

PREMESSA DELLA FISICA

La fisica è una scienza sperimentale, cioè basata sugli esperimenti, che studia costituenti della materia e le loro interazioni per spiegare in termini di tali interazioni i diversi fenomeni naturali e le proprietà della materia. Il termine deriva da una parola greca ($\varphi\nu\sigma\iota\varsigma$) che significa natura. Nel secolo scorso si facevano rientrare nell'ambito della fisica solo i cosiddetti fenomeni fisici, cioè quei processi in cui le strutture atomiche e molecolari dei corpi che vi partecipano non subiscono cambiamenti, ai nostri giorni il campo della fisica è invece più ampio. Fra tutte le scienze naturali la fisica è quella fondamentale e i suoi principi hanno importanza essenziale allo sviluppo di altre discipline quali ad esempio la chimica. La fisica si divide in diverse parti a seconda della classe di processi considerati, la meccanica studia infatti il moto di un corpo, la termodinamica studia i fenomeni termici, acustica e l'ottica si occupano di fenomeni acustici e luminosi, l'elettromagnetismo di fenomeni elettrici e luminosi. Lo sviluppo poi apportato durante il XX secolo fa sì che queste parti della fisica siano ora affiancate anche dalla fisica nucleare, atomica e subnucleare. Le varie parti della fisica non sono tra loro indipendenti, come verrebbe facile dire, ma costituiscono un insieme organico, coerente e logico, di principi e leggi, in termini dei quali possono essere studiati e compresi i molteplici processi che avvengono in natura. Il metodo di studio della fisica è basato sull'osservazione dei fenomeni e sulla costruzione di modelli semplificati per la loro interpretazione. Questi modelli richiedono l'uso dello strumento matematico.

MONDO FISICO e MONDO REALE

Il mondo reale ed il mondo fisico risultano essere per molti la stessa cosa. In realtà il mondo fisico si discosta dal mondo reale, ed esso, non è che un modo attraverso il quale si cerca di spiegare attraverso l'uso della matematica, le sue leggi e relazioni, i fenomeni che ci circondano, in modo da formulare principi in grado di spiegarne la causa. Al di sopra del mondo fisico si trova quindi intuitivamente il cosiddetto mondo matematico.

*“ I concetti fisici sono creazioni libere dell'intelletto umano
e non vengono, come potrebbe credersi,
determinati esclusivamente dal mondo esterno.”*

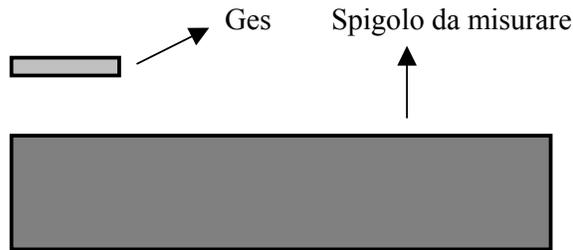
[A. Einstein]

SISTEMI DI UNITA' DI MISURA

Nello studio di un fenomeno, è importante saper individuare quali siano le caratteristiche essenziali, e quali invece gli aspetti accidentali. L'informazione relativa ad un fenomeno, deve risultare completa e dev'essere quantitativa. In pratica i fini di un esperimento fisico consistono nella misura di quantità ben definite, chiamate grandezze fisiche, e nella ricerca e sviluppo di possibili relazioni esistenti fra tali grandezze. Il problema di base per lo studio della fisica e dei suoi fenomeni sta nella capacità di fissare delle unità di misura. Pitagora riuscì ad intuire la necessità di misura, risolvendo questa necessità con l'introduzione dell'unità di misura. Definire una grandezza fisica significa descriverne in modo univoco ed oggettivo il significato; misurare una grandezza fisica significa attribuire ad essa un preciso valore numerico.

Vediamo un esempio:

Consideriamo come campione di misura di lunghezza un gesso e stabiliamo la sua grandezza chiamandola Ges. Se ora vogliamo misurare quanto è lungo lo spigolo di un tavolo poniamo il nostro gesso e vediamo quante volte questa lunghezza è contenuta nello spigolo



Il risultato ad esempio ci darà che la lunghezza del tavolo è ad esempio 5 Ges. Se ora una persona ci chiedesse quanto è lungo il tavolo, con l'unità di misura considerata noi saremmo liberi di rispondere che è lungo 5 Ges, in quanto la misura è stata effettuata con un campione di misura fissato. Il risultato diventa così esprimibile:

$$L = 5 \text{ Ges}$$

↓ ↓ ↓
 Simbolo Misura Unità di misura
 della grandezza fisica lunghezza di lunghezza
 (numero puro)

Ora la misura può essere definita come il processo mediante il quale si fa corrispondere un numero ad una grandezza fisica. E' evidente a questo punto che la grandezza fisica implica la scelta di :

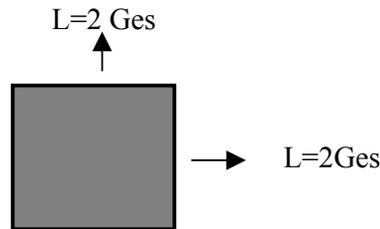
- un campione, ovvero un'altra grandezza della stessa specie, a cui si attribuisce valore unitario, in altri termini di un'unità di misura ;

- una modalità di misura, ovvero della serie di operazioni che devono essere compiute per stabilire il rapporto tra l'entità da misurare ed il campione, ad esempio nel caso di lunghezze, vedere quante volte l'unità di misura è contenuta nella grandezza da misurare.

E' evidente che se si procedesse come sopra descritto occorrerebbero tanti campioni quante sono le infinite grandezze fisiche che è possibile definire. Per ridurre il numero dei campioni si ricorre allora alle relazioni che legano tra loro varie grandezze; si ottengono così delle unità di misura che utilizzano campioni di altre grandezze e vengono dette **unità derivate**, invece quelle che sono definite direttamente da un campione sono dette **unità fondamentali** . Le **grandezze fisiche** possono essere o no tra loro **omogenee**: nel primo caso i valori delle grandezze sono esprimibili con le stesse unità di misura ed ha senso eseguire su di esse tutte le operazioni matematiche ed in particolare la somma e la sottrazione, nel secondo caso è possibile eseguire su di esse solo operazioni di moltiplicazione e divisione. Si osservi allora che i risultati forniti da operazioni matematiche su grandezze omogenee vengono descritti numericamente mediante la stessa unità di misura e con le sue potenze; i risultati forniti da operazioni matematiche su grandezze non omogenee vengono descritte, invece, mediante unità derivate da quelle che competono alle grandezze poste tra loro in relazione. Nasce così il concetto di **dimensione** inteso come la **potenza con cui la grandezza fondamentale compare nella grandezza derivata**.

Vediamo un esempio :

Consideriamo di misurare un'area, le possibilità per giungere ad un risultato corretto sono 2, la prima andrebbe a considerare una unità di superficie, ad esempio il Ges, l'altra alternativa considererebbe l'unità derivata, vediamo come.



Il risultato può ora essere espresso in questi termini: si potrà dire che l'area ha le dimensioni di una lunghezza al quadrato

$$S = 2 \text{ Ges} \times 2\text{Ges} = 4 \text{ Ges}^2$$

↓ ↓ ↓ ↓ Misura di superficie e unità di misura
 ↓ ↓ ↓ ↓ Lunghezza del lato 2
 ↓ ↓ ↓ ↓ Lunghezza del lato 1
 ↓ ↓ ↓ ↓ Simbolo di superficie

Il concetto di base è che tutte le equazioni che descrivono un fenomeno devono essere indipendenti dalle unità di misura, il che significa che le equazioni stesse devono risultare **dimensionalmente omogenee**. Il termine dimensionalmente omogeneo sta ad indicare che il cambiamento di una qualsiasi unità di misura non deve modificare quei termini dell'equazione in cui essa figura.

SISTEMA INTERNAZIONALE (S.I.)

Il sistema internazionale è un sistema coerente di unità di misura, di uso molto esteso, non solo nei diversi settori della scienza, ma anche nella tecnica e nell'industria. Esso è costituito da sette unità di base corrispondenti alle seguenti grandezze fisiche indipendenti: lunghezza, tempo, massa, temperatura termodinamica, intensità di corrente elettrica, quantità di sostanza, intensità luminosa, con le unità corrispondenti di: **metro, secondo, chilogrammo, Kelvin, ampère, chilomole e candela**.

GRANDEZZA	Simbolo	Unità di misura	Nome
LUNGHEZZA	L	M	Metro
MASSA	M	kg	Kilogrammo
TEMPO	τ	s	Secondo
TEMPERATURA	T	K	Kelvin
INTENSITA' DI CORRENTE ELETTRICA	i	A	Ampere
INTENSITA' LUMINOSA	I	cd	Candela
QUANTITA' DI SOSTANZA	n	kmol	Kilomole

In questo modo le grandezze fisiche sono tra loro indipendenti, in numero sufficiente e di tipo adatto. Il sistema internazionale è un sistema omogeneo, coerente, assoluto, decimale. Vediamo di spiegarne il significato di questi termini:

- **Omogeneo** significa che scelte alcune grandezze fisiche fondamentali e le loro unità di misura, da esse si possono derivare tutte le altre grandezze e le corrispondenti unità di misura. Per esempio lunghezza e tempo sono grandezze fisiche fondamentali cui corrispondono le unità di misura fondamentali metro (m) e secondo (s). da tali grandezze e dalle loro unità di misura sono ottenibili le grandezze fisiche e le corrispondenti unità di misura derivate che implicano una qualsiasi relazione tra lunghezza e tempo: per esempio la velocità (che si misura in m/s).
- **Coerente** significa che il prodotto o il rapporto delle unità di misura di una o più grandezze costituisce l'unità di una grandezza il cui significato fisico corrisponde al prodotto o al rapporto delle prime, senza l'intervento di coefficienti numerici. Ad esempio il prodotto di una massa unitaria (1kg) per una accelerazione unitaria (m/s^2) a cui corrisponde l'unità di misura delle forze detta Newton.
- **Assoluto** significa che le unità di misura scelte sono invariabili in ogni luogo e in ogni tempo.
- **Decimale** significa che multipli e sottomultipli delle varie unità di misura corrispondono alle potenze di dieci. Tali multipli e sottomultipli vengono spesso indicati mediante opportuni prefissi delle unità di misura che sono riportati nella tabella seguente.

Prefissi delle unità di misura del sistema S.I.

Multipli e sottomultipli	Prefissi	Simboli
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

GRANDEZZE DERIVATE

Malgrado il sistema internazionale sia obbligatorio anche in Italia dal 31-12-85, nella pratica è ancora possibile imbattersi in unità di misura appartenenti a sistemi diversi, in particolare al sistema tecnico o al sistema anglosassone. E' pertanto necessario ricorrere a operazioni che permettano di ottenere il corrispondente valore della grandezza in unità del S.I. In genere tali operazioni consistono nella moltiplicazione del valore espresso nella unità di misura da convertire per un opportuno fattore. Di grande aiuto è il fattore di ragguglio, infatti si chiama così, tra due unità omogenee, il fattore numerico per cui si deve moltiplicare la misura di una grandezza rispetto alla prima unità per ottenere la misura della stessa grandezza rispetto all'altra unità. Ad esempio il fattore di ragguglio tra un metro /1 secondo e 1 chilometro/ 1 ora è 3,6.

Unità di misura che esprimono le sette grandezze fondamentali nei sistemi Tecnico e Anglosassone

Grandezza fondamentale	Unità di misura		
	S. Internazionale	S. Tecnico	S. Anglosassone
Lunghezza	Metro	Metro	Piede
Massa	Kilogrammo	Kilogrammo	Libbra
Intervallo di tempo	Secondo	Ora	Ora
Intensità di corrente elettrica	Ampere	Ampere	Ampere
Intervallo di temperatura	Kelvin	Grado Celsius	Grado Fahrenheit
Intensità luminosa	Candela	Candela	Candela
Quantità di sostanza	chilomole	mole	mole

Unità derivate del S.I.

Grandezza fisica	Unità di misura	Simbolo
Superficie	Metro quadrato	m^2
Volume	Metro cubo	m^3
Frequenza	Hertz	Hz
Numero d'onde	1 per metro	m^{-1}
Velocità	Metro per secondo	m/s
Accelerazione	Metro per secondo quadrato	m/s^2
Velocità angolare	Radiante per secondo	r/s
Accelerazione angolare	Radiante per secondo quadrato	r/s^2
Massa volumica	Kilogrammo per metro cubo	Kg/m^3
Forza	Newton	N
Pressione	Pascal	Pa
Viscosità dinamica	Newton secondo per metro quadrato	$N s /m^2$
Viscosità cinematica	Metro quadrato per secondo	m^2/s
Energia, lavoro	Joule	J
Potenza	Watt	W
Entropia	Joule per Kelvin	J/K
Calore specifico	Joule per kilogrammo Kelvin	J/(Kg K)
Conduttività termica	Watt per metro Kelvin	W/(M k)
Carica elettrica	Coulomb	C
Tensione elettrica	Volt	V
Campo elettrico	Volt per metro	V/m
Capacità elettrica	Farad	F
Permittività	Farad per metro	F/M
Resistenza elettrica	Ohm	Ω
Induzione magnetica	Tesla	T
Flusso induz. Magnetica	Weber	Wb
Campo magnetico	Ampere per metro	A/m
Forza magnetomotrice	Ampere	A
Induttanza	Henry	H
Permeabilità	Henry per metro	H/m
Flusso luminoso	lumen	lm
Luminanza	Candela per metro quadro	cd /m^2
Illuminamento	Lux	lx
Intensità energetica	Watt per steradiante	W/sr

Fattori di conversione tra i sistemi di unità di misura

Grandezza	Per convertire		Moltiplicare per
	da	a	
Lunghezza	ft	m	0.3048
Superficie	ft ²	m ²	0.092903
Volume	ft ³	m ³	0.028317
Massa	lb	Kg	0.45359
Tempo	h	s	3600
Accelerazione	m/h ²	m/s ²	7.7160x10 ⁻⁸
Portata di massa	lb/h	Kg/s	1.260x10 ⁻⁴
Densità	lb/ft ³	kg/m ³	16.018
Forza	lbf	N	404482
	kgf	N	9.8060
Pressione	kgf/cm ²	N/m ²	98066
Differenza di temperatura	°F	K	0.55556
Quantità di calore	Btu	J	1055.07
	Kcal	J	4186.8
Potenza termica	Btu/h	W	0.29307
	Kcal	W	1.1630
Calore specifico	Btu/(lb °f)	J/(kg K)	4186.8
	Kcal/(kg °C)	J/(kg K)	4186.8
Conduttività termica	Btu / (ft h °F)	W/(m K)	1.73078
	Kcal/(m h °C)	W/(m K)	1.163
Viscosità dinamica	Lb/(ft h)	Kg/(m s)	4.1342x10 ⁻⁴

ANALISI DIMENSIONALE

A ogni misura o risultato di calcolo è sempre associata una dimensione. In un certo senso, le dimensioni fondamentali sono già state scelte quando si sono definiti i campioni delle unità di misura. Di conseguenza le grandezze meccaniche come la massa, la lunghezza, e il tempo servono come dimensioni fondamentali. Esse sono rappresentate rispettivamente da M, L, τ . Ogni equazione deve essere **dimensionalmente consistente**, nel senso che tutti i suoi termini devono avere la stessa dimensione. Le dimensioni di una grandezza saranno indicate con una parentesi quadrata []. La velocità avrà le dimensioni di una lunghezza diviso un tempo, e si scrive $[v] = [L] [\tau]^{-1}$ si può anche scrivere $[v] = [M]^0 [L] [\tau]^{-1}$, si dirà che le dimensioni della velocità rispetto alla massa, alla lunghezza e al tempo sono nell'ordine 0,1,-1. Una grandezza indipendente da tutte le unità fondamentali viene detta **grandezza adimensionale**.

IL SISTEMA DI UNITA' DI MISURA INTERNAZIONALE

Le unità fondamentali sono state fissate durante i congressi del periodo 1954-1971, dalla conferenza generale di pesi e misure. Queste unità costituiscono il cosiddetto sistema di Unità Internazionale, abbreviato con la sigla SI dal francese Le

Systeme International d'Unites . se alcune proprietà fisiche come la produzione di energia di una centrale di potenza o un intervallo di tempo fra due eventi nucleari sono espresse con le unità del SI, spesso si ottengono numeri troppo grandi o troppo piccoli. Nelle riunioni fra il 1960-1975 la conferenza generale dei pesi e misure ha raccomandato, per convenienza, l'uso dei prefissi come ad esempio kilo, mega, tera ecc. quindi invece di 1.3×10^9 watt, la potenza di una tipica centrale elettrica può essere espressa come 1.3 gigawatt o GW. I prefissi delle quantità maggiori dell'unità sono di derivazione greca mentre quelle minori dell'unità hanno derivazione latina (eccetto femto e atto che hanno derivazione danese). Accanto al SI vi sono altri due importanti sistemi di unità. Il primo è il sistema Gaussiano, il secondo è il sistema britannico tuttora usato negli stati uniti. L'SI non è ancora stato adottato in soli tre paesi (Myanmar, (Burma) Liberia e Stati Uniti). Il sistema internazionale inoltre può essere soggetto all'introduzione di nuove unità di misura, dunque, non è statico: esso evolve per uniformarsi alla crescente necessità di misurazione.

CAMPIONI DI UNITA' DI MISURA

- Campione di tempo : per avere il migliore campione di tempo, in molti paesi sono stati costruiti orologi atomici. Il secondo basato sull'orologio al cesio è stato adottato nel 1967 come campione dalla 13^{ma} Conferenza Internazionale di Pesi e Misure. Ne è stata data la definizione seguente: un secondo è il tempo occupato da 9192631770 vibrazioni della radiazione (di specifica lunghezza d'onda) emessa dall'atomo di cesio. Due moderni orologi al cesio arrivano a differire tra loro di 1 secondo dopo 300.000 anni. Un orologio a maser a idrogeno ha raggiunto l'incredibile precisione di 1 secondo dopo 300.000 anni.

- Campione di lunghezza: il primo campione internazionale di lunghezza è stato una barra di platino iridio considerata il metro campione e conservata nell'ufficio Internazionale di Pesi e misure di Parigi. Il metro è stato definito come la distanza fra due linee incise agli estremi della barra posta alla temperatura di 0°C e sostenuta meccanicamente in modo prescritto. Storicamente il metro è stato definito come la decimilionesima parte della distanza fra il polo sud ed il polo nord lungo il meridiano che passa per Parigi. Copie del campione originale sono poi diffuse in tutti i paesi non prima di essere confrontati con microscopi. La scienza e le tecnologie moderne non possono più accontentarsi dell'accuratezza con la quale viene effettuato il confronto fra le lunghezze usando il microscopio per traguardare sottili incisioni. Un campione delle lunghezze più preciso e riproducibile fu ottenuto quando l'americano Albert A. Michelson nel 1893 confrontò il metro campione con la lunghezza d'onda della luce rossa emessa dagli atomi di cadmio. Egli misurò accuratamente la lunghezza del metro campione e stabilì che esso è uguale a 1 553 163.5 volte la lunghezza d'onda del cadmio. Malgrado ciò, la barra di metallo rimase il metro campione sino al 1960, quando la 11^{ma} Conferenza Generale di Pesi e Misure adottò per il metro un campione atomico. E' stata scelta la lunghezza d'onda nel vuoto di una certa luce rosso- arancione emessa da atomi di un particolare isotopo del Kr. Più precisamente un metro è stato definito come 1 650 763.73 volte la lunghezza d'onda di tale luce. La scelta del campione atomico, oltre alla maggior precisione, offre anche altri vantaggi. Gli atomi di ⁸⁶ Kr sono reperibili ovunque,

sono tutti uguali ed emettono sempre radiazione con la stessa lunghezza d'onda. Nel 1983 si andava compiendo un altro passo decisivo. Il metro veniva definito come la distanza percorsa dalla luce in un determinato intervallo di tempo. Con queste parole della 17^{ma} Conferenza possiamo dire che: il metro è la lunghezza percorsa dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo di $1/299\,792\,458$ di secondo, questo equivale a dire che la velocità della luce è definita come $299\,792\,458$ m/s esattamente.

•Campione di massa: il campione di massa del SI è un cilindro di platino iridio depositato presso l'Ufficio di Pesi e Misure. Per accordo internazionale a esso è stata assegnata la massa di un kilogrammo. Il campione di massa usato su scala atomica non è un'unità del SI. Per convenzione internazionale, alla massa dell'atomo di carbonio ^{12}C è stato assegnato il valore di 12 unità di massa atomica. Un'unità del SI collegata alla massa è la mole che misura la quantità di sostanza. Una mole di ^{12}C ha la massa di 12 grammi e contiene un numero di atomi pari al numero di Avogadro N_A il cui valore è pari a 6.0221367×10^{23} per mole.

•Kelvin: è l'unità di temperatura termodinamica ed è uguale alla frazione di $1/273.16$ della temperatura del punto triplo dell'acqua.

•Ampere : è l'unità di (intensità di) corrente elettrica ed è uguale alla corrente che si ha in due fili conduttori, paralleli, di lunghezza infinita e sezione trascurabile, situati nel vuoto a distanza di un m, quando questi si respingono con una forza di 2×10^{-7} newton per metro di lunghezza.

•Mole : è una quantità di sostanza di un dato sistema che contiene un numero di entità elementari uguale a quello di atomi contenuti in 0.012 chilogrammi dell'isotopo ^{12}C del carbonio.

•Candela : la candela è l'unità di misura dell'intensità luminosa ed 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 di $1/683$ watt per steradiante.

GRANDEZZE UTILIZZATE NEI VARI CAMPI DELLA FISICA

Essendo conveniente considerare alcune poche grandezze fisiche come fondamentali, risulta ora possibile attribuire ad ogni settore della fisica il numero sufficiente di grandezze da utilizzare per esprimere tutte le altre attraverso relazioni con le prime. Infatti per la cinematica bastano due grandezze fisiche, la lunghezza e la durata, per la meccanica, alle grandezze della cinematica si aggiunge la massa, per la termodinamica si aggiunge l'intervallo termico e la quantità di materia alle grandezze della meccanica, per l'elettromagnetismo si aggiunge l'intensità di corrente e l'intensità luminosa alle 5 grandezze della termodinamica.

**UNITA' NON APARTENENTI AL S.I. MA LEGALMENTE
AUTORIZZATE**

Grandezza	Unità	Simbolo	Conversione
Volume	litro	l	$1 \text{ l} = 10^{-3} \text{ m}^3$
Massa	tonnellata	t	$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$
Massa	unità di massa atomica	μ	$1 \mu = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Tempo	minuto	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
Tempo	ora	h	$1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$
Tempo	giorno	d	$1 \text{ d} = 86400 \text{ s}$
Pressione	bar	bar	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$
Energia	elettronvolt	eV	$1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$
Angolo piano	angolo giro		$1 \text{ ang giro} = 2 \pi \text{ rad}$
Angolo piano	grado sessagesimale	$^\circ$	$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$
Angolo piano	minuto d'angolo	'	$1' = (\pi/10800) \text{ rad}$

CONCLUSIONE

Il sistema internazionale è adottato fin dagli anni '70 dalla maggior parte dei paesi ed è stato adottato ufficialmente in Italia dal 1982 con DPR del 12.08.82 n. 802 in attuazione della direttiva CEE n. 80/81 relativa alle unità di misura (ed è obbligatorio dal 31.12.85)