

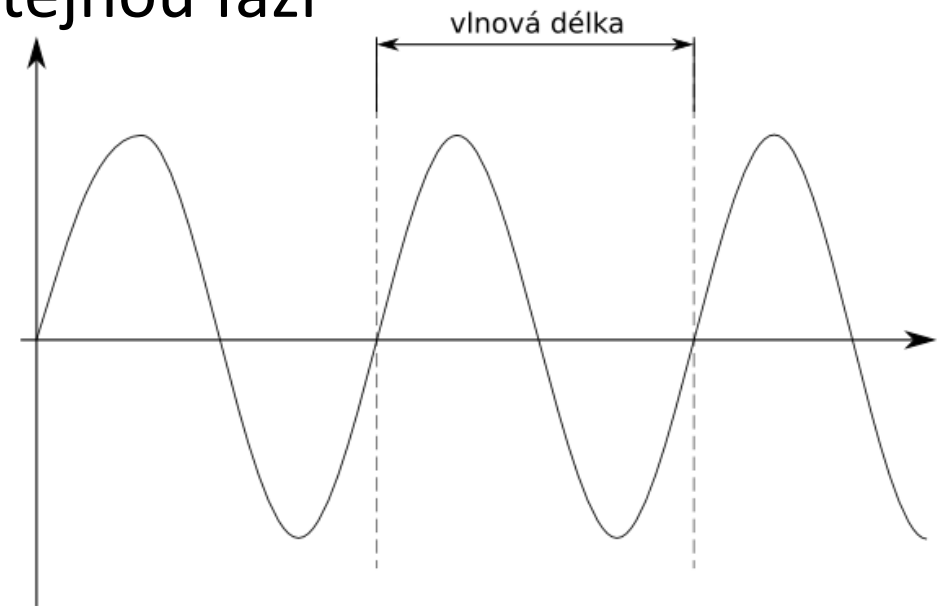
Mechanické vlnění

Vlnění obecně

- Například: zvuk, světlo, rozhlas, televize, internet, mikrovlnka
- kmitavý rozruch se šíří do okolí
- šíří se energie, nikoliv hmota
- pro mechanické vlnění je třeba pružné prostředí
- vlnění
 - příčné (had)
 - podélné (žížala)

Vlnová délka λ

- rozruch postupuje prostředím rychlostí v a za periodu T urazí vzdálenost λ
- $\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f}$
- vzdálenost sousedních bodů kmitajících se stejnou fází



Rovnice postupné vlny

- zdroj kmitání:

- $y = y_m \cdot \sin \omega t$

- bod M:

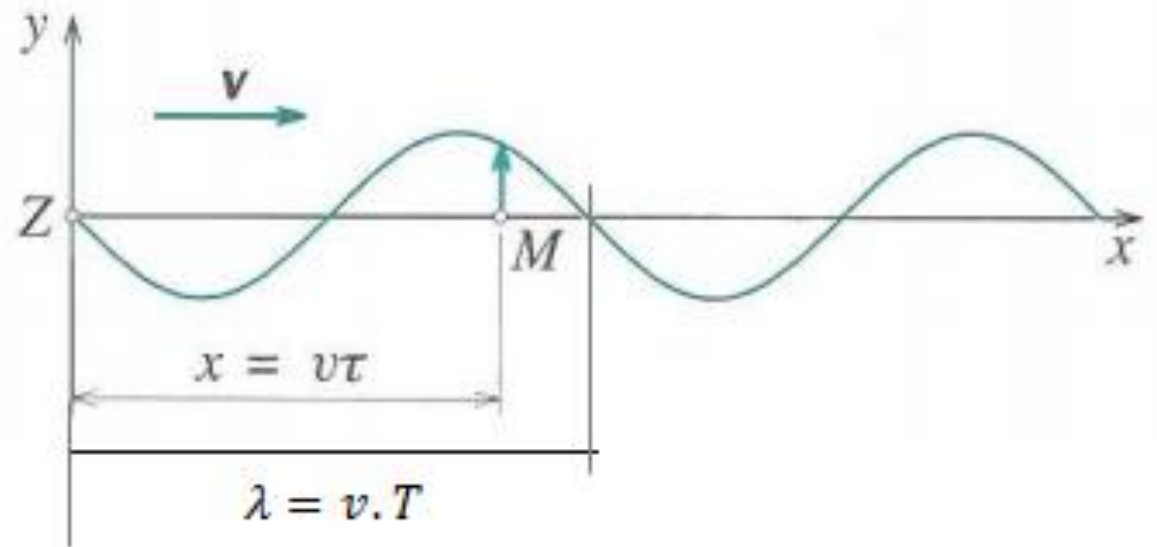
- $y = y_m \cdot \sin \omega(t - \tau) = y_m \cdot \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$

- $y = y_m \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{v \cdot T} \right)$

- $y = y_m \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$

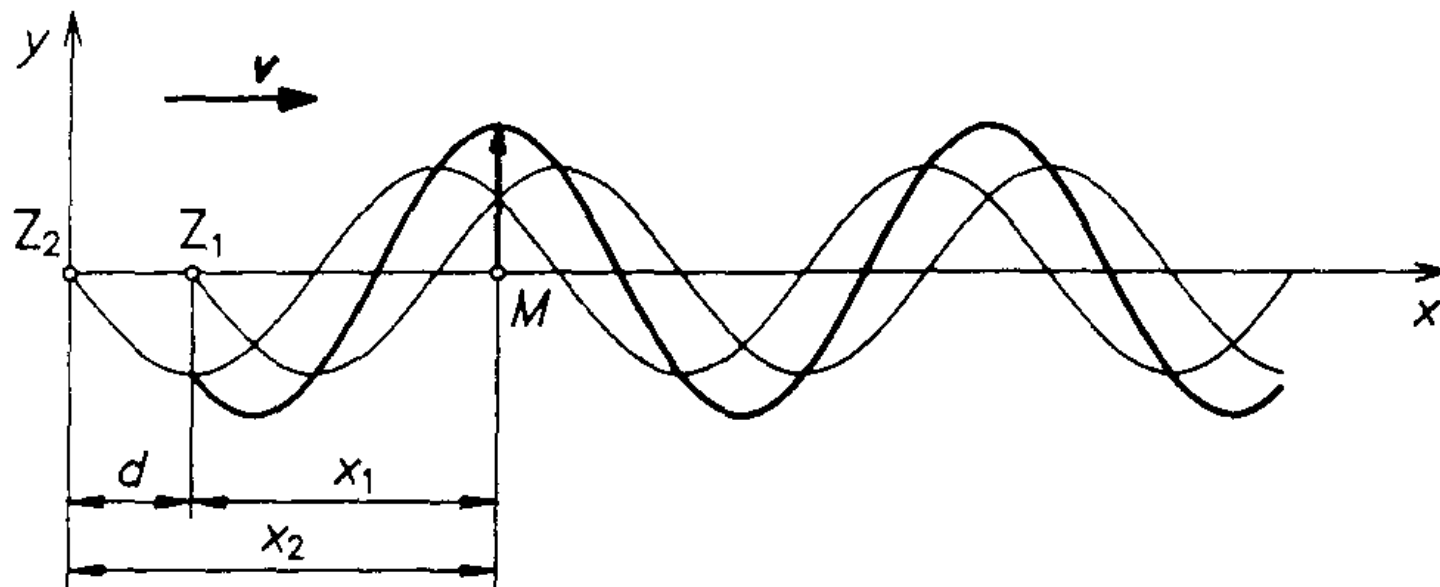
- fáze vlnění:

- $2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$



Interference (skládání) vlnění

- skládáme vlnění se stejnou frekvencí, periodou, vlnovou délkou a fázovou rychlostí
- o výsledku (stejně jako u skládání kmitání) rozhoduje fázový rozdíl
- $$\Delta\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right) - 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_2}{\lambda} \right) = \frac{2\pi}{\lambda} (x_2 - x_1) = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d$$

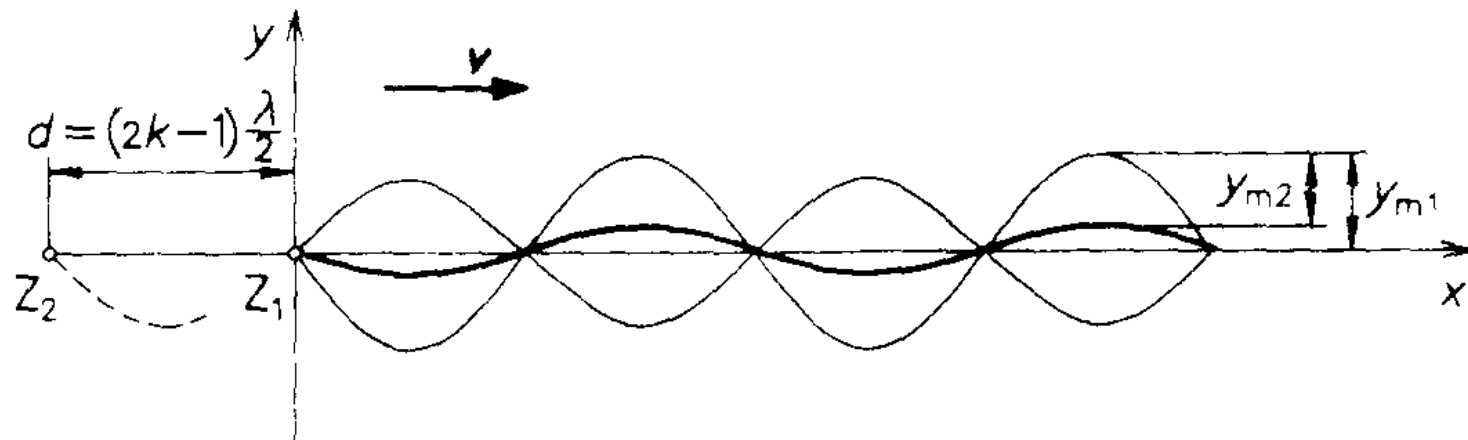


Interferenční minimum

- $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d$

- $d = (2k - 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$

- $y_m = |y_{m_1} - y_{m_2}|$

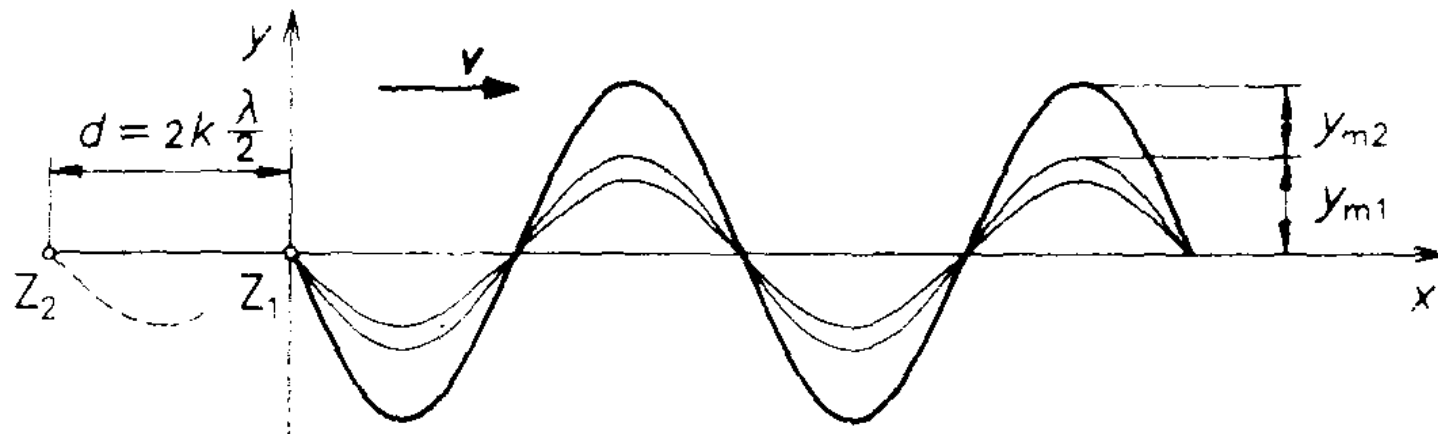


Interferenční maximum

- $\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot d$

- $d = 2k \cdot \frac{\lambda}{2} = k \cdot \lambda$

- $y_m = y_{m_1} + y_{m_2}$



Odraz vlnění v řadě bodů

- pevný konec = opačná fáze

- volný konec = stejná fáze



Stojaté vlnění

- vzniká složením vlnění postupujícího s vlněním odraženým



- vzdálenost mezi uzly ... $\frac{\lambda}{2}$
- vzdálenost mezi kmitnami ... $\frac{\lambda}{2}$

Srovnání vlnění

Postupné vlnění

- všechny body mají stejnou amplitudu
- každý bod má jinou fázi
- přenáší se energie

Stojaté vlnění

- body mezi dvěma uzly mají různou amplitudu
- body mezi dvěma uzly mají stejnou fázi
- nepřenáší se energie

Chvění mechanických soustav

- Například: struna, tyč, vzduchový sloupec
- základní frekvence
- vyšší harmonické frekvence – jsou násobkem základní frekvence

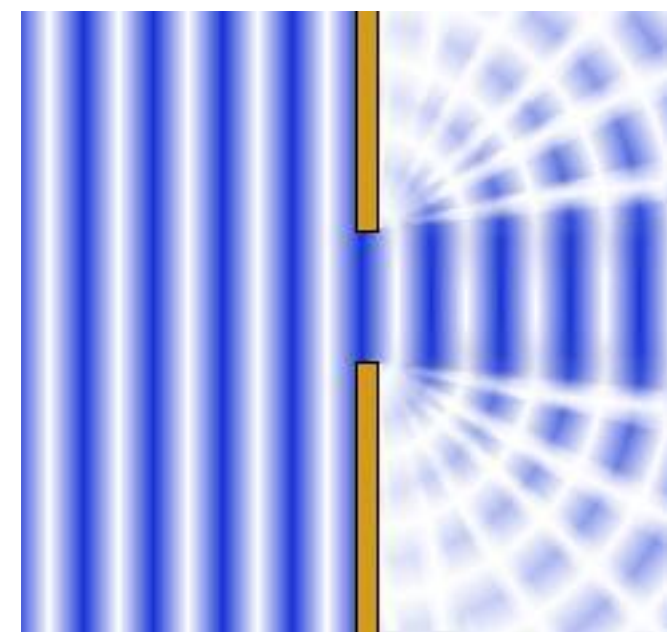
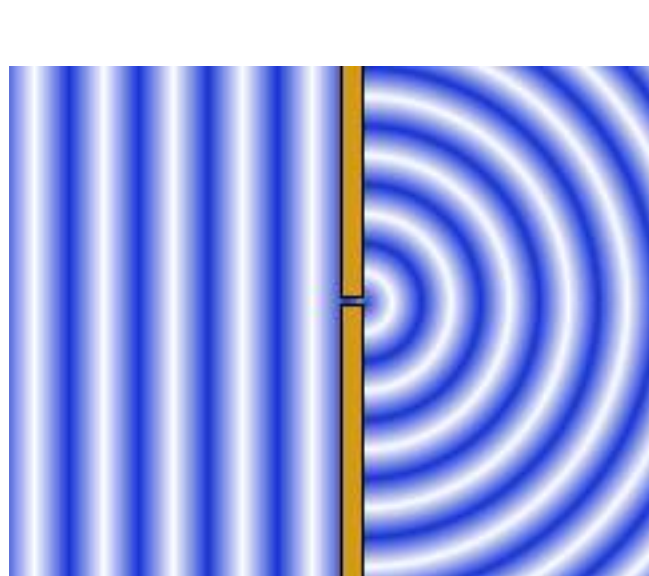
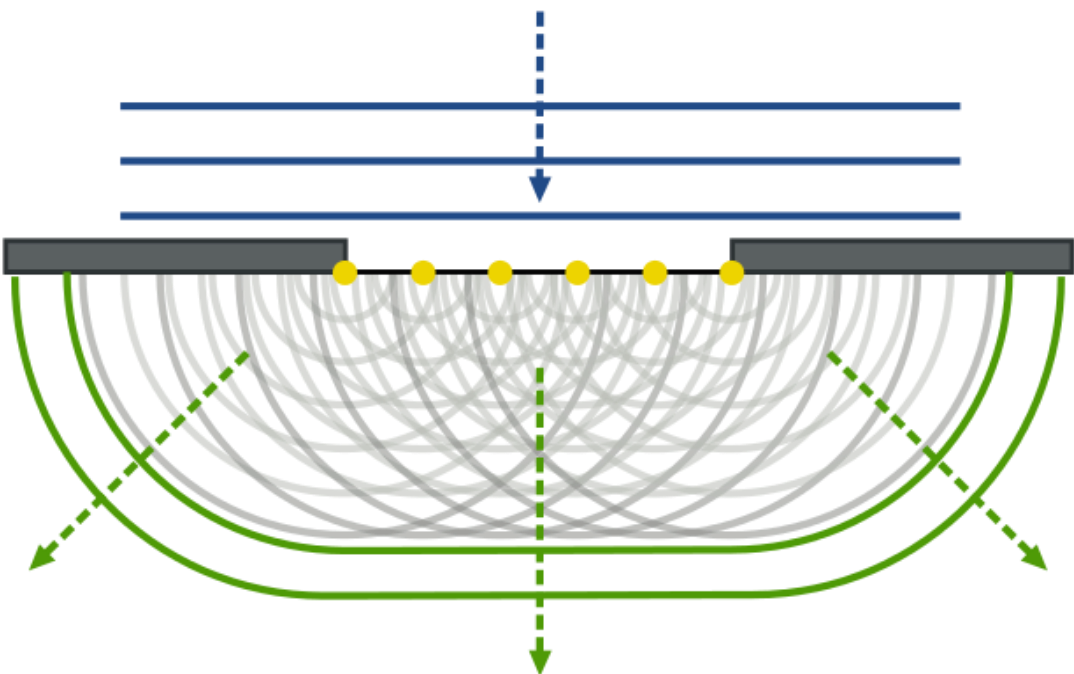
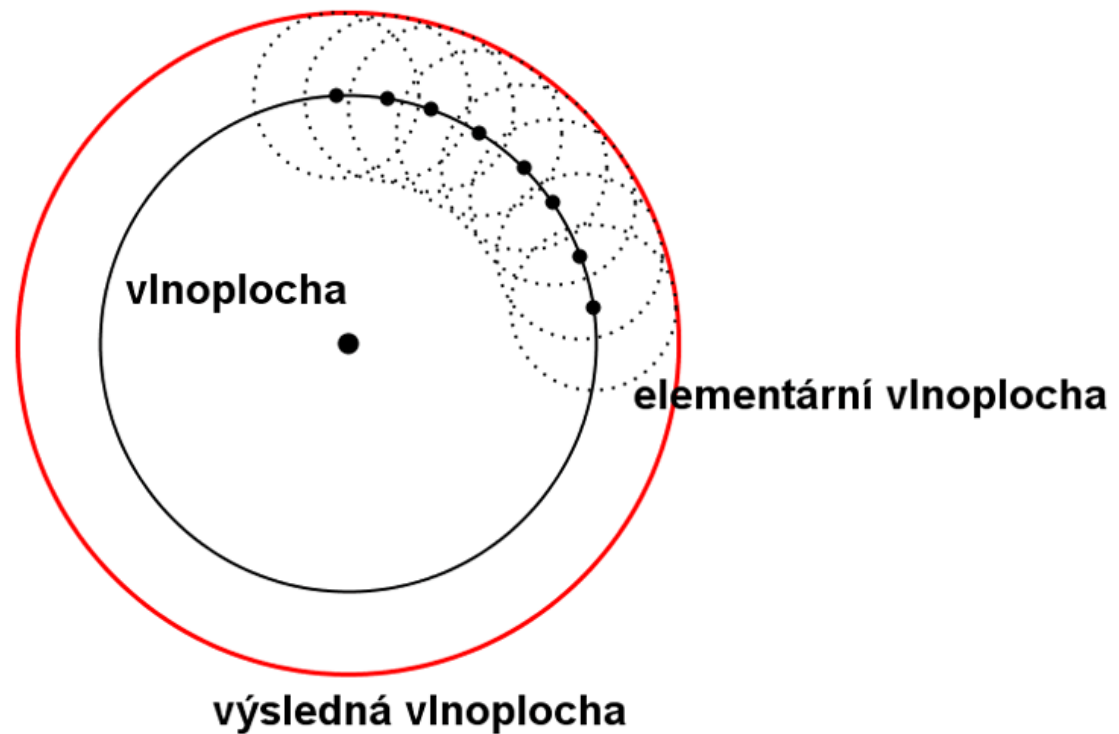
Šíření vlnění v prostoru

- izotropní prostředí – rychlost šíření vlnění je ve všech směrech stejná
- vlnoplocha – množina bodů do nichž vlnění dospěje v daném časovém okamžiku; množina bodů se stejnou fází
- paprsek – kolmice na vlnoplochu

- v izotropním prostředí je vlnoplocha kulová sféra
- ve velké vzdálenosti od zdroje lze vlnoplochu považovat za rovinnou

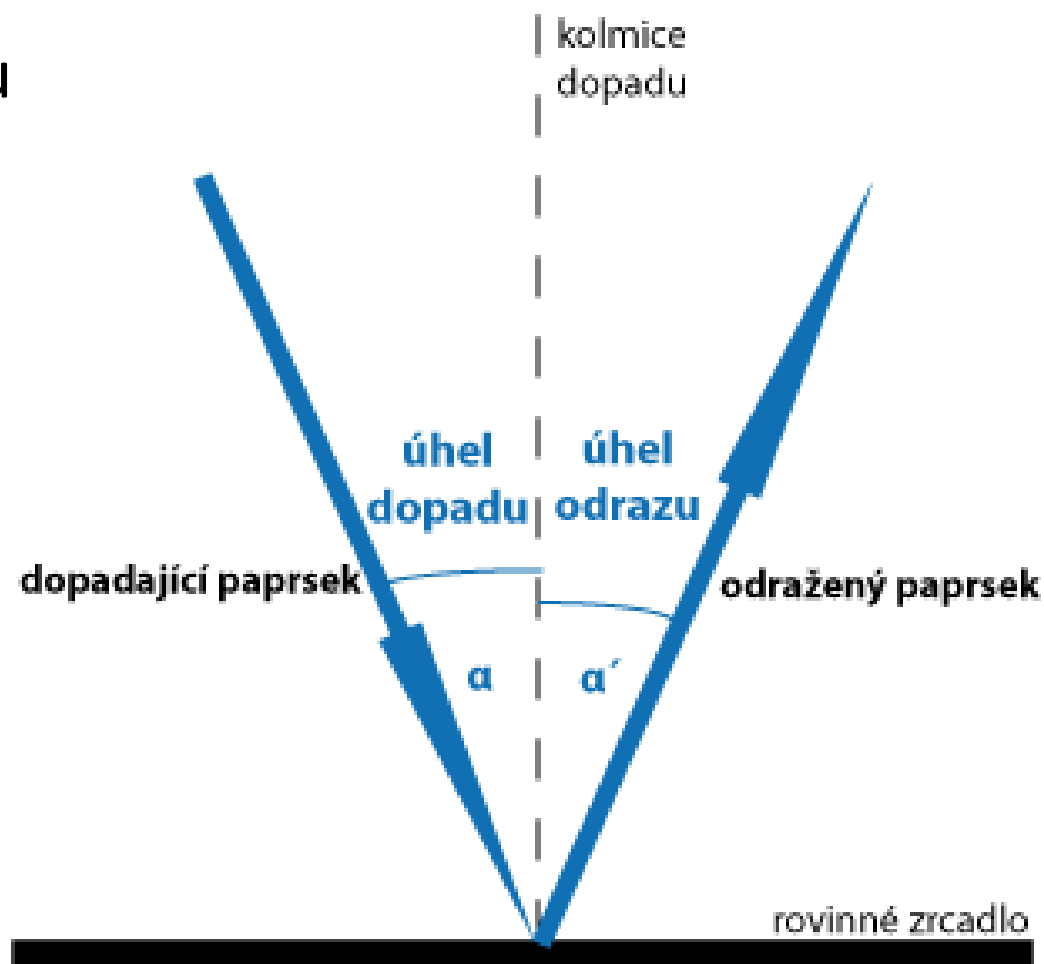
Huygensův princip

- popisuje šíření vlnění přes překážky



Odraz vlnění

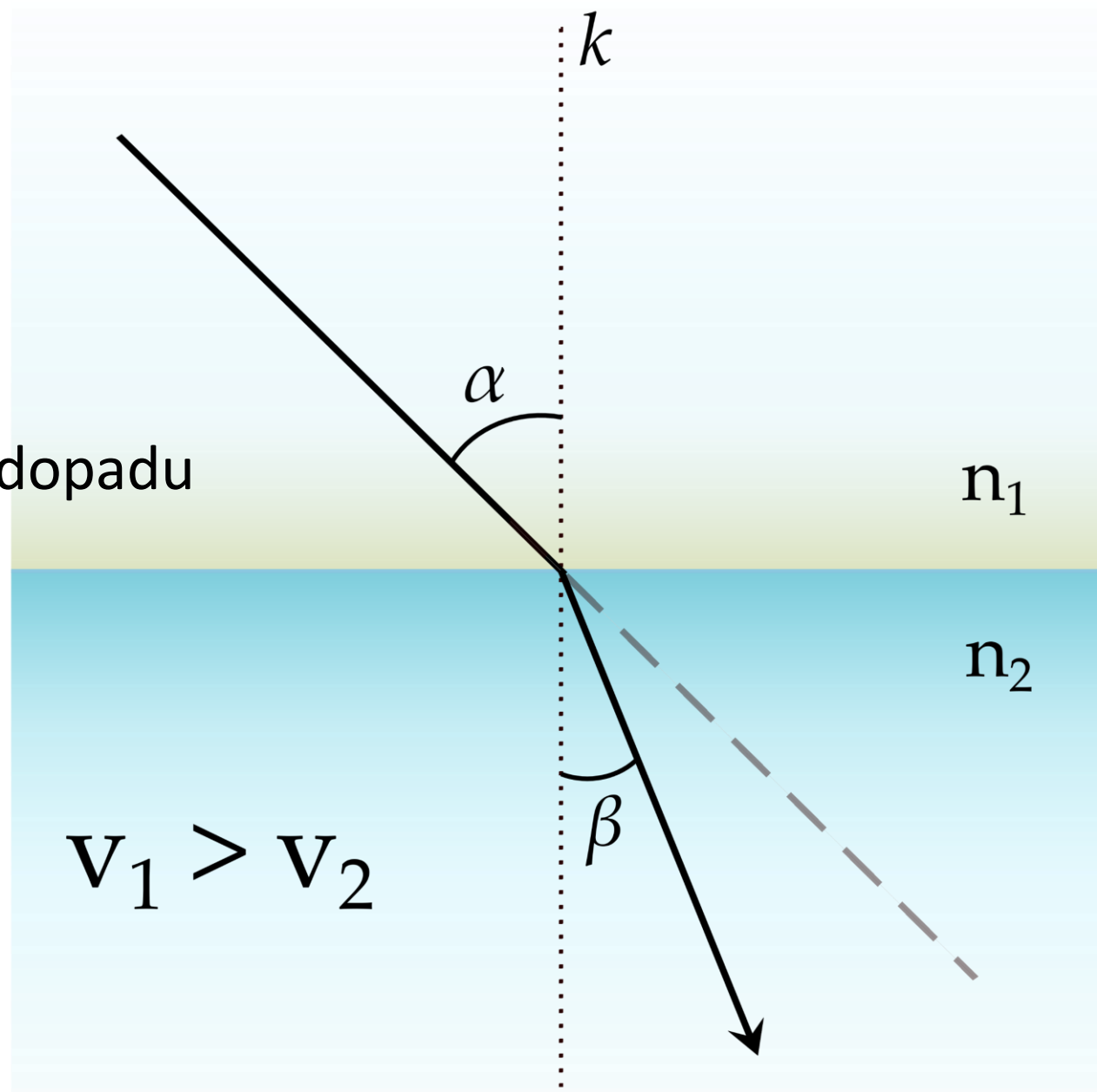
- úhel odrazu se rovná úhlu dopadu
- odražený paprsek zůstává v rovině dopadu



Lom vlnění ke kolmici

- $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$

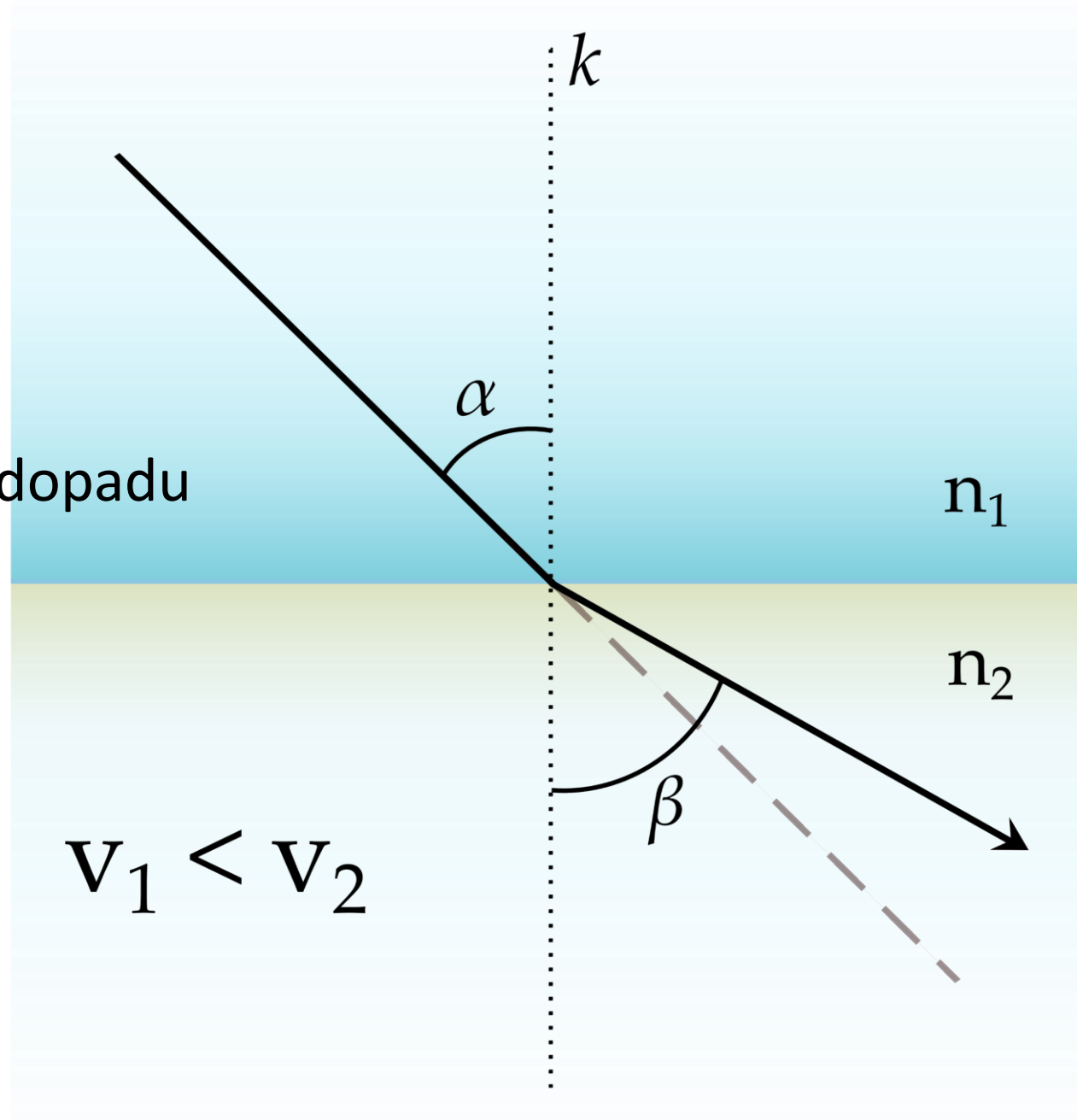
- lomený paprsek zůstává v rovině dopadu



Lom vlnění od kolmice

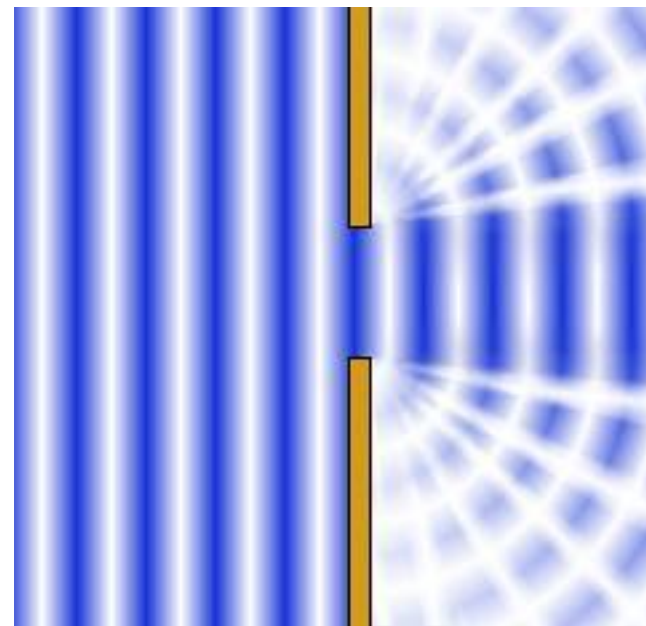
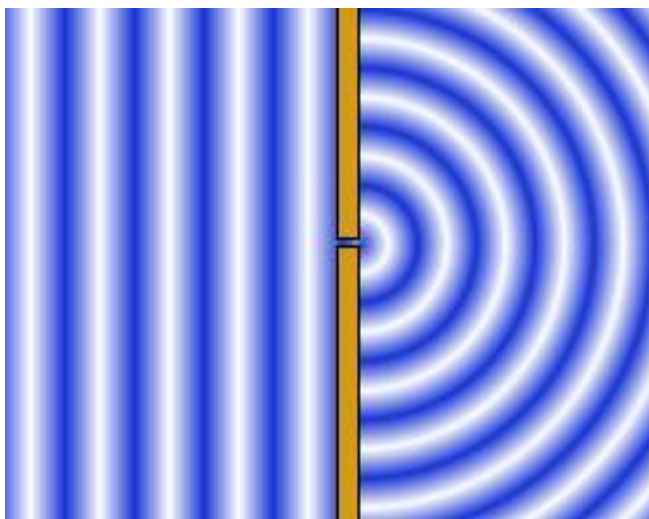
- $$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

- lomený paprsek zůstává v rovině dopadu



Ohyb vlnění

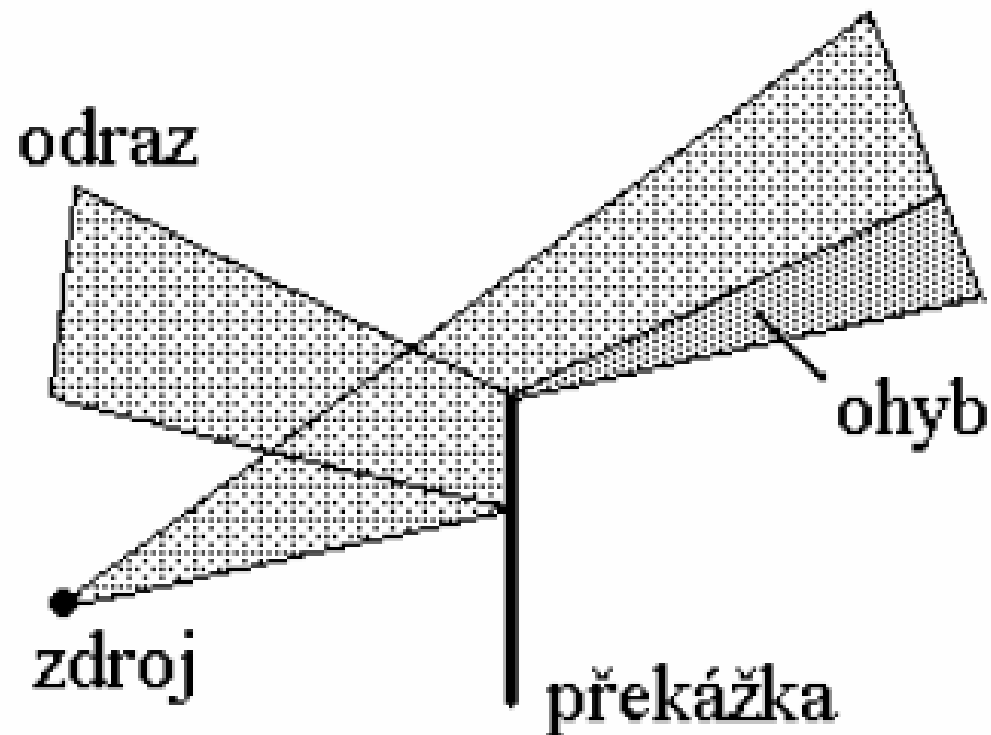
- schopnost vlnění proniknout do oblasti geometrického stínu
- vlnění se snáze ohýbá na malých překážkách
- vlnění s větší vlnovou délkou se snáze ohýbá



Zvuk

Mechanické vlnění

- zvuk je podélné mechanické vlnění
- šíří se pružným prostředím
- šíří se ve vlnoplochách
- odráží se od překážek
- ohýbá se do oblastí geometrického stínu



Zvukové vlnění

- frekvence $f = 16 \text{ Hz}$ až $f = 16\,000 \text{ Hz}$
- nižší frekvence – infrazvuk
- vyšší frekvence – ultrazvuk

- periodický zvuk = tón
- neperiodický zvuk = hluk, šum, ruch

Šíření zvuku

- nešíří se ve vakuu
- špatně v polystyrenu – zvuková izolace

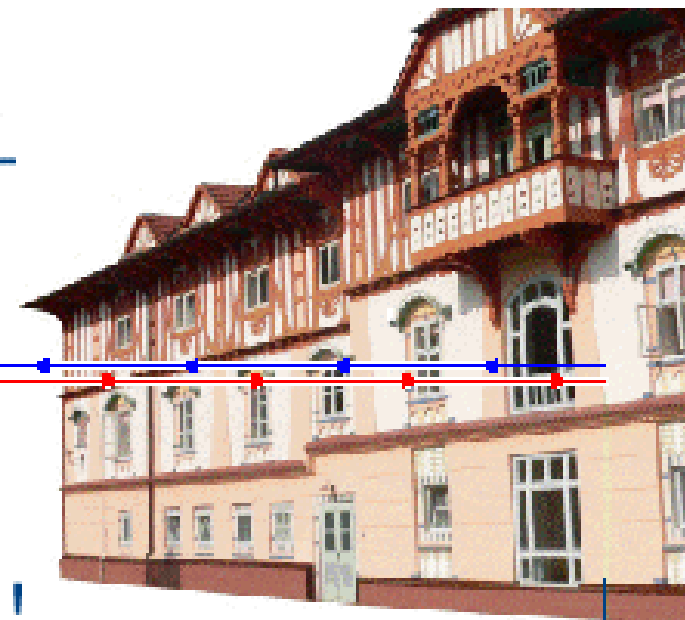
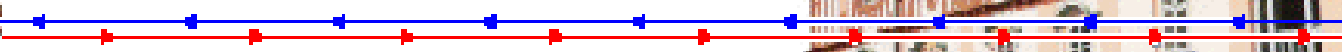
- rychlost ve vzduchu
běžně $v = (331,82 + 0,61\{t\}) m \cdot s^{-1}$
 $v = 340 m \cdot s^{-1}$

- rychlost ve vodě $v = 1\,500 m \cdot s^{-1}$
- rychlost v oceli $v = 5\,000 m \cdot s^{-1}$

Ozvěna

- zvukový interval $\Delta t = 0,1 \text{ s}$
- vzdálenost překážky $d = 17 \text{ m}$

$$\text{doba návratu} = \frac{2 \times \text{vzdál. překážky}}{\text{rychlost zvuku}}$$



minimálně 17 m !

Vlastnosti zvuku

- výška tónu je dána frekvencí
- složený tón = základní tón + vyšší harmonické tóny
- barva tónu je dána počtem a amplitudami vyšších harmonických tónů

- hlasitost je subjektivní
nejvyšší citlivost od 600 Hz do $6\,000\text{ Hz}$

- referenční frekvence ... $1\,000\text{ Hz}$

Veličiny

- akustický výkon

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad [P] = W$$

práh slyšení $P_0 = 10^{-12} W$

práh bolesti $P_1 = 1 W$

- intenzita zvuku

$$I = \frac{\Delta P}{\Delta S} \quad [I] = W \cdot m^{-2} \quad I \sim \frac{1}{r^2}$$

Veličiny

- hladina akustického výkonu (intenzity)

$$L = 10 \cdot \log \frac{P}{P_0} \quad [L] = dB; \textit{decibell}$$

práh slyšení: $L_0 = 0 \text{ dB}$

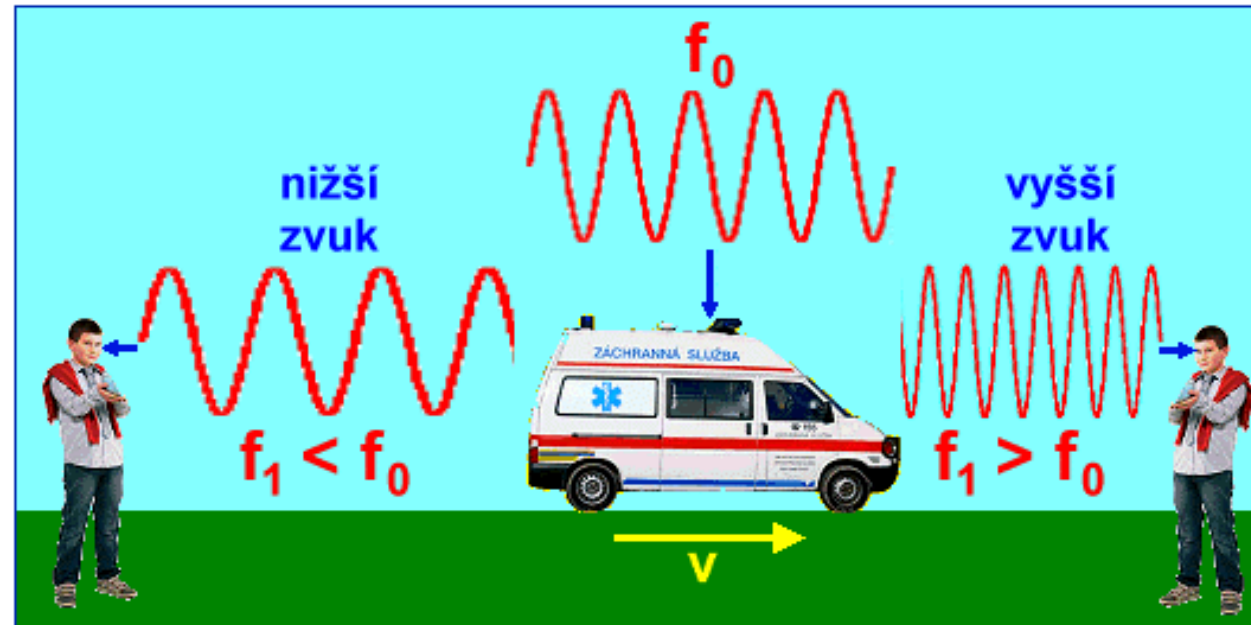
práh bolesti: $L = 120 \text{ dB}$

Ultrazvuk

- vyšší frekvence, nižší vlnová délka, menší ohyb, výraznější odraz
- využití:
 - zobrazování v lékařství
 - defektoskopie materiálů
 - vypuzování plynů z kapalin
 - čištění materiálů
 - orientace v prostoru u netopýrů
 - komunikace mezi velrybami

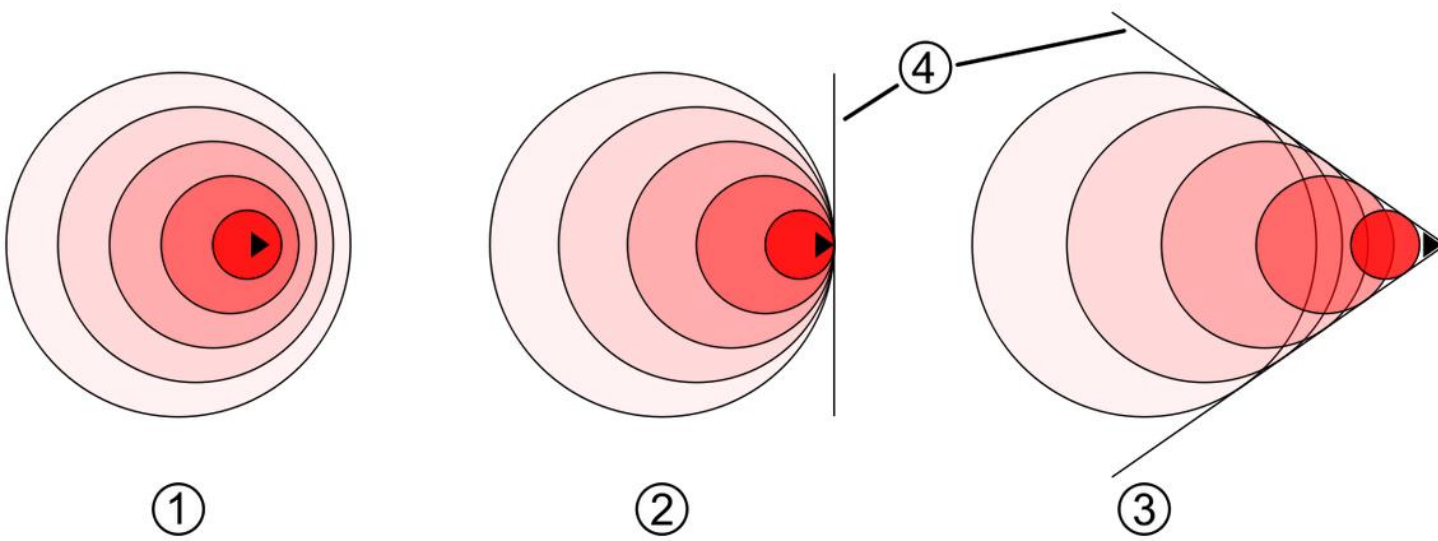
Dopplerův jev

- při vzájemném pohybu zdroje a přijímače se mění přijímaná frekvence vlnění
- při přibližování se frekvence zvyšuje
- při vzdalování se frekvence snižuje



Rázová vlna

- vzniká, když se objekt prostředím pohybuje rychleji než rychlost šíření vlnění v prostředí
- lze ji snadno vidět při pohybu lodi po hladině
- při pohybu vzduchem dochází k akustickému třesku



Testové otázky