



XXXV OLIMPIADA FIZYCZNA

(1985/1986)

ZAWODY I STOPNIA

Zadanie doświadczalne – D1

Nazwa – Wyznaczanie współczynnika tarcia materiałów sypkich korzystając z gramofonu.

Źródła – Komitet Główny Olimpiady Fizycznej

– Waldemar Gorzkowski, Piotr Nowicki: *Fizyka w Szkole* nr 3, 1986

– T.M. Molenda, IF US, www.OF.szc.pl.

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 zadania D1 – XXXV OF, I stopień

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 $fm g$. Siła odśrodkowa rośnie wraz z R i przy pewnym $R = R_0$ staje się równa $fm g$

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

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 wprowadzić 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):

$$f = \frac{R_0\omega^2}{g}. \quad (2)$$

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

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

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

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

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

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

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 – Tabela 1 (przy $n = 78$, pozostałe standardowe prędkości obrotowe prowadziły do wartości R_0 większych od promienia tarczy i wykonywanie pomiarów było kłopotliwe).

Tabela 1. Wartości współczynników tarcia przykładowych materiałów sypkich

| Materiał sypki | Krażek papieru | Krażek z tektury |
|---------------------|----------------|------------------|
| Okruchy styropianu | 0,58 | — |
| Okruchy poliuretanu | 0,68 | — |
| Kawałeczki drewna | 0,31 | 0,374 |
| Sól | 0,51 | 0,680 |
| Kasza gryczana | 0,31 | 0,375 |

Komentarz

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 krażka, który z kolei nie może być dużo większy od promienia tarczy gramofonu.

Błąd pomiaru¹ związany jest głównie z błędem w wyznaczeniu R_0 i nie przekraczał 5 %.

Ustalenie szczegółowych kryteriów ocen pozostawiono Komitetom Okręgowym po wstępnym przejrzaniu prac uczniowskich.

Zadanie to było znacznie bardziej popularne niż zadanie doświadczalne D2. Rozwiązania na ogół były poprawne i zbliżone do podanego tutaj.

¹Błąd, tutaj rozumiany jako błąd pomiaru – określenie było stosowane w znaczeniu obecnej niepewności pomiaru.

Problematykę tą od 1993 r. reguluje *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*, u nas w nauczaniu od 2018 r. *Rekomendacja Polskiego Towarzystwa Fizycznego dotycząca nauczania o opracowywaniu wyników pomiarów w szkołach* – www.2022.ptf.net.pl/programy/edukacja/rekomendacja (przyp. red.).