

4.3 MAGNETNO POLJE U VAKUUMU

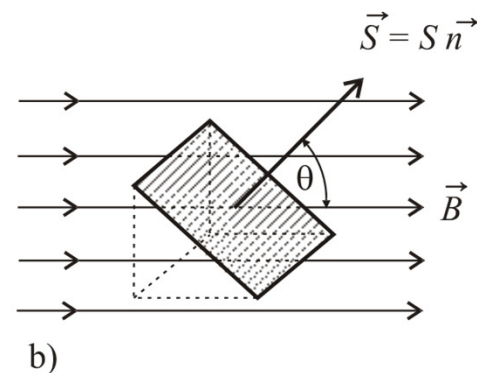
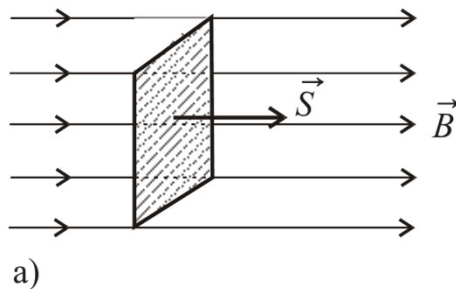
4.3.1 Osnovni pojmovi

Početak XIX veka danski fizičar Ersted otkrio je da polje stvoreno stalnom strujom koja protiče kroz provodnik, deluje na magnetnu iglu. Eksperimenti su pokazali da promena smera struje izaziva promenu smera dejstva polja na magnetnu iglu, odnosno promenu orijentacije magnetne igle.

Prihvaćeno je da se magnetno polje opisuje veličinom koja se naziva magnetna indukcija, a ne, kako bi se moglo očekivati jačinom magnetnog polja. Magnetna indukcija polja najčešće se označava slovom $\vec{B}$. Jedinica za magnetnu indukciju u SI sistemu je tesla (T).

U slučaju homogenog polja indukcije $\vec{B}$, fluks kroz ravnu površinu dat je izrazom:

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S}$$



4.3.2 Indukcija magnetnog polja provodnika sa strujom

Bio – Savarov zakon: Francuski fizičari Bio i Savar su 1820. godine izveli niz eksperimenata, ispitujući magnetna polja nastala proticanjem struje kroz provodnike različitog oblika. Matematičku analizu eksperimentalnih podataka izvršio je **Laplas**, koji je došao do sledećeg izraza za magnetnu indukciju polja $d\vec{B}$:

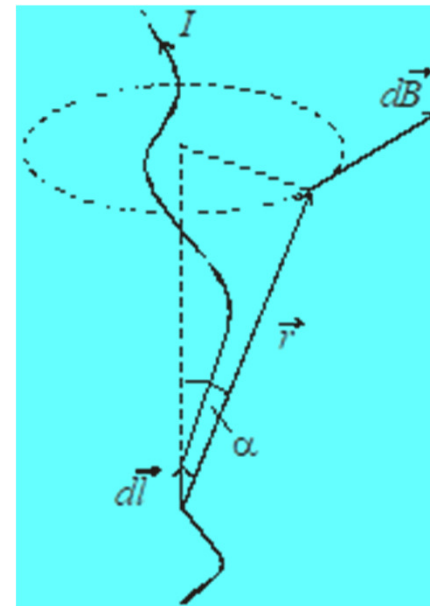
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

gde je $d\vec{l}$ element strujnog toka čiji smer se poklapa sa smerom struje I , dok je sa $\vec{r}$ predstavljen vektor čiji početak je na elementu strujnog toka $d\vec{l}$, a kraj u tački prostora u kojoj računamo magnetnu indukciju $\vec{B}$ (vidi Sliku).

Veličina obeležena sa μ_0 naziva se **magnetna konstanta** vakuuma, i opisuje magnetne osobine vakuuma.

Brojna vrednost magnetne konstante vakuuma

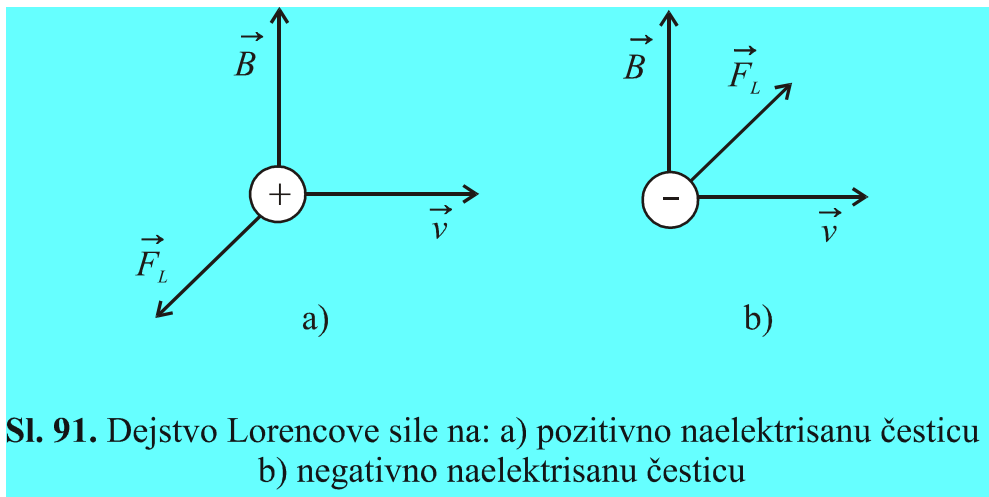
$$\text{iznosi } \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{m}$$



4.3.3 Naelektrisane čestice u magnetnom polju

Na osnovu eksperimentalnih rezultata Lorenc je došao do zaključka da na naelektrisanu česticu koja se kreće u prostoru u kojem postoje električno i magnetno polje, deluje sila data izrazom:

$$\vec{F}_L = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$



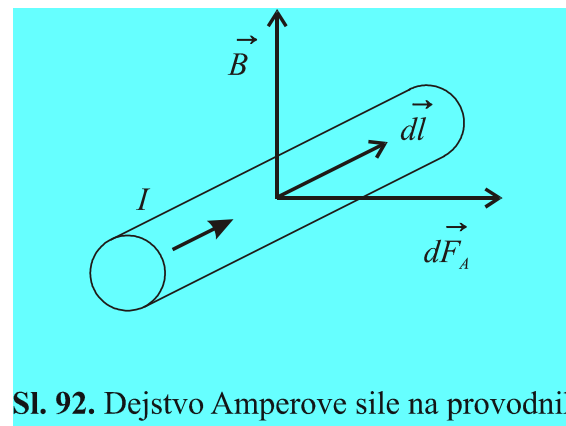
Sl. 91. Dejstvo Lorencove sile na: a) pozitivno naelektrisanu česticu i b) negativno naelektrisanu česticu

Sila $\vec{F}$ koja se pojavljuje u gornjem izrazu u literaturi se naziva **Lorencova sila**. Prvi deo izraza predstavlja doprinos Kulonove interakcije sa naelektrisanom česticom, i daje nenulti doprinos kako u slučaju kada se čestica kreće, tako i u slučaju kada čestica miruje. Drugi deo izraza opisuje delovanje magnetnog polja na česticu i često se u literaturi interpretira kao magnetna sila.

4.3.4 Provodnici sa strujom u magnetnom polju

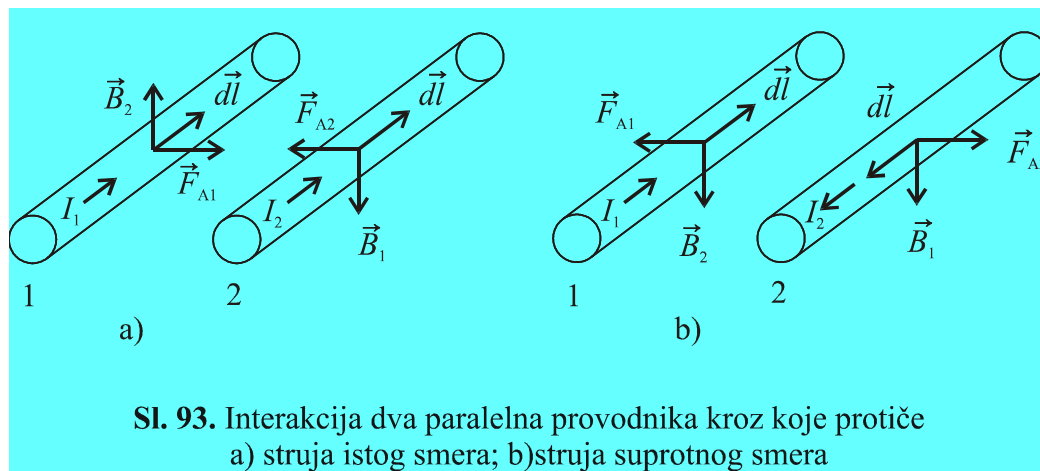
U slučaju pravolinijskog provodnika dužine L koji se nalazi u homogenom polju, Amperova sila kojom magnetno polje deluje na ceo provodnik data je izrazom:

$$\vec{F}_A = I\vec{L} \times \vec{B}$$



Sl. 92. Dejstvo Amperove sile na provodnik

U slučaju kada kroz paralelne provodnike protiče struja istog smera, provodnici se privlače, dok će se, u slučaju kada kroz provodnike protiču struje suprotnih smerova, provodnici odbijati.



Sl. 93. Interakcija dva paralelna provodnika kroz koje protiče
a) struja istog smera; b) struja suprotnog smera

4.4 ELEKTROMAGNETNA INDUKCIJA

4.4.1 Faradejev zakon elektromagnetne indukcije

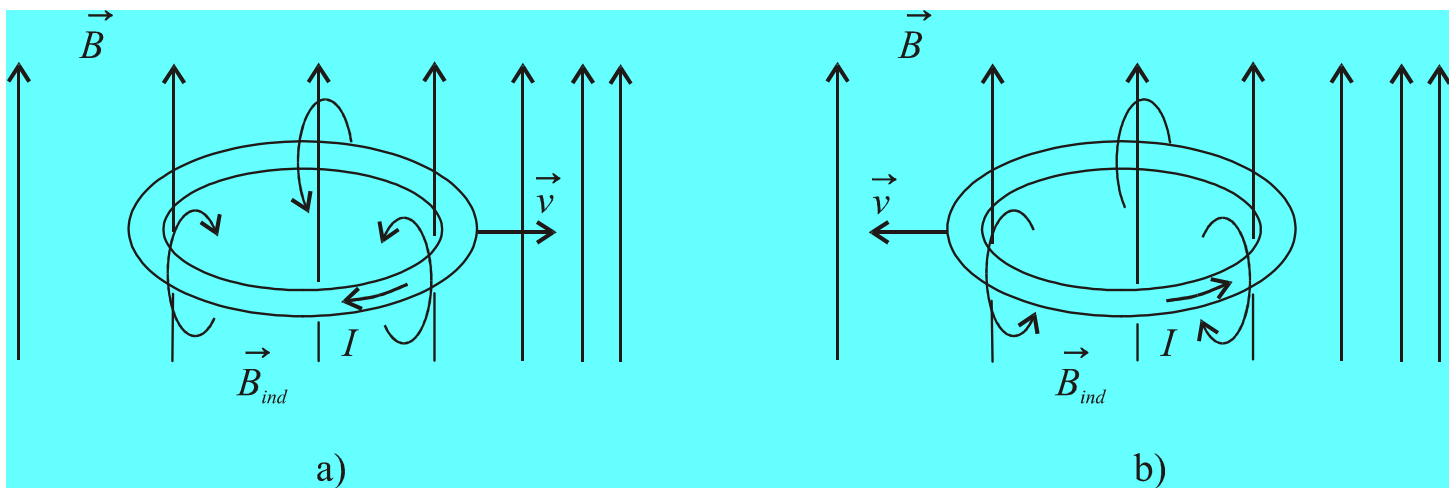
Elektromagnetna indukcija predstavlja pojavu nastanka (indukovanja) električne struje u provodnoj konturi pri promeni magnetnog fluksa kroz površinu ograničenu konturom. Elektromotorna sila indukovane struje određena je izrazom:

$$E_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}.$$

➤ Indukovana elektromotorna sila srazmerna je brzini promene magnetnog fluksa kroz provodnu konturu (**Faradejev zakon elektromagnetne indukcije**).

Predznak minus u gornjem izrazu posledica je zakona održanja energije. Elektromotorna sila indukovane struje imaće pozitivan predznak ako fluks kroz konturu raste u toku vremena, a negativan predznak ako fluks kroz konturu opada u toku vremena.

Na jednostavan način smer indukovane struje može se odrediti primenom **Lencovog pravila**: indukovana struja ima takav smer da se svojim magnetnim poljem suprotstavlja promeni polja kojom je izazvana. Ako se kroz konturu smanjuje fluks ($\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} < 0$), tada indukovana struja teži da održi prethodni fluks, i obratno, ako se kroz konturu fluks povećava ($\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} > 0$), indukovana struja teži da ga smanji.



Sl. 94. Faradejev zakon elektromagnetne indukcije

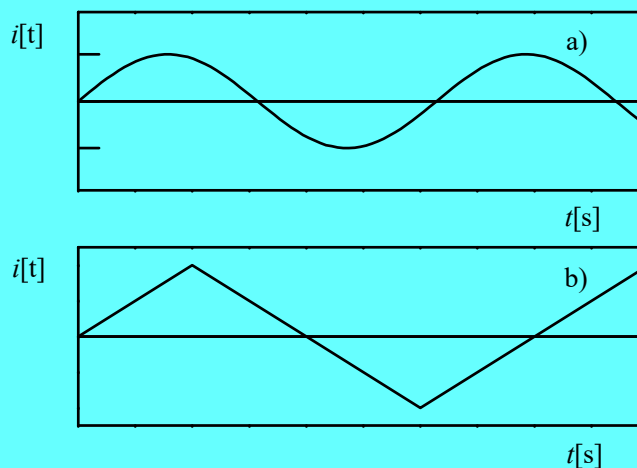
4.5 NAIZMENIČNA ELEKTRIČNA STRUJA

4.5.1 Nastajanje i osnovne osobine naizmjenične električne struje

Električnu struju kod koje se u periodično menja smer i jačina struje nazivamo **naizmjenična električna struja**. Moguće je realizovati različite vrste naizmjeničnih struja za koje će gornja definicija biti zadovoljena.

Najveću primenu ima naizmjenična struja kod koje se jačina struje periodično menja po sinusnom (kosinusnom) zakonu. Upravo ova struja, sa frekvencijom $\nu = 50\text{Hz}$ koristi se u gradskoj električnoj mreži (u evropskim zemljama).

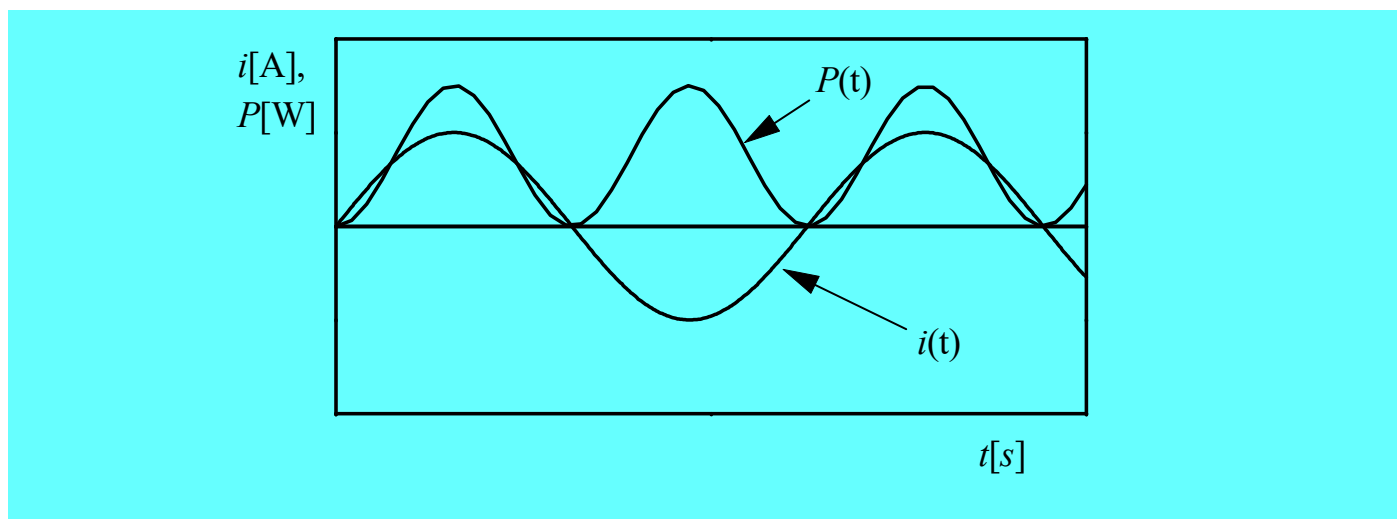
Može se pokazati da u slučaju naizmjeničnih struja koje na drugačiji način zavise od vremena, dolazi do neželjenih dodatnih gubitaka u električnom kolu.



4.5.3 Efektivne vrednosti struje i napona

Efektivna vrednost naizmenične struje jednaka je onoj vrednosti jednosmerne struje koja u intervalu vremena od jednog perioda ostvari isti toplotni efekat.

$$I_e = \frac{1}{\sqrt{2}} I_0 = 0.707 I_0.$$



Efektivna vrednost naizmenične struje u gradskoj mreži iznosi $U_e = 220V$, dok je odgovarajuća vrednost amplitude napona $U_0 = 311V$.