Scaletta Seconda Lezione

1) Note Introduttive
2) Grandezze Fisiche: definizione operativa;
3) Grandezze fisiche e loro definizione operativa.
4) dimensioni fisiche.
5) Grandezze fondamentali e derivate, scalari e vettoriali.
6) Equazioni dimensionali.
7) Unità di misura. Il Sistema Internazionale
8) Errori ed approssimazioni. Ordini di grandezza. Cifre significative

Bibliografia: G. Toraldo di Francia: "L' indagine del mondo fisico", par. II-5; Severi: Cap. I Par. 1-2 ;
Serway: "Principi di Fisica" – (testo di riferimento), Cap. 1

# Note Introduttive/1

INTRODUZIONE

Interazioni fondamentali. Grandezze fisiche fondamentali e derivate. Unità di misura. Sistemi di unità di misura.

Obiettivi: a) ripasso organico con approfondimenti occasionali di quanto studiato nei corsi delle scuole medie superiori allo scopo di colmare eventuali lacune nella preparazione.

b) acquistare l'uso di un vocabolario appropriato a descrivere e maneggiare i concetti di base della FISICA che vi sarà molto utile nell'ambito dei corsi specialistici previsti nel vostro piano di studio.

II - Il vocabolario

Dovendo "costruire" un vocabolario forse non é tempo sprecato scrivere, per poi imparare a riconoscere e chiamare per nome le lettere, un alfabeto che é usato correntemente in Fisica e che tutti voi avrete certamente visto almeno una volta nel corso dei vostri studi: l'alfabeto greco

*Tabella I-1*

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| α | Α | alfa | ι | Ι | iota | ρ | Ρ | ro |
| β | Β | beta | κ | Κ | kappa | σ | Σ | sigma |
| γ | Γ | gamma | λ | Λ | lambda | τ | Τ | tau |
| δ | Δ | delta | μ | Μ | mi | υ | Υ | upsilon |
| ε | Ε | epsilon | ν | Ν | ni | φ | Φ | fi |
| ζ | Ζ | zeta | ξ | Ξ | csi | χ | Χ | chi |
| η | Η | eta | ο | Ο | omicro n | ψ | Ψ | psi |
| ϑ | Θ | teta | π | Π | pi | ω | Ω | omega |

Pretesa della FISICA:

spiegare tutti i fenomeni che avvengono nell'universo, ivi compreso l'origine dell'uni stesso, nel modo più semplice possibile.

In particolare trovare un'unica legge che sia in grado di rendere conto della stabili nuclei, dei fenomeni di radioattività, delle reazioni chimiche, del moto dei corpi celesti.... e

Fino a 20 anni fa nessuno, nemmeno Einstein, era riuscito a scendere al di sotto leggi (interazioni fondamentali) fra loro indipendenti:

*Tabella I-2*

| Interazione | Sorgente | Intensità relativa | Raggio d'azione |
|---|---|---|---|
| 1. gravitazionale | massa | $10^{-38}$ | lungo(infinito) |
| 2. debole | tutte part. elem. | $10^{-15}$ | corto($10^{-15}$ cm) |
| 3. elettromagnetica | carica elettrica | $10^{-2}$ | lungo(infinito) |
| 4. nucleare(forte) | adroni(p,n,p..) | 1 | corto($10^{-15}$ cm) |

la teoria di Weinberg e Salam (premi Nobel 1978) ha unificato le interazioni debo elettromagnetica nell'interazione elettrodebole, nel 1983 l'esperimento del CERN WA1, quale C. Rubbia ha avuto il Nobel nel 1984, ha confermato sperimentalmente le previsione teoria mediante la rivelazione della particella $Z_o$.

# Definizione Operativa di Grandezze Fisiche

- Le grandezze fisiche vengono definite attraverso gli strumenti di misura utilizzati e le modalità della loro utilizzazione.

- Per esempio per definire e misurare la lunghezza dello spigolo di un tavolo bisogna costruirsi un regolo sul quale si disegnano delle tacche equispaziate (l'unità di misura elementare) e poi si riporta successivamente il regolo lungo lo spigolo, cominciando da uno degli estremi fino a raggiungere l'altro estremo annotando il numero di tacche necessarie per »percorrere» tutto lo spigolo.
- La misura dello spigolo sarà data da n tacche +/- una tacca (quest'ultima rappresenta l'incertezza della misura).
- Il risultato della misura di una grandezza fisica è sempre rappresentata (nel caso più semplice) da due numeri: una è il valore della grandezza, l'altra l'errore associato al procedimento di misura.
- Quello descritto è un esempio di misura diretta di una grandezza fondamentale, ma relativa ad una data unità di misura.
- Vedremo che, per esempio, la velocità è un esempio di grandezza derivata dalla misura di una lunghezza e di un tempo e quindi la sua misura si dirà indiretta, ma assoluta ….

# Sistemi di Unità di Misura

1) Sistema Internazionale (S.I.) e MKS:

| Grandezza | Nome Unità | Simbolo | Definizione |
|---|---|---|---|
| Massa | kilogrammo | kg | Vedi testo |
| Massa (Chimica) | mole | mol | “ |
| Tempo | secondo | s | “ |
| Lunghezza | metro | m | “ |
| Corrente elettrica | ampere | A | “ |
| Temperatura | kelvin | K | “ |
| Intensità luminosa | candela | cd | “ |
| | | | |

# Prefissi nel sistema Internazionale e Cambiamento di sistemi di Unità di misura

| Fattore | Prefisso | Simbolo |
|---|---|---|
| $10^{18}$ | exa | E |
| $10^{15}$ | peta | P |
| $10^{12}$ | tera | T |
| $10^{9}$ | giga | G |
| $10^{6}$ | mega | M |
| $10^{3}$ | kilo | k |
| $10^{2}$ | etto | h |
| $10^{1}$ | deca | da |
| $10^{-1}$ | deci | d |
| $10^{-2}$ | centi | c |
| $10^{-3}$ | milli | m |
| $10^{-6}$ | micro | μ |
| $10^{-9}$ | nano | n |
| $10^{-12}$ | pico | p |
| $10^{-15}$ | femto | f |
| $10^{-18}$ | atto | a |

# Definizione Unità nel SI

A parte i concetti intuitivi e/o metafisici che ogni individuo ha di queste grandezze (e di tutte le altre) in FISICA una grandezza é definita quando si sa associare ad essa una grandezza omogenea (detta unità di misura) ed un numero che ne esprime la misura (cioè il numero di volte che l'unità di misura é contenuta nella grandezza incognita).

Le grandezze fondamentali vengono misurate confrontandole direttamente con delle unità campione scelte arbitrariamente, ma sulle quali si cerca di avere l'accordo di tutta la comunità scientifica, politica e sociale tramite la celebrazione di congressi internazionali, la promulgazione di leggi e l'informazione attraverso tutti i media possibili.

Questo é il modo in cui si é giunti al SI (Sistema Internazionale) in cui:
il metro é definito come:

1 m = distanza percorsa nel vuota dalla luce nell'intervallo di tempo
(1/299792458)s (secondi)

il secondo come:

1 s = tempo necesssario per $9.19263177 * 10^9$ vibrazioni della radiazione emessa dagli atomi di $^{133}Cs$ (Cesio 133)

il chilogrammo come:

1 kg = la massa del cilindro di platino-iridio conservato a Sèvres (F)

# Dimensioni delle Grandezze Fisiche

Molte altre grandezze non si misurano direttamente, ma attraverso una o più misure delle grandezze fondamentali. Sono le grandezze derivate. Ne sono esempi:

*Tabella II-2*

| <u>Grandezza</u> | <u>Dimensioni</u> |
|---|---|
| Superificie | $l^2$, $[l^2]$, $[l]^2$ |
| Volume | $l^3$, $[l^3]$, $[l]^3$ |
| Velocità | $lt^{-1}$, $[lt^{-1}]$, $[l]\ [t]^{-1}$ |
| Accelerazione | $lt^{-2}$, $[l][t^{-1}]$, $[l][t]^{-2}$ |
| Densità | $ml^{-3}$,$[m]\ [l^{-3}]$, $[m]\ [l]^{-3}$ |
| Quantità di moto | $mlt^{-1}$, ...... |
| Forza | $mlt^{-2}$,....... |
| Energia | $ml^2t^{-2}$,....... |
| Frequenza | $t^{-1}$,....... |
| Momento angolare | $ml^2t^{-2}$,....... |
| Pressione | $ml^{-1}t^{-2}$,....... |

<u>Dimensioni di una grandezza fisica:</u>

le grandezze fondamentali che entrano nella misura di una grandezza derivata sono dette dimensioni della grandezza fisica.

# Cambiamento di Unità di misura

Data una velocità espressa in $\frac{km}{h}$, esprimerla in $\frac{m}{s}$.

sia v= $60\frac{km}{h}$.

$1000m = 10^3\ m = 1km$ da cui $\frac{10^3\ m}{1km} = 1$

$3600s = 3.6\ 10^3\ s = 1h$ da cui $\frac{3.6\ 10^3\ s}{1h} = 1$

quindi:

$$v = 60\ \frac{km}{h} = 60\ \frac{km}{h} * 1 * 1 = 60\ \frac{km}{h} * \frac{10^3\ m}{1\ km} * \left[\frac{3.6\ 10^3\ s}{1h}\right]^{-1} = \frac{60}{3.6}\ \frac{m}{s} \simeq\ 17\ \frac{m}{s}.$$

avendo effettuato le opportune semplificazioni.

# Equazioni Dimensionali

Equazioni dimensionali:

Una relazione di uguaglianza fra grandezze fisiche A, B, C..... del tipo:

$$A = B^{p} * C^{q}$$

deve essere sempre tale che le dimensioni del primo membro siano le stesse del secondo membro, in simboli:

$$[A]=[B^{p} * C^{q}]$$

esempio:

se A é una velocità, B e C dovranno necessariamente essere uno spazio e un tempo e q=1, p =-1 ( o viceversa ), per cui

$$[A\ ]=[l^{1}][t^{-1}]=[A\ ]=[B^{p} * C^{q}]$$

Il controllo dimensionale é la prima verifica da effettuare su un risultato di un qualunque esercizio o problema di FISICA. Se il controllo ha risultato negativo, certamente c'é stato un errore nel procedimento. Ovviamente non vale il viceversa.

# Analisi Dimensionale/1

Uso delle equazioni dimensionali per stabilire leggi fisiche:

A volte si possono ricavare delle relazioni fra grandezze fisiche servendosi dell'analisi dimensionale.

Esempio N° 1

Vedremo che la velocità con cui un grave cade al suolo una volta lasciato cadere da un'altezza h con velocità iniziale nulla é data da:

$$v = \sqrt{2gh}$$

g é l'accelerazione di gravità supposta costante. A parte il coefficiente $\sqrt{2}$ , questa relazione può essere ottenuta nel modo seguente:

$v = k\ g^p * h^q$

passando alle dimensioni potremo scrivere l'equazione:

$[v] = [g^p] * [h^q]$

d'altra parte le dimensioni di v, g e h in funzione delle grandezze fondamentali sono:

$[v] = [l]\ [t^{-1}]$

$[g] = [l]\ [t^{-2}]$

$[h] = [l]$

sostituendo si avrà:

# Analisi Dimensionale/2

$[l]\,[t^{-1}] = [l^{p}]\,[t^{-2p}]\,[l^{q}]$ -> $[l^{1}]\,[t^{-1}] = [l^{p+q}]\,[t^{-2p}]$

affinché questa uguaglianza sia soddisfatta, le grandezze fondamentali dovranno comparire al 1° membro con lo stesso esponente, cioè dovrà risultare:

$1 = p+q$
$-1 = -2p$

questa é un semplice sistema lineare di primo grado di due equazioni in due incognite la cui soluzione é:

$$p = \frac{1}{2}$$

$$q = \frac{1}{2}$$

cioé, in definitiva:

$$v = k\sqrt{gh}$$

c.v.d. (come volevasi dimostrare).

Esempio N°2:

Ricavare la velocità del suono in un gas di densità $\rho$ e pressione p, sapendo che essa si può esprimere come prodotto di potenze di queste due grandezze.

Noi sappiamo che:

$[v] = [\rho^r] * [p^s]$

effettuando le opportune sostituzioni, servendosi della tabella che abbiamo scritto sopra, si avrà:

$[l]\ [t^{-1}] = [l^{-3r}]\ [m^r]\ [l^{-s}]\ [t^{-2s}]\ [m^s]$

$[l^1]\ [t^{-1}] = [l^{-(3r+s)}]\ [m^{r+s}]\ [t^{-2s}]$

da cui il sistema

# Analisi Dimensionale/4

$1 = -(3r + s)$

$-1 = -2s$

la cui soluzione é:

$s = \frac{1}{2}$

$r = -\frac{1}{2}$

sostituendo si ottiene:

$[l^{1}]\ [t^{-1}] = [l^{1}]\ [m^{0}]\ [t^{-1}] = [l^{1}]\ [t^{-1}]$

cioé un'identità. Si noti che la dipendenza dalla massa scompare.

In definitiva:

$$v = k\sqrt{\frac{p}{\rho}}$$

Errori ed Approssimazioni

## IV- Errori di misura

$A = (M +/- \Delta M)$ uo

Cifre significative..... 2300 uo; $2,3 * 10^3$ uo; $2,30 * 10^3$ uo; $2,300 * 10^3$ uo

Notazione esponenziale..... 0,0023 uo; $2,3 * 10^{-3}$ ; $2,30 * 10^{-3}$ ……..

## V- Approssimazioni

$\sin \vartheta = \mathrm{tg}\, \vartheta = \vartheta$

$\vartheta$ in radianti < 15°

(per precisione dell'ordine del %)

$\cos \vartheta = 1$

$\cos \vartheta = 1 - \vartheta^2$

$(1 + x)^n = 1 + nx$ per modulo(x) << 1

**A3-1.** *Angoli: gradi e radianti.*
Gli angoli misurati rispetto all'asse $x$, a partire dalla semiretta positiva, sono positivi se vengono misurati in senso antiorario, e negativi se sono misurati in senso orario. Per esempio 210° e −150° sono angoli che individuano la stessa direzione.

Gli angoli si possono misurare in gradi o in radianti (rad)[2]. Si possono confrontare le due misure ricordando che un angolo giro equivale a 360° e a $2\pi$ rad. Così, se fosse necessario, per esempio, convertire 40° in radianti, si può scrivere:

$$40^\circ \frac{2\pi \text{ rad}}{360^\circ} = 0.70 \text{ rad}.$$

**A3-2.** *Funzioni trigonometriche.*
È necessario conoscere le definizioni delle comuni funzioni trigonometriche – seno, coseno e tangente – perché esse sono parte del linguaggio della scienza e dell'ingegneria. Vi rammentiamo le definizioni nella figura 3.12 in una forma che non dipende dalla simbologia adottata per definire il triangolo.

Dovreste anche saper tracciare uno schizzo dell'andamento delle funzioni trigonometriche in funzione dell'angolo, come nella figura 3.13, per imparare a valutare se il risultato dato da una calcolatrice ha senso. Potrebbe anche essere utile sapere il segno delle funzioni nei diversi quadranti.

**A3-3.** *Funzioni trigonometriche inverse.*
Le più importanti funzioni trigonometriche inverse sono l'arcoseno, l'arcocoseno e l'arcotangente (arcsin, arccos e arctan). Se esse sono elaborate da una calcolatrice si deve verificare che i risultati forniti siano ragionevoli, perché c'è di solito almeno un altro possibile risultato che la calcolatrice non fornisce. L'estensione del campo d'azione di una calcolatrice nel trattare qualsiasi funzione inversa è indicata con tratto più marcato nella figura 3.13. Come esempio, all'espressione arcsin(0.5) corrisponde indifferentemente un angolo di 30° (come viene rappresentato sullo schermo dalla calcolatrice, dato che 30° rientra nella gamma di possibili valori di angoli di cui dispone) o anche di 150°. Per vedere entrambi gli angoli tracciate una linea orizzontale passante per il punto 0.5 dell'asse delle ordinate nella figura 3.13a, e osservate i punti in cui essa interseca la curva sinusoide.

Come si riconosce un risultato corretto? È quello che appare più ragionevole nella particolare situazione in esame. Riconsideriamo come esempio il calcolo di $\theta_{or}$ nel problema svolto 3.3, in cui $\tan\theta_{or} = 3.9/2.6 = 1.5$. Se cercate il valore di arctan(1.5) la vostra calcolatrice vi darà come risultato $\theta_{or} = 56°$, ma anche $\theta_{or} = 236°$ $(= 180° + 56°)$ ha una tangente che vale 1.5. Quale dei due risultati è corretto? Guardando il problema del punto di vista fisico è chiaro che il valore 56° è ragionevole mentre 236° non lo è.

$$\sin\theta = \frac{\text{cateto opposto a } \theta}{\text{ipotenusa}}$$

$$\cos\theta = \frac{\text{cateto adiacente a } \theta}{\text{ipotenusa}}$$

$$\tan\theta = \frac{\text{cateto opposto a } \theta}{\text{cateto adiacente a } \theta}$$

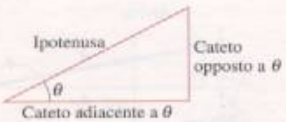


**Figura 3.12** Un triangolo usato per definire le funzioni trigonometriche. (Vedi appendice E).

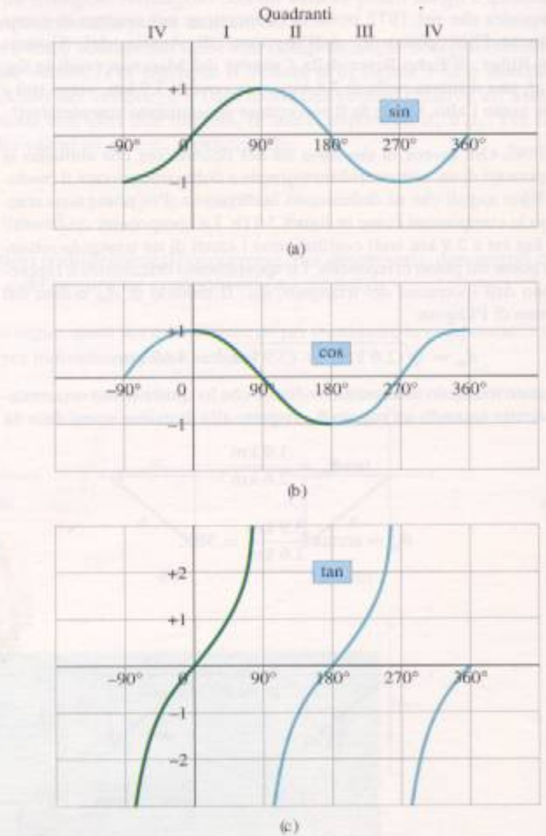


**Figura 3.13** Tre curve utili da ricordare. Il campo di operazione della calcolatrice per elaborare le funzioni trigonometriche *inverse* è indicato dalla porzione più scura delle curve colorate.

**A3-4.** *Misurare gli angoli dei vettori.*
Le equazioni 3.5 e la seconda parte dell'equazione 3.6 sono valide solo se l'angolo viene misurato correttamente rispetto all'asse $x$, col criterio trigonometrico riassunto anche nell'accorgimento A3.1. Se si misura in senso opposto può darsi che nell'equazione 3.5 le funzioni trigonometriche debbano essere scambiate fra loro, e può succedere che il rapporto nell'equazione 3.6 debba essere invertito. Un metodo più sicuro è quello di convertire l'angolo dato in un angolo che sia misurato a partire dal semiasse positivo delle $x$.

[2] Parlando di gradi come unità di misura degli angoli, in questo testo ci riferiamo sempre ai gradi *sessagesimali* (in inglese *degrees*, e sulle calcolatrici indicati con "deg"). Vanno distinti da altri tipi di gradi di uso più raro, quali: gradi centesimali (pari a 1/400 dell'angolo-giro, in inglese *grades* e sulle calcolatrici "grad"), e i gradi millesimali (1/6400 dell'angolo-giro). Un grado sessagesimale si suddivide di solito in 60 *primi* (′) e ciascun primo in 60 *secondi* (″). Nulla impedisce però all'occorrenza di dividere il grado in normali frazioni decimali, notazione caratterizzata dalla presenza del punto decimale e quasi sempre usata nelle macchine da calcolo. Così ad esempio 2.75° equivale a 2° 45′ e 13.505° = 13° 30′ 18″ [*N. d. T.*]