

XXXV OLIMPIADA FIZYCZNA (1985/1986). Stopień wstępny, zad. dośw. – D1.

Źródło: Komitet Główny Olimpiady Fizycznej.

Nazwa zadania: Wyznaczanie współczynnika tarcia soli o papier za pomocą gramofonu.

Działy: Dynamika

Słowa kluczowe: tarcie, siła odśrodkowa, ruch po okręgu, obrót, prędkość, kątowna, czas, współczynnik tarcia, masa, promień, gramofon, stoper, sól, papier.

Zadanie doświadczalne – D1, zawody stopnia wstępnego, XXXV OF.

Dysponując gramofonem, linijką, krążkiem z kartonu, solą kuchenną oraz stoperem określ współczynnik tarcia soli o papier. Spróbuj opracowaną metodą wyznaczyć współczynnik tarcia innych materiałów sypkich o krążek.

Rozwiązanie

Niewielkie ciało o masie m , znajdujące się na tarczy w odległości R od jej środka. W układzie związanym z tarczą podlega działaniu siły odśrodkowej $mR\omega^2$ i siły tarcia T , której największa wartość wynosi fmg . Siła odśrodkowa rośnie wraz z R i przy pewnym $R = R_0$ staje się równa fmg :

$$mR_0 \omega^2 = fmg. \quad (1)$$

Wynika stąd, że ciało może spoczywać względem tarczy tylko dla $R \leq R_0$. Wielkość R_0 wyznaczamy mierząc odległość od osi obrotu ziarenek soli znajdujących się na obracającej się tarczy najdalej od jej osi. Najlepiej jest nasypać cieniutką warstewkę soli na spoczywający na tarczy krążek, a potem tarczę wprawić powoli w ruch obrotowy (hamując ją lekko palcem tuż po włączeniu gramofonu). Aby sól nie zsypywała się z tarczy dobrze jest brzeg krążka wygiąć ku górze.

Współczynnik tarcia wyznaczamy ze wzoru (1):

$$f = R_0 \omega^2 / g. \quad (2)$$

Przyjmujemy, że do doświadczenia uczniowie użyją starego gramofonu, którego prędkość obrotowa nie jest znana lub odbiega od prędkości przyjętych jako standardowe. W takim przypadku prędkość kątową trzeba wyznaczyć, np. mierząc liczbę obrotów n talerza na minutę. Wprowadzając parametr n wzór (2) można zapisać w formie

$$f = \left(\frac{2\pi n}{60} \right)^2 \frac{R}{g} = \frac{\pi^2 n^2}{900} \frac{R}{g}. \quad (3)$$

Dla standardowych prędkości obrotowych talerza gramofonu wzór (2) można napisać w jednej z poniższych postaci

$$f = 0,068 \cdot R \quad \text{dla } n = 78, \quad (4)$$

$$f = 0,0226 \cdot R \quad \text{dla } n = 45, \quad (5)$$

$$f = 0,0124 \cdot R \quad \text{dla } n = 33 \frac{1}{3}, \quad (6)$$

gdzie R jest wyrażone w centymetrach.

W przypadku korzystania ze wzorów (4) – (6) stoper należy użyć do sprawdzenia, czy założona prędkość obrotowa odpowiada faktycznej prędkości obrotowej talerza gramofonu.

Recenzent otrzymał następujące wartości współczynników tarcia (przy $n = 78$, pozostałe standardowe prędkości obrotowe prowadziły do wartości R_0 większych od promienia tarczy i wykonywanie pomiarów było kłopotliwe):

Tabela 1

Materiał sypki	Krażek z papieru	Krażek z tektury
Okruchy styropianu	0,58	–
Okruchy poliuretanu	0,68	–
Kawałeczki drewna	0,31	0,375
Sól	0,51	0,68
Kasza gryczana	0,31	0,375

Metoda pomiaru narzuca ograniczenie na zakres mierzonych wartości współczynnika tarcia (przy danym n), co wiąże się z faktem, że R_0 nie może przekraczać promienia krążka, który z kolei nie może być zbyt dużo większy od promienia tarczy gramofonu.

Niepewność pomiarowa jest głównie związana z niepewnością pomiarową wyznaczenia R_0 i nie przekraczała 5%.

Uwagi

Ustalenie szczegółowych kryteriów ocen pozostawiono Komitetom Okręgowym po wstępnym przejrzaniu prac uczniowskich. Zadanie to było znacznie bardziej popularne niż zadanie D2. Rozwiązania na ogół były poprawne i zbliżone do podanego tutaj.