

**XXXVII OLIMPIADA FIZYCZNA (1987/1988). Stopień I, zadanie doświadczalne – D1**

**Źródło:** Komitet Główny Olimpiady Fizycznej;  
Waldemar Gorzkowski, Andrzej Kotlicki: Fizyka w Szkole nr 3, 1988 r.

**Nazwa zadania:** Wyznaczanie stosunku prędkości dźwięku w dwutlenku węgla i w powietrzu.

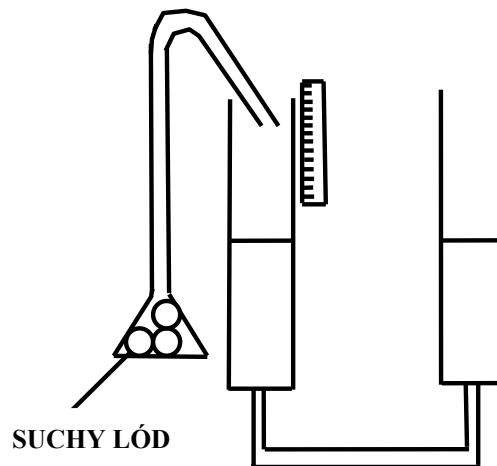
**Działy:** Drgania i fale mechaniczne.

**Słowa kluczowe:** Prędkość, fala, dźwięk, kamerton, suchy lód, rezonans, fala stojąca, dwutlenek węgla, wysokość słupa, szklane rury, wąż gumowy, statyw.

**Zadanie doświadczalne - D1, zawody I stopnia, XXXVII OF.**

Mając do dyspozycji:

1. Dwie rury szklane o średnicy 3 – 5 cm i długości około 80 cm połączone za pomocą korków i cieńszych rurek węzłem gumowym (rys. 1),



Rys. 1.

2. Kamerton (bez pudełka rezonansowego),
3. Linijkę,
4. Źródło dwutlenku węgla,
5. Statywy z łapami,

wyznacz stosunek prędkości dźwięku w dwutlenku węgla i w powietrzu. Pomiarów należy dokonywać w temperaturze pokojowej.

**Uwaga:** Jako źródło dwutlenku węgla można wykorzystać suchy lód zamknięty w butelce z korkiem, przez który przetkano cienki wąż gumowy. Lekkie ogrzewanie butelki powoduje wypływ dwutlenku węgla przez wąż. Dwutlenek węgla można też otrzymać na drodze chemicznej, np. podczas reakcji kwasu cytrynowego lub octu z sodą.

## Rozwiązanie

Układ doświadczalny pokazano na rysunku 1 w tekście zadania. Zmieniając położenie prawej rury można regulować poziom wody w rurze lewej.

Istota doświadczenia polega na zmierzeniu wysokości słupa gazu w lewej rurze w czasie rezonansu, gdy jest w niej powietrze, i drugi raz, gdy jest ona wypełniona dwutlenkiem węgla.

W czasie rezonansu węzeł prędkości fali stojącej musi być przy powierzchni wody, natomiast przy górnym otworze musi wystąpić strzałka. Najmniejsza wysokość słupa powietrza w czasie rezonansu wynosi więc  $\frac{\lambda}{4}$ , gdzie  $\lambda$  jest długością fali dźwiękowej wywołanej przez kamerton (o nieznannej częstotliwości  $\nu$ ), zaś

$$v = \lambda \cdot \nu.$$

Znając  $\lambda$  w obu przypadkach, z wzorów:

$$v_{\text{CO}_2} = \lambda_{\text{CO}_2} \cdot \nu$$

$$v_{\text{pow}} = \lambda_{\text{pow}} \cdot \nu$$

dostajemy

$$v_{\text{CO}_2} / v_{\text{pow}} = \lambda_{\text{CO}_2} / \lambda_{\text{pow}}.$$

Recenzent otrzymał następujące wyniki:

$$1/4 \cdot \lambda_{\text{CO}_2} = (17,0 \pm 0,2) \text{ cm},$$

$$1/4 \cdot \lambda_{\text{pow}} = (19,0 \pm 0,2) \text{ cm}.$$

Stąd

$$v_{\text{CO}_2} / v_{\text{pow}} = 0,89 \pm 0,02.$$

Strzałka fali stojącej ze względu na różnego rodzaju efekty brzegowe nie wypada dokładnie w otwartym końcu rury i dlatego celowe jest wyznaczenie dwóch kolejnych wysokości słupa gazu, przy których zachodzi rezonans. Różnica tych wysokości jest równa  $\frac{\lambda}{2}$ .

Nie zawsze jednak daje się to uzyskać w warunkach domowych.

Przy wykonywaniu pomiarów z dwutlenkiem węgla należy zadbać o to, by w rurze był czysty  $\text{CO}_2$  a nie jego mieszanina z powietrzem. Najłatwiej osiągnąć to zaczynając pomiar wysokości słupa gazu większej niż przewidywana wysokość w rezonansie i zmniejszając tę wysokość do wysokości rezonansowej. W tym przypadku wprowadzany do rury  $\text{CO}_2$  w czasie pomiarów będzie z rury wychodził a na jego miejsce nie będzie wchodziło powietrze. Efekt ten nie daje się jednak całkowicie wyeliminować. Warto też zwrócić uwagę na to, by dwutlenek węgla użyty do doświadczenia był suchy (ważne przy produkcji  $\text{CO}_2$  metodą rugowania z roztworem).

## Uwagi

Część teoretyczna zadania nie sprawiła uczniom żadnych kłopotów. Olbrzymia większość prac była poprawna z tym, że niewielu uczniów zwróciło uwagę na celowość pomiaru dwu częstotliwości rezonansowych, zarówno dla powietrza jak i dla dwutlenku węgla.

Część doświadczalna była zwykle także poprawna. Najwięcej trudności sprawiło uczniom zapobieżenie mieszania się dwutlenku węgla z powietrzem w czasie pomiarów i stąd spory rozrzut uzyskiwanych wyników. Zadanie to było nieco rzadziej wybierane niż zadanie D2.