

Fyzika 1 - prednáška 10

Ciele

5. Vlny

5.1 Rýchlosť vlnenia

5.2 Rovnica postupnej vlny

5.3 Stojaté vlnenie

Zopakujte si

- Výchylka netlmeného harmonického kmitavého pohybu je $x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$
- Vzťah $E = \frac{1}{2} k A^2$ je **mechanická energia NHKP**
- Uhlová frekvencia NHKP je daná vzťahom $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$.
- Okamžitá rýchlosť priamočiareho pohybu je definovaná ako derivácia **dráhy** podľa **času** .
- Sily pružnosti závisia priamoúmerne od **výchylky** a majú **opačný** smer.

5. VLNY

Mechanické vlnenie – proces, prostredníctvom ktorého sa šíri kmitanie prostredím. Existuje len v látkovom prostredí, platia pre neho Newtonove zákony.

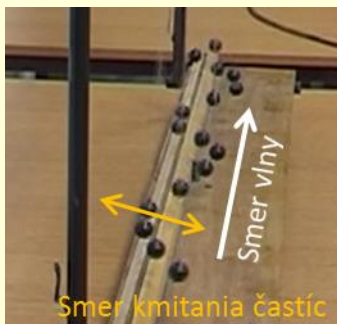
Látkové prostredie – voda, vzduch, hornina; ktoré pozostáva z veľkého množstva častíc, medzi ktorými existuje vzájomná väzba (silové pôsobenie).

Zdroj vlnenia – je kmitavý pohyb (napr. reproduktor, ladička, struna).

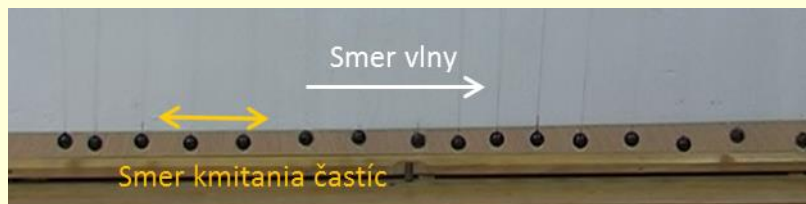
Postupné vlnenie – vlnenie, pri ktorom sa rozruch prenáša na ďalšie body.

Typy vlnenia:

a) postupne priečne - častice kmitajú kolmo na smer šírenia sa vlnenia.

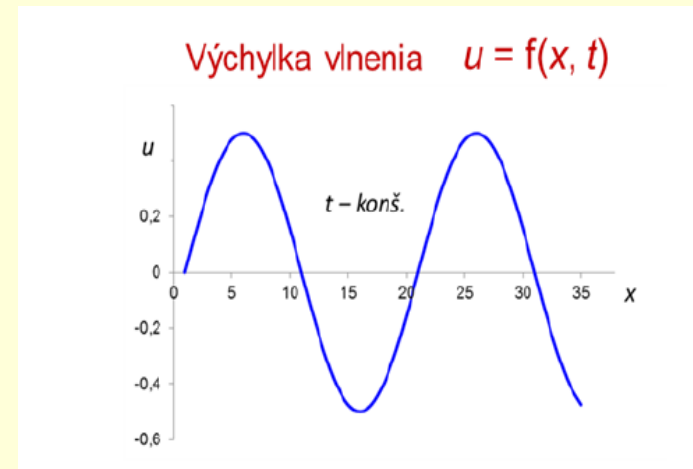
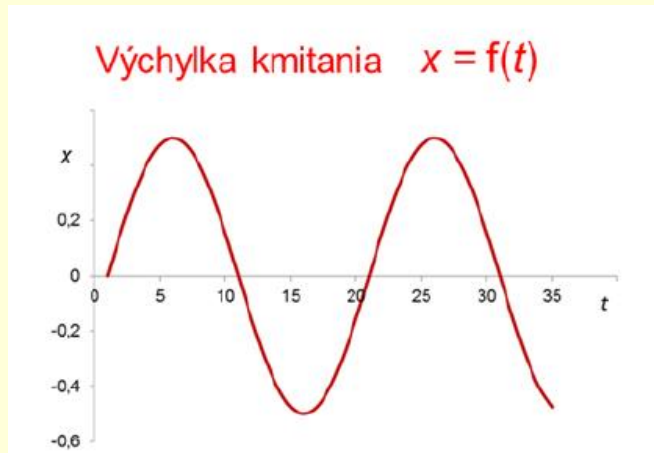
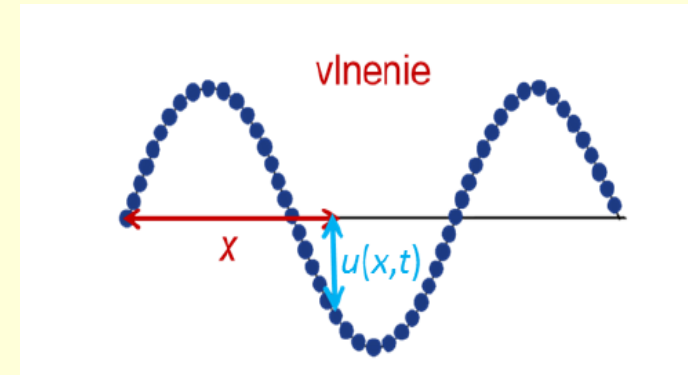
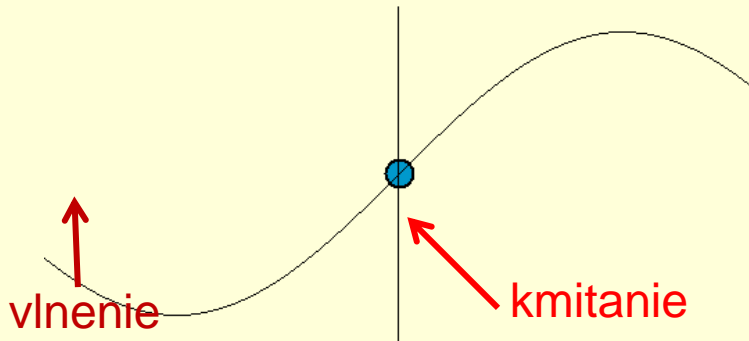


b) postupne pozdĺžne - častice kmitajú rovnobežne so smerom šírenia sa vlnenia.



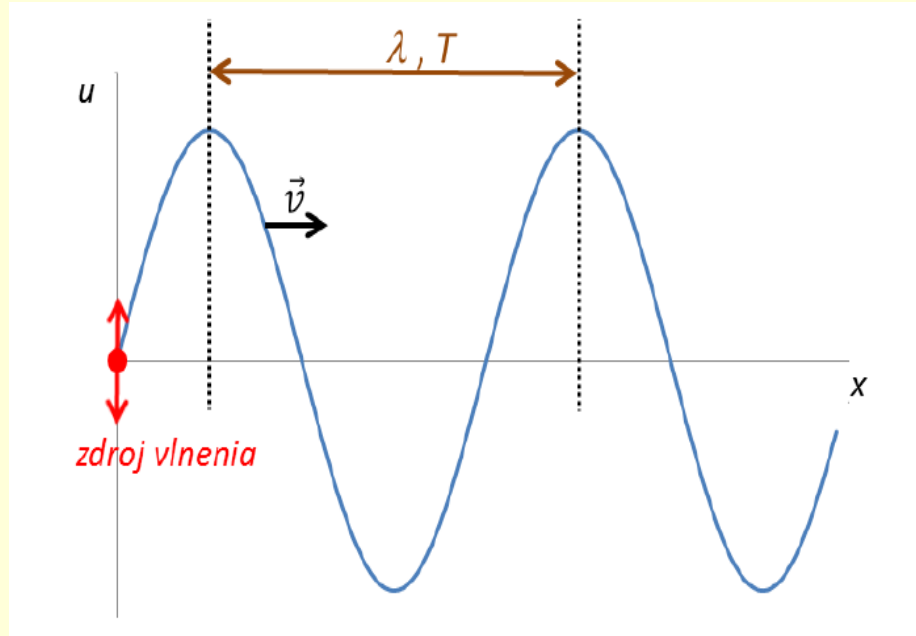
Rozdiel medzi vlnením a kmitaním

- **kmitanie** – je pohyb po priamke okolo rovnovážnej polohy (zdroj vlnenia kmitá okolo rovnovážnej polohy nepremiestňuje sa s vlnením, častice prostredia tiež kmitajú okolo rovnovážnej polohy s frekvenciou zdroja, nepremiestňujú sa).
- **vlnenie** – prenos kmitania zdroja prostredím - šíri sa vlnenie.



4.1 Rýchlosť vlnenia

Izotropné prostredie – prostredie s rovnakými vlastnosťami v celom svojom objeme.



Vlnová dĺžka – najkratšia vzdialenosť v smere postupu vlnenia medzi dvoma bodmi prostredia, ktoré kmitajú s rovnakou fázou.

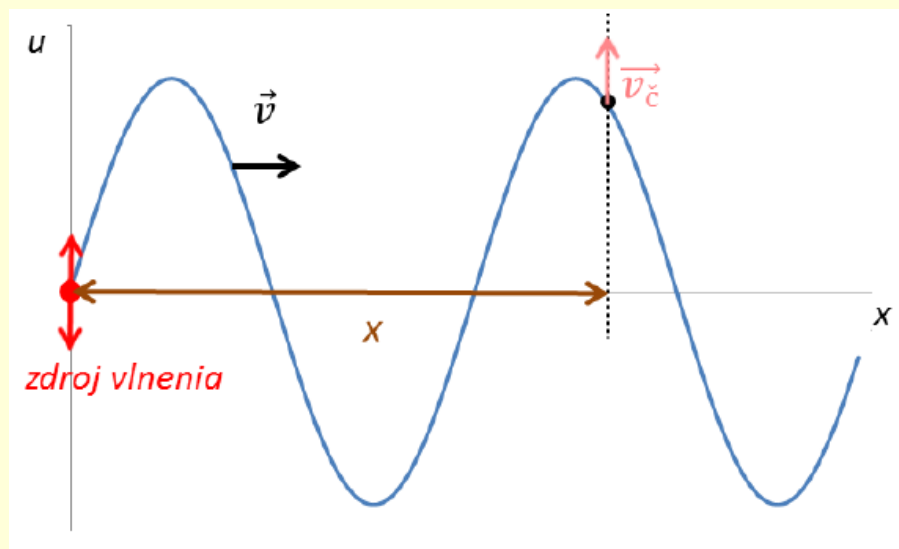
Rýchlosť (fázová rýchlosť) – rýchlosť, ktorou sa šíri rovnaká fáza kmitavého pohybu, napr. maximum.

Rýchlosť je definovaná ako podiel vzdialenosti λ , ktorú prejde vlnenie počas periódy vlnenia T (kmitov častíc).

Vlnová dĺžka – je dráha, ktorú prejde fáza vlny počas jednej periódy.

Rýchlosť vlnenia – má smer šírenia sa vlnenia, je konštantná (v izotropnom prostredí)

Rýchlosť, ktorou kmitajú častice – sa periodicky s časom mení



pozdĺžne vlnenie = vyvoláva zmenu objemu, **priečne vlnenie** = vyvoláva zmenu tvaru

Tuhá látka – vlnenie pozdĺžne aj priečne.

Oceľ $v_{poz} = 6000 \text{ m/s}$, $v_{pr} = 3000 \text{ m/s}$

Kvapalina a plyn – len pozdĺžne vlnenie, okrem povrchu kvapalín.

Zvuk vo vode: $v = 1402 \text{ m/s}$, pri 0° C , v hélíu $v = 965 \text{ m/s}$

KONTROLKA: Prostredím (vzduchom) sa šíri zvuková vlna z chvejúcej sa ladičky.

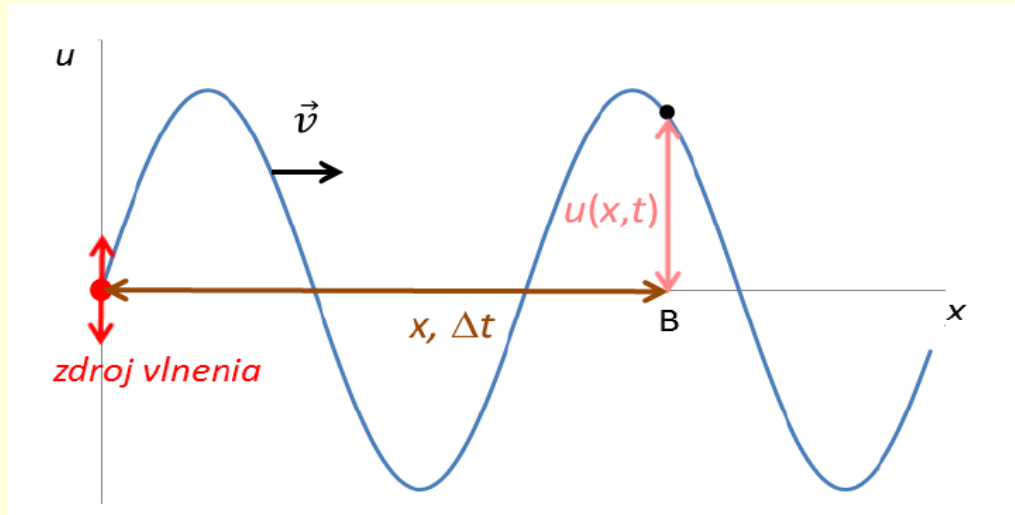
Vyberte správnu odpoveď:

- a) rýchlosť zvukovej vlny bude rovnaká ako rýchlosť chvejúcej sa ladičky a častíc prostredia,
- b) zvuková vlna sa bude šíriť prostredím ako postupné pozdĺžne vlnenie,
- c) rýchlosť zvukovej vlny sa bude periodicky meniť s časom,
- d) zvuková vlna sa bude šíriť prostredím ako postupné priečne vlnenie.

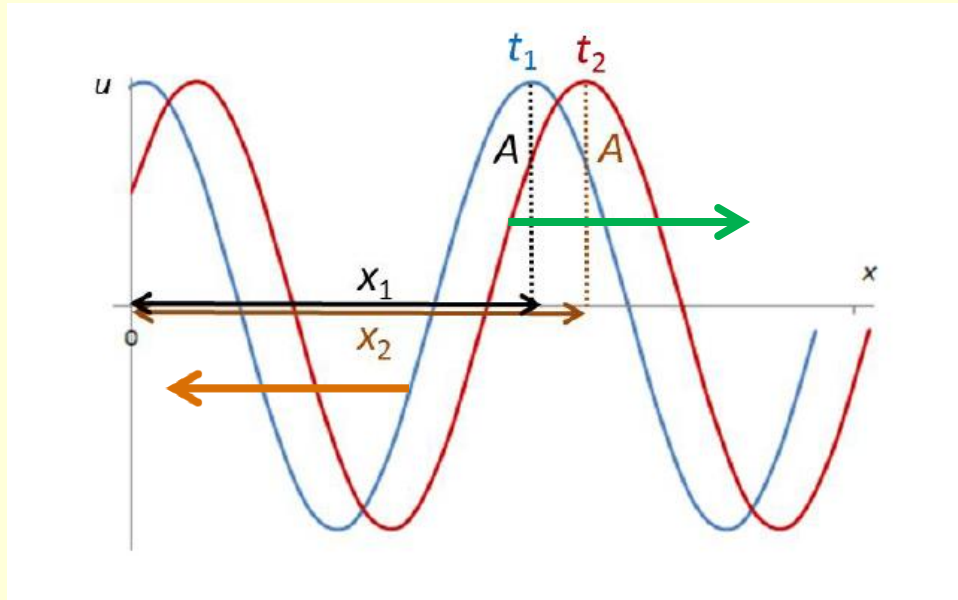
4.2 Rovnica postupnej vlny

Zdroj vlnenia – kmitavý pohyb častice, od ktorého sa šíri vlnenie (v smere osi x).

$$u(0, t) = A \sin \omega t$$



Rovnica postupnej vlny



Smer šírenia sa vlnenia – kladný smer osi x

Smer šírenia sa vlnenia – záporný smer osi x

KONTROLKA: Výchylka zdroja vlnenia je daná rovnicou $x = 5 \cos(2\pi t)$.

Vyberte správnu odpoveď. Rovnica rovinnej vlny, ktorá sa šíri v zápornom smere osi x s rýchlosťou v bude daná

a) $u(x, t) = 5 \sin\left(2\pi t - 2\pi \frac{x}{v}\right),$

b) $u(x, t) = 5 \cos\left(2\pi t - 2\pi \frac{x}{v}\right),$

c) $u(x, t) = 5 \cos\left(2\pi t + 2\pi \frac{x}{v}\right),$

d) $u(x, t) = 5 \sin\left(2\pi t + 2\pi \frac{x}{v}\right).$

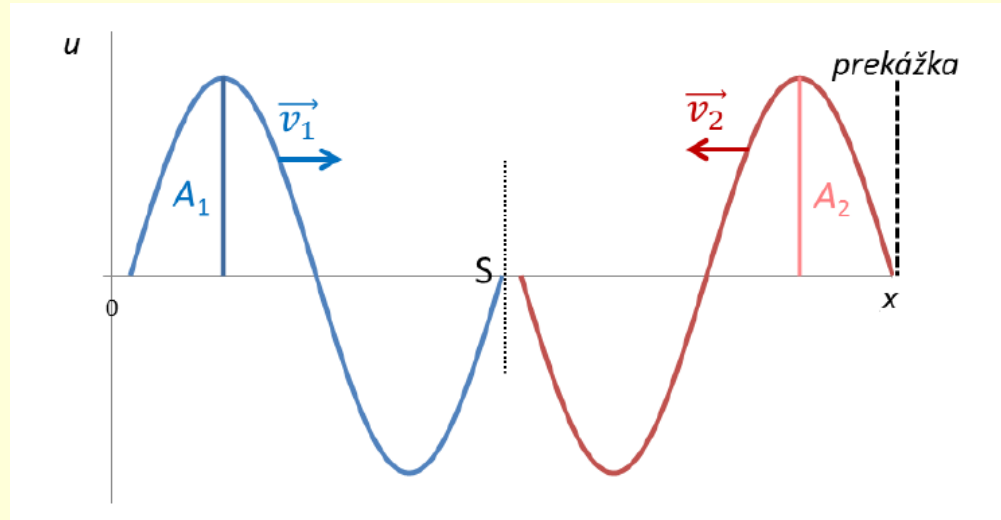
4.3 Stojaté vlnenie

Interferencia (skladanie) - fyzikálny jav, ktorý nastane, ak dva alebo viac vlnení prechádza tým istým miestom v rovnakom časovom okamihu.

Princíp superpozície – ak dve vlnenia prechádzajú tým istým miestom v tom istom časovom okamihu,

- výsledná výchylka sa rovná súčtu jednotlivých výchýliek;
- vzniká vlnenie s jednou vlnou;
- sčítavajúce vlnenia sa navzájom neovplyvňujú.

Stojaté vlnenie vzniká skladaním dvoch vlnení postupujúcich proti sebe s rovnakou frekvenciou, v zjednodušenom prípade s rovnakou amplitúdou a rýchlosťou.



Výchylka

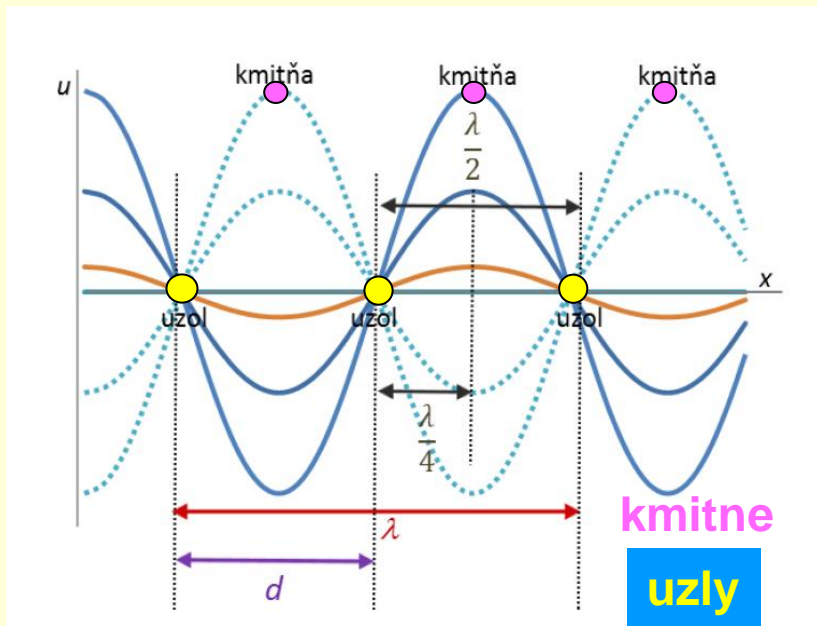
Amplitúda

Zo vzťahu pre výchylku vyplýva, že prostredím sa nešíri postupne vlnenie, vzniká **stojaté vlnenie** = kmitanie častíc okolo osi x .

Amplitúda stojatého vlnenia závisí od vzdialenosti častice od zdroja, teda sa mení zo vzdialenosťou:

1. **uzly** - miesta, v ktorých je amplitúda nulová, **$C = 0$** : $x = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}$

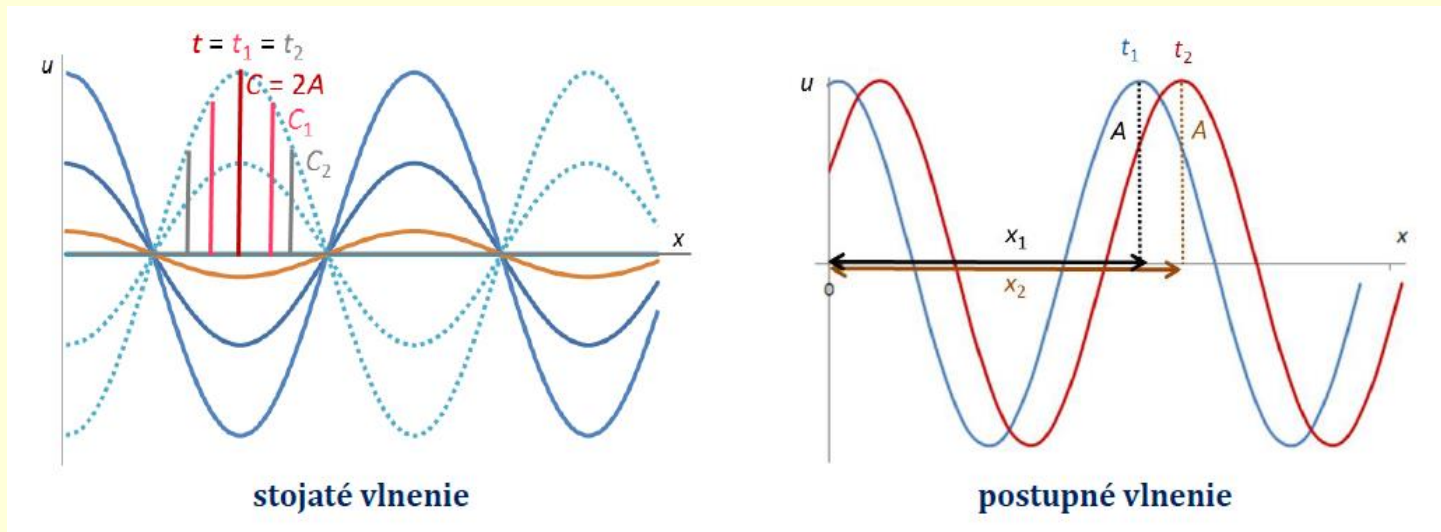
2. **kmitne** – miesta, v ktorých je max. amplitúda, **$C = 2A$** : $x = n \frac{\lambda}{2}$



Vzdialenosť dvoch susedných kmitní (uzlov) – sa rovná polovici vlnovej dĺžky skladajúcich sa vln.

Rozdiel medzi postupným a stojatým vlnením

Vlnenie	Amplitúdy	Fázy
Postupné	rovnaké	rôzne
Stojaté	rôzne	rovnaké



Pri stojatom vlnení nedochádza k prenosu energie, tak ako pri postupnom vlnení.

KONTROLKA: Vyberte správne tvrdenie. Amplitúda častíc pri stojatom vlnení závisí

a) od času t ,

b) od vzdialenosti x ,

c) od času t a vzdialenosti x .

Čo sme sa naučili

Vysvetliť princíp vzniku vlnenia, aký je rozdiel medzi kmitaním a vlnením, uviesť čo je zdrojom vlnenia a v akom prostredí sa šíri.

Definovať **postupne vlnenie** a uviesť typy tohto vlnenia. Definovať **vlnovú dĺžku** a **fázovú rýchlosť**.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f \qquad \lambda = vT$$

Vysvetliť aký je rozdiel medzi rýchlosťou vlnenia a rýchlosťou, ktorou kmitajú častice prostredia. Uviesť aké typy vlnenia sa šíria v pevných, plyných a kvapalných látkach.

Vysvetliť pojmy interferencia, princíp superpozície. Odvodiť **výchylku stojateho vlnenia**, ktorá vznikne pri skladaní dvoch vlnení, ktoré sa šíria oproti sebe (nakresliť obrázok). Napísať **amplitúdu** výsledného stojateho vlnenia.

$$u(x, t) = C \sin \omega t$$

$$C = 2A \cos kx$$

Napísať podmienky pre **kmitne** a **uzly** výsledného vlnenia a uviesť vzdialenosti bodov, v ktorých sú kmitne a uzly. Uviesť vzdialenosť dvoch uzlov. Vedieť graficky zobrazit' stojaté vlnenie. Vysvetliť rozdiel medzi postupným a stojatým vlnením na základe porovnania amplitúdy a fázy častíc, ktoré tieto vlnenia prenášajú.