UWAGA! Zalecane jest zapoznanie się z instrukcją dotyczącą obliczania błędów pomiarowych, którą można pobrać ze witryny internetowej Katedry Fizyki: http://www.up.poznan.pl/kfiz/

Nr pary:	*Imię i nazwisko studenta:*	*Wydział:* *Grupa:*
Data:	*Imię i nazwisko prowadzącego:*	*Zaliczenie:*

W0. Wyznaczanie gęstości kości ssaków

Ćwiczenie wstępne

Celem ćwiczenia *jest zapoznanie się z prostymi przyrządami fizycznymi i metodą pomiaru fizycznego oraz przeprowadzenie obliczeń wyznaczanej wielkości fizycznej oraz jej błędu pomiarowego.*

Gęstość ciała (inaczej: ***masa właściwa***) – to stosunek masy ciała do jego objętości:

$$\rho = \frac{m}{V} \qquad (1).$$

Gdy rozkład masy w danym ciele nie jest jednorodny, wówczas gęstość obliczamy jako pochodną masy względem objętości: $\rho = dm/dV$. Gęstość ciała wyrażamy w kg/m^3.

W niniejszym ćwiczeniu wyznaczamy nieznaną gęstość ciała, które ma nieregularny kształt i jednorodny rozkład masy. Możemy więc – w tym przypadku - skorzystać ze wzoru (1). W tym celu na wadze laboratoryjnej ważymy badane ciało, następnie – za pomocą suwmiarki – mierzymy rozmiary kawałka kości, tzn. jej wysokość *l*, szerokość *a* i grubość *b*. objętość kości obliczmy ze wzoru ze wzoru: V = a*b*l (4). Wstawiając wzór (4) do (1) otrzymujemy ostatecznie następujące wyrażenie na gęstość badanego przez nas ciała:

$$\rho = \frac{m}{abl} \qquad (5)$$

Wykonanie ćwiczenia

Przyrządy: suwmiarka, waga laboratoryjna.

1. Ważymy badane ciało za pomocą wagi elektronicznej. Odczytaną wartość masy w gramach [g] zapisujemy w tabeli. Wpisujemy do niej również błąd pomiaru masy, którym jest dokładność odczytu na wadze Δm, wyrażona również w gramach [g].
2. Kilkakrotnie (np. 5 razy) mierzymy grubość *b* kości, przykładając suwmiarkę na różnych jego wysokościach. Otrzymane wyniki pomiarów zapisujemy w tabeli, wyrażając je w milimetrach.
3. Kilkakrotnie (np. 5 razy) za pomocą suwmiarki mierzymy szerokość *a* kości na różnych jej wysokościach. Otrzymane wyniki pomiarów zapisujemy w tabeli, wyrażając je w milimetrach.
4. Mierzymy wysokość kości *l*. Odczytaną wartość wraz z błędem przyrządu wyrażoną w milimetrach zapisujemy w Tabeli.

Opracowanie wyników

1. Obliczamy średnie wartości szerokości $a_{śr}$ i grubości $b_{śr.}$.
2. Błędy $\Delta a_{śr.}$ oraz $\Delta b_{śr.}$, jakimi obarczone są wartości średnie $a_{śr.}$ oraz $b_{śr.}$, uzyskane na podstawie n=5 powtórzeń pomiarów, obliczamy jako trzykrotności wartości odchylenia standardowego średniej *SD*, czyli:

$$\Delta a_{śr.} = 3 \cdot SD = 3\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(a_{śr.} - a_i\right)^2}{n(n-1)}} \qquad \text{oraz} \qquad \Delta b_{śr.} = 3 \cdot SD = 3\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(b_{śr.} - b_i\right)^2}{n(n-1)}}\ .$$

Po odpowiednim zaokrągleniu zastawiamy obliczone błędy wraz z wartościami średnimi, których one dotyczą , w następującej postaci:

$$a_{śr.} = a_{śr.} \pm \Delta a_{śr.} \quad \text{oraz} \quad b_{śr.} = b_{śr.} \pm \Delta b_{śr.}$$

3. Obliczamy gęstość badanego ciała ρ, podstawiając do wzoru (5) wartość masy m i zaokrąglone średnie wartości $a_{śr.}$ oraz $b_{śr.}$.
4. Oszacowanie błędu pomiarowego $\Delta\rho$ dla wyznaczonej gęstości badanego ciała przeprowadzamy tzw. metodą logarytmiczną, gdyż funkcję przestawioną wzorem (5) można przekształcić do postaci iloczynu liczb oraz potęg poszczególnych jej zmiennych:

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

a w takim przypadku błąd względny gęstości wyraża następujący wzór:

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \left|\frac{\Delta m}{m}\right| + \left|\frac{-\Delta a_{śr}}{a_{śr}}\right| + \left|\frac{-\Delta b_{śr}}{b_{śr}}\right| + \left|\frac{\Delta l}{l}\right|$$

gdzie Δm, Δl, $\Delta a_{śr.}$ i $\Delta b_{śr.}$ oznaczają odpowiednio błędy pomiarowe masy i długości oraz uśrednionych wartości szerokości i grubości kości.

Mnożąc błąd względny $\frac{\Delta\rho}{\rho}$ przez obliczoną wcześniej wartość gęstości ρ, wyliczamy błąd bezwzględny $\Delta\rho$, po czym po odpowiednim zaokrągleniu – zestawiamy go z zaokrąglonym również wynikiem gęstości badanego ciała w następującej postaci: $\rho_{śr.} = \rho_{śr.} \pm \Delta\rho_{śr.}$

Otrzymany wynik porównujemy z wartością tabelaryczną gęstości tej samej substancji w temperaturze, w jakiej zostały zrealizowane nasze pomiary.

Tabela *Temperatura pomiaru:* °C

m [g] / l [mm]					
Δm [g] / Δl [mm]					
a [mm]	1 pomiar	2 pomiar	3 pomiar	4 pomiar	5 pomiar
$a_{śr}$ [mm]	Przed zaokrągleniem				
$\Delta a_{śr}$ [m]	Przed zaokrągleniem				
$a_{śr} \pm \Delta a_{śr}$ [m]	Po zaokrągleniu				
b [m]	1 pomiar	2 pomiar	3 pomiar	4 pomiar	5 pomiar
$b_{śr}$ [m]	Przed zaokrągleniem				
$\Delta b_{śr}$ [m]	Przed zaokrągleniem				
$b_{śr} \pm \Delta b_{śr}$ [m]	Po zaokrągleniu				
ρ [kg/m^3]	Przed zaokrągleniem				
$\Delta\rho$ [kg/m^3]	Przed zaokrągleniem				
$\rho \pm \Delta\rho$ [kg/m^3]	Po zaokrągleniu				