

2. MASSA, VOLUME, DENSITÀ

Introduzione

Si è scelto di dedicare una specifica sequenza alla comprensione del concetto di *densità*, poiché esso rappresenta per gli allievi un notevole ostacolo cognitivo; in genere, tutte le grandezze fisiche che vengono espresse come rapporto tra altre due grandezze fisiche sono di difficile comprensione. Occorre innanzi tutto chiarire come la quantità di spazio (volume) occupato da un corpo e la quantità di materia (massa) di cui il corpo è costituito non siano la stessa cosa. Infatti, masse uguali di corpi diversi possono occupare volumi diversi, come, in genere, uguali volumi di corpi diversi possono corrispondere a masse differenti.

Per molti studenti, il concetto di densità si riduce all'operazione aritmetica necessaria per ricavare il valore di tale grandezza, dividendo la massa di un corpo per il suo volume. Tuttavia, conoscere la relazione matematica che lega massa e volume di un corpo non significa padroneggiare il concetto di densità: la maggior parte degli allievi che sono in grado di eseguire esercizi che richiedono l'uso dell'equazione $\rho = m/V$, incontrano notevoli difficoltà a rispondere a interrogativi che mettono in gioco il concetto di densità, ossia non sono in grado di attribuire un significato al valore numerico della densità di un corpo. Eppure, dal punto di vista dell'apprendimento delle scienze, padroneggiare l'aspetto qualitativo del concetto di densità è altrettanto e forse più importante dell'essere in grado di calcolarne il valore.

Sequenza didattica

ATTIVITÀ 1: MISURA DELLA MASSA DI UN CORPO

Questa sequenza prevede l'uso della bilancia per misurare le masse e dei cilindri graduati per la misura del volume dei liquidi. È necessario che gli studenti prendano confidenza con questi strumenti di misura.

La bilancia è lo strumento che permette di misurare la massa di un corpo, ma abitualmente questa operazione viene chiamata pesata. Nella vita quotidiana si afferma di misurare il peso delle merci utilizzando una bilancia, ma qualunque tipo di bilancia si usi, si mette sempre a confronto la massa dell'oggetto da pesare con una massa campione¹. Anche se i termini *massa* e *peso* sono spesso usati come se fossero sinonimi, si tratta di due grandezze differenti che vengono espresse con unità di misura diverse. Un corpo è costituito da una certa quantità di materia: questa è la sua massa.

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

Un corpo è sottoposto all'attrazione gravitazionale con una forza che è data dal prodotto della sua massa (simbolo m) per l'accelerazione di gravità (simbolo g) che agisce su di esso. Tale forza prende il nome di **peso** (simbolo P): $P = m \cdot g$

Il peso di un corpo è definito come la forza di gravità cui esso è sottoposto

¹ 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.

L'esempio dell'astronauta che si trova a una certa distanza della Terra in condizione di «assenza di gravità» è ben conosciuto da tutti gli allievi²: sono usuali le immagini sia di astronauti sia di oggetti non vincolati, sospesi e fluttuanti dentro le navicelle spaziali. Ciò accade poiché, in tali condizioni, l'accelerazione di gravità si annulla rendendo nulli i pesi dell'astronauta e degli oggetti. L'insegnante può chiedere agli allievi: - *la massa dell'astronauta che fluttua nella navicella spaziale è nulla?*

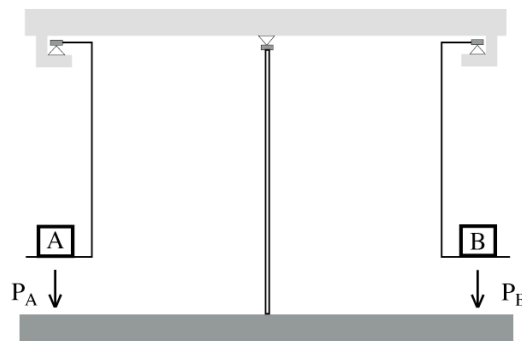
Gli allievi rispondono, in genere, che gli astronauti conservano la quantità di materia di cui sono costituiti, dunque conservano la loro massa; l'insegnante chiede allora: - *il peso dell'astronauta che fluttua nella navicella è nullo?*

Gli allievi rispondono che gli astronauti mostrano di non avere peso e parecchi di loro riescono a mettere in relazione questa situazione con l'assenza di una forza di attrazione. Quando naviga nello spazio, l'astronauta non ha peso ma conserva la sua massa: quindi massa e peso sono due grandezze differenti.

L'insegnante può fare l'esempio della gravità lunare che è circa un sesto di quella terrestre; gli astronauti che nel 1969 scesero sulla Luna conservarono la loro massa, ma il loro peso era un sesto di quello che manifestavano sulla Terra. A questo punto, l'insegnante deve porre una domanda:

- *Una bilancia misura la massa o il peso?*

Per rispondere in modo esauriente, sarebbe meglio poter disporre di una bilancia a bracci uguali, come quella schematizzata nella figura seguente, e della rispettiva batteria di masse campione. Se una simile bilancia non fosse disponibile, l'insegnante dovrà fare riferimento allo schema proposto, poiché le bilance in uso oggi dispongono di un solo piatto e, pur utilizzando lo stesso principio, non permettono di comprendere quale grandezza venga misurata.



Utilizzando una bilancia a due piatti, viene reso evidente come questo strumento serva 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

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

² In rete, sono disponibili molti filmati che mostrano la situazione descritta.

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

$$m_A = m_B$$

Se si cambia il luogo della pesata, il valore di g cambia, ma essendo esso uguale per tutte e due i corpi, la bilancia perverrà all'equilibrio solo quando

$$m_A = m_B$$

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. Essendo P direttamente proporzionale a g , varia al variare del luogo in cui si esegue la misurazione.

$$\text{Il peso del corpo A è } P_A = F_A = m_A \cdot g;$$

$$\text{Il peso del corpo B è } P_B = F_B = m_B \cdot g$$

Il peso di un oggetto viene misurato con un dinamometro. L'unità di misura del peso nel Sistema Internazionale (SI) è il Newton (N). Il "newton" è la forza che, agendo sulla massa di 1 kg, le imprime l'accelerazione di un metro al secondo per secondo. Le sue dimensioni in termini di unità base SI sono:

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

L'uso di una bilancia a due piatti permette agli studenti di comprendere come una massa campione venga utilizzata per determinare una massa incognita posta sull'altro piatto. Le bilance attualmente in uso dispongono di un solo piatto, ma devono essere tarate con masse campione prima del loro utilizzo; quindi, ogni volta che posiamo un oggetto sul piatto di una bilancia moderna, essa misurerà la massa dell'oggetto facendo riferimento alla massa campione che è stata utilizzata per la sua taratura. Naturalmente, il luogo della pesata deve essere lo stesso per la taratura con la massa campione e per la determinazione della massa incognita, poiché altrimenti cambierebbe l'accelerazione di gravità. In questo modo, è possibile far comprendere agli studenti il significato delle operazioni che essi compiono nell'uso di una bilancia elettronica: schiacciare dei tasti non ha niente di magico.

ATTIVITÀ 2: MISURA DEL VOLUME DI UN CORPO LIQUIDO

Per effettuare misure di volume di corpi liquidi vengono utilizzati dei cilindri graduati. In genere, in un laboratorio si possono trovare cilindri graduati di varie capacità. Parecchi studenti non sono in grado di scegliere il cilindro dalla capacità più idonea per il volume di liquido che devono misurare. Non è insolito che un allievo prelevi piccoli volumi di un liquido utilizzando un cilindro di capacità

troppo elevata: le tacche della graduazione sono inadatte e non permettono una lettura corretta. In questo caso, lo studente, non disponendo di tacche coerenti con il volume da prelevare, effettua il prelievo stimando grossolanamente a occhio una lettura tra una tacca e la successiva. Avviene anche che un allievo utilizzi un cilindro di limitata capacità per prelevare volumi rilevanti di liquido: in questo caso, deve ricorrere a più prelievi per raggiungere il volume desiderato. In genere, non solo non tiene conto degli errori di misura causati dal suo operare, ma anzi ritiene di aver effettuato una misura molto accurata visto che dispone di tacche che permettono una lettura puntuale. Le operazioni previste nel FOL 2.1 hanno come scopo di condurre gli studenti a discutere delle loro decisioni, esplicitando i criteri che li hanno condotti alla scelta del cilindro graduato che ritengono più adatto di volta in volta. Se l'insegnante non dovesse disporre di tutti i cilindri previsti nell'attività descritta nel foglio di lavoro, adatti l'attività alle proprie disponibilità.

FOL 2.1

Disponi di sei cilindri graduati identificati con le lettere A, B, C, D, E, F. Disponi di un corpo liquido del quale devi prelevare i volumi indicati nella tabella. Per ogni volume, indica quale cilindro graduato ritieni sia più adatto allo scopo. Se ritieni che più di un cilindro graduato possa andare bene, indica tutti quelli adatti.

Volume da prelevare		Cilindro	Volume da prelevare		Cilindro
1	64 cm ³	.....	5	23 cm ³	.....
2	210 cm ³	.....	6	153 cm ³	.....
3	650 cm ³	.....	7	355 cm ³	.....
4	5,44 cm ³	.....	8	7,6 cm ³	.....

Giustifica le tue scelte.

Per il volume 1:

Per il volume 2:

Per il volume 3:

Per il volume 4:

Per il volume 5:

Per il volume 6:

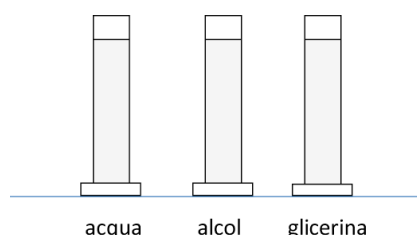
Per il volume 7:

Per il volume 8:

ATTIVITÀ 3: MISURA DELLA MASSA E DEL VOLUME DEI CORPI LIQUIDI

Scopo di questa attività è arrivare a stabilire che volumi uguali di corpi diversi possono corrispondere a una diversa quantità di materia, ossia avere massa diversa. Si propongono agli allievi gli interrogativi del FOL 2.2: i liquidi possono essere mostrati alla cattedra o in laboratorio, oppure la situazione può essere rappresentata alla lavagna; relativamente al quesito 4, qualora non fosse possibile effettuare le misure, si possono fornire dei dati e ragionare su di essi.

Tre contenitori identici vengono riempiti fino allo stesso livello con corpi puri liquidi diversi:



1. Secondo te, la quantità di spazio (volume V1) occupata dall'acqua, la quantità di spazio (volume V2) occupata dall'alcol, la quantità di spazio (volume V3) occupata dalla glicerina sono:

- Uguali Diversi Non so

Giustifica la tua scelta:

2. Secondo te, la quantità di materia (acqua) che corrisponde al volume V1, la quantità di materia (alcol) che corrisponde al volume V2, la quantità di materia (glicerina) che corrisponde al volume V3 sono:

- Uguali Diversi Non so

Giustifica la tua scelta:

3. Quale strumento di misura ti consentirebbe di rispondere al quesito 2?

4. Esegui le misure che ritieni necessarie e completa la tabella, usando le opportune unità di misura:

Corpo	Quantità di materia (...)	Quantità di spazio occupato (.....)
Acqua		
Alcol		
glicerina		

Mentre la risposta al primo quesito non presenta generalmente particolari difficoltà, in quanto immediatamente desumibile dal fatto che i contenitori (identici) sono riempiti fino allo stesso livello, per dare risposta al secondo è necessario ricorrere a uno strumento che misuri la quantità di materia: la bilancia. Si dovrebbe arrivare facilmente a stabilire che per “quantità di materia che corrisponde a un dato volume del corpo liquido” si intende qui la *massa* di quel corpo. Secondo le convenzioni adottate dal Sistema Internazionale, le unità di misura da inserire in tabella dovrebbero essere per la massa il kilogrammo (*kg*), per il volume il metro cubo (m^3). Tuttavia, è bene precisare agli allievi che per quanto riguarda l'unità di massa, date le modeste quantità di sostanza utilizzate, spesso è più funzionale scegliere il grammo (*g*) e, per la stessa ragione, il centimetro cubo (cm^3) per quanto riguarda il volume. Inoltre, per le misure di volume usuali, il Sistema Internazionale accetta anche il litro (*L*) e i suoi multipli e sottomultipli come il millilitro (*mL*). Per completare la tabella, si effettuano quindi misure di massa (con la bilancia) e di volume (con un cilindro graduato). Gli studenti arrivano a condividere che i diversi corpi liquidi occupano lo stesso volume, ma le loro masse sono differenti.

Corpo	Quantità di materia o massa (<i>g</i>)	Quantità di spazio occupato o volume (cm^3)
Acqua	50,00	50,0
Alcol	39,45	50,0
glicerina	63,00	50,0

Si propone ora agli allievi il FOL 2.3.

Tre contenitori identici vengono riempiti con la stessa quantità (70 g) di corpi puri liquidi diversi:



1. Secondo te, la quantità di materia (acqua) che corrisponde al volume V_1 , la quantità di materia (alcool) che corrisponde al volume V_2 , la quantità di materia (glicerina) che corrisponde al volume V_3 sono:

- Uguali Diversi Non so

Giustifica la tua scelta:

2. Secondo te, la quantità di spazio (volume V_1) occupata dall'acqua, la quantità di spazio (volume V_2) occupata dall'alcol, la quantità di spazio (volume V_3) occupata dalla glicerina sono:

- Uguali Diversi Non so

Giustifica la tua scelta:

3. Quale strumento di misura ti consentirebbe di rispondere al quesito 2?

4. Esegui le misure che ritieni necessarie e completa la tabella, usando le opportune unità di misura:

Corpo	Quantità di materia (....)	Quantità di spazio occupato (.....)
Acqua		
Alcol		
glicerina		

La risposta al primo quesito non dovrebbe presentare difficoltà, in quanto già contenuta nelle informazioni fornite: la quantità di liquidi è la stessa per tutti, ossia 70 g. L'identica quantità di 70 g può quindi essere inserita nella tabella in corrispondenza di tutti i corpi. Per quanto riguarda il secondo quesito, qualche allievo avanzerà la previsione che i volumi occupati dai tre corpi siano diversi, poiché ciò sarebbe in accordo con le conclusioni condivise al termine delle attività previste nel FOL 2.2. In ogni caso, il travaso dei tre liquidi in cilindri graduati consente di valutarne il volume e di confermare la previsione che questo non è uguale per i diversi corpi.


La discussione collettiva permette agli allievi di concludere che a masse uguali di corpi liquidi differenti non corrisponde lo stesso volume, e che in realtà questa conclusione non è altro che il rovesciamento del ragionamento fatto in precedenza: se volumi uguali (di corpi differenti) non hanno la stessa massa, questo deve necessariamente significare che considerando masse uguali di corpi differenti, esse non avranno lo stesso volume. Per evidenziare tali conclusioni, si possono confrontare le tabelle compilate nei FOL 2.2 e 2.3: nel primo caso, è evidente come rimanga costante il valore riportato nella seconda colonna (volume) mentre varia quello riportato nella prima (massa), mentre nel secondo caso accade l'opposto (volume che varia a parità di massa). Può essere utile confrontare i contenitori con i liquidi del FOL 2.2 e altri tre contenitori identici riempiti però con le quantità di liquido del FOL 2.3: nella prima serie di cilindri il livello è identico, mentre cambia per i liquidi contenuti nella seconda serie. Si tratta di un ragionamento non banale, la cui reale padronanza è fondamentale per comprendere il concetto di densità; vale dunque la pena dedicare un'ampia discussione a questo argomento, in modo che le conclusioni vengano padroneggiate da tutti gli allievi.

ATTIVITÀ 4: MISURA DELLA MASSA E DEL VOLUME DEI CORPI SOLIDI


Con il FOL 2.4 si ragiona su due corpi solidi di forma cilindrica di uguali dimensioni ma costituiti da materiali diversi (per esempio: alluminio e ottone); di nuovo, la situazione può essere proposta alla lavagna.

FOL 2.4

Consideriamo due corpi solidi (uno di alluminio e l'altro di ottone) di forma cilindrica e di uguali dimensioni:



alluminio



ottone

1. Secondo te, la quantità di spazio (volume V1) occupata dal cilindro di alluminio e la quantità di spazio (volume V2) occupata dal cilindro di ottone sono:

Uguali
 Diversi
 Non so rispondere

 Giustifica la tua scelta:

2. Secondo te, la quantità di materia (alluminio) che corrisponde al volume V1 e la quantità di materia (ottone) che corrisponde al volume V2 sono:

Uguali
 Diversi
 Non so rispondere

 Giustifica la tua scelta:

3. Quale strumento di misura ti consentirebbe di rispondere al quesito 2?
4. Esegui le misure che ritieni necessarie e completa la tabella, usando le opportune unità di misura:

Corpo	Quantità di materia (....)	Quantità di spazio occupato (.....)
Cilindro di alluminio		
Cilindro di ottone		

Le previsioni formulate dagli allievi, in genere, sono corrette, poiché essi possono far tesoro delle conclusioni dell'attività precedente. I cilindri possiedono le stesse dimensioni e quindi hanno lo stesso volume. Vale la pena di ricordare che non tutti gli allievi mostrano di conoscere e sapere utilizzare le formule matematiche che permettono di calcolare il volume dei solidi regolari. È opportuno non dare nulla per scontato. Risolto questo problema, si chiede agli allievi come si sarebbe potuta stabilire l'uguaglianza dei volumi se i due corpi avessero avuto una forma irregolare. Per completare la tabella occorre effettuare misurazioni con la bilancia: si verificherà così che i due corpi possiedono lo stesso volume ma le masse sono diverse. Nell'attività precedente lo stato fisico dei corpi era liquido, ora è solido, ma le conclusioni sono le stesse.

UGUALI VOLUMI DI CORPI DIVERSI CORRISPONDONO A QUANTITÀ DI MATERIA DIVERSE, OSSIA POSSIEDONO MASSE DIVERSE.

Il problema posto nel FOL 2.5 fa riferimento alla bilancia a due piatti che gli allievi hanno imparato a conoscere nell'attività 1.

Immaginiamo di mettere sul piatto di una bilancia a due piatti un oggetto cubico di piombo di massa pari a 50 g, e di volerlo bilanciare ponendo sull'altro piatto un cubo di materiale plastico.



Secondo te, il cubo fatto di materiale plastico, rispetto a quello di piombo, dovrà possedere:

- Un volume più grande
- Un volume più piccolo
- un volume di uguali dimensioni
- Non so rispondere

Giustifica la tua scelta:

In base ai ragionamenti sviluppati in precedenza, la maggior parte degli allievi prevede che il cubo di materiale plastico dovrà avere un volume più grande del cubo di piombo. Bisogna in ogni caso porre attenzione alla formulazione, da parte di qualche allievo, di espressioni del tipo - *il piombo è "più pesante" della plastica* -: occorre che tutti gli studenti condividano il fatto che i piatti devono bilanciarsi perfettamente, di conseguenza le masse devono essere identiche (50 g), e i due corpi hanno lo stesso peso.

Questa situazione può essere raggiunta solo se il cubo di materiale plastico ha un volume decisamente maggiore di quello del cubo di piombo. Del resto, ogni volta che effettuiamo una pesata con una bilancia a due piatti su un piatto mettiamo le masse campione e sull'altro corpi di natura diversa il cui volume dipende dalla loro composizione e non è generalmente uguale a quello delle masse campione.

Si può ora generalizzare affermando che:

MASSE UGUALI DI CORPI DIVERSI OCCUPANO QUANTITÀ DI SPAZIO DIVERSE, OSSIA POSSIEDONO VOLUMI DIVERSI

L'insegnante propone a questo punto di riepilogare ciò che gli studenti hanno discusso e condiviso a proposito delle grandezze massa e volume.

La massa è
la **quantità di materia**
di cui è costituito un corpo.

L'unità di misura della massa è:
.....

Il volume è
la **quantità di spazio**
occupato da un corpo.

L'unità di misura del volume è:
.....

In genere, alcuni studenti pongono quesiti che possono essere riassunti nel seguente interrogativo: *Come mai, a parità di massa, corpi diversi occupano un volume diverso?*

Vengono fornite anche le prime risposte. Chi ha già sentito parlare della densità dei corpi ritiene che nei fenomeni esaminati entri in gioco questa grandezza. Se nessuno studente introduce

questo concetto durante la discussione, allora la domanda deve essere posta dall'insegnante; servirà a introdurre la situazione problema dell'attività seguente.

ATTIVITÀ 5: MASSA VOLUMICA (DENSITÀ) DEI CORPI

Sulla cattedra vengono posti degli oggetti di composizione diversa. È molto importante che gli oggetti siano fatti di materiali diversi, sia miscele sia corpi puri. Per esempio, si possono trovare facilmente oggetti di alluminio che abbiano forma sia regolare sia irregolare; si possono prendere pezzi di legno, anche ricavati da un unico rametto spezzato in punti diversi (in questo modo, gli studenti misureranno valori diversi di densità), fili di rame, pezzi di ottone, oggetti di vetro, ecc. Ogni insegnante può dare libero sfogo alla propria fantasia. È importante che vi siano alcuni corpi puri, ossia costituiti della stessa sostanza³ ma di dimensioni e forma differenti (per esempio oggetti di alluminio). Seguendo le consegne del FOL 2.6, ciascun allievo prende in considerazione uno dei corpi disponibili. I corpi, di cui non viene comunicata l'identità, sono identificati tramite un numero. L'attività richiede che gli allievi effettuino misure e calcoli di masse e volumi, che raccolgano tutti i dati in una tabella e che valutino se esiste una qualche relazione tra i valori ottenuti (il volume dei corpi può essere calcolato a partire dalla misura delle dimensioni oppure determinato per spostamento di acqua a seconda della forma del corpo considerato). Come sempre, in mancanza di spazi o tempo per il laboratorio, i dati possono venire forniti dall'insegnante e fungere da punto di partenza per la discussione.

³ ATTENZIONE - Nella sequenza in cui si costruisce il modello particellare, l'espressione *corpo puro* verrà identificata con il concetto chimico di *sostanza*; per ora, l'insegnante NON deve introdurre il termine *sostanza* con gli allievi.

Scegli uno dei corpi posti sul bancone del laboratorio:

CORPO N.

1. Descrivi brevemente il corpo (forma, colore, altre proprietà che ritieni interessanti) aiutandoti con un disegno.

.....

2. Determina la massa del corpo: $m = \dots\dots\dots$

3. Determina il volume del corpo: $V = \dots\dots\dots$

4. Riporta nella seguente tabella i valori di massa e volume sia del corpo che hai scelto, sia di tutti gli altri corpi scelti dai tuoi compagni:

<i>Corpo</i>	<i>Massa (g)</i>	<i>Volume (cm³)</i>
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

5. Secondo te, ci sono dei corpi tra quelli presi in esame che sono costituiti dallo stesso materiale?

Sì No Non so rispondere

- a. Se ritieni che non ci siano, spiega come mai li ritieni costituiti da materiali diversi

.....

- b. Se ritieni che ci siano, indica quali sono e spiega come mai li ritieni costituiti dallo stesso materiale

.....

Per rispondere all'ultimo quesito è necessario che gli allievi facciano riferimento ai dati raccolti nella tabella. Gli studenti che conoscono, anche come vago ricordo di corsi precedenti, il rapporto "m/V", provano a dividere i valori della massa per quelli del volume di ogni singolo corpo; non è detto che tutti si rendano conto del significato del risultato ottenuto. Altri studenti moltiplicano il valore della massa per quello del volume, ma non ne ricavano alcun significato. Altri ancora provano entrambe le soluzioni. In genere, ciò che risulta più significativo è che alcuni studenti trovano valori uguali del rapporto m/V per alcuni corpi. L'analisi dei dati e delle caratteristiche fisiche dei corpi dovrebbe portare gli studenti a concludere che sono costituiti dello stesso tipo di materia. La parola densità viene solitamente utilizzata da alcuni allievi e l'insegnante può ora comunicare che la densità è la grandezza che esprime il rapporto tra la quantità di materia (massa)

di un corpo e la quantità di spazio occupato (volume) da quel corpo. Questo passaggio è molto importante, perché chiarisce quali quantità siano in gioco per definire la densità di un corpo.

$$\text{Densità di un corpo} = \frac{\text{Quantità di materia di cui un corpo è costituito}}{\text{Quantità di spazio occupato dal corpo}}$$

Alcuni allievi fanno notare che alcuni corpi (di legno o di vetro), che hanno tutti il medesimo aspetto, non hanno però un rapporto costante tra massa e volume. L'insegnante chiede agli allievi di annotare questi dati e propone di effettuare lo stesso tipo di attività con campioni di corpi liquidi:

- 5 mL, 10 mL, 20 mL, 100 mL di acqua
- 15 mL, 30 mL, 90 mL di alcol
- 100 mL, 400 mL di glicerina

È importante scegliere i volumi dei liquidi in modo che risultino l'uno il doppio, il triplo, ecc. dell'altro, così la relazione tra i valori delle masse e dei rispettivi volumi risulta più evidente. Per esempio, nel caso dell'acqua al raddoppiare della massa raddoppia anche il volume; se la massa è tre volte quella di riferimento, anche il volume triplica, ecc. La stessa cosa non avviene per altri corpi liquidi, per i quali esistono altri valori nel rapporto tra la massa e il volume, ma la costanza del rapporto rimane per ciascun liquido.

Acqua, alcol, glicerina sono corpi puri⁴; altri corpi, per esempio il legno o il vetro, sono miscele di corpi puri. Ferro, rame, alluminio sono corpi puri. Riprendendo in considerazione la tabella dei vari corpi esaminati, indichiamo come corpi puri quelli che manifestano un rapporto costante tra la massa e il volume.

Alcuni dei valori sono riportati nella seguente tabella:

Corpo	Quantità di materia (espressa in grammi) presente nel volume di 1cm ³
alcol	0,79
acqua	1,00
glicerina	1,26
sale da cucina	2,16
alluminio	2,70
ferro	7,86
rame	8,96
mercurio	13,5
oro	19,3

Come si vede, per i corpi puri il rapporto massa/volume è un valore costante e definisce una grandezza chiamata **massa volumica** o **densità**. Nel Sistema Internazionale (SI) il simbolo della massa è m , il simbolo del volume è V e il simbolo della densità è ρ (lettera greca ro). Avremo quindi:

⁴ Abbiamo definito corpo una porzione di materia di natura chimica definita. Intendiamo come corpo puro una porzione di materia costituita da un unico tipo di materia. È una prima idea di quella che chimicamente sarà definita sostanza.

massa volumica (densità) = massa / volume

$$\rho = m / V$$

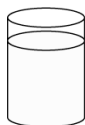
Nel Sistema Internazionale, l'unità di misura della massa è il chilogrammo (*kg*) e quella del volume è il metro cubo (*m*³); quindi l'unità di misura della massa volumica è il chilogrammo per metro cubo (*kg/m*³). Tuttavia in chimica, se si escludono le produzioni industriali, si opera in genere con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

ATTIVITÀ 6: RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE

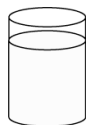
Con il FOL 2.7, si introducono attività da svolgersi individualmente o in piccoli gruppi. In una prima fase, si chiede agli allievi di prendere in considerazione corpi liquidi differenti (uno per gruppo) e di effettuare diverse misure di massa e volume. Vale la pena di verificare in che modo gli studenti prelevino i liquidi e come ne determinino le masse e i volumi. Gli allievi dovrebbero avere a questo punto familiarità nel prelevare e misurare le masse e i volumi di un corpo liquido, ma occorre ricordare che ogni travaso comporta difficoltà nel recupero completo dei corpi in esame. Quanti travasi vengono effettuati? L'insegnante deve chiedere agli studenti di progettare una procedura che preveda di effettuare le misurazioni con il minor numero di travasi possibile. Lo scopo è quello di far comprendere l'importanza dell'agire in modo adeguato. Se nessuno studente è in grado di proporlo, sarà l'insegnante a far presente che, se si mette il cilindro graduato sulla bilancia e se ne fa la tara, si può determinare contemporaneamente la massa e il volume del liquido.

Scegli uno dei corpi liquidi posti sul bancone del laboratorio:

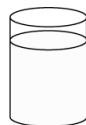
CORPO N.



acqua



alcol



glicerina

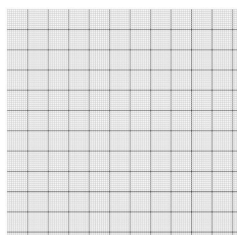
1. Preleva i seguenti volumi di liquido e misurane la massa:

5 cm³; 8 cm³; 20 cm³; 45 cm³; 100 cm³

2. Completa la tabella con i valori ottenuti:

Corpo N.	
m1	V1
m2	V2
m3	V3
m4	V4
m5	V5

3. Riporta i valori ottenuti su un grafico massa (g) vs volume (cm³), assegnando al volume l'asse delle ascisse.



4. Commenta brevemente la distribuzione dei punti sul grafico.

.....

.....

Se si scelgono i corpi liquidi utilizzati nelle precedenti attività (acqua, alcol, glicerina, ecc.) si ha il vantaggio di conoscerne i valori di densità. Inoltre, la consegna 3 prevede la costruzione di un grafico massa vs volume a partire dai dati ottenuti. È vantaggioso sapere già che i corpi esaminati sono corpi puri: consente di mettere in relazione questa conoscenza con il grafico ottenuto. Infatti, da un punto di vista puramente qualitativo, la discussione porta a concludere che i punti originati dalle coppie di valori (m , V) si trovano su una retta passante per l'origine; da un punto di vista matematico e quantitativo invece ciò significa che il rapporto tra le due grandezze (massa e volume) ha un valore costante: si tratta come già visto di una nuova grandezza, la densità, che mette in relazione queste grandezze e si esprime appunto come

$$\rho = m / V$$

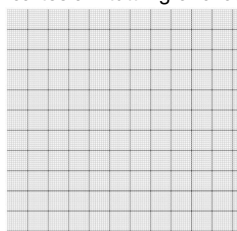
Il FOL 2.7 prosegue in questo modo:

5. Calcola ora la densità del corpo liquido che hai scelto: $\rho = \dots\dots$
6. Utilizzando tutti i dati in tuo possesso, sei in grado di stabilire di quale corpo si tratta?
- Sì No Non so rispondere

Giustifica la tua scelta:

.....

7. Riporta su un unico sistema di assi cartesiani tutti i grafici ottenuti dai tuo compagni

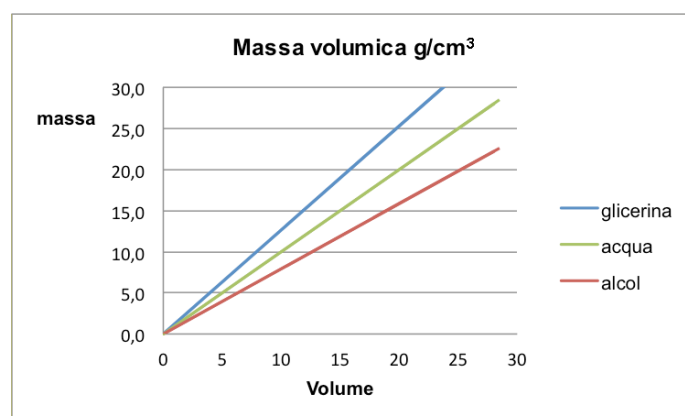


8. Che cosa puoi dire del grafico ottenuto?

.....

.....

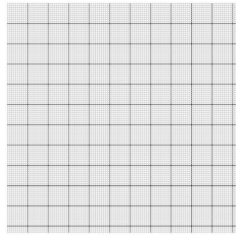
Al punto 5 qualche allievo potrebbe chiedere quale coppia di valori sia necessario usare per fare il calcolo: naturalmente ciò è ininfluente proprio in quanto si sta discutendo di un rapporto che è costante. Il quesito 6 è molto importante in quanto si richiede agli allievi di tenere conto della natura della densità quale proprietà macroscopica dei corpi puri che può essere utilizzata per identificarli: in questo caso essi si possono servire della tabella precedentemente fornita dall'insegnante, oppure possono chiedere di consultare le schede tecniche dei corpi liquidi presenti in laboratorio. Infine, le considerazioni qualitative e quantitative sul grafico del punto 7, che dovrà essere del tipo



dovranno riguardare ad esempio il confronto della pendenza delle rette, il confronto delle rette relative allo stesso corpo, ricavate però a partire da masse o da volumi assegnati, i valori assoluti delle pendenze, che possono essere maggiori o minori di 1, ecc.

A questo punto può essere interessante riportare in un grafico i dati ottenuti dagli allievi nella attività 5 reperibili nel FOL 2.6. A questo scopo, si utilizza il FOL 2.8.

1. Fai riferimento ai dati da te riportati nella tabella al punto 4 del FOL 2.6.
2. Riporta i valori ottenuti su un grafico massa (g) vs volume (cm³), assegnando al volume l'asse delle ascisse



3. Commenta brevemente la distribuzione dei punti sul grafico.

.....

4. Secondo te, è possibile identificare la presenza di un corpo puro tra quelli esaminati?

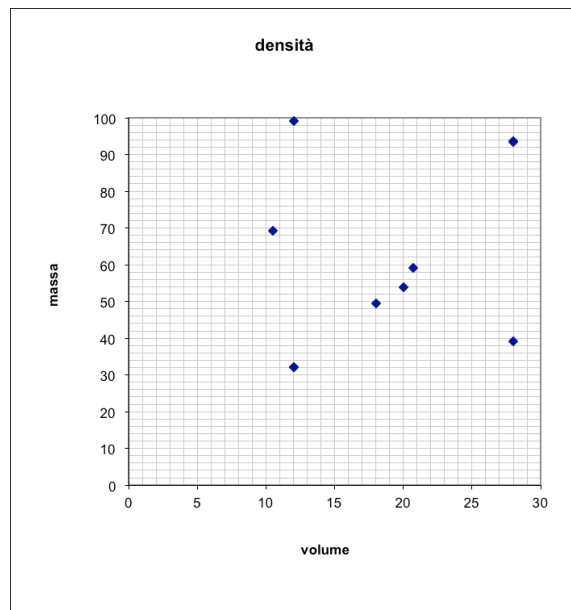
 Si

 No

 Non so rispondere

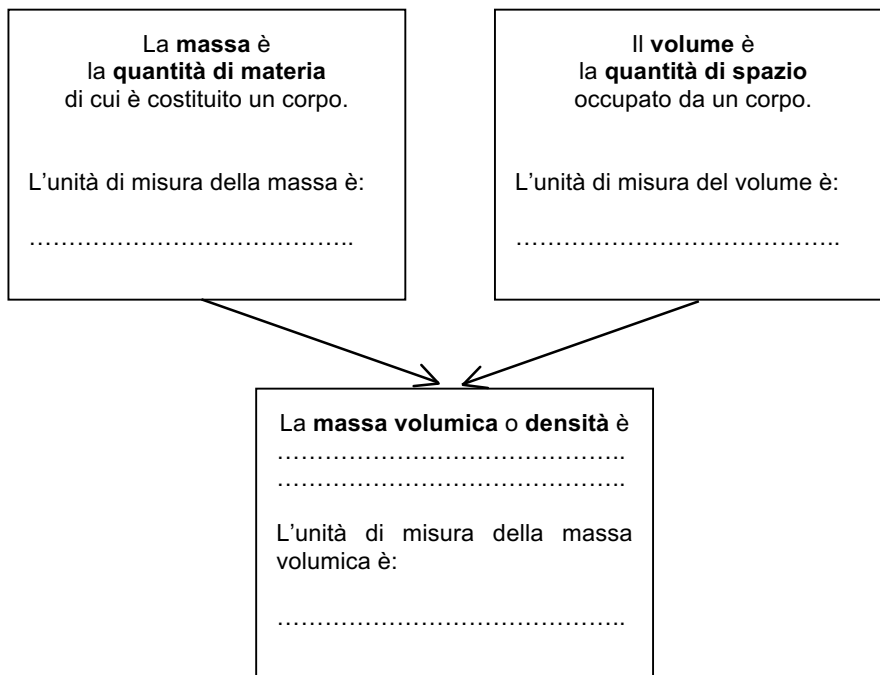
Giustifica la tua scelta:

Di seguito, viene riportato un grafico ottenuto in una classe che ha preso in esame corpi di varia natura tra i quali erano presenti 4 campioni di diversa forma, massa e volume, ma di uguale composizione: alluminio.



Ogni punto nel grafico corrisponde ai valori di massa volumica relativi a campioni di corpi diversi. Guardando attentamente il grafico, è però possibile rilevare una distribuzione singolare di alcuni punti. Essi si riferiscono a campioni diversi e occupano quindi punti diversi del grafico che, però, giacciono su di una retta passante per l'origine degli assi. Pur avendo valori differenti di massa e di volume, i corpi presentano lo stesso valore di massa volumica: in altre parole, il rapporto tra massa e volume di ciascuno dei corpi è un valore costante. Dunque, come visto nell'attività precedente, si tratta di campioni dello stesso corpo puro.

Per concludere e riassumere, si può nuovamente assegnare agli allievi uno schema da completare e imparare a memoria del tipo:



ATTIVITÀ 7: DENSITÀ VS VISCOSITÀ

Vale generalmente la pena di soffermarsi brevemente sulla differenza tra il concetto di viscosità e quello di densità, dal momento che spesso i due termini non vengono usati correttamente. In particolare è frequente che le parole “più/meno denso” vengano utilizzate per indicare un corpo in realtà più/meno viscoso di un altro. Ora che è stato definito il concetto di densità non dovrebbe più sussistere tale confusione. In ogni caso, per fugare qualsiasi dubbio si può proporre un semplice interrogativo che prevede il confronto tra viscosità, densità e “ordine di galleggiamento” di coppie di corpi liquidi. Un caso classico è rappresentato dalla coppia acqua/olio:

Acqua e olio sono due corpi liquidi con caratteristiche molto differenti:

Come potresti confrontarne la viscosità?

Come potresti confrontarne la densità (supponendo di non avere a disposizione né vetreria graduata né una bilancia)?

Attraverso l'uso di un cartoncino liscio è possibile confrontare la viscosità dei due corpi mediante un confronto della velocità di scorrimento; si conclude che

$$V_{\text{SCORRIMENTO (olio)}} < V_{\text{SCORRIMENTO (acqua)}}, \text{ e dunque } \text{VISCOSITÀ}_{\text{(olio)}} > \text{VISCOSITÀ}_{\text{(acqua)}}$$

Per quanto riguarda il confronto della densità, dovrebbe essere noto agli allievi come l'olio galleggi sull'acqua. L'insegnante può a questo punto mostrare come esista un metodo empirico immediato per disporre due o più liquidi (purché immiscibili) in ordine di densità crescente o decrescente: è sufficiente infatti versarli lentamente facendoli scorrere su una parete uno per volta in un contenitore trasparente e valutare il loro ordine di “galleggiamento” l'uno sull'altro. Si può dunque proporre di versare in una provetta una *stessa quantità* dei due liquidi e osservarne il comportamento: il fatto che l'olio si disponga sopra l'acqua non può essere dovuto a una sua maggiore “leggerezza” (la massa è identica a quella dell'acqua), come nel linguaggio comune si

tende a sostenere, bensì a una minore densità. Dunque l'olio, pur essendo più viscoso dell'acqua, è meno denso di essa.

$$d_{\text{(olio)}} < d_{\text{(acqua)}}$$

Si invitano gli allievi, previa consultazione delle schede tecniche di laboratorio, a individuare altre serie di liquidi e a prevedere il loro ordine di galleggiamento a partire dai valori delle loro densità. La spiegazione di tale fenomeno può rivelarsi un utile strumento per correggere ciò che comunemente si sostiene a proposito dell'ordine di galleggiamento chiamando in causa la massa dei corpi:

Perché l'affermazione "l'olio galleggia sull'acqua perché è più leggero dell'acqua" non è corretta? Come potresti mostrarne la scorrettezza con un semplice esperimento? Come potresti correggerla?

Infatti dovrebbe essere ora chiaro come la grandezza da considerare per spiegare il fenomeno del galleggiamento dell'olio sull'acqua non sia la massa bensì la densità, e ciò può essere facilmente mostrato versando nel contenitore quantità identiche dei due corpi (se nel becher vengono versati 50 g di acqua e 50 g di olio è certamente scorretto sostenere che uno sia "più pesante" dell'altro).