

Motocyklový závodník se pohybuje rychlostí $180 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, přičemž otáčkoměr motocyklu ukazuje 12 000 otáček za minutu. Jaký zvuk uslyšíme, jestliže se motocykl:

- přibližuje
- vzdaluje.

Řešení (a):

$$v_m = 180 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} = 50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, \quad n = 12\,000, \quad t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}, \quad v = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, \quad f = ? \text{ Hz}$$

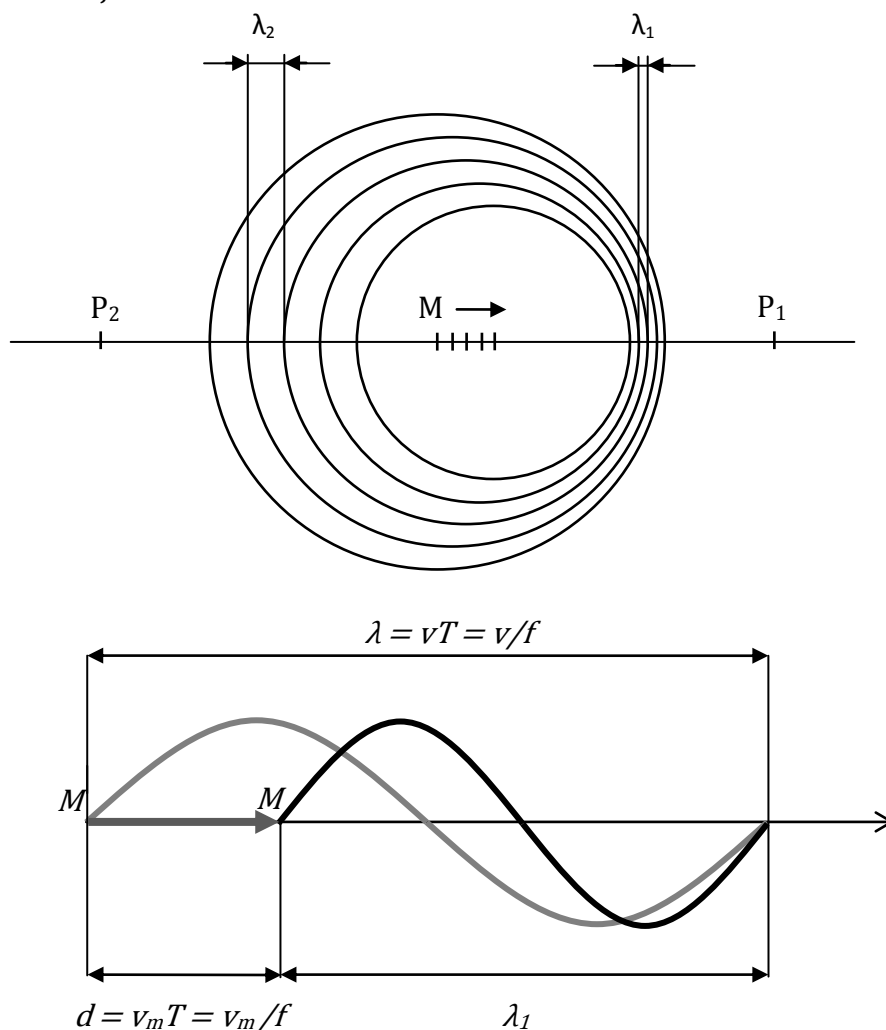
Vypočítáme frekvenci motoru

$$f = \frac{n}{t} = \frac{12000}{60} = 200 \text{ Hz}$$

a vlnovou délku zvukového vlnění ve vzduchu (v je rychlost zvuku)

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{200} = 1,7 \text{ m}$$

Jestliže se zdroj zvuku M přibližuje, slyší pozorovatel P_1 zvuk o vyšší frekvenci. V místě pozorovatele je vlnová délka kratší.



Pro λ_1 platí

$$\lambda_1 = \lambda - d = \frac{v}{f} - \frac{v_m}{f}$$
$$\lambda_1 = \frac{v - v_m}{f} = \frac{340 - 50}{200} = 1,45 \text{ m}$$

Vypočítáme frekvenci, kterou vnímá pozorovatel P_1

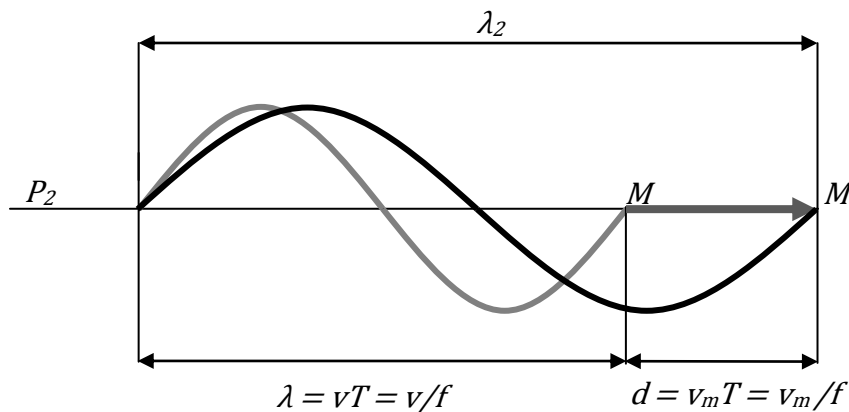
$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{340}{1,45} = 234,5 \text{ Hz}$$

Odpověď (a):

Při přibližování motocyklu uslyšíme zvuk o frekvenci 234,5 Hz.

Řešení (b):

Jestliže se zdroj zvuku M od pozorovatele vzdaluje, slyší pozorovatel P_2 zvuk o nižší frekvenci. V místě pozorovatele je vlnová délka delší.



Pro λ_2 platí

$$\lambda_2 = \lambda + d = \frac{v}{f} + \frac{v_m}{f}$$
$$\lambda_2 = \frac{v + v_m}{f} = \frac{340 + 50}{200} = 1,95 \text{ m}$$

Vypočítáme frekvenci, kterou vnímá pozorovatel P_2

$$f_2 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{340}{1,95} = 174,4 \text{ Hz}$$

Odpověď (b):

Při vzdalování motocyklu uslyšíme zvuk o frekvenci 174,4 Hz.

Poznámka:

Úloha řeší některé případy Dopplerova jevu. Zde je přehled vzorců pro všechny případy. Rychlost zvuku je v , rychlost přijímače v_p a rychlost zdroje v_z .

1. Zdroj zvuku je v klidu, přijímač se pohybuje ke zdroji:

$$f_1 = \frac{v + v_p}{\lambda} = \left(1 + \frac{v_p}{v}\right) f \quad f_1 > f$$

2. Zdroj zvuku je v klidu, přijímač se pohybuje od zdroje:

$$f_2 = \frac{v - v_p}{\lambda} = \left(1 - \frac{v_p}{v}\right) f \quad f_2 < f$$

3. Přijímač je v klidu, zdroj zvuku se pohybuje k přijímači:

$$f_3 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{v - v_z} f \quad f_3 > f$$

4. Přijímač je v klidu, zdroj zvuku se pohybuje od přijímače:

$$f_4 = \frac{v}{\lambda_2} = \frac{v}{v + v_z} f \quad f_4 < f$$

5. Zdroj i pozorovatel se pohybují směrem k sobě:

$$f_5 = \frac{v + v_p}{v - v_z} f \quad f_5 > f$$

6. Zdroj i pozorovatel se pohybují směrem od sebe:

$$f_6 = \frac{v - v_p}{v + v_z} f \quad f_6 < f$$