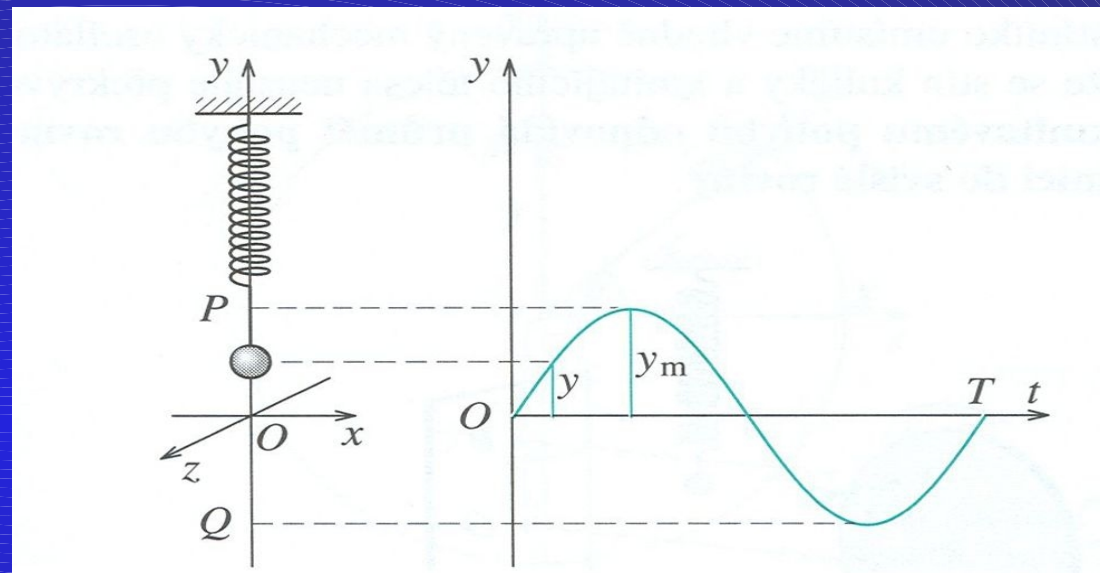


Elektromagnetický oscilátor

Již jsme poznali kmitání mechanického oscilátoru (závaží na pružině) -

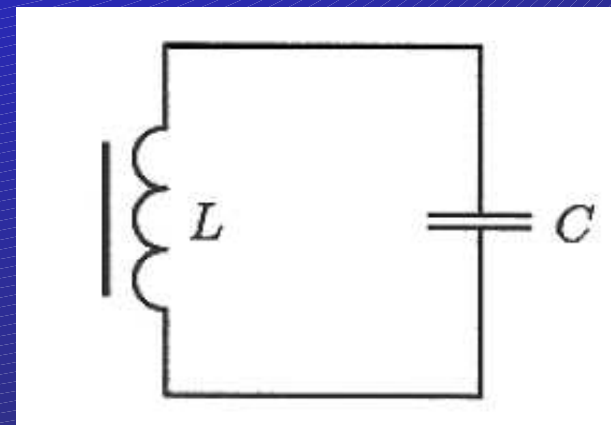
potenciální energie pružnosti se přeměňuje na kinetickou energii a naopak.

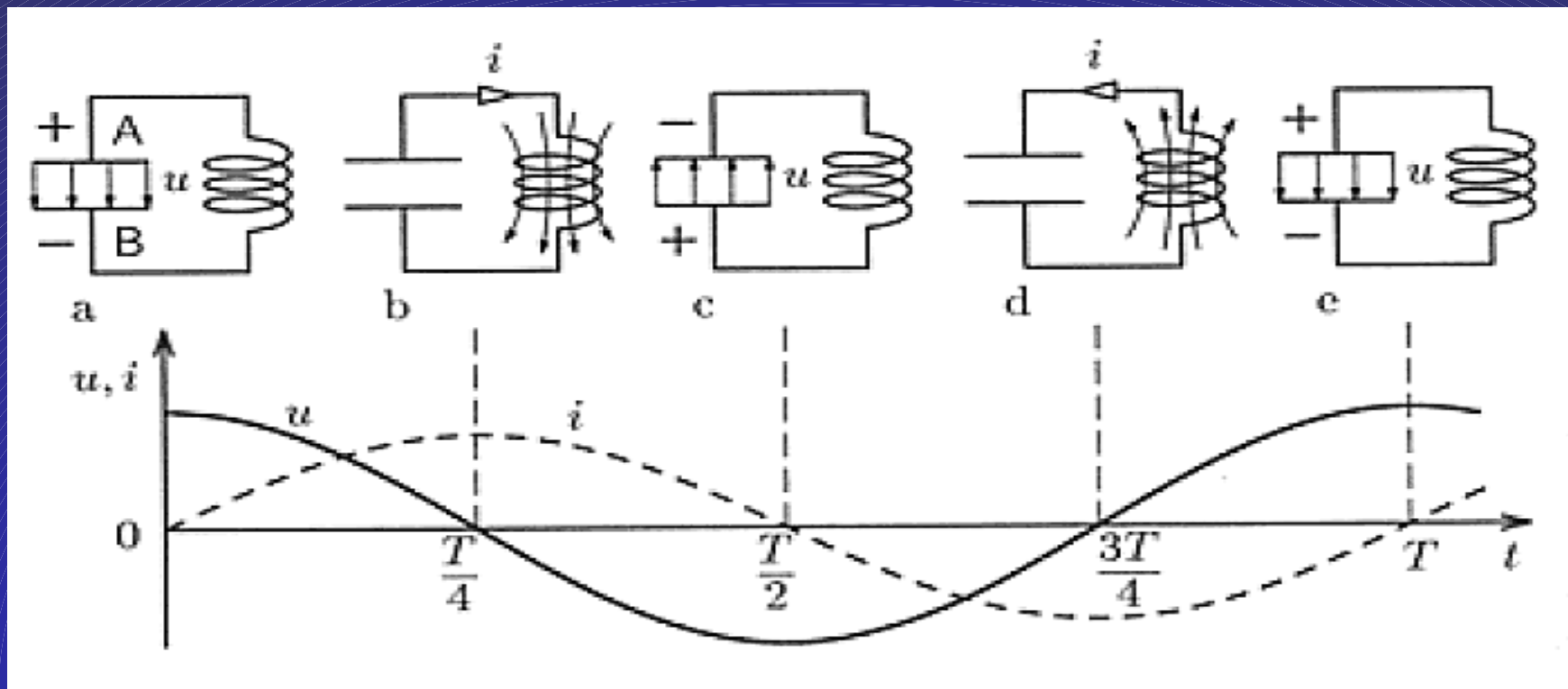
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$



Nejjednodušší elektromagnetický oscilátor je obvod tvořený cívkou a kondenzátorem -

energie elektrického pole se přeměňuje na energii magnetického pole a naopak.

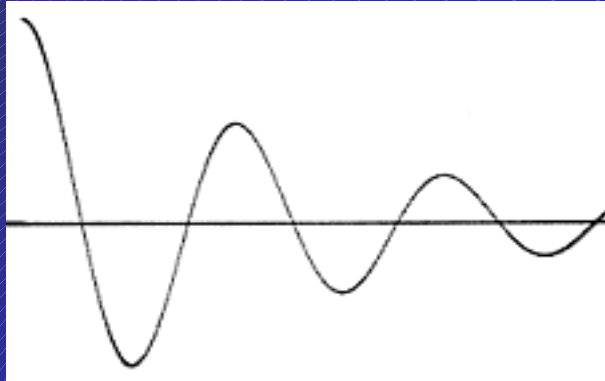




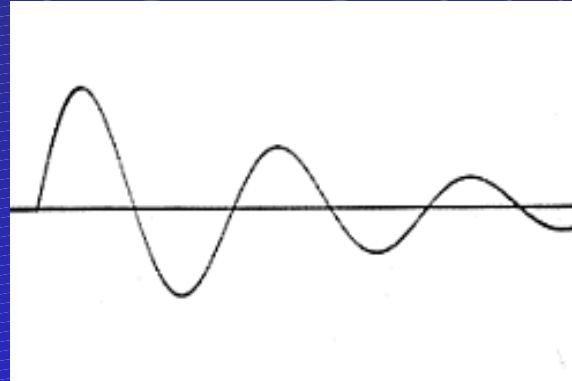
Kondenzátor je zkratován přes cívku, začne se vybíjet, proud však neroste skokově (cívka indukuje protinapětí) \Rightarrow kondenzátor se vybíjí (a klesá jeho energie), přes cívku prochází zvětšující se elektrický proud, který vytváří zvětšující se magnetické pole (a zvětšuje energii obsaženou v cívkce) \Rightarrow kondenzátor se vybije (napětí klesne na nulu), všechna energie přešla do cívky.

Na deskách kondenzátoru není další náboj, který budil proud, proud však neklesne na nulu, protože cívka se snaží udržet aktuální stav (průchod proudu) a indukuje proud jdoucí stejným směrem jako dosud \Rightarrow kondenzátor se nabíjí na opačnou polaritu než na počátku (energie se stěhuje z cívky zpět do kondenzátoru)

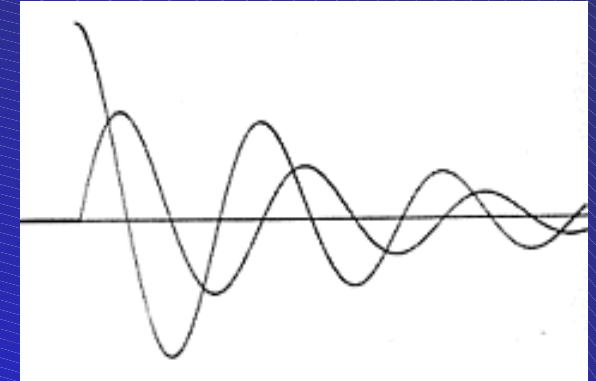
Proud se postupně zmenšuje a napětí na kondenzátoru roste \Rightarrow kondenzátor se nabije na stejné napětí, ale opačnou polaritu (energie se přestěhuje zpátky z cívky na kondenzátor) \Rightarrow a vše může začít znovu v opačném směru



oscilogram napětí



oscilogram proudu



fázový rozdíl napětí a proudu

Elektromagnetické kmitání reálného oscilačního obvodu je tlumené

(v důsledku odporu vinutí cívky se část energie oscilačního obvodu přeměňuje ve vnitřní energii vodiče obvodu - vodič se zahřívá)

Srovnání mechanického a elektromagnetického oscilátoru

Mechanický oscilátor	Elektromagnetický oscilátor
y	q
v	i
E_p	E_e
E_k	E_m
F	\mathcal{U}
m	L
$k = \frac{F}{y}$	$\frac{1}{C} = \frac{\mathcal{U}}{q}$

Perioda kmitání elmag oscilátoru

V uzavřeném LC obvodu vytváří elmag kmitání střídavý proud I , který prochází jak kondenzátorem, tak cívkou.

Napětí na kondenzátoru:

$$U_C = X_C I = \frac{1}{\omega_0 C} \cdot I$$

Napětí na cívce:

$$U_L = X_L \cdot I = \omega_0 L \cdot I$$

Napětí na kondenzátoru je stejně velké jako napětí na cívce (při zanedbání odporu v obvodu) :

$$U_C = U_L$$
$$\frac{1}{\omega_0 C} \cdot I = \omega_0 L \cdot I$$
$$\frac{1}{\omega_0 C} = \omega_0 L$$

ω_0 ... úhlová frekvence
vlastního kmitání
elektromagnetického
oscilátoru

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$
$$\frac{2\pi}{T_0} = 2\pi f_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Thomsonův vztah:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{LC}$$
$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

Perioda i frekvence vlastního kmitání oscilačního obvodu závisí pouze na parametrech obvodu - indukčnosti L a kapacitě C.

Nezávisí na podmínkách, za nichž bylo kmitání v obvodu vzbuzeno.

Úloha 1:

Jak se změní frekvence oscilačního obvodu, jestliže do jeho cívky vsuneme jádro z měkké oceli?

Úloha 2:

Jak se změní frekvence oscilačního obvodu, který obsahuje dva stejné kondenzátory spojené jednou sériově a podruhé paralelně?

Příklad 1:

Určete periody vlastního kmitání oscilačních obvodů s parametry:

a) $C = 200 \mu\text{F}$; $L = 2,0 \text{ H}$

b) $C = 0,20 \mu\text{F}$; $L = 0,79 \text{ H}$

c) $C = 6,0 \text{ n F}$; $L = 11 \mu \text{ H}$

Ve kterém obvodu vzniká kmitání zvukové frekvence?

a) $0,13 \text{ s}$

$f = 7,6 \text{ Hz}$

b) $2,5 \cdot 10^{-3}$

$f = 400 \text{ Hz}$

c) $1,6 \cdot 10^{-6}$

$f = 625 \text{ kHz}$

Příklad 2:

Oscilační obvod je tvořen cívkou a dvěma stejnými kondenzátory spojenými paralelně. Perioda vlastního kmitání obvodu je $20 \mu\text{s}$. S jakou periodou bude obvod kmitat, když kondenzátory spojíme do série?

$10 \mu\text{s}$

Napětí kondenzátoru v počátečním okamžiku nemá vliv na periodu kmitání. Určuje však amplitudu napětí U_m elektromagnetického kmitání obvodu. Pro okamžité napětí u platí vztah:

$$u = U_m \cos \omega_0 t.$$

Obvodem prochází proud, který je za napětím opožděn o $\pi/2$ rad, takže

$$i = I_m \cos (\omega_0 t - \pi/2) = I_m \sin \omega_0 t,$$

Uvedené vztahy platí pouze pro oscilační obvody se zanedbatelným odporem a harmonickým kmitáním. V případě, že odpor obvodu není zanedbatelný je jeho vlastní kmitání vždy tlumené. Tuto skutečnost lze vyjádřit vztahem

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}.$$

Nucené kmitání elektromagnetického oscilátoru

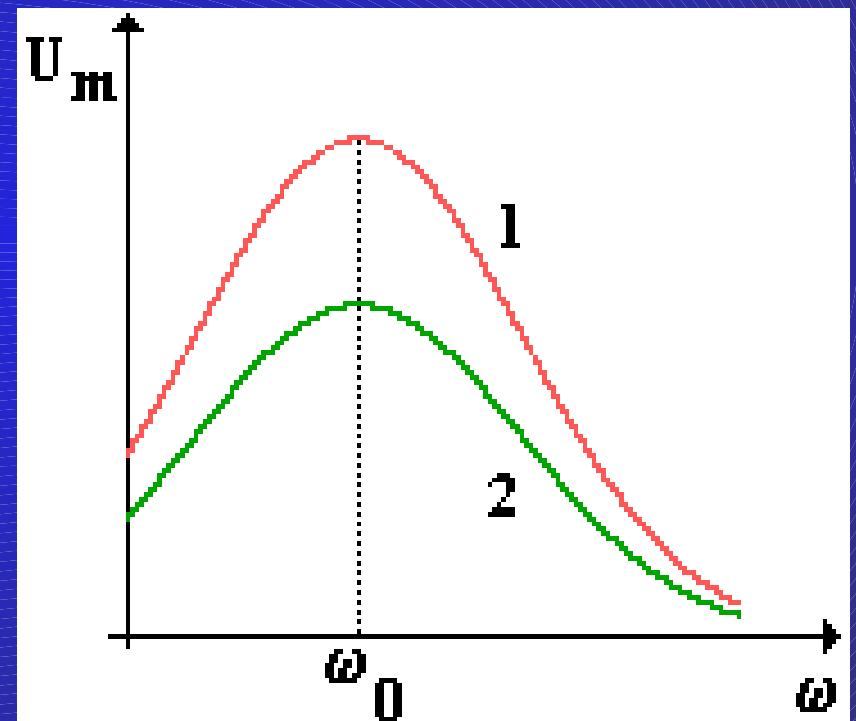
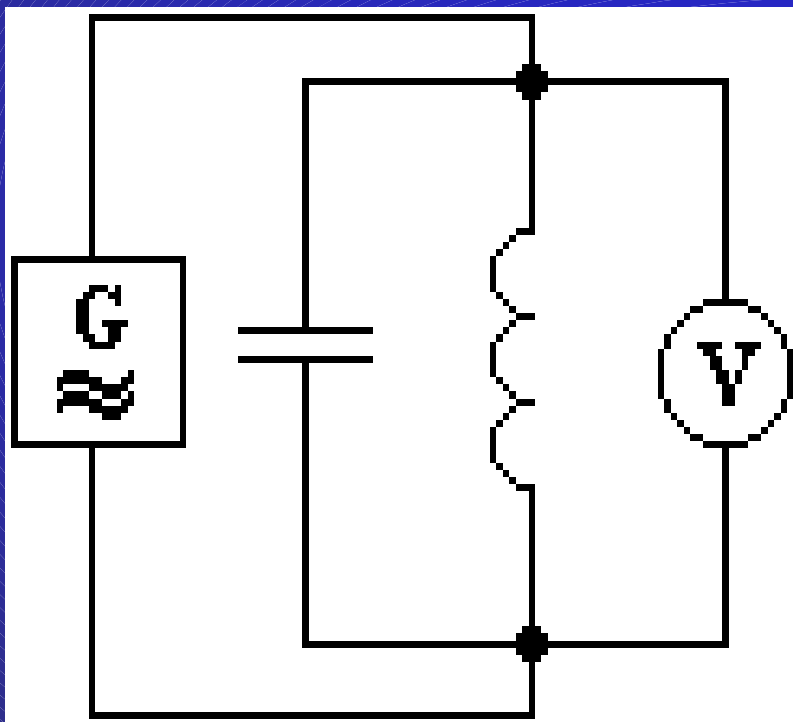
Netlumené harmonické kmity lze udržet nahrazováním ztráty energie v průběhu celé periody – např. připojením oscilátoru ke zdroji harmonického napětí. **Tak vzniká v oscilátoru nucené kmitání**

Oscilátor kmitá s frekvencí připojeného zdroje, ale vlastnosti oscilačního obvodu ovlivňují amplitudu nuceného kmitání

Ampituda je nejvyšší, když je frekvence zdroje harmonického napětí rovna vlastní frekvenci oscilátoru a nastává tzv.

ELEKTROMAGNETICKÁ REZONANCE

Nucené kmitání elektromagnetického oscilátoru



Nucené kmitání elektromagnetického oscilátoru

Uplatnění v praxi:

Např. **v rozhlasovém přijímači**: elektromagnetické kmitání je zde vynucováno malým napětím z antény. [aplet](#)

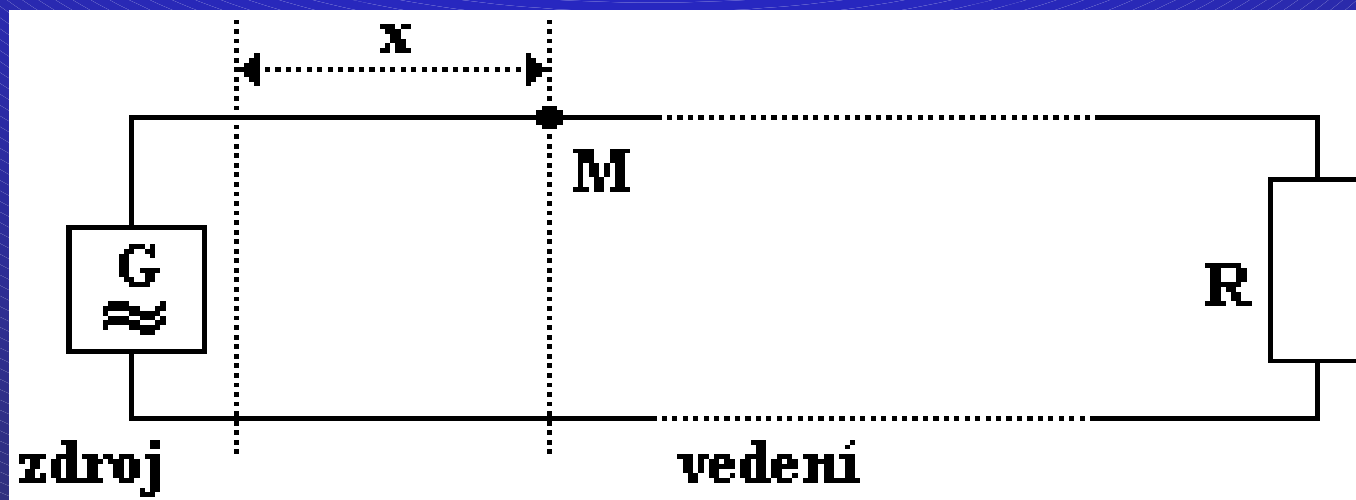
Při ladění se mění parametry oscilačního obvodu (většinou změnou kapacity kondenzátoru) tak, aby byl v rezonanci s frekvencí, na níž vysílá rozhlasová stanice.

Oscilační obvod se s touto frekvencí rozkmitá a v dalších částech přijímače je rezonující zesílený signál zpracován.

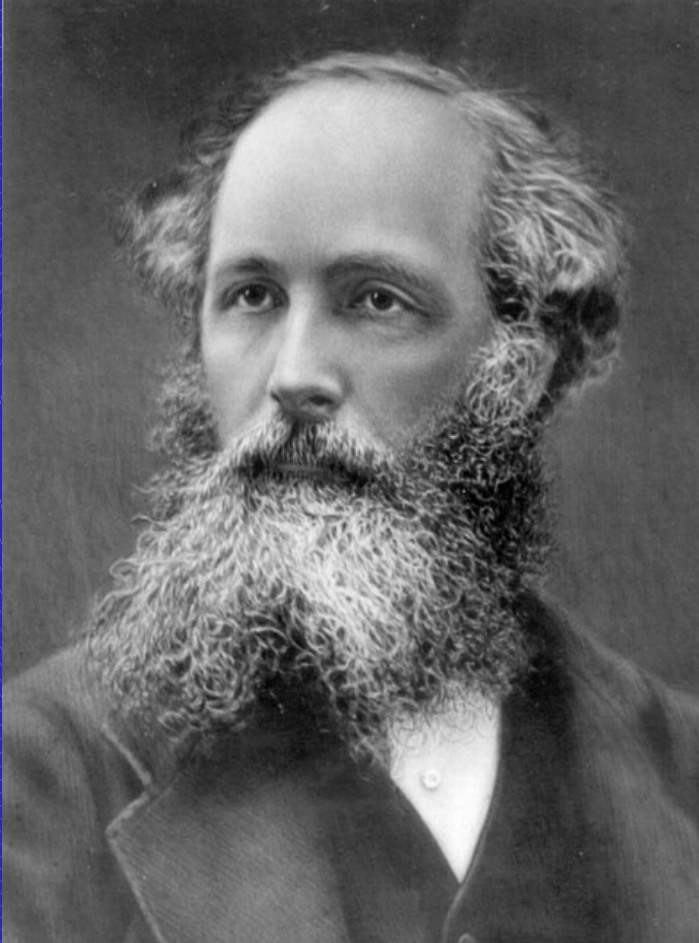
Elektromagnetické vlnění

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

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.



Elektromagnetické vlnění



James Clark Maxwell

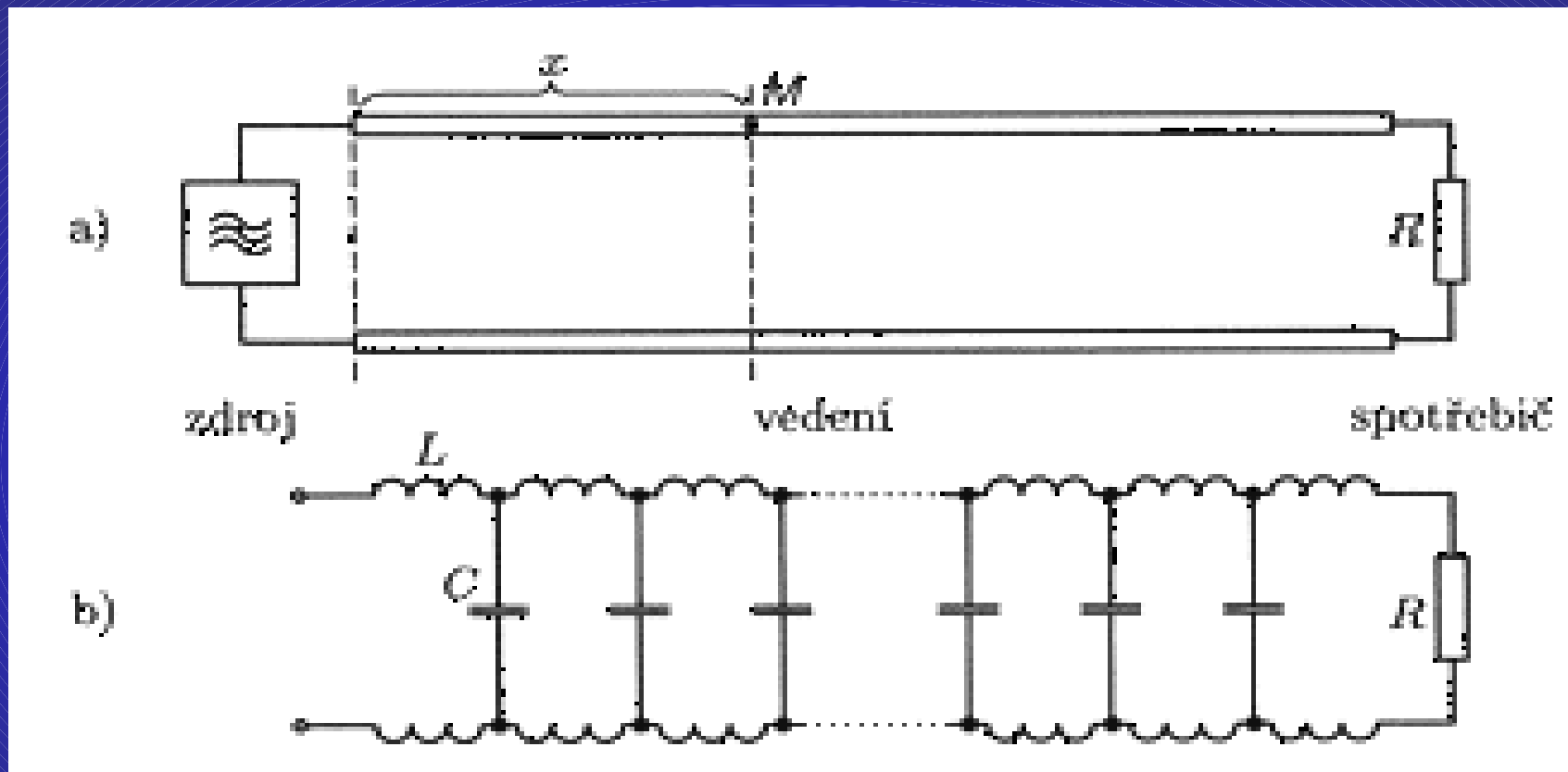
(1831-1879)

Roku 1865 Maxwell matematicky odvodil, že existují elektromagnetické vlny, které se šíří rychlostí světla

V letech 1868-69 Maxwell vypočítal velmi přesně rychlost světla

Na základě jeho teoretických předpovědí objevil elmag vlnění v r. 1887 H. Hertz

Elektromagnetické vlnění



Dvou vodičové vedení lze považovat za řadu vzájemně spojených obvodů LC (viz obr). 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.

Elektromagnetické vlnění

Při velké frekvenci zdroje napětí bude napětí mezi vodiči záviset nejen na čase, ale i na vzdálenosti od zdroje

Jestliže pro okamžité napětí zdroje platí $u = U_m \sin \omega t$, pak v bodě M ve vzdálenosti x od zdroje bude určité okamžité napětí později o dobu $\tau = x/c$

$$u = U_m \sin \omega(t - \tau).$$

$$u = U_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{cT} \right)$$

$$\lambda = cT = \frac{c}{f}$$

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

Elektromagnetické vlnění

Velkou rychlostí šíření elektromagnetického vlnění je možné vysvětlit, proč při frekvenci $f = 50 \text{ Hz}$ je mezi vodiči vedení od zdroje ke spotřebiči všude stejné napětí. Uvažovanému ději odpovídá vlnová délka .

$$\lambda = \frac{c}{f} = 6 \cdot 10^6 \text{ m} = 6000 \text{ km}$$

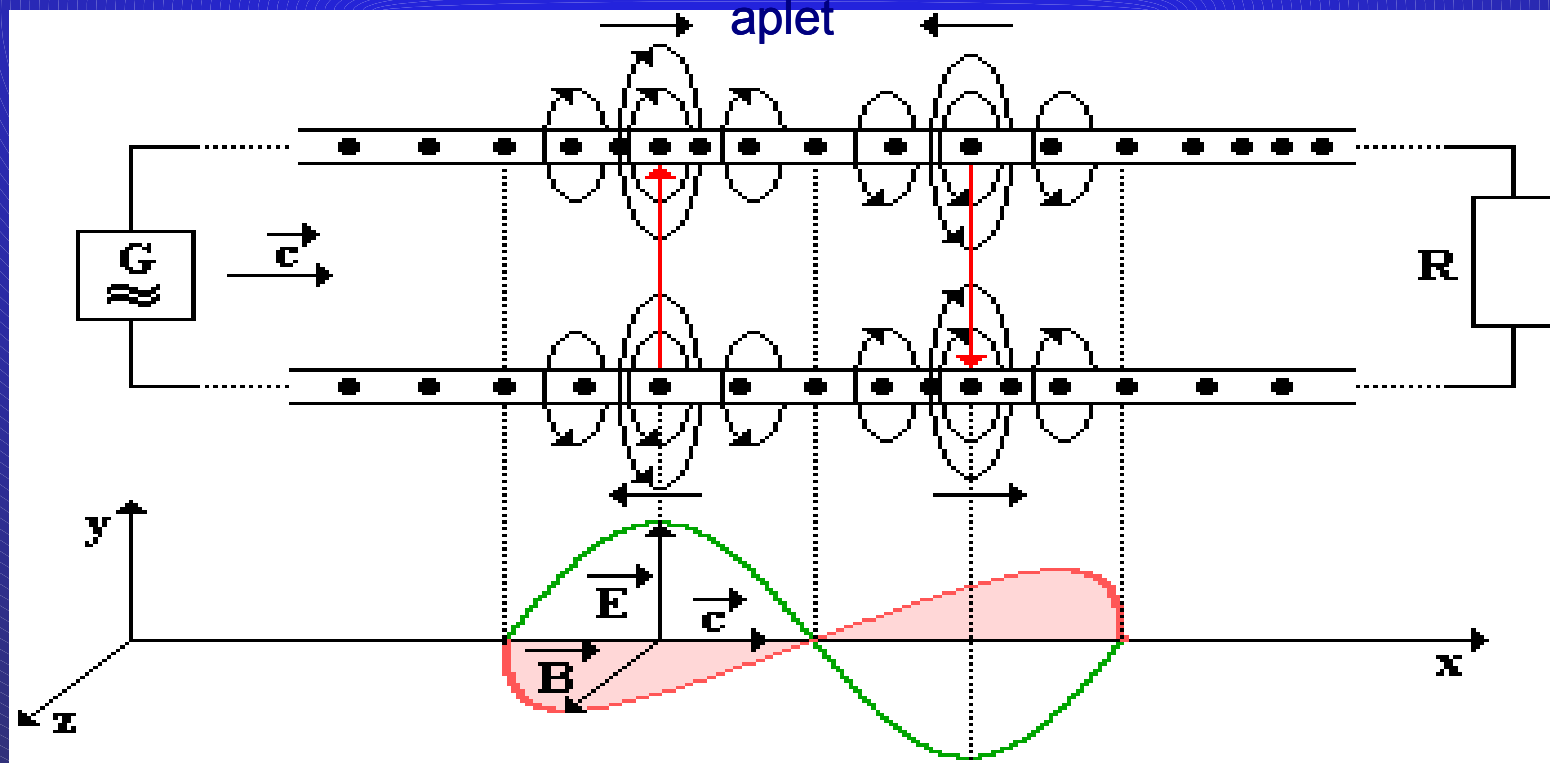
Rozměry celého obvodu je tedy možné vzhledem k vlnové délce zanedbat a děje ve vedení mají ráz kmitání.

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 rychlosti šíření vlny.

Elektromagnetická vlna

Jestliže je dvou vodičové vedení připojeno ke zdroji harmonického napětí vysoké frekvence, šíří se jím postupné elektromagnetické vlnění a náboj vodičů není rozložen rovnoměrně.

Jestliže je ke konci vedení připojen rezistor, bude mít proud stejnou fázi jako napětí



Elektromagnetická vlna

Elektromagnetické pole vzniká při přenosu elektromagnetické energie dvouvodičovým vedením.

Když není na konci vedení žádný spotřebič, nastává na konci vedení odraz vlnění a odražené vlnění se skládá s vlněním postupujícím → vznik tzv. **stojatého elektromagnetického vlnění** ve vedení charakterizovaného kmitnami a uzly vlnění.

Na konci vedení dosahuje napětí svého maxima, naopak proud zde má stále nulovou hodnotu (vedení je zde rozpojeno). V celém vedení tedy vzniká fázový rozdíl mezi napětím a proudem. Tomu odpovídá i průběh stojatého elektromagnetického vlnění ve vedení. Na konci vedení vzniká kmitna napětí, ale uzel proudu. Ve vzdálenosti je situace opačná: je zde uzel napětí a kmitna proudu.

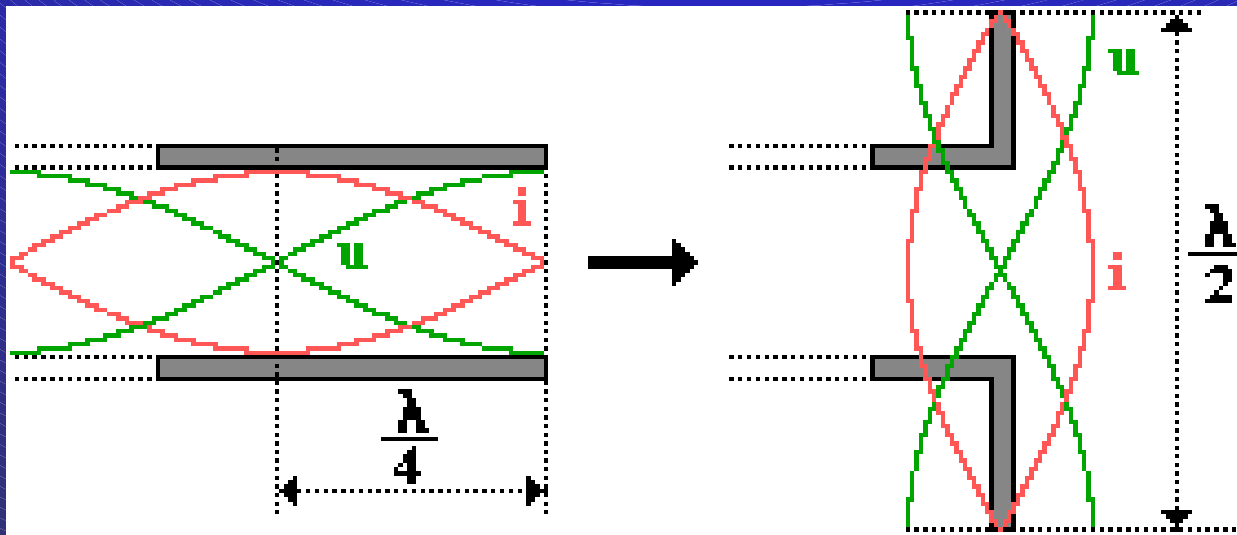
Elektromagnetický dipól

Elektromagnetické vlnění, které se šíří dvouvodičovým vedením je s vedením těsně spjata a jeho energie je soustředěna převážně mezi vodiči. Ve sdělovací technice je ale často potřeba vyzařovat elektromagnetické vlnění do většího prostoru.

Např. ve vysílači, ...

Tuto funkci plní ve vysílači **anténa** - z fyzikálního hlediska jde o **elektromagnetický dipól**.

Název dipól vychází z faktu, že popisované zařízení má dva konce.



Vlastnosti elektromagnetického vlnění

1. Elektromagnetická vlna má dvě vzájemně neoddělitelné složky: elektrickou, charakterizovanou vektorem elektrické intenzity \mathbf{E} , a magnetickou charakterizovanou vektorem magnetické indukce \mathbf{B}
2. Vektory \mathbf{E} a \mathbf{B} jsou vzájemně kolmé, v postupné elektromagnetické vlně mají souhlasnou fázi a jejich kmity probíhají napříč směru, kterým se vlnění šíří
3. Elektromagnetické vlnění je tedy vlnění příčné

Vlastnosti elektromagnetického vlnění

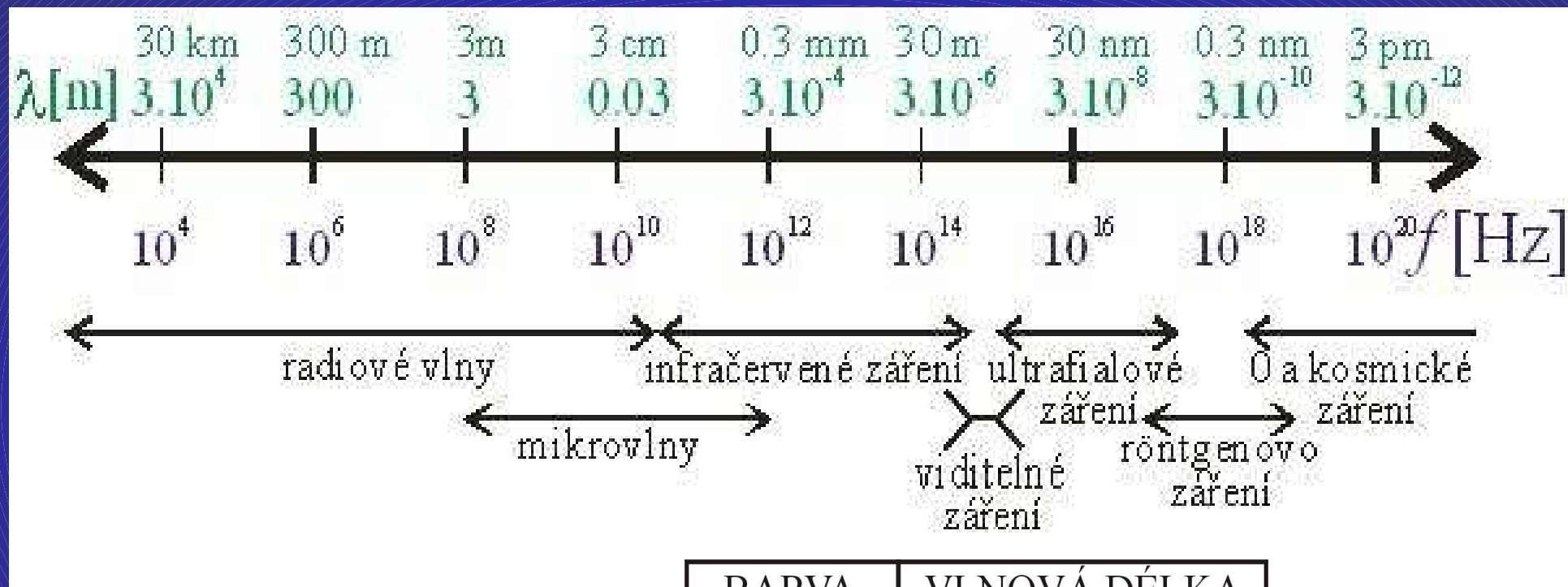
Elektromagnetické vlnění lze:

- polarizovat
- odrazit
- ohnout
- skládat (interferovat)

Vlastnosti elektromagnetického vlnění se projevují hlavně při šíření vln prostorem. Jevy, k nimž při tom dochází, souvisí do značné míry s vlnovou délkou elektromagnetického vlnění.

Anténami radioelektronických zařízení je vyzařováno záření s vlnovou délkou λ v rozmezí 10^{-2} - 10^3 m.

Druhy elektromagnetického vlnění



BARVA	VLNOVÁ DÉLKA
červená	625 - 750 nm
oranžová	590 - 625 nm
žlutá	565 - 590 nm
zelená	520 - 565 nm
azurová	500 - 520 nm
modrá	430 - 500 nm
filalová	400 - 430 nm

druhy elmag záření v přehledné tabulce