

VALOVANJE

10.1. UVOD

10.2. POLARIZACIJA

10.3. STOJEČE VALOVANJE

10.4. ODBOJ, LOM IN UKLON

10.5. INTERFERENCA

10.6. MATEMATIČNA OBDELAVA INTERFERENCE IN STOJEČEGA VALOVANJA

10.1. UVOD

Valovanje je širjenje motnje v sredstvu ali polju. Valovanje lahko popišemo s fizikalnimi količinami kot so **frekvenca, valovna dolžina, amplituda in perioda**. Valovna dolžina je najmanjša razdalja med točkama v potujočem valovanju, pri katerih je nihanje v valovanju sočasno. Hitrost valovanja označimo s c .

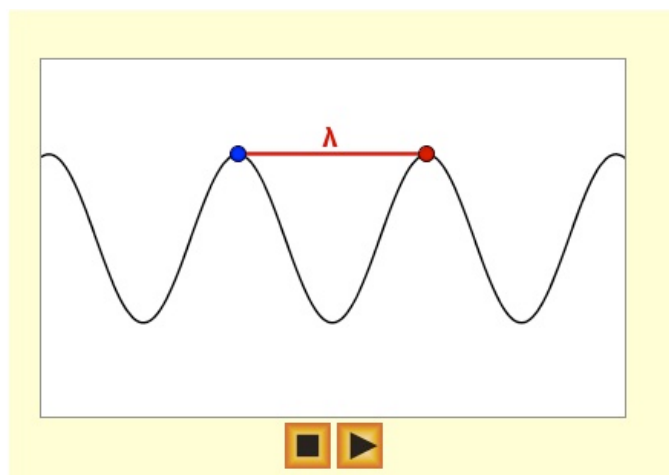
Zveza med valovno dolžino (λ), frekvenco (ν) in hitrostjo (c) se glasi: $c = \lambda \cdot \nu$.

Valovanja delimo na:

a) TRANSVERZALNA (PREČNA) VALOVANJA

Posamezni delci sredstva nihajo pravokotno na smer širjenja valovanja. Posledica je nastop hribov in dolin. Spreminja se oblika snovi. Ena valovna dolžina je en hrib in ena dolina.

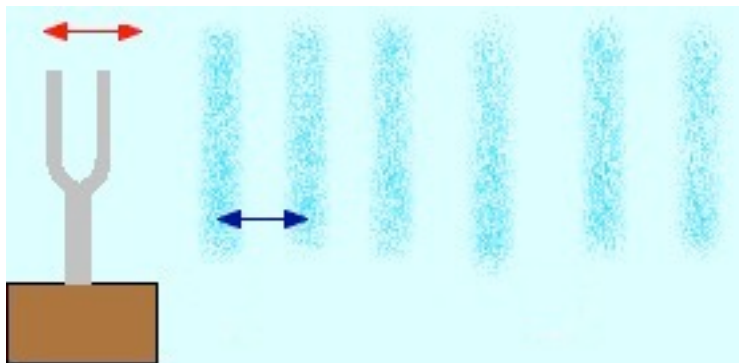
Primer: valovanje na vodni gladini, vrvi...



b) LONGITUDINALNA (VZDOLŽNA) VALOVANJA

Posamezni delci lahko nihajo v smeri širjenja valovanja. Posledica je nastop zgoščin in razredčin. Spreminja se gostota snovi. Ena valovna dolžina je ena zgoščina in ena razredčina.

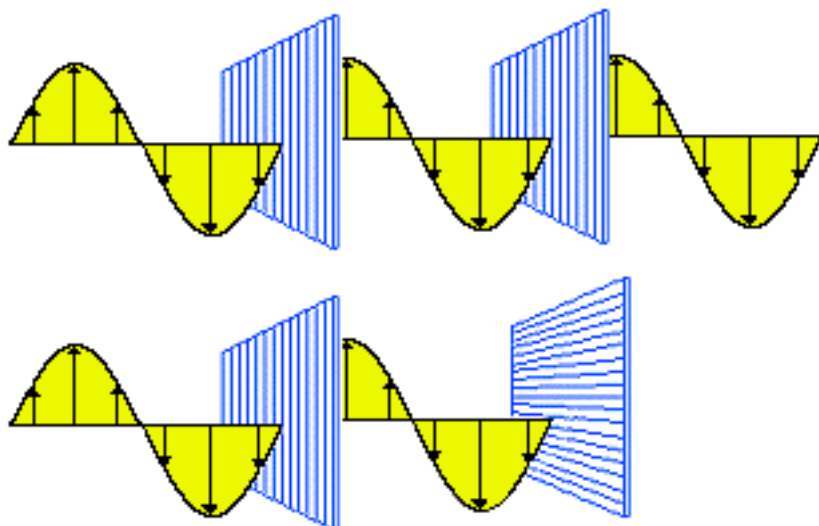
Primer: valovanje na vzmeti, zvok...



Za valovanja so značilni sledeči **VALOVNI POJAVI**:

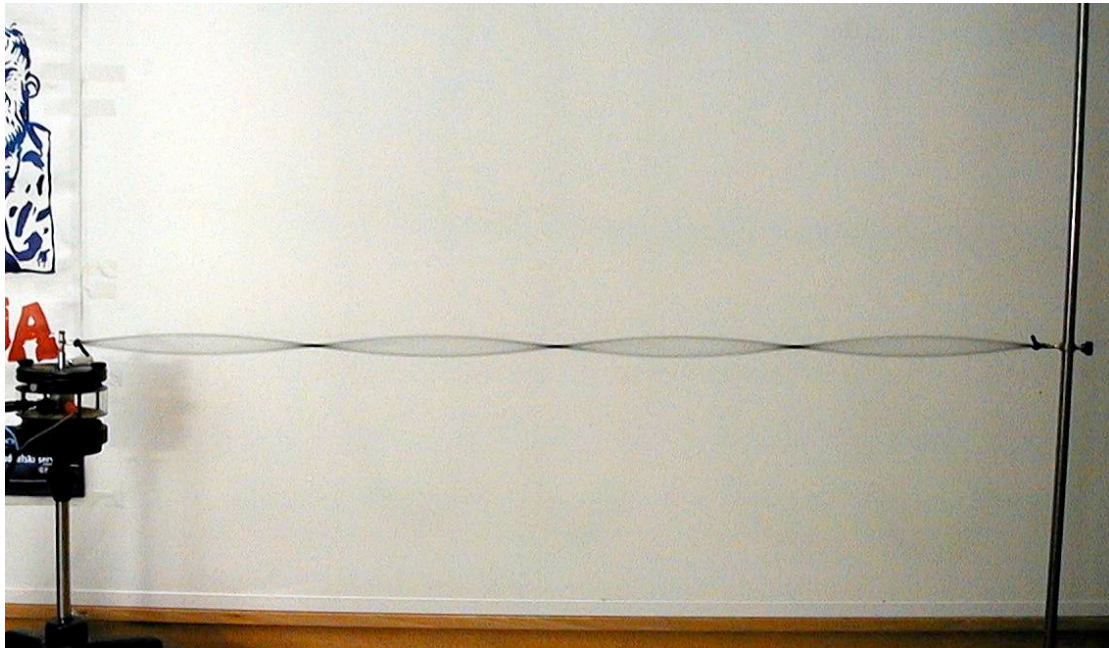
10.2. POLARIZACIJA

Pri transversalnem valovanju lahko opazujemo pojav, ki mu pravimo polarizacija. To pomeni, da pri njem lahko ločimo "strani" ali "pole": stran (ravnino, smer) v kateri delci nihajo, in druge smeri. Pri polariziranem transversalnem valovanju poznamo vsak trenutek smer širjenja valovanja. Pri longitudinalnem valovanju ta pojav ne obstaja.



10.3. STOJEČE VALOVANJE

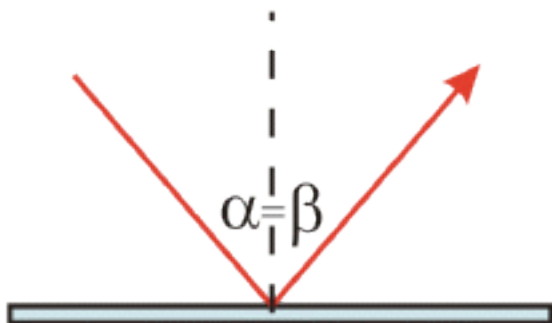
Če en konec vrvi pritrdimo, drugi konec pa zanihamo, ustvarimo valovanje, ki se širi do pritrjenega krajišča. Po odboju se valovanje vrne nazaj. Tako se po vrvi širita dve valovanji hkrati. Obe valovanji se v vsakem trenutku sestavljata. Pravimo, da valovanji interferirata. Interferenca valovanj je pojav, da več valovanj vpliva eno na drugo. Z interferenco prihajajočega in odbitega valovanja lahko dobimo valovanje, pri katerem vsak del niha sočasno. Vsak del vrvi v istem trenutku zaniha skozi ravnovesno lego, v istem trenutku doseže največji odmik itd. Zdi se nam, da valovanje na vrvi miruje, zato se to valovanje imenuje stoječe valovanje.



10.4. ODBOJ IN LOM

ODBOJ

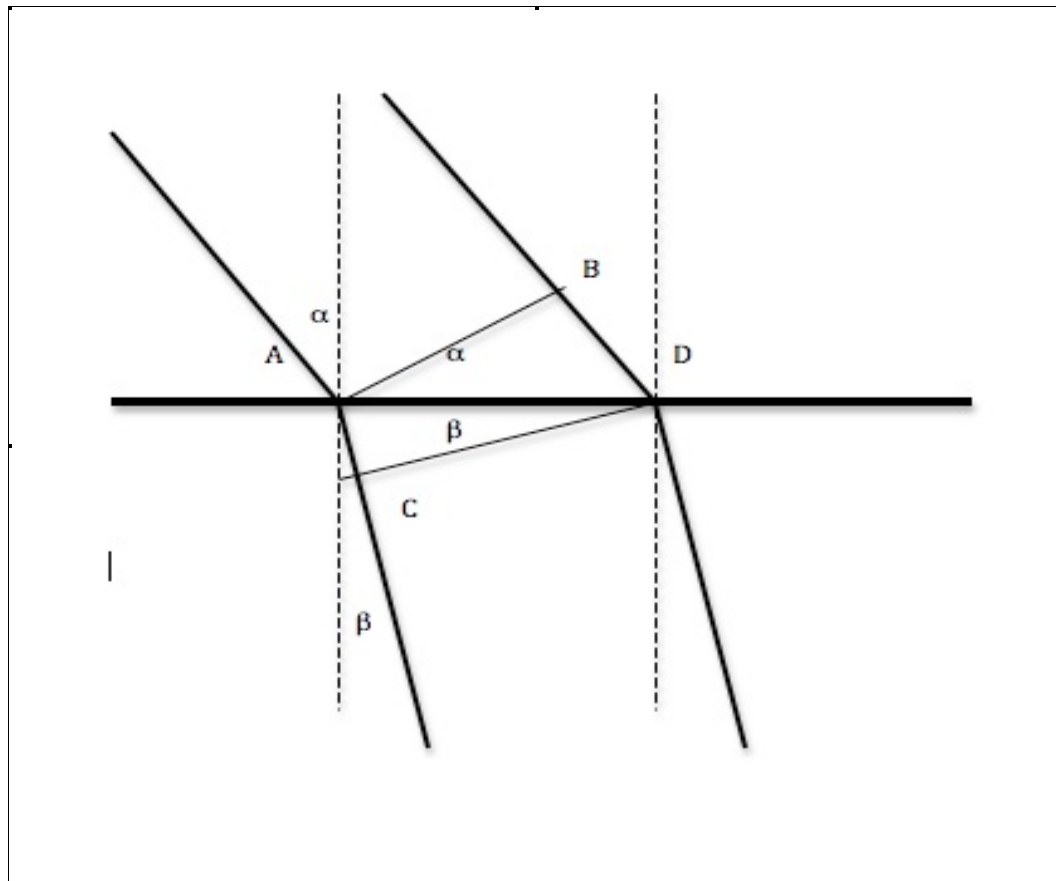
Odbojni zakon pravi: ravno valovanje se na meji dveh sredstev odbije tako, da je odbojni kot enak vpadnemu. $\alpha = \beta$.



LOM

Lomni zakon valovanja pravi: na meji dveh sredstev se valovanje lomi tako, da je razmerje med sinusom vpadnega in sinusom lomnega za dani sredstvi vedno enako, ne glede na vpadni kot, in sicer je enako razmerju hitrosti valovanja v danih sredstvih.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c}{c'}$$



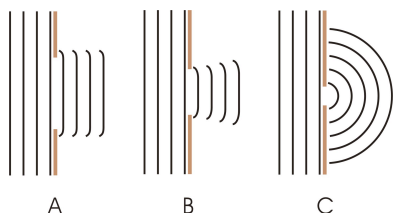
DOKAZ:

$$\begin{aligned} \overline{AC} &= ct' \text{ in } \overline{BD} = ct, \\ \overline{AC} &= \overline{AD} \sin \beta \text{ in } \overline{BD} = \overline{AD} \sin \alpha, \text{ potem} \\ \frac{\overline{BD}}{\overline{AC}} &= \frac{c}{c'} = \frac{\overline{AD} \sin \alpha}{\overline{AD} \sin \beta} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}. \end{aligned}$$

UKLON

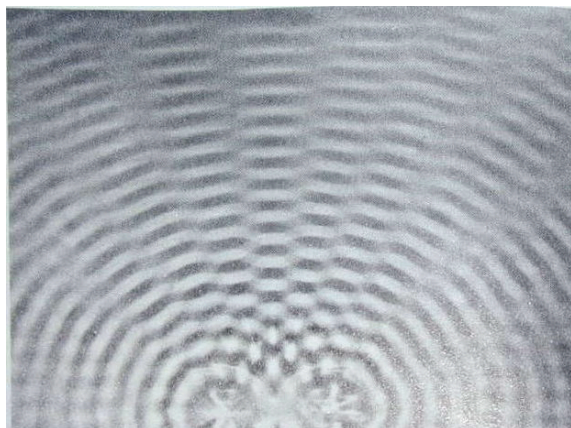
Pojav, da se širi valovanje tudi v območju geometrijske sence, imenujemo uklon valovanja. Uklonski pojavi so izraziti, če je širina odprtine ali ovire enake velikostne stopnje kot valovna dolžina valovanja.

Namesto dveh odprtin jih lahko vzamemo več, izberemo jih pa tako, da so razmiki med sosednjimi odprtinami enaki. Takšno pregrado imenujemo **uklonska mreža**. Valovanje za mrežo je podobno kot pri dveh odprtinah, zato velja tudi isti pogoj za smeri ojačitev valovanja (a je tedaj razmik med režama).

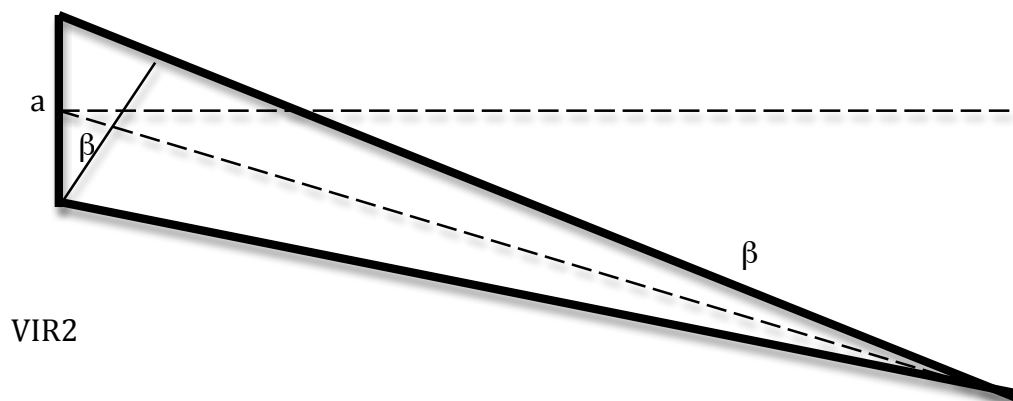


10.5. INTERFERENCA

Če se po snovi širi istočasno dvoje ali več valovanj iz različnih virov, dobimo interferenco. Na nekaterih mestih se valovanje ojači, na drugih oslabi ali uniči.



VIR1 $\Delta x = a \sin \beta$



Ugotovimo: Valovanji, ki izhajata iz virov, se ojačujeta na mestih, kjer je razlika razdalj od obeh virov enaka celemu večkratniku valovne dolžine $r_1 - r_2 = n\lambda$. Valovanji se oslabita na mestih, kjer je razlika razdalj od obeh virov enaka lihemu večkratniku polovične valovne dolžine $r_1 - r_2 = \frac{2n-1}{2}\lambda$. Smer premic, na katerih se valovanje najbolj ojačuje, določimo z enačbo: $a \sin \alpha = n\lambda$.

10.6. MATEMATIČNA OBDELAVA INTERFERENCE IN STOJEČEGA VALOVANJA

Oglejmo si najpreprostejši primer, ko sta amplitudi in krožni frekvenci dveh valovanj enaki. Imamo:

$$\Psi_1 = \Psi_0 \sin \omega_1 \left(t - \frac{x_1}{c}\right) = \Psi_0 \sin \omega \left(t - \frac{x_1}{c}\right) \text{ in}$$

$$\Psi_2 = \Psi_0 \sin \omega_2 \left(t - \frac{x_2}{c}\right) = \Psi_0 \sin \omega \left(t - \frac{x_2}{c}\right).$$

Fazna kota sta $\varphi_1 = -\frac{\omega x_1}{c}$ in $\varphi_2 = -\frac{\omega x_2}{c}$.

Razlika faz je očitno odvisna od razlike poti x_1 in x_2 : $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\omega}{c}(x_2 - x_1) = \frac{\omega}{c}\delta$,

kjer je kot vidimo $\delta = x_2 - x_1$ razlika poti, ki sta ju valovanji naredili do točke opazovanja interference. V tej točki je rezultanta nihanja:

$$\Psi = \Psi_0 \sin \omega \left(t - \frac{x_1}{c}\right) + \Psi_0 \sin \omega \left(t - \frac{x_2}{c}\right).$$

Valovni vektor k , lahko vpeljemo kot $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi/t_0}{\lambda/t_0} = \frac{\omega}{\lambda v} = \frac{\omega}{c}$.

Rezultanto Ψ zdaj lahko zapišemo takole:

$$\Psi = \Psi_0 \left[\sin(\omega t - kx_1) + \sin(\omega t - kx_2) \right] = 2\Psi_0 \sin \frac{2\omega t - k(x_1 + x_2)}{2} \cos \frac{k}{2}(x_1 - x_2) =$$

$$= 2\Psi_0 \cos \frac{k}{2}\delta \sin \left[\omega t - \frac{k}{2}(x_1 + x_2) \right] = \bar{\Psi} \sin(\omega t - kx_1 + \Delta), \text{ kjer smo zapisali}$$

$$\bar{\Psi}_0 = 2\Psi_0 \cos \frac{k}{2}\delta \text{ in } \Delta = -\frac{k}{2}\delta.$$

Lahko ugotovimo:

$$x_2 - x_1 = \delta = n\lambda \text{ - ojačitev,}$$

$$x_2 - x_1 = \delta = \frac{2n-1}{2}\lambda \text{ - oslabitev.}$$

Vrnimo se k stoječemu valovanju. Prihajajoče in odbito valovanje lahko zapišemo v obliki:

$$\Psi_1 = \Psi_0 \sin \omega \left(t - \frac{x}{c}\right) \text{ in}$$

$$\Psi_2 = \Psi_0 \sin \omega \left(t + \frac{x}{c}\right).$$

Seštejemo in dobimo:

$$\Psi_1 + \Psi_2 = \Psi_0 \left[\sin \omega \left(t - \frac{x}{c} \right) + \sin \omega \left(t + \frac{x}{c} \right) \right] = 2\Psi_0 \cos \frac{\omega x}{c} \sin \omega t = 2\Psi_0 \cos kx \sin \omega t, \text{ kar je}$$

enačba za navadno nihanje z amplitudo $2\Psi_0 \cos kx$, ki se spreminja z mestom.

Torej vsi deli vrvi (ne glede na x) nihajo sočasno, vendar ne z enako amplitudo.

Vozli so na mestih, kjer je amplituda nič. Recimo, da je vozel na mestu x_1 , za

katerega velja $kx_1 = \frac{\pi}{2}$. Sosednji vozel je potem na mestu x_2 ; $kx_2 = \frac{3\pi}{2}$.

Dobljeni enačbi odštejemo in dobimo $kx_2 - kx_1 = \frac{3\pi}{2} - \frac{\pi}{2} = \pi$

ali $x_2 - x_1 = \frac{\pi}{k} = \frac{\pi}{2\pi/\lambda} = \frac{\lambda}{2}$. In res: Razdalja med sosednjima vozloma valovanja je enaka polovici valovne dolžine.