

Instrukcja do ćwiczenia nr 8**WŁAŚCIWOŚCI CIECZY****1. Cel ćwiczenia**

Zapoznanie się z wybranymi zagadnieniami dotyczącymi mikrostruktury materii, w szczególności:
zjawisk powierzchniowych cieczy - wyznaczenie współczynnika napięcia powierzchniowego
ruchu w lepkich ośrodkach ciągłych - wyznaczenie współczynnika lepkości cieczy
Wyznaczenie gęstości cieczy oraz

2. Zagadnienia do przygotowania

Oddziaływania międzycząsteczkowe (spójność, przyleganie menisk, włoskowatość)

Mechanizmy zjawisk powierzchniowych w cieczach: napięcie powierzchniowe, menisk, włoskowatość,
prawo Laplace'a, ciśnienie pod zakrzywioną powierzchnią.

Ciecze zwilżające i niezwilżające, oddziaływanie międzycząsteczkowe (spójność, przyleganie).

Zależność napięcia powierzchniowego od temperatury.

Metody pomiaru:

napięcia powierzchniowego: stalagmometryczna, wzniesienia włoskowatego.

lepkości - Stokesa

Obsługa wagi analitycznej

Napięcie powierzchniowe**3. Opis ćwiczenia i przyrządy pomiarowe**

W ćwiczeniu wykorzystane zostaną:

1. Dwie badane ciecze- woda i gliceryna
2. Kapilary
3. Szalki Petriego
4. Stalagmometr - pionowa rurka z kulistym zbiornikiem zakończona kapilarą
5. Waga (**przed przystąpieniem do ważenia należy obowiązkowo zapoznać się z załączoną instrukcją obsługi wagi!**)

Wypadkową siłę napięcia powierzchniowego mierzymy pośrednio, mierząc ciężar kropli cieczy odrywającej się od kapilary (metoda stalagmometryczna) lub wysokość słupka cieczy wypełniającej kapilarę (metoda wzniesienia włoskowatego).

4. Przebieg ćwiczenia

4.1. Delikatnie połóż spinacz na powierzchnię wody w zlewce. Co widzisz? Zapisz obserwacje i zastanów się jakie są przyczyny obserwowanego zjawiska.

4.2. Dokonaj pomiaru napięcia powierzchniowego metodą wzniesienia włoskowatego.

1. Wodę i badane ciecze nalać do małych szalek Petriego.
2. Zanurzyć kapilarę pionowo minimalnie do wody

(**UWAGA:** Jeśli kapilary są dłuższe niż 3 cm przełamać je, do powierzchni dotykamy gładkim końcem)

- głębokość zanurzenia powinna być w przybliżeniu równa 0,
- trzymać kapilarę w tej pozycji do momentu ustalenia się słupka wody w kapilarze.

3. Wyjąć kapilarę i zmierzyć wysokość słupka (h).
4. Czynność 1-3 powtórzyć 5 razy. Te same czynności powtórzyć z gliceryną.
5. Wyniki zebrać w tabeli

Wysokość słupka cieczy [mm]			
Lp.	Woda	Gliceryna	Woda + detergent

- Zużyte kapilary należy składać do osobnego pojemnika.
- Zanotować wartość temperatury otoczenia.

4.3. Dokonaj pomiaru napięcia powierzchniowego metodą stalagmometryczną.

- Zważyć suche szalki Petriego - m_s .
- Stalagmometr napełnić cieczą. Pod kapilarę stalagmometru podstawić kolbkę z badaną cieczą, zanurzyć w niej rurkę stalagmometru i za pomocą strzykawki wciągnąć do niego ciecz do ok. 3/4 objętości bańki (strzykawki można wyjmować z wężyków).
- Pod kapilarę stalagmometru podstawić zważoną szalkę Petriego. Zdjąć strzykawkę z wężyka i zaciskając palcami wężyk regulować dopływ powietrza do układu tak, aby można było dokładnie liczyć spadające do szalki krople. Do szalki należy zebrać 30 kropli badanej cieczy.
- Zważyć naczynia z cieczą - m_c
- Wykonać po cztery pomiary dla wody i gliceryny, wyniki zapisać w tabelce wg wzoru poniżej.

	Woda	Gliceryna
m_s		
m_{c1}		
...		
m_{c4}		

- Ciecze z szalek wlać z powrotem do odpowiednich kolbek.

4.4. Poniżej podane są przykłady występowania napięcia powierzchniowego w naturze. Zapoznaj się z nimi.

- Mycie i pranie: aby woda mogła wnikać między brud a przedmiot myty, obniżamy jej napięcie powierzchniowe przy użyciu mydła lub detergentu. A więc mydło nie myje, lecz ułatwia mycie wodzie!
- Płomień świecy i lampki oliwnej jest zasilany paliwem dzięki zjawisku włoskowatości w knocie - zjawisko to zachodzi dzięki napięciu powierzchniowemu.
- Bardzo czystą ciecz można przegrzać powyżej temperatury wrzenia, bo napięcie powierzchniowe ściska małe pęcherzyki gazu, co utrudnia rozpoczęcie wrzenia.
- Włosy pędzla zwilżonego cieczą zbierają się razem dzięki napięciu powierzchniowemu, co pozwala na przykład precyzyjnie kaligrafować chińskie pismo.
- Krople deszczu zawdzięczają swój kształt przede wszystkim napięciu powierzchniowemu.
- Drukarki atramentowe straciłyby na precyzji bez napięcia powierzchniowego, które zapobiega rozpryskiwaniu się małych kropelek atramentu.
- Tkaniny i membrany wodoodporne nie działałyby bez napięcia powierzchniowego, które utrudnia wodzie przenikanie przez bardzo małe pory w tych materiałach.
- Pająk topik nie mógłby żyć pod wodą nie mogąc gromadzić powietrza w podwodnym dzwonie z pajęczyny - bez napięcia powierzchniowego powietrze uciekłoby.

5. Opracowanie wyników

5.1. Metoda wzniesienia włoskowatego

1. Obliczyć średnią wysokość słupka wody i średnią wysokość słupka gliceryny w kapilarze;
2. Otrzymane wartości podstawić do wzoru (Wyprowadzić jednostkę !):

$$\sigma = \frac{1}{2} r \rho g h$$

$\rho_{\text{wody}} = 998.23 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{cieczy}} = 1260 \text{ kg/m}^3$ w temp. = 20°C, promień rurki = 0.7 mm, g - przyspieszenie ziemskie, h - średnia wysokość słupka cieczy

5.2. Metoda stalagmometryczna

1. Obliczyć masę jednej kropli badanej cieczy korzystając ze wzorów:

$$m_i = \frac{m_c - m_s}{30} \qquad m = \frac{\sum m_i}{4}$$

2. Uzupełnić tabelę:

	Woda	Gliceryna
$m_s[g]$		
$m_{c1}[g]$		
...		
$m_{c4}[g]$		
$m [g]$		

3. Obliczyć napięcie powierzchniowe wody i gliceryny podstawiając do wzoru uzyskane dane (Wyprowadzić jednostkę!):

$$\sigma = \frac{mgk}{R}$$

dla H₂O - R = 3 mm; dla gliceryny - R = 2.8 mm, k - odczytać z tablicy (lub wykresu) dla odpowiedniego V/R³

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Dla obu metod pomiarowych wyliczyć wartość napięcia powierzchniowego badanych cieczy i **porównać otrzymane wyniki z danymi tablicowymi**. Jeśli występują różnice należy podać ich przypuszczalne przyczyny. Porównać dokładność obu metod. Ocenąć niepewności pomiarów. Wyniki przedstawić w tabeli ($\sigma \pm \Delta\sigma$):

Wartość napięcia powierzchniowego

	Woda destylowana	Gliceryna	Woda + detergent
Tabelaryczna			
Metodą wzniesienia włoskowatego			
Metodą stalagmometryczną			

Lepkość cieczy

1. Opis doświadczenia i przyrządów.

Układ pomiarowy składa się ze szklanej rury wypełnionej badaną cieczą (wodą, gliceryną). Rury zamocowane są na statywach. Na każdym cylindrze umieszczone są wskaźniki odniesienia dla pomiaru drogi l , jaką przebywa spadająca kulka. Mierząc prędkość ruchu jednostajnego możemy wyznaczyć współczynnik lepkości. Wzór, z którego należy skorzystać ma postać:

$$\eta = \frac{2 \cdot \bar{r}^2 \cdot g \cdot (\rho_k - \rho_c)}{9 \cdot v},$$

gdzie: gęstość kulki :

$$\rho_k = \frac{m}{V} = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi \cdot r^3} = \frac{3m}{4\pi \cdot \bar{r}^3}$$

m - masa kulki - średnia wartość podana jest na pojemniczku

ρ_c - gęstość cieczy wyznaczana jest w dalszej części ćwiczenia.

$v = l/t$ - prędkość opadania kulki

g - przyspieszenie ziemskie

r - promień kulki

2. Pomiary.

1. Zmierzyć drogę l (między zaznaczonymi poziomami), jaką przebywa kulka.
2. Wykonać pomiar średnicy ($2r$) kulki przy użyciu śruby mikrometrycznej. Pomiar wykonać kilka razy i wyznaczyć średnią wartość $\bar{r}$ i ocenić błąd Δr - Używamy jednej kulki dla danej cieczy.
3. Uzupełnić tabelę (opisz symbole, wstaw wartości liczbowe oraz odpowiednią jednostkę w nawiasach kwadratowych):

WIELKOŚĆ FIZYCZNA	Symbol [jednostka]	H ₂ O	GLICERYNA
	r []		
		...	...
	$\bar{r}$ []		
	Δr []		
	l []		
	Δl []		

4. Wrzucić kulkę do cylindra z cieczą. Zadbać o to, żeby kulka wpadła do cieczy w środku przekroju cylindra tak, aby ruch kulki odbywał się w możliwie jak największej odległości od ścian cylindra.

5. Zmierzyć czas jej opadania kulki między zaznaczonymi poziomami (pomiar powtórzyć co najmniej 6 razy).

Uwaga: Ze względu na zawirowania cieczy powstające podczas ruchu łapy do wyjmowania kulki (szczególnie w glicerynie) pomiary wykonywać naprzemiennie w wodzie i glicerynie. Kulkę wyjąć z cylindra bezpośrednio po odczytaniu czasu opadania. Następny pomiar można wykonać po ustaniu zawirowań cieczy.

3. Opracowanie wyników.

1. Na podstawie zmierzonych wartości czasu opadania kulki i długości przebytej drogi wyznaczamy prędkość kulki (NIE UŚREDNIAMY CZASU!!! Dla każdego czasu liczymy prędkość i współczynnik lepkości. Uśrednienie wartości współczynnika lepkości wykonujemy na końcu).

2. Jako błąd pomiaru wartości l przyjąć błąd systematyczny (dokładność przyrządu). Za wartość przyspieszenia ziemskiego przyjąć wartość literaturową dla Torunia. Błąd współczynnika lepkości obliczamy korzystając ze wzoru na odchylenie standardowe.

3. Wykorzystując uzyskane wartości uzupełniamy tabelę dla każdej z badanych cieczy:

WIELKOŚĆ FIZYCZNA								
SYMBOL	$\bar{r}$	l	t	v	η	$\bar{\eta} \pm \Delta\eta$	ρ_{bezwzgl}	ρ_{wzgl}
JEDNOSTKA	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
WARTOŚĆ LICZBOWA								

2. WYZNACZANIE GĘSTOŚCI CIECZY

1. Opis doświadczenia i przyrządów.

W drugiej części zadania należy wyznaczyć gęstość bezwzględną wody, roztworu NaCl i gliceryny za pomocą areometru oraz gęstość względną roztworu NaCl za pomocą piknometru.

Areometr jest to szklana rurka odpowiednio obciążona w dolnej części. Górna jej część jest zwężona i zaopatrzona w skalę. Piknometr to szklane naczynie zamykane dokładnie dopasowanym korkiem, w którym umieszczony jest termometr do mierzenia w czasie pomiarów temperatury cieczy. Z boku piknometru jest ramię, przez które przy zamykaniu go wypływa nadmiar cieczy. W ćwiczeniu zamiast piknometru wykorzystuje się kolbkę ze szlifowanym korkiem, stąd konieczne jest, aby woda i badana ciecz, którymi wypełniane są kolbki miały jednakową temperaturę. Zasada pomiaru polega na wyznaczeniu masy wody i masy badanej cieczy o objętości równej objętości wewnętrznej piknometru w jednakowej temperaturze.

Do obliczenia gęstości względnej cieczy wykorzystujemy wzór:

$$\tilde{\rho} = \frac{m_c - m_o}{m_w - m_o},$$

gdzie m_o – masa pustej kolbki

m_c – masa kolbki z badaną cieczą

m_w – masa kolbki z wodą

2. Pomiary.

1. W celu pomiaru gęstości bezwzględnej cieczy areometr umieszcza się w cylindrze z badaną cieczą i odczytuje wartość gęstości w miejscu gdzie poziom cieczy przecina skalę areometru. (Areometr przed włożeniem do naczynia służącego do jego przechowywania należy osuszyć.)

2. Do pomiaru gęstości względnej roztworu NaCl wykorzystujemy kolbki ze szlifowanym korkiem. Ciecze do pomiaru bierzemy za pomocą strzykawki z cylindrów do pomiaru lepkości. Po pomiarze wlewamy je tam z powrotem

3. Należy wyznaczyć masę m_o pustej, suchej kolbki wraz z korkiem. Następnie napełnić ją po brzegi wodą i wkładać ostrożnie korek tak by nadmiar wody wypłynął w czasie jego wkładania. Jeżeli w okolicy korka są pęcherzyki powietrza czynność należy powtórzyć. Wyznaczyć masę kolbki z wodą m_w . To samo wykonać z badaną cieczą, wyznaczając m_c , czyli masę kolbki z cieczą.

3. Opracowanie wyników.

1. Porównać gęstości bezwzględne wody, roztworu i gliceryny

2. Obliczyć na podstawie podanego wzoru gęstość względną roztworu NaCl

3. Uzyskane wyniki porównać z odpowiednimi danymi zamieszczonymi w tablicach fizycznych. Jeśli występują znaczące różnice między wielkościami uzyskanymi w wyniku pomiarów a wielkościami tablicowymi, podać ich przypuszczalne przyczyny.

3. PRAWO ARCHIMEDESA

1. Opis doświadczenia i przyrządów.

Celem ćwiczenia jest zaobserwowanie w praktyce działania prawa Archimedesza. Układ doświadczalny składa się ze statywu ze skalą, metalowego cylindra zawieszonego na sprężynie ze wskazówką, walca zawieszonego pod cylindrem, którego objętość jest równa pojemności cylindra oraz zlewki z wodą.

2. Pomiary.

- Zaznaczymy czarną strzałką położenie wskazówki na skali statywu,
- Zanurzamy walec w wodzie destylowanej i czerwoną strzałką zaznaczamy na skali statywu nowe położenie wskazówki.
- Napęlamy cylinder wodą i obserwujemy zmianę położenia wskazówki.

3. Opracowanie wyników.

W opracowaniu należy uzasadnić wynik obserwacji.