

Esperimentazioni di Fisica 1

- Il Metodo Scientifico
 - Grandezze Fisiche: Definizione Operativa – Estensive e Intensive
 - Misurazioni: Dirette e Indirette
 - Grandezze Fisiche: di Base e Derivate
 - Sistemi di Unità di misura: Sistema Internazionale (SI) – Unità di Base
 - I sistemi cgs – sistemi di unità naturali.
-

Il Metodo Scientifico

La Fisica è la scienza che studia i fenomeni naturali (l'etimo greco significa *natura*) cercando relazioni quantitative tra le grandezze fisiche in modo da potere **stabilire leggi** con cui comprendere il fenomeno studiato e prevedere le modalità di attuazione di fenomeni analoghi.

La modalità principale per lo studio dei fenomeni naturali è la **sperimentazione** eseguita seguendo protocolli rigorosi che ne garantiscono l'affidabilità e la ripetibilità. In alcune discipline, a carattere prevalentemente osservativo (ad esempio l'astrofisica) la ripetibilità non è sempre facilmente ottenibile.

L'insieme delle modalità con cui si eseguono gli esperimenti, si acquisiscono nuove conoscenze o si correggono quelle precedenti costituiscono il cosiddetto «**metodo scientifico**».

Il metodo scientifico



Grandezze Fisiche

Una grandezza fisica è la proprietà di un fenomeno, di un corpo o di una sostanza che può essere espressa quantitativamente (valore della grandezza fisica) nella forma di un numero e un'unità di misura.

Esempi

Un intervallo temporale: $\Delta t = 10 \text{ s}$,

Una temperatura: $T = 36.6 \text{ }^\circ\text{C}$,

Una massa: $M_{\text{higgs}} = 125 \text{ GeV}/c^2$

Le valutazioni numeriche di una grandezza fisica devono essere sempre seguite dalla appropriata unità di misura

($2.23 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$)

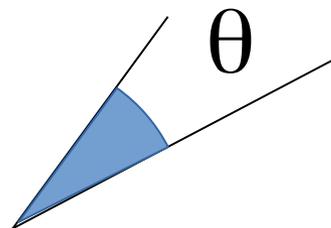
Definizione di Grandezze Fisiche

Una caratteristica fondamentale di una grandezza fisica è che la sua definizione sia operativa. (Operazionismo di Bridgman)

Ovvero si possa estrarre una **serie di operazioni** per effettuare una misurazione ottenendo un valore quantitativo della grandezza.

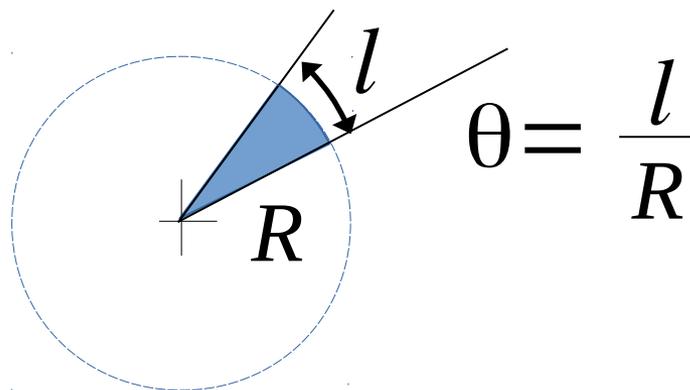
Es. Def. di angolo in matematica (non operativa):

La parte di piano compresa tra due semirette (lati) uscenti da uno stesso punto (vertice)



Def. di angolo in fisica (operativa)

L'angolo (la sua misura) è il rapporto tra la lunghezza (l) dell'arco di circonferenza e il raggio (R) del settore circolare



Grandezze Fisiche “Intensive ed Estensive”

Le grandezze fisiche si classificano in estensive e intensive secondo le modalità di composizione quando due o più sistemi si aggregano:

- Una grandezza è estensiva (o additiva) se il suo valore è pari alla somma dei valori che nei sottosistemi costitutivi;
Esempi: il volume, la massa, la carica elettrica...
- Una grandezza è intensiva (o non additiva) se il suo valore è indipendente dalla estensione del sistema;
Esempi: la temperatura, la pressione, la densità...

Che cosa è una Misurazione

E' un procedimento per ottenere sperimentalmente uno o più valori numerici («veri») che possono essere attribuiti alla grandezza fisica che si misura (il misurando).

Ogni misurazione è soggetta ad imperfezioni di varia origine che danno origine ad un **errore** nel risultato della misura.

Ne consegue che:

Il «valore vero» di una grandezza è inconoscibile e quindi è un concetto astratto.

Misurazioni Dirette

Le modalita' con cui si misurano le grandezze fisiche dipendono dal tipo di grandezza: Estensiva o Intensiva

Una grandezza estensiva G (ad esempio una lunghezza di una barra, la massa di un oggetto, . . .) può essere misurata direttamente tramite il confronto diretto con un'altra grandezza dello stesso tipo (U) che è assunta come unità.

La Misura $X(G)$ sarà allora: $X(G) = G/U$

e si scrive:

$$G = X U \quad (\text{per esempio } m = 2.4 \text{ kg})$$

La misurazione diretta è un'operazione possibile solo per grandezze estensive.

Misurazioni dirette (esempio)

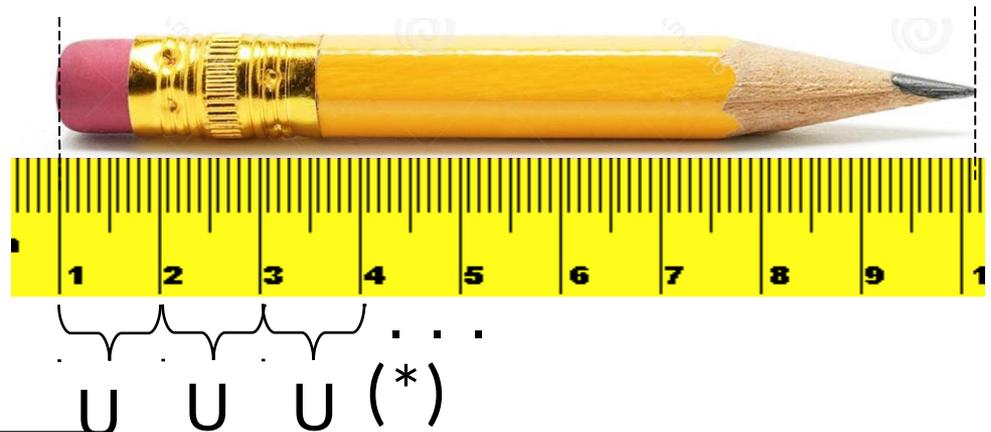
Si ottiene una misura diretta paragonando in modo quantitativo il «misurando» con una grandezza della stessa specie considerata come unità di misura.

G misurando →

U unità →

misura →

$$L = 9.15 U$$



(*) Le grandezze estensive sono, per definizione, anche additive

Misurazioni Indirette

La misurazione indiretta di una grandezza fisica si ottiene tramite una **relazione matematica** tra la grandezza da misurare e altre che sono state misurate in modo diretto oppure le cui misure sono state già ottenute in modo indiretto.

Esempi: Velocità, densità, ma anche le lunghezze come le distanze astronomiche, la temperatura e ...

Ovviamente la presenza di errori nelle grandezze misurate direttamente si «propaga» alla misura indiretta come vedremo nel seguito.

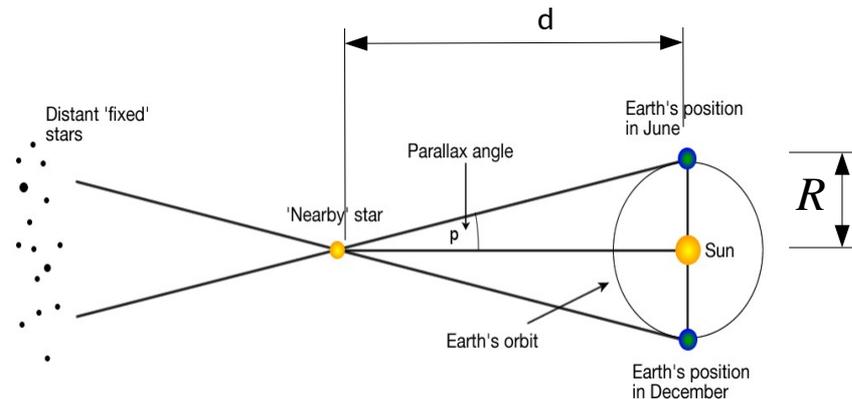
Esempi di misurazioni indirette

- La grandezza indiretta velocità media v si misura dalla relazione matematica che lega le grandezze dello spazio percorso Δx nell'intervallo temporale Δt (entrambe possono essere misurate direttamente)

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

- Distanza di una stella vicina

$$d = \frac{R}{\operatorname{tg} p}$$



- Una sostanza, ad es. il mercurio, aumenta le sue dimensioni lineari con la temperatura, per cui la misura della sua dimensione è legata alla temperatura:

$$d(T) = d_o [1 + \alpha(T - T_o)] \qquad T = T_o + \frac{d - d_o}{\alpha d_o}$$

Grandezze Fisiche di Base e Derivate

- La descrizione dei fenomeni fisici noti richiede l'uso di molte grandezze, estensive e intensive, collegate da relazioni matematiche.
- In linea di principio si potrebbe assegnare un'unità di misura per ogni grandezza estensiva. Ma non è conveniente (Esempi: unità di velocità il km/h. o il Mach aeronautico)
- Per semplificare le relazioni (ovvero ridurre il numero dei fattori di proporzionalità) è conveniente scegliere (arbitrariamente) le unità di un limitato numero di grandezze dette di **base** ; le unità delle altre grandezze che sono dette **derivate** deriveranno dalle relazioni matematiche che le definiscono.
- Bastano 4 grandezze di base per descrivere tutte le grandezze fisiche (3 sono sufficienti per la meccanica).

Grandezze Fisiche di Base e Derivate Esempi

- Esempio 1. La velocità (il modulo) è definito dalla relazione:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

Scegliendo come grandezze di base lo spazio misurato in metri e il tempo misurato in secondi, il valore unitario della velocità è un metro al secondo (non ha un nome specifico).

- Esempio 2. La forza (in modulo) è definita dalla relazione

$$F = ma \quad \left[a = \frac{dv}{dt} \right]$$

Scegliendo come grandezze di base lo spazio misurato in metri, il tempo misurato in secondi e la massa misurata in chilogrammi il valore unitario della forza è 1 chilogrammo per 1 metro su 1 secondo al quadrato che viene detto **newton** (simbolo: N).

Sistemi di unità di Misura

Regole per la costruzione di un sistema di unità di misura:

1. Scegliere una particolare partizione tra grandezze di base e grandezze derivate (Lunghezza, Tempo, Massa, velocità, accelerazione, Energia , Potenza , momento angolare,...)
2. Definire le unità standard per le grandezze di base

Un sistema di unità di misura è:

- **Completo**, quando tutte le grandezze possono essere dedotte da quelle di base
- **Coerente**, quando tutte le relazioni matematiche che definiscono le grandezze derivate non contengono fattori di proporzionalità differenti dall'unità.
- **Decimale**, quando tutti i multipli e sottomultipli delle unità sono potenze di 10.

Il Sistema internazionale (SI)

Sono state scelte, in modo logico ma arbitrario, 7 grandezze fisiche di base, mediante le quali tutte le altre (le derivate) sono definite.

Le grandezze di base sono:

•Lunghezza	[L]
•Tempo	[T]
•Massa	[M]
•Temperatura	[Θ]
•Quantità di materia	[N]
•Corrente elettrica	[I]
•Intensità luminosa	[J]

Ogni grandezza fisica di base ha *per definizione* la propria «dimensione fisica» che la caratterizza. \Leftrightarrow (analisi dimensionale)

Nomi e simboli delle Grandezze di Base del Sistema Internazionale

Grandezze di Base	Nome	Simbolo
Lunghezza	metro	m
Massa	kilogrammo	kg
Tempo	secondo	s
Temperatura	kelvin	K
Corrente elettrica	ampere	A
Quantità di materia	mole	mol
Intensità luminosa	candela	cd

SI – Unità di Base

Definizioni delle unità delle grandezze fisiche di base sulle indicazioni del CBIPM

metro (m) – è la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo pari a $1/299792458$ di un secondo

kilogrammo (kg) – è pari alla massa del prototipo realizzato secondo le prescrizioni del CGPM e conservato presso il museo di Sevre. Il kg è l'unica unità di misura del SI basata su un manufatto.

secondo (s) – è la durata di 9,192,631,770 periodi della radiazione emessa nella transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale del ^{133}Cs

kelvin (K) – è la frazione $1/273.16$ della temperatura termodinamica del punti triplo dell'acqua.

mole (mol) – è la quantità di sostanza che contiene tante entità elementari, atomi o molecole, quanti sono gli atomi presenti in 12 g di ^{12}C .

ampere (A) – è l'intensità di corrente elettrica che, se mantenuta in due conduttori lineari paralleli, di lunghezza infinita e sezione trasversale trascurabile, posti a un metro di distanza l'uno dall'altro nel vuoto, produce tra questi una forza pari a 2×10^{-7} N per metro di lunghezza.

candela (cd) – è l'intensità luminosa, in una data direzione, di una sorgente che emette radiazione monocromatica di frequenza 540×10^{12} hertz e che ha un'intensità radiante in quella direzione pari a $1/683$ watt per steradiante.

Multipli e Sottomultipli del SI

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

Altri Sistemi - I sistemi cgs

Il SI è largamente riconosciuto e adottato a livello internazionale, tuttavia esistono e sono in uso molti altri sistemi. Tra questi in particolare i sistemi cgs.

cgs elettrostatico.

Definisce il statcoulomb come unità di carica

cgs elettromagnetico.

Definisce l' abampere come unità di corrente

Sistema cgs di Gauss.

Ingloba i due precedenti. Ancora molto usato in fisica teorica.

Sistemi cgs		
Grandezze di Base	Nome	Simbolo
Lunghezza	centimetro	cm
Massa	grammo	g
Tempo	secondo	s
Temperatura	kelvin	K
Quantità di materia	mole	mol
Intensità luminosa	candela	cd

Sistemi Pratici

Molte altre unità di misura «pratiche» sono ancora in uso nei diversi campi della fisica e della tecnica.

Tra quelli più usati:

Unità di massa atomica (u) è 1/12 della massa dell'atomo di carbonio. $1u = 1.661 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

L'elettronvolt (eV) è l'energia cinetica acquisita da un elettrone accelerato da una ddp di 1V. $1eV = 1.602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

L'unità astronomica (au) è pari circa alla distanza terra sole. $1au = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ m}$

L'angstrom (A) è utilizzato nella fisica atomica. $1A = 10^{-10} \text{ m}$

I Sistemi di unità naturali

I sistemi di unità naturali sono basati unicamente su costanti fisiche universali.

Ad esempio la carica elementare “e” è un'unità naturale di carica elettrica, e la velocità della luce c è un'unità naturale velocità.

Un sistema puramente naturale di unità è definito in modo tale che ad alcune costanti fisiche universali è assegnato il valore unitario.

PRO. Semplifica le espressioni matematiche delle leggi fisiche.

CONTRO. Si perde chiarezza e comprensione, poiché queste costanti vengono omesse nelle espressioni delle leggi fisiche.

Cambiamento di unità di misura

Fattori di conversione

Nella pratica accade che il valore di una grandezza fisica sia espresso in una unità di misura non coerente con le necessità del calcolo. Per ottenere il valore espresso nell'unità **A** nell'unità **B** occorre il fattore di conversione che indichiamo con C ($1 \cdot A = C B$). Supponiamo di volere convertire una velocità di **50 miglia/ora** in **metri/secondo**

$$C(mi \rightarrow m) = 1609 \frac{m}{mi} \quad C_{h \rightarrow s} = 3600 \text{ s/h}$$

$$50 \frac{mi}{h} = 50 \frac{C_{mi \rightarrow m}}{C_{h \rightarrow s}} = 50 \frac{mi}{h} \times 1609 \frac{m}{mi} \times \frac{1}{3600} \frac{h}{s} = 22.35 \frac{m}{s}$$