

# WYZNACZANIE GĘSTOŚCI CIAŁ STAŁYCH

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie gęstości walca wykonanego z nieznanego metalu poprzez pomiar jego masy oraz pomiar jego objętości trzema sposobami. Celem ćwiczenia od strony analizy danych jest prześledzenie sposobu wyznaczania całkowitej niepewności pomiarowej na podstawie dopuszczalnego granicznego błędu wskazania przyrządu oraz analizy statystycznej danych oraz zapoznanie z niepewnościami w przypadku pomiarów pośrednich.

## WYMAGANIA TEORETYCZNE

- Definicja gęstości masy
- Prawo Archimedesesa
- Rozwinięcie Taylora

## ZADANIE DOMOWE

*obowiązkowe przed przystąpieniem do wykonania pomiarów*

Wyprowadź wzory na wyznaczenie gęstości metodami A, B oraz C (patrz cz. POMIARY instrukcji).

## INSTRUKCJA

### Układ pomiarowy

Masz do dyspozycji:

- pojedynczą próbkę w kształcie walca wykonaną z nieznanego metalu;
- wagę elektroniczną pozwalającą na odczyt masy z niepewnością do 0,01 g;
- suwmiarkę pozwalającą na odczyt długości z dokładnością do 0,02 mm;
- menzurkę z naniesioną skalą objętości – podziałka skali co 1 cm<sup>3</sup>;
- dużą zlewkę o pojemności ok. 300 cm<sup>3</sup>;
- wodę destylowaną;
- termometr do pomiaru temperatury wody;
- statyw i cienką nić.

### Pomiar mas próbki

Rozpocznij od wypoziomowania i tarowania wagi. Wytrzymaj próbkę ręcznikiem papierowym, aby usunąć z niej kurz i wszelkie zabrudzenia. Pomiar masy próbki powtórz co najmniej 3 razy. Jeśli wyniki będą różne, to kontynuuj serię pomiarów w celu wiarygodnego oceny parametrów rozkładu wyników. Jeśli wyniki będą się powtarzały, to możesz uznać, że odchylenia przypadkowe są mniejsze niż wartość odpowiadająca najmniejszej podziałce skali i nie ma potrzeby wydłużać serii pomiarów.

### Geometryczne wyznaczenie objętości próbki – metoda A

Za pomocą suwmiarki wykonaj wielokrotne pomiary średnicy  $D$  próbki. Pamiętaj, że przedmiot wyglądający jak walec może w rzeczywistości nim nie być – poza przekonaniem się (jak podczas pomiaru masy), czy powtarzanie pomiaru w tym samym miejscu daje ten sam wynik, wykonaj pomiary kilku średnic tego samego przekroju w różnych miejscach i dla różnych wysokości. W ten sposób sprawdzisz, czy dopuszczalne jest założenie, że przekrój próbki na każdej wysokości jest kołem o tym samym promieniu.

W podobny sposób powtarzaj pomiary suwmiarką wysokości  $H$  próbki w różnych miejscach.

### **Wyznaczanie objętości próbki poprzez pomiar zmiany objętości wody – metoda B**

Za pomocą menzurki (o średnicy nieznacznie większej od średnicy próbki) wypełnionej wodą wyznacz objętość próbki. Nalej w tym celu wody do menzurki tak, aby jej poziom pokrywał się z jedną z kresek skali – zwróć uwagę jaki wpływ na dokładność odczytu ma kształt powierzchni wody (menisk) oraz położenie Twojego oka względem powierzchni cieczy (paralaksa) – odczytaj objętość  $V_1$ . Następnie podwiesz próbkę na cienkiej nitce (pozwala na to mała śrubka w jednej z podstaw każdej z próbek) i ostrożnie zanurz ją całkowicie w menzurce, a następnie odczytaj nowy poziom wody, tj. objętość  $V_2$ . Na ogół nowy poziom nie będzie pokrywał się z żadnym ze znaczników skali – czy można wiarygodnie odczytać ułamek szerokości działki do najbliższego znacznika? Jeśli tak, to wyznacz tę wartość i zapisz wynik.

Czy powtarzanie tego pomiaru jest celowe? Jeśli tak, wykonaj odpowiednią serię pomiarów. Różnica odczytanych objętości to poszukiwana objętość próbki.

### **Wyznaczanie objętości próbki korzystając z prawa Archimidesa – metoda C**

Nalej wody destylowanej do zlewki tak, aby mogła się w niej całkowicie zanurzyć próbka. Zanotuj temperaturę wody. Wyznacz masę  $m_{zw}$  zlewki z wodą. Zawieś próbkę na statywie tak, aby wisząc swobodnie mogła całkowicie zanurzyć się w wodzie w zlewce stojącej na wadze. Po zanurzeniu próbka nie może opierać się o dno zlewki. Zwróć uwagę, czy do próbki nie przykleiły się (zwłaszcza od spodu) bąbelki powietrza. Odczytaj wskazania wagi,  $m_{zwp}$ , gdy podwieszona próbka jest całkowicie zanurzona w zlewce. Jeśli zdecydujesz się na wielokrotne pomiary, to pamiętaj, że między pomiarami należy osuszyć próbkę i nitkę (np. ręcznikiem papierowym) i rozpoczynać kolejny pomiar od pomiaru masy zlewki z wodą (dlaczego?).

## **RAPORT KOŃCOWY**

Raport końcowy, przygotowany zgodnie z ogólnymi zasadami podanymi we wzorcu, powinien zawierać wyznaczenie gęstości próbki wraz z niepewnościami trzema stosowanymi metodami wraz z:

1. wprowadzeniem teoretycznym do badanego zagadnienia zarówno od strony fizycznej jak i statystycznej;
2. omówieniem analizy pomiarów bezpośrednich i pośrednich wraz z wynikami liczbowymi;
3. wyznaczeniem gęstości próbki dla każdej z metod wraz z jej niepewnością i porównaniem dokładności wyników z różnych metod;
4. wyznaczeniem średniej ważonej gęstości uzyskanej z trzech metod wraz z dyskusją jej niepewności
5. identyfikacją metalu z którego mogła być wykonana próbka.

Nim przygotujesz raport, zaznajom się z uwagami zawartymi w [wymaganiach dotyczących raportu](#) zamieszczonymi na stronie pracowni. Absolutnie zalecane jest także świadome przyjrzenie się redakcji tekstu, a także tabel, rysunków i wzorów, sposobów ich numerowania, tytułowania i opisywania.

Przed oddaniem raportu możesz sprawdzić prawidłowość swoich obliczeń korzystając z aplikacji do testów dostępnej na stronie pracowni.

W raporcie zamieść wszystkie surowe wyniki pomiarów tak, aby sięgając jedynie do raportu i bez potrzeby odwoływania się do protokołu z doświadczenia można było wykonać pełną i niezależną analizę Twych danych.