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)	$kg \cdot m / s^2$
Energia	J (Joule)	$N \cdot m = kg \cdot m^2 / s^2$
Frequenza	Hz (hertz)	1/s
Pressione	Pa (Pascal)	$N / m^2 = kg / (m \cdot s^2)$

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 → 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 → g/L;
- concentrazione di una sostanza nei fluidi biologici, *urina esclusa*, a peso molecolare noto→ mol/L, mmol/L, µmol/L, nmol/L, ecc.;
- concentrazione di una sostanza a massa molecolare ignota → g/L, mg/L, ecc.;
- concentrazione di sostanze nell'urina a peso molecolare noto → mol/giorno; concentrazione di sostanze nell'urina a peso molecolare ignoto → g/giorno, mg/giorno, ecc.;
- attività enzimatica → catal (cat, quantità di enzima che catalizza la reazione *1 mol substrato → 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	$1{,}380\ 6503(24) \cdot 10^{-23}$	$J \cdot K^{-1}$
Costante dielettrica del vuoto	$8{,}854\ 187\ 817... \cdot 10^{-12}$	$F \cdot m^{-1}$
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	$6{,}672\ 59(85) \cdot 10^{-11}$	$N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$
Costante di Planck	$6{,}626\ 068\ 76(52) \cdot 10^{-34}$	$J \cdot s$
Massa del protone	$1{,}672\ 621\ 58(13) \cdot 10^{-27}$	kg
Velocità della luce nel vuoto	299 792 458	$m \cdot s^{-1}$

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.

MAPPE E QUIZ

GRANDEZZE SCALARI

Si dice **scalare una grandezza che può essere descritta da un numero, accompagnato, eventualmente, dalla relativa unità di misura**.

- In fisica ci sono grandezze:
  - **fondamentali, indipendenti tra loro e raccolte nel Sistema Internazionale (SI)**. Sono in tutto 7: lunghezza, massa, tempo, intensità di corrente, temperatura, intensità luminosa e quantità di materia;
  - **derivate, grandezze che si possono ricavare con opportune formule partendo dalle fondamentali** o da altre derivate.

→ Due **grandezze fisiche che hanno le stesse dimensioni (come due lunghezze o due temperature) si dicono omogenee**. Alcune grandezze fisiche (tipicamente definite come rapporto tra due grandezze omogenee) sono **prive di dimensioni e sono dette grandezze fisiche adimensionali**.

→ Le unità di misura delle grandezze fondamentali sono:
- *lunghezza: metro (m);*
- *massa: chilogrammo (Kg);*
- *tempo: secondo (s);*
- *temperatura: kelvin (K);*
- *corrente elettrica: Ampere (A);*
- *intensità luminosa: candela (cd);*
- *quantità di sostanza: mole (mol).*

- A qualsiasi unità di misura si **aggiungono i seguenti prefissi che formano i multipli e i sottomultipli delle varie unità con lo scopo di rendere più facili i calcoli**.

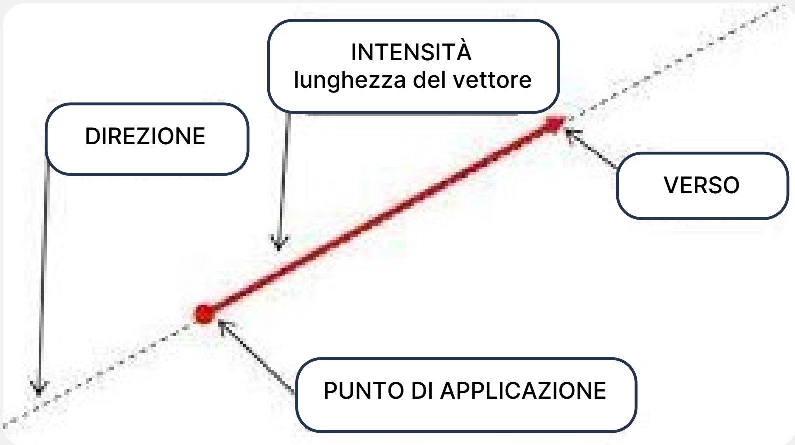
- Ogni numero razionale può essere scritto in "notazione scientifica" ossia nella forma:
  $a \cdot 10^b$
  in cui "a" è un numero eventualmente decimale compreso tra 1 e 9, mentre "b" è un numero intero.
  Un esempio è il seguente:
  $0{,}0025 = 2{,}5 \cdot 10^{-3}$

10^n	Prefisso	Simbolo	Nome	Equivalente decimale
10^{24}	yotta	Y	Quadrilione	1 000 000 000 000 000 000 000 000
10^{21}	zetta	Z	Triliardo	1 000 000 000 000 000 000 000
10^{18}	exa	E	Trilione	1 000 000 000 000 000 000
10^{15}	peta	P	Biliardo	1 000 000 000 000 000
10^{12}	tera	T	Bilione	1 000 000 000 000
10^{9}	giga	G	Miliardo	1 000 000 000
10^{6}	mega	M	Milione	1 000 000
10^{3}	kilo/ chilo	k	Mille	1 000
10^{2}	etto	h	Cento	100
10	deca	da	Dieci	10
10^{-1}	deci	d	Decimo	0,1
10^{-2}	centi	c	Centesimo	0,01
10^{-3}	milli	m	Millesimo	0,001
10^{-6}	micro	μ	Milionesimo	0,000 001
10^{-9}	nano	n	Miliardesimo	0,000 000 001
10^{-12}	pico	p	Bilionesimo	0,000 000 000 001
10^{-15}	femto	f	Biliardesimo	0,000 000 000 000 001
10^{-18}	atto	a	Trilionesimo	0,000 000 000 000 000 001
10^{-21}	zepto	z	Triliardesimo	0,000 000 000 000 000 000 001
10^{-24}	yocto	y	Quadrilionesimo	0,000 000 000 000 000 000 000 001

Prefissi del Sistema Internazionale

GRANDEZZE VETTORIALI

- Si dice **vettoriale una grandezza identificata da un numero, detto modulo o intensità, che ne esprime le dimensioni, da una direzione e da un verso**.



Le grandezze vettoriali sono rappresentabili come delle frecce che hanno:

- un **punto di applicazione**; non è strettamente necessario che vi sia un punto di applicazione per definire in modo univoco un vettore (es. momento torcente). I vettori con punto di applicazione sono definiti vettori applicati;
- l'**intensità** (o modulo) pari o proporzionale alla lunghezza della freccia;
- una **direzione**, che è la retta passante per la freccia;
- un **verso**, cioè l'orientazione della freccia rispetto alla direzione.

Due vettori possono essere reciprocamente:

- **paralleli** → quando le loro direzioni coincidono o sono paralleli;
- **concordi** → quando sono paralleli e hanno lo stesso verso;
- **antiparalleli o discordi** → quando sono paralleli e hanno verso opposto;
- **ortogonali o perpendicolari** → quando le loro direzioni sono perpendicolari.

- Ai vettori si possono applicare le operazioni che si utilizzano normalmente con gli scalari: somma e differenza, prodotto scalare, prodotto vettoriale e la scomposizione dei vettori.

SOMMA E DIFFERENZA
I **vettori si sommano con la regola del parallelogramma**. La somma di due vettori è il vettore:

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}_1 + \mathbf{v}_2$$

Questo vettore sarà diretto lungo la diagonale del parallelogramma che ha per lati i due vettori sommati e come modulo la lunghezza della diagonale.
Il vettore somma prende il nome di vettore risultante e il suo modulo in generale non è uguale alla somma dei moduli dei due vettori, ma è dato dalla formula:

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2 \cdot v_1 \cdot v_2 \cdot \cos\theta}$$

dove theta è l'angolo tra i due vettori. Per la differenza tra vettori si compie la medesima operazione di somma: si somma il primo vettore con l'opposto del secondo (il secondo cambiato di segno).
La differenza corrisponde quindi alla diagonale minore del parallelogramma.

PRODOTTO SCALARE
Il **prodotto scalare tra due vettori a e b è uno scalare** (numero puro), definito dalla formula:

$$\mathbf{a} \cdot \mathbf{b} = a \cdot b \cdot \cos\theta$$

dove theta è l'angolo tra i due vettori. Si noti che il simbolo del prodotto scalare è il puntino, e non il normale "per" (x) usato per le moltiplicazioni.

IL PRODOTTO VETTORIALE

a Λ b → è un vettore così definito:

- **direzione →** perpendicolare al piano contenente a e b;
- **verso →** determinato dalla regola della mano destra: se il pollice si dispone come a, l'indice come b, il palmo indica la direzione e il verso del prodotto vettoriale.

Il modulo del vettore è dato da:

$a \wedge b = a \times b \times \sin\Theta$

SCOMPOSIZIONE

Dato un riferimento cartesiano in cui giace un vettore V, le **componenti del vettore sono le sue proiezioni sugli assi cartesiani**:

- Vx sarà la proiezione del vettore lungo l'asse x (ossia il vettore parallelo a quest'asse);
- Vy sarà la proiezione del vettore lungo l'asse y;
- Vx e Vy sono tali che la loro somma vettoriale dia il vettore V.

Le due proiezioni si possono ottenere facilmente utilizzando le funzioni seno e coseno, infatti se chiamiamo theta l'angolo tra V e x.
Si ottiene che:

$V_x = V\cos\Theta$

$V_y = V\sin\Theta$

PAROLE CHIAVE

- **Gandezze scalari**
- **Grandezze vettoriali**
- **Grandezze fondamentali**
- **Grandezze derivate**
- **Sistema Internazionale**
- **Grandezze omogenee e adimensionali**
- **Notazione scientifica**
- **Direzione, verso e modulo**
- **Prodotto vettoriale**
- **Prodotto scalare**
- **Scomposizione di vettori**

Quiz di verifica

1. **Sono presenti due vettori su un piano: uno di 5 cm, avente un'inclinazione di 30° rispetto all'asse x (posto nel primo quadrante), e l'altro di 3 cm, avente anch'esso un'inclinazione di 30° rispetto all'asse x (nel quarto quadrante).**

   Calcolare il modulo del vettore somma sapendo che le proiezioni dei vettori sull'asse y sono discordi.

   A. 7 cm
   B. 9 cm
   C. 2.5 cm
   D. 8 cm
   E. 5 cm

2. **Si calcoli il prodotto scalare tra due vettori: uno di 5 m e l'altro di 10 m. I vettori sono perpendicolari tra loro.**

   A. 50 m
   B. 0 m
   C. 15 m
   D. 25 m
   E. 5 m

3. **Vi sono due vettori su un piano: il primo di 5 cm avente un'inclinazione di 30° rispetto all'asse x fissato; mentre il secondo è lungo 2 cm e ha un'inclinazione di 60° rispetto all'asse x. I vettori hanno le proiezioni sull'asse y concordi. Si calcoli il prodotto vettoriale e la sua direzione.**

   A. 10 cm con stessa direzione del primo vettore
   B. 7 cm appartenente al piano con inclinazione di 45° rispetto all'asse x
   C. 5 cm con direzione perpendicolare al piano
   D. 10 cm con direzione perpendicolare al piano
   E. 5 cm appartenente al piano con inclinazione di 45° rispetto all'asse x

4. **Il prodotto scalare tra due vettori a e b è uno scalare definito dalla formula ________________.**

   A. $a \cdot b = a \times b \times \text{sen}\theta$
   B. $a \cdot b = a \times b \times \cos\theta$
   C. $a \cdot b = a \times b \times \cos\theta - \text{sen}\theta$
   D. $a \cdot b = a \times b \times \frac{1}{2} \cos\theta$
   E. $a \cdot b = a \times b \times \frac{1}{2} \text{sen}\theta$

Soluzioni commentate

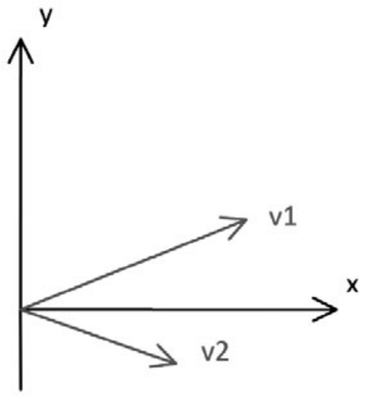
1. **Risposta corretta: A**

   Per risolvere il quesito è necessario calcolare il vettore somma tra i due vettori dati attraverso la seguente formula: $v^2 = v_1^2 + v_2^2 + 2 \cdot v_1 \cdot v_2 \cdot \cos(\theta)$, in cui v_1 è il primo vettore descritto (quello lungo 5 cm), v_2 il secondo e θ l'angolo compreso tra loro. L'angolo tra essi compreso è pari a 60° poiché, essendo le proiezioni dei due vettori sull'asse y discordi, uno si trova nel primo quadrante e l'altro nel quarto. Quindi:

   $v^2 = (5)^2 + (3)^2 + 2 \cdot (5) \cdot (3) \cdot \cos(60°) = 25 + 9 + 2 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 1/2 = 49$

   Perciò:

   $v = \sqrt{(49)} = 7$ cm

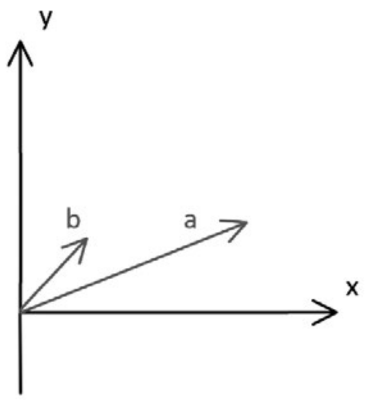


2. **Risposta corretta: B**

   Per risolvere il quesito è necessario ricordare la formula del prodotto scalare: $a \cdot b = a \cdot b \cdot \cos(\theta)$, dove a è il vettore lungo 5 m, b è il vettore lungo 10 m e θ è l'angolo tra essi compreso. I vettori sono dati perpendicolari tra loro, quindi l'angolo compreso tra di loro è pari a 90°. Osservando la formula, si nota che viene moltiplicato ai due vettori anche il coseno dell'angolo compreso tra loro: in questo caso θ è 90° e il coseno risulta nullo. Perciò, il prodotto scalare tra i due vettori dati è nullo (risposta corretta B).

3. **Risposta corretta: C**

   Per risolvere il quesito è necessario inizialmente calcolare il prodotto vettoriale tra i due vettori dati: $a \times b = a \cdot b \cdot \sin(\theta)$, dove a è il primo vettore dato (lungo 5 cm), b il secondo (di 2 cm) e θ l'angolo tra di loro. Quindi: $a \times b = (5) \cdot (2) \cdot \sin(30) = 5$ cm. Il verso è dato dalla "regola della mano destra": si ponga il pollice lungo il primo vettore, le dita lungo il secondo e il palmo indicherà il verso del vettore. Dal momento che i due vettori appartengono allo stesso piano, secondo questa regola il vettore sarà uscente o entrante rispetto al piano, ma sempre con direzione perpendicolare a esso (risposta corretta C).



4. **Risposta corretta: C**

   $a \cdot b = a \times b \times \cos\theta$