

XXXVII OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

Zadanie doświadczalne.

ZADANIE D2

Nazwa zadania: „Kulka w cieczy”

Kulka poruszająca się w dużej objętości cieczy ruchem jednostajnym doznaje siły oporu.

$$F = -6\pi\eta r v,$$

gdzie: v oznacza prędkość kulki, r - jej promień, a η oznacza lepkość cieczy. Wzór powyższy dotyczy ruchu z niezbyt dużą prędkością.

Do doświadczenia przygotuj piłeczkę pingpongową wypełniając ją np. cieczą o gęstości nieco różnej od gęstości wody (mieszanina denaturatu z wodą lub roztwór cukru) tak, by w wodzie tonęła lub wypływała z niedużą prędkością.

Następnie badając prędkość opadającej bądź wypływającej tak spreparowanej piłeczki w wysokim i szerokim naczyniu (np. w akwarium lub wannie) wyznacz lepkość wody w temperaturze pokojowej. Potrzebne do doświadczenia przyrządy weź z pracowni szkolnej.

ROZWIĄZANIE ZADANIA D2

Istota zadania została opisana w tekście. Z pozoru zadanie może wydawać się banalne. Jednakże ze względu na dość małą lepkość wody i możliwe tym samym znaczne prędkości kulki, mogą występować trudności z dokładnym mierzaniem czasu przelotu kulki w wodzie na drodze kilkudziesięciu centymetrów.

Posłużenie się piłeczką pingpongową umożliwia (w zależności od tego, czym ją wypełnimy) badanie ruchu zarówno w górę, jak i w dół. Doświadczenie wymaga starannego ważenia piłeczki, dokładnego pomiaru średnicy piłeczki oraz precyzyjnego pomiaru czasu przebycia przez piłeczkę oznaczonego odcinka. Według oszacowań autora recenzji najlepiej jest posługiwać się piłeczką o średniej gęstości różnej od gęstości wody o około 1%. Recenzent przyjął gęstość wody = 1,0 g/cm³. W czasie ruchu jednostajnego w górę siła wyporu równoważy siłę oporu (wzór w tekście) oraz ciężar piłeczki:

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_c g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_k g + 6\pi\eta r v,$$

gdzie: ρ_c - gęstość cieczy (wody), ρ_k - gęstość kuleczki, g - przyspieszenie ziemskie (inne oznaczenia w tekście).

Stąd

$$\eta = \frac{2(\rho_c - \rho_k)r^2}{9v}g.$$

Warto zwrócić uwagę, że lepkość wody zależy silnie od temperatury. Należy więc spodziewać się dużego rozrzutu wyników uczniowskich.

Część teoretyczna tego zadania nie sprawiła uczniom trudności i olbrzymia większość rozwiązań była poprawna. Bardzo duże kłopoty wystąpiły jednak przy wykonywaniu części doświadczalnej. W rozwiązaniu korzysta się

ze wzoru, który jest słuszny tylko dla małych prędkości ruchu kulki. Zasadniczą sprawą było więc przygotowanie kulki tak, żeby jej prędkość tonięcia lub wypływania była bardzo mała.

W takim jednak przypadku trudno jest z dostateczną dokładnością wyznaczyć siłę działającą na kulkę w wodzie. Jednocześnie mała prędkość kulki powodowała, że ruchy cieczy zaburzały prostoliniowy ruch kulki. Prawidłowe wykonanie pomiarów było więc trudne i otrzymywano wyniki bardzo różniące się między sobą. Przy zbyt dużych prędkościach ruchu kulki otrzymywano wartość lepkości znacznie zawyżoną, często o 2 rzędy wielkości większą od wartości tablicowej.

Brak podanej punktacji do rozwiązania zadania.

Źródło:
Zadanie pochodzi z czasopisma „Fizyka w Szkole”87/88

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szcz.pl