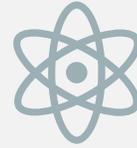


# CHE COS'È LA FISICA?



La fisica (dal greco **phýsis = natura**) è la scienza che studia i fenomeni naturali (ad esclusione di quelli che comportano trasformazioni chimiche della materia),



al fine di descriverli misurandone le proprietà → (o **grandezze**)



e stabilendo tra queste relazioni matematiche → (**leggi**).

## IL METODO SCIENTIFICO

---

Galileo Galilei, da *Il Saggiatore* (1623):

---

«... forse stima che la filosofia sia un libro e una fantasia d'un uomo, come l'Iliade e l'Orlando furioso, libri ne' quali **la meno importante cosa è che quello che vi è scritto sia vero**. Signor Sarsi, la cosa non istà così. La **filosofia è scritta in questo grandissimo libro** che continuamente ci sta **aperto innanzi a gli occhi** (io dico l'universo), **ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua**, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. **Egli è scritto in lingua matematica**, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, **senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola**; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.»

# IL METODO SCIENTIFICO

- Fase sperimentale
- Fase mentale e processo di schematizzazione
- Fase sperimentale di prova e riprova
- Fase mentale



# LE LEGGI DELLA FISICA

Le leggi della fisica sono universali ...

Una volta determinate delle leggi fisiche, si considerano valide

- in tutto l'universo
- a tutte le scale
- per sempre, ovvero dall'origine dei tempi a domani

... ma precarie

Si può sempre scoprire un fenomeno che non viene spiegato dalla legge fisica, perché

- ✓ è un fenomeno che non era mai stato visto né studiato
- ✓ è un fenomeno rivelabile solo con le tecnologie più recenti

**A questo punto si deve formulare una nuova teoria che tenga conto anche del nuovo fenomeno**

# BRANCHE DELLA FISICA

## Fisica classica

- Meccanica classica
- Gravitazione universale
- Termologia
- Elettromagnetismo\*

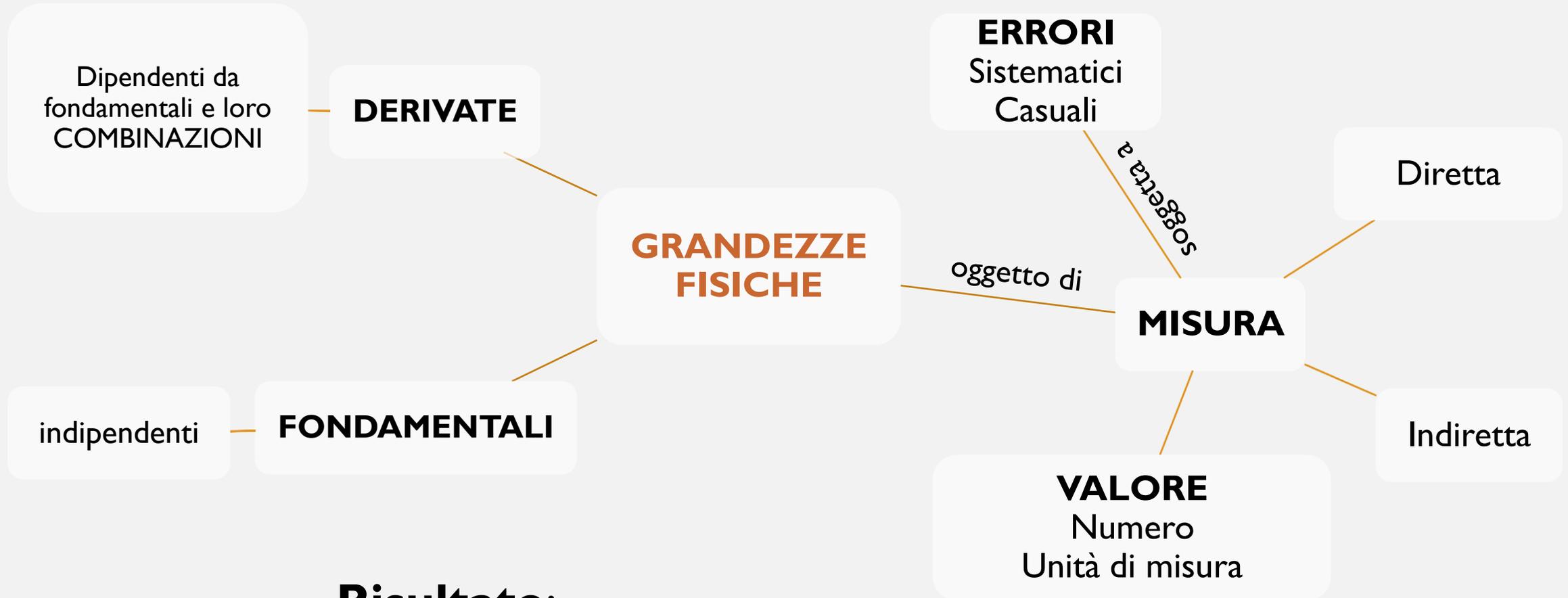
## Fisica moderna

- Meccanica quantistica
- Relatività
- Interazioni fondamentali
- Fisica dello stato solido
- ...

# **GRANDEZZE FISICHE**

# GRANDEZZE FISICHE

Ogni ente che interviene nella descrizione di un fenomeno e che può essere misurato



**Risultato:**

**VALORE ± ERRORE (unità di misura)**

# SISTEMA INTERNAZIONALE

Le unità di misura campione «storiche» sono conservate presso l'**Ufficio Internazionale di Pesi e Misure di Parigi**.

A partire dal **2018** TUTTE le unità FONDAMENTALI sono state ridefinite in termini di **costanti** fisiche.

Esempio: **1 metro** è la **distanza** percorsa dalla **luce** nel **vuoto** in un intervallo di tempo pari a **1/299792458 di secondo**.

Lunghezza	metro	m
Massa	kilogrammo	kg
Tempo	secondo	s
Temperatura	kelvin	K
Quantità di sostanza	mole	mol
Intensità di corrente elettrica	ampère	A
Intensità luminosa	candela	cd



**Figura 1.3** Il riferimento standard internazionale della massa di 1 kg, un cilindro di platino-iridio di diametro e altezza entrambi pari a 3,9 cm.

# SISTEMA INTERNAZIONALE

## Etichetta delle grandezze fondamentali

GRANDEZZA FISICA	SIMBOLO DELLA GRANDEZZA	NOME DELL'UNITÀ	SIMBOLO DELL'UNITÀ
Lunghezza	$L$	Metro	m
Massa	$M$	Kilogrammo	kg
Tempo	$T$	Secondo	s
Quantità di sostanza	$N$	Mole	mol
Temperatura	$\Theta$	Kelvin	K
Intensità di corrente	$I$	Ampere	A
Intensità luminosa	$J$	Candela	Cd

## OPERAZIONI TRA GRANDEZZE FISICHE



### **Somma e sottrazione**

permesse solo se la grandezza fisica è la stessa



### **Moltiplicazione e divisione**

permesse anche tra grandezze fisiche diverse → **grandezze fisiche DERIVATE**

# GRANDEZZE FISICHE (E UNITÀ DI MISURA) DERIVATE

Le unità di misura delle grandezze fisiche derivate si possono esprimere come combinazioni di quelle fondamentali.

$$\text{Volume} = [L^3] = m^3$$

$$\text{Densità} = [M] / [L^3] = \text{kg}/m^3$$

$$\text{Velocità} = [L] / [t] = m/s$$

$$\text{Forza} = [M] \cdot [L] / [t^2] = \text{kg} \cdot m/s^2 = \text{Newton}$$

Etichetta delle grandezze derivate:

GRANDEZZA FISICA	SIMBOLO DELLA GRANDEZZA	NOME DELL'UNITÀ	SIMBOLO DELL'UNITÀ	EQUIVALENZA SIMBOLI FONDAMENTALI	EQUIVALENZA SIMBOLI DELL'UNITÀ FONDAMENTALI
Densità	$\rho$	\	$\text{Kg}/m^3$	$[M] * [L]^{-3}$	$\text{Kg}/m^3$
Energia	E	Joule	J	$[M] * [L]^2 * [t]^2$	$N * m$

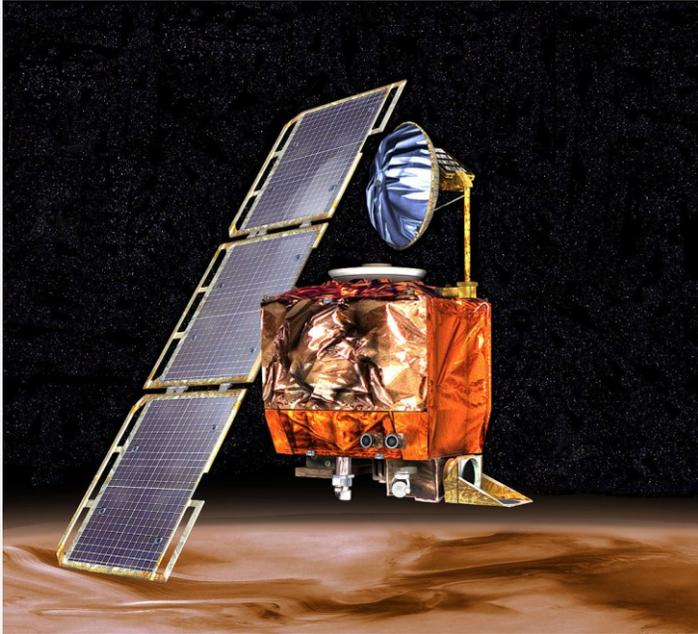
## ANALISI DIMENSIONALE

- Analisi che permette di controllare l'esattezza delle formule matematiche utilizzate
- Se il risultato di un calcolo è una velocità e le unità che otteniamo sono  $[L]*[T]$ , i passaggi effettuati sono SICURAMENTE sbagliati

$$V = \frac{5 (m)}{10 (s)} = 0.5 \frac{m}{s} \rightarrow \text{Unità è } \frac{[L]}{[T]}, \text{ OK}$$

$$V = 5 (m) \times 10 (s) = 50 m \cdot s \rightarrow [L][T], \text{ sbagliato!}$$

# IL VALORE DELLE UNITÀ DI MISURA CORRETTE



**Mars Climate Orbiter**

Costo missione: **328 milioni di dollari**

Esito missione: **FALLITA**

Da wikipedia

Il Mars Climate Orbiter venne distrutto quando, invece di posizionarsi a un'altezza di 140-150 km dalla superficie di Marte, si inserì nell'atmosfera marziana a un'altezza di soli 57 km. La sonda venne distrutta dagli stress causati dall'attrito presente a quella altezza con l'atmosfera. Si scoprì che alcuni dati erano stati calcolati a Terra in base all'unità di misura del [Sistema consuetudinario statunitense](#), e riferiti al team di navigazione, che invece si aspettava i dati espressi in unità di misura del [Sistema internazionale](#). La sonda non era in grado di effettuare conversioni tra le due unità di misura.

# EQUIVALENZE: MULTIPLI E SOTTOMULTIPLI

Ogni grandezza, che sia essa fondamentale o derivata può avere associati una serie di multipli e sottomultipli (es. metro):

Tm	Gm	Mm	km	hm	dam	m	dm	cm	mm	$\mu\text{m}$	nm	pm
$10^{12}$	$10^9$	$10^6$	$10^3$	$10^2$	$10^1$	$10^0$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$

## Multipli:

da = deca

h = etto

k = kilo

M = mega

G = giga

T = tera

## Sottomultipli

d = deci

c = centi

m = mili

$\mu$  = micro

n = nano

p = pico

# EQUIVALENZE: MULTIPLI E SOTTOMULTIPLI

Espressione della velocità:

km/h  $\rightarrow$  m/s

$$1 \text{ km/h} = 1000 \text{ m} / 3600 \text{ s}$$

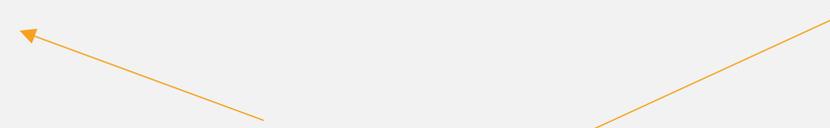
$$= 0.28 \text{ m/s}$$

m/s  $\rightarrow$  km/h

$$1 \text{ m/s} = 0.001 \text{ km} / (1/3600) \text{ h}$$

$$= 3.6 \text{ km/h}$$

FATTORI DI CONVERSIONE



$$n \text{ km/h} \rightarrow n \cdot 0.28 \text{ m/s}$$

$$n \text{ m/s} \rightarrow n \cdot 3.6 \text{ km/h}$$

$$10 \text{ m/s} = 10 \cdot 3.6 \text{ km/h} = 36 \text{ km/h}$$

$$120 \text{ km/h} = 120 \cdot 0.28 \text{ m/s} = 33.6 \text{ m/s}$$

# MISURE DIRETTE E INDIRETTE

- **Misure dirette**
- Ad esempio la misura di una massa su una *bilancia\**, o di una lunghezza con un regolo, o di un tempo con un orologio.
  
- **Misure indirette**
- Si ottiene la grandezza incognita eseguendo la misura diretta di un'altra grandezza, legata a quella incognita tramite una legge matematica nota.
- In questo caso la grandezza da determinare può essere sia fondamentale (ad esempio la distanza tra la Terra e il Sole, che non può ovviamente essere misurata direttamente con un regolo) che derivata (ad esempio la pressione atmosferica, per la quale si misura l'altezza di una colonna di mercurio in un tubo verticale: tale altezza è direttamente proporzionale alla pressione, secondo una legge ben nota).
- *\*vale solo per una bilancia a piatti!*

## COME SI RAPPRESENTA UN RISULTATO NUMERICO

- Un risultato numerico non è completo se non è costituito da
- **VALORE, ACCURATEZZA e UNITÀ di MISURA**

# NOTAZIONE SCIENTIFICA E CIFRE SIGNIFICATIVE

Prefisso (abbreviazione)	Potenza del 10
peta (P)	$10^{15}$
tera (T)	$10^{12}$
giga (G)	$10^9$
mega (M)	$10^6$
chilo (k)	$10^3$
hecto (h)	$10^2$
deci (d)	$10^{-1}$
centi (c)	$10^{-2}$
milli (m)	$10^{-3}$
micro ( $\mu$ )	$10^{-6}$
nano (n)	$10^{-9}$
pico (p)	$10^{-12}$
femto (f)	$10^{-15}$

Le cifre significative di una misura sono le cifre certe e la prima cifra incerta.

Identificare il numero di cifre **significative**

- (a) 409.8 s
- (b) 0.058700 cm
- (c) 9500 g
- (d)  $950.0 \times 10^1$  ml

Usando la **notazione scientifica**

- (a)  $4.098 \times 10^2$  s (4 cifre)
- (b)  $5.8700 \times 10^{-2}$  cm (5 cifre)
- (c)  $9.500 \times 10^3$  g o  $9.5 \times 10^3$  g (4 o 2 cifre)
- (d)  $9.500 \times 10^3$  ml (4 cifre)

## ACCURATEZZA (○ ERRORE)

- L'errore su di una misura ha diverse origini. Può essere casuale o sistematico.
- Definisce la precisione con cui possiamo determinare il valore di una grandezza fisica e *spesso* dipende dallo strumento di misura
- L'errore su di una misura **DETERMINA** le cifre significative da riportare in un risultato
- Si propaga nei calcoli

# PORTATA E SENSIBILITÀ DEGLI STRUMENTI DI MISURA



**SENSIBILITÀ (o precisione):**  
tra 80 °C e 100 °C ci sono 10 intervalli.  
**La precisione è dunque di 2 °C**

**PORTATA**

Una misura di temperatura con **questo** termometro  
sarà **ad esempio 64 °C ± 2 °C**

# PORTATA E SENSIBILITÀ DEGLI STRUMENTI DI MISURA



Bilancia commerciale  
sensibilità 1 g

$$m = 48 \pm 1 \text{ g}$$
$$m = 4.8(1) \times 10^1 \text{ g}$$



Bilancia di laboratorio  
sensibilità 0,01 g

$$m = 47.74 \pm 0.01 \text{ g}$$
$$m = 4.774(1) \times 10^1 \text{ g}$$



Bilancia per uso analitico  
sensibilità 0,0001 g

$$m = 47.7438 \pm 0.0001 \text{ g}$$
$$m = 4.77438(1) \times 10^1 \text{ g}$$

## SORGENTI DI ERRORI

- **Sensibilità strumentale**
  - Strumenti più accurati permettono di ridurre questo tipo di errore
- **Errore sistematico**
  - Errori che portano **SEMPRE** ad una sovrastima o ad una sottostima di una grandezza fisica (esempio: calibrazione non perfetta). Questi errori possono essere **ELIMINATI** una volta identificati (ad esempio calibrando meglio uno strumento).
- **Errore statistico**
  - Errori «casuali» che portano **TALVOLTA** ad una sovrastima oltre ad una sottostima di una grandezza fisica. Ripetendo una misura più volte, mediamente questi errori si riducono.

# REGOLE DI PROPAGAZIONE DEGLI ERRORI

$$x = a + b$$

I valori più alti per a e b sono:

$$a + \Delta a$$

$$b + \Delta b$$

Quindi il valore più alto di x:

$$x + \Delta x = (a + \Delta a) + (b + \Delta b) = (a + b) + (\Delta a + \Delta b)$$

Quindi il valore più basso di x:

$$x - \Delta x = (a - \Delta a) + (b - \Delta b) = (a + b) - (\Delta a + \Delta b)$$

Da cui ricaviamo che:

$$\Delta x = \Delta a + \Delta b$$

$$x = a - b$$

Quindi il valore più alto di x:

$$x + \Delta x = (a + \Delta a) - (b - \Delta b) = (a - b) + (\Delta a + \Delta b)$$

Quindi il valore più basso di x:

$$x - \Delta x = (a - \Delta a) - (b + \Delta b) = (a - b) - (\Delta a + \Delta b)$$

Da cui ricaviamo ancora che:

$$\Delta x = \Delta a + \Delta b$$

# REGOLE DI PROPAGAZIONE DEGLI ERRORI

$$x = ab$$

Quindi il valore più alto di  $x$ :

$$x + \Delta x = (a + \Delta a)(b + \Delta b) = ab + a\Delta b + b\Delta a + \Delta a\Delta b$$

Supponendo  $\Delta a \ll a$  e  $\Delta b \ll b$  : trascuriamo  $\Delta a\Delta b$

Da cui ricaviamo che:  $\Delta x = b\Delta a + a\Delta b$

**ERRORE RELATIVO**  
(si può esprimere in %):

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{a\Delta b + b\Delta a}{ab} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

## GRANDEZZE SCALARI E VETTORIALI

- Tutti gli esempi visti fino ad ora sono stati di grandezze **SCALARI**, ovvero caratterizzate da un **segno, numero e unità**. Sono scalari massa, temperatura, lunghezza, etc. ...
- Le grandezze **VETTORIALI** sono invece caratterizzate da **numero e unità** (che unitamente si chiamano **MODULO** o **INTENSITÀ**), **direzione, verso e punto di applicazione** (o **origine**). Sono vettoriali, velocità, forza, accelerazione, etc. ...