

Instrukcja do ćwiczenia Nr 4 BL

BADANIE ABSORPCJI ULTRADŹWIĘKÓW

I. Cel ćwiczenia:

Poznanie podstawowych pojęć związanych z rozchodzeniem się fal ultradźwiękowych w różnych ośrodkach: odbicie, załamanie, tłumienie, interferencja, rozpraszanie. Sprawdzenie prawa absorpcji fali ultradźwiękowej w powietrzu. Zapoznanie ze sposobem wytwarzania i zastosowania ultradźwięków.

II. Zagadnienia do kolokwium:

1. Rozchodzenie się fal dźwiękowych w ciałach stałych, ciekłych i gazowych. Równanie fali.
2. Współczynniki odbicia, transmisji i pochłaniania fal. Współczynniki tłumienia: amplitudy fali α , tłumienia natężenia fali μ . Opór falowy ośrodka.
3. Efekty oddziaływania fal ultradźwiękowych na tkankę.
4. Wytwarzanie fal ultradźwiękowych (zjawisko piezoelektryczne proste i odwrotne).
5. Zjawisko Dopplera i jego zastosowanie w medycynie.

III. Literatura:

1. F. Jaroszyk (red.), Biofizyka, PZWL, W-wa, 2001
2. B. Mycek, M. Wójcik-Jawień, S. Bożek, W. Jawień, Ćwiczenia laboratoryjne z biofizyki, www.farmacja.cm-uj.krakow.pl
3. <https://openstax.org/details/books/fizyka-dla-szkol-wyzszych-polska>

IV. Przebieg ćwiczenia:

Ultradźwiękami nazywamy mechaniczne zjawiska falowe występujące w ośrodkach stałych, ciekłych i gazach o częstotliwości większej niż 20 kHz. Warunki rozchodzenia się fal ultradźwiękowych są zależne od własności ośrodka, w którym one występują. Na skutek tarcia wewnętrznego, przewodnictwa cieplnego itd., część energii fali jest stale tracona. W rezultacie amplituda ciśnienia fali zmniejsza się w funkcji odległości. Mówimy, że fala jest tłumiona. Za miarę tłumienia przyjmujemy współczynniki: α - tłumienia amplitudy fali lub μ - tłumienia natężenia fali. Współczynnik α określamy jako względną zmianę ciśnienia fali przypadającą na jednostkę długości. Rozchodzenie się płaskiej fali ultradźwiękowej opisuje prawo absorpcji, które wyraża równanie:

$$P(x_1) = P(x_0) \exp -\alpha (x_1 - x_0) \quad (1)$$

gdzie $P(x_0)$ jest amplitudą zmiennego ciśnienia akustycznego w odległości x_0 od źródła fali, $P(x_1)$ jest amplitudą ciśnienia w odległości x_1 od źródła.

Współczynnik tłumienia amplitudy fali α w powietrzu jest wielkością zależną od częstotliwości fali, temperatury i wilgotności.

Sprawdzenia prawa absorpcji fali ultradźwiękowej i pomiaru współczynnika pochłaniania danej fali dokonujemy poprzez przeprowadzenie pomiarów amplitudy ciśnienia fali rejestrowanej przez odbiornik ultradźwięków (*receiver*), która jest emitowana przez przetwornik ultradźwiękowy (*transmitter*), w funkcji odległości x odbiornika od źródła fali, stosując zestaw pomiarowy zamieszczony na rys.1.

Przedstawiając funkcję $P(x)=U(x)$ w relacji (1), w pół-zlogarytmowanym układzie współrzędnych, otrzymamy prostą o równaniu $Y = aX + b$, gdzie $Y = \ln U(x_1)$, $X = x_1$, natomiast współczynnik $a = \alpha$.



Rys.1. Zestaw pomiarowy do sprawdzania prawa absorpcji ultradźwięków w powietrzu.

V. Przebieg pomiarów:

1. Zestawić układ pomiarowy według schematu na rys.1.
2. Ustawić zakres woltomierza - 20 V, dla prądu stałego (DC).
3. Umieścić nadajnik fali ultradźwiękowej – **transmitter** na tej samej wysokości co odbiornik – **receiver**.
4. Podłączyć nadajnik do gniazda - **TR1** generatora ultradźwięków pracującym w trybie ciągłym „**Con**”.
5. Podłączyć odbiornik do lewego gniazda wzmacniacza.
6. Dobrać takie wzmocnienie wejściowe odbiornika **Pre.Ampl.** i amplitudę nadajnika **Ampl.** aby dioda „**OVL**” nie zapaliła się (to jest dla odległości odbiornika od nadajnika w granicach 12 – 14 cm).
7. Zmieniać położenie odbiornika względem nadajnika z krokiem np. 2 cm i odczytywać wskazania woltomierza **U** (pomiarzy przeprowadzić dla różnych wzmocnień, zachowując warunek (6) w danej serii pomiarów) dla 8-10 kroków zmian odległości – **X**. Wyniki umieścić w tabeli.

VI. Opracowanie wyników:

1. Obliczyć $\ln U(x)$ dla każdego **X**, wyniki przedstawić w formie graficznej w układzie współrzędnych ($X = x$, $Y = \ln U$). Metodą regresji liniowej wyznaczyć parametry **a** i **b** prostej $Y = ax + b$ oraz ich odchylenia standardowe σ_a i σ_b .
2. Wartość współczynnika nachylenia **a** prostej $Y = ax + b$ stanowi wartość współczynnika absorpcji α fali ultradźwiękowej w powietrzu o danej wilgotności i temperaturze.
3. Wartość współczynnika tłumienia fali α wyznaczymy również stosując równanie (1) jako wyrażenie $U(x_1) = U(x_0) \exp -\alpha (x_1 - x_0)$, które opisuje zmiany napięcia elektrycznego powstającego w czujniku fali ultradźwiękowej w zależności od jego położenia względem źródła fali, stąd:

$$\alpha = \frac{1}{(x_1 - x_0)} \cdot \ln \frac{U(x_0)}{U(x_1)}$$

lub

$$\alpha' = \frac{1}{(x_1 - x_0)} \cdot 20 \log \frac{U(x_0)}{U(x_1)}$$

Jednostki współczynników: $[\alpha] = 1/m$
 $[\alpha'] = dB/m$