

Wydział	Imię i nazwisko 1. Jakub Popielski 2. Mateusz Poszeleżny		Rok 2025/2026	Grupa	Zespół
<b>PRACOWNIA FIZYCZNA WFiS AGH</b>	Temat:				Nr ćwiczenia 25
Data wykonania	Data oddania	Zwrot do popr.	Data oddania	Data zaliczenia	OCENA

## Ćwiczenie nr 25: Interferencja fal akustycznych

### Cel ćwiczenia

Pomiar prędkości dźwięku w powietrzu przy użyciu rury Quinckego. Wyznaczenie wykładnika  $\kappa$  w równaniu adiabaty.

### Pytania kontrolne

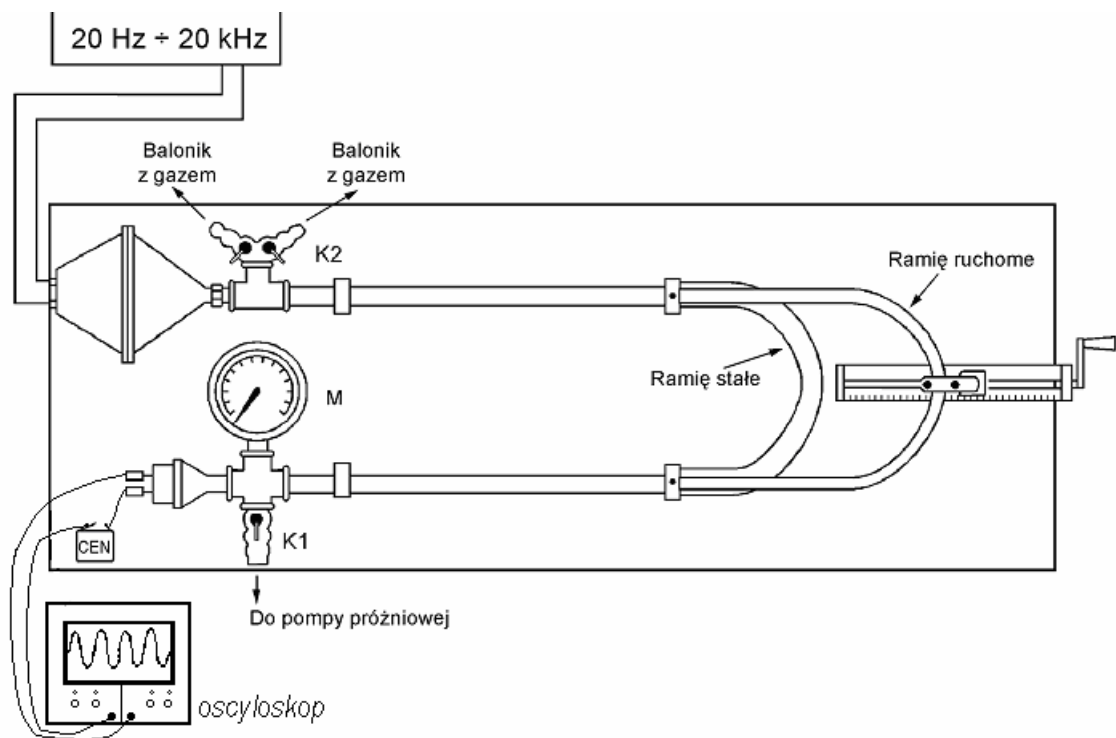
*Ocena  
i podpis*

1. Podaj definicję ruchu falowego (dla przypadku jednowymiarowego) i omów wielkości fizyczne: amplitudę, fazę, przesunięcie fazowe, okres, częstotliwość, długość fali, wektor falowy.
2. Czym różni się fala podłużna od poprzecznej? Podaj przykłady takich fal.
3. Omów zjawisko interferencji fal.
4. Omów cechy fizyczne dźwięku: wysokość, głośność, barwę. Jaki jest zakres słyszalności (dla ucha ludzkiego) fal dźwiękowych?
6. Od czego zależy prędkość rozchodzenia się dźwięku w ośrodku?
7. Opisz przemianę stanu gazu zachodzącą podczas rozchodzenia się w nim fali dźwiękowej.


## 1. Układ pomiarowy

1. Rura Quinckego
2. Generator mocy 20 Hz – 20 kHz (tab. 1)
3. Licznik do odczytu częstotliwości
4. Oscyloskop

W ćwiczeniu wykonywany jest wariant podstawowy – pomiar prędkości dźwięku dla powietrza. Konstrukcja rury Quinckego umożliwia pomiar dla innych gazów, przez odpompowanie powietrza przy pomocy pompy próżniowej i wypełnienie rury gazem pochodzącym z baloników napełnionych ze stosownej butli. Rys. 1 pokazuje zawory, do których podłącza się baloniki i pompę.



**Rys. w1.** Rura Quinckego

## 2. Wykonanie ćwiczenia:

### A. Pomiar prędkości dźwięku w powietrzu.

- 1) Zapoznaj się z zainstalowanym na stanowisku rodzajem generatora (tab. 1)
- 2) Znajdź na korpusie generatora gałkę regulacji amplitudy drgań i skręć ją do pozycji „zero”, a następnie włącz jego zasilanie ( $\sim 220$  V);
- 3) W międzyczasie odczytaj na termometrze ściennym i zanotuj w tabeli temperaturę powietrza w sali;
- 4) Pomiar wykonujemy dla częstotliwości z przedziału od 800 Hz do 3200 Hz. Ustaw na wyskalowanej tarczy generatora - na próbę - wybraną częstotliwość i sprawdź występowanie zjawiska maksimów i minimów natężenia dźwięku.
- 5) Wykonaj kilkanaście pomiarów dla kilkunastu różnych częstotliwości mieszczących się w zalecanych przedziale częstotliwości. Potrzebne będzie w tym celu wykorzystanie dwu z dostępnych zakresów częstotliwości. W przypadku generatora PO 28 są to zakresy 2 kHz i 20 kHz, dla generatora PO 21A te same częstotliwości uzyskujemy przy użyciu pozycji  $\times 10$  oraz  $\times 100$  przełącznika mnożników.
- 6) Dla każdej przyjętej do pomiaru częstotliwości drgań przeszukać należy cały dostępny przesuw ruchomej rury. Położenia  $a_i$  dla którego występuje minimum ustalamy przez poszukiwanie minimum natężenia obserwując sygnał na ekranie oscyloskopu. Wyniki zapisujemy w tabeli 2 i od razu obliczamy różnice  $\Delta_i$  między kolejnymi minimami. Odległości te powinny wypaść - przy ustalonej częstotliwości - mniej więcej jednakowe; warto je na bieżąco w trakcie pomiarów sprawdzać, by uniknąć opuszczenia któregoś minimum przez nieuwagę (wtedy odnośna wartość odległości pomiędzy minimami wypada mniej więcej dwukrotnie większa od pozostałych).

**Tab. 1.** Istotne dla wykonywania ćwiczenia elementy generatorów napięcia przemiennego używanych w ćwiczeniu.

	GENERATOR MOCY typ PO-21 A	POWER GENERATOR typ PO-28
regulacja ciągła częstotliwości	tarcza ze skalą 20 ÷ 200	tarcza ze skalą 20 ÷ 200
regulacja skokowa częstotliwości	przełącznik z mnożnikami $\times 1$ , $\times 10$ , $\times 100$	przełącznik zakresów 20 Hz, 200 Hz, 2 kHz, 20 kHz
zalecane napięcie wyjściowe	7,75 V	28 V / 3.6 A
regulacja ciągła napięcia	pokrętko: regulacja napięcia wyjściowego	pokrętko: OUT LEVEL

### 3. Wyniki pomiarów

Tabela 2

Częstotliwość $f$	Położenie kolejnych minimów [mm]					Różnica położenia kolejnych minimów [mm]				Długość fali $\lambda$	Prędkość dźwięku $v$
[Hz]	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$	$\Delta_4$	[mm]	[m/s]
2000	63	150	236	325	410	87	86	89	85	175,5	347
2200	42	120	199	276	355	78	79	77	79	156,5	344,3
2400	41	113	185	256	329	72	72	71	73	144	345,6
2600	38	105	171	237	304	67	66	66	67	133	345,8
2800	33	95	156	217	280	62	61	61	63	123,5	345,8
3000	28	86	143	201	258	58	57	58	57	115	345
3200	24	77	131	185	239	53	54	54	54	107,5	344
3400	20	72	123	174	224	52	51	51	50	102	346,8
3600	19	66	115	163	210	47	49	48	47	95,5	343,8
3800	18	64	109	155	200	46	45	46	45	91	345,8
4000	17	61	104	147	191	44	43	43	44	87	348

Temperatura [°C]	22
------------------	----

## 4. Opracowanie wyników pomiarów

1. Dla każdego wiersza tabeli z zamieszczonych w nim wyników pomiarów oblicz:

a) różnice  $\Delta_i = a_{i+1} - a_i$  położenia kolejnych minimów,

b) średnią wartość długości fali z wzoru  $\bar{\lambda} = 2 \frac{\sum \Delta_i}{n}$  ( $n$  jest liczbą uzyskanych różnic  $\Delta_i$ ).

Dwójka w powyższym wzorze wynika stąd, że różnica długości dróg przebywanych przez falę w stałej i w ruchomej rurze jest dwukrotnie większa od mierzonego przesunięcia rury ruchomej. Jeżeli dla danej częstotliwości są tylko dwa minima, suma sprowadza się do jednego składnika.

c) prędkość dźwięku dla danej częstotliwości.

2. Wykonać wykres otrzymanych wartości  $v$  w funkcji częstotliwości drgań źródła  $f$ . Wykres ten ma na celu sprawdzenie, czy prędkość dźwięku zależy od częstotliwości i wyeliminowania z dalszego opracowania wyników pomiaru tych rezultatów, co do których istnieje podejrzenie błędu grubego.

3. Obliczyć wartość średnią  $\bar{v}$  i niepewność standardową  $u(v)$ .

Stosowanie metody typu A dla obliczenia niepewności jest uzasadnione tym, że w pomiarze dominuje błąd przypadkowy związany z określeniem położenia minimum natężenia dźwięku, zatem niedokładność określenia częstotliwości  $f$  dźwięku można zaniedbać.

4. Przeliczyć uzyskaną wartość  $v$  na prędkość dźwięku dla temperatury  $t_0 = 0^\circ\text{C}$  przy użyciu formuły

$$v_0 = \bar{v} \sqrt{\frac{T_0}{T}},$$

wynikającej z wzoru (7) na prędkość dźwięku w gazach.

5. Porównać obliczoną prędkość dźwięku z wartością tablicową  $v_0 = 331,5 \text{ m/s}$  (dla suchego powietrza w  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ ) z wykorzystaniem pojęcia niepewności rozszerzonej.

6. Oblicz ze związku (7) wartość wykładnika adiabaty  $\kappa$ . Dla powietrza, które jest mieszaniną gazów, masę molową  $\mu$  przyjąć jako średnią ważoną. Średnią ważoną obliczamy jako  $\mu = \sum \mu_i w_i$ , gdzie przez wagi  $w_i$  rozumiemy względne udziały jego najważniejszych składników: azotu ( $w_i = 0,78$ ), tlenu (0,21) i argonu (0,01).

### Obliczenia i wnioski: