Zadanie 3.1. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków. I. Znajomość i umiejętność wykorzystania pojęć i praw fizyki do wyjaśniania procesów i zjawisk w przyrodzie.	Zdający: 6.11) opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora.

Zasady oceniania

3 pkt – poprawne wpisy dla każdego przedziału czasu.
2 pkt – poprawne wpisy dla 5 lub 4 przedziałów czasu
1 pkt – poprawne wpisy dla 3 lub 2 przedziałów czasu
LUB
– wszystkie wpisy poprawne w pierwszej kolumnie.
0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Poprawna odpowiedź

Przedział czasu	**Głośnik** **A.** zbliżał się do mikrofonu. **B.** oddalał się od mikrofonu. **C.** był nieruchomy względem mikrofonu.	**Wartość prędkości głośnika** **D.** rosła. **E.** malała. **F.** była stała, różna od zera. **G.** była równa 0.
$0 < t < t_1$	B	D
$t_1 < t < t_2$	B	F
$t_2 < t < t_3$	B	E
$t_3 < t < t_4$	C	G
$t_4 < t < t_5$	A	D
$t_5 < t < t_6$	A	E

Zadanie 3.2. (0–3)

Wymagania egzaminacyjne 2021	
Wymaganie ogólne	**Wymagania szczegółowe**
IV. Budowa prostych modeli fizycznych i matematycznych do opisu zjawisk. III. Wykorzystanie i przetwarzanie informacji zapisanych w postaci tekstu, tabel, wykresów, schematów i rysunków.	Zdający: 6.11) opisuje efekt Dopplera w przypadku poruszającego się źródła i nieruchomego obserwatora; 12.3) przeprowadza złożone obliczenia […].

Zasady oceniania

3 pkt – poprawna metoda obliczenia $\frac{v_{od}}{v_{zb}}$ oraz zapisanie prawidłowego wyniku, podanego w zaokrągleniu do trzech cyfr znaczących: $\frac{v_{od}}{v_{zb}} \approx 1{,}08$.

2 pkt – poprawne wyprowadzenie na symbolach ilorazu $\frac{v_{od}}{v_{zb}}$ oraz zapisanie wyniku równoważnego postaci: $\frac{v_{od}}{v_{zb}} = \frac{\Delta f_{od}}{\Delta f_{zb}} \cdot \frac{f_{zb}}{f_{od}}$ (np. podobnie jak w sposobie 1.) łącznie z poprawną identyfikacją wartości liczbowych: $f_{zb} = 520$ Hz oraz $f_{od} = 480$ Hz oraz $f_0 = 500$ Hz

LUB

– poprawna metoda obliczenia maksymalnej wartości prędkości, z jaką głośnik oddala się od mikrofonu oraz poprawna metoda obliczenia maksymalnej wartości prędkości, z jaką głośnik zbliża się do mikrofonu oraz podanie prawidłowych wyników liczbowych (np. podobnie jak w sposobie 2.).

1 pkt – poprawne wyprowadzenie ze wzorów Dopplera wzoru na symbolach pozwalającego obliczyć (bezpośrednio) maksymalną prędkość, z jaką głośnik oddala się oraz zbliża się do mikrofonu (np. podobnie jak w sposobie 1.)

LUB

– poprawne obliczenie maksymalnej wartości prędkości, z jaką głośnik oddala się od mikrofonu (ok. $14{,}2$ m/s) albo zbliża się do mikrofonu (ok. $13{,}1$ m/s) (np. podobnie jak w sposobie 2.)
LUB
– podstawienie do dwóch wzorów Dopplera (na zbliżanie oraz na oddalanie) wartości liczbowych częstotliwości, prawidłowo zidentyfikowanych jako częstotliwość odbierana, gdy źródło się zbliża oraz gdy źródło się oddala.

0 pkt – brak spełnienia powyższych kryteriów.

Przykładowe rozwiązanie

Sposób 1.

Zapiszemy wzory Dopplera na częstotliwość (maksymalną), jaką rejestruje mikrofon, gdy źródło dźwięku zbliża się do mikrofonu i gdy się oddala od mikrofonu. Prędkość dźwięku oznaczymy jako v_d:

$$\begin{cases} f_{zb} = f_0 \cdot \dfrac{v_d}{v_d - v_{zb}} \\ f_{od} = f_0 \cdot \dfrac{v_d}{v_d + v_{od}} \end{cases}$$

Z powyższych równań wyznaczymy v_{od} oraz v_{zb} w zależności od częstotliwości:

$$\begin{cases} f_{zb}v_d - f_{zb}v_{zb} = f_0 \cdot v_d \\ f_{od}v_d + f_{od}v_{od} = f_0 \cdot v_d \end{cases} \quad \rightarrow \quad \begin{cases} v_{zb} = \dfrac{f_{zb} - f_0}{f_{zb}} \cdot v_d \\ v_{od} = \dfrac{f_0 - f_{od}}{f_{od}} \cdot v_d \end{cases}$$

Wyrazimy iloraz prędkości poprzez częstotliwości:

$$\frac{v_{od}}{v_{zb}} = \frac{f_0 - f_{od}}{f_{od}} \cdot \frac{f_{zb}}{f_{zb} - f_0} = \frac{\Delta f_{od}}{\Delta f_{zb}} \cdot \frac{f_{zb}}{f_{od}}$$

Odczytamy dane z wykresu i podstawimy do powyższego wzoru. Największą częstotliwość 520 Hz rejestruje mikrofon gdy, gdy źródło się zbliża się do niego z największą prędkością, a najmniejszą częstotliwość 480 Hz rejestruje mikrofon, gdy źródło oddala się od niego z największą prędkością.

$$\frac{v_{od}}{v_{zb}} = \frac{500 - 480}{520 - 500} \cdot \frac{520}{480} = \frac{20}{20} \cdot \frac{520}{480} = \frac{520}{480} \approx 1{,}08$$

Sposób 2.

Ze wzorów Dopplera obliczymy wartość prędkości maksymalnej, z jaką źródło dźwięku zbliża się do mikrofonu, oraz wartość prędkości maksymalnej, z jaką źródło dźwięku oddala się od mikrofonu. Prędkość dźwięku oznaczymy jako v_d.

Przypadek, gdy źródło dźwięku zbliża się do mikrofonu:

$$f_{zb} = f_0 \cdot \frac{v_d}{v_d - v_{zb}} \quad \rightarrow \quad 520\ \text{Hz} = 500\ \text{Hz} \cdot \frac{340\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{340\ \frac{\text{m}}{\text{s}} - v_{zb}}$$

$$340\ \frac{\text{m}}{\text{s}} - v_{zb} \approx 326{,}9\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \rightarrow \quad v_{zb} \approx 13{,}1\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Przypadek, gdy źródło dźwięku oddala się do mikrofonu:

$$f_{od} = f_0 \cdot \frac{v_d}{v_d + v_{od}} \qquad \rightarrow \qquad 480\ \text{Hz} = 500\ \text{Hz} \cdot \frac{340\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{340\ \frac{\text{m}}{\text{s}} + v_{od}}$$

$$340\ \frac{\text{m}}{\text{s}} + v_{od} \approx 354{,}2\ \frac{\text{m}}{\text{s}} \qquad \rightarrow \qquad v_{od} \approx 14{,}2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Obliczymy iloraz prędkości:

$$\frac{v_{od}}{v_{zb}} = \frac{14{,}2\ \frac{\text{m}}{\text{s}}}{13{,}1\ \frac{\text{m}}{\text{s}}} \approx 1{,}08$$