

Masz do dyspozycji:

- rurkę szklaną z dwoma dopasowanymi korkami,
- magnes w kształcie walca (masa magnesu wynosi $3,9 \pm 0,1$ g),
- wodę,
- oscyloskop cyfrowy,
- cewkę z drutu miedzianego (ok. 100 zwojów) z kablem umożliwiającym podłączenie do oscyloskopu,
- papier milimetrowy,
- stalowy spinacz biurowy,
- gumkę recepturkę.

Przyjmując, że siła oporu F_{op} działająca na magnes w kształcie walca, poruszający się w ustawionej pionowo szklanej rurce wypełnionej wodą jest proporcjonalna do prędkości magnesu v :

$$F_{op} = b \cdot v$$

wyznacz stałą b dla magnesu i rurki znajdujących się w zestawie.

Propozycja rozwiązania zadania doświadczalnego z finału 60. Olimpiady Fizycznej.

Idea proponowanego rozwiązania opiera się na pomiarze prędkości magnesu spadającego w ustawionej pionowo rurce po tym, kiedy prędkość ta osiągnie stałą wartość v_{ust} , to znaczy ustali się równowaga sił działających na magnes: siły ciężkości mg , siły wyporu F_w oraz siły oporu F_{op} .

Zachodzi wówczas:

$$mg = F_w + F_{op}$$

gdzie m jest masą magnesu, g przyspieszeniem ziemskim, $F_w = gV\rho_w$, gdzie V oznacza objętość magnesu, ρ_w , gęstość wody, zaś $F_{op} = b v_{ust}$, jak w warunkach zadania.

Objętość magnesu znajdujemy mierząc jego średnicę (lub obwód) i wysokość papierem milimetrowym.

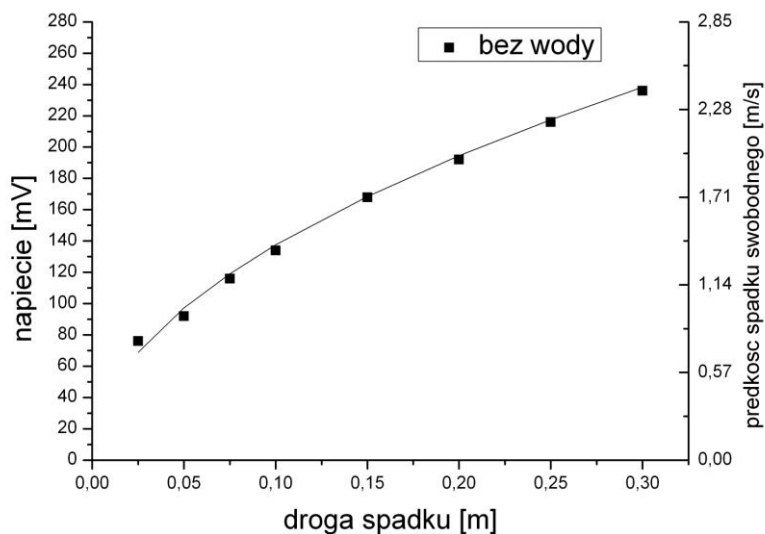
Do znalezienia prędkości magnesu spadającego w rurce z wodą stosujemy następującą procedurę:

1. Badamy spadek magnesu w pustej rurce (bez korków). W tym celu upuszczamy magnes, a w znanej odległości h od położenia początkowego umieszczamy cewkę podłączoną do oscyloskopu. Podczas przelatywania magnesu przez cewkę obserwujemy na oscyloskopie napięcie wywołane przez zmienne w czasie pole magnetyczne. Ścisła zależność tego napięcia od prędkości magnesu ma złożoną postać, ale na nasze potrzeby wystarczy, że zbadamy tylko np. maksymalne napięcie w funkcji drogi spadku swobodnego.

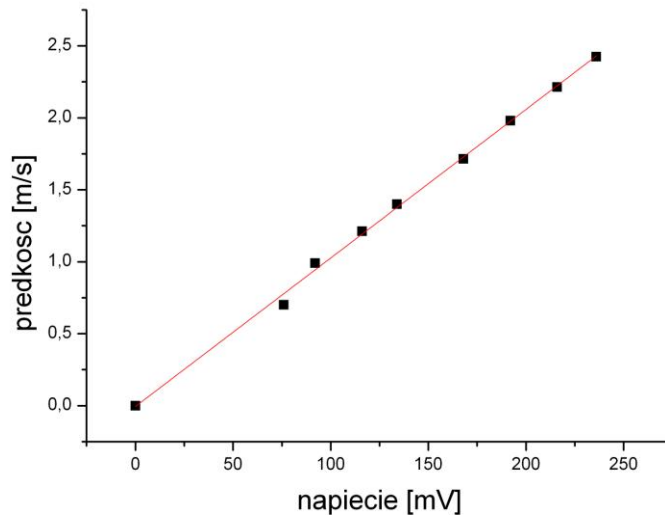
Prędkość spadku v , przy zaniechaniu oporów powietrza, wyliczamy jako

$$v(h) = \sqrt{2gh}$$

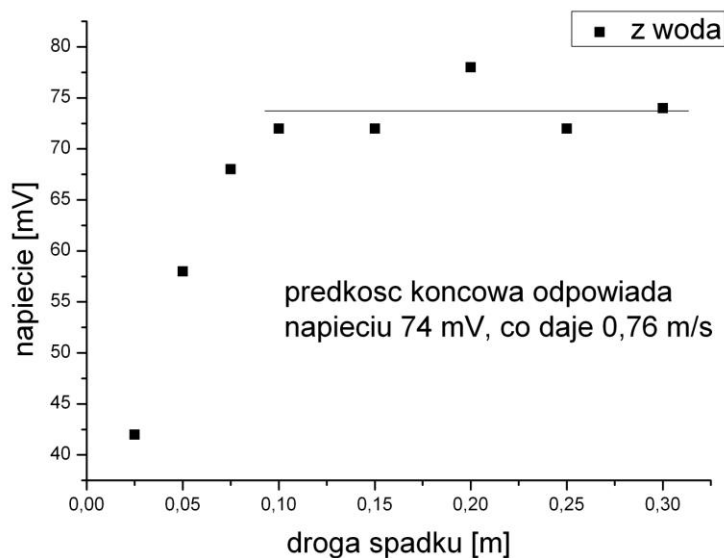
Przykładowe wyniki pomiarów – maksymalne napięcie (punkty) oraz wyliczoną prędkość w spadku swobodnym (linia ciągła) – pokazano na rysunku poniżej.



2. Na podstawie tych danych możemy „wykalibrować” naszą cewkę połączoną z oscyloskopem do pomiaru prędkości magnesu. Okazuje się, że zależność maksymalnego napięcia od prędkości jest w dobrym przybliżeniu liniowa, co pokazuje kolejny wykres, gdzie do zmierzonych na oscyloskopie wartości maksymalnego napięcia (punkty) dopasowano prostą (dodatkowo nakładając wiąź, by dla prędkości zero napięcie było równe zero).



3. Możemy teraz wykonać pomiary prędkości spadającego magnesu w rurce wypełnionej wodą. Ważne jest, by zwrócić uwagę, iż nalanie wody – ośrodka niemagnetycznego – do rurki, nie modyfikuje działania cewki. Przykładowe wyniki – maksymalne indukowane napięcie jako funkcję drogi spadku magnesu – pokazano na rysunku poniżej.



Widać, że prędkość magnesu ustala się już po przebyciu w wodzie drogi ok. 10 cm. Na podstawie kalibracji otrzymanej w punkcie 2. możemy na podstawie tych pomiarów wyznaczyć prędkość w

stanie ustalonym v_{ust} (w naszym układzie równą 0,76 m/s), a stąd, korzystając z warunku równowagi sił, znaleźć poszukiwaną stałą b .