

3. ALCUNE GRANDEZZE FISICHE

R. Quando inizieremo a parlare di chimica?

D. Ancora un poco di pazienza, dobbiamo dapprima mettere a fuoco alcune grandezze e unità di misura: i chimici le incontrano spesso nel loro lavoro.

Lunghezza (*l*). L'unità di misura SI è il *metro* (m). Nel corso degli anni il metro è stato definito in vari modi; attualmente è la distanza percorsa dalla luce, nel vuoto, nel tempo di 1/299 792 458 s. I sottomultipli più usati sono: *decimetro* (1 dm = 10^{-1} m), *centimetro* (1 cm = 10^{-2} m), *millimetro* (1 mm = 10^{-3} m), *micrometro* (1 μ m = 10^{-6} m), *nanometro* (1 nm = 10^{-9} m) e *picometro* (1 pm = 10^{-12} m).

Unità di misura della lunghezza fuori SI sono il *miglio marino internazionale* (*nautical mile*) (1 n mi = 1852 m) e l'*anno-luce*, distanza percorsa dalla luce, nel vuoto, in un anno (1 a.l. = $9,46 \cdot 10^{15}$ m).

Unità *anglosassoni* della lunghezza sono: *inch* (pollice) (1 in = 0,0254 m); *foot* (piede) (1 ft = 12 in); *yard* (iarda) (1 yd = 36 in); *mile* (miglio) (1 mi = 1 760 yd).

L'origine delle misure inglesi è curiosa. La *iarda*, per esempio, è stata definita come distanza tra la punta del naso e l'estremità del pollice del re Enrico I d'Inghilterra (1068-1135). Il *pollice*, dal 1224, è la lunghezza di tre grani di orzo posti in fila per il lungo; la *libbra* (come stabilito dal re Enrico VIII, 1491-1547) è la massa di 7000 chicchi di grano. Prima dell'avvento del sistema metrico decimale, tutta l'Europa era in piena anarchia. Così ad esempio, il *braccio milanese* equivaleva a 0,59 m; il *braccio veneziano* a 0,68 m, il *braccio bolognese* a 0,64 m, il *braccio fiorentino* a 0,58 m, la *canna romana* a 2,23 m, la *canna napoletana* a 2,6 m e la *canna siciliana* a 2,06 m.

R. In alcuni testi si può ancora trovare la lunghezza espressa in micron (μ), millimicron ($m\mu$), micromicron ($\mu\mu$), fermi (Fm) e angstrom (\AA). Di quali unità di misura si tratta?

D. Sono sottomultipli del metro, fuori SI. I primi quattro sono rispettivamente l'attuale *micrometro* ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$), *nanometro* ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), *picometro* ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$) e *femtometro* ($1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$). L'*angstrom* ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$), così chiamato in onore del fisico svedese Anders Jones Ångström (1814-1874), è stato escluso dal SI.

Angolo piano (α, β, γ). L'unità di misura SI è il *radiante* (rad), angolo al centro di una circonferenza che sottende un arco avente la stessa lunghezza del raggio della circonferenza stessa. Unità di misura *non SI* ancora usate sono l'*angolo giro*, o *giro* (ag) e il *grado sessagesimale* ($^\circ$), con i suoi sottomultipli *minuto sessagesimale* ($'$) e *secondo sessagesimale* ($''$).

$$1 \text{ ag} = 360^\circ \quad 1^\circ = 60' = 3600''$$

$$1 \text{ ag} = 2 \pi \text{ rad} \quad 1 \text{ rad} = 180^\circ / \pi \approx 57,3^\circ \quad 1^\circ = \pi / 180^\circ \approx 1,74 \cdot 10^{-2} \text{ rad}$$

Calcoli a) a quanti secondi equivale un angolo di $38^\circ 23' 7''$. b) Un punto compie 20 giri su una circonferenza: calcoli l'angolo descritto espresso in gradi e in radianti.

$$\begin{aligned} \mathbf{R.} \quad \text{a)} & (38^\circ \times 60) + 23' = 2303' \quad (2303' \times 60) + 7'' = 138\,187'' \\ \text{b)} & 20 \times 360^\circ = 7200^\circ \quad 7200^\circ \times 1,74 \cdot 10^{-2} \approx 125 \text{ rad} \end{aligned}$$

D. Volume (V). L'unità di misura SI è il *metro cubo* (m^3); i sottomultipli più usati sono: *decimetro cubo* ($1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$), *centimetro cubo* ($1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$) e *millimetro cubo* ($1 \text{ mm}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$).

E' ancora usata l'unità non SI *litro* (l) con i suoi sottomultipli *decilitro* ($1 \text{ dl} = 10^{-1} \text{ l}$), *centilitro* ($1 \text{ cl} = 10^{-2} \text{ l}$), *millilitro* ($1 \text{ ml} = 10^{-3} \text{ l}$) e *microlitro* ($1 \mu\text{l} = 10^{-6} \text{ l}$).

$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 \quad 1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3 \quad 1 \mu\text{l} = 1 \text{ mm}^3$$

R. Ma ho letto che litro non è sinonimo di decimetro cubo... .

D. Un tempo, il litro era definito come volume occupato da 1 kg di acqua alla temperatura di 4°C ; questo valore è «leggerissimamente» - direbbe il ragionier Fantozzi - superiore al decimetro cubo: $1 \text{ l} =$

1,000 028 dm³. Nel 1964, la CGPM (Conférence générale des poids et mesures) ha stabilito che il litro equivale al decimetro cubo.

R. In alcuni Manuali, il gallone risulta equivalente a circa 4,5 l; in altri, 1 gal \approx 3,8 l. Come si spiega la notevole differenza?

D. Nei Paesi Anglosassoni sono ancora usate antiche unità di misura e ciò crea non pochi problemi, aggravati dal fatto che alcune unità dello stesso nome hanno un valore in Gran Bretagna e un altro negli USA. Il gallone britannico equivale a 8 pt (pinte), \sim 4,5 dm³; il gallone americano equivale a 231 in³ (pollici cubi), \sim 3,8 dm³.

La disintegrazione della sonda Mars sulla superficie di Marte (23 settembre 1999) sembra dovuta all'adozione di entrambi i sistemi di unità di misura, SI e anglosassone. Una squadra di tecnici, a Pasadena, avrebbe immesso nei computer dei dati in metri e in kilogrammi mentre una seconda li avrebbe espressi in miglia (1 mi \approx 1,6 km) e in libbre (1 lb \approx 454 g).

Unità *anglosassoni* del volume sono, tra le altre: *fluid ounce* (1 fl oz_{UK} = 0,0284 l; 1 fl oz_{USA} = 0,0296 l), *pint* (1 pt = 20 fl oz_{UK}); *liquid pint* (1 liq pt = 16 fl oz_{USA}); *dry pint* (1 dry pt = 1,16 liq pt); *gallon* (1 gal_{UK} = 8 pt; 1 gal_{USA} = 8 liq pt); *barrel* (1 bar = 42 gal_{USA}).

Intervallo di tempo (*t*). L'unità di misura SI è il *secondo* (s), durata di 9 192 631 779 oscillazioni della radiazione corrispondente alla transizione tra i livelli iperfini $F = 4, M = 0$ e $F = 3, M = 0$ dell'atomo di cesio 133 nel suo stato fondamentale. Non mi chiedo di più. Sono fuori SI il *minuto* (1 min = 60 s) e l'*ora* (1 h = 60 min = 3600 s).

R. 35'' significa trentacinque secondi di tempo, trentacinque secondi d'angolo o trentacinque pollici?

D. L'apice (') e il doppio apice (") si devono usare esclusivamente per indicare i minuti e i secondi d' *angolo* e non i minuti e i secondi di *tempo*. I simboli delle unità di tempo sono y (*year*, anno), d (*day*, giorno), h (*hour*, ora), min (*minuto*, detto un tempo *minuto primo*), s (*secondo*, detto un tempo *minuto secondo*).

Nei Paesi Anglosassoni l'apice è abbreviazione di *foot* (piede) e il doppio apice di *inch* (pollice).

Periodo (T) e frequenza (f). Nei fenomeni periodici, il *periodo* è il tempo che intercorre tra due configurazioni successive identiche del fenomeno; la *frequenza* è il numero di ripetizioni di un fenomeno periodico nell'unità di tempo

$$f = \frac{1}{T} \quad \text{L'unità SI è il } \textit{secondo reciproco} \text{ (s}^{-1}\text{) o } \textit{hertz} \text{ (Hz),}$$

in onore del fisico tedesco Gustav Ludwig Hertz (1887-1875).

Velocità (v). La velocità media v di un oggetto in movimento è il rapporto tra la distanza s percorsa dall'oggetto e il tempo t impiegato

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{L'unità di misura SI è il } \textit{metro al secondo} \text{ (m/s).}$$

La velocità della luce nel vuoto è $3 \cdot 10^8$ m/s. Calcoli approssimativamente il tempo impiegato dalla luce a) emessa dal Sole e b) dalla stella Proxima Centauri, per raggiungere la Terra. Le distanze medie sono rispettivamente 150 000 000 km e $3 \cdot 10^{16}$ m.

R. a) $1,5 \cdot 10^{11} \text{ s} / 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 500 \text{ s} \approx 8,3 \text{ min}$; b) $3 \cdot 10^{16} \text{ m} / 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 10^8 \text{ s} \approx 38 \text{ mesi!}$

R. Un telecronista, a proposito della velocità di una barca, ha parlato di 25 nodi all'ora. A quanti chilometri all'ora equivalgono?

D. Il telecronista ha commesso un errore piuttosto frequente. Il *nodo* (kn, da *knot*), fuori SI ma usato tuttora nella navigazione marittima ed aerea, non è una unità di misura della *lunghezza* ma della *velocità* e significa *miglia marine all'ora*. $1 \text{ kn} \approx 1,85 \text{ km/h}$.

Sui tachimetri degli autoveicoli americani appare la sigla «mph»: significa *miles per hour* (miglia terrestri all'ora; 1 mi/h \approx 1,6 km/h), un'altra unità di misura anglosassone della velocità.

R. Ha detto *per hour*: è un lapsus?

D. No, In inglese, per le unità di misura, si usa il latino *per*, come nelle locuzioni *per cent*, *per thousand*, *per contra*, *per diem*.

Velocità periferica e velocità angolare. La *velocità periferica* media, o *velocità tangenziale* media (v) di un punto in *moto circolare* è il rapporto tra la distanza s percorsa sulla circonferenza e il tempo t impiegato

$$v = \frac{s}{t} \quad \text{L'unità SI è il metro al secondo (m/s).}$$

Per un giro completo su una circonferenza, $v = 2 \pi r / t$.

La *velocità angolare* media (ω) di un punto in *moto circolare* è il rapporto tra l'angolo α descritto sulla circonferenza e il tempo t impiegato

$$\omega = \frac{\alpha}{t} \quad \text{L'unità SI è il radiante al secondo (rad/s).}$$

Unità non SI sono il *giro al minuto* (ag/min) e il *giro al secondo* (ag/s).

Tra velocità tangenziale e velocità angolare esiste la relazione: $v = \omega r$.

Calcoli la velocità angolare della lancetta dei minuti dell'orologio e, per una lancetta di 20 cm, calcoli la velocità tangenziale della punta.

R. La lancetta percorre un giro in un'ora per cui

$$\omega = \frac{1 \text{ ag}}{1 \text{ h}} = \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ ag}} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ rad/s} \quad v = 1,7 \cdot 10^{-3} \times 0,2 \text{ m} = 3,4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

La velocità angolare è uguale in tutti i punti della lancetta mentre la velocità periferica diminuisce con il raggio.

D. Accelerazione (a). E' l'aumento o la diminuzione della velocità v di un oggetto o della direzione del suo moto. Per un oggetto in moto rettilineo uniforme l'accelerazione è il rapporto

$$a = \frac{v}{t} \quad \text{L'unità SI è il } \textit{metro al secondo per secondo} \text{ (m/s}^2\text{)}.$$

L' *accelerazione angolare* (α) è la variazione della velocità angolare ω nel tempo t ; $\alpha = \omega / t$. L'unità SI è il *radiante al secondo quadrato* (rad/s²). Una unità fuori SI è il *giro al secondo quadrato* (1 ag/s² = 6,28 rad/s²).

Forza (F) e massa (m). Un oggetto tende a mantenere lo stato di quiete o di moto rettilineo uniforme se su di esso non viene esercitata una forza esterna in grado di imprimergli una accelerazione. E' questa la prima legge di Newton (sir Isaac Newton, fisico e matematico inglese (1642-1727)).

La forza F agente su un oggetto è direttamente proporzionale all'accelerazione a che imprime all'oggetto, nella stessa direzione e nello stesso verso

$$F = m \times a$$

La costante di proporzionalità m è la massa dell'oggetto. La massa dipende dalla natura delle sostanze che compongono l'oggetto ma è *indipendente* dalla posizione dell'oggetto nello spazio (sulla Terra, su un altro pianeta, su un satellite).

L'unità di misura SI della massa è il *kilogrammo* (kg), massa del prototipo internazionale (un cilindro di platino-iridio) conservato a Parigi. Sottomultipli del kilogrammo più usati sono: *grammo* (1 g = 10⁻³ kg), *milligrammo* (1 mg = 10⁻³ g), *microgrammo* (detto un tempo *gamma*, γ) (1 μ g = 10⁻⁶ g), *nanogrammo* (1 ng = 10⁻⁹ g) e *picogrammo* (1 pg = 10⁻¹² g).

Sono fuori SI i multipli *quintale* ($1 \text{ q} = 10^2 \text{ kg}$) e *tonnellata* ($1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$).

R. Ma il kilogrammo non è l'unità di misura del peso? Non pesiamo forse la frutta, al supermercato, dopo aver visionato il prezzo in euro al kilogrammo?

D. No. Il *peso* è una forza per cui, come vedremo, la sua unità SI è il *newton* (N). Sulla bilancia del supermercato determiniamo la massa della frutta per confronto con una massa campione.

Un tempo il kilogrammo era anche una unità di misura della forza, e quindi del peso, ma si trattava di *kilogrammo-forza* ($1 \text{ kg}_f \approx 9,81 \text{ N}$), una unità del peso abbandonata dal SI perché crea soltanto confusione.

R. Sulle etichette di prodotti alimentari la massa viene ancora indicata con il simbolo «gr». E' un errore?

D. Sì, il simbolo «gr» non è quello del grammo ma del *grain* (grano), unità di misura anglosassone della massa; $1 \text{ gr} = 1/7000 \text{ lb} \approx 64,8 \text{ mg}$.

R. Ho letto che il celebre diamante Koh-i-Noor pesa centootto carati. Che cosa è il carato? Che cosa significa oro a 18 carati?

D. L'unità di misura *carato* (dall'arabo *qirat*, ventiquattresimo) possiede due significati.

Per le *pietre preziose* e le *perle*, il carato (kt) è un'antica unità di misura della massa, equivalente a 0,200 g; il diamante Koh-i-Noor, che si trova sulla corona della regina Vittoria del Regno Unito, pesa 108 kt (21,6 g), poco in confronto al diamante Cullinan, trovato nella Repubblica in Sudafricana, che pesava, prima di venire tagliato, 3 106 kt, oltre seicento grammi.

Per le *leghe di oro*, il carato è il rapporto in massa tra l'oro e i metalli ad esso alligati, espresso in ventiquattresimi. L'oro a 24 carati è oro puro; calcoli la percentuale di un oro in una lega a diciotto carati

$$\mathbf{R.} \quad 100 \text{ g lega} \frac{18 \text{ g oro}}{24 \text{ g lega}} = 75 \% \text{ oro}$$

Nei testi inglesi e americani si incontra il termine «ton». Equivale alla tonnellata del sistema metrico decimale?

D. No. L'attuale *ton* (tn), più precisamente *short ton* (esistendo anche un *long ton*), è una unità fuori SI della massa ($1 \text{ tn} = 200 \text{ lb} \approx 907 \text{ kg}$). Ma *ton*, in Gran Bretagna e USA, è anche una unità di misura dell'energia. Infatti, il *ton di TNT* è l'energia liberata nella esplosione di 1 tn di tritolo ed equivale a $4,2 \cdot 10^6 \text{ kJ}$.

Le unità di misura anglosassoni della massa sono molte, tra cui: *pound* (libbra) ($1 \text{ lb} \approx 453,6 \text{ g}$); *kilopound* ($1 \text{ kip} = 10^3 \text{ lb}$); *grain* ($1 \text{ gr} = 1/7000 \text{ lb}$); *dram* (*dramma*) ($1 \text{ dr} = 1/256 \text{ lb}$), *ounce* ($1 \text{ oz} = 1/16 \text{ lb}$); *hundredweight* ($1 \text{ cwt} = 100 \text{ lb}$). Il kilopound non deve essere confuso con il *kilopond*, sinonimo di *kilogrammo-forza*.

L'unità di misura SI della forza è il *newton* (N), forza che imprime ad un oggetto avente la massa di 1 kg, una accelerazione di 1 m/s^2 , nella stessa direzione e nello stesso verso della forza. $1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$.

Una unità non SI della forza è la *dina* (dyn), equivalente a 10^{-5} N . Unità anglosassoni della forza sono il *poundal* ($1 \text{ pdl} \approx 0,14 \text{ N}$) e *ton force* ($1 \text{ tnf} = 10^4 \text{ N}$).

Peso (*p*). E' la forza con cui un oggetto viene attratto dalla Terra (o da un altro oggetto celeste), ovvero la forza che imprime ad un oggetto di massa *m* l'accelerazione di gravità *g* esistente nel punto in cui si trova l'oggetto stesso. L'equazione $F = m \times a$ diventa

$$p = m \times g \quad \text{L'unità SI è il newton.}$$

Un uomo avente la massa di 80 kg si sposta dall'equatore (dove $g = 9,78 \text{ m/s}^2$) al polo nord (dove $g = 9,83 \text{ m/s}^2$): variano la sua massa e/o il suo peso?

R. La sua massa non cambia ma il suo peso aumenta da $(80 \text{ kg} \times 9,78 \text{ m/s}^2) = 782,4 \text{ N}$ a $(80 \text{ kg} \times 9,83 \text{ m/s}^2) = 786,4 \text{ N}$.

D. Un astronauta avente la massa di 75 kg quanto peserebbe sulla Luna ($g = 1,6 \text{ m/s}^2$) e su Giove ($g = 26 \text{ m/s}^2$)?

R. Sulla Luna peserebbe 120 N e su Giove 1950 N.

D. Pressione (p). E' la forza F esercitata perpendicolarmente da un oggetto su una superficie di area A

$$p = \frac{F}{A}$$

L'unità SI è il *newton al metro quadrato* (N/m^2) o *pascal* (Pa),

in onore dello scienziato e filosofo francese Blaise Pascal (1623-1662). Il *pascal* è una unità molto piccola; secondo Ugo Amaldi, è all'incirca la pressione esercitata da un ettogrammo di farina sparsa uniformemente sulla superficie di 1 m^2 . Ecco perché sono più usati i suoi multipli *ettopascal* ($1 \text{ hPa} = 10^2 \text{ Pa}$), *kilopascal* ($1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa}$) e *megapascal* ($1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$).

R. Infatti, nelle previsioni meteorologiche, da qualche tempo, la pressione non viene più espressa in *millibar* bensì in *ettopascal*. Perché?

D. Una unità di misura fuori SI della pressione è il *bar* ($1 \text{ bar} = 10^6 \text{ dyn/cm}^2$). Un sottomultiplo del bar, il *millibar*, è un multiplo del pascal: $1 \text{ mbar} = 10^2 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$. Quindi, ettopascal e millibar si equivalgono.

Prima del pascal sono state usate, e alcune si usano tuttora, altre unità di misura della pressione. Una di queste è il *millimetro di mercurio* (mmHg), chiamato anche *torr* per ricordare il fisico Evangelista Torricelli (1608-1647), l'inventore del barometro a mercurio.

Un'altra unità non SI ancora molto usata è l'*atmosfera* (atm), pressione dell'aria quando nel barometro di Torricelli, a 0°C , l'altezza del mercurio è di 760 mm. L'*atmosfera* non va confusa con l'*atmosfera tecnica* (at), kilogrammo-forza al centimetro quadrato.

$$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa} \quad 1 \text{ torr} = 133,322 \text{ Pa} \quad 1 \text{ atm} = 760 \text{ torr}$$

R. In un film di guerra americano, ad un certo punto, la cinepresa indugia sul cruscotto di un aereo ed appare uno strumento con le scritte «air pressure» e «psi». Che cosa significa la sigla psi?

D. Significa *pound-force per square inch* cioè libbra-forza al pollice quadrato, unità di pressione anglosassone equivalente a ~ 6,9 kPa.

R. In un' apparecchiatura in cui è stato «fatto il vuoto», o che lavora «sotto vuoto», non vi è più nulla?

D. Le espressioni gergali citate non vanno prese alla lettera: significano che nell'apparecchiatura la pressione è decisamente più bassa della pressione esterna. «Vuoto» non significa soppressione di materia, ma rarefazione. Si parla di *medio vuoto* quando la pressione è compresa tra 10^2 Pa e 10^{-1} Pa e di *alto vuoto* quando è inferiore a 10^{-6} Pa.

Massa lineica (m_l). E' il rapporto tra la massa m e la lunghezza l di un materiale filiforme

$$m_l = \frac{m}{l} \quad \text{L'unità SI è il } \textit{kilogrammo al metro} \text{ (kg/m).}$$

Nell'industria tessile la massa lineica viene chiamata *titolo* ed espressa in *tex* (grammi al kilometro) e in *denari* (Td, massa in grammi di 9000 m).

R. In un trattato sulla lavorazione del cotone si parla di «cardati dal 20 al 50 Ne_C». Che cosa rappresentano questi numeri?

D. Il rapporto tra la lunghezza e la massa, quindi l'inverso della massa lineica. Ne_C è il simbolo di numerazione *inglese per cotone*; $1 \text{ Ne}_C = 1,69 \cdot 10^3 \text{ m/kg}$.

Il *numero* di un filato, inverso del titolo, è il rapporto tra la lunghezza e la massa. L'unità di misura SI è il *metro al kilogrammo* (m/kg). Unità anglosassoni sono:

numero inglese per lana (1 Ne = 1130 m/kg); *numero inglese per cotone* (1 Ne_C = 1690 m/kg); *numero inglese per lino, canapa, iuta, ramié* (1 Ne_L = 600 m/kg).

Massa areica (m_a). E' il rapporto tra la massa m e l'area A di un materiale in fogli

$$m_a = \frac{m}{A} \quad \text{L'unità SI è il } \textit{kilogrammo al metro quadrato} \text{ (kg/m}^2\text{)}.$$

Nell'industria cartaria la massa areica viene detta *grammatura* ed espressa in *grammi al metro quadrato* (g/m²). Per convenzione, si definisce *cartone* un foglio di carta avente una grammatura superiore a 224 g/m².

Massa volumica (m_v) o **densità** (d). E' il rapporto tra la massa m e il volume V di un solido, di un liquido o di un gas.

$$d = \frac{m}{V} \quad \text{L'unità SI è il } \textit{kilogrammo al metro cubo} \text{ (kg/m}^3\text{)}.$$

Questa unità si usa per il legname; più usati sono il *kilogrammo al decimetro cubo* (kg/dm³), equivalente al *kilogrammo al litro* (kg/l) e al *grammo al millilitro* (g/ml)

$$1 \text{ kg/dm}^3 = 1 \text{ kg/l} = 1 \text{ g/ml}$$

Esempio. La densità del benzene, a 20 °C, è 0,874 kg/dm³. Ciò significa che 1 dm³ (ovvero 1 l) di benzene, ha la massa di 0,874 kg e che 1 cm³ (ovvero 1 ml) ha la massa di 0,874 g.

D. Si devono trasportare 50 kg di ammoniaca ($d = 0,88 \text{ kg/l}$) e 50 kg di acido solforico concentrato ($d = 1,84 \text{ kg/dm}^3$). Sono adatti due contenitori da 50 l?

R. Poiché $d = m/V$, $V = m/d$. Per l'ammoniaca $V = 50 \text{ kg} / 0,88 \text{ kg/l} = 57 \text{ l}$: il contenitore è troppo piccolo. Per l'acido solforico $V = 50 \text{ kg} / 1,84 \text{ kg/l} = 27 \text{ l}$: il contenitore è più che sufficiente.

D. La densità dipende dalla temperatura. Un *aumento* di temperatura provoca, normalmente, un aumento del volume e quindi, rimanendo la massa costante, una *diminuzione* della densità. Costituiscono eccezioni alcune sostanze e materiali, la cui densità aumenta con l'aumentare della temperatura.

L'acqua presenta la massima densità (1 kg/dm^3) alla temperatura di $4 \text{ }^\circ\text{C}$. A temperature più basse e più alte è sempre inferiore a 1 kg/dm^3 . Anche il ghiaccio è più leggero dell'acqua. Questo è il motivo per cui, nelle regioni fredde della Terra, mari e altri corpi d'acqua non solidificano totalmente ma soltanto in superficie; il ghiaccio superficiale, buon isolante termico, protegge l'acqua sottostante dal congelamento.

Tab. 3/1 Densità dell'acqua a varie temperature

$^\circ\text{C}$	- 4	0	+ 4	+ 10	+ 20	+ 30
kg/dm^3	0,917	0,999	1,000	0,999	0,988	0,996

Mi dica, quanto pesa un goccia d'acqua?

R. (...).

D. Comprendo la sua perplessità ma non è una domanda cretina se si riferisce alle gocce prodotte in un contagocce normale FU; la massa di una goccia di acqua, alla temperatura di 15°C , è in questo caso $\sim 50 \text{ mg}$.

R. Quando il latte veniva venduto sfuso, i vigili urbani lo controllavano misurandone la densità. A che scopo?

D. La densità del latte vaccino è $1,029 \div 1,034 \text{ kg/dm}^3$, per cui il latte è un poco più pesante dell'acqua. I vigili controllavano la densità del latte immergendovi un *lattodensimetro*, semplice tubo di vetro graduato e zavorrato la cui scala è compresa tra 20 ($d = 1,020 \text{ kg/dm}^3$) e 40 ($d = 1,040 \text{ kg/dm}^3$). Tuttavia... poichè il grasso di latte è più leggero dell'acqua ($\sim 0,86 \text{ kg/dm}^3$), la densità del latte diminuisce con l'annacquamento e aumenta con la scrematura. I lattai disonesti praticavano abilmente entrambe le operazioni, in modo che la densità del latte variasse poco. Sofisticatori ruspanti di quei tempi lontani.

R. Gli antichi consideravano l'aria il fluido più leggero; quali sono i gas più leggeri dell'aria?

D. Sono pochi e il più leggero è l'idrogeno; la massa di 1 m³ di idrogeno, a 0 °C e 101,325 kPa, è di 90 g. La densità media dell'aria secca, in condizioni normali, è 1,293 kg/m³.

Le densità *relative all'aria* dei gas più leggeri sono le seguenti: *idrogeno*, 0,069; *deuterio*, 0,139; *elio*, 0,137; *metano*, 0,557; *ammoniaca*, 0,595; *neo*, 0,696. La densità relativa all'aria del *vapore acqueo*, a 100 °C, è 0,462.

R. Densità e peso specifico sono sinonimi?

D. No. Il *peso specifico* (o meglio *peso volumico*) è il rapporto tra il *peso* e il volume di un oggetto; la sua unità di misura SI è il *newton al metro cubo* (N/m³).

R. In un testo ho trovato che, nella produzione dei concimi fosfatici, si usa acido solforico a 52 Bé. Di che acido solforico si tratta?

D. Un tempo, la densità di alcune soluzioni si esprimeva con numeri convenzionali; il *grado Baumé* (Bé) è uno dei sopravvissuti. La scala Baumé è compresa, a 15 °C, tra 0 Bé (acqua con $d \approx 1 \text{ kg/dm}^3$) e 66 Bé (acido solforico concentrato, con $d = 1,84 \text{ kg/dm}^3$). La densità dell'acido solforico a 52 Bé, come risulta dai Manuali, è $d = 1,56 \text{ kg/dm}^3$.

R. Ho sentito parlare anche di gradi API. Cosa sono?

D. Come i gradi Baumé, sono valori convenzionali usati per esprimere la densità di prodotti petroliferi leggeri. La scala API (*American petroleum institute*) è compresa tra 10 °API ($d \approx 1 \text{ kg/dm}^3$) e 126 °API ($d \approx 0,55 \text{ kg/dm}^3$) per cui i gradi API aumentano con il diminuire della densità.

Impulso e quantità di moto. L'*impulso* (q) è il prodotto della forza F per il tempo t durante il quale la forza agisce su un oggetto

$$q = F \times t \quad \text{L'unità SI è il newton per secondo (N}\cdot\text{s)}.$$

La *quantità di moto* (q) è il prodotto della massa m di un oggetto per la sua velocità di traslazione v in un determinato istante

$$q = m \times v \quad \text{L'unità SI è il chilogrammo per metro al secondo (kg}\cdot\text{m/s)}, \\ \text{equivalente al newton per secondo (N}\cdot\text{s)}$$

La quantità di moto totale di un sistema, se non intervengono forze esterne, rimane costante nel tempo (*Legge della conservazione della quantità di moto*).

Esempio. Un missile di massa m_1 espelle, alla partenza, una massa m_2 di gas; la quantità di moto dei gas, $m_2 v_2$, diretta verso il basso, è molto elevata per l'altissima velocità. Per la legge della conservazione della quantità di moto, il missile acquista una quantità di moto $m_1 v_1 = m_2 v_2$ diretta verso l'alto e si solleva a velocità $v_1 = m_2 v_2 / m_1$.

Momenti. Nel moto rotatorio, alcune grandezze che descrivono il moto traslatorio sono sostituite da grandezze analoghe.

Tab. 3/2. Analogie tra alcune grandezze fisiche.

<i>moto traslazionale</i>	<i>unità</i>	<i>moto rotazionale</i>	<i>unità</i>
distanza percorsa	m	angolo descritto	rad
velocità	m/s	velocità angolare	rad/s
forza	N	momento meccanico	N m
massa	kg	momento d'inerzia	kg m ²
quantità di moto	kg m/s	momento angolare	N m s

Momento meccanico (M). Per un oggetto in rotazione è il prodotto della forza F per la distanza d tra il punto di applicazione della forza e l'asse di rotazione perpendicolare al piano in cui giace la forza

$$M = F \times d \quad \text{L'unità SI è il newton per metro (N}\cdot\text{m)}.$$

Una porta si apre spinta con una forza di 20 N applicata a 80 cm dai cardini. Calcoli: a) Il momento della forza. b) La forza necessaria per aprire la porta se applicata a 40 cm dai cardini.

$$\mathbf{R.} \quad \text{a) } M = 20 \text{ N} \times 0,8 \text{ m} = 16 \text{ N}\cdot\text{m} \qquad \text{b) } F = \frac{16 \text{ N}\cdot\text{m}}{0,4 \text{ m}} = 40 \text{ N}$$

Come è intuibile, dimezzando la distanza dai cardini occorre applicare una forza doppia per ottenere il medesimo risultato.

Momento d'inerzia (I). La massa di un oggetto, nel moto traslazionale, è una misura della sua inerzia, resistenza alla variazione della velocità. Quando l'oggetto è in rotazione intorno ad un asse a velocità costante, l'inerzia è misurata dal *momento d'inerzia*, resistenza alla variazione della velocità angolare. Il momento d'inerzia dipende dalla forma dell'oggetto. Per un oggetto di massa m molto piccola rotante a distanza r dal centro

$$I = m \times r^2 \quad \text{L'unità SI è il kilogrammo per metro quadrato (kg}\cdot\text{m}^2\text{)}.$$

L'equazione è applicabile anche ad una ruota sottile e ad un cilindro cavo a pareti sottili, ruotanti intorno al proprio asse, perchè tutte le particelle della loro massa si trovano alla stessa distanza dall'asse.

Per un oggetto di grande massa, il momento di inerzia è comunque tanto più grande quanto più grande è la massa dell'oggetto e quindi risulta tanto più grande l'energia necessaria per mettere l'oggetto in rotazione e per arrestarlo.

Calcoli il momento d'inerzia di una ruota sottile di 0,5 kg avente il raggio di 30 cm.

$$\mathbf{R.} \quad I = 0,5 \text{ kg} (0,3 \text{ m})^2 = 0,045 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$$

Momento angolare (P). Nel moto rotatorio, corrisponde alla quantità di moto del moto traslatorio; come per la quantità di moto, il momento angolare totale di un sistema, se non intervengono forze esterne, *rimane costante nel tempo*. Per un oggetto molto piccolo in rotazione è il prodotto

$$P = I \times \omega \quad \text{ovvero} \quad P = m \times r^2 \omega \quad \text{ovvero} \quad P = m \times r \times v$$

dove I è il momento di inerzia, ω la velocità angolare e v la velocità periferica. L'unità di misura SI del momento angolare è il *newton per metro per secondo* (N·m·s).

Lo *spin* è il momento angolare di un oggetto rotante sul proprio asse.

Esempio. Una ballerina, piroettando sulle punte, possiede un momento angolare $P = m r^2 \omega$. Quando la ballerina chiude le braccia sul petto, r diminuisce e, per la legge della conservazione del momento angolare, la sua velocità angolare aumenta; quando riapre le braccia la velocità angolare diminuisce.

R. I vocaboli inglesi *moment* e *momentum* sono sinonimi?

D. No. *Moment* è l'italiano *momento* (meccanico, d'inerzia, angolare), grandezze caratteristiche del moto rotatorio. *Momentum* è la *quantità di moto*, talvolta tradotto in *momento della quantità di moto*.

Lavoro (L). Il lavoro svolto da una forza F agente su un oggetto è il prodotto della forza per lo spostamento s dell'oggetto *nella stessa direzione della forza*

$L = F \times s$ L'unità SI è il *newton per metro* (N·m) o *joule* (J),

in onore del fisico inglese James Prescott Joule (1818-1889).

Esempi. Una persona: a) Quando sposta in linea retta un carrello per 20 m applicando una forza orizzontale di 36 N compie un lavoro di $36 \text{ N} \times 20 \text{ m} = 720 \text{ J}$. b) Quando applica la medesima forza premendo il carrello in direzione perpendicolare al pavimento, la persona «fatica» esercitando una pressione sul carrello ma non esegue nessun lavoro. b) Quando mantiene sollevata tra le braccia una ragazza di 40 kg all'altezza di 50 cm dal pavimento, «fatica» ma, non verificandosi spostamento, non compie nessun lavoro.

Potenza (P). E' il lavoro L svolto nel tempo t

$P = \frac{L}{t}$ L'unità SI è il *joule al secondo* (J/s) o *watt* (W),

t

in onore dell'inventore scozzese James Watt (1736-1819).

Una unità obsoleta della potenza è il *cavallo vapore*; $1 \text{ CV} \approx 735 \text{ W}$.

R. Fino a pochi anni fa la potenza di un autoveicolo veniva espressa in CV ma i valori numerici non mi convincevano...

D. Infatti, non si tratta di cavalli vapore ma *cavalli fiscali*, calcolati per convenzione in funzione della cilindrata e del numero dei cilindri.

Esempio. Una utilitaria ha una potenza fiscale di 12 CV: ciò non significa che il suo motore può sviluppare una potenza di $12 \times 735 = 8\,820 \text{ W}$ ma soltanto che la tassa di circolazione ed il premio di assicurazione sono calcolati secondo questo dato convenzionale.

Informazione

D. Nel familiare sistema di numerazione *decimale*, un numero è rappresentato con una serie di cifre, da 0 a 9, moltiplicate per una potenza di 10 secondo la posizione.

Esempio. Il numero 5024 sottintende la somma $5 \cdot 10^3 + 0 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 4 \cdot 10^0$ ovvero $5000 + 0 + 20 + 4 = 5024$.

Nei calcolatori elettronici è adottato il sistema di numerazione *binario* nel quale si usano soltanto, per convenzione, le cifre 0 e 1, dette *bit* (da *binary digit*, cifra binaria). Un numero, una lettera, un segno tipografico qualsiasi, vengono rappresentati con una sequenza di 0 e 1 moltiplicati per una potenza di 2.

Esempio. Quando si digita il segno di interpunzione *virgola* viene «lanciato» nell'unità centrale il numero binario 101100 (dal codice ASCII, *American standard code for information interchange*), che non significa centounomilacento ma $1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0$. Traduzione in numeri decimali: $32 + 0 + 8 + 4 + 0 + 0 = 44$; in altre parole, $(101100)_{10} = (44)_2$.

Per il computer i numeri binari sono facili da manipolare poiché i circuiti distinguono agevolmente tra «acceso» (*on*) e «spento» (*off*); sorgerebbero difficoltà volendo operare in dieci livelli diversi di tensione elettrica se si usasse la numerazione decimale.

L'unità SI dell'informazione è il **byte** (B), sequenza di 8 bit che può dar luogo a $2^8 = 256$ dati differenti. Come per le altre unità di misura, ai multipli del byte si assegnano i consueti prefissi *kilo-*, *mega-*, *giga-* e *tera-* ma il loro significato è diverso. Infatti, $1\text{kB} = 2^{10} \text{ B} = 1024 \text{ B}$; $1 \text{ MB} = 1024 \text{ kB} = 2^{20} \text{ B} = 1\,048\,576 \text{ B}$; $1 \text{ GB} = 1024 \text{ MB} = 2^{30} \text{ B}$; $1 \text{ TB} = 1024 \text{ GB} = 2^{40} \text{ B}$. Tuttavia, i prefissi dichiarati da alcuni produttori di computer sono quelli del sistema decimale.