

# CIECZE

## Cel ćwiczenia

Celem zadania jest zapoznanie się z metodami pomiarów gęstości materiałów, wyznaczenie współczynnika napięcia powierzchniowego cieczy oraz zapoznanie się z wybranymi zagadnieniami dotyczącymi mikrostruktury materii i zjawisk powierzchniowych cieczy.

## Zagadnienia do przygotowania

1. Mechanizmy zjawisk powierzchniowych w cieczach: napięcie powierzchniowe, menisk, włoskowatość, prawo Laplace'a, ciśnienie pod zakrzywioną powierzchnią.
2. Ciecze zwilżające i niezwilżające, oddziaływanie międzycząsteczkowe (spójność, przyleganie).
3. Zależność napięcia powierzchniowego od temperatury.
4. Gęstość materiałów - rzeczywista, pozorna, gęstość względna
5. Pojęcie wyporu hydrostatycznego.
6. Prawa Poiseuille'a, Archimedesesa, Stokesa (ruch kuli w cieczy lepkiej).
7. Masa i ciężar ciała, ciężar właściwy
8. Lepkość cieczy. Znaczenie zjawiska lepkości w przyrodzie.
9. Ciecz doskonała, ciecz rzeczywista.
10. Ruch laminarny i turbulentny
11. Gęstość cieczy i gazów oraz metody pomiarów.
12. Zależność gęstości cieczy i powietrza od temperatury oraz gęstości powietrza od ciśnienia

## Przebieg ćwiczenia

### Pomiar napięcia powierzchniowego

#### Obserwacja napięcia powierzchniowego

Delikatnie połóż spinacz na powierzchni wody w zlewce. Co widzisz? Dodaj do zlewki kilka kropli detergentu. Zapisz obserwacje, w opracowaniu wyjaśnij jakie są przyczyny obserwowanych zjawisk.

#### Pomiar napięcia powierzchniowego metodą stalagmometryczną.

Wypadkową siłę napięcia powierzchniowego mierzymy pośrednio, mierząc ciężar kropli cieczy odrywającej się od kapilary

1. Zważyć suche szalki Petriego -  $m_s$ .
2. 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).
3. 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.
4. Zważyć naczynka z cieczą -  $m_c$
5. Wykonać po cztery pomiary dla wody i gliceryny, wyniki zapisać w tabeli (Tab. 1).
6. Ciecze z szalek włączyć z powrotem do odpowiednich kolbek.

#### Opracowanie wyników

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. Uzupelnic tabelę (Tab. 1):

Tabela 1. Wartość masy

Parametr	Symbol	Woda	Gliceryna
Masa szalki	$m_s[g]$		
Masa szalki z cieczą	$m_{c1}[g]$		
	...		
	$m_{c4}[g]$		
Masa kropli	$m [g]$		

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

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

dla H<sub>2</sub>O -  $R = 3$  mm; dla gliceryny -  $R = 2.8$  mm,  $k$  - odczytać z tablicy (lub wykresu) dla odpowiedniego  $V/R^3$

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

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. Ocenic niepewności pomiarów. Wyniki przedstawić w tabeli ( $\sigma \pm \Delta\sigma$ ):

Tabela 2. Wartość napięcia powierzchniowego

	Woda destylowana	Gliceryna
Tabelaryczna		
Metodą stalagmometryczną		

### Pomiar współczynnika lepkości cieczy

#### Opis ćwiczenia i przyrządy pomiarowe

Układ pomiarowy składa się z trzech szklanych rur wypełnionych różnymi cieczami: wodą, NaCl i gliceryną. Rury zamocowane są na statywie. 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 - należy kulkę zważyć;  $\rho_c$  - gęstość cieczy wyznaczana jest w dalszej części ćwiczenia;  $v = l/t$  - prędkość opadania kulki;  $g$  - przyspieszenie ziemskie;  $r$  - promień kulki.

#### Przebieg ćwiczenia

1. Zmierzyć drogę  $l$  (między zaznaczonymi poziomami), jaką przebywa kulka.

- Wykonać pomiar **średnicy** ( $2r$ ) kulki przy użyciu **śruby mikrometrycznej** (dokładność śruby to  $\pm 0,01$  mm). Pomiar wykonać 3 razy i wyznaczyć średnia wartość  $\bar{r}$  i ocenić błąd  $\Delta r$
- Wartości wszystkich zmierzonych wielkości zamieść w tabeli (opisz symbole, wstaw wartości liczbowe oraz odpowiednią jednostkę w nawiasach kwadratowych):
- Wrzucić kulkę do cylindra z cieczą. Zadbaj 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.
- Zmierzyć czas opadania kulki między zaznaczonymi poziomami (pomiar powtórzyć co najmniej 4 razy).

Przyrządy ubrudzone gliceryną należy umyć wodą z płynem do mycia naczyń

### Opracowanie wyników

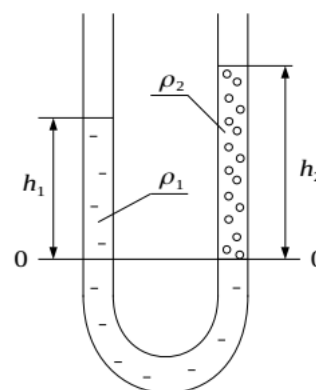
- Na podstawie zmierzonych wartości czasu opadania kulki i długości przebytej drogi wyznaczamy prędkość kulki (**NIE UŚREDNIAMY CZASU!!!** Dla każdego pomiaru liczymy prędkość i współczynnik lepkości. Uśrednienie wartości współczynnika lepkości wykonujemy na końcu).
- Jako błąd pomiaru wartości  $l$  przyjmując błąd systematyczny (dokładność przyrządu). Za wartość przyspieszenia ziemskiego przyjmując wartość literaturową dla Torunia. Błąd współczynnika lepkości obliczamy korzystając ze wzoru na średni błąd średniej arytmetycznej.
- Wykorzystując uzyskane wartości uzupełniamy tabelę dla każdej z badanych cieczy:

Wielkość fizyczna						
Symbol	$\bar{r}$	$l$	$t$	$v$	$\eta$	$\bar{\eta} \pm \Delta\eta$
Jednostka	[... ]	[... ]	[... ]	[... ]	[... ]	[... ]
Wartość liczbowo						

- Uzyskane wyniki porównujemy z danymi tabelarycznymi (porównywane wartości najlepiej zebrać w jednej tabeli).

### Pomiar gęstości cieczy

- Metoda równowagi ciśnień statycznych** jest przydatna w przypadku wyznaczania gęstości cieczy niemieszającej się z cieczą o znanej gęstości.
  - Do U-rurki (rysunek) nalewamy wodę destylowaną do około 2/5 wysokości.
  - Powoli, po ściance dolewamy parafinę tak, aby nie przelać cieczy.
  - Według załączonego schematu odczytujemy wartości  $h_1$  i  $h_2$ .



### Opracowanie wyników:

W oparciu o znaną gęstość wody ( $\rho_1$ ) obliczamy gęstość parafiny ( $\rho_2$ ):

$$\rho_2 = \rho_1 h_1/h_2$$

Po zakończeniu doświadczenia należy U-rurkę umyć wodą z płynem do mycia naczyń

## 2. Pomiar gęstości cieczy areometrem.

Działanie areometru bazuje na prawie Archimedesesa. W celu pomiaru gęstości bezwzględnej cieczy areometr (jest w białym, plastikowym futorale) umieszcza się w cylindrze z badaną cieczą (wodą, z NaCl i z gliceryną) i odczytuje wartość gęstości w miejscu gdzie poziom cieczy przecina skalę areometru.

UWAGA: Areometr przed włożeniem do futoralu należy osuszyć

### Wyznaczanie gęstości ciał stałych

**Pomiar gęstości za pomocą dynamometru** stosuje się w jest wyznaczenie ciężaru właściwego metali z wykorzystaniem prawa Archimedesesa i zapoznanie się z zagadnieniami dotyczącymi wyporu hydrostatycznego. Układ doświadczalny składa się z **dynamometru**, zlewki wypełnionej wodą destylowaną ( $\rho_w = 1 \text{ g/cm}^3$ ) oraz sześcianów wykonanych z następujących metali: ołowiu, miedzi i glinu.

**Pomiary:** Sześciany zawieszamy kolejno na haczyku dynamometru i odczytujemy **ciężar** każdego z nich w powietrzu ( $G$ ), a następnie po zanurzeniu w wodzie ( $G_w$ ).

#### Opracowanie wyników:

Na podstawie uzyskanych wyników obliczamy **ciężar właściwy metalu** ( $\rho_m$ ).

Z prawa Archimedesesa:

$$W = G - G_w$$

$$W = V\rho_w$$

zatem:

$$V = \frac{G - G_w}{\rho_w}$$

z definicji gęstości:

$$V = \frac{G}{\rho_m}$$

a po przekształceniu:

$$\rho_m = \frac{G\rho_w}{G - G_w}$$

W opracowaniu wyników należy obliczyć ciężar właściwy metali i porównać uzyskane wyniki z danymi tablicowymi. Jeśli pojawią się rozbieżności, należy wskazać źródła błędów.

#### Tabela wyników

Rodzaj metalu	G	$G_w$	$\rho_m$	$\rho_{mt}$
ołów				
miedź				
glin				

$G$ -ciężar sześcianu w powietrzu,  $G_w$ -ciężar sześcianu w wodzie,  $\rho_w$ – ciężar właściwy wody.  $\rho_m$ -ciężar właściwy metalu obliczony na podstawie uzyskanych wyników,  $\rho_{mt}$ -ciężar właściwy metalu odczytany z tablic.