

Grandezze fisiche

Grandezze fondamentali e derivate
Sistemi di unità di misura
Equazioni dimensionali
Multipli e sottomultipli
Ordini di grandezza

Misura di una grandezza fisica

Definizione operativa:
Grandezza fisica → Proprietà misurabile

Sensazione di caldo/freddo	NO	(soggettiva, diversa per ciascuno)
Temperatura	SI	(oggettiva, uguale per tutti)

Es.

Misura di una grandezza:

- mediante un dispositivo sperimentale
- procedura riproducibile
- confronto con un'altra grandezza omogenea di riferimento
costante e riproducibile

Espressione di una grandezza:

numero + unità di misura

rapporto tra misura e campione di riferimento

Unità di misura

Lunghezza di un corpo:

Es.

Procedere all'operazione di misura mediante uno strumento

Es. misuratore A: 3 "spanne"; misuratore B: 4 "spanne"

Confrontare il risultato con un campione fisso, preso come unità di misura

"spanna" misuratore A = 20 cm \rightarrow 3 "spanne" = 60 cm

"spanna" misuratore B = 15 cm \rightarrow 4 "spanne" = 60 cm uguale!



MAI dimenticare l'unità di misura!

Dire "un corpo è lungo 24" non ha senso.

Dire "la densità dell'acqua è 1" non ha senso. ...e dirlo all'esame...



Grandezze fondamentali e derivate

Fondamentali

concetti *intuitivi*
indipendenti l'uno dall'altro
non definibili in termini
di altre grandezze



Lunghezza	[L]
Massa	[M]
Tempo	[t]
Intensità di corrente	[i]
Temperatura assoluta	[T]

Derivate

definibili in termini
delle grandezze fondamentali
mediante *relazioni* analitiche



Superficie	(lungh.) ²	[L] ²
Volume	(lungh.) ³	[L] ³
Velocità	(lungh./tempo)	[L] [t] ⁻¹
Acceleraz.	(veloc./tempo)	[L] [t] ⁻²
Forza	(massa·acc.)	[L] [M] [t] ⁻²
Pressione	(forza/sup.)	[L] ⁻¹ [M] [t] ⁻²

In generale: $[L]^a [M]^b [t]^c [i]^d [T]^e$

Equazioni dimensionali

Tutte le grandezze fisiche sono definite a partire da *poche* grandezze fondamentali.

In meccanica, sono sufficienti TRE grandezze fondamentali.

Scegliamo : L, T, M.

Conseguenza : ogni altra grandezza può essere espressa in funzione di MLT [*equazioni dimensionali*].

Esempi:

$$[v] = [L \cdot T^{-1}] \quad [a] = [L \cdot T^{-2}]; \quad [F] = [M \cdot L \cdot T^{-2}].$$

NB : si confrontano, sommano, sottraggono solamente grandezze omogenee, cioè con le stesse dimensioni. (es: $v_1 = v_2 + v_3$)

→ Gli argomenti di funzioni trascendenti sono “numeri puri”. Es:

$$x = R \cdot \sin(\omega t) \quad \text{dove} \quad [x] = [R] = [L] \quad \text{e} \quad [\omega] = [T^{-1}].$$

Sistemi di unità di misura

**Stabilire un sistema di unità di misura =
fissare le grandezze fondamentali
e il valore dei loro campioni unitari**

Sistema	[L]	[M]	[t]	[i]	[T]
	lungh.	massa	tempo	intens. corrente	temper. assoluta
MKS (SI) Internazionale	m metro	kg chilogr.	s secondo	A ampere	K gr.kelvin
cgs	cm centim.	g grammo	s secondo	A ampere	K gr.kelvin
Sistemi pratici					vari esempi

SI- Unità fondamentali

Lunghezza

metro (m)

Definizione: il **metro** è la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo di $1/299\,792\,458$ di secondo. (17a CGPM, 1983)

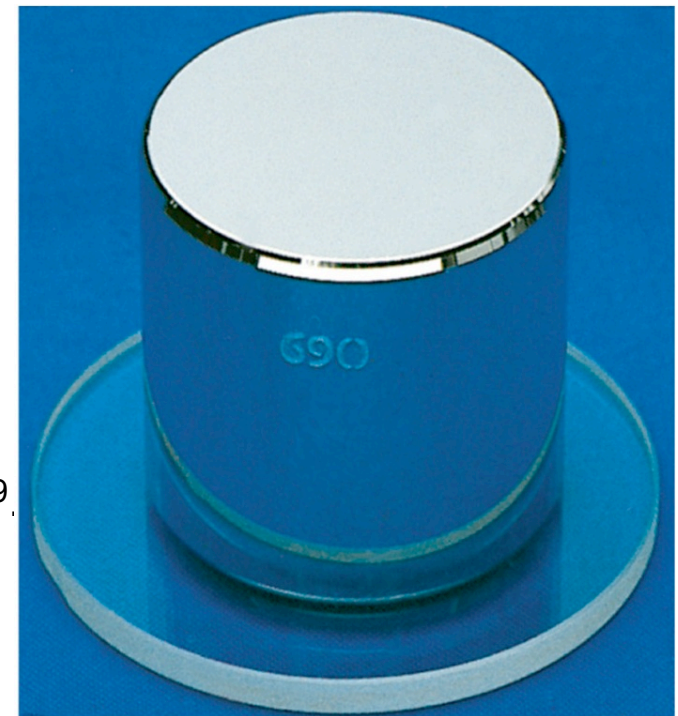
Massa

kilogrammo (kg)

Definizione: Il **kilogrammo** è la massa del prototipo internazionale conservato al Pavillon de Breteuil (Sevres, Francia). (3a CGPM, 1901)

Note Il prototipo o campione artificiale è un cilindro di platino-iridio di 38 mm di diametro e di altezza, custodito in una tripla teca sotto vuoto.

La precisione relativa del campione è dell'ordine di 10^{-9} .



SI- Unità fondamentali (2)

Intervallo di tempo

secondo (s)

Definizione: il secondo è la durata di 9 192 631 770 periodi della radiazione emessa dall'atomo di ^{133}Cs nella transizione tra i due livelli iperfini ($F=4, M=0$) e ($F=3, M=0$) dello stato fondamentale $2S(1/2)$. (13a CGPM, 1967)

Note Il campione primario del secondo è costituito da un **orologio al cesio** (errore massimo relativo di 1×10^{-12} , equivalente a 1 ms ogni 12 giorni).

Temperatura

kelvin (k)

Definizione: il **kelvin** è la frazione $1/273.16$ della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua. (13a CGPM, 1967)

Note Il punto triplo dell'acqua si verifica ad una pressione di 610 Pa e (per definizione) ad una temperatura di 273.16 K (0.01 °C) precisione di circa 1×10^{-6} .

Quantità di sostanza

mole (mol)

Definizione: la **mole** è la quantità di sostanza che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0.012 kg di Carbonio 12. (14a CGPM, 1971) (17a CGPM, 1983)

Note Le entità elementari possono essere atomi, molecole, ioni, elettroni, etc.

Il numero di entità elementari in 1 mole è il Numero di Avogadro $N_A = 6.022 \times 10^{23}$.

SI- Unità fondamentali (3)

Intensità di corrente elettrica

ampere (A)

Definizione: L' **ampere** è la corrente che, se mantenuta in due conduttori paralleli indefinitamente lunghi e di sezione trascurabile posti a distanza di un metro nel vuoto, determina tra questi due conduttori una forza uguale a 2×10^{-7} newton per metro di lunghezza. (9a CGPM, 1948)

Intensità luminosa

candela (cd)

Definizione: La **candela** è l'intensità luminosa, in un'assegnata direzione, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza 540×10^{12} Hz e la cui intensità energetica in tale direzione è $1/683$ W/sr. (16a GCPM, 1979)

Sistemi pratici e conversioni

ESEMPI DI UNITA' PRATICHE

Lunghezza	angstrom, anno-luce
Tempo	minuto, ora, giorno, anno
Volume litro	
Velocità	chilometro/ora
Pressione	atmosfera, millimetro di mercurio
Energia	elettronvolt, chilowattora
Calore	caloria

.....

Fattori di conversione:

MKS → cgs

$$1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm} \quad 1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$$

cgs → MKS

$$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m} \quad 1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$$

MKS, cgs → pratici

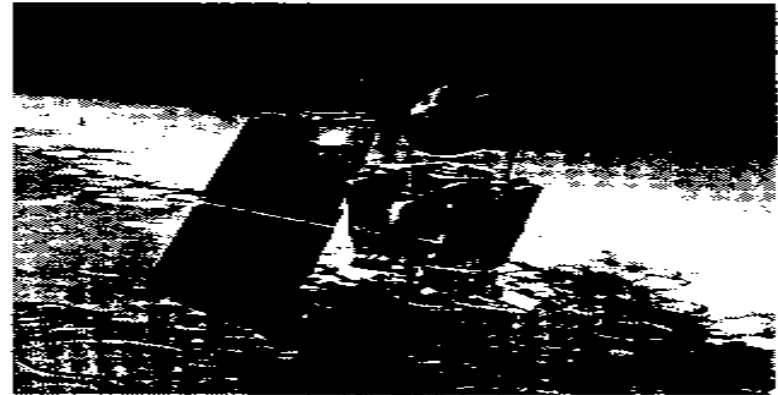
proporzioni con fattori numerici noti
e viceversa

Se si sbagliano le unità
di misura...



SABATO 2 OTTOBRE 1999

Incredibile gaffe della Nasa Metri invece delle yard Così la sonda «Orbiter» si disintegrò su Marte



DISTRUTTA La sonda americana «Mars Climate Orbiter»

WASHINGTON — È stato un disguido, un banale errore nelle unità di misura la causa della perdita del «Mars Climate Orbiter», il satellite per la raccolta di dati sul clima di Marte disintegratosi sul pianeta rosso il 23 settembre scorso. Una fonte della Nasa ha affermato che due squadre di tecnici di Pasadena (California) non avevano unificato i sistemi di misura: una usava quello metrico, l'altra quello inglese. In sostanza: un gruppo di tecnici immetteva nei computer dati in metri, l'altro in yard (pari a 91,5 cm); uno utilizzava i grammi, l'altro le once (pari a circa 30 grammi). Questa babele ha causato quel «rilevante errore di navigazione» che ha portato l'Orbiter troppo vicino alla superficie di Marte, dove si è disintegrato. L'errore è stato commesso mentre la sonda, lanciata nel dicembre 1998, compiva le ultime manovre prima di entrare in orbita intorno al pianeta: è arrivata «troppo bassa», circa 60 chilometri contro i 180 previsti, ed è stata distrutta dal calore.

Multipli e sottomultipli

Formazione dei multipli e dei sottomultipli delle unità si.

	<i>fattore di moltiplicazione</i>	<i>prefisso</i>	<i>simbolo</i>	
Alcuni prefissi, anteposti ai simboli delle unità si, permettono di esprimere i multipli e i sottomultipli secondo quanto riportato nella tabella qui a fianco.	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	<u>giga</u>	<u>G</u>	
	1 000 000 = 10^6	<u>mega</u>	<u>M</u>	
	1 000 = 10^3	<u>kilo</u>	<u>k</u>	
	100 = 10^2	etto	h	
	10 = 10^1	deca	da	
	multipli			
	sottomultipli			
	0,1 = 10^{-1}	deci	d	
	0,01 = 10^{-2}	centi	c	
	0,001 = 10^{-3}	milli	m	
	0,000 001 = 10^{-6}	<u>micro</u>	<u>μ</u>	
	0,000 000 001 = 10^{-9}	<u>nano</u>	<u>n</u>	
	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	
Esempi:				
1 mm = 1 millimetro = 10^{-3} m				
1 GW = 1 gigawatt = 10^9 W				
1 μF = 1 microfarad = 10^{-6} F				
1 ns = 1 nanosecondo = 10^{-9} s				

Ordini di grandezza

Per esprimere brevemente grandezze fisiche grandi o piccole:
numero a 1,2,3 cifre +
unità di misura con multiplo/sottomultiplo (di 3 in 3)

$$57800 \text{ g} = 5.78 \cdot 10^4 \text{ g} = 5.78 \cdot (10^1 \cdot 10^3) \text{ g} = 57.8 \text{ kg}$$

$$57.8 \text{ kg} = 57.8 \cdot 10^3 \text{ g} = 5.78 \cdot 10^4 \text{ g}$$

Es.

$$0.0047 \text{ g} = 4.7 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 4.7 \text{ mg}$$

$$0.00047 \text{ g} = 4.7 \cdot 10^{-4} \text{ g} = 4.7 \cdot (10^2 \cdot 10^{-6}) \text{ g} = 470 \mu\text{g}$$

Per confrontare grandezze
“infinitamente” grandi o
piccole:

Ordine di grandezza =
potenza di 10 più vicina
al numero considerato

Atomo di idrogeno:

raggio atomo: 10^{-10} m

raggio nucleo: 10^{-15} m

$$\rightarrow 10^{-10} \text{ m} / 10^{-15} \text{ m} = 10^5$$

L'atomo di idrogeno è 100000 volte
più grande del suo nucleo!

Es.

Ordini di grandezza: esempi di lunghezze

Alcune lunghezze

valore in m

- dist. del corpo celeste più lontano	10^{25} m	(10000 miliardi di miliardi di km)
- distanza della stella più vicina	$3.9 \cdot 10^{16}$ m	(40000 miliardi di km)
- anno-luce	$9.46 \cdot 10^{15}$ m	(9000 miliardi di km)
- distanza Terra-Sole	$1.49 \cdot 10^{11}$ m = 149 Gm	(150 milioni di km)
- distanza Terra-Luna	$3.8 \cdot 10^8$ m = 380 Mm	(400000 km)
- raggio della Terra	$6.38 \cdot 10^6$ m = 6.38 Mm	(6000 km)
- altezza del Monte Bianco	$4.8 \cdot 10^3$ m = 4.8 km	(5 km)
- altezza di un uomo	$1.7 \cdot 10^0$ m = 1.7 m	
- spessore di un foglio di carta	10^{-4} m = 100 μ m	(1/10 di mm)
- dimensioni di un globulo rosso	10^{-5} m = 10 μ m	(1/100 di mm)
- dimensioni di un virus	10^{-8} m = 10 nm	(100 angstrom)
- dimensioni di un atomo	10^{-10} m	(1 angstrom)
- dimensioni di un nucleo atomico	10^{-15} m	(1/100000 di angstrom = 1 fermi)

Ordini di grandezza: esempi di tempi

Alcuni tempi

valore in s

- stima dell'età dell'Universo	$4.7 \cdot 10^{17} \text{ s}$	<i>(15 miliardi di anni)</i>
- comparsa dell'uomo sulla Terra	10^{13} s	<i>(300000 anni)</i>
- era cristiana	$6.3 \cdot 10^{10} \text{ s}$	<i>(2000 anni)</i>
- anno solare	$3.15 \cdot 10^7 \text{ s}$	
- giorno solare	$8.64 \cdot 10^4 \text{ s}$	
- intervallo tra due battiti cardiaci	$8 \cdot 10^{-1} \text{ s}$	<i>(8/10 di sec.)</i>
- periodo di vibraz. voce basso	$5 \cdot 10^{-2} \text{ s}$	<i>(2/100 di sec.)</i>
- periodo di vibraz. voce soprano	$5 \cdot 10^{-5} \text{ s}$	<i>(50 milionesimi di sec.)</i>
- periodo vib. onde radio (FM 100 MHz)	10^{-8} s	<i>(10 miliardesimi di sec.)</i>
- periodo di vib. raggi X	10^{-18} s	<i>(1 miliardesimo di miliardesimo di sec.)</i>

Ordini di grandezza: esempi di masse

Alcune masse

valore in kg

- massa dell'Universo (stima)	10^{55} kg	
- massa del Sole	$1.98 \cdot 10^{30}$ kg	(2000 miliardi di miliardi di miliardi di kg)
- massa della Terra	$5.98 \cdot 10^{24}$ kg	(6 milioni di miliardi di miliardi di kg)
- massa di un uomo	$7 \cdot 10^1$ kg	(70 kg)
- massa di un globulo rosso	10^{-16} kg	(100 milionesimi di miliardesimo di g)
- massa del protone	$1.67 \cdot 10^{-27}$ kg	(1.6 milionesimi di miliardesimo di
- massa dell'elettrone	$9.1 \cdot 10^{-31}$ kg	miliardesimo di g)