dell'acqua, è meno denso di essa.

Volume e capacità – Tutte le comunità umane hanno sentita l'esigenza di misurare quantità esatte di corpi liquidi, quale acqua, vino, olio, ecc.; a questo scopo, furono stabilite apposite unità di misura, diverse per ogni paese. In Italia è in uso da molto tempo, per misurare il volume dei liquidi, il litro con i suoi sottomultipli e multipli. Queste misure sono, in genere, utilizzate per scopi commerciali e si eseguono utilizzando recipienti il cui volume interno è stabilito con apposite tarature. Vengono dette misure di capacità, poiché fanno riferimento alla capacità che i recipienti hanno di contenere determinati volumi di liquidi. Occorre dunque essere consapevoli che una misura di capacità è una misura del volume interno di un recipiente e contemporaneamente del volume del liquido contenuto. Affermare che un recipiente ha la capacità di 1 litro significa dire che può contenere al massimo un volume di liquido pari a 1 litro (1 dm^3).

Spesso la capacità di un recipiente viene identificata con il suo volume. Ciò non è corretto. Il volume di un recipiente è la quantità di spazio che esso occupa e non ha nulla a che fare con la sua capacità. Questa è la quantità di spazio disponibile all'**interno** del recipiente, che può essere occupata da un altro corpo (per esempio un corpo liquido). La capacità di un recipiente non dipende quindi dal suo volume. Per esempio, se prendiamo un recipiente come quello riportato in figura 8, si tratta di una boccetta di profumo, possiamo vedere che la quantità di spazio occupata dal liquido contenuto (capacità della boccetta) è decisamente inferiore alla quantità di spazio occupata dalla boccetta stessa (volume del recipiente). Il volume del recipiente si può misurare immergendo la boccetta svuotata del profumo in un cilindro graduato pieno di acqua; misurando il volume dell'acqua nel cilindro graduato prima e dopo l'immersione della boccetta è possibile ricavare il volume della boccetta.



Figura 8 – Una boccetta di profumo

La capacità di un recipiente corrisponde al volume di un corpo che può esservi contenuto.

RETICOLO DI CONCETTI

Utilizzando la lista di concetti di seguito proposta, costruisci un reticolo di concetti che, secondo te, riassume le idee, le definizioni, le affermazioni che sono contenute nelle attività affrontate a proposito dell'ambito macroscopico (delle proprietà macroscopiche) della materia. Associa al reticolo una lista di asserzioni che esplicitino quali connessioni esistano tra i vari concetti.

trasformazioni fisiche, densità, corpo puro, corpo, miscela, stato solido, stato liquido, stato gassoso, aspetto compatto, aspetto granulare, aspetto polverulento, aspetto fibroso, quantità di spazio occupato, forma, viscosità, recipiente, comprimibilità, identità.

ESERCIZI E PROBLEMI

1. Convertire

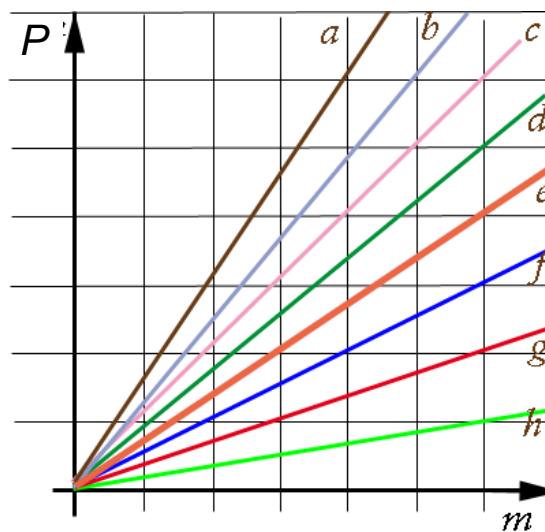
- a. 15,0 g in milligrammi
- b. 0,29 g in milligrammi
- c. 25,2 mg in grammi
- d. 265 cg in grammi
- e. 1 083 cg in grammi
- f. 1,92 g in centigrammi
- g. 39,37 cg in chilogrammi
- h. 59,0 kg in centigrammi
- i. 454 g in chilogrammi
- j. 9 280 g in chilogrammi
- k. 0,0749 kg in grammi
- l. 4 329 mg in chilogrammi
- m. 4,52 mL in litri
- n. 0,0042 L in millilitri
- o. 1 cm³ in millilitri
- p. 2 L in millilitri
- q. 250 mL in litri

2. Una scatola di zollette di zucchero pesa 1 kg. Fra le seguenti asserzioni individua quella o quelle che sono corrette:

- a. la sua massa è di 1 kg;
- b. la sua massa è di 9,81 kg;
- c. il suo peso a Roma è di 9,81 N,
- d. il suo peso a Roma è di 1 N;
- e. il suo peso sulla Luna è di circa 1,6 N;
- f. la sua massa sulla Luna è di circa 166 g

3. Su un pianeta la massa di un corpo è di 4 kg e il suo peso è di 2 N. Determina il valore dell'accelerazione di gravità sul pianeta.

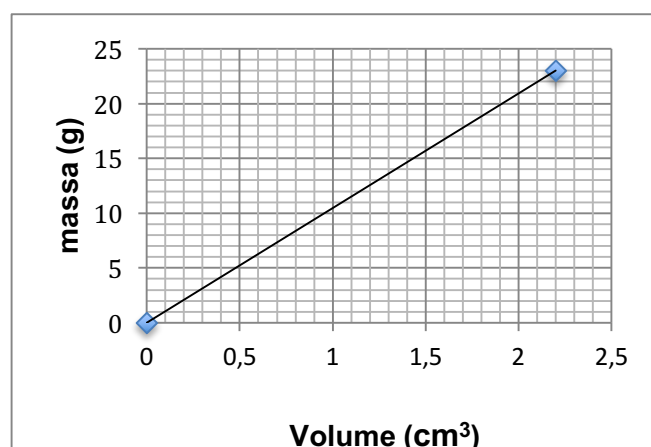
4. La retta e di questo grafico rappresenta l'evoluzione del peso di un corpo sulla Terra in funzione della sua massa. Identifica la retta che rappresenta l'evoluzione del peso in funzione della massa su un pianeta la cui gravità è due volte più debole che sulla Terra. Risposta: g



5. Indica qual è il corpo più pesante fra: a) 5 kg di piume sulla Terra; b) 8 kg di piombo sulla Luna.
6. Il peso di un corpo è di 20 N sulla Terra. Stabilisci quanto vale la sua massa. Risposta: 2,04 kg
7. Il peso di un corpo è di 3 000 N su un pianeta sul quale la gravità vale $g = 3 \text{ m/s}^2$. Stabilisci quanto vale la massa del corpo. Risposta: 1 000 kg
8. Quattro contenitori cilindrici uguali con una capacità di 1 L vengono completamente riempiti con: acqua (densità $1,00 \text{ g/cm}^3$), olio (densità $0,91 \text{ g/cm}^3$), glicerina (densità $1,26 \text{ g/cm}^3$), benzina (densità $0,71 \text{ g/cm}^3$). Secondo te,
- Le masse dei liquidi dentro i cilindri sono uguali
 - Le masse dei liquidi dentro i cilindri sono diverse
- Giustifica la tua scelta
- Se ritieni che le masse siano diverse, ordinale dalla maggiore alla minore.
9. Quattro oggetti a forma di parallelepipedo rettangolo hanno tutti le seguenti dimensioni: lunghezza 4 cm; larghezza 5 cm; altezza 10 cm. Il primo è costituito di oro (densità $19,30 \text{ g/cm}^3$), il secondo di rame (densità $8,92 \text{ g/cm}^3$), il terzo di piombo (densità $11,30 \text{ g/cm}^3$) e il quarto di alluminio (densità $2,70 \text{ g/cm}^3$). Secondo te,
- masse dei quattro oggetti sono uguali
 - Le masse dei quattro oggetti sono diverse
- Giustifica la tua scelta
- Se ritieni che le masse siano diverse, ordinale dalla maggiore alla minore

10. Quattro contenitori a tenuta con una capacità di 1 L vengono completamente riempiti con quattro gas alla pressione atmosferica: diossido di carbonio (densità $1,96 \text{ g/dm}^3$); ossigeno (densità $1,43 \text{ g/dm}^3$); azoto (densità $1,25 \text{ g/dm}^3$); idrogeno (densità $0,090 \text{ g/dm}^3$). Secondo te,
- Le masse dei gas dentro i contenitori sono uguali
 - Le masse dei gas dentro i contenitori sono diverse
- Giustifica la tua scelta
- Se ritieni che le masse siano diverse, ordinale dalla maggiore alla minore
11. Quattro contenitori cilindrici uguali con una capacità massima di 2 L vengono riempiti rispettivamente con: 1kg di acqua (densità $1,00 \text{ g/cm}^3$); 1kg di olio (densità $0,91 \text{ g/cm}^3$); 1kg di glicerina (densità $1,26 \text{ g/cm}^3$); 1kg di benzina (densità $0,71 \text{ g/cm}^3$). Secondo te,
- I volumi dei liquidi dentro i cilindri sono uguali
 - I volumi dei liquidi dentro i cilindri sono diversi
- Giustifica la tua scelta
- Se ritieni che i volumi siano diversi, ordinali dal maggiore al minore.
12. Si dispone di quattro oggetti a forma di parallelepipedo rettangolo le cui basi hanno tutte le stesse dimensioni: lunghezza 4 cm; larghezza 5 cm. Il primo è costituito da 1 kg di oro (densità $19,30 \text{ g/cm}^3$); il secondo da 1 kg di rame (densità $8,92 \text{ g/cm}^3$); il terzo da 1 kg di piombo (densità $11,30 \text{ g/cm}^3$); il quarto da 1 kg di alluminio (densità $2,70 \text{ g/cm}^3$). Secondo te,
- volumi dei quattro oggetti sono uguali
 - I volumi dei quattro oggetti sono diversi
- Giustifica la tua scelta
- Se ritieni che i volumi siano diversi, ordinali dal maggiore al minore.
13. Ti viene proposto di acquistare un anello di colore giallo affermando che si tratta di oro. Cosa faresti per evitare di essere truffato?
14. Un oggetto cubico di lato 4 cm ha massa 192 g; un altro oggetto avente la stessa forma ha lato 6 cm e massa 540 g. I due oggetti potrebbero essere fatti dello stesso materiale?
15. Il piombo ha una massa volumica (densità) pari a $11,30 \text{ g/cm}^3$.
16. Calcolare la massa di un parallelepipedo compatto di piombo che ha le seguenti dimensioni: lunghezza 8,0 cm; larghezza 11,0 cm; altezza 15,0 cm
17. Determinare quale volume occupa 1,00 kg di piombo

18. L'etanolo ha una massa volumica di $0,789 \text{ kg/dm}^3$. Determinare quanto etanolo è contenuto in un volume di $4\,000 \text{ cm}^3$.
19. Il gas ossigeno ha una massa volumica di $1,43 \text{ g/dm}^3$. Determinare: Quanti decimetri cubi occupano $1,000 \text{ kg}$ di ossigeno.
20. Determinare quale massa possiede $1,000 \text{ m}^3$ di ossigeno
21. L'oro ha una massa volumica pari a $19,30 \text{ g/cm}^3$. Determinare:
- Quale massa possiede un parallelepipedo compatto d'oro che ha le seguenti dimensioni: lunghezza $3,0 \text{ cm}$; larghezza $10,5 \text{ cm}$; altezza $2,7 \text{ cm}$.
 - Quale volume occupa un parallelepipedo compatto d'oro la cui massa è di $1,000 \text{ kg}$
22. La massa volumica dell'alluminio è $2,70 \text{ g/cm}^3$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Calcolare il volume di un pezzo d'alluminio la cui massa è $45,0 \text{ g}$. Risposta: $16,7 \text{ cm}^3$
23. $1\,000 \text{ cm}^3$ di legno di balsa hanno una massa di 44 g . Stabilire qual è la densità di questo campione di legno. Risposta: $0,044 \text{ g/cm}^3$
24. Un contenitore ha una massa di $45,20 \text{ g}$ quando è vuoto e una massa di $75,28 \text{ g}$ quando è pieno di acqua a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Quando lo stesso contenitore è riempito di un liquido sconosciuto a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ la massa totale (contenitore + liquido) è di $66,38 \text{ g}$. Determinare la densità del liquido sconosciuto a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Stabilire la sua possibile identità in base ai dati della Tabella 4.
Risposta: $0,704 \text{ g/cm}^3$; il liquido sconosciuto potrebbe essere etere etilico
25. Una sfera ha un diametro di $13,2 \text{ cm}$ e una massa di $6,21 \text{ kg}$. Calcolare la sua massa volumica.
Risposta: $5,16 \text{ g/cm}^3$
26. I valori della massa e del volume di un corpo sono stati riportati nel seguente grafico.



Massa = Volume =

Quale è la densità del campione esaminato?

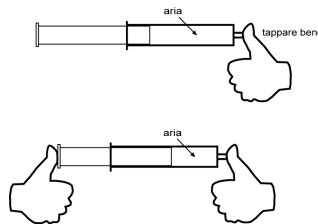
27. In una città, viene prelevato, alla stessa ora, un campione di benzina in cinque distributori della stessa marca. Di ogni campione, viene misurata la massa e il relativo volume. I dati ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

28.

massa (g)	8,77	18,48	25,67	27,66	34,28
Volume (cm ³)	12,1	24,83	35,0	35,69	45,70

- Utilizzando un foglio elettronico, riporta su un sistema di assi cartesiani i dati della tabella, assegnando al volume l'asse delle ascisse.
- Calcola le masse volumiche dei 5 campioni
- Sulla base dei dati misurati e calcolati, commenta il grafico ottenuto
- Spiega in forma scritta le tue risposte

29. L'aria contenuta in una siringa viene compressa spingendo il pistone e tappando con un dito il foro della siringa, come mostra la figura qui sotto:



Secondo te la densità dell'aria contenuta nella siringa cambia? Giustifica la tua risposta.

30. Considera i dati relativi alle misure di massa e volume di alcuni corpi riportati nella tabella seguente:

Corpo	Massa (g)	Volume (cm ³)
A	2,1	3,0
B	8,8	11,0
C	25,7	32,2
D	86,0	71,7
E	18,5	27,0

Secondo te ci sono nella tabella corpi che potrebbero essere costituiti dallo stesso materiale? Se rispondi sì, indica quali sono e giustifica la tua risposta. Se rispondi no, giustifica la tua risposta.