

SPRAWOZDANIE Z LABORATORIUM FIZYKI 3.1			
Numer ćwiczenia	100A	Temat ćwiczenia	Wyznaczanie gęstości ciał stałych
Numer grupy	6	Termin zajęć	20.10.2016, 9:15
Skład grupy		Prowadzący	Ocena
Iwo Bujkiewicz, 226203 Bartosz Rodziewicz, 226105		Dr inż. Grzegorz Zatrzyb	

1. Cel ćwiczenia

- Zapoznanie się z podstawowymi narzędziami inżynierskimi (sposobem pomiaru oraz niedokładnościami przyrządów).
- Wyznaczenie gęstości badanego elementu.
- Analiza otrzymanych wyników i nauka pisania sprawozdań.

2. Spis przyrządów

- Śruba mikrometryczna
dokł. 0.01 mm
- Suwmiarka
dokł. 0.05 mm
- Waga
dokł. 0.01 g
- Menzurka
dokł. 1 cm³

3. Przebieg ćwiczenia

1. Kilukrotny pomiar wymiarów mierzonego elementu

Pomiary wewnętrznej średnicy d i wysokości H zostały wykonane za pomocą suwmiarki, a pomiary zewnętrznej średnicy D zostały wykonane za pomocą śruby mikrometrycznej.

Wyniki pomiarów znajdują się w tabelce poniżej:

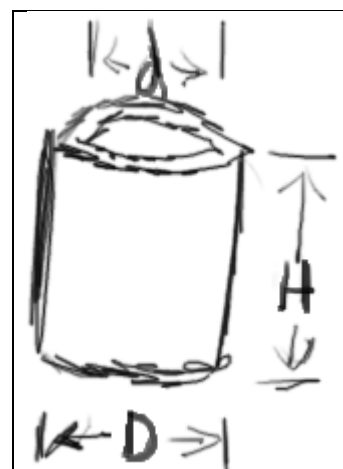
L.p.	d	H	D
	[mm]	[mm]	[mm]
1	12.05	46.95	15.99
2	12.00	46.85	16.00
3	12.00	46.90	16.01
4	12.10	46.95	16.01
5	12.00	46.90	16.01

2. Pomiar masy

Masa mierzonego elementu została zmierzona jeden raz i wynosiła 11.28 g.

3. Pomiar objętości

Objętość elementu została wyznaczona poprzez zanurzenie elementu w menzurce i z wodą i obliczenie ilości wypartej wody. Objętość wynosiła 5 cm³, a podziałka na menzurce była co 1 ml.



Rys.1
Szkic mierzonego elementu i oznaczenie jego wymiarów

4. Opracowanie wyników i niepewności pomiarowej

1. Pomiary bezpośrednie

a. Wartość średnia

L.p.	d	H	D
	[mm]	[mm]	[mm]
1	12.05	46.95	15.99
2	12.00	46.85	16.00
3	12.00	46.90	16.01
4	12.10	46.95	16.01
5	12.00	46.90	16.01
Śr.	12.03	46.91	16.004

Wartość średnia policzona zgodnie z wzorem 1.

Przykładowe obliczenia:

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i = \frac{1}{5} (12.05 + 12 + 12 + 12.1 + 12) = \mathbf{12.03}$$

b. Niepewności pomiarowe

	wartość	u_A	u_B	u
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
\bar{d}	12.03	0.02	0.03	0.04
\bar{H}	46.91	0.08	0.03	0.09
\bar{D}	16.004	0.018	0.006	0.019
m	11.28	-	0.006	0.006
V	5	-	0.6	0.6

Przykładowe obliczenia

(odpowiednio wz. 3, 4 i 5):

$$u_A(\bar{d}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{(12.05-12.03)^2 + (12-12.03)^2 + (12-12.03)^2 + (12.1-12.03)^2 + (12-12.03)^2}{4 \cdot 5}} = \sqrt{\frac{0.02^2 + (-0.03)^2 + (-0.03)^2 + 0.07^2 + (-0.03)^2}{20}} = \sqrt{\frac{0.008}{20}} = \sqrt{0.0004} = \mathbf{0.02}$$

$$u_B(d) = \frac{\Delta g}{\sqrt{3}} = \frac{0.05}{\sqrt{3}} \approx 0.0288675 \approx \mathbf{0.03}$$

$$u(\bar{d}) = \sqrt{u_A^2(\bar{d}) + u_B^2(\bar{d})} = \sqrt{0.02^2 + 0.03^2} \approx 0.036 \approx \mathbf{0.04}$$

Dla masy i objętości (jako że wykonaliśmy tylko jeden pomiar) liczymy tylko niepewność typu B i całkowita niepewność jest równa niepewności B.

$$u(V) = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial \bar{d}} u_c(\bar{d})\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \bar{D}} u_c(\bar{D})\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \bar{H}} u_c(\bar{H})\right)^2}$$

Wzór 6

Niepewność całkowita pomiaru pośredniego

2. Pomiary pośrednie

Poza bezpośrednim pomiarem objętości możemy objętość wyznaczyć również pośrednio

$$\text{ze wzoru } V = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 * H - \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * H = \frac{1}{4} * \pi * H * (D^2 - d^2).$$

$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$
Wzór 1 Wartość najbardziej prawdopodobna (średnia)
$u_A^{st}(d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}}$
Wzór 2 Odchylenie standardowe (niepewność pojedynczego pomiaru z próby statystycznej)
$u_A(d) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}}$
Wzór 3 Odchylenie standardowe od wartości średniej
$u_B(d) = \frac{\Delta g}{\sqrt{3}}$
Wzór 4 Niepewność przyrządu pomiarowego
$u(\bar{d}) = \sqrt{u_A^2(\bar{d}) + u_B^2(\bar{d})}$
Wzór 5 Niepewność całkowita pomiaru bezpośredniego

V	$u(\bar{d})$	$u(\bar{D})$	$u(\bar{H})$	$u(V)$
$[cm^3]$	$[cm]$	$[cm]$	$[cm]$	$[cm^3]$
4.105	0.004	0.009	0.0019	0.058

Obliczenia:

$$V(\bar{d}, \bar{D}, \bar{H}) = \frac{1}{4} * \pi * \bar{H} * (\bar{D}^2 - \bar{d}^2) = \frac{1}{4} * 46.91 * \pi * (256.128016 - 144.7209) = 0.25 * 111.407116 * 46.91 * \pi = 1306.52695289\pi \approx 4104.59 [mm^3] =$$

$$\mathbf{4.105 [cm^3]}$$

$$\frac{\partial V}{\partial \bar{d}} = \frac{1}{4} * \pi * H * (D^2 - 2d) \rightarrow 0.25 * \pi * 4.691 * (2.56128016 - 2.406) \approx 0.57$$

$$\frac{\partial V}{\partial \bar{D}} = \frac{1}{4} * \pi * H * (2D - d^2) \rightarrow \sim 6.48$$

$$\frac{\partial V}{\partial \bar{H}} = \frac{1}{4} * \pi * (D^2 - d^2) \rightarrow \sim 0.87$$

$$u(V) = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial \bar{d}} u_c(\bar{d})\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \bar{D}} u_c(\bar{D})\right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \bar{H}} u_c(\bar{H})\right)^2} =$$

$$\sqrt{(0.57 * 0.004)^2 + (6.48 * 0.009)^2 + (0.87 * 0.0019)^2} = \sqrt{0.003409153209} \approx$$

$$\mathbf{0.058 [cm^3]}$$

3. Wyznaczenie gęstości

Metoda	ρ	$u(m)$	$u(V)$	$u(\rho)$
	$[g/cm^3]$	$[g]$	$[cm^3]$	$[g/cm^3]$
V zm. bezp.	2.26	0.006	0.6	0.27
V zm. poś.	2.748	0.006	0.058	0.039

Przykładowe obliczenia:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{11.28}{4.105} \approx \mathbf{2.748 [g/cm^3]}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \bar{m}} = \frac{1}{V} \rightarrow 0.244$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \bar{V}} = \frac{-m}{V^2} \rightarrow \frac{-11.28}{16.851025} \approx -0.669$$

$$u(\rho) = \sqrt{(0.244 * 0.006)^2 + (-0.669 * 0.058)^2} = \sqrt{0.0015077385} \approx \mathbf{0.039}$$

4. Wnioski

- Nasze badanie potwierdza poprawność wzoru na objętość.
- Z powodu bardzo niedokładnego pomiaru bezpośredniego objętości (błąd względny – 20%) i w miarę dokładnego pomiaru wymiarów obiektu objętość wyznaczona pośrednio jest o wiele dokładniejsza niż wyznaczona bezpośrednio.
- Przy wyznaczaniu gęstości gęstość wyznaczona dwoma różnymi metodami się nie pokrywa i uważam, że jest to spowodowane dużą niedokładnością bezpośredniego wyznaczenia objętości, jak i nie uwzględnieniem w obliczeniach niedoskonałości figury (matematyczny wzór na objętość nie uwzględnia tego, że rzeczywisty walec nie jest walcem idealnym).
- Śruba mikrometryczna była niewygodna w użyciu w tym ćwiczeniu.