

## CONVERSIONE TRA UNITA' DI MISURA<sup>1</sup>.

### Il Sistema Internazionale delle Unità di misura

A conclusione della XI Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure, nel 1960 fu introdotto il Sistema Internazionale delle Unità di Misura indicato con il nome di *Sistema S.I.*. Esso fornisce l'elenco delle unità da utilizzare, le definisce con precisione e stabilisce le regole per la loro scrittura. Il Sistema S.I. è stato modificato più volte fino a giungere alla versione attuale che prevede l'uso di sette unità di misura fondamentali e di due supplementari. Quelle fondamentali sono:

<b>Grandezza fisica</b>	<b>Nome dell'unità di misura</b>	<b>Simbolo dell'unità di misura</b>
1. lunghezza	metro	m
2. massa	kilogrammo	kg
3. tempo	secondo	s
4. intensità di corrente elettrica	ampere	A
5. temperatura termodinamica	kelvin	K
6. quantità di sostanza	mole	mol
7. intensità luminosa	candela	cd

Le due grandezze fisiche supplementari sono:

<b>Grandezza fisica</b>	<b>Nome dell'unità di misura</b>	<b>Simbolo dell'unità di misura</b>
1. angolo piano	radiante	rad
2. angolo solido	steradiano	sr

Ogni unità di misura ha una sua definizione che è stata stabilita nella XVII Conferenza Generale dei Pesi e Misure tenuta nel 1983. Per ora non è opportuno fornire le loro definizioni ufficiali perché sarebbero prive di significato senza le conoscenze di base che apprenderai durante il corso di fisica. Imparerai a definire queste unità di misura gradualmente quando saranno necessarie; per ora è solo importante sapere che le unità di misura sono state definite in modo da:

<sup>1</sup> Le presenti note sono parzialmente basate sul testo di B.M. Dibilio, P. Sapia, F. Sartogo, "Dal Fenomeno alla Legge Fisica" Edizioni "Il Capitello", Torino, 2007).

- garantire la massima *precisione*,
- rendere facilmente *riproducibile* l'unità campione in modo che ogni Nazione possa averne una copia fedele,
- garantire *l'invariabilità* dell'unità campione al passare degli anni.

### **L'unità di misura della lunghezza: il metro**

Un breve cenno alla storia del metro, che è l'unità di misura della lunghezza, ti farà comprendere facilmente il perché di queste tre condizioni.

Nel 1983 la XVII Conferenza Generale dei Pesi e Misure definì il metro come la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in poco più un trecentomillesimo di secondo, esattamente  $1/299.792.458$  secondi. Vedremo più avanti che la velocità della luce nel vuoto è la massima velocità raggiungibile nell'Universo. Essa si mantiene sempre costante ed è appunto  $299.792.458$  m/s, cioè poco meno di  $300.000$  km/s.

Questa nuova definizione si rese necessaria perché la vecchia definizione di metro, stabilita nel 1889, aveva come distanza campione di riferimento quella tra due tratti paralleli tracciati su una sbarra metallica custodita nell'Archivio Internazionale dei Pesi e Misure a Sèvres presso Parigi. La sbarra, costruita con una lega di platino-iridio e conservata alla temperatura costante di  $0^{\circ}\text{C}$  per evitare dilatazioni al variare della temperatura, è stata sagomata con una sezione a forma di X per resistere anche a possibili flessioni. Ad ogni Nazione che aveva aderito al sistema metrico decimale fu assegnata una copia del metro campione. La copia italiana è custodita nell'Ufficio Metrico Centrale di Roma. All'epoca questa definizione di metro era ottima e non dava alcun problema, ma oggi non può essere più accettata. Per comprendere quest'affermazione riprendiamo le condizioni già esposte di *precisione*, *riproducibilità* e *invariabilità* del campione.

Per quanto riguarda la *precisione* c'è da comprendere che per quanto i tratti tracciati sulla sbarra di platino-iridio possano essere sottili, rimane sempre una piccola imprecisione nella misura della loro distanza. La nuova definizione di metro elimina definitivamente questa imprecisione perché è basata sulla velocità della luce che nel vuoto mantiene sempre lo stesso valore.

Per quanto riguarda la *riproducibilità* è inevitabile che le copie del metro campione assegnate alle varie Nazioni presentino piccolissime differenze di costruzione. Con la nuova definizione non c'è più bisogno di costruire le copie perché ogni Nazione è autonoma nell'effettuare la misurazione utilizzando la velocità della luce.

Per quanto riguarda l'*invariabilità* del campione al passare degli anni non c'è più il problema di evitare la flessione o la dilatazione della sbarra di platino-iridio perché la velocità della luce nel vuoto è sempre la stessa.

E' da notare, però, che con la vecchia definizione di metro era possibile effettuare una *misura diretta* confrontando la lunghezza dell'oggetto da misurare con una copia del metro campione. Con la nuova definizione, la copia di metro che noi usiamo non è più costruita per confronto, con una *misura diretta*. Avendo come riferimento la velocità della luce nel vuoto, bisogna calcolare la distanza percorsa nel tempo assegnato di 1/299.792.458 secondi con una *misura indiretta*, sapendo che a velocità costante una distanza si calcola moltiplicando tale velocità per il tempo impiegato a percorrerla, secondo la formula  $d = v \cdot t$  che certamente hai già incontrato nei tuoi studi precedenti.

Questa formula permette di calcolare la distanza percorsa dalla luce in un tempo che in questo caso è piccolissimo (1/299.792.458 secondi). Conoscendo con grande precisione la velocità della luce, per poter utilizzare questa formula è necessario però avere altrettanta precisione nella misura del tempo. Oggi questo non è più un problema perché gli orologi atomici disponibili in tutti i Paesi evoluti raggiungono una precisione inimmaginabile, tanto che accumulano l'errore di un secondo ogni 50 milioni di anni.

### **L'unità di misura della massa: il kilogrammo**

L'unica unità di misura campione che il Sistema S.I. ha lasciato invariata rispetto al sistema di misura precedente è quella di *massa*. Il corpo preso come campione di massa, *1 kg* (un kilogrammo), è per definizione il cilindro di platino-iridio conservato sotto una doppia campana di vetro al Pavillon de Breteuil di Sèvres, vicino a Parigi. La copia per l'Italia è conservata nell'Ufficio Metrico Centrale di Roma.

Approfondiremo in seguito il concetto di massa. Per ora ti è utile sapere che il peso d'ogni corpo dipende dalla sua massa e che due masse possono essere confrontate con una bilancia a due piatti. Se in un piatto si mette il corpo di cui si vuole misurare la massa, nell'altro piatto bisogna mettere tanti multipli e sottomultipli della massa campione fino a che la bilancia non ha raggiunto la posizione d'equilibrio. Oggi, nel commercio, si usano normalmente bilance a molla già tarate, con un solo piatto, che permettono di leggere direttamente la misura, ma questo è un discorso più complesso che affronteremo più avanti, quando saranno chiari i concetti di peso e di massa.

### **Il sistema metrico sessagesimale**

Hai imparato che nel sistema metrico decimale i multipli si ricavano moltiplicando o dividendo più volte per 10. Vi sono però due eccezioni. La misura del tempo e la misura degli angoli sono fatte

entrambe con il sistema metrico *sessagesimale* che hai già appreso dalla tua esperienza quotidiana. Infatti, per quanto riguarda la misura del tempo, certamente già sai che un'ora equivale a 60 minuti e che un minuto equivale a 60 secondi. Anche nella misura degli angoli vale la stessa regola. Nei tuoi studi precedenti ha probabilmente avuto modo di usare il goniometro per la misura degli angoli ed hai appreso che un grado equivale a 60 primi e un primo equivale a 60 secondi.

Centinaia di anni prima di Cristo, nell'antica Mesopotamia, nelle zone pianeggianti tra i due fiumi Tigri ed Eufrate, il cielo notturno appariva splendente di stelle e gli antichi astronomi potevano osservare facilmente il moto dei pianeti e della luna, prevedere l'evolvere delle stagioni e fissare i tempi per la semina nell'agricoltura. Ogni spostamento degli astri nel cielo era seguito misurando il corrispondente angolo d'osservazione dalla Terra e per misurare questi angoli si usava il sistema sessagesimale che è giunto fino a noi.

### **Esercizio svolto**

Cronometra il tempo che impieghi a leggere una pagina. Esprimi il risultato in ore, poi in minuti e infine in secondi.

Supponiamo che tu ci impieghi 2 minuti e 25 secondi. Per convertire questa durata in ore, o solo minuti, o solo secondi, ricordiamo che i fattori di conversione sono:

$$1 \text{ ora} = 60 \text{ minuti}$$

$$1 \text{ minuto} = 1/60 \text{ ore}$$

$$1 \text{ minuto} = 60 \text{ secondi}$$

$$1 \text{ secondo} = 1/60 \text{ minuti}$$

Quindi, 2 minuti e 25 secondi sono

$$(2 + 25/60) \text{ minuti} = 2,417 \text{ minuti} = (2 \cdot 60 + 25) \text{ s} = 145 \text{ s.}$$

### **Esercizio svolto**

La Terra ruota su se stessa compiendo un giro in 24 ore. Di quanti gradi si sposta in un minuto? Esprimi il risultato in gradi, poi in minuti d'arco e infine in secondi d'arco.

Se la Terra ruota di  $360^\circ$  in 24 ore, in un minuto – che è una frazione pari a  $1/(24 \cdot 60)$  di giorno – ruoterà di

$$\frac{360^\circ}{24 \cdot 60} = 0,25^\circ$$

e, poiché

$$1^\circ = 60' \quad 1' = (1/60)^\circ$$

$$1' = 60'' \quad 1'' = (1/60)'$$

Avremo

$$0,25^\circ = 15' = 900''$$

## L'unità di misura del tempo: il secondo

I fenomeni meccanici possono essere descritti in gran parte utilizzando tre grandezze fisiche fondamentali: la lunghezza, la massa e il tempo.

Per quanto riguarda la *lunghezza* penso che tu abbia ormai un'idea sufficientemente chiara su questa grandezza fisica perché hai avuto tante volte occasione per misurare con il metro. Per quanto riguarda la *massa*, invece, è naturale che tu non abbia ancora chiara questa grandezza fisica perché la senti continuamente associata al *peso*, che in fisica non è la stessa cosa. Purtroppo, nel linguaggio comune i termini massa e peso sono spesso scambiati l'uno con l'altro.

La grandezza fisica *tempo* è più complicata da spiegare rispetto alle due precedenti perché, a differenza del metro campione e del kilogrammo campione, non esiste un "secondo campione" conservato in un Ufficio o in un Museo. Hai certo un'idea intuitiva di che cosa sia il tempo, ma è proprio per questo che può essere interessante per te ripercorrere la storia della misura di questa grandezza fisica.

L'osservazione chiave per la misura del tempo è quella dei fenomeni che si ripetono con regolarità, ciclicamente. Hanno questa caratteristica il battito del nostro cuore, l'oscillazione di un pendolo, e molti fenomeni astronomici. Sono *periodici* il moto del Sole nel cielo, come quello della Luna e delle stelle. Si dice che un fenomeno è periodico se dura un certo intervallo di tempo dopodiché ricomincia da capo e si ripete sempre nello stesso modo all'infinito o almeno per tempi molto lunghi. Per affermare che un fenomeno è rigorosamente periodico abbiamo bisogno, però, di un orologio per cui comprendi che non è stato facile arrivare a definire una unità di misura del tempo.

Che molti fenomeni naturali siano periodici è noto dall'antichità. Per esempio, alcuni secoli prima di Cristo il poeta greco Esiodo indicava l'avvicinarsi delle stagioni con le seguenti frasi: "*Il grido delle gru migratrici annunzia il tempo per l'aratura e per la semina*", "*Quando si semina troppo tardi, le sementi possono ancora germogliare se piove entro tre giorni dal canto del cuculo*", "*Le viti dovrebbero essere potate prima dell'apparire della rondine*", "*Quando la chiocciola s'inerpica sulle piante, il vigneto non dovrebbe più venire zappato*"

I primi calendari<sup>2</sup> erano empirici perché basati sull'osservazione di fenomeni naturali che si presentavano in maniera periodica. Per esempio, ancora oggi utilizziamo alcune unità di misura del tempo che fanno riferimento al moto della Terra, il *giorno* per quanto riguarda la sua rotazione su se stessa e l'*anno* per quanto riguarda la rotazione intorno al Sole.

---

<sup>2</sup>La parola "calendario" viene dal latino "calandae", parola che indicava il primo giorno del mese e che significava più o meno "io grido", perché nell'antica Roma il primo giorno del mese veniva gridato per le strade per ricordare a tutti che si trattava del giorno in cui andavano pagati i debiti.

Il secondo, che è l'unità di misura fondamentale nel Sistema S.I., era definito fino al 1967 come la 86400-esima parte del *giorno solare medio*. Si considerava il giorno solare medio perché la durata di un giorno solare non è sempre la stessa durante l'anno.

Ricorda, inoltre, che il sistema di misura del tempo non è decimale, ma sessagesimale, cioè basato non sulle potenze di dieci ma di sessanta; infatti, un'ora è suddivisa in sessanta minuti e un minuto in sessanta secondi. Per questo, convertire una misura di tempo espressa in giorni o settimane o anni in termini dell'unità fondamentale, il secondo, non è così facile come nel sistema decimale.

L'esigenza di avere unità più precise ha portato a cambiare la definizione del secondo, in modo da fare riferimento ad un fenomeno periodico con caratteristiche di maggiore stabilità. Attualmente il secondo è definito a partire da un fenomeno atomico, che si basa sul fatto che quando gli atomi passano da uno stato energetico ad un altro, emettono (o assorbono) energia a frequenze ben definite. Si ritornerà in seguito su questa definizione, quando avrai gli elementi per comprenderla a pieno.

Oggi la scienza e la tecnologia hanno a disposizione orologi atomici che scandiscono il secondo con grandissima precisione. Con questi orologi è possibile avere dati precisi anche sulla velocità di rotazione della Terra e sapere, così, che essa diminuisce nel corso dei secoli. Si calcola che negli ultimi due secoli la durata di un “giorno” è aumentata di circa 2,5 ms (millisecondi) perché la rotazione della Terra è stata meno veloce probabilmente a causa delle maree e di altri elementi difficili da calcolare e da prevedere.

Se vuoi approfondire le tue conoscenze e saperne di più sugli orologi atomici, puoi consultare il sito del NIST (National Institute of Standards and Technology, <http://www.nist.gov/>). In questo sito puoi avere anche notizie sulle attuali ricerche riguardanti l'ammmodernamento di altre unità di misura. Infatti, la comunità scientifica è sempre al lavoro anche in questo campo e lo testimonia il fatto che il premio Nobel per la Fisica nel 2005 è stato assegnato a J. L. Hall per aver contribuito 20 anni fa a perfezionare la definizione del metro.

Un settore affascinante per le ricerche è quello sulla misura d'intervalli di tempo molto lunghi o molto brevi come la vita di una stella nell'Universo o quella di una particella elementare nel mondo degli atomi.

La tabella seguente riassume in secondi l'ordine di grandezza della durata di alcuni fenomeni per cui è possibile metterli a confronto.

$10^{-24}$	Tempo impiegato dalla luce ad attraversare un nucleo
------------	--

$10^{-18}$	Tempo impiegato dalla luce ad attraversare un atomo
$10^{-12}$	Periodo di rotazione di una molecola dell'aria
$10^{-9}$	Tempo impiegato dalla luce ad attraversare un...piede
$10^{-6}$	Periodo delle onde radio
$10^{-3}$	Periodo delle onde sonore
1	Periodo dei battiti del cuore
$10^3$	Tempo impiegato dalla luce per arrivare dal Sole alla Terra (circa 8 minuti)
$10^5$	Un giorno
$10^9$	Vita di un uomo
$10^{12}$	Età delle piramidi
$10^{13}$	Comparsa dell'uomo sulla Terra
$10^{17}$	Età della Terra
$10^{18}$	Età dell'Universo

### La notazione scientifica

Nelle discipline scientifiche, per esprimere numeri molto grandi o molto piccoli si usa per comodità la cosiddetta *notazione scientifica* che consiste nello scrivere il numero utilizzando le potenze di 10. Così, invece di scrivere che una lunghezza è di 34.289.900.000 m, potrai scrivere  $3,42899 \cdot 10^{10}$  m, oppure, invece di scrivere 0,00000598 s, potrai scrivere  $5,98 \cdot 10^{-6}$  m. Nella notazione scientifica si usa mettere una sola cifra prima della virgola.

### Multipli e sottomultipli delle unità di misura

Le potenze di 10, che utilizzerai durante tutto il corso di fisica, sono anche usate per scrivere la parte numerica dei multipli e sottomultipli delle unità di misura. Invece, per quanto riguarda la denominazione, ad ogni unità di misura è aggiunto un opportuno prefisso a seconda del fattore di moltiplicazione che è utilizzato. Quelli che avrai occasione di utilizzare più frequentemente sono i seguenti:

Fattore di moltiplicazione	Prefisso	
	Simbolo	Nome
$10^{12}$	T	tera

$10^9$	G	giga
$10^6$	M	mega
$10^3$	k	kilo
$10^2$	h	etto
$10^1$	da	deca
$10^{-1}$	d	deci
$10^{-2}$	c	centi
$10^{-3}$	m	milli
$10^{-6}$	$\mu$	micro
$10^{-9}$	n	nano
$10^{-12}$	p	pico

Per esempio:

- $3.000 \text{ m} = 3 \cdot 10^3 \text{ m}$  si può anche scrivere 3 km (3 chilometri),
- $0,05 \text{ m} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$  si può anche scrivere 5 cm (5 centimetri),
- $0,000.000.007 \text{ m} = 7 \cdot 10^{-9} \text{ m}$  si può anche scrivere 7 nm (7 nanometri).

Tra tutte le unità di misura fa eccezione l'unità di misura della massa perché i suoi multipli e sottomultipli si formano aggiungendo il prefisso al grammo anziché al kilogrammo. Si ha, quindi, che:

- $2.000 \text{ g} = 2 \cdot 10^3 \text{ g}$  si può anche scrivere 2 kg (2 kilogrammi),
- $0,004 \text{ g} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ g}$  si può anche scrivere 4 mg (4 milligrammi),
- $0,000.008 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ g}$  si può anche scrivere 8  $\mu\text{g}$  (8 microgrammi).

### Le dimensioni delle grandezze fisiche

Quando esegui calcoli con le grandezze fisiche, per evitare possibili errori nelle formule, non devi trascurare le *dimensioni* delle grandezze. Devi sempre sapere se il numero che stai scrivendo è una lunghezza, una massa, un tempo o altro ancora. Per tener conto delle dimensioni conviene utilizzare sempre le corrispondenti unità di misura per specificare che cosa rappresenta il numero che hai scritto. Per esempio, se ti riferisci ad una lunghezza, non puoi scrivere soltanto “0,5” ma devi specificare “0,5 mm”, se ti riferisci ad una massa devi scrivere “35 mg” e così, se ti riferisci ad una densità devi scrivere “0,79 g/cm<sup>3</sup>”. Nell'ultimo esempio hai certo notato che la densità dipende da

due grandezze fisiche fondamentali, la massa e la lunghezza; per questo si dice che la densità è una *grandezza fisica derivata*. Però, una grandezza fisica derivata può dipendere anche da più grandezze fisiche fondamentali. Avrai numerosi esempi durante il corso di fisica.

Supponi di dover utilizzare una serie di operazioni che coinvolgono più grandezze fisiche e che, alla fine, ti aspetti che il risultato sia una lunghezza. Prima di eseguire i calcoli con i numeri conviene risolvere algebricamente solo le parti riguardanti le unità di misura, semplificando dove è possibile semplificare. Se il risultato del calcolo algebrico fornisce la dimensione corretta è probabile che anche il procedimento sia corretto, altrimenti potrebbe esserci qualche errore grossolano come una lunghezza sommata ad un tempo o una massa sottratta ad una temperatura. Naturalmente, anche se le dimensioni sono corrette devi stare attento ai multipli e ai sottomultipli per evitare di sommare metri con centimetri o grammi con kilogrammi. Prima di eseguire i calcoli numerici devi trasformare tutti i multipli ed i sottomultipli in modo che l'unità di misura sia sempre la stessa.

### Il calcolo con le potenze di dieci

In fisica è normale eseguire calcoli con numeri molto grandi o molto piccoli. Questo tipo di calcolo è facilitato dall'uso delle potenze di dieci e, per comprendere la procedura da utilizzare devi osservare come i numeri possono essere scritti sotto forma di potenza.

Per prima cosa ricorda che, per convenzione, ogni numero elevato a zero dà come risultato 1 per cui si ha che

$$10^0 = 1.$$

Inoltre si può scrivere

$$1000 = 10 \cdot 10 \cdot 10 = 10^3$$

oppure che

$$0,01 = \frac{1}{100} = \frac{1}{10^2} = 10^{-2}$$

Nella tabella sono scritti, sotto forma di potenza, alcuni multipli e sottomultipli di dieci.

Perciò, per scrivere 5000 in potenza di 10 basta pensare che 5000 significa 5 volte 1000 per cui hai che

$$5000 = 5 \cdot 10^3$$

.....	
100.000 .....	$10^5$
10.000 .....	$10^4$
1.000 .....	$10^3$
100 .....	$10^2$
10 .....	$10^1$
1 .....	$10^0$
0 1	$10^{-1}$

e così pure 0,0002 corrisponde a 2 volte un decimillesimo, per cui puoi scrivere

$$0,0002 = 2 \cdot 10^{-4}$$

Prova a scrivere 3 miliardi in potenza di 10 e guarda poi a fondo pagina la scrittura corretta<sup>3</sup>. Scrivi ancora 2 milionesimi in potenza di 10 e guarda ancora a fondo pagina la scrittura corretta<sup>4</sup>.

Prova ora a fare qualche calcolo utilizzando le potenze di 10. Ecco un esempio dove è possibile procedere rapidamente con le semplificazioni.

$$\frac{0,0015 \times 8000}{0,006} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \times 8 \cdot 10^3}{6 \cdot 10^{-3}} = \frac{1,5 \times 8}{6} \cdot 10^3 = 2 \cdot 10^3$$

Le potenze di dieci sono molto utili quando devi eseguire una conversione da un'unità di misura ad un suo multiplo o sottomultiplo o viceversa. Questo succede spesso quando bisogna eseguire operazioni con le misure di grandezze fisiche. Per esempio, supponi di dover eseguire il seguente calcolo dove la massa è misurata in grammi o in kilogrammi

$$32 \cdot 10^{-2} \text{ kg} + 2 \cdot 10^2 \text{ g} + 605 \cdot 10^{-1} \text{ g} + 0,015 \text{ kg}$$

Per eseguire il calcolo bisogna trasformare tutte le unità di misura o in grammi o in kilogrammi. Trasformandole prima in grammi, e ricordando che  $1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$ , ottieni

$$32 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3 \text{ g} + 2 \cdot 10^2 \text{ g} + 605 \cdot 10^{-1} \text{ g} + 0,015 \cdot 10^3 \text{ g}$$

che, portando tutto sotto forma decimale e approssimando all'unità, diventa

$$320 \text{ g} + 200 \text{ g} + 60,5 \text{ g} + 15 \text{ g} = 595,5 \text{ g} \approx 600 \text{ g}$$

Riprendi ora lo stesso esempio

$$32 \cdot 10^{-2} \text{ kg} + 2 \cdot 10^2 \text{ g} + 605 \cdot 10^{-1} \text{ g} + 0,015 \text{ kg}$$

e prova, invece, a trasformare tutto in kilogrammi. Ricordando che  $1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$ , ottieni

$$32 \cdot 10^{-2} \text{ kg} + 2 \cdot 10^2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} + 605 \cdot 10^{-1} \cdot 10^{-3} \text{ kg} + 0,015 \text{ kg}$$

che, in forma decimale e approssimando alla prima cifra decimale, diventa

$$0,32 \text{ kg} + 0,2 \text{ kg} + 0,0605 \text{ kg} + 0,015 \text{ kg} = 0,5955 \text{ kg} \approx 0,6 \text{ kg}$$

che è equivalente al valore 600 g trovato sopra ed espresso in grammi. Devi sempre decidere qual è l'unità di misura più conveniente da utilizzare.

<sup>3</sup> Se hai scritto  $3.000.000.000 = 3 \cdot 10^9$  sei veramente molto bravo altrimenti devi ancora esercitarti.

<sup>4</sup> Si ha  $0,000002 = 2 \cdot 10^{-6}$  e si deve notare che l'esponente è negativo.

## Esercizi

1. Un uomo, per fare lavori di bricolage, decide di misurare le dimensioni di certe tavole di legno utilizzando, in assenza di un metro, un pezzo di spago. Commenta quali sono vantaggi (se ci sono) e svantaggi (se ci sono) di questa scelta.
2. Mentre la vecchia definizione del metro era legata alle dimensioni del nostro pianeta (il metro era definito come la quarantamilionesima parte del meridiano terrestre), nel 1983 è stata adottata una nuova definizione, basata sulla propagazione della luce nel vuoto, che certamente è meno immediata e facile da comprendere. Per quale motivo si è ritenuto di introdurre questo cambiamento, dato che anche la vecchia definizione era universale (la Terra è la stessa per tutti i suoi abitanti)?
5. Nel seguente elenco, quali sono le misure espresse in unità che non appartengono al S.I.?
  - a) Un serbatoio contiene  $80 \text{ m}^3$  di gasolio
  - b) Un pieno di benzina per un'automobile è di 65 litri
  - c) Una confezione di gocce per gli occhi contiene 10 ml di collirio
  - d) L'area di un tavolino è di  $2,25 \text{ m}^2$
  - e) La massa di un libro è di 5 hg
  - f) Per cuocere gli spaghetti sono necessari 12 minuti
  - g) La durata di una telefonata (con il cellulare) è di 300 s
6. Un libro alto 7 cm ha le pagine lunghe 16 cm e larghe 24 cm. Calcola l'area di ciascuna pagina e il volume del libro, esprimendo il risultato in unità del Sistema S.I.
7. Verifica la correttezza dei fattori di conversione riportati di seguito:

$$1 \text{ Mm}^2 = 10^{12} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10^{-12} \text{ Mm}^2$$

$$1 \text{ km}^2 = 10^6 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10^{-6} \text{ km}^2$$

$$1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ mm}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10^6 \text{ mm}^2$$

$$1 \text{ }\mu\text{m}^2 = 10^{-12} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 = 10^{12} \text{ }\mu\text{m}^2$$

8. Verifica la correttezza dei fattori di conversione riportati di seguito:

$1 \text{ Mm}^3 = 10^{18} \text{ m}^3$	$1 \text{ m}^3 = 10^{-18} \text{ Mm}^3$
$1 \text{ km}^3 = 10^9 \text{ m}^3$	$1 \text{ m}^3 = 10^{-9} \text{ km}^3$
$1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$	$1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$
$1 \text{ mm}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$	$1 \text{ m}^3 = 10^9 \text{ mm}^3$
$1 \mu\text{m}^3 = 10^{-18} \text{ m}^3$	$1 \text{ m}^3 = 10^{18} \mu\text{m}^3$

9. Un foglio formato A4 è lungo 297 mm e largo 210 mm. Calcola il suo perimetro in millimetri e in metri e poi calcola la sua area in  $\text{mm}^2$  e in  $\text{m}^2$ .

10. La Terra si può considerare una sfera, di raggio  $R = 6380 \text{ km}$ . Calcola la sua superficie e il suo volume in unità del S.I. e poi decidi se è meglio presentare il risultato utilizzando opportuni multipli di queste unità.

11. Scrivi in notazione scientifica, approssimando alla seconda cifra decimale:

$560010000 = \dots\dots\dots$	$0,078300 = \dots\dots\dots$	$0,00980 = \dots\dots\dots$
$0,032600 = \dots\dots\dots$	$840050000 = \dots\dots\dots$	$0,0791 = \dots\dots\dots$
$0,0736 = \dots\dots\dots$	$0,003240100 = \dots\dots\dots$	$5987700000 = \dots\dots\dots$
$890000870000 = \dots\dots\dots$	$0,041100 = \dots\dots\dots$	$0,00779 = \dots\dots\dots$

12. Trasforma in unità del Sistema Internazionale scrivendo il risultato in notazione scientifica:

$23 \text{ mg} = \dots\dots\dots$	$467 \text{ ore} = \dots\dots\dots$	$0,045 \text{ km} = \dots\dots\dots$
$98 \text{ giorni} = \dots\dots\dots$	$0,07 \text{ mg} = \dots\dots\dots$	$83,4 \text{ km} = \dots\dots\dots$
$3,34 \text{ mg} = \dots\dots\dots$	$34,3 \text{ km} = \dots\dots\dots$	$98 \text{ ore} = \dots\dots\dots$
$4,56 \text{ km} = \dots\dots\dots$	$520 \text{ mg} = \dots\dots\dots$	$343 \text{ ore} = \dots\dots\dots$

13. Trasforma in unità del Sistema Internazionale scrivendo il risultato in notazione scientifica:

$300 \mu\text{g} = \dots\dots\dots$	$2 \text{ settimane} = \dots\dots\dots$	$0,03 \text{ mm} = \dots\dots\dots$
-------------------------------------	---	-------------------------------------

3 anni = .....	33 cm =.....	62 minuti = .....
27 g = .....	0,5 ore =.....	0,15 $\mu\text{m}$ = .....
3422 m = .....	433 kg =.....	1,5 m = .....

14. Trasforma in unità del S.I. scrivendo il risultato in notazione scientifica:

$89 \text{ cm}^2 =$	$0,751 \text{ km}^3 =$
$0,76 \text{ km}^2 =$	$353 \text{ mm}^3 =$
$453 \text{ km}^2 =$	$0,34 \text{ cm}^3 =$
$671 \text{ mm}^2 =$	$72,1 \text{ km}^3 =$

15. Stabilisci se le seguenti operazioni con grandezze fisiche si possono eseguire. Se la risposta è negativa, spiega perché. Se la risposta è positiva, specifica se si possono eseguire direttamente o se bisogna eseguire operazioni preliminari:

- a)  $54 \text{ m} + 780 \text{ km}$
- b)  $78 \text{ g} - 300 \text{ kg}$
- c)  $23 \text{ m} + 42 \text{ g}$
- d)  $99 \text{ s} + 35 \text{ mm}$

16. Un film è durato 1 ora e 40 minuti. Esprimi la durata solo in ore e poi solo in minuti.

Attenzione: 1 ora e 40 minuti NON si scrive 1,40 ore!

17. Cronometra il tempo che impieghi a leggere una pagina. Esprimi il risultato in ore, poi in minuti e infine in secondi.

18. Durante una maratona, un atleta corre per 4 ore, 28 minuti e 13 secondi. Esprimi la durata della corsa solo in ore, poi solo in minuti e poi solo in secondi.

19. Converti in unità del S.I. a) un anno b) un mese c) un giorno.

20. Di seguito sono riportate alcune lunghezze o distanze. Per ognuno dei valori elencati, indica qual è il prefisso più adatto per esprimere la misura:

- a) Distanza Terra-Sole =  $149600000000 \text{ m}$
- b) Raggio dell'atomo di idrogeno =  $5,29 \cdot 10^{-11} \text{ m}$
- c) Raggio della Terra =  $6380 \text{ km}$
- d) Dimensioni del virus dell'AIDS =  $0,00000009 \text{ m}$

21. Nei paesi anglosassoni sono molto usate alcune unità di lunghezza non accettate dal Sistema S.I.. Tra queste vi sono il “piede” e il pollice che in cm diventano:

- 1 pollice (inch) = 2,54 cm
- 1 piede (feet) = 30,48 cm

Calcola: la tua altezza in piedi e la diagonale dello schermo del tuo PC (o del tuo televisore) in pollici.

22. Di seguito sono elencate alcune misure. Per ognuna, riscrivi il valore in notazione scientifica e poi indica qual è il prefisso più adatto per esprimere la misura.

- a) diametro terrestre medio = 12000000 m
- b) lunghezza del Nilo = 6700000 m
- c) Fossa delle isole Figi = 10880 m
- d) Lunghezza di una mosca = 0.01 m
- e) Lunghezza di una pulce = 0.002 m
- f) Spessore medio di un capello = 0.0001 m

23. Esprimi i seguenti numeri mediante potenze di dieci:

- a) 0,0099                      b) 99000                      c) 0,078                      d) 149000000
- e) 0,00000000146              f) 0,33                      g) 5670003                      h) 0,0001

24. Esegui le seguenti operazioni con le potenze di 10:

$$10^3 \cdot 10^2 \cdot 10^4; \quad 10^3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-4}; \quad 10^3 \cdot 10^4 / 10^5; \quad 10^2 \cdot 10^6 / 10^7; \quad 10^3 + 10^4 / 10^5;$$
$$10^{-1} \cdot 10^{-2} \cdot 10^8; \quad 10^6 \cdot 10^{-2} + 10^{-4}; \quad 10 \cdot 10^3 / 10^4; \quad (10^2)^6 / 10^8; \quad (10^3)^2 \cdot 10^5$$

25. Calcola le seguenti espressioni:

a) 
$$a = \frac{10^{-3} \cdot 10^5 \cdot 10^2}{10^8 \cdot 10^{-2} \cdot 10}$$

b) 
$$b = \frac{10^{-2} \cdot 10^{-1}}{10^4 \cdot 10^3 \cdot 10^{-5}}$$

c) 
$$c = \frac{10^{-2} + 10^{-1}}{10^4 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}}$$

$$d) \quad d = \frac{(3 \cdot 10^{-2}) \cdot (0,2 \cdot 10^{-1})}{(5 \cdot 10^4) \cdot 10^{-6}}$$

26. Al termine di un calcolo devi sommare alcune misure di tempo:

$$t = 1310 \cdot 10^{-1} \text{ s} + 1,02 \cdot 10^2 \text{ s} + 99 \text{ s} + 7400 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

Esegui il calcolo esprimendo prima tutti gli addendi con la stessa potenza di dieci.

27. Al termine di un calcolo devi sommare alcune misure di lunghezza:

$$l = 1000 \cdot 10^{-2} \text{ m} + 0,03 \cdot 10^2 \text{ m} + 12000 \cdot 10^{-3} \text{ m} + 44 \text{ m}$$

Esegui il calcolo esprimendo prima tutti gli addendi con la stessa potenza di dieci.

## ESERCIZI DA SVOLGERE CON L'USO DEL FOGLIO ELETTRONICO

### Esercizio 1

Costruisci una tabella nella quale si esegue automaticamente la conversione in grammi a partire dai milligrammi fino ai kilogrammi. Le misure da convertire sono le seguenti:

$$2 \text{ kg}; 3 \text{ hg}; 45 \text{ dag}; 234 \text{ dg}; 56 \text{ cg}; 1234 \text{ mg}.$$

Dopo aver aperto e salvato con un nome un foglio di lavoro segui questa procedura:

1. a partire dalla casella A1 fino alla casella G1 inserisci in ordine decrescente le unità di misura come nella figura riportata sotto;
2. inserisci nella casella A2 il valore della massa espresso in kg;
3. inserisci nella casella B3 il valore della massa espresso in hg;
4. inserisci nella casella C4 il valore della massa espresso in dag;
5. inserisci nella casella E5 il valore della massa espresso in dg;
6. inserisci nella casella F6 il valore della massa espresso in cg;
7. inserisci nella casella G7 il valore della massa espresso in mg.

	A	B	C	D	E	F	G
1	kg	hg	dag	g	dg	cg	mg
2	2			2000			
3		3		300			
4			45	450			
5				23,4	234		
6				0,56		56	
7				1,234			1234

Dopo aver inserito i valori precedenti nella tabella, devi calcolare nelle caselle della colonna D il valore della conversione, espresso in grammi, utilizzando le formule della funzione prodotto. In particolare:

1. nella colonna D2 digita la formula “=1000\*A2” ottenendo la conversione da kg a g;
2. nella colonna D3 digita la formula “=100\*B3” ottenendo la conversione da hg a g;
3. nella colonna D4 digita la formula “=10\*C4” ottenendo la conversione da dag a g;
4. nella colonna D5 digita la formula “=0,1\*E5” ottenendo la conversione da dg a g;
5. nella colonna D6 digita la formula “=0,01\*F6” ottenendo la conversione da cg a g;
6. nella colonna D7 digita la formula “= 0,001\*G7” ottenendo la conversione da mg a g
7. salva il foglio di lavoro

## Esercizio 2

Costruisci una tabella nella quale si esegue automaticamente la conversione delle misure in grammi per poi eseguire la somma delle seguenti masse, sempre in grammi:

2 kg; 3 hg; 45 dag; 234 dg; 56 cg; 1234 mg.

Utilizza il foglio elettronico costruito per l’esempio precedente e esegui la somma nella casella D8 digitando nella stessa “=D2+D3+D4+D5+D6+D7” Che corrisponde alla relazione

$$2000 \text{ g} + 300 \text{ g} + 450 \text{ g} + 23,4 \text{ g} + 0,56 \text{ g} + 1,234 \text{ g} = 2775,194 \text{ g}$$

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>kg</b>	<b>hg</b>	<b>dag</b>	<b>g</b>	<b>dg</b>	<b>cg</b>	<b>mg</b>
2	2			2000			
3		3		300			
4			45	450			
5				23,4	234		
6				0,56		56	
7				1,234			1234
8				2775,194			
9							
10				2775,194			

Prova ora a convertire, in multipli e sottomultipli, il risultato ottenuto nella colonna D collocando i risultati della conversione nelle caselle della riga 10 in corrispondenza delle unità di misura riportate in cima alle varie colonne.

### Esercizi

1. In un foglio elettronico costruisci una tabella nella quale si esegue automaticamente la conversione in  $m^2$  a partire dai  $mm^2$  fino ai  $km^2$ .
2. In un foglio elettronico costruisci una tabella nella quale si esegue automaticamente la conversione in  $m^3$  a partire dai  $mm^3$  fino ai  $km^3$ .