

XLV OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP II

Zadanie teoretyczne

ZADANIE T1

Nazwa zadania: „Obserwator.”

Obserwator mający dobry słuch stoi tuż przy autostradzie i próbuje określić prędkość pojazdu, którego silnik jest źródłem dźwięku o częstotliwości proporcjonalnej do prędkości. Pojazd dwukrotnie przejeżdżał koło obserwatora – raz ze stałą prędkością v_1 . drugi raz ze stałą prędkością v_2 . Podczas pierwszego przejazdu obserwator stwierdził, że częstotliwość słyszanego dźwięku pojazdu zbliżającego się była o oktawę wyższa (dwukrotnie większa) od częstotliwości dźwięku pojazdu oddalającego się. Natomiast przy drugim przejeździe częstotliwość słyszanego dźwięku zbliżającego się pojazdu okazała się taka sama jak częstotliwość dźwięku oddalającego się pojazdu podczas pierwszego przejazdu. Oblicz prędkość v_1 i v_2 z jakimi poruszał się pojazd, wiedząc, że szybkość dźwięku w powietrzu wynosi $c = 330\text{m/s}$.

ROZWIĄZANIE ZADANIA T1

Oznaczamy przez f_1 częstotliwość źródła dźwięku, gdy pojazd porusza się z prędkością v_1 zgodnie z wzorem Dopplera częstość dźwięku odbieranego (słyszanego) przez obserwatora podczas zbliżania się pojazdu z prędkością v_1 jest równa

$$f = \frac{f_1}{1 - v_1/c} . \quad (1)$$

Gdy pojazd oddala się od obserwatora z prędkością v_1 , wtedy odbierana częstość jest równa $f/2$. Zgodnie z wzorem Dopplera dla oddalającego się źródła mamy

$$\frac{f}{2} = \frac{f_1}{1 + v_1/c} \quad (2)$$

Gdy pojazd zbliża się do obserwatora z prędkością v_2 , wtedy częstość źródła wynosi $f_1 \cdot (v_2/v_1)$, a odbierana częstość $f/2$ wyraża się wzorem

$$\frac{f}{2} = \frac{f_1(v_2/v_1)}{1 - v_2/c} . \quad (3)$$

Podstawiając f z (1) raz do równania (2), a drugi raz do równania (3) dostajemy układ równań

$$\begin{aligned} 2(1 - v_1/c) &= 1 + v_1/c , \\ 2(1 - v_1/c) \cdot (v_2/v_1) &= 1 - v_2/c , \end{aligned}$$

którego rozwiązaniem jest

$$v_1 = (1/3)c = 110 \text{ m/s} = 396 \text{ km/h} ,$$
$$v_2 = 1/5 c = 66 \text{ m/s} = 238 \text{ km/h} .$$

Punktacja:

Wzór (1)

max. 2 punkty

Wzór (2)

max. 2 punkty

Wzór (3)

max. 3 punkty

Podanie wartości liczbowych prędkości

max. 3 punkty

Źródło:
Zadanie pochodzi z „Druk z OF”

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szc.pl