

FISICA

Per il

SEMESTRE FILTRO

Teoria • Mappe concettuali • Quiz commentati

Medicina e Chirurgia

Odontoiatria e Protesi Dentaria

Medicina Veterinaria

Responsabile Redazione: Arianna Ribichesu

Responsabile Produzione: Eleonora Moroni

Editor: Duccio Canestri

Project Manager: Giada Freccero

Copertina: Ottavia Menzio

Impaginazione: Martina Trevisani

© 2026 Edra S.p.A.* – Tutti i diritti riservati

ISBN 978-88-214-6033-3

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e adattamento totale o parziale con qualsiasi mezzo (compresi i microfilm e le copie fotostatiche), sono riservati per tutti i Paesi. Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633.

Le fotocopie effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate a seguito di specifica autorizzazione rilasciata da CLEARedi, Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali, Corso di Porta Romana 108, 20122 Milano, e-mail autorizzazioni@clearedi.org e sito web www.clearedi.org.

L'Editore ha compiuto ogni sforzo per ottenere e citare le fonti esatte delle illustrazioni. Qualora in qualche caso non fosse riuscito a reperire gli aventi diritto è a disposizione per rimediare a eventuali involontarie omissioni o errori nei riferimenti citati.

La medicina è una scienza in continua evoluzione. La ricerca e l'esperienza clinica ampliano costantemente le nostre conoscenze, soprattutto in relazione alle modalità terapeutiche e alla farmacologia. Qualora il testo faccia riferimento al dosaggio o alla posologia di farmaci, il lettore può essere certo che autori, curatori ed editore hanno fatto il possibile per garantire che tali riferimenti siano conformi allo stato delle conoscenze al momento della pubblicazione del libro. Tuttavia, si consiglia il lettore di leggere attentamente i foglietti illustrativi dei farmaci per verificare personalmente se i dosaggi raccomandati o le controindicazioni specificate differiscano da quanto indicato nel testo. Ciò è particolarmente importante nel caso di farmaci usati raramente o immessi di recente sul mercato.

Edra S.p.A.

Via G. Spadolini, 7

20141 Milano

Tel. 02 881841

www.edizioniedra.it

Finito di stampare nel mese di agosto 2025 da "Kosmoprint" S.r.l. Rimini (RN)

(*) Edra S.p.A. fa parte di **LSWR GROUP**

Unità didattica 1

INTRODUZIONE AI METODI DELLA FISICA	1
Introduzione alla fisica	2
I concetti fondamentali	2
I sistemi di unità di misura	2
Le grandezze intensive ed estensive	5
Le grandezze scalari e vettoriali.....	6
Le operazioni con i vettori	8
La misura.....	11
La teoria dell'errore	12
Le cifre significative e l'arrotondamento	13
La notazione scientifica e l'ordine di grandezza.....	14
I multipli e i sottomultipli	14
La rappresentazione dei fenomeni fisici	16
Le funzioni.....	16
Le funzioni trigonometriche elementari	23

Unità didattica 2

MECCANICA	29
Cinematica	30
I concetti fondamentali	30
Il moto rettilineo.....	30
L'accelerazione	32
Il moto uniformemente accelerato.....	34
I moti nel piano.....	35
Il moto circolare uniforme.....	37
Il moto armonico	39
La composizione di moti	40
Forze, movimento ed equilibrio	41
La caduta libera.....	41
Il piano inclinato	42
I diversi tipi di moto.....	44
La forza centripeta.....	45
Il moto armonico	46
Il pendolo.....	47
Le forze cambiano il moto di un corpo.....	48

La misura delle forze.....	49
La forza peso e la massa	50
Le forze di attrito	50
La forza elastica	51
L'equilibrio	52
L'effetto di più forze su un corpo rigido	53
Il momento delle forze	54
Il baricentro	55
L'impulso e la quantità di moto	56
Il lavoro e l'energia	58
Le leve	62

Unità didattica 3

MECCANICA DEI FLUIDI	65
-----------------------------------	----

Meccanica dei fluidi	66
Le caratteristiche generali di un fluido	66
Le grandezze fisiche	67
Le proprietà colligative	69
Capillarità	73
Situazioni di interesse medico	74
Fluidostatica	76
Fluidodinamica	79

Unità didattica 4

ONDE MECCANICHE	93
------------------------------	----

Onde, oscillazioni, acustica	94
Le onde	94
Il suono	96
La luce	97
Le proprietà delle onde	99

Unità didattica 5

TERMODINAMICA	101
----------------------------	-----

Termodinamica	102
La misura della temperatura	102
La dilatazione dei solidi	103
Le trasformazioni dei gas	104
Il gas perfetto	106
Il calore	107
La propagazione di calore	110
I cambiamenti di stato	111
Il modello molecolare e cinetico della materia	113

I principi della termodinamica	116
Il rendimento di una macchina termica	119
L'entropia.....	120
Unità didattica 6	
ELETTRICITÀ E MAGNETISMO	123
Elettrostatica	124
La carica elettrica	124
La legge di Coulomb	124
Il campo elettrico	125
I conduttori, i semiconduttori, gli isolanti	126
L'energia potenziale elettrica	126
Il potenziale elettrostatico.....	127
La capacità	127
La corrente elettrica	128
I circuiti elettrici.....	128
Il magnetismo.....	135
I fenomeni magnetici.....	135
Il calcolo del campo magnetico	136
Il campo magnetico nella materia.....	137
Le forze sui conduttori percorsi da corrente.....	138
La forza di Lorentz	139
L'induzione elettromagnetica	140
Fisica applicata alla medicina: fisica delle membrane.....	144
Introduzione	144
I lipidi di membrana.....	144
L'asimmetria della membrana plasmatica	145
Le proteine di membrana	146
Il trasporto attraverso le membrane	147
Dal chimico all'elettrico: le basi biofisiche del potenziale d'azione	154
Fisica applicata alla medicina: il potenziale d'azione	163
Il potenziale di membrana a riposo	163
L'equazione di Nernst	165
L'equilibrio di Donnan	166
L'equazione di Goldman-Hodging-Katz	167
Il circuito elettrico di membrana	168
La misurazione sperimentale della polarizzazione di membrana.....	168
Le variazioni del potenziale di riposo.....	169
Il potenziale d'azione	170
La sinapsi	175
La sinapsi chimica.....	180
La plasticità sinaptica	184

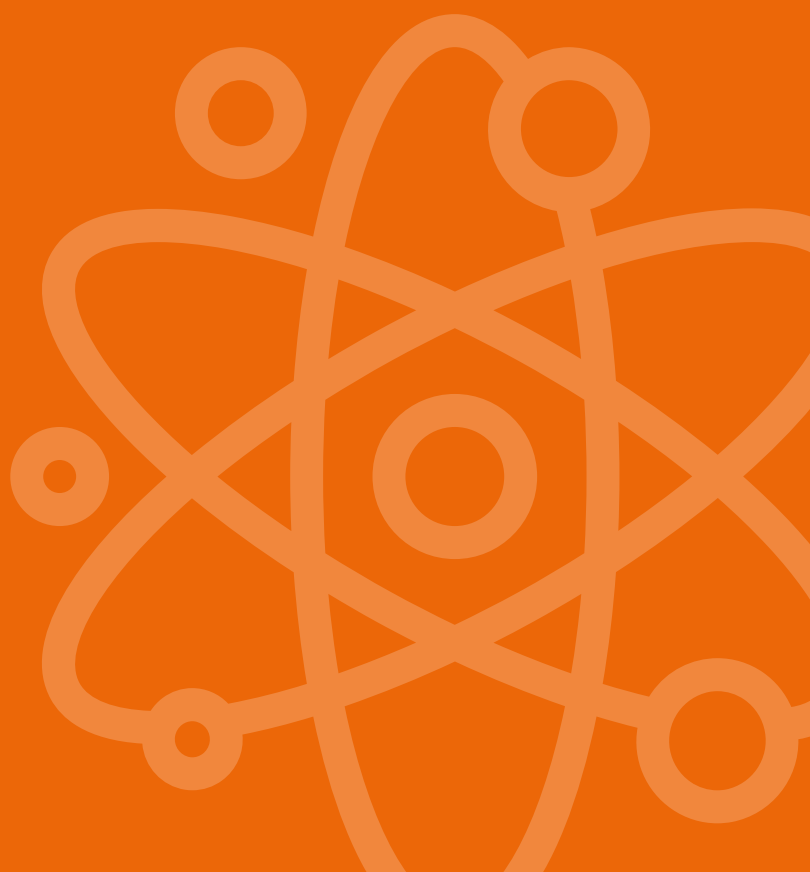
Elettrofisiologia cardiaca	187
La genesi e la propagazione dell'impulso cardiaco	187
Il potenziale d'azione cardiaco	188
Il sistema di conduzione e diffusione dell'attività elettrica	191
La rappresentazione grafica del segnale elettrico:	
l'elettrocardiogramma	193
La correlazione tra eventi elettrici e meccanici: il ciclo cardiaco	194
Fisica applicata alla medicina: radiazione X	199
La natura dei raggi X	199
I fenomeni di diffrazione	201
La produzione di raggi X	203
L'analisi della radiazione emessa da un tubo Coolidge	204
L'interazione di raggi X con la materia	207
I processi responsabili dell'attenuazione	209
L'importanza relativa dei vari processi di assorbimento	212
Cenni di tecnica radiografica	214
La misura dell'intensità di una radiazione	215
La dose equivalente	216
 Unità didattica 7	
RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE	219
Radioattività e cenni di fisica moderna	220
La relatività	220
La radiazione del corpo nero e la quantizzazione dell'energia	220
I fotoni e l'effetto fotoelettrico	222
L'effetto Compton	223
Il modello di Bohr dell'atomo di idrogeno	224
Il dualismo onda-particella	225
La radioattività	226
Le onde elettromagnetiche	228
Ottica	232
La luce	232
Gli specchi	234
Le lenti	237
I microscopi	238
L'interferenza e la diffrazione	239
 MAPPE E QUIZ	243
Misure	244
Soluzioni commentate	247
Quiz di verifica	248

Cinematica	249
Quiz MRU e MRUA	252
Quiz di verifica	254
Soluzioni commentate	255
Dinamica	256
Quiz dinamica	258
Quiz di verifica	260
Soluzioni commentate	261
Lavoro ed energia	262
Quiz di verifica	265
Soluzioni commentate	266
Meccanica dei fluidi	267
Quiz di verifica	269
Soluzioni commentate	270
Termodinamica	271
Quiz di verifica	273
Soluzioni commentate	274
Elettrostatica	275
Quiz di verifica	278
Soluzioni commentate	279
Elettrodinamica	280
Quiz resistenze (e condensatori) in serie e in parallelo	282
Quiz di verifica	284
Soluzioni commentate	285
Verifica finale – Quiz	286
Verifica finale – Soluzioni	289

Unità didattica

1

INTRODUZIONE AI METODI DELLA FISICA



INTRODUZIONE ALLA FISICA

I concetti fondamentali

La parola "**fisica**" deriva dal greco *physikà*, tradotto vuol dire "*le cose naturali*". Si deduce dunque che la fisica studia la natura e tutto quello che vi accade. Si concentra sullo studio del movimento, attraverso lo spazio-tempo, della materia, delle forze che causano questo movimento; attraverso il linguaggio matematico la fisica descrive le caratteristiche di tutto ciò.

Il metodo usato per descrivere proprietà di corpi e fenomeni, e stabilire delle leggi universali, è il **metodo induttivo**: si parte dall'osservazione di un *fenomeno* e si ricava la legge generale, spiegata da una *formula matematica*.

Esempio

Fenomeno: la mela cade dall'albero e raggiunge il suolo.

Legge generale: la mela è soggetta alla forza peso, diretta verso il centro della Terra.

Formula: $F_p = m \cdot g$

L'intera fisica, per la descrizione dei fenomeni, si serve di riferimenti oggettivi, misurabili, con i quali i fenomeni stessi vengono descritti quantitativamente e qualitativamente.

Tali riferimenti sono le **grandezze fisiche**.



Una **grandezza fisica** è una proprietà di un corpo o fenomeno, misurabile con il confronto con una *grandezza di riferimento omogenea*.

Due grandezze A e B si dicono **omogenee** se:

- possiamo confrontarle: $A < B$; $A = B$; $A > B$;
- possiamo sommarle o sottrarle: $A + B$; $A - B$.

In caso contrario si dicono **eterogenee**.

È possibile dare un valore a una grandezza solo se esiste un *valore standard di riferimento*. È in virtù del confronto tra questi due valori che le grandezze hanno un **valore** e un'**unità di misura**, ottenuti grazie all'utilizzo di uno **strumento di misura**, e possono quindi essere *ordinate*.

I sistemi di unità di misura

I sistemi di unità di misura sono un insieme di unità fondamentali e derivate, che devono essere coerenti, seguire cioè le regole del sistema di grandezze preso in considerazione.

Sistema CGS

È il **Sistema Centimetro-Grammo-Secondo**. È ormai obsoleto: al suo posto si usa il SI, Sistema Internazionale. È stato sostituito a causa delle unità di misura eccessivamente piccole, non molto pratiche.

Consta di sole tre grandezze fondamentali.

Grandezza fondamentale	Unità di misura	Simbolo unità di misura	Simbolo analisi dimensionale
Lunghezza	centimetro	cm	L
Massa	grammo	g	M
Tempo	secondo	s	t

Sistema MKSA

Trattasi di un sistema avente per grandezze fondamentali lunghezza, massa, tempo. Utile alla meccanica, la branca della fisica che si occupa dell'equilibrio e del movimento dei corpi in relazione a delle forze, non permetteva di descrivere l'elettromagnetismo.

Si aggiunge così l'intensità di corrente elettrica e, pertanto, l'**MKS** diventa **MKSA**. Il Sistema Internazionale si ottiene aggiungendo al sistema MKSA altre tre grandezze: intensità luminosa, temperatura e quantità di materia.

Nella tabella di seguito sono illustrate le grandezze fondamentali del sistema MKSA.

Grandezza fondamentale	Unità di misura	Simbolo unità di misura	Simbolo analisi dimensionale
Lunghezza	metro	m	L
Massa	chilogrammo	kg	M
Intensità di corrente	ampere	A	I
Tempo	secondo	s	t

Sistema Internazionale

Ideato nel 1960 a Parigi, il **Sistema Internazionale (SI)** è, a oggi, il più diffuso sistema di unità di misura.

Comprende **sette** grandezze fisiche fondamentali, ciascuna con i corrispondenti simboli, simboli dimensionali e unità di misura.

Esse sono: *lunghezza, massa, temperatura, tempo, intensità di corrente, quantità di materia e intensità luminosa*, illustrate nella tabella seguente.

Grandezza fondamentale	Unità di misura	Simbolo unità di misura	Simbolo analisi dimensionale
Lunghezza	metro	m	L
Massa	chilogrammo	kg	M
Temperatura	kelvin	K	T
Tempo	secondo	s	t
Intensità di corrente	ampere	A	I
Quantità di materia	mole	mol	N
Intensità luminosa	candela	cd	J

Dal prodotto, o rapporto, tra le *grandezze fondamentali* si ottengono le *grandezze derivate*. Nella tabella di seguito sono riportate alcune delle principali.

Grandezza derivata	Unità di misura	Unità di misura secondo il SI
Velocità	m/s	m/s
Forza	N (Newton)	$\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$
Energia	J (Joule)	$\text{N} \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$
Frequenza	Hz (hertz)	1/s
Pressione	Pa (Pascal)	$\text{N} / \text{m}^2 = \text{kg} / (\text{m} \cdot \text{s}^2)$

Si consideri, per esempio, la **velocità**. Essa si calcola dividendo lo spazio percorso per l'intervallo di tempo impiegato a percorrerlo. Si noti che sono entrambe grandezze fondamentali; si ottiene l'unità di misura della grandezza derivata ponendo a rapporto, in questo caso, anche le unità di misura. Si ha quindi: velocità = spazio percorso/intervallo di tempo = [m/s].

Si intuisce che da prodotti/rapporti tra grandezze derivate si ottengono altre grandezze derivate. Un esempio è la **pressione**, rapporto tra forza e superficie sulla quale viene applicata. Sia la forza che la superficie sono grandezze derivate.

N.B. Sommare o sottrarre grandezze diverse non ha un significato in termini fisici e matematici. Questo perché la somma o differenza avvengono tra grandezze non confrontabili. Diverso è invece il prodotto o il rapporto tra grandezze non omogenee che, come già detto, dà origine a grandezze derivate.

Se si vuole fare l'**analisi dimensionale** della grandezza velocità, basti ricordare che lo spazio percorso è una lunghezza [L], mentre l'intervallo di tempo è un tempo [t]: la velocità sarà dunque una lunghezza/tempo $\rightarrow$ velocità = $\frac{[L]}{[t]}$.

L'analisi dimensionale, inoltre, permette di verificare, da un semplice confronto, se un'equazione fisica è scritta correttamente.

Unità di misura e medicina

Nel 1974 si è tenuta la XXX sessione dell'Assemblea Mondiale della Sanità. Durante tale sessione è stato raccomandato l'utilizzo del SI in ogni campo della medicina. Non solo in riferimento alle grandezze fondamentali, ma chiaramente anche alle grandezze derivate.

Ecco un elenco che illustra l'utilizzo delle unità di misura in relazione al loro risvolto pratico:

- densità delle sostanze $\rightarrow$ g/L;
- concentrazione di una sostanza nei fluidi biologici, *urina esclusa*, a peso molecolare noto $\rightarrow$ mol/L, mmol/L, μ mol/L, nmol/L, ecc.;
- concentrazione di una sostanza a massa molecolare ignota $\rightarrow$ g/L, mg/L, ecc.;
- concentrazione di sostanze nell'urina a peso molecolare noto $\rightarrow$ mol/giorno; concentrazione di sostanze nell'urina a peso molecolare ignoto $\rightarrow$ g/giorno, mg/giorno, ecc.;
- attività enzimatica $\rightarrow$ catal (cat, quantità di enzima che catalizza la reazione *1 mol substrato $\rightarrow$ 1 mol prodotto in 1 secondo*).

Costanti fondamentali

Nella tabella di seguito è riportato un elenco delle costanti fondamentali in fisica.

Costante fondamentale	Valore	Unità di misura
Costante di Avogadro	$6,022\,141\,99(47) \cdot 10^{23}$	mol^{-1}
Costante di Boltzmann	$1,380\,6503(24) \cdot 10^{-23}$	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$
Costante dielettrica del vuoto	$8,854\,187\,817... \cdot 10^{-12}$	$\text{F} \cdot \text{m}^{-1}$
Carica dell'elettrone	$1,602\,176\,462(63) \cdot 10^{-19}$	C
Massa dell'elettrone	$9,109\,381\,88(72) \cdot 10^{-31}$	kg
Costante di gravitazione universale	$6,672\,59(85) \cdot 10^{-11}$	$\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$
Costante di Planck	$6,626\,068\,76(52) \cdot 10^{-34}$	J·s
Massa del protone	$1,672\,621\,58(13) \cdot 10^{-27}$	kg
Velocità della luce nel vuoto	299 792 458	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Le grandezze intensive ed estensive



Una **grandezza intensiva** è tale se *non dipende* dalle dimensioni del campione.

Una **grandezza estensiva** è tale se *dipende* dalle dimensioni del campione. Se si fa riferimento a due valori di una stessa grandezza, è inoltre possibile sommare tali valori.



Si prenda come campione acqua distillata.

Grandezze intensive possono essere: temperatura di fusione, densità, temperatura di ebollizione. Non vi è alcuna relazione tra queste grandezze e la quantità di acqua.

Se si considerano invece massa e peso, queste grandezze dipendono dalla quantità d'acqua considerata, dunque sono estensive.

Di seguito vengono illustrati esempi di grandezze intensive ed estensive.

Grandezze intensive	Grandezze estensive
temperatura di fusione	lunghezza
temperatura di ebollizione	area
densità	entropia
peso specifico	entalpia
molarità	massa
normalità	volume
calore specifico	energia
pressione	capacità termica
	quantità di calore

N.B. Riprendendo il concetto di somma tra grandezze, se si ha 1 litro d'acqua e 2 litri d'acqua, questi valori possono essere sommati, dal momento che si ha a che fare con grandezze estensive. Se si vuole invece calcolare la temperatura d'ebollizione dell'acqua, che sia 1 litro, 2 litri, 3 litri ecc., la temperatura di ebollizione a 1 atm sarà sempre **100 °C**.

Le grandezze scalari e vettoriali

È possibile classificare le grandezze fisiche anche in scalari e vettoriali.

Grandezze scalari



Una **grandezza scalare** è una grandezza rappresentabile solamente con un numero (*scalare*) e un'*unità di misura*, uniche proprietà necessarie a descrivere la grandezza.

Di seguito vengono riportate le principali grandezze scalari.

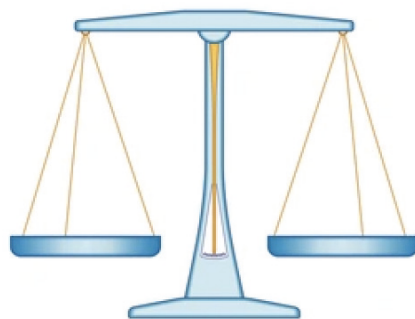
Massa



La **massa** è la grandezza che esprime la quantità di materia.

- **Strumento di misura:** *bilancia a bracci uguali*. È costituita da una *leva di 1° genere*.

È formata da un *sostegno*, sul quale poggia il *giogo*, che funge da leva; il *fulcro* non è altro che un coltello ad angolo acuto; i *piatti* P ed R sui quali poggeranno i corpi, e un *ago*, l'indice della bilancia. Nel momento in cui all'estremità della bilancia viene applicata una forza, per evitare il movimento rotatorio si può applicare un'ulteriore forza all'altra estremità della bilancia. Poiché l'obiettivo è quello di determinare la massa di un certo corpo R', si pone un corpo P' di massa conosciuta, solitamente dei pesetti, su uno dei due piatti. Si aggiunge poi una certa quantità del corpo del quale si vuole ricavare la massa fino a quando non si raggiunge una situazione di equilibrio.



- **Unità di misura:** kilogrammo (kg), ossia la massa di un cilindro di una lega di platino-iridio, del diametro di 4 cm, depositato a Sèvres, in Francia.

Densità



La **densità** di un corpo è data dal rapporto tra la massa e il volume del corpo stesso.

$$(1) \quad d = \frac{m}{V}$$

Da questa formula si deduce che la densità è *direttamente* proporzionale alla massa e *inversamente* proporzionale al volume.

- **Strumento di misura:** per confrontare la densità di due corpi, per esempio sabbia e acqua, si può usare una bilancia a bracci uguali. Si pone, per esempio, una bottiglia contenente 1 dm^3 d'acqua su un piatto e un'altra contenente 1 dm^3 di sabbia sull'altro piatto. A parità di volume, l'oggetto a densità maggiore sarà quello con la massa maggiore, ossia quello che si trova più in basso sul piatto della bilancia.
- **Unità di misura:** dal rapporto tra unità di misura della massa e unità di misura del volume si ottiene l'unità di misura della densità: kg/m^3 .
- **Conversioni:** può essere utile passare da g/cm^3 a kg/m^3 , dal momento che spesso in medicina la densità è espressa con un'unità di misura diversa da quella del SI. Se si ha 1 g/cm^3 , si moltiplicano i grammi per 10^{-3} , ottenendo così i kg corrispondenti; analogamente si moltiplicano i cm^3 per 10^{-6} , ottenendo i m^3 corrispondenti. Dunque,

$$1 \cdot \frac{10^{-3}}{10^{-6}} = \text{kg/m}^3 = 1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$$

Tempo



Il **tempo**, nello specifico un intervallo di tempo, è espressione della distanza che intercorre tra eventi, la durata di un certo fenomeno.

- **Strumenti di misura:** si possono usare principalmente tre strumenti:
 - orologio a pendolo: vengono contate le oscillazioni di un pendolo;
 - orologio al quarzo: vengono contate le oscillazioni di un cristallo di quarzo;
 - orologio atomico: vengono contate le oscillazioni di onde emesse dal cesio.
- **Unità di misura:** secondo (s), intervallo di tempo necessario a una onda elettromagnetica (derivante da cesio), per il compimento di 9 192 631 770 oscillazioni.
- **Conversioni:** $1 \text{ s} = 1000 \text{ ms}$; $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$; $1 \text{ h} = 60 \text{ min}$; $1 \text{ d} = 24 \text{ h}$; $1 \text{ a} = 365 \text{ d}$.

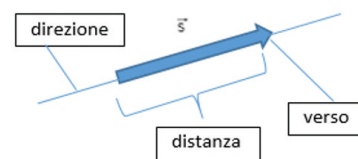
Grandezze vettoriali



Una **grandezza vettoriale** è una grandezza descrivibile da un **vettore**, con relativa *unità di misura*.

Per descrivere, per esempio, uno spostamento si usa un **vettore**, rappresentato da una freccia caratterizzata da tre elementi:

- **modulo:** il valore dello spostamento;
- **direzione:** la retta sulla quale avviene lo spostamento;
- **verso:** uno dei due sensi con cui si può percorrere lo spostamento.



Il vettore viene indicato col simbolo $\vec{s}$

La "s" senza freccia invece sta a indicare il modulo (per comodità verranno in seguito indicati senza freccia anche i vettori stessi).

NB. Il vettore rappresenta una distanza prendendo in considerazione il punto di *partenza* e di *arrivo*. **Non** si tratta della riproduzione del tragitto percorso!

Le operazioni con i vettori

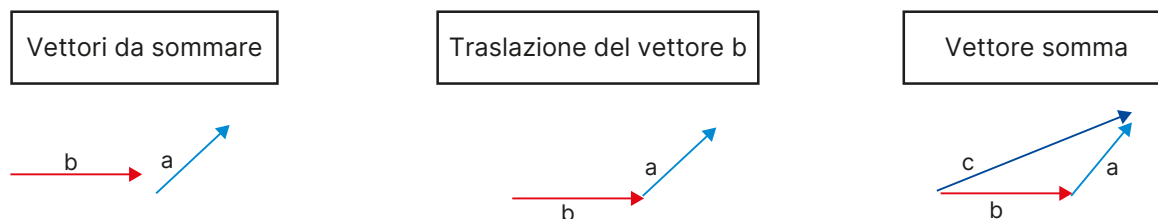
I vettori possono essere sommati (addizione e differenza), scomposti, moltiplicati o divisi per un numero o per un altro vettore.

Somma di vettori

I vettori possono essere sommati con il **metodo punta-coda** e con il **metodo del parallelogramma**.



Metodo punta-coda: somma di due vettori, ottenuta ponendo la coda del secondo sulla punta del primo, trasladoli opportunamente. La somma dei vettori è il vettore che si ottiene congiungendo la coda del primo vettore e la punta del secondo.



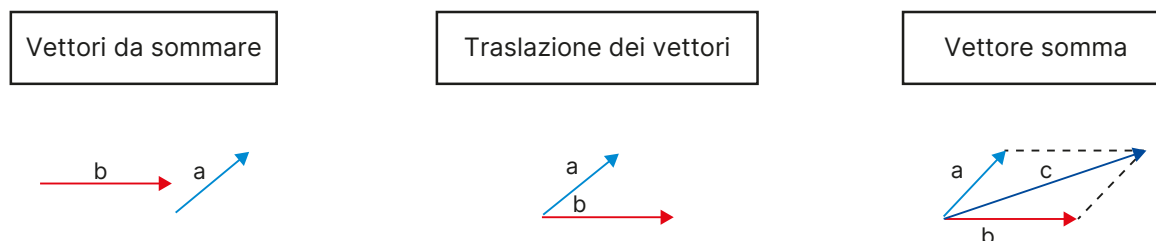
Valgono le seguenti proprietà:

- $a + b = b + a$;
- $a + (b + c) = (a + b) + c$;
- $(\alpha + \beta)a = \alpha a + \beta a$;
- $\alpha(b + c) = \alpha b + \alpha c$.

dove α e β sono scalari.



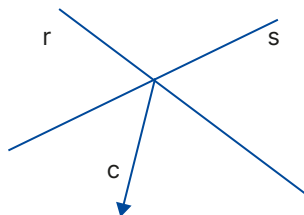
Metodo del parallelogramma: somma di due vettori, ottenuta unendo le code dei due vettori, senza ruotarli, ma trasladoli; sul parallelogramma ottenuto costruendo i lati paralleli a partire dalle punte dei vettori, si ha il vettore somma che congiunge le code con il vertice opposto.



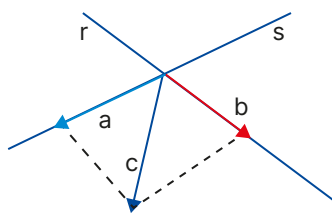
Scomposizione di un vettore

Il procedimento è *opposto* al metodo del parallelogramma. Date due direzioni, dunque *due rette*, è possibile scomporre un vettore in due **vettori componenti**, la cui somma dà per risultato il vettore di partenza.

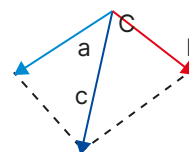
Vettori da scomporre



Proiezione parallela sulle rette della punta di c



Vettori componenti



Moltiplicazione/divisione di un vettore per un numero

È inoltre possibile *moltiplicare* o *dividere* un vettore per un numero (scalare); se questo ha segno positivo, il verso sarà lo stesso del vettore in partenza, se ha segno negativo, avrà verso opposto.

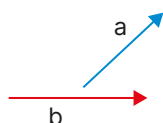


Dunque, se α è uno scalare, in questo caso -2 , $c = \alpha \cdot a$.

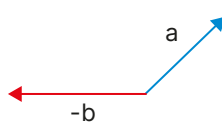
Differenza di due vettori

La differenza tra due vettori si esegue sommando al primo l'opposto del secondo.

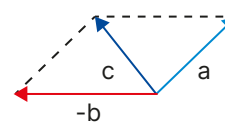
Vettore b da sottrarre ad a



Cambiare il verso al vettore da sottrarre



Vettore differenza



Moltiplicazione tra due vettori

Prodotto scalare

Prodotto dei moduli dei due vettori per il coseno dell'angolo compreso (α).

$$(2) \quad \mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = ab \cdot \cos \alpha$$

Questa operazione gode della *proprietà commutativa*:

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = \mathbf{b} \cdot \mathbf{a};$$

dunque,

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = ab_a = ba_b.$$

Prodotto vettoriale

Tipo di prodotto tra vettori che ha un senso se si considera lo spazio tridimensionale, che dà come risultato un prodotto ortogonale, ossia perpendicolare, al piano sul quale giacciono i due vettori iniziali.

$$(3) \quad |\mathbf{a} \times \mathbf{b}| = ab \cdot \sin \theta \text{ (dove } \theta \text{ è l'angolo tra i vettori } a \text{ e } b)$$