

MECCANICA : studio del moto di un corpo esteso in generale, in particolare di un punto materiale.

Lo studio completo riguarda:

1) la descrizione geometrica dell'evoluzione temporale del moto

CINEMATICA: descrizione del moto di un corpo indipendentemente dalle cause che lo generano);

2) il collegamento del moto stesso alle interazioni del corpo con l'ambiente circostante.

DINAMICA : le cause del moto.

In generale il moto di un corpo esteso è abbastanza complicato:
NON facile da descrivere in modo semplice. Pensate:

- ♣ al semplice lancio di un sasso o di una palla da rugby,
- ♦ al calcio di un pallone,
- ♥ al lancio del bastone o del coltello da parte di un giocoliere,
- ♠ al salto del tuffatore dalla piattaforma, etc.

In tutti questi casi l'intero corpo si sposta da un posto all'altro, ma i suoi componenti puntiformi percorrono in generale traiettorie complesse non semplici da descrivere matematicamente.

Molto spesso però è possibile individuare un punto del corpo, detto **CENTRO DI MASSA**, che percorre una più semplice traiettoria facilmente descrivibile per via matematica.

Per esempio quando lanciamo un sasso o un martello, questo oggetto **ruota su se stesso e le sue parti seguono traiettorie diverse e a volte complicate di non facile descrizione matematica**; quello che succede è che, mentre *l'intero oggetto sembra seguire una traiettoria piuttosto semplice (quella del centro di massa), le parti del corpo ruotano attorno ad esso.*

Il moto complessivo di un corpo esteso può quindi essere visto come ***l'insieme*** di due moti:
uno di **traslazione** (o **moto traslatorio**) dove
l'intero corpo trasla da un posto ad un altro dello spazio e per descriverlo si utilizza il suo centro di massa (**C. di M.**),
ed uno di **rotazione** (o **moto rotatorio**) dove
ciascuna componente puntiforme di materia ruota attorno al C. di M.

⇒ Moto di rototraslazione

Allora ha senso parlare di **moto traslatorio** di un **punto geometrico massivo**, anche se in modo concettualmente astratto, in:
generale (moto rototraslatorio) e
in quei casi particolari dove la rotazione ai sensi pratici è trascurabile:
i) giocatore di golf,
ii) lanciatore del pallone di rugby,
iii) nave in moto in alto mare.

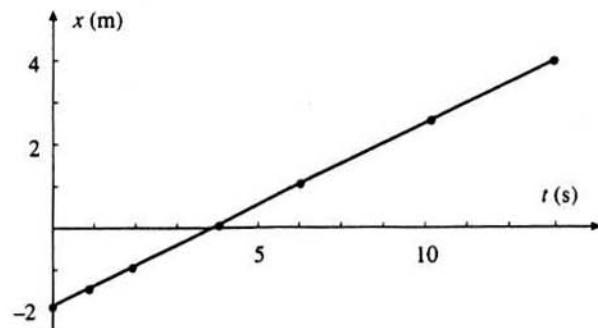
Il moto traslatorio di un punto materiale è **determinato** se è nota la sua posizione in funzione del tempo in un **determinato sistema di riferimento**, ossia ad esempio le sue coordinate $x(t)$, $y(t)$ e $z(t)$ in un sistema di **riferimento cartesiano**.
La **traiettoria** è il luogo dei punti occupati successivamente dal punto in movimento e costituisce una **curva continua nello spazio**.

Lo studio delle variazioni di posizione lungo la traiettoria nel tempo porterà a definire il concetto di **velocità**, mentre lo studio delle variazioni della velocità con il tempo introducirà la grandezza **accelerazione**. Le grandezze fondamentali in cinematica sono pertanto **lo spazio, la velocità, l'accelerazione e il tempo**. Quest'ultima è la variabile indipendente. La **quiete** è un particolare tipo di moto in cui le coordinate restano **costanti** e quindi la velocità e l'accelerazione sono **nulle**.

Sottolineamo l'importanza del sistema di riferimento in cui si osserva e descrive il moto: **un punto in quiete in un sistema di riferimento può non esserlo in un altro**.

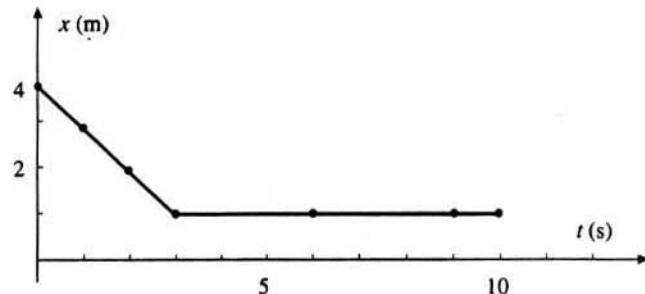
⇒ **Di norma la traiettoria di un punto materiale ha una forma diversa ed è rappresentata da una equazione diversa in diversi sistemi di riferimento.**

tempo	posizione
0 s	-2.0 m
1 s	-1.5 m
2 s	-1.0 m
4 s	0.0 m
6 s	1.0 m
9 s	2.5 m
12 s	4.0 m



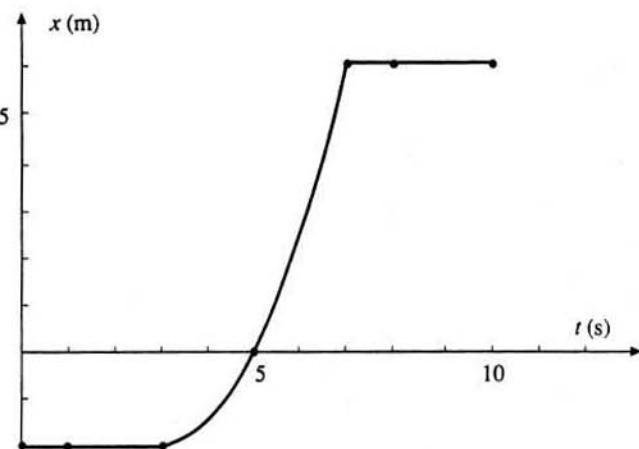
Al tempo $t = 4\text{ s}$ il punto passa per l'origine; il moto è rappresentabile tramite una relazione lineare tra x e t del tipo $x = at + b$, dove a e b sono due costanti che assumono i valori $a = 0.5 \text{ ms}^{-1}$, $b = -2\text{ m}$.

tempo	posizione
0 s	4 m
1 s	3 m
2 s	2 m
3 s	1 m
6 s	1 m
9 s	1 m
10 s	1 m



Il punto nel suo moto si avvicina all'origine con una relazione lineare tra x e t del tipo $x = at + b$, con $a = -1 \text{ ms}^{-1}$, $b = 4 \text{ m}$. Raggiunta la posizione $x = 1 \text{ m}$ si ferma, restando in tale posizione.

tempo	posizione
0 s	-2.0 m
1 s	-2.0 m
3 s	-2.0 m
4 s	-1.5 m
5 s	0.0 m
6 s	2.5 m
7 s	6.0 m
8 s	6.0 m
10 s	6.0 m



Nell'intervallo di tempo tra $t = 0$ e $t = 3\text{ s}$ il punto rimane fermo nella posizione $x = -2\text{ m}$, successivamente si muove secondo il verso positivo della retta con una relazione quadratica tra x e t del tipo $x = a + b(t - t_0)^2$, in cui $a = -2\text{ m}$, $b = 0.5 \text{ ms}^{-2}$, $t_0 = 3\text{ s}$. Nella posizione $x = 6\text{ m}$ il punto si ferma.

4

Le Leggi della Fisica

L'interpretazione dei fenomeni dell'Universo ad ogni livello di complessità : da quello particellare (moto degli elettroni nei solidi) a quello cosmico (urto tra galassie) avviene, utilizzando il metodo fisico (di Galileo), tramite

LEGGI

- immutabili nel tempo e nello spazio
- in un numero relativamente piccolo se paragonato al numero di fenomeni interpretati

Leggi che si prestano anche ad una utilità pratica:

⇒ basandosi su queste si riesce a prevedere che cosa accadrà in certe situazioni controllate e spesso con grande precisione.

Da queste per via matematica se ne deducono altre quelle della conservazione
ENERGIA, QUANTITA' DI MOTO, MOMENTO ANGOLARE
ben verificate sperimentalmente.

Le Leggi si prestano ad essere espresse in modo semplice e conciso mediante equazioni, cioè

Mediante una scrittura simbolica di tipo matematico

Esempi:

(1) $F = G [m_1 m_2 / r^2]$

Legge della gravitazione universale o di Newton

(2) $pV = nRT$

Legge per gli stati di equilibrio dei gas o di Clapeyron

(3) $E = mc^2$

Legge della corrispondenza massa-energia o di Einstein

Conoscere le Leggi della Fisica NON significa solamente conoscerne la formulazione matematica, ma soprattutto IL LIMITE DI VALIDITA':

- (I) Clapeyron : gas perfetto o ideale (molto rarefatto)
(II) Newton : masse sferiche omogenee di diametro < distanza r tra i centri.

TUTTE LE VARIABILI CHE ATTRAVERSO I RISPETTIVI SIMBOLI, FIGURANO NELLE EQ.NI CHE ESPRIMONO LE LEGGI DELLA FISICA SONO GRANDEZZE, cioè ENTITA' MISURABILI (ESPRIMIBILI CON UN NUMERO)

Esempi:

**peso, volume, temperatura di un oggetto;
intervallo di tempo tra due istanti;
velocità, accelerazione, massa di un corpo.**

NON SI POSSONO CONSIDERARE GRANDEZZE:

*la forma e il colore di un oggetto;
lo stato di aggregazione di un corpo (solido,
liquido, gassoso).*

MISURAZIONE

Ogni misurazione è un confronto di una grandezza fisica della stessa specie scelta per accordo generale e detta **GRANDEZZA CAMPIONE** o **CAMPIONE DI MISURA** a cui si attribuisce il valore unitario.

Criteri di scelta:

- 1) stabilità** : *INVARIABILE NEL TEMPO. MISURE FATTE IN MOMENTI DIVERSI CON LO STESSO CAMPIONE, SONO SIGNIFICATIVAMENTE CONFRONTABILI.*
- 2) riproducibilità** : *PER COSTRUIRNE COPIE IDEALMENTE IDENTICHE. SI POTRANNO CONFRONTARE MISURE ESEGUITE IN LUOGHI DIVERSI.*
- 3) accettabilità** : *ACCETTATO UNIVERSALMENTE. I CONFRONTI SARANNO ACCURATI E SEMPLICI.*
- 4) accessibilità** : *ACCESSIBILE A CHIUNQUE.*
- 5) precisione** : *IL CAMPIONE DEVE POTERE ESSERE MISURATO CON UNA PRECISIONE ALMENO TANTO GRANDE QUANTO QUELLA CON CUI SI E' IN GRADO DI EFFETTUARE QUALSIASI MISURAZIONE CONFRONTABILE.*
Per es. se il campione di lunghezza usato fosse la distanza tra due tacche mal definite su una riga graduata di plastica a buon mercato, non si potrebbe usare per tarare un micrometro capace di distinguere due blocchi le cui lunghezze sono 5,0002 cm e 5,0003 cm.
- 6) sicurezza** : *CONSERVAZIONE IN LUOGO SICURO IMMUNE D A TUTTE LE POSSIBILI CAUSE DI DANNO.*

CAMPIONE PRIMARIO.

CAMPIONE SECONDARIO: *tarato per confronto con quello primario e destinato a riprodurlo con grande precisione*

CAMPIONE di LAVORO : *tarato mediante il campione secondario e destinato alle correnti misurazioni di laboratorio, di officina, etc.*

La realizzazione di un campione primario, insieme alla apparecchiatura di misurazione necessaria per effettuare confronti periodici tra esso e i campioni secondari, è costosa e richiede molto tempo.

TUTTE le unità di misura necessarie si possono definire in funzione di un piccolo numero di unità fondamentali:
7.

Un insieme di unità **FONDAMENTALI**, *insieme alle regole necessarie per esprimere TUTTE le altre unità in funzione di quelle fondamentali , costituisce un SISTEMA DI UNITÀ DI MISURA.*

***SI = Sistema Metrico Decimale
Internazionale di Unità
Decimale quando i multipli e i sottomultipli delle sue unità sono scelti secondo le potenze del 10.***

Grandezze fondamentali e supplementari del SI e loro unità di misura

Grandezza	Unità	Simbolo
<i>Grandezze fondamentali</i>		
Lunghezza	metro	m
(Intervallo di) tempo	secondo	s
Massa	kilogrammo	kg
(Intensità di) corrente elettrica	ampere	A
Temperatura	kelvin	K
Quantità di sostanza	mole	mol
Intensità luminosa	candela	cd
<i>Grandezze supplementari</i>		
Angolo piano	radiante	rad
Angolo solido	steradiane	sr

Grandezze derivate scelte del SI e loro unità di misura

Grandezza	Unità	Simbolo	Equivalente
<i>Grandezze meccaniche</i>			
Frequenza	hertz	Hz	s^{-1}
Velocità intensiva, velocità vettoriale	metro al secondo	m/s	
Accelerazione	metro al secondo quadrato	m/s^2	
Velocità angolare	radiante al secondo	rad/s	
Accelerazione angolare	radiante al secondo quadrato	rad/s^2	
Forza	newton	N	$kg \cdot m/s^2$
Pressione	pascal	Pa	N/m^2
Lavoro, energia, calore	joule	J	N·m
Potenza	watt	W	J/s
Quantità di moto, impulso	newton secondo	N·s	$kg \cdot m/s$
Momento della quantità di moto (momento angolare), momento dell'impulso totale	newton metro secondo	N·m·s	$kg \cdot m^2/s$
Entropia	joule al kelvin	J/K	$kg \cdot m^2/s$
<i>Grandezze elettromagnetiche</i>			
Carica elettrica	coulomb	C	A·s
Flusso elettrico	newton metro quadrato	$N \cdot m^2/C$	
(Intensità del) campo elettrico	al coulomb, volt metro	V·m	
Potenziale elettrico, f.e.m.	newton al coulomb, volt al metro	N/C, V/m	
Circuazione (dell'intensità) del campo elettrico	volt	V	J/C
Resistenza	ohm	Ω	V/A
Conduttanza	siemens	S	A/V, Ω^{-1}
Capacità	farad	F	C/V
Induttanza	henry	H	Wb/A, V·s/A
Flusso magnetico	weber	Wb	V·s
(Induzione del) campo magnetico (induzione magnetica)	tesla	T	Wb/m^2 , A/m
Circuazione (dell'induzione) del campo magnetico	tesla metro, ampere	T·m, A	

- (1) L'unità di misura quando è scritta per esteso, va fatto con *caratteri minuscoli e senza accenti*:

~~ampere~~ ~~Ampère~~ ~~ampères~~

- (2) I simboli delle unità *vanno scritti in carattere minuscolo*: **m**, **s**, **kg**, etc.

Se derivano da nomi propri *vanno scritti in carattere maiuscolo*: **A**, **V**, **W**, etc.

L'unità di tempo

- (•) Per misurare un intervallo di tempo lo si confronta con una *unità di intervallo di tempo : u.i.t.*
- (•) La **u.i.t.** deve essere definita per mezzo di un qualche sistema fisico che si comporti in modo ripetitivo.

Se la ripetizione è **regolare** si usa l'*intervallo di tempo tra due ripetizioni successive*, detto **PERIODO**, del fenomeno ripetitivo considerato, per definire la **u.i.t.**

FENOMENI RIPETITIVI

- (♣) l'arrivo della primavera,
- (♦) il novilunio,
- (♥) l'inondazione annuale del Nilo
- (♠) il polso arterioso (ritmo cardiaco)
- (•) Il passaggio di un pendolo oscillante per il suo punto più basso
- (*) il passaggio giornaliero del sole per il suo punto più alto sulla volta celeste detto mezzogiorno locale.

Qual è il fenomeno ripetitivo più regolare?

Per esempio, confrontando ripetutamente due pendoli della stessa lunghezza l'uno con l'altro e con il polso arterioso di una persona, si trova che i pendoli *concordano* l'uno con l'altro molto meglio di quanto ciascuno di essi concorda con il polso.

$\Rightarrow \text{POLSO} \times \text{ARTERIOSO}$

Un migliore candidato è la *durata del giorno solare = intervallo di tempo tra due mezzogiorni consecutivi.*

E' definita, allora, la U.I.T., il *secondo*, in funzione del giorno solare medio :

1 s ~~è~~ l'intervallo di tempo tra due passaggi consecutivi del Sole Medio per il meridiano del luogo di osservazione.

Sole Medio = ipotetico Sole che si muove sull'equatore con velocità angolare costante.

Specificatamente:

$$\underline{1s = 1/60 \times 1/60 \times 1/24 = 1/86400 \text{ di 1 g.s.m.}}$$

Dal 1967 si è stato in grado di misurare il periodo dei fenomeni atomici con una precisione > di quella con cui si era in grado di misurare i periodi di sistemi più grandi e quindi si sono usati i fenomeni atomici per la definizione della u.i.t.

$\Rightarrow \text{CAMPIONE ASTRONOMICO} \times$

Campione Atomico si basa sul fatto che un atomo emette una particolare o.e.m. (di luce) quando la disposizione dei suoi elettroni subisce un particolare cambiamento (transizione atomica).
Le o.e.m. sono periodiche.

Dal 1967, il secondo è definito per mezzo di una particolare transizione atomica in cui un elettrone esterno in un atomo di cesio 133 RIBALTA il proprio orientamento rispetto al nucleo dell'atomo; questo ribaltamento fa sì che l'atomo emette una o.e.m. con un PERIODO ben definito.

L'orologio atomico contiene *componenti elettronici che sia stimolano sia rivelano il ripetuto ribaltamento nei numerosi atomi di cesio 133 in esso presenti.*

Il SECONDO (s) = 9.192.631.770 periodi delle microonde che stimolano queste transizioni.

Il valore numerico è scelto per rendere compatibili le due definizioni.

Il nuovo Campione è però 1000 volte più preciso; al punto di potere misurare con grande precisione le fluttuazioni della velocità di rotazione della terra attorno al proprio asse (velocità che determina la durata del g.s.m.) per confronto con il periodo delle microonde generate in un orologio atomico.

⇒ G.S.M. non è più lungo 86400 s.

Gli astronomi e gli scienziati continuano però ad usare il **secondo solare medio** definito come :

$$1 \text{ s.s.m.} = 1/86400 \text{ g.s.m.}$$

Per mantenere compatibili le due unità di tempo ogni pochi anni si AGGIUNGE al g.s.m. 1s, secondo accordo internazionale.

Altri vantaggi oltre la precisione del ‘orologio atomico:

- 1) TUTTI gli atomi sono identici, non è più necessario costruire e conservare un campione in un laboratorio centrale;**
- 2) NON ci si deve preoccupare della possibile distruzione del campione e NON si devono trasportare i campioni secondari nel laboratorio centrale per confrontarli con il campione primario;**
- 3) Ogni laboratorio provvisto della apparecchiatura appropriata ha uguale accesso al campione primario.**

L’unità di lunghezza

L’unità di lunghezza nel SI è il METRO (m) definito come:

la distanza misurata in specificate condizioni, tra due tratti sottili incisi su una sbarra progettata e conservata con straordinaria cura.



Campione artificiale costruito ad hoc.

Dal 1983 il metro è definito come:
la distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un intervallo di tempo di 1/299.792.458 s).

Questa definizione si basa su due considerazioni importanti:

- 1) la velocità della luce è oggi esattamente $c=299.792.458$ m/s. Nel caso si eseguano più precise misurazioni di c , l'effetto sarebbe una lieve variazioni della lunghezza del metro;**
- 2) c nel vuoto è ESATTAMENTE LA STESSA PER TUTTI GLI OSSERVATORI (dalla teoria della relatività ristretta di Einstein).**

DIMENSIONI

In Fisica ricorrono spesso espressioni del tipo:

- (i) *un volume ha le dimensioni di una lunghezza al cubo,*
- (ii) *una accelerazione ha le dimensioni di una lunghezza diviso il quadrato di un tempo,*
- (iii) *una forza ha le dimensioni di una $\hat{m}ss\dot{a}$ per una accelerazione,*
- (iv) *una pressione ha le dimensioni di una forza diviso un'area,*
- (v) *una energia ha le dimensioni di una forza per una lunghezza.*

Dare le DIMENSIONI di una grandezza fisica NON significa specificarne la misura, bensì METTERLA IN RELAZIONE CON ALTRE GRANDEZZE ALLO SCOPO DI PRECISARNE LA STRUTTURA.

Le relazioni dimensionali tra grandezze fisiche si fa tramite le **EQUAZIONI DIMENSIONALI**.

Esempi:

$$[a] = LT^{-2}$$
$$[p] = ML^{-1}T^{-2}$$

utilizzando appropriati simboli per le 7 grandezze fondamentali. Cioè:

M per *massa*,
L per *lunghezza*,
T per *intervallo di tempo*,
I per *intensità di corrente*,
J per *intensità luminosa*,
Θ per *temperatura*,
N per *quantità di sostanza*.

Grandezze aventi le stesse dimensioni sono **omogenee**. Non è detto che siano anche dello stesso tipo : *Lavoro di una forza e momento di una forza* sono grandezze **omogenee** ma **NON** dello stesso tipo.

Si possono **confrontare** o **sommare** grandezze dello **STESSO TIPO**. Da qui la possibilità di un controllo dimensionale: \Rightarrow se in una relazione di uguaglianza l'omogeneità dimensionale dei termini NON risulta verificata chiaramente si è commesso un errore.
Il rapporto tra due grandezze omogenee è un **NUMERO PURO**.

APPROSSIMAZIONI NUMERICHE

Nei calcoli della Fisica succede continuamente di dovere "ARROTONDARE" i numeri.

Su numeri come π (decimale illimitato)

Su costanti il cui valore è noto con grande numero di cifre:

- (i) $c = 2,99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$,
- (ii) $k = 1,3806513 \text{ joule/kelvin}$,
- (iii) $e = 1,60217733 \times 10^{-19} \text{ C}$.

L'arrotondamento si effettua eliminando una o più cifre a partire da sinistra .

- (1) se la prima cifra da eliminare è 4 o meno di 4, si approssima *per difetto* eliminando tale cifra e tutte le successive e lasciando invariate le precedenti.
- (2) Se la prima delle cifre da eliminare è 5 o più di 5, si approssima *per eccesso*, eliminando tale cifra e tutte le successive e aumentando la precedente di una unità.

Ad es. $\pi = 3,141592654\ldots\ldots$. Se è opportuno fermarsi ai centesimi si scrive $\pi = 3,14$. Il numero così ottenuto è *approssimato ai centesimi*.

π è dato con un errore massimo di 1 centesimo.

Si intende che il valore di π dovrebbe trovarsi tra 3,135 e 3,145.

Regola generale:

Nei numeri della Fisica (dati di problemi, valori di costanti fisiche, risultati di misure, risultati di calcoli) è sempre sottinteso che l'ultima cifra del numero definisce, con la sua posizione decimale, il grado di approssimazione.

(1) $6,2 \Rightarrow$ è sottinteso che l'approssimazione è nei decimi ;

l'errore massimo che commettiamo accettando il numero $6,2$ è 1 decimo. Il numero esatto dovrebbe trovarsi nella fascia $6,15$ e $6,25$ (numeri $< a 6,15$ sarebbero stati approssimati a $6,1$ e numeri ritenuti $> a 6,25$ sarebbero stati approssimati a $6,3$.)

(2) $24 \Rightarrow$ è sottinteso che l'approssimazione è nella unità ;

l'errore massimo che possiamo commettere prendendo per buono il risultato 24 è 1. Il numero esatto dovrebbe porsi tra $23,5$ e $24,5$.

(3) $370 \Rightarrow$ il valore vero del numero dovrebbe porsi tra $369,5$ e $370,5$.

(3) $3000 \Rightarrow$ il valore vero si porrà tra $2999,5$ e $3000,5$.

**E' allora, la stessa cosa scrivere 3 ore oppure
180 min?**

E' la stessa cosa scrivere 24, o 24,0 o 24,00?

**Da un punto di vista strettamente aritmetico,
sì, in Fisica nò!**

CIFRE SIGNIFICATIVE

**Tutte LE CIFRE DEL NUMERO, TRANNE GLI
EVENTUALI ZERI INIZIALI, SI DICONO CIFRE
SIGNIFICATIVE.**

Gli zeri iniziali NON sono significativi; essi hanno il solo scopo di PRECISARE LA POSIZIONE DECIMALE DELLE CIFRE SUCCESSIVE.

I numeri 23- 0,15-0,038- 0,00012- 0,30 hanno TUTTI due cifre significative.

*Salvo diversa indicazione, NELLE MISURE FORNITE
NEI PROBLEMI DI FISICA E' SOTTINTESO CHE LE
CIFRE SIGNIFICATIVE SONO 3.*

Se nei dati troviamo L=3m è sottinteso che la misura è **3,00m (approssimazione al centesimo)**.
Lo stesso criterio può essere usato nei CALCOLI.

Nei coefficienti puramente numerici delle formule **NON** ci sono approssimazioni: nella formula $2\pi R$ (lunghezza della circonferenza) sul **2** e su **R** **NON** ci sono incertezze. L'incertezza compare su π quando scriviamo $\pi = 3,14$.

REGOLE PER LE CIFRE SIGNIFICATIVE

(1) Moltiplicazione e Divisione

Il risultato contiene al massimo tante cifre significative quante ne contiene il fattore che ne contiene di meno.

Es.

$$2,1 \times 0,652 = 1,3692 \Rightarrow 2,1 \times 0,652 = 1,4 \\ \text{“arrotondamento per eccesso”}.$$

(2) Somma e Sottrazione

Il risultato contiene al massimo tante cifre decimali quante ne contiene l'addendo che ne contiene di meno.

Es.

$$103,9 + 2,10 + 0,319 = 106,319;$$

L'incertezza del risultato è nei decimi come per il primo addendo: il risultato corretto è quindi 106,3. Quattro cifre significative, più che nel secondo e terzo addendo. **NON conta il numero delle cifre significative, bensì la posizione decimale dell'ultima cifra.** Se un addendo è incerto nell'unità, un altro nei decimi e un altro nei centesimi, il risultato lo è nell'unità.

NOTAZIONE SCIENTIFICA

Esaminiamo i problemi seguenti:

1) Se dico che la distanza tra Terra-Sole è di 149 milioni di km, è chiaro che l'approssimazione sta nel 9; cioè il numero giusto sta tra 148,5 e 149,5 milioni di km.

Perciò se scrivo $L = 149.000.000\text{km}$, rischio di farmi fraintendere: siccome *l'ultima cifra corrisponde a kilometri*, qualcuno potrebbe capire che la distanza è approssimata al kilometro.

Come scrivere in modo non equivoco in modo che la distanza sia approssimata al milione di kilometri?

2) Se tra i dati del problema trovo $L = 2,175 \text{ km}$, e per qualche ragione mi occorre tradurre in cm, non posso scrivere $L = 217500 \text{ cm}$, perché darei L non con le 4 cifre significative iniziali, ma con 6 cifre significative : *il dato del problema stabilisce che l'incertezza è nei millesimi di km, cioè nei metri, mentre scrivendo $L=217500 \text{ cm}$ io affermo che l'incertezza è nei cm e quindi restringo arbitrariamente di 100 volte il margine di incertezza.*

Come fare?

3) Per l'operazione $5312 \times 0,27$, la calcolatrice mi fornisce il risultato 1434,24. Ma scrivendo il risultato in questo modo, le regole per le cifre significative sono violate:*il risultato deve essere scritto con due sole cifre significative.*
Come fare?

**Difficoltà di questo genere si superano con la
NOTAZIONE SCIENTIFICA.**

I numeri vanno scritti nel modo seguente: *una cifra compresa tra 1 e 9 (inclusi), poi una virgola, poi un opportuno numero di cifre decimali (a seconda del grado di approssimazione o del numero di cifre significative che intendiamo usare), infine una opportuna potenza del 10.*

- 1) $L = 1,49 \times 10^8 \text{ km}$ (dove si segnala che 9 è incerto e dove il grado di incertezza corrisponde alla posizione del 9, cioè $10^{-2} \times 10^8 = 10^6 \text{ km}$, vale a dire a milioni di km)
- 2) $L = 2,175 \times 10^5 \text{ cm}$ (dove l'incertezza è nel 5, cioè nei $10^{-3} \times 10^5 = 10^2 \text{ cm}$, quindi nei metri).
- 3) $5312 \times 0,27 = 1,4 \times 10^3$ (due cifre significative come nel numero 0,27)

I numeri dati per c , k (costante di Boltzman) ed e sono stati espressi con notazione scientifica.

Tabella 1.1 Prefissi del SI

Moltiplica per	Prefisso	Simbolo
10^{24}	yotta-	Y
10^{21}	zetta-	Z
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	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
10^{-21}	zepto-	z
10^{-24}	yocto-	y

Kilo, mega, giga, tera, peta, and all that - a www.us.com definition - see also: kilo, milli... raga

Prefix	Symbol(s)	Power of 10	Power of 2
yocto-	y	10^{-24} *	-
zepto-	z	10^{-21} *	-
atto-	a	10^{-18} *	-
femto-	f	10^{-15} *	-
pico-	p	10^{-12} *	-
nano-	n	10^{-9} *	-
micro-	μ	10^{-6} *	-
milli-	m	10^{-3} *	-
centi-	c	10^{-2} *	-
deci-	d	10^{-1} *	-
(none)	-	10^0	2^0
deka-	D	10^1 *	-
hecto-	h	10^2 *	-
kilo-	k or K **	10^3	2^{10}
mega-	M	10^6	2^{20}
giga-	G	10^9	2^{30}
tera-	T	10^{12}	2^{40}
peta-	P	10^{15}	2^{50}
exa-	E	10^{18} *	2^{60}
zetta-	Z	10^{21} *	2^{70}
yotta-	Y	10^{24} *	2^{80}
* Not generally used to express data speed			
** k = 10^3 and K = 2^{10}			