

UNITA' DI MISURA

Livio de Santoli, Francesco Mancini

Università La Sapienza di Roma

livio.desantoli@uniroma1.it

francesco.mancini@uniroma1.it

www.eeplus.it

www.ingenergia.it

Introduzione

- Le proprietà della materia che possono essere determinate quantitativamente si chiamano grandezze o variabili.
- Misurare una grandezza significa confrontare quella grandezza con un'altra di riferimento, ad essa omogenea, detta unità di misura. La misura di una grandezza è il numero ottenuto dal rapporto fra la grandezza data e la sua unità di misura.
- L'insieme delle unità di misura fondamentali e di quelle derivate costituisce un sistema di unità di misura; un sistema di unità si dice coerente, quando tutte le unità sono derivate solo da quelle fondamentali.
- Esistono diversi sistemi di unità di misura, che differiscono sia per la scelta delle grandezze fondamentali che per quella delle rispettive unità.
- Il **Sistema Internazionale** (SI) è stato adottato nella Conferenza Generale dei Pesi e delle Misure del 1960 a Parigi ed è stato adottato legalmente in Italia (Legge n. 122 del 14/4/78 e con il D.P.R. n. 802 del 12/8/82).
- I nomi delle unità si scrivono con **l'iniziale minuscola**, anche se derivano da nomi di scienziati ed hanno come simbolo una lettera maiuscola (per esempio A per l'ampere e K per il kelvin).
- Il simbolo delle unità si deve usare solo quando l'unità è accompagnata dal valore numerico, deve essere scritto in carattere non corsivo dopo il valore numerico e non deve essere seguito da un punto (a meno che non si tratti del punto di fine periodo).

Unità fondamentali

Grandezza	Nome	Simbolo	Definizione
Lunghezza	metro	m	Distanza percorsa nel vuoto dalla luce nell'intervallo di tempo di $1/299.792.458$ s.
Massa	chilogrammo	kg	Massa del prototipo internazionale conservato al Pavillon de Breteuil à Sèvres.
Tempo	secondo	s	Intervallo di tempo che contiene 9.192.631.770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione fra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di cesio 133.
Intensità di corrente elettrica	ampere	A	Intensità di corrente elettrica che, mantenuta costante in due conduttori rettilinei, paralleli, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e posti alla distanza di 1 m l'uno dall'altro nel vuoto, produce tra i due conduttori la forza di $2 \cdot 10^{-7}$ N su ogni metro di lunghezza.
Temperatura termodinamica	kelvin	K	Frazione $1/273,16$ della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua.
Intensità luminosa	candela	cd	Intensità luminosa, in una data direzione, di una sorgente che mette una radiazione monocromatica di frequenza $540 \cdot 10^{12}$ Hz e la cui intensità energetica in tale direzione è di $1/683$ W/sr.
Quantità di sostanza	mole	mol	Quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12.
Angolo piano	radiante	rad	Angolo al centro di una circonferenza, cui corrisponde un arco di lunghezza pari al raggio.
Angolo solido	steradiano	sr	Angolo solido di un cono avente il vertice nel centro di una superficie sferica, cui corrisponde una calotta la cui area è uguale a quella del quadrato avente per lato il raggio della sfera.

Unità derivate

Grandezza	Nome	Simbolo	Definizione
Forza	newton	N	Forza che imprime ad un corpo con massa di 1 kg l'accelerazione di 1 m/s ² ; 1 N = 1 kg m/s ² .
Pressione	pascal	Pa	Pressione esercitata dalla forza di 1 N applicata perpendicolarmente ad una superficie con area pari a 1 m ² ; 1 Pa = 1 N/m ² .
Lavoro, energia, calore	joule	J	Lavoro compiuto dalla forza di 1 N quando il suo punto d'applicazione si sposta di 1 m nella direzione e nel verso della forza stessa; 1 J = 1 N·m.
Potenza	watt	W	Potenza di un sistema che produce il lavoro di 1 J in 1 s; 1 W = 1 J/s.
Massa volumica		kg/m ³	Massa del volume unitario di materiale; è più corretto dire massa volumica al posto di densità.
Frequenza	hertz	Hz	Frequenza di un fenomeno periodico il cui periodo è 1 s; 1 Hz = 1 s ⁻¹ .
Flusso luminoso	lumen	lm	Flusso luminoso emesso da una sorgente puntiforme isotropa di intensità luminosa di 1 cd nell'angolo solido di 1 sr, avente il vertice nella sorgente stessa; 1 lm = 1 cd·sr.
Illuminamento	lux	lx	Illuminamento di una superficie sulla quale il flusso luminoso di 1 lm, incidente perpendicolarmente, si ripartisce in modo uniforme sull'area di 1 m ² ; 1 lx = 1 lm/m ² .
Potenziale elettrico, tensione elettrica, forza elettromotrice	Volt	V	Differenza di potenziale elettrico che esiste tra due sezioni di un conduttore che, percorso dalla corrente elettrica costante di 1 A e senza essere sede di altri fenomeni energetici oltre a quello Joule, dissipa nel tratto compreso fra le due sezioni considerate la potenza di 1 W; 1 V = 1 W/A.

- Vengono definite altre unità di misura necessarie a sintetizzare liste eccessive di unità di misura e di operazioni.
- Al posto del chilogrammo per metro al secondo quadrato si utilizza il newton; al posto del chilogrammo per metro al secondo quadrato su metro quadrato si utilizza il pascal, e così via per altre grandezze.

Multipli e sottomultipli

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

- Le cifre ottenute da una misurazione si chiamano **cifre significative**, perché sono quelle che hanno significato, in quanto effettivamente registrate dallo strumento impiegato per compiere la misura. Il numero di tali cifre è dato da quelle note con sicurezza più una incerta.
- Ogni misura effettuata è condizionata dai limiti di precisione dello strumento impiegato.
- Non si ha una regola per stabilire il numero di cifre significative; nella termotecnica, raramente una grandezza è espressa da un numero di cifre significative superiore a 3.
- Per numeri molto grandi o molto piccoli è preferibile rappresentare i numeri in notazione scientifica: $1,23 \times 10^4$ o $4,56 \times 10^{-7}$).

Unità di misura non appartenenti al SI

- Altre unità di misura: per una maggiore semplicità d'uso, per la maggiore familiarità, per pratiche consolidate difficili da aggiornare.
- Per la misura del tempo, spesso si preferisce usare l'ora [h] in luogo del secondo
- Per la misura della temperatura, si utilizza spesso il grado Celsius o centigrado [$^{\circ}\text{C}$]; la temperatura misurata in gradi celsius è legata a quella in kelvin dalla relazione
- Merita attenzione il fatto che **le differenze di temperatura**, siano esse espresse in gradi celsius o in kelvin, **assumono il medesimo valore numerico**, in quanto le due temperature differiscono semplicemente di una costante.
- Per la misura dell'energia è spesso usato il chilowattora [kWh].
- Sempre meno frequente è l'impiego della chilocaloria [kcal] ($1 \text{ kcal} = 4,187 \text{ kJ}$).
- Per la misura della pressione sono spesso usati i millimetri di colonna d'acqua [mm c.a.]; in ambito termotecnico questa unità di misura consente facili visualizzazioni e calcoli, soprattutto in quelle applicazioni in cui l'obiettivo sia la circolazione dell'acqua in un condotto. La pressione atmosferica (1 atm) corrisponde a 100.325 Pa e a 10 m di colonna d'acqua.

Tonnellata equivalente di petrolio (tep)

- La tonnellata equivalente di petrolio (tep) è un'unità di misura dell'energia . Tale unità di misura è stata introdotta al fine di facilitare il confronto tra le varie fonti energetiche, utilizzando il petrolio come riferimento
- Quantità di energia rilasciata dalla combustione di una tonnellata di petrolio, fissata convenzionalmente dalla IEA (International Energy Agency) in 41,86 GJ o 11630 kWh
- Per i combustibili, la conversione in tonnellate equivalenti di petrolio dipende dal contenuto energetico; per l'elettricità dipende dal rendimento del sistema elettrico nazionale. L'Autorità per l'Energia Elettrica, il Gas e il Sistema Idrico, con la Delibera EEN 3/08, ha fissato il valore del fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria in $0,187 \times 10^{-3}$ tep/kWh
- L'energia dei prodotti combustibili è valutata tenendo conto del loro potere calorifico inferiore
- L'energia dei prodotti derivati da rifiuti organici ed inorganici o da scarti di lavorazione o simili, qualora utilizzati come combustibili, va valutata in funzione del potere calorifico inferiore.

Tonnellata equivalente di petrolio (tep)

Fonte di energia	tep
1 t di carbone	0,676
1 t di carbon fossile	0,411 - 0,733
1 t di mattonelle di lignite	0,478
1 t di lignite nera	0,251 - 0,502
1 t di lignite	0,134 - 0,251
1 t di scisti bituminosi	0,191 - 0,215
1 t di torba	0,186 - 0,330
1 t di mattonelle di torba	0,382 - 0,401
1 t di olio pesante residuo	0,955
1 t di olio combustibile	1,01
1 t di gasolio	1,017
1 t di benzina	1,051
1 t di paraffina	0,955
1 t di GPL	1,099
1 t di gas naturale (*)	1,126
1 t di GNL	1,079
1 t di legname (umidità 25%) (**)	0,33
1 t di pellet/mattoni di legno	0,401
1 t di rifiuti	0,177 - 0,256
(*) 93% di metano	
(**) da verificare in funzione del tipo di legname utilizzato	

Tonnellata equivalente di anidride carbonica

- La tonnellata equivalente di anidride carbonica ($t_{\text{CO}_2\text{-eq}}$) è un'unità di misura impiegata per valutare il potenziale inquinante di gas o processi diversi, utilizzando l'anidride carbonica come riferimento.

Vettore energetico	$t_{\text{CO}_2\text{-eq}} / \text{TJ}$	$t_{\text{CO}_2\text{-eq}} / \text{MWh}$
Gas naturale	56,989	0,2052
Olio combustibile	76,405	0,2751
Carbone da vapore	94,240	0,3393
Gas di raffineria	57,368	0,2065
Gas di cokeria	42,861	0,1543
Gas di acciaieria	185,522	0,6679
Idrocarburi pesanti per gassificazione	80,756	0,2907
Coke di petrolio	94,037	0,3385
Energia elettrica	93,731	0,337