

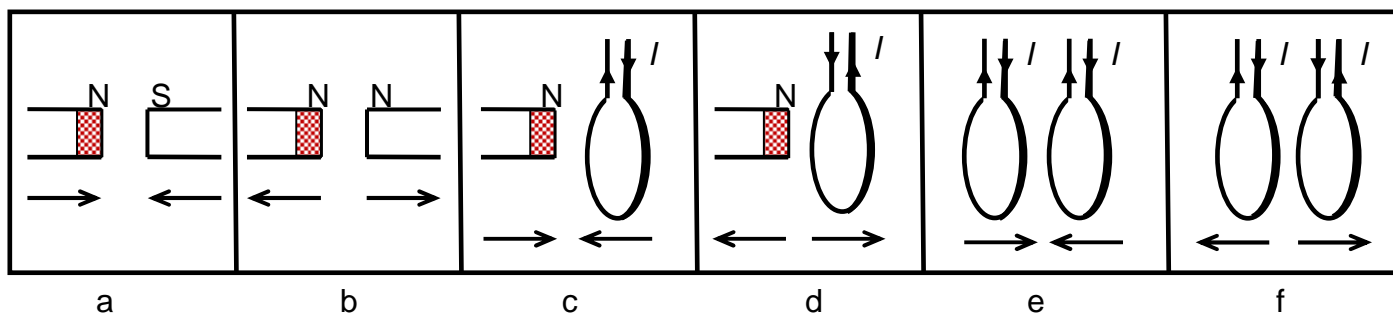
MAGNETICKÉ POLE

1. Stacionární magnetické pole

je část prostoru, kde se veličiny popisující magnetické pole nemění s časem. Vzniká v blízkosti

- stacionárních vodičů nebo cívek se stálými proudy
- stacionárních permanentních magnetů (obvykle feritů)

síly působící mezi různými magnetickými poli:



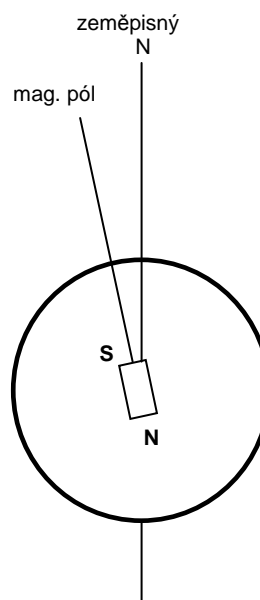
magnetická indukční čára je uzavřená prostorová orientovaná křivka, jejíž tečna v daném bodě má směr osy velmi malé magnetky umístěné v tomto bodě. Orientace:

- od N k S pólu permanentního magnetu

Načrtni magnetické indukční čáry:



Tyčový magnet



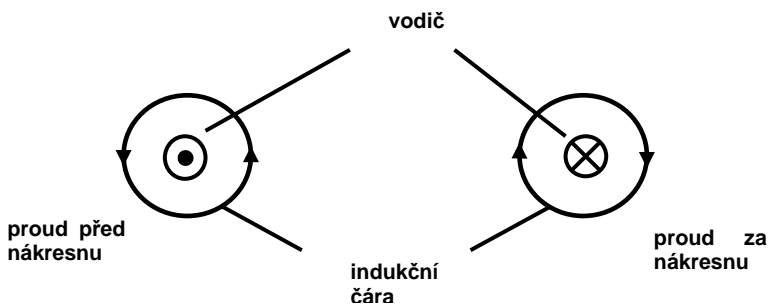
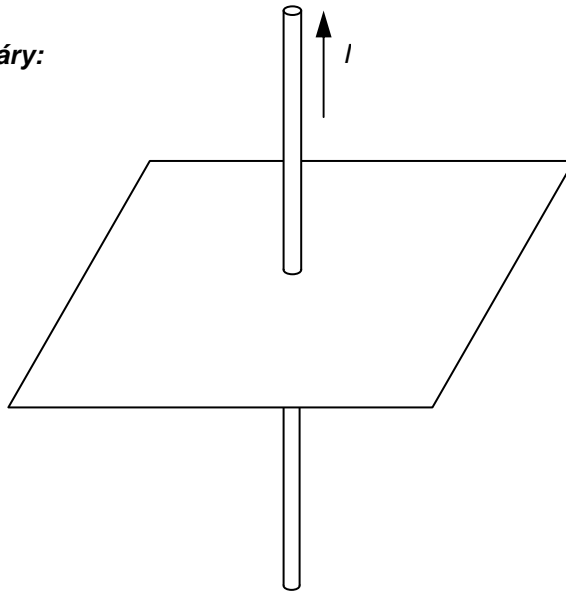
Magnetické pole Země

- **pro přímý vodič:**

Ampérovo pravidlo pravé ruky: palec ukazuje dohodnutý směr proudu ve vodiči, prsty ukazují orientaci magnetických indukčních čar

pravidlo pravotočivého šroubu:
(viz doplňující materiály): pokud se pravotočivý šroub pohybuje ve směru proudu, pak směr rotace šroubu udává orientaci magnetických indukčních čar

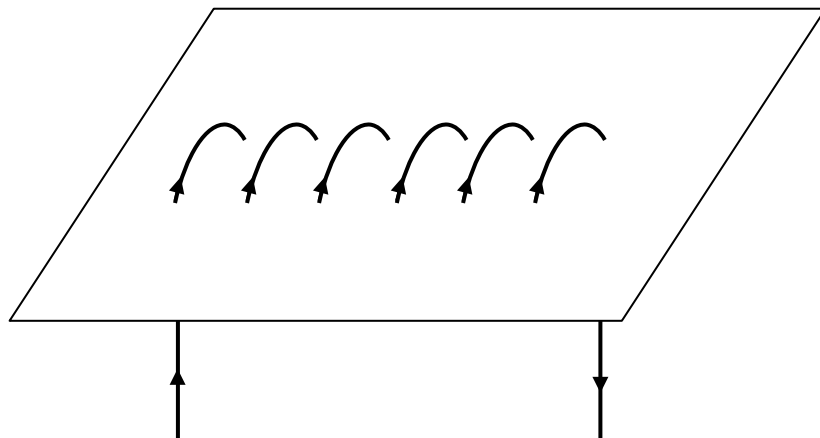
Načrtni magnetické indukční čáry:



- **pro cívku:**

Ampérovo pravidlo pravé ruky: cívku uchopíme tak, aby prsty ukazovaly ve směru dohodnutého proudu, pak palec ukazuje severní pól

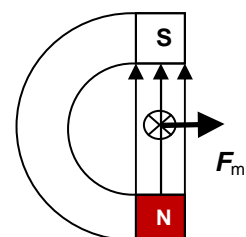
Načrtni magnetické indukční čáry:



2. Magnetická síla působící na vodič v magnetickém poli

- pokud umístíme magnet do vnějšího magnetického pole, bude na něj působit magnetická síla
- vodič, kterým prochází elektrický proud, je obklopen magnetickým polem \Rightarrow chová se jako „magnet“

pokud ho vložíme do vnějšího magnetického pole, bude na něj působit magnetická síla



- Flemingovo pravidlo levé ruky: když je směr vodiče \perp k indukčním čarám

CZ:
 indukční čáry směřují do dlaně
 prsty ukazují směr proudu ve vodiči
 palec ukazuje směr působící síly F_m

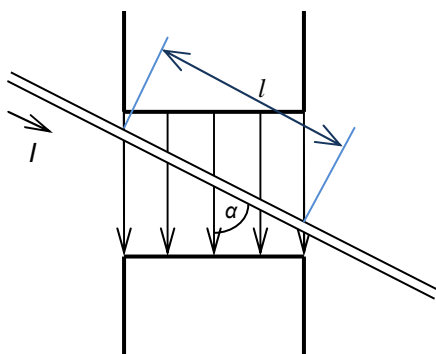
E:
 ukazováček ve směru pole
 prostředníček ve směru proudu
 palec ukazuje směr působící síly

(viz doplňující materiály)

3. Magnetická indukce (\vec{B})

vyjadřuje „sílu“ magnetického pole

(viz doplňující materiály):



- $F_m \propto l, I, B, \alpha$

$$F_m = BIl \sin \alpha$$

$F_m = BIl$... pro vodič \perp k magnetickým indukčním čarám

$$B = \frac{F_m}{Il}$$

$$[B] = \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}} = \text{T (tesla)}$$

Otázky:

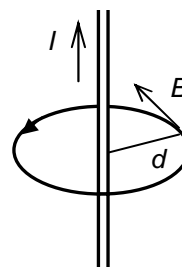
L5/251-259, 262, x263-5

4. Magnetické pole dvou rovnoběžných vodičů s proudem

- \vec{B} blízko přímého vodiče

velikost: $B = \mu \frac{I}{2\pi d}$

směr: tečna k indukční čáře



- μ ... permeabilita prostředí kolem vodiče, materiálová konstanta
 $\mu = \mu_r \mu_0$

μ_r ... relativní permeabilita – v tabulkách

μ_0 ... permeabilita vakua

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$$

- **magnetické pole dvou vodičů**

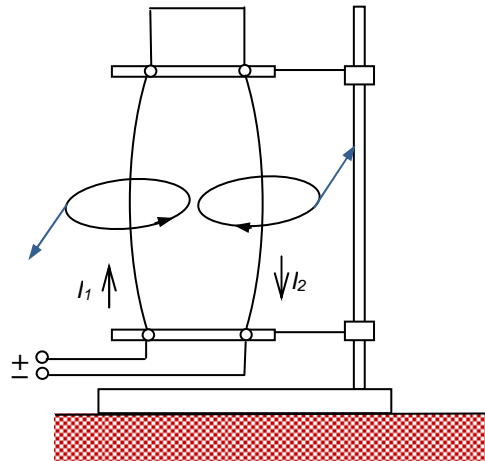
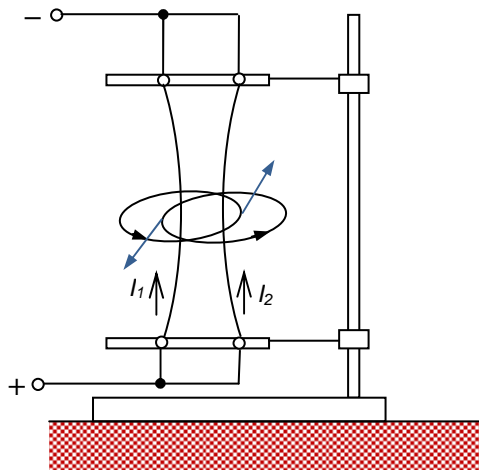
$$\text{velikost: } F_m = Bl_2l = \mu \frac{I_1}{2\pi d} I_2l$$

$$\text{velikost: } F_m = \frac{\mu}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{d} l$$

vodiče se přitahují, pokud I_1, I_2 mají stejný směr

vodiče se odpuzují, pokud I_1, I_2 mají opačný směr

Dokonči obrázky (vyznač magnetickou indukci, zakresli síly):

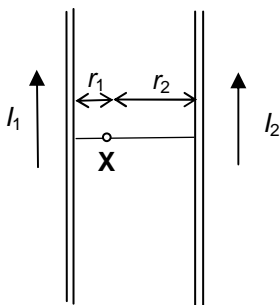


Definice 1 A: Ampér je stálý proud, který při průchodu dvěma přímými rovnoběžnými ∞ dlouhými vodiči zanedbatelného průřezu umístěnými ve vakuu ve vzdálenosti 1 m od sebe vyvolá mezi vodiči sílu 2×10^{-7} N na 1 m vodiče.

Otázky:

1. Určete velikost a směr magnetické indukce v bodě X (viz obrázek).

$I_1 = 50 \text{ A}$, $I_2 = 10 \text{ A}$, $r_1 = 5 \text{ cm}$, $r_2 = 15 \text{ cm}$, permeabilita vakua je $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-1}$.

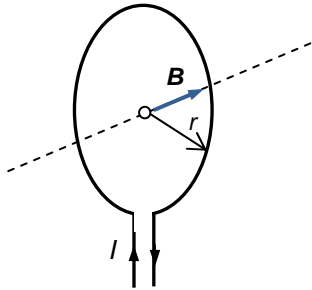


5. Magnetické pole cívky

- směr – tečna k indukční čáře
- velikost uprostřed:

jednoduchého závitů

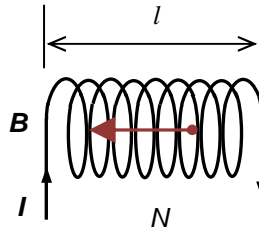
$$B = \frac{\mu I}{2r}$$



dlouhého solenoidu nebo toroidu

$$B = \frac{\mu NI}{l}$$

N ... počet závitů hustota závitů ... $\frac{N}{l}$

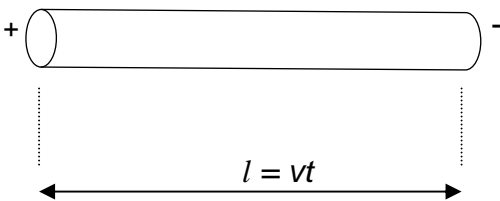


Otázky:

2. Solenoid má 500 hustě navinutých závitů a délku 40 cm. Relativní permeabilita železného jádra je 1200 a cívkou prochází proud 0,1 A. Určete B uprostřed solenoidu s jádrem i bez jádra.

L5/267-271

6. Částice s nábojem v magnetickém poli



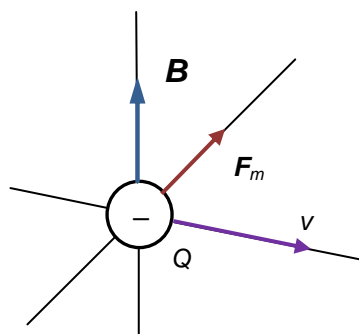
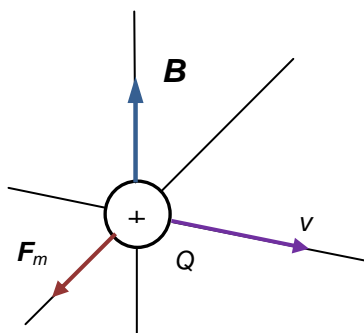
$$l = \frac{Q}{t} = \frac{Ne}{l} = \frac{Nev}{l}$$

pokud je vodič \perp k \vec{B} , velikost síly působící na N volných elektronů: $F_m = BIl = BNe v$

velikost síly působící na JEDEN elektron $\vec{v} \perp \vec{B}$: $F_m = Bev$

velikost síly působící na pohybující se náboj q , $\vec{v} \perp \vec{B}$: $F_m = Bqv$

směr síly: Flemingovo pravidlo levé ruky (platí pro + náboj!!!)



trajektorie částice

$\vec{v} \perp \vec{B}$... kružnice, když je pole dostatečně velké, pokud není – pouze část kružnice
 \vec{v} není $\perp \vec{B}$... šroubovice

$$F_m = F_d$$

$$Bev = \frac{mv^2}{r}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{Br}$$

Wehneltova trubice
(viz doplňující materiály)

Lorentzova síla: Jestliže se částice s nábojem pohybuje současně v elektrickém a magnetickém poli, působí na ni jak síla elektrická, tak síla magnetická. Výslednicí obou těchto sil je Lorentzova síla, která určuje směr a druh pohybu částice.

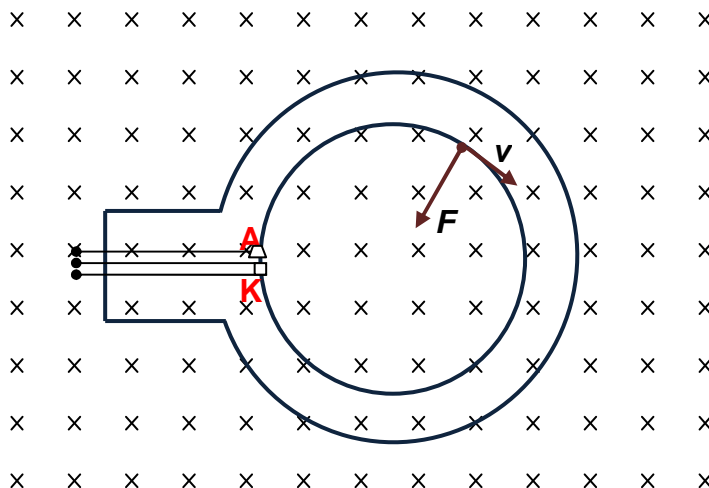
$$\mathbf{F}_L = \mathbf{F}_e + \mathbf{F}_m$$

Otázky:

3. Elektron vstupuje do homogenního magnetického pole o indukci $B = 2.5 \times 10^{-3} \text{ T}$ rychlostí $v = 10^6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ kolmo k indukčním čarám. Najděte poloměr kruhové trajektorie elektronu.

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}, m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

Potom spočítejte poloměr trajektorie částice α , jejíž náboj je $2e$ a hmotnost $6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.



4. Osu solenoidu, který má 1000 závitů a délku 0,1 m, umístíme rovnoběžně s indukčními čarami zemského magnetického pole. Uprostřed naměříme indukci $70 \mu\text{T}$. Spočítejte, jak velký proud by musel touto cívkou procházet, aby se uvnitř vytvořilo stejně silné magnetické pole, jako je v tomto místě magnetické pole Země. Permeabilitu vakua uvažujte $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N}\cdot\text{A}^{-1}$.

L5/272-284

7. Magnetické vlastnosti látek

Magnetické vlastnosti různých látek jsou určeny jejich relativní permeabilitou μ_r . Velká relativní permeabilita znamená, že látka značně zesiluje vnější magnetické pole. Takové materiály mohou být použity např. jako jádra elektromagnetů (elektromagnet bude μ_r -krát „silnější“).

- **diamagnetické látky**

- μ_r je nepatrně menší než 1 (např. 0.99999), takže mírně zeslabují vnější magnetické pole (ve srovnání s vakuem)
- vzácné plyny, zlato, měď, rtuť, ...

• **paramagnetické látky**

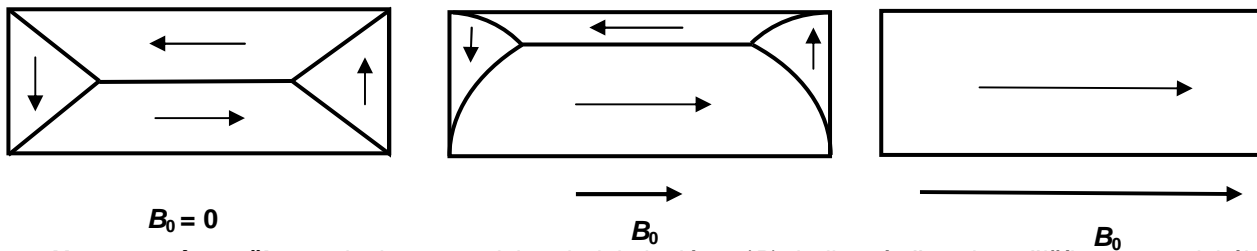
- μ_r je nepatrně větší než 1 (např. 1.000023 pro Al), takže mírně zesilují vnější magnetické pole
- sodík, draslík, hliník, ...

• **feromagnetické látky**

- μ_r od asi 100 do 100 000, takže značně zesilují vnější magnetické pole
-
- **magneticky měkké materiály** – magnetické vlastnosti zanikají, pokud dojde k odstranění nebo rychlé změně vnějšího magnetického pole. Používány např. při výrobě jader elektromagnetů.
- **magneticky tvrdé materiály** – je mnohem obtížnější zmagnetizovat, ale udrží si své magnetické vlastnosti, i když je vyjmeme z vnějšího magnetického pole, např. ferity – vyrobeny z oxidu železa kombinovaného s oxidy jiných kovů (Mn, Ba), užití – permanentní magnety
- mají tuto vlastnost pouze v krystalickém, ne v kapalném ani amorfním stavu. Když jejich teplota překročí tzv. Curieovu teplotu (materiálová konstanta, pro Fe 770 °C), stávají se paramagnetickými

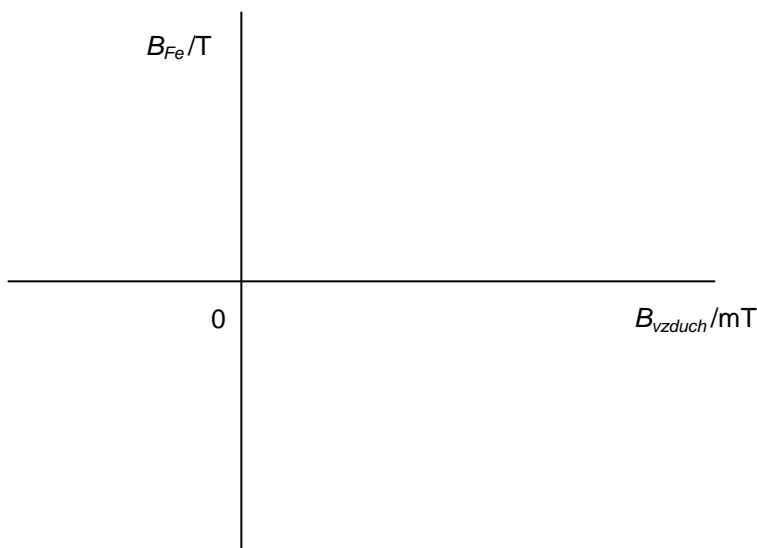
Teorie domén

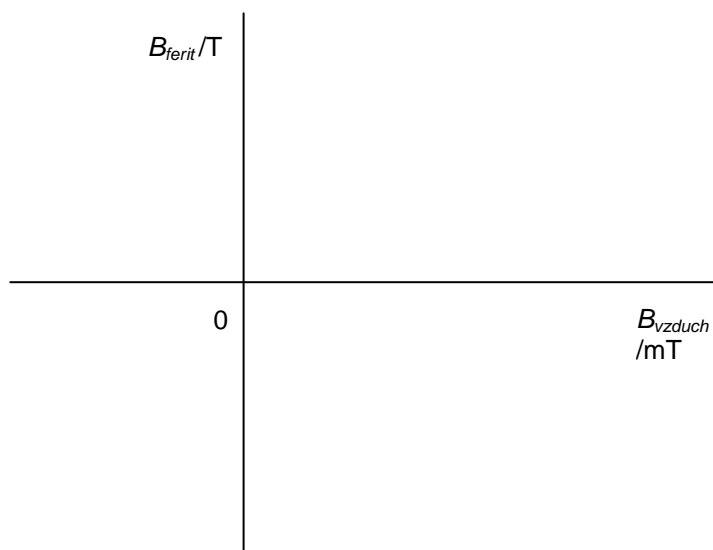
Magnetické domény se formují spontánně uvnitř materiálu – objem asi od 10^{-3} mm^3 do 10 mm^3 . V rámci těchto domén se elektrony souhlasně uspořádají – „maličké magnety“. Působením vnějšího magnetického pole se domény začnou orientovat souhlasně. S rostoucí indukcí se stále více domén orientuje souhlasně, dokud nejsou uspořádány všechny. Tento stav nazýváme magnetické nasycení (látka je magneticky nasycena).



Hysterezní smyčka popisuje magnetickou indukci v látce (B), je-li umístěna do vnějšího magnetického pole (B_0). Plocha uvnitř smyčky je přímo úměrná energii, která se spotřebuje na jeden „cyklus magnetizace a demagnetizace“ – během procesu vzniká teplo.

Zakresli obrázek hysterezní smyčky do souřadnicového systému:





8. Použití elektromagnetů

Načrtni obrázky podle doplňujících materiálů:

relé

galvanometr



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

reproduktor

Otázky:

L5/287-290

Odpovědi:

1. $187 \mu\text{T}$
2. $0,189 \text{ T}$, $1,57 \times 10^{-4} \text{ T}$
3. $2,27 \text{ mm}$, $7,49 \text{ m}$
4. $5,6 \times 10^{-3} \text{ A}$