

Instrukcja do ćwiczenia 24

Temat: Wyznaczanie krzywej progu słyszalności i progu dyskryminacji częstotliwości

Ludzkie ucho odbiera dźwięki tylko w ściśle określonym zakresie częstotliwości. Zwierzęta również mają typowy zakres słyszalności, a nawet kręgowce potrafią słyszeć dźwięki znacznie różniące się od ludzkiego ciała. U ludzi górny próg słyszalności akustycznej silnie zależy od wieku. Średnie wartości wykonanych pomiarów powinny odpowiadać w przybliżeniu następującym wartościom: do 16 lat: 20 kHz, do 20 lat: 18 kHz, do 35 lat: 15 kHz, do 50 lat: 12 kHz, do 70 lat: 9 kHz, do 90 lat: 5 kHz. Eksperyment pokazuje, że zakres słyszalności ludzkiego ucha jest zależny od wieku: im starsza osoba badana, tym niższy jest zakres słyszalności. Tę powyżej górnego progu słyszalności wraz z wiekiem przestają być odbierane, a pojedyncze tony poniżej progu niesłyszalnego (tzw. częstotliwość zlewania) są odbierane jako ciągły niski ton.

Wynikiem audiometrii tonalnej jest krzywa progu słyszenia dla przewodnictwa powietrznego i kostnego w skali częstotliwości, czyli tak zwany audiogram. Audiogram jest to graficzne przedstawienie zdolności słyszenia. W trakcie testu słuchu sprawdza się go dla różnych zakresów częstotliwości i natężenia dźwięku. Audiogram to najbardziej powszechny obecnie wynik badania słuchu, jaki wydawany jest pacjentom podczas wstępnej diagnostyki. Na jego podstawie można zazwyczaj określić rodzaj i stopień ubytku słuchu. Jest on również podstawą do doboru aparatu słuchowego lub kwalifikacji do wszczepu implantu.

I. Kolejność wykonywania pomiarów

1. Wyznaczenie częstotliwości złania (f_{dolna}).
 - 1.1. Ustawiamy na generatorze falę sinusoidalną oraz częstotliwość początkową 10 Hz.
 - 1.2. Jedna osoba zakłada słuchawki, a druga powoli zwiększa częstotliwość (im wolniej tym dokładniejsze badanie).
 - 1.3. Osoba ze słuchawkami sygnalizuje moment, w którym pojedyncze rytmiczne uderzenia zleją się w jeden ciągły, niski ton (buczenie).
 - 1.4. Zapisujemy wartość częstotliwości w tabeli i powtarzamy pomiar 5 razy.
 - 1.5. Powtarzamy pomiary dla drugiej osoby.
2. Wyznaczanie górnej granicy słyszalności ($f_{górna}$).
 - 2.1. Ustawiamy na generatorze falę sinusoidalną oraz częstotliwość początkową 10 kHz.
 - 2.2. Jedna osoba zakłada słuchawki, a druga powoli zwiększa częstotliwość (im wolniej tym dokładniejsze badanie).
 - 2.3. Osoba ze słuchawkami sygnalizuje moment, gdy dźwięk całkowicie zniknie.
 - 2.4. Zapisujemy wartość częstotliwości w tabeli i powtarzamy pomiar 5 razy.
 - 2.5. Powtarzamy pomiary dla drugiej osoby.

II. Opracowanie wyników

1. Obliczyć średnią wartość częstotliwości.
2. Obliczyć niepewność standardową typu A z zależności:

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (f_i - \bar{f})^2}{n(n-1)}}$$

gdzie: x_i to wynik pojedynczego pomiaru, $\bar{x}$ to wartość średnia pomiarów, n to liczba pomiarów.

3. Obliczyć niepewność standardową typu B z zależności:

$$u_B = \frac{\Delta f}{\sqrt{3}} = \frac{\bar{f} \cdot 0.001 + 0.1 \text{ Hz}}{\sqrt{3}}$$

gdzie: $\bar{f}$ to średnia wartość częstotliwości.

4. Obliczyć niepewność całkowitą z zależności:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

5. Wykonać obliczenia dla górnej i dolnej częstotliwości.
6. Wyniki przedstawić w zapisie $f = \bar{f} \pm u_c$.

III. Zagadnienia do kolokwium

1. Ogólne wiadomości o ruchu falowym, fala mechaniczna, równanie fali płaskiej.
2. Ciśnienie akustyczne, natężenie dźwięku, poziom natężenia dźwięku, głośność - jednostki dla tych parametrów. Wysokość i barwa dźwięku. Zakres częstotliwości słyszalnych dla ucha ludzkiego.
3. Krzywe izofoniczne. Próg słyszalności i próg bólu w zależności od częstotliwości. Obszar słyszalności dla ucha ludzkiego.
4. Prawo Webera-Fechnera.
5. Mechanizm odbioru dźwięków przez ucho ludzkie. Zamiana drgań mechanicznych na sygnały elektryczne w narządzie Cortiego.
6. Przewodnictwo powietrzne i kostne.
7. Audiometria.

IV. Literatura

1. Mięksisz S., Hendrich A., *Wybrane zagadnienia z biofizyki*, Volumed, Wrocław 1998 (rozdział 10).
2. Michalak K., Hendrich A., *Ćwiczenia laboratoryjne z biofizyki*, Wydawnictwo AM Wrocław, 2002 (rozdział 2).
3. Jaroszyk F., *Biofizyka*, PZWL, Warszawa 2014.
4. Bobrowski Cz., *Fizyka-krótki kurs*, Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 1993.