

XXVIII OLIMPIADA FIZYCZNA (1978/1979). Stopień I, zadanie doświadczalne – D2

Źródło:	Komitet Główny Olimpiady Fizycznej; Waldemar Gorzkowski, Andrzej Kotlicki: <i>Fizyka w Szkole</i> nr 2, 1980; Olimpiada Fizyczna XXVII – XXVIII. WSiP, Warszawa 1983.
Nazwa zadania:	Ciepło właściwe powietrza w przemianie izobarycznej i izochorycznej.
Działy:	Termodynamika.
Słowa kluczowe:	ciepło właściwe, powietrze, przemiana izobaryczna, przemiana izochoryczna, równanie Clapeyrona, szklana rurka, kamerton, gumowa rurka, termometr

Zadanie doświadczalne – D2, zawody I stopnia, XXVIII OF.

Dane są: rurka szklana nie krótsza 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

$$\kappa = \frac{C_p}{C_V}.$$

Gęstość powietrza w warunkach normalnych wynosi $\rho_0 = 1,29283$ kg/m³.

Prędkość dźwięku w gazie wynosi

$$v = \sqrt{\frac{\kappa p}{\rho}},$$

gdzie p oznacza ciśnienie, a ρ – gęstość gazu.

Rozwiązanie

Prędkość dźwięku w gazie dana jest wzorem

$$v = \sqrt{\frac{\kappa p}{\rho}},$$

gdzie

$$\kappa = \frac{C_p}{C_V},$$

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

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

$n = 0, 1, 2, \dots$ ponieważ na powierzchni wody tworzy się węzeł, a na brzegu menzurki strzałka fali (λ – długość fali akustycznej w powietrzu).

Długość fali

$$\lambda = \frac{v}{f},$$

gdzie f – częstotliwość drgań kamertonu.

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

$$\frac{p}{\rho T} = \frac{p_0}{\rho_0 T_0},$$

gdzie $p_0 = 101325$ Pa, $T_0 = 273$ K, $\rho_0 = 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (wartości z tablic), stąd

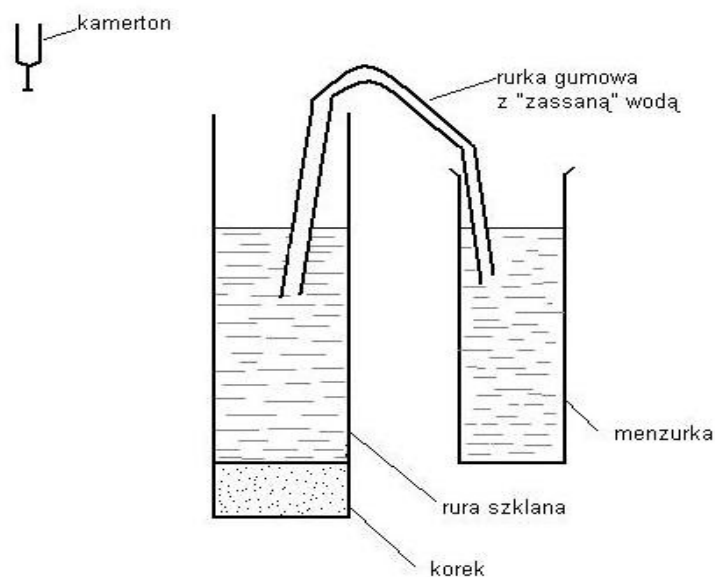
$$\rho = \rho_0 \frac{T_0 p}{T p_0}.$$

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

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



Rys. 1.

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 .

Zadanie to wybrała olbrzymia większość uczestników. Część teoretyczna nie nastęczała trudności. Bardzo niewielu uczestników wykonało pomiary na tyle starannie, by zaobserwować trudności z uzyskaniem prawidłowej wartości κ 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 takiej jak: odpowiednie dobranie średnic rury szklanej i rurki gumowej w celu uzyskania dobrze słyszalnego rezonansu.