



POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA



Wydział Inżynierii Zarządzania
Politechniki Białostockiej

KATEDRA ZARZĄDZANIA PRODUKCJĄ

Instrukcja do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu:

Podstawy techniki i technologii

Kod przedmiotu: IS02123

Ćwiczenie 2

WYZNACZANIE GĘSTOSCI CIAŁ STAŁYCH

Autorzy:

dr hab. prof. PB Andrzej Wasiak
dr inż. Olga Orynych

Podstawy teoretyczne

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

Gęstość ρ [kg/dm³] wyraża się więc wzorem:

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

gdzie: m oznacza masę próbki [kg], zaś V objętość próbki [dm³].

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.

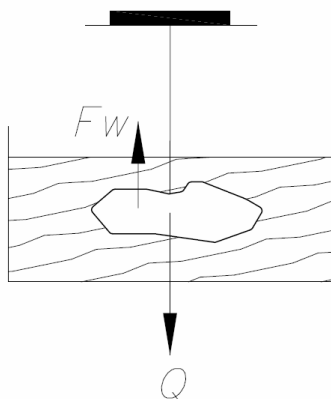
Gęstość brył foremnych można łatwo określić korzystając z definicji na podstawie bezpośredniego pomiaru ich masy oraz wymiarów, na podstawie których wylicza się objętość, a następnie gęstość próbki.

W przypadku brył nieforemnych lub próbek rozdrobnionych problemem jest wyznaczenie objętości stosuje się wówczas metody pośrednie¹:

- wagę hydrostatyczną,
- kolumnę z gradientem gęstości,
- badanie zachowania materiału zanurzanego w różnych cieczach o znanej (różnej) gęstości. (praktycznie w granicach od 2,6 g/cm³ do 3,6 g/cm³),
- metodę flotacyjną,
- metodę piknometryczną.

W przypadku wagi hydrostatycznej, na wykorzystaniu, której opiera się opisywane ćwiczenie, istotę fizyczną opisuje prawo Archimedesusa określające, że siła wyporu F_w działająca na ciało zanurzone w cieczy jest równa ciężarowi cieczy wypartej przez to ciało.

¹ Poszczególne metody będą szczegółowo omówione na wykładzie



Rys. 1. Siły działające na ciało zanurzone w cieczy

$$F_w = \rho_c V g ,$$

gdzie:

F_w – siła wyporu,

ρ_c – gęstość cieczy,

V - objętość ciała równa objętości wypartej cieczy (przy całkowitym zanurzeniu),

g - przyspieszenie ziemskie.

Można więc zapisać:

Pozorna, obserwowana w tej sytuacji siła „ciężkości” jest więc różnicą rzeczywistej siły ciężkości Q i siły wyporu F_w .

Wyznaczanie gęstości

A) próbki o kształtach regularnych

1. Dokładnie zmierzyć wymiary próbki i obliczyć jej objętość.
2. Zważyć próbkę na wadze analitycznej z dokładnością do 0,001 g.
3. Obliczyć gęstość próbki w g/cm^3 .
4. W sprawozdaniu, jako wynik podać średnią arytmetyczną z pięciu oznaczeń dla danego rodzaju tworzywa oraz ocenić błąd pomiaru.

B) Wyznaczenie gęstości za pomocą wagi hydrostatycznej



Oznaczanie gęstości tą metodą oparte jest na prawie Archimedesesa. Jako środowisko, w którym wykonuje się hydrostatyczne ważenie, może być użyta dowolna ciecz, mająca dobre właściwości zwilżające i nie reagująca chemicznie z badanym materiałem. Najczęściej jest stosowana woda lub nafta. Stosowanie destylowanej wody zaleca się we wszystkich przypadkach, gdy badany materiał nie reaguje z nią chemicznie. Dla materiałów reagujących z wodą, stosuje się np. naftę.

Rys. 2. Elektroniczna waga hydrostatyczna AXIS

Źródło: Opracowanie własne

Przebieg ćwiczenia

- 1) Zmontować zestaw wagi hydrostatycznej. Zlewkę o pojemności 250 cm³ napełnić wodą destylowaną i zanurzyć w niej dolną szalkę wagi tak, aby nie stykała się ze ścianami zlewki i umieścić termometr. Wyzerować wskazania wagi.

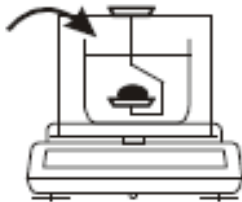


- 2) Odtłuścić próbkę w benzynie ekstrakcyjnej, osuszyć, a później opłukać wodą destylowaną i także dokładnie osuszyć.

- 3) Próbkę ułożyć na górnej szalce wagi hydrostatycznej i odczytać wskazanie masy próbki w powietrzu.



- 4) Odczytać temperaturę wody.
5) Następnie zważyć próbkę umieszczoną na dolnej szalce wagi (zanurzonej w wodzie).



- 6) Obliczyć gęstość (w g/cm^3) ze wzoru:

$$\rho = \frac{m}{m - m_1} \rho_c,$$

gdzie:

m - masa próbki zważonej w powietrzu [g],

m_1 - masa próbki zanurzonej w wodzie [g],

ρ_c - gęstość wody w temperaturze pomiaru (p. Tabela nr 1.).

Obliczyć wynik końcowy, który jest średnią arytmetyczną wyników uzyskanych z pięciu pomiarów oraz określić odchylenia standardowe poszczególnych mierzonych wartości oraz błąd oznaczenia gęstości próbki. W sprawozdaniu wynik podać z dokładnością uzasadnioną przez wyliczoną wartość błędu wg wzoru:

$$\Delta\rho = \rho_c \left[\frac{m\Delta m_1 + \Delta m}{(m - m_1)^2} \right],$$

odchylenie standardowe: $SD = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\langle \rho \rangle - \rho_i)^2}{n(n-1)}}$ zaś $\langle \rho \rangle = \sum_1^n \rho_i$

Sprawozdanie powinno zawierać:

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., Kostyło 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. Halliday D., Resnick R., Walker J. (2006), *Podstawy Fizyki t.1*, Warszawa, PWN.
6. Kłasztorny M., Kurowski Z. (2014), *Podstawy mechaniki ciała stałego*, Warszawa, Wojskowa Akademia Techniczna.

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.