|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| POLITECHNIKA LUBELSKA  Wydział Elektrotechniki i Informatyki  Informatyka (IIST) | **Labolatorium fizyki**  **Prowadzący: mgr inż. Jakub Grotel** | | |
| Nazwisko i Imię | Semestr  II | Rok akademicki  2022/2023 | Grupa:  IIST 2.5  GL 9 |
| 1. |
| Data wykonania ćwiczenia:  27.03 | Nr dośw.:  MC9.1 |
| Temat ćwiczenia:  **Wyznaczanie współczynnika lepkości dynamicznej metodą Stokes’a** | | Data oddania sprawozdania:  31.03 | OCENA: |

1. **Cel i zakres ćwiczenia**

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie współczynnika lepkości dynamicznej cieczy poprzez zbadanie spadku kul w danej cieczy, podczas ćwiczenia niezbędna jest znajomość prawa Stokesa i definicji lepkości cieczy.

1. **Opis badanego zjawiska fizycznego**

Metoda Stokes'a służy do wyznaczania współczynnika lepkości dynamicznej cieczy. Polega ona na obserwacji ruchu kuli w płynie z określoną prędkością. Jeśli ciało kuliste o promieniu r porusza się przez płyn o lepkości dynamicznej η z prędkością v, to siła oporu, którą płyn wywiera na ciało, jest proporcjonalna do prędkości ruchu i promienia kulki, a odwrotnie proporcjonalna do lepkości cieczy. Wzór:

Wyznaczenie współczynnika lepkości dynamicznej cieczy powyższą metodą polega na pomiarze prędkości spadku kuli w cieczy. Im większa jest lepkość cieczy, tym wolniej spada kula, a siła oporu będzie większa. Metoda jest dokładna dla małych prędkości kul dla laminarnego przepływu cieczy.

Bezpośrednio podczas obliczeń zostaną wykorzystane następujące wzory:  
Wzór na gęstość materiału kulek ρk: gdzie: m – masa N kulek, r – średni promień kulki

Wzór na współczynnik lepkości dynamicznej ηi:

r - promień kulki, ρk, ρc - gęstość materiału kulek i gęstość cieczy, t - czas ruchu jednostajnego,   
s - droga w ruchu jednostajnym, R - promień wewnętrzny cylindra (średni),   
g - przyspieszenie ziemskie.

1. **Stanowisko pomiarowe**

W skład stanowiska pomiarowego wchodzi:

- suwmiarka (0,02 mm)

- mikrometr (0,01 mm)

- waga elektroniczna (0,01 g)

- stoper (0,01 s)

- miarka (1mm)

Oraz cylinder szklany wypełniony olejem w którym opada kulka.

1. **Wyniki ćwiczenia**

Tabela 1 Pomiary danych niezbędnych do obliczenia współczynnika lepkości dynamicznej

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L.p. | s[m] | D[m] | R[m] | d[m] | r[m] | t[s] | ρk [kg/m3] | ρc [kg/m3] | ηi [Pa·s] |
| 1 | 0,355 | 0,0582 | 0,058014 | 0,0058 | 0,0029 | 6,34 | 1249,157447 | 881,2 | 0,1075 |
| 2 | 0,058 | 0,00594 | 0,00297 | 5,15 | 0,0914 |
| 3 | 0,0581 | 0,00598 | 0,00299 | 7 | 0,1258 |
| 4 | 0,058 | 0,00592 | 0,00296 | 5,91 | 0,1042 |
| 5 | 0,0583 | 0,00553 | 0,002765 | 6,87 | 0,1065 |
| 6 | 0,05766 | 0,00597 | 0,002985 | 6,82 | 0,1222 |
| 7 | 0,05812 | 0,00587 | 0,002935 | 6,66 | 0,1156 |
| 8 | 0,0581 | 0,00589 | 0,002945 | 7,56 | 0,132 |
| 9 | 0,05764 | 0,00598 | 0,00299 | 6,81 | 0,1224 |
| 10 | 0,05802 | 0,00594 | 0,00297 | 5,38 | 0,0955 |
| średnia: |  |  |  |  | 0,002941 |  |  |  | 0,1123 |

Tabela 2 Dane wykorzystane do obliczeń w Tabeli 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| N | masa N kulek [g] | masa N kulek[kg] | ρk | średnie r | π | g[] |
| 100 | 13,31 | 0,01331 | 1249,157 | 0,002941 | 3,1415 | 9,80665 |

Przykładowe obliczenia:

1. **Wyznaczanie niepewności pomiaru**

Tabela 3 Wyznaczanie niepewności pomiaru

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L.p. |  | η [Pa·s] |  |  |  |  | Δη | η[%] |
| 1 |  | 0,1075 | 1267,17633 | 8,6221995 | 0,01696159 | 0,212257743 | 0,016463199 | 1,53 |
| 2 |  | 0,0914 | 1051,258563 | 7,1728953 | 0,01774443 | 0,17911843 | 0,01443238 | 1,58 |
| 3 |  | 0,1258 | 1437,380415 | 9,8152201 | 0,01797097 | 0,246080878 | 0,018413419 | 1,46 |
| 4 |  | 0,1042 | 1202,809494 | 8,2037044 | 0,01763163 | 0,204448197 | 0,015951593 | 1,53 |
| 5 |  | 0,1065 | 1316,233404 | 8,9080508 | 0,01549644 | 0,21302368 | 0,016647426 | 1,56 |
| 6 |  | 0,1222 | 1398,353659 | 9,5468373 | 0,01791422 | 0,23911452 | 0,018003731 | 1,47 |
| 7 |  | 0,1156 | 1345,332871 | 9,1667027 | 0,01735105 | 0,227292973 | 0,017342676 | 1,5 |
| 8 |  | 0,132 | 1531,731196 | 10,440899 | 0,01746304 | 0,259414497 | 0,019264847 | 1,46 |
| 9 |  | 0,1224 | 1398,365804 | 9,5488069 | 0,01797097 | 0,23940154 | 0,018016061 | 1,47 |
| 10 |  | 0,0955 | 1098,207974 | 7,4932382 | 0,01774443 | 0,187117894 | 0,014910514 | 1,56 |

Przykładowe obliczenia:

Δη

η[%] =

Δη =

**Wnioski**

Pomiar lepkości dynamicznej metodą Stokes’a jest nieskomplikowanym technicznie zadaniem. Dużo trudniejsze jest stojąca za nim wiedza teoretyczna oraz obliczenia wraz z wyprowadzaniem wzorów. Ćwiczenie wykazało że średnia lepkość dynamiczna oleju wynosi 0,1123 [Pa·s].