

| | | | | | |
|---|---|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------------|
| Wydział: FiIS | Imię i nazwisko: 1. Piotr Moszkowicz 2. Wiktor Jasiński | | Rok: Drugi | Grupa: PN 14:40 | Zespół: 1 |
| PRACOWNIA FIZYCZNA WFiIS AGH | Temat: Współczynnik lepkości | | | | Nr ćwiczenia: 13 |
| Data wykonania: 25.03.2019 | Data oddania: 1.04.2019 | Zwrot do popr. 8.04.2019 | Data oddania: 15.04.2019 | Data zaliczenia | OCENA |

Ćwiczenie nr 13: Współczynnik lepkości

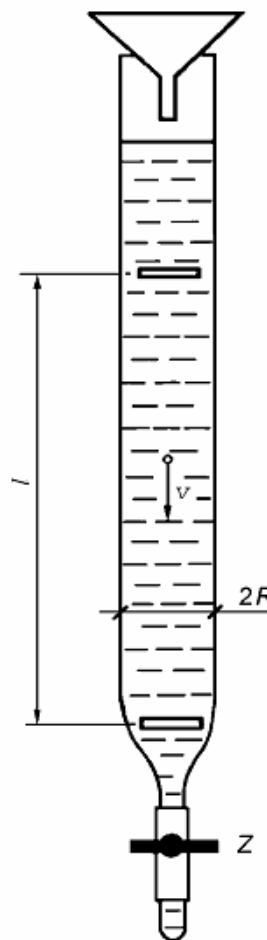
Cel ćwiczenia:

Wyznaczenie współczynnika lepkości gliceryny metodą Stokesa, zapoznanie się z własnościami cieczy lepkiej. [1]

1. Aparatura

1. Przyrząd do badania spadania kulki w cieczy (rys. w1)
2. Zestaw kulek
3. Śruba mikrometryczna
4. Suwmiarka
5. Waga cyfrowa

Rys. w1. Przyrząd do pomiaru współczynnika lepkości metodą Stokesa. (Z – zacisk służący do odzysku kulek)



2. Wykonanie ćwiczenia

1. Wybrane do pomiaru kulki należy dokładnie wytrzeć z resztek gliceryny, a następnie rozłożyć na arkuszu bibuły, jednocześnie nadając każdej z nich numer. Po wykonaniu jakiegokolwiek pomiaru, użyta kulka powinna zawsze zostać wytarta i odłożona na miejsce.
2. Zmierz średnice wszystkich wybranych kulek za pomocą śruby mikrometrycznej. Wyniki zapisz w Tabeli 1.
3. Zważ wszystkie kulki przy użyciu dostępnej wagi. Wyniki zapisz w Tabeli 1.
4. Ustaw na rurze dwa znaczniki w odległości około 80 cm tak, aby górny znacznik znajdował się co najmniej 20 cm poniżej poziomu cieczy w rurze. Zanotuj odległość znaczników w Tabeli 1.
5. Odczytaj wartość średnicy używanego cylindra. Dane wpisz do Tabeli 1.
6. Każdą z kulek należy wrzucić do rury, a następnie zmierzyć za pomocą stopera czas, w którym będzie ona opadała pomiędzy znacznikami. Wynik zapisz w Tabeli 1. Zwróć uwagę aby kulki opadały środkiem cylindra, a nie blisko ścianek oraz aby nie było do nich doczepionych pęcherzyków powietrza (wyjaśnij, dlaczego). Każdy pomiar, który nie spełnia powyższych wymogów należy powtórzyć.

7. Wyciągnij kulkę z cylindra poprzez kran umieszczony na jego dolnym końcu. Aby nie dopuścić do wylewania się gliceryny z cylindra należy posłużyć się zaciskaczem umieszczonym na wężyku. Gliceryna powinna ściekać do podstawionego pod wężykiem naczynia. Jeśli zachodzi potrzeba uzupełnienia gliceryny w cylindrze, należy przelać ją ostrożnie z naczynia lejąc po ściankach cylindra tak, aby wytworzyć jak najmniej pęcherzyków powietrza.
8. Po skończonych pomiarach należy zanotować temperaturę otoczenia, w której wykonywane było doświadczenie.

3 Wstęp teoretyczny

3.1 Lepkość

Właściwość płynów i plastycznych ciał stałych charakteryzująca ich tarcie wewnętrzne wynikające z przesuwania się względem siebie warstw płynu podczas przepływu (nie jest to natomiast opór przeciw płynięciu powstający na granicy płynu i ścianek naczynia, w warstwie granicznej.). [2]

3.2 Przepływ laminarny

Przepływ, który zachodzi przy małej prędkości, której prędkość graniczną możemy obliczyć na podstawie liczby Reynoldsa. Jest to przepływ uwarstwiony, w którym płyn w równoległych warstwach przepływa bez zakłóceń między nimi. [3]

3.3 Przepływ turbulentny

Przepływ, w którym jego parametry takie jak prędkość, ciśnienie i gęstość zmieniają się w sposób chaotyczny. [4]

3.4 Liczba Reynoldsa

Jedna z liczb podobieństwa stosowanych w mechanice płynów. Liczba ta pozwala oszacować występujący podczas ruchu płynu stosunek sił bezwładności do sił lepkości. [6] Wzór:

$$Re = \frac{v \cdot l \cdot \rho}{\eta} \quad (1)$$

3.5 Prawo Archimedesesa

Prawo Archimedesesa głosi, że na ciało (częściowo lub całkowicie) zanurzone w płynie (cieczy, gazie lub plazmie) działa pionowa, skierowana ku górze siła wyporu F_w , której wartość jest równa ciężarowi płynu wypartego przez to ciało [5]:

$$F_w = m_p \cdot g = \rho_g \cdot g \cdot V \quad (2)$$

gdzie:

m_p - masa wypieranego płynu
 ρ_g - gęstość płynu
 g - przyspieszenie ziemskie
 V - objętość wypieranego płynu

4 Wyniki pomiarów

Droga spadania kulki: $\Delta l = 820mm$

$u_b(\Delta l) = 2mm$

Średnica cylindra: $D = 39mm$

$u_b(D) = 2mm$

Temperatura: $T_{mp} = 21.5^\circ C$

$u_b(T_{mp}) = 1^\circ C$

Masa:

$u_b(m) = 0.001g$

Średnica:

$u_b(d) = 0.01mm$

Czas:

$u_b(t) = 0.01s$

| Nr. pomiaru | Nr. kulki | Średnia kulki d [mm] | Masa kulki m [g] | Czas spadku kulki Δt [s] | Wsp. lepkości η [Pa · s] |
|-------------|-----------|----------------------|------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 1 | 4.90 | 0.253 | 6.15 | 2.13 |
| 2 | 1 | 4.90 | 0.253 | 6.19 | 2.15 |
| 3 | 1 | 4.90 | 0.253 | 6.25 | 2.17 |
| 4 | 1 | 4.90 | 0.253 | 6.14 | 2.13 |
| 5 | 1 | 4.90 | 0.253 | 6.19 | 2.15 |
| 6 | 2 | 3.98 | 0.175 | 7.66 | 2.16 |
| 7 | 2 | 3.98 | 0.175 | 7.53 | 2.16 |
| 8 | 2 | 3.98 | 0.175 | 7.54 | 2.15 |
| 9 | 2 | 3.98 | 0.175 | 7.59 | 2.16 |
| 10 | 2 | 3.98 | 0.175 | 7.56 | 2.17 |
| 11 | 3 | 3.96 | 0.110 | 9.68 | 2.60 |
| 12 | 3 | 3.96 | 0.110 | 9.69 | 2.56 |
| 13 | 3 | 3.96 | 0.110 | 9.75 | 2.56 |
| 14 | 3 | 3.96 | 0.110 | 9.72 | 2.58 |
| 15 | 3 | 3.96 | 0.110 | 9.60 | 2.57 |
| 16 | 4 | 4.88 | 0.254 | 6.12 | 2.07 |
| 17 | 4 | 4.88 | 0.254 | 6.12 | 2.09 |
| 18 | 4 | 4.88 | 0.254 | 6.10 | 2.07 |
| 19 | 4 | 4.88 | 0.254 | 6.12 | 2.08 |
| 20 | 4 | 4.88 | 0.254 | 6.15 | 2.09 |
| 21 | 5 | 4.98 | 0.259 | 9.68 | 1.71 |
| 22 | 5 | 4.98 | 0.259 | 9.69 | 1.71 |
| 23 | 5 | 4.98 | 0.259 | 9.75 | 1.72 |
| 24 | 5 | 4.98 | 0.259 | 9.72 | 1.72 |
| 25 | 5 | 4.98 | 0.259 | 9.60 | 1.70 |

Tabela 1: Wyniki pomiarów i obliczonych wartości η dla kolejnych kulek

| Nr. kulki | Wsp. lepkości η [Pa · s] |
|-----------|-------------------------------|
| 1 | 2.14 |
| 2 | 2.16 |
| 3 | 2.57 |
| 4 | 2.08 |
| 5 | 1.71 |

Tabela 2: Wartości średnia współczynnika lepkości dla każdej z kulek

Wartość średnia współczynnika lepkości $\eta = 2.13Pa \cdot s$

Niepewność typu A: $u_A(\eta) = 0.28Pa \cdot s$

Niepewność złożona typu B:

$$u_c(\eta) = \sqrt{\left[\frac{\partial \eta}{\partial m} \cdot u(m)\right]^2 + \left[\frac{\partial \eta}{\partial \rho} \cdot u(\rho)\right]^2 + \left[\frac{\partial \eta}{\partial d} \cdot u(d)\right]^2 + \left[\frac{\partial \eta}{\partial g} \cdot u(g)\right]^2 + \left[\frac{\partial \eta}{\partial t} \cdot u(t)\right]^2 + \left[\frac{\partial \eta}{\partial l} \cdot u(l)\right]^2 + \left[\frac{\partial \eta}{\partial D} \cdot u(D)\right]^2} = 0.16Pa \cdot s$$

Przy liczeniu niepewności rozszerzonej ustalamy $k = 2$, oraz mnożymy u_A , gdyż jest większe.

Niepewność rozszerzona: $U(\eta) = 2 \cdot u_A(\eta) = 0.56 \text{ Pa} \cdot \text{s}$

Prędkość spadania kulki nr. 4 $v = \frac{\Delta l}{\Delta t} = 133.33 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$

Niepewność złożona typu B: $u_b(v) = \sqrt{[\frac{\partial v}{\partial l} \cdot u(l)]^2 + [\frac{\partial v}{\partial t} \cdot u(t)]^2} = 2.182 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$

Niepewność rozszerzona: $U(v) = 2 \cdot u_b(v) = 4.36 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$

Liczba Reynoldsa dla kulki nr. 4: $R = 0.39$ (obliczona ze wzoru 1)

Niepewność złożona typu B: $u_b(R) = \sqrt{[\frac{\partial R}{\partial v} \cdot u(v)]^2 + [\frac{\partial R}{\partial l} \cdot u(l)]^2 + [\frac{\partial R}{\partial \rho} \cdot u(\rho)]^2 + [\frac{\partial R}{\partial \eta} \cdot u(\eta)]^2} = 0.0307$

Niepewność rozszerzona: $U(R) = 2 \cdot u_b(R) = 0.062$

5 Wyniki

Zgodnie z informacjami zamieszczonymi poniżej nasz pomiar biorąc pod uwagę niepewność pomiarową jest zgodny z wartością tablicową:

$$\begin{aligned} |\eta - \eta_{dosw}| &< u(\eta) \\ |1.945 - 2.13| &< 0.32 \\ 0.185 &< 0.32 \end{aligned}$$

| Wsp. lepkości η [Pa · s] | Niepewność rozszerzona $U(\eta)$ [Pa · s] |
|-------------------------------|---|
| 2.13 | 0.56 |

Tabela 3: Zestawienie wyników

6 Bibliografia

- [1] http://www.fis.agh.edu.pl/~pracownia/fizyczna/cwiczenia/13_wykon.pdf
- [2] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Lepko%C5%9B%C4%87>
- [3] https://pl.wikipedia.org/wiki/Przep%C5%82yw_laminarny
- [4] <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/przeplyw-turbulentny;3963563.html>
- [5] https://pl.wikipedia.org/wiki/Prawo_Archimedes
- [6] https://pl.wikipedia.org/wiki/Liczba_Reynoldsa