



XLV OLIMPIADA FIZYCZNA

(1995/1996)

ZAWODY III STOPNIA

CZĘŚĆ TEORETYCZNA

Zadanie teoretyczne — T1

Nazwa - Nasłuchiwanie przy autostradzie

Źródła - Paweł Janiszewski, Jan Mostowski (red.): *50 lat olimpiad fizycznych.*

Wybrane zadania z rozwiązaniami, PWN, Warszawa 2002;

- T.M. Molenda, IF US, www.OF.szc.pl.

Obserwator mający dobry słuch stoi tuż przy autostradzie i próbuje określić prędkości pojazdu, którego silnik jest źródłem dźwięku o częstotliwości proporcjonalnej do prędkości.

Pojazd dwukrotnie przejeżdżał obok obserwatora – raz ze stałą prędkością v_1 , drugi raz ze stałą prędkością v_2 . Podczas pierwszego przejazdu obserwator stwierdził, że częstota słyszanego dźwięku pojazdu zbliżającego się była o oktawę wyższa (dwukrotnie większa) od częstotliwości dźwięku pojazdu oddalającego się. Natomiast przy drugim przejeździe częstota słyszanego dźwięku zbliżającego się pojazdu okazała się taka sama jak częstota dźwięku oddalającego się pojazdu podczas pierwszego przejazdu.

Oblicz prędkości v_1 i v_2 z jakimi poruszał się pojazd, wiedząc, że szybkość dźwięku w powietrzu wynosi $c = 330\text{m/s}$.

Rozwiązanie zadania D — XLV OF, II STOPIEŃ

Część teoretyczna

Oznaczmy przez f_1 częstotliwość źródła dźwięku, gdy pojazd porusza się z prędkością v_1 . Zgodnie ze wzorem Dopplera częstotliwość dźwięku odbierana 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 częstotliwość jest równa $f/2$. Zgodnie ze 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 częstotliwość źródła wynosi $f_1(v_2/v_1)$, a odbierana częstotliwość $f/2$ 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:

$$2\left(1 - \frac{v_1}{c}\right) = 1 + \frac{v_1}{c}, \quad (4)$$

$$2\left(1 - \frac{v_1}{c}\right)\frac{v_2}{v_1} = 1 - \frac{v_2}{c}, \quad (5)$$

którego rozwiązaniem jest:

$$v_1 = \frac{1}{3}c = 110 \text{ m/s} = 396 \text{ km/h}, \quad (6)$$

$$v_2 = \frac{1}{5}c = 66 \text{ m/s} = 238 \text{ km/h}. \quad (7)$$

Punktacja