

**Note su esperienza di  
"misura della densita' di un solido"**

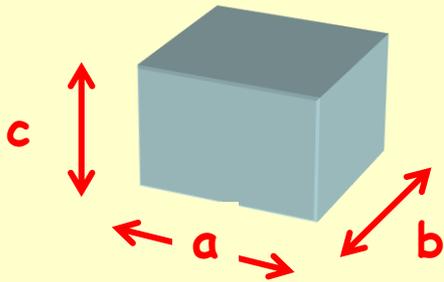
## Parallelepipedo

Spigoli:  $a, b, c$

Volume =  $V = a b c$

Massa =  $M$

Densità =  $\rho = M/V = M/(abc)$



$$\rho = \frac{m}{a \cdot b \cdot c}$$

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c}$$

$$\sigma \sim \Delta/3 \sim 0.33\Delta$$

$$\sigma \sim \Delta/[(3)^{1/2}] \sim 0.58\Delta$$

$$\sigma \sim 1.18\Delta/[(3)^{1/2}] \sim 0.68\Delta$$

$$\frac{\sigma_\rho}{\rho} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_c}{c}\right)^2}$$

$$\sigma_\rho = \rho \cdot \frac{\sigma_\rho}{\rho}$$

## Cilindro

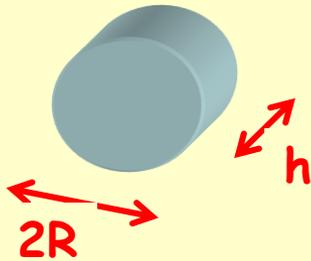
Raggio = R

Diametro = D = 2R

Altezza = h

Massa = M

Densità =  $\rho = M/V = M/(\pi R^2 h) =$   
 $= (4/\pi) M/(D^2 h)$



$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta h}{h} + 2\frac{\Delta D}{D}$$

$$\sigma \sim \Delta / 3 \sim 0.33\Delta$$

$$\sigma \sim \Delta / [(3)^{1/2}] \sim 0.58\Delta$$

$$\sigma \sim 1.18 \Delta / [(3)^{1/2}] \sim 0.68\Delta$$

$$\frac{\sigma_\rho}{\rho} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_h}{h}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{\sigma_D}{D}\right)^2}$$

$$\sigma_\rho = \rho \cdot \frac{\sigma_\rho}{\rho}$$

Materiale                      Densità relativa =  $d/d(\text{acqua})$   $d(\text{acqua})=1 \text{ g/cm}^3$

Acciaio                      7,8-7,9

→ Alluminio

2,70

Ambra                      1,0

Argento                    10,5

Bronzo                    8,9

Ferro                      7,87

Ghisa                      7,3

Marmo                    2,7

Nylon                      1,14

Oro                        19,3

→ Ottone

8,5

Piombo                    11,3

Plexiglas, Perspex 1,2

Platino                    21,5

Rame                      8,96

Tungsteno                19,1

Vetro comune            2,5-2,6

# Obiettivi dell'esercitazione:

- Misurare la densità  $\rho$  di corpi solidi di massa  $M$  e di volume  $V$ .
- Studiare le **incertezze casuali** nelle misure ripetute di una stessa GF.
- Utilizzare le formule della **Propagazione** delle incertezze di misura nelle misure indirette di una GF.

# Materiali e strumenti a disposizione

[1/3]:

- Sono disponibili un "consistente" numero di **corpi**:

a) # 42 (=32+10) **di 2 materiali** con **forme** (cilindretti o parallelepipedi) e **dimensioni diverse** (corpi "piccoli");

b) #7 **di 1 materiale** con **forme** (cilindretti o parallelepipedi) e **dimensioni diverse** (corpi "medi" e corpi "grandi");

# Materiali e strumenti a disposizione [2/3]:

## - Bilancia elettronica

(con sensibilità, a seconda del modello, 0.1 g; oppure 0.5 g; oppure 0.01 g).

## - Calibro a cursore con nonio ventesimale

(sensibilità 0.05 mm = 50  $\mu\text{m}$ ).

## - Calibro Palmer

(sensibilità 0.01mm = 10  $\mu\text{m}$ ...tenendo conto della necessità della misura dello 0 dello strumento, la **sensibilità effettiva** è 20  $\mu\text{m}$ ).

# Materiali e strumenti a disposizione

[3/3]:

- **Provetta graduata** riempita parzialmente con acqua per la misura del volume dei corpi immersi (con sensibilità di 2 ml / DIV).

## *Sequenza delle operazioni [1/5]:*

- **Numerare** i campioni a disposizione.
- Misurare la massa **M** di ciascun campione con la **bilancia**.
- Misurare con il **calibro ventesimale** la dimensione maggiore dei campioni.
- Misurare con il **calibro Palmer** le altre dimensioni.
- Calcolare il volume **V** di ciascun campione.

# Sequenza delle operazioni [2/5]:

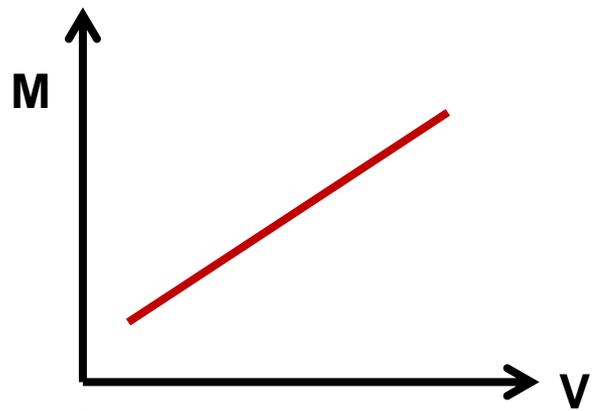
- Calcolare la densità  $\rho$  ( $= M / V$ ) di ogni singolo campione.
- Riportare su di un **istogramma** le misure di  $\rho$ .
- Con questa serie di misure ripetute della stessa grandezza fisica **calcolare** sia la migliore stima della densità (utilizzando la **media**), sia la relativa incertezza (utilizzando la **deviazione standard**).  
Esprimere il risultato sia nel **SI** sia nel **cgs**.

## *Sequenza delle operazioni [3/5]:*

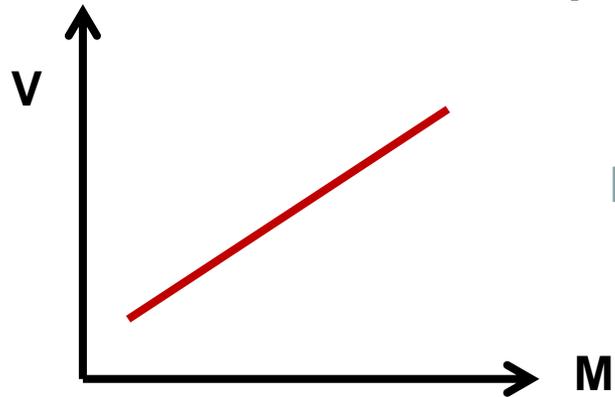
- Usando la **tabella** allegata determinare di quale materiale sono costituiti i campioni.
- Confrontare la deviazione standard misurata per la densità ( $\sigma(\rho)$ ) usando la radice dello scarto quadratico medio (r.m.s.) con quella che si ottiene dalla propagazione delle incertezze statistiche.

## *Sequenza delle operazioni [4/5]:*

- Si immergono in successione i # 7 corpi, uno dopo l'altro in una **provetta graduata riempita parzialmente d'acqua**. Si riportano su di un foglio di carta millimetrata di tipo "doppio lineare" le 7 coppie di valori misurati della massa complessiva immersa cui corrisponde la misura del pelo libero letto sulla scala tarata. Dalla pendenza della migliore retta si ricava la densità.



“SLOPE” =  $\rho$



“SLOPE” =  $1 / \rho$

## *Sequenza delle operazioni [5/5]:*

- Si ponga attenzione alle eventuali ...  
... **sistematiche.**