

## Vznik elektromagnetického vlnění

Tak jako [mechanický oscilátor](#) je zdrojem [mechanického vlnění](#) (např. kmitající struna je [zdrojem zvuku](#), ...), je i [elektromagnetický oscilátor](#) zdrojem elektromagnetického vlnění.

Např. v rozhlasovém [vysílači](#) kmitá [oscilátor](#), který je zdrojem elektromagnetického vlnění vyzařovaného [anténou](#); elektrická jiskra nebo [atom](#) je zdrojem určitého [druhu elektromagnetického vlnění](#), které vnímáme jako [světlo](#); ...

Základní poznatky o elektromagnetickém vlnění jsou důležité nejen pro pochopení funkce zařízení používaných ve sdělovací technice, ale i jako základ optiky a dějů probíhajících v atomech.

Světlo, kterým se zabývá optika, není nic jiného než elektromagnetické vlnění v určitém rozsahu vlnových délek resp. [frekvencí](#).

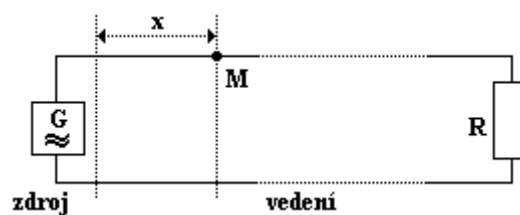
Kmitá-li elektromagnetický oscilátor, probíhají v něm periodické změny [energie](#), která ale nepřechází do okolí oscilátoru (stále se udržuje např. v [oscilačním obvodu](#)). V praxi je ale nutné energii z oscilátoru přenášet.

Např. ze zdroje [střídavého napětí](#) o frekvenci 50 Hz přenášíme energii dvěma vodiči ke spotřebiči, přičemž mezi vodiči spojujícími zdroj a spotřebič je v každém okamžiku ve všech bodech vedení stejné napětí; ... Jiný průběh bude mít přenos energie ze zdroje ke spotřebiči v případě, že oscilátor kmitá s vysokou frekvencí.

Uvažujme zdroj harmonického napětí vysoké frekvence, který je spojen se spotřebičem dvou vodičovým vedením (viz obr. 257).

Nejdříve je ale nutné uvědomit si jednu základní skutečnost: změny napětí na začátku vedení dospějí na jeho konec (ke spotřebiči) s jistým zpožděním. Přenos energie probíhá sice velkou, ale přece jen konečnou [rychlostí](#). Anglický fyzik James Clerk Maxwell (1831 - 1879) dospěl ve druhé polovině 19. století k závěru, že elektromagnetický rozruch se šíří stejnou rychlostí jako světlo. Ve [vakuu](#) je [velikost rychlosti](#) elektromagnetického vlnění  $c = 2,997923 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Pro [velikost rychlosti světla](#) ve vakuu platí:  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ .



Obr. 257

Při velké frekvenci [zdroje napětí](#) bude napětí mezi vodiči dvoužilového vedení záviset nejen na čase, ale také na vzdálenosti od zdroje. Jestliže pro okamžité napětí zdroje platí vztah  $u = U_m \sin \omega t$ , pak v bodě M ve vzdálenosti x od zdroje (obr. 257) bude určité okamžité napětí později o dobu  $\tau = \frac{x}{c}$ .

Pro napětí mezi vodiči v bodě M tedy dostáváme:  $u = U_m \sin \omega (t - \tau) = U_m \sin \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{x}{c} \right) = U_m \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ .

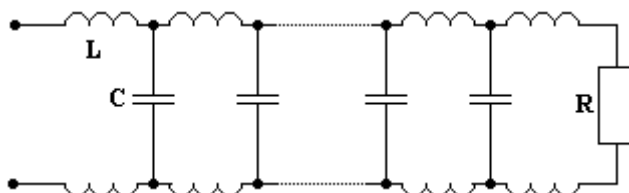
Za [periodu](#) T dospěje vlnění do vzdálenosti  $\lambda$ , kterou nazýváme **vlnová délka elektromagnetického vlnění**  $\lambda = cT = \frac{c}{f}$ , kde f je frekvence [kmitání](#) oscilátoru.

Analogickou rovnicí je popsáno i mechanické vlnění (např. v pružném vlákně). Vlákno bylo možné považovat za řadu elementárních oscilátorů spojených vzájemně [pružinami](#), kterými se

energie přenáší z jednoho oscilátoru na druhý. Podobná analogie funguje i zde.

Dvou vodičové vedení lze považovat za řadu vzájemně spojených obvodů  $LC$  (viz obr. 258). [Indukčnost](#) představují jednotlivé části vodiče a kapacita je dána jejich vzájemnou vzdáleností resp. prostředím mezi nimi. Oba parametry  $L$  i  $C$  jsou tedy rovnoměrně rozděleny podél celého vedení, které tvoří jednorozměrnou soustavu s rozestřenými parametry.

Velkou rychlostí [šíření elektromagnetického vlnění](#) je možné vysvětlit, proč při frekvenci 50 Hz je mezi vodiči vedení od zdroje ke spotřebiči všude stejné napětí. Uvažovanému ději odpovídá vlnová délka  $\lambda = \frac{c}{f} = 6 \cdot 10^6 \text{ m} = 6000 \text{ km}$ . Rozměry celého obvodu je tedy možné vzhledem k vlnové délce zanedbat a děje ve vedení mají ráz kmitání.



Obr. 258

Jinými slovy při malých frekvencích napětí a přenášeného proudu se celý obvod chová pouze jako oscilátor; velikost rychlosti šíření vlnění lze považovat za „nekonečnou“. S rostoucí frekvencí se projevuje jeho vlnový charakter a je nutné vzít v úvahu konečnou rychlost šíření vlny.

Toto zanedbání je možné provést vždy, když v [rovnici postupné vlny](#) je  $\frac{t}{T} \gg \frac{x}{\lambda}$ .

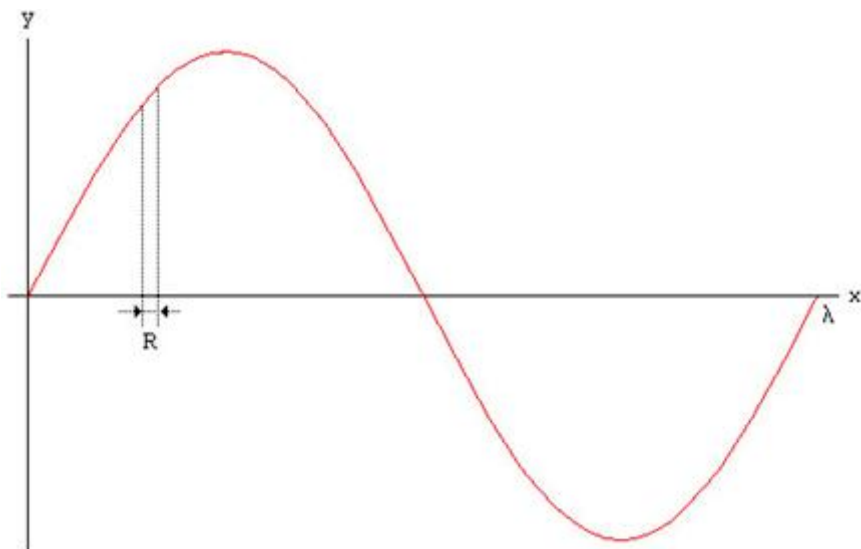
Právě uvedená podmínka nesouvisí jenom s matematickým výpočtem vyplývajícím z rovnice vlny, ale má i svůj fyzikální význam. Vlnová délka vlnění je dána vztahem  $\lambda = cT$ . Při vyšetřování šíření vlny na vzdálenosti řádově  $R$ , pro kterou platí  $R = ct$ , je možné zanedbat její vlnový charakter, pokud je splněno  $R \ll \lambda$  (viz obr. 259). To znamená, že za čas  $t$  dojde k velmi malé změně sledované [veličiny](#) ([výchylka](#), napětí, proud, ...).

Podmínku  $R \ll \lambda$  lze přepsat ve tvaru  $ct \ll cT$ , tj.  $t \ll T$ .

Lze též uvažovat tak, že velikost rychlosti  $v$  změny ve sledovaném časovém úseku  $t$  je zanedbatelná vzhledem k velikosti rychlosti  $c$  šíření vlny. Takže lze psát  $v \ll c$  a po dosazení  $\frac{R}{t} \ll \frac{\lambda}{T}$ .

Po úpravě dostaneme  $\frac{R}{\lambda} \ll \frac{t}{T}$ , což je tatáž podmínka, která byla uvedena jako první.

Všechny tři uvedené podmínky jsou fyzikálně ekvivalentní. Pokud budou splněny, vlnový charakter sledovaného děje se neprojevuje a tento děj lze tedy považovat za kmitání.



Obr. 259

Za těchto podmínek přehází rovnice ve vztah pro kmitání  $u = U_m \sin \omega t$  a vlnový ráz uvažovaného děje se neprojevuje. Jako vlnění tedy chápeme děj v soustavách, jejichž rozměry jsou srovnatelné nebo větší, než je vlnová délka elektromagnetického vlnění.

---

© **Encyklopedie Fyziky** (<http://fyzika.jreichl.com>); **Jaroslav Reichl, Martin Všeticka**

Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> zakazuje úpravy a komerční distribuci.