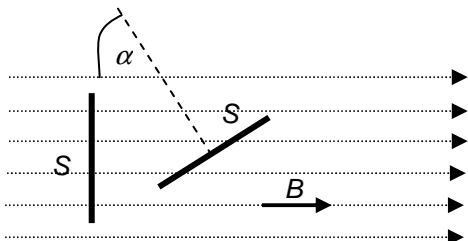


# ELEKTROMAGNETICKÁ INDUKCE

## 1. Magnetický indukční tok ( $\Phi$ ), nestacionární magnetické pole

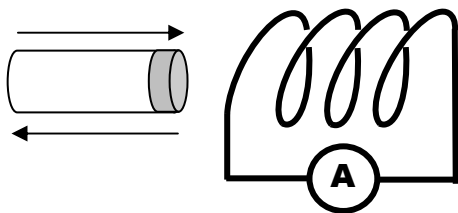
Magnetický indukční tok je fyzikální veličina, která je nutná k popisu ZMĚN magnetického pole (nestacionární magnetické pole) vzhledem k určité ploše. Tato změna může nastat buď změnou magnetické indukce, nebo změnou obsahu plochy, kterou magnetický indukční tok prochází, nebo otočením plochy.



když  $S \perp \vec{B}$ :  $\Phi = BS$   
 pro libovolný úhel  $\alpha$ :  $\Phi = BS \cos \alpha$   
 pro  $\alpha = \omega t$ :  $\Phi = BS \cos \omega t$   
 (plocha rotuje konstantní  $\omega$ )

$$[\Phi] = \text{T} \cdot \text{m}^2 = \text{Wb (weber)}$$

## 2. Elektromagnetická indukce



změny magnetického pole  $\Rightarrow$

indukuje se elektrické pole nebo indukované elektromotorické napětí  $U_i$ ,  
 je-li to možné, teče indukovaný elektrický proud  $I_i$

(1831 Faraday v Británii, Henry v USA)

## 3. Faradayův zákon elektromagnetické indukce

**Indukované elektromotorické napětí je přímo úměrné časové změně magnetického indukčního toku.**

$N\Phi$  indukční tok  $N$  závitů cívky, indukční tok se mění pro každý závit – v každém z nich se indukují napětí – výsledné je  $N$ -krát větší

$$U_i = - \frac{N \Delta \Phi}{\Delta t} \quad \text{pro pravidelně se měnící indukční tok v průběhu času } t$$

Např. když se indukční tok uvnitř cívky s jedním závitkem změní o 1 Wb za sekundu, je indukované napětí 1V

Znaménko ve vzorci indukovaného napětí vysvětluje:

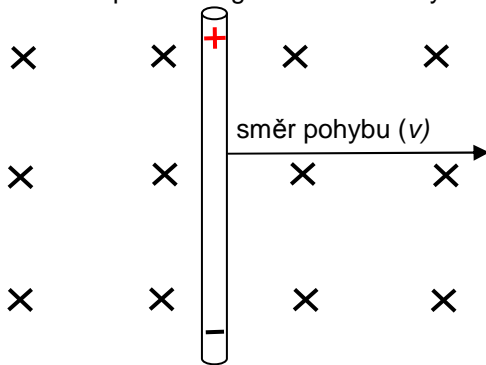
## 4. Lenzův zákon

**Směr indukovaného elektromotorického napětí a případně indukovaného proudu je vždy proti změně indukčního toku, která ho vyvolala.**

$$U_i = - \frac{N \Delta \Phi}{\Delta t} \quad \text{pro pravidelně se měnící indukční tok v průběhu času } t$$

- napětí, které se indukuje při pohybu vodiče v magnetickém poli

Elektrony ve vodiči se pohybují jeho rychlostí ( $v$ ), proto vzniká magnetická síla, která způsobí jejich přesunutí ve vodiči ( $F_m = Bev$ ). Budou se přemisťovat tak dlouho, dokud se elektrická síla vzniklého pole a magnetická síla nevyrovnají



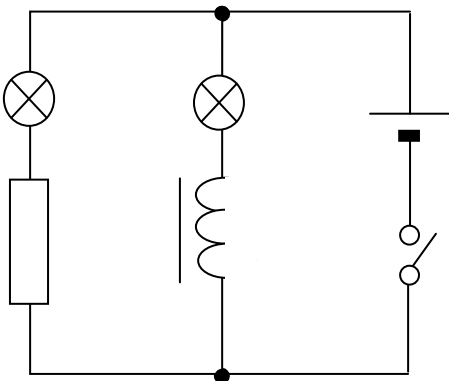
intenzita elektrického pole  $E_i = \frac{F_m}{e} = Bv$

napětí indukované na koncích vodiče

$$U_i = E_i l = Bvl$$

## 5. Vlastní indukce

je jev, ke kterému dochází, když mění se proud v cívce vytvoří v jejím okolí měnící se magnetické pole, které pak na cívku zpětně působí – podobně jako kdyby došlo ke „vnější“ změně magnetického pole



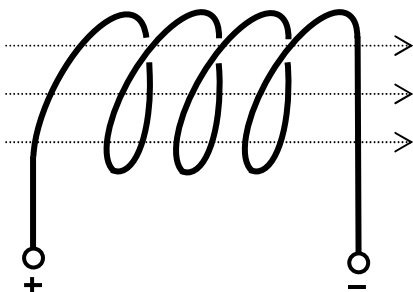
*Rozsvítí se po zapnutí obvodu některá ze žárovek se zpožděním? Vysvětlete.*

Proud ve větvi s cívkou má zpoždění díky napětí indukovanému proti svorkovému - dokud neteče větvi konstantní proud.

Zpoždění závisí na vlastnosti cívky zvané **indukčnost ( $L$ )**.

## 6. Indukčnost ( $L$ )

velká  $L \rightarrow$  velké napětí indukované proti vnějšímu při změně proudu  $\rightarrow$  velké zpoždění proudu ve větvi s cívkou v předchozím pokusu



$$\Phi = LI$$

magnetický indukční tok cívkou je přímo úměrný proudu. Konstantou úměrnosti je indukčnost

např. pro solenoid  $L = \frac{\mu N^2 S}{l}$

- $U_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$
- $[L] = \left[ \frac{U_i \Delta t}{\Delta I} \right] = \frac{V \cdot s}{A} = \frac{Wb}{A} = H$  (henry)

Cívka má indukčnost 1 H, když změna proudu o 1 A za sekundu indukuje napětí 1 V. Značnou indukčnost mají cívky s uzavřeným feromagnetickým jádrem, mají uplatnění v elektrotechnice a nazývají se **tlumivky** (0,1 až 1H).

### Otázky:

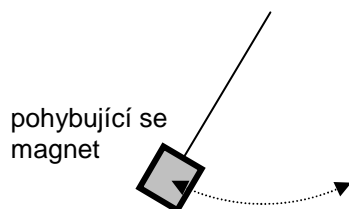
1. Magnetický indukční tok cívkou s 20 závitů se za 0,4 s zvýšil o 80 mWb. Jaké je indukované napětí? Co by se změnilo, kdyby se tok snížil?
2. Přímý vodič délky 0,8 m se pohybuje rychlostí  $0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  kolmo k indukčním čarám magnetického pole. Je-li napětí indukované mezi konci vodiče 50 mV, spočítejte magnetickou indukci pole.

L5/291-299, 304, 311-316

## 7. Vířivé (Foucaultovy) proudy

se vytvářejí, když se větší kus vodivého materiálu dostane do nestacionárního magnetického pole  $\rightarrow$  uvnitř materiálu se indukuje elektrické pole a může téct indukovaný proud

Pokus 1: Co cítíte, když pohybujete magnetem nad kovovým plíškem? Vysvětlete.



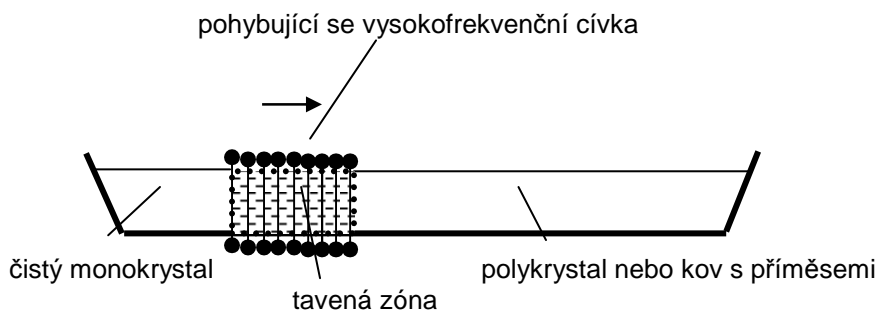
- plát vodivého materiálu: železo, měď, olovo

Pokus 2: Dva kousky různých materiálů pustíme dolů měděnou trubkou. Jeden z nich má výrazné zpoždění. Proč?

Vířivé proudy indukované proti změně vnějšího magnetického pole vytvoří magnetické pole, které způsobí zpomalení pohybu magnetu – „pracuje proti změně“.

Využití vířivých proudů

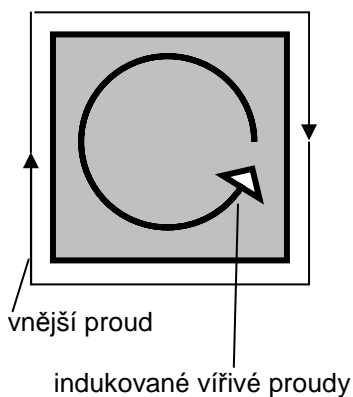
- elektroměry – v některých typech přístrojů, které měří spotřebu elektrické energie v domácnostech, rotuje hliníkový disk mezi dvěma magnety, pokud se spotřebovává elektřina. Když se přestane spotřebovávat, vířivé proudy disk zastaví rychleji, než by se zastavil díky setrvačnosti sám.
- výroba čistých kovů a monokrystalů



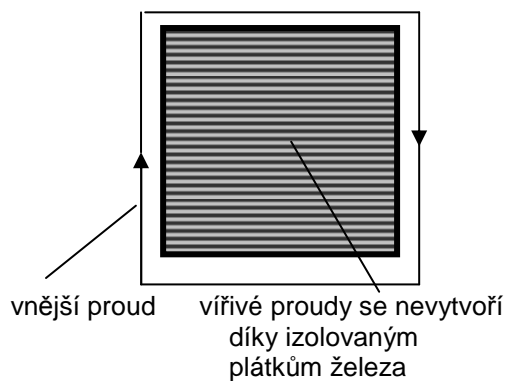
Vířivé proudy mohou být problém, např.

- jádra transformátorů

průřez obyčejným jádrem



průřez jádrem z plátků



Pokud nezabráníme vytvoření vířivých proudů, jejich magnetické pole bude působit proti původnímu magnetickému poli cívky s proudem (výrazné omezení indukce na sekundární cívce) a také se jádro bude zahřívat!!!

**Odpovědi:**

1. -4 V; 4 V
2. 312,5 mT