

14. ročník, úloha II.4 ... the wall (3 body; průměr ?; řešilo 52 studentů)

Kolmo proti stěně je postavený reproduktor, který vydává zvuk, jehož frekvence rovnoměrně roste v čase. Mezi stěnou a reproduktorem je pozorovatel. Co uslyší?

Zadal a vymyslel Karel Kouřil.

To, co pozorovatel uslyší (pokud není hluchý, případně pokud se to všechno neodehrává ve vakuu) je výsledek interference dvou vlnění. První k dotyčnému přichází přímo z reproduktoru, druhé od stěny. Pro úhlovou frekvenci vlnění od reproduktoru platí

$$\omega_1 = kt.$$

Pro druhé vlnění, odražené od zdi, platí

$$\omega_2 = \omega_1 - \frac{2dk}{v}.$$

Kde d je vzdálenost pozorovatele od zdi a v rychlost zvuku. Výslednou amplitudu můžeme napsat například ve tvaru

$$A = A_0(\cos(\omega_1 t) + \cos(\omega_2 t)).$$

Pokud tento výraz, ze kterého o tom, co pozorovatel uslyší, ještě moc nepoznáme, upravíme do srozumitelnějšího tvaru, dostaneme

$$A = 2A_0 \cos\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2}t\right) \cos\left(\frac{\omega_1 - \omega_2}{2}t\right).$$

Což, pokud si uvědomíme, že ω_1 a ω_2 jsou si velice blízké, je zvuk s frekvencí prakticky stejnou jako, má zvuk vysílaný reproduktorem. Amplituda tohoto zvuku se mění frekvencí rovnou rozdílu frekvencí zvuku od reproduktoru a od zdi (tento rozdíl se s časem nemění, má konstantní velikost $2dk/v$). Pozorovatel tedy uslyší rázy, jejichž rázová frekvence bude lineárně růst se vzdáleností od stěny, frekvence vlastního zvuku poroste lineárně v čase.

Karel Kouřil