

Meno a priezvisko:

Škola:

Bilingválne gymnázium C. S. Lewisa, Beňadická 38, Bratislava

Predmet:

Fyzika

Školský rok/blok:

/

Skupina:

Trieda:

Dátum:

Teória

1 KMITANIE A VLNIENIE

3 Elektromagnetické vlnenie

1.3.0 Úvod

Fyzikálne pole je priestor, kde pôsobia určité sily:

Gravitačné sily → Gravitačné pole

Magnetické sily → Magnetické pole

Elektrické sily → Elektrické pole

Elektromagnetické pole (elmgp) je fyzikálne pole, ktoré zodpovedá miere pôsobenia **elektrickej** a **magnetickej** sily v priestore. Je zložené z dvoch navzájom prepojených polí, elektrického a magnetického. Hoci elektromagnetické pole je nekonečné, obyčajne sa uvažuje len tá jeho časť, ktorá má význam na pohyb telies v okolí nabitého telesa, ktoré pole vytvára.

Elektromagnetické pole je osobitná forma hmoty, pomocou ktorej sa uskutočňuje interakcia (pôsobenie) medzi elektricky nabitými časticami. Rovnice opisujúce elektromagnetické pole hovoria, že elmgp existuje v priestore samostatne aj vtedy, keď zdroje elektrického a magnetického poľa v priestore (v blízkom okolí) očividne nie sú.

Elmgp vo vákuu charakterizujeme **vektorom intenzity elektrického poľa** $\vec{E}$ a **vektorom magnetickej indukcie** $\vec{B}$, ktoré určujú sily pôsobiace zo strany poľa na nepohyblivé aj pohybujúce sa nabité častice.

V prostredí elmgp charakterizujeme doplnením o pomocné veličiny: **vektor indukcie elektrického poľa** $\vec{D}$ a vektor **intenzity magnetického poľa** $\vec{H}$.

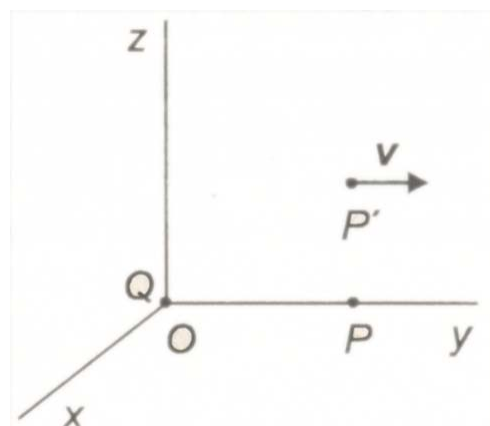
1.3.1 Elektromagnetické pole

Teóriu elektromagnetického poľa vypracoval anglický fyzik James Clark Maxwell v polovici 19. storočia.

Vektor elektrickej intenzity $\vec{E}$ je kolmý na vektor **magnetickej indukcie** $\vec{B}$ **magnetického poľa**. Každá zmena elektrického poľa vyvoláva vznik premenného magnetického poľa, ktorého vektor magnetickej indukcie $\vec{B}$ je kolmý na vektor intenzity $\vec{E}$ elektrického poľa.

Elektrické a magnetické pole nemôžu existovať nezávisle od seba.

Uvažujme časticu s nábojom Q v pokoji vzhľadom na inerciálnu vzťažnú sústavu (podľa obrázku):



Pozorovateľ P , vzhľadom na ktorého je častica v pokoji, pozoruje okolo častice nehomogénne elektrostatické pole. Pozorovateľ P' , vzhľadom na ktorého sa častica pohybuje, pozoruje okolo častice premenné elektrické pole, ktoré vyvoláva magnetické pole. Teda pozorovateľ P' pozoruje okolo častice s nábojom Q elektrické aj magnetické pole. Skutočnosť, že pozorovateľ P magnetické pole nepozoruje, neznamena, že magnetické pole neexistuje.

Ak by sme na miesto častice s nábojom Q umiestnili permanentný magnet, pozorovateľ P pozoruje iba nehomogénne magnetické pole. Pozorovateľ P' pozoruje premenné magnetické pole, ktoré vyvoláva elektrické pole.

Elektrické a magnetické pole neexistujú samostatne, nezávisle na sebe. Vždy existujú súčasne a tvoria **elektromagnetické pole** (elmgp). Elektromagnetické pole je forma hmoty, ktorá sprostredkuje elektromagnetickú interakciu. Elektrické a magnetické pole sú jeho špeciálne prípady.

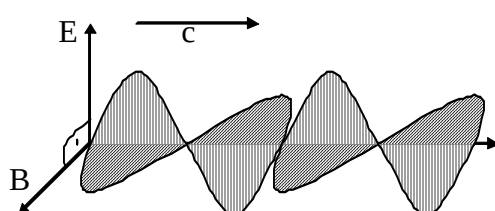
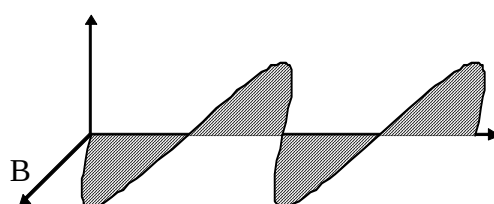
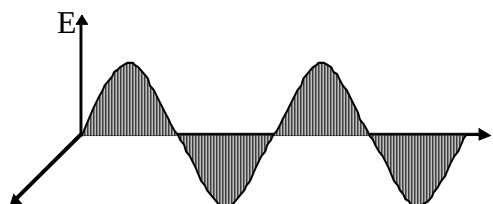
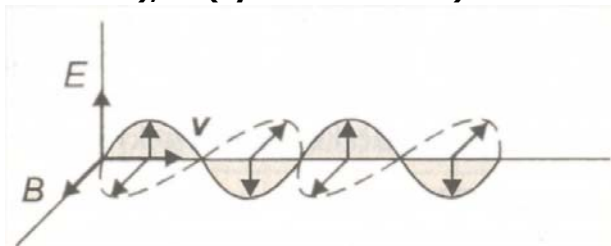
1.3.2 Elektromagnetické vlnenie

Uvažujme časticu s nábojom Q , ktorá koná kmitavý pohyb. Potom elektrické pole okolo častice sa bude periodicky meniť s periódou kmitov častice. Periodicky premenné elektrické pole podľa Maxwellovej hypotézy vyvolá vznik periodicky premenného magnetického poľa, ktoré vyvolá vznik periodicky premenného elektrického poľa, atď. Okolo kmitajúcej častice s nábojom sa vytvorí periodicky premenné elektromagnetické pole, ktoré sa šíri priestorom – nazýva sa **elektromagnetické vlnenie**.

Elektromagnetické vlnenie nevznikne iba okolo kmitajúcej častice s nábojom, ale okolo každého elektricky nabitého objektu, ktorý sa pohybuje so zrýchlením $\vec{a} \neq 0$. Hovoríme, že elektricky nabitý objekt pohybujúce sa s nenulovým zrýchlením vyžaruje do priestoru elektromagnetické vlnenie. Preto sa elektromagnetické vlnenie nazýva **elektromagnetické žiarenie**.

Z Maxwellovej teórie vyplynuli niektoré vlastnosti elektromagnetického vlnenia:

1. Elektromagnetické vlnenie je priečne – **každé dva z vektorov $\vec{E}$ (intenzita elektrického poľa), $\vec{B}$ (magnetická indukcia), $\vec{v}$ (rýchlosť šírenia) – sú na seba kolmé.**



2. Elektromagnetické pole môže existovať aj v prostredí bez elektrických nábojov, je nezávislé od látkového prostredia, môže sa šíriť aj vo vákuu.

3. Pre rýchlosť elektromagnetického vlnenia platí:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r\mu_r}}$$

kde $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} = 2,99792458 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$ je rýchlosť svetla vo vákuu,

ϵ je permitivita, ϵ_0 je permitivita vákua, ϵ_r je relatívna permitivita prostredia

μ je permeabilita, μ_0 je permeabilita vákua, μ_r je relatívna permeabilita prostredia

Preto Maxwell vyslovil hypotézu, že svetlo je elektromagnetické vlnenie.

4. Pokiaľ v elektrostatickom poli bodového náboja klesá veľkosť elektrickej intenzity s druhou mocninou vzdialenosti od náboja, teda $E \approx \frac{1}{r^2}$, amplitúda vektora $\vec{E}$ (intenzita elektrického poľa), $\vec{B}$ (magnetická indukcia) v elektromagnetickom vlnení klesá s prvou mocninou vzdialenosti od zdroja, teda $E \approx \frac{1}{r}$. Preto je elektromagnetické vlnenie vhodné na prenos informácií na veľké vzdialenosti.

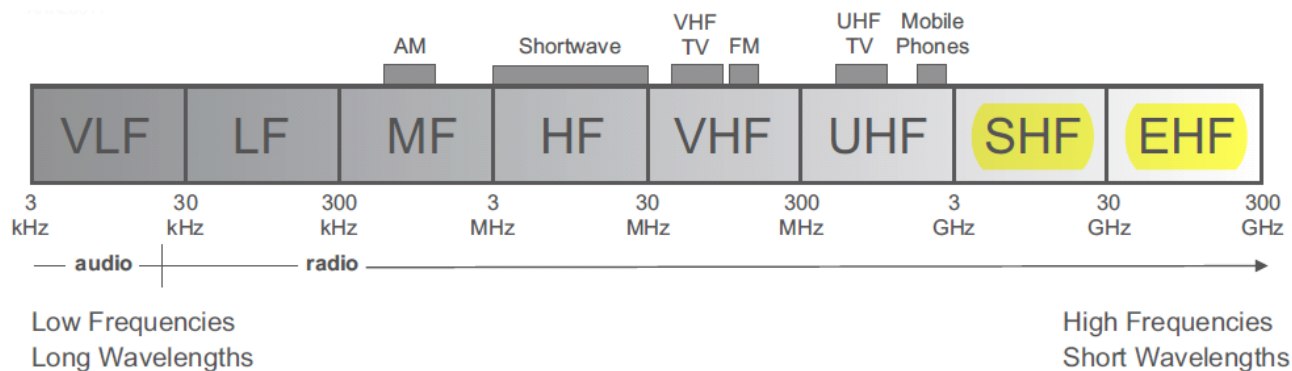
5. Elektromagnetické vlnenie prenáša energiu. Energia harmonického elektromagnetického vlnenia s frekvenciou f je priamo úmerná štvrtéj mocnine frekvencie, teda $E \approx f^4$. Preto na prenos informácií na veľké vzdialenosti sa používa elektromagnetické vlnenie s vysokými frekvenciami.

1.3.3 Prenos informácií elektromagnetickým vlnením

Krátko po experimentálnom dôkaze elektromagnetického vlnenia sa objavili pokusy o jeho využitie na prenos informácie, najmä zásluhou Popova, Teslu, Marconiho. Vznikol vedný a technický odbor, ktorý sa zaoberá prenosom informácií elektromagnetickým vlnením – **rádiokomunikačná technika**. Rádiokomunikačná technika využíva na prenos informácií elektromagnetickým vlnením oblasť frekvencií od 300Hz do 3000GHz, ktorá sa delí na frekvenčné pásma (podľa tabuľky nižšie). Elektromagnetické vlny, ktoré využíva rádiokomunikačná technika, sa nazývajú aj **rádiové vlny**.

RF Spectrum Ranges

Range Name	Abbreviation	Frequency Range
Very Low Frequency	VLF	3 kHz - 30 kHz
Low Frequency	LF	30 kHz - 300 kHz
Medium Frequency	MF	300 kHz - 3 MHz
High Frequency	HF	3 MHz - 30 MHz
Very High Frequency	VHF	30 MHz - 300 MHz
Ultra High Frequency	UHF	300 MHz - 3 GHz
Super High Frequency	SHF	3 GHz - 30 GHz
Extremely High Frequency	EHF	30 GHz - 300 GHz



Oblasť	Kmitočet [Hz]	Vlnová dĺžka [m]
dlhé vlny	10^4	10^4
stredné vlny	10^5	10^3
krátke vlny	10^6	10^2
		10
veľmi krátke vlny	10^7	1
ultrakrátke vlny	10^8	10^{-1}
radarové vlny	10^9	10^{-2}
milimetrové vlny	10^{10}	10^{-3}
	10^{11}	10^{-4}
ďaleká infračervená	10^{12}	10^{-5}
blízka infračervená	10^{13}	10^{-6}
viditeľné svetlo	10^{14}	10^{-7}
ultrafialová	10^{15}	10^{-8}
mäkké žiarenie X	10^{16}	10^{-9}
tvrdé žiarenie X	10^{17}	10^{-10}
žiarenie γ	10^{18}	

Súbor zariadení, ktoré umožňujú prenos informácií elektromagnetickým vlnením, sa nazýva **rádiokomunikačná sústava**. Rádiokomunikačná sústava má vysielaciu aj prijímaciu časť.