

Le grandezze fisiche

- 1 La fisica e il metodo scientifico
- 2 Le unità di misura e il Sistema Internazionale
- 3 La massa, il volume e la densità
- 4 La temperatura e gli stati di aggregazione
- 5 La lunghezza e il tempo

Riempi una brocca per metà d'acqua, poi aggiungi ghiaccio così che il liquido salga fino all'orlo, come nella foto.

- A. Come ti aspetti che cambi la temperatura dell'acqua mentre il ghiaccio fonde, e poi dopo che è tutto fuso?
- B. Come procederesti per verificare se la tua ipotesi è corretta?

A. La temperatura dell'acqua resterà fissa a 0 °C durante la fusione del ghiaccio, poi aumenterà dopo che il ghiaccio è fuso.

B. Conviene immergere nell'acqua ogni 2-3 minuti un termometro e riportare ogni volta in una tabella il tempo trascorso, la misura della temperatura e la presenza o meno di ghiaccio.



1 | La fisica e il metodo scientifico

La **fisica** è la parte della scienza che studia come è fatta la materia e come gli oggetti (o *corpi*) interagiscono tra loro e con le forze esterne.

I fisici, per esempio, cercano di capire in che modo i corpi si muovono sotto l'azione delle forze, come funzionano le stelle che illuminano l'universo e che cosa c'è all'interno degli atomi che formano la materia.

Il metodo sperimentale

Come tutte le scienze, la fisica applica il **metodo sperimentale**, detto anche **metodo scientifico**, per spiegare i **fenomeni**, ossia ciò che avviene nel mondo intorno a noi.

Il **metodo sperimentale** si può riassumere in quattro fasi:

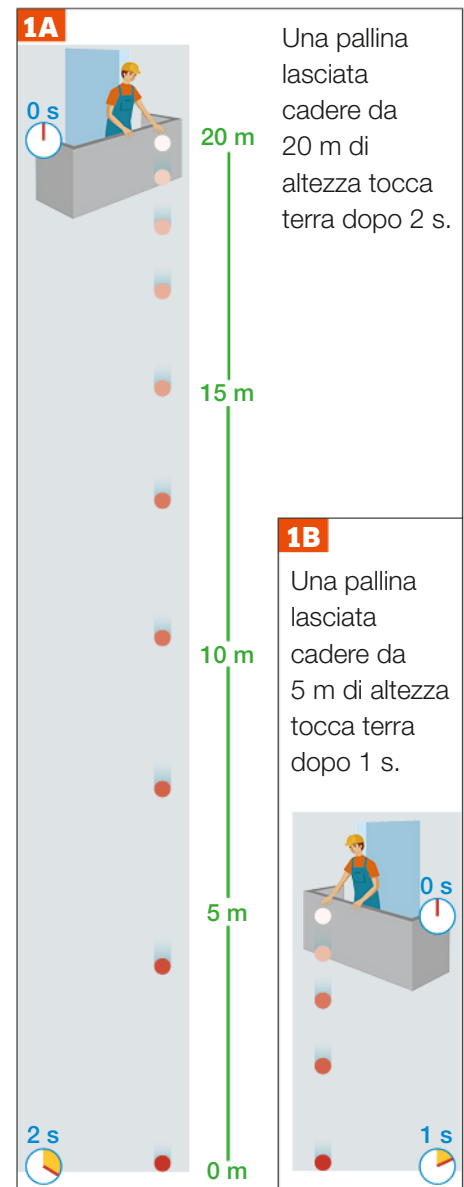
1. si **osserva** un fenomeno, raccogliendo dati quantitativi con **misurazioni**;
2. si cercano **regolarità** nelle misure ottenute e si propongono **ipotesi**, cioè possibili spiegazioni dei fatti osservati;
3. si fa una **verifica sperimentale** delle ipotesi, mediante **prove** da ripetersi più volte in condizioni controllate e riproducibili;
4. si formula una **legge sperimentale**, di solito in forma matematica, che generalizzi i risultati ottenuti.

Vediamo un esempio concreto di applicazione del metodo scientifico, con l'aiuto dei disegni della **figura 1** qui a fianco.

Se si lascia cadere una pallina da diverse altezze, quanto tempo impiegherà la pallina per raggiungere il suolo?

1. Sappiamo per esperienza che la pallina arriva a terra *molto rapidamente*; ma questa è soltanto un'**osservazione qualitativa**. Per poter fare **osservazioni quantitative** bisognerà usare **strumenti di misura**, come un metro e un cronometro. Si misurerà allora, per esempio, che:
 - la pallina lasciata cadere da venti metri (20 m) di altezza arriva al suolo dopo due secondi (2 s), come illustrato dalla **figura 1A**;
 - se invece si lascia cadere la pallina da soli 5 m di altezza, la pallina arriva al suolo dopo un secondo (1 s), come nella **figura 1B**.
2. Dunque la pallina, se cade da un'altezza 4 volte più grande, impiega un tempo 2 volte più lungo. Siccome 4 è il quadrato di 2, si può allora fare un'**ipotesi**: forse *il quadrato del tempo t che la pallina impiega per la caduta è proporzionale all'altezza h da cui la pallina cade?*
3. Per **verificare l'ipotesi** bisogna fare *più esperimenti*: lasciamo cadere la pallina da tante altezze diverse e misuriamo quanto tempo impiega per toccare terra (con l'accorgimento di ripetere più volte ciascuna prova, per assicurarci che le misure ottenute siano affidabili). Supponiamo di aver raccolto così i dati della tabella qui sotto.

h (m)	5	10	15	20	25
t (s)	1,0	1,3	1,8	2,0	2,3



4. Se si riportano le misure su un grafico, si troverà qualcosa di simile alla figura 2. I dati sperimentali (i pallini azzurri) sono molto vicini alla curva tratteggiata, che è un ramo di parabola. La **legge sperimentale** per questo fenomeno si può dunque riassumere in forma matematica con la formula che rappresenta l'equazione di una parabola:

$$h \text{ (m)} = 5 \cdot [t \text{ (s)}]^2$$

dove h è l'altezza da cui la pallina cade, misurata in **metri**, e t è il tempo impiegato per la caduta fino al suolo, misurato in **secondi**.

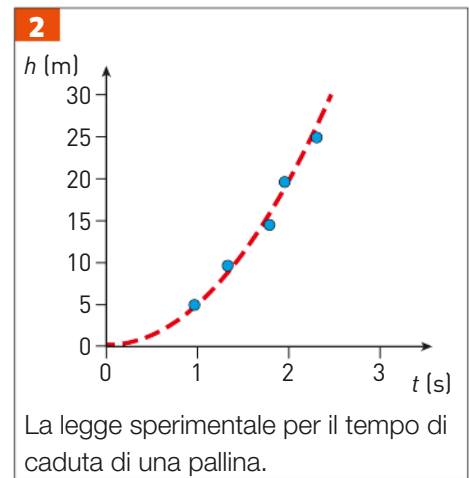
In questa relazione tra h e t il coefficiente a secondo membro vale 5 perché abbiamo visto che, quando $t = 1$ s, si misura $h = 5$ m.

Una **legge sperimentale** è il riassunto dei risultati ottenuti studiando un fenomeno; di solito si esprime con una **formula matematica**.

È importante notare che la legge del tempo di caduta appena trovata si può applicare, per esempio, a una pallina da tennis, ma non varrebbe per una piuma: se la si lascia cadere da 5 metri di altezza, la piuma cadrà ondeggiando nell'aria e impiegherà ben più di 1 secondo per arrivare al suolo.

La nostra legge sperimentale infatti è valida soltanto quando si può *trascurare la resistenza dovuta all'attrito con l'aria*, che frena la caduta dei corpi.

Ogni **legge sperimentale** ha un **campo di applicazione** limitato: vale cioè soltanto nelle particolari condizioni in cui è stata verificata.



COMPLETA LA SOLUZIONE

Un sassolino lasciato cadere dal tetto di un grattacielo impiega 3 secondi per arrivare al suolo.

► Quanto è alto il grattacielo?

▼ SOLUZIONE

Applichiamo la sperimentale per il tempo di caduta discussa nel testo: in questo caso t_s vale , perciò elevandolo al e moltiplicando per troviamo che il grattacielo è alto 45 metri.

Dalle leggi sperimentali alle teorie, o modelli

Si chiama **teoria**, o **modello**, un insieme di ipotesi che permette di spiegare numerosi fenomeni tra loro collegati.

Per esempio, nel Seicento **Isaac Newton** ha formulato una teoria che descrive molto bene il moto dei corpi e l'azione della forza di gravità.

La teoria di Newton spiega moltissime osservazioni, tra cui la legge sperimentale del tempo di caduta della pallina e anche il curioso fenomeno illustrato nella figura 3: *nel vuoto* una piuma, sebbene sia molto leggera, cade esattamente come una moneta, o qualsiasi altro oggetto.

Una buona teoria scientifica, oltre a spiegare fenomeni già noti, sa anche prevedere fenomeni nuovi, che nessuno ha mai osservato.

La teoria formulata da Newton, per esempio, prevedeva che sulla Luna la caduta degli oggetti sarebbe stata più lenta che sulla Terra; ma Newton non aveva modo di fare una prova sperimentale.

Gli astronauti scesi sulla Luna nel 1969 hanno fatto la prova e hanno verificato che Newton aveva proprio ragione; questa verifica ha reso ancora più convincente la sua teoria.



Le teorie evolvono nel tempo

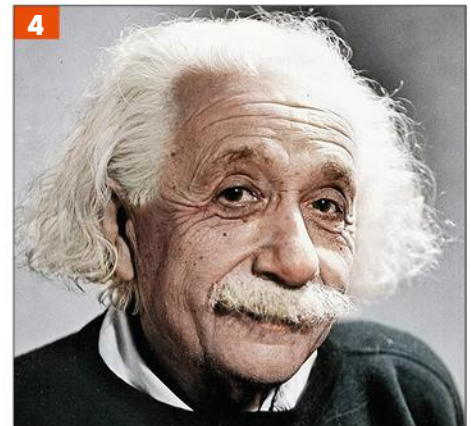
Nessuna teoria scientifica è mai definitiva: le teorie sono sempre descrizioni *provvisorie* della realtà.

Ogni teoria, quando gli esperimenti confermano la sua validità, viene accettata dagli scienziati «con riserva», cioè finché non emergano nuovi fenomeni che quella teoria non può spiegare. Se questo accade si dovrà cercare una teoria migliore, con un campo di applicazione più ampio.

La scienza progredisce proprio in questo modo, trovando nuovi modelli della realtà che hanno validità sempre più ampia.

Albert Einstein [figura 4], per esempio, ha scoperto che la teoria di Newton non è più valida quando gli oggetti si muovono a velocità altissima, paragonabile alla velocità della luce.

Con la sua **teoria della relatività** Einstein ha generalizzato la teoria di Newton, cioè ne ha esteso il campo di applicazione.



La teoria della relatività di Einstein è più generale della teoria di Newton.

ALCUNI SETTORI DI RICERCA DELLA FISICA DI OGGI



Thanapol sirsirang/Stock

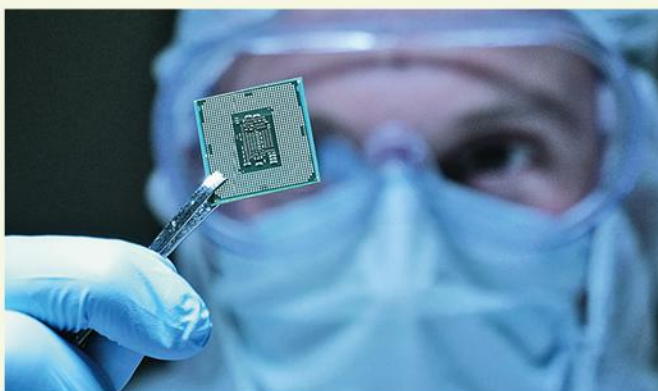
astrofisica e cosmologia

studiano le radiazioni emesse da stelle e galassie, oltre a fenomeni come i buchi neri e le onde gravitazionali, per scoprire nuovi fenomeni cosmici e formulare modelli capaci di spiegare l'evoluzione dell'universo



fisica delle alte energie

studia le proprietà delle particelle e delle forze fondamentali che costituiscono la materia e la radiazione, confrontando i modelli teorici con le osservazioni fatte negli acceleratori di particelle



Coradenkoff/Stock

fisica della materia condensata

studia le proprietà degli stati solido e liquido e fenomeni come la superfluidità e la superconduttività, con applicazioni nell'elettronica e nelle nanotecnologie, al confine con la chimica e la scienza dei materiali



shironosov/Stock

fisica medica

studia l'uso di radiazioni, campi magnetici e acceleratori di particelle per diagnosticare le malattie (con la risonanza magnetica nucleare, la TAC e la PET) e per curarle (con la radioterapia e l'adroterapia)

ESERCIZI

1. Osserva la mappa e rispondi alle domande.



- ▶ In quale fase del metodo scientifico si raccolgono molti dati? Nella fase n.
- ▶ Quale fase si basa soprattutto sul ragionamento? La fase n.
- ▶ In quale fase è più importante l'uso dei nostri sensi? Nella fase n.
- ▶ E in quale fase di solito si arriva a scrivere una formula matematica? Nella fase n.

2. Completa l'associazione tra le due colonne.

- | | |
|-----------------------------|----------------|
| 1 astrofisica | a acceleratore |
| 2 fisica medica | b elettronica |
| 3 fisica delle alte energie | c buchi neri |
| 4 fisica della materia | d radioterapia |

1 2 3 4

3. Quale tra queste osservazioni è sempre *riproducibile*, ossia si verifica ogni volta che la si ripete?

- A Un calcio di rigore angolato finisce in rete.
- B Se al mattino è nuvoloso, nel pomeriggio piove.
- C Uno smartphone, se sfugge di mano, cade.
- D Un treno che parte in orario arriva puntuale.
- E La lavatrice elimina tutte le macchie.

4. Secondo la legge $h = 5 \cdot t^2$, se un oggetto tocca terra dopo una caduta di 4 s, da che altezza è caduto?

.....

5. «Un oggetto lasciato libero cade perché esiste una forza di gravità che lo attrae verso il basso». Dal punto di vista scientifico quest'affermazione esprime:

- A una legge sperimentale.
- B un'ipotesi.
- C un'osservazione.
- D una teoria.
- E una verifica sperimentale.

6. Completa questo testo.

Ogni sperimentale si basa sulle osservazioni e descrive un singolo fenomeno. Si chiama, o modello, un insieme di ipotesi che permette di spiegare numerosi tra loro collegati.

7. Sulle autostrade italiane il limite di velocità è di 130 km/h, ma in caso di pioggia scende a 110 km/h.

▶ Formula un'ipotesi che spieghi il motivo di questa seconda regola..

.....

8. Che cosa è sorprendente, secondo te, nel fenomeno illustrato dalla figura qui a fianco?



.....

9. Il *periodo* di un pendolo è la durata di una oscillazione completa, avanti e indietro, dell'oggetto appeso al filo.

▶ Il periodo dipende oppure no dalla massa dell'oggetto attaccato al filo?

Spiega come imposteresti un esperimento per rispondere alla domanda.

.....

10. Dentro un'auto parcheggiata al sole, d'estate, con i finestrini chiusi, l'aria diventa molto più calda dell'aria esterna.

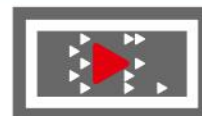
▶ Formula un'ipotesi che spieghi quale può essere la ragione.

.....

11. Secondo la legge sperimentale $h = 5 \cdot t^2$, se lasci cadere un oggetto da 10 m di altezza, dopo quanto tempo l'oggetto toccherà terra?

.....

Le unità di misura e il Sistema Internazionale



Scarica **GUARDA!** e inquadrami per guardare i video

Come abbiamo visto, alla base del **metodo scientifico** o **sperimentale** ci sono le **osservazioni** dei fenomeni. Le osservazioni più utili per mettere alla prova ipotesi e modelli teorici sono quelle *quantitative*, che forniscono **misure** ottenute con opportuni strumenti.

La **misurazione** è una procedura alla base del metodo scientifico; essa consente di assegnare un valore numerico a una proprietà di un corpo (per esempio, la sua temperatura, come nella **figura 5**) o più in generale di un sistema fisico (per esempio, la distanza tra due oggetti).

Le proprietà di un corpo o di un sistema che si possono misurare si chiamano **grandezze fisiche**, o semplicemente **grandezze**.

Il risultato di una misurazione è detto **dato sperimentale** o **misura**; ogni dato si ottiene dal confronto con l'**unità di misura** con cui è stato tarato lo strumento usato per misurare.

È importante citare sempre l'unità di misura. Se non lo facciamo, dicendo per esempio «la misura è 17,2», nessuno potrà capire che cosa abbiamo misurato, né quale significato abbia la misura.

Se invece diciamo «la misura è 17,2 m», allora stiamo citando un dato che tutti possono capire; potrebbe essere la misura della lunghezza di un corridoio della scuola, oppure dell'altezza di un edificio.

simbolo (che qui indica una lunghezza) — $l = 17,2 \text{ m}$ — valore numerico — simbolo dell'unità di misura (metro)

Quando si scrive il **valore** di una grandezza fisica, il **numero** deve sempre essere seguito dal simbolo dell'**unità di misura**.

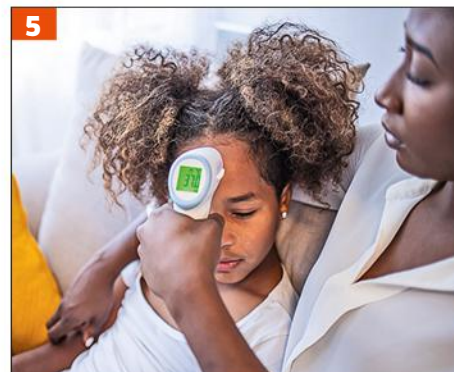
Le grandezze fondamentali del SI

Il progresso della scienza avviene con il contributo di tantissime persone di ogni parte del mondo. È essenziale perciò che la comunicazione dei dati sperimentali ottenuti avvenga in modo chiaro e obiettivo, senza possibilità di equivoci. Per questa ragione gli scienziati hanno adottato un linguaggio comune, codificato a livello mondiale e indipendente dalle convenzioni tradizionali dei singoli Paesi.

Nel 1961 è stato istituito il **Sistema Internazionale** (in breve **SI**) **delle unità di misura**, per uniformarle in tutto il mondo.

Questo Sistema, che è continuamente aggiornato da una commissione scientifica internazionale, stabilisce in particolare i **simboli delle grandezze fisiche**, le loro **unità di misura** e i relativi campioni di riferimento.

La **tabella 1** riporta le **sette grandezze fondamentali del SI**, con le corrispondenti unità di misura e i relativi simboli.



La misura della temperatura corporea è un numero (qui 37,0) seguito dall'unità di misura (°C, gradi Celsius).

dragana991/iStock

Tabella 1 – Le sette grandezze fondamentali del Sistema Internazionale.

grandezza fisica	unità di misura	simbolo
lunghezza	metro	m
massa	kilogrammo	kg
intervallo di tempo	secondo	s
temperatura	kelvin	K
quantità di sostanza	mole	mol
intensità di corrente elettrica	ampere	A
intensità luminosa	candela	cd

PERCHÉ LE UNITÀ DI MISURA SI SCRIVONO MINUSCOLE?

Perché si è deciso di riservare le maiuscole soltanto ad alcuni simboli che onorano celebri scienziati, come K per Lord Kelvin, A per André-Marie Ampère, N per Isaac Newton, V per Alessandro Volta, C per Charles-Augustin de Coulomb, F per Michael Faraday, W per James Watt e T per Nikola Tesla.

I prefissi dei multipli e sottomultipli

Il Sistema Internazionale si fonda su un **sistema metrico a base decimale**.

Ciò significa che i **multipli** e i **sottomultipli** di ogni unità di misura sono più grandi o più piccoli di quella unità secondo una **potenza di 10**.

Alcune potenze di 10 sono di uso così comune che si è loro associato un **prefisso verbale**, per evitare di dover specificare ogni volta il fattore numerico. Questi prefissi, riassunti nella **tabella 2**, si usano in particolare per specificare i multipli e sottomultipli delle unità di misura.

Così per esempio, nel caso delle lunghezze:

- il *kilometro* è un multiplo del metro pari a $10^3 \text{ m} = 1000$ metri;
- il *nanometro* è un sottomultiplo del metro pari a $10^{-9} \text{ m} = 1$ miliardesimo di metro.

Nel caso delle masse:

- l'unità del SI, il *kilogrammo*, ha tra i suoi sottomultipli il *grammo*: infatti $1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg} = 0,001 \text{ kg}$;
- il multiplo $10^3 \text{ kg} = 1000 \text{ kg}$, che in Italia tradizionalmente chiamiamo *tonnellata*, nel SI si chiama invece *megagrammo*.

UN ESERCIZIO AL VOLO

- ▶ Quanti microsecondi ci sono in un secondo?
.....
- ▶ Quanti milliampere (mA) ci sono in un megampere (MA)?
.....

Tabella 2 – I prefissi e i simboli associati alle potenze di 10 usate per multipli e sottomultipli.

MULTIPLI	potenza di 10	fattore moltiplicativo	SOTTOMULTIPLI	potenza di 10	fattore moltiplicativo
deca-/da	10^1	10	deci-/d	10^{-1}	0,1
etto-/h	10^2	100	centi-/c	10^{-2}	0,01
kilo-/k	10^3	1000	milli-/m	10^{-3}	0,001
mega-/M	10^6	1000000	micro-/μ	10^{-6}	0,000001
giga-/G	10^9	1000000000	nano-/n	10^{-9}	0,000000001
tera-/T	10^{12}	1000000000000	pico-/p	10^{-12}	0,000000000001
peta-/P	10^{15}	1000000000000000	femto-/f	10^{-15}	0,000000000000001
exa-/E	10^{18}	1000000000000000000	atto-/a	10^{-18}	0,000000000000000001

Le grandezze derivate

Dalle sette grandezze fondamentali del SI si possono ottenere tutte le altre grandezze fisiche, che sono dette perciò **grandezze derivate**.

Un esempio è l'**area**, la grandezza fisica che misura l'estensione di una superficie piana.

Come sappiamo dalla geometria, l'area A di un quadrato di lato ℓ si ottiene moltiplicando la lunghezza del lato per sé stessa:

$$A = \ell \cdot \ell = \ell^2$$

L'area quindi è derivata dalla grandezza fondamentale lunghezza.

L'unità di misura delle aree nel SI è il **metro quadrato (m^2)**, che corrisponde all'**area di un quadrato con lato lungo 1 m**.

Le equivalenze tra dati relativi alle aree richiedono attenzione. Se per esempio si vuole esprimere in decimetri quadrati l'area di $1 m^2$, non si ottiene $10 dm^2$ ma $100 dm^2$. Infatti, come mostra graficamente la figura 6A:

$$1 m^2 = 1 m \times 1 m = 10 dm \times 10 dm = 100 dm^2$$

In altre parole, $1 dm^2$ non equivale a $0,1 m^2$, bensì a $0,01 m^2$.

Come secondo esempio consideriamo il **volume**, la grandezza fisica che misura la porzione di spazio occupata da un corpo.

Il volume V di un cubo di spigolo ℓ si ottiene moltiplicando tre volte per sé stessa la lunghezza dello spigolo:

$$V = \ell \cdot \ell \cdot \ell = \ell^3$$

Dunque anche il volume è una grandezza derivata dalla lunghezza.

L'unità di misura dei volumi è il **metro cubo (m^3)**, che corrisponde al **volume di un cubo con spigolo lungo 1 m**.

Nella vita di ogni giorno spesso esprimiamo il volume, soprattutto per i liquidi, usando come unità di misura il litro (L).

1 L, cioè un litro, è un volume equivalente a **$1 dm^3$** (un decimetro cubo).

Anche le equivalenze tra dati relativi al volume non sono banali e richiedono attenzione. Per esempio, come è illustrato dalla figura 6B:

$$1 m^3 = 1 m \times 1 m \times 1 m = 10 dm \times 10 dm \times 10 dm = 1000 dm^3$$

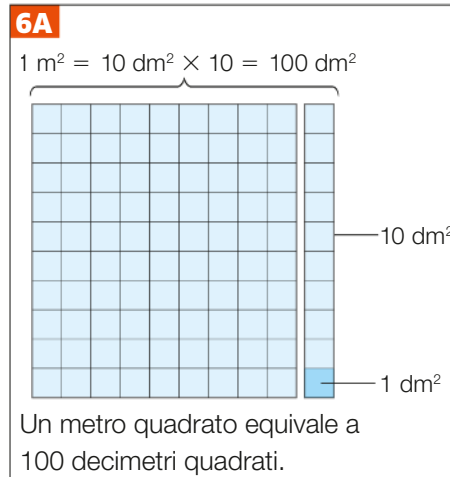
Quindi 1 metro cubo equivale a $1000 dm^3$, cioè a 1000 litri.

Anche i multipli e i sottomultipli del litro si basano sul sistema metrico decimale, perciò la loro relazione con le unità di misura del SI è basata sulle potenze di 10.

Così 1 millilitro ($1 mL$) equivale a $1 cm^3$: infatti $1 cm^3 = 10^{-3} dm^3 = 10^{-3} L$.

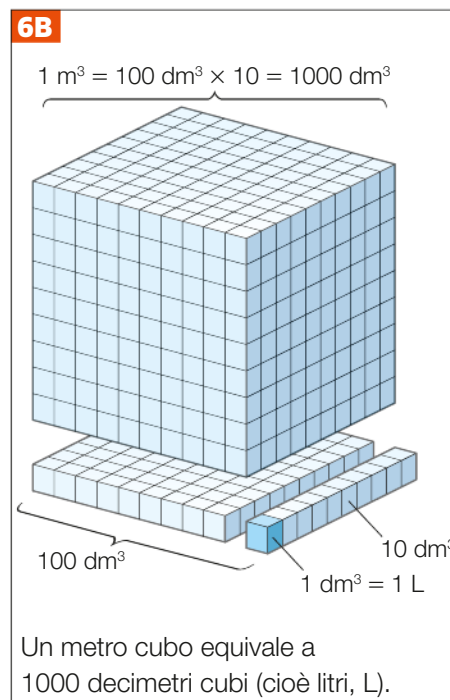
UN ESERCIZIO AL VOLO

- ▶ Un cubo ha spigolo lungo 2 dm. Quanto vale il volume del cubo espresso in dm^3 , in m^3 e in cm^3 ?
Il volume del cubo è dm^3 = m^3 = cm^3
- ▶ Una lattina contiene 33 cL di bibita. A quanti litri e a quanti cm^3 corrisponde questo volume di liquido?
 $33 cL$ = L = cm^3



Videoripasso di matematica

Calcolare un'equivalenza: lunghezze, aree, volumi



ESERCIZI

1. Osserva la mappa e rispondi alle domande.



- ▶ Scrivi il nome di altre due grandezze fisiche fondamentali del SI.
.....
- ▶ Scrivi i simboli delle unità di misura di queste grandezze.
lunghezza: area: volume:

2. Esegui queste equivalenze:

- a $0,13 \text{ dm}^2 = \dots\dots\dots \text{ cm}^2$
- b $1,00 \text{ hg} = \dots\dots\dots \text{ g}$
- c $0,123 \text{ kg} = \dots\dots\dots \text{ g}$
- d $13 \text{ dm}^3 = \dots\dots\dots \text{ m}^3$
- e $1237 \text{ cg} = \dots\dots\dots \text{ g}$

3. Una famiglia consuma ogni settimana $2,3 \text{ m}^3$ di acqua.

- ▶ Quanti litri d'acqua usa la famiglia ogni settimana?
.....

4. Un capello ha uno spessore medio di $0,1 \text{ mm}$.

- ▶ Scrivi lo spessore del capello in metri:
.....
- ▶ Scrivi lo spessore del capello in micrometri:
.....
- ▶ Scrivi lo spessore del capello in nanometri:
.....

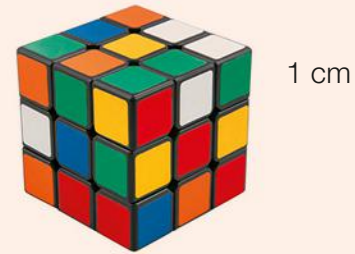


Socha/f/Stock

5. Vero o falso?

- a L'unità di misura dell'area nel SI è il m^2 . V F
- b Il volume è una grandezza derivata. V F
- c 1 cm^2 è la centesima parte di 1 m^2 . V F
- d 1 m è la millesima parte di 1 km . V F
- e 1 m^3 è la millesima parte di 1 dm^3 . V F

6. Ognuno dei cubetti che formano questo cubo di Rubik ha spigolo lungo 1 cm .



- ▶ Quanto vale il volume del cubo di Rubik? cm^3
- ▶ Qual è l'area della superficie esterna del cubo di Rubik? cm^2

7. La spanna è un'antica unità di misura della lunghezza, pari alla distanza tra la punta del pollice e quella del mignolo di una mano aperta.



Ake Nigamsanguan/Stock

- ▶ Per quale ragione, secondo te, la spanna non ha trovato spazio tra le unità di misura del Sistema Internazionale?
.....
.....
.....

8. Vero o falso?

- a Si chiamano grandezze le proprietà di un corpo che si possono misurare. V F
- b Con il termine «misura» si intende un valore numerico. V F
- c Ogni misurazione richiede sempre il confronto con una unità di misura. V F
- d Tra le sette grandezze fondamentali del SI c'è il peso. V F

9. Una piscina in un giardino è lunga 10 m , larga $3,5 \text{ m}$ e profonda $1,6 \text{ m}$.

- ▶ Quanti ettolitri di acqua contiene questa piscina?
.....
- ▶ Usando una pompa di scarico si riesce a svuotare tutta la piscina in 3 ore esatte. Quanti litri d'acqua vengono scaricati dalla piscina in un secondo?
.....

10. Una latta d'olio è forata al fondo e perde $4,5 \text{ L}$ di olio, che si spargono in modo uniforme sul pavimento di una cucina larga $2,3 \text{ m}$ e lunga $3,10 \text{ m}$.

- ▶ Quanti millimetri è spesso alla fine lo strato di olio sul pavimento?
.....

3 | La massa, il volume e la densità

Le due grandezze fisiche più usate per descrivere quantitativamente le caratteristiche dei corpi sono la *massa* e il *volume* [figura 7]. Per caratterizzare in modo quantitativo i diversi materiali di cui sono fatti i corpi, è utile invece la grandezza fisica chiamata *densità*.

Misurare la massa

La **massa**, indicata di solito con il simbolo m , è la proprietà di un corpo che si può misurare con la **bilancia a due piatti** e nel SI ha come unità di misura il **kilogrammo (kg)**.

Con questo particolare tipo di bilancia [figura 8] la massa di un corpo si misura per confronto con *masse campione* (i «pesetti» sul piatto di sinistra nella foto) che sono state opportunamente tarate.

Quando la bilancia è in equilibrio, significa che la massa del corpo posto su un piatto è uguale alla somma delle masse campione poste sull'altro piatto.

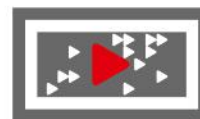
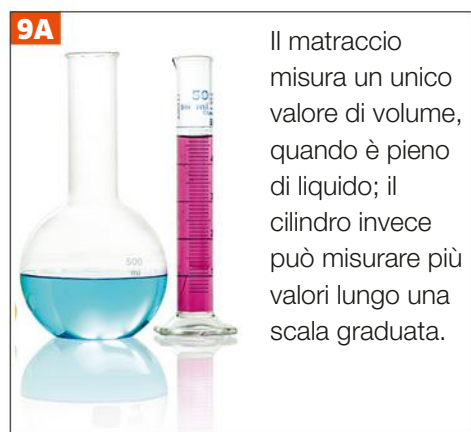
Nel linguaggio comune si dice «pesare», ma in realtà la bilancia a due piatti misura la massa che, come vedremo nel capitolo 4, è una grandezza fisica diversa dal peso.

Misurare il volume

Il **volume**, indicato di solito con il simbolo V , è la porzione di spazio occupata da un corpo. È una grandezza derivata che nel SI ha come unità di misura il **metro cubo (m³)**.

A seconda dei casi, il volume può essere misurato con strumenti e modalità differenti. In laboratorio per misurare i volumi di corpi liquidi li si versa in appositi contenitori tarati come i *matracci* e i *cilindri* [figura 9A].

L'acqua potabile, il gas metano e la benzina ai distributori si misurano invece con gli strumenti chiamati *contatori* [figura 9B]; in questi casi il volume si ottiene indirettamente, ricavandolo da una misura del flusso del liquido o del gas attraverso un tubo di diametro noto, a pressione nota.



Video
Misure del volume di un oggetto

Per i corpi solidi che hanno forma regolare, il volume si può ricavare in modo indiretto usando le **formule della geometria**.

Per un corpo a forma di cilindro, per esempio, si eseguono misure lineari della lunghezza del diametro (e quindi del raggio r) e dell'altezza h , poi si ricava il volume V dalla formula $V = \text{area di base} \times \text{altezza} = \pi \cdot r^2 \cdot h$.

Se un solido ha forma irregolare, il suo volume si può misurare tramite il **metodo dell'immersione** in un qualsiasi liquido, purché il corpo solido non galleggi e non si sciogla.

Quando si immerge il corpo, infatti, il livello del liquido si innalza in misura uguale al volume del solido, come nell'esempio della **figura 10**.

La massa e il volume sono due grandezze fisiche distinte, che descrivono caratteristiche diverse dei corpi. Ma è importante notare che c'è un'altra differenza fondamentale tra le due grandezze:

- la massa di un corpo è una sua proprietà che *resta sempre costante*, cioè non cambia mai in nessuna circostanza;
- il volume di un corpo invece può cambiare al variare di altre grandezze; per esempio, aumenta al crescere della temperatura (*dilatazione termica*).

La densità

Immagina di mettere sui due piatti di una bilancia due bulloni metallici di uguali dimensioni, ma uno fatto di ferro e l'altro di alluminio: il piatto con il ferro allora si abbasserà e farà sollevare il piatto con l'alluminio. Dunque, a parità di volume, il ferro ha massa maggiore dell'alluminio.

I due materiali, l'alluminio e il ferro, hanno quindi una particolare proprietà che li differenzia.

Questa proprietà è la **massa dell'unità di volume del materiale** e la grandezza fisica corrispondente è chiamata **densità** (o anche **massa volumica**): il ferro è più denso, cioè ha densità maggiore, rispetto all'alluminio.

La **densità d** del materiale di cui è fatto un corpo è la **massa m** del corpo divisa per il suo **volume V** ; è quindi la **massa per unità di volume**.

Nel Sistema Internazionale l'unità di misura della densità è **kg/m³**.

$$d = \frac{m}{V}$$

densità (kg/m³)
massa (kg)

volume (m³)

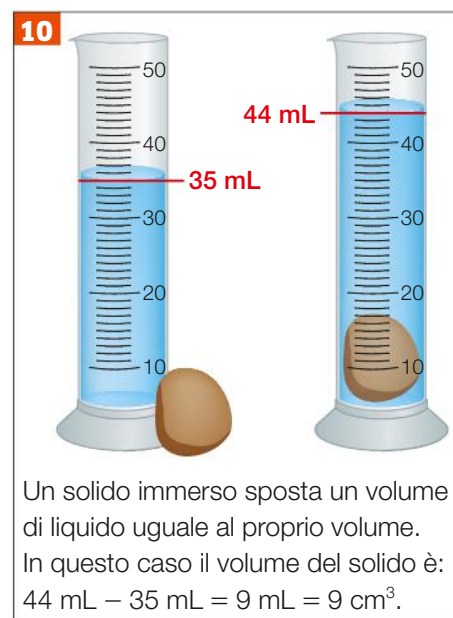
Spesso è conveniente usare i sottomultipli e misurare le densità in kg/dm³ oppure in g/cm³. Queste due unità di misura sono equivalenti tra loro: infatti $1 \text{ kg/dm}^3 = (1000 \text{ g})/(1000 \text{ cm}^3) = 1 \text{ g/cm}^3$.

ESEMPIO

Un cubetto di ghiaccio ha una massa $m = 3,10 \text{ g}$ e un volume $V = 3,37 \text{ cm}^3$. Qual è la densità del cubetto?

RISPOSTA La densità è $d = \frac{m}{V}$, perciò in questo caso $d = \frac{3,10 \text{ g}}{3,37 \text{ cm}^3} = 0,920 \text{ g/cm}^3$.

Un valore importante e facile da ricordare è la **densità dell'acqua**, che a 4 °C vale **1,0 kg/dm³**. Anche alla normale temperatura ambiente si può dire, con ottima approssimazione, che **la massa di 1 L di acqua vale 1 kg**.



UN ESERCIZIO AL VOLO

► Qual è la densità del gelato della **figura 7**?

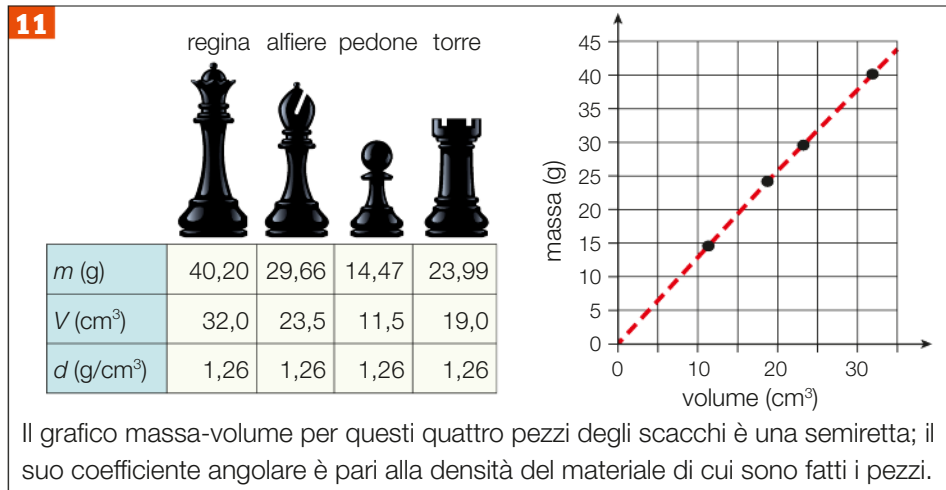
.....

► Qual è la massa di 1 mL di acqua?

La densità è una proprietà dei materiali, non dei singoli oggetti.

Ogni materiale ha una propria particolare densità; tutti gli oggetti fatti di quel materiale hanno quello stesso valore della densità.

La figura 11, per esempio, mostra quattro diversi pezzi del gioco degli scacchi, che sono fatti dello stesso materiale e non hanno cavità interne.



Se si misurano la massa e il volume dei quattro pezzi, si trovano i valori della tabella. Riportando i dati su un diagramma cartesiano, si trova che la massa è direttamente proporzionale al volume; infatti il grafico è una semiretta che passa per l'origine degli assi.

Dunque il rapporto tra la massa e il volume – cioè la densità – è uguale per i quattro pezzi degli scacchi. Ciò conferma che la densità è una caratteristica del materiale di cui gli oggetti sono fatti.

In modo analogo, per tornare all'esempio precedente, se si misurano la massa e il volume di diversi oggetti di ferro e di alluminio, riportando i dati su un diagramma cartesiano si ottengono due semirette [figura 12].

Ogni semiretta passante per l'origine ha equazione $m = d \cdot V$; la sua pendenza è data dal coefficiente angolare d che è il rapporto tra m e V , cioè è proprio la densità di quel materiale.

Il grafico per il ferro ha pendenza maggiore, perché la densità del ferro (7,86 g/cm³) è quasi 3 volte maggiore di quella dell'alluminio (2,7 g/cm³).

Fare calcoli con la densità

La tabella 3 riporta i valori delle densità di alcuni materiali (alla normale temperatura ambiente, 20 °C).

Se si conosce la densità d di un materiale, si può determinare il volume V di qualsiasi corpo fatto di quel materiale, purché il corpo sia privo di cavità, misurando con una bilancia la sua massa m .

Infatti dalla definizione della densità si ricava che il volume è:

$$V = \frac{m}{d}$$

Se invece di un oggetto si conosce il volume V e la densità d del materiale di cui è fatto, allora si può determinare la massa m dell'oggetto applicando la seguente relazione:

$$m = d \cdot V$$



Videoripasso di matematica

Ricavare la formula inversa

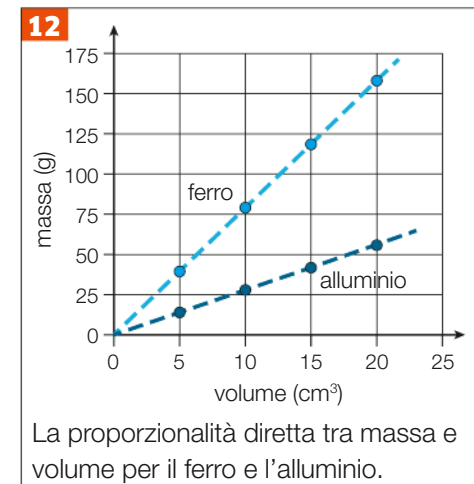


Tabella 3

materiale	densità (g/cm ³)
sughero	0,25
legno di abete	0,58
alcol denaturato	0,85
olio di oliva	0,92
ghiaccio	0,92
acqua distillata	1,00
PVC	1,3
vetro	2,5
alluminio	2,7
ferro	7,86
piombo	11,35
mercurio	13,5
oro	19,3
platino	21,5

ESERCIZI

1. Osserva la mappa e rispondi alle domande.



- ▶ Di quali corpi si può misurare il volume con il metodo dell'immersione?
.....
- ▶ Completa la frase.
La densità, cioè la massa per di volume, ha lo stesso valore per tutti gli oggetti fatti di uno stesso

2. Quale tra queste affermazioni sulla massa è sbagliata?

- A È una proprietà che tutti i corpi hanno.
- B Rappresenta lo spazio occupato da un corpo.
- C La sua unità di misura SI è il chilogrammo.
- D È una grandezza fondamentale del SI.
- E Si misura con la bilancia a due piatti.

3. Osserva la figura e rispondi.



- ▶ Che cosa sono gli oggetti sul piatto di sinistra di questa bilancia?
.....
- ▶ Che cos'hanno in comune con l'arancia a destra?
.....
- ▶ Che cosa succede se si rimuove uno di quegli oggetti?
.....

4. Scrivi i passaggi matematici che dimostrano l'equivalenza tra le unità di misura kg/dm^3 e g/cm^3 .

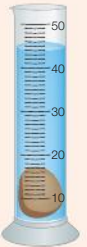
$$1 \text{ kg/dm}^3 = \dots\dots\dots = \dots\dots\dots = 1 \text{ g/cm}^3$$

5. Un tappo da bottiglia ha massa $m = 1,6 \text{ g}$ e volume $V = 6,4 \text{ cm}^3$.
▶ Di quale materiale è fatto il tappo?
.....

6. Una lamina d'oro quadrata ha i lati lunghi $30,0 \text{ cm}$ e uno spessore di $0,0050 \text{ mm}$.
▶ Qual è la massa della lamina?
.....

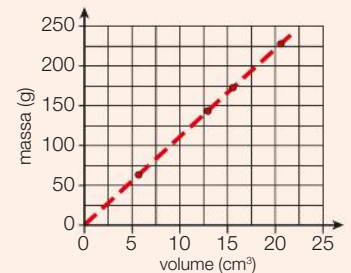
7. Hai due oggetti metallici di forma e dimensioni identiche. Come puoi scoprire quale oggetto è fatto del metallo più denso?
.....

8. Con il metodo dell'immersione si può misurare il volume soltanto dei corpi solidi che hanno particolari caratteristiche. Quali?
.....



9. A quale materiale si riferisce il grafico qui a fianco?

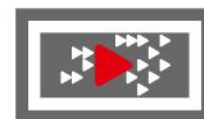
- A Ferro
- B Oro
- C Piombo
- D Ghiaccio
- E Sughero



10. Una biglia di vetro ha una massa $m = 5,3 \text{ g}$ e una densità $d = 2,5 \text{ g/cm}^3$.
▶ Calcola il raggio della biglia.
.....

11. Due cilindri A e B, fatti di materiali diversi, hanno la stessa altezza e la stessa massa, ma il diametro del cilindro A è doppio rispetto a quello del cilindro B.
▶ Di quante volte il cilindro B è più denso del cilindro A? È volte più denso.

4 | La temperatura e gli stati di aggregazione



Un modo per classificare la materia si basa sul suo **stato di aggregazione** (solido, liquido o aeriforme), che è facile da riconoscere con i nostri sensi.

Un dato sistema fisico può cambiare stato di aggregazione, per esempio passando da solido a liquido o da liquido ad aeriforme.

I **passaggi di stato** di solito avvengono in conseguenza di un **cambiamento della temperatura** del sistema.

La temperatura e i termometri

Quando diciamo “Oggi fa più caldo di ieri”, facciamo un’affermazione soggettiva. Nella pratica scientifica servono invece dati oggettivi: per descrivere lo stato termico dei sistemi fisici si usa a questo scopo la grandezza *temperatura*.

La **temperatura**, indicata di solito con il simbolo T , è quella proprietà dei corpi che si misura con lo strumento chiamato **termometro**.

I termometri più comuni sfruttano il fenomeno della **dilatazione termica**, per cui i corpi si dilatano (cioè aumentano di volume) quando li si riscalda, mentre si contraggono (cioè diminuiscono di volume) quando li si raffredda.

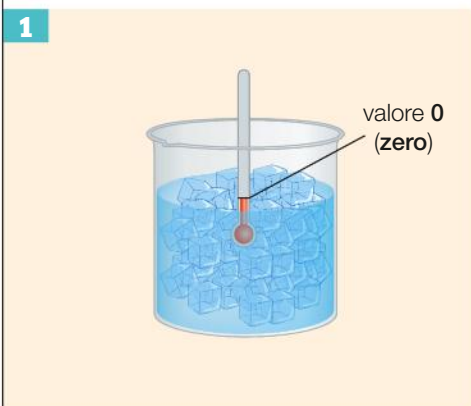
Nei **termometri a liquido**, come quello della figura 13, la dilatazione (o contrazione) di un liquido colorato, all’interno di un sottile capillare di vetro, fa variare la lunghezza della colonnina. La temperatura misurata corrisponde al livello raggiunto dal liquido sulla scala graduata.



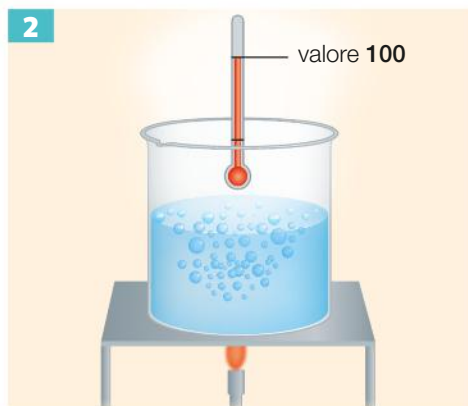
La scala Celsius

Di solito i termometri sono tarati in base alla *scala termometrica* chiamata **scala Celsius**, che è definita in base a due fenomeni fisici, la fusione del ghiaccio e l’ebollizione dell’acqua, come illustrato nella figura 14.

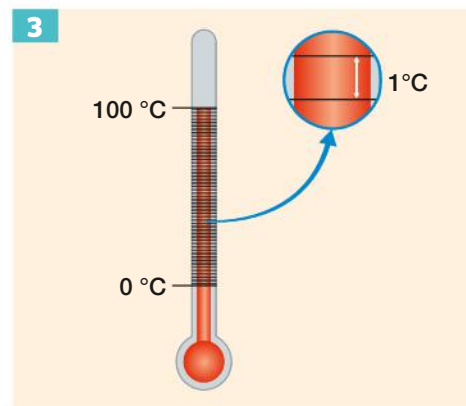
14 La procedura per definire la scala Celsius delle temperature.



Si immerge il capillare contenente alcol in un sistema acqua-ghiaccio: al livello raggiunto dall’alcol si attribuisce il valore 0 (zero).



Si immerge il capillare nei vapori sprigionati dall’acqua bollente: l’alcol sale nel capillare e al nuovo livello raggiunto si attribuisce il valore 100.



Infine si divide l’intervallo individuato in 100 parti uguali: ognuna rappresenta la variazione unitaria di temperatura chiamata **grado Celsius** ($^{\circ}\text{C}$).

La scala Celsius si estende anche sopra 100 °C e sotto 0 °C (dove alle temperature si premette un segno «meno», come in «-15 °C»).

Un termometro può funzionare a temperature molto alte o molto basse, a patto che lo strumento mantenga le proprie caratteristiche fisiche.

Con i termometri ad alcol, per esempio, si possono misurare temperature comprese tra -110 °C e +78 °C: in questo intervallo infatti l'alcol rimane liquido e la sua dilatazione (o contrazione) è direttamente proporzionale alla variazione della temperatura.

La scala Kelvin

La temperatura T dell'aria in una bella giornata di primavera si può esprimere in due modi equivalenti: $T = 25\text{ °C} = 298\text{ K}$.

Nell'ultimo membro, 298 K, la temperatura è espressa in base alla *scala Kelvin*, detta anche *scala assoluta*.

La **temperatura assoluta** è una grandezza fondamentale del Sistema Internazionale e ha come unità di misura il **kelvin (K)**.

Nella scala Kelvin la temperatura di fusione del ghiaccio vale 273 K, mentre la temperatura di ebollizione dell'acqua è 373 K [figura 15].

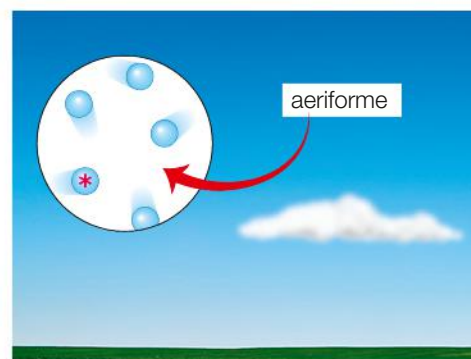
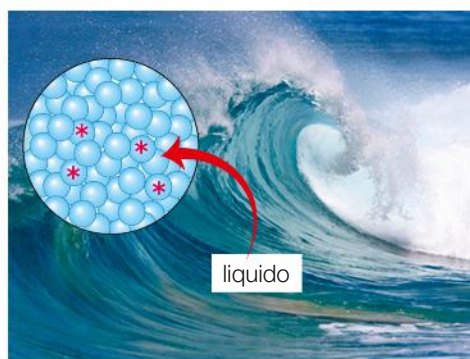
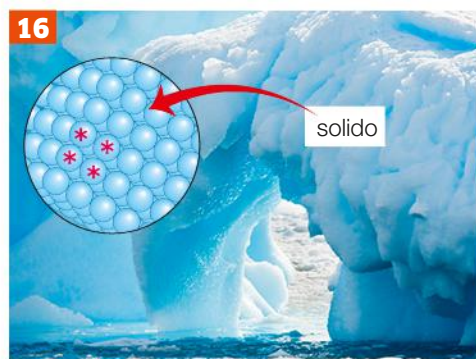
Dunque la variazione di un'unità di temperatura (1 K) corrisponde esattamente alla variazione di 1 °C. Perciò si possono convertire in kelvin i valori di temperatura letti sulla scala Celsius usando la semplice relazione:

$$T_K \text{ (in K)} = T_C \text{ (in °C)} + 273$$

La scala Kelvin non prevede valori negativi; infatti inizia dal cosiddetto *zero assoluto*, pari a -273 °C, e non sono possibili temperature minori di questa.

Gli stati di aggregazione

La materia può presentarsi in tre diversi **stati di aggregazione** [figura 16]: **solido**, **liquido** e **aeriforme**.

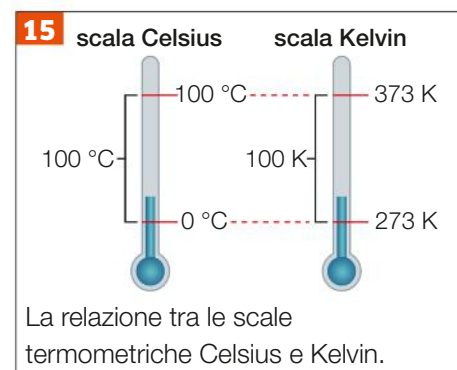


- I **solidi** sono caratterizzati da una forma e da un volume ben definiti. Sulla scala microscopica, le particelle che li costituiscono sono vicinissime tra loro e in posizioni fisse: non possono spostarsi una rispetto all'altra.

- I **liquidi** hanno un volume ben definito ma non hanno una forma propria: assumono quella del recipiente che li contiene. Le particelle che formano il liquidi sono vicine tra loro ma libere di scorrere le une sulle altre.

- Gli **aeriformi** (*gas e vapori*) occupano tutto lo spazio a loro disposizione, quindi prendono la forma del loro contenitore e ne occupano l'intero volume. Le particelle che formano gli aeriformi hanno grande libertà di movimento.

Video con domande
La temperatura e la scala Celsius



UN ESERCIZIO AL VOLO

- ▶ A quanti kelvin corrisponde la temperatura -10 °C?
.....
- ▶ A quanti gradi Celsius corrisponde la temperatura 353 K?

Gli stati solido e liquido sono detti **stati condensati** della materia, in quanto le particelle non possono essere ulteriormente avvicinate. Ecco perché i solidi e i liquidi sono praticamente incompressibili.

I liquidi e gli aeriformi sono detti **fluidi**, perché le loro particelle hanno libertà di movimento. In tutti gli stati di aggregazione gli atomi o le molecole non stanno comunque mai fermi: sono impegnati in un frenetico moto di **agitazione termica**. Anche nei solidi le particelle, pur essendo vincolate alla loro posizione, si agitano vibrando.

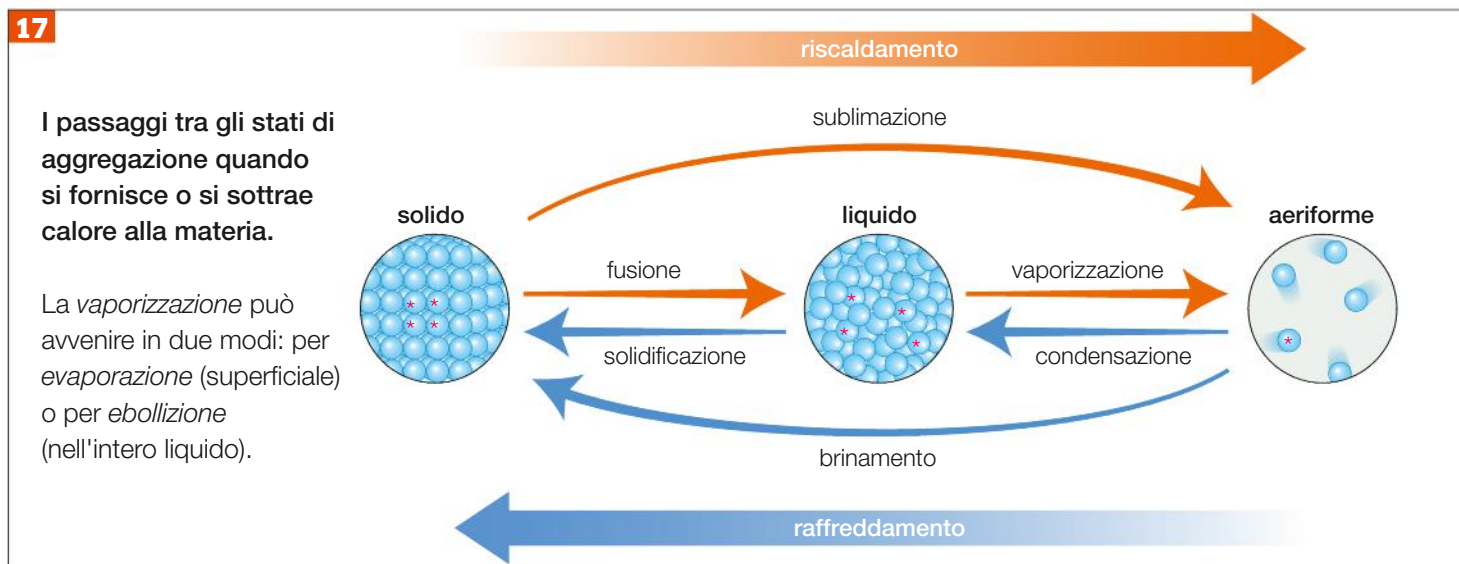
I cambiamenti di stato

L'intensità del moto di agitazione termica delle particelle che formano la materia aumenta al crescere della temperatura.

Perciò, se si riscalda un corpo solido, a un certo punto le sue particelle si agitano così tanto da iniziare a scorrere le une sulle altre: il solido è diventato liquido con il cambiamento di stato chiamato **fusione**.

In modo simile, se si riscalda un liquido le sue particelle acquistano libertà di movimento, fino a quando diventano praticamente indipendenti tra loro: il liquido è diventato aeriforme con la **vaporizzazione**.

Se si raffreddano i corpi, anziché riscaldarli, questi **cambiamenti di stato** avvengono in verso opposto, come riassunto dalla figura 17.



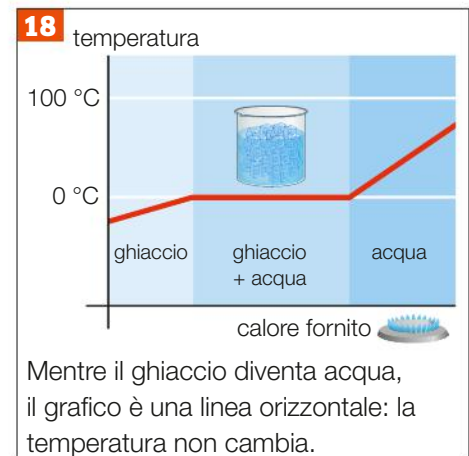
I cambiamenti di stato sono la **fusione** (opposto: la **solidificazione**), la **vaporizzazione** (la **condensazione**) e la **sublimazione** (il **brinamento**).

La figura 18 mostra come cambia la temperatura dell'acqua se si riscalda del ghiaccio preso da un surgelatore, a temperatura molto minore di 0 °C.

Quando a 0 °C il ghiaccio inizia a fondere, la temperatura della miscela acqua-ghiaccio rimane fissa a 0 °C finché tutto il ghiaccio non è fuso: in questa fase, infatti, tutto il calore fornito dall'esterno serve per «rompere» i legami tra le particelle di acqua del ghiaccio.

Un fenomeno analogo si ha durante l'ebollizione: la temperatura rimane fissa a 100 °C finché tutta l'acqua non è diventata vapore.

Le stesse considerazioni valgono anche per i passaggi di stato inversi: **durante i cambiamenti di stato la temperatura non cambia**.



ESERCIZI

1. **▣▣▣** Come si chiamano i cambiamenti di stato indicati dalle frecce?



freccia rossa:
 freccia azzurra:
 freccia verde:

2. **▣▣▣** In una giornata d'inverno molto fredda il termometro indica la temperatura di $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 ► Quale valore della temperatura leggeremmo se la scala del termometro fosse tarata in kelvin?

3. **▣▣▣** Completa la frase.
 Per tarare un termometro ad alcol si immerge il tubo capillare nei vapori sprigionati dall'acqua : l'alcol allora sale nel capillare e al livello che raggiunge si assegna il valore $^{\circ}\text{C}$.

4. **▣▣▣** Quale tra queste affermazioni è sbagliata?
A I fluidi si possono trasportare facilmente.
B I fluidi sono i liquidi e gli aeriformi.
C I fluidi non hanno una forma propria.
D I fluidi hanno un volume proprio.
E I fluidi possono cambiare stato di aggregazione.

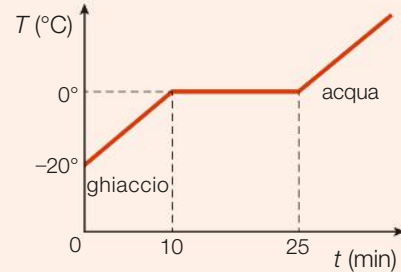
5. **▣▣▣** Quale valore indicherebbe un termometro immerso nell'acqua di questa brocca, e perché?



6. **▣▣▣** Se sollevi il coperchio di una pentola di acqua bollente, vedrai che sotto il coperchio sono presenti tante goccioline. Spiega quali sono i due passaggi di stato all'origine di questo fenomeno.

7. **▣▣▣** Quando si raffredda un aeriforme, quali trasformazioni possono avvenire? Indica le risposte corrette.
A Fusione **D** Brinamento
B Sublimazione **E** Condensazione
C Vaporizzazione **F** Ebollizione

8. **▣▣▣** Osserva la figura e rispondi.



- Nell'esperienza a cui si riferisce il grafico, dopo quanto tempo ha inizio la fusione del ghiaccio?
 ► Quanto tempo ha impiegato il ghiaccio per fondere completamente?

9. **▣▣▣** Durante la notte la temperatura dell'aria si è abbassata di $7,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.
 ► Di quanto è diminuita la temperatura assoluta?

 ► È possibile che l'acqua di una pozzanghera la mattina sia ghiacciata? Motiva la tua risposta.

10. **▣▣▣** Vicino alle fumarole delle zone vulcaniche, che emettono vapori sulfurei, si osservano cristalli gialli di zolfo che si accumulano al passare del tempo.
 ► Quale passaggio di stato secondo te determina questo fenomeno?



11. **▣▣▣** In alta montagna l'acqua bolle a una temperatura inferiore a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Quale ipotesi faresti per spiegare questo fatto?

.....

5

La lunghezza e il tempo

Tra le grandezze fondamentali del Sistema Internazionale la *lunghezza* e il *tempo* sono quelle di uso più comune nella vita quotidiana. Nella fisica queste due grandezze permettono di descrivere il *movimento* dei corpi.

Misurare le lunghezze

La **lunghezza** è una grandezza fisica fondamentale che nel SI ha come unità di misura il **metro (m)**.

La *lunghezza* è la grandezza fisica che permette di misurare le dimensioni lineari dei corpi – larghezza, altezza e profondità – e le distanze che li separano.

A occhio nudo le lunghezze più piccole che possiamo distinguere sono dell'ordine del decimo di millimetro (10^{-4} m), come il diametro del punto alla fine di questa frase. Per lunghezze ancora più piccole occorre usare la lente d'ingrandimento o il microscopio.

La figura 19 mostra la gamma molto ampia delle lunghezze che si osservano in natura, dalle più piccole particelle osservabili alle più grandi distanze cosmiche.

Trecento anni fa il metro era definito come la lunghezza di un pendolo che, posto a una latitudine di 45° , oscillava con una frequenza ben definita.

Poi nel 1791 si decise invece di definire il metro come la decimilionesima parte della lunghezza dell'arco di meridiano terrestre che va dal Polo Nord all'Equatore.

In seguito Albert Einstein scoprì un fatto straordinario: *la velocità della luce nel vuoto è una costante universale*, cioè ha lo stesso valore per chiunque la misuri.

Il valore della velocità della luce è noto con grande precisione, grazie ad accurate misurazioni. Così nel 1983 si è abbandonato il riferimento al meridiano terrestre ed è stata introdotta la definizione odierna del metro, basata sulle proprietà della luce.

Il **metro** è la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo pari a $1/299\,792\,458$ secondi.

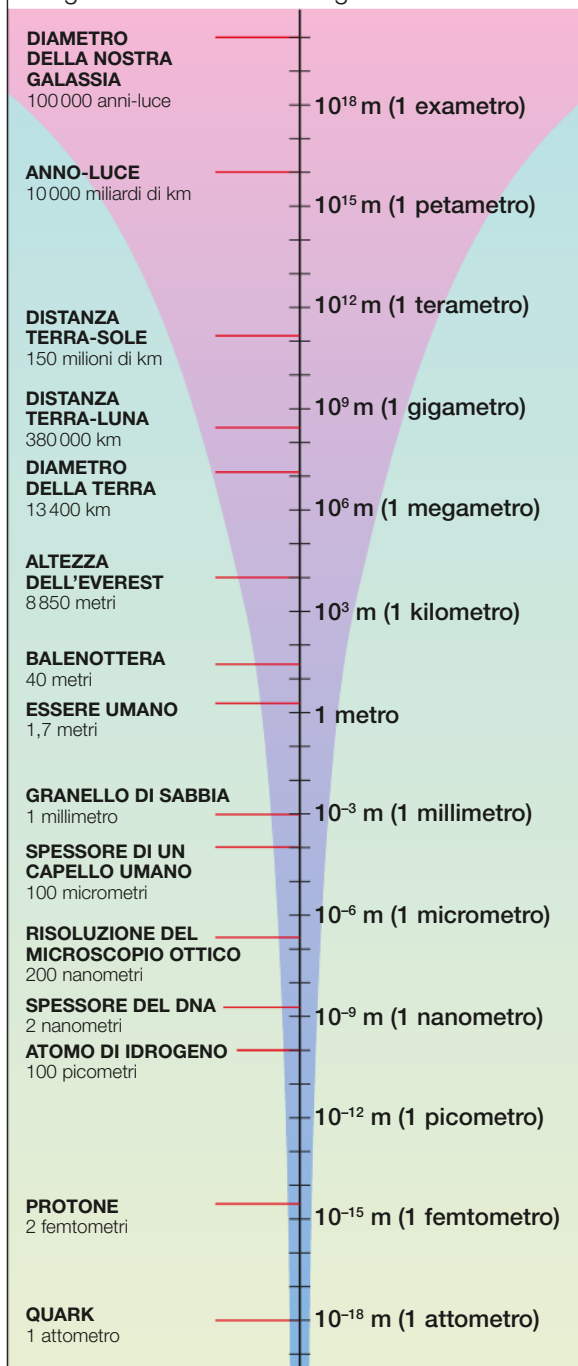
Come conseguenza di questa definizione, la velocità della luce nel vuoto (che i fisici indicano con il simbolo c , dal latino *celeritas*) vale esattamente $c = 299\,792\,458$ m/s.

Quindi, con ottima approssimazione, la luce nel vuoto viaggia a 300 000 chilometri al secondo.

UN ESERCIZIO AL VOLO

- ▶ Quante persone bisognerebbe impilare una sopra l'altra per raggiungere l'altezza dell'Everest? Circa persone.
- ▶ Quanti pianeti Terra bisognerebbe affiancare per coprire la distanza tra la Terra e il Sole? Circa pianeti Terra.

19 Un confronto grafico tra gli ordini di grandezza di alcune lunghezze notevoli.



Misurare il tempo

Il *tempo* è la grandezza fisica con cui abbiamo più spesso a che fare; infatti a ogni avvenimento possiamo associare un numero che ne misura la *durata*, cioè l'*intervallo di tempo* tra l'istante in cui l'avvenimento ha inizio e l'istante in cui ha termine.

Le **misurazioni del tempo** si basano sempre sul confronto tra la durata dell'avvenimento che ci interessa e la durata di un **fenomeno periodico**, che si ripete cioè ciclicamente, sempre uguale a sé stesso.

Ancora oggi, per esempio, per misurare intervalli di tempo molto lunghi ci riferiamo a **fenomeni astronomici**, come si faceva già nell'antichità:

- il *giorno* è il periodo della rotazione della Terra intorno al proprio asse;
- l'*anno* è il periodo della rivoluzione terrestre, cioè il tempo impiegato dal nostro pianeta per percorrere un'orbita completa intorno al Sole.

Per misurare tempi più brevi, fin dal lontano passato si sono usati strumenti come la **meridiana** [figura 20A] e la **clessidra** [figura 20B], che erano semplici da costruire, ma poco precise.



La meridiana (A) ha una scala graduata lungo cui si sposta l'ombra di un'asta fissata al muro; permette di misurare frazioni di ora, ma soltanto nelle giornate di sole. Le clessidre (B) permettono di misurare intervalli di tempo dell'ordine del minuto.

Il primo grande salto di qualità nella misurazione del tempo si è avuto nel XIV secolo, con la costruzione dei primi rudimentali **orologi meccanici**. In seguito furono inventati gli *orologi a pendolo*, molto più affidabili, e il *bilanciere*, che ha consentito di produrre orologi portatili.

Gli **orologi da polso** meccanici esistono da più di un secolo, e circa cinquant'anni fa sono stati inventati gli **orologi al quarzo** [figura 21]. Il fenomeno periodico su cui si basa il funzionamento di questi moderni orologi elettronici è l'oscillazione di un cristallo di quarzo, che è messo in vibrazione da impulsi prodotti da una pila elettrica.



I meccanismi di un orologio da polso a bilanciere e di un orologio al quarzo.

Nel linguaggio quotidiano per «istante» si intende un brevissimo intervallo di tempo; nel linguaggio scientifico invece un **istante di tempo** è il dato che si ottiene dalla lettura di un orologio o di un cronometro.

PERCHÉ FUNZIONANO BENE GLI OROLOGI A PENDOLO?

Perché il periodo di oscillazione di un pendolo è molto «affidabile»: dipende soltanto dalla sua lunghezza, mentre è indipendente dal valore della massa appesa e anche dall'ampiezza dell'oscillazione (se non è troppo grande); questo *isocronismo* del pendolo è stato scoperto alla fine del Cinquecento da Galileo Galilei.



La definizione del secondo

La precisione massima nella misura del tempo si raggiunge con gli **orologi atomici**: in questi sofisticatissimi strumenti si usa come periodo di riferimento quello dell'onda elettromagnetica emessa durante un certo fenomeno dagli atomi di un elemento chimico, il cesio.

Così oggi si è arrivati a una definizione molto specialistica dell'unità di misura degli intervalli di tempo.

Nel Sistema Internazionale l'unità di misura dell'**intervallo di tempo** è il **secondo (s)**, definito come la durata di 9 192 631 770 periodi della radiazione emessa in determinate condizioni dall'atomo di cesio-133.

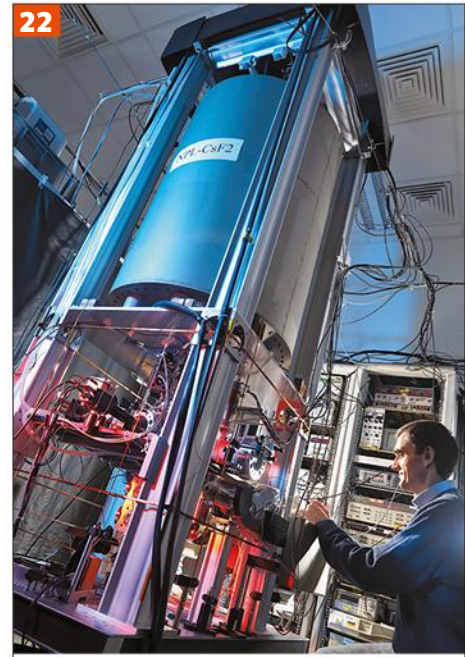
Gli **orologi atomici** sono dispositivi di laboratorio [figura 22] capaci di misurare le durate con un'incertezza ridotta a circa 1 su 100 000 miliardi: questo equivale a un errore di 1 secondo ogni 60 milioni di anni!

Proprio questa sbalorditiva precisione è la ragione per cui le vecchie definizioni dell'unità di tempo sono state abbandonate e sostituite dalla nuova definizione basata sui fenomeni atomici.

In passato, infatti, il secondo era definito come una frazione del giorno solare medio, precisamente la sua ottantaseimilaquattrocentesima parte (perché il giorno è fatto di 24 ore, ognuna di 60 minuti, ciascuno di 60 secondi, e $60 \times 60 \times 24 = 86\,400$).

Ma con gli orologi atomici si è verificato che la durata del giorno non è rigorosamente costante: ci sono fenomeni astronomici che fanno gradualmente rallentare la rotazione terrestre, perciò il giorno lentamente si sta allungando (si stima che 600 milioni di anni fa durasse soltanto 21 ore).

I processi atomici citati nella nuova definizione del secondo forniscono invece un campione di tempo invariabile e riproducibile.



Un orologio atomico al cesio.

Tempo decimale e sessagesimale

I sottomultipli del secondo sono definiti in base al sistema metrico decimale. Così, per esempio, l'espressione 4,265 s indica un intervallo di tempo lungo 4 s e 265 ms, espresso quindi con la sensibilità del millisecondo.

Per i multipli del secondo invece usiamo, per tradizione, il *sistema sessagesimale* (cioè in base 60) introdotto anticamente dai Babilonesi: ecco perché 1 minuto dura 60 secondi e 1 ora dura 60 minuti.

Perciò per indicare «un minuto e mezzo» non si può scrivere in notazione decimale 1,30 min (che significherebbe 1 minuto più tre decimi di minuto), ma si deve scrivere 1 min 30 s, oppure 90 s.

COMPLETA LA SOLUZIONE

- ▶ Quanto vale in ore, minuti e secondi un intervallo di tempo pari a 20 000 s?

SOLUZIONE

Per prima cosa si divide 20 000 s per (il numero dei secondi in un'ora).

La parte intera del risultato, 5, è il numero delle ore cercato.

Il resto vale 2000 s e questo va diviso per ; come parte intera si trova 33, che è il numero dei minuti.

Infine il numero dei secondi cercato è $[2000 - (33 \times 60)]$, cioè

Dunque si trova che $20\,000\text{ s} = 5\text{ h } 33\text{ min } 20\text{ s}$.

ESERCIZI

1. Osserva la mappa e completa il testo seguente.



La definizione del dipende da quella del secondo, perché si basa sulla distanza che la percorre in una certa frazione di

2. La scala inferiore di questo righello è tarata in *inch* (in), cioè in pollici, un'unità di misura anglosassone.



- Stima a quanti centimetri corrisponde un pollice. A circa cm

3. Quale tra queste affermazioni è *sbagliata*?
- A Nel Sistema Internazionale l'unità di misura della lunghezza è il metro.
 - B La lunghezza è la grandezza con la quale si esprime la distanza tra due oggetti.
 - C La lunghezza è la grandezza con la quale si esprime l'altezza di un edificio.
 - D Il picometro è una lunghezza 1000 volte più piccola di un nanometro.
 - E La luce viaggia nel vuoto a circa 300 000 m/s.

4. Che cosa caratterizza un fenomeno periodico?
.....
.....

5. Un pendolo compie 25 oscillazioni complete in un intervallo di tempo di 1 min 15 s.
► Qual è la durata del periodo del pendolo?
.....

6. Quale proprietà della luce la rende «speciale» e ha convinto i fisici a basare la definizione del metro proprio sul comportamento della luce?
.....
.....

7. Esprimi i seguenti intervalli di tempo in secondi.
1 h 10 min =
2 h 36 min 25 s =
6 h 8 min 5 s =

8. Andrea decide di misurare con una clessidra la durata di una partita al suo videogioco preferito. Il tempo di svuotamento della clessidra è di 150 s. Andrea inizia girando la clessidra, poi la gira altre 6 volte e finisce di giocare quando la clessidra si svuota.

- Per quanto tempo ha giocato Andrea?
.....

9. Il Sole dista dalla Terra 150 milioni di chilometri. Scrivi l'esponente nella potenza di 10 così da completare l'espressione di questo dato in metri.
distanza Terra-Sole = $1,5 \times 10^{\dots}$ m

10. I dischi in vinile chiamati LP (*long-playing*) in Italia sono detti anche «33 giri», perché vengono fatti ruotare da un piatto alla velocità di 33 giri al minuto.



Jeremy Wikow/iStock

- Quanti giri deve compiere il disco per riprodurre una canzone che dura 4 min 30 s?
.....

11. Il metro è la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo pari a $1/299\,792\,458$ s. La distanza media tra il Sole e la Terra è di 150 milioni di chilometri.

- Quanto tempo impiega la luce emessa dal Sole per raggiungere la Terra?
.....

12. Un astronauta sulla superficie della Luna, che dista da noi 380 000 km, accende un potente faro diretto verso la Terra.

- Se un astronomo da terra sta osservando la superficie della Luna, dopo quanto tempo vedrà accendersi il faro?
.....

La temperatura media globale

Quando si studia l'emergenza climatica legata al riscaldamento globale, si incontrano frasi come «La temperatura media globale sta salendo» oppure «Riusciremo a limitare l'aumento della temperatura media globale a 2 °C?». Ma che cosa si intende per *temperatura media globale*, e come si misura questa grandezza?



Thibaut Renard/iStock

Ricavare la temperatura media nel tempo

La temperatura sulla Terra cambia continuamente, perciò il primo passo è misurarne una **media nel tempo**: si misura la temperatura dell'aria in diversi istanti di tempo, poi si calcola la media aritmetica delle diverse misure. Per esempio, in una località italiana in un giorno di primavera la misura della temperatura ogni 4 ore può dare i risultati della tabella qui sotto.

ora	temperatura
00:00	9,3 °C
04:00	8,8 °C
08:00	12,5 °C
12:00	20,4 °C
16:00	22,3 °C
20:00	17,3 °C

Per calcolare la temperatura media di quella giornata in quella località, si calcola la **media aritmetica** delle misure, cioè le si somma e poi si divide per 6, che è il numero delle misure:

$$\text{temperatura media della giornata} = \frac{(9,3 + 8,8 + 12,5 + 20,4 + 22,3 + 17,3)^\circ\text{C}}{6} = 15,1^\circ\text{C}$$

Se si ripete la procedura per ogni giorno del mese, e poi si calcola la media aritmetica dei risultati, si ottiene la **temperatura media mensile** in quella località. La media aritmetica delle 12 temperature medie mensili fornisce la **temperatura media annuale** nella località.

Ricavare la temperatura media sulla superficie terrestre

Nel mondo ci sono decine di migliaia di *stazioni meteorologiche*, distribuite su tutta la superficie terrestre (molte si trovano su boe galleggianti negli oceani).

Ogni giorno queste stazioni registrano a intervalli regolari la temperatura e trasmettono i dati ai centri di ricerca che fanno le previsioni del tempo e studiano l'evoluzione del clima.

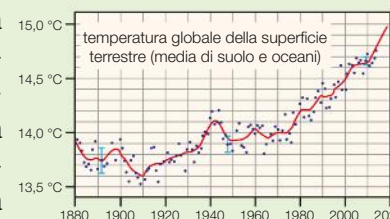
Dalla media aritmetica di questo enorme numero di misure si ricava la **temperatura media globale**. Rispetto alla media in una singola località, la media globale oscilla molto di meno al passare del tempo: infatti in ogni momento è giorno in metà del pianeta mentre è notte nell'altra metà, e la media globale «spiana» la differenza; lo stesso vale per le stagioni, giacché quando nell'emisfero nord è estate nell'emisfero sud è inverno, e viceversa.



Amanda Caroline da Silva/iStock

L'anomalia di temperatura

Il grafico qui a lato mostra che dal 1970 la temperatura media globale è salita di più di 1 °C. Questa **anomalia** (cioè anomalia) di **temperatura** sta già avendo conseguenze preoccupanti sul clima, e l'andamento del grafico fa temere che il **riscaldamento globale** sia destinato ad aumentare ancora: abbiamo a che fare con una vera **emergenza climatica**.



METTI IN PRATICA

La temperatura media dipende sia dalla località, sia dal periodo dell'anno in cui la si misura.

- Come cambia nel corso dell'anno, secondo te, la temperatura media mensile misurata in Italia?

.....

.....

- E come ti aspetti che cambi nel corso dell'anno quella stessa temperatura media misurata in Sudafrica?

.....

.....

.....

NON È VERO

«Le unità di misura non sono importanti»

Non bisogna sottovalutare l'importanza delle unità di misura: queste, infatti, sono decisive per comprendere il significato dei dati con cui abbiamo a che fare tutti i giorni.

Ogni volta che dobbiamo fare uso di una misura, è bene accertarsi di aver capito in quale unità è espressa: questo può avere grande rilievo, per esempio, quando cuciniamo, quando ci curiamo con le medicine o quando viaggiamo.

Nel caso di grandi progetti ingegneristici, poi, un uso scorretto delle unità di misura può provocare veri e propri disastri.



RICETTE MEDICHE E RICETTE DI CUCINA

Quando in cucina segui le indicazioni di una ricetta, le unità di misura per gli ingredienti contano eccome!

Immagina, per esempio, di voler preparare un riso in bianco: se la ricetta dice di usare 2 L d'acqua, ma tu invece ne usi soltanto 2 dL, il riso alla fine sarà secco e immangiabile.

La questione è ancora più seria nel caso delle prescrizioni mediche. Infatti il principio attivo, cioè la sostanza curativa presente in un farmaco, diventa un veleno se è troppo abbondante. I medici perciò devono fare molta attenzione alla quantità di principio attivo presente nei farmaci che prescrivono: se, per esempio, la dose corretta di principio attivo in un farmaco è 1 mg, un farmaco che ne contenesse 1 g ucciderebbe la persona che lo assume.

INTERPRETARE I LIMITI DI VELOCITÀ

Nella vita di tutti i giorni diciamo comunemente che un motorino «va a 50 all'ora», ma in questa espressione l'unità di misura non è corretta: a rigore, dovremmo dire che «va a 50 km/h». La differenza può non essere banale.

La foto in alto, per esempio, mostra un cartello di limite di velocità negli Stati Uniti: qual è in questo caso la velocità da non superare?

Negli Stati Uniti le distanze stradali vengono misurate in miglia, anziché in chilometri, e 1 miglio = 1,6 km.

Il limite di velocità «65», perciò, li significa «non si devono superare le 65 miglia all'ora»: nelle nostre unità, ciò significa che la velocità massima consentita è $(65 \times 1,6) \text{ km/h} = 104 \text{ km/h}$.

UN DISASTRO SPAZIALE DOVUTO A UNITÀ SBAGLIATE

Nel 1999 la sonda spaziale Mars Climate Orbiter, lanciata verso il pianeta Marte, ha percorso senza problemi milioni di km ma poi, una volta arrivata vicino al pianeta rosso, ha smesso di comunicare con la Terra e non se ne è saputo più nulla.

Un'inchiesta ha poi svelato che cosa è successo: un gruppo di ingegneri, nello scrivere una parte del software di controllo della sonda, per sbaglio ha espresso l'altitudine sulla superficie del pianeta in piedi (unità imperiale anglosassone), anziché in metri secondo le regole del Sistema Internazionale.

Così la sonda, invece di frenare per mettersi a orbitare intorno a Marte, è entrata ad alta velocità nell'atmosfera marziana e il calore dovuto all'attrito l'ha distrutta.

Un banale errore nella scelta delle unità di misura ha mandato così in fumo anni di lavoro di scienziati e ingegneri, insieme a un investimento di centinaia di milioni di dollari.



METTI IN PRATICA

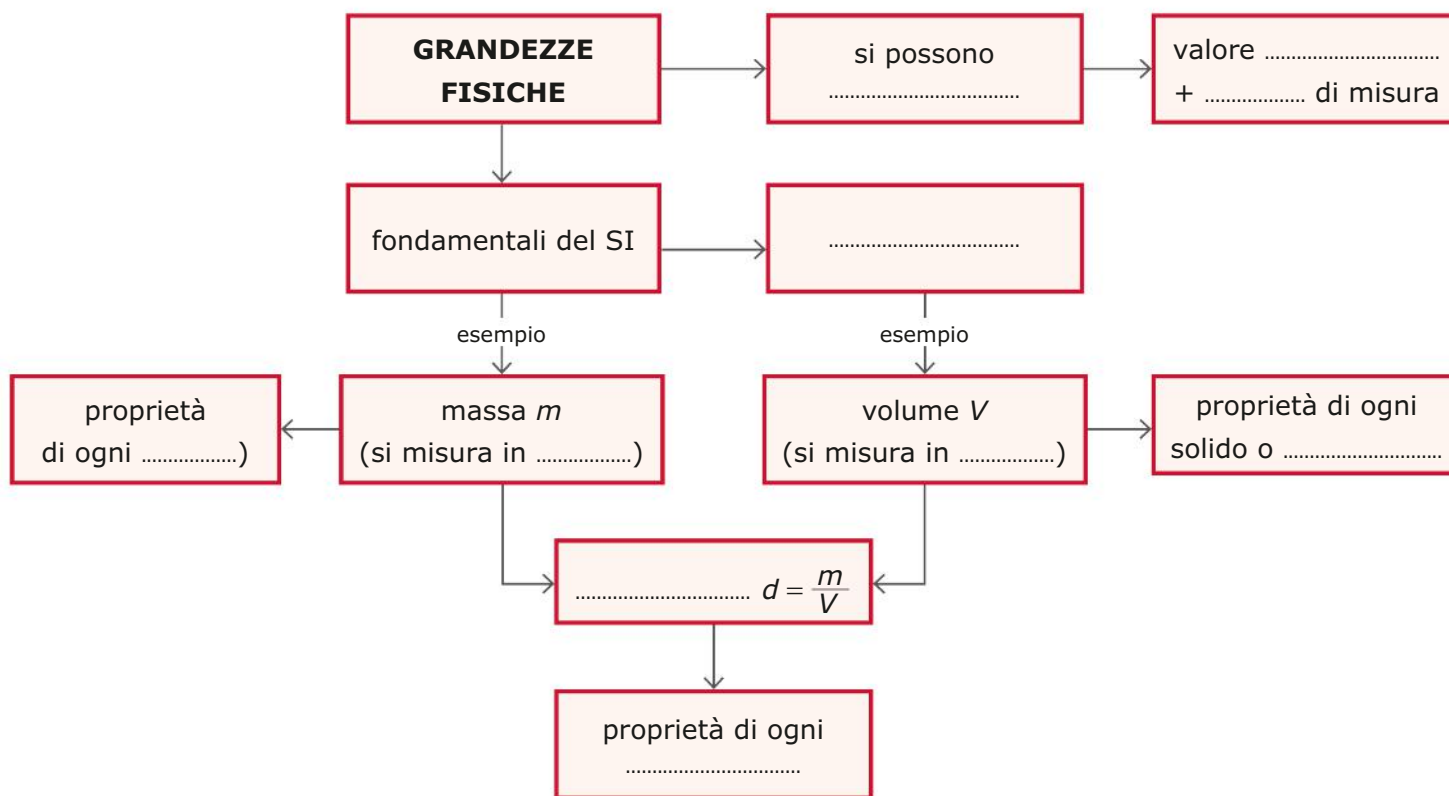
- ▶ «Luca oggi non è venuto a scuola perché ha la febbre a 39». Quale unità di misura è sottintesa in questa affermazione?
.....
- ▶ «Quella ragazza è un'atleta eccezionale: corre i 100 in 11,2». Come correggeresti questa frase, per renderla comprensibile a tutti?
.....

VERIFICA DELLE COMPETENZE



1 COMPLETA LA MAPPA con i seguenti termini:

corpo • densità • derivate • liquido • kg • m³ • materiale • misurare • numerico • unità

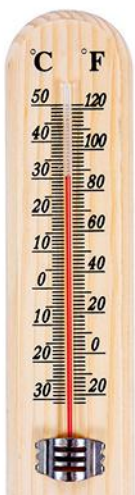


2 LAVORA CON I DATI

Una piscina olimpionica ha dimensioni 50 m × 25 m ed è profonda 2 m.



- ▶ Quanti metri cubi d'acqua contiene la piscina?
.....
- ▶ A quanti litri d'acqua corrispondono?
.....
- ▶ Se si volesse riempire una piscina olimpionica con un rubinetto di casa che ha una portata di 0,25 L/s, quanto tempo occorrerebbe?
.....



3 LA FISICA INTORNO A NOI

Negli Stati Uniti le temperature sono misurate usando la scala termometrica ideata nel 1724 dal fisico tedesco Gabriel Daniel Fahrenheit, il cui grado si indica con il simbolo °F. Un esempio è nel termometro della foto a fianco.

- ▶ A quanti gradi Fahrenheit corrisponde lo zero Celsius?
.....
- ▶ A quanti gradi Celsius corrisponde lo zero Fahrenheit?
.....
- ▶ Quando a New York dicono «Oggi ci sono 100 gradi», qual è la temperatura Celsius dell'aria?
.....

4 INTERNET

Fai una ricerca in Rete e rispondi alle domande.

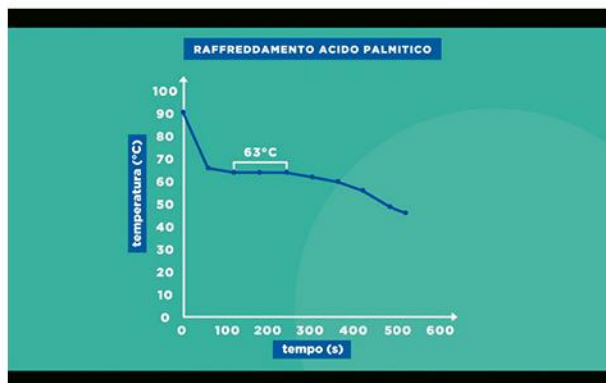
- ▶ Come è definita l'unità di misura chiamata *anno-luce*?
.....
- ▶ A quanti chilometri equivale 1 anno-luce?
.....
- ▶ Qual è il diametro della nostra galassia, la Via Lattea, espresso in anni-luce?
.....
- ▶ Quanto tempo impiega il Sistema solare per compiere un'orbita intorno al centro della galassia?
.....



5 IN LABORATORIO

Guarda sull'ebook il video *Temperatura e passaggi di stato*, poi rispondi alle domande.

- ▶ Qual è la temperatura di solidificazione dell'acido palmitico?
.....
- ▶ Quanto dura all'incirca il passaggio tra stato liquido e stato solido?
.....
- ▶ Che cosa succede alla temperatura durante il passaggio di stato?
.....
- ▶ Che cosa succede alla temperatura dopo il passaggio di stato?
.....



6 L'ESPERTO SEI TU

Il gestore di una sorgente di acqua minerale naturale, da cui sgorgano ogni ora 5,4 m³ d'acqua, sta progettando un impianto per imbottigliare l'acqua e ti chiede una consulenza.

- ▶ Se si sceglie di imbottigliare l'acqua in bottiglie da 1 L e l'impianto lavora 10 ore al giorno, quante bottiglie serviranno ogni giorno?
.....
- ▶ Quante bottiglie dovrà poter trattare (riempiendole e tappandole) l'impianto ogni secondo?
.....
- ▶ Se invece si usassero bottigliette da 33 cL, quante dovrebbe trattarne l'impianto ogni secondo?
.....

Ogni bottiglia vuota da 1 L costa 0,05 € e ogni bottiglietta da 33 cL costa 0,03 €. Il tappo è lo stesso nei due casi



e costa 0,01 €. Le bottiglie piene da 1 L si vendono all'ingrosso a 0,20 € l'una, le bottigliette da 33 cL a 0,10 € l'una.

- ▶ Se il costo dell'impianto è uguale nei due casi, conviene produrre bottiglie da 1 L oppure bottigliette da 33 cL?
.....
- ▶ Quale sarebbe l'incasso quotidiano nei due casi?
bottiglie da 1 L:
bottigliette da 33 cL:

7 IN ENGLISH

Great Britain still uses the so-called *Imperial units*, which are more complicated than metric units. Complete the following text with the help of an Internet search.

- 1 inch (in Italian:) = cm
 - 1 foot (in Italian:) = cm
 - 1 yard (in Italian:) = m
 - 1 mile (in Italian:) = m
- ▶ How many inches in a foot?
 - ▶ How many feet in a yard?
 - ▶ How many yards in a mile?






- 1** ■■■ Un cubo ha massa 1 kg. Un altro cubo fatto dello stesso materiale, ma con spigolo lungo il doppio, ha massa 8 kg. Passando dal primo cubo al secondo, la densità:
- A** raddoppia.
 - B** diventa otto volte più grande.
 - C** triplica.
 - D** resta la stessa.
 - E** si dimezza.

- 2** ■■■ Ordina nella corretta sequenza le fasi di indagine che caratterizzano il metodo scientifico:
- formulazione di una legge • ipotesi • osservazione • verifica sperimentale**
1.
 2.
 3.
 4.


- 3** ■■■ I materiali, quando vengono riscaldati, si *dilatano*, cioè il loro volume aumenta.
- ▶ Sai dire come cambia la densità di un materiale al crescere della temperatura?
-

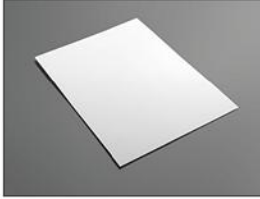
- 4** ■■■ Il pianeta Marte impiega 687 giorni terrestri per completare un'orbita di rivoluzione intorno al Sole.
- ▶ Quanti «anni marziani» ha un ragazzo di 15 anni?
-

- 5** ■■■ Nelle misure anglosassoni una porta di calcio è larga 8 iarde e alta 8 piedi. Un piede corrisponde a circa 30,5 cm e una iarda è pari a 3 piedi.
- 
- ▶ Qual è la distanza in centimetri tra i due pali della porta?
 - ▶ A quale altezza dal suolo in centimetri si trova la traversa?
 - ▶ Calcola l'area della porta in metri quadrati.
-


- 6** ■■■ La densità dell'acqua è 1,00 kg/dm³ e la densità dell'etanolo è 0,79 kg/dm³.
- ▶ Quale massa d'acqua è contenuta in una bottiglia da 1,50 L?
 - ▶ Quale massa di etanolo sarebbe contenuta nella stessa bottiglia?
-

- 7** ■■■ Completa la frase.
- In passato, un giorno sulla Terra durava meno delle ore odierne, perché la della Terra intorno al proprio asse sta gradualmente diventando più

- 8** ■■■ Galileo Galilei inventò un metodo ingegnoso per misurare il tempo, «pesandolo» con una bilancia: da un tubicino attaccato al fondo di un recipiente lasciava scorrere acqua in un contenitore, che poi pesava per determinare la massa d'acqua caduta nel corso della misura.
- 
- ▶ Supponi che nell'orologio di Galileo ogni 20 s cadano nel contenitore 50 g di acqua. Se al termine di una misura l'orologio ad acqua «segna» 450 g, quanti minuti è durato l'esperimento?
-

- 9** ■■■ I fogli di carta di formato A4 sono larghi 210 mm e lunghi 297 mm.
- 
- ▶ Qual è l'area di un foglio A4 in metri quadrati?
 - ▶ Se la massa di 1 m² di carta è pari a 80 g, qual è la massa di un foglio A4?
-

- 10** ■■■ Un cilindro da laboratorio contiene 150 mL d'acqua. Quando si immerge nel cilindro un cubetto di ferro (densità $d = 7,86 \text{ g/cm}^3$), il livello dell'acqua sale a 190 mL.
- ▶ Quanto è lungo lo spigolo del cubo?
 - ▶ Qual è la massa del cubo?
-

- 11** ■■■ Il vapore acqueo è trasparente e non possiamo vederlo. Sai spiegare allora perché in cielo vediamo le nubi?
- 
-