

Le unità di misura legali in Svizzera

Il metro	4
Il chilogrammo	5
Il secondo.....	6
L'ampere	7
Il kelvin.....	8
La mole.....	9
La candela.....	10
Il sistema legale di unita in Svizzera	11
Spazio e tempo	12
Meccanica	13
Energia e potenza	14
Temperatura e calore	14
Elettricità e magnetismo	15
Irradiazione e luce	16
Acustica	16
Radioattività e radiazioni ionizzanti.....	17
Fisica molecolare	17
Prefissi dei multipli e sottomultipli decimali delle unità.....	18
Principali modifiche apportate al sistema di misura svizzero	19
Precisazioni e spiegazioni supplementari.....	21
Conversione delle più comuni unità inglesi (UK) e americane (US) in unità SI.....	23

Si ringrazia qui l'Unione di Banche Svizzere che ci ha permesso di utilizzare l'opuscolo "Le unità di misura legali in Svizzera" da cui sono tratti testi e tabelle.

Unione di Banche Svizzere non si assume nessuna responsabilità per l'esattezza dei dati riportati.

Introduzione

Con effetto dall'1° gennaio 1978, la Svizzera ha profondamente modificato la sua legislazione in materia di metrologia, accogliendo un sistema di misura riconosciuto su piano internazionale e noto come «Système International d'Unités» (SI). Il passaggio al nuovo sistema si è imposto dopo che numerosi partner commerciali, in particolare i paesi della CEE, l'avevano introdotto da anni, e altre nazioni si apprestavano a farlo.

In che cosa consiste il sistema internazionale d'unità di misura? Come è nato e secondo quali criteri è stato concepito? Quali vantaggi presenta? Quali unità non sono più ammesse? È questo il tipo di domande alle quali il presente opuscolo cerca di dare risposta. Nella sua seconda parte, una serie di tabelle riporta le più comuni unità di misura previste dalla nuova legge federale. Allegato è infine un comodo inserto, nel quale sono riassunti i dati più importanti dell'opuscolo.

Gli inizi della metrologia in Svizzera

Lo scambio di beni presuppone l'esistenza di valori convenzionali di riferimento che ne permettano la misurazione. Anche in Svizzera sono sorte perciò, fin dai tempi più antichi, innumerevoli unità di misura diverse. All'origine esse variavano da luogo a luogo e talvolta lo stesso nome indicava, a seconda della località, grandezze diverse. Particolarmente difficile era orientarsi nel campo delle misure di capacità: il cantone di Lucerna, per esempio, conosceva sette diversi «quarti», il cantone di Argovia diciassette e il cantone Vaud addirittura venti. Quest'ultimo cantone sembra anzi essere stato il più prolifico in materia di unità di misura. Ne contava infatti almeno 69, mentre ne sarebbero bastate quattro.

Nel corso del XVIII secolo, l'estendersi delle relazioni commerciali e il progresso della scienza e della tecnica mostrarono sempre più chiaramente quali e quante difficoltà creava la «giungla» di unità di misura esistenti. Si giunse così, nel 1801, al primo tentativo di introdurre anche in Svizzera il sistema metrico adottato ufficialmente in Francia fin dal 1795. Anche se dapprima non coronata da successo - il nuovo sistema si discostava troppo da quelli abituali -, l'iniziativa aprì la strada ai successivi sviluppi. Nel 1835, dodici cantoni decisero di adottare il sistema metrico e la scala decimale, conservando però nei limiti del possibile la terminologia tradizionale del piede e della libbra. Nel 1851 la Confederazione, basandosi sulla costituzione promulgata nel 1848, rese obbligatorio per tutta la Svizzera il sistema «misto» dei dodici cantoni e nel 1868 dichiarò legittimo, accanto a quello, l'uso del sistema metrico «puro». Per superare le difficoltà create dalla coesistenza dei due sistemi fu necessario attendere il 1875, quando la Svizzera riconobbe valido solo il sistema metrico decimale e aderì, come uno degli stati fondatori, alla Convenzione Internazionale del Metro. Veniva così perfezionato l'ancoraggio a un sistema di misurazione esatto, sviluppato su basi scientifiche, sempre più diffuso su piano internazionale e ancora oggi valido almeno nei suoi lineamenti essenziali.

Sviluppo del Sistema Internazionale di Unità

La ratifica della Convenzione del Metro aveva reso possibile l'unificazione internazionale delle grandezze di riferimento per misurazioni di lunghezza, superficie, volume e peso. Il rapido sviluppo della tecnica nel corso del XIX secolo mostrò tuttavia che era necessario unificare anche le varie unità di misura esistenti in altri campi della fisica. Si vide sempre più chiaramente che nella natura tutto è intimamente collegato e che numerose unità metrologiche, affermatesi nell'ambito dello studio isolato di fenomeni naturali, erano in realtà del tutto inutili. Ci si rese conto, per esempio, che la potenza è una grandezza fisica comune all'elettricità, alla termologia e alla meccanica, e per misurarla basta una sola unità, invece delle tre allora esistenti e difficilmente comparabili fra loro, cioè il watt per l'elettricità, la caloria-ora per la termologia e il cavallo vapore per la meccanica. Gli sforzi per sviluppare un sistema unitario e coerente* di misurazione condussero infine, nel 1901, all'adozione del sistema proposto dall'italiano Giorgi, che prevedeva come unità di base il metro, il chilogrammo, il secondo e l'ohm. Da questo si sviluppò in seguito il sistema cosiddetto MKSA (metro, chilogrammo, secondo, ampere), riconosciuto in campo internazionale nel 1948. Con l'aggiunta di altre tre unità di base, si giunse quindi al Sistema Internazionale di Unità (SI), approvato nel 1960 in occasione della XI Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure.

Struttura del Sistema Internazionale d'Unità

Il SI è un sistema concepito su base rigidamente scientifica. Prevede sette unità di base, che in teoria permettono di misurare qualsiasi grandezza fisica. Il numero delle unità di base non è scelto in modo arbitrario ma dipende dal numero delle grandezze fisiche nel sistema che sono considerate come

indipendenti. Poiché il numero delle grandezze fisiche supera di sette quello delle equazioni determinanti (equazioni per definizione e leggi di natura), per misurarle occorrono sette unità, dette fondamentali o «di base».

Un'importante esigenza delle unità di base è che siano definibili con precisione almeno pari a quella consentita dalle attuali tecniche di misurazione. Debbono essere inoltre riproducibili in qualsiasi momento in laboratorio. Per soddisfare queste esigenze è stato necessario modificare ripetutamente le definizioni, che oggi non si basano più, ad eccezione del chilogrammo, su prototipi di riferimento (campioni) atti a materializzare la misura, ma su costanti naturali il cui valore numerico è determinabile per via sperimentale ovunque e in qualsiasi momento.

Le sette unità di base sono:

il metro (lunghezza)

il chilogrammo (massa)

il secondo (tempo)

l'ampere (intensità di corrente elettrica)

il kelvin (temperatura)

la mole (quantità di materia)

la candela (intensità luminosa)

Benché, allo stato attuale delle conoscenze scientifiche, combinando le sette unità di base sia possibile determinare quantitativamente qualsiasi grandezza fisica misurabile, ad alcune combinazioni d'uso frequente sono stati dati nomi particolari. Basterà citare il caso della grandezza «forza», la cui unità di misura è data dalla formula chilogrammo per metro diviso secondo al quadrato ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$), ma per la quale si usa comunemente il «newton». Le unità SI propriamente dette comprendono, oltre alle sette di base già menzionate, anche le unità derivate. Un'importante proprietà di queste ultime è la cosiddetta coerenza, il fatto cioè che tutte sono derivate da una combinazione di unità di base nella quale il fattore numerico è sempre 1. Si evitano così le complicate operazioni prima necessarie in taluni calcoli di conversione. Basterà ricordare, per esempio, che per convertire la vecchia unità di misura della forza meccanica, il chilopond o chilogrammo-peso, in $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ bisognava moltiplicarlo per il fattore numerico 9,80665.

La misurazione delle grandezze fisiche richiede talvolta valori numerici elevatissimi. Si ricorre pertanto all'uso di speciali abbreviazioni per i multipli e i sottomultipli decimali delle unità SI. La lunghezza di 1000 m, per esempio, può essere indicata come 1 chilometro (1 km). Anche le unità SI provviste di tali prefissi fanno parte del Sistema Internazionale di Unità.

Adozione del SI in Svizzera e principali conseguenze

Il sistema descritto è caratterizzato in primo luogo dalla mancanza di contraddizioni, nel senso che le unità di base permettono di definire in modo univoco qualsiasi grandezza fisica. In Svizzera il Sistema Internazionale di Unità è stato codificato nella Legge federale sulla metrologia, entrata in vigore il 1° gennaio 1978.

L'innovazione più importante rispetto al passato è che la legge riconosce ora solo alle unità SI la qualifica di unità di misura legali in Svizzera. Ciò significa che, per gli usi previsti dalla legge, tutte le altre sono vietate e durante il periodo transitorio dovevano essere abolite. Fanno eccezione alcune unità che seguiranno ad esistere per ragioni d'ordine pratico, come il minuto, l'ora, il litro, ecc. Fra le unità più note che la legge non permetterà di usare menzioniamo la caloria, il cavallo vapore e le varie unità di pressione atmosferica.

L'obbligo di usare le unità legali si applica soprattutto al commercio e ai negoziati - cioè ogni qualvolta almeno una delle parti contraenti compare in veste professionale -, nonché agli atti ufficiali della Confederazione, dei cantoni e degli altri enti pubblici compreso l'insegnamento. Nuova è anche, fra i campi d'applicazione della nuova metrologia legale, la menzione del settore sanitario e della sicurezza pubblica. Il loro impiego non è invece prescritto per i contratti di tipo non professionale conclusi tra persone private, e per l'esportazione di beni e di servizi.

*Un sistema di Unità di misura si dice coerente quando, moltiplicando o dividendo fra loro più unità di tale sistema, si ottengono nuove unità il cui valore è sempre unitario (vedi oltre).

Il metro

L'unità di base 1 metro è la lunghezza del tragitto percorso nel vuoto dalla luce durante 1/299 792 458 di secondo.

La prima definizione del metro risale all'epoca della rivoluzione francese, quando fu dichiarato equivalente alla diecimilionesima parte del quarto del meridiano terrestre, misurata sull'arco passante per Parigi, nel tratto limitato dalle città di Dunkerque e Barcellona. Il sistema di misurazione basato sul metro e sul chilogrammo fu adottato ufficialmente in Francia nel 1795. Come campione di riferimento servì un prototipo di platino a sezione rettangolare (*mètre des archives*), riprodotto in 11 esemplari distribuiti ai paesi interessati. Ottant'anni dopo, quando i vantaggi del sistema metrico erano ormai ampiamente riconosciuti in campo internazionale, la Convenzione del Metro stabilì nel 1875 che al vecchio prototipo se ne sostituisse uno nuovo e che il metro fosse accettato ufficialmente come unità di misura internazionale della lunghezza. Per il nuovo materiale di base la scelta cadde su una lega di platino e iridio. La sostituzione permise indubbiamente una più precisa e aggiornata definizione del metro, ma ben presto ci si rese conto che anche il nuovo prototipo era inadeguato alle crescenti esigenze della metrologia.

Già anteriormente, erano stati intrapresi sforzi intesi a vincolare il metro a una lunghezza data dalla natura, vale a dire a una costante naturale che, indipendentemente dall'invecchiamento, dall'influsso dell'uomo e dalla limitata disponibilità dei prototipi materiali di lunghezza, potesse ovunque e in ogni tempo essere riprodotta. In conseguenza di tali sforzi, nel 1960 il metro venne definito come l'equivalente di un multiplo della lunghezza d'onda che ha nel vuoto la luce arancione dello spettro del cripto-86. Era così compiuto il passo dal prototipo materiale della lunghezza a una concretizzazione fisica di tale grandezza.

La scoperta dell'orologio atomico e del raggio laser resero possibile il miglioramento dell'esattezza delle misure, e quindi della velocità della luce, quale termine d'unione tra la lunghezza (lunghezza d'onda) e il tempo (frequenza), che poteva essere determinata con precisione più elevata. Si è così giunti a fissare un valore della velocità della luce quale costante naturale ($299'792'458$ m/s) e a dare, nel 1983, una nuova definizione del metro che riporta l'unità di lunghezza alla velocità della luce nel vuoto. In principio, quindi, qualsiasi radiazione elettromagnetica può servire a misurare lunghezze, a condizione che la sua frequenza sia abbastanza stabile e conosciuta con sufficiente esattezza. Per l'attuazione pratica di questa nuova definizione del metro venne inoltre raccomandato l'impiego di diverse linee spettrali e frequenze laser stabilizzate su linee d'assorbimento molecolare. Presso l'Ufficio federale di metrologia (UFMET) vengono utilizzati laser elio-neon stabilizzati allo iodio come base per la misura di lunghezza.

Il chilogrammo

L'unità di base 1 chilogrammo è uguale alla massa del prototipo internazionale del chilogrammo.

Nel 1795 fu creata in Francia, oltre al metro, una nuova unità di misura del peso, il chilogrammo. La nuova unità fu definita come la massa di un decimetro cubo di acqua al punto di densità massima (4°C). Il campione di platino, preparato sulla base di questa definizione, è stato sostituito nel 1875 e nel 1889 da uno in lega di platino e iridio. Essendo risultato vano finora ogni sforzo per collegare l'unità di misura della massa a una costante naturale, il prototipo costruito nel 1889 e custodito a Sèvres presso Parigi, serve ancora oggi come grandezza di riferimento per le misurazioni di questo tipo. Ciascun paese aderente alla Convenzione del Metro ne ha ricevuta una copia - i cosiddetti campioni primari -, in base alla quale sono approntati i campioni secondari, che servono a loro volta per verificare i campioni da lavoro, con i quali si tarano infine i pesi e le bilance commerciali.

In Svizzera, in collegamento dei campioni secondari 1 chilogrammo alla copia del prototipo chilogrammo internazionale avviene con l'ausilio di un comparatore di massa che lavora automaticamente ed è sistemato in un contenitore ermetico d'acciaio. In tal modo è possibile confrontare sino a quattro campioni di massa con una riproducibilità di 1 µg (1 : 1'000'000'000) in un'atmosfera pressoché totalmente protetta dalle oscillazioni della pressione atmosferica e della temperatura.

L'Ufficio federale di metrologia (UFMET) dispone di comparatori e bilance per la taratura di piccoli e grandi pesi da 1 mg sino a 10'000 kg. Per tarare le grandi bilance, ad esempio quelle impiegate per pesare autoveicoli, l'UFMET tiene a disposizione dei cantoni, a cui compete tale obbligo, 3 autocarri in ciascuno dei quali sono sistemati 30 pesi da 500 kg l'uno; così, ad esempio, tramite unità elettriche realizzate con fisica quantica.

In riferimento alle altre unità di base negli altri paesi si cercano possibilità per realizzare l'unità di massa con una costante fondamentale.

Il secondo

L'unità di base 1 secondo è la durata di 9'192'631'770 periodi della radiazione corrispondente al passaggio tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo del cesio 133.

Tradizionalmente l'uomo ha suddiviso il tempo basandosi sul movimento di rotazione della terra attorno al proprio asse (giorno) e di rivoluzione attorno al sole (anno). Con l'affinarsi delle tecniche di misurazione ci si è resi conto tuttavia che, per le moderne esigenze di precisione, il moto dei corpi celesti non era sufficientemente costante e non garantiva quindi la necessaria regolarità. Oggi l'unità di misura del tempo viene perciò definita in riferimento a un particolare processo atomico.

Punto di partenza per questa definizione è la constatazione che i fotoni (quanti di luce) di stessa energia posseggono anche la stessa frequenza (periodo). Data quindi una transizione radiativa atomica esattamente nota, il secondo può essere definito come un certo multiplo del relativo periodo. Nel caso dell'atomo di cesio 133, la frequenza è compresa nella gamma delle microonde. Il multiplo ricercato è in questo caso 9'192'631'770. Un orologio al cesio costruito secondo tale principio permette oggi di ottenere una precisione di oltre 0,1 μ s al giorno.

Diverse centinaia di orologi atomici sono sparsi nel mondo intero. Sulla base delle indicazioni di circa 190 di tali orologi, dei quali 8 nell'Ufficio federale di metrologia a Wabern, 3 nell'Osservatorio di Neuchatel e presso le PTT a Berna, le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) di Parigi calcola il tempo atomico internazionale (Temps Atomique International, TAI). In ragione delle irregolarità della rotazione della terra, il tempo astronomico (Universal Time, UT) può scostarsi di oltre un secondo l'anno dal TAI. In considerazione di tali differenze, è stato deciso di introdurre una specie di tempo pratico che si chiama tempo universale coordinato (Universal Time Coordinated, UTC), in cui la durata del secondo corrisponde esattamente a quella del TAI, mentre l'allineamento sull'UT è ottenuto al meglio di $\pm 0,9$ di secondo, inserendo secondi intercalari positivi o negativi. La Svizzera ha aderito a tale Convenzione, che era stata firmata nel 1972.

L'ampere

L'unità di base 1 ampere è l'intensità di una corrente costante che, se mantenuta in due conduttori paralleli, rettilinei, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e distanziati di 1 metro nel vuoto, determina, tra questi conduttori, una forza uguale a $2 \cdot 10^{-7}$ newton su ogni metro di lunghezza.

Le tre unità elettriche più usate sono l'ampere (A), l'ohm (Ω) e il volt (V). Non potendole ricollegare alle tre unità fondamentali della meccanica (lunghezza, massa, tempo), per la loro misurazione è necessaria almeno una nuova unità di base. Alcune fondamentali note relazioni elettrologiche ($1V = 1W/1A$; $\Omega = 1V/1A$) hanno permesso di concludere che una sola nuova unità sarebbe stata sufficiente. La scelta è caduta infine sull'ampere. Una precisa realizzazione sperimentale dell'ampere è però assai difficile; essa può essere effettuata solo approssimativamente servendosi di una bilancia elettrodinamica. Comparata a quelle di altre unità di base, questa materializzazione dell'ampere è, con un'inesattezza valutata a $3 \cdot 10^{-6}$, relativamente poco precisa.

La più recente realizzazione dell'ampere assoluto, messa a punto dal National Physical Laboratory (NPL) in Inghilterra mediante una bobina mobile in un campo magnetico omogeneo (moving coil balance) ha un'inesattezza di soltanto un decimilionesimo. Questo ed altri esperimenti analoghi sono estremamente dispendiosi, poiché possono essere eseguiti soltanto in pochi grandi istituti metrologici statali.

Dal 1° gennaio 1990, con decisione del Comité International des Poids et Mesures (CIPM), le unità della tensione e della resistenza elettriche sono rappresentate con l'ausilio dei cosiddetti effetti quantici.

Il volt è realizzato per mezzo dell'effetto Josephson. Un circuito di elementi Josephson in serie è irradiato, alla temperatura dell'elio liquido (4,2 K), da un campo di microonde. La tensione prodotta dipende unicamente dalla frequenza esattamente misurabile e da costanti fondamentali. Il valore della costante Josephson ($K = 2e/h$) è stato internazionalmente stabilito a 483597,9 GHz/V. La riproducibilità del «volt Josephson» è di 1 nV.

La resistenza elettrica è rappresentata con l'ausilio dell'effetto dell'eco quantica. Una piastrina attraversata da corrente e composta da più strati semiconduttori viene esposta a un forte campo magnetico di una bobina superconduttrice. La resistenza risonante, formata da tensione risonante e dall'intensità della corrente, è una frazione intera della costante di Klitzing $R = h/e^2$. Il valore di questa costante internazionalmente stabilito ammonta a 25812,807 Ω . La resistenza risonante quantica è riproducibile con una relativa inesattezza inferiore a 10^{-8} .

Internazionalmente, con l'introduzione di entrambi gli esperimenti quantici, l'esattezza di realizzazione delle unità elettriche è stata migliorata del fattore dieci a cento.

L'inesattezza assoluta all'interno del sistema SI ammonta tuttavia a circa 10^{-7} e va ascritta al fatto che non è noto il valore numerico esatto delle costanti applicate.

Il kelvin

L'unità di base 1 kelvin è la frazione 1/273,16 della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua

La temperatura, in quanto grandezza che caratterizza il grado di calore di un corpo, è facilmente intuibile. A ciò si oppone però il fatto che la temperatura è divenuta una grandezza fisica rigorosamente definita soltanto a metà del secolo scorso, nell'ambito della fisica termica, che si andava sviluppando. Per il rilevamento della temperatura nell'ottica della tecnica di misurazione è necessaria una scala delle temperature valida a livello internazionale. Secondo le leggi della termodinamica, essa è stata definita stabilendo due termini fissi. Uno di questi è lo zero assoluto risultante dalla legge naturale, l'altro è un punto triplo dell'acqua cui è attribuito il valore di temperatura pari a 273,16 K. Il punto triplo dell'acqua corrisponde allo stato in cui le tre fasi, solida, liquida e gassosa, sono in equilibrio fra loro.

La scala fondamentale delle temperature così definita è detta scala termodinamica: la sua unità di misura è il kelvin (K). Le temperature di questa scala sono definite come temperature termodinamiche assolute. L'unica differenza con la scala Celsius generalmente impiegata consiste nel fatto che in quest'ultima il punto zero (0°C) è spostato, rispetto alla scala Kelvin, di 273,15 K verso l'alto.

Per poter determinare temperature termodinamiche precise secondo queste scale sono necessari i cosiddetti termometri primari fra cui, uno dei più importanti, è il termometro a gas.

Poiché la realizzazione pratica della scala di temperature termodinamiche, ad es. mediante termometri a gas, è oltremodo dispendiosa, sono state fissate le cosiddette «scale pratiche delle temperature» le quali uguagliano le prime con estrema approssimazione. La scala pratica attualmente in vigore è la «Scala internazionale delle temperature 1990» (ITS-90). Nella sua definizione è determinata un'intera serie di termini fissi assolutamente stabili delle temperature, le cui temperature termodinamiche sono state determinate in origine tramite termometri primari e quindi fissate conformemente alle definizioni. Fra questi termini fissi e a partire dai medesimi, sono interpolate risp. estrapolate le temperature con l'ausilio dei tipi di termometri parimente stabiliti nella definizione della scala. Nella gamma di temperature tra -38,8344°C e 29,7646°C, ad esempio, sono prescritti il punto triplo del mercurio e dell'acqua nonché il punto di fusione del gallio quali termini fissi e il termometro a resistenza di platino come strumento d'interpolazione. Questo termometro a resistenza consiste in una spirale di filo di platino estremamente puro chiusa in cristallo di quarzo. La misurazione della temperatura si basa sul fatto che la resistenza elettrica dei metalli varia con la temperatura. È possibile misurare con estrema precisione la resistenza di un tale termometro; il rilevamento assoluto di temperature è esatto sino a frazioni di millikelvin. Con l'ausilio di questi termometri secondari possono essere calibrati con grande precisione strumenti per misurare le temperature.

La mole

L'unità di base 1 mole è la quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12.

La nozione fisica di quantità di sostanza, e quindi la mole come sua unità di misura, è entrata relativamente tardi nel Sistema Internazionale di Unità, più precisamente in occasione della Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure del 1971. Il ritardo si spiega principalmente con il fatto che gli scienziati sono stati a lungo incerti se concepire la mole come unità di massa o come quantità adimensionale. Solo quando apparve sempre più chiaramente che ambedue le interpretazioni erano errate, si andò gradualmente affermando l'idea della mole come unità a sé stante, che andava aggiunta quindi alle altre unità di base.

La nozione «quantità di sostanza» permette di analizzare una proprietà fisica che finora le altre unità di base non avevano consentito di misurare. Tale proprietà si ricollega all'idea che la materia di un corpo è costituita da un certo quantitativo di particelle elementari, di cui la nuova unità di base permette di stabilire il numero. La mole ha infatti, per definizione, tante entità elementari quanti sono gli atomi contenuti in 12 grammi del nuclide di carbonio 12. Va aggiunto che, per quanto attiene alla definizione, il genere di entità elementare preso in esame è del tutto irrilevante. Si può trattare cioè tanto di atomi, quanto di molecole, di ioni, di elettroni e così via. È perciò essenziale, servendosi di questa unità di misura, specificare di quale entità elementare si tratta.

La mole può essere intesa in primo luogo come grandezza di riferimento, senza conoscere esattamente il numero delle particelle. In realtà si è riusciti anche a determinare quanti sono effettivamente gli atomi presenti in 12 g di carbonio 12. Tale valore, pari a:

$$(6,0221367 \pm 0,0000036) \cdot 10^{23} \text{ atomi/mol,}$$

è detto «numero di Loschmidt» o «di Avogadro». I delicati procedimenti di misurazione necessari per calcolare questa costante naturale sono stati eseguiti da grandi istituti specializzati, come il NIST (National Institute of Standards and Technology) negli USA.

Le varie designazioni prima in uso per questa unità, come grammomolecola, peso grammomolecolare, grammo-atomo, ecc., sono ormai superate e dovrebbero scomparire dall'uso. Corretta è solo la denominazione ufficiale di «mole». Per evitare malintesi, in futuro bisognerà inoltre parlare non più di «peso molecolare», bensì di «massa molare» e servirsi dell'unità kg/mol.

La candela

L'unità di base 1 candela è l'intensità luminosa, in una direzione determinata, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica della frequenza di $540 \cdot 10^{12}$ Hertz e che ha un'intensità energetica, nella medesima direzione, di 1/683 watt per steradiante.

Le unità fotometriche occupano una posizione particolare nel Sistema Internazionale di Unità. Essendo la luce nient'altro che un'irradiazione elettromagnetica la cui potenza è misurata in watt, non sarebbe di per sé necessario creare un'unità di misura particolare. In ragione dell'importanza centrale dell'occhio umano, è tuttavia stato convenuto di creare un'unità che definisca l'effetto soggettivo dell'irradiazione elettromagnetica sulla vista umana. Con l'unità fotometrica, noi non misuriamo quindi la luce nella sua natura fisica, bensì come percepita dall'occhio.

La sensibilità dell'occhio alla luce dipende dalla lunghezza d'onda, ovvero dal colore della luce; inoltre essa varia leggermente da individuo a individuo. Ove si voglia misurare la luce ricorrendo ad apparecchi fisici, come è attualmente il caso nella fotometria, ci occorre una misura per la sensibilità soggettiva alle singole componenti della luce visibile. Tale misura è data dal fattore spettrale di visibilità $V(\lambda)$; i suoi valori sono stati determinati a partire da misure fatte su numerosi individui e sono state fissate internazionalmente per le lunghezze d'onda da 360 a 830 nm. A partire da grandezze radiometriche (fisiche), le grandezze fotometriche si ottengono moltiplicando con il valore $V(\lambda)$ appropriato il contributo radiometrico per ogni lunghezza d'onda della luce visibile e integrando tali contributi nell'intero spettro visibile. Affinché sia assicurata la concordanza tra la grandezza radiometrica espressa in watt e la grandezza fotometrica in lumen (derivato da un'antecedente relazione con la candela), occorre introdurre suppletivamente il fattore moltiplicativo 683.

Precedentemente la candela doveva essere realizzata con un'apparecchiatura ben determinata, mentre ora la nuova definizione lascia molta più libertà nella sua realizzazione. All'UFMET la candela viene rappresentata mediante un gruppo di misuratori d'intensità luminosa calibrati radiometricamente a precisione assoluta. I ricevitori constano di rivelatori al silicio con un rendimento fotonico pari al 100 % e un filtro per l'adeguamento a $V(\lambda)$. L'intensità della luce delle lampadine normali è stabilita tramite la misurazione dell'intensità luminosa a una distanza prescritta, mediante l'ausilio della legge sulle distanze fotometriche. Anche l'unità d'intensità luminosa Lux è stabilita mediante confronto diretto tra il luxmetro da calibrare e il luxmetro normale.

Il sistema legale di unita in Svizzera

Nell'introduzione al presente opuscolo abbiamo tratteggiato brevemente lo sviluppo e la struttura del Sistema Internazionale di Unità, e le modalità della sua adozione in Svizzera. Nelle pagine che seguono presentiamo dettagliatamente, in forma tabellare, il sistema metrologico legalmente valido nel nostro paese. All'elenco delle unità di misura legali più frequentemente usate nella tecnica e nell'economia, abbiamo aggiunto un prospetto con i prefissi usati per formare i multipli e i sottomultipli decimali delle unità.

Oltre alle unità SI vere e proprie, stampate in neretto nella tabella, sono considerate legali in Svizzera varie altre unità di misura, il cui uso la legge consente per motivi di ordine pratico. Le unità SI comprendono a loro volta le sette unità di base già descritte, più le cosiddette unita derivate, le quali non sono altro che particolari combinazioni delle prime. Una di queste, tanto per fare un esempio, è l'unità di misura della velocità, ossia la formula m/s, risultante dalla combinazione delle unità di base metro e secondo.

Alcune unità conosciute, frequentemente usate nella pratica, hanno un proprio nome, come il newton, che designa la combinazione $\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$, o come il joule e il volt. Nella tabella indichiamo anche in quale rapporto esse stanno con l'unità di base. Nell'ultima colonna riportiamo infine, per ragioni di completezza, le unità di misura abrogate dalla legge, indicando anche il rispettivo rapporto di equivalenza con le nuove.

Spazio e tempo

Grandezza	Unità Si e altre unità legalmente ammesse	Relazione	Unità non ammesse legalmente
	Nome	Simbolo	
Lunghezza	metro	m	Unità di base fermi : 1 fm = 10^{15} m ångström : 1 Å = 10^{10} m miglio marino: 1 nmi = 1852 m unità astron. : 1 UA = $1,496 \cdot 10^{11}$ m parsec : 1 pc = $3,0857 \cdot 10^{16}$ m
Superficie	metro² ara ettaro Sezione efficace barn	m² a ha b	$1 \text{ m}^2 = 1 \text{ m} \cdot \text{m}$ $1 \text{ a} = 100 \text{ m}^2$ $1 \text{ ha} = 10000 \text{ m}^2$ $1 \text{ b} = 100 \text{ fm}^2 = 10^{-28} \text{ m}^2$
Volume	metro³ litro	m³ l, L	$1 \text{ m}^3 = 1 \text{ m} \cdot \text{m} \cdot \text{m}$ $1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3 = 1 \text{ dm}^3$
Angolo piano	radiante grado d'arco minuto d'arco secondo d'arco grado centesimale	rad ° ' " gon	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m}$ $1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$ $1' = 1^\circ/60$ $1'' = 1'/60$ $1 \text{ gon} = (\pi/200) \text{ rad}$
Angolo solido	steradiano	sr	$1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2$
Tempo	secondo minuto ora giorno	s min h d	Unità di base $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$ $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ d} = 86400 \text{ s}$
Velocità	metro/secondo chilometro/ora	m/s km/h	mach: 1 M = ca. 340 m/s nodo: 1 kn = 0,514444 m/s $1 \text{ km/h} = (1/3,6) \text{ m/s}$
Velocità angolare	radiante/secondo	rad/s	
Accelerazione	metro/secondo²	m/s²	$1 \text{ Gal} = 10^{-2} \text{ m/s}^2$
Accelerazione angolare	radiante/secondo²	rad/s²	
Frequenza	hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$
Numero di giri	1/secondo l/minuto	1/s l/min	$1/\text{s} = 1 \text{ s}^{-1}$, $1/\text{min} = 1 \text{ min}^{-1} = (1/60) \text{ s}^{-1}$

Meccanica

Grandezza	Unità Si e altre unità legalmente ammesse		Relazione	Unità non ammesse legalmente
	Nome	Simbolo		
Massa	chilogrammo	kg	Unità di base	quintale : 1 q = 100 kg
	grammo	g	1 g = 10 ⁻³ kg	
	tonnellata	t	1 t = 10 ³ kg	
	unità atomica di massa	u	1 u = 1,6605402 · 10 ⁻²⁷ kg	
	carato metrico	ct	1 ct = 2 · 10 ⁻⁴ kg	
	(per la massa delle pietre preziose)			
Massa lineica	chilogrammo/metro	kg/m		denier : 1 den = 1/9 mg/m
	Tex	tex	1 tex = 1 mg/m	
Massa areica	chilogrammo/metro²	kg/m²		
Massa volumica densità	chilogrammo/metro³	kg/m³		
Portata volumica	metro³/secondo	m³/s		
Portata in massa	chilogrammo/secondo	kg/s		
Impulso	chilogrammo · metro/secondo	kg · m/s	1 kg · m/s = 1 N · s	
Momento cinetico	chilogrammo · metro²/secondo	kg · m²/s	1 kg · m ² /s = 1 N · s · m	
Momento d'inerzia	chilogrammo · metro²	kg · m²		1 kp · m · s ² = 9,80665 kg · m ²
Forza	newton	N	1 N = 1 kg · m/s ²	1 dyn = 10 ⁻⁵ N 1 kp = 9,80665 N 1 kgf = 1 kg* = 9,80665 N 1 kp · m = 9,80665 N · m
Momento meccanico	newton · metro	N · m		
Tensione meccanica	newton/metro²			1 kp/m ² = 9,80665 N/m ²
Pressione	pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m ²	1 atm = 1,01325 · 10 ⁵ Pa
	bar	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa	1 at = 0,980665 · 10 ⁵ Pa
	millimetro di mercurio	mmHg	1 mmHg = 1,33322 · 10 ² Pa	1 Torr = 1,33322 · 10 ² Pa 1 barye = 0,1 Pa piezo : 1 pz = 10 ³ Pa 1 mm H ₂ O = 9,80665 Pa
Viscosità dinamica	pascal · secondo	Pa · s	1 Pa · s = 1 N · s/m ²	poise : 1 P = 10 ⁻¹ Pa · s
Viscosità cinematica	metro²/secondo	m²/s		stokes 1 St = 10 ⁻⁴ m ² /s
Tensione superficiale	newton/metro	N/m	1 N/m = 1 kg/s ²	

Energia e potenza

Grandezza	Unità Si e altre unità legalmente ammesse	Relazione	Unità non ammesse legalmente
	Nome	Simbolo	
Energia, lavoro quantità di calore	joule chilowattora elettronvolt	J kW · h eV	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$ $1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3,6 \text{ MJ}$ $1 \text{ eV} = 1,60217733 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ caloria: $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$ $1 \text{ CV} \cdot \text{h} = 2,6478 \text{ MJ}$ $1 \text{ kp} \cdot \text{m} = 9,80665 \text{ J}$ $1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J}$ thermia: $1 \text{ th} = 4,1855 \text{ MJ}$ $1 \text{ SKE} = 29,3076 \text{ MJ}$
Potenza, portata energetica, portata termica	watt	W	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} =$ $= 1 \text{ N} \cdot \text{m/s} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$ $1 \text{ CV} = 0,735499 \text{ kW}$ $1 \text{ kcal/h} = 1,163 \text{ W}$

Temperatura e calore

Grandezza	Unità Si e altre unità legalmente ammesse	Relazione	Unità non ammesse legalmente
	Nome	Simbolo	
Temperatura termodinamica	kelvin grado Celsius	K °C	Unità di base $\text{Temperatura } [^{\circ}\text{C}] = \text{Temperatura } [\text{K}] - 273,15$ differenza di temperatura : $1 \text{ } ^{\circ}\text{C} = 1 \text{ K}$
Entropia, capacità termica	joule/kelvin	J/K	$1 \text{ kcal}/^{\circ}\text{C} = 4,1868 \text{ kJ/K}$ clausius: $1 \text{ Cl} = 4,1868 \text{ J/K}$
Calore specifico	joule/ (chilogrammo · kelvin)	J/(kg · K)	$1 \text{ kcal}/(\text{kg}^{\circ}\text{C}) = 4,1868 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
Calore latente	joule/chilogrammo	J/kg	$1 \text{ kcal/kg} = 4,1868 \text{ kJ/kg}$
Conduttività termica	watt/(metro · kelvin)	W/(m · K)	$1 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m} \cdot ^{\circ}\text{C}) = 1,163 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Coefficiente di trasmissione termica	watt/(metro² · kelvin)	W/(m² · K)	$1 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}) = 1,163 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Electricità e magnetismo

Grandezza	Unità SI e altre unità legalmente ammesse		Relazione	Unità non ammesse legalmente
	Nome	Simbolo		
Corrente elettrica	ampere	A	Unità di base	
Carica elettrica	coulomb	C	$1\text{ C} = 1\text{ A} \cdot \text{s}$	
Tensione elettrica	volt	V	$1\text{ V} = 1\text{ W/A}$	
Resistenza, impedenza, reattanza	ohm	W	$1\ \Omega = 1\text{ V/A}$	
Conduttanza, ammettenza	siemens	S	$1\text{ S} = 1/\Omega$	
Capacità elettrica	farad	F	$1\text{ F} = 1\text{ C/V}$	
Densità di corrente	ampere/metro²	A/m²		
Campo elettrico	volt/metro	V/m		
Spostamento elettrico, polarizzazione	coulomb/metro²	C/m²		
Resistività	ohm · metro	W · m		
Densità di carica volumica		coulomb/metro³		C/m³
Flusso magnetico	weber	Wb	$1\text{ Wb} = 1\text{ V} \cdot \text{s}$	Maxwell : $1\text{ Mx} = 10^{-8}\text{Wb}$
Induzione magnetica	tesla	T	$1\text{ T} = 1\text{ Wb/m}^2$	gauss : $1\text{ G} = 10^{-4}\text{ T}$
Induttanza	henry	H	$1\text{ H} = 1\text{ Wb/A}$	
Intensità di campo magnetico	ampere/metro	A/m		oersted : $1\text{ Oe} = 79,5775\text{ A/m}$
Permittività	farad/metro	F/m		
Permeabilità	henry/metro	H/m		

Irradiazione e luce

Grandezza	Unità Si e altre unità legalmente ammesse	Relazione	Unità non ammesse legalmente
	Nome	Simbolo	
Energia raggiante	joule	J	
Flusso raggiante	watt	W	
Intensità energetica	watt/steradiante	W/sr	
Radianza	watt/ (steradiante · metro²)	W/(sr · m²)	
Irradiazione	watt/metro²	W/m²	
Intensità luminosa	candela	cd	Unità di base candela intern. : 1 IK = 1,019 cd candela nuova : 1 NK = 1 cd
Luminanza	candela/metro²	cd/m²	stilb : 1 sb = 10 ⁴ cd/m ² apostilb : 1 asb = (1/π) cd/m ² lambert : 1 La = (1/1π) · 10 ⁴ cd/ m ²
Flusso luminoso	lumen	lm	1 lm = 1 cd · sr
Quantità di luce	lumen · secondo	lm · s	
Illuminamento	lux	lx	1 lx = 1 lm/m ²
Esposizione alla luce	lux · secondo	lx · s	
Potere di rifrazione (ottici)	diottria		

Acustica

Grandezza	Unità Si e altre unità legalmente ammesse	Relazione	Unità non ammesse legalmente
	Nome	Simbolo	
Frequenza	hertz	Hz	1 Hz = 1/s
Lunghezza d'onda	metro	m	
Velocità acustica	metro/secondo	m/s	
Potenza acustica	watt	W	1 W = 1 J/s
Intensità acustica	watt/metro²	W/m²	Livello di potenza acustica [dB] = 10 · log $\frac{\text{potenza acustica [pW]}}{10^{-12} \text{ pW}}$
Pressione acustica	pascal	Pa	1 Pa = 1 N/ m ² Livello di pressione acustica [dB] = 20 · log $\frac{\text{pressione acustica [μPa]}}{20 \text{ μPa}}$

Radioattività e radiazioni ionizzanti

Grandezza	Unità Si e altre unità legalmente ammesse		Relazione	Unità non ammesse legalmente
	Nome	Simbolo		
Radioattività	becquerel	Bq	1 Bq = 1/s	curie : 1 Ci = $37 \cdot 10^9$ Bq
Dose assorbita	gray	Gy	1 Gy = 1 J/kg	rad : 1 rd = 0,01 Gy
Rateo di dose assorbita	gray/secondo	Gy/s		
Equivalente di dose	sievert	Sv	1 Sv = 1 J/kg	rem : 1 rem = 0,01 Sv
Rateo di equivalente di dose	sievert/secondo	Sv/s		
Esposizione	coulomb/ chilogrammo	C/kg		röntgen : 1 R = 0,000258 C/kg
Rateo di esposizione	ampere/ chilogrammo	A/kg		

Fisica molecolare

Grandezza	Unità Si e altre unità legalmente ammesse		Relazione	Unità non ammesse legalmente
	Nome	Simbolo		
Quantità di materia	mole	mol	Unità di base	
Massa molare	chilogrammo/mole	kg/mol		
Volume molare	metro³/mole	m³/mol		
Energia interna molare	joule/mole	J/mol		
Capacità termica molare	joule/(mole · kelvin)	J/(mol · K)		
Concentrazione molare volumica	mole/metro³	mol/m³		
Concentrazione molare massica	mole/chilogrammo	mol/kg		

Prefissi dei multipli e sottomultipli decimali delle unità

In linea di principio sarebbe senz'altro possibile limitarsi all'uso delle unità SI nella loro forma «normale». Per ragioni di spazio, tuttavia, e anche per non appesantire troppo la lettura, in caso di valori numerici elevati è consentito ricorrere a multipli e sottomultipli decimali delle unità. Per formarli ci si serve di determinati prefissi, anteposti direttamente al simbolo della relativa unità. Non è tuttavia consentito combinarli fra loro. L'esponente, se c'è, va sempre riferito in tal caso all'intera abbreviazione. I multipli e i sottomultipli decimali del chilogrammo vengono formati con il «grammo» oppure, per valori dai 100 chilogrammi in su, con la «tonnellata». Non sono ammessi i prefissi SI per le unità angolari $^{\circ}$, $'$, $''$, le unità del tempo min, h, d, le unità delle superfici a, ha, il carato metrico (ct), la diottria, nonché per il millimetro di mercurio.

Esempi:

$$12000 \text{ N} = 12 \cdot 10^3 \text{ N} = 12 \text{ kN}$$

$$15600000 \text{ m}^2 = 15,6 \cdot 10^6 \text{ m}^2 = 15,6 (10^3 \cdot \text{m})^2 = 15,6 \text{ km}^2$$

$$0,00005 \text{ s} = 50 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 50 \text{ } \mu\text{s}$$

$$0,004 \text{ } \mu\text{m} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ } \mu\text{m} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 4 \text{ nm}$$

$$0,000004 \text{ kg} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 4 \text{ mg}$$

$$6 \cdot 10^9 \text{ kg} = 6 \cdot 10^6 \text{ t} = 6 \text{ Mt}$$

$$7000 \text{ min} = 116,7 \text{ h} = 4,86 \text{ d}$$

Prefissi SI

Fattore	Prefisso	Simbolo
1 000 000 000 000 000 000 000 000	10^{24} yotta	Y
1 000 000 000 000 000 000 000	10^{21} zetta	Z
1 000 000 000 000 000 000	10^{18} exa	E
1 000 000 000 000 000	10^{15} peta	P
1 000 000 000 000	10^{12} tera	T
1 000 000 000	10^9 giga	G
1 000 000	10^6 mega	M
1 000	10^3 chilo	k
100	10^2 etto	h
10	10^1 deca	da
0,1	10^{-1} deci	d
0,01	10^{-2} centi	c
0,001	10^{-3} milli	m
0,000 001	10^{-6} micro	μ
0,000 000 001	10^{-9} nano	n
0,000 000 000 001	10^{-12} pico	p
0,000 000 000 000 001	10^{-15} femto	f
0,000 000 000 000 000 001	10^{-18} atto	a
0,000 000 000 000 000 000 001	10^{-21} zepto	z
0,000 000 000 000 000 000 000 001	10^{-24} yocto	y

Principali modifiche apportate al sistema di misura svizzero

Unità annullate

Nel commercio e nei negoziati, negli atti legislativi, nelle decisioni, nei contratti e negli altri atti ufficiali validi sul territorio nazionale non è più permesso in Svizzera usare le unità di misura qui di seguito elencate.

Grandezza	Unità non ammesse		Nuove unità		Relazione vecchie/nuove
	Nome	Simbolo	Nome	Simbolo	
Lunghezza	ångström	Å	nanometro	nm	$1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m} = 0,1 \text{ nm}$
	fermi		femtometro	fm	$1 \text{ fermi} = 10^{-15} \text{ m} = 1 \text{ fm}$
	miglio marino	nmi	chilometro	km	$1 \text{ nmi} = 1,852 \text{ km}$
	unità astronomica	UA	metro	m	$1 \text{ UA} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$
	parsec	pc	metro	m	$1 \text{ pc} = 3,0857 \cdot 10^{16} \text{ m}$
Massa	quintale	q	chilogrammo	kg	$1 \text{ q} = 100 \text{ kg}$
Massa lineica	denier	den	milligrammo/ metro	mg/m	$1 \text{ den} = 1/9 \text{ mg/m} = 1/9 \text{ tex}$
Forza	dina	dyn	micronewton	µN	$1 \text{ dyn} = 10^5 \text{ N} = 10 \text{ µIN}$
	chilopond	kp	newton	N	$1 \text{ kp} = 9,80665 \text{ N}$
	chilogrammo-forza	kgf, kg*	newton	N	$1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg}^* = 9,80665 \text{ N}$
Velocità	mach	M	metro/secondo	m/s	$1 \text{ M} = \text{ca } 340 \text{ m/s}$
	nodo		metro/secondo	m/s	$1 \text{ nodo} = 0,514444 \text{ m/s}$
Accelerazione	gal	Gal	centimetro/ secondo ²	cm/s ²	$1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm/s}^2$
Pressione	barria	barye	pascal	Pa	$1 \text{ barye} = 10^{-1} \text{ Pa}$
	piezo	pz	chilopascal	kPa	$1 \text{ pz} = 10^3 \text{ Pa} = 1 \text{ kPa}$
	atmosfera tecnica	at	chilopascal	kPa	$1 \text{ at} = 98,0665 \text{ kPa}$
	atmosfera fisica	atm	chilopascal	kPa	$1 \text{ atm} = 101,325 \text{ kPa}$
	torr	Torr	pascal	Pa	$1 \text{ Torr} = 133,322 \text{ Pa}$
	mm d'acqua	mm H ₂ O	pascal	Pa	$1 \text{ mm H}_2\text{O} = 9,80665 \text{ Pa}$
Energia	erg	erg	microjoule	µJ	$1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ J} = 0,1 \text{ µJ}$
	caloria intern.	cal	joule	J	$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$
	caloria a 15 °C	cal ₁₅	joule	J	$1 \text{ cal} = 4,1855 \text{ J}$
	thermia	th	megajoule	MJ	$1 \text{ th} = 4,1855 \text{ MJ}$
	unità di carbone fossile	SKE	megajoule	MJ	$1 \text{ SKE} = 29,3076 \text{ MJ}$
Potenza	cavallo vapore	CV	chilowatt	kW	$1 \text{ CV} = 0,735499 \text{ kW}$
Viscosità dinamica	poise	P	pascal · secondo	Pa · s	$1 \text{ P} = 0,1 \text{ Pa} \cdot \text{s}$
Viscosità cinematica	stokes	St	centimetro ² / secondo	cm ² /s	$1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2/\text{s}$
Entropia	clausius	Cl	joule/kelvin	J/K	$1 \text{ Cl} = 4,1868 \text{ J/K}$
Campo magnetico	oersted	Oe	ampere/metro	A/m	$1 \text{ Oe} = (1000/4\pi) \text{ A/m}$

Grandezza	Unità non ammesse		Nuove unità		Relazione vecchie/nuove
	Nome	Simbolo	Nome	Simbolo	
Flusso magnetico	maxwell	Mx	nanoweber	nWb	$1 \text{ Mx} = 10^{-8} \text{ Wb} = 10 \text{ nWb}$
Induzione magnetica	gauss	G	millitesla	mT	$1 \text{ G} = 10^{-4} \text{ T} = 0,1 \text{ mT}$
Intensità luminosa	candela intern.	IK	candela	cd	$1 \text{ IK} = 1,019 \text{ cd}$
	candela nuova	NK	candela	cd	$1 \text{ NK} = 1 \text{ cd}$
Luminanza	stilb	sb	candela/metro ²	cd/m ²	$1 \text{ sb} = 10^4 \text{ cd/m}^2$
	lambert	La	candela/metro ²	cd/m ²	$1 \text{ La} = (1/\pi) 10^4 \text{ cd/m}^2$
	apostilb	asb	candela/metro ²	cd/m ²	$1 \text{ asb} = (1/\pi) \text{ cd/m}^2$
Radioattività	curie	Ci	becquerel	Bq	$1 \text{ Ci} = 37 \cdot 10^9 \text{ Bq}$
Dosa assorbita	rad	rd	gray	Gy	$1 \text{ rd} = 0,01 \text{ Gy}$
Equivalente di dose	rem	rem	Sievert	Sv	$1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$
Esposizione	röntgen	R	coulomb/chilogrammo	C/kg	0,000258 C/kg

Precisazioni e spiegazioni supplementari

1. Peso e massa

Finora la nozione di «peso» è stata usata con almeno tre significati diversi:

- come *massa*, per indicare il dato quantitativo fornito dalla bilancia
- come *forza*, cui un corpo è soggetto per effetto della gravitazione
- come *nome* per i pezzi graduati della pesiera usati in certe bilance.

Per non incorrere in malintesi, nelle scienze e nella tecnica sarà bene evitare questa nozione, anche se nel linguaggio corrente continuerà ad essere usata con il significato di «massa». In altre parole, quando al mercato si dice, per esempio che un panetto di burro «pesa» 100 grammi o un sacco di patate 50 kg, si tratta in realtà di una certa quantità di massa, la cui misura rimane la stessa, tanto se effettuata sulla terra quanto sulla luna. Riferendosi invece al peso in senso proprio, cioè alla forza esercitata dalla gravità terrestre su quel corpo, molti preferiscono parlare di *forza peso* o *forza gravitazionale*. Questa dipende d'altro lato dalla cosiddetta accelerazione di gravità, il cui valore medio convenzionale sulla terra è di $9,80665 \text{ m/s}^2$. La forza di gravità di una massa di 1 kg ammonta pertanto:

sulla terra a $\approx 9,81 \text{ N}$

sulla luna a $\approx 1,63 \text{ N}$

su Marte a $\approx 4 \text{ N}$

Per lo stesso motivo i pesi graduati delle bilance dovrebbero essere chiamati in altro modo per esempio «pezzi della pesiera» o anche «campioni ponderali».

La loro massa è indicata in chilogrammi

2. Carico e massa

La nozione di «carico», adoperata anch'essa finora con vari significati, dovrebbe essere usata in futuro solo nel senso di una forza agente dall'esterno (escluse le spinte di reazione). La sua unità SI è il newton. La capacità di carico, per esempio, di un automezzo o di una gru va invece intesa come massa e per differenziarla meglio dall'altra bisognerebbe preferirle termini come *portata*. Le relative unità SI sono il chilogrammo e la tonnellata.

3. kp, kgf, kg* - N

La doppia possibilità di intendere il chilogrammo prototipo di Sèvres come 1 kg di massa o come forza peso (dato un certo valore all'attrazione terrestre) pari a 1 kg, ha favorito nel passato l'insorgere di nomi e simboli diversi per la seconda accezione (kp, kgf, kg*) Il Sistema Internazionale di Unità, invece, definisce il chilogrammo prototipo come unità base di massa, mentre la forza peso è considerata, in armonia con la legge di Newton, una grandezza derivata, che non ha quindi bisogno di una speciale denominazione. La forza peso, infatti, è il prodotto della massa per l'accelerazione di gravità. Sulla terra, 1 kg di massa ha una forza peso pari a $1 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$, ovvero $9,81 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2$. Per semplicità si è preferito tuttavia adottare il newton (N) per designare l'unità composta $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2$. Le precedenti unità, cioè kp, kgf, kg*, sono dunque abrogate e al loro posto si userà

un multiplo del newton, secondo la seguente relazione:

$$1 \text{ kp} = 1 \text{ kgf} = 1 \text{ kg}^* = 9,80665 \text{ N}.$$

4. Accelerazione locale

L'accelerazione sul nostro pianeta dipende dal grado di latitudine, dall'altitudine sul livello del mare e dalla densità della crosta terrestre nel punto considerato. Per i calcoli tecnici è sufficiente in genere adottare il *valore-norma* convenzionale $g_n = 9,80665 \text{ m/s}^2$. Per calcoli speciali bisogna invece tener conto del fatto che il valore esatto può differire anche considerevolmente da quello standard. Nell'altopiano svizzero, per esempio lo scatto può arrivare allo 0,02%.

5. Pressione e tensione

Nei fluidi (gas e liquidi), pressione e tensione meccanica hanno la stessa dimensione fisica, pari al rapporto tra la forza agente e l'area della superficie. La tensione è una grandezza con direzione definita, la pressione si esercita invece in tutte le direzioni. È tuttavia preferibile distinguere come segue:

Tensione: N/m^2 , N/mm^2

Pressione: Pa, kPa, bar.

6. Pressione assoluta e relativa

Nella pratica si è soliti distinguere tra pressione assoluta e pressione relativa o effettiva. Finora la distinzione veniva fatta aggiungendo direttamente un suffisso all'unità di misura, scrivendo per esempio «ata» per atmosfera assoluta e «atü» per quella effettiva. Il Sistema Internazionale di Unità non consente più l'uso di tali suffissi. Per distinguere sarà necessario specificare con sufficiente chiarezza il tipo di pressione al quale ci si riferisce, ovvero aggiungere la corrispondente abbreviazione alla formula.

7. Massa volumica e peso specifico

La massa *volumica* di un corpo è il rapporto fra la massa e il volume dello stesso. L'unità SI impiegata è kg/m^3 .

Il peso *specifico* era prima definito come il rapporto fra forza peso e volume di un corpo. Ma poiché la forza peso è funzione dell'accelerazione razionale di gravità, è preferibile non usare più questa nozione.

Conversione delle più comuni unità inglesi (UK) e americane (US) in unità SI

Grandezza		Unità	Simbolo	Conversione in unità SI
lunghezza	mil o thou		1 mil	= 25,4 μm
	inch	in	1 in = 1000 mil	= 2,54 cm
	foot	ft	1 ft = 12 in	= 0,3048 m
	yard	yd	1 yd = 3 ft	= 0,9144 m
	chain	ch	1 ch = 22 yd	= 20,1168 m
	furlong	fur	1 fur = 10 ch	= 201,168 m
	mile (statute)	mi	1 mi = 8 fur	= 1609,344 m
	fathom	fath	1 fath = 6 ft	= 1,8288 m
	nautical mile (intern.)	nmi	1 nmi	= 1852 m
Superficie	square inch	sq in	1 sq in	= 6,4516 cm ²
	square foot	sq ft	1 sq ft = 144 sq in	= 929,030 cm ²
	square yard	sq yd	1 sq yd = 9 sq ft	= 0,836127 m ²
	rood		1 rood = 1210 sq yd	= 1011,71 m ²
	acre		1 acre = 4 roods	= 4046,86 m ²
	square mile (US)	sq mi	1 su mi = 640 acres	= 2,589 99 km ²
Volume	cubic inch	cu in	1 cu in	= 16,3871 cm ³
	cubic foot	cu ft	1 cu ft	= 28,316 8 dm ³
	cubic yard	cu yd	1 cu yd	= 0,764555 m ³
Misura di capacità UK	UK fluid ounce	UK fl oz	1 fl oz	= 28,4131 cm ³
	UK gill		1 gill = 5 fl oz	= 0,142065 dm ³
	UK pint	UK pt	1 pt = 4 gills	= 0,568261 dm ³
	UK quart	UK qt	1 qt = 2 pt	= 1,13652 dm ³
	UK gallon	UK gal	1 gal = 4 qt	= 4,54609 dm ³
	UK bushel	UK bu	1 bu	= 36,37 dm ³
Misura di capacità US (fluidi)	US minim	min	1 min	= 0,061612 cm ³
	US fluid dram	fl dr	1 fl dr = 60 min	= 3,69669 cm ³
	US fluid ounce	US fl oz	1 fl oz = 8 fl dr	= 29,5735 cm ³
	US gill	gi	1 gi = 4 fl oz	= 0,118294 dm ³
	US liquid pint	liq pt	1 liq pt = 4 gi	= 0,473176 dm ³
	US liquid quart	liq qt	1 liq qt = 2 liq pt	= 0,946353 dm ³
	US gallon	US gal	1 gal = 4 liq qt	= 3,78541 dm ³
	US barrel (oil)	bbl	1 bbl = 42 gal	= 158,987 dm ³
Misura di capacità US (merci secche)	US dry pint	dry pt	1 dry pt	= 0,550610 cm ³
	US dry quart	dry qt	1 dry qt = 2 dry pt	= 1,10122 dm ³
	US peck	pk	1 pk = 8 dry qt	= 8,80976 dm ³
	US bushel	bu	1 bu = 4 pk	= 35,2391 dm ³
	US dry barrel	bbl (dry)	1 bbl = 7056 cu in	= 115,627 cm ³
Velocità	mile per hour	mi/h, mph	1 mi/h	= 0,44704 m/s
	knot (internazionale)	kn	1 kn = 1 nmi/h	= 0,514444 m/s
Massa Sistema avoir du poids	grain	gr	1 gr	= 0,064799 g
	dram	dr	1 dr = 27,34375 gr	= 1,77185 g
	ounce	oz	1 oz = 16 dr	= 28,3495 g
	pound	lb	1 lb = 16 oz	= 0,453592 kg
	stone (UK)		1 stone = 14 lb	= 6,35029 kg
	quarter (UK)	qr	1 qr = 28 lb	= 12,7006 kg
	hundredweight (UK)	cwt	1 cwt = 112 lb	= 50,8023 kg
	(long) ton (UK)	ton	1 ton = 2240 lb	= 1016,05 kg
	short hundredweight (US)	sh cwt	1 sh cwt = 100 lb	= 45,3592 kg
	short ton (US)	sh ton	1 sh ton = 2000 lb	= 907,185 kg
	Sistema troy	grain	gr	1 gr
pennyweight		dwt	1 dwt = 24 gr	= 1,55517 g
troy ounce		oz tr	1 oz tr = 20 dwt	= 31,1035 g
troy pound		lb tr	1 lb tr = 12 oz tr	= 373,242 g

Grandezza		Unità	Simbolo	Conversione in unità SI
Forza	poundal	pdl	1 pdl = 1 lb ft/s ²	= 0,138255 N
	pound-force	lbf	1 lbf	= 4,44822 N
	ounce force	ozf	1 ozf = 1/16 lbf	= 0,273014 N
	UK ton-force	UK tonf	1 UK tonf = 2240 lbf	= 9964,02 N
	US to-force kip (US)	US tonf	1 US tonf = 2000 lbf 1 kip = 1000 lbf	= 8896,44 N = 4448,22 N
Pressione	poundal per square foot	pdl/ft ²	1 pdl/ft ²	= 1,48816 Pa
	pound-force per sq foot	lbf/ft ²	1 lbf/ft ²	= 47,8803 Pa
	pound-force per sq inch	lbf/in ² , psi	1 lbf/in ²	= 6,89476 kPa
	UK ton-force per sq foot	UK tonf/ft ²	1 UK tonf/ft ²	= 1,073 · 10 ⁵ Pa
	UK ton-force per sq inch kip per sq in (US)	UK tonf/in ² ksi	1 UK tonf/in ² 1 ksi	= 1,544 · 10 ⁷ Pa = 6,895 · 10 ⁶ Pa
Lavoro, energia, quantità di calore	foot pound-force	ft lbf	1 ft lbf	= 1,35582 J
	British thermal unit	Btu	1 Btu	= 1,05506 kJ
	therm	therm	1 therm = 10 ⁵ Btu	= 105,506 MJ
Potenza	British thermal unit/hour	Btu/h	1 Btu/h	= 0,293071 W
	horsepower	hp	1 hp = 550 ft · lbf/s	= 745,700 W
Portata in massa	pound/hour	lb/h	1 lb/h	= 0,125998 g/s
Portata volumica	cubic foot/minute	cu ft/min	1 cu ft/min	= 0,47195 dm ³ /s
	UK gallon/minute	UK gal/min	1 UK gal/min	= 75,768 cm ³ /s
	US gallon/minute	US gal/min	1 US gal/min	= 63,090 cm ³ /s
Temperatura	grado Fahrenheit	°F	Temperatura [°C] = (Temperatura [°F] - 32) · 5/9 differenza di temperatura : 1 °F = 5/9 °C = 5/9 K	