

7. STACIONÁRNÍ MAGNETICKÉ POLE

magnet – trvale, nebo dočasně zmagnetizované těleso, které je zdrojem magnetického pole

○ přírodní = **magnetovec**

○ umělé = ferity

na bázi vzácných zemin:

- *Neodymové magnety (NdFeB) nejsilnější typy*

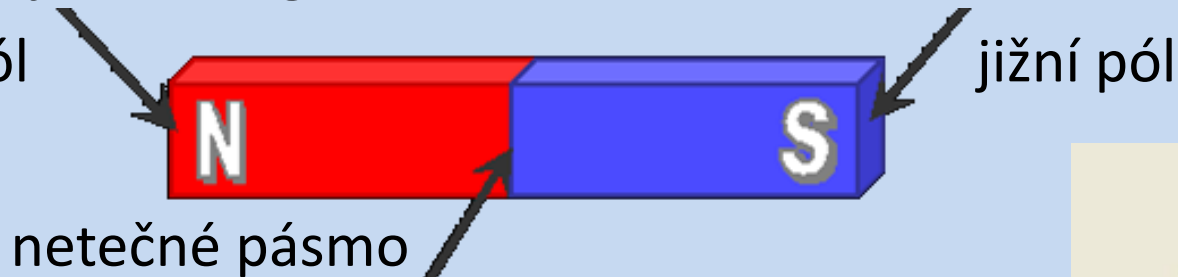
- *Samarium-kobaltové magnety (SmCo)*

(magneticky vzácné zeminy)

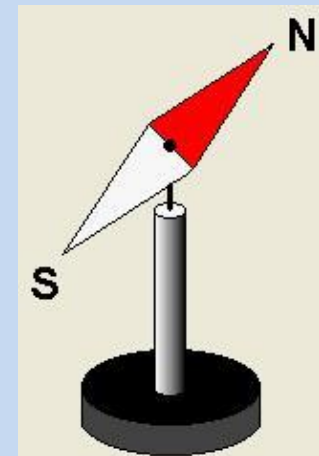
○ látky reagující na magnet

Fe, Ni, Co

severní pól



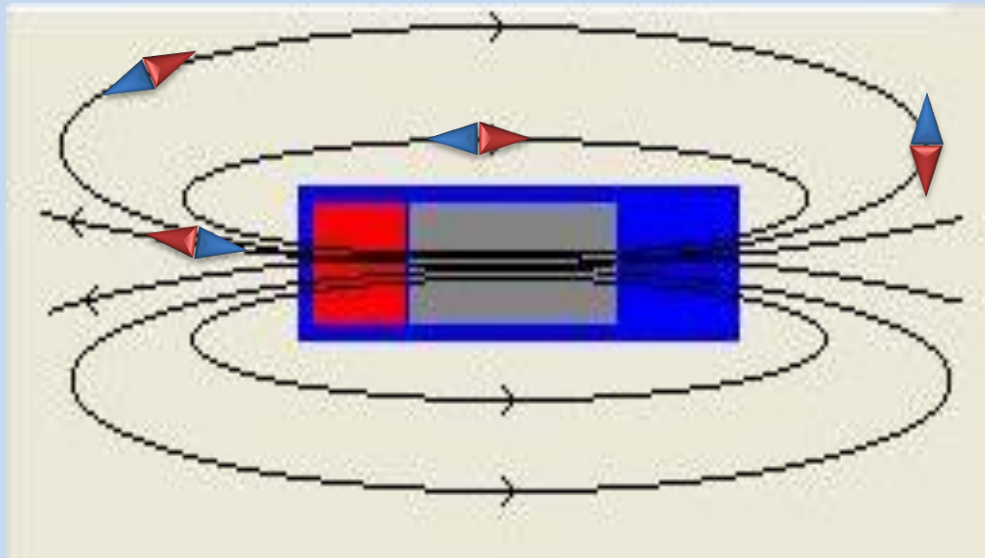
○ **magnetka** – malý trvalý magnet otáčivý kolem svislé osy (kompas)



Magnetické pole znázorňují magnetické indukční čáry...

prostorové, orientované křivky, jejíž tečny mají v daném bodě směr podélné osy malé magnetky umístěné v tomto bodě.

- Severní pól magnetky určuje orientaci mag. indukční čáry.
- Vně magnetu jsou indukční čáry orientovány od severního pólu k jižnímu, uvnitř magnetu naopak.





- Do roku 1820 byl magnetismus považován za samostatný jev.

Oerstedův pokus

- *Hans Christian Oersted (Dán)* si všimnul, že se magnetka vychýlila, byla-li v blízkosti vodiče s proudem.

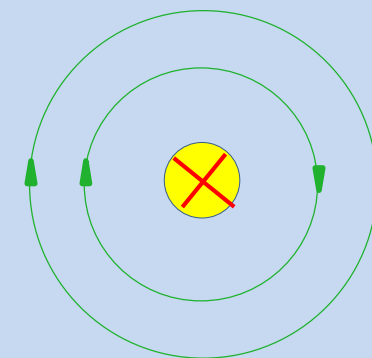
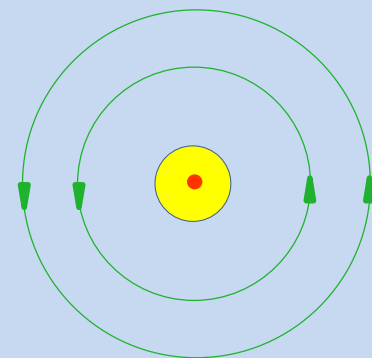
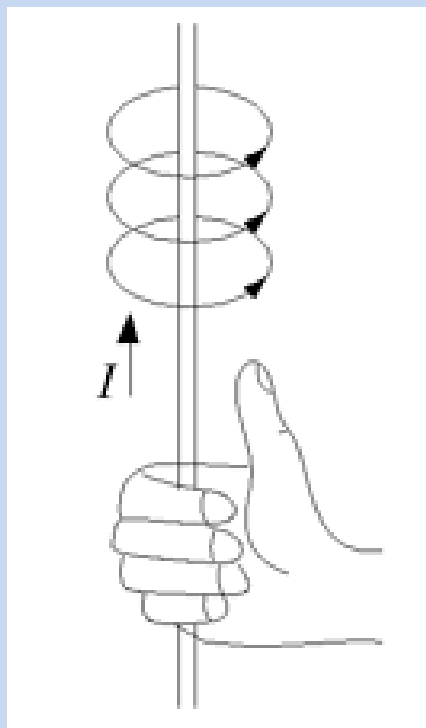
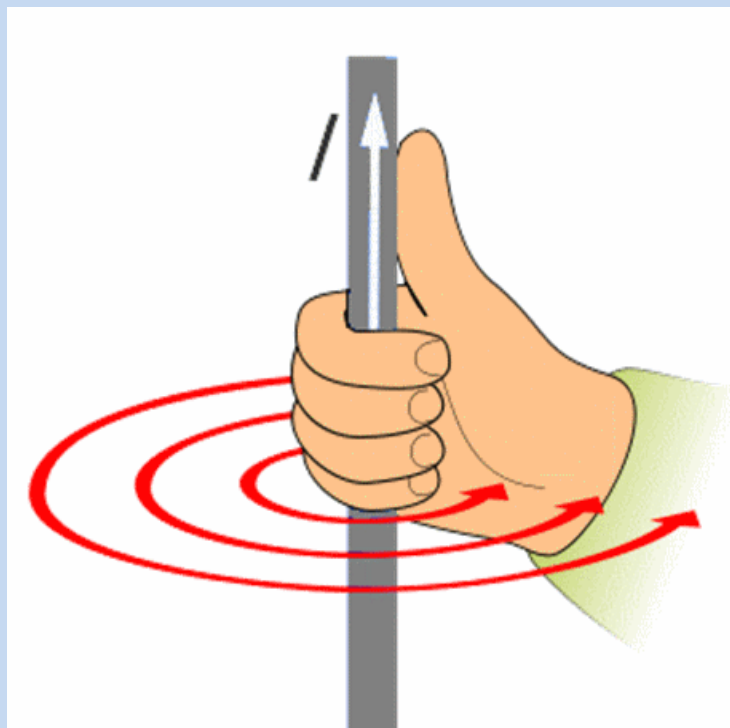
Obr. 1. Oerstedův pokus

- **magnetické pole**
 - se projevuje silovými účinky (přitažlivými – odpuzivými)
 - existuje v okolí
 - permanentních magnetů
 - vodičů s proudem
 - pohybujících se elektricky nabitých částic
- **Stacionární magnetické pole (SMP)**
- je magnetické pole, jehož veličiny, (které ho popisují), se nemění s časem.
- **zdrojem SMP je**
 - nepohybující se vodič s konstantním proudem
 - nepohybující se permanentní magnet
(pohyb je relativní...)
- **magnetickými silami** na sebe působí:
 - permanentní magnety
 - permanentní magnet a vodič s proudem
 - vodiče s proudem navzájem

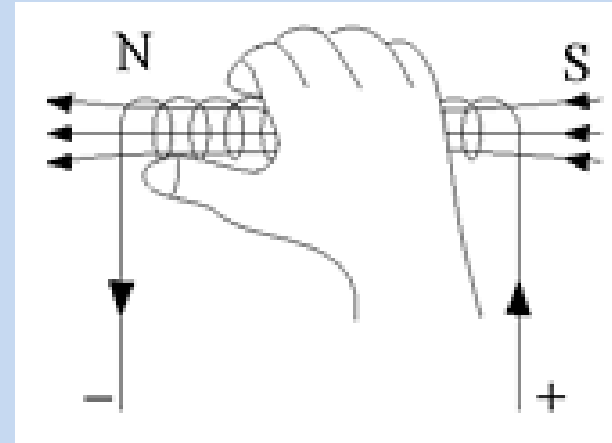
7. 1. MAGNETICKÉ POLE VODIČE S PROUDEM

Ampérovo pravidlo pravé ruky

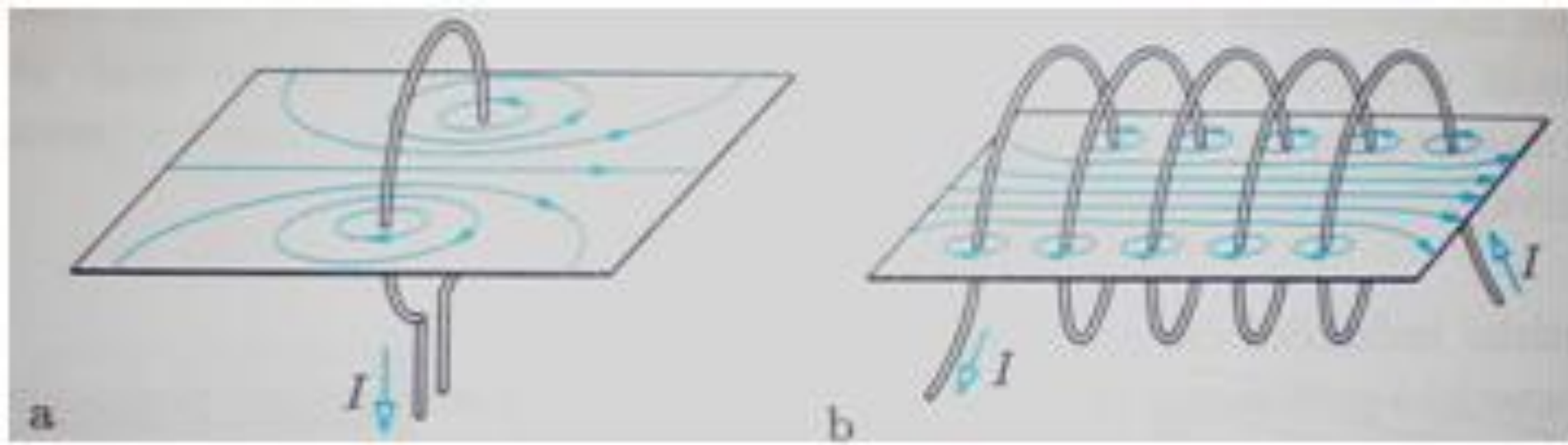
Naznačíme-li uchopení vodiče do pravé ruky tak, aby vztyčený palec ukazoval dohodnutý směr proudu ve vodiči, pak prsty ukazují orientaci magnetických indukčních čar.



- **cívka** – pravou ruku položíme na cívku (závit) tak, aby pokrčené prsty ukazovaly dohodnutý směr proudu, pak vztyčený palec ukazuje orientaci magnetických indukčních čar



- v dutině cívky jsou magnetické čáry rovnoběžné, vzniká **homogenní magnetické pole**
- (každé reálné magnetické pole je nehomogenní)
- v místě, kde siločáry vychází z cívky, je magnetický pól N (sever) a na druhém konci je magnetický pól S (jih).



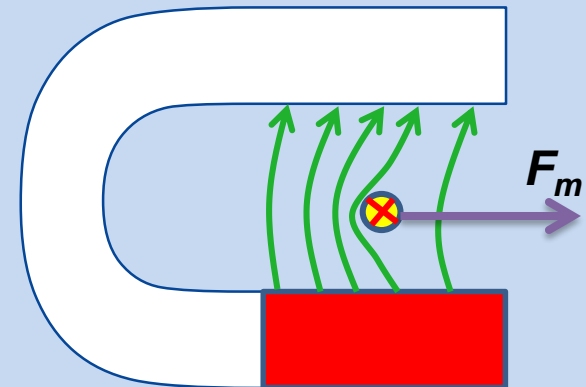
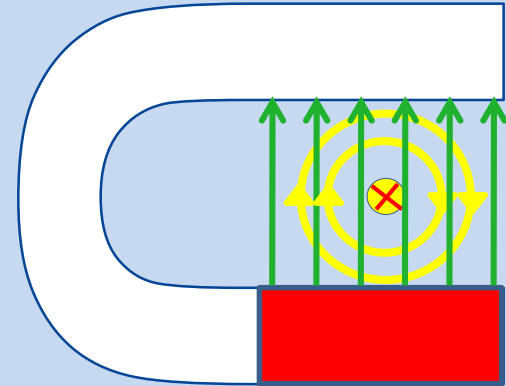
7. 2. MAGNETICKÁ SÍLA

Homogenní magnetické pole
a v něm vodič s proudem
kolmý k indukčním čarám.

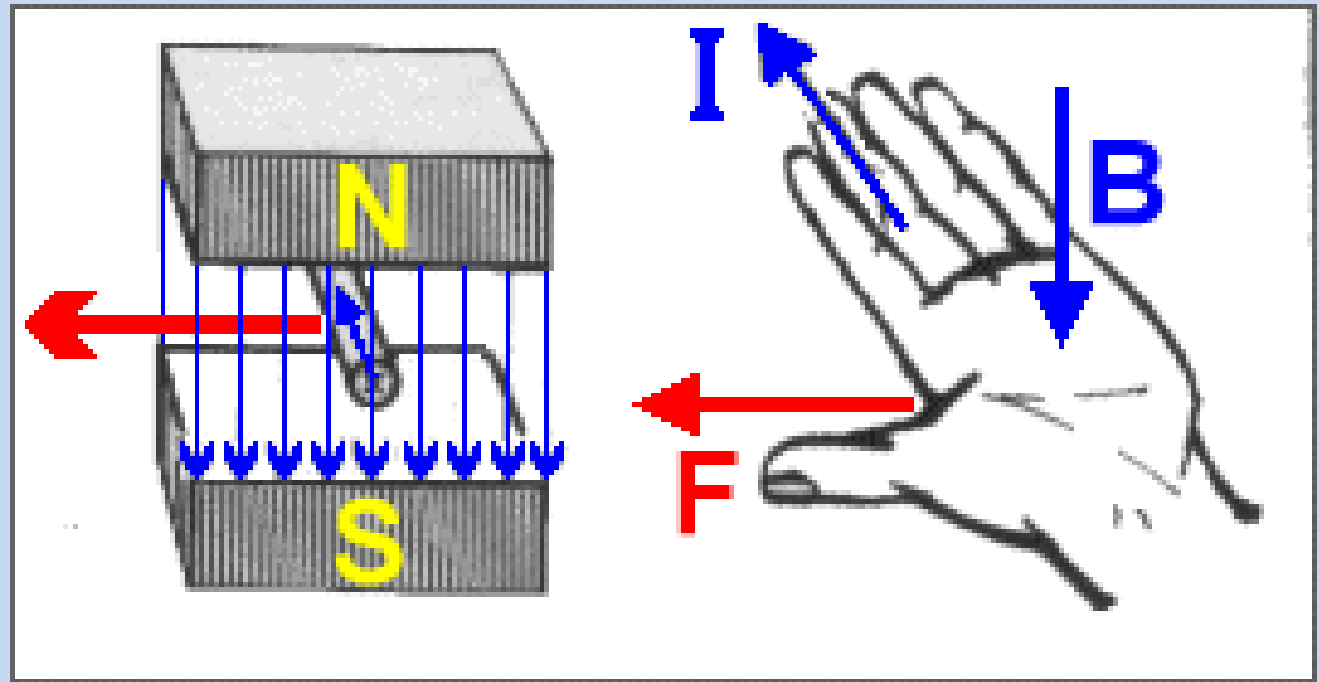
Složením pole magnetu s polem
vodiče vzniká pole výsledné.

- vlevo větší hustota indukčních čar
- vpravo menší hustota indukčních čar

Síla míří do místa
s menší hustotou čar.

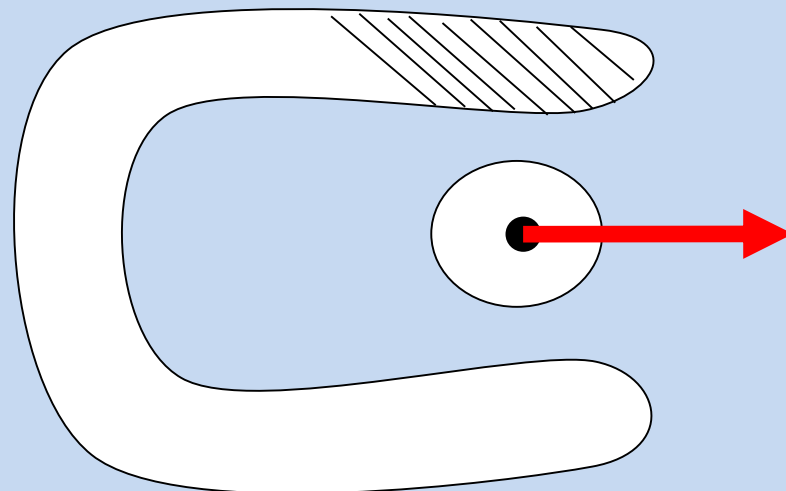
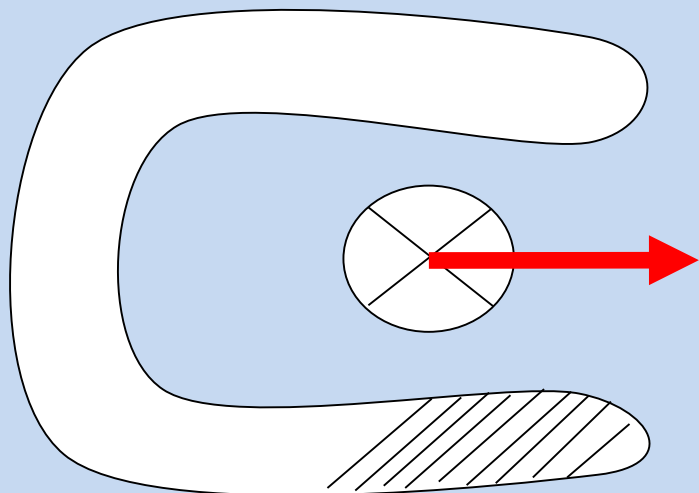
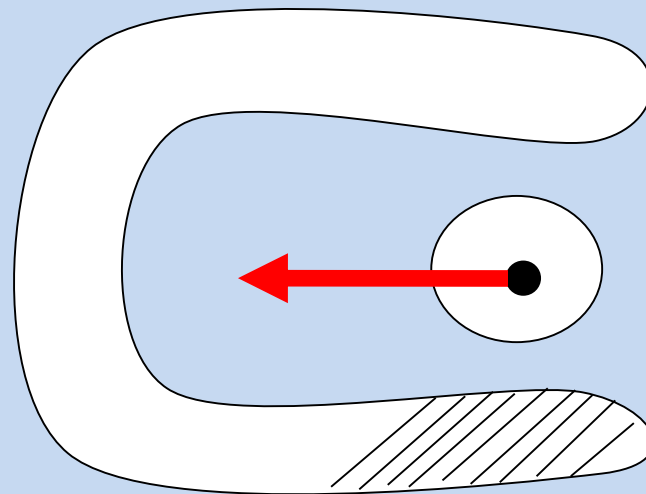
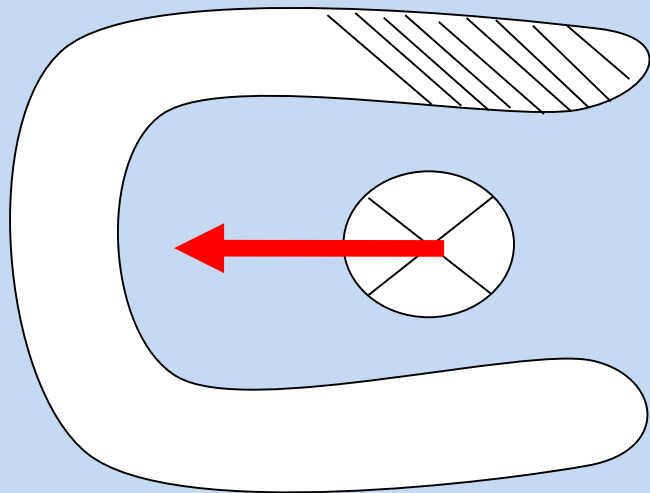


Orientaci síly,
která na vodič
působí, určíme:



Flemingovým pravidlem levé ruky:

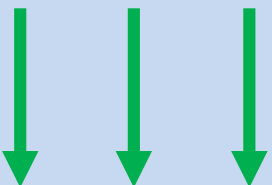
Položíme-li otevřenou levou ruku k přímému vodiči tak, aby prsty ukazovaly směr proudu a indukční čáry vstupovaly do dlaně, pak odtažený palec ukazuje směr síly, kterou působí magnetické pole na vodič s proudem.



Otočíme-li směr proudu ve vodiči, nebo otočíme-li magnet, změní se směr působící síly.

Obecně

indukční čáry



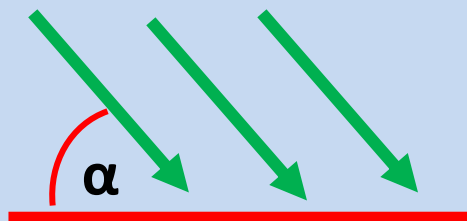
vodič

kolmé

$$\alpha = 90^{\circ}$$

$$\sin \alpha = 1$$

$$F_m = \max$$



α – úhel, který svírá vodič s indukčními čarami magnetického pole (s vektorem magnetické indukce B)



rovnoběžné

$$\alpha = 0^{\circ}$$

$$\sin \alpha = 0$$

$$F_m = 0$$

l – aktivní délka vodiče

I – proud ve vodiči

Velikost síly

$$F_m = BIl \sin \alpha$$

7.3. MAGNETICKÁ INDUKCE \vec{B}

je vektorová fyzikální veličina, která charakterizuje magnetické pole a popisuje ho kvantitativně.

Předpokládáme-li homogenní magnetické pole a je-li vodič kolmý k indukčním čarám ($F_m \perp B \perp I$)

$$F_m = B \cdot I \cdot l$$

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

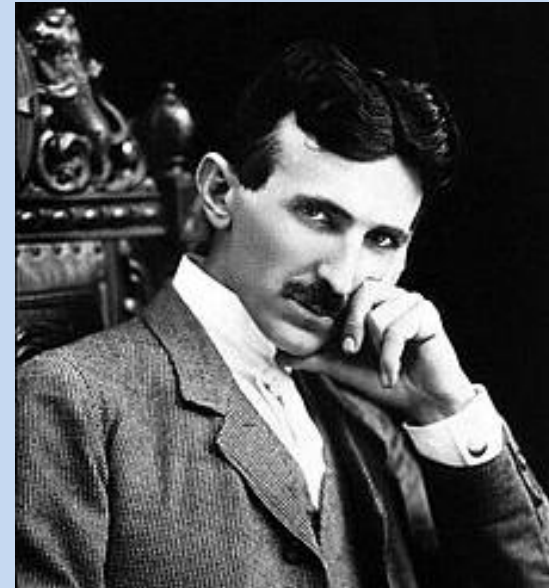
$$[B] = \frac{N}{Am} = T$$

Směr tečný k indukčním čarám.

Nikola Tesla 1856 – 1942

Chorvat žijící v Americe

- magnetické pole Země (v naší zem. šířce) $B = 10^{-5} T$
- v blízkosti permanentního magnetu $B = 10^{-2} - 10^{-1} T$



magnetická indukce ve středu závitu

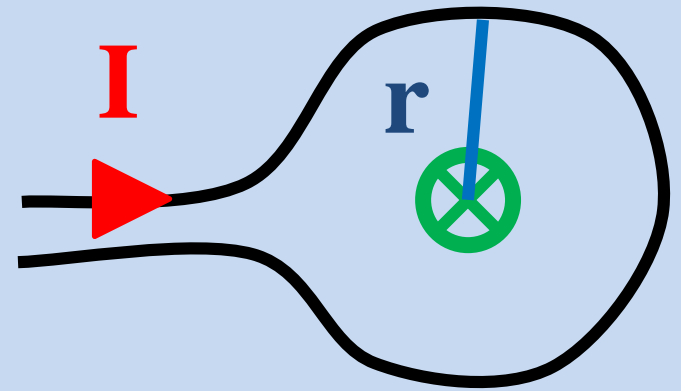
$$B = \mu \frac{I}{2r} \quad B_0 = \mu_0 \frac{I}{2r}$$

μ – permeabilita prostředí

μ_0 – permeabilita vakua

μ_r – relativní permeabilita

udává, kolikrát je magnetická indukce menší nebo větší, než magnetická indukce B_0 magnetického pole stejného proudu ve vakuu (bezrozměrná veličina)



$$\mu = \mu_r \cdot \mu_0$$

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

$$B = \mu_r B_0$$

solenoid – dlouhá válcovitá cívka s velkým počtem závitů, jejichž průměr je mnohem menší než délka cívky

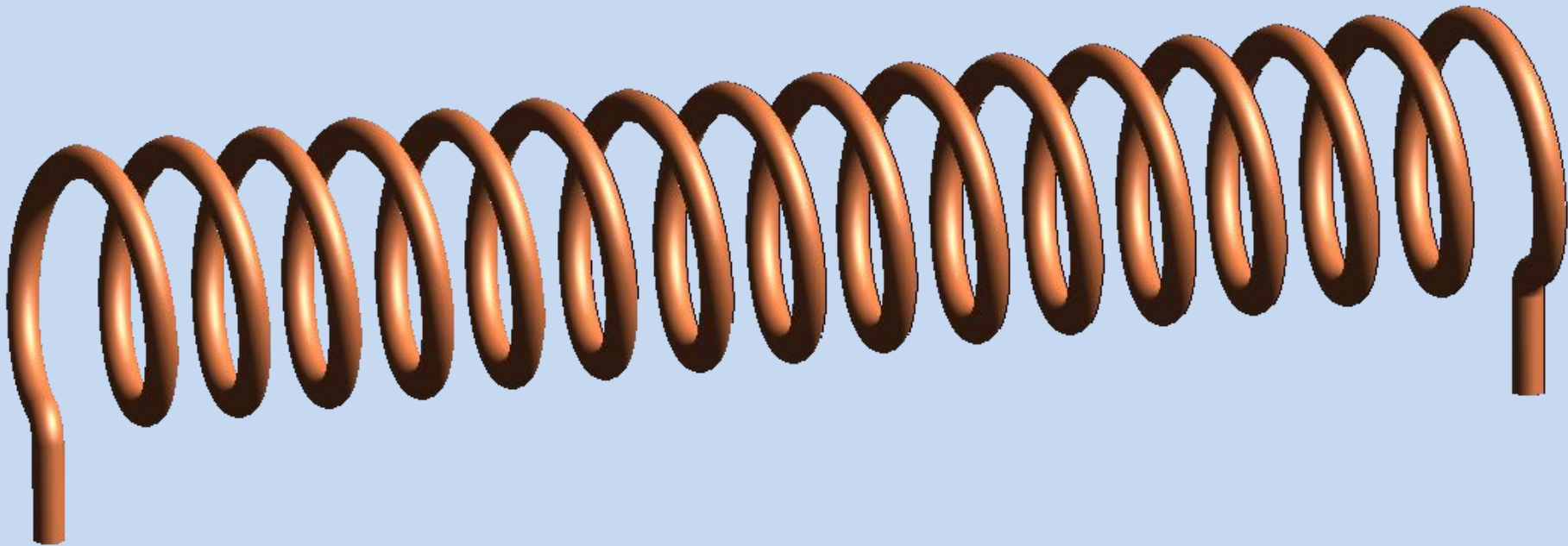
N – počet závitů

l – délka cívky

$$B = \mu \frac{N}{l} I$$

hustota závitů

$$\frac{N}{l}$$



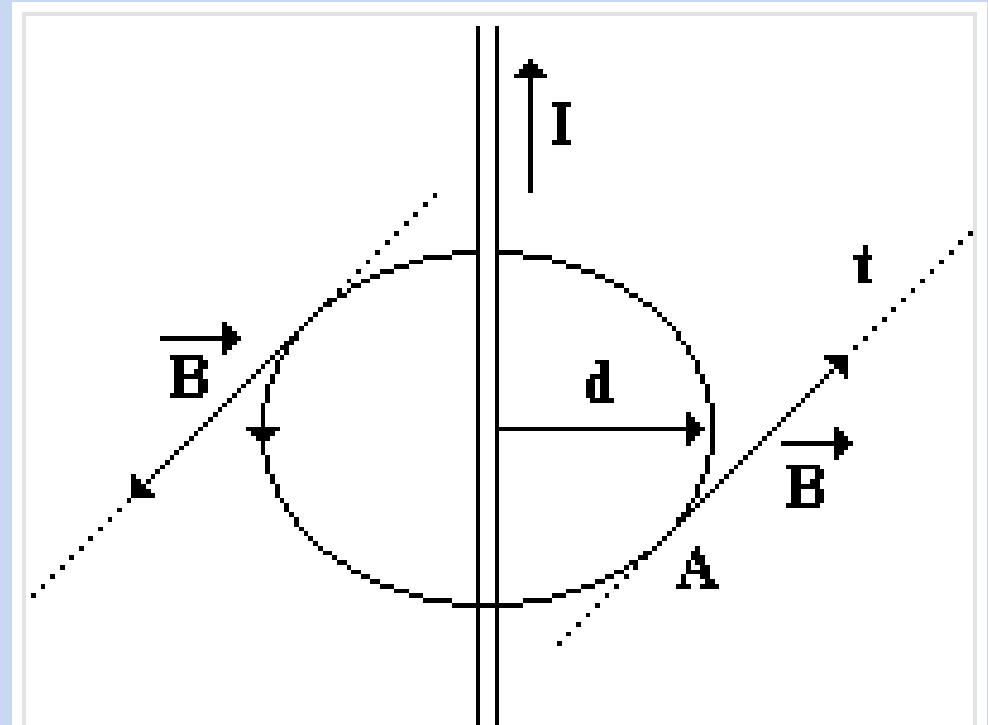
Dlouhý přímý vodič s proudem.

Biotův-Savartův zákon

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

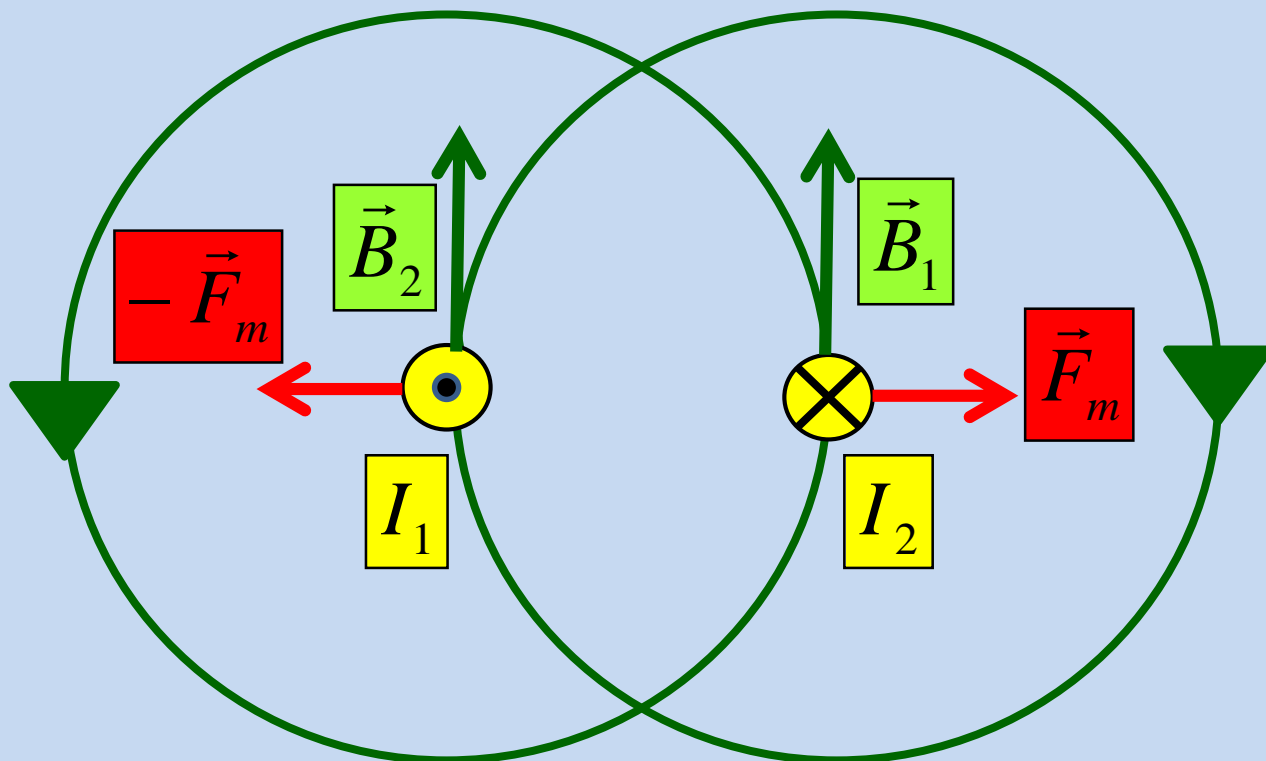
$d \perp$ vzdálenost od vodiče

$2\pi d$ – délka indukční čáry



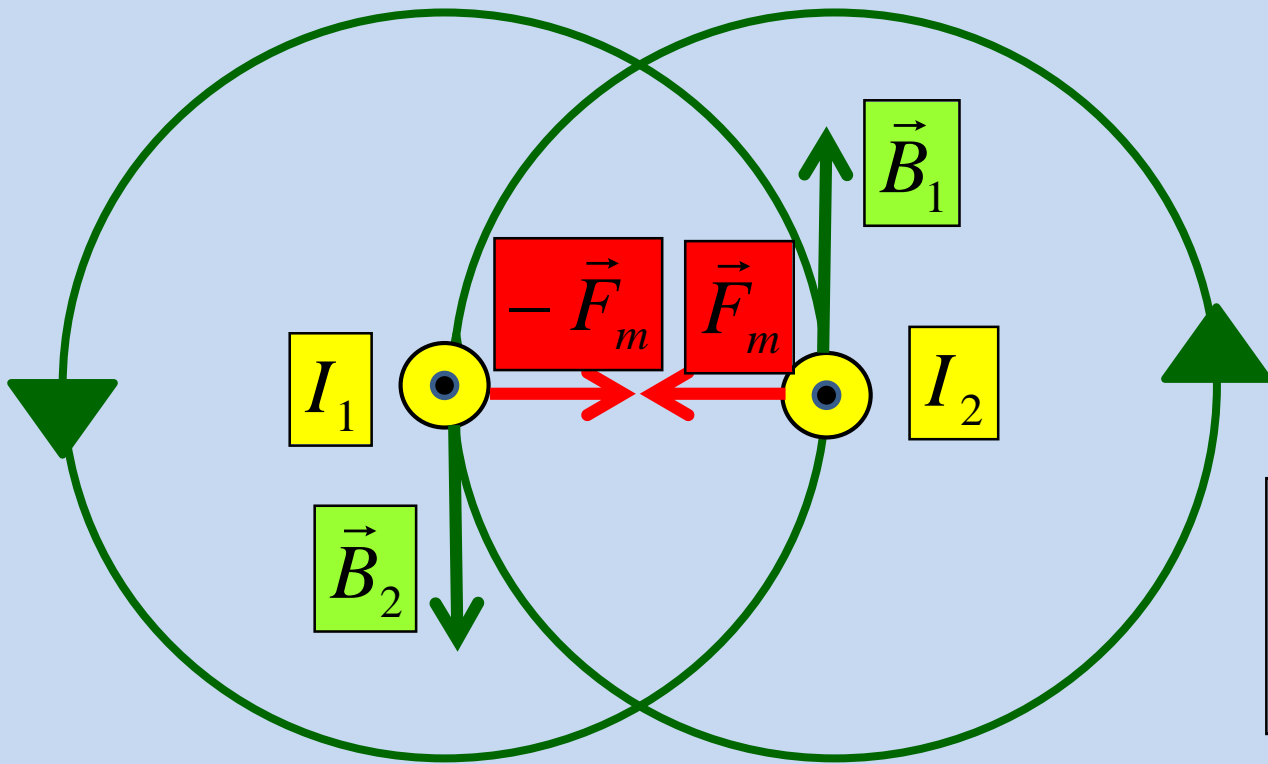
7. 4. MAGNETICKÉ POLE ROVNOBĚŽNÝCH VODIČŮ S PROUDEM

Vodiče s opačnými směry proudů se odpuzují.



7. 4. MAGNETICKÉ POLE ROVNOBĚŽNÝCH VODIČŮ S PROUDEM

Vodiče se souhlasnými směry proudů se přitahují.



$$F_m = B_1 \cdot I_2 \cdot l$$

$$B_1 = \mu \frac{I_1}{2\pi d}$$

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

Ampérův zákon

d – vzdálenost vodičů

l – aktivní délky vodiče

Ampér v SI je definován na základě tohoto vztahu:

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

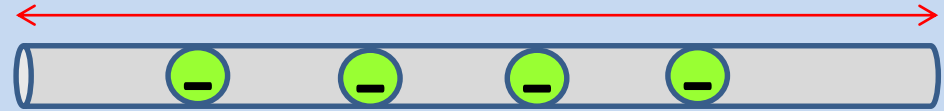
ve vakuu:

$$F_m = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \frac{1 \cdot 1}{1} 1N$$

Ampér je stálý elektrický proud, který při průchodu dvěma přímými rovnoběžnými nekonečně dlouhými vodiči zanedbatelného kruhového průřezu umístěnými ve vakuu ve vzájemné vzdálenosti 1 metr vyvolá mezi nimi stálou sílu $2 \cdot 10^{-7}$ N na 1 metr délky vodiče.

7. 5. ČÁSTICE S NÁBOJEM V MAGNETICKÉM POLI

Ve vodiči délky l je N volných elektronů.



Celkový náboj $Q = e \cdot N$

Proud, který projde vodičem

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$I = \frac{e \cdot N}{t}$$

Vzdálenost l urazí rychlostí v za čas t .

$$l = v \cdot t$$

$$F_m = B \cdot I \cdot l$$

$$F_m = B \cdot \frac{e \cdot N}{t} \cdot v \cdot t$$

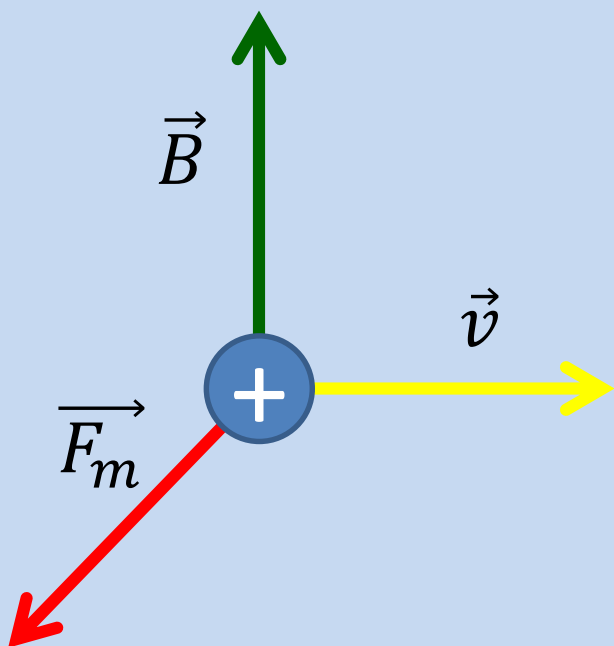
magnetická síla působící na 1 elektron

(platí i pro částice s nábojem mimo vodiče)

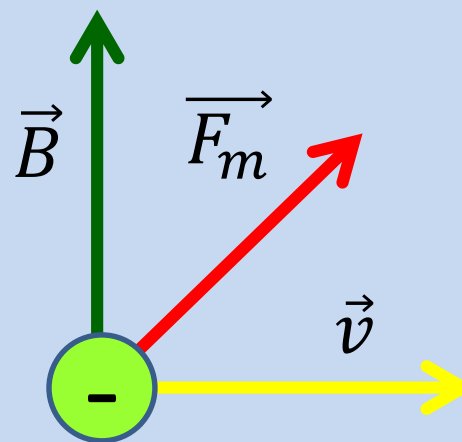
(elektrony, protony, (+) a (-) ionty)

$$F_m = B \cdot e \cdot v$$

Směr síly závisí na náboji částice

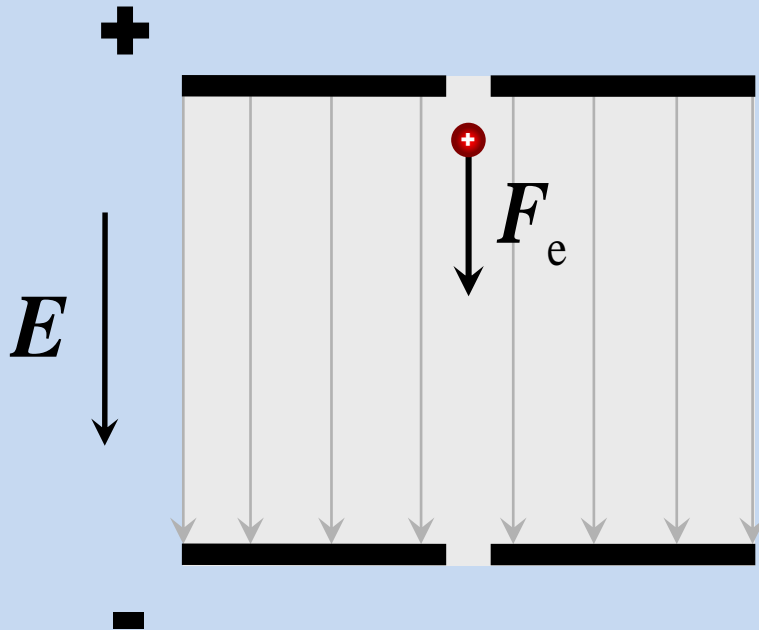


(+) částice FPLR
směr proudu nahradíme
směrem rychlosti



(-) částice FPLR
**prsty mají směr opačný
ke směru rychlosti**

Částice s nábojem v elektrickém poli



$$F_e = EQ$$

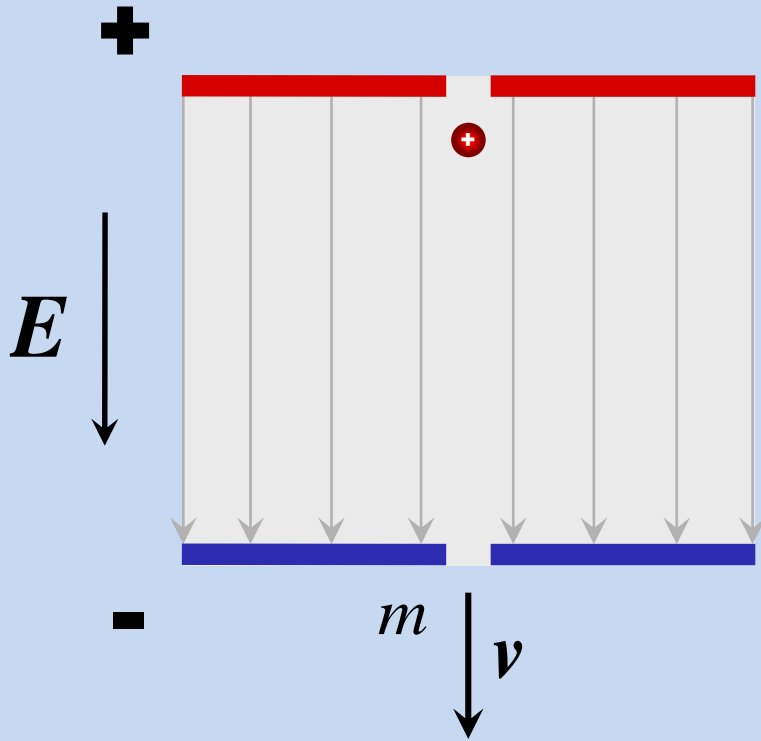
$$F = ma$$

$$ma = EQ$$

$$a = \frac{EQ}{m}$$

Elektrické pole částici s nábojem urychluje.

Částice s nábojem v elektrickém poli



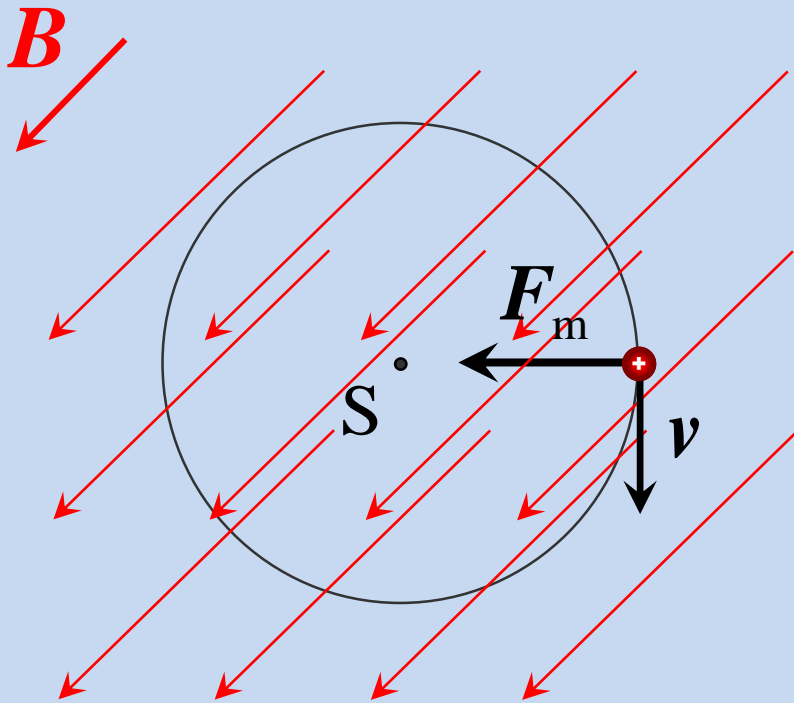
$$W_e = E_k$$

$$QU = \frac{1}{2}mv^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2QU}{m}}$$

Práce elektrických sil je rovna kinetické energii částice.

Částice s nábojem v magnetickém poli



Magnetická síla

$$F_m = B \cdot e \cdot v$$

Dostředivá síla

$$F_d = ma = m \frac{v^2}{r}$$

$$B \cdot e \cdot v = m \frac{v^2}{r}$$

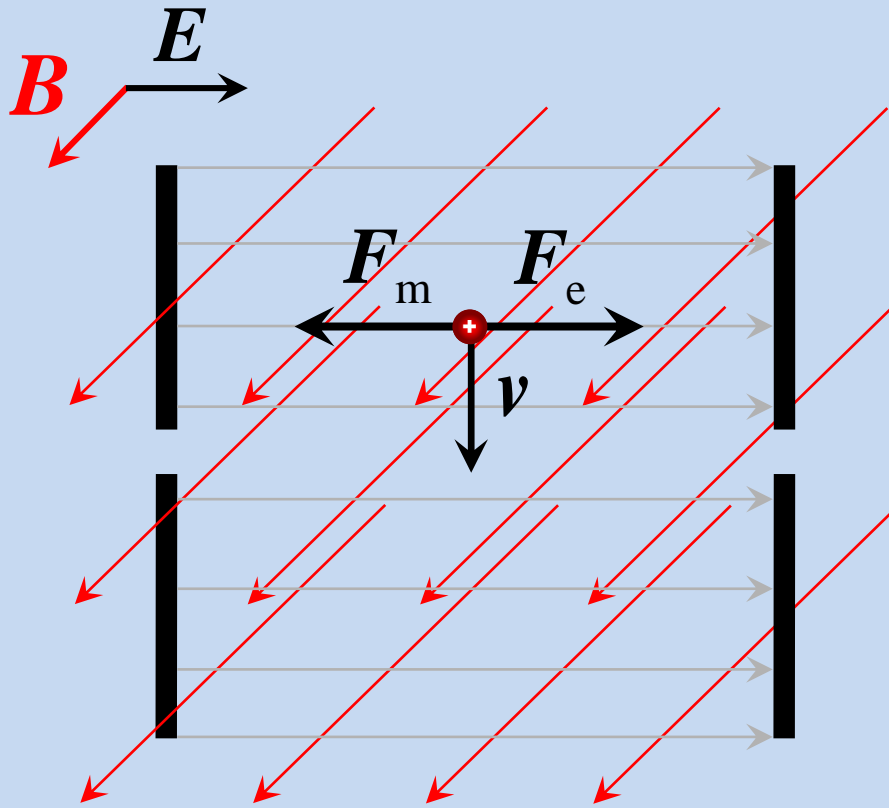
$$r = \frac{mv}{eB}$$

Magnetická síla je dostředivou silou.

Magnetická síla zakříví trajektorii částice s nábojem v magnetickém poli.

Částice s nábojem se v MP pohybuje po kruhové trajektorii s poloměrem r :

Částice s nábojem v zkříženém elektrickém a magnetickém poli



$$F_m = F_e$$

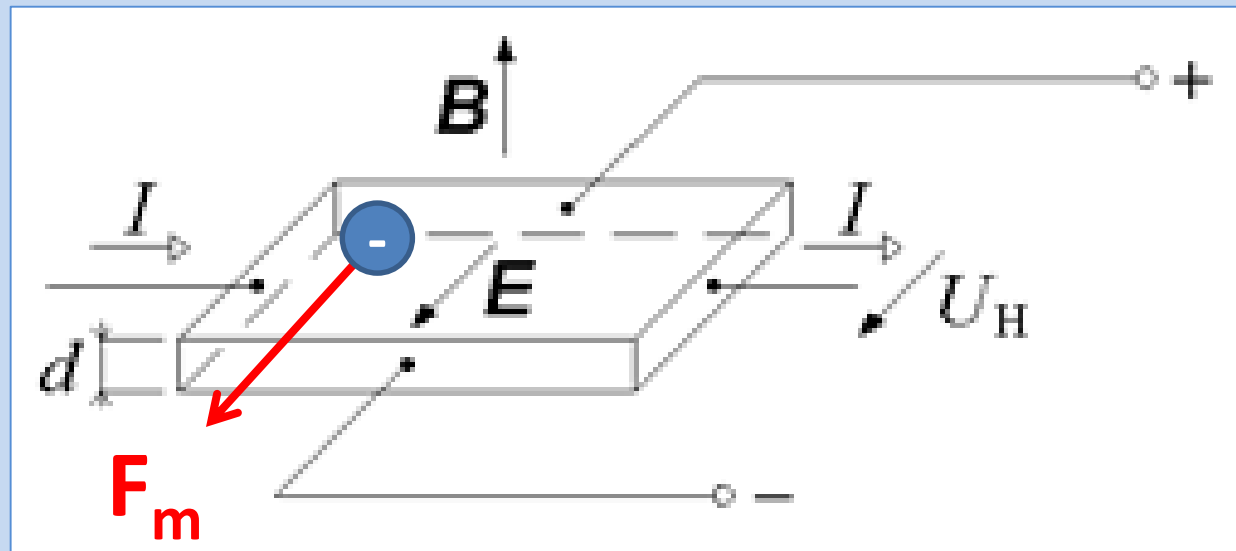
$$BQv = QE$$

$$v^* = \frac{E}{B}$$

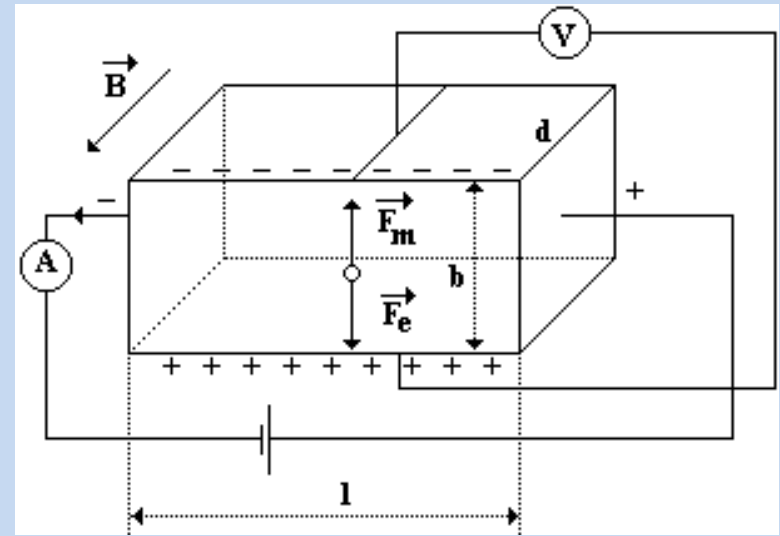
Ionty s rychlostí v^* zkřížená pole nevychylují.

Magnetická síla působí na nosiče náboje a tím na samotný vodič...

Hallův jev



- ve vodiči tvaru pásku umístěném v magnetickém poli se nosiče náboje přesunou k jeho okraji a tím vznikne příčné elektrické pole a tzv. Hallovo napětí na okraji pásku
- *na tomto principu fungují čidla měřící magnetickou indukci tzv. teslametry*
- *využití v motorech aut – určují okamžik zapálení směsi*



7. 6. MAGNETICKÉ VLASTNOSTI LÁTEK

Magnetické momenty atomů a molekul

- *Elektrony se pohybují po uzavřených drahách kolem jádra - vznik proudové smyčky - tzv.*

ORBITÁLNÍ MAGNETICKÝ MOMENT

- *každý elektron má
VLASTNÍ (SPINOVÝ) MAGNETICKÝ MOMENT
(způsoben rotací elektronu kolem vlastní osy)*

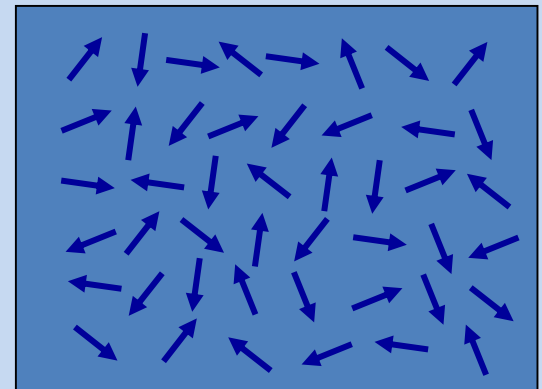
Potom

VÝSLEDNÝ MAGNETICKÝ MOMENT

je dán vektorovým součtem orbitálních a spinových magnetických momentů elektronů v atomu.

7. 6. MAGNETICKÉ VLASTNOSTI LÁTEK

- Elektrony v atomech vytvářejí elementární magnetická pole, která se skládají a vytvářejí výsledné magnetické pole atomu.
- Magnetismus nezávisí na počtu elektronů, ale na jejich uspořádání .
- Každý atom se tak chová jako elementární magnet.
- U většiny látek jsou elementární magnety uspořádány náhodně; navenek se jejich magnetické vlastnosti neprojevují.



Pokud látku vložíme do vnějšího magnetického pole, jsou elementární magnety jeho působením ovlivněny a mohou změnit své uspořádání v látce.

Podle uspořádání elektronů v atomu dělíme magnetické látky na **diamagnetické**, **paramagnetické**, **feromagnetické**

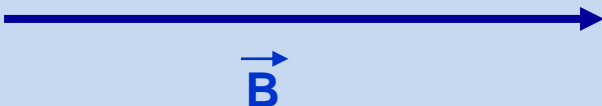
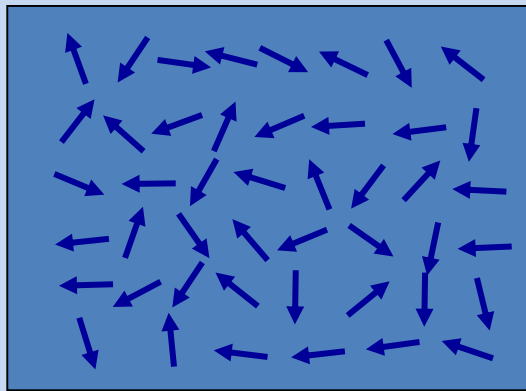
The image shows a periodic table of elements with three regions highlighted to indicate magnetic properties:

- paramagnetika** (paramagnetism): Indicated by a blue arrow pointing to a blue-shaded region that includes elements from groups 11 and 12, and the p-block elements Al, Si, P, S, Cl, and Ar.
- feroramagnetika** (ferromagnetism): Indicated by a green arrow pointing to a green-shaded region that includes transition metals from groups 7 to 10, specifically Cr, Mn, Fe, Co, Ni, and Cu.
- diamagnetika** (diamagnetism): Indicated by a red arrow pointing to a red-shaded region that includes elements from groups 13 to 18, specifically Ga, Ge, As, Se, Br, Kr, In, Sn, Sb, Te, I, Xe, and Pb.

1	2	paramagnetika										13	14	15	16	17	18
s ¹	s ²											p ¹	p ²	p ³	p ⁴	p ⁵	p ⁶
H	He											B	C	N	O	F	Ne
Li	Be											Al	Si	P	S	Cl	Ar
Na	Mg											Kr					
K	Ca																
Rb	Sr																
Cs	Ba																
Fr	Ra																

1. Diamagnetické látky

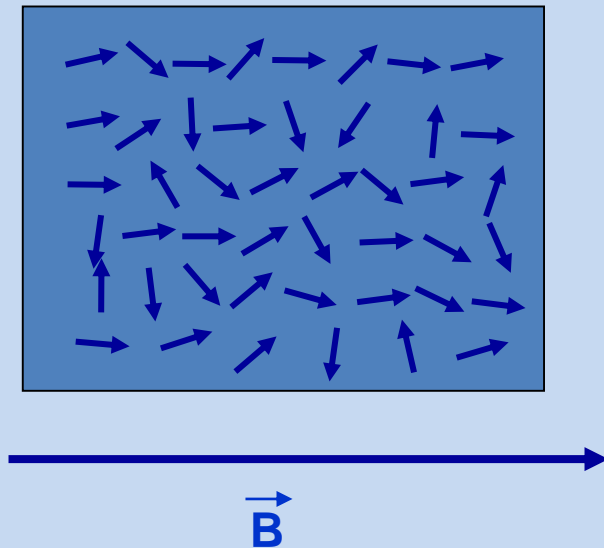
- se skládají z diamagnetických atomů
- elementární magnety se orientují tak, že mírně zeslabují vnější magnetické pole.
- Příklad: inertní plyny, zlato, měď, rtuť, sklo, kapaliny,....
- diamagnetická látka se od magnetu odpuzuje



$$\mu_r < 1$$

2. Paramagnetické látky

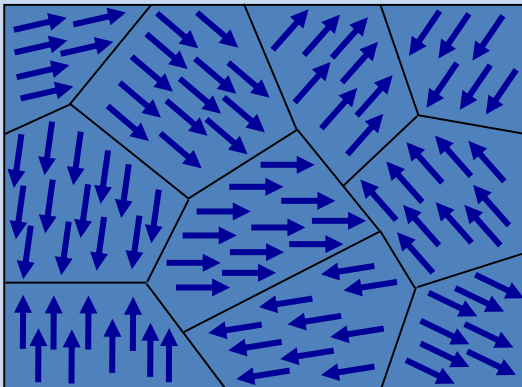
- jsou složeny z paramagnetických atomů
- elementární magnety se orientují tak, že mírně zesilují vnější magnetické pole.
- Příklad: draslík, sodík, hliník, platina, vzduch...
- látku není možné zmagnetovat trvale.



$$\mu_r > 1$$

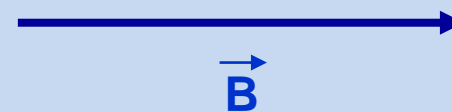
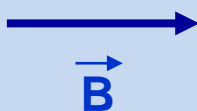
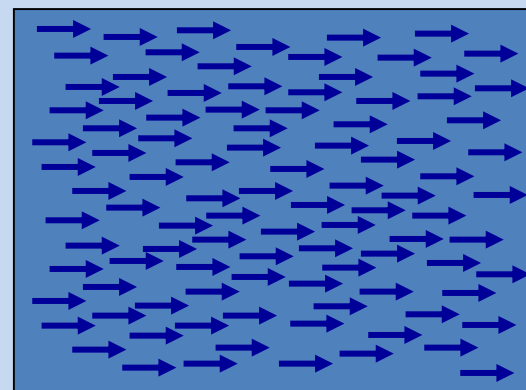
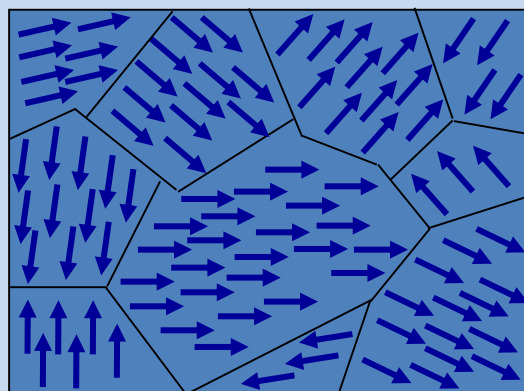
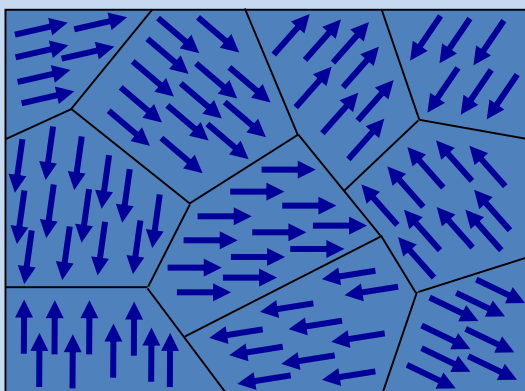
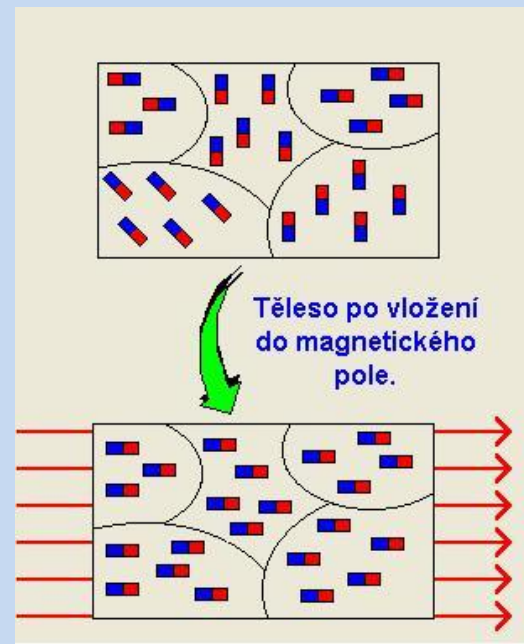
3. Feromagnetické látky

- jsou složeny také z paramagnetických atomů, ale v takovém uspořádání, že výrazně zesilují magnetické pole
- železo, kobalt, nikl, slitiny těchto kovů
- Látka je rozdělena na malé ($10^{-3} - 10 \text{ mm}^3$) oblasti – tzv. **magnetické domény**.
- Uvnitř domén jsou elementární magnety uspořádány souhlasně.
- Jednotlivé domény jsou navzájem orientovány náhodně.



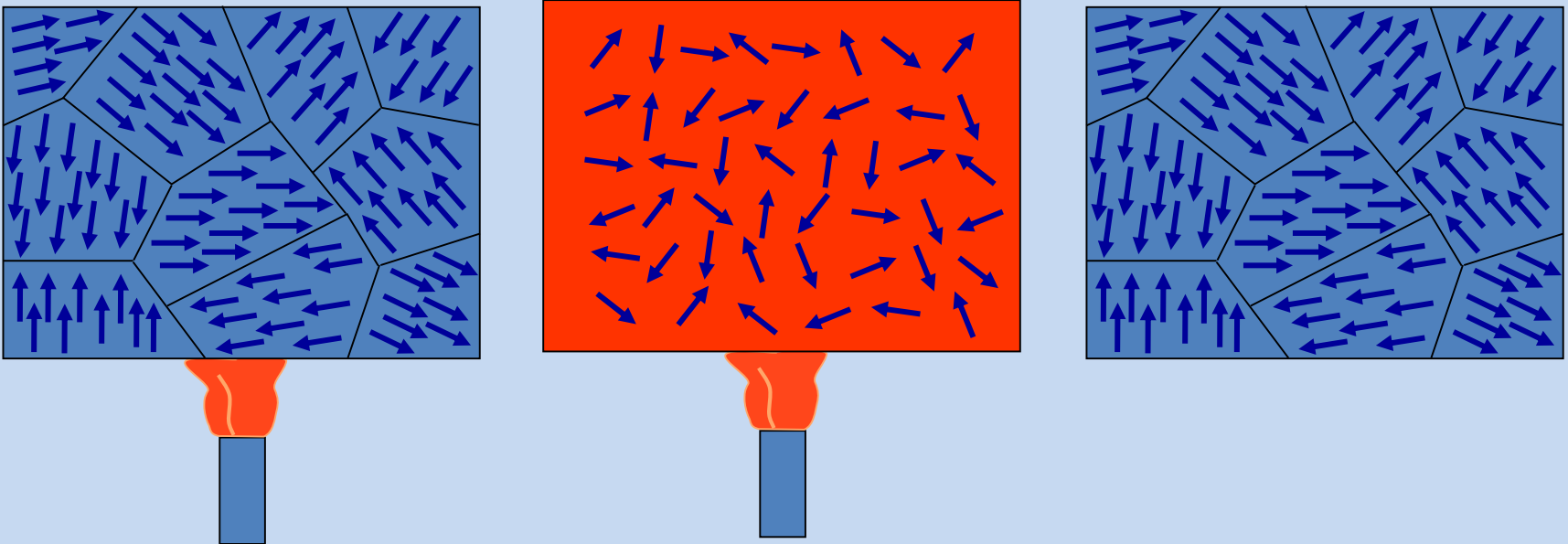
$$\mu_R \gg 1 \quad (10^2 - 10^5)$$

- *Působením vnějšího magnetického pole se zvětšují domény se shodnou orientací a zmenšují domény s opačnou orientací; magnetické pole výrazně zesiluje.*
- *V dostatečně silném vnějším poli se shodně orientovaná doména rozšíří na celý objem látky.*
- *Látka je pak magneticky nasycena.*



Základní vlastnosti feromagnetických látek:

1. Feromagnetismus se projevuje jen tehdy, je-li látka v krystalickém stavu - v kapalném nebo plynném stavu se chovají jako látky paramagnetické.
2. Pro každou feromagnetickou látku existuje určitá teplota (tzv. Curieova teplota), po jejímž překročení látka ztrácí feromagnetické vlastnosti a stává se látkou paramagnetickou. (Fe 770°C , Ni 360°C) Když teplota poklesne, látka se opět stane feromagnetickou a obnoví se doménové uspořádání.



DIAMAGNETICKÉ**PARAMAGNETICKÉ****FEROMAGNETICKÉ**

$$\mu_r < 1$$

$$\mu_r > 1$$

$$\mu_r \gg 1$$

slabě zeslabují
původní MP

slabě zesilují
původní MP

výrazně zesilují
původní MP

inertní plyny,
zlato, měď, rtuť

sodík, draslík,
hliník, platina

železo, kobalt, nikl

výsledný magnetický
moment atomů
je nulový

výsledný magnetický moment atomů
je různý od nuly

diamagnetické atomy

paramagnetické
atomy

paramagnetické atomy
v jiném uspořádání

diamagnetická látka se
od magnetu odpuzuje

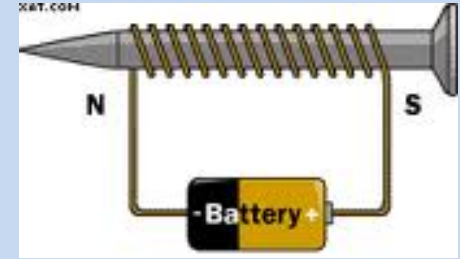
- k magnetu se přitahuje
a bude sama přitahovat
kovové předměty
- není možné ji
zmagnetovat trvale

existence mikroskopických
oblastí, které jsou
zmagnetovány i bez
přítomnosti vnějšího
magnetického pole
WEISSOVY MAGNETICKÉ DOMÉNY

7.7. VYUŽITÍ MAGNETICKÝCH MATERIÁLŮ

elektromagnet cívka navinutá na feromagnetickém jádře

- neprochází-li vinutím cívky proud, cívka je nemagnetická
- zapojením proudu se jádro zmagnetizuje
- přeručíme-li proud, zmagnetizování jádra částečně trvá tzv.: **remanentní magnetická indukce B_r** (zbytková magnetizace)



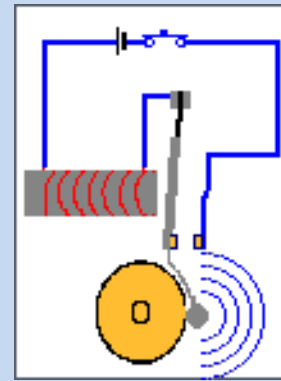
podle hodnoty B_r rozlišujeme

- **Magneticky měkký materiál** – po přerušení proudu magnetické pole zaniká, (jádro transformátorů, elektromagnety, relé, jističe,)
- **Magneticky tvrdý materiál** – po přerušení se chová jako permanentní magnet, (magnetické pole zrušíme proudem opačného směru)

Elektromagnetické relé

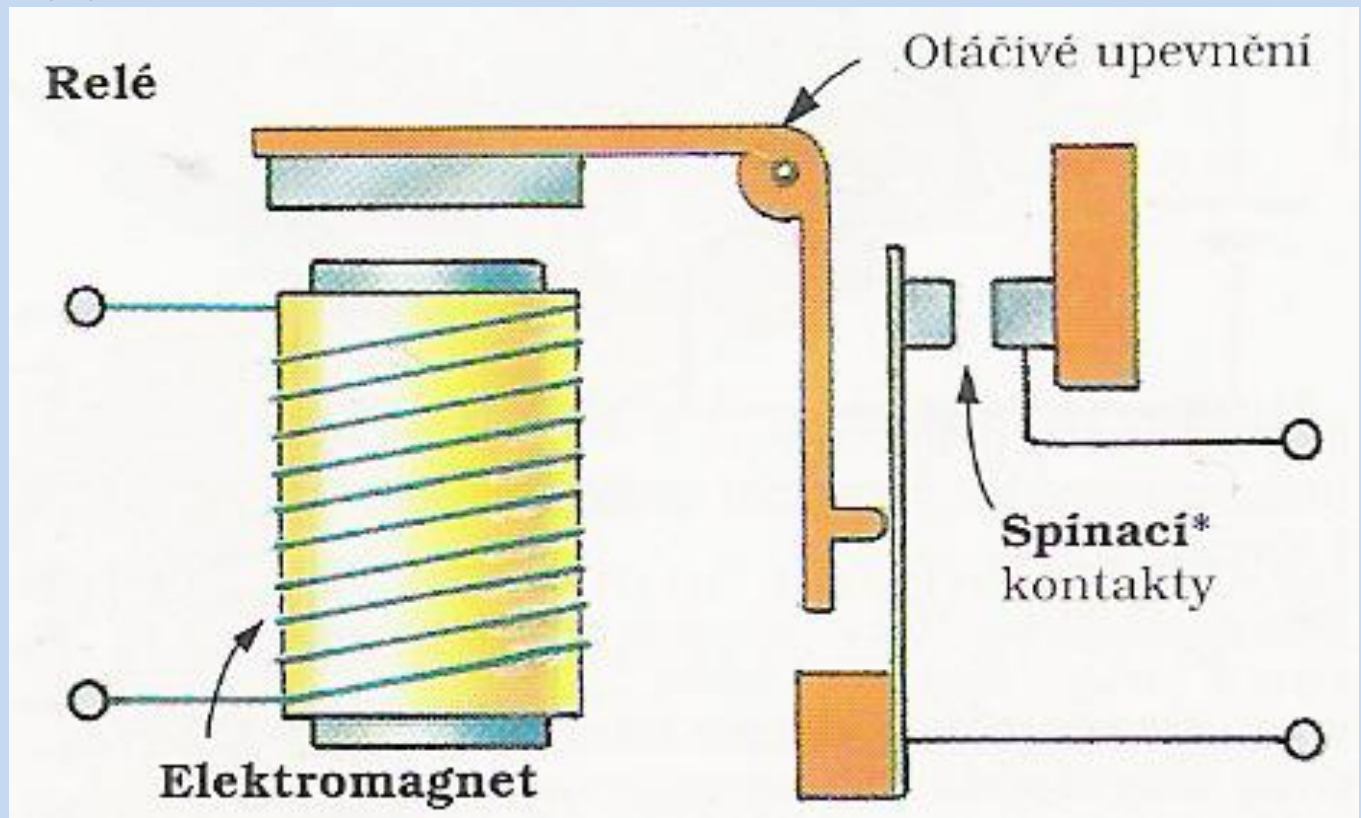
důležitý prvek v soustavách automatizace

- Začne-li elektromagnetem procházet ovládací proud, kotva relé se přitáhne k jádru cívky a sepne pružné kontakty.
- Tím je ovládané zařízení uvedeno do chodu.
- Přitom k přitažení kotvy postačuje mnohem menší ovládací proud, než je proud, který prochází obvodem ovládacího zařízení.



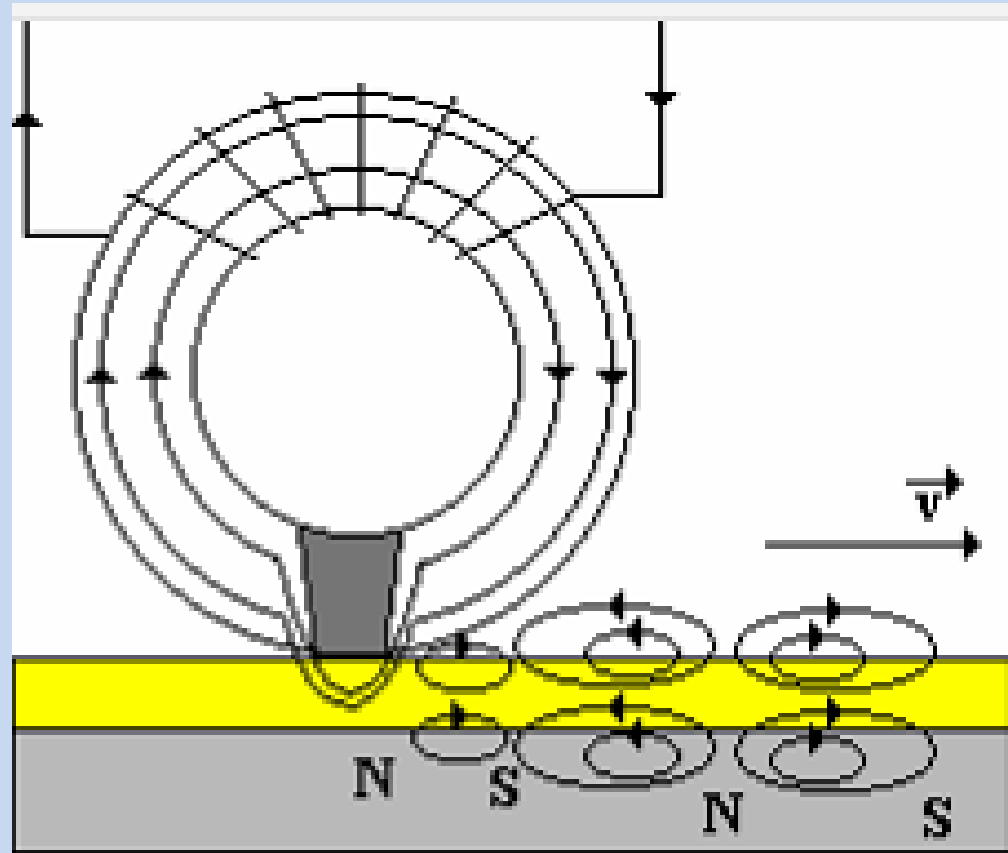
Využití:

- výkonný elektromotor
- signalizační návěští
- obvod spojující telefonní stanice, ...



magnetický záznam signálu

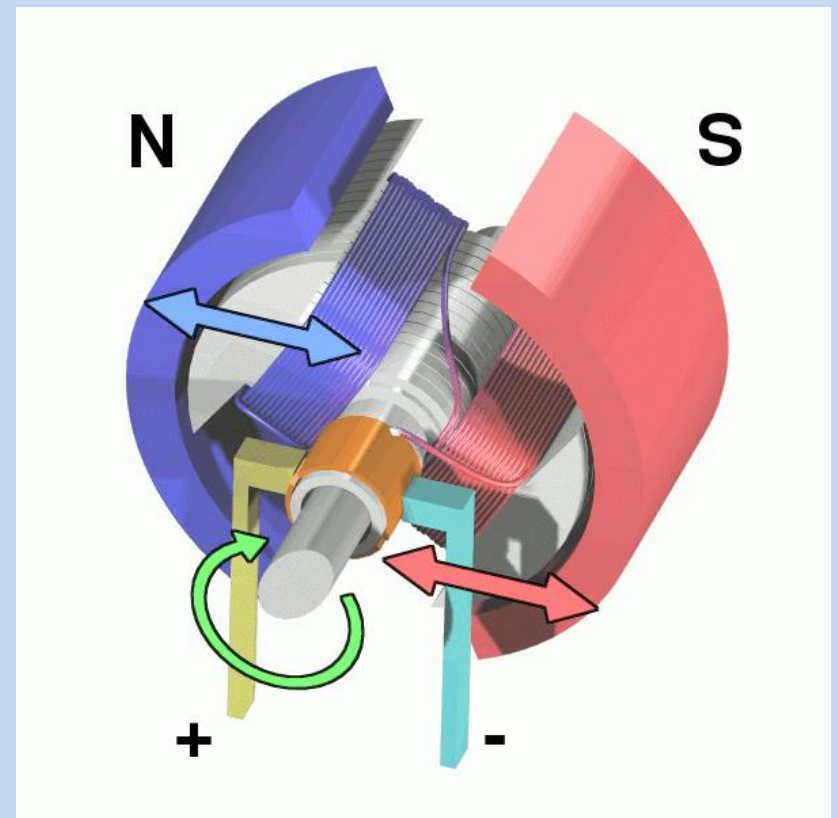
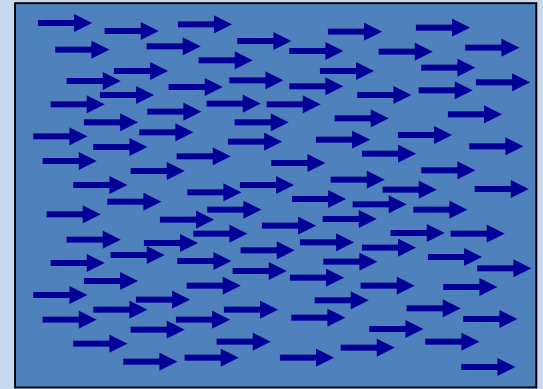
- používá pro uchování zvukové, obrazové nebo počítačem zpracované číslicové informace
- podstatou je trvalé zmagnetování feromagnetika (např. oxidu železa), naneseného na nosiči z plastového materiálu (pásce, disketě)
- záznam se uskutečňuje pomocí elektromagnetu - záznamové hlavy, kterou tvoří cívka, jejíž jádro je složeno z plíšků uspořádaných do tvaru prstence
- jádro není uzavřené – je přerušeno velmi úzkou štěrbinou, která je vyplněna nemagnetickým materiálem (např. bronz).



Látky magneticky tvrdé

látky (např. ocel s přísadou uhlíku), které zůstanou zmagnetované i po vypnutí vnějšího magnetického pole.

Praktické využití: permanentní magnety, elektromotory ...

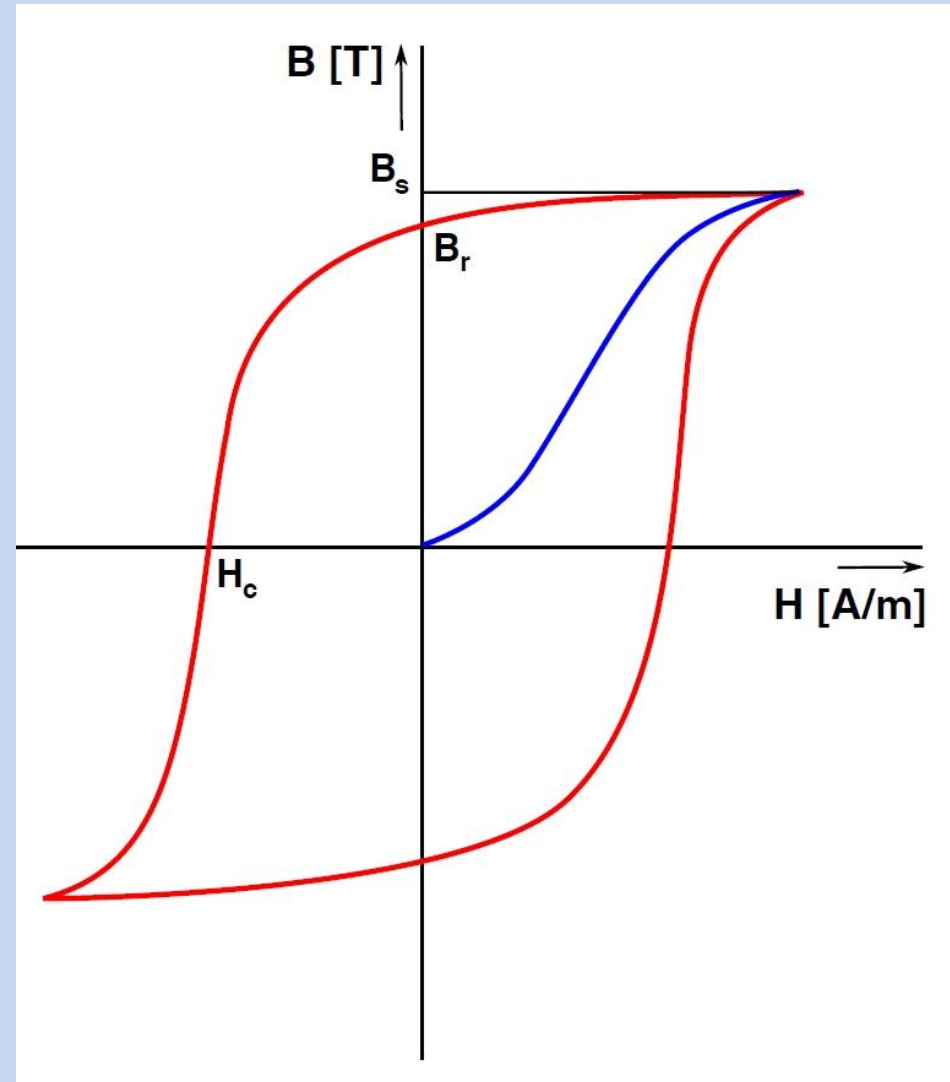


Hysterezní smyčka

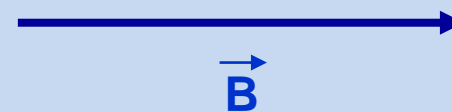
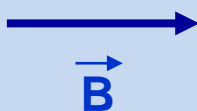
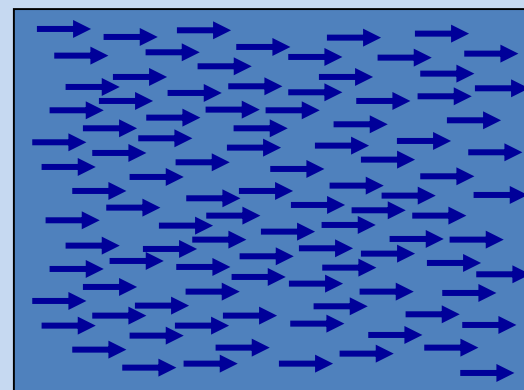
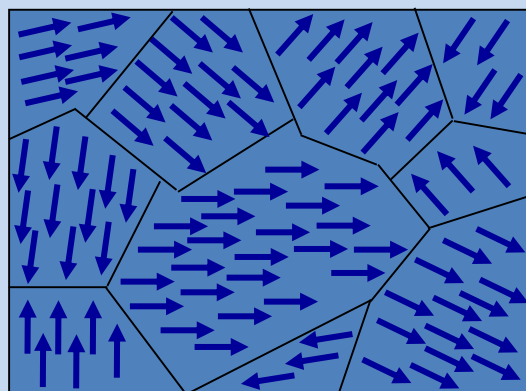
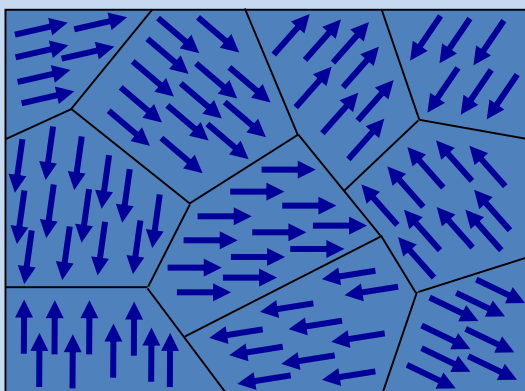
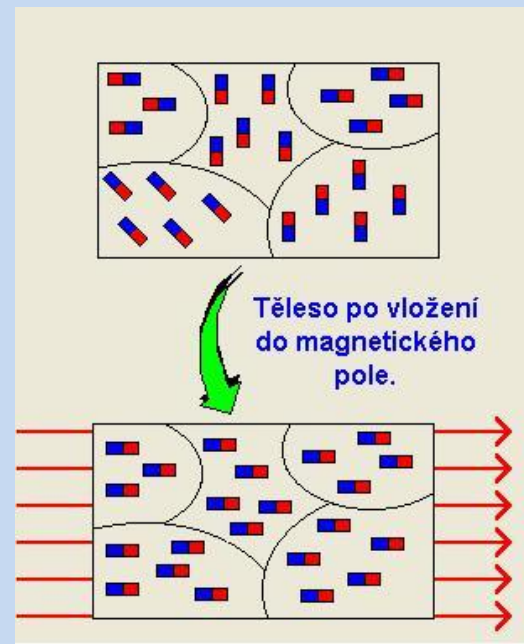
Závislost magnetické indukce nebo magnetizace / polarizace na intenzitě magnetického pole.

Křivky jsou obvykle symetrické vzhledem k počátku souřadnicového systému.

Charakterizuje základní vlastnosti permanentních magnetů.



- *Působením vnějšího magnetického pole se zvětšují domény se shodnou orientací a zmenšují domény s opačnou orientací; magnetické pole výrazně zesiluje.*
- *V dostatečně silném vnějším poli se shodně orientovaná doména rozšíří na celý objem látky.*
- *Látka je pak magneticky nasycena.*



DIAMAGNETICKÉ**PARAMAGNETICKÉ****FEROMAGNETICKÉ**

$$\mu_r < 1$$

$$\mu_r > 1$$

$$\mu_r \gg 1$$

slabě zeslabují
původní MP

slabě zesilují
původní MP

výrazně zesilují
původní MP

inertní plyny,
zlato, měď, rtuť

sodík, draslík,
hliník, platina

železo, kobalt, nikl

výsledný magnetický
moment atomů
je nulový

výsledný magnetický moment atomů
je různý od nuly

diamagnetické atomy

paramagnetické
atomy

paramagnetické atomy
v jiném uspořádání

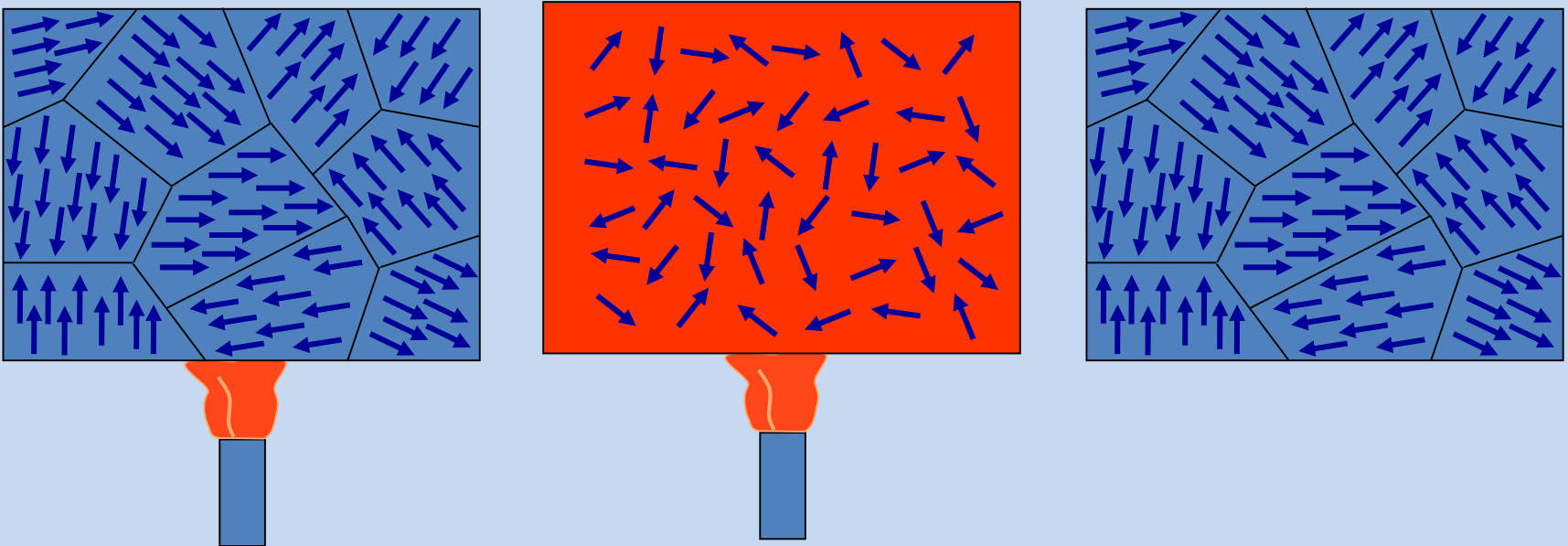
diamagnetická látka se
od magnetu odpuzuje

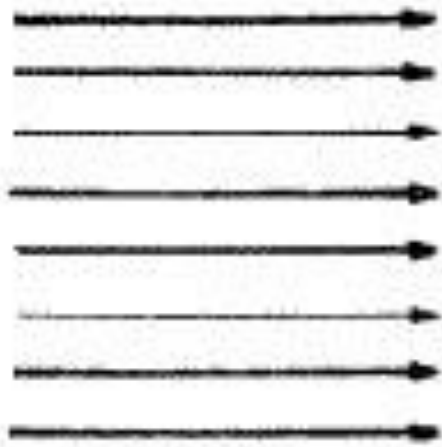
- k magnetu se přitahuje
a bude sama přitahovat
kovové předměty
- není možné ji
zmagnetovat trvale

existence mikroskopických
oblastí, které jsou
zmagnetovány i bez
přítomnosti vnějšího
magnetického pole
WEISSOVY MAGNETICKÉ DOMÉNY

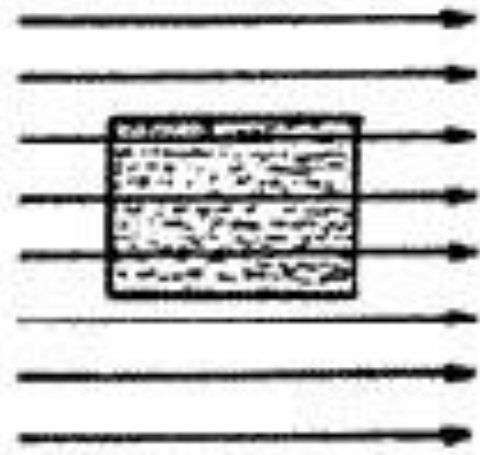
Základní vlastnosti feromagnetických látek:

1. Feromagnetismus se projevuje jen tehdy, je-li látka v krystalickém stavu - v kapalném nebo plynném stavu se chovají jako látky paramagnetické.
2. Pro každou feromagnetickou látku existuje určitá teplota (tzv. Curieova teplota), po jejímž překročení látka ztrácí feromagnetické vlastnosti a stává se látkou paramagnetickou.
(Fe 770°C , Ni 360°C) Když teplota poklesne, látka se opět stane feromagnetickou a obnoví se doménové uspořádání.

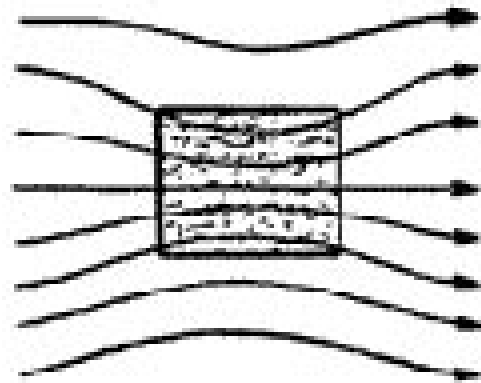




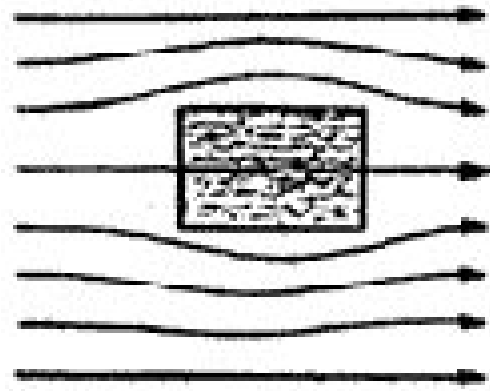
magnetické pole



paramagnetická látka
(dřevo, olovo)



ferromagnetická látka
(železo, ocel)

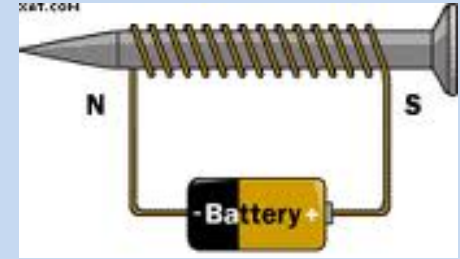


diamagnetická látka
(vizmut)

7.7. VYUŽITÍ MAGNETICKÝCH MATERIÁLŮ

elektromagnet cívka navinutá na feromagnetickém jádře

- neprochází-li vinutím cívky proud, cívka je nemagnetická
- zapojením proudu se jádro zmagnetizuje
- přerušíme-li proud, zmagnetizování jádra částečně trvá tzv.: **remanentní magnetická indukce B_r** (zbytková magnetizace)

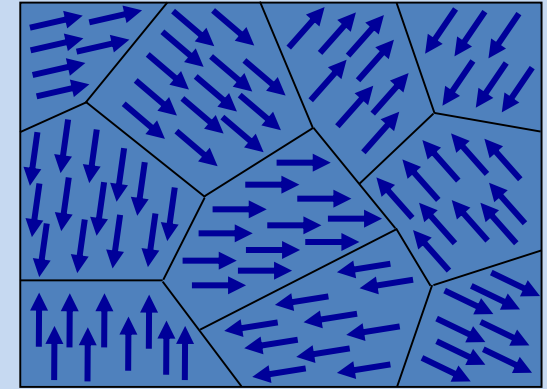


podle hodnoty B_r rozlišujeme

- **Magneticky měkký materiál** – po přerušení proudu magnetické pole zaniká, (jádro transformátorů, elektromagnety, relé, jističe,)
- **Magneticky tvrdý materiál** – po přerušení se chová jako permanentní magnet, (magnetické pole zrušíme proudem opačného směru)

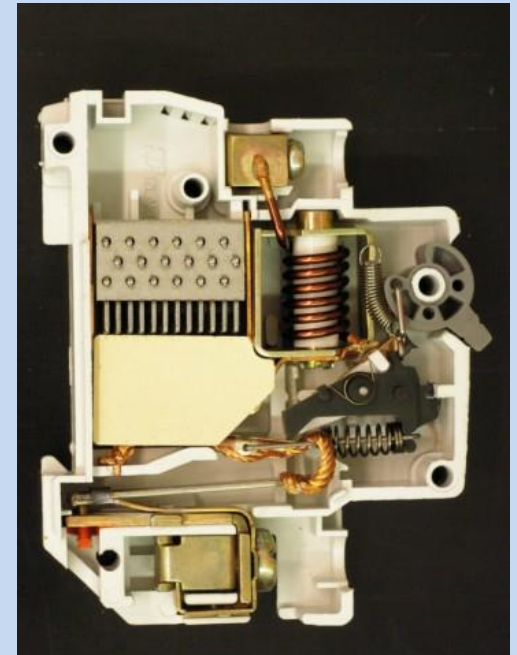
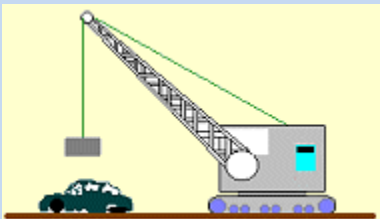
Látky magneticky měkké

feromagnetické látky, které se po vypnutí vnějšího magnetického pole vrátí k původnímu uspořádání („odmagnetují“ se).



Praktické využití:

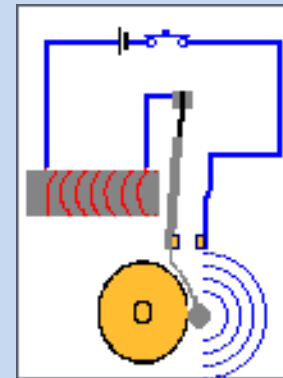
*jádra transformátorů,
elektromagnety,
relé, jističe,*



Elektromagnetické relé

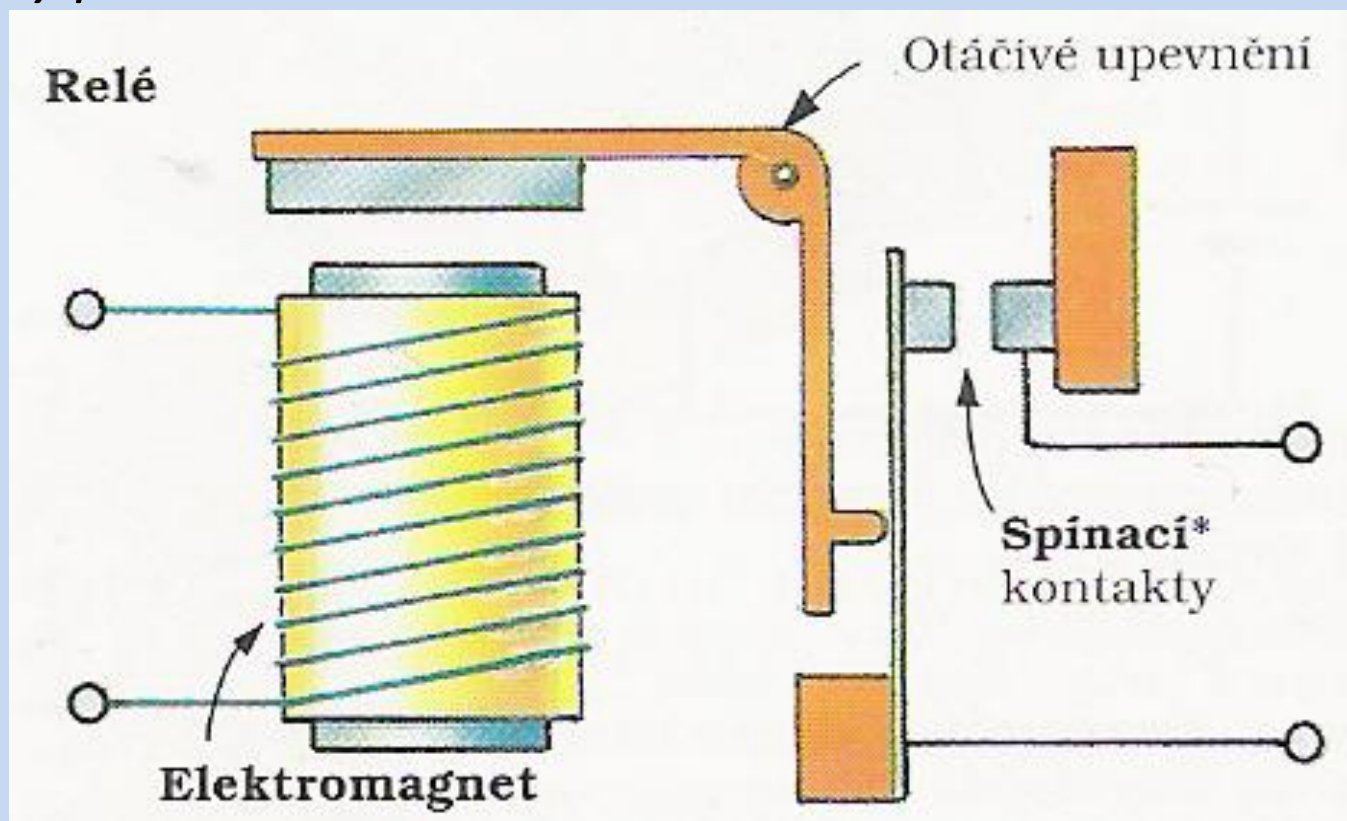
důležitý prvek v soustavách automatizace

- Začne-li elektromagnetem procházet ovládací proud, kotva relé se přitáhne k jádru cívky a sepne pružné kontakty.
- *Tím je ovládané zařízení uvedeno do chodu.*
- *Přitom k přitažení kotvy postačuje mnohem menší ovládací proud, než je proud, který prochází obvodem ovládacího zařízení.*



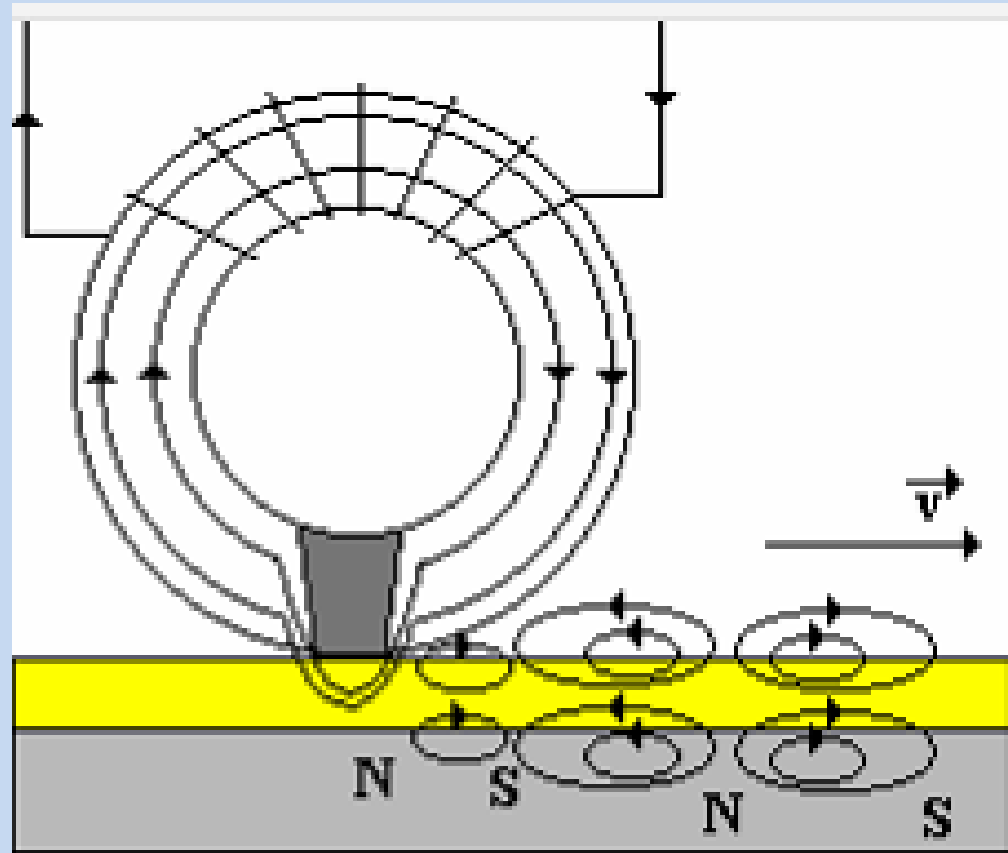
Využití:

- výkonný elektromotor
- signalizační návěští
- obvod spojující telefonní stanice, ...



magnetický záznam signálu

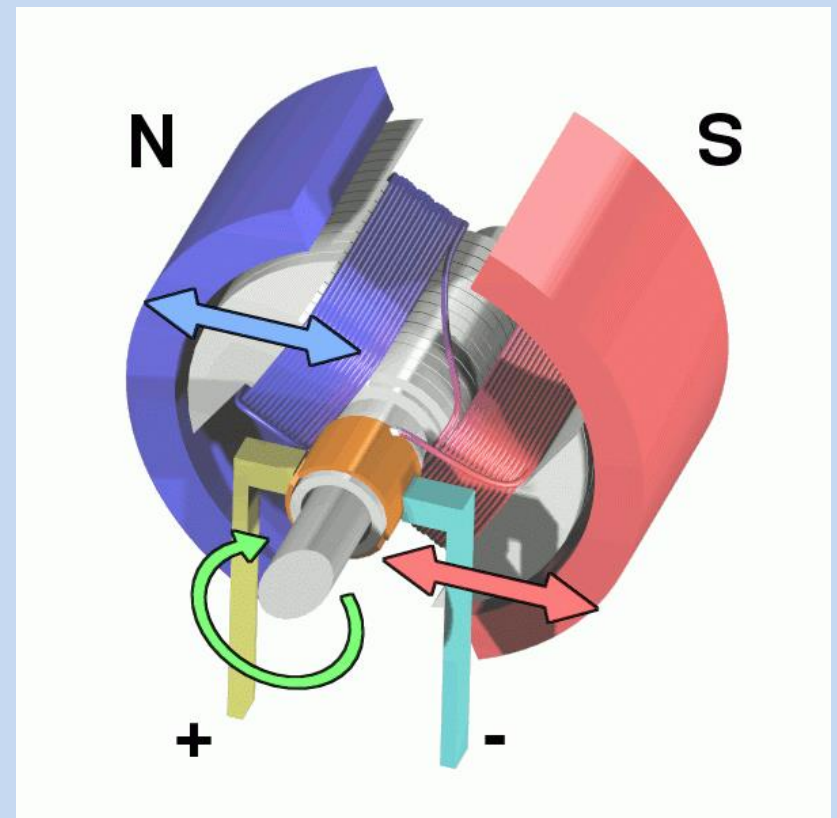
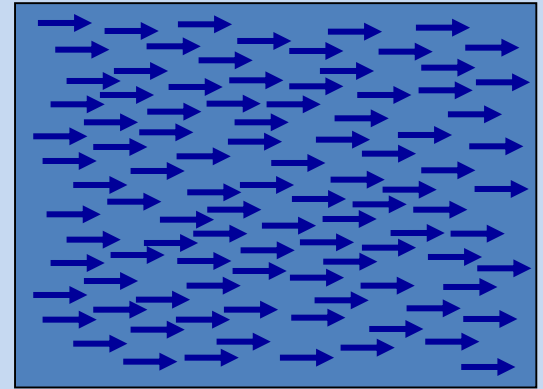
- používá pro uchování zvukové, obrazové nebo počítačem zpracované číslicové informace
- podstatou je trvalé zmagnetování feromagnetika (např. oxidu železa), naneseného na nosiči z plastového materiálu (pásce, disketě)
- záznam se uskutečňuje pomocí elektromagnetu - záznamové hlavy, kterou tvoří cívka, jejíž jádro je složeno z plíšků uspořádaných do tvaru prstence
- jádro není uzavřené – je přerušeno velmi úzkou štěrbinou, která je vyplněna nemagnetickým materiálem (např. bronz).



Látky magneticky tvrdé

látky (např. ocel s přísadou uhlíku), které zůstanou zmagnetované i po vypnutí vnějšího magnetického pole.

Praktické využití: permanentní magnety, elektromotory ...

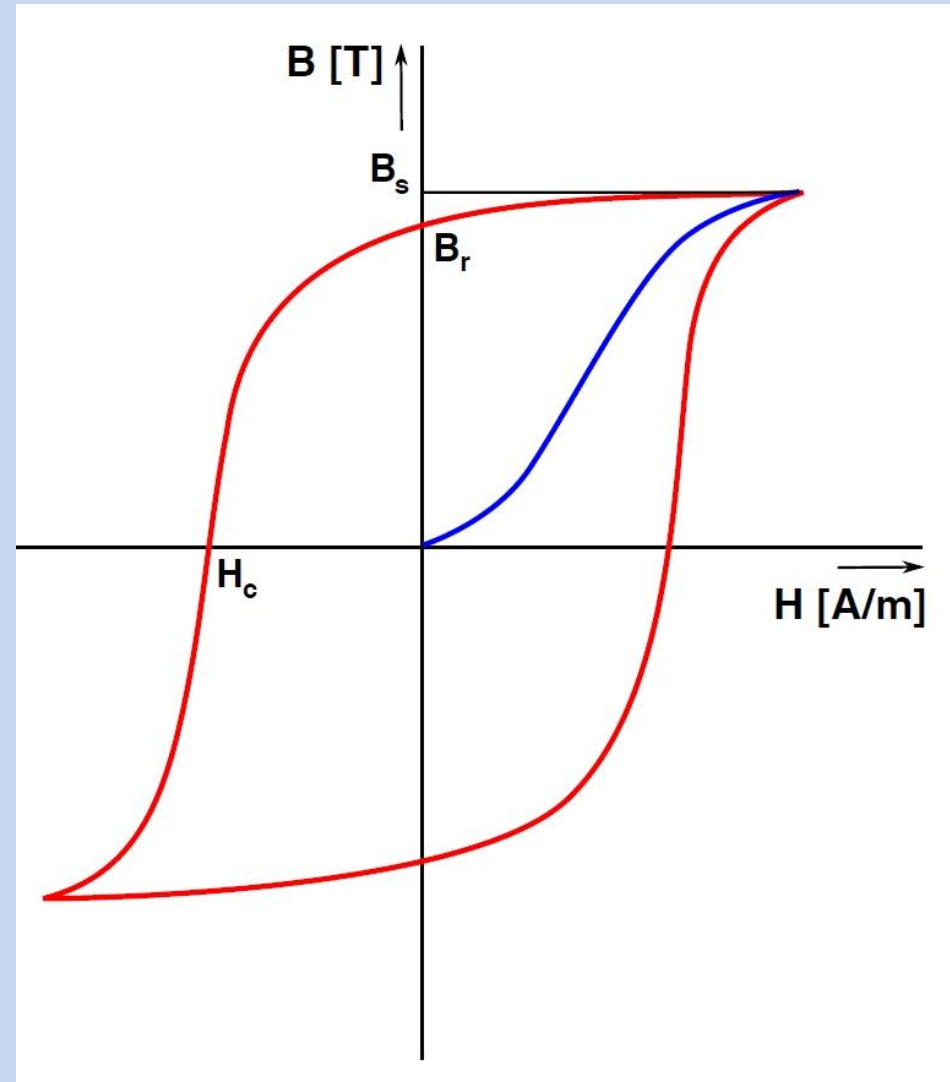


Hysterezní smyčka

Závislost magnetické indukce na intenzitě magnetického pole.

Křivky jsou obvykle symetrické vzhledem k počátku souřadnicového systému.

Charakterizuje základní vlastnosti permanentních magnetů.

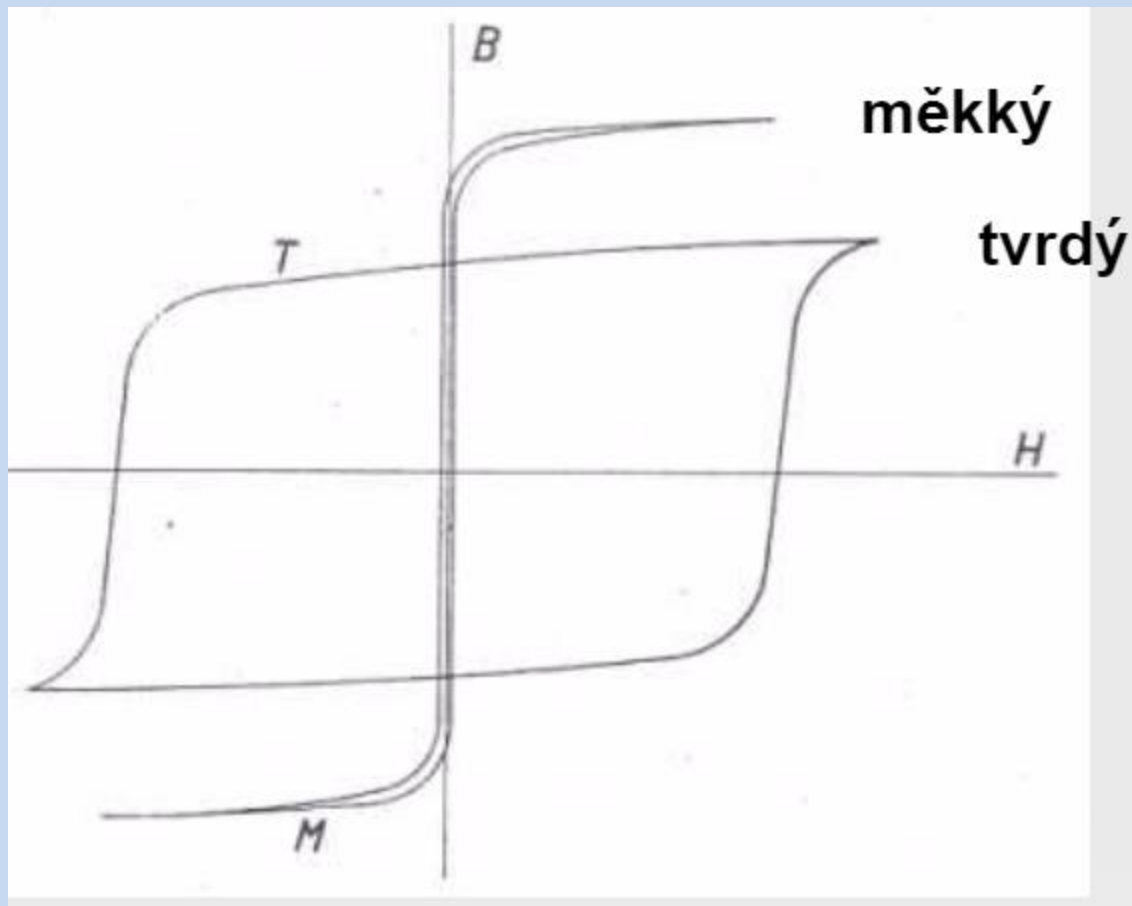


Hysterezní smyčka

Závislost magnetické indukce na intenzitě magnetického pole.

Křivky jsou obvykle symetrické vzhledem k počátku souřadnicového systému.

Charakterizuje základní vlastnosti permanentních magnetů.



Sbírka úloh pro střední školy (modrozelená)

5.kapitola

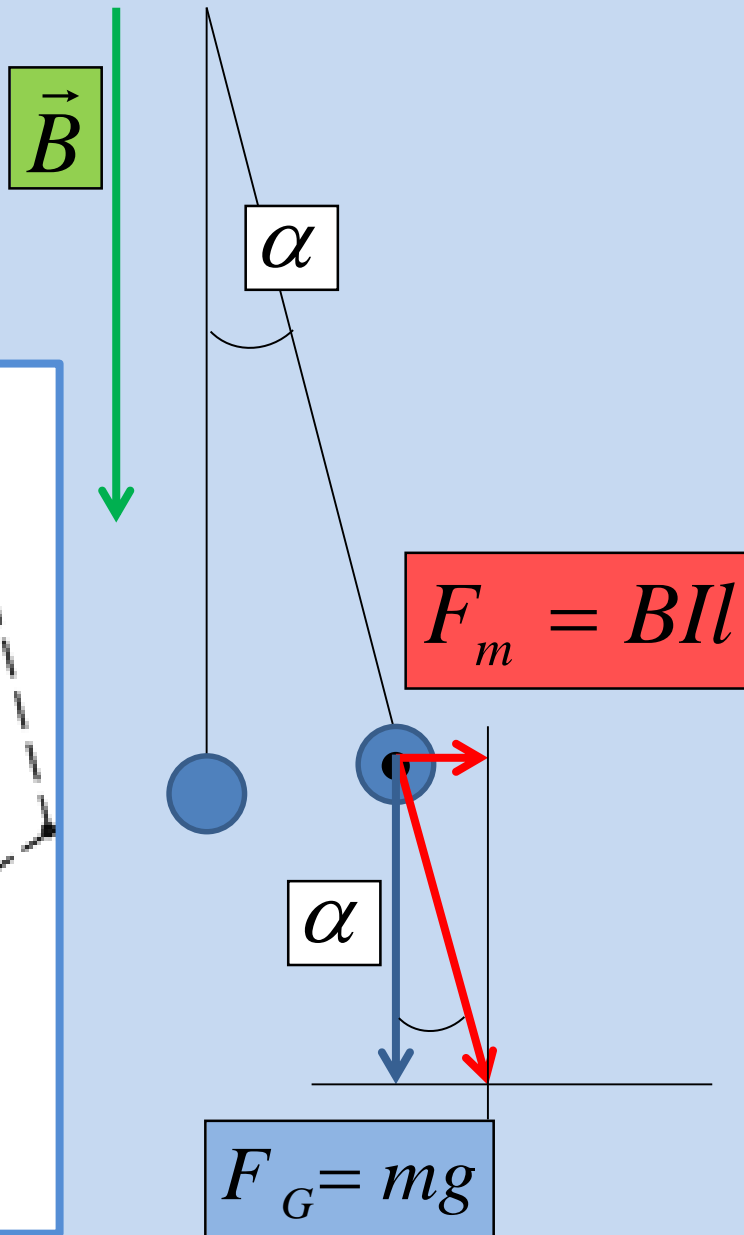
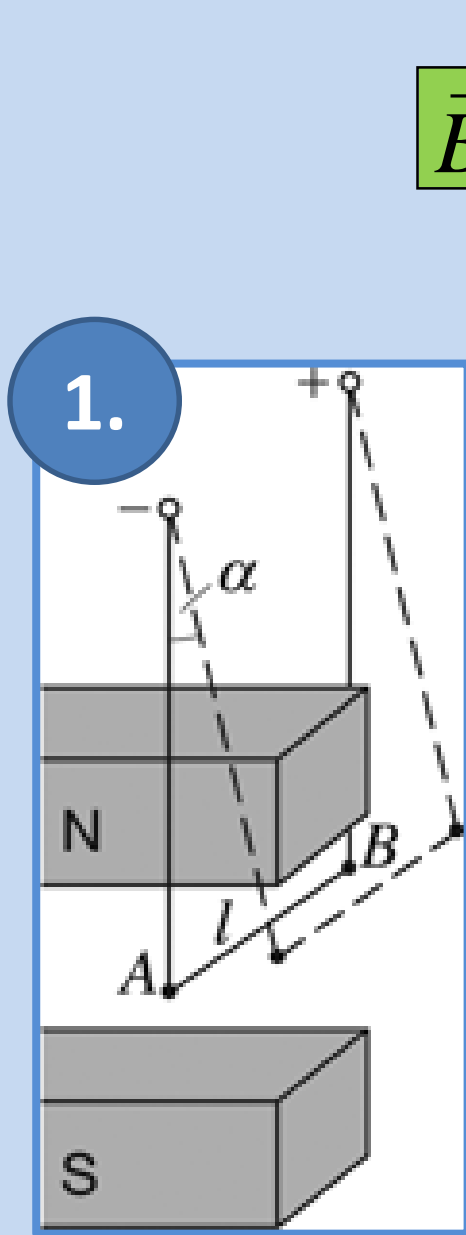
251 – 256 – promyslet

257,258,259,262,264,265,266,270,271 - písemně

272 – 276 – promyslet

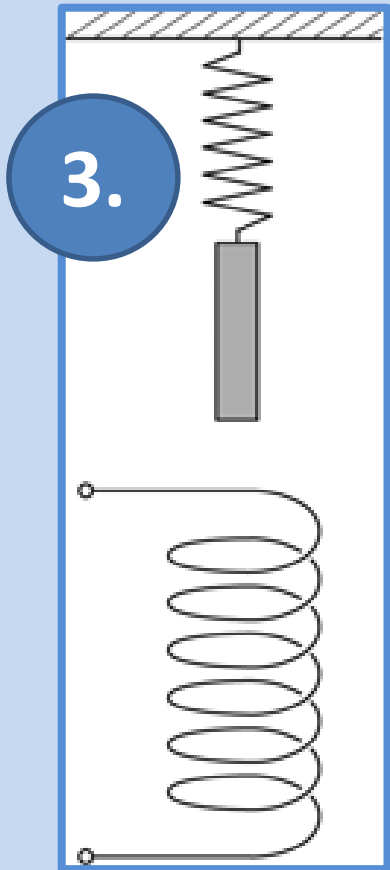
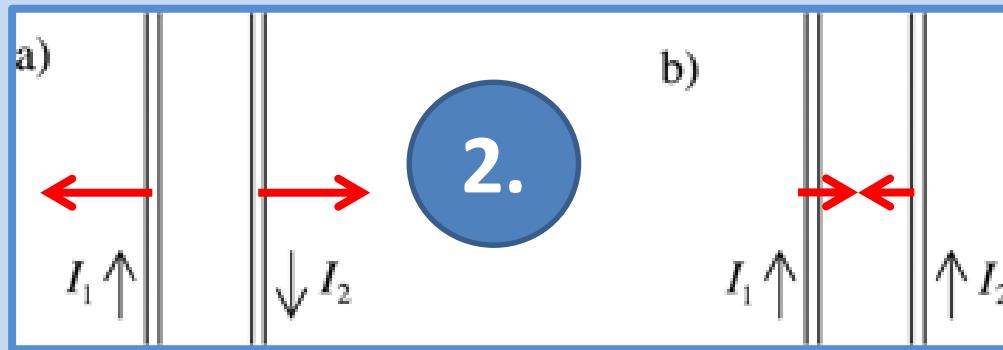
277,278,280,281,283,286 – písemně

Písemně na zvláštní papír A4.



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_m}{F_G}$$

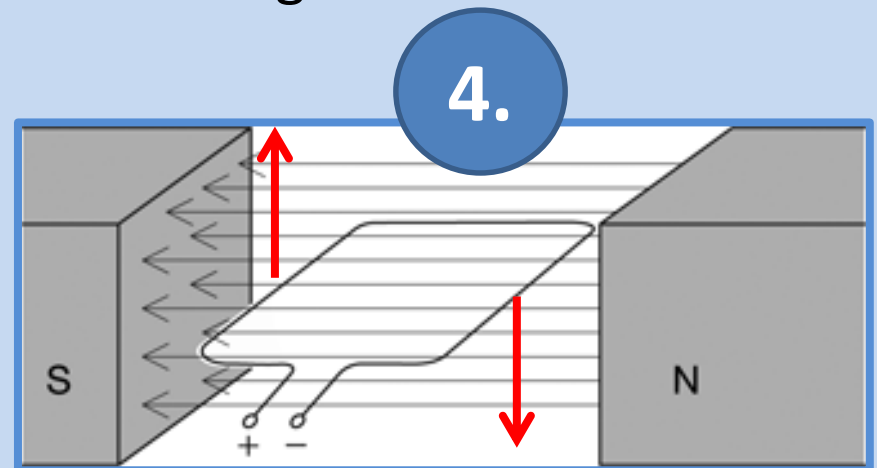
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{BIl}{mg}$$

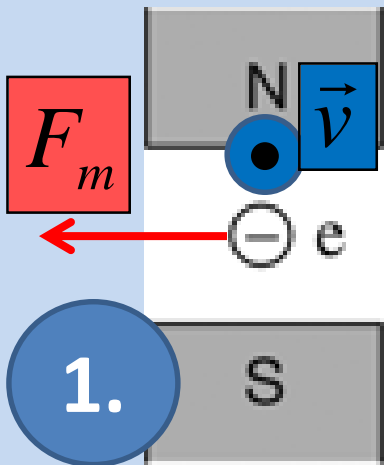


3) Nad cívkou je na pružině zavěšen váleček z měkké oceli, co se stane

1. pustíme-li do cívky proud?
2. zvětšíme-li proud?
3. otočíme-li směr proudu?

Co když bude místo válečku magnet?





- 1) Kam se vychýlí elektron?
- 2) Jaký náboj nesou částice?
- 3) Jaký musí být směr proudu v cívce, aby se letící elektron vychýlil za nákresnu?
- 4) Kterým směrem se vychýlí katodové záření?

