



XXVIII OF OLIMPIADA FIZYCZNA

(1978/1979)

ZAWODY I STOPNIA

Zadanie doświadczalne – D2

Nazwa – Wyznaczanie stosunku ciepł właściwych powietrza w przemianie izobarycznej i izochorycznej.

Źródła – Komitet Główny Olimpiady Fizycznej

- Waldemar Gorzkowski, Andrzej Kotlicki: *Fizyka w Szkole* nr 2, 1980
- W. Gorzkowski, A. Kotlicki: *Olimpiady Fizyczne XXVII–XXVIII*. WSiP, Warszawa 1983
- T.M. Molenda, IF US, www.OF.szc.pl.

Dane są¹:

rura szklana nie dłuższa niż 60 cm, szczelnie zamknięta z jednego końca,
zlewka z wodą,
kamerton o znanej częstotliwości $f = 435$ Hz,
linijka,
rurka gumowa,
termometr.

Wyznacz stosunek ciepła właściwego powietrza przy stałym ciśnieniu do ciepła właściwego powietrza przy stałej objętości. gęstość powietrza w warunkach normalnych wynosi $\rho_0 = 1,29283$ kg/m³.

Prędkość dźwięku w gazie wynosi $\sqrt{\kappa p / \rho_0}$, gdzie p oznacza ciśnienie, a ρ – gęstość gazu.

¹W opracowaniu zad. do bazy zadań KGOF przytoczono treść zad. w postaci z druczka KGOF rozsyłanego do szkół (przyp. red.).

Rozwiązanie zadania D2 – XXVIII OF, I stopień

Prędkość dźwięku w gazie dana jest wzorem

$$v = \sqrt{\frac{\kappa p}{\rho}}, \quad (1)$$

gdzie $\kappa = C_p/C_V$, p – ciśnienie, ρ – gęstość gazu.

Prędkość dźwięku można wyznaczyć obserwując rezonans akustyczny w słupie powietrza o wysokości h pomiędzy brzegiem rury szklanej a powierzchnią wody. Fala stojąca powstaje, gdy

$$h_n = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

ponieważ na powierzchni wody tworzy się węzeł, a na brzegu menzurki² strzałka fali (λ – długość fali akustycznej w powietrzu). Długość fali $\lambda = v/f$, gdzie f – częstotliwość drgań kamertonu.

Gęstość powietrza dla danej temperatury T i ciśnienia p można obliczyć na podstawie znanego związku

$$\frac{p}{\rho T} = \frac{p}{\rho_0 T_0}, \quad (3)$$

gdzie

$$p_0 = 101\,325 \text{ Pa}, \quad T_0 = 273 \text{ K}, \quad \rho_0 = 1,293 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{wartości z tablic}),$$

stąd

$$\rho = \rho_0 \frac{T_0 p}{T p_0}. \quad (4)$$

Jeżeli zmierzmy h_1 odpowiadające $\frac{\lambda}{4}$ i h_2 odpowiadające $\frac{3\lambda}{4}$, to mamy $\lambda = 2(h_2 - h_1)$ i stąd

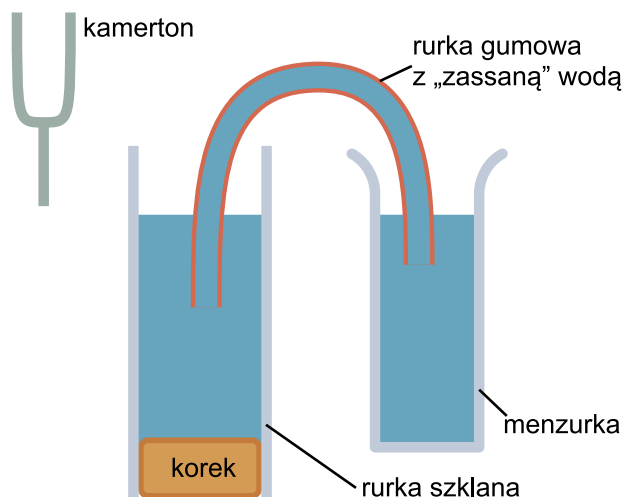
$$\kappa = \frac{4(h_2 - h_1)^2 f^2 \rho_0 T_0}{T p_0}. \quad (5)$$

Doświadczenie prowadzimy w układzie pokazanym na rysunku 1. Możliwość zmiany poziomu cieczy w sposób ciągły przez zmianę położenia menzurki pozwala na dokładne ustalenie wysokości słupa powietrza, dla której zachodzi rezonans.

Okazuje się, że pomiar h_1 nie jest wystarczający, ponieważ strzałka fali nie powstaje dokładnie na brzegu rury. Dopiero uzyskanie wysokości h_1 i h_2 pozwala na prawidłowe wyznaczenie κ .

Magnes sztabkowy wieszamy na nitce tak, aby wisiał poziomo (rys. 1). Po ustaleniu się położenia równowagi (oś sztabki pokrywa się z kierunkiem północ – południe) magnes odchylany jest w poziomie o kąt α , puszczaamy i mierzymy okres swobodnych, małych drgań.

²Menzurka – nazwa zwyczajowa, cylinder miarowy (przyp. red.).

Rys. 1³

Punktacja

- | | |
|--|--------|
| 1. Wyprowadzenie wzoru (5) | 5 pkt. |
| 2. Przeprowadzenie eksperymentu | 5 pkt. |
| 3. Wykazanie, że wyznaczanie λ z pierwszej strzałki fali stojącej nie jest właściwe | 5 pkt. |
| 4. Dyskusja błędów ⁴ | 5 pkt. |

Komentarz

Zadanie to wybrała olbrzymia większość uczestników. Część teoretyczna nie nastęrczała trudności. Bardzo niewielu uczestników wykonało pomiary na tyle starannie, by zaobserwować trudności z uzyskaniem prawidłowej wartości λ przy pomiarze jedynie h_1 . Nadal bardzo wielu uczestników miało trudności z szacowaniem niepewności pomiarowej i takim planowaniem doświadczenia, żeby tą niepewność zminimalizować.

Wielu uczestników dyskutowało szczegóły eksperymentu, między innymi takie jak: odpowiednie dobranie średnic rury szklanej i rurki gumowej w celu uzyskania dobrze słyszalnego rezonansu.

³Opracowując zad. do bazy zadań KGOF wykonany rys. został pokolorowany (przyp. red.).

⁴Słowo „błąd” było używane w znaczeniu obecnej niepewności a „błąd maksymalny” – niepewności granicznej. 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* — www2022.ptf.net.pl/programy/edukacja/rekomendacja (przyp. red.).