



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



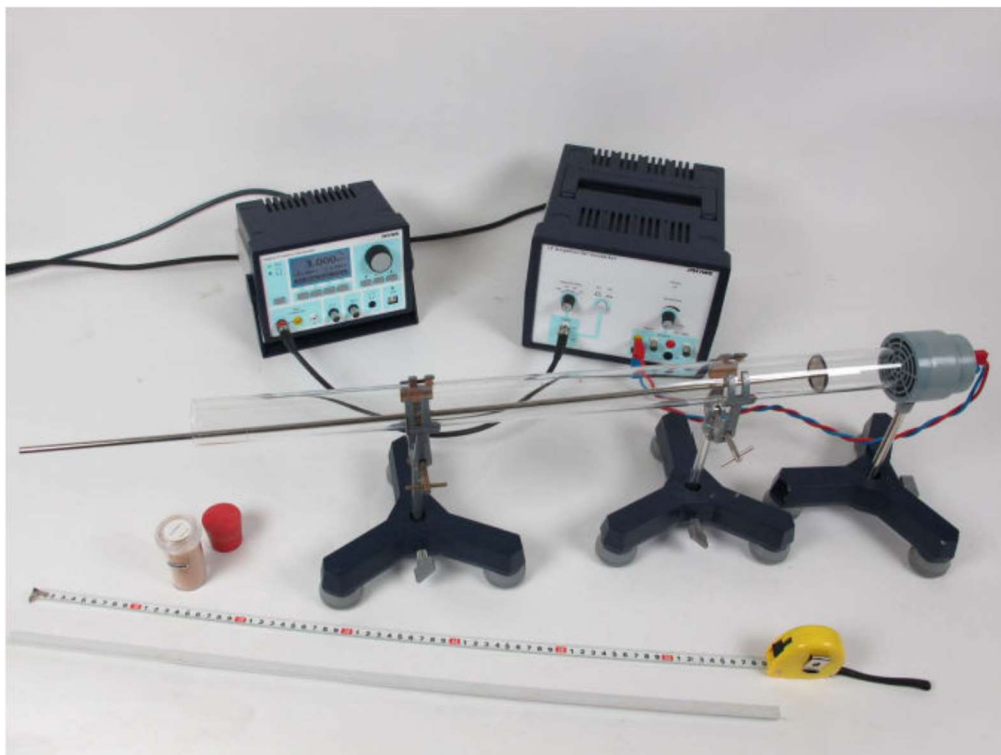
Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



# Ćwiczenie nr 16

## Wyznaczanie prędkość dźwięku przy użyciu rurki Kundta



**POLITECHNIKA  
BYDGOSKA**  
im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich



**POLITECHNIKA  
BYDGOSKA**  
Wydział Technologii  
i Inżynierii Chemicznej



**POLITECHNIKA  
BYDGOSKA**  
Wydział Medyczny

PRACOWNIA BIOFIZYKI



## Wstęp

Prędkość dźwięku odnosi się do prędkości propagacji drgań w ośrodku. Wiedza na temat tej konkretnej prędkości jest bardzo cenna w dziedzinach takich jak fizyka ciała stałego i dynamika płynów.

Odległość między dwoma węzłami fali stojącej stanowi połowę jej długości fali w przypadku równoległej propagacji fal, co można założyć w tym eksperymencie. W związku z tym, długość fali dla każdej częstotliwości naturalnej można łatwo określić, a częstotliwość odczytać bezpośrednio z wyświetlacza cyfrowego generatora funkcji. Pamiętając, że okres  $T$  jest odwrotnością częstotliwości:

$$T = \frac{1}{\nu}, \quad (1)$$

a długość fali  $\lambda$  uzyskujemy z:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = c \cdot T. \quad (2)$$

Alternatywnie, długość fali można obliczyć na podstawie całkowitej liczby węzłów  $n$  oraz długości objętości. Dla fal stojących z jednym otwartym końcem, otrzymujemy:

$$\lambda = \frac{4L}{2n + 1} \quad (3)$$

Dla dwóch otwartych końców, znajduje się następująca długość fali:

$$\lambda = \frac{2L}{n} \quad (4)$$

Dźwięk rozchodzi się w gazach z różną prędkością w zależności od temperatury gazu  $T_{gas}$ . Z równania stanu dla gazów doskonałych można wyprowadzić następującą zależność:

$$c \propto \sqrt{T_{gas}}. \quad (5)$$

Porównanie prędkości dźwięku dla różnych temperatur prowadzi do wzoru:

$$c = c' \sqrt{\frac{T_{gas}}{T'_{gas}}}, \quad (6)$$

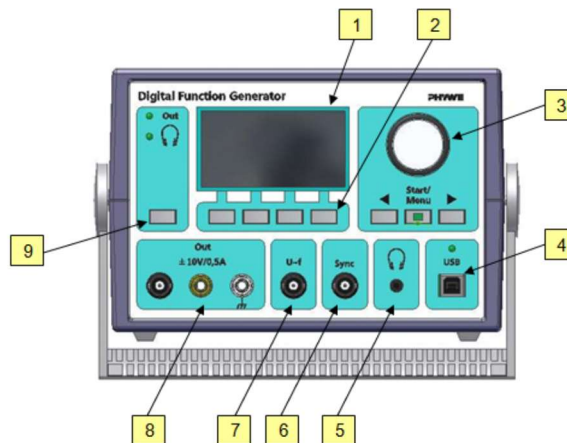
## Zadania

- Wyznacz prędkość dźwięku w powietrzu za pomocą rurki Kundta przy różnych długościach objętości.



## Sprzęt

1. Cyfrowy generator funkcji PHYWE
2. Głośnik / Przetwornik dźwięku
3. Rura Kundta

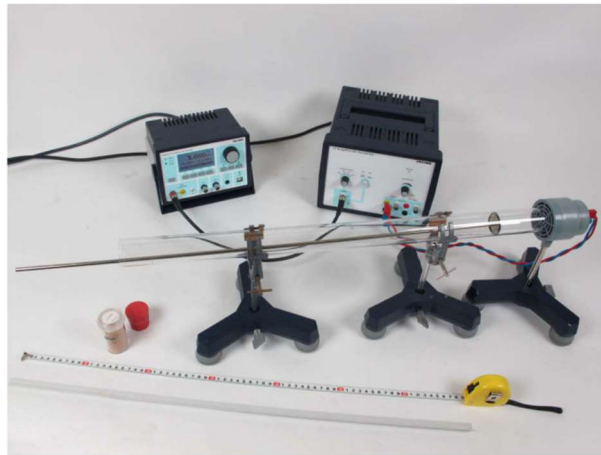


Rysunek 1. Cyfrowy generator funkcji PHYWE

1. **Wyświetlacz** Urządzenie jest wyposażone w graficzny wyświetlacz o rozdzielczości 128 x 64 piksele z czytelną powierzchnią 67 x 33 mm i podświetleniem. Kontrast można regulować w szerokim zakresie za pomocą menu.
2. **Przyciski menu dla wyświetlacza** Cztery przyciski poniżej wyświetlacza są przypisane do pozycji menu u góry ekranu. Umożliwia to szybkie i intuicyjne korzystanie z menu.
3. **Klawiatura nawigacyjna** Klawisze strzałek  $\blacktriangleleft$  służą do wybierania elementów na wyświetlaczu. (Wartość, która ma zostać zmieniona, będzie wyświetlana w sposób odwrócony). Pokrętło służy do zmiany wartości. Przycisk Menu z wbudowaną diodą LED ma dwie funkcje:
  - a. Wybór menu ustawień w celu zmiany ustawień urządzenia.
  - b. W przypadku rampy częstotliwości lub napięcia można za pomocą tego przycisku uruchomić lub zatrzymać rampę. Dioda LED w przycisku świeci się podczas przebiegu rampy.
4. **Port USB** Interfejs szeregowy do komunikacji z komputerem PC. Po nawiązaniu połączenia z komputerem i gdy dioda LED nad portem USB się świeci, funkcje cyfrowego generatora funkcji są kontrolowane wyłącznie za pomocą komputera PC. Po uruchomieniu oprogramowania zostaną załadowane parametry ustawione w urządzeniu.
5. **Wyjście słuchawkowe** Wyjście słuchawkowe do podłączenia słuchawek z wtykiem TRS 3,5 mm (jack audio). Wyjście można aktywować za pomocą przełącznika wyjścia (9). Na wyjściu pojawi się sygnał sinusoidalny o maksymalnej amplitudzie 2 Vpp. Jednocześnie wyjście wzmacniacza (8) zostanie wyłączone.



6. **Wyjście synchronizacyjne** Gniazdo BNC z częstotliwościowo zależnym sygnałem wyjściowym TTL, np. do podłączenia oscyloskopu. Podczas przebiegu rampy częstotliwości lub napięcia na wyjściu synchronizacyjnym zostanie podany impuls TTL na początku oraz na końcu rampy.
7. **Wyjście  $U \sim f$**  Gniazdo BNC do pobierania napięcia proporcjonalnego do częstotliwości w zakresie 0...4 V (0...1 MHz, 0...100 kHz, 0...10 kHz, 0...1 kHz, 0...100 Hz lub dowolnie wybrane). Służy do podłączenia rejestratora/oscyloskopu lub interfejsu w celu przedstawienia pomiarów napięcia lub prądu w funkcji częstotliwości.
8. **Wyjście wzmacniacza** Gniazdo 4 mm oraz gniazdo BNC do podłączenia odbiornika lub układu eksperymentalnego. Wyjście ma rezystancję wewnętrzną 4  $\Omega$ . Proszę odnieść się do danych technicznych w celu uzyskania informacji dotyczących danych prądowych i napięciowych.
9. **Przycisk trybu wyjścia** Ten przełącznik przełącza między wyjściem słuchawkowym (5) a wyjściem wzmacniacza (8). Diody LED na górze wskazują aktywne wyjście.



Rysunek 2. Układ pomiarowy.

## Przebieg ćwiczenia

Wykonaj konfigurację eksperymentalną zgodnie z Rysunkiem 2.

1. Użyj taśmy ładującej do rozprowdzenia kurzu korkowego wzdłuż szklanej rurki.
2. Użyj tłoka, aby zamknąć jeden koniec szklanej rurki.
3. Na drugim końcu umieść przetwornik dźwięku w taki sposób, aby środek przetwornika był w linii ze środkiem przekroju poprzecznego rurki. W ten sposób większość dźwięku wejdzie do rurki, a wzmacnienie pozostanie na akceptowalnym poziomie.
4. Podłącz wyjście cyfrowego generatora funkcji bezpośrednio do przetwornika dźwięku za pomocą przewodów połączeniowych.
5. Ustaw cyfrowy generator częstotliwości na amplitudę od 3 V do 5 V oraz wybierz sygnał sinusoidalny i typ sygnału "out".
6. Ustaw częstotliwość 0 Hz.
7. Przechodź w krokach po 100 Hz w górę.



Fundusze Europejskie  
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita  
Polska

Dofinansowane przez  
Unię Europejską



8. Gdy zauważysz wzory interferencyjne zwiększaj częstotliwość w krokach po 10Hz, aż wzór przestanie drgać.
9. Zapisz liczbę węzłów i częstotliwość.
10. Powtarzaj kroki 8-10 do trzykrotnego znalezienia częstotliwości własnych.
11. Powtórz pomiar dla układu z otwartym tłokiem.
12. Zmierz temperaturę w pomieszczeniu.

## Opracowanie wyników

Wykonaj dopasowanie dla funkcji  $\lambda(T)$ . Współczynnik kierunkowy to prędkość dźwięku.

## Pytania kontrolne

1. Jakie czynniki wpływają na prędkość dźwięku w różnych gazach, a szczególnie w powietrzu?
2. Jak można określić długość fali dla fal stojących w rurze Kundta?
3. Dlaczego ważne jest, aby w eksperymencie z rurą Kundta wykorzystywać tłok do zmiany długości objętości, a jak wpływa to na uzyskane wyniki?
4. Jakie są różnice w obliczaniu prędkości dźwięku w rurze Kundta dla fal stojących w przypadku jednego końca otwartego i jednego końca zamkniętego?
5. Jak oddziaływanie fal dźwiękowych z przeszkodami w rurze Kundta wpływa na pomiar prędkości dźwięku?