

## **ELEKTROTECHNIKA**

# **9. MAGNETICKÉ POLE**

Doc. Ing. Stanislav Kocman, Ph.D.

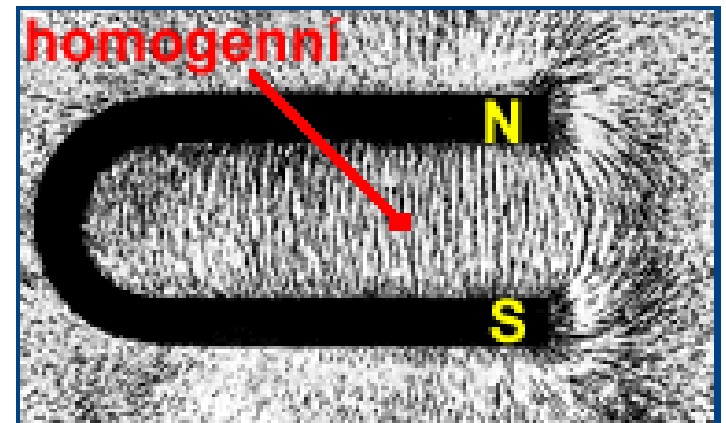
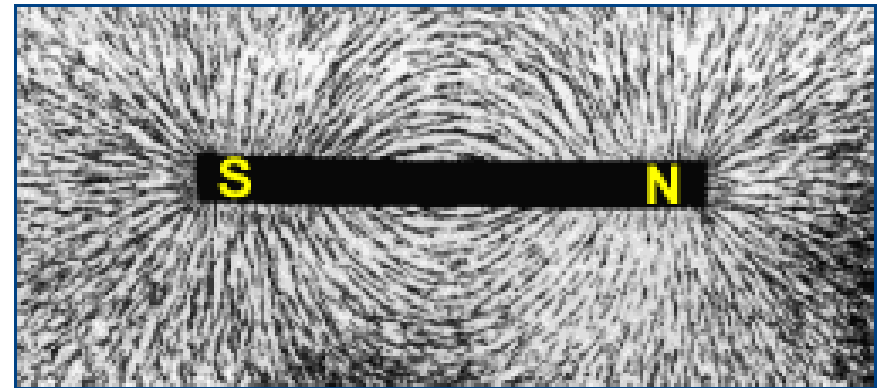
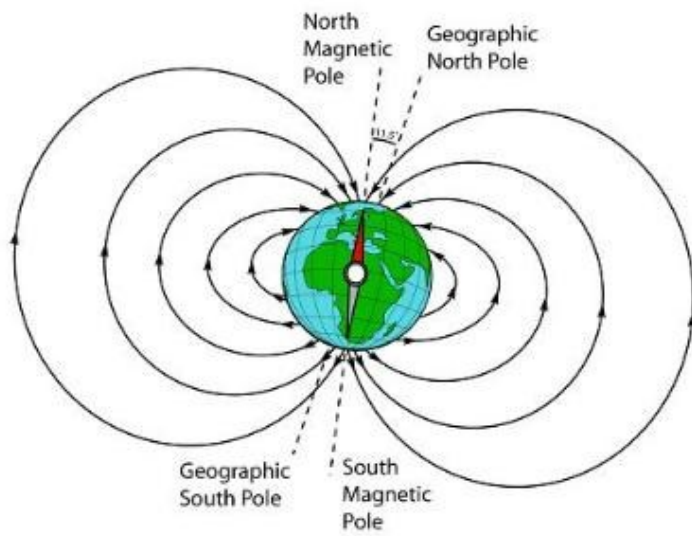
2. 2. 2022, Ostrava

# Osnova přednášky

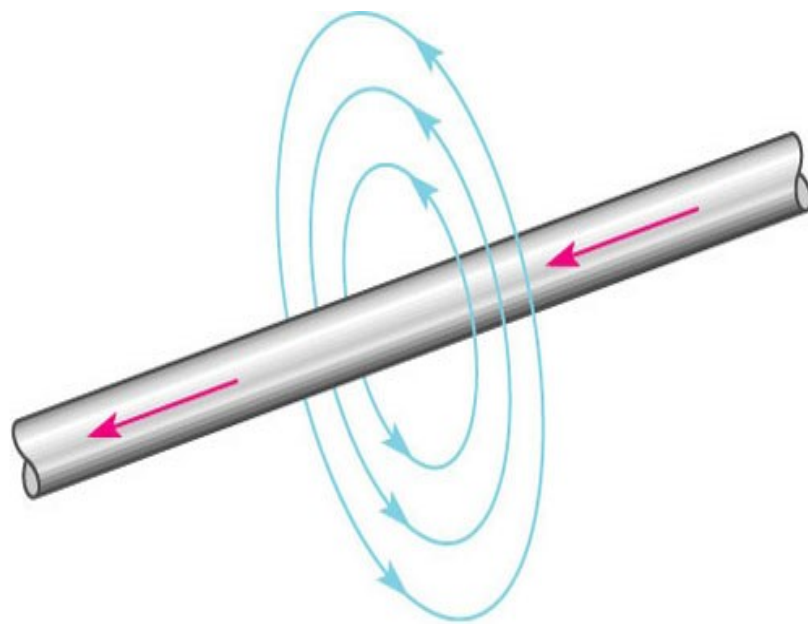
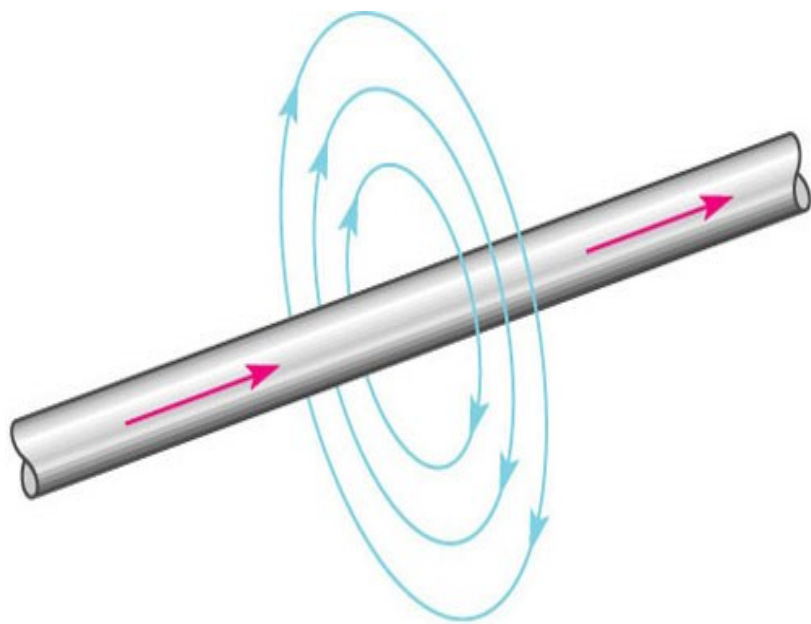
- **Úvod**
- **Magnetické vlastnosti látek**
- **Základní zákony**
- **Praktické využití**

# Úvod

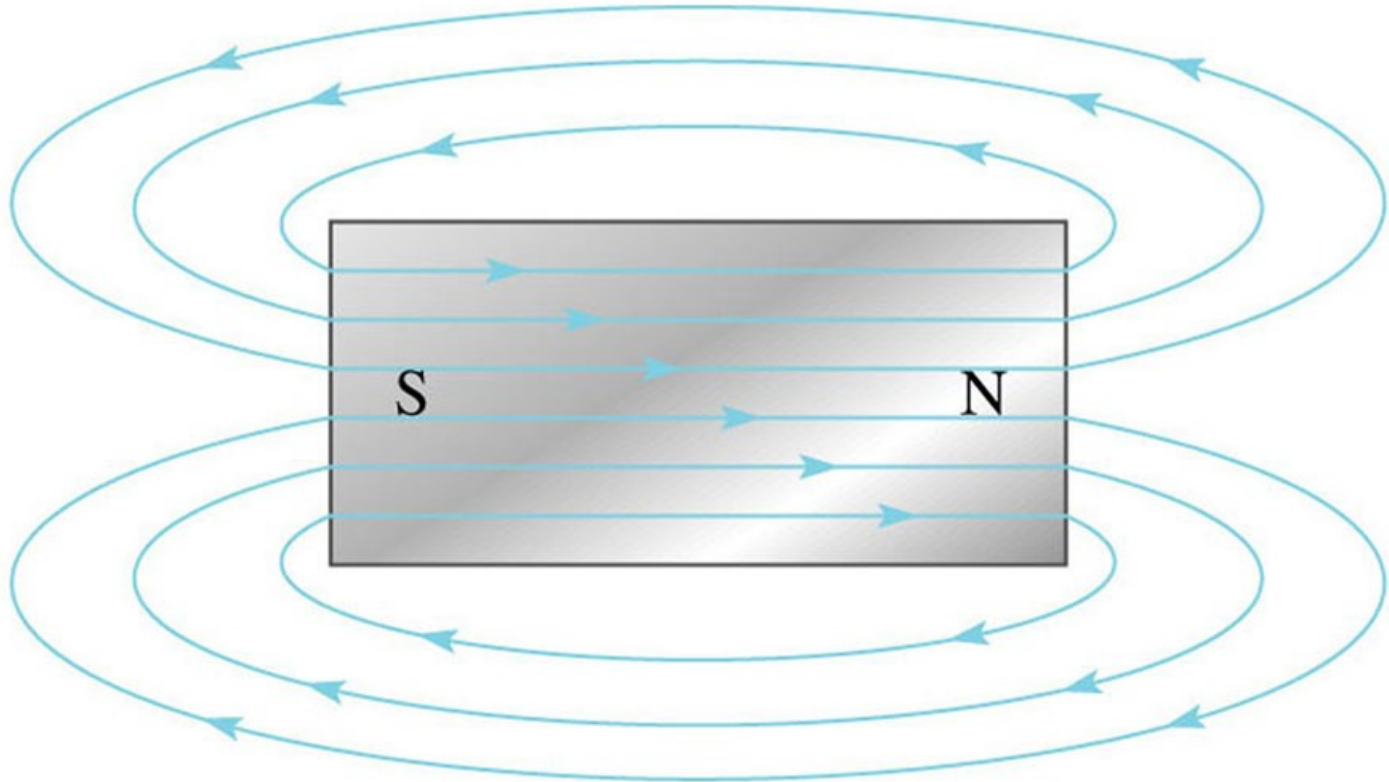
- **Vznik a zdroje magnetizmu:**
  - **přírozená vlastnost některých rud**
  - **Země je magnetem**
  - **magnety vyráběné z tvrdé oceli (dříve)**
  - **magnety vyráběné ze slitin (např. ALNICO)**
  - **elektrický proud protékající vodičem**
  - **elektromagnety**



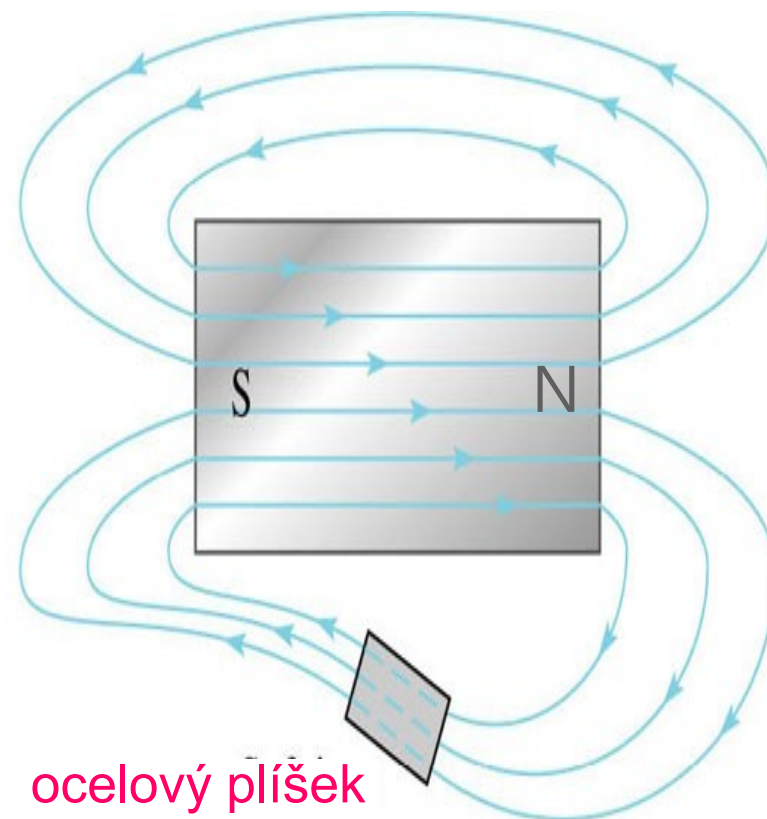
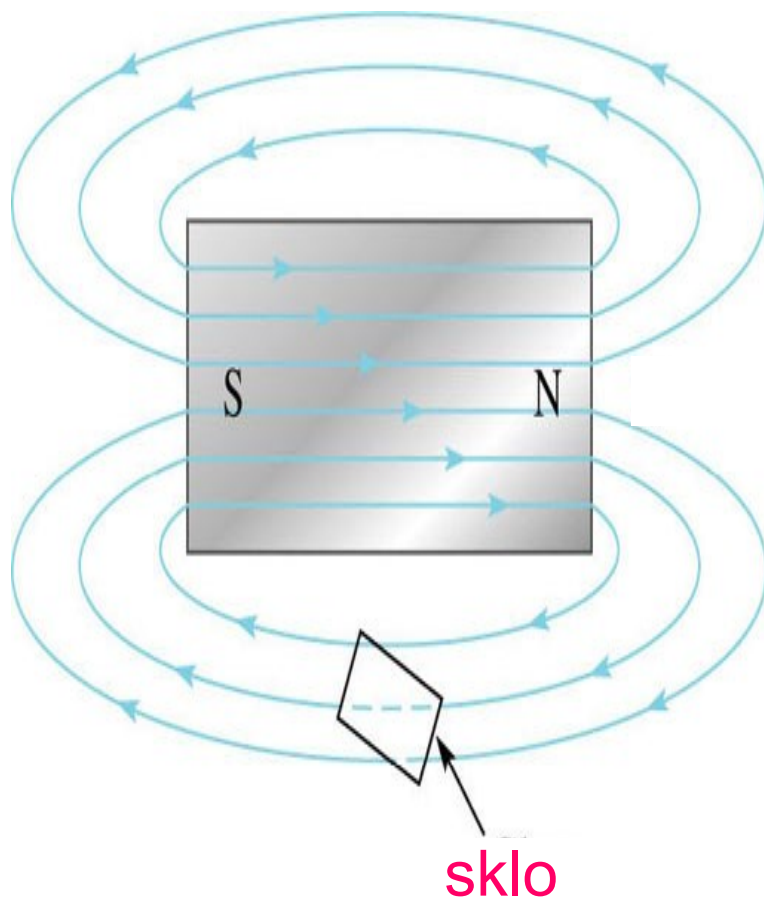
**Dlouhý přímý vodič protékaný proudem je zdrojem magnetického pole, jehož siločáry jsou ve tvaru soustředných kružnic, jejichž osou je vodič.**



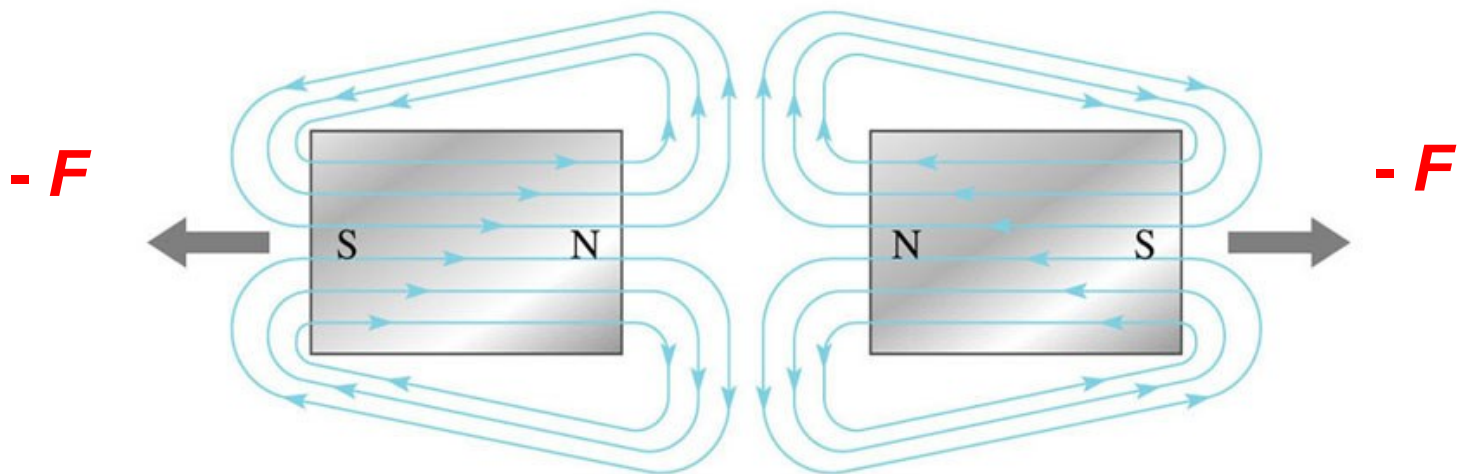
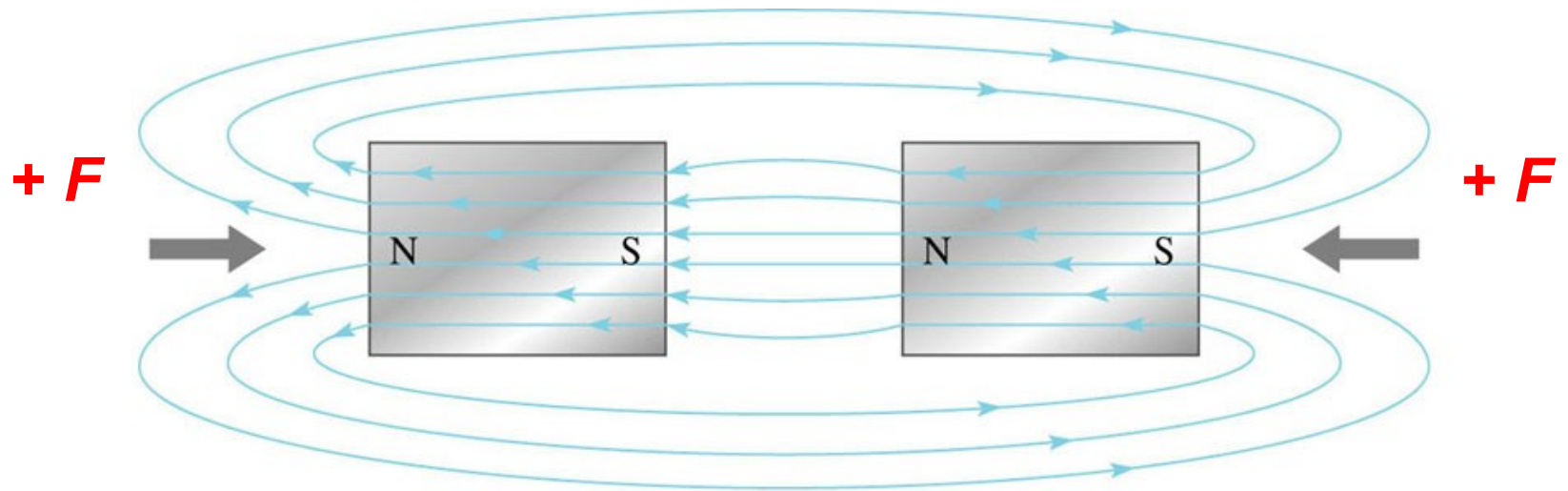
# Zobrazení magnetického pole magnetu siločárami



# Ovlivňování tvaru magnetického pole

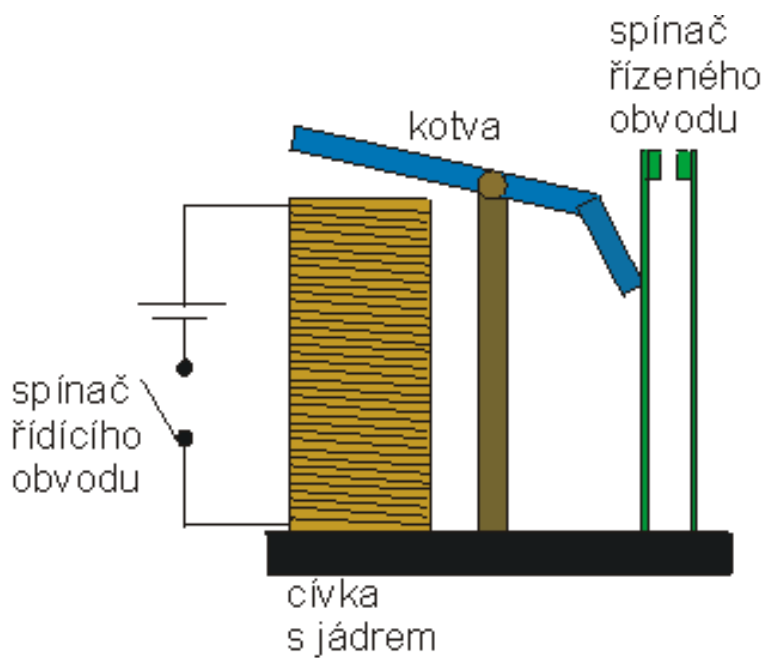


# Silové působení magnetických polí





# Silové působení magnetického pole



# Magnetické vlastnosti látek, rozdělení materiálů, vlastnosti

- **Rozdělení materiálů podle jejich magnetického chování:**

- **diamagnetické:** odpuzované oběma póly magnetu

- např. zlato, stříbro, měď, uhlík, rtuť....

$$\mu_r \leq 1$$

- **paramagnetické:** slabě přitahovány póly magnetu

- např. hliník, lithium, draslík, hořčík, sodík....

$$\mu_r > 1 \text{ mírně}$$

- **feromagnetické:** silně přitahovány magnetem

- železo, nikl, kobalt a jejich slitiny....

$$\mu_r \gg 1$$

- **ferimagnetické:** silně přitahovány magnetem

- ferity (sloučeniny oxidů železa s hliníkem, kobaltem, niklem....)

$$\mu_r \gg 1$$

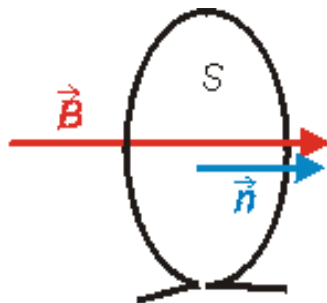
# Veličiny magnetického pole

Magnetická indukce  $B$  (T)

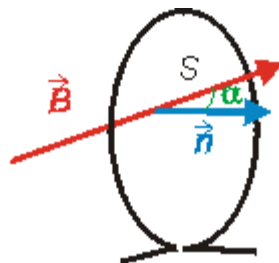


charakterizuje silové působení magnetického pole

Magnetický tok  $\varphi$  (Wb)



$$\varphi = B \cdot S \text{ (Wb)}$$



$$\varphi = B \cdot S \cdot \cos \alpha \text{ (Wb)}$$

Intenzita magnetického pole  $H$   
(A/m)

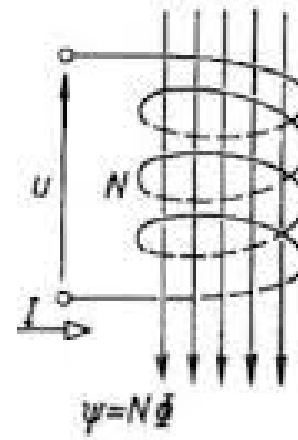
$$H = \frac{B}{\mu} = \frac{B}{\mu_0 \mu_r} \text{ (A/m)}$$

permeabilita

permeabilita vakua

relativní permeabilita

**Spřažený magnetický tok  $\psi$  (Wb)**



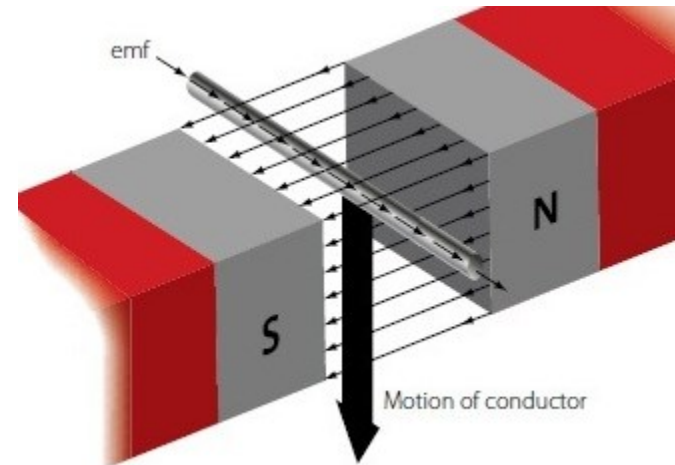
$$\psi = N \cdot \phi$$

**Magnetomotorické napětí  $F_m$  (A)**

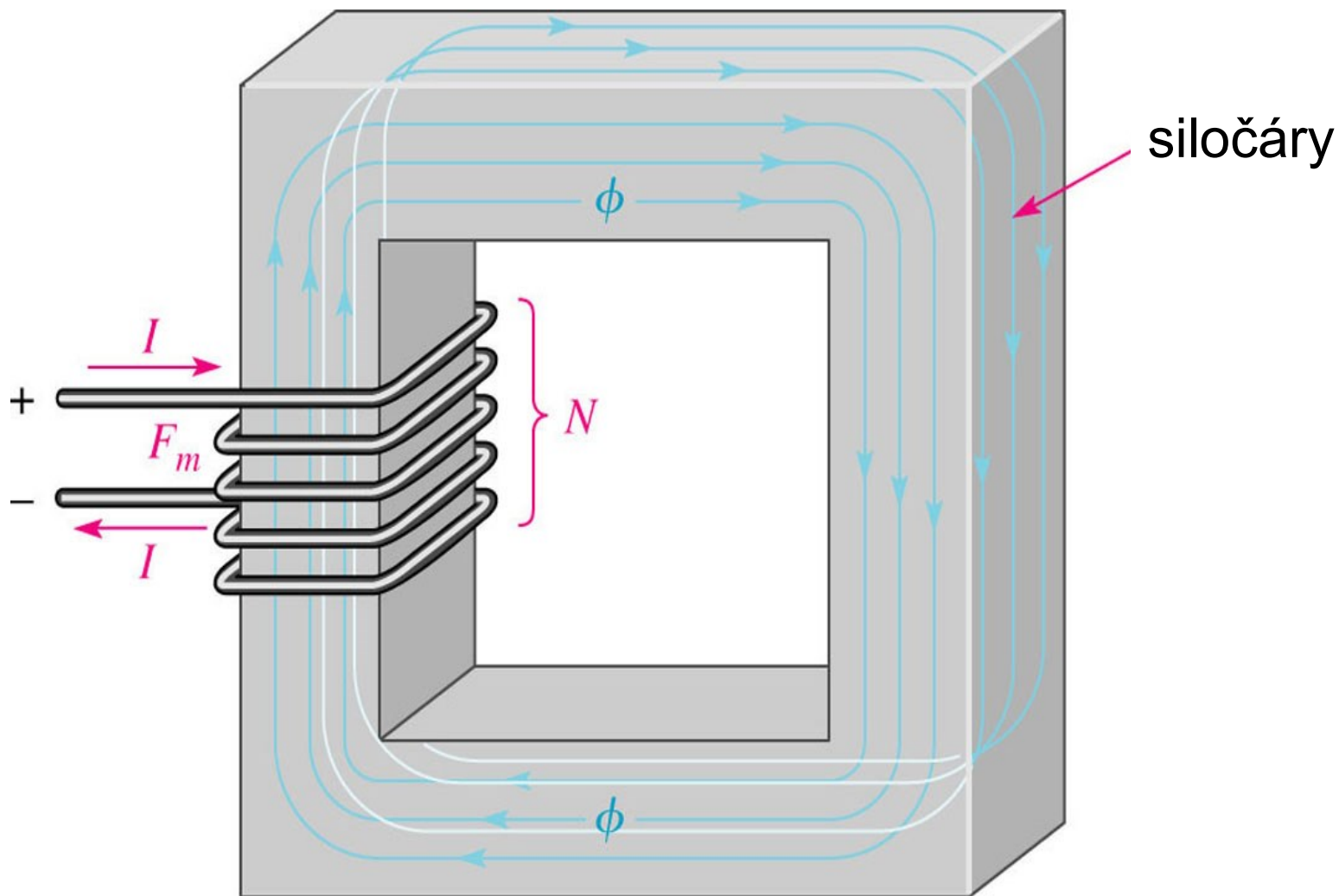
$$F_m = N \cdot i$$

**Elektromotorické napětí  $e$  (V)**

$$e = -\frac{d\phi}{dt} \quad e = -N \frac{d\phi}{dt} \text{ (V)}$$



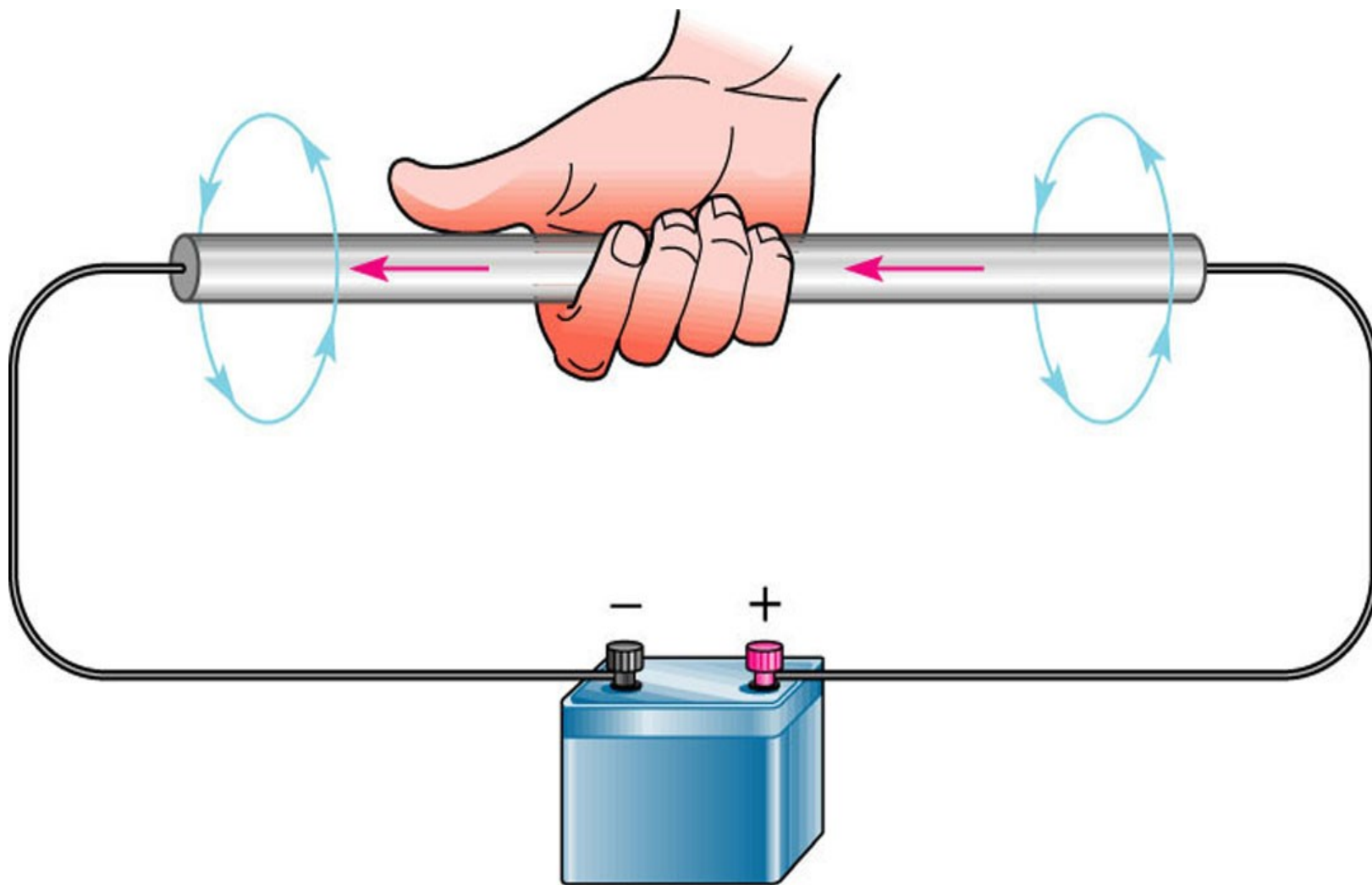
# Magnetizace feromagnetického materiálu



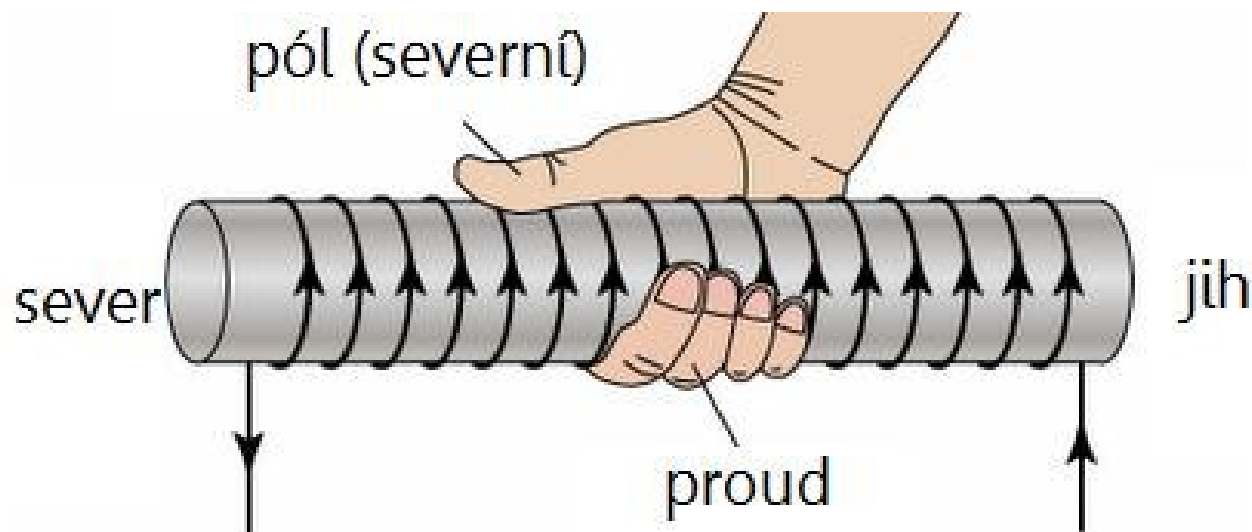
# **Základní zákony**

- **Ampérovo pravidlo**
- **Faradayův indukční zákon**
- **Lenzův zákon**
- **Flemingovo pravidlo**

# Ampérovovo pravidlo pravé ruky



# Ampérove pravidlo pravé ruky pro cívku





# Faradayův indukční zákon

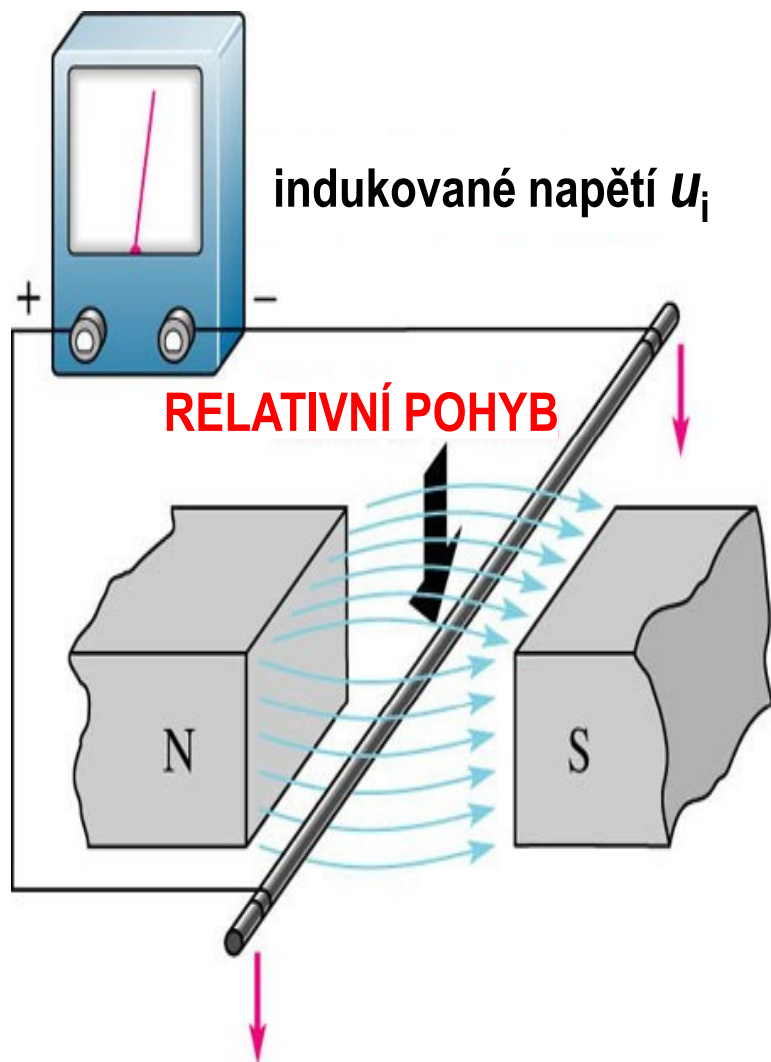
- Změní-li se proměnný magnetický tok ve vodiči (závitu) za dobu  $dt$  o  $d\varphi$ , vzniká ve vodiči (závitu) indukované elektromotorické napětí:

$$e = - \frac{d\varphi}{dt} \longrightarrow \text{v čase proměnný tok}$$

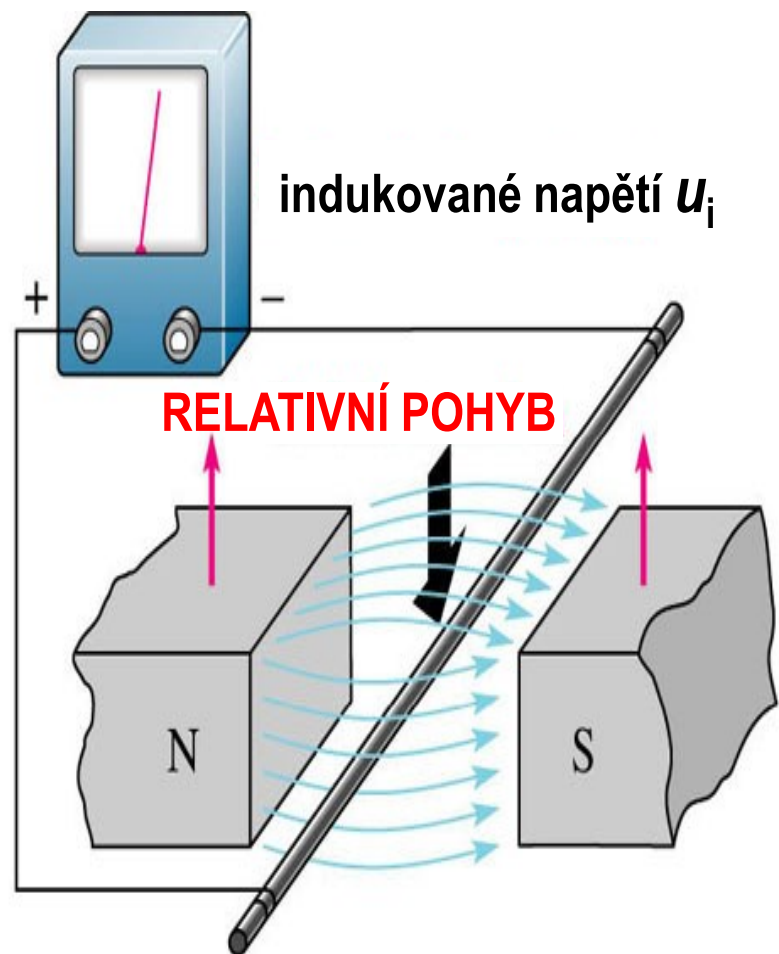
- Pokud se závit rozpojí, pak mezi jeho konci bude celé **e** jako svorkové napětí naprázdno (=indukované napětí):

$$u_i = \frac{d\varphi}{dt} \text{ (V)}$$

- Změna mag. toku:
  - pohybem vodiče v magnetickém poli
  - vložením vodiče do střídavého mag. pole



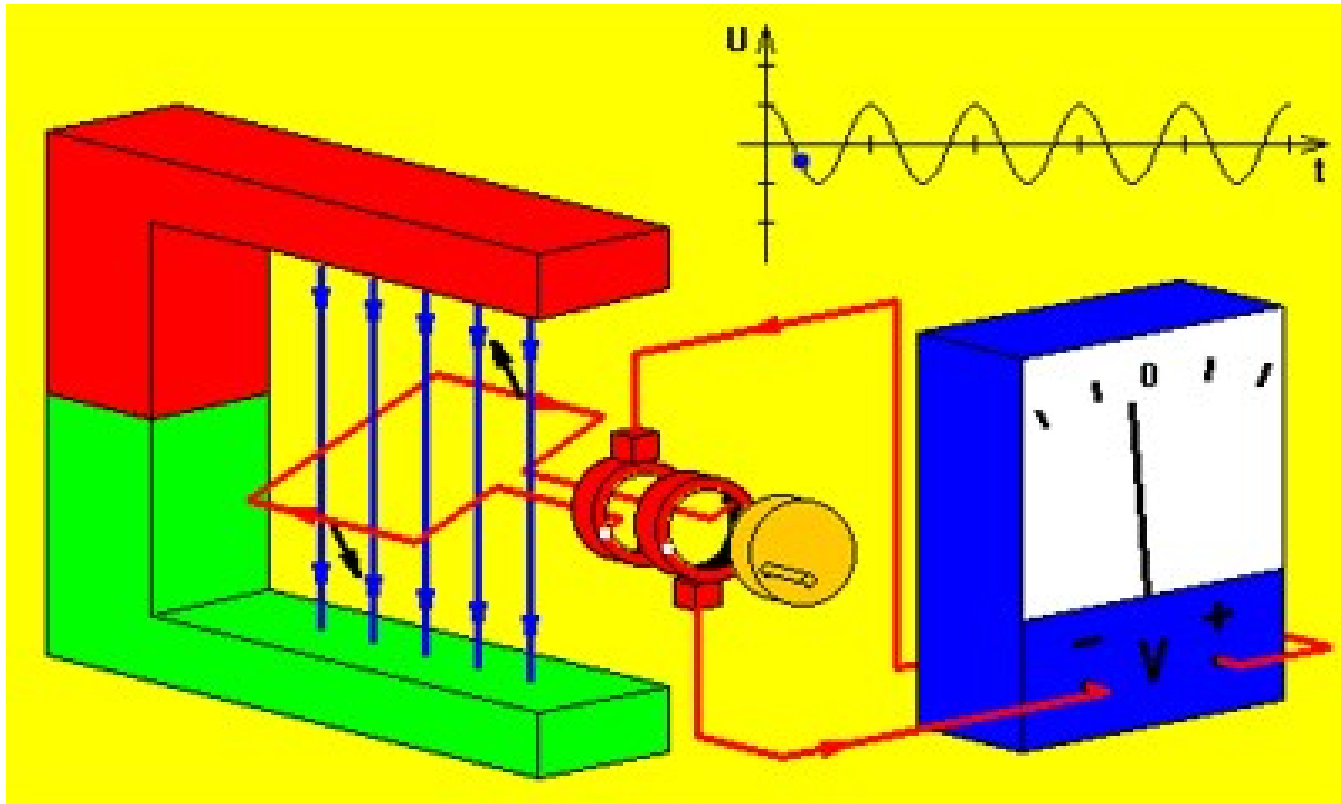
a) Relativní pohyb vodiče



b) Relativní pohyb magnetu

**Vznik indukovaného napětí ve vodiči vlivem rel. pohybu**

# Faradayův indukční zákon (generátor)

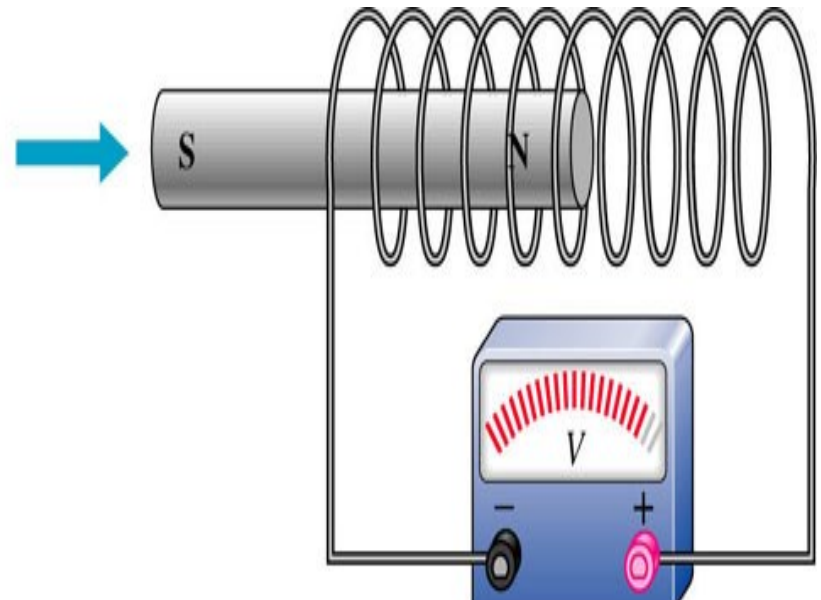
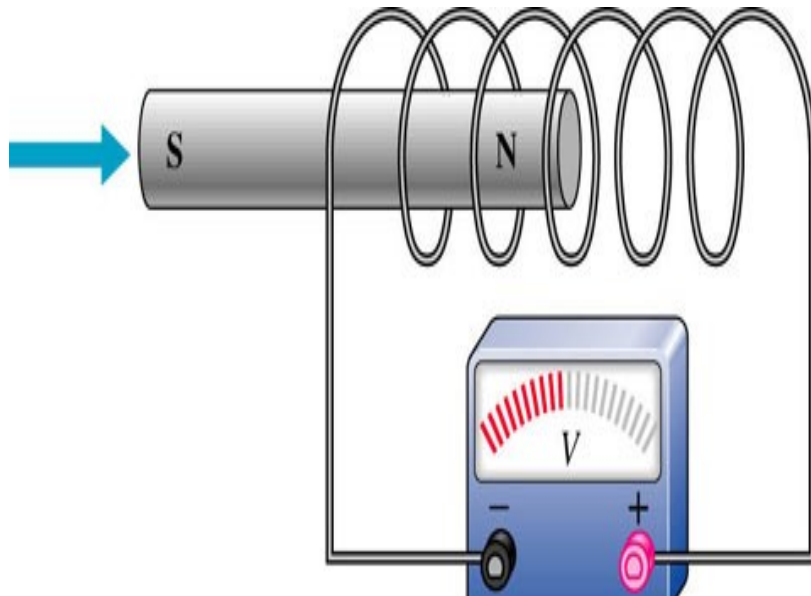


# Faradayův indukční zákon pro cívku

$$u_i = N \frac{d\varphi}{dt}$$

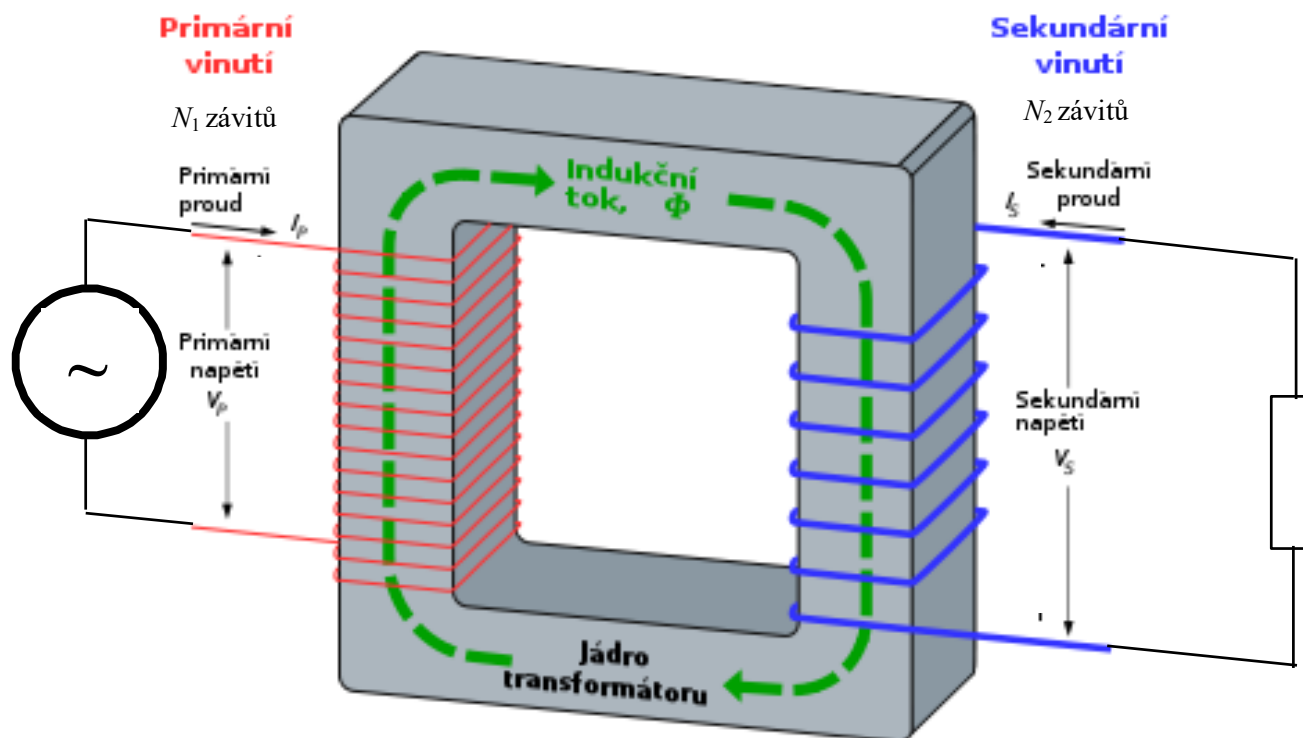
$N_1$

$N_2 > N_1$



$$u_{i2} > u_{i1}$$

# Faradayův indukční zákon pro cívku (transformátor)

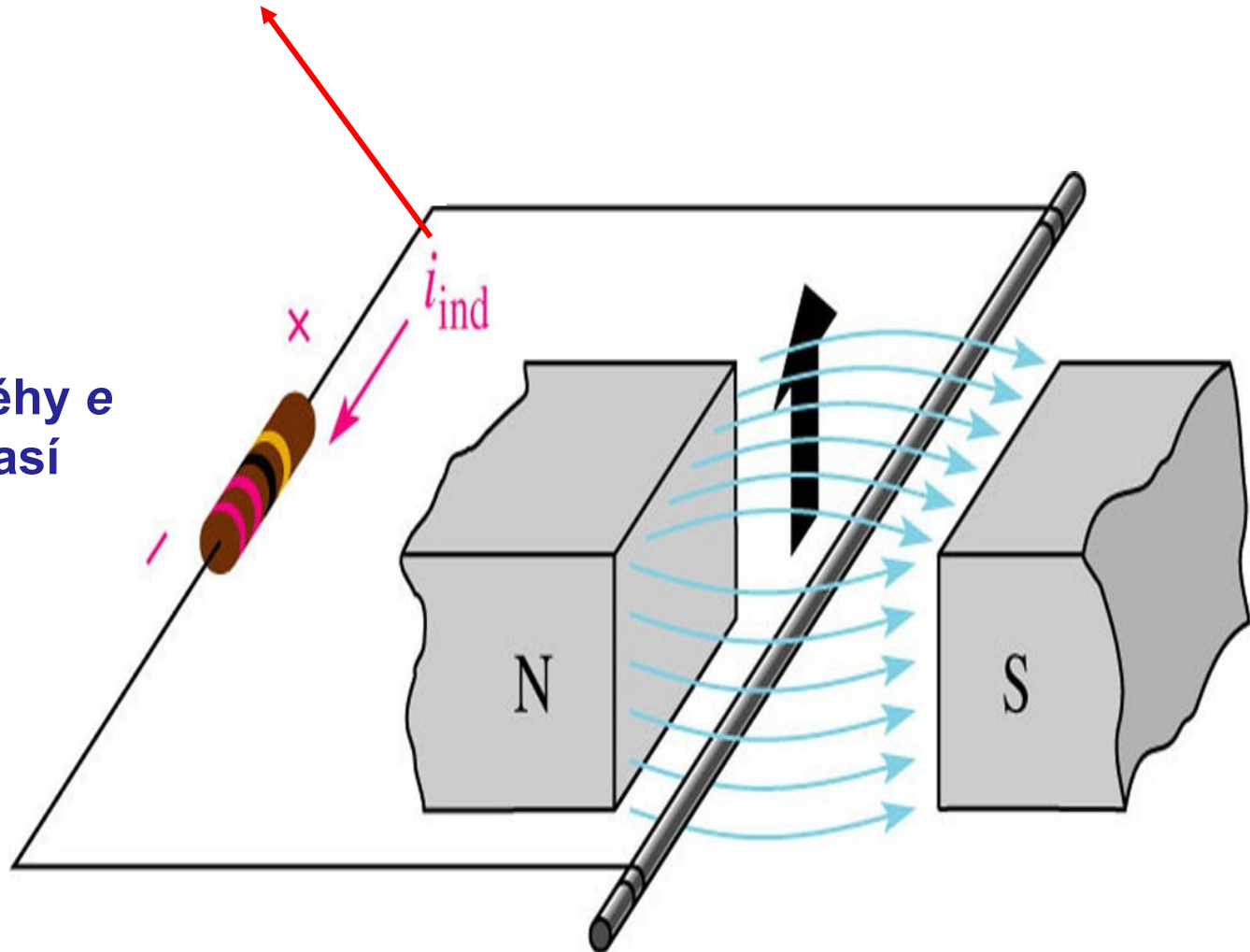


# Lenzův zákon

- Indukovaný proud má vždy takový směr, že se svými účinky snaží zabránit změně která jej vyvolala

$$e = - \frac{d\varphi}{dt}$$

časové průběhy  $e$   
a  $i_{\text{ind}}$  souhlasí

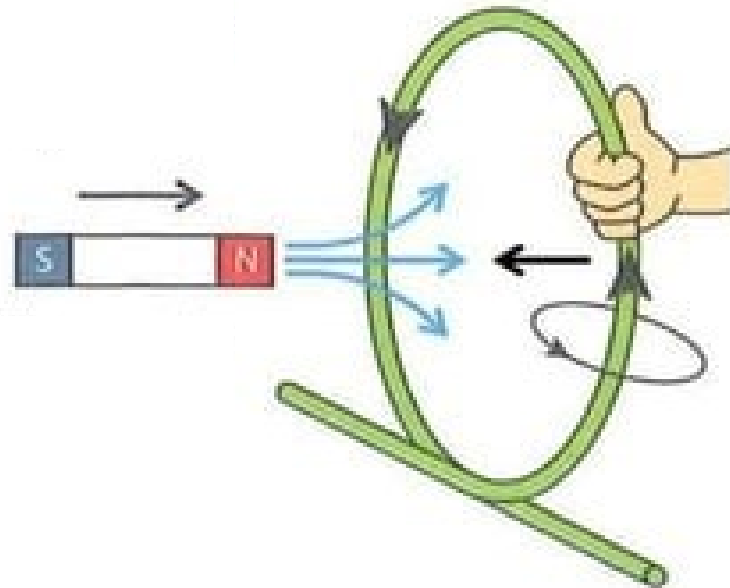


# Lenzův zákon

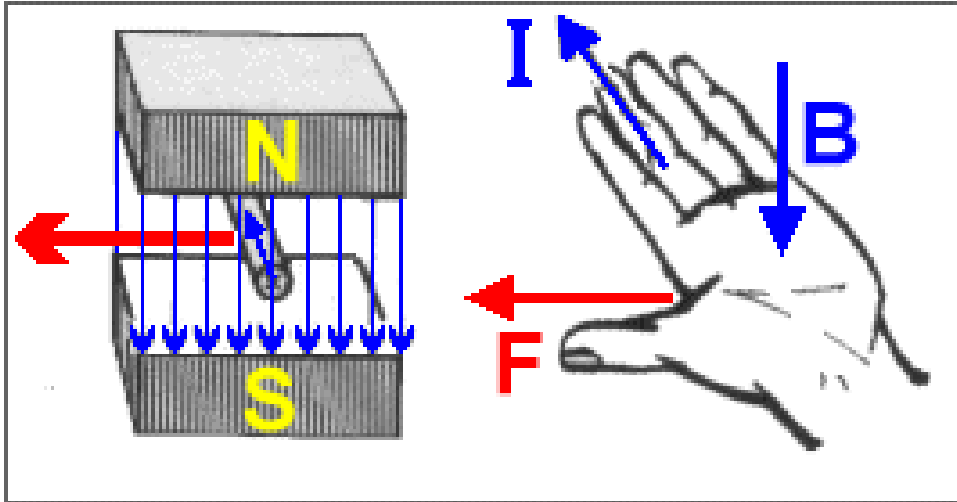
- Indukovaný proud má vždy takový směr, že se svými účinky snaží zabránit změně která jej vyvolala

$$e = - \frac{d\varphi}{dt}$$

časové průběhy  $e$   
a  $i_{\text{ind}}$  souhlasí



# Flemingovo pravidlo



Položíme-li otevřenou dlaň levé ruky na vodič, kterým protéká proud, tak, aby prsty ukazovaly směr proudu a indukční čáry vstupovaly do dlaně, odtažený palec ukazuje směr síly.

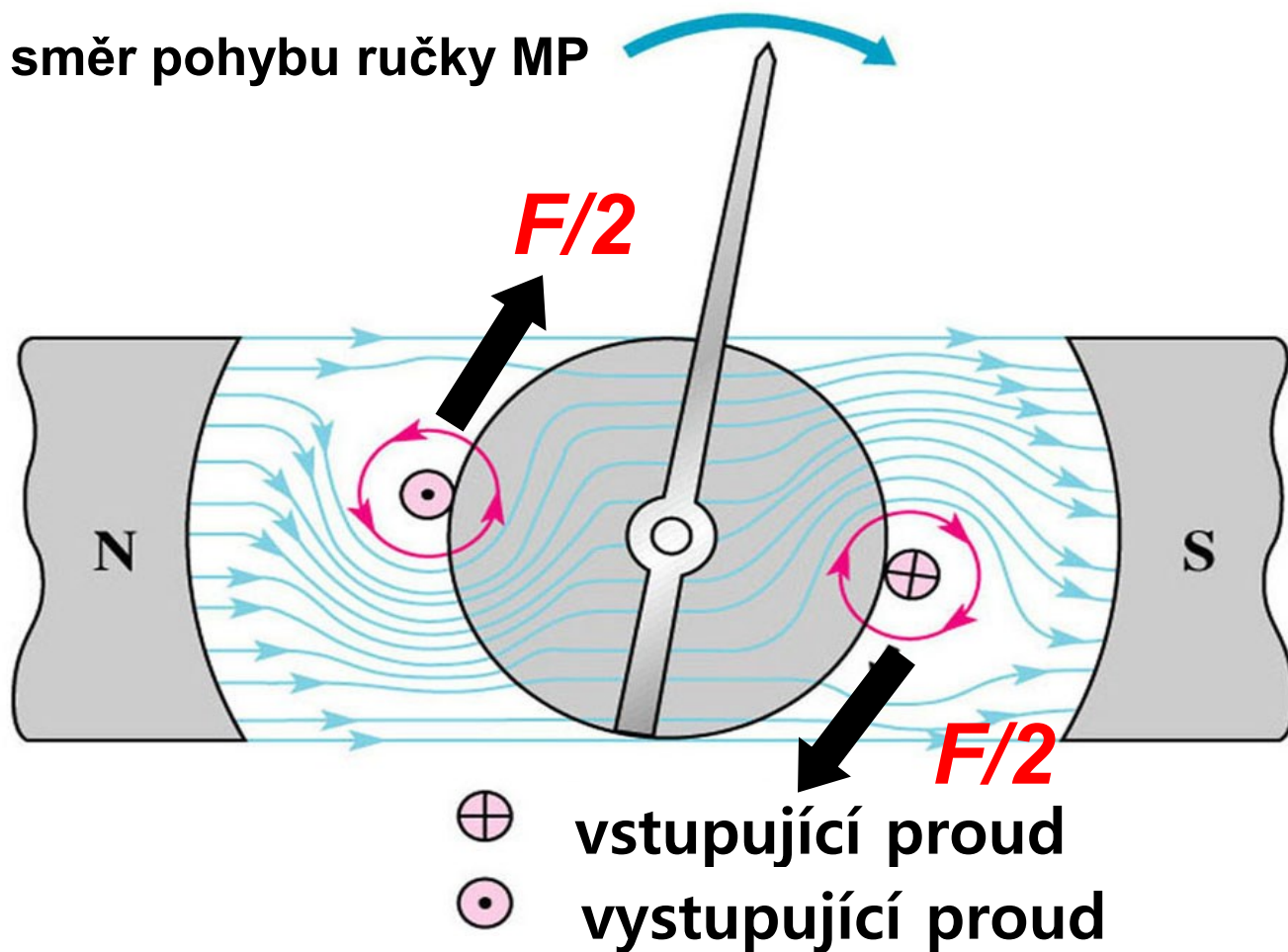
$$F = B \cdot I \cdot l$$

Délka vodiče v magnetickém poli, která je kolmá ke směru magnetického pole



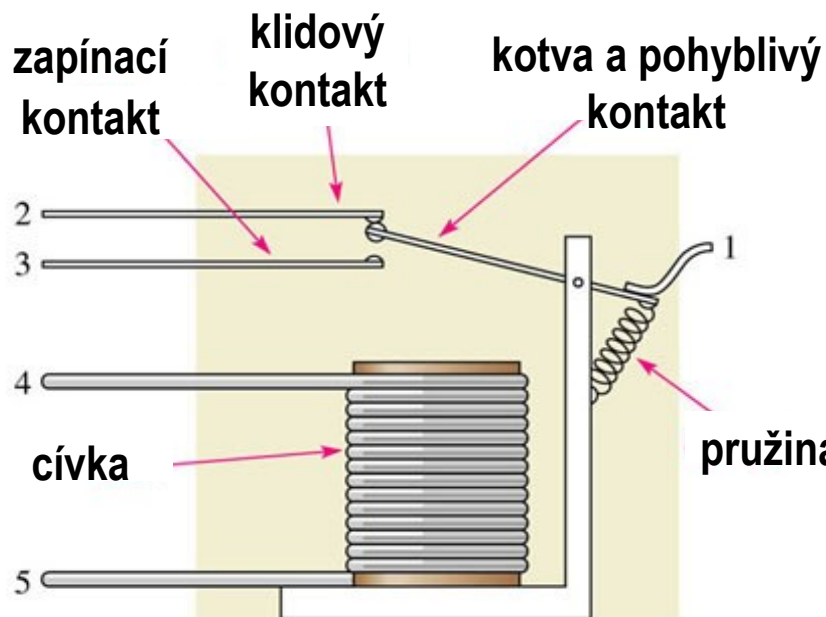
# Využití vlastností magnetického pole v elektrických zařízeních

## Měřicí přístroje

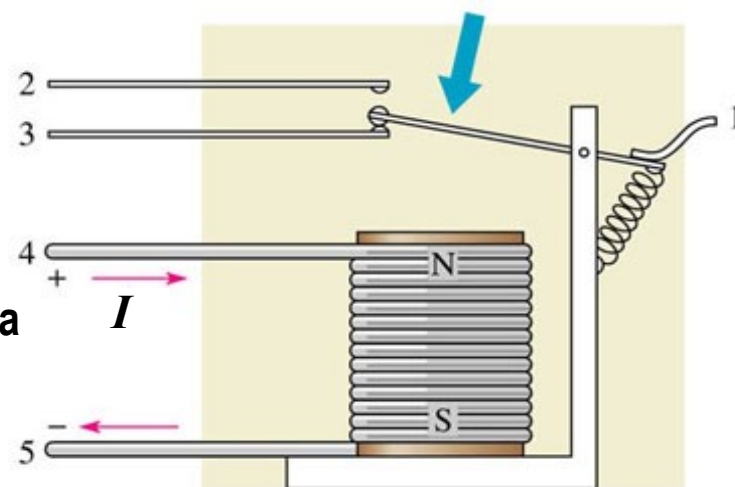


Princip působení síly na cívku protékanou proudem v emg. poli

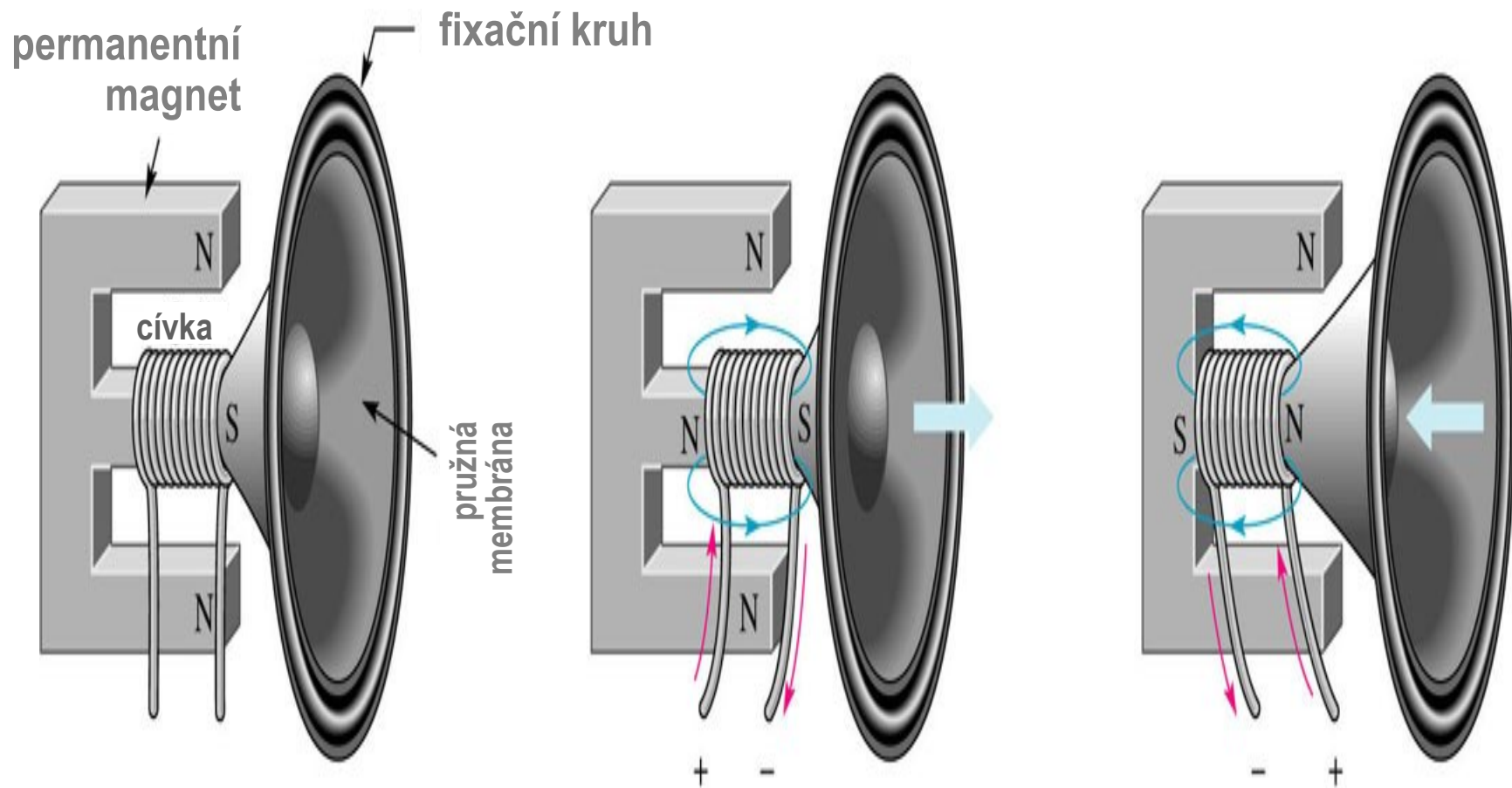
# Relé, stykače



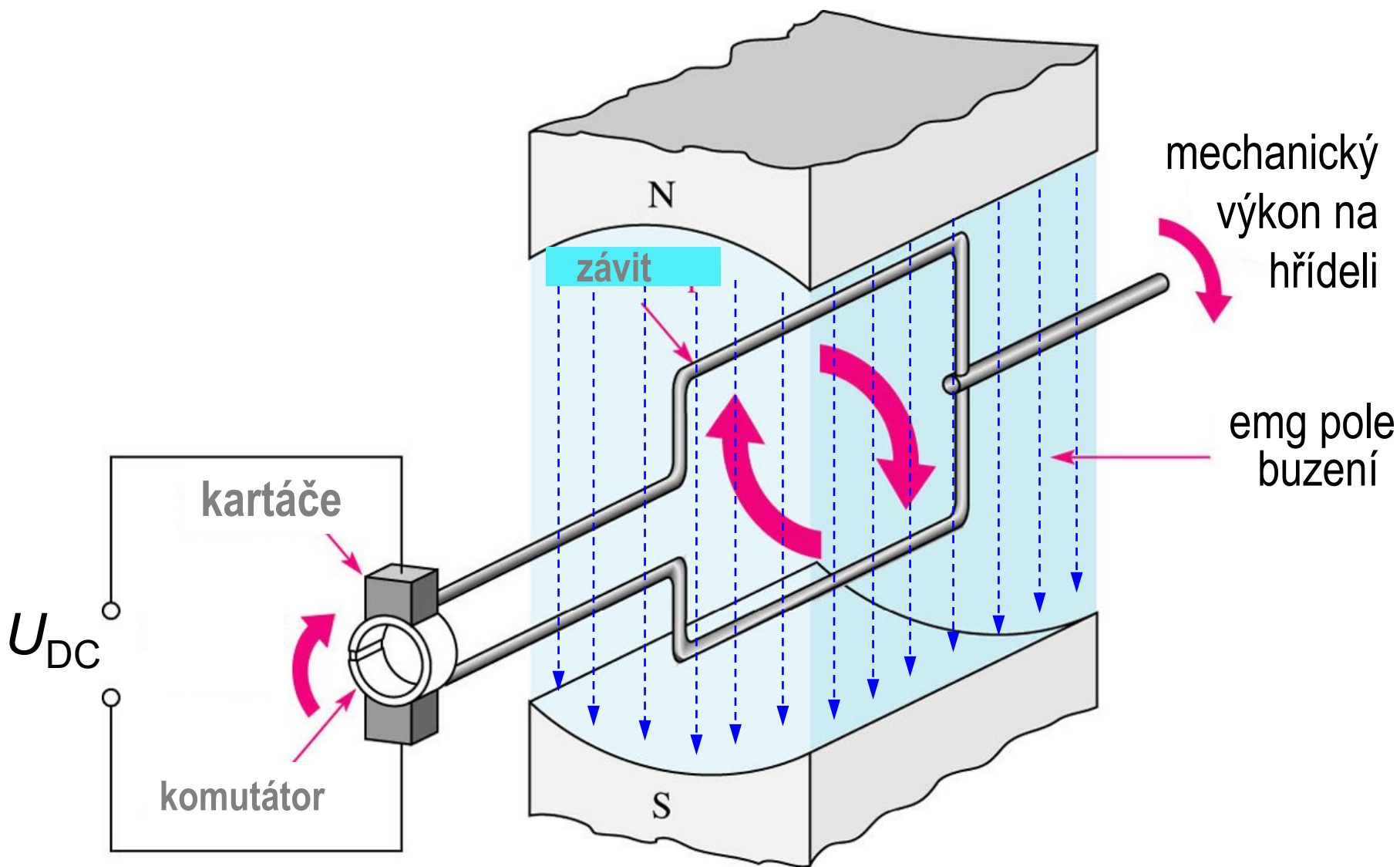
Klidový stav elektromagnetického relé



Aktivovaný stav elmag. relé

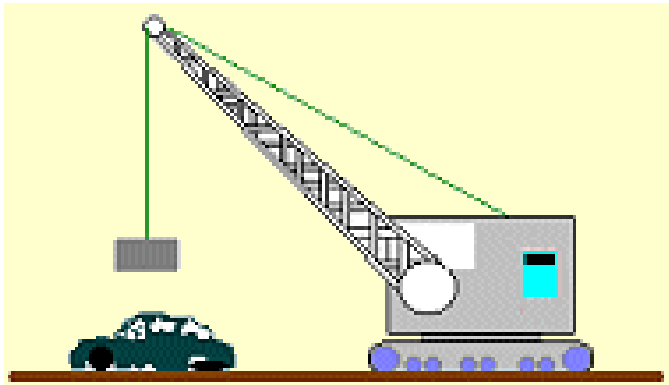


Základní princip činnosti elektromagnetického reproduktoru



**Emg. pole statoru (buzení) a vinutí (1 záv.) rotoru (kotvy)**  
**DC motoru**

# Elektromagnety



**Konec přednášky**