

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



**Střední odborná škola a Střední odborné učiliště,  
Hradec Králové, Vocelova 1338, příspěvková organizace**

**Registrační číslo projektu:**

CZ.1.07/1.5.00/34.0245

**Číslo DUM:**

VY\_32\_INOVACE\_08\_A\_09

**Tematická oblast:**

Elektrické přístroje

**Téma:**

Elektromagnety

**Autor:**

Ing. Jaromír Folvarčný

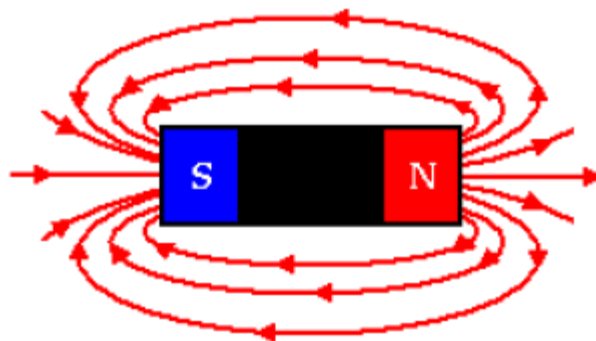
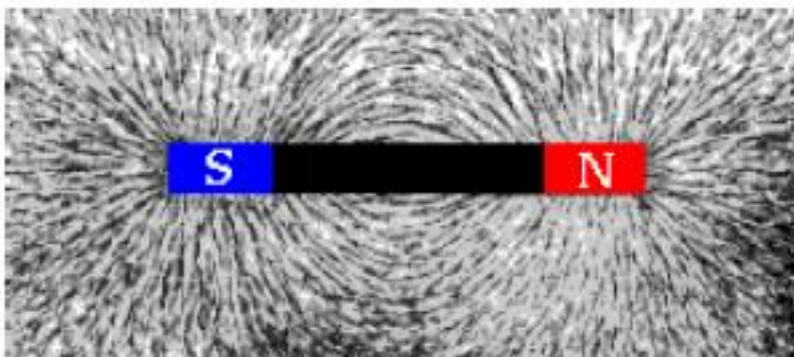
**Datum vytvoření:**

září 2012

# ELEKTROMAGNETY

## ➤ Magnety a jejich vlastnosti

- Prostor, v němž působí magnetické síly se nazývá magnetické pole. Průběh magnetického pole se znázorňuje magnetickými siločarami. Dohodou bylo stanoveno, že magnetické siločáry vystupují vždy ze severního pólu a vstupují do jižního pólu magnetu.

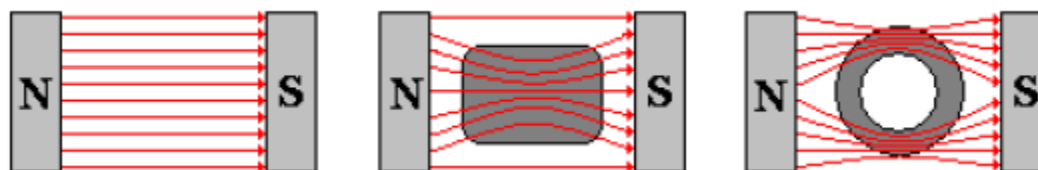


# ELEKTROMAGNETY



## ➤ Magnetické vlastnosti látek

- Látky, které magnetické pole mírně zeslabují se nazývají diamagnetické (měď, zlato, voda).
- Látky, které magnetické pole mírně zesilují se nazývají paramagnetické (hliník, kyslík).
- Látky, které magnetické pole silně zesilují se nazývají feromagnetické (železo, kobalt, nikl).



# ELEKTROMAGNETY



## ➤ Magnetické vlastnosti látek

- Magnetické vlastnosti látek se posuzují podle relativní permeability

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

Relativní permeabilita **feromagnetických látek** je velká, řádově  $10^2$  až  $10^5$ . **Ocel má  $\mu_r = 8\ 000$ .**

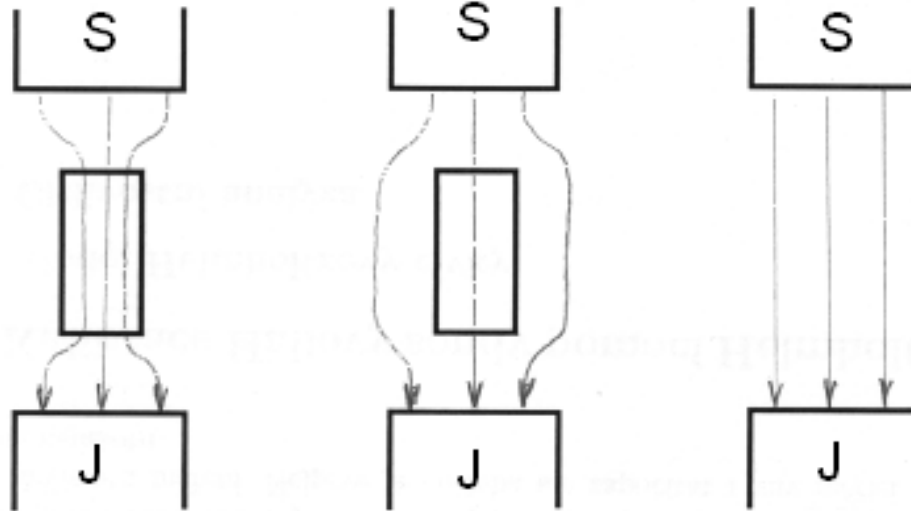
**Látky diamagnetické** mají relativní permeabilitu nepatrně menší než 1. **Měď má  $\mu_r = 0,999\ 99$ .**

**Paramagnetické látky** mají relativní permeabilitu nepatrně vyšší než 1. **Hliník má  $\mu_r = 1,000\ 022$ .**



# ELEKTROMAGNETY

## ➤ Magnetické vlastnosti látek



Vložíme materiál  
feromagnetický  
(např. železo)  
 $\mu_r \gg 1$

Vložíme materiál  
diamagnetický  
(např. měď)  
 $\mu_r < 1$

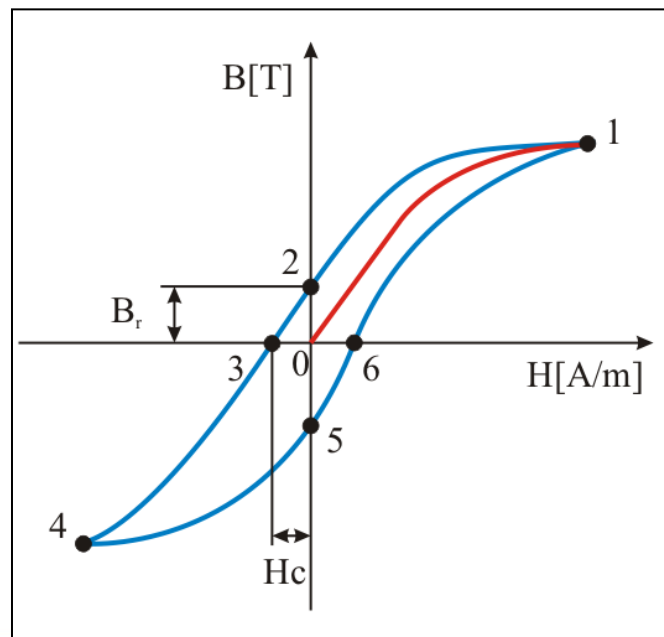
Prostředí je  
vzduch  
 $\mu_r = 1$



# ELEKTROMAGNETY

## ➤ Magnetické materiály

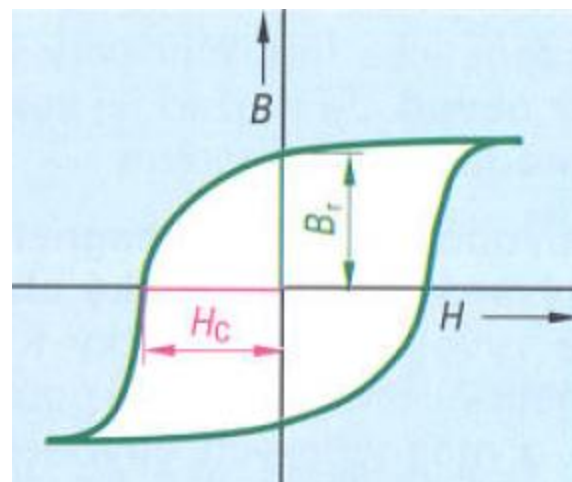
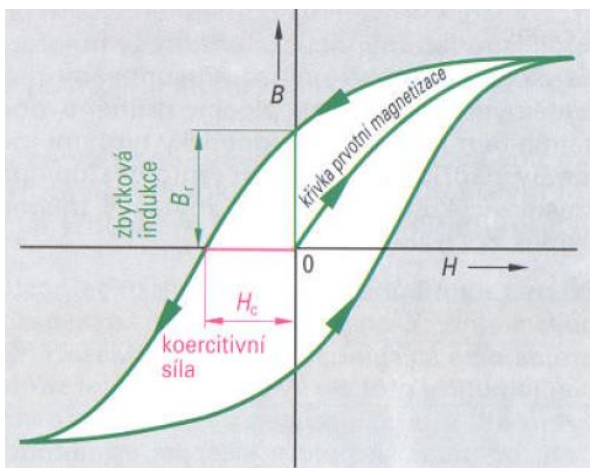
- **Magneticky měkké materiály** mají úzkou hysterezní smyčku (malou koerцитivitu a velkou relativní permeabilitu). Tyto vlastnosti má měkká ocel, křemíková ocel, šedá litina, permalloy, měkký ferit. Tyto materiály se používají pro výrobu relé, transformátorů, elektromagnetů.



# ELEKTROMAGNETY

## ➤ Magnetické materiály

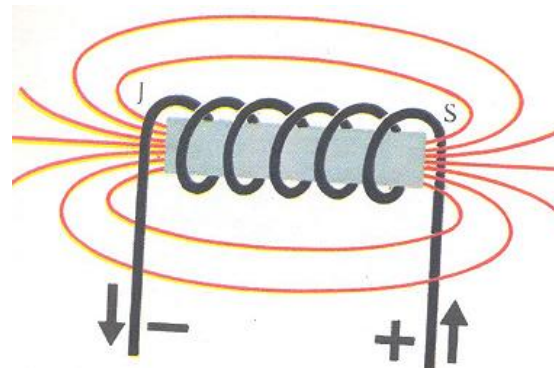
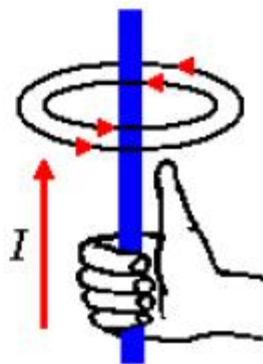
- **Magneticky tvrdé materiály** mají širokou hysterezní smyčku (velkou koercivitu a malou relativní permeabilitu). Tyto vlastnosti mají slitiny typu AlNi nebo AlNiCo nebo tvrdé ferity.



# ELEKTROMAGNETY

## ➤ Magnetické pole vytvářené elektrickým proudem

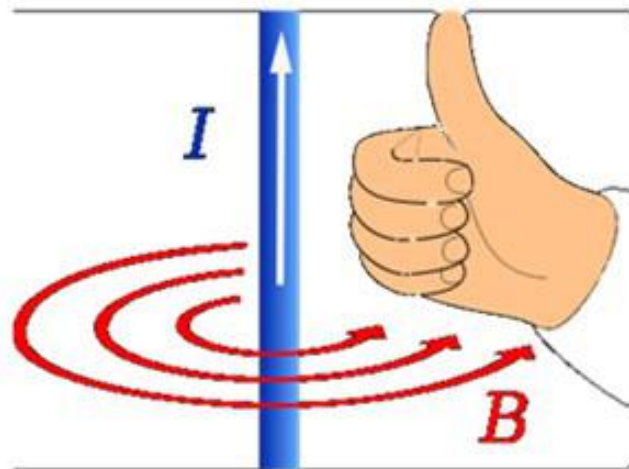
- Elektrický proud vytváří ve svém okolí magnetické pole, přičemž směr magnetických siločar závisí na směru elektrického proudu ve vodiči.



# ELEKTROMAGNETY



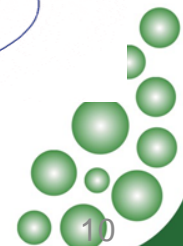
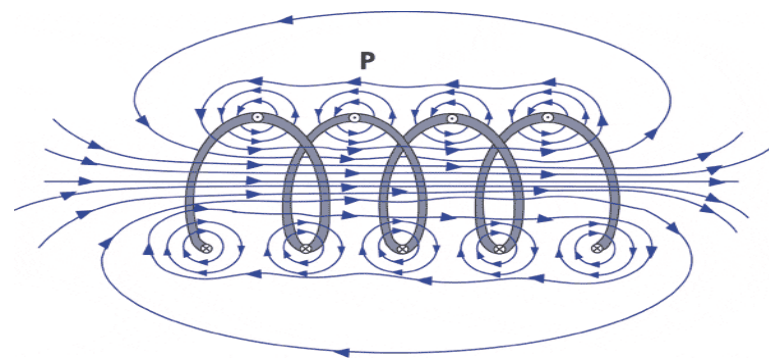
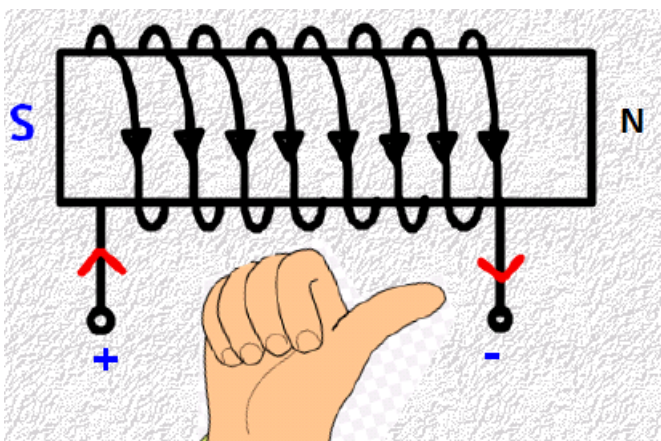
- **Směr magnetických siločar**
- Ampérovo pravidlo pravé ruky: Uchopíme-li vodič do pravé ruky tak, že natažený palec ukazuje směr proudu, pak ohnuté prsty ukazují směr magnetických siločar.



# ELEKTROMAGNETY

## ➤ Určení severního pólu cívky

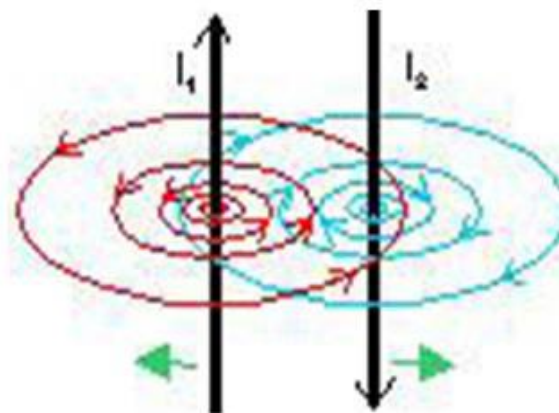
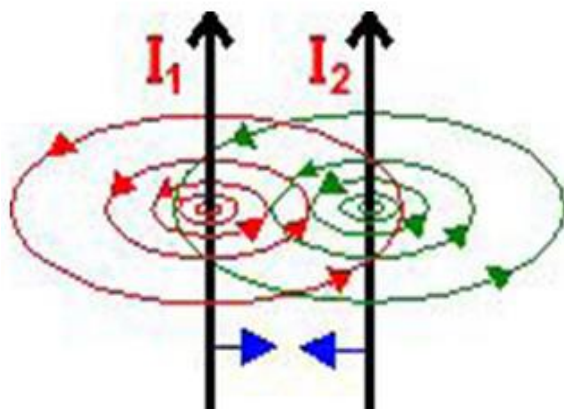
- Ampérovo pravidlo pravé ruky: Uchopíme-li cívku do pravé ruky, tak aby prsty ukazovaly směr proudu v závitech cívky, pak palec směřuje k severnímu pólu.



# ELEKTROMAGNETY



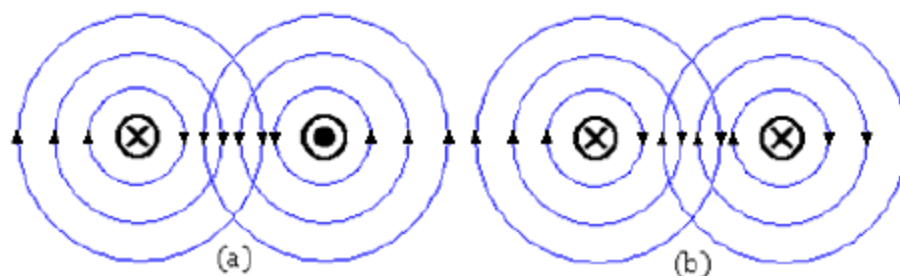
- **Magnetické pole vychyluje vodič , jímž prochází proud**
- Vzájemné působení vodičů určíme pomocí kombinace Ampérova pravidla pravé ruky pro vodič a Flemingova pravidla levé ruky.



# ELEKTROMAGNETY



- **Vznik přitažlivých nebo odpudivých sil mezi vodiči**
- **Dva vodiče , jimiž prochází proud stejným směrem se přitahují.**
- **Dva vodiče, jimiž prochází proud opačným směrem se odpuzují.**



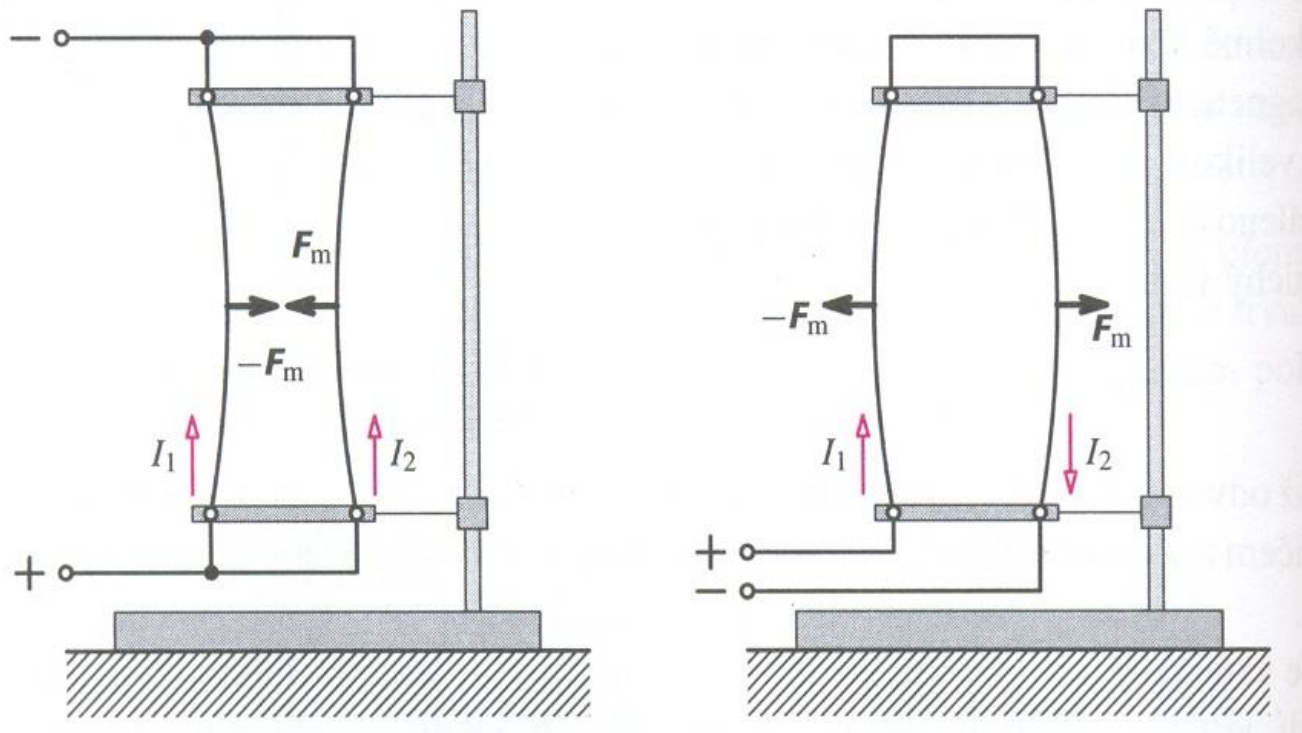
**Značky v obrázcích:**

- ⊙ elektrický proud směřuje před nákresnu, „teče směrem k nám“;
- ⊗ elektrický proud směřuje za nákresnu, „teče směrem od nás“.



# ELEKTROMAGNETY

- Magnetické pole vychyluje vodič , jímž prochází proud

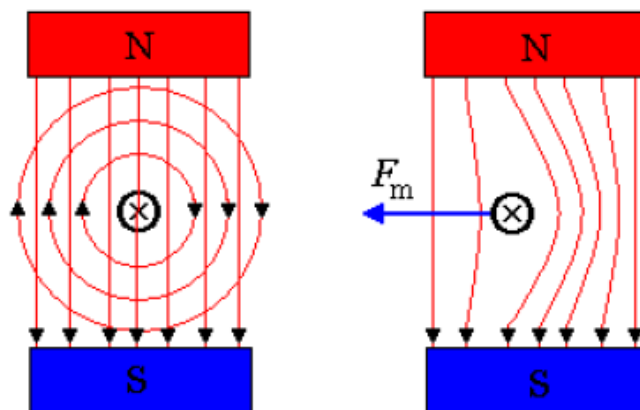


# ELEKTROMAGNETY



## ➤ Průběh siločar vodiče a magnetu

- Magnetické pole působí na vodič, jímž prochází proud tak, že jej vychyluje. Směr výchylky přitom závisí na směru proudu. K určení tohoto směru se používá pravidla levé ruky.

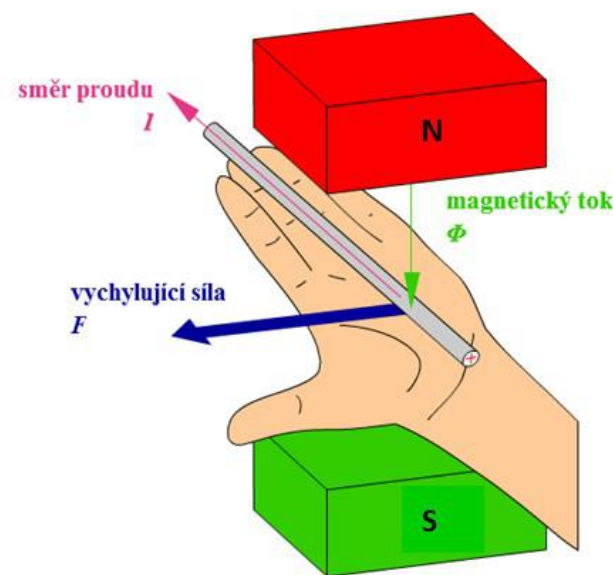
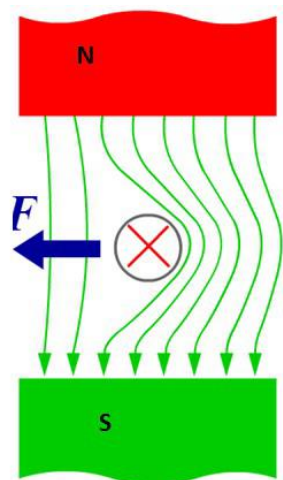


# ELEKTROMAGNETY



## ➤ Flemingovo pravidlo levé ruky

- Natočíme – li otevřenou levou ruku tak, aby siločáry vstupovaly do dlaně a prsty ukazovaly směr proudu procházejícího vodičem, pak palec ukazuje směr pohybu vodiče.



# ELEKTROMAGNETY

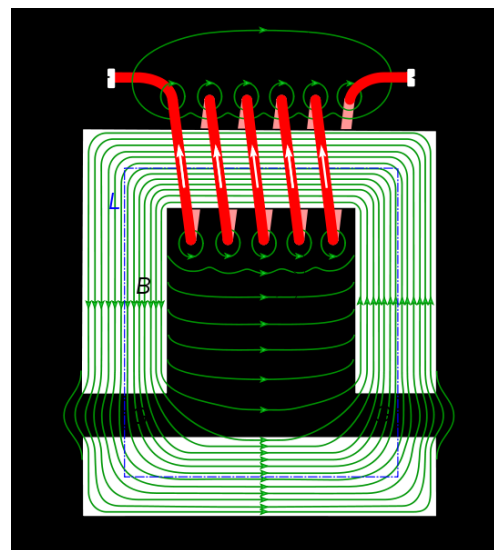


## ➤ Elektromagnety

- elektromagnet je cívka s jádrem z magneticky měkké oceli, která využívá silových účinků magnetického pole
- princip spočívá v přeměně energie elektromagnetického pole na energii mechanickou

Hlavní části:

- \* pevné jádro
- \* pohyblivá kotva
- \* cívka



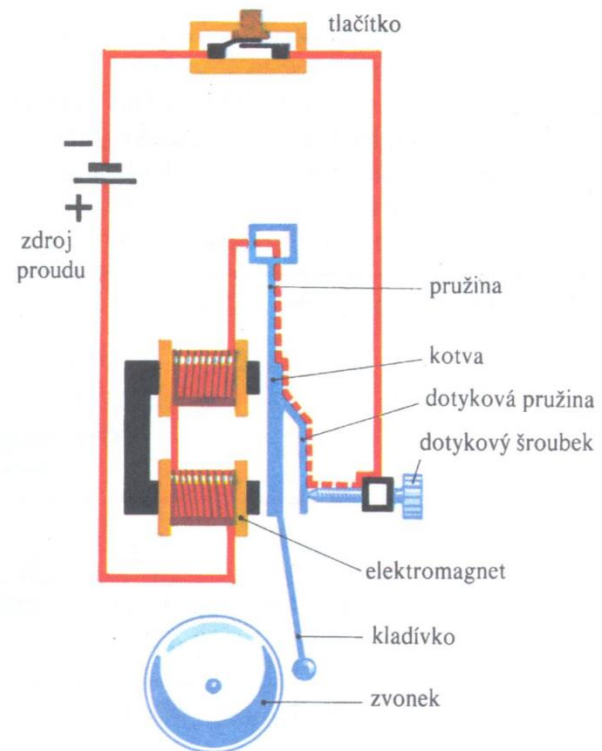
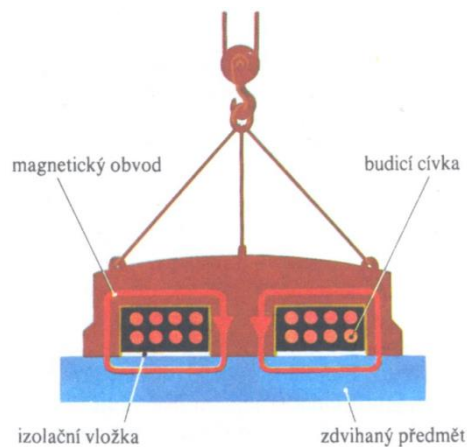
# ELEKTROMAGNETY

## ➤ Rozdělení elektromagnetů

A) Podle funkce:

**1. Ovládací elektromagnety**

**2. Zdvíhací elektromagnety**



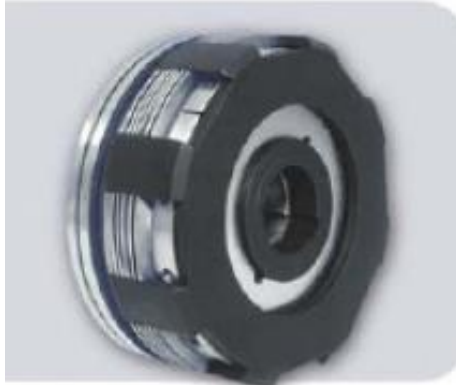
# ELEKTROMAGNETY



## ➤ Rozdělení elektromagnetů

- Podle funkce:

**3. Elektromagneticky řízené spojky a brzdy** – přenášejí točivý moment a jsou charakteristické rychlým náběhem točivého momentu při zapnutí a malým zbytkovým momentem při vypnutí.



Lamelová spojka



Zubová spojka



# ELEKTROMAGNETY



## ➤ Rozdělení elektromagnetů

- Podle funkce:

**4. Přídržné elektromagnety** – slouží k pevnému upínání feromagnetických materiálů. Vyznačují se minimálními zdvihy a velkou přitažlivou silou. Mohou být doplněny trvalým magnetem, pak pracují inverzně. Při přivedení na cívku je přitažlivá síla nulová. Výhodou je nižší spotřeba a bezpečnost při výpadku.

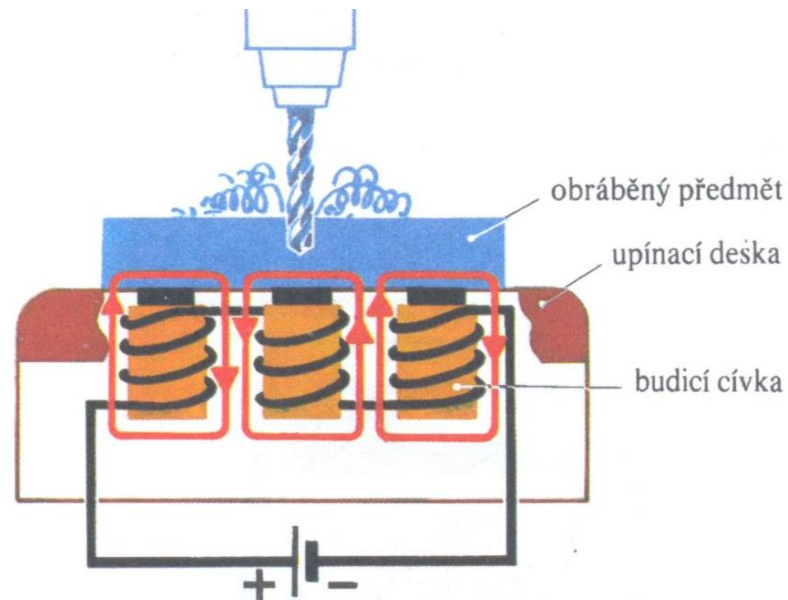


# ELEKTROMAGNETY

## ➤ Rozdělení elektromagnetů

- Podle funkce:

**4. Přídržné elektromagnety** – magnetické upínání ocelových předmětů při obrábění



# ELEKTROMAGNETY



## ➤ Rozdělení elektromagnetů

### B) Podle napětí:

**1. Stejnoseměrné elektromagnety** – kotva nemusí dosedat do koncové polohy (velikost proudu je konstantní), velká hustota spínání, nejsou vibrace (zejména při nedostatečném dosednutí), pomalejší přítah a odpad, menší přitažlivá síla.

**2. Střídavé elektromagnety** – rychlejší přítah, kotva musí dosedat (velikost proudu je dána vzduchovou mezerou), vyšší přitahovací proud než přídržný  $\Rightarrow$  oteplení při častém spínání, možnost vibrací, zvýšená hlučnost .

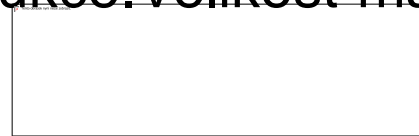


# ELEKTROMAGNETY



## ➤ Magnetická indukce

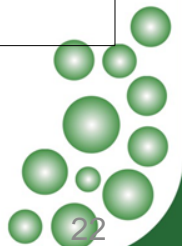
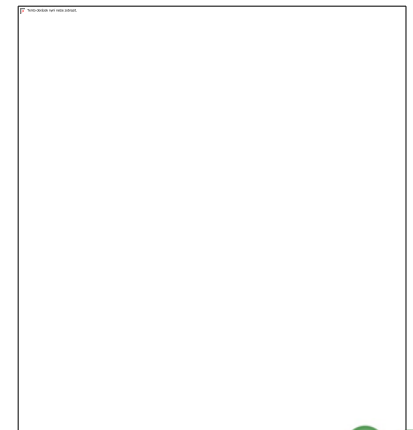
➤ Magnetické pole charakterizuje vektorová veličina  $B$ : magnetická indukce. Velikost magnetické indukce je určena vztahem:



➤ Jednotkou magnetické indukce je tesla. (T)

➤ Intenzita magnetického pole v okolí vodiče

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad [A/m]$$

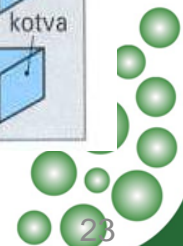
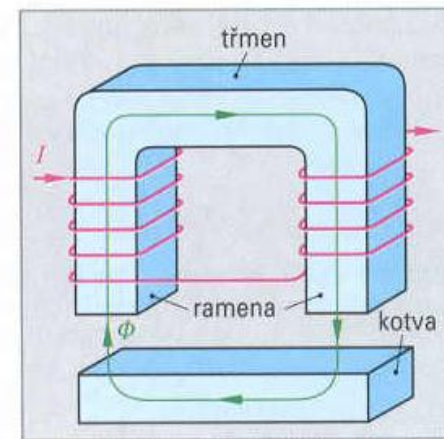
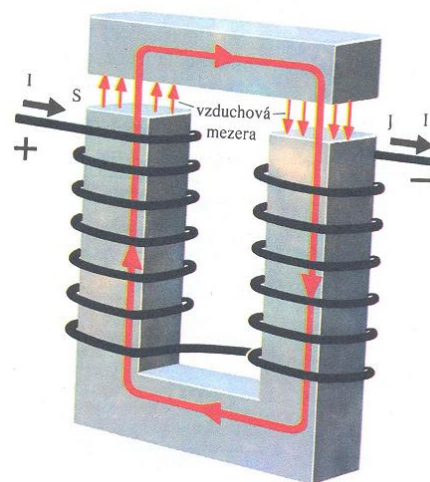
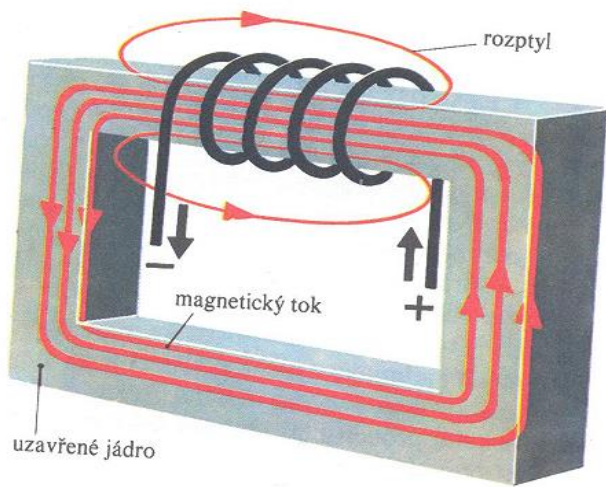


# ELEKTROMAGNETY



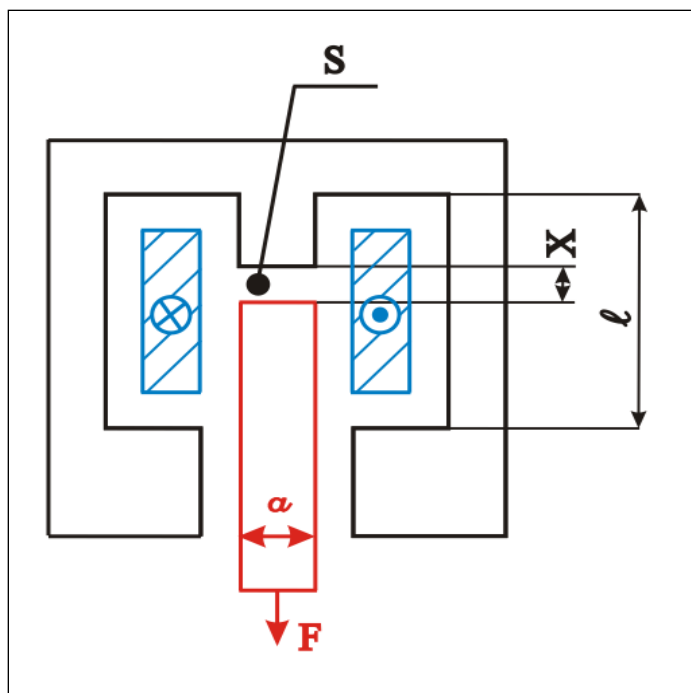
## ➤ Uzavřený a otevřený magnetický obvod

- V otevřeném magnetickém obvodu se magnetický tok zeslabí podle velikosti vzduchové mezery, ale nezanikne, protože i vzduch je magneticky vodivý, a bude protékat mezerou od severního pólu k jižnímu.



# ELEKTROMAGNETY

## ➤ Přitažlivá síla stejnosměrného magnetu



x.....zdvih el.magnetu

S.....dosedací plocha

d.....průměr kotvy

$O_{\delta}$  .....objem vzduchové mezeře

$$O_{\delta} = S \cdot x$$

1) Energie ve vzduchové mezeře

$$W_{m_{\delta}} = \frac{1}{2} \cdot H_{\delta} \cdot B_{\delta} \cdot O_{\delta}$$



# ELEKTROMAGNETY



## ➤ Přitažlivá síla stejnosměrného magnetu

➤ 2) 
$$H_{\delta} = \frac{B_{\delta}}{\mu_0 \cdot 1} \Rightarrow$$

➤ 3) 
$$W_{m_{\delta}} = \frac{1}{2} \frac{B_{\delta}^2 \cdot S \cdot x}{\mu_0}$$

- Pohybem kotvy se koná práce, která se za předpokladu, že při zdvihu o  $dx$  zůstává  $f_i = \text{konstantní}$ , rovná úbytku energie magnetického pole:

$$F \cdot dx = dW_{m_{\delta}} = \frac{B_{\delta}^2 \cdot S}{2\mu_0} \cdot dx$$

$$F = \frac{B_{\delta}^2 \cdot S}{2\mu_0} \quad \left[ N; T, m^2, \frac{H}{m} \right]$$



# ELEKTROMAGNETY



## ➤ OPAKOVÁNÍ:

1) Co jsou diamagnetické, paramagnetické a feromagnetické látky?

.....

2) Charakterizujte magneticky měkké a magneticky tvrdé materiály.

.....

3) Vysvětlete vznik přitažlivých a odpuzivých sil mezi vodiči, kterými prochází elektrický proud.

.....



# ELEKTROMAGNETY



## ➤ OPAKOVÁNÍ:

4) **Vodič, kterým prochází elektrický proud, je umístěn v magnetickém poli permanentního magnetu. Určete průběh magnetických siločar.**

.....

5) **Co je elektromagnet?**

.....

6) **Proveďte rozdělení elektromagnetů a uveďte příklady jejich použití.**

.....

7) **Vyjádřete přitažlivou sílu stejnosměrného magnetu.**

.....



# Použité zdroje



- TKOTZ, Klaus a kol. *PŘÍRUČKA PRO ELEKTROTECHNIKA*. Praha: Europa-Sobotáles cz, s.r.o., 2006, ISBN 80-86706-13-3.
- OPAVA, Zdeněk: *ELEKTŘINA KOLEM NÁS*. Praha: Albatros 1985.
- Lepil, O., Šedivý, P.: *ELEKTŘINA A MAGNETISMUS*. Praha: Prometheus, s.r.o., 2006, ISBN 80-7196-202-3.
- <http://www.cez.cz/cs/vyzkum-a-vzdelavani/pro-studenty/materialy-ke-studiu/tiskoviny.html>

