

**Appunti**

**Sistema Internazionale**

## Concetti di unità di misura.

Si dice **misura**, il procedimento mediante il quale si fa corrispondere un numero ad una grandezza fisica.

### **MISURA ► NUMERO ◀=▶ GRANDEZZA FISICA**

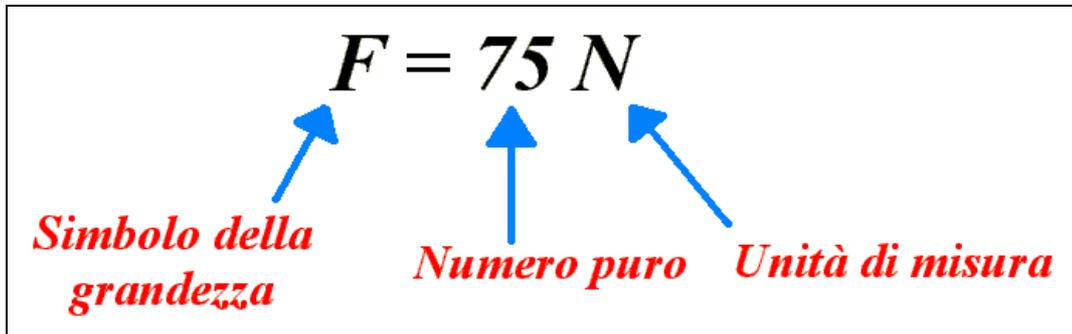
Per misurare una grandezza, occorre sceglierne un'altra della stessa specie da utilizzare come campione ed assegnare ad essa il valore numerico uno, definendo così l'unità di misura.

Ogni grandezza fisica è caratterizzata da un numero seguito da un simbolo (misura e unità).

LE UNITÀ DI MISURA CHE UTILIZZANO CAMPIONI DI GRANDEZZE DI ALTRE SPECIE SI CHIAMANO **UNITÀ DERIVATE**.

PER CONTRO QUALI CHE SIANO DEFINITE DIRETTAMENTE DA UN CAMPIONE, SI DICONO UNITÀ FONDAMENTALI.

## EQUAZIONE DIMENSIONALE



$F = 75 N$

*Simbolo della  
grandezza*      *Numero puro*      *Unità di misura*

L'UNITÀ DI MISURA DEVE SEMPRE COMPARIRE  
IN UNA EQUAZIONE DIMENSIONALE

$L = 7,5$       ***ERRATO!***

$L = 7,5 m$       ***CORRETTO!***

$L = 7500 mm$       ***CORRETTO!***

**ANALISI/VERIFICA DIMENSIONALE  
DELLE ESPRESSIONI**

## **SISTEMI DI UNITA' DI MISURA**

### **Cenni storici del Sistema Internazionale (SI).**

#### **DEFINIZIONE DELLE GRANDEZZE FONDAMENTALI SI**

##### **Metro (m)**

lunghezza del tragitto compiuto dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo pari a  $1/299792458$  di secondo (1983)

##### **secondo (s)**

durata di 9.192.631.770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione fra due livelli iperfini dello stato fondamentale dell'atomo di Cesio 133. (1967)

##### **kilogrammo (kg)**

è il prototipo internazionale realizzato in platino iridio nel 1889 e conservato a Sevres.

##### **Ampère (A)**

intensità di corrente elettrica che, mantenuta costante in due conduttori paralleli, rettilinei, di lunghezza infinita, di sezione circolare trascurabile e posti alla distanza di un metro l'uno dall'altro, nel vuoto, produrrebbe tra i due conduttori la forza di  $2 \cdot 10^{-7}$  newton su ogni metro di lunghezza. (1946)

##### **kelvin (K)**

frazione  $1/273.16$  della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua. (1967)

### **mole (mol)**

quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0.012 kg di Carbonio 12.

Le entità elementari devono essere specificate e possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, ecc., ovvero gruppi specificati di tali particelle. (1971)

### **Candela (cd)**

intensità luminosa in una data direzione di una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza  $540 \cdot 10^{12}$  Hertz e la cui intensità in quella direzione è 1/683 watt/steradiante. (1979)

## **ASPETTI NORMATIVI DEL SI**

Dal **2000 entra pienamente in vigore il DPR n. 802/1982** che, in attuazione di una Direttiva CEE, stabilisce le unità di misura valide in tutta Europa.

Dal 1° gennaio 2000 entra quindi in vigore anche la sanzione di 500.000 lire per chi usa unità di misura fuorilegge in atti e documenti tecnici, legali o ufficiali (nel parlare e nello scrivere si possono continuare ad usare).

### **LE UNITA' DI MISURA ABOLITE**

- ⇒ il quintale,
- ⇒ la caloria
- ⇒ il cavallo vapore
- ⇒ l'erg
- ⇒ il miglio
- ⇒ l'atmosfera,
- ⇒ il curie,
- ⇒ il carato,

diventano illegali anche l'anno e il mese, che sono unità di misura del tutto inaffidabili e saranno sostituite dal giorno.

### **diventa illegale anche scrivere**

- ⇒ "chilo" anziché "chilogrammo",
- ⇒ "etto" al posto di "ettogrammo"
- ⇒ "mc" invece di "m<sup>3</sup>"

### **e bisogna ricordarsi che:**

- ⇒ "k" sta per kilo,
- ⇒ "K" sta per kelvin (unità della temperatura termodinamica)
- ⇒ "s" indica il secondo
- ⇒ "S" il siemens (unità di conduttanza),
- ⇒ "t" la tonnellata
- ⇒ "T" il tesla (unità di induzione magnetica)

con eccezione del **litro** che si può scrivere indifferentemente:

- ⇒ "l" o "L".

## LE 7 GRANDEZZE FONDAMENTALI DEL SI

Il Sistema Internazionale ha il compito di regolamentare il sistema metrico, ed è attivo da circa vent'anni.

Le **7 grandezze fisiche fondamentali** sono:

<b>Grandezza fondamentale</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Unità di misura</b>
Lunghezza	<b>L</b>	m
Massa	<b>M</b>	kg
Tempo	<b>t</b>	s
Intensità di corrente elettrica	<b>i</b>	A
Temperatura	<b>T</b>	K
Intensità luminosa	<b>I</b>	cd
Quantità di sostanza	<b>m</b>	kmol

## **LA REGOLA DI DERIVAZIONE**

La regola di derivazione è scritta con tutti i fattori uguali ad 1.

$$\mathbf{F = M a}$$

Dimensionalmente

$$\mathbf{[F] = [M L/t^2]}$$

## **ESEMPIO**

per derivare l'unità di misura della forza

$$\mathbf{1N = 1 kg 1m/s^2}$$

## IL CHILOGRAMMO FORZA

Il  $\text{kg}_f$  è una unità di misura del sistema tecnico, e non va utilizzata in quanto tale sistema è illegale.

$$1\text{kg}_f = 1\text{kg}_m \, 9.81 \text{ m/s}^2$$

Occorre non confondere i coefficienti (numeri puri) con le grandezze fisiche che compaiono nelle equazioni, il 9.81 che compare nell'ultima formula non è un coefficiente (in particolare  $\mathbf{g}$  (9.81) non è una costante e non è adimensionale).

## REGOLE FORMALI PER L'IMPIEGO DEL SI

1. I **nomi delle unità** sono considerati nomi comuni e pertanto **si scrivono con l'iniziale minuscola**, anche se alcuni di essi derivano da nomi di scienziati (ampere, kelvin).
2. **Ampere e Kelvin sono invariabili al plurale** ed hanno come simbolo una lettera maiuscola (per esempio A per l'ampere e K per il kelvin).
3. Lo stesso vale per le unità derivate che hanno un nome proprio di persona.
4. **Il simbolo delle unità si deve usare solo quando l'unità è accompagnata dal valore numerico;**
5. **Il simbolo** deve essere scritto in carattere **non corsivo** dopo il valore numerico
6. **Il simbolo non deve essere seguito da un punto**
7. Quando **l'unità non è accompagnata dal valore numerico**, deve essere **scritta per esteso** e non con il simbolo.
8. Quando l'unità SI è troppo grande o troppo piccola per certe misurazioni, è consigliabile **usare suoi multipli** o sottomultipli.

9. Sono consentiti **solo multipli e sottomultipli di fattore 1000** per le unità di misura.

**Esiste però un'unica eccezione, il BAR.**

$$1\text{BAR} = 10^5 \text{ Pa} \quad (1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2)$$

Questa eccezione è ammessa perché il BAR è una unità di misura molto comoda in quanto 1BAR corrisponde alla pressione atmosferica

## MULTIPLI E SOTTOMULTIPLI

Prefisso	Multiplo	Simbolo
tera	$10^{12}$	T
giga	$10^9$	G
mega	$10^6$	M
kilo	$10^3$	k
-	$10^0$	-
milli	$10^{-3}$	m
micro	$10^{-6}$	$\mu$
nano	$10^{-9}$	n
pico	$10^{-12}$	p

Osservando la tabella si comprende che unità di misura quali

- ⇒ il centimetro (cm)
- ⇒ il decimetro (dm)
- ⇒ il quintale,

**non sono ammesse e non devono essere utilizzate.**

## **REGOLA DI BASE SULLE GRANDEZZE DERIVATE**

È obbligatorio utilizzare le grandezze derivate quando possibile.

ESEMPIO:

**CORRETTO!**

**75 N  
27 Pa**

**ERRATO!**

**75 kg m/s<sup>2</sup>  
27 N/m<sup>2</sup>**

## GRANDEZZE DERIVATE

### unità supplementari SI

<b>angolo piano</b>	<b>radiante</b>	rad	angolo al centro di una circonferenza che sottende un arco di lunghezza pari al raggio. $1\text{rad} = 180^\circ / \pi$
<b>angolo solido</b>	<b>steradiano</b>	sr	angolo che su di una sfera con centro nel vertice dell' angolo intercetta una calotta di area uguale a quella di un quadrato avente lato uguale al raggio della sfera stessa.

GRANDEZZA A-L	unità SI	espressione	altre unità (anche non ammesse nel S.I.)
<b>area</b>	<b>m<sup>2</sup></b>		<b>ara, ettaro, barn</b>
accelerazione angolare	rad/s <sup>2</sup>		
accelerazione	m/s <sup>2</sup>		gal
ammittenza meccanica [4]	m/N*s		
ammittenza acustica [6]	m <sup>5</sup> /N*s		
ammittenza elettrica [10]	S (siemens)	1 S = 1 A/V	mho
attività (irraggiamento ionizzante)	Bq (becquerel)	1 Bq = 1 s <sup>-1</sup>	curie
consumo specifico (potenza)	kg/J		g <sub>f</sub> /CVh, g <sub>f</sub> /kWh
consumo specifico (spinta)	kg/N*s		kg/kg <sub>f</sub> *h
coefficiente dilatazione lineare	K <sup>-1</sup>		°C
coefficiente trasmissione termica	W/m <sup>2</sup> *K		kcal/m <sup>2</sup> *h*°C
coefficiente di diffusione	m <sup>2</sup> /s		
conduttività termica	W/m*K		kcal/m*h*°C
capacità termica	J/K		kcal/°C
capacità termica massica	J/kg*K		kcal/kg*°C
capacità termica molare	J/mol*K		
concentrazione molare volumica	mol/m <sup>3</sup>		
concentrazione molare massica	mol/kg		
conduttanza meccanica [4]	m/N*s		
conduttanza acustica [6]	m <sup>5</sup> /N*s		
conduttanza elettrica [10]	S (siemens)	1 S = 1 A/V	mho
carica elettrica	C (coulomb)	1 C = 1 A*s	Ah
carica elettrica volumica	C/m <sup>3</sup>		
carica elettrica areica	C/m <sup>2</sup>		
capacità elettrica	F (farad)	1 F = 1 C/V	
corrente elettrica areica	A/m <sup>2</sup>		
corrente elettrica lineica	A/m		
conduttività elettrica	S/m		
dose assorbita, indice di diff. di potenziale magnetico [8]	gray Gy	1 Gy = 1 J/kg	rad, rep, rem amperspira, gilbert
energia volumica	J/m <sup>3</sup>		
<b>energia interna entalpia [1] energia libera</b>	<b>J</b>		<b>cal, kcal, Cal, frigoria</b>
energia interna massica entalpia massica [2] energia libera massica	J/kg		cal/g, kcal/kg
entropia	J/K		kcal/K
entropia massica	J/kg*K		kcal/kg*K
energia molare	J/mol		
entropia molare	J/mol*K		
esposizione	C/kg		röntgen
elettrizzazione	V/m		
energia apparente reattiva	VA*s		kVAh, VAh

<b>GRANDEZZA L-V</b>	unità SI	espressione	altre unità (anche non ammesse nel S.I.)
⇒ frequenza	Hz (hertz)	1 Hz = 1 s <sup>-1</sup>	
⇒ forza peso	N (newton)	<b>1 N =</b> 1 kgm/s <sup>2</sup>	chilogrammo peso, tonnellata peso, chilopound
⇒ flusso di calore	W		cal/h, kcal/h, cal/s, ...
flusso di calore areico	W/m <sup>2</sup>		cal/cm <sup>2</sup> *h, kcal/m <sup>2</sup> *h, ...
⇒ flusso energetico	W		
⇒ flusso luminoso	lm (lumen)	1 lm = 1 cd*sr	
forza elettromotrice [7]	V (volt)	1 V = 1 W/A	
forza magnetomotrice [8]	A		amperspira, gilbert
flusso di induzione magnetica	Wb (weber)	1 Wb = 1 V*s	maxwell
impulso massico	m/s		kg <sub>r</sub> *s/kg
impedenza meccanica [3]	N*s/m		ohm meccanico
intensità acustica	W/m <sup>2</sup>		
impedenza acustica [5]	N*s/m <sup>5</sup>		ohm acustico
impedenza acustica areica	N*s/m <sup>3</sup>		
intensità energetica	m <sup>5</sup> /N*s		
⇒ irradiazione	W/m <sup>2</sup>		
⇒ illuminamento	lx (lux)	1 lx = 1 lm/m <sup>2</sup>	phot
intensità di campo elettrico	V/m		
intensità di campo magnetico	A/m		oersted
induzione magnetica	T (tesla)	1 T = 1 Wb/m <sup>2</sup>	gauss
induttanza	H (henry)	1 H = 1 V*s/A	
impedenza elettrica [9]	Ω (ohm)	1 Ω = 1 V/A	.

GRANDEZZA L-V	unità SI	espressione	altre unità (anche non ammesse nel S.I.)
⇒ lavoro energia	J (joule)	$1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}$	elettronvolt, $\text{kg}_f\cdot\text{m}$ , CVh, kWh
luminanza	nt (nit)	$1 \text{ nt} = 1 \text{ cd}/\text{m}^2$	stilb, apostilb, lambert
massa lineica	kg/m		tex
massa volumica	kg/m <sup>3</sup>		t/m <sup>3</sup> , g/l
momento della quantità di moto	kg·m <sup>2</sup> /s		
momento d'inerzia	kg·m <sup>2</sup>		
momento di una forza, coppia	N·m		kg <sub>f</sub> ·m
massa molare	kg/mol		
momento elettrico	C·m		
momento elettromagnetico	A·m <sup>2</sup>		
momento di un dipolo magnetico	Wb·m		
magnetizzazione	A/m		
numero d'onde	m <sup>-1</sup>		
portata in massa	kg/s		
⇒ portata in volume	m <sup>3</sup> /s		
⇒ pressione	Pa (pascal)	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}/\text{m}^2$	bar, millibar, atm normale, atm tecnica, mm <sub>H2O</sub> , mm <sub>Hg</sub> , torr, kg <sub>f</sub> /m <sup>2</sup>
⇒ potenza	W (watt)	$1 \text{ W} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{s}$ $= 1 \text{ J}/\text{s}$	kg <sub>f</sub> ·m/s, cavallo vapore
potere calorifico	J/kg		kcal/kg
potenziale elettrico [7]	V (volt)	$1 \text{ V} = 1 \text{ W}/\text{A}$	
permettività	F/m		
polarizzazione elettrica	C/m <sup>2</sup>		
potenziale vettore magnetico	Wb/m		
⇒ permeabilità	H/m		
polarizzazione magnetica	T		
permeanza	H		
potenza apparente	VA (voltampere)		
potenza reattiva	var		
quantità di moto	kg·m/s		
⇒ quantità di calore [1]	J		cal, kcal, Cal, frigoria
quantità di calore massica [2]	J/kg		cal/g, kcal/kg
⇒ quantità di luce	lm·s		
⇒ quantità d'informazione	bit		byte, erlang, nat, nepit, nit
resilienza	J/m <sup>2</sup>		kg <sub>f</sub> ·m/cm <sup>2</sup>
rigidezza	N/m		kg <sub>f</sub> /m
reattanza meccanica [3]	N·s/m		ohm meccanico
resistenza meccanica			
reattanza acustica [5]			
resistenza acustica	N·s/m <sup>5</sup>		ohm acustico

radianza  $W/m^2 \cdot sr$

GRANDEZZA L-V	unità SI	espressione	altre unità (anche non ammesse nel S.I.)
resistenza elettrica [9] reattanza elettrica	$\Omega$ (ohm)	$1 \Omega = 1 V/A$	
resistività elettrica	$\Omega \cdot m$		$\Omega \cdot mm^2/m$
riluttanza	$H^{-1}$		
suscettanza meccanica [4]	$m/N \cdot s$		
suscettanza acustica [6]	$m^5/N \cdot s$		
spostamento elettrico	$C/m^2$		
suscettanza elettrica [10]	S (siemens)	$1 S = 1 A/V$	mho
sfasamento	rad		
⇒ tensione	$N/m^2$		$kg_f/cm^2, kg_f/mm^2$
tensione superficiale	$N/m$		
temperatura	$^{\circ}C$ grado Celsius	$^{\circ}C = -273.15 K$	
tensione elettrica [7]	V (volt)	$1 V = 1 W/A$	
tensione magnetica [8]	A		amperspira, gilbert
⇒ volume	$m^3$		litro, ettolitro, ecc..., stero
velocità angolare	rad/s		giro/s, giro/min
velocità	m/s		kmh, m/min, nodo
viscosità dinamica	$N \cdot s/m^2$		poise, centipoise, $kg_f \cdot s/m^2$
viscosità cinematica	$m^2/s$		stoke, centistoke
volume molare	$m^3/mol$		l/mol
vergenza	diottria	$1 diottria = 1 m^{-1}$	
vettore di Poynting	$W/m^2$		
⇒ velocità del flusso d'informazione	bit/s		baud

## FATTORI DI CONVERSIONE

### unità di misura del calore

Il calore nel **Sistema Internazionale**, in quanto forma di energia, viene misurato in joule (J).

### *La caloria*

E' stata, e molto spesso ancora utilizza, come unità di misura, la caloria (cal), a suo tempo definita come la quantità di calore necessaria a portare la temperatura di 1 g di acqua distillata da 14.5 °C a 15.5 °C, a pressione standard.

### *Equivalenza caloria-Joule*

Secondo la misurazione effettuata dal fisico inglese J. Joule (1818-89), **1 cal equivale a 4,186 J**

**BTU: Unità Termica Britannica**, equivalente alla quantità di calore necessaria per innalzare la temperatura di una libbra di acqua pura da 60 a 61 °F, ed è pari a 1054.5 Joule.

**BTU<sub>IT</sub>: Btu internazionale**, è stata introdotta per far coincidere i valori espressi in kcal/kg e in Btu/lb °F.

## **UNITÀ DI MISURA DELLA POTENZA**

**1 Watt = 1 Joule/secondo.**

**1 W = 1 J/s**

**Un Watt corrisponde alla potenza necessaria per sollevare di 1 metro un corpo avente massa di 0.102 kilogrammi in 1 secondo.**

### **CONVERSIONI**

**kilogrammi forza-Newton e Newton-kilogrammi forza**

$1 \text{ kgf} = 9.80 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2 = 9.80 \text{ N}$

$1 \text{ N} = 1/9.80 \text{ kgf} = 0.10 \text{ kgf}$

**calorie-Joule e Joule-calorie**

$1 \text{ cal} = 41868 \text{ W}\cdot\text{s} = 4.1868 \text{ J}$

$1 \text{ J} = 1 \text{ W}\cdot\text{s} = 1/41868 \text{ cal} = 0.238 \text{ cal}$

**cavalli-kilowatt e kilowatt-cavalli**

$1 \text{ CV} = 75 \text{ kgf}\cdot\text{m}/\text{s} = 75 * 9.80 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{s} = 0.73 \text{ kW}$

$1 \text{ kW} = 1/0.73 \text{ CV} = 1.36 \text{ CV}$

**kilocalorie/ora-Watt e Watt-kilocalorie/ora**

$1 \text{ kcal}/\text{h} = 4186.8/3600 \text{ W} = 1.163 \text{ W}$

$1 \text{ W} = 1/1.163 \text{ kcal}/\text{h} = 0.86 \text{ kcal}/\text{h}$

## **PRESSIONE**

### **IL PASCAL**

Nel Sistema Internazionale l'unità di misura della pressione è il newton su metro quadrato ( $\text{N/m}^2$ ) definita **pascal** (Pa).

Per convenzione si definisce atmosfera la pressione esercitata a livello del mare da una colonna di mercurio alta 760 mm

### CONVERSIONE

#### **ATMOSFERA – PASCAL**

(1 atm = 101.325 Pa).