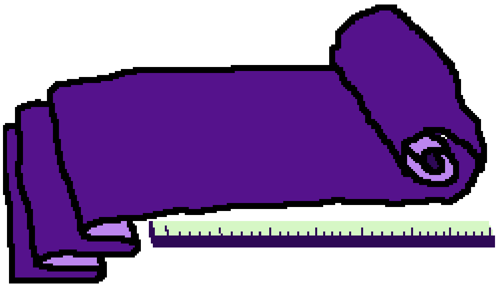
MODULO 1
Le grandezze fisiche

Quante volte , ogni giorno, utilizziamo il metro, i secondi, i kilogrammi ……
Ma forse non sappiamo quante menti di uomini ingegnosi hanno dato un senso a quei simboli per noi così scontati

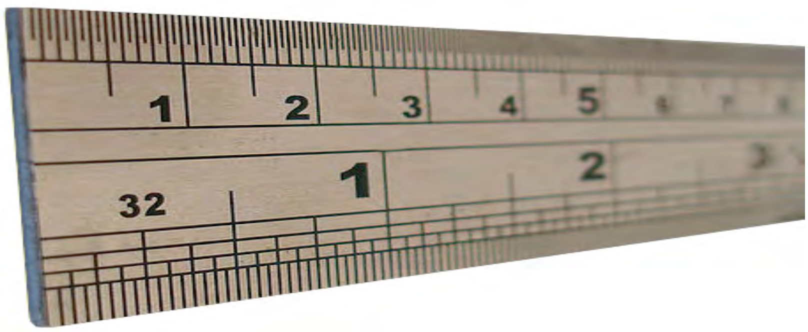
Unità 1.1
Grandezze e misure

1.1.1 LE GRANDEZZE E LA LORO MISURA

Cosa vuol dire **misurare** ? Misurare vuol dire confrontare. Per esempio : per misurare la larghezza di un tavolo prendiamo un **unità di misura** e vediamo quante volte questa è contenuta nella larghezza del tavolo



E che cos'è un'unità di misura? Un unità di misura è quella grandezza che consideriamo come riferimento unitario (cioè a cui diamo valore 1) e con la quale confrontiamo la **dimensione** dell'oggetto che vogliamo misurare.



Le *proprietà misurabili* sono dette **grandezze fisiche**. Esse si suddividono in ***Grandezze fondamentali*** e ***Grandezze derivate***. Per misurare un oggetto dobbiamo scegliere una **unità di misura** e misurare una grandezza , vuol dire stabilire quante *unità di misura* sono contenute al suo interno.

La misura di una grandezza è sempre data da un valore numerico e da una unità di misura (es. massa = 65 kg –chilogrammi-; altezza 1,6 m –metri-).

Modulo 1 - LE GRANDEZZE FISICHE

Le **GRANDEZZE FONDAMENTALI** sono indipendenti e non derivano da altre grandezze.

Grandezza fondamentale	Unità di misura	Simbolo
Lunghezza	Metro	m
Massa	Chilogrammo	kg
Tempo	Secondo	s
Temperatura	Kelvin	K
Corrente elettrica	Ampere	A
Intensità luminosa	Candela	cd
Quantità di sostanza	Mole	mol

Sistema Internazionale delle Unità di Misura (SI)

Le **GRANDEZZE DERIVATE** si ottengono dalla composizione delle grandezze fondamentali. Ad es. Superficie (prodotto di due lunghezze unità di misura m^2), Volume (prodotto di tre lunghezze m^3), Velocità (rapporto tra una lunghezza ed un tempo unità di misura m/s), Densità (rapporto tra una massa e volume Kg/m^3) ecc...

Grandezza derivata	Unità di misura	Simbolo
area	metro quadrato	m^2
volume	metro cubo	m^3
velocità	metro al secondo	m/s
accelerazione	metro al secondo quadrato	m/s^2
densità	chilogrammo per metro cubo	kg/m^3
concentrazione	mole per metro cubo	mol/m^3
forza	newton	N
pressione	Pascal	Pa
Energia, lavoro e quantità di calore	joule	J

1.1.2 UNITA' DI MISURA

Multipli e sottomultipli

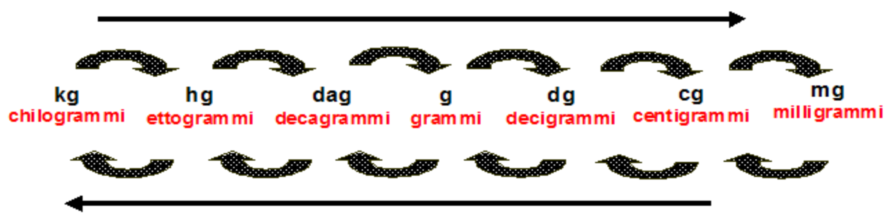
Gli oggetti potranno essere molto piccoli oppure molto grandi, pertanto le relative misure delle grandezze dovranno essere descritte da multipli e sottomultipli e dalla notazione esponenziale (descritta successivamente), che permettono una descrizione più semplificata della stessa grandezza e della sua relativa misura. Immaginate quanti numeri dovremmo scrivere se dovessimo esprimere nell' unità di misura della massa (Kg) la Massa della Terra (circa 6 milioni di miliardi di miliardi di chilogrammi 6.000.000.000.000.000.000.000.000 Kg), o quella dell'atomo (ordine di grandezza di quello più pesante circa 3 milionesimi di miliardesimi di miliardesimi di chilogrammi 0,000000000000000000000003 Kg)

Prefissi e relativi simboli indicanti i multipli e i sottomultipli delle unità di misura

Prefisso	Valore	Simbolo	Nome
tera	10^{12}	T	Trilione
giga	10^{9}	G	Miliardo
mega	10^{6}	M	Milione
kilo	10^{3}	k	Mille
etto	10^{2}	h	Cento
deca	10^{1}	da	Dieci
deci	10^{-1}	d	Decimo
centi	10^{-2}	c	Centesimo
milli	10^{-3}	m	Millesimo
micro	10^{-6}	μ	Milionesimo
nano	10^{-9}	n	Miliardesimo
pico	10^{-12}	p	Millimilardesimo

Unita' di misura della massa

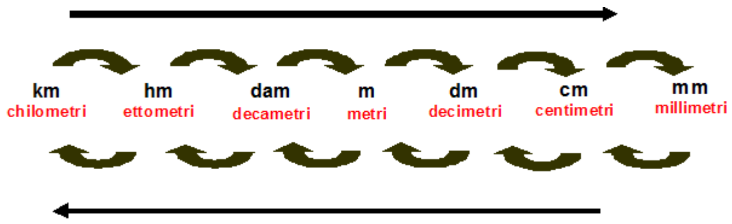
Passando da una unità più grande ad una più piccola **moltiplico per 10,** spostando la virgola verso destra di un posto



Passando da una unità più piccola ad una più grande **divido per 10**, spostando la virgola verso sinistra di un posto.

Unita' di misura della lunghezza

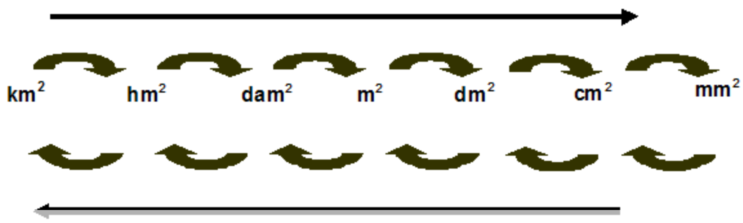
Passando da una unità più grande ad una più piccola **moltiplico per 10**, spostando la virgola verso destra di un posto



Passando da una unità più piccola ad una più grande **divido per 10**, spostando la virgola verso sinistra di un posto

Unita' di misura della superficie

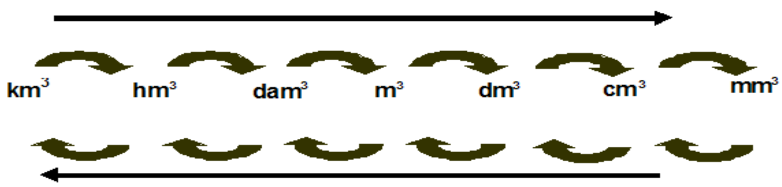
Passando da una unità più grande ad una più piccola **moltiplico per 100**, spostando la virgola verso destra di due posti



Passando da una unità più piccola ad una più grande **divido per 100**, spostando la virgola verso sinistra di due posti

Unita' di misura del volume

Passando da una unità più grande ad una più piccola **moltiplico per 1000**, spostando la virgola verso



Passando da una unità più piccola ad una più grande **divido per 1000**, spostando la virgola verso sinistra di tre posti

Volume dei liquidi spesso espresso in:

$1\ m^3 = 1000L$ $1dm^3 = 1L$ $1cm^3 = 1ml$

1.1.3. MISURE DI GRANDEZZE

Notazione esponenziale

Quando si devono utilizzare numeri troppo grandi (es. la distanza Terra Sole, pari a 149 000 000 km) o troppo piccoli (es. il raggio dell'atomo di idrogeno, pari a 0,0000000529 mm), si vengono ad avere molti zeri, che complicano la lettura e le operazioni.

Con la **notazione esponenziale** o **scientifica:** qualsiasi numero si può rappresentare come il prodotto di un altro numero compreso fra 1 e 10 per una potenza di 10 positiva o negativa.

0,0000000529 mm= $5{,}29 \cdot 10^{-8}$ mm= 52,9 nmm (pm picometri);
149 000 000 Km = $1{,}49 \cdot 10^{8}$ Km = 149 Mkm (Tm Terametri)

L'esponente della potenza, detto **ordine di grandezza** del numero, è dato dal numero di posti di cui è stata spostata la virgola rispetto al numero originale

OSSERVA:
Lo spostamento della virgola verso destra comporta un esponente negativo.

0,0000000529 $= 5{,}29 \times 10^{-8}$

Lo spostamento della virgola verso sinistra comporta un esponente positivo

149000000 $= 1{,}49 \times 10^{8}$

PROVA TU : 34500000; 378800000000; 0,000000215; 0.997

Misure di distanza, superficie, volume

Misura con **metodo diretto**: la grandezza da misurare viene direttamente misurata con un'unità di misura appropriata alle sue dimensioni

La scelta dello strumento di misura dipende dalla *quantità* da misurare e dalla *precisione* richiesta

Ogni strumento di misura è caratterizzato da una **portata**, che corrisponde alla *massima misura eseguibile con lo strumento*; e da una **sensibilità**, uguale alla *minima misura leggibile sullo strumento* stesso

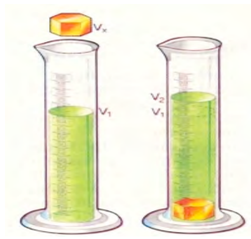
Si definisce **metro** *la distanza tra due tacche incise su di una sbarra metallica conservata nell'Ufficio Internazionale dei Pesi e delle misure di Sèvres, presso Parigi.* Dal 1983 il metro è stato ridefinito come la

Misura della superficie: se l'oggetto ha forma regolare, si ricorre alle formule della geometria; se l'oggetto invece ha forma irregolare si ricorre a particolari metodi diretti come ad es. il metodo della carta millimetrata
Misura del volume: se l'oggetto è un solido regolare, si ricorre al metodo geometrico; se l'oggetto è un liquido si ricava invece dal volume del recipiente occupato.

Il volume del liquido si legge all'altezza del livello inferiore del menisco

Nell'esempio V = 23 ml

Se il solido ha forma irregolare il volume si misura **in modo indiretto** per spostamento di liquido



Unità 1.2
Elaborazione delle misure e teoria dell'errore

1.2.1 ERRORI DI MISURA

Qualsiasi misura è sempre affetta da errore, qualunque sia l'operatore, la sensibilità dello strumento o il metodo impiegato

Le misure non sono quindi mai esatte, possono però essere più o meno precise a seconda della procedura e degli strumenti utilizzati.

L'incertezza di una misura dipende dalla sensibilità dello strumento usato

Effettuiamo ad esempio, una singola misura di un libro con un righello di sensibilità 1 mm

La lunghezza è compresa tra 27,1 e 27,2 cm, ovvero $27,1 < L < 27,2$

Il valore inferiore è approssimato per difetto (Ld), mentre quello maggiore è approssimato per eccesso (Le)
Il valore più probabile della misura corrisponde allora al valore medio (Lm)

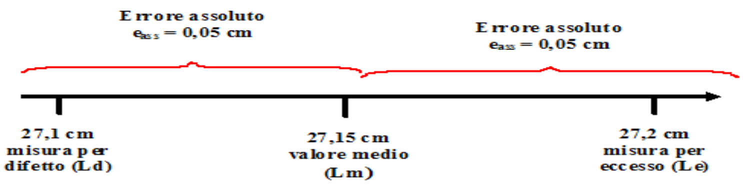
Il valore più probabile della misura corrisponde allora al valore medio (Lm)

$$\boxed{Lm = \frac{Le + Ld}{2} = \frac{27{,}1cm + 27{,}2cm}{2} = 27{,}15cm -}$$

2.1.1 Errore assoluto (e_{ass})

Nel caso di una misura singola l'errore assoluto è pari a metà della sensibilità dello strumento utilizzato . Nel caso di più misure è pari alla differenza tra il valore massimo misurato e quello minino diviso per due.
Il valore medio presenta un'incertezza pari al suo errore assoluto

La misura si indica quindi come: $L = Lm \pm e_{ass}$,



Il valore reale della grandezza è compreso tra ($Lm + e_{ass}$) e ($Lm - e_{ass}$)

L'errore assoluto va espresso nella stessa unità di misura della grandezza misurata. Nel nostro caso avremo:
$L = (27{,}15 \pm 0{,}05)$ cm

L'errore assoluto indica l'intervallo in cui posso trovare valori validi.

2.1.2 Errore relativo (e_{rel})

L'errore assoluto non è sufficiente per valutare la precisione di una misura, in quanto questa dipende anche dalla quantità che deve essere misurata

Un errore assoluto di 0,5 mm è accettabile per la misura di un libro, e trascurabile per quella di una stanza, è inaccettabile per la misura di una lamina metallica.

*Si ottiene invece una valutazione quantitativa della precisione considerando l'**errore relativo (erel)** dato dal rapporto tra l'errore assoluto e la grandezza da misurare (o il suo valore medio)*

$$e_{rel} = \frac{e_{ass}}{Lm}$$

Essendo il rapporto tra due quantità con la stessa unità di misura, l'errore relativo è un numero puro, ovvero una grandezza adimensionale

Calcoliamo adesso l'errore relativo che otteniamo misurando il libro lungo 27,15 cm con un errore assoluto di 0,05 cm

$$\boxed{e_{rel} = \frac{e_{ass}}{Lm} = \frac{0{,}05cm}{27{,}15cm} = 0{,}0018}$$

Calcoliamo poi l'errore relativo compiuto misurando, col medesimo errore assoluto, un'aula lunga 7m (700 cm)

$$\boxed{e_{rel} = \frac{0{,}05\text{cm}}{700\text{cm}} = 0{,}00007}$$

Il valore ottenuto è 25 volte inferiore al precedente

$$\boxed{e_{rel} = \frac{0{,}05\text{cm}}{2{,}5\text{cm}} = 0{,}2}$$

Il valore ottenuto è più di 100 volte superiore a quello del libro

Poiché l'errore relativo è sempre un numero molto piccolo è più comodo considerare l'**errore percentuale (e%)**, che si ottiene *moltiplicando per 100 l'errore relativo della stessa misura*.

$$\boxed{e_{\%} = e_{rel} \cdot \mathbf{100}}$$

Nei tre casi prima considerati avremo dunque:

$e_{\%}$ (quaderno) = 0,18%	$e_{\%}$ (aula) ~ 0,01%	$e_{\%}$ (lamina) = 20%

L'errore relativo e quello percentuale indicano quanto il mio errore sia significativo in relazione al problema che sto trattando.

La precisione di una misura deve essere valutata in relazione agli scopi della misura stessa, in base ai quali si scelgono gli strumenti e le procedure per effettuarla, in quanto più la misura è precisa e più è costoso realizzarla.

Studiamo ora i principali tipi di errori che operativamente si commettono nell'esecuzione di una misura, valutandone le procedure di riconoscimento, di prevenzione e di correzione.

2.1.3 Errori banali

Nelle misure dirette sono dovuti ad errori effettuati durante le operazioni di misura, per distrazione, lettura o trascrizione sbagliata. N*el caso invece di misura indiretta sono dovuti ad errori nei calcoli*. Essi sono riconoscibili in quanto danno valori molto lontani da gli altri misurati o attesi.

Lunghezza di un'aula: a) 7,34m; b) 7,37m; c) **73,5m**; d) 7,36m; e) 7,34m.

2.1.4 Errori sistematici

Si ripresentano regolarmente tutte le volte che si esegue una misura e sono dovuti a limitazioni o difetti dello strumento utilizzato o dell'operazione di misura

2.1.5 Errori casuali

Sono dovuti a cause sconosciute o a fenomeni di cui è impossibile prevedere gli effetti e non si possono quindi mai eliminare.

Per ridurre l'incidenza di tali errori si effettuano misure ripetute della stessa grandezza e se ne fa poi la media aritmetica, compensando così le misure errate per eccesso con quelle errate per difetto.

La media non costituisce il valore *reale* della misura, ma solo quello che possiamo ritenere sia il *più probabile*

Nel caso dell'aula abbiamo:

$$\boxed{L_m = \frac{(7.34 + 7.37 + 7.36 + 7.34)}{4} = 7.35 \; metri}$$

2.2 RISULTATI DELLE MISURE

2.2.1 Numeri approssimati

Si dice che un numero è *approssimato a meno* dell'ultima cifra considerata

Poiché ogni misura è affetta da errore, i risultati delle misure vanno espressi da numeri compatibili con l'errore stesso

A tal fine i numeri spesso debbono essere approssimati fino ad una certa cifra decimale

Per approssimare un numero dobbiamo trascurare alcune sue cifre, secondo la seguente regola:

L'ultima cifra considerata rimane invariata se la prima cifra trascurata è minore di 5 (approssimazione per difetto)

L'ultima cifra considerata aumenta di una unità se la prima cifra trascurata è maggiore o uguale a 5 (approssimazione per eccesso)

Consideriamo adesso alcune possibili approssimazioni del numero 27,368023

27,36802	A meno di un centomillesimo	A meno della 5° cifra decimale	**Per difetto**
27,3680	A meno di un decimillesimo	A meno della 4° cifra decimale	**Per difetto**
27,368	A meno di un millesimo	A meno della 3° cifra decimale	**Per difetto**
27,37	A meno di un centesimo	A meno della 2° cifra decimale	**Per eccesso**
27,4	A meno di un decimo	A meno della 1° cifra decimale	**Per eccesso**

2.2.2 Cifre significative

Sono le cifre utilizzate per esprimere il valore di una misura e sono tutte le cifre certe più quelle incerte

Gli zeri dopo la virgola, che non hanno significato in matematica, ne acquistano in fisica, in quanto indicano *l'accuratezza* con cui è stata effettuata la misura.

E' necessario definire quali sono le *cifre significative* che esprimono la misura, che dipendono dagli strumenti utilizzati per effettuarla.

Utilizzando una bilancia con sensibilità un milligrammo è corretto esprimere una pesata come 4,034 g, mentre non ha senso la scrittura 4,0340 g;

Utilizzando un metro con sensibilità 1 mm è corretto esprimere una lunghezza come 67,1 cm, mentre non ha senso scrivere 67,100, poiché non abbiamo effettivamente misurato decimi e centesimi di millimetro.

Un maggior numero di cifre significative si può ottenere solo utilizzando uno strumento più preciso, cioè con una sensibilità superiore.

Per orientarsi si possono ricordare le seguenti regole:

1)Ogni cifra diversa da zero è significativa; 128 cm ha tre cifre significative, 4211 Km ne ha quattro;

2)ogni zero compreso tra numeri diversi da zero è cifra significativa; ad esempio 105 g ha tre cifre significative, mentre 40,208 Kg ne ha cinque;

3)ogni zero che precede la prima cifra diversa da zero non è una cifra significativa;

4)ogni zero terminale è significativo.

Es: 0,007 mm ha una sola cifra significativa, in quanto può essere espresso come $7 \cdot 10^{-3}$ mm, 0,50 ha due cifre significative e 0,6003 kg ne ha quattro;

2.2.3 Le cifre significative nei calcoli

Il numero di cifre significative di una misura dipende solo dal modo e dallo strumento usato per effettuarla e non possono variare durante i calcoli

Il prodotto o quoziente di una misura per un numero adimensionale (che non possiede cifre significative) deve avere lo stesso numero di cifre significative (e quindi la stessa precisione ed approssimazione) della misura di partenza. Ad esempio $0{,}6584 \cdot 9 = 5{,}926$ (4 c. s.)

L'addizione o la differenza di misure deve avere le stesse *cifre significative a destra della virgola* (gli stessi decimali) della misura meno precisa (con meno decimali). Ad es. $3562{,}1 + 0{,}1948 = 3562{,}3$.

Il prodotto o il quoziente di due misure deve avere lo stesso numero di cifre significative (la stessa precisione ed approssimazione) della misura meno precisa. Ad esempio $3{,}14 \cdot 8{,}1248 = 25{,}5$ (3 cifre significative soltanto).

Calcoliamo l'area di un rettangolo con base 28,2 cm e altezza 49,4 cm. Il risultato della moltiplicazione è 1393,08 cm^2, che però, dovendo avere solo 3 c.s. si deve approssimare a $1{,}39 \cdot 10^3$ cm^2.

Nell'elevamento a potenza e nell'estrazione di radice, il risultato deve avere lo stesso numero di cifre significative del dato di partenza.

Nel trasformare una misura tramite un'equivalenza, il numero di cifre significative deve restare uguale a quello della misura di partenza.

BOX RIASSUNTIVO DEI TERMINI CHIAVE

GRANDEZZA FISICA: è ogni caratteristica che può essere misurata. Descrive quindi quantitativamente un fenomeno fisico o la proprietà di un corpo attraverso un numero seguito da una unità di misura.

DIMENSIONE: dal latino "*dimensio*" cioè "misura", esprime la misura di un corpo che ne definisce la forma e la grandezza.

MISURARE: confrontare la grandezza in esame con un'altra grandezza dello stesso tipo (omogenea), assunta come unitaria (il cui valore è convenzionalmente uguale a 1) e verificare quante volte è contenuta in essa.

UNITA' DI MISURA: grandezza unitaria assunta come riferimento per misurare un corpo o un fenomeno fisico.

GRANDEZZA FONDAMENTALE: è un grandezza fisica indipendente, non determinata dalla combinazione di altre grandezze fisiche.

GRANDEZZA DERIVATA: è una grandezza che deriva da una relazione matematica (moltiplicazione o divisione) tra grandezze fisiche fondamentali.