

Grandezze e unità... in azione

Lunghezza, superficie e volume

Fin dai primi anni di scuola si impara che il **metro** (m) è l'unità di misura della **lunghezza** (grandezza fondamentale del SI), mentre per misurare l'area di una superficie si utilizza il **metro quadro** (m²) e per il volume il **metro cubo** (m³), entrambe grandezze derivate.

Nel passare ai **multipli** o ai **sottomultipli**, le operazioni si complicano per le aree delle superfici (si moltiplica o divide per 100 a ogni passaggio) e per i volumi (per 1000).

Per i liquidi, il volume si misura anche come capacità del contenitore, utilizzando il litro (L) come unità di misura, tenendo presenti le seguenti equivalenze:

- 1 m³ = 1000 L
- 1 dm³ = 1 L
- 1 cm³ = 1 mL (0,001 L o 1 · 10⁻³ L)
- 1 mm³ = 1 µL (0,000001 L o 1 · 10⁻⁶ L).

In laboratorio si utilizza in genere il cm³ (e l'equivalente mL).

Per le grandi distanze, quelle astronomiche, sono state create unità di misura particolari:

- l'**unità astronomica** (U.A., in inglese A.U., Astronomical Unit), che corrisponde alla distanza media Terra-Sole (cioè 149 milioni e 600 mila km);
- l'**anno luce** (a.l., in inglese l.y., light year), che corrisponde alla distanza percorsa dalla luce in un anno: 9461 miliardi di km;
- il **parsec** (pc) viene utilizzato per distanze ancora maggiori e corrisponde a 30.857 · 10¹⁵ m e a 3262 a.l.

Misure di lunghezza inglesi (non S.I.):

inch (in): pollice = 2,54 cm
 foot (ft): piede = 30,48 cm
 yard (ya): yarda = 3 ft = 91,44 cm
 mile (mi): miglio = 1,609 km
 nautical mile: miglio nautico = 1,853 km

Il tempo

L'unità di misura del tempo nel SI è il **secondo** (s), ma spesso si utilizzano sottomultipli (decimi, centesimi e millesimi di secondo) e multipli (non SI) come il **minuto** (primo), che corrisponde a 60 secondi, e l'**ora** (h), che corrisponde a 60 minuti e 3600 secondi.

Tralasciamo in questa sede i problemi relativi alla definizione astronomica del **giorno** (24 h) o dell'**anno** (365 giorni circa).

Velocità e accelerazione

La **velocità** è una grandezza che mette in relazione una distanza (ossia una lunghezza) con il tempo impiegato per percorrerla.

L'unità di misura della velocità nel SI è il m/s, ma spesso viene utilizzato il **km/h** (1 m/s = 3,6 km/h).

Sulle automobili e sulle moto, ad esempio, è possibile osservare la velocità istantanea (istante per istante) indicata dal tachimetro, mentre il contachilometri indica solo la distanza percorsa (quindi una lunghezza, non la velocità), senza alcuna relazione con il tempo.

Quando parliamo di velocità in genere parliamo di velocità media, perché in natura (tranne rari casi di moto rettilineo uniforme, come la velocità della luce nel vuoto) la velocità viene modificata per l'azione di forze.

L'**accelerazione** è la grandezza che misura le variazioni di velocità nel tempo. L'accelerazione media è data dal rapporto tra la velocità (più precisamente la differenza tra velocità finale e velocità iniziale) e il tempo. Quindi la sua unità di misura (nel SI) è:

unità della velocità (m/s)

unità del tempo (s)

ossia: $\frac{m}{s^2}$

Se la forza che modifica la velocità è costante, il moto è uniformemente

accelerato e l'accelerazione è costante: questo è il caso dell'**accelerazione gravitazionale**, ossia dell'accelerazione che tutti i corpi ricevono per effetto dell'attrazione esercitata dalla grande massa della Terra su di essi. Il valore di questa accelerazione gravitazionale (g) è:

$$g = \frac{9,8 \text{ m}}{s^2}$$

La massa, quantità di materia

La **massa** è la quantità di materia di cui è fatto ogni corpo.

L'unità di misura nel SI è il chilogrammo (kg) che è in realtà un multiplo del grammo (g).

Lo strumento di misura della massa è la bilancia a due piatti: su un piatto si appoggia l'oggetto da "pesare" e sull'altro i campioni a peso noto, fino a raggiungere l'equilibrio (la massa dell'oggetto è data dalla somma delle masse dei campioni utilizzati).

La massa di un corpo è data dalla somma della massa di tutte le particelle che lo costituiscono ed è una proprietà invariabile del corpo stesso.

Forza, accelerazione gravitazionale e peso

Definiamo **forza** tutto ciò che è in grado di modificare lo stato di quiete o di moto di un corpo, o è in grado di deformato (modificare la sua forma).

Una forza applicata a un corpo modifica la sua velocità, determinando un'accelerazione, a cui si oppone il corpo stesso con la sua massa (massa inerziale). L'intensità della forza è data dal prodotto della massa per l'accelerazione a cui in corpo è sottoposto:

$$F = m \cdot a$$

Da qui ricaviamo l'unità di misura della forza nel SI, il newton (N):

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

Quindi 1 N è la forza che applicata a un corpo avente massa di 1 kg ne determina un'accelerazione di 1 m/s².

Grandezze e unità... in azione

Lo strumento di misura dell'intensità di una forza è il dinamometro.



Il dinamometro misura l'intensità di una forza sfruttando la proprietà delle forze di modificare la forma di un corpo elastico, rappresentato nel dinamometro da una molla. Una massa di 0,5 kg corrisponde a una forza peso di circa 5 N (più esattamente 4,9 N).

Tutti i corpi sul nostro pianeta sono sottoposti a un'accelerazione gravitazionale (g) di circa $9,8 \text{ m/s}^2$; essi esercitano una forza verso il centro della Terra che viene chiamata **forza peso**, o più semplicemente **peso** (P), che è data dal prodotto della loro massa (m) per l'accelerazione gravitazionale (g):

$$P = m \cdot g$$

Il peso, dunque, è una forza e andrebbe quindi misurato in newton (N) (e non in chilogrammi), utilizzando il dinamometro. Le bilance con cui ci pesiamo sono in realtà dei dinamometri e dovrebbero indicare il peso in newton. Per esempio un individuo con una massa di 60 kg ha un peso, sulla Terra, di $60 \times 9,8 = 588 \text{ N}$. Tuttavia, poiché l'accelerazione gravitazionale sulla Terra è costante, il peso è direttamente proporzionale alla massa, che può essere misurata in kg con la bilancia pesapersona, opportunamente tarata

(il valore in N viene diviso per 9,8 ottenendo così il valore della massa in kg).

Peso e massa, pur essendo (sulla Terra, almeno nello stesso luogo) direttamente proporzionali, sono due grandezze differenti: una persona che ha una massa di 60 kg, trasferita sulla Luna (che ha una massa minore della Terra e quindi un'accelerazione gravitazionale pari a circa $1/6$ di quella terrestre) pesa sulla bilancia (che è un dinamometro) solo 10 kg, anche se la sua massa di 60 kg non si è modificata!

Densità

La densità (d) è il rapporto tra la massa (m) e il volume (V) di un corpo:

$$d = m/V$$

La sua unità di misura nel SI è kg/m^3 , ma spesso viene espressa anche in g/cm^3 ($1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$) e per i gas in g/L (equivalente a kg/m^3).

La densità è una proprietà caratteristica di ogni sostanza (essendo ogni sostanza costituita da particelle identiche tra loro, aventi massa diversa da quelle di ogni altra sostanza) e la sua misurazione consente di distinguere tra loro sostanze differenti.

La densità dipende, oltre che dal tipo di particelle, anche da come queste sono distribuite nello spazio, per cui è in genere maggiore nei solidi rispetto ai liquidi e ai gas.

Un corpo che viene riscaldato tende a dilatarsi e occupare un volume maggiore, per cui la sua densità si riduce, mentre aumenta se il corpo si raffredda. Importante eccezione a queste regole è rappresentata dall'acqua: raffreddando, la sua densità aumenta ma solo fino a quando non solidifica e diventa ghiaccio.

Il ghiaccio ha infatti densità minore dell'acqua, perché nei cristalli di ghiaccio le molecole di acqua si mantengono a distanza maggiore rispetto all'acqua allo stato liquido.

Densità di alcune sostanze

sostanza	g/cm^3	kg/m^3
sughero	0,25	250
olio di oliva	0,91	910
ghiaccio	0,92	920
cera	0,95	950
acqua (a 4 °C)	1	1000
vetro	2,4-2,8	2400-2800
alluminio	2,7	2700
marmo	2,7	2700
acciaio	7,81	7810
ferro	7,86	7860
rame	8,9	8900
argento	10,51	10.510
piombo	11,34	11.340
mercurio	13,6	13.600
oro	19,3	19.300
platino	21,45	21.450

Pressione

La pressione (p) è una grandezza fisica intensiva che è data dal rapporto tra l'intensità di una forza (F) e la superficie (S) su cui la forza è applicata:

$$p = F/S$$

L'unità di misura della pressione nel SI è il pascal (Pa), che equivale alla pressione esercitata da una forza di 1 N applicata a una superficie di 1 m^2 :

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/1 m}^2$$

Per indicare la pressione atmosferica viene utilizzato un suo multiplo, l'ettopascal (hPa) che corrisponde al millibar, un'unità di misura usata in passato (spesso compare ancora nelle carte delle previsioni meteorologiche).

Altre unità di misura della pressione sono l'atmosfera (atm), corrispondente a 101.325 Pa , e il millimetro di mercurio (mmHg), equivalente a 133 Pa .

Grandezze e unità... in azione

Lavoro ed energia

In fisica si compie un **lavoro** quando una forza applicata a un corpo ne determina uno spostamento. In altri termini il lavoro (L) è il prodotto della forza (F) per lo spostamento (s):

$$L = F \cdot s$$

L'unità di misura del lavoro, nel SI, è il joule (J), che corrisponde al lavoro compiuto da una forza di 1 N che determina uno spostamento di 1 m del corpo a cui è applicata:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

L'**energia** è la capacità di compiere un lavoro, per cui l'unità di misura dell'energia (nel SI) è la stessa del lavoro, ossia il joule (J).

Per indicare il contenuto energetico degli alimenti e i consumi energetici di un organismo viene spesso utilizzata (ancora oggi) la kilocaloria, che corrisponde alla quantità di energia (calore) necessaria per aumentare di 1 °C una massa di 1 kg di acqua.

Tutta la materia possiede energia e può liberarla in parte per compiere un lavoro. L'energia si presenta in diverse forme:

- energia termica (calore);
- energia nucleare (che si può liberare dal nucleo degli atomi);
- energia elettrica (generata da cariche elettriche in movimento);
- energia luminosa (luce);
- energia meccanica (legata alla posizione o al movimento di un corpo);
- energia chimica (contenuta nei legami che uniscono gli atomi nelle molecole).

L'energia può passare da una forma all'altra e può essere "consumata" per compiere un lavoro, ma in realtà non si consuma (principio di conservazione dell'energia). Nell'universo l'energia non si crea né si distrugge, ma si trasforma.

Energia potenziale ed energia cinetica

Un corpo posto in posizione elevata possiede un'energia di posizione

o energia potenziale legata alla forza di gravità. Finché è trattenuto, non si muove e non compie un lavoro, ma quando viene liberato da ciò che lo trattiene, cade sotto l'effetto della forza di gravità e libera l'energia potenziale, che si trasforma in energia di movimento o energia cinetica.

La trasformazione dell'energia potenziale in energia cinetica consente di compiere un lavoro.

Ad esempio, l'acqua di una diga è in posizione elevata, ma è trattenuta dalla chiusa. Se la chiusa viene aperta, l'acqua precipita a valle (si mette in movimento) ed è così in grado di mettere in moto le turbine di una centrale idroelettrica, compiendo un lavoro.

Anche un elastico teso possiede un'energia potenziale, che si libererà quando lo lasciamo andare. In questo caso si parla di energia potenziale elastica, mentre nel precedente si trattava di energia potenziale gravitazionale.

Le trasformazioni dell'energia

L'**energia potenziale** si trasforma in energia cinetica: l'acqua della diga man mano che scende perde energia potenziale (che è proporzionale all'altezza dal suolo), ma acquista velocità e quindi energia cinetica. L'energia cinetica dell'acqua mette in moto una turbina, che trasforma l'energia cinetica in energia elettrica.

L'**energia cinetica** si può trasformare in energia termica: ad esempio, se sfregiamo fra loro le mani, sentiremo che si scaldano per l'attrito e quanto più velocemente muoviamo le mani tanto più calore viene generato.

Quando andiamo in bicicletta lungo una discesa acquistiamo velocità; arrivati alla fine della discesa, se non pedaliamo, dopo un certo tratto la bicicletta si ferma: l'energia cinetica si è "consumata" o, meglio, si è trasformata in calore per l'attrito delle ruote sul terreno e dell'aria contro il ciclista e la bicicletta.

L'**energia meccanica** si trasforma in calore e, viceversa, il calore può trasfor-

marsi in energia meccanica: è quanto avviene nelle locomotive a vapore, dove il vapore mette in azione una pompa che dà origine al movimento, ossia all'energia cinetica. Il rendimento delle macchine termiche, ossia dei dispositivi che trasformano il calore in energia meccanica, non è mai del 100% perché una parte dell'energia termica viene sempre dispersa.

L'**energia luminosa** proveniente dal Sole viene catturata dalle piante che la trasformano in energia chimica per mezzo della fotosintesi clorofilliana.

L'**energia chimica** contenuta nelle molecole di zucchero viene trasformata dai muscoli in energia meccanica. Tutti questi esempi fanno capire come l'energia sia in continua trasformazione da una forma all'altra. Una parte dell'energia prodotta è sempre trasformata in calore, che si disperde nell'ambiente.

Calore e temperatura

Il calore è una forma di energia, detta **energia termica**, ed è generato dall'agitazione delle particelle (molecole) di cui è fatto un corpo.

Se le particelle sono in uno stato di forte agitazione, il corpo è caldo e ha una temperatura elevata; se le particelle si muovono più lentamente, il corpo sarà più freddo e avrà una temperatura più bassa.

Per riscaldare un corpo occorre aumentare la velocità, l'agitazione delle molecole che lo compongono, cioè aumentare l'energia cinetica delle sue particelle fornendo energia, in una delle sue forme: energia meccanica (ad esempio lo strofinamento delle mani, che produce calore per attrito), energia chimica (calore prodotto nella combustione di varie sostanze: la rottura di legami chimici libera energia), energia elettrica (pensate al forno elettrico), energia nucleare ecc.

Se riscaldiamo un oggetto, la sua temperatura aumenta. Fornendo calore la temperatura aumenta, mentre se il calore si disperde la temperatura

Grandezze e unità... in azione

cala. Calore e temperatura sono quindi collegati tra loro, ma non sono la stessa cosa.

Se, ad esempio, mettiamo sul fuoco una pentola contenente 2 litri d'acqua, dopo pochi minuti l'acqua bolirà, raggiungendo una temperatura di 100 °C; se la pentola contiene invece 6 litri d'acqua, diventerà solo tiepida, raggiungendo una temperatura più bassa, di 40-50 °C. Entrambe le pentole hanno ricevuto la stessa quantità di calore, ma la temperatura è aumentata diversamente. Il calore è energia (termica) che noi forniamo a un corpo per aumentare lo stato di agitazione delle sue particelle, mentre la temperatura è la misura dello stato di agitazione di queste particelle. La temperatura raggiunta dipende dalla quantità di materia di cui è fatto l'oggetto che viene scaldato: nell'esempio precedente l'acqua raggiunge una temperatura più elevata nella pentola che ne contiene meno perché la temperatura è la misura del grado di agitazione dell'insieme delle particelle e, meno sono le particelle, maggiore sarà il grado di agitazione e quindi la temperatura che si raggiunge.

La temperatura raggiunta dipende anche dalla natura del corpo: ad esempio il Sole riscalda l'acqua del mare e la sabbia della spiaggia; dopo 2-3 ore possiamo notare che la temperatura della sabbia è aumentata molto più rapidamente di quella dell'acqua.

La dilatazione termica e il termometro

Una conseguenza importante del riscaldamento di un corpo è la sua dilatazione: le particelle di cui il corpo è costituito, ricevendo calore, aumentano la loro velocità e tendono ad allontanarsi le une dalle altre, occupando così uno spazio (volume) maggiore.

La dilatazione termica si verifica per i solidi ma ancora di più per i liquidi e per i gas.

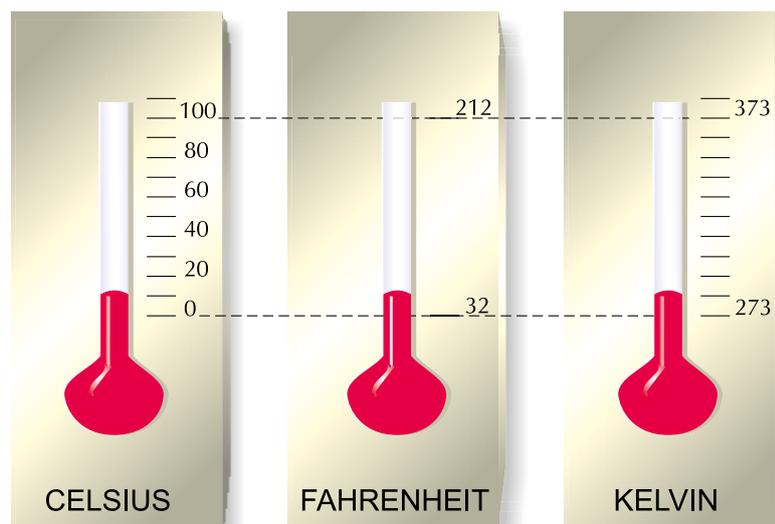
Per misurare la temperatura vengono utilizzati strumenti di misura, i termometri, che sfruttano l'effetto di dilatazione del calore sui corpi, in particolare sui liquidi come l'alcol o il mercurio. Il comune termometro a mercurio presenta una parte dilatata (chiamata bulbo), nella quale è contenuto il mercurio liquido; se viene messo a contatto con un corpo caldo il mercurio si dilata e quindi risale lungo un sottile tubicino capillare di vetro, lungo il quale è fissata una scala graduata che consente di leggere la temperatura raggiunta.

Esistono diverse scale termiche: in Italia la più usata è la **scala centigrada Celsius**, che prende come riferimento la temperatura di fusione del ghiaccio (0 gradi centigradi, o 0 °C) e quella di ebollizione dell'acqua (100 °C); il tratto tra queste due temperature è diviso in 100 parti uguali, ognuna corrispondente a 1 °C.

Nei Paesi anglosassoni (Stati Uniti, Regno Unito, Australia ecc.) si usa invece la **scala Fahrenheit**, nella quale la temperatura di fusione del ghiaccio (0 °C) corrisponde a 32 gradi Fahrenheit (32 °F), mentre la temperatura di ebollizione dell'acqua (100 °C) corrisponde a 212 °F.

Gli scienziati utilizzano la scala assoluta di Kelvin, nella quale lo 0 (0 K, chiamato anche zero assoluto) corrisponde alla temperatura più bassa che si potrebbe raggiungere teoricamente (circa -273 °C).

I Kelvin hanno la stessa ampiezza dei gradi Celsius, per cui se 0 K corrisponde a -273 °C, 273 K corrisponde a 0 °C (fusione del ghiaccio) e 373 K a 100 °C (ebollizione dell'acqua).



Confronto di termometri nelle tre diverse scale termometriche: Celsius, Fahrenheit e Kelvin, evidenziando le temperature di fusione del ghiaccio (0 °C, 32 °F, 273 K) e di ebollizione dell'acqua (100 °C, 212 °F, 373 K).