V2 – wyznaczenie prędkości dźwięku w powietrzu

I Pracownia Fizyczna, WFAIS UJ

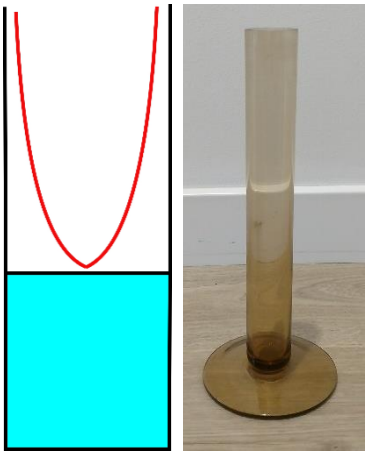
1 CEL ĆWICZENIA

Przy użyciu butelki lub wazonika wyznaczyć prędkość dźwięku w powietrzu.

2 PODSTAWOWE WIADOMOŚCI

Dmuchając w butelkę lub cylindryczny wazonik jesteśmy w stanie wzbudzić drgania powietrza znajdującego się w nim i „wydobyć" z niego dźwięk. W przypadku cylindrycznego wazonika wzbudzamy w nim fale stojące a fala o najniższej częstotliwości ma postać jak na rysunku 1. Ponieważ prędkość dźwięku (v) jest stała (równanie 1), zmieniając poziom wody w wazonie zmieniamy długość fali (λ) i jej częstotliwość (f).

$$v = \lambda f \qquad (1)$$



Rysunek 1. Fala stojąca wytworzona w cylindrycznym wazonie.

Długość fali o najniższej częstotliwości można wyznaczyć (równanie 2) mierząc wysokość słupa powietrza znajdującego w wazonie powyżej poziomu wody (l). Długość fali wynosi wtedy:

$$\lambda = 4l \qquad (2)$$

W przypadku wzbudzania dźwięku w butelce sytuacja jest trochę bardziej skomplikowana i nie można jej przybliżyć cylindrycznym wazonem. Mamy wtedy do czynienia z rezonatorem Helmholtza (zachęcam do zapoznania się z informacjami na stronach [1,2] lub wyszukać informacji samodzielnie). Częstotliwość fali zależy wtedy od objętości butelki (V) oraz długości (d) i pola przekroju szyjki (S) i jest opisana zależnością (równanie 3).

$$f = \frac{v}{2\pi}\sqrt{\frac{S}{Vd}} \qquad (3)$$

3 MOŻLIWY PRZEBIEG ĆWICZENIA

1. Przygotuj butelkę i/lub wazonik, wodę oraz miarkę. Pobierz darmową aplikację na smartfon lub oprogramowanie na komputer pozwalające zmierzyć częstotliwość dźwięku np. Spectroid https://play.google.com/store/apps/details?id=org.intoorbit.spectrum&hl=pl lub Audacity https://www.audacityteam.org/ (by wygenerować spektrum wystarczy

zaznaczyć część nagrania dźwiękowego i kliknąć w pasku menu Analyze -> Plot Spectrum)

2. Dmuchając w butelkę/wazonik zmierz częstotliwość dźwięku. Następnie zanotuj ilość wody. Pomiary wykonaj dla różnych ilości wody w butelce/wazoniku (co najmniej 8).

4 OPRACOWANIE DANYCH

W celu wyznaczenia prędkości dźwięku dane pomiarowe przedstaw na wykresie f(1/l) dla wazonika oraz f($\sqrt{\frac{S}{Vd}}$) dla butelki. Prędkość dźwięku wyznacz używając regresji liniowej. Współczynniki regresji zidentyfikuj na postawie równania (1 i 2) dla wazonika lub (3) dla butelki.

W przypadku wazonika ważna jest wysokość powietrza znajdującego się powyżej poziomu wody. Łatwo ją wyznaczyć przy pomocy miarki. W przypadku butelki ważna jest objętość rezonatora (objętość butelki, w której znajduje się powietrze z pominięciem objętości szyjki). Objętość dolanej wody można wyznaczyć na kilka sposobów:

1. Używając wagi kuchennej i ważąc ilość dolanej wody. Następnie znając gęstość wody można oszacować jej objętość.
2. Używając pojemników o znanej objętości np. strzykawki czy miarki.
3. Mierząc wysokość słupa wody i średnice butelki.

5 FORMA SPRAWOZDANIA

Sprawozdanie przygotuj tylko w formie elektronicznej i wyślij do asystenta. Preferowany format to PDF.

W sprawozdaniu zamieść:

1) Zredukowane do absolutnego minimum „postawy teoretyczne", które zawierają tylko wiadomości niezbędne do analizy ćwiczenia, np. równania, które bezpośrednio wykorzystujesz w analizie danych.
2) Zdjęcia Twojego „układu eksperymentalnego", oraz przykładowe zrzuty ekranu („print screeny") zarejestrowanych rozkładów częstotliwości (obowiązek!)
3) Opracowanie wyników i ich dyskusję.
4) Dodatkowo, prześlij asystentowi plik tekstowy lub arkusz kalkulacyjny z danymi (zmierzone dane przedstaw także w formie tabeli w sprawozdaniu).

UWAGA: W przygotowaniu sprawozdania może okazać się pomocny dokument „Jak pisać sprawozdania z ćwiczeń wykonywanych na I Pracowni Fizycznej".

6 LITERATURA

[1] https://newt.phys.unsw.edu.au/jw/Helmholtz.html
[2] http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Waves/coke3.html#c1