

## *Lezione 2 - La materia e la sua misura*

## *Lezione 2 - La materia e la sua misura*

- Misura delle grandezze
- Unità di misura e fattori di conversione
- Gli errori nelle misure
- Incertezza di misura: cifre significative
- Precisione, accuratezza e taratura degli strumenti

*Misura delle grandezze*

*Unità di misura e fattori di conversione*

## Misura di una grandezza fisica:

- Rapporto tra la grandezza da misurare ed un campione di quella grandezza scelto come unità di misura.
- Ogni misura è rappresentata da un numero e da un'unità di misura  
Le unità di misura come i numeri:

$$3 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 12 \text{ m}^2$$

$$\frac{350 \text{ km}}{7 \text{ h}} = \frac{50 \text{ km}}{1 \text{ h}} \quad \text{o} \quad 50 \text{ km h}^{-1}$$

## Numero puro:

- Rapporto tra due valori della stessa grandezza (es.:  $\pi$ )

# *Grandezze fondamentali del Sistema Internazionale (SI) e loro unità di misura*

Grandezza fisica	Nome dell'Unità	Simbolo dell'unità
<b>Massa</b>	kilogrammo	kg
<b>Lunghezza</b>	metro	m
<b>Tempo</b>	secondo	s
<b>Temperatura</b>	kelvin	K
<b>Intensità di corrente elettrica</b>	ampere	A
<b>Quantità di sostanza</b>	mole	mol
<b>Intensità luminosa</b>	candela	cd

## Unità di misura derivate

Grandezza	Unità	Abbreviazione
area	metro quadrato	m <sup>2</sup>
volume	metro cubo	m <sup>3</sup>
velocità	metro per secondo	m s <sup>-1</sup>
accelerazione	metro per secondo quadrato	m s <sup>-2</sup>
densità	chilogrammo per metro cubo	kg m <sup>-3</sup>
massa molare	chilogrammo per mole	kg mol <sup>-1</sup>
volume molare	metro cubo per mole	m <sup>3</sup> mol <sup>-1</sup>
concentrazione molare	mole per metro cubo	mol m <sup>-3</sup>

Grandezza	Unità	Simbolo	In unità SI
frequenza	hertz	Hz	s <sup>-1</sup>
forza	newton	N	kg m s <sup>-2</sup>
pressione	pascal	Pa	N m <sup>-2</sup> = kg m <sup>-1</sup> s <sup>-2</sup>
energia, lavoro, calore	joule	J	N m = kg m <sup>2</sup> s <sup>-2</sup>
potenza	watt	W	J s <sup>-1</sup>
carica elettrica, quantità di elettricità	coulomb	C	A s
potenziale elettrico, differenza di potenziale elettrico, forza elettromotrice	volt	V	J A <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> = kg m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
resistenza elettrica	ohm	Ω	V A <sup>-1</sup> = kg m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>

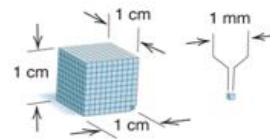
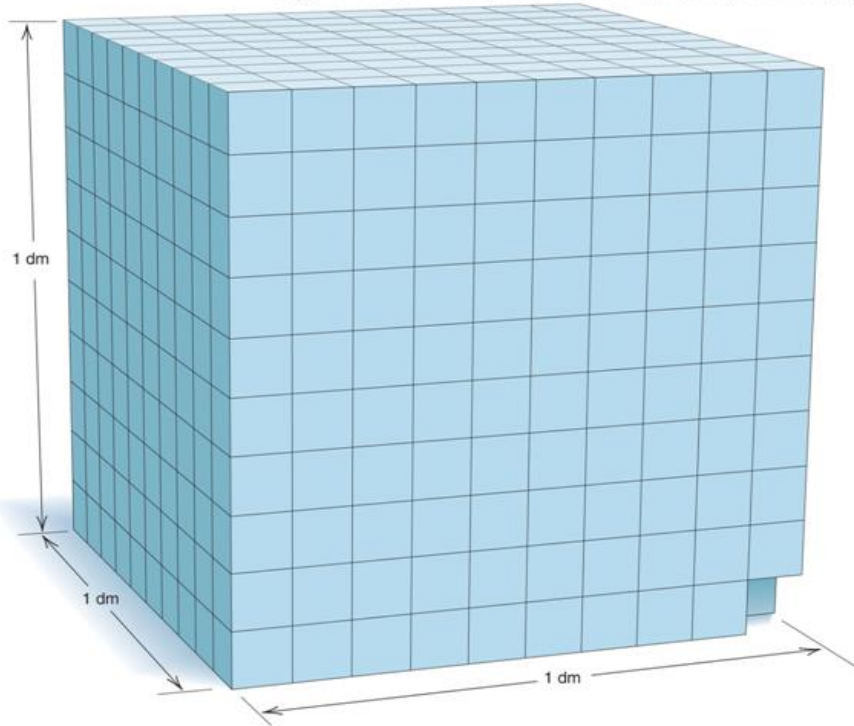
## *Prefissi usati del SI*

Prefisso*	Simbolo del prefisso	Valore numerico	Notazione Esponenziale
tera	T	1 000 000 000 000	$1 \times 10^{12}$
giga	G	1 000 000 000	$1 \times 10^9$
<b>mega</b>	M	1 000 000	$1 \times 10^6$
<b>kilo</b>	k	1 000	$1 \times 10^3$
hecto	h	100	$1 \times 10^2$
deka	da	10	$1 \times 10^1$
–	–	1	$1 \times 10^0$
<b>deci</b>	d	0,1	$1 \times 10^{-1}$
<b>centi</b>	c	0,01	$1 \times 10^{-2}$
<b>milli</b>	m	0,001	$1 \times 10^{-3}$
<b>micro</b>	$\mu$	0,000001	$1 \times 10^{-6}$
<b>nano</b>	n	0,000000001	$1 \times 10^{-9}$
<b>pico</b>	p	0,000000000001	$1 \times 10^{-12}$
femto	f	0,000000000000001	$1 \times 10^{-15}$

\* I prefissi più usati in chimica sono scritti in **neretto**.

# Relazioni tra le unità di misura di volume nel SI

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



## Alcuni volumi equivalenti:

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ dm}^3$$

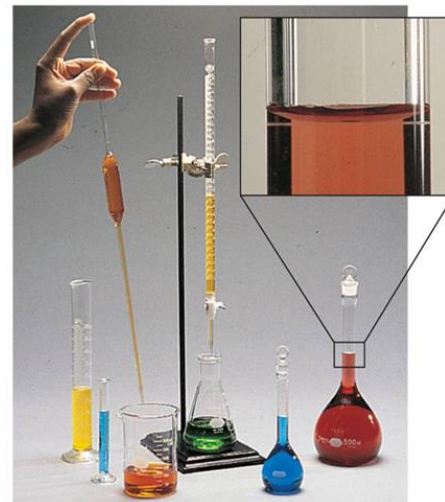
$$1 \text{ dm}^3 = 1000 \text{ cm}^3$$

$$= 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

$$1 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ mm}^3$$

$$= 1 \text{ mL} = 1000 \mu\text{L}$$

$$1 \text{ mm}^3 = 1 \mu\text{L}$$





# Densità

$$\text{densità} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

la densità è una proprietà fisica caratteristica di una sostanza e ha un valore fisso a pressione e temperatura definite

Sostanza	Stato Fisico	Densità (g/cm <sup>3</sup> )
<b>idrogeno</b>	<b>gas</b>	<b>0,0000899</b>
<b>ossigeno</b>	<b>gas</b>	<b>0,00133</b>
<b>alcol etilico (etanolo)</b>	<b>liquido</b>	<b>0,789</b>
<b>acqua</b>	<b>liquido</b>	<b>0,998</b>
<b>sale da cucina (NaCl)</b>	<b>solido</b>	<b>2,16</b>
<b>alluminio</b>	<b>solido</b>	<b>2,7</b>
<b>piombo</b>	<b>solido</b>	<b>11,3</b>
<b>oro</b>	<b>solido</b>	<b>19,3</b>

*A temperatura ambiente (20°C) e pressione atmosferica normale (1atm).*

## *Fattore di conversione*

Un **fattore di conversione** è un rapporto usato per trasformare un'unità di misura in un'altra.

La relazione  $1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$   
ci dà il fattore di conversione:

$$\frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 0.001 \text{ km m}^{-1}$$

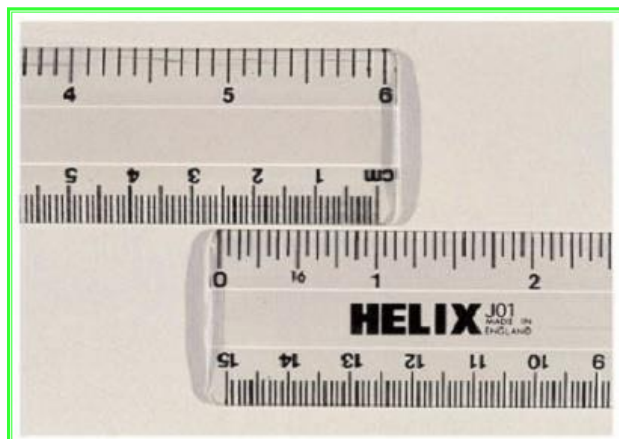
$$2.5 \text{ km} \times \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 2500 \text{ m}$$

$$2500 \text{ m} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} = 2.5 \text{ km}$$

Il fattore di conversione viene scelto in modo che si elidano tutte le unità di misura tranne quella necessaria per la risposta.

**Tabella 1.4 Conversioni tra unità SI e unità britanniche di impiego comune**

Grandezza	Unità SI	Equivalenti SI	Equivalenti britannici	Conversioni da unità britanniche a unità SI equivalenti
Lunghezza	1 kilometro (km)	1000 ( $=10^3$ ) metri	0,6214 miglia (mi)	1 miglio (mile) = 1,609 km
	1 metro (m)	100 ( $=10^2$ ) centimetri	1,094 iarde (yd)	1 iarda (yard) = 0,9144 m
	1 centimetro (cm)	1000 millimetri (mm)	39,37 pollici (in)	1 piede (foot) (ft) = 0,3048 m
Volume		0,01 ( $=10^{-2}$ ) metri	0,3937 pollici (in)	1 pollice (inch) (in) = 2,54 cm (esattamente)
	1 metro cubo ( $m^3$ )	1 000 000 ( $=10^6$ ) centimetri cubi ( $cm^3$ )	35,31 piedi cubi ( $ft^3$ )	1 piede cubo (cubic foot) = 0,02832 $m^3$
	1 decimetro cubo ( $dm^3$ )	1000 centimetri cubi ( $cm^3$ )	0,2642 galloni USA ( $gal_{USA}$ )	1 gallone USA (gallon) ( $gal_{USA}$ ) = 3,785 $dm^3$
			1,057 quart (qt)	1 quart (qt) = 0,9464 $dm^3$
	1 centimetro cubo ( $cm^3$ )	0,001 $dm^3$	0,03381 once fluide USA ( $fl\ oz_{USA}$ )	1 quart (qt) = 946,4 $cm^3$
Massa			2,205 libbre (lb)	1 oncia fluida (fluid ounce) USA ( $fl\ oz_{USA}$ ) = 29,57 $cm^3$
	1 kilogrammo (kg)	1000 grammi (g)	2,205 libbre (lb)	1 libbra (pound) (lb) = 0,4536 kg
	1 grammo (g)	1000 milligrammi (mg)	0,03527 once (oz)	1 oncia (ounce) (oz) = 28,35 g



1 inch = 2.54 cm

## Scale di temperatura e loro interconversioni

**Kelvin ( K )** – La “scala assoluta delle temperature” inizia allo zero assoluto e ha solo valori positivi.

il kelvin si indica senza il simbolo del grado (°).

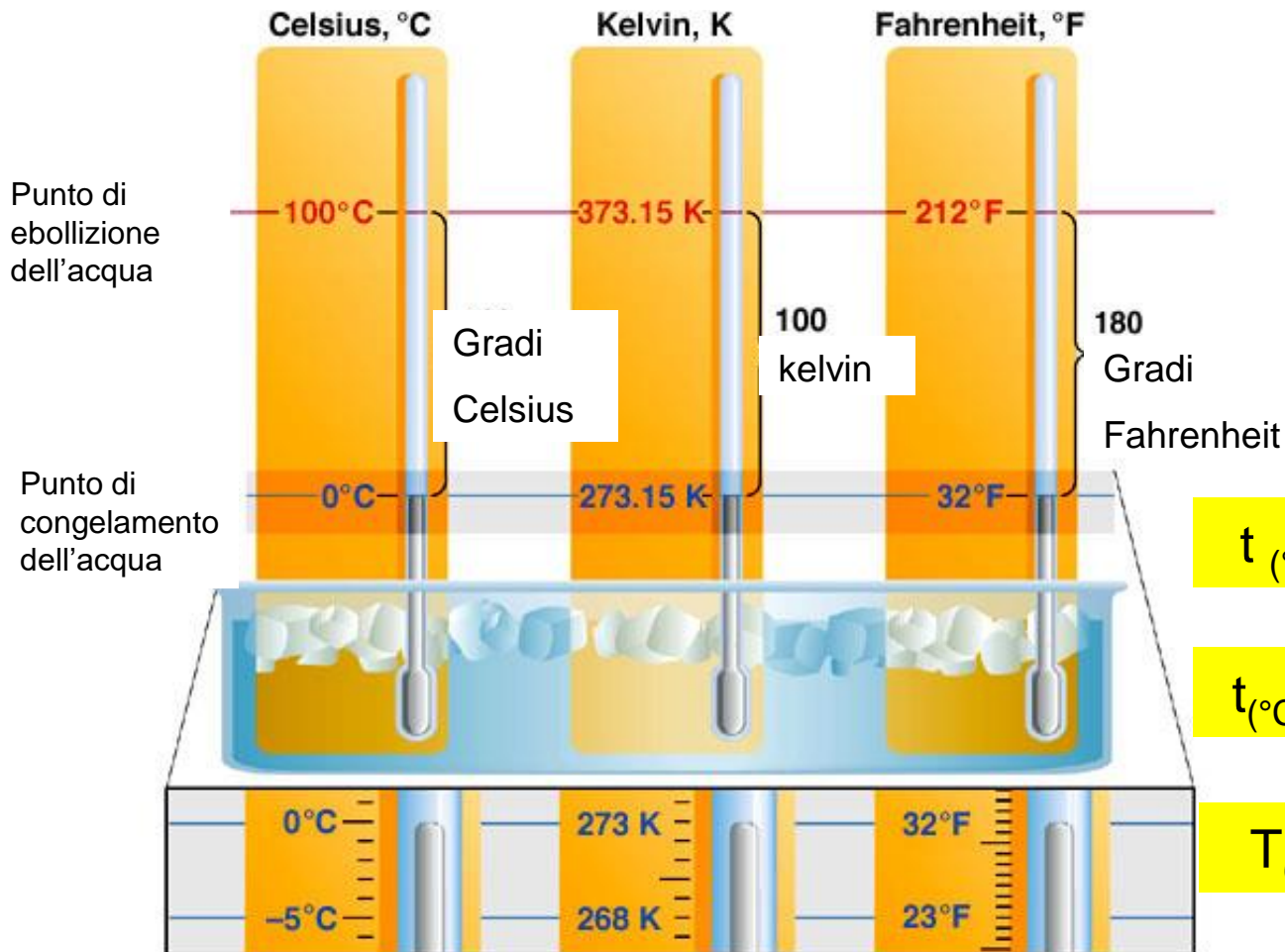
**Celsius ( °C )** – La scala Celsius é basata sulle temperature di congelamento e di ebollizione dell’acqua.

L’ampiezza del grado Celsius è uguale a quella del kelvin.

$$T \text{ (in K)} = T \text{ (in } ^\circ\text{C)} + 273.15$$

$$T \text{ (in } ^\circ\text{C)} = T \text{ (in K)} - 273.15$$

# Temperature di ebollizione e congelamento dell'acqua



$$t_{(^{\circ}\text{F})} = 1,8 t_{(^{\circ}\text{C})} + 32$$

$$t_{(^{\circ}\text{C})} = 5/9 [t_{(^{\circ}\text{F})} - 32]$$

$$T_{(\text{K})} = t_{(^{\circ}\text{C})} + 273.15$$

# *Gli errori delle misure*

# *Gli errori delle misure*

- Errori *sistematici*
- Errori *casuali*

L'**errore sistematico** dà origine a valori che sono **tutti** maggiori o **tutti** minori del valore vero.

Questo tipo di errore fa parte del sistema sperimentale.

L'**errore casuale** dà origine a valori sia maggiori che minori del valore vero.

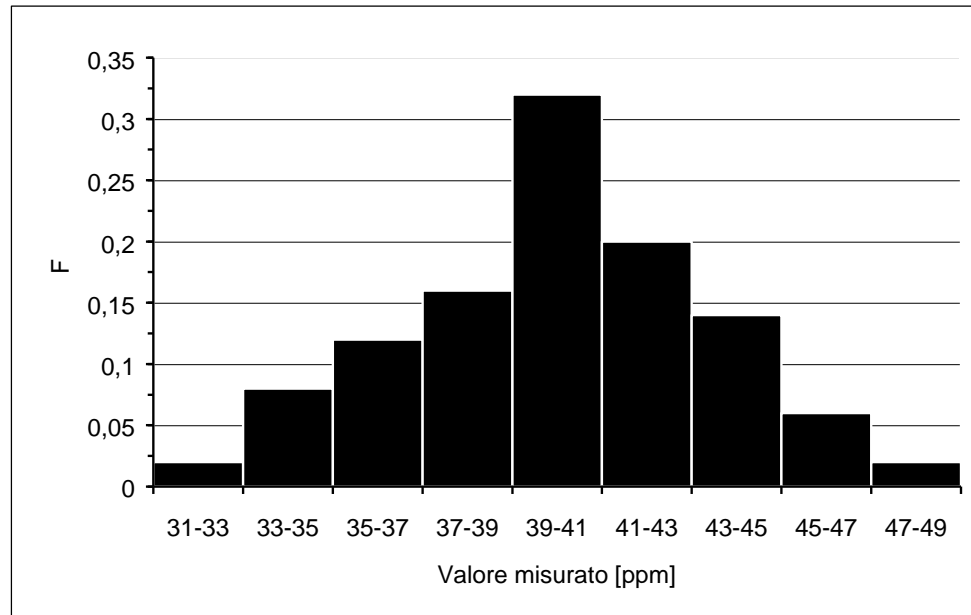
## Errori sistematici *additivi* o *proporzionali*

Massa reale [g]	Massa pesata [g]	Errore [mg]
0.1000	0.1015	+ 1.5
0.2000	0.2015	+1.5
0.4000	0.4015	+1.5
0.8000	0.8015	+1.5

Massa C pesata [g]	Massa C teorica [g]	Errore [mg]
0.0995	0.1000	- 0.5
0.1990	0.2000	- 1.0
0.3980	0.4000	- 2.0
0.7960	0.8000	- 4.0



## *Distribuzione degli errori casuali*



# La misura degli errori

$$E_i = V_i - V$$

$$E_r = \frac{E_i}{V}$$

$$E_{\%} = \left( \frac{E_i}{V} \right) \times 100$$

*Errore assoluto*

*Errore relativo*

*Errore relativo %*

Massa reale [g]	Massa pesata [g]	Errore [mg]
0.1000	0.1015	+ 1.5
0.2000	0.2015	+1.5
0.4000	0.4015	+1.5
0.8000	0.8015	+1.5

$$M = \sum_{i=1}^N \frac{V_i}{N}$$

*Media*

$$D_i = V_i - M$$

$$D_r = \frac{D_i}{M} = \frac{(V_i - M)}{M}$$

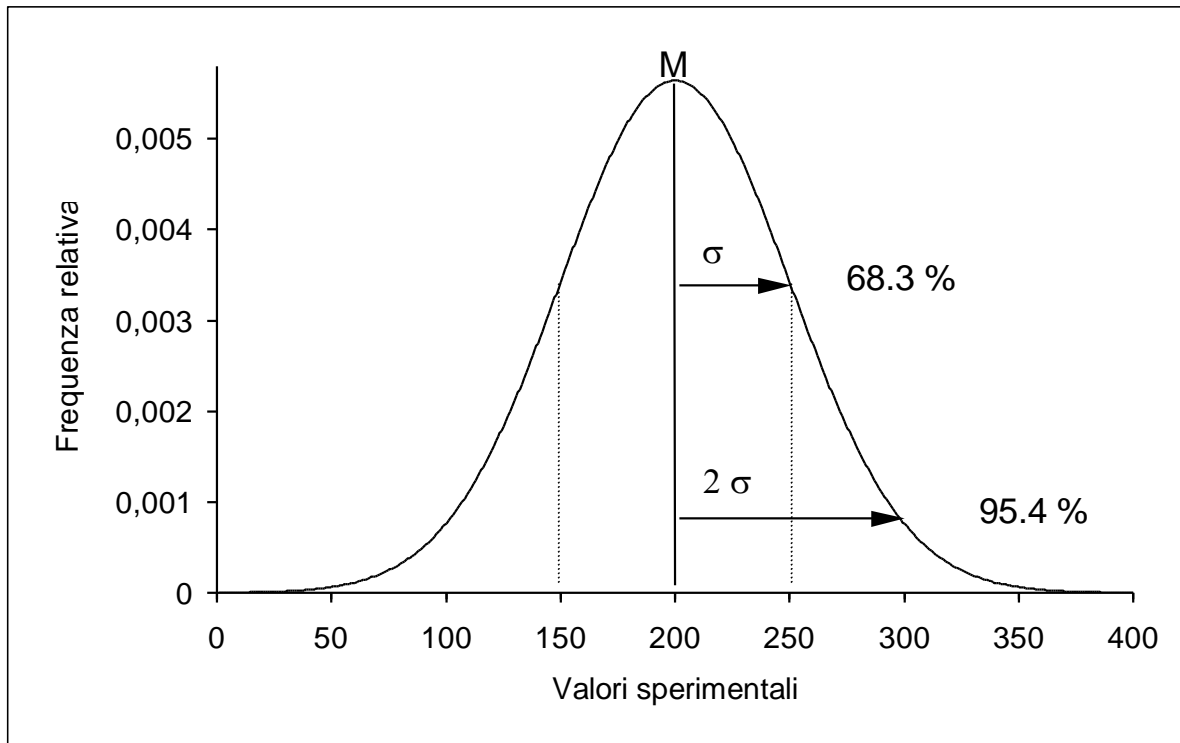
$$D_{\%} = \left( \frac{D_i}{M} \right) \times 100$$

*Deviazione*

*Deviazione relativa*

*Deviazione relativa %*

# Distribuzione degli errori casuali



$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N D_i^2}{N-1}}$$

**Deviazione standard**

$$\text{RSD} = \frac{\sigma}{M}$$

$$\text{RSD}\% = \frac{\sigma}{M} \times 100$$

## *Incertezza della misura e cifre significative*

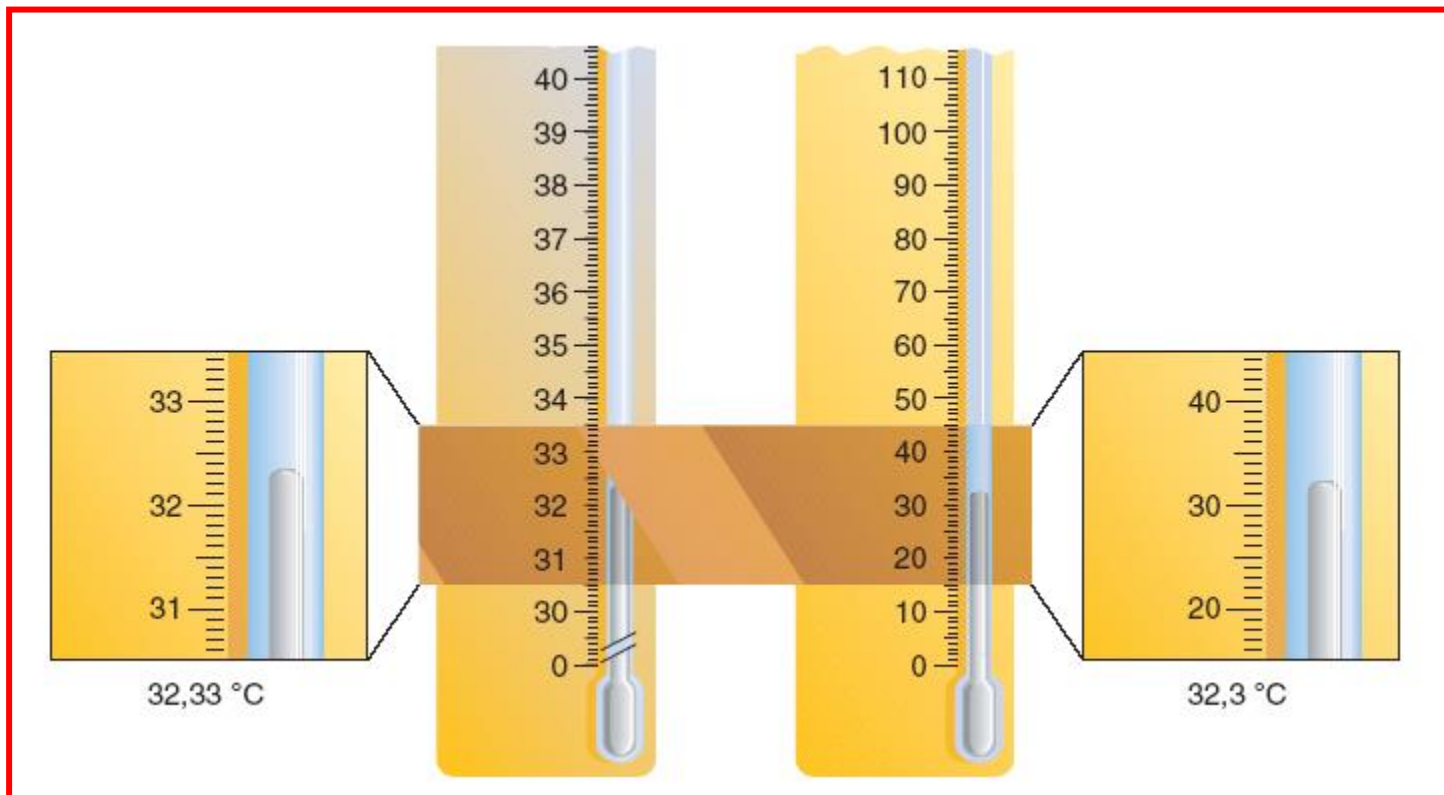
- Ogni misura é affetta da un' ***incertezza***. L' ***ultima cifra*** di qualsiasi grandezza misurata è sempre ***stimata***.

Le cifre di una misura, certe e incerte, si chiamano ***cifre significative***.

- Maggiore è il numero di cifre significative in una misura, minore è l'incertezza

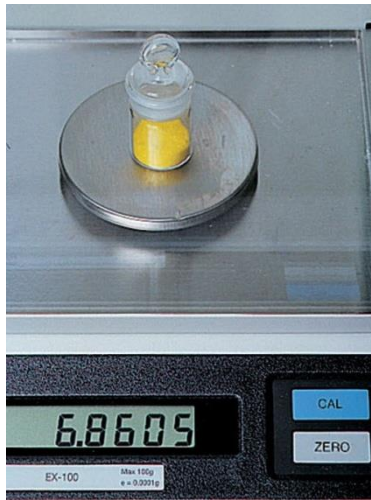
## *Numero di cifre significative in una misura*

- Il numero di cifre significative in una misura dipende dallo strumento di misura
- Il termometro di sinistra è graduato in decimi di grado Celsius e indica  $32,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; quello di destra è graduato in gradi Celsius e indica  $32,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Il termometro di sinistra permette di ottenere una misura con più cifre significative

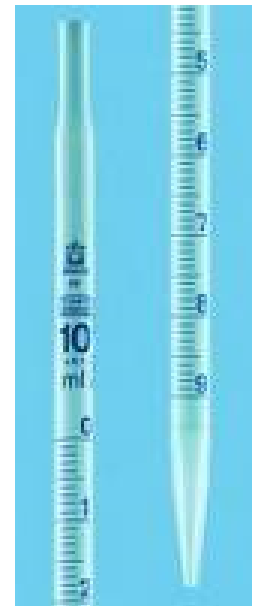


# *Cifre significative e strumenti di misura*

- Lo strumento di misura utilizzato determina il numero di cifre significative



**Cilindro graduato < buretta ≤ pipetta**



- *Sensibilità* di uno strumento di misura: minima differenza che lo strumento è in grado di distinguere tra due misure di una grandezza

Buretta

Matraccio

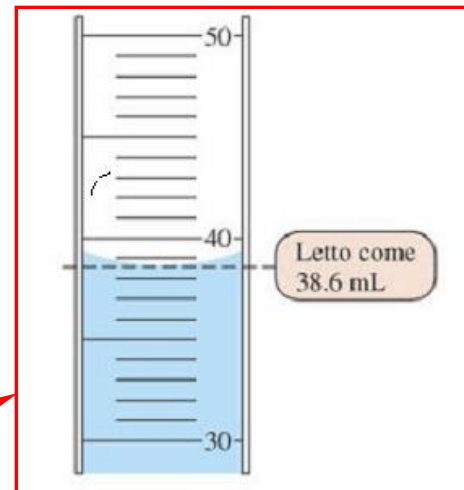
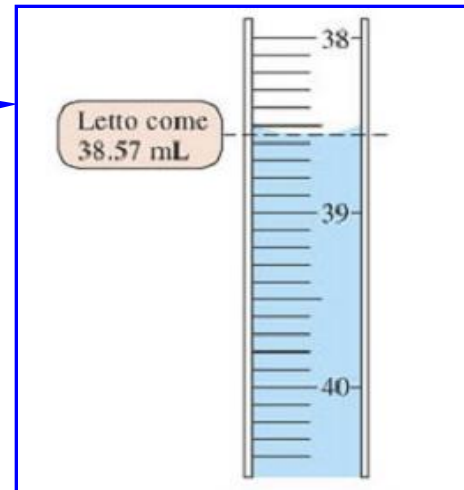
Pipetta



Beaker

Beuta

Cilindro graduato







$\pm 0.01 \text{ g}$



$\pm 0.0001 \text{ g}$

# *Determinazione delle cifre significative*

- Tutte le cifre di una misura sono significative *tranne gli zeri che non sono dati dalla misurazione ma dall'unità di misura utilizzata e che sono usati unicamente per posizionare la virgola decimale.*

Esempio: 2,74 mL → 3 cifre significative

0,00274 L → 3 cifre significative

0,0000274 hL → 3 cifre significative

*(gli zeri alla sinistra del valore numeric non sono cifre significative)*

Per determinare le cifre significative:

- Se il valore numerico della misura ha una virgola decimale.
  - Partendo da sinistra considerare come significativa la prima cifra diversa da zero e ogni cifra alla sua destra.  
0,00274 L → 3 cifre significative
  - Gli zeri alla destra della prima cifra sono significativi sia che si trovino prima che dopo la virgola  
1,030 mL → 4 cifre significative  
530,0 mL → 4 cifre significative
- Se il valore numerico non ha una virgola decimale
  - Gli zeri alla fine di un numero **non** sono significativi:  
5300 L → 2 cifre significative  
5,300·10<sup>3</sup> L → 4 cifre significative

# *Cifre significative nei calcoli*

## **Moltiplicazione e divisione.**

Il risultato contiene lo stesso numero di cifre **significative** che è presente nella misura con il minor numero di cifre **significative**.

$$9,2 \text{ cm} \times 6,8 \text{ cm} \times 0,3744 \text{ cm} = 23,4225 \text{ cm}^3 = \mathbf{23 \text{ cm}^3}$$

## **Addizione e sottrazione**

Il risultato ha lo stesso numero di cifre **decimali** che è presente nella misura con il minor numero di cifre **decimali**.

$$\begin{array}{r} 83,5 \text{ mL} \\ + 23,28 \text{ mL} \\ \hline 106,78 \text{ mL} = \mathbf{106,8 \text{ mL}} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 865,9 \text{ mL} \\ - 2,8121 \text{ mL} \\ \hline 863,0879 \text{ mL} = \mathbf{863,1 \text{ mL}} \end{array}$$

# *Regole di arrotondamento*

1. Se la cifra rimossa è ***maggiore di 5***, si aumenta di 1 la cifra precedente.

5,379 si arrotonda a 5,38 se si conservano 3 cifre significative.

2. Se la cifra rimossa è ***minore di 5***, si lascia invariata la cifra precedente.

0,2413 si arrotonda a 0,241 se si conservano 3 cifre significative.

3. Se la cifra rimossa è **5 seguita unicamente da zeri**, la cifra precedente si aumenta di 1 se è dispari e la si lascia invariata se è pari.

17,75 si arrotonda a 17,8

17,65 si arrotonda a 17,6.

Se il **5 è seguito da altri numeri diversi da zero**, si segue la regola n.1:

17,6500 si arrotonda a 17,6

17,6513 si arrotonda a 17.7

4. Conservare sempre una o due cifre significative addizionali di passaggio in passaggio e arrotondare **soltanto** il risultato **finale**.

# *Numeri esatti*

*I numeri esatti* sono quelli a cui non è associata alcuna incertezza.

Alcuni numeri sono esatti **per definizione**:

1000 mg = 1 g

60 min = 1 hr

2,54 cm = 1 in

Alcuni numeri esatti sono il **risultato di un conteggio di singoli elementi**: 26 lettere nell'alfabeto inglese, 3 facce di un cubo.

**I numeri esatti non limitano il numero di cifre significative**

# *Precisione, accuratezza ed errori*

La **precisione** (o riproducibilità) indica quanto le singole misure in una serie di misure sono vicine tra loro.

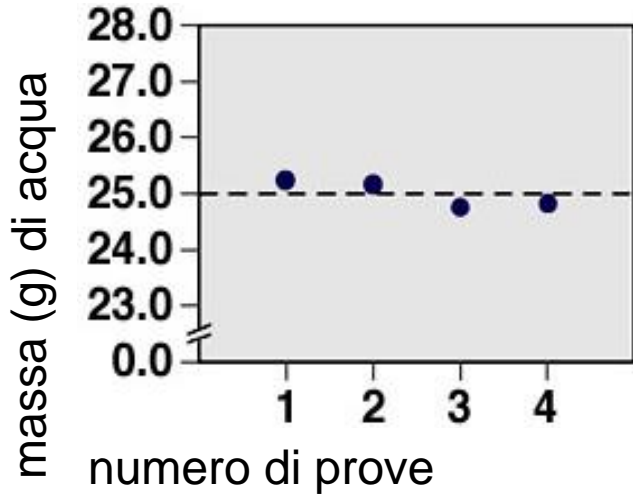
L'**accuratezza** indica quanto una misura è vicina al valore **vero**.

L'**errore sistematico** dà origine a valori che sono **tutti** maggiori o **tutti** minori del valore vero.

L'**errore casuale** dà origine a valori sia maggiori che minori del valore vero.

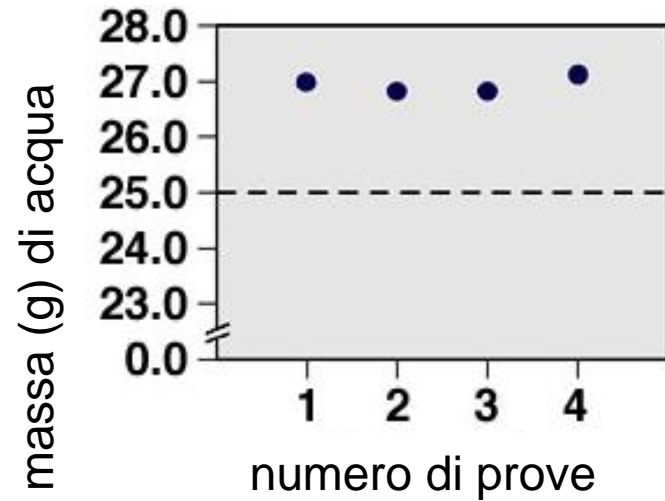


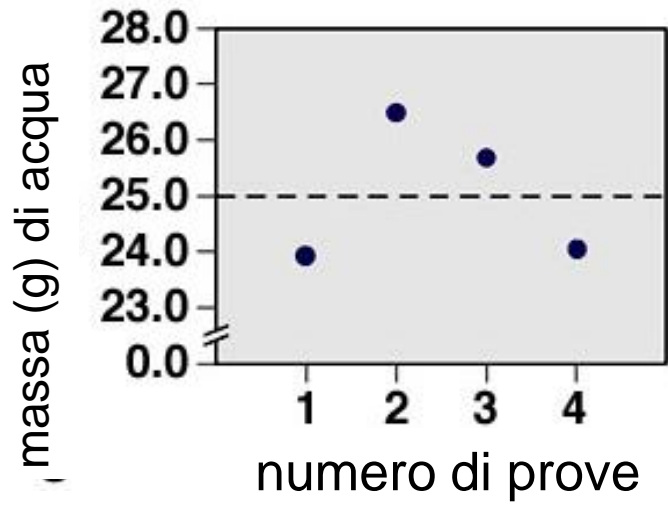
# Precisione e accuratezza



← preciso e accurato

→ preciso ma non accurato



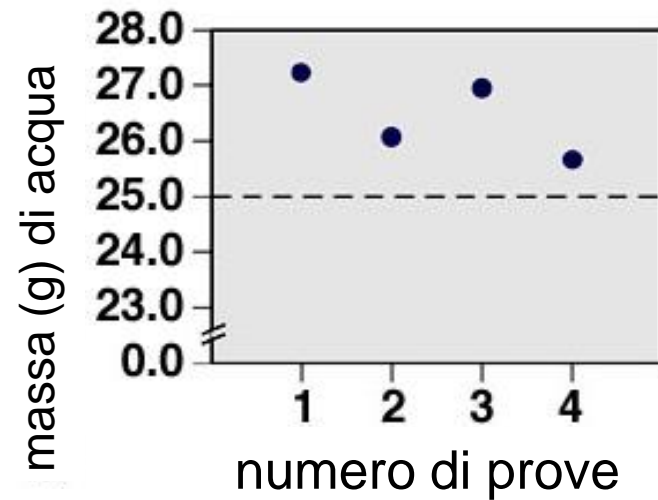


← accurato ma non preciso

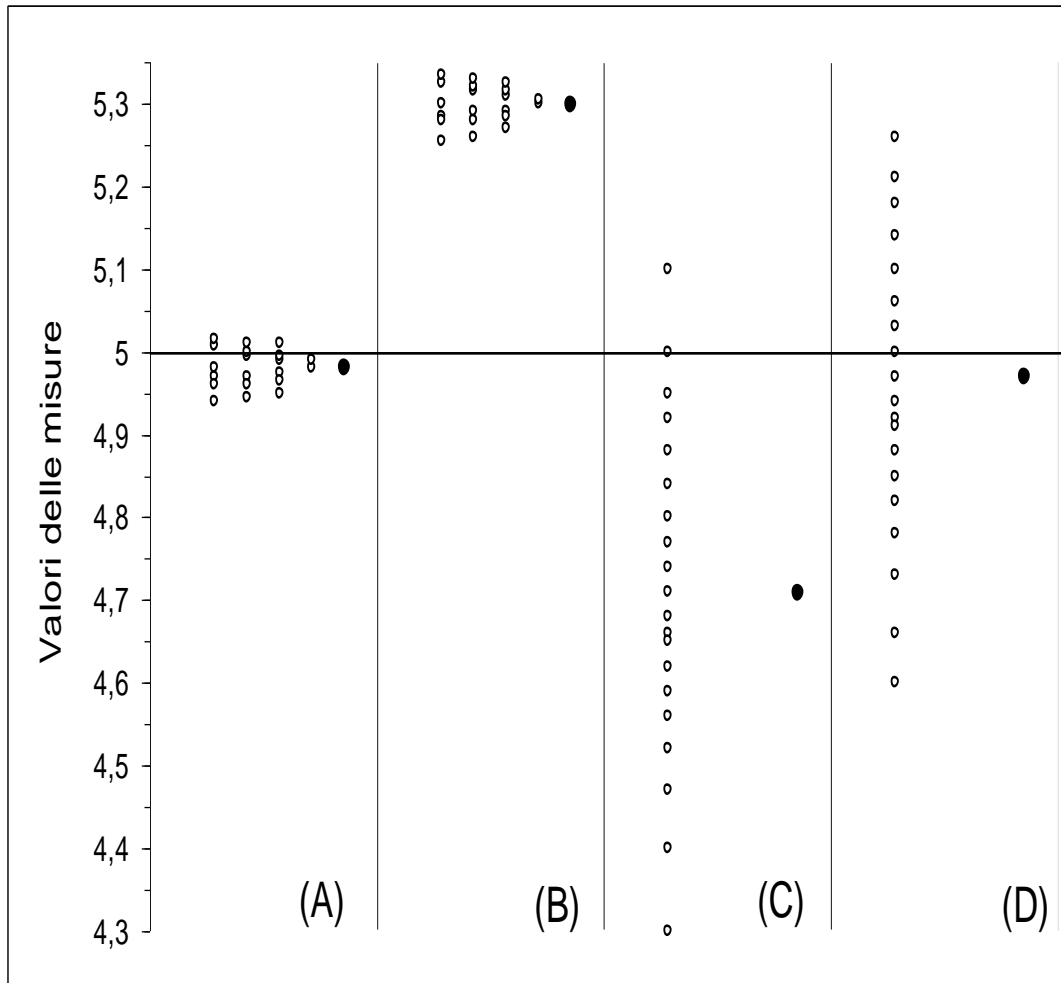
← errore casuale

→ non preciso non accurato

→ errore sistematico



# Precisione e accuratezza



(o) valori dei singoli esperimenti;

(●) media dei valori di ogni serie di misure sperimentali.

(A) elevata precisione ed elevata accuratezza;

(B) elevata precisione e bassa accuratezza;

(C) bassa precisione e bassa accuratezza;

(D) bassa precisione ed elevata accuratezza