

## RISULTATI DELL'ESPERIENZA N° 1

*(Misura della densità di due corpi di forma regolare: O1 e O2)*

### Strumenti di misura a disposizione:

	<i>Intervallo di funz.</i>	<i>Errore di sensibilità</i>	<i>Azzzeramento</i>
<b>Metro a nastro</b>	0 – 2000 mm	± 0.5 mm (standard) ± 0.2 mm (interpolato)	Non necessario (0 mm)
<b>Calibro ventesimale (analogico)</b>	0 – 150 mm	± 0.025 mm	Non necessario (0 mm)
<b>Calibro ventesimale (digitale)</b>	0 – 150 mm	± 0.005 mm	Ottenuto digitalmente
<b>Calibro Palmer (analogico)</b>	0 – 25 mm	± 0.005 mm	Non necessario (0 mm)
<b>Calibro Palmer (digitale)</b>	0 – 25 mm	± 0.0005 mm	Ottenuto digitalmente

### OGGETTO: O1

### Disegno schematico dell'oggetto:

*(Parallelepipedo retto di dimensione maggiore  $l_1$ , dimensione intermedia  $l_2$  e dimensione minore  $l_3$ )*

### Formula per il volume e l'errore:

*Volume dell'oggetto:*  $V = l_1 \cdot l_2 \cdot l_3$

*Errore relativo sul volume:*  $\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l_2}{l_2} + \frac{\Delta l_3}{l_3}$

*Errore assoluto sul volume:*  $\Delta V = V \cdot \left( \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l_2}{l_2} + \frac{\Delta l_3}{l_3} \right)$

### Dimensioni dell'oggetto:

	$l_1 \pm \Delta l_1$ (mm)	$l_2 \pm \Delta l_2$ (mm)	$l_3 \pm \Delta l_3$ (mm)
<b>Metro a nastro</b>	100.0 ± 0.5	20.0 ± 0.5	2.0 ± 0.5
<b>Calibro ventesimale (analogico)</b>	100.100 ± 0.025	20.050 ± 0.025	2.000 ± 0.025
<b>Calibro ventesimale (digitale)</b>	100.130 ± 0.005	Non effettuata	Non effettuata
<b>Calibro Palmer (analogico)</b>	Fuori intervallo	Non effettuata	Non effettuata
<b>Calibro Palmer (digitale)</b>	Fuori intervallo	20.0020 ± 0.0005	2.0040 ± 0.0005

Le misure sono tra loro compatibili? Sì, eccetto che per  $l_2$  (ultima misurazione). L'incompatibilità è legata a irregolarità costruttive proprie dell'oggetto considerato.

Ulteriori misure nello stesso punto e in punti diversi *(usando lo strumento più preciso, caso per caso)*:

$l_1 \pm \Delta l_1$ (mm)	$l_2 \pm \Delta l_2$ (mm)	$l_3 \pm \Delta l_3$ (mm)	$l_1 \pm \Delta l_1$ (mm)	$l_2 \pm \Delta l_2$ (mm)	$l_3 \pm \Delta l_3$ (mm)
<i>Stesso punto</i>	<i>Stesso punto</i>	<i>Stesso punto</i>	<i>Vari punti diff.</i>	<i>Vari punti diff.</i>	<i>Vari punti diff.</i>
100.15	20.006	<u>2.0040</u>	100.13	20.000	<u>2.0010</u>
100.14	19.999	2.0020	<u>100.17</u>	19.997	2.0020
100.13	<u>20.009</u>	2.0020	100.13	<u>19.996</u>	2.0040
<u>100.11</u>	20.001	2.0010	100.13	19.997	2.0020
100.14	20.001	<u>2.0010</u>	<u>100.11</u>	19.998	<u>2.0040</u>
<i>Err. Ass.: <math>\pm 0.02</math></i>	<i>Err. Ass.: <math>\pm 0.005</math></i>	<i>Err. Ass.: <math>\pm 0.0015</math></i>	<i>Err. Ass.: <math>\pm 0.03</math></i>	<i>Err. Ass.: <math>\pm 0.002</math></i>	<i>Err. Ass.: <math>\pm 0.0015</math></i>
Ventesimale dig.	Palmer digitale	Palmer digitale	Ventesimale dig.	Palmer digitale	Palmer digitale

### Valori usati per il calcolo del volume:

$l_1 \pm \Delta l_1$ (mm)	$l_2 \pm \Delta l_2$ (mm)	$l_3 \pm \Delta l_3$ (mm)
$100.140 \pm 0.030$	$20.0025 \pm 0.0065$	$2.0025 \pm 0.0015$

**Motivazione:** Sono stati forniti – per ciascuna delle tre dimensioni dell'oggetto O1 (misurate con lo strumento disponibile a precisione maggiore) – come valore della misura e valore dell'errore relativo (semiampiezza dell'intervallo) – rispettivamente – la semisomma (valor medio) e la semidifferenza (errore assoluto massimo) del valore massimo e del valore minimo tra quelli misurati per detta dimensione.

La scelta è giustificata dal fatto che tali errori sono da imputarsi ad eventuali asimmetrie costruttive dell'oggetto o a errori di misurazione, piuttosto che ad errori di sensibilità dello strumento o errori casuali, di entità ben minori.

### Volume dell'oggetto ed errore:

Volume dell'oggetto:  $V = 4011.1 \pm 5.5 \text{ mm}^3$

Errore relativo sul volume:  $\frac{\Delta V}{V} = 1.4 \times 10^{-3}$

Errore assoluto sul volume:  $\Delta V = 5.5 \text{ mm}^3$

### Massa dell'oggetto ed errore:

Massa dell'oggetto:  $m = 31.170 \pm 0.005 \text{ g}$

Errore relativo sulla massa:  $\frac{\Delta m}{m} = 1.6 \times 10^{-4}$

Errore assoluto sulla massa:  $\Delta m = 5.0 \times 10^{-3} \text{ g}$

### Densità dell'oggetto ed errore:

Densità dell'oggetto:  $\rho_m = \frac{m}{V} = m \cdot V^{-1} = 7.771 \times 10^{-3} \pm 1.2 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^3 \approx 7.771 \text{ Kg/dm}^3$

Errore relativo sulla densità:  $\frac{\Delta \rho_m}{\rho_m} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V} = 1.5 \times 10^{-3}$

Errore assoluto sulla densità:  $\Delta \rho_m = \rho_m \cdot \left( \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V} \right) = 1.2 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^3$

## OGGETTO: O2

### Disegno schematico dell'oggetto:

(Cilindro retto con cavità interna cilindrica retta, a basi concentriche. Diametro maggiore  $l_1$ , diametro minore  $l_2$ , altezza  $l_3$ )

### Formula per il volume e l'errore:

Volume dell'oggetto:  $V = \frac{\pi l_3}{4} \cdot ((l_1)^2 - (l_2)^2) = \frac{\pi l_3 \cdot (l_1)^2}{4} - \frac{\pi l_3 \cdot (l_2)^2}{4}$

Errore relativo sul volume:  $\frac{\Delta V}{V}$

Errore assoluto sul volume:  $\Delta V = \left| \frac{\partial V}{\partial l_1} \right| \cdot \Delta l_1 + \left| \frac{\partial V}{\partial l_2} \right| \cdot \Delta l_2 + \left| \frac{\partial V}{\partial l_3} \right| \cdot \Delta l_3$  t.c.  $\partial l_i = l_i \quad \forall i \in [1,3]$

in cui:  $\left| \frac{\partial V}{\partial l_1} \right| = \frac{l_3 \cdot l_1 \cdot \pi}{2}$ ;  $\left| \frac{\partial V}{\partial l_2} \right| = \frac{l_3 \cdot l_2 \cdot \pi}{2}$ ;  $\left| \frac{\partial V}{\partial l_3} \right| = \frac{((l_1)^2 - (l_2)^2) \cdot \pi}{4}$

### Dimensioni dell'oggetto:

	$l_1 \pm \Delta l_1$ (mm)	$l_2 \pm \Delta l_2$ (mm)	$l_3 \pm \Delta l_3$ (mm)
Metro a nastro	$40.0 \pm 0.5$	$20.0 \pm 0.5$	$27.0 \pm 0.5$
Calibro ventesimale (analogico)	$40.100 \pm 0.025$	$19.800 \pm 0.025$	$27.100 \pm 0.025$
Calibro ventesimale (digitale)	$40.110 \pm 0.005$	$19.790 \pm 0.005$	$27.250 \pm 0.005$
Calibro Palmer (analogico)	Fuori intervallo	Fuori intervallo	Fuori intervallo
Calibro Palmer (digitale)	Fuori intervallo	Fuori intervallo	Fuori intervallo

Le misure sono tra loro compatibili? Sì, eccetto che per  $l_3$  a causa di irregolarità costruttive dell'oggetto.

Ulteriori misure nello stesso punto e in punti diversi (usando lo strumento più preciso, caso per caso):

$l_1 \pm \Delta l_1$ (mm)	$l_2 \pm \Delta l_2$ (mm)	$l_3 \pm \Delta l_3$ (mm)	$l_1 \pm \Delta l_1$ (mm)	$l_2 \pm \Delta l_2$ (mm)	$l_3 \pm \Delta l_3$ (mm)
<i>Stesso punto</i>	<i>Stesso punto</i>	<i>Stesso punto</i>	<i>Vari punti diff.</i>	<i>Vari punti diff.</i>	<i>Vari punti diff.</i>
<b>40.01</b>	19.71	27.140	40.04	19.62	27.08
40.03	19.80	<b>27.160</b>	40.03	19.65	27.08
<b>40.09</b>	<b>19.87</b>	27.150	<b>40.08</b>	19.61	27.09
40.07	19.78	<b>27.110</b>	<b>40.03</b>	<b>19.89</b>	<b>27.13</b>
40.04	19.76	27.130	40.04	<b>19.60</b>	<b>27.03</b>
Err. Ass.: $\pm 0.04$	Err. Ass.: $\pm 0.08$	Err. Ass.: $\pm 0.025$	Err. Ass.: $\pm 0.025$	Err. Ass.: $\pm 0.15$	Err. Ass.: $\pm 0.05$
Ventesimale dig.	Ventesimale dig.	Ventesimale dig.	Ventesimale dig.	Ventesimale dig.	Ventesimale dig.

### Valori usati per il calcolo del volume:

$l_1 \pm \Delta l_1$ (mm)	$l_2 \pm \Delta l_2$ (mm)	$l_3 \pm \Delta l_3$ (mm)
$40.05 \pm 0.04$	$19.75 \pm 0.15$	$27.095 \pm 0.065$

**Motivazione:** Sono stati forniti – per ciascuna delle tre dimensioni dell'oggetto O2 (misurate con lo strumento disponibile a precisione maggiore) – come valore della misura e valore dell'errore relativo (semiampiezza dell'intervallo) – rispettivamente – la semisomma (valor medio) e la semidifferenza (errore assoluto massimo) del valore massimo e del valore minimo tra quelli misurati per detta dimensione.

La scelta è giustificata dal fatto che tali errori sono da imputarsi ad eventuali asimmetrie costruttive dell'oggetto o a errori di misurazione, piuttosto che ad errori di sensibilità dello strumento o errori casuali, di entità ben minori.

### Volume dell'oggetto ed errore:

Volume dell'oggetto:  $V = 25837 \pm 260 \text{ mm}^3$

Errore relativo sul volume:  $\frac{\Delta V}{V} = 9.9 \times 10^{-3}$

Errore assoluto sul volume:  $\Delta V = 260 \text{ mm}^3$

### Massa dell'oggetto ed errore:

Massa dell'oggetto:  $m = 200.980 \pm 0.005 \text{ g}$

Errore relativo sulla massa:  $\frac{\Delta m}{m} = 2.5 \times 10^{-5}$

Errore assoluto sulla massa:  $\Delta m = 5.0 \times 10^{-3} \text{ g}$

### Densità dell'oggetto ed errore:

Densità dell'oggetto:  $\rho_m = \frac{m}{V} = m \cdot V^{-1} = 7.779 \times 10^{-3} \pm 7.8 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^3 \approx 7.779 \text{ Kg/dm}^3$

Errore relativo sulla densità:  $\frac{\Delta \rho_m}{\rho_m} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V} = 9.9 \times 10^{-3}$

Errore assoluto sulla densità:  $\Delta \rho_m = \rho_m \cdot \left( \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V} \right) = 7.7 \times 10^{-5} \text{ g/mm}^3$

### COMMENTI CONCLUSIVI:

I valori di densità calcolati per i due oggetti sono tra loro compatibili, nell'ipotesi secondo cui essi siano costituiti dal medesimo materiale.

All'analisi visiva e tattile, il materiale in esame risulta essere di natura metallica.

Pertanto, confrontando il valore di densità dei due corpi ( $\rho_m \approx 7.77 \text{ Kg/dm}^3$ ) con la densità di elementi metallici puri, quello avente densità più vicina al valore trovato risulta essere il ferro ( $\rho_m \approx 7.86 \text{ Kg/dm}^3$ ). Estendendo il confronto anche alle leghe metalliche contenenti ferro, la densità calcolata per il materiale risulta essere maggiormente compatibile con l'acciaio inossidabile al carbonio-cromo, classe eterogenea avente densità ( $\rho_m = 7.48 \div 8.00 \text{ Kg/dm}^3$ ).