
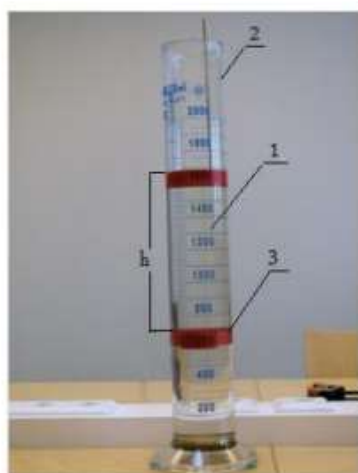


8. Wyznaczanie wsp. lepkości cieczy		
 Wrocław University of Science and Technology	Student: <i>Jakub Król</i> 226269	Data Laboratoriów: 30.11.2016r. g. 15:15 Wykonano: 01.12.2016r.
	Grupa laboratoryjna: E02-07an Grupa : VI	Prowadzący: <i>Dr inż. Eunika Zielony</i> Ocena:

Ogólny zarys zadania:

Obserwacja ruchu ciał spadających w stałym ośrodku
 Wyznaczenie współczynnika lepkości cieczy

Dane zgromadzono poprzez odczyty z układu:



Rys.1. Urządzenie do pomiaru współczynnika lepkości cieczy metodą Stokesa:

- 1 - ciecz
- 2 - cylinder szklany
- 3 - pierścienie
- h - odległość między pierścieniami

Do pomiarów użyto:

- **Stoper Casio**
 - Niepewność stopera: 0,01 [s]
 - Niepewność ludzka: 0,2 [s]
- **Miara Condor**
 - Niepewność: 1 [mm]
- **Śruba Mikrometryczna**
 - Niepewność: 0,01 [mm]
- **Areometr**
 - Niepewność: 0,01 [$\frac{g}{cm^3}$]
- **Waga**
 - Niepewność 0,00029 [g]

Przed przystąpieniem do pomiarów, zmierzono gęstość cieczy za pomocą areometru:

$$\delta_c = (1,26 \pm 0,01) \left[\frac{g}{cm^3} \right] - \text{przy panującej temperaturze: } 23 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Następnie ustalono i zmierzono drogę, którą będzie przebywać opadające ciało:

$$h = (20,0 \pm 0,1) [cm] = (0,200 \pm 0,001) [m]$$

Pomiary:

	lp.	Metalowa	Szklana	Czarna
Średnica kulek [mm]	1	6,44	8,43	5,37
	2	6,45	8,43	5,41
	3	6,45	8,60	5,38
	4	6,45	8,43	5,37
	5	6,45	8,57	5,39
	6	6,45	8,36	5,39
	7	6,45	8,05	5,43
	8	6,44	8,10	5,40
	9	6,42	8,30	5,42
	10	6,43	8,47	5,39
	Średnia:	6,44	8,37	5,40
	Masa [g]:	0,2980	0,6802	0,2342
	Gęstość [kg/m³]:	2127,9	2212	2848
	Niepewność [kg/m³]:	6,8	46	14

	Ub(d) [mm]	Ua(d) [mm]	U(d) [mm]
Metalowa	0,0058	0,0034	0,0067
Szklana	0,0058	0,058	0,058
Czarna	0,0058	0,0064	0,0086

	lp.	Metalowa	Szklana	Czarna
Czas spadania [s]	1	7,28	4,70	11,40
	2	7,30	4,68	11,39
	3	7,30	4,60	11,00
	4	7,20	4,51	11,40
	5	7,14	4,60	11,75
	6	7,09	4,51	11,75
	7	7,04	4,50	11,40
	8	6,94	4,46	11,40
	9	6,93	4,48	11,35
	10	7,03	4,49	11,37
	Średnia:	7,13	4,55	11,42

	Ub(t) [s]	Ua(t) [s]	U(t) [s]
Metalowa	0,12	0,045	0,13
Szklana	0,12	0,028	0,12
Czarna	0,12	0,068	0,14

Podsumowanie pomiarów:

- Metalowa:
 - Średnica: $(6,4400 \pm 0,0067)$ [mm]
 - Waga: $(0,2980 \pm 0,0002)$ [g]
 - Gęstość: $(2127,9 \pm 6,8)$ [$\frac{kg}{m^3}$]
 - Czas: $(7,13 \pm 0,13)$ [s]
- Szklana:
 - Średnica: $(8,370 \pm 0,058)$ [mm]
 - Waga: $(0,6802 \pm 0,0002)$ [g]
 - Gęstość: (2212 ± 46) [$\frac{kg}{m^3}$]
 - Czas: $(4,55 \pm 0,12)$ [s]
- Czarna:
 - Średnica: $(5,4000 \pm 0,0086)$ [mm]
 - Waga: $(0,2342 \pm 0,0002)$ [g]
 - Gęstość: (2848 ± 14) [$\frac{kg}{m^3}$]
 - Czas: $(11,42 \pm 0,14)$ [s]

Współczynnik lepkości gliceryny przy użyciu kulki metalowej, szklanej oraz czarnej wynosi kolejno: $0,70$ [Pa * s], $0,83$ [Pa * s], $1,44$ [Pa * s], a ich wartość uśredniona: $(0,99 \pm 0,40)$ [Pa * s]

Przykładowe obliczenia:

$$\bar{x} = \frac{6,44 + 6,45 + \dots + 6,42 + 6,43}{10} = 6,44 \text{ [mm]}$$

$$U_b(d) = \sqrt{\frac{\Delta p(d)^2}{3}} = \sqrt{\frac{0,01^2}{3}} = 0,0058 \text{ [mm]}$$

$$U_a(d) = \sqrt{\frac{(\bar{d} - d_1)^2 + \dots + (\bar{d} - d_{10})^2}{10 * 9}} = \sqrt{\frac{(6,44 - 6,44)^2 + \dots + (6,44 - 6,43)^2}{10 * 9}} = 0,0034 \text{ [mm]}$$

$$U(d) = \sqrt{U_a^2 + U_b^2} = \sqrt{0,0034^2 + 0,0058^2} = 0,0067 \text{ [mm]}$$

$$U_b(t) = \sqrt{\frac{\Delta p(t)^2}{3} + \frac{\Delta e(t)^2}{3}} = \sqrt{\frac{0,01^2}{3} + \frac{0,2^2}{3}} = 0,12 \text{ [s]}$$

$$U_a(t) = \sqrt{\frac{(\bar{t} - t_1)^2 + \dots + (\bar{t} - t_{10})^2}{10 * 9}} = \sqrt{\frac{(7,13 - 7,28)^2 + \dots + (7,13 - 7,03)^2}{10 * 9}} = 0,045 \text{ [s]}$$

$$U(t) = \sqrt{U_a^2 + U_b^2} = \sqrt{0,12^2 + 0,045^2} = 0,13 \text{ [s]}$$

$$\rho_k = \frac{6 * m}{\pi i * d^3} = \frac{6 * \left(\frac{0,2980}{1000}\right)}{3,14 * \left(\frac{6,44}{1000}\right)^3} = 2127,9 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

$$U(\rho_k) = \sqrt{\left(\frac{6}{\pi * d^3}\right)^2 * u^2(m) + \left(-\frac{18 * m}{\pi * d^4}\right)^2 * u^2(d)} = 6,8 \left[\frac{kg}{m^3}\right]$$

$$\eta = \frac{d^2 * g * t * (\rho_k - \rho_c)}{18 * h} = \frac{6,44}{1000} * 9,81 * 7,13 * (2127 - 1260)}{18 * 0,2} = 0,70 \text{ [Pa * s]}$$

Wnioski:

- Współczynnik lepkości gliceryny wyniósł: $0,99 [Pa \cdot s] = 990 [mPa \cdot s]$, przy $23^{\circ}C$. Porównując do danych literaturowych: $945 - 1499 [mPa \cdot s]$, w temperaturze $20 - 25^{\circ}C$. Jest to bardzo zbliżony wynik patrząc na niepewność wynoszącą: $0,40 [Pa \cdot s] = 400 [mPa \cdot s]$.
*Zródło: <https://www.fizyka.umk.pl/~lab2/tables/viscosit.html>
- Bardzo niepewną kulką była kulka szklana, gdyż patrząc na pomiary średnicy, można stwierdzić, że z jednej strony była spłaszczona co mogło fałszować wyniki.