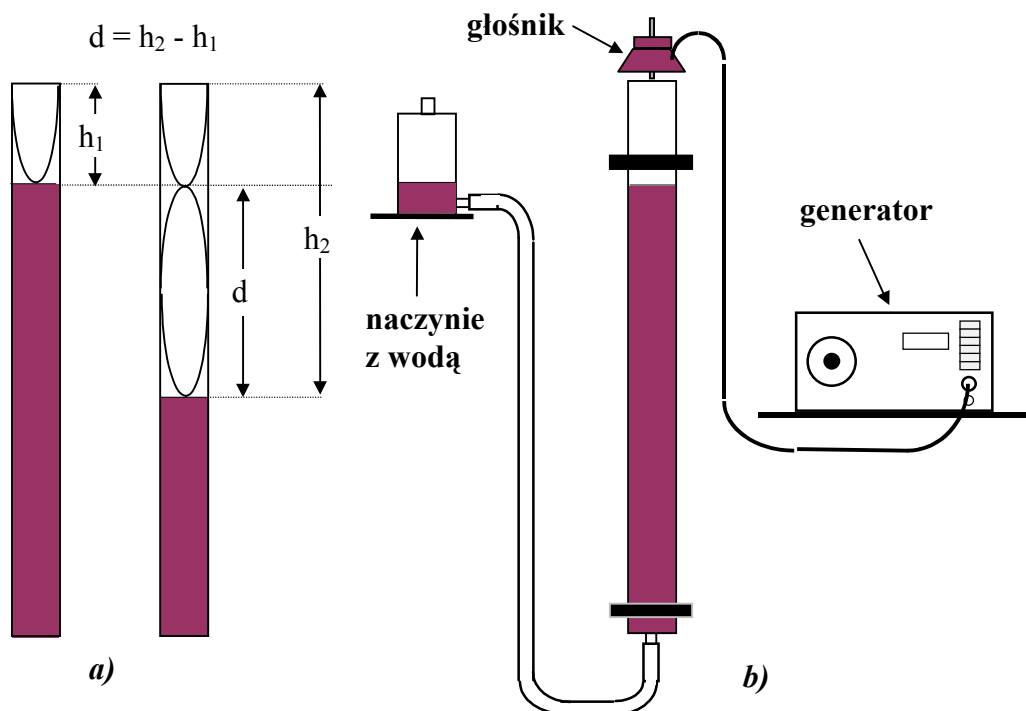


Wyznaczanie prędkości rozchodzenia się głosu w powietrzu przy pomocy rury Quinck'ego

I. Metoda pomiaru.

Do pomiaru prędkości dźwięku wykorzystujemy tzw. rurę Quinck'ego, czyli rurę szklaną otwartą górnym końcem, częściowo wypełnioną wodą, w której istnieje możliwość zmiany poziomu wody. Przy pomocy kamertonu lub głośnika umieszczonego u góry rury wprowadzamy falę dźwiękową do jej wnętrza. Po odbiciu od powierzchni wody fala interferuje z tą biegnącą z głośnika i przy odpowiednim poziomie lustra wody otrzymujemy falę stojącą. Dzieje się to wówczas, gdy przy otwartym końcu rury powstaje strzałka, a na powierzchni wody tworzy się węzeł. Słychać wówczas wzmocnienie dźwięku - słup powietrza



Rys.1 Schemat pomiaru prędkości dźwięku przy użyciu rury Quinck'ego (a), układ doświadczalny (b)

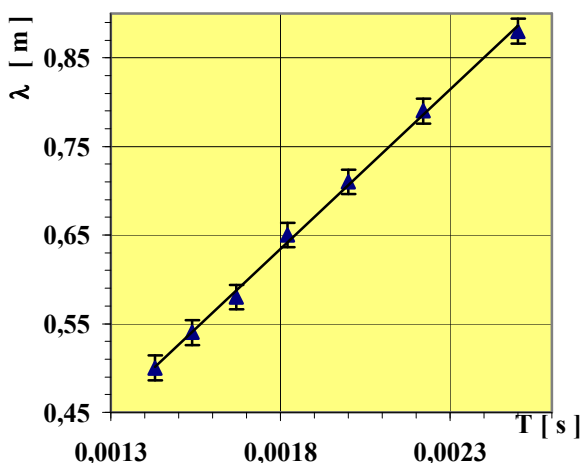
w rurze drga z częstotliwością drgań kamertonu lub membrany głośnika (rezonans akustyczny). Słup powietrza w rurze zawiera wtedy nieparzystą liczbę ćwiartek fal, a różnica poziomów wody d , przy których występuje rezonans jest równa połowie długości fali (patrz rys.1a). Mamy więc $\lambda = 2 \cdot d$. Ze związku

$$\lambda = v \cdot \frac{1}{f} = v \cdot T \quad (1)$$

gdzie $T = \frac{1}{f}$ jest okresem, f - częstotliwością a v prędkością fali w powietrzu,

widzimy, że długość fali jest odwrotnie proporcjonalna do częstotliwości. Mierząc długość fali dla różnych częstotliwości i sporządzając wykres zależności długości fali λ od okresu T w układzie

współrzędnych (λ, T) otrzymamy wykres, którego punkty doświadczalne powinny ułożyć się w pobliżu prostej o współczynniku nachylenia równym prędkości dźwięku v (patrz rys. 2).



Rys. 2 Wykres zależności długości fali λ od okresu T .

Ogólna postać prostej doświadczalnej jest postaci :

$$\lambda = a \cdot T + b, \quad (2)$$

gdzie $a = v$ jest współczynnikiem nachylenia prostej (patrz równanie 1).

II. Układ doświadczalny.

Układ pomiarowy składa się z rury szklanej, głośnika zamontowanego u wylotu rury oraz generatora drgań sinusoidalnych. W celu wyznaczenia prędkości rozchodzenia się głosu w powietrzu pobudzamy do drgań membranę głośnika połączonego z generatorem (patrz rys. 1b). Zalecany zakres częstości pomiarowych wynosi $400 \div 700$ Hz.

III. Pomiary i opracowanie danych.

Przy określonej częstości f wytwarzamy w rurze falę stojącą, zmieniając poziom wody, poprzez podnoszenie bądź opuszczanie naczynia z wodą znajdującego się obok aż do chwili usłyszenia wzmocnienia dźwięku. Znając w przybliżeniu miejsce wzmocnienia, określamy je dokładnie w sposób następujący: szybko wznosimy lub obniżamy naczynie z wodą, następnie odczytujemy położenie poziomu wody, przy którym nastąpiło wzmocnienie (rezonans akustyczny). Po odczytaniu na skali tego położenia poziomu wody h_1 , przesuwamy stopniowo poziom wody, aż do chwili usłyszenia następnego wzmocnienia dźwięku i znów odczytujemy położenie poziomu wody h_2 .

Odległość d między dwoma kolejnymi poziomami wody, przy których wystąpiło wzmocnienie dźwięku, równa się połowie długości fali λ . Częstość drgań f membrany głośnika odczytujemy ze skali generatora bądź częstościomierza dołączonego do generatora. Zatem kolejność czynności jest następująca:

1. Ustawić częstość generatora z zakresu pomiarowego ($400 \div 700$ Hz) np. 400 Hz.
2. Odczytać położenie h_1 pierwszego węzła.
3. Odczytać położenie h_2 drugiego węzła.
4. Zmienić częstość generatora o 50 Hz i powtórzyć punkty 2 - 3.
5. Odczytać temperaturę t .
6. Wyniki pomiarów podać w tabeli.

Lp	Częstość f Hz	Węzeł 1 h_1 [m]	Węzeł 2 h_2 [m]	Odległość węzłów d [m]	Długość fali $\lambda = 2 \cdot d$ [m]	Okres fali $T = 1/f$ [s]

Opracowanie.

- ♣ Wykorzystując dane doświadczalne sporządzić wykres zależności długości fali dźwiękowej λ w powietrzu od jej okresu T .
- ♣ Zaznaczyć na wykresie niepewności pomiarowe $\Delta\lambda$ i ΔT .

Niepewność pomiaru okresu $\Delta T = \mp \frac{1}{f^2} \Delta f$ ¹, gdzie Δf jest niepewnością odczytu częstotliwości ze skali generatora lub przyrządu pomiarowego - częstotściomierza.

Niepewność $\Delta\lambda$ wyznaczamy z zależności $\Delta\lambda = \mp 2\sqrt{2} \cdot \Delta h$ ¹. Ze względu na identyczne warunki wyznaczenia położenia węzłów 1 i 2 można przyjąć, że $\Delta h_1 = \Delta h_2 = \Delta h$. Niepewności Δh_1 i Δh_2 określamy wyznaczając średni błąd kwadratowy średniej arytmetycznej (gdy pomiar wykonujemy kilka razy) wielkości h_1 i h_2 lub oceniamy go jako niepewność maksymalną.

- ♣ Obliczyć współczynnik a nachylenia prostej (a tym samym v) i niepewność Δa korzystając np. z metody najmniejszych kwadratów. Wynik podać w postaci:

$$v = (v_{\text{dośw}} \pm \Delta v) \text{ m/s} .$$

- ♣ Podać prędkość dźwięku w temperaturze $t = 0^\circ\text{C}$, korzystając ze wzoru $v_0 = v_T \cdot \sqrt{\frac{273}{273+t}}$ gdzie v_T jest prędkością dźwięku w temperaturze $T = (273 + t)$ a v_0 prędkością w temperaturze $T_0 = 273\text{K}$ (patrz np. *I pracownia fizyczna* J. L. Kacperski, WUŁ 1982 s.109; *Laboratorium fizyczne* H. Hofmokl, A. Zawadzki, s.167–168).

¹ Wyprowadzenie wzoru zgodnie z zasadami rachunku błędów *I pracownia fizyczna* J. L. Kacperski, K. Niedźwiedziuk, *Laboratorium fizyczne* H. Hofmokl, A. Zawadzki