CSC

Centro Studi Colombo

Le grandezze fisiche

LE GRANDEZZE FISICHE

La fisica si interessa di quantità che sono definite in modo rigoroso e che sono misurabili: le **grandezze fisiche**. Le **leggi fisiche** esprimono relazioni fra le grandezze fisiche. La misura è la procedura che permette di associare alla grandezza un valore numerico mediante il confronto tra la quantità che è oggetto dell'osservazione e un campione, di valore unitario, detto **unità di misura**. Diverse unità di misura possono essere usate per la stessa grandezza fisica, ad esempio il metro, il piede e il centimetro possono essere usati per la misura della grandezza lunghezza.

Le unità di misura delle grandezze fisiche possono essere definite sulla base delle unità di misura di alcune grandezze fondamentali. Ad esempio, l'unità di misura della grandezza volume è definita come unità di misura della lunghezza elevata al cubo (metro al cubo, m^3, o centimetro al cubo, cm^3) in quanto le dimensioni fisiche della grandezza volume V sono quelle della grandezza lunghezza L al cubo[1] ovvero $[V]=[L^3]$. In altri termini la grandezza V è una grandezza derivata dalla grandezza fondamentale L.

1.1 Sistemi di unità di misura

La scelta delle unità di misura per le grandezze fondamentali individua **il sistema di unità di misura**. Il **Sistema Internazionale** di unità di misura (**S.I.**), introdotto nel 1960 dalla XI Conferenza Generale dei Pesi e Misure, è stato legalmente adottato in Italia nel 1982. Il Sistema Internazionale si basa su **grandezze fondamentali** (le cui unità di misura sono definite in modo indipendente) e **grandezze derivate** (le cui unità di misura sono definite mediante relazioni analitiche con le grandezze fondamentali).

Il Sistema Internazionale è un sistema di unità di misura:

- completo, in quanto tutte le grandezze fisiche che sono considerate sono ricavabili da grandezze fondamentali mediante relazioni analitiche;
- coerente, in quanto i fattori di proporzionalità che definiscono le unità delle grandezze derivate non sono diversi da 1;
- decimale, in quanto i multipli e i sottomultipli delle unità di misura sono potenze di 10 (eccezione fatta per le misure degli intervalli di tempo).

Le principali grandezze fisiche (con il relativo simbolo generalmente usato per indicarle) sono riassunte in Tabella 1.1. Tra tutte queste grandezze le prime sette (scritte in grassetto) sono le grandezze fondamentali; le restanti sono invece grandezze derivate. Per ciascuna grandezza è indicata

Tabella 1.1 Le grandezze fisiche e le loro unità di misura

Grandezza	Unità di misura nel S.I.	Unità di misura nel sistema c.g.s.	Dimensioni fisiche
Lunghezza (l)	metro (m)	centimetro (cm)	[L]
Massa (m)	chilogrammo (kg)	grammo (g)	[M]
Tempo (t)	secondo (s)	secondo (s)	[T]
Intensità di corrente elettrica (i)	ampere (A)	—	[i]
Temperatura (T)	kelvin (K)	—	[K]
Intensità luminosa (I)	candela (cd)	—	[I]
Quantità di sostanza	mole (mol)	—	[m]
Velocità (v)	metro/secondo (m/s)	centimetro/secondo(cm/s)	$[v] = [L \cdot T^{-1}]$
Accelerazione (a)	metro/secondo^2 (m/s^2)	centimetro/secondo^2 (cm/s^2)	$[a] = [L \cdot T^{-2}]$
Velocità angolare (ω)	radiante/secondo (rad/s)	—	$[T^{-1}]$
Frequenza (f)	hertz (Hz)	hertz (Hz)	$[T^{-1}]$
Forza (F)	newton (N)	dina (1 dina = 10^{-5} newton)	$[F] = [M \cdot L \cdot T^{-2}]$
Quantità di moto (p)	newton · secondo(N · s)	dina · secondo	$[p] = [M \cdot L \cdot T^{-1}]$
Impulso (J)	newton · secondo (N · s)	dina · secondo	$[J] = [M \cdot L \cdot T^{-1}]$
Lavoro (L)	joule (J)	erg (1 erg = 10^{-7} joule)	$[L] = [M \cdot L^2 \cdot T^{-2}]$
Energia (U,K,E)	joule (J)	erg	$[E] = [M \cdot L^2 \cdot T^{-2}]$
Potenza (P)	watt (W)	erg/secondo	$[P] = [M \cdot L^2 \cdot T^{-3}]$
Momento di una forza (M)	newton · metro (N · m)	dina · centimetro	$[M] = [M \cdot L^2 \cdot T^{-2}]$
Momento angolare (L)	joule · metro (J · m)	erg · centimetro	$[L] = [M \cdot L^3 \cdot T^{-2}]$
Densità (r)	chilogrammo/metro^3 (kg/m^3)	grammo/centimetro^3	$[\rho] = [M \cdot L^{-3}]$
Pressione (P)	pascal (Pa)	baria (1 baria = 0,1 pascal)	$[P] = [M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}]$
Portata (Q)	metro^3/secondo (m^3/s)	centimetro^3/secondo	$[Q] = [L^3 \cdot T^{-1}]$
Quantità di calore (Q)	joule (J)	erg	$[Q] = [M \cdot L^2 \cdot T^{-2}]$
Entropia (S)	joule/Kelvin (J/K)		$[S] = [M \cdot L^2 \cdot T^{-2} \cdot K^{-1}]$
Carica elettrica (q)	coulomb (C)	franklin (1 franklin = $3{,}34 \cdot 10^{-10}$ coulomb)	$[q] = [i \cdot T]$
Campo elettrico (E)	volt/metro (V/m)	—	$[E] = [M \cdot L \cdot T^{-3} \cdot i^{-1}]$
Potenziale elettrico (V)	volt (V)	—	$[V] = [M \cdot L^2 \cdot T^{-3} \cdot i^{-1}]$
Capacità (C)	farad (F)	—	$[C] = [M^{-1} \cdot L^{-2} \cdot T^{-4} \cdot i^2]$
Resistenza (R)	ohm (W)	—	$[R] = [M \cdot L^2 \cdot T^{-3} \cdot i^{-2}]$
Induzione magnetica (B)	tesla (T)	gauss (1 gauss = 10^{-4} tesla)	$[B] = [M \cdot i^{-1} \cdot T^{-2}]$

anche la corrispondente unità di misura nel Sistema Internazionale (S.I) o M.K.S. (dalle iniziali di metro, chilogrammo e secondo) e ove sia di comune utilizzo anche nel sistema **c.g.s.** (dalle iniziali di centimetro, grammo e secondo). Sulla stessa tabella nell'ultima colonna sono infine indicate le dimensioni fisiche delle varie grandezze.[2]

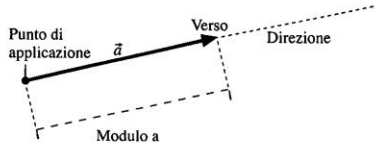
Spesso però sono utilizzate unità di misura che non appartengono a questi due sistemi (S.I. e c.g.s.), bensì ad un **Sistema Pratico**, ovvero unità di misura che risultano pratiche nella descrizione di fenomeni specifici. Nei capitoli successivi verranno definite queste unità ove utile. In Tabella 1.2 vengono riportate unità di misura pratiche di alcune grandezze.

Tabella 1.2 Unità di misura del Sistema Pratico

Grandezza	Unità di misura	Conversione
Lunghezza	angstrom (Å)	1 Å = 10^{-10} m
Massa	unità di massa atomica (u.m.a.)	1 u.m.a. = $1{,}66 \cdot 10^{-27}$ kg
Tempo	minuto (min) ora (h) giorno (d)	1 min = 60 s 1 h = 3600 s 1 d = 86400 s
Volume	litro (l)	1 l = 10^{-3} m^3
Forza	kg peso	1 kg peso = 9,8 N
Velocità	km/h	1 km/h = 0,278 m/s
Pressione	atmosfera mm Hg bar	1 atm = $1{,}013 \cdot 10^5$ Pa 1 mm Hg = 133 Pa 1 bar = 10^5 Pa
Energia	elettronvolt (eV) caloria	1 eV = $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ J 1 cal = 4,186 J

Nel S.I. possono essere usati multipli e sottomultipli delle unità di misura, espressi come potenze di 10. Nella Tabella 1.3 sono elencati i relativi prefissi. Ad esempio:

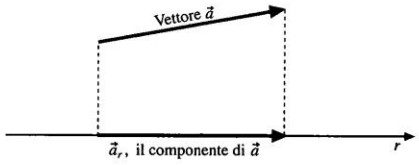
$$10\ \mu\text{m} = 10 \cdot 10^{-6}\ \text{m} = 10^{-5}\ \text{m}$$
$$0{,}1\ \text{mA} = 0{,}1 \cdot 10^{-3}\ \text{A} = 10^{-4}\ \text{A}$$
$$1\ \text{kW} = 10^{3}\ \text{W}$$
$$2{,}5\ \text{MHz} = 2{,}5 \cdot 10^{6}\ \text{Hz}$$



❒ ***Figura 1.1*** *Rappresentazione grafica di un vettore.*

1.3 Scomposizione di un vettore

Dato un vettore $\vec{a}$ ed una retta orientata r, si definisce **il componente** del vettore $\vec{a}$ lungo r, il vettore che ha origine nella proiezione dell'origine di $\vec{a}$ su r, ed estremo nella proiezione dell'estremo di $\vec{a}$ su r (Figura 1.2). Il componente di $\vec{a}$ lungo r è indicato con $\vec{a}_r$.



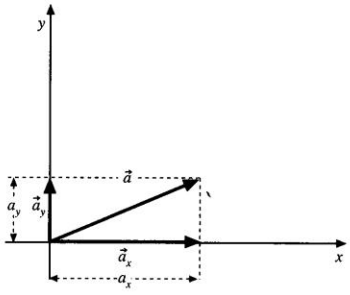
❒ ***Figura 1.2*** *Rappresentazione di $\vec{a}_r$, il componente del vettore $\vec{a}$ lungo r.*

La componente del vettore $\vec{a}$ lungo r è invece uno scalare pari al modulo del componente di $\vec{a}$ se il componente ed r sono orientati nello stesso verso; pari invece all'opposto del modulo del componente di $\vec{a}$ se il componente ed r sono orientati in verso opposto. La componente di $\vec{a}$ lungo r è indicata con a_r.

Dato un vettore $\vec{a}$, costruito un sistema di riferimento (piano cartesiano) avente origine nell'origine di $\vec{a}$, (Figura 1.3) si può procedere alla scomposizione del vettore. I vettori componenti lungo gli assi cartesiani sono: $\vec{a}_x$ e $\vec{a}_y$, e $|\vec{a}_x|$ e $|\vec{a}_y|$ (o più semplicemente a_x e a_y) sono le componenti del vettore lungo l'asse x e y rispettivamente.

La relazione che permette il passaggio dalle componenti di un vettore al modulo del vettore stesso è:

$$\boxed{a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}} \qquad (1.1)$$

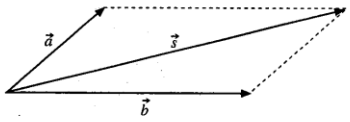


❒ ***Figura 1.3*** *Scomposizione di un vettore in un piano cartesiano.*

1.4 Algebra dei vettori

Somma di vettori: dati due vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$, il vettore somma $\vec{s} = \vec{a} + \vec{b}$, si ottiene costruendo il parallelogramma avente come lati $\vec{a}$ e $\vec{b}$ (Figura 1.4). La diagonale del parallelogramma avente origine nel punto comune ai due vettori è il vettore somma $\vec{s}$.

La somma tra due vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$ è massima quando essi hanno stessa direzione e stesso verso.



❒ ***Figura 1.4*** *Somma vettoriale mediante la "regola del parallelogramma".*

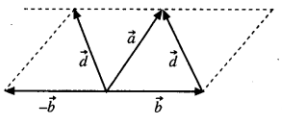
Vettore opposto: dato un vettore $\vec{a}$, il vettore opposto $-\vec{a}$ è il vettore che ha lo stesso modulo e la stessa direzione di $\vec{a}$, ma verso opposto (Figura 1.5).

❒ ***Figura 1.5*** *Costruzione del vettore opposto.*

Differenza di vettori: dati due vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$, il vettore differenza si ottiene riconducendo l'operazione differenza ad una operazione di somma con il vettore opposto (Figura 1.6):

$$\boxed{\vec{d} = \vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})} \qquad (1.2)$$

$\vec{d}$ è il vettore che ha origine nell'estremo di $\vec{b}$ ed estremo nell'estremo di $\vec{a}$.



❒ ***Figura 1.6*** *Differenza tra due vettori.*

1.5 Prodotti vettoriali

Prodotto di un vettore per uno scalare: dato uno scalare k ed un vettore $\vec{a}$, il prodotto tra queste due quantità è un vettore $\vec{p}$ avente:

- come modulo $p = a \cdot |k|$, avendo indicato con a il modulo di $\vec{a}$ e con $|k|$ il valore assoluto di k
- come direzione la stessa direzione di $\vec{a}$
- come verso lo stesso verso di $\vec{a}$ se $k > 0$, quello opposto se $k < 0$.

Un esempio di prodotto di un vettore per uno scalare è la quantità di moto $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$ dove la massa m è uno scalare e la velocità $\vec{v}$ è una grandezza vettoriale.

Prodotto scalare di due vettori: dati due vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$, il loro prodotto scalare è lo scalare che si ottiene moltiplicando il prodotto dei moduli dei due vettori per il coseno dell'angolo formato dai due vettori stessi [3]:

$$\boxed{P_s = \vec{a} \bullet \vec{b} = a \cdot b \cdot \cos \vartheta} \qquad (1.3)$$

Un esempio di prodotto scalare è il lavoro L compiuto da una forza costante $\vec{F}$ che agisce su un corpo che si muove lungo una retta: $L = \vec{F} \bullet \vec{s}$, dove $\vec{s}$ è il vettore spostamento.

Osservazione

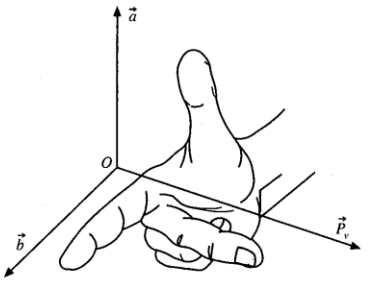
- Il risultato del prodotto scalare di due vettori è uno scalare.
- Il prodotto scalare può essere nullo anche se i due vettori non hanno modulo nullo: è infatti sufficiente che i due vettori siano perpendicolari tra loro ($\cos(90°) = 0$).

Prodotto vettoriale di due vettori: dati due vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$, il loro prodotto vettoriale [4] è un vettore $\vec{P}_V = \vec{a} \wedge \vec{b}$, avente:

- modulo pari al prodotto dei moduli dei due vettori per il seno dell'angolo formato dai due vettori stessi:

$$\boxed{P_V = a \cdot b \cdot \operatorname{sen} \vartheta} \qquad (1.4)$$

- direzione perpendicolare al piano formato dai due vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$
- verso determinato dalla **"regola della mano destra"**: disponendo il pollice della mano destra come il primo vettore $\vec{a}$, l'indice come il secondo vettore $\vec{b}$, si ha che la direzione e il verso del vettore prodotto vettoriale $\vec{P}_V = \vec{a} \wedge \vec{b}$ sono individuati dal dito medio della mano destra (Fig. 1.7).



❒ ***Figura 1.7*** *Regola della mano destra per il prodotto vettoriale.*

Un esempio di prodotto vettoriale è il momento di una forza: $\vec{M} = \vec{r} \wedge \vec{F}$

Osservazione

- A differenza del prodotto scalare, il prodotto vettoriale ha come risultato un vettore.
- Tale vettore è sempre perpendicolare ai due vettori di partenza.
- Il vettore risultato del prodotto vettoriale può essere nullo anche se i due vettori non hanno modulo nullo: è infatti sufficiente che formino tra loro un angolo uguale a 0° o 180° (sen(0°) = sen(180°) = 0). Due vettori aventi la stessa direzione hanno quindi prodotto vettoriale nullo.

1.6 Proprietà delle operazioni tra vettori

La somma tra vettori gode delle seguenti proprietà:

- **commutativa:**
  $$\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a} \tag{1.5}$$
- **associativa:**
  $$(\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c} = \vec{a} + (\vec{b} + \vec{c}) \tag{1.6}$$

Il prodotto scalare tra vettori gode delle seguenti proprietà:

- **commutativa:**
  $$\vec{a} \bullet \vec{b} = \vec{b} \bullet \vec{a} \tag{1.7}$$
- **distributiva rispetto alla somma:**
  $$\vec{a} \bullet (\vec{b} + \vec{c}) = \vec{a} \bullet \vec{b} + \vec{a} \bullet \vec{c} \tag{1.8}$$

Il prodotto vettoriale gode delle seguenti proprietà:

- **anticommutativa:**
  $$\vec{a} \wedge \vec{b} = -\vec{b} \wedge \vec{a} \tag{1.9}$$
- **distributiva rispetto alla somma:**
  $$\vec{a} \wedge (\vec{b} + \vec{c}) = \vec{a} \wedge \vec{b} + \vec{a} \wedge \vec{c} \tag{1.10}$$

Le grandezze fisiche Verifica

1) Nel sistema S.I. l'unità di misura della lunghezza è il:
A. centimetro
B. metro
C. grammo
D. chilogrammo
E. chilometro

2) Nel sistema c.g.s l'unità di misura della massa è:
A. il grammo
B. il chilogrammo
C. il centigrammo
D. l'ettogrammo
E. il secondo

3) Quali delle seguenti grandezze è una grandezza fondamentale?
A. Velocità
B. Accelerazione
C. Resistenza
D. Intensità di corrente
E. Capacità

4) Quali delle seguenti grandezze è una grandezza derivata?
A. Lunghezza
B. Tempo
C. Massa
D. Temperatura
E. Carica elettrica

5) L'ampere è l'unità di misura della corrente elettrica nel S.I. Un picoampere (pA) equivale a:
A. 10^{12} A
B. 10^{9} A
C. 10^{-6} A
D. 10^{-12} A
E. 10^{-9} A

6) Quale delle seguenti potenze di 10 si indica con il prefisso micro?
A. 10^{-6}
B. 10^{6}
C. 10^{9}
D. 10^{-9}
E. 10^{-12}

7) Quante sono le grandezze fisiche fondamentali nel S.I.?
A. Tre
B. Cinque
C. Sette
D. Sei
E. Otto

8) Una grandezza scalare oltre che da una unità di misura è definita tramite:
A. una direzione, un verso ed un modulo
B. una direzione ed un numero
C. un verso ed un modulo
D. un numero
E. un vettore

9) La massa:
A. è una grandezza derivata
B. è una grandezza scalare
C. è una grandezza vettoriale
D. nel sistema M.K.S. si misura in grammi
E. nel sistema c.g.s si misura in milligrammi

10) Una vettore è definito tramite:
A. un modulo, una direzione ed un verso
B. un modulo
C. un modulo ed una direzione
D. una direzione e un verso
E. un verso

11) La somma di due vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$:
A. è uno scalare
B. non si può fare
C. è un vettore il cui verso non dipende dal verso dei due vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$
D. ha modulo pari alla lunghezza della diagonale del parallelogramma avente come lati i due vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$
E. ha sempre modulo pari alla somma dei moduli dei due vettori

12) Il prodotto di un vettore $\vec{a}$ per uno scalare k:
A. non si può fare
B. è uno scalare
C. è un vettore avente come direzione la stessa direzione di $\vec{a}$
D. è un vettore avente come verso lo stesso verso di $\vec{a}$, indipendentemente dal segno dello scalare k
E. è un vettore avente come verso il verso di $\vec{a}$ se $k < 0$, quello opposto se $k > 0$

13) Il prodotto scalare tra due vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$ che formano tra loro un angolo ϑ:
A. è un vettore avente modulo pari a $a \cdot b \cdot \cos\vartheta$
B. è uno scalare pari a $a \cdot b \cdot \cos\vartheta$
C. è uno scalare pari a $a \cdot b \cdot \operatorname{sen}\vartheta$
D. è un vettore avente modulo pari a $a \cdot b \cdot \operatorname{sen}\vartheta$
E. è nullo solo se almeno uno dei vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$ è un vettore nullo

14) Dato un vettore $\vec{a}$ avente origine nell'origine di un piano cartesiano. Siano a_x e a_y le sue componenti. Il modulo di $\vec{a}$ è dato da:
A. $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$
B. $a = \sqrt{a_x^2 - a_y^2}$
C. $a = \sqrt{a_x^2 \cdot a_y^2}$
D. $a = a_x^2 + a_y^2$
E. $a = a_x^2 + a_y$

15) Il prodotto vettoriale tra due vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$ che formano tra loro un angolo ϑ è:
A. un vettore avente modulo pari a $a \cdot b \cdot \cos\vartheta$
B. uno scalare pari a $a \cdot b \cdot \cos\vartheta$
C. uno scalare pari a $a \cdot b \cdot \operatorname{sen}\vartheta$
D. un vettore avente modulo pari a $a \cdot b \cdot \operatorname{sen}\vartheta$
E. nullo se i vettori $\vec{a}$ e $\vec{b}$ sono ortogonali tra loro

16) La proprietà commutativa:
A. vale per la somma di vettori ma non vale né per il prodotto scalare né per il prodotto vettoriale
B. vale per la somma di vettori e per il prodotto vettoriale ma non vale per il prodotto scalare
C. vale per la somma di vettori e per il prodotto scalare ma non vale per il prodotto vettoriale
D. non vale per la somma di vettori ma vale sia per il prodotto scalare sia per il prodotto vettoriale
E. vale sia per la somma di vettori, sia per il prodotto scalare e sia per il prodotto vettoriale

17) Quale delle seguenti potenze di 10 si indica con il prefisso tera?
A. 10^{-6}
B. 10^{6}
C. 10^{9}
D. 10^{-9}
E. 10^{12}

18) Un millimetro equivale a:
A. 10^{-6} metri
B. 10^{6} metri
C. 10^{-3} metri
D. 10^{3} metri
E. 10^{-2} metri

19) Quale delle seguenti affermazioni è corretta?
A. Il risultato del prodotto scalare tra due vettori è uno scalare
B. Il prodotto scalare tra due vettori è nullo se l'angolo formato dai due vettori è pari a 180°
C. Il risultato del prodotto vettoriale tra due vettori è uno scalare
D. Il risultato del prodotto vettoriale tra due vettori giace sul piano individuato dai due vettori
E. Il prodotto vettoriale tra due vettori è nullo se l'angolo formato dai due vettori è pari a 90°

20) Il secondo:
A. è l'unità di misura del tempo nel S.I. ma non nel sistema c.g.s.
B. è l'unità di misura del tempo nel sistema c.g.s. ma non nel S.I.
C. è l'unità di misura della velocità nel S.I.
D. è l'unità di misura della velocità nel sistema c.g.s.
E. è l'unità di misura del tempo sia nel S.I. che nel sistema c.g.s.

21) Siano $\vec{a}$ e $\vec{b}$ due vettori ortogonali tra loro, entrambi di modulo pari a 2. Il prodotto scalare tra questi due vettori vale:
A. due
B. quattro
C. uno
D. zero
E. sei