

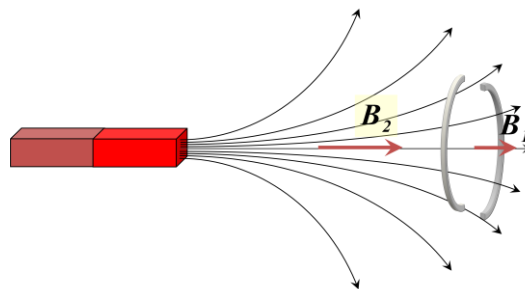
NESTACIONÁRNE MAGNETICKÉ POLE

STACIONÁRNE MAGNETICKÉ POLE - je časovo nepremenné, konštantné magnetické pole. Vzniká okolo nepohybujúceho permanentného magnetu alebo okolo nepohybujúceho sa vodiča, ktorým prechádza konštantný elektrický prúd. Znázorňuje sa magnetickými indukčnými čiarami.

NESTACIONÁRNE MAGNETICKÉ POLE - je časovo premenlivé magnetické pole. Zdroj tohto poľa je pohybujúci sa permanentný magnet alebo elektromagnet, nepohybujúci sa vodič s časovo premenlivým prúdom a pohybujúci sa vodič s prúdom.

1. MAGNETICKÝ INDUKČNÝ TOK

Skúmame závit cievky v okolí permanentného magnetu.

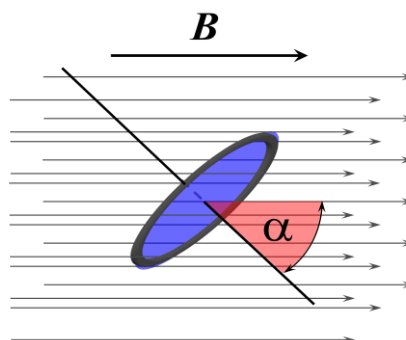


Čím je závit k magnetu bližšie, tým je magnetická indukcia v strede závitu väčšia.

Hustota magnetických indukčných čiar prechádzajúcich plochou závitu je priamo úmerná veľkosti magnetickej indukcie B .

Magnetický indukčný tok Φ (fí) - je to fyzikálna veličina, ktorá charakterizuje magnetické pole s magnetickou indukciou B prechádzajúce plochou závitu S .

A. Plocha závitu S nie je kolmá na magnetické indukčné čiar



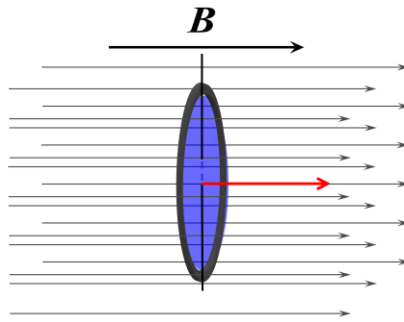
$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha$$

α - uhol medzi normálou na plochu závitu a magnetickými indukčnými čiarami.

❖ fyzikálna jednotka magnetického indukčného toku

$$[\Phi] = [B] [S] [\cos \alpha] = T \cdot m^2 = 1 \text{ Wb} \quad (\text{Weber} - \text{nemecký fyzik})$$

B. Plocha závitů S je kolmá na magnetické indukční čáry



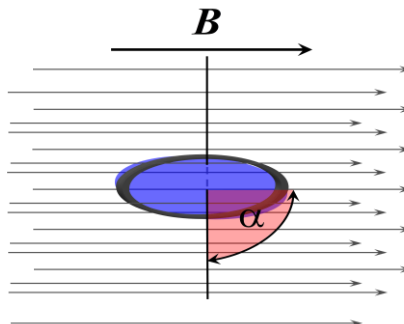
$$\alpha = 0^\circ \Rightarrow \cos 0^\circ = 1$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha = B \cdot S \cdot \cos 0^\circ = B \cdot S$$

$$\Phi = B \cdot S$$

Ak je plocha závitů kolmá na magnetické indukční čáry, magnetický indukčný tok plochou závitů je maximálny.

C. Plocha závitů S je rovnobežná s magnetickými indukčnými čiarami



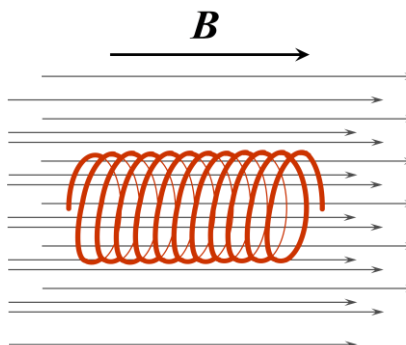
$$\alpha = 90^\circ \Rightarrow \cos 90^\circ = 0$$

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha = B \cdot S \cdot \cos 90^\circ = 0$$

$$\Phi = 0$$

Ak je plocha závitů rovnobežná s indukčnými čiarami, magnetický indukčný tok plochou závitů je nulový.

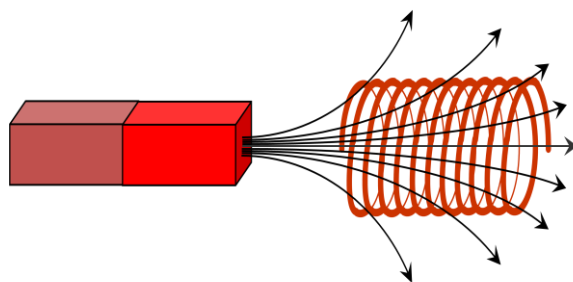
D. Magnetický indukčný tok cievkou s N závitmi



Celkový magnetický indukčný tok cievkou s N závitmi je rovný N -násobku magnetického indukčného toku plochou jedného závitů.

$$\Phi = N \Phi_1 = N B S \cos \alpha$$

Zmena magnetického indukčného toku cievkou $\Delta\Phi$



- zmenou magnetickej indukcie $\Delta\Phi = N \Delta B S \cos \alpha$
- otáčaním cievky v magnetickom poli, zmenou uhla $\Delta\Phi = N B S \Delta \cos \alpha$

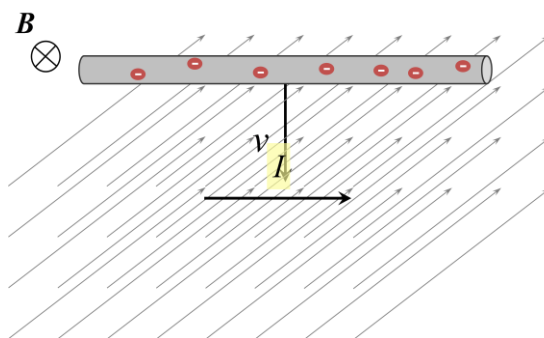
Príklad: Magnetická indukcia homogénneho magnetického poľa je 1,4 T. Vypočítajte magnetický indukčný tok cez kruhovú plochu s polomerom 10 cm, ak rovina plochy zvierá so smerom indukcie uhol 60° . [$\Phi = 0,038 \text{ Wb}$]

2. ELEKTROMAGNETICKÁ INDUKCIA

Michael Faraday (anglický fyzik a chemik) v roku 1831 objavil jav zvaný elektromagnetická indukcia.

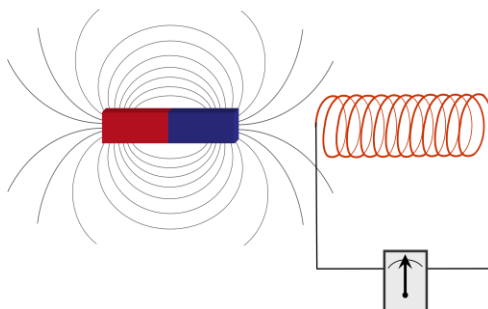
A. Pohybujúci sa vodič v magnetickom poli

- Ak máme pohybujúci sa vodič v magnetickom poli v smere kolmom na magnetické indukčné čiary
 - na voľné elektróny pohybujúce sa spolu s vodičom pôsobia magnetické sily,
 - chaotický pohyb voľných elektrónov sa pri pohybe vodiča zmení na usporiadaný,
 - pri pohybe vodičom tečie elektrický prúd.

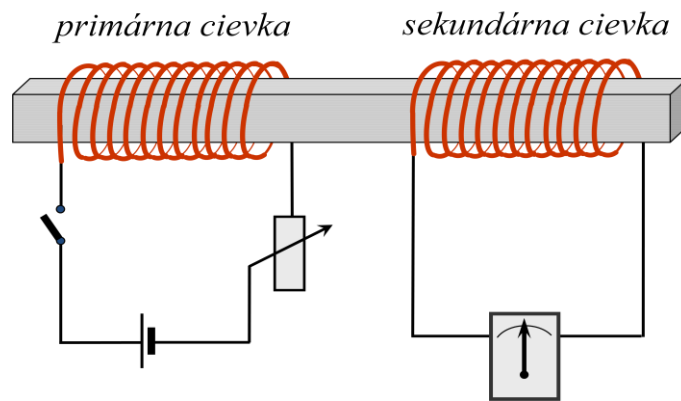


B. Pohyb magnetu v okolí cievky

- Cievka je v nestacionárnom magnetickom poli, merací prístroj ukáže výchylku, obvodom tečie prúd.



C. Dve cievky na spoločnom jadre



- Pri zapnutí primárneho obvodu sa vytvára magnetické pole, sekundárna cievka je v nestacionárnom poli, teda sekundárnym obvodom tečie elektrický prúd.
- Pri zmene prúdu v primárnom obvode sa mení magnetické pole, sekundárna cievka je v nestacionárnom poli, tiež teda sekundárnym obvodom tečie elektrický prúd.

JAV ELEKTROMAGNETICKEJ INDUKCIE – je vznik indukovaného elektromotorického napätia a indukovaného prúdu vo vodiči, ktorý sa nachádza v nestacionárnom magnetickom poli.

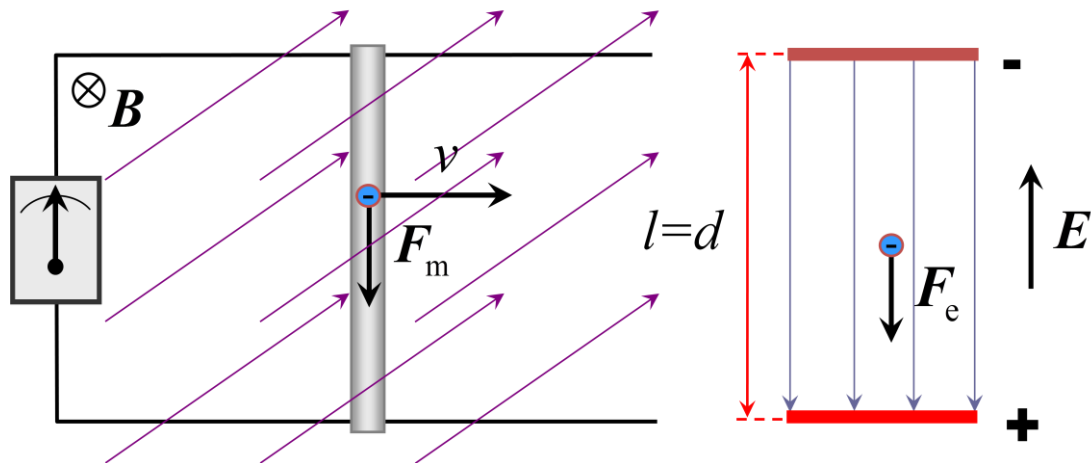
- Vodičom tečie indukovaný elektrický prúd pri
 - pohybe vodiča v magnetickom poli,
 - pohybe magnetu v blízkosti cievky,
 - zmene prúdu v primárnom obvode.
- Indukované napätie vzniká, ak je
 - vodič v pohybe v stacionárnom magnetickom poli,
 - vodič v pokoji v nestacionárnom magnetickom poli,
 - vodič v pohybe v nestacionárnom magnetickom poli.

Dynamo - generátor jednosmerného prúdu.

Alternátor - generátor striedavého prúdu.

3. FARADAYOV ZÁKON ELEKTROMAGNETICKEJ INDUKČIE

Pohyb vodiča v magnetickom poli. Pohyb voľných elektrónov vo vodiči je usmernený magnetickou silou F_m .



Pri pohybe vodiča v magnetickom poli sa medzi jeho koncami indukuje napätie priamo úmerné B , l a v .

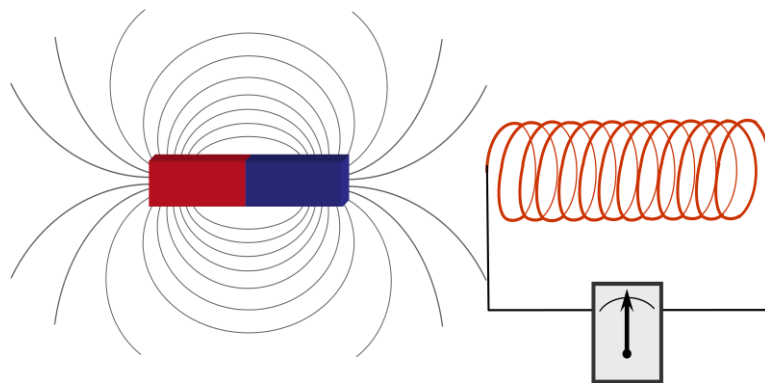
$$U_i = B \cdot l \cdot v$$

- dráha prejdená vodičom rýchlosťou v za čas t $\Delta s = v \cdot \Delta t$
- plocha opísaná vodičom pri pohybe $\Delta S = l \cdot \Delta s$
- zmena magnetického indukčného toku $\Delta \Phi = B \cdot \Delta S$

$$U_i = B \cdot l \cdot v = B \cdot l \cdot \frac{\Delta s}{\Delta t} = B \cdot \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

Faradayov zákon elektromagnetickej indukcie - Indukované elektromotorické napätie sa rovná zápornej časovej zmene magnetického indukčného toku.

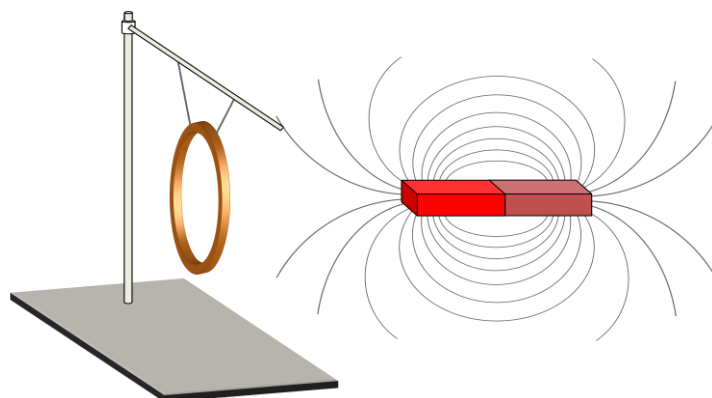
$$U_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$



Pri približovaní je zmena $\Delta \Phi$ kladná, U_i je záporné. Pri vzdďalovaní je zmena $\Delta \Phi$ záporná, U_i je kladné.

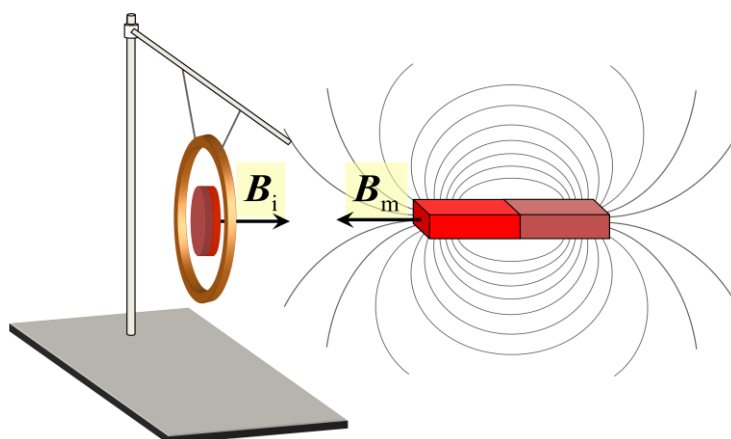
4. LENZOV ZÁKON

Kovový závit zavesený na dvoch vláknach v nestacionárnom magnetickom poli.

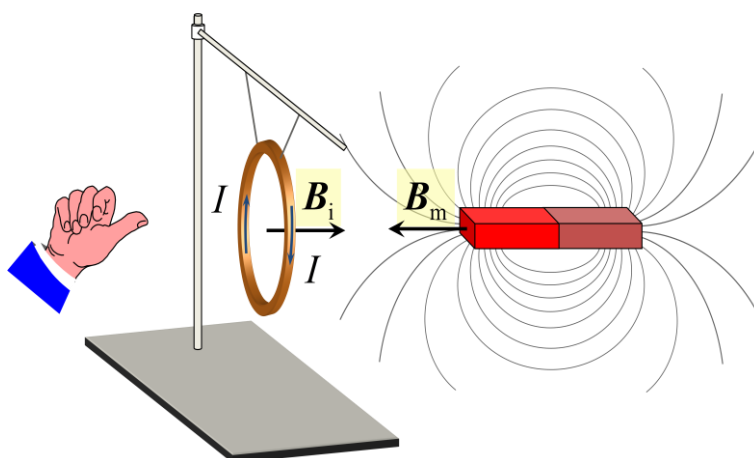


➤ Pri pohybe magnetu k závitú a od závitú, sa závit rozkmitá. V závitú sa mení magnetický indukčný tok, indukuje sa v ňom prúd a správa sa rovnako ako magnet.

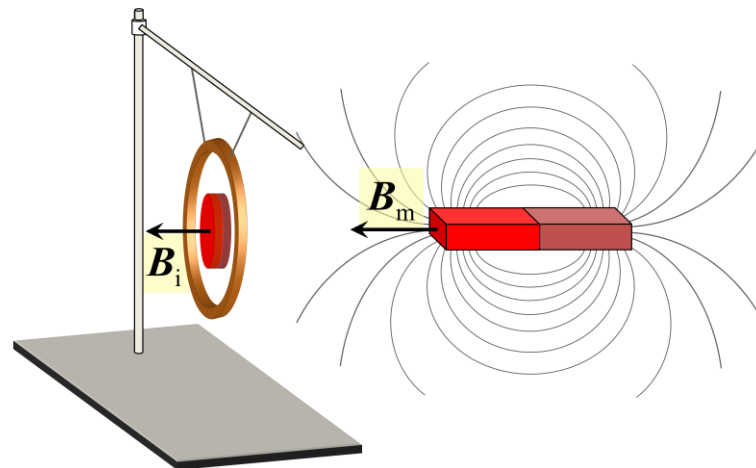
A) **Pri priblížení magnetu sa závit od neho odpudí.** Magnetické pole závitú s indukovaným prúdom I bráni zväčšeniu magnetického indukčného toku v závitú.



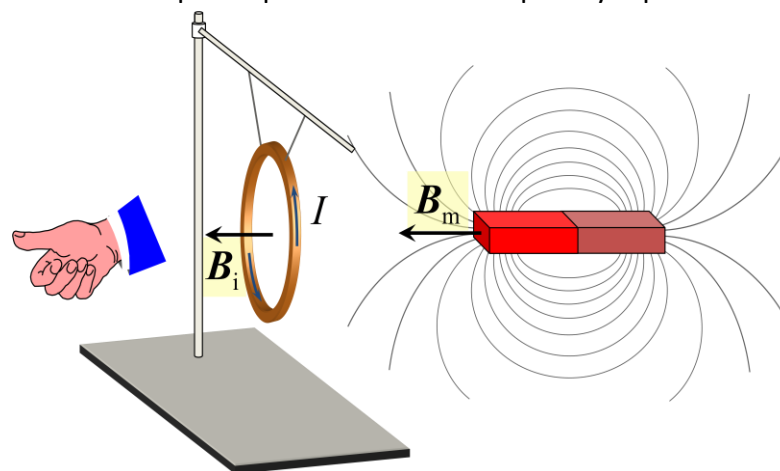
◆ Určenie smeru indukovaného prúdu pri priblížení - Ampérovým pravidlom pravej ruky: prsty ukazujú smer prúdu, palec ukazuje smer magnetickej indukcie B_i .



- B) **Pri vzdialení magnetu sa závit k nemu pritiahne.** Magnetické pole závit s indukovaným prúdom I bráni zmenšeniu indukčného toku v závite.

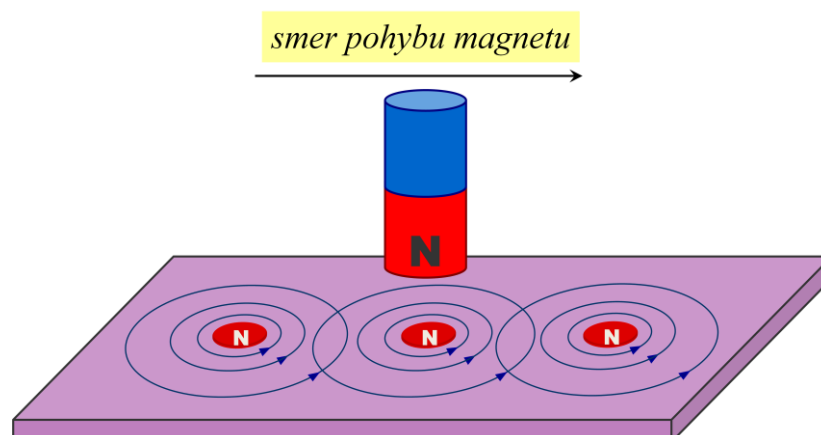


- ◆ Určenie smeru indukovaného prúdu pri vzdáľovaní – Ampérovým pravidlom pravej ruky.



Lenzov zákon - Indukovaný prúd má taký smer, aby svojím magnetickým poľom bránil zmenu, ktorá ho vyvolala. (Indukovaný prúd sa správa tak, ako keby sa „snažil“ zabrániť pohybu magnetu - brzdí jeho pohyb k závitke alebo od neho).

- ❖ **Foucaultove prúdy** – Napr. Majme plošný vodič v nestacionárnom magnetickom poli.

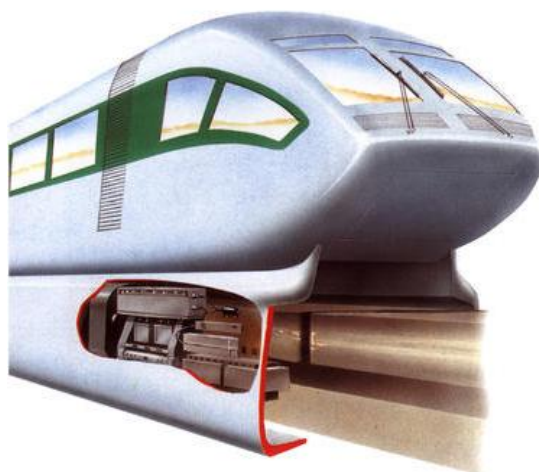


- Vo vodiči sa indukujú uzavreté vírivé prúdy s pomerne veľkými hodnotami. Indukované prúdy odporujú príčine, ktorá ich vyvolala, teda svojím magnetickým poľom odpudzujú magnet.

Využitie vírivých prúdov: elektrická indukčná brzda, pohon kotúča v elektromeroch.

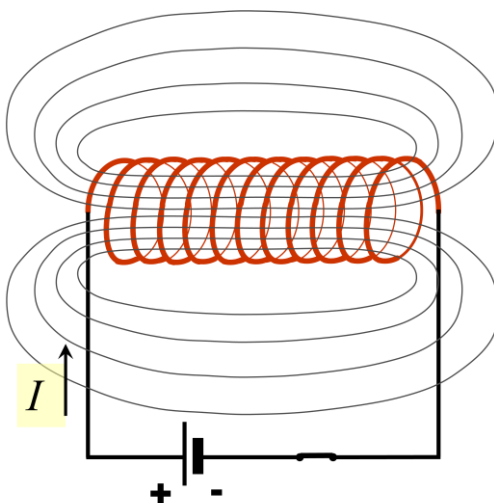
Nežiaduce účinky vírivých prúdov: zohrievanie a energetické straty.

Pr. Vlak na „magnetickom vankúši“ – transrapid (*maglev – magnetická levitácia*). Vlak sa pohybuje po trati vybudovanej z kovových pásov. V podvozku vlaku je sústava supravodivých magnetov - pri pohybe vlaku sa v kovových pásoch tvoria vírivé prúdy so silnými magnetickými poľami, ktoré spôsobujú nadnášanie vlaku nad traťou. (max. rýchlosť – 2005 Japonsko 583 km/h).



5. VLASTNÁ INDUKCIA, INDUKČNOSŤ

Vlastná indukcia - je jav, ktorý nastáva, ak je cievka vo svojom vlastnom nestacionárnom magnetickom poli.



Pri zapnutí a vypnutí elektrického obvodu, v ktorom je cievka, nastáva elektromagnetická indukcia, teda v cievke začína tiecť elektrický prúd a mení sa aj magnetický indukčný tok cievkou.

- Zmena magnetického indukčného toku cievkou $\Delta\Phi$ je priamo úmerná zmene elektrického prúdu ΔI cievkou. (k – konštanta priamej úmernosti)

$$\Delta\Phi = k \cdot \Delta I = \mu_0 \frac{N^2 S}{l} \Delta I = L \cdot \Delta I$$

Indukčnosť cievky L - fyzikálna veličina charakterizujúca vlastnosti cievky, vyjadruje veľkosť magnetického toku vyvolaného daným elektrickým prúdom.

$$L = \frac{\Delta\Phi}{\Delta I} \quad \text{alebo} \quad L = \mu_0 \frac{N^2 S}{l}$$

N - počet závitov cievky

l - dĺžka cievky

S - plošný obsah prierezu cievky

μ_0 - permeabilita prostredia jadra cievky

❖ Fyzikálna jednotka indukčnosti cievky

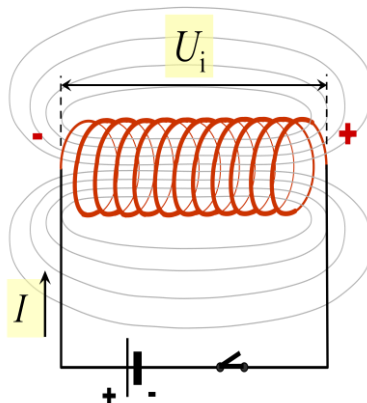
$$[L] = \frac{[\Delta\Phi]}{[\Delta I]} = \frac{1 \text{ Wb}}{1 \text{ A}} = 1 \text{ Wb} \cdot \text{A}^{-1} = 1 \text{ H} \quad (\text{Henry} - \text{americký fyzik})$$

- Podľa Faradayovho zákona pri zapnutí a vypnutí prúdu v obvode s cievkou, sa v cievke indukuje elektromotorické napätie U_i .

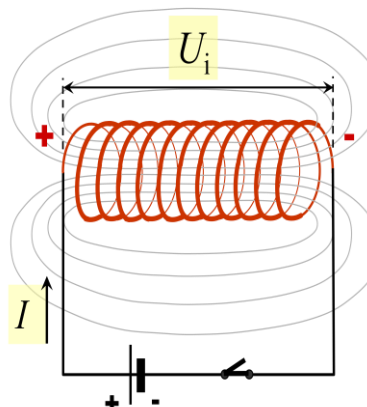
$$U_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

- Podľa Lenzovho zákona určíme smer indukovaného prúdu a napätia pri samoindukcii (Indukovaný prúd svojím magnetickým účinkom bráni príčine, ktorá ho vyvolala).

A) Pri zapnutí obvodu má indukovaný prúd opačný smer, ako prúd z pripojeného zdroja napätia.



B) Pri vypnutí obvodu má indukovaný prúd rovnaký smer, ako prúd z pripojeného zdroja napätia.

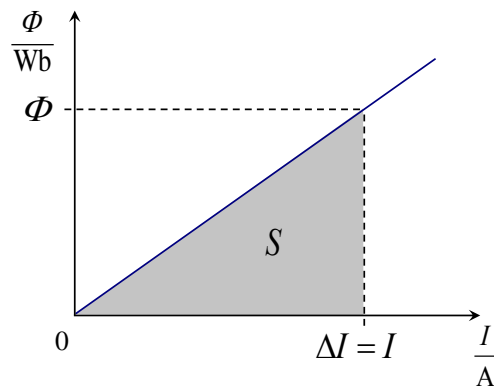


6. ENERGIA MAGNETICKÉHO POĽA CIEVKY

Energia ΔE dodaná zdrojom do obvodu sa premení na **teplo** Q a **energiu** ΔE_m potrebnú na vytvorenie magnetického poľa.

$$\Delta E = Q + \Delta E_m$$

- Energiu E_m magnetického poľa ustáleného prúdu I znázorňuje plocha S ležiaca pod grafom.



$$E_m = \frac{1}{2} \Phi I \quad \text{keďže platí } \Phi = L \cdot I \quad \text{potom } E_m = \frac{1}{2} L \cdot I^2$$

- Energia E_m magnetického poľa cievky s indukčnosťou L je priamo úmerná druhej mocnine prúdu I v cievke.

$$E_m = \frac{1}{2} L \cdot I^2$$

- Premena energie pri zapnutí a vypnutí obvodu
 - Pri vzniku magnetického poľa v okolí vodiča sa mení elektrická energia prúdu vo vodiči na energiu magnetického poľa.
 - Pri prerušení obvodu zanikajúce magnetické pole mení svoju energiu vlastnou indukciou na elektrický prúd, ktorý krátky čas ešte obvodom prechádza.