



**POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA**



Wydział Inżynierii Zarządzania  
Politechniki Białostockiej

**KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ**

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

*Podstawy techniki i technologii*

Kod przedmiotu: IS02123

**Ćwiczenie 1**

**WYZNACZANIE GĘSTOSCI CIECZY**

**Autorzy:**

**dr hab. prof. PB Andrzej Wasiak**

**dr inż. Olga Orynycz**

## Podstawy teoretyczne

**Gęstość** (masa właściwa) jest jedną z podstawowych charakterystyk substancji. Określa się ją jako stosunek masy do objętości ciała.

**Gęstość**  $\rho$  [kg/dm<sup>3</sup>] wyraża się więc wzorem:

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

gdzie:  $m$  oznacza masę próbki [kg], zaś  $V$  objętość próbki [dm<sup>3</sup>].

Gęstość jest istotną, chociaż nie jednoznaczną, cechą charakteryzującą substancję. Jej znajomość, jako jednej z cech, pozwala na identyfikację substancji, na określenie stężenia składników mieszaniny, a także jest niezbędna do oceny np. zapotrzebowania na środki transportu, czy też oceny przydatności materiału do określonego zastosowania.

Wyznaczenie gęstości sprowadza się więc albo do oddzielnych pomiarów masy i objętości próbki, albo do bezpośredniego pomiaru gęstości (np. kolumna z gradientem gęstości).

Metody wyznaczania gęstości nieco różnią się w zależności od stanu skupienia próbki.

### Wyznaczanie gęstości cieczy

W przypadku cieczy zazwyczaj stosowana jest metoda piknometryczna polegająca na określeniu masy cieczy zawartej w naczyniu szklanym lub metalowym (piknometrze) o ściśle określonej objętości. Innym sposobem jest wykorzystanie areometru – przyrządu, który po wprowadzeniu do badanej cieczy zanurza się w niej na określoną głębokość, zależna od gęstości cieczy<sup>1</sup>. Skala naniesiona na przyrządzie pozwala na odczyt gęstości cieczy.

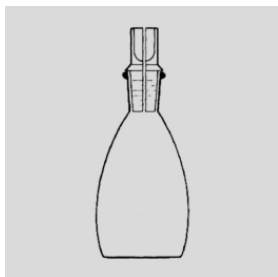


**Rys. 1.** Areometr

Źródło: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Areometr>

---

<sup>1</sup> Metoda nie będzie stosowana w ćwiczeniu



**Rys. 2.** Piknometr

Źródło: <http://www.equimed.pl/>



**Rys. 3.** Waga analityczna

Źródło: Opracowanie własne

Możliwy jest również pomiar gęstości w tzw. kolumnie gradientowej pod warunkiem, że ciecz badana zupełnie nie miesza się z cieczami stanowiącymi wypełnienie kolumny<sup>2</sup>.

Innym sposobem jest wykorzystanie wagi hydrostatycznej w taki sposób, że ciało stałe o znanej gęstości waży się w powietrzu, a następnie w cieczy o nieznannej gęstości i na tej podstawie wylicza gęstość cieczy.

## Ćwiczenie

### Oznaczanie gęstości cieczy metodą piknometryczną

1. W kolbie miarowej o pojemności np. 200 ml sporządzić roztwór substancji otrzymanej od prowadzącego ćwiczenia. W tym celu odważyć zadaną masę substancji, bądź odmierzyć za pomocą pipety żadaną objętość cieczy. Tę substancję umieścić w kolbie miarowej, a następnie uzupełnić rozpuszczalnikiem do kreski wskazującej kalibrowaną objętość kolby.
2. Obliczyć stężenie uzyskanego roztworu (mieszaniny)
3. Pipetą pobrać próbki przygotowanego roztworu o różnej objętości (np. 75 ml, 50ml, 25ml, 12,5ml) i wlać do kolb miarowych o pojemności 100 ml, a następnie uzupełnić rozpuszczalnikiem do 100 ml.
4. Obliczyć stężenia roztworów w poszczególnych kolbach.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Metoda nie będzie stosowana w ćwiczeniach.

5. Zważyć pusty (czysty i suchy) piknometr, a następnie napełnić go wodą destylowaną, osuszyć powierzchnię zewnętrzną i zważyć. Obliczyć objętość piknometru<sup>4</sup> jako stosunek:

$$V_p = \frac{m_{pw} - m_p}{\rho_w},$$

gdzie:

$V_p$  – objętość piknometru,

$m_{pw}$  -masa piknometru z wodą,

$m_p$  – masa suchego piknometru,

$\rho_w$  – gęstość wody w temperaturze pomiaru.

6. Napełnić piknometr roztworem z pierwszej kolby i zważyć. Obliczyć gęstość cieczy na podstawie wzoru:

$$\rho_x = \frac{m_{px} - m_p}{V_p},$$

gdzie:

$\rho_x$  - gęstość badanej cieczy,

$m_{px}$  – masa piknometru z badaną cieczą.

7. Czynność opisaną w p. 6 powtórzyć trzykrotnie dla każdego roztworu
8. Sporządzić tabelę wyników pokazującą wyznaczoną gęstość w funkcji stężenia roztworów oraz sporządzić wykres, a także wyznaczyć równanie regresji (gęstość vs. stężenie)
9. Podobnie jak w p. 6 wykonać pomiar gęstości dla roztworu o nieznanym stężeniu i obliczyć jego stężenie na podstawie współczynników regresji oraz przedstawić na wykresie.

#### UWAGA

Niewielkie ilości przygotowanych roztworów wlać do butelek lub naczynek wagowych, opisać i zachować do wykorzystania w ćwiczeniu REFRAKTOMETRIA.

#### Sprawozdanie powinno zawierać:

---

<sup>3</sup> Zamiast czynności opisanych w p. 1-3 można odważyć różne naważki substancji, każdą wsypać do kolby miarowej o pojemności 100 ml oraz dopełnić rozpuszczalnikiem do kreski.

<sup>4</sup> Tę operację można pominąć jeśli piknometr jest fabrycznie kalibrowany i jego dokładna objętość jest znana

1. Cel i zakres ćwiczenia.
2. Opis stanowiska badawczego.
3. Metodyka badań i przebieg realizacji eksperymentu.
4. Analiza otrzymanych wyników i przyczyny powstawania błędów.
5. Wnioski.

### **Literatura:**

1. Lech J. (2005), *Opracowanie wyników pomiarów w laboratorium podstaw fizyki*, Częstochowa, Wydawnictwo Wydziału Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej.
2. Kabza Z., Kostyro K. (1995), *Metrologia przepływów, gęstości i lepkości*, Opole, Wyższa Szkoła Inżynierska w Opolu.
3. Łapsa K. (2008), *Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki*, Poznań, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.
4. Wróblewski A.K., Zakrzewski J.A. (1991), *Wstęp do fizyki*, Warszawa, PWN.
5. Lech J. (2005), *Opracowanie wyników pomiarów w laboratorium podstaw fizyki*, Częstochowa, Wydawnictwo Wydziału Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej PCz.
6. Halliday D., Resnick R., Walker J. (2006), *Podstawy Fizyki t.1*, Warszawa, PWN.

### **Przykładowe normy związane z tematyką ćwiczeń:**

- PN-76/B-06714/03: *Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie gęstości w piknometrze.*
- PN-76/B-06714/05: *Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczenie gęstości pozornej na wadze hydrostatycznej.*
- PN-77/B-06714/07: *Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie gęstości nasypowej.*
- PN-EN 1097-3:2000: *Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw – Oznaczanie gęstości nasypowej i jamistości.*
- PN-74/Z- 04002: *Ochrona czystości powietrza – Badania fizycznych własności pyłów.*

- PN-74/Z-04002/02: *Ochrona czystości powietrza - Badania fizycznych własności pyłów - Oznaczanie gęstości pozornych oraz statycznych porowatości warstwy pyłu.*
- PN-74/Z-04002/01: *Ochrona czystości powietrza - Badania fizycznych własności pyłów - Oznaczanie bezwzględnej gęstości pyłu.*
- PN-ISO 7971-2:1998 *Ziarno zbóż -- Oznaczanie gęstości w stanie zsypanym, zwanej "masą hektolitra" - Metoda rutynowa.*
- PN-EN ISO 7971-3:2009 - *wersja angielska - Ziarno zbóż - Oznaczania gęstości w stanie zsypanym, zwanej masą hektolitra - Część 3: Metoda rutynowa.*
- PN-EN 15326+A1:2010P *Asfalty i lepiszcza asfaltowe. Pomiar gęstości i gęstości względnej: metoda z zastosowaniem piknometru z korkiem kapilarnym.*

## ZAŁĄCZNIK

### Tabela 1

Gęstość wody w zależności od temperatury

Temperatura [°C]	0	10	20	30
0	0,99984	0,9997	0,9982	0,99565
1	0,9999	0,99961	0,99799	0,99934
2	0,99994	0,99949	0,99777	0,99503
3	0,99996	0,99938	0,99754	0,9947
4	0,99997	0,99924	0,9973	0,99437
5	0,99996	0,9991	0,99704	0,99403
6	0,99994	0,99894	0,99678	0,99368
7	0,9999	0,99877	0,99651	0,99333
8	0,99985	0,9986	0,99623	0,99297
9	0,99978	0,99841	0,99594	0,99259

## WYMAGANIA BHP

Warunkiem przystąpienia do praktycznej realizacji ćwiczenia jest zapoznanie się z instrukcją BHP i instrukcją przeciwpożarową oraz przestrzeganie zasad w nich zawartych. Wybrane urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym mogą posiadać instrukcje stanowiskowe.

Przed rozpoczęciem pracy należy zapoznać się z instrukcjami stanowiskowymi wskazanymi przez prowadzącego.

W trakcie zajęć laboratoryjnych należy przestrzegać następujących zasad.

- ♦ Sprawdzić, czy urządzenia dostępne na stanowisku laboratoryjnym są w stanie kompletnym, nie wskazującym na fizyczne uszkodzenie.
- ♦ Sprawdzić prawidłowość połączeń urządzeń.

- ♦ Załączenie napięcia do układu pomiarowego może się odbywać po wyrażeniu zgody przez prowadzącego.
- ♦ Przyrządy pomiarowe należy ustawić w sposób zapewniający stałą obserwację, bez konieczności nachylania się nad innymi elementami układu znajdującymi się pod napięciem.
- ♦ Zabronione jest dokonywanie jakichkolwiek przełączeń oraz wymiana elementów składowych stanowiska pod napięciem.
- ♦ Zmiana konfiguracji stanowiska i połączeń w badanym układzie może się odbywać wyłącznie w porozumieniu z prowadzącym zajęcia.
- ♦ W przypadku zaniku napięcia zasilającego należy niezwłocznie wyłączyć wszystkie urządzenia.
- ♦ Stwierdzone wszelkie braki w wyposażeniu stanowiska oraz nieprawidłowości w funkcjonowaniu sprzętu należy przekazywać prowadzącemu zajęcia.
- ♦ Zabrania się samodzielnego włączania, manipulowania i korzystania z urządzeń nie należących do danego ćwiczenia.
- ♦ W przypadku wystąpienia porażenia prądem elektrycznym należy niezwłocznie wyłączyć zasilanie stanowisk laboratoryjnych za pomocą wyłącznika bezpieczeństwa, dostępnego na każdej tablicy rozdzielczej w laboratorium. Przed odłączeniem napięcia nie dotykać porażonego.