

# 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 ( $\lambda$ ) i jej częstotliwość ( $f$ ).

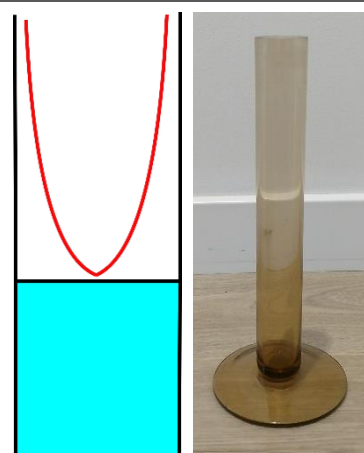
$$v = \lambda f \quad (1)$$

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

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

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).

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



Rysunek 1. Fala stojąca wytworzona w cylindrycznym wazonie.

## 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 Analize -> 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 podstawie 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 średnicę 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>