Corso di azzeramento di Fisica 2025/26

Lezione 1: Grandezze e dimensioni

Alessandro Pilloni

alessandro.pilloni@unime.it

Università degli Studi di Messina

Grandezze (o quantità) fisiche

Per operare nella realtà (è il compito degli ingegneri) è necessario descrivere i fenomeni in modo:

- **OGGETTIVO** (non dipendente dalle qualità, sensazioni e/o preconcetti dell'osservatore)
- **INEQUIVOCABILE** (la valutazione di un osservatore deve essere comprensibile a tutti gli utilizzatori dell'osservazione)
- **RIPRODUCIBILE** (in ogni tempo e luogo la stessa osservazione dello stesso fenomeno deve produrre lo stesso risultato)

Per ottenere tale scopo occorre descrivere i fenomeni solo in termini di **grandezze fisiche**: entità suscettibili di valutazione quantitativa ed oggettiva, cioè di misurazione.

Misura

- Con le premesse fatte finora, si può definire il concetto di **misura**.

> La misura è il processo di confronto di una grandezza fisica di un corpo o di un fenomeno con il valore di riferimento della medesima grandezza.

- Per avere memoria del significato di questa operazione, la misura di ogni grandezza fisica viene espressa da **DUE** componenti, un **numero** e un riferimento, ovvero l'**unità di misura**.

$$t = 98\ \mathrm{s}$$

grandezza

misura

unità di misura

Misura

- Si dicono **omogenee** quelle grandezze che hanno una stessa caratteristica misurabile: lunghezza di un righello, diametro di una cellula, distanza Terra-Sole ....
- Questa caratteristica si chiama **dimensione**

- Le grandezze possono essere sempre moltiplicate o divise tra di loro. L'unità di misura è il prodotto/rapporto delle unità dei termini
- Rapporti di grandezze omogenee non hanno unità di misura: si dicono adimensionali o numeri puri (es. angoli)

Analisi Dimensionale

- L’analisi dimensionale è uno strumento algebrico utilizzato enormemente in fisica, che abbassa notevolmente la possibilità di presentare calcoli affetti da errori.

- L’idea si basa sull’effettuare operazioni tra grandezza fisiche, rappresentate dai propri simboli dimensionali.

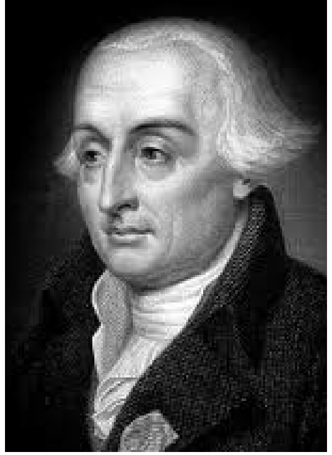
- Solo grandezze omogenee possono essere sommate o sottratte
- Le funzioni non polinomiali (esponenziali, logaritmi, funz. trigonometriche) ammettono solo argomenti adimensionali

Esercizio

Supponiamo che due grandezze A e B abbiano dimensioni diverse. Quali delle seguenti operazioni potrebbe essere fisicamente significativa?

a) $A + B$
b) $A \,/\, B$
c) $A - B$
d) AB
e) $\log(A/B)$
f) $\sin(AB)$

Sistema Internazionale di Misura



Giuseppe Luigi Lagrangia 1736-1813

- Le fondamenta del Sistema Internazionale di misura (abbreviato in SI) si devono ad una seduta del 1791 presieduta da Giuseppe Lagrangia (che imparerete a conoscere in matematica come Lagrange).

- Nel corso degli anni, il SI ha uniformato uno standard metrico decimale basato sul confronto di sette grandezze che d'ora in avanti chiameremo **fondamentali**.

- Queste grandezze fisiche sono da confrontare con altrettanti standard, ovvero **unità di misura fondamentali**.

Grandezze fondamentali

Grandezza Fondamentale	Simbolo Dimensionale	Unità di Misura	Simbolo Unità di Misura
Intervallo di Tempo	[T]	Secondo	s
Lunghezza	[L]	Metro	m
Massa	[M]	Chilogrammo	kg
Intensità di Corrente	[I]	Ampere	A
Temperatura	[Θ]	Kelvin	K
Intensità Luminosa	[J]	Candela	cd
Quantità di Sostanza	[N]	Mole	mol

Grandezze Derivate

- Dalle sette grandezze fisiche fondamentali è possibile, mediante prodotti e rapporti, costruire grandezze derivate

Grandezza fisica	Simbolo della grandezza	Nome dell'unità SI	Simbolo dell'unità SI	Unità corrispondenti	
frequenza[7]	*f*, *v*	hertz[7]	Hz[7]	s^{-1}	
forza[7]	*F*	newton[7]	N[7]	$kg \cdot m \cdot s^{-2}$	
pressione[7], sollecitazione[7], pressione di vapore	*p*	pascal[7]	Pa[7]	$N \cdot m^{-2}$	$= kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$
energia[7], lavoro[7], quantità di calore[7]	*E*, *Q*	joule[7]	J[7]	$N \cdot m$	$= kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$
potenza[7], flusso radiante[7]	*P*, *W*	watt[7]	W[7]	$J \cdot s^{-1}$	$= kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$
area	*A*	metro quadro	m^2	m^2	
volume	*V*	metro cubo	m^3	m^3	
velocità	*v*	metro al secondo	m/s	$m \cdot s^{-1}$	
velocità angolare	*ω*			s^{-1} $rad \cdot s^{-1}$	
accelerazione	*a*			$m \cdot s^{-2}$	
momento meccanico				$N \cdot m$	$= m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$

Esercizio

Un corpo di massa m viene lasciato cadere da fermo da una altezza h rispetto al suolo. Posta v la velocità di impatto, determinare quale delle seguenti equazioni è dimensionalmente corretta:

a) $\frac{1}{2}mv = mgh$

b) $\frac{1}{2}mv = mgh^2$

c) $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$

d) $\frac{1}{2}mv^2 = mgh^2$

Esercizio

Un corpo di massa m viene lasciato cadere da fermo da una altezza h rispetto al suolo. Posta v la velocità di impatto, determinare quale delle seguenti equazioni è dimensionalmente corretta:

a) $\frac{1}{2}mv = mgh$

b) $\frac{1}{2}mv = mgh^2$

c) $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$

d) $\frac{1}{2}mv^2 = mgh^2$

Sistema Internazionale di Misura

- Lavoro del SI fu anche quello di definire le unità di misura scegliendo delle definizioni che fossero precise e facilmente riproducibili

- Ad esempio il metro venne definito prima in termini di una decimillesima parte del quarto di meridiano terrestre, non sufficientemente univoco. Allora si forgiò una barra campione di lunghezza un metro, in platino-iridio, il primo standard di tanti.

- Alla fine si decise di scegliere sette **costanti fisiche universali**, la cui misura è oggi relativamente semplice ed estremamente precisa.

Sistema Internazionale di Misura

Definizione	Simbolo	Analisi Dimensionale	Valore
Frequenza di Transizione Iperfina ^{133}Cs	$\Delta\nu_{Cs}$	$[\mathrm{T}]^{-1}$	$9192631770\ \mathrm{s}^{-1}$
Velocità della Luce nel vuoto	c	$[\mathrm{T}]^{-1}\cdot[\mathrm{L}]$	$299792458\ \mathrm{m/s}$
Costante di Planck	h	$[\mathrm{T}]^{-1}\cdot[\mathrm{L}]^2\cdot[\mathrm{M}]$	$6.62607015\times10^{-34}\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2/s$
Carica Elementare	e	$[\mathrm{T}]\cdot[\mathrm{I}]$	$1.602176634\times10^{-19}\ \mathrm{A}\cdot\mathrm{s}$
Costante di Boltzmann	k_B	$[\mathrm{T}]^{-2}\cdot[\mathrm{L}]^2\cdot[\mathrm{M}]\ \cdot[\Theta]^{-1}$	$1.380649\times10^{-23}\ \dfrac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2\cdot\mathrm{K}}$
Efficienza Luminosa Standard	K_{cd}	$[\mathrm{T}]^3\cdot[\mathrm{L}]^{-2}\cdot[\mathrm{M}]^{-1}\cdot[\mathrm{J}]$	$683\ \dfrac{\mathrm{cd}\cdot\mathrm{s}^3}{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}^2}$
Costante di Avogadro	N_A	$[\mathrm{N}]^{-1}$	$6.02214076\times10^{23}\mathrm{mol}^{-1}$

Altre unità

- Per ragioni storico-culturali e pratiche non sempre si utilizzano le unità scelte dal SI.

- In alcuni casi invece, ci sono altre unità più adatte alla grandezza da misurare. Sono un esempio tra tanti gli Ångström ($1\,\text{Å} = 10^{-10}$ m) e gli elettronvolt ($1\text{eV} = 1.6022 \times 10^{-19}$ J).

- Altri esempi:
  - Grado Celsius, Fahrenheit e Kelvin
  - Pressione in Pascal, atmosfere, bar
  - Chilogrammo-peso, caloria e Cavallo vapore

Ordini di grandezza

	Múltiplos y submúltiplos			
	Prefijo	Símbolo	Factor	Valor
Múltiplos	yotta-	Y	10^{24}	1 000 000 000 000 000 000 000 000
	zetta-	Z	10^{21}	1 000 000 000 000 000 000 000
	exa-	E	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000
	peta-	P	10^{15}	1 000 000 000 000 000
	tera-	T	10^{12}	1 000 000 000 000
	giga-	G	10^{9}	1 000 000 000
	mega-	M	10^{6}	1 000 000
	kilo-	k	10^{3}	1 000
	hecto-	h	10^{2}	100
	deca-	da	10^{1}	10
Unidad		-	10^{0}	1
Submúltiplos	deci-	d	10^{-1}	0,1
	centi-	c	10^{-2}	0,01
	mili-	m	10^{-3}	0,00 1
	micro-	µ	10^{-6}	0,00 000 1
	nano-	n	10^{-9}	0,00 000 000 1
	pico-	p	10^{-12}	0,00 000 000 000 1
	femto-	f	10^{-15}	0,00 000 000 000 000 1
	atto-	a	10^{-18}	0,00 000 000 000 000 000 1
	zepto-	z	10^{-21}	0,00 000 000 000 000 000 000 1
	yocto-	y	10^{-24}	0,00 000 000 000 000 000 000 000 1
	ingenierizando.com			

- Per esprimere valori di misura particolarmente piccoli o grandi, si può usare:
  - La notazione in potenze di 10: $a_0 = 5{,}3 \times 10^{-11}$ m
  - Multipli e sottomultipli del SI: $a_0 = 53$ pm
- Per non sbagliare le equivalenze tra diversi sottomultipli, basta prima convertire i prefissi di ciascuna unità in potenze di 10, e poi fare i calcoli:
  - $72 \text{ km/h} = 72 \times (1000 \text{ m})/(3600 \text{ s}) = \frac{72}{3{,}6} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$
  - $9 \text{ km}^3 = 9 \times (10^3 \text{ m})^3 = 9 \times 10^9 \text{ m}^3$
- L'ordine di grandezza di un numero è la potenza di 10 che meglio approssima il valore del numero in notazione scientifica

Esercizio

Múltiplos y submúltiplos				
	Prefijo	Símbolo	Factor	Valor
Múltiplos	yotta-	Y	10^{24}	1 000 000 000 000 000 000 000 000
	zetta-	Z	10^{21}	1 000 000 000 000 000 000 000
	exa-	E	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000
	peta-	P	10^{15}	1 000 000 000 000 000
	tera-	T	10^{12}	1 000 000 000 000
	giga-	G	10^{9}	1 000 000 000
	mega-	M	10^{6}	1 000 000
	kilo-	k	10^{3}	1 000
	hecto-	h	10^{2}	100
	deca-	da	10^{1}	10
Unidad		-	10^{0}	1
Submúltiplos	deci-	d	10^{-1}	0,1
	centi-	c	10^{-2}	0,01
	mili-	m	10^{-3}	0,00 1
	micro-	µ	10^{-6}	0,00 000 1
	nano-	n	10^{-9}	0,00 000 000 1
	pico-	p	10^{-12}	0,00 000 000 000 1
	femto-	f	10^{-15}	0,00 000 000 000 000 1
	atto-	a	10^{-18}	0,00 000 000 000 000 000 1
	zepto-	z	10^{-21}	0,00 000 000 000 000 000 000 1
	yocto-	y	10^{-24}	0,00 000 000 000 000 000 000 000 1
ingenierizando.com				

- Ragionare per ordini di grandezza aiuta a dare una prima stima di una grandezza fisica (e di intuire se si sono fatti errori di calcolo)

- Esempio: quanto pesa l’acqua sulla Terra?
(risposta esatta 1360 milioni di miliardi di tonnellate)

Cifre significative

- Ad ogni misura fisica corrisponde un'incertezza, che deriva sia dai limiti di sensibilità degli strumenti di misura sia dall'impossibilità di eliminare completamente gli errori casuali e sistematici che si commettono durante il processo di misurazione.

- Le cifre riportate nella misura devono essere consistenti con quelle dell'incertezza stimata. Se non data esplicitamente, l'incertezza si intende la metà dell'ultima cifra significativa

$$(\underbrace{\boxed{34}}_{\textit{Cifre certe}}\underbrace{5}_{\textit{Cifra incerta}} \pm 3)\,cm$$

- Posso dire di essere alto 1,623745387 m?
- Quanto è il volume di una sfera di raggio 10 cm?

Esercizi

1. Tenendo conto delle cifre significative, quanto vale 673,35 + 122,45
a) 796
b) 795,8
c) 795,80
d) 795,800

2. Quante sono le cifre significative nella misura 0,6030 m ?
a) 3
b) 2
c) 5
d) 4

3. Una barretta di cioccolata lunga 2,60 cm viene tagliata in tre parti tra di loro uguali. Ogni parte misura:
a) 0,86 cm
b) 0,866 cm
c) 0,87 cm
d) 0,9 cm

4. Quale tra le seguenti operazioni è possibile?
a) 28 · 5 s
b) 28 + 5 s
c) 28 – 5 s
d) 28 m + 5 s

5. Il valore di 97,205 può essere approssimato a:
a) 97,200
b) 97,201
c) 97,20
d) 97,21

6. Delle seguenti misure quale ha tre cifre significative?
a) 6,066 m
b) 6,06 m
c) 6,660 m
d) 0,66 m

7. Quale tra le seguenti operazioni è possibile?
a) 32 g : 5
b) 72 m + 5
c) 8 m – 2 g
d) 60 m + 6 s

8. Il valore di 16,059 può essere approssimato a:
a) 16,05
b) 16,06
c) 16,050
d) 16,060

Esercizi

9. Determinare le dimensioni della costante k nella relazione $F = kv$ che esprime il valore della forza esercitata da un fluido viscoso su un corpo di massa m in moto nel fluido con velocità v. Dimostrare che m/k ha le dimensioni di un tempo.

10. Determinare le dimensioni del rapporto g/v^2, con g accelerazione di gravità.

11. La temperatura T di un recipiente varia nel tempo t secondo la relazione: $T = Ae^{-kt} + B$. Determinare le dimensioni delle costanti A, B, k.

12. La seguente relazione esprime la velocità di propagazione delle onde trasversali in una fune tesa $v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}$, dove τ rappresenta il modulo della tensione della corda. Determinare le dimensioni della grandezza μ.

13. Determinare le dimensioni della grandezza $X = \rho g h$ sapendo che ρ è una densità, g è l'accelerazione di gravità ed h è una altezza.

14. Sia data la seguente relazione, dove l rappresenta una lunghezza e g l'accelerazione di gravità $X = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Determinare le dimensioni della grandezza X.

15. Un satellite di massa M viaggia su di un'orbita circolare immediatamente intorno alla terra. Trovare l'espressione funzionale della velocità del satellite in termini della massa M, del raggio terrestre R e dell'accelerazione di gravità g, utilizzando l'analisi dimensionale.