

Sebbene le unità del SI siano quelle usate nell'industria e nella ricerca scientifica, occasionalmente ci riferiremo anche ad altri sistemi.

Ad esempio, per le unità di misura di lunghezza e di massa useremo a volte anziché il metro e il kilogrammo del SI, le unità del *sistema cgs*, cioè centimetro (cm) e grammo (g).

A prescindere dal sistema utilizzato, i multipli delle unità di base sono comuni. Per indicarli si usano prefissi standard che designano i multipli espressi tramite potenze del 10.

Ad esempio, il prefisso *kilo* (simbolo k) significa 1000, cioè 10^3 ; perciò 1 kilogrammo equivale a 10^3 grammi e 1 kilometro è 10^3 metri. In modo analogo, *milli* (simbolo m) è il prefisso per indicare un millesimo, cioè 10^{-3} ; così, 1 millimetro è 10^{-3} metri, e così via.

Unità di misura non SI

Unità di misura estranee al SI sono ampiamente utilizzate in campo scientifico, tecnico e nella vita quotidiana, come ad esempio la tonnellata per indicare la massa, il minuto e l'ora per indicare il tempo, il bar o l'atmosfera per indicare la pressione ecc.

In alcuni Paesi, come gli Stati Uniti d'America o il Canada, il SI non è stato ancora ufficialmente adottato e sono in uso unità di misura non SI che si basano su sistemi non decimali. In questi Paesi, la segnaletica stradale riporta le distanze in miglia (1 miglio equivale a 1609,344 metri) anziché in km come nel nostro Paese.

I sistemi anglosassoni sono collettivamente indicati come **Imperial System o Sistema Imperiale britannico**, e le loro unità come **imperial units**.

Tale sistema fu definito nel 1824 e da allora è rimasto in uso nel Regno Unito fino all'introduzione del SI. Grazie ad una normativa europea, comunque, le merci importate ed esportate dal Regno Unito riportano le misure inglesi accanto a quelle del SI.

Talora esistono differenze di valore tra omonime unità inglesi (UK) e americane (USA).

Dobbiamo porre estrema attenzione in questi casi. Infatti errori o dimenticanze nella conversione delle unità di misura possono portare anche grossi guai.

Pensate: nel 1983 un BOEING 767 della compagnia di bandiera canadese Air Canada rimase letteralmente a secco a 12 500 m di altitudine. Come si scoprì in seguito, durante il rifornimento a terra il serbatoio era stato riempito con 22300 libbre di carburante invece che con 22 300 kg!

Una libbra equivale a 0,454 kg.

In pratica l'aereo aveva ricevuto metà del carburante necessario! Fortunatamente l'incidente non ebbe conseguenze tragiche: infatti l'aereo riuscì ad atterrare a motori spenti su una pista di emergenza e nessuno dei passeggeri a bordo riportò ferite gravi.

Unità (sigla)	Grandezza	Valore in unità del SI
piede (ft)	lunghezza	0,3048 m
pollice (in)	lunghezza	0,0254 m
miglio terrestre (mi)	lunghezza	1609,344 m
miglio nautico (nm)	lunghezza	1852 m
libbra (lb)	massa	0,454 kg
oncia (oz)	massa	0,0283 kg

Vediamo ora insieme quali sono le unità di misura inglesi. Notiamo subito che il Sistema Imperiale, a differenza del SI, NON prevede unità di misura fondamentali, a partire dalle quali definire tutte le altre.

Le misure inglesi vengono comunque classificate in base alla grandezza fisica di riferimento. Nelle tabelle che seguono troverete:

- Il nome dell'unità di misura in inglese e in italiano
- Il simbolo
- Il valore di ogni unità di misura in riferimento ad altre misure inglesi (CONVERSIONE INTERNA)
- Il valore nell'unità di misura di riferimento del SI

Unità di lunghezza

Gran parte delle unità di misura di lunghezza anglosassoni hanno come riferimento lunghezze caratteristiche della mano e di altre parti del corpo. Anche se non esiste una misura fondamentale, le misure inglesi di lunghezza sono costruite come multipli e sottomultipli (in genere non decimali) del *pollice (inch)*:

$$1 \text{ in} = 25.4 \text{ mm}$$

Esse si possono quindi ottenere l'una dall'altra moltiplicando o dividendo per specifici fattori di conversione

Unità	Simbolo	Conversione interna	Conversione SI
<i>mil</i>	mil	0.001 in	25.4 mm
inch (pollice)	in		25.4 mm
hand (<i>palmo inglese</i>)		4 in	101.6 mm
span (<i>spanna inglese</i>)		9 in	228.6 mm
foot (<i>piede</i>)	ft	12 in	304.8 mm
cubit (<i> cubito inglese</i>)		18 in	457.2 mm

yard (iarda)	yd	36 in = 3 ft	914.4 mm
fathom (<i>braccio</i>)	fm	72 in = 2 yd	1.828 8 m
perch, pole, rod (<i>pertica inglese</i>)	rd, po	198 in = 5.5 yd	5.029 2 m
chain (<i>catena</i>)	ch	792 in = 66 ft	20.116 8 m
Furlong (stadio)	fur	10 ch = 220 yd	201.168 m
statute mile (<i>miglio</i>)	mi	8 fur = 1760 yd	1 609.344 m
league (<i>lega</i>)	lea	3 mi	4 828.032 m
nautical mile (<i>miglio marino</i>)	naut mi	6 080 ft	1 853.184 m
international nautical mile	int naut mi	1.150 779 mi	1 852 m
nautical league (<i>lega marina</i>)		3 int n mi	5 556 m

Unità di superficie

Come nel SI, le misure anglosassoni di superficie si ottengono elevando al quadrato le unità di misura della lunghezza. In particolare sono costruite come multipli e sottomultipli non decimali del *pollice quadrato* (square inch):

$$1 \text{ in}^2 = 645.16 \text{ mm}^2$$

Unità	Simbolo	Conversione interna	Conversione SI
square inch (<i>pollice quadrato</i>)	in ²		645.16 mm ²
square foot (<i>piede quadrato</i>)	ft ²	144 in ²	92 903.04 mm ²
square yard (<i>iarda quadrata</i>)	yd ²	9 ft ²	0.836 127 m ²
rood	ro	1210 yd ²	1 011.714 m ²
acre (<i>acro</i>)	ac	4 ro	4 046.856 m ² (0,404 ha)
square mile (<i>miglio quadrato</i>)	mi ²	640 ac	2.589 988 km ²

Come avrete notato, anche il Sistema Imperiale ha unità di misura specifiche per misurare la superficie degli appezzamenti di terreno. L'ACRO (simbolo ac) equivale a 0,404 ettari

Unità di volume

Come tutte le misure di volume, anche le misure inglesi si ottengono elevando al cubo le misure di lunghezza. Esse sono quindi costruite come multipli e sottomultipli non decimali del *pollice cubo* (cubic inch):

$$1 \text{ in}^3 = 16 387.1 \text{ mm}^3$$

Unità	Simbolo	Conversione interna	Conversione SI
cubic inch (<i>pollice cubo</i>)	in ³	-	16.387 cm ³

cubic foot (<i>piede cubo</i>)	ft ³	1 728 in ³	28.317 dm ³
cord foot	-	16 ft ³	0.453 07 m ³
cubic yard (<i>iarda cubica</i>)	yd ³	27 ft ³	0.764 55 m ³
cord	-	128 ft ³	3.624 56 m ³

Unità di capacità

In **Gran Bretagna** alcune unità di misura di capacità sono costruite come multipli e sottomultipli del *gallone britannico* (UK Gallon):

$$1 \text{ gal}_{\text{UK}} = 277.42 \text{ in}^3 = 4.546 09 \text{ dm}^3$$

Unità	Simbolo	Conversione interna	Conversione SI
fluid ounce (<i>onzia fluida</i>)	fl oz	1/160 gal	28.413 cm ³
gill	gi	1/32 gal	142.065 cm ³
pint (<i>pint</i>)	pt	1/8 gal	568.261 cm ³
quart	qt	1/4 gal	1.136 52 dm ³
gallon (<i>gallone</i>)	gal_{UK}	-	4.546 09 dm³
peck	pk	2 gal	9.092 18 dm ³
bushel	bu	8 gal	36.369 dm ³
quarter	-	64 gal	290.950 dm ³

Negli **USA** alcune unità di misura di capacità per **liquidi** sono costruite come multipli e sottomultipli del *gallone USA* (US Gallon):

$$1 \text{ gal}_{\text{US}} = 231 \text{ in}^3 = 3.785 41 \text{ dm}^3$$

Unità	Simbolo	Conversione interna	Conversione SI
fluid ounce (<i>onzia fluida</i>)	fl oz	1/128 gal	29.573 6 cm ³
gill	gi	1/32 gal	118.294 cm ³
liquid pint	liq pt	1/8 gal	473.176 cm ³
liquid quart	liq qt	1/4 gal	946.353 cm ³
gallon (<i>gallone</i>)	gal_{US}	-	3.785 41 dm³
oil barrel	-	42 gal	158.987 dm ³

Negli **USA** alcune unità di misura di capacità per **sostanze solide (dry)** sono costruite come multipli e sottomultipli del **bushel** :

$$1 \text{ bushel} = 2150 \text{ in}^3 = 35.239 \text{ dm}^3$$

Unità	Simbolo	Conversione interna	Conversione SI
dry pint	dry pt	1/64 bu	550.61 cm ³
dry quart	dry qt	1/32 bu	1.101 22 dm ³
bushel	bu	-	35.239 dm ³
dry barrel	dry bbl	105 qt	115.628 dm ³

Nella **marina mercantile** il volume interno di una nave viene chiamato *stazza* (in inglese **tonnage**) e viene misurato in *tonnellate di stazza* (in inglese **register tons**).

Unità	Conversione interna	Conversione SI
register ton (<i>tonnellata di stazza</i>)	100 ft ³	2.83168 m ³

ATTENZIONE : non confondere il **register ton** , che è un'unità di volume, con le **unità di massa** del sistema avoirdupois **short ton** e **long ton**.

Allo stesso modo, NON DOBBIAMO CONFONDERE il termine italiano *tonnellata di stazza* con la *tonnellata*, unità di massa pari a 1000 kg.

Unità di massa

Le principali unità di massa sono dette "**unità avoirdupois**" (avdp) [dal francese antico "avoir du pois" = avere del peso].

Le unità avoirdupois sono costruite come multipli e sottomultipli della *libbra (pound)*, definita come la massa del campione conservato presso il Board of Trade di Londra:

$$1 \text{ lb} = 453.592 \text{ 338 g}$$

Come noterete nella tabella seguente, oltre alle più note oncia e libbra, esistono molte altre unità di misura per la massa

Unità	Simbolo	Conversione interna	Conversione SI
grain (<i>grano</i>)	gr	1/7000 lb	64.798 91 mg
Dram (dramma)	drm	1/256 lb = 1/8 ounce	1,771 845 g
ounce (<i>oncia</i>)	oz	1/16 lb = 8 dram	28.349 g
pound (libbra)	lb	16 oz	0.453 592 338 kg
stone	st	14 lb	6.350 kg
quarter	qr	28 lb = 2 st	12.701 kg
cental	ctl	100 lb	45.359 kg
hundredweight	cwt	112 lb = 4 qr	50.802 kg
short ton	s tn	20 ctl	907.185 kg
long ton	tn	20 cwt	1 016.047 kg

Qualche curiosità :

Grain, dal latino *granum* = granello, chicco. Il **grain** del sistema avoirdupois ha lo stesso valore SI del **grain** dei *sistemi troy e apothecaries*.

Dram, dal latino *drachma* = unità di peso ateniese. Attenzione: la **dram** del sistema *avoirdupois* ha valore SI diverso dalla **dram** del sistema *apothecaries*.

Ounce: non confondere con l'omonima unità dei sistemi *troy e apothecaries*, che ha valore SI differente. **Ounce** deriva dal latino *uncia*, che significa dodicesima parte di un tutto. L'oncia troy è 1/12 della libbra troy. L'oncia troy ha valore SI **diverso** dall'oncia avoirdupois..

Pound, dal latino *pondus* = peso.

Le "unità troy" [dal nome della città francese di Troyes] sono ormai cadute in disuso. Tuttavia può capitare ancora di trovarle nell'industria dei metalli preziosi

Le unità troy sono costruite come sottomultipli della **libbra (pound)**, che ha valore diverso dalla libbra avoirdupois:

$$1 \text{ lb} = 373.242 \text{ g}$$

Unità	Simbolo	Conversione interna	Conversione SI
grain (<i>grano</i>)	gr	1/5760 lb	64.8 mg
carat (<i>carato</i>)	-	4 gr	0.259 g
pennyweight	dwt	24 gr = 1/20 oz	1.555 2 g
ounce (<i>oncia</i>)	oz tr	1/12 lb	31.103 5 g
pound (libbra)	lb tr	-	0.373 2 kg

ATTENZIONE NON confondere il **Carat** con il **carato metrico**, pari a 0.2 g.

Le "unità apothecaries" [dal termine arcaico *apothecary* = farmacista] sono ancora talvolta usate in campo farmaceutico.

Le unità apothecaries sono costruite come sottomultipli della **libbra (pound)**, che ha valore uguale alla libbra troy, ma diverso dalla libbra avoirdupois:

$$1 \text{ lb} = 373.242 \text{ g}$$

Unità	Simbolo	Conversione interna	Conversione SI
grain (<i>grano</i>)	gr	1/5760 lb	64.8 mg
scruple	-	20 gr	1.296 g
drachm	dr ap	60 gr = 1/96 lb	3.888 g
ounce (<i>oncia</i>)	oz ap	1/12 lb	31.103 5 g

pound (libbra)	lb ap	-	0.373 242 kg
----------------	-------	---	--------------

Scruple, dal latino *scrupulus* = sassolino aguzzo.

Unità di forza

Come unità di misura della forza, il sistema britannico utilizza la LIBBRA FORZA, pari alla forza peso esercitata dalla massa di una libbra sottoposta ad un'accelerazione di gravità di 9, 80665 m/s²

Nel SI l'unità di misura della forza è il NEWTON, pari alla forza esercitata da una massa di un kg sottoposta ad un'accelerazione di gravità di 9, 80665 m/s²

Risulta:

$$1\text{ lbf} \cong 4,45 \text{ N}$$

Unità	Simbolo	Conversione SI
pound force (<i>libbra-forza</i>)	lbf	4.448 N
poundal	pdl	0.138 N

Più correttamente :

- Il **pound-force** è la forza che, applicata alla massa di 1 lb avdp (SI: 0.453 kg), le imprime un'accelerazione pari all'accelerazione media di gravità (gravità campione) 32.17 ft/s² (SI: 9.80665 m/s²).
- Il **poundal** è la forza che imprime alla massa di 1 lb avdp (SI: 0.453 kg) l'accelerazione di 1 ft/s² (SI: 0.3048 m/s²).

Unità di pressione

Le unità di pressione sono ottenute dal rapporto tra un'unità di forza e un'unità di superficie. Il sistema britannico utilizza quindi come unità di pressione la psi, equivalente alla pressione esercitata da una libbra forza che agisce perpendicolarmente su una superficie di 1 pollice quadrato

$$1 \text{ psi} = 1 \text{ lbf/in}^2$$

Unità	Simbolo	Conversione SI
pound-force per square inch	psi	6 894.76 Pa
poundal per square foot	pdl/ft ²	1.488 Pa

Unità di energia, lavoro, calore

Da un punto di vista fisico, il lavoro di una forza è il prodotto dei moduli della forza e dello spostamento e in unità del SI si misura in JOULE:

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1(\text{kg} \cdot \text{m/s}^2) \cdot \text{m} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$$

l'energia è definita come la capacità di un corpo di compiere un lavoro. Essa si presenta in varie forme, ma ha sempre le stesse dimensioni fisiche e la stessa unità di misura, il joule. Analogamente, Il calore è l'energia trasferita tra due oggetti a causa della loro differenza di temperatura. Naturalmente si misura anch'esso in Joule.

Nel sistema britannico, è il prodotto di un'unità di forza per una lunghezza. Abbiamo quindi:

Unità	Simbolo	Conversione SI
pound-force foot	lbf ft	1.355 7 J
foot poundal	ft pdl	0.042 J
British thermal unit	Btu	1054.5 J
International British thermal unit	Btu _{IT}	1055.06 J
therm	therm	105.506 MJ

Sussistono le seguenti definizioni:

- **pound-force foot** è il lavoro svolto dalla forza di 1 lbf (SI: 4.448 N) per uno spostamento di 1 ft (SI: 0.3048 m) in direzione parallela alla forza.
- **foot poundal** è il lavoro svolto dalla forza di 1 pdl (SI: 0.138 N) per uno spostamento di 1 ft (SI: 0.3048 m) in direzione parallela alla forza.
- **Btu** è la quantità di calore che è necessario fornire alla massa di 1 lb (SI: 0.45359 kg) di acqua distillata per aumentare la sua temperatura da 60 a 61 °F (gradi Fahrenheit), cioè da 15.54 a 16.1 °C (gradi Celsius).
- **L'International Btu** venne definita nel 1956 in modo da far coincidere i valori numerici dei calori specifici misurati in Btu_{IT}/(lb °F) con quelli misurati in kcal/(kg °C).
- **therm** è pari a 100 000 International Btu.

Unità di potenza

La potenza è una misura di quanto rapidamente viene compiuto un lavoro. In Fisica essa è definita come il lavoro L compiuto in un tempo t:

$$\text{Potenza } P = L/t$$

Le dimensioni della potenza sono quelle di un lavoro diviso un tempo e la sua unità di misura, definita come 1 joule al secondo, è detta watt (W), in onore di James Watt (1736-1819), l'ingegnere e inventore scozzese che giocò un ruolo chiave nello sviluppo dei motori a vapore:

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

Nel Sistema anglosassone, si utilizza il CAVALLO VAPORE (hp).

Unità	Simbolo	Conversione SI
horse power (cavallo vapore brit.)	hp	745.7 W

1. **1 horse power** è la potenza corrispondente al lavoro di 550 lbf ft svolto in 1 s.
2. Non confondere l'**horse power (cavallo vapore britannico)** con il **cavallo vapore**, simbolo CV: 1 CV = 735.499 W. Entrambe le unità di misura sono comunque ormai obsolete.

Scale di temperatura

Il sistema britannico utilizza la **Scala Fahrenheit**. Essa fu introdotta nel 1724 dal fisico Gabriel Fahrenheit (Danzica 1686 - L'Aia 1736). Nato in Polonia, Fahrenheit lavorò in Inghilterra e in Olanda; nel 1714 costruì il primo termometro a mercurio.

La scala Fahrenheit (simbolo °F) è costruita attribuendo i valori:

32 °F	al punto di fusione dell'acqua a pressione atmosferica	(0°C, cioè 273.15 K)
212 °F	al punto di ebollizione dell'acqua a pressione atmosferica	(100°C, cioè 373.15 K)

L'intervallo tra i due valori è di 180 °F, corrispondenti a 100 °C = 100 K.
Pertanto 1°F = 5/9 °C = 5/9 K.

Conversioni:

Fahrenheit → Celsius	$T [^{\circ}\text{C}] = 5/9 T [^{\circ}\text{F}] - 17.78$
Fahrenheit → Kelvin	$T [\text{K}] = 5 T [^{\circ}\text{F}] / 9 + 255.37$
Celsius → Fahrenheit	$T [^{\circ}\text{F}] = 9/5 T [^{\circ}\text{C}] + 32$
Kelvin → Fahrenheit	$T [^{\circ}\text{F}] = 9 T [\text{K}] / 5 - 459.67$

Un'altra formula per convertire i Fahrenheit in gradi Celsius è la seguente:

$$T (^{\circ}\text{C}) = \frac{T (\text{F}) - 32}{1,8}$$

La **scala Rankine**, introdotta intorno al 1860 dal fisico scozzese W.J. Rankine e ormai caduta in disuso, è una *scala assoluta* riferita alla scala Fahrenheit (allo stesso modo in cui la scala assoluta Kelvin è riferita alla scala Celsius).

		Zero assoluto	Fusione del ghiaccio (a 1 bar)	Ebollizione dell'acqua (a 1 bar)
Scale centigrade	Celsius	-273.15	0	100
	Kelvin	0	273.15	373.15
Scale anglosassoni	Fahrenheit	-459.67	32	212
	Rankine	0	491.67	671.67