FISICA

DESCRIVERE e **COMPRENDERE**

i fenomeni che si svolgono
in Natura

OSSERVAZIONE → LEGGI FISICHE

SENSO COMUNE ?

→ %

METODO SPERIMENTALE

OSSERVAZIONE + RAGIONAMENTO + ESPERIMENTO

INDUTTIVO ↓

FENOMENI NATURALI
PREVISIONI
TEORIA
PRINCIPI FONDAMENTALI

↑ DEDUTTIVO

→ %

FISICA E MATEMATICA

MISURE → NUMERI

LEGGE FISICA → FORMULA MATEMATICA

GRANDEZZA FISICA

definizione operativa:
È definita quando abbiamo stabilito un procedimento ovvero un insieme di norme atte a misurare tale grandezza e ad assegnarle una unità di misura

massa, densità, lunghezza, tempo,
velocità, Temperatura, ...

misura → **STRUMENTI** →
osservazione oggettiva e quantitativa

GRANDEZZA FISICA → CAMPIONE → UNITA' DI MISURA

↓

misura diretta : lunghezza tramite metro
misura indiretta : $v = l/t$

⇓

SISTEMA RAZIONALE DI GRANDEZZE FONDAMENTALI

SISTEMA INTERNAZIONALE (S.I.)

LUNGHEZZA	[L]	metro	m
MASSA	[M]	chilogrammo	kg
TEMPO	[T]	secondo	s
INTENSITA' DI CORRENTE		ampère	A
TEMPERATURA		Kelvin	K
INTENSITA' LUMINOSA		candela	cd
QUANTITA' DI MATERIA		mole	mol

SISTEMA MKSA

§ 3 - EQUAZIONI DIMENSIONALI

EQUAZIONE DIMENSIONALE :

$$\boxed{[X] = [L^p\ M^q\ T^r]} \qquad (1)$$

Per esempio:

- energia cinetica $[E] = [L^2\ M\ T^{-2}]$
- velocità $[v] = [L\ T^{-1}]$
- densità $[\rho] = [L^{-3}\ M]$
- angolo $[\alpha] = [L^0\ M^0\ T^0]$
- forza $[f] = [L\ M\ T^{-2}]$

CONTROLLO DIMENSIONALE

$$\vec{s} = \frac{1}{2}\ \vec{a}\ t^2 + \vec{v}_0\ t + \vec{s}_0$$

$$[L] = [L\ T^{-2}]\cdot[T^2] + [L\ T^{-1}]\cdot[T] + [L]$$

$$\vec{s} = \frac{1}{2}\ \vec{g}\ t$$ **è sbagliata dimensionalmente**

$$E = \frac{1}{2}\ m\ v^2 + m\ g\ h$$

$$[L^2\ M\ T^{-2}] = [M]\cdot[L^2\ T^{-2}] + [M]\cdot[L\ T^{-2}]\cdot[L]$$

Confrontare le espressioni:

$$F = m\ a$$

$$F = m\ \omega^2\ R$$

$$F = G\ m_1\ m_2/R^2$$

Unità pratiche

- l'energia si misura in Joule: 1 J = 1 $m^2\ kg\ s^{-2}$;
- la forza si misura in Newton: 1 N = 1 $m\ kg\ s^{-2}$.

Nel sistema CGS

1 J = 10^7 erg e 1 N = 10^5 dine.

Cambiamento di unità di misura

$$60 \text{ mi/h} = 60\cdot\frac{1 \text{ mi}}{1 \text{ h}} = 60 \cdot \frac{1.61 \text{ km}}{60 \text{ min}} = 1.61 \frac{1 \text{ km}}{1 \text{ min}} =$$

$$= 1.61 \frac{10^3 \text{ m}}{60 \text{ sec}} = = 26.8 \text{ m/sec}$$

IMPORTANTE: una risposta numerica a un problema di fisica non deve mai essere data senza scrivere esplicitamente le unità di misura di seguito al numero.

Esercizi:

A quanti metri equivale l'anno luce?

Su scala atomica si usa l'angstrom (Å), uguale a 10^{-10} m.

L'ordine di grandezza di un atomo è 1 Å, mentre la dimensione del nucleo è 10^{-4} Å. Se volessimo disegnare su carta una mappa dell'atomo e scegliessimo di disegnare il nucleo con il diametro di 1 cm, a quale distanza dovremmo disegnare la nube di elettroni?

MISURE ED ERRORI

§ 1 - INTRODUZIONE

GRANDEZZA FISICA = ente sottoponibile a misura

METODI DI MISURA:

- *misura diretta*
- *misura indiretta*
- *misura mediante apparechi tarati*

§ 2 - ERRORE

ERRORE ≡ inevitabile incertezza che è presente in tutte le misure .

PROBLEMA DI DEFINIZIONE

CAUSE DI ERRORE

- lo strumento (variazioni delle caratteristiche)
- la tecnica di misura (variazioni della grandezza da misurare o errori di lettura)
- l'influenza di grandezze diverse da quella da misurare ma a cui lo strumento è sensibile.

CLASSIFICAZIONE DEGLI ERRORI

- *ERRORI SISTEMATICI*
- *ERRORI ACCIDENTALI*

APPROSSIMAZIONE
e CIFRE SIGNIFICATIVE

MISURA di una grandezza fisica

⇓

ERRORE = inevitabile incertezza che è presente in tutte le misure

⇓

Risultato di una misura:

valore ± errore

$29,7 \pm 0,1$ cm

FATTA UNA MISURA, CON QUANTE CIFRE SI DEVE ESPRIMERE IL RISULTATO?

↓

CIFRE SIGNIFICATIVE di un numero

APPROSSIMAZIONE

Un piatto rettangolare ha una lunghezza di (21.3±0.2) cm ed una larghezza di (9.80±0.10) cm. Trovare l'area del piatto e l'incertezza nell'area calcolata

-

	min	max
$21.3 \times$	$21.1 \times$	$21.5 \times$
$9.80 =$	$9.70 =$	$9.90 =$
208.740	206.670	212.850

la 1ª cifra intera è incerta

⇒ Risultato con 3 cifre significative

↓	↓	↓
209	205	213

Area = 209 ± 4 cm²

- Alternativamente :

$$(21.3 \pm 0.2) \times (9.80 \pm 0.10) = (21.3 \times 9.80) \pm$$

$$\pm (0.2 \times 9.80) \pm (21.3 \times 0.10) \pm (0.2 \times 0.10) =$$

$$= 208.740 \pm 1.96 \pm 2.130 \pm 0.020 = 208.740 \pm 4.110$$

la 1ª cifra intera è incerta

Risultato corretto:

Area = 209 ± 4 cm²

Fatta una misura, con quante cifre si deve dare il risultato?

↓

Nel riportare l'accuratezza di una misura, l'ultima cifra del numero esprimente il risultato della misura dovrebbe essere la prima cifra di incertezza

↓

CIFRE SIGNIFICATIVE di un numero: le cifre che lo descrivono entro i limiti di accuratezza della misura fatta, esclusi gli zeri necessari per localizzare la virgola decimale

Nell'esempio:

Area = $21.3 \times 9.80 = 208.740$ cm^2

<u>Risultato corretto</u>: Area = 209 ± 4 cm^2

3 cifre significative

CIFRE SIGNIFICATIVE di un numero = le cifre che lo descrivono entro i limiti di accuratezza della misura fatta, esclusi gli zeri necessari per localizzare la virgola decimale

Esempi:

175.4 cm	ha quattro cifre significative
4.5300 km	ha cinque cifre significative
0.0018 sec	ha due cifre significative
0.001800 sec	ha quattro cifre significative
9 g	ha una cifra significativa
9 case	ha un numero illimitato di cifre significative

Regola empirica per le operazioni:

- *quando si fanno dei calcoli con moltiplicazioni, divisioni ed estrazione di radice quadrata, il risultato finale non può avere più cifre significative di quante ne abbia il valore con il minore numero di cifre significative;*
- *quando si fanno addizioni e sottrazioni di numeri, il risultato finale non ha più cifre significative dopo la virgola decimale che i valori con meno cifre significative dopo la virgola decimale.*

Esercizi

1) Mostrate che il prodotto dei due numeri 5.74 e 3.8 non può essere preciso a più di due cifre significative.

5.74 ×	5.735 ×	5.745 ×
3.8 =	3.75 =	3.85 =
21.812	21.50625	22.11825

2) Sommate i numeri 4.19355, 15.28, 5.9561, 12.3, 8.472 assumendo che tutte le cifre siano significative.

Operazioni da effettuare sui dati numerici per tenere conto solo delle cifre significative

§ 2 – ARRCTCNDAMENTO DI DATI

Supponiamo di avere il dato numerico 14.37

– TRONCAMENTO

- il risultato del troncamento alla parte intera è 14
- il risultato del troncamento alla 1ª cifra decimale è 14.3 .

– ARROTONDAMENTO

- il risultato dell'arrotonadmento all'unità più prossima è 14 perchè 14.37 è più vicino a 14 che non a 15;
- il risultato dell'arrotondamento alla 1ª cifra decimale è 14.4 perchè 14.37 è più vicino a 14.4 che non a 14.3 .

NOTA: 14.35 è equidistante sia da 14.3 che da 14.4

a) arrotondare alla cifra decimale precedente,

b) arrotondare alla cifra decimale precedente maggiorandola di 1,

c) arrotondare alla cifra pari che precede il 5, cioè porre la cifra che precede il 5 uguale al numero pari più prossimo.

Esempio: dati i numeri 14.35 e 14.65

a) 14.3 ; *b*) 14.4 ; *c*) 14.4

a) 14.6 ; *b*) 14.7 ; *c*) 14.6

Esercizio

	a)	*b*)	*c*)
4.35	4.3	4.4	4.4
8.65	8.6	8.7	8.6
2.95	2.9	3.0	3.0
15.95	15.8	16.1	16.0
x	x_a	x_b	x_c

Si vede che :

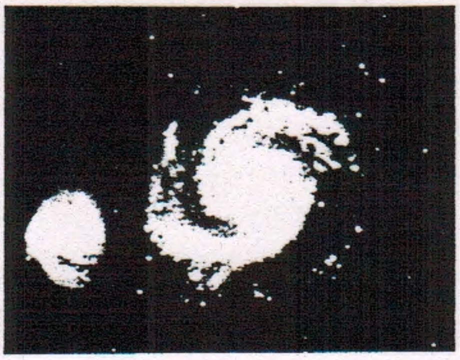
$x - x_a = 0.15$; $x - x_b = -0.15$; $x - x_c = -0.05$

arrotondando il risultato finale secondo le varie tecniche

a) $15.9 \neq x_a$; *b*) $16.0 \neq x_b$; *c*) $16.0 = x_c$

N.B.: la pratica c) minimizza gli errori cumulativi di arrotondamento.

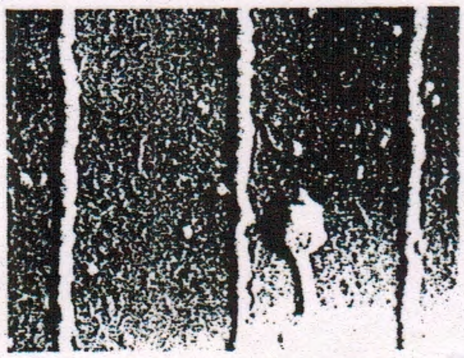
NOTAZIONE SCIENTIFICA



10^{21} m

Una galassia può avere un diametro di 10^{21} m.

notazione esponenziale
notazione scientifica



$1\,nm = 10^{-9}$ m

Questa fotografia, eseguita con un microscopio elettronico, mostra sia strutture artificiali sia strutture naturali su piccola scala. Le linee verticali sono strisce di polimetilmetacrilato, larghe 20 nm, deposte su un substrato di silicic con un procedimento noto come litografia a raggi X. La struttura dotata di coda è un batteriofago T-4, la cui testa ha il diametro di circa 100 nm.

Tabella 1.1 Masse di Alcuni Corpi (Valori approssimati)

	Massa (kg)
Via Lattea (Galassia)	7×10^{41}
Sole	2×10^{30}
Terra	6×10^{24}
Luna	7×10^{22}
Squalo	1×10^{4}
Uomo	7×10^{1}
Rana	1×10^{-1}
Zanzara	1×10^{-5}
Batterio	1×10^{-15}
Atomo di Idrogeno	1.67×10^{-27}
Elettrone	9.11×10^{-31}

Tabella 1.4 Alcuni Prefissi per le Potenze di Dieci

Potenza	Prefisso	Abbreviazione
10^{-18}	atto	a
10^{-15}	femto	f
10^{-12}	pico	p
10^{-9}	nano	n
10^{-6}	micro	µ
10^{-3}	milli	m
10^{-2}	centi	c
10^{3}	kilo	k
10^{6}	mega	M
10^{9}	giga	G
10^{12}	tera	T
10^{15}	peta	P
10^{18}	exa	E

Tabella 1.2 Valori Approssimati di Alcune Lunghezze Misurate

	Lunghezza (m)
Distanza dalla terra alla quasar nota più lontana	1.4×10^{26}
Distanza dalla terra alla galassia normale nota più lontana	4×10^{25}
Distanza dalla terra alla grande galassia più vicina (M31 in Andromeda)	2×10^{22}
Distanza dalla terra alla stella più vicina Centauri Proxima)	4×10^{16}
Un anno-luce	9.46×10^{15}
Raggio orbitale medio della terra	1.5×10^{11}
Distanza media terra-luna	3.8×10^{8}
Raggio medio della terra	6.4×10^{6}
Tipica altezza di un satellite terrestre orbitante	2×10^{5}
Lunghezza di un campo di calcio	9.1×10^{1}
Lunghezza di una mosca domestica	5×10^{-3}
Dimensione della più piccola particella di polvere	1×10^{-4}
Dimensione delle cellule della maggior parte degli organismi viventi	1×10^{-5}
Diametro di un atomo di idrogeno	1×10^{-10}
Diametro di un nucleo atomico	1×10^{-14}

Tabella 1.3 Valori Approssimati di Alcuni Intervalli di Tempo

	Intervallo (s)
Età dell'Universo	5×10^{17}
Età della terra	1.3×10^{17}
Durata media degli studi universitari	6.3×10^{8}
Un anno	3.2×10^{7}
Un giorno (tempo per una rivoluzione della terra attorno al suo asse)	8.6×10^{4}
Tempo fra normali battiti cardiaci consecutivi	8×10^{-1}
Periodo[a] di un'onda sonora nell'udibile	1×10^{-3}
Periodo di una tipica onda radio	1×10^{-6}
Periodo di vibrazione di un atomo in un solido	1×10^{-13}
Periodo di un'onda luminosa nel visibile	2×10^{-15}
Durata di una collisione nucleare	1×10^{-22}
Tempo di attraversamento di un protone per la luce	3.3×10^{-24}

[a] Il periodo è definito come l'intervallo di tempo di una vibrazione completa.

ORDINE DI GRANDEZZA

Valutare la risposta approssimata quando si ha scarsa informazione

Esempio: stimiamo il numero di atomi contenuti in 1 cm^3 di un solido

diametro di un atomo (sferico) $d = 1\ \text{Å} = 10^{-10}$ m.

$\Rightarrow$ volume atomo $V \cong 10^{-30}\ m^3$

volume solido $V_S = 1\ cm^3 = 10^{-6}\ m^3$

$\Rightarrow$ numero di atomi $\cong 10^{-6} / 10^{-30} = 10^{24}$

N.B.: Se una quantità aumenta di 3 ordini di grandezza ciò significa che il suo valore è aumentato di un fattore

$10^3 = 1000.$

I nostri occhi riescono a distinguere

- Spessore di un capello ~ 1/10 mm (10^{-4} m)
- Distanza di una montagna ~ 100 km (10^5 m)

$10^{-4} \div 10^5 \Leftrightarrow$ Il nostro sguardo spazia su **10 ordini di grandezza**

§ 3 - NOTAZIONE SCIENTIFICA

La presenza di zeri in una risposta può essere fraintesa

Uso delle potenze del 10 per evidenziare le cifre significative di un numero. e rimuovere l'ambiguità

Esempio: dato 1500.g, può essere (*)

1.5×10^3 g se ci sono 2 cifre significative nel valore misurato,

1.50×10^3 g se ci sono 3 cifre significative nel valore misurato.

Esempi:

Scrivere con 3 cifre significative i seguenti numeri

186'000	→	1.86×10^5
30'000'000	→	3.00×10^7
0.000380	→	3.80×10^{-4}

Esercizio:

Quante cifre significative ci sono in ciascuno dei numeri seguenti, assumendo che i numeri siano stati registrati accuratamente:

149.8 cm	0.0028 m
149.80 cm	0.00280 m
10 studenti	1.00280 m
10 g	300 case.

(*) Si ricordi che la moltiplicazione di un numero per 10^n ha l'effetto di spostare il punto decimale di n posti verso destra se n è positivo, o di n posti verso sinistra se n è negativo.