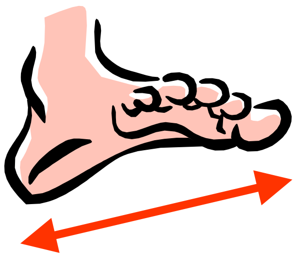
Introduzione

Grandezze fisiche	Grandezze fondamentali	Lunghezza (L) Massa (M) Tempo (T) Temperatura (Kelvin) Corrente elettrica (Ampere)
	Grandezze derivate	Velocità (L/T) Forza (ML/T^2) …

Grandezze scalari	Temperatura Massa
Grandezze vettoriali	Velocità Accelerazione Forza

Definizione degli standard (sistema internazionale)

Lunghezza



1799 Francia
1 metro = 10^{-7} volte la distanza Equatore Polo Nord

Fino al 1960
1 metro = distanza tra due tacche su una barra di una Lega Platino-Iridio in condizioni standard.

1 metro = 1 650 763.73 lunghezze d'onda della luce rossa emessa da una lampada al Cripton-86

Dal 1986
1 metro = distanza percorsa dalla luce nel vuoto in 1 /299 792 458 s.

Massa

Il chilogrammo massa è definito come la massa di un particolare cilindro di lega Platino-Iridio conservato all'International Bureau di Pesi e Misure di Sèvres, in Francia

TABELLA 1.1 Valori approssimati di alcune lunghezze misurate

	Lunghezza (m)
Distanza dalla Terra alla più lontana quasar nota	1.4×10^{26}
Distanza dalla Terra alla più lontana galassia normale nota	4×10^{25}
Distanza dalla Terra alla più vicina grande galassia (M 31 in Andromeda)	2×10^{22}
Distanza dal Sole alla stella più vicina (Proxima Centauri)	4×10^{16}
Un anno-luce	9.46×10^{15}
Raggio orbitale medio della Terra	1.5×10^{11}
Distanza media Terra-Luna	3.8×10^{8}
Distanza dall'equatore al polo nord	1×10^{7}
Raggio medio della Terra	6.4×10^{6}
Tipica altezza di un satellite terrestre orbitante	2×10^{5}
Lunghezza di un campo di calcio	9.1×10^{1}
Lunghezza di una mosca domestica	5×10^{-3}
Dimensione della più piccola particella di polvere	1×10^{-4}
Dimensione delle cellule della maggior parte degli organismi viventi	1×10^{-5}
Diametro di un atomo di idrogeno	1×10^{-10}
Diametro di un nucleo di uranio	1.4×10^{-14}
Diametro di un protone	1×10^{-15}

TABELLA 1.2 Masse di alcuni corpi (valori approssimati)

	Massa (kg)
Universo	10^{52}
Via Lattea (galassia)	10^{42}
Sole	2×10^{30}
Terra	6×10^{24}
Luna	7×10^{22}
Squalo	3×10^{2}
Uomo	7×10^{1}
Rana	1×10^{-1}
Zanzara	1×10^{-5}
Batterio	1×10^{-15}
Atomo di idrogeno	1.67×10^{-27}
Elettrone	9.11×10^{-31}

Tempo

Fino al 1960
Il secondo solare medio era definito come (1/60) (1/60) (1/24) = 1 / 86 400 di un giorno solare medio.
Un giorno solare è l'intervallo di tempo che intercorre tra due comparse successive del sole nel punto più alto del cielo ogni giorno.

Dal 1967
1 secondo = 9 192 631 770 volte il periodo di oscillazione della radiazione dell'atomo di Cesio-133

TABELLA 1.3 Valori approssimati di alcuni intervalli di tempo

	Intervallo (s)
Età dell'Universo	5×10^{17}
Età della Terra	1.3×10^{17}
Tempo dalla caduta dell'Impero Romano	5×10^{12}
Età media di uno studente universitario	6.3×10^{8}
Un anno	3.2×10^{7}
Un giorno (tempo per una rivoluzione della Terra attorno al suo asse)	8.6×10^{4}
Tempo fra normali battiti cardiaci consecutivi	8×10^{-1}
Periodo[a] di un'onda sonora nell'udibile	1×10^{-3}
Periodo di una tipica onda radio	1×10^{-6}
Periodo di vibrazione di un atomo in un solido	1×10^{-13}
Periodo di un'onda luminosa nel visibile	2×10^{-15}
Durata di una collisione nucleare	1×10^{-22}
Tempo richiesto dalla luce per attraversare un protone	3.3×10^{-24}

[a] Il periodo è definito come l'intervallo di tempo di una vibrazione completa.

TABELLA 1.4 Alcuni prefissi per le potenze di dieci

Potenza	Prefisso	Abbrev.
10^{-18}	atto	a
10^{-15}	femto	f
10^{-12}	pico	p
10^{-9}	nano	n
10^{-6}	micro	μ
10^{-3}	milli	m
10^{-2}	centi	c
10^{-1}	deci	d
10^{3}	chilo	k
10^{6}	mega	M
10^{9}	giga	G
10^{12}	tera	T
10^{15}	peta	P
10^{18}	exa	E

Analisi dimensionale

La dimensione denota la natura fisica della grandezza.

I simboli utilizzati per identificare le grandezze fondamentali sono:
Lunghezza $\rightarrow$ L
Massa $\rightarrow$ M
Tempo $\rightarrow$ T

La dimensione di una grandezza fisica A si indica con [A]

Sulle dimensioni si possono eseguire calcoli algebrici

Esempio 1.1

Verificare che la quantità ½ a t^2, essendo a un'accelerazione e t un tempo, rappresenta una lunghezza

Essendo ½ un numero puro non ha dimensioni. Le dimensioni di a sono LT^{-2}. Sostituendo:
$[1/2\ a\ t^2] = L\ T^{-2}\ T^2 = L$

TABELLA 1.6 **Dimensioni di area, volume, velocità e accelerazione**

Sistema	Area (L^2)	Volume (L^3)	Velocità (L/T)	Accelerazione (L/T^2)
SI	m^2	m^3	m/s	m/s^2
cgs	cm^2	cm^3	cm/s	cm/s^2
Sistema Inglese (convenzionale)	ft^2	ft^3	ft/s	ft/s^2

Esempio 1.2

Dimostrare che l'equazione $v = v_0 + at$ è dimensionalmente corretta, essendo v e v_0 velocità, a un'accelerazione e t un intervallo di tempo.

Al primo membro si ha:
$[v] = LT^{-1}$

Al secondo membro si ha:
$[V_0] = LT^{-1}$
$[at] = [a]\,[t] = LT^{-2}\,T = LT^{-1}$

Le dimensioni di ciascun termine sono uguali.

Conversione delle unità di misura

A volte è necessario convertire le unità di misura da un sistema ad un altro.
Nell'eseguire calcoli è importante che le unità di misura utilizzate siano compatibili.

Esempio 1.3

Calcolare la velocità media di un oggetto che percorre la distanza di 2 cm in 3 minuti.

Utilizzando i dati come sono stati proposti otterremmo:
$v = \Delta x/\Delta t = 2$ cm/3 minuti = 0.66 cm/minuto

In realtà, per poter scrivere un'espressione corretta dal punto di vista delle unità di misura è necessario convertire tutte le grandezze in unità di misura dello stesso sistema.
Per il sistema internazionale:
2 cm = 2 cm 0.01 m/cm = 0.02 m
3 minuti = 3 minuti 60 s/minuti = 180 s
Da cui:
$v = 0.02$ m / 180 s = 0.00011 m/s = 1.1×10^{-4} m/s

Esempio 1.4

La massa di un cubo è $m = 856$ g e ciascun spigolo ha una lunghezza $d = 5.35$ cm.
Calcolare la densità ρ del cubo nel SI.

Occorre dapprima convertire le unità di misura:
$m = 856\ g = 856\ g\ 10^{-3}\ kg/g = 0.856\ kg$
$d = 5.35\ cm\ 0.01\ m/cm = 0.0535\ m$

La densità è data da:
$\rho = m/V = m/d^3$
$\rho = 0.856\ kg / (0.0535\ m)^3 = 0.856\ kg / 1.53\times10^{-4}\ m^3 = 5.59\times10^3\ kg/m^3$

Calcolo di ordini di grandezza

Spesso è più utile saper valutare l'ordine di grandezza della soluzione di un dato problema piuttosto che avere una risposta precisa allo stesso.

L'ordine di grandezza di una data quantità è rappresentato dalla potenza di 10 del numero che esprime la grandezza.

Se una quantità è aumentata di tre ordini di grandezza, significa che è aumentata di un fattore $10^3 = 1000$.
Se una quantità è diminuita di tre ordini di grandezza, significa che è diminuita di un fattore $10^3 = 1000$ (alternativamente si può dire è aumentata di un fattore $10^{-3} = 0.001$).

Esempio 1.5

Stimare il consumo di benzina annuo in Italia.

Assumiamo che il numero degli abitanti sia 50 milioni, che ci sia un'automobile ogni 4 persone, che ogni auto percorra in media 15 000 km ogni anno e che il consumo medio sia 12 km/litro.

I litri di benzina consumati ogni anno da un'auto sono:
N = 15 000 km / (12 km/litro) = 1250 litri

Il numero totale di automobili è:
50 milioni / 4 = 12.5 milioni

La quantità totale di litri di benzina consumati è:
12.5 milioni $\times$1250 litri = 1.56×10^{10} litri

Gli ordini di grandezza sono utili quando si utilizzano grandezze fisiche il cui valore varia in modo molto rilevante. In tali casi si ricorre spesso alla conversione al logaritmo della grandezza stessa.
Un esempio di grandezza in cui è conveniente utilizzare il concetto di ordine di grandezza è il pH.

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

pH	**H^+ (M)**
1	**10^{-1}**
2	**10^{-2}**
3	**10^{-3}**
4	**10^{-4}**
5	**10^{-5}**
6	**10^{-6}**
7	**10^{-7}**
8	**10^{-8}**
9	**10^{-9}**
10	**10^{-10}**
11	**10^{-11}**

Cifre significative

> Quando si moltiplicano diversi numeri, il numero di cifre significative della risposta finale ha lo stesso numero di cifre significative del *meno* accurato dei numeri da moltiplicare, dove per *meno accurato* si intende *che ha il più basso numero di cifre significative*. La stessa regola vale per la divisione.

16.3±0.1 cm
(tre cifre significative)

4.5±0.1 cm
(due cifre significative)

Area = 16.3 × 4.5 = ?

73.35 cm^2 ?

73 cm^2

0.03	1 cifra significativa
0.0075	2 cifre significative

Gli zeri che definiscono la posizione del decimale non costituiscono cifre significative.

Notazione scientifica
Il numero viene espresso come il prodotto di un numero tra 1 e 10 moltiplicato per una potenza di 10.

Esempio.

$1500 = 1.5\ 10^3$ (2 cifre significative)
$234 = 2.34\ 10^2$ (3 cifre significative)
$14578 = 1.4578\ 10^4$ (5 cifre significative)
$1500 = 1.500\ 10^3$ (4 cifre significative)

> Quando i numeri vengono **sommati** (o **sottratti**) il numero di posti decimali nel risultato è uguale al numero più piccolo di posti decimali di ciascun termine della somma.

128.35 ?

123 + 5.35 = ?

128

Sistemi di coordinate

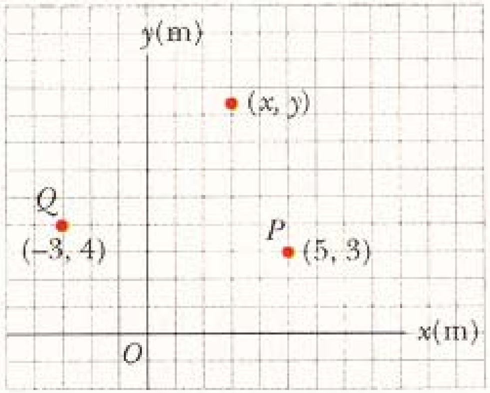


Figura 1.1 Indicazione dei punti in un sistema di coordinate cartesiane. Ogni punto è definito da due coordinate (x, y).

$$x = r\cos\theta$$

$$y = r\,\mathrm{sen}\,\theta$$

$$\tan\theta = \frac{y}{x}$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

x,y coordinate cartesiane

R,θ coordinate polari

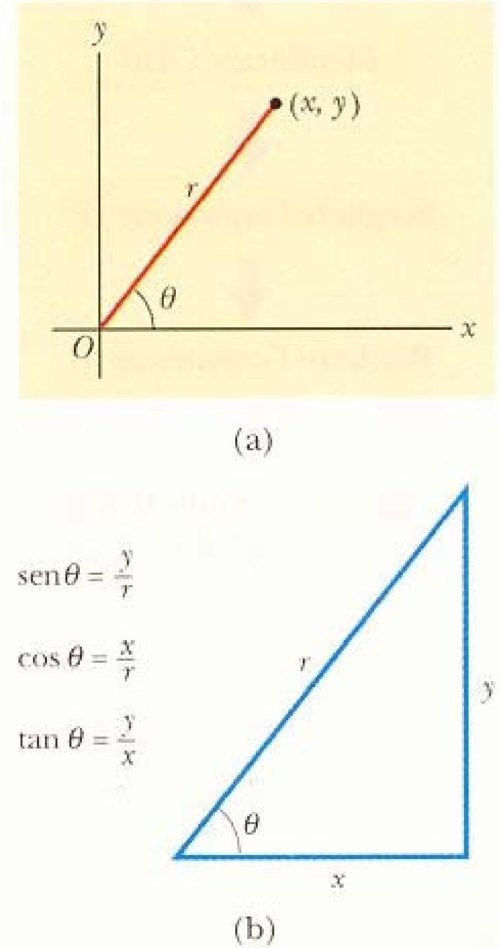
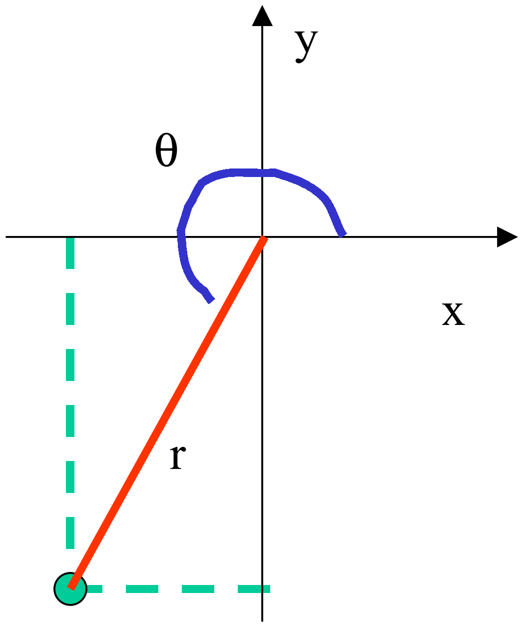


Figura 1.2 (a) Le coordinate polari piane di un punto sono rappresentate dalla distanza r e dall'angolo θ. (b) Il triangolo rettangolo adoperato per correlare (x, y) ad (r, θ).

$\theta = 240°$

$r = 5.50$ m

$x = 5.50 \cos(240°) = -2.75$ m
$y = 5.50 \text{ sen } (240°) = -4.76$ m



$$x = r\cos\theta$$
$$y = r \text{ sen } \theta$$
$$\tan\theta = \frac{y}{x}$$
$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$x = -3.00$ m
$y = 5.00$ m

$r = ((-3.00)^2+(5.00)^2)^{1/2}$
$= 5.83$ m

$\tan\theta = -0.6$