Ćw. 8 Wyznaczanie współczynnika lepkości cieczy na podstawie prawa Stokesa

Anna Kępowicz 280514, Alina Lenart 280588, data wykonania: 18.04.2024r., grupa nr 7,

prowadzący: mgr inż. Karolina Ciesiołkiewicz

1. **Wstęp teoretyczny**

Celem ćwiczenia była obserwacja ruchu ciał spadających w ośrodku ciągłym oraz wyznaczenie współczynnika lepkości cieczy.

Lepkość lub tarcie wewnętrzne występuje, gdy siły styczne przeciwdziałają przemieszczeniu się części ciała względem siebie. Powstaje ono z powodu ruchów cieplnych cząsteczek oraz sił międzycząsteczkowych. Siła tarcia wewnętrznego między warstwami cieczy powoduje, że poruszająca się warstwa pociąga za sobą sąsiadujące warstwy, hamując je, zwłaszcza im ciecz jest bardziej lepka. To zjawisko odgrywa istotną rolę podczas przepływu cieczy i ruchu ciała stałego w cieczy.

Lepkość, podobnie jak dyfuzja i przewodnictwo cieplne, jest zjawiskiem transportu, gdzie transport pędu między warstwami cieczy o różnych prędkościach zachodzi dzięki oddziaływaniom międzycząsteczkowym. Ten proces sprzyja wyrównywaniu się prędkości w całym strumieniu przepływającej cieczy.

Lepkość cieczy można wyznaczyć ze wzoru:

gdzie:

*d* – średnica kulki

*g* – przyspieszenie ziemskie

*t* – czas ruchu kulki

– gęstość kulki

– gęstość cieczy

*h* – droga przebyta przez kulkę

Prawo Stokesa opisuje opór, jaki napotyka ciało stałe poruszające się w ośrodku ciekłym. Mechanizm tego zjawiska polega na tym, że warstwa cieczy przylegająca do powierzchni poruszającego się ciała "pociąga" za sobą pozostałe warstwy cieczy, co wynika z lepkości cieczy. W efekcie wypadkowa siła oporu działa przeciwnie do kierunku ruchu ciała.

Empirycznie ustalono, że dla małych prędkości siła oporu jest wprost proporcjonalna do wartości prędkości 𝑣, zależy od charakterystycznego wymiaru liniowego ciała 𝑙, oraz od współczynnika lepkości cieczy 𝜂.

1. **Wyniki i obliczenia**

Wykorzystane przyrządy:

Areometr, którym zmierzono gęstość cieczy:

Waga, którą zmierzono masę:

Śruba mikrometryczna, którą zmierzono średnicę:

Linijka z podziałką milimetrową, którą zmierzono drogę przebytą przez kulki:

Stoper, którym zmierzono czas: , dokładność eksperymentatora:

Wyniki pomiarów dla kulki niebieskiej:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | m [10-3 kg] | d [10-3 m] | h [m] | t [s] | ρk [kg/m3] | ρc [kg/m3] | η [Ns/m2 ] |
| 1 | 0,427 | 7,39 | 0,443 | 26,49 | 2021 | 1260 | 1,353 |
| 2 | 7,34 | 26,10 | 2062 | 1,387 |
| 3 | 7,37 | 26,12 | 2037 | 1,356 |
| 4 | 7,39 | 26,06 | 2021 | 1,331 |
| 5 | 7,41 | 26,29 | 2004 | 1,321 |
| 6 | 7,42 | 26,23 | 1996 | 1,308 |
| 7 | 7,45 | 25,89 | 1972 | 1,259 |
| 8 | 7,36 | 25,67 | 2046 | 1,343 |
| 9 | 7,38 | 25,92 | 2029 | 1,335 |
| 10 | 7,42 | 25,56 | 1996 | 1,274 |
| x̅ |  | 7,393 |  | 26,03 | 2018 |  | 1,327 |
| ΔX | 0,002 | 0,01 | 0,001 | 0,01 |  | 5 |  |
| u(X) | 0,0012 | 0,012 | 0,00058 | 0,31 |  | 2,9 |  |
| uc(x) |  |  |  |  | 12 |  |  |

Wyniki pomiarów dla kulki szarej:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | m [10-3 kg] | d [10-3 m] | h [m] | t [s] | ρk [kg/m3] | ρc [kg/m3] | η [Ns/m2 ] |
| 1 | 0,298 | 5,65 | 0,443 | 13,17 | 3156 | 1260 | 0,980 |
| 2 | 5,78 | 13,21 | 2947 | 0,916 |
| 3 | 5,71 | 13,04 | 3057 | 0,940 |
| 4 | 5,73 | 13,23 | 3025 | 0,943 |
| 5 | 5,76 | 13,87 | 2978 | 0,972 |
| 6 | 5,73 | 13,82 | 3025 | 0,985 |
| 7 | 5,72 | 13,64 | 3041 | 0,978 |
| 8 | 5,69 | 13,53 | 3089 | 0,986 |
| 9 | 5,64 | 13,23 | 3172 | 0,989 |
| 10 | 5,76 | 13,69 | 2978 | 0,959 |
| x̅ |  | 5,717 |  | 13,443 | 3047 |  | 0,965 |
| ΔX | 0,002 | 0,01 | 0,001 | 0,01 |  | 5 |  |
| u(X) | 0,0012 | 0,016 | 0,00058 | 0,31 |  | 2,9 |  |
| uc(x) |  |  |  |  | 29 |  |  |

Wyniki pomiarów dla kulki białej:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | m [10-3 kg] | d [10-3 m] | h [m] | t [s] | ρk [kg/m3] | ρc [kg/m3] | η [Ns/m2 ] |
| 1 | 0,483 | 7,64 | 0,443 | 17,92 | 2069 | 1260 | 1,04011704 |
| 2 | 7,61 | 17,54 | 2093 | 1,04076323 |
| 3 | 7,59 | 17,35 | 2110 | 1,04447788 |
| 4 | 7,62 | 18,02 | 2085 | 1,06146663 |
| 5 | 7,58 | 18,23 | 2118 | 1,10533439 |
| 6 | 7,58 | 17,97 | 2118 | 1,08956988 |
| 7 | 7,62 | 17,86 | 2085 | 1,05204184 |
| 8 | 7,65 | 18,12 | 2061 | 1,0439151 |
| 9 | 7,64 | 18,34 | 2069 | 1,06449479 |
| 10 | 7,59 | 17,98 | 2110 | 1,08240416 |
| x̅ |  | 7,612 |  | 17,93 | 2092 |  | 1,06245849 |
| ΔX | 0,002 | 0,01 | 0,001 | 0,01 |  | 5 |  |
| u(X) | 0,0012 | 0,011 | 0,00058 | 0,31 |  | 2,9 |  |
| uc(x) |  |  |  |  | 12 |  |  |

Przykładowe obliczenia:

W obliczeniach przyjęto:

Niepewność wagi:

Średnica kulki:

Niepewności średnicy kulki:

Niepewność drogi przebytej przez kulki:

Czas spadania kulki:

Niepewności czasu spadania kulki:

Niepewność Aerometru:

Gęstość kulki:

Niepewność gęstości kulki:

Współczynnik lepkości cieczy:

Niepewność lepkości cieczy:

Średni współczynnik lepkości cieczy:

Niepewność średniego współczynnika lepkości cieczy:

1. **Wnioski**

Podczas wykonywania ćwiczenia zaobserwowano, że kulki spadające w ośrodku ciągłym poruszały się ruchem jednostajnym.

Lepkość badanej cieczy wynosi około:

Porównując otrzymaną wartość z wartościami tablicowymi oraz mając na uwadze takie aspekty jak niepewności pomiarowe, wynikające m. in. z dokładności przyrządów, różnicy w pomiarach czasu ze względu na czas reakcji wykonujących doświadczenie, ale także biorąc pod uwagę barwę cieczy można wywnioskować, że badaną cieczą była gliceryna, której lepkość

w wynosi:

natomiast w :