

Magnetismus

Magnetické pole

Základní poznatky o magnetismu

Magnet

dočasný - ovineme-li tyč z měkké oceli drátem, do něhož přes reostat zavedeme stejnosměrný proud, tyč se zmagnetuje. Po přerušení proudu je tyč nemagnetická.

trvalý – vezmeme tyč z tvrdé oceli, ovineme jí drátem a zavedeme do ní stejnosměrný proud. Po přerušení proudu je tyč z stále magnetická. – vznik permanentního, trvalého magnetu.

Magnetka

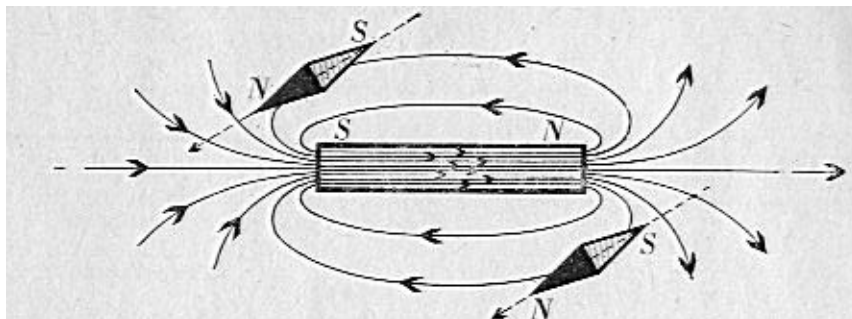
Podepřeme-li v těžišti tak, aby se mohl otáčet ve vodorovné rovině, nastaví se vždy přibližně do severojižního směru. Severním magnetickým pólem k jihu, jižním magnetickým pólem k severu. *Toto způsobí Země, která sama o sobě působí jako magnet a nastavuje magnetku do severojižního směru.*

Vlastnosti magnetky:

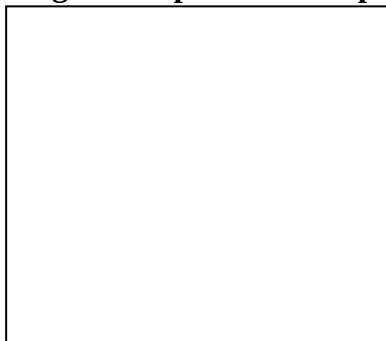
- Mezinárodní označení pólů je odvozeno z angličtiny, severní pól označujeme N (north), jižní pól S (south).
- Konce dvou magnetů se přitahují, jsou-li u sebe nestejnomené póly (severní a jižní). Stejnomené póly (dva severní nebo dva jižní) se odpuzují.
- Dělením magnetu dostaneme opět magnety se severním a jižním pólem, oba póly nelze od sebe oddělit. Magnetické póly nemohou existovat samostatně.

Magnetické pole

V okolí magnetu je magnetické pole. Čáry znázorňující rozložení magnetického pole se nazývají **magnetické indukční čáry**. Kolem magnetu jsou indukční čáry, které směřují od severu k jihu. Na následujícím obrázku vidíte, že magnetka v blízkosti magnetu se vždy nastaví do směru tečny k příslušné indukční čáře.



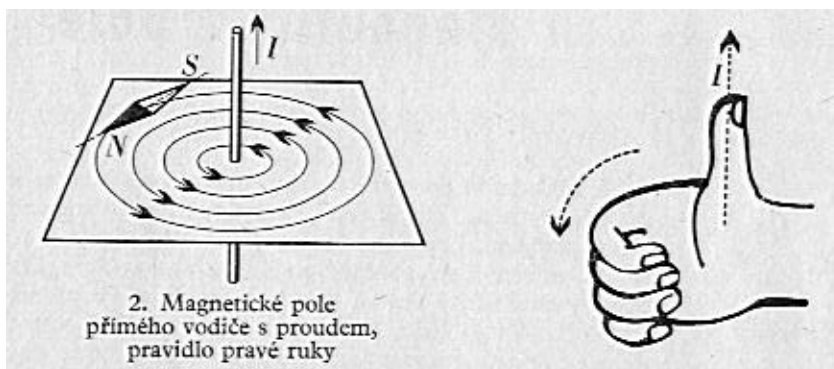
Magnetické pole vodičů s proudem



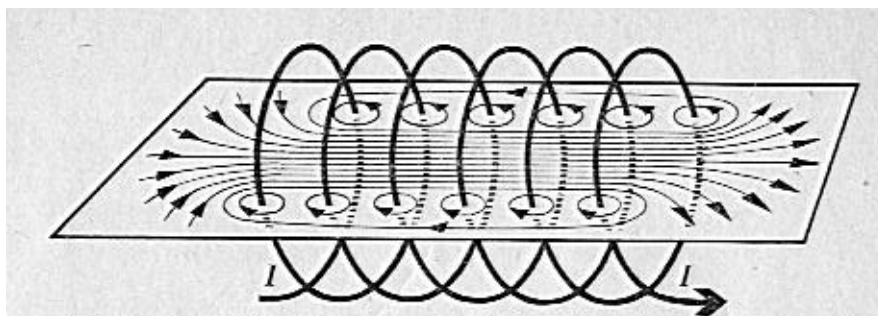
Roku 1820 dánský fyzik Christian Oersted objevil souvislost mezi elektřinou a magnetismem. Nad magnetkou vel. přímý vodič ve směru severojižním. Při průchodu stejnosměrného proudu vodičem se magnetka vychýlila. Proč? Protože v okolí vodiče s proudem vzniká magnetické pole působící na magnetku. Kolem vodiče tedy vzniká magnetické pole, které je vyplněno magnetickými indukčními čarami. Mají tvar soustředných kružnic se středem na vodiči v rovině kolmé k vodiči. Směr magnetický indukčních čar určíme podle pravidla pravé ruky.

Pravidlo pravé ruky (Ampérovo):

Uchopíme vodič do pravé ruky tak, aby palec ukazoval směr proudu ve vodiči. Pak zahnuté prsty ukazují směr magnetických indukčních čar (viz. obrázek).



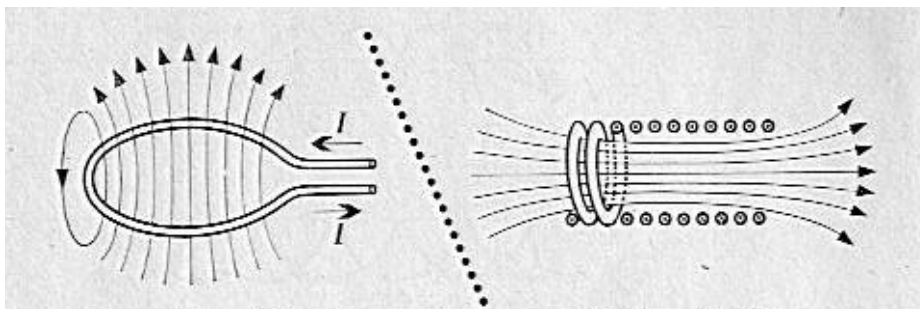
Indukční čáry magnetického pole válcové cívky s proudem mají podobný tvar jako indukční čáry permanentního magnetu.



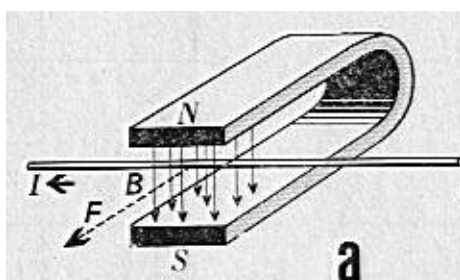
Vlastnosti indukčních čar:

Indukční čáry magnetického pole přímého vodiče jsou kružnice jsou uzavřené čáry. Toto platí i pro permanentní magnety.

Magnetické pole kruhové smyčky s proudem (obr.) a magnetické pole solenoidu (obr. vpravo)

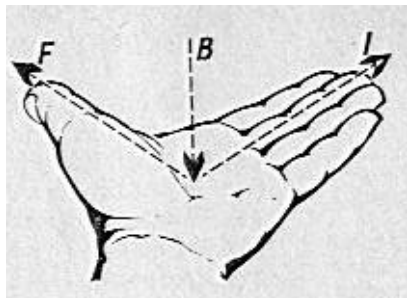


Bylo by možné Oerstedův pokus obrátit? Mohl by se lehký pohyblivý vodič s proudem pohybovat v magnetickém poli těžkého permanentního podkovového magnetu?



Ano, silové působení magnetického pole na vodič s proudem se dá pokusně dokázat. Magnetické pole působí na vodič s proudem magnetickou silou F_m , jejíž směr určíme pomocí Flemingova pravidla levé ruky.

Flemingovo pravidlo levé ruky:



Položíme levou ruku na vodič tak, aby magnetické indukční čáry vstupovaly do dlaně a prsty směřovaly po proudu. Potom odchýlený palec ukáže směr magnetické síly F_m (viz. obrázek).

Velikost magnetické síly F_m závisí přímo úměrně na velikosti el. proudu I a na aktivní délce vodiče: $F_m = B \cdot I \cdot l$

konstanta úměrnosti B se nazývá velikost magnetické indukce, I – je proud, l – je aktivní délka vodiče

Tu vypočteme takto: $B = \frac{F_m}{I \cdot l}$

Odvození jednotky magnetické indukce:

Velikost tesly: Homogenní magnetické pole má velikost magnetické indukce 1 T, působí-li na přímý vodič s aktivní délkou 1 m kolmý k indukčním čarám, protékaný stálým proudem 1 A, silou jednoho newtonu.

A co když vodič není kolmý k magnetickým indukčním čarám?



Pak se velikost magnetické síly F_m počítá pomocí vztahu: $F_m = B \cdot I \cdot x$, kde x je kolmý průmět aktivní délky l vodiče. α - úhel, který svírá vodič s magnetickými indukčními čarami

$$\text{Vypočítáme si velikost } x: \sin \alpha = \frac{x}{l} \Rightarrow x = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$$

Výsledný vzorec je ve tvaru: $F_m = B \cdot I \cdot x = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$

$\sin \alpha$ má ještě další varianty:

1) $\sin \alpha = 90^\circ$

Pak $\sin 90^\circ = 1 \Rightarrow F_m = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$

2) $\sin \alpha = 0^\circ$

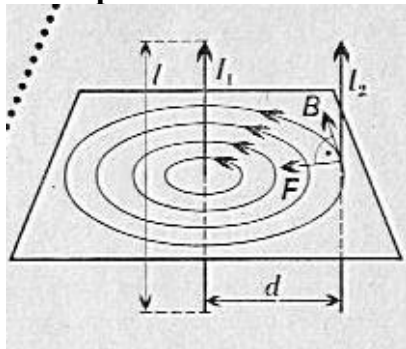
Síla je též nulová, a proto nepůsobí-li na vodič s proudem v magnetickém poli síla, určuje směr vodiče současně směr magnetické indukce.



Pozor:

Magnetická indukce je vektorová veličina. Směr její určíme jako směr tečny k magnetické indukční čáře (v tom určitém místě magnetického pole). Magnetická indukční čára je myšlená čára, která má tu vlastnost, že tečna sestavená v libovolném jejím bodě, určuje směr vektoru magnetické indukce.

Silové působení mezi vodiči s proudem



Poznali jsme, že vodič s proudem vytváří ve svém okolí magnetické pole a dále, že magnetické pole působí na vodič s proudem silou. Z toho vyplývá, že dva přímé vodiče, spolu rovnoběžné a blízko sebe umístěné, působí na sebe navzájem silou.

První vodič vytváří magnetické pole, které působí na druhý vodič silou podle Flemingova pravidla levé ruky (to platí i opačně). Silové působení je tedy vzájemné (Newtonův zákon akce a reakce).

Realita: Oba vodiče vytváří svá magnetická pole, která se skládají v jedno pole výsledné. Vzájemné silové působení zprostředkuje magnetické pole. Toto zkoumal Ampér, a proto vyslovme Ampérův zákon:

Dva rovnoběžné a velmi dlouhé vodiče s proudem na sebe působí silou, která je přímo úměrná součinu obou proudů I_1 a I_2 a délce vodičů l a nepřímo úměrná vzdálenosti d mezi oběma vodiči.

Toto vyjádříme vztahem: $F_m = k \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{d}$. Konstanta úměrnosti k vyjadřuje vliv prostředí na

velikost síly. Píšeme ji zpravidla ve tvaru: $k = \frac{\mu}{2\pi}$.

Konstanta μ se nazývá permeabilita prostředí. Ta se skládá se dvou částí: $\mu_0 = \text{permeabilita vakua}$ a $\mu_r =$

Odvození jednotky $\mu_0 = \text{permeability vakua}$:

Zavedením permeability dostaneme Ampérův zákon v tvaru: $F_m = \frac{\mu_r \cdot \mu_0}{2\pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{d}$.

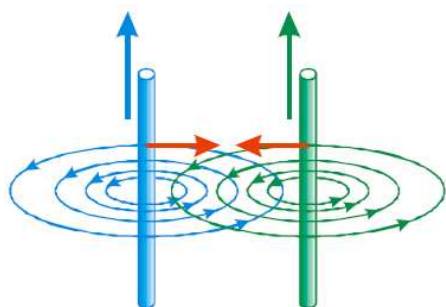
Pomocí Ampérova zákona je definován proud 1 A:

Ampér je stálý proud, který při průchodu dvěma přímými nekonečně dlouhými vodiči zanedbatelného průřezu umístěnými ve vakuu ve vzdálenosti 1 m vyvolá mezi vodiči sílu o velikosti $2 \cdot 10^{-7}$ N na každý 1 m délky.

Př: Dosadíme-li hodnoty veličin, obsažených v definici ampéru, do Ampérova zákona, dostaneme permeabilitu vakua μ_0 .

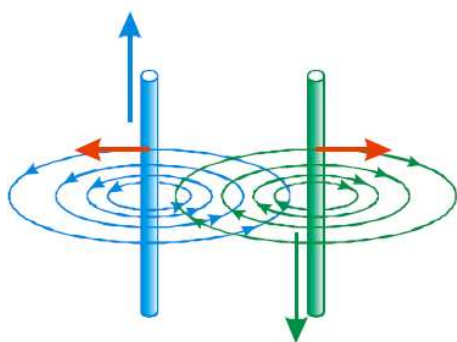
Ampér zkoumal vzájemné působení vodičů na sebe:

a) proudy procházejí vodiči stejným směrem



Mezi dráty směřují indukční čáry obou polí proti sobě. Velikost magnetického pole se tam zmenšuje. Dráty se přitahují magnetickou silou, jejíž velikost určíme Ampérovým zákonem.

b) proudy procházejí vodiči různým směrem



Mezi dráty směřují indukční čáry obou polí stejným směrem. Velikost magnetického pole se tam zvětšuje. Dráty se odpuzují magnetickou silou, jejíž velikost určíme Ampérovým zákonem.

Poznámka: Je vidět, že rovnoběžné vodiče s proudem na sebe vdy působí stejně velkými magnetickými silami opačného směru (tyto síly jsou akce a reakce).

Výpočet magnetické indukce polí (vodičů s proudem)

a) Magnetická indukce dlouhého vodiče

Dvoji vyjádření té samé síly:

1) Dva rovnoběžné přímé vodiče s proudem na sebe působí prostřednictvím svých magnetických polí silou F_m , kterou vyjadřuje Ampérův zákon.

2) Tu samou sílu můžeme vyjádřit taky takto. Je to síla, jíž působí magnetické pole vodiče 1 na vodič 2. V místě vodiče 2 má magnetické pole vodiče 1 indukci B velikost síly F lze vyjádřit známým výrazem: $F_m = BI_2l$

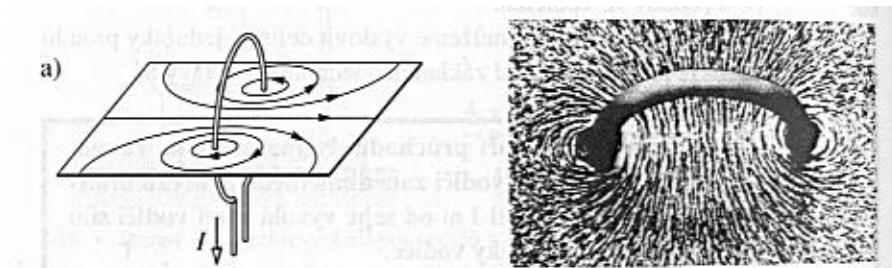
Porovnáme obě vyjádření mag. síly: $B \cdot I_2 \cdot l = \frac{\mu}{2\pi} \frac{I_1 \cdot I_2 \cdot l}{d} \Rightarrow B = \frac{\mu}{2\pi} \frac{I}{d}$

b) Magnetické pole cívky

Dvě varianty:

1) Závít

Pomocí pilinových obrazců můžeme znázornit také magnetické pole vodičů s proudem ve tvaru závitu.

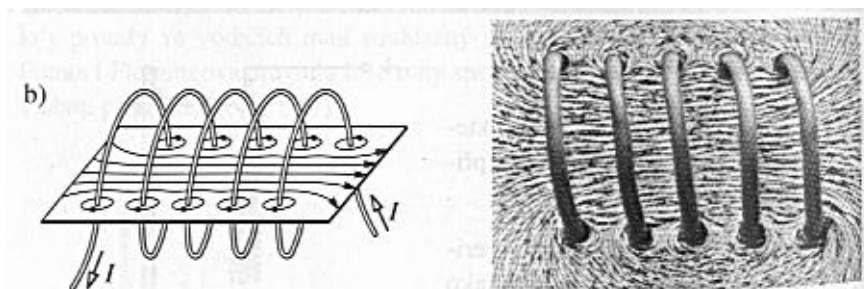


Magnetická indukce kruhové smyčky se vypočítá:

$$B = \mu_0 \frac{I}{2r}$$

2) Cívka

Druhá varianta je místo jednoho závitu, použití dlouhé válcovité cívky s velkým počtem závitů, jejichž průměr je mnohem menší než délka cívky a nazýváme ji solenoid.



Orientaci magnetických indukčních čar závitu nebo cívky určíme opět Ampérovým pravidlem pravé ruky (pro cívku):

Pravou ruku položíme na cívku (závit) tak, aby podržené prsty ukazovaly dohodnutý směr proudu v závitě cívky. Palec ukazuje orientaci magnetických indukčních čar v dutině cívky.

Kde jsou póly?

Konec cívky, z něhož vystupují magnetické indukční čáry, odpovídá severnímu pólu magnetu. Opačný konec, do něhož indukční čáry vstupují, je jižní pól magnetu. Podle Ampérova pravidla je severní pól cívky na straně palce.

Magnetická indukce kruhové smyčky se vypočítá:

$$B = \mu_0 \frac{N \cdot I}{l}$$

Částice s nábojem v magnetickém poli



Vodivostní elektrony $-e$ se ve vodiči pohybují opačným směrem, než je dohodou určený směr proudu ve vodiči. Ja už víme, na přímý vodič délky l s proudem I působí v homol.

magnetickém poli s indukcí $\vec{B}$ magnetická síla o velikosti $F_m = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$, jejíž směr určíme podle Flemingova pravidla levé ruky. Tuto výslednici můžeme pokládat za výslednici velmi malých magnetický sil působících na jednotlivé volné elektrony pohybující se ve vodiči. Elektrický proud v kovech je tvořen pohybem

záporně nabitých volných elektronů. Jestliže ve vodiči o aktivní délce l je N volných elektronů o celkovém náboji $Q = -N e$, které se pohybují rychlostí v ve směru vodiče (od $-$ k $+$), pak vzdálenost l urazí za dobu $t = \frac{l}{v}$ a $l = vt$. Průřezem vodiče projde za dobu t právě

náboj Q v podobě obrovského počtu N elektronů, což odpovídá proudu $I = \frac{|Q|}{t}$, kde $|Q|$ je velikost celkového náboje.

Celkovou magnetickou sílu vypočítáme takto:

$$F_{m, \text{celkový}} = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha = B \cdot \frac{|Q|}{t} \cdot v \cdot t \cdot \sin \alpha = B \cdot |Q| \cdot v \cdot \sin \alpha$$

Na jeden jediný elektron působí magnetická síla o velikosti:

$$F_m = \frac{B \cdot |Q| \cdot v \cdot \sin \alpha}{N} = \frac{B \cdot N \cdot e \cdot v \cdot \sin \alpha}{N} = B \cdot e \cdot v \cdot \sin \alpha$$

Tento vztah neplatí pouze pro jeden elektron pohybující se ve vodiči, ale i pro elektron pohybující se samostatně v magnetickém poli mimo vodič.

Jedná se o vakuovou techniku, kdy v televizních obrazovkách, hmotnostních spektrografech nebo obrazovkách osciloskopu se využívá katodové záření, což je proud proud letících elektronů z katody (pokus s Wehneltovou trubicí).

Pohybuje-li se elektron v magnetickém poli, působí na něj magnetická síla, která zakřivuje jeho trajektorii. Elektron se pohybuje po kružnici magnetická síla je vlastně dostředivou silou, která způsobuje pohyb po kružnici.



Platí: $F_m = F_{\text{dost.}}$

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

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

odtud určíme libovolnou veličinu

Upozornění:

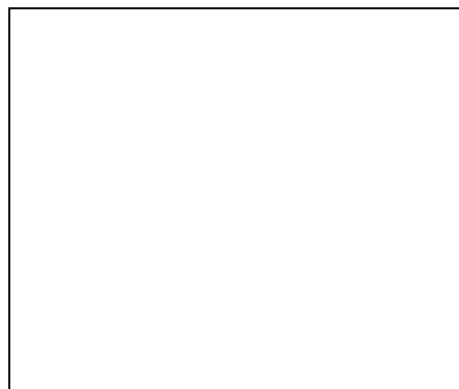
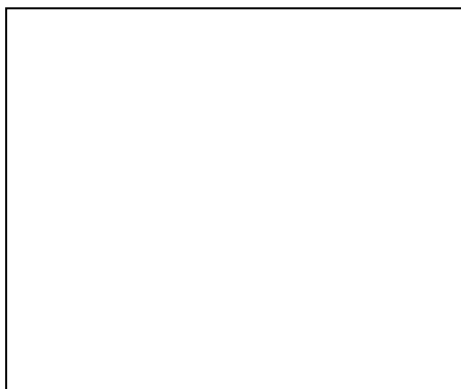
Vztah pro magnetickou sílu platí pro jakoukoliv letící částici s nábojem Q (např. částice alfa, proton, pozitron, kladný a záporný iont). ve vzorci je ovšem třeba nahradit náboj e (elektronu) nábojem příslušné částice.

Co se stane pohybují-li se částice kolmo k vektoru magnetické indukce?

$$\mathbf{F}_m = B \cdot |Q| \cdot v \cdot \sin \alpha$$

Stane-li se to pak $\alpha = 90^\circ$ a výsledkem je $\sin 90^\circ = 1$ a výsledná hodnota je $\boxed{\mathbf{F}_m = B \cdot |Q| \cdot v}$.

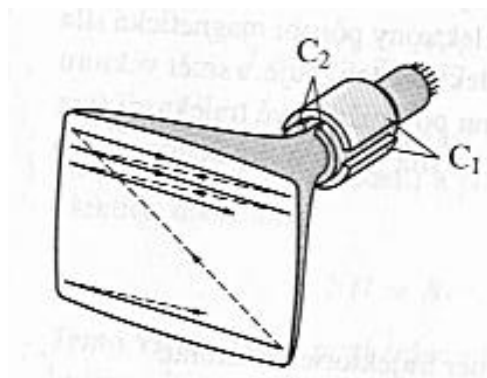
Bude rozdíl ve směru magnetické síly pro kladně nabitou částici a záporně nabitou částici?

**Poznámka:**

Pohybují-li se částice s nábojem Q současně v elektrickém i magnetickém poli, působí na ni

el. síla $\vec{F}_e$ o velikosti $F_e = E \cdot |Q| = \frac{U}{d} \cdot |Q|$ a současně magnetická síla $\vec{F}_m$. Výsledná síla se

nazývá Lorentzova síla $\vec{F}_L$, která je vektorovým součtem: $\vec{F}_L = \vec{F}_e + \vec{F}_m$

Užití pohybu nabitě částice v elektrickém a magnetickém poli:

a) **Televizní obrazovka** – je to vakuová katodová trubice, kde se elektronový svazek paprsků vychyluje pomocí magnetického pole vychylovacích cívek. Obrazovka má tedy magnetické vychylování (vylepšení nepoužívají se zde už vychylovací destičky).

Princip:

Vychylovací cívky C_1 a C_2 jsou nasazeny na hrdle televizní obrazovky a proudem v těchto cívkách se řídí pohyb stopy elektronového paprsku na stínítku obrazovky.

b) **Urychlovače částic** - Největší urychlovač na světě LHC (Large Hadron Collider) umístěný v Cernu ve Švýcarsku, je zabudován do kruhového tunelu o obvodu 27 km.

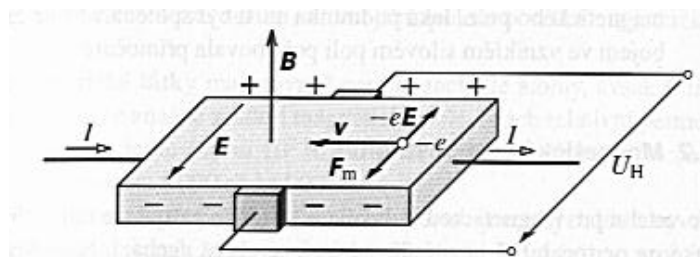
Cyklotron

Ve vakuové komoře je umístěn plochý kovový válec, rozdělený štěrbinou na dvě části = duanty D_1 , D_2 . Duanty jsou umístěny v magnetickém poli.



Kladně nabitá částice je urychlována v el. poli mezi dvěma duanty, jejich polarita se neustále mění. Zároveň se částice pohybuje i v magnetickém poli, které na částici působí magnetickou silou. Tato síla ovšem částici neurychluje, ale pouze zakřivuje její dráhu. Částice tak krouží po dráze o stále větším poloměru stále vyšší rychlostí, až opustí cyklotron s obrovskou rychlostí i energií. Tato částice se stává relativistickou částicí – její rychlost se blíží rychlosti světla. Projevuje se u ní Einsteinova STR – hmotnost částice se zvětšuje.

Hallův jev



Hall se začal hlouběji zabývat myšlenkou, že magnetická síla nepůsobí vlastně na samotný vodič, ale na pohybující se elektrony. To by však současně znamenalo, že působením magnetické síly, která je kolmá k vodiči, se elektrony ve

vodiči přesunou k jednomu jeho okraji. Mezi oběma okraji by pak mělo vzniknout malé napětí. To se také podařilo prokázat změřením nepatrného napětí na protilehlých stranách tenké zlaté fólie.

Princip:

Proud prochází vodičem v podobě pásku umístěného v magnetickém poli tak, že vektor B magnetické indukce je kolmý k ploše pásku. Magnetická síla působí na volné nosiče náboje v pásku, a tím vzniká nerovnoměrné rozdělení nábojů napříč vodičem, které se projevuje jako příčné el. pole o intenzitě E . Tomu odpovídá Hallovo napětí U_H , které je při stálém proudu I přímo úměrné velikosti magnetické indukce $U_H = k B$.

Na čem závisí k ?

Konstanta k závisí na hustotě nosičů náboje ve vodivém pásku a u kovových vodičů je malá. Podstatně větší hodnotu má u polovodičů a záleží také na tom, jestli mají částice vytvářející proud náboj kladný nebo záporný. Tím se dá určit o jaký typ polovodiče se jedná (typ P či N). Hallův jev v polovodičích našel také řadu praktických aplikací:

a) **teslametr** – přístroj na měření magnetické indukce

b) **snímače** – v současných automobilech je využit ve snímači, který určuje okamžik zapálení směsi v pracovním válci motoru

Látky v magnetickém poli

Má vliv látkové prostředí na magnetické pole?

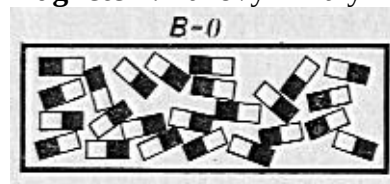
Vzpomeňte na pokus, který jsme dělali, kdy do cívky jsem vložil jádro ze železa. Vytvořené pole se značně zesílilo a magnetická síla byla větší. Co když tam dáme dřevo či mosaz atd. Ukazuje se že silový účinek je mnohem menší.

Ukazuje se, že existují látky, které výrazně zvětšují indukci magnetického pole vodičů s proudem. Patří sem: železo, nikl, kobalt, - nesou označení **látky feromagnetické**

látky neměnící magnetické pole proudu nazýváme **látky neferomagnetické**

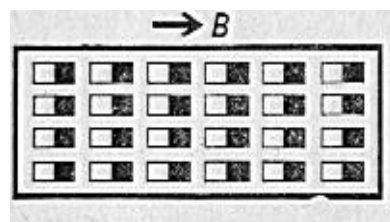
Magnetické vlastnosti látek

Ukazuje se, že každý magnet má i po rozdělení dva póli (neumíme oddělit póli magnetu). Představme si proto, že každá částice feromagnetické látky je samostatným **malým magnetem**. Takovým malým magnetům říkáme **elementární magnety**.



Pokud nebude feromagnetická látka zmagnetivána, jsou v ní elementární magnety orientovány nahodile, takže se vzhledem k jejich velkému počtu jejich účinek navenek ruší (viz obr. A).

Magnetování



Pokud jej však vložíme do dutiny cívky s proudem, natáčí se účinkem magnetického pole cívky elementární magnety tak, že jsou jejich indukční čáry souhlasně orientovány s indukčními čarami vnějšího magnetického pole (viz obr. B). Dosáhneme-li úplného uspořádání elementárních magnetů v látce je látka magneticky nasycena a dále ji již magnetovat nemůžeme.

Co se stane, když přestane působit vnější magnetické pole?

U **magneticky měkké** oceli tepelný pohyb atomů úplně zruší uspořádání elementárních magnetů a ocel se sama odmagnetuje.

U **magneticky tvrdé** oceli vnitřní síly udrží elementární magnety částečně uspořádané a vznikne **TRVALÝ MAGNET**.

Podstata elementárního magnetu

Uvnitř malých částíček látky tekou uzavřené proudy, a proto se elementární magnety chovají jako smyčky s proudem. – Díky tomu nemůžeme oddělit severní pól od jižního, protože oba póly jsou jen střediskem výsledného působení uspořádaných proudových smyček elementárních magnetů.

Elektronový spin

Ukazuje se, že atomy se skládají z jader a z elektronů, které obíhají kolem jader. Každý obíhající elektron představuje uzavřený proud. Dále má každý elektron vlastní rotaci – **elektronový spin** a díky tomu se chová jako malý magnet. Z toho plyne, že magnetické vlastnosti látek vycházejí z jader. Magnetismus je zde podmíněn dvěma podmínkami a to:

- účinek dráhový – příslušný oběh elektronu kolem jádra
- účinek spinový – vlastní rotace elektronu

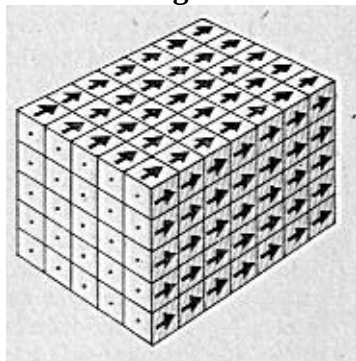
Na čem záleží magnetismus?

Tato teorie vysvětluje látky, které se skládají z atomů diamagnetických a paramagnetických.

a) **diamagnetické atomy** – magnetické účinky se úplně vykompenzují a výsledný magnetismus je nulový

b) **paramagnetické atomy** – magnetické účinky elektronů nejsou zcela vykompenzovány a které se tedy chovají jako magnety

A co feromagnetismus?



Atomy jsou více magnetické než atomy paramagnetické. Bylo to vysvětleno až v pol. 20 století. Ukazuje se, že u některých látek jsou atomy paramagnetické a dochází v struktuře krystalů k úplnému magnetickému spořádání atomů, takže **krystal je úplně zmagnetován**. Jelikož toto vznikne samo – hovoříme o **spontánní magnetizaci**. Látka se skládá z **domén**. (viz. obr.) Domény představují elementární magnety u feromagnetických látek.

Jak dojde k magnetizaci feromagnetických látek?

Feromagnetismus existuje pouze u tuhých látek.

Dělení látek podle magnetických vlastností:

1) **Diamagnetické látky** se skládají z diamagnetických atomů a nepatrně zeslabují magnetické pole. Jejich μ_r je nepatrně menší než jedna (měď, vizmut).

2) **Paramagnetické látky** se skládají z paramagnetických atomů bez spontánní magnetizace a nepatrně zesilují magnetické pole. Jejich μ_r je nepatrně větší než 1. Příklad: hliník, platina

3) **Feromagnetické látky** (ferity) obsahují paramagnetické atomy, které jsou v krystalových mřížkách ve stavu spontánní magnetizace. Značně zesilují magnetické pole. Příklad: Měkká ocel.

Magnetická hystereze

Pro velikost magnetické indukce magnetického pole velmi dlouhé cívky ve vakuu platí vztah:

$$B = \mu_0 \frac{N \cdot I}{l}$$

Vložíme-li do cívky dlouhé jádro z látky o relativní permeabilitě, bude

magnetická indukce magnetického pole v látce dána vztahem $B = \mu_r \cdot B_0$. Ze vztahu vyplývá, že velikost magnetické indukce B_0 je závislá na hustotě závitů cívky a nejen na proudu I . Ukazuje se, že jen proud neurčuje velikost B_0 , a tím ani velikost magnetické indukce B . Tu

velikost určuje $\frac{N \cdot I}{l}$, kterou označíme novou veličinu **H – intenzita magnetického pole** dlouhé cívky. $H = \frac{N \cdot I}{l}$.

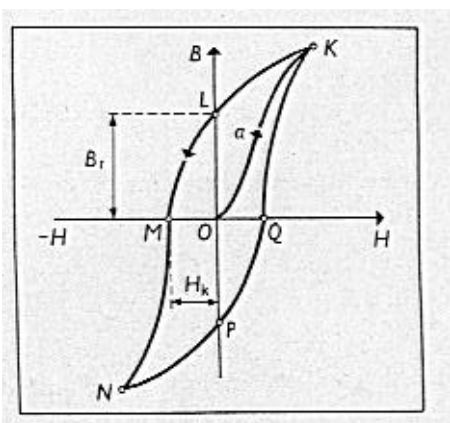
Jednotka H?

V případě dlouhého jádra **je H též intenzitou magnetického pole v látce.**

$$B = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H$$

Zde je intenzita magnetického pole v látce. Intenzita magnetického pole má v každém bodě magnetického pole stejný směr jako vektor magnetické indukce.

Ukazuje se, že relativní permeabilita u feromagnetických látek není konstantní, nýbrž závisí na velikosti intenzity magnetického pole v látce ($\mu_r = f(H)$). Závislost není lineární, a proto jejím grafem bude křivka. Tu nazveme hysterezí smyčkou feromagnetické látky.



Popis: Bodu K odpovídá magnetické nasycení látky, pokud by křivka stoupala dále tak by rostlo magnetické pole samotné cívky. Zmenšíme-li velikost intenzity magnetického pole, zmenší se velikost magnetické indukce z K do L. (nevratnost magnetizačních procesů ve feromagnetických látkách). Látka je v bodě L zmagnetována i bez působení vnějšího magnetického pole. Obrátíme směr proudu v cívce a tím změním intenzitu magnetického pole na opačnou. Zvětšováním proudu vzrůstá i intenzita magnetického pole, zatímco magnetická indukce klesá (z L do M). Při určité hodnotě intenzity magnetického pole, klesne velikost magnetické

indukce v látce na nulovou hodnotu (M). Budeme-li intenzitu dále zvětšovat bude se látka magnetovat opačně až do nasycení (N). Pak začneme intenzitu zmenšovat a po dosažení její nulové hodnoty změním opět směr proudu v cívce a dojdeme až do bodu K.

Materiály, které smyčku mají širokou nazýváme **magneticky tvrdé** a materiály s úzkou hysterezí smyčkou nazýváme **magneticky měkké**.

Užití magnetů

Elektromagnet má výhodu v tom, že při vypnutí el. proudu magnetické pole zaniká.

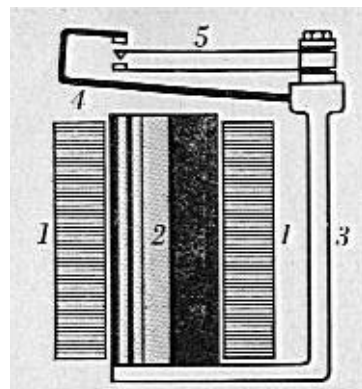
Permanentní magnet nepotřebuje zdroj proudu.

Možnosti využití:

1) Elektromagnetický jeřáb – užívá se při zvedání těžkých břemen

2) Magnetické upínání – užívá se k upínání ocelových předmětů na některých obráběcích strojích (brusek). Broušený předmět položíme do žádané polohy a upneme zapnutím proudu.

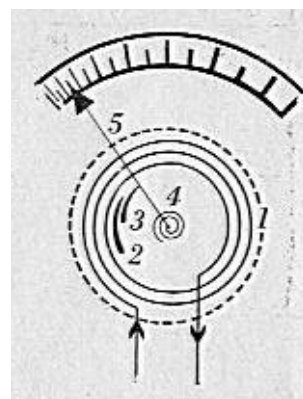
3) Spínací relé – elektromagnet složen z cívky 1, z jádra 2, rámu 3 a kotvy 4 z magneticky měkké oceli. Po zapnutí proudu do cívky přitáhne magnet kotvu. Pohyb kotvy se přenáší na kontaktní pera 5, jejichž pomocí spínáme další proudové obvody. Relé se užívají ve slaboproudé technice a v různých automatických a ovládacích zařízeních.



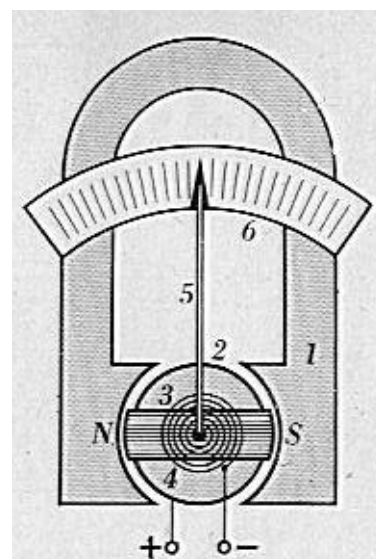
4) Elektromagnetický měřicí přístroj – se skládá z cívky 1, ze dvou segmentů 2 a 3 z měkké oceli. Segment 2 je pevný, segment 3 je otočně uložen a spojen s ručkou 5.

Princip:

Prochází-li cívkou měřený proud, zmagnetují se oba segmenty souhlasně a odpuzují se. Segment 3 se vychýlí a působí otáčivým momentem na ručku. Současně působí na ručku moment síly pružnosti natáčené pružiny, který je opačně orientován. Ručka se ustálí v poloze, v níž jsou oba momenty sil stejně velké. Přestane-li proud působit ručka se vrátí do původní polohy. Směr výchylky nezávisí na směru proudu v cívce.



5) Měřicí přístroj s otočnou cívkou – je založen na principu silového působení magnetického pole na vodič s proudem. Jeho permanentní magnet 1. Mezi póly magnetu je umístěn trn 2 z magneticky měkké oceli tak, že mezi magnetem a trnem vzniká všude stejně široká mezera. V mezeře je cívka 3 otáčivá kolem svislé osy. Cívkou prochází měřený proud. Magnetické pole působí na cívku otáčivým momentem, který je přímo úměrný proudu. Současně působí na o otáčející se cívku moment síly pružnosti natáčené pružiny, který je opačně orientován. S cívkou je spojena ručka 5, která ukazuje na stupnici 6. Ručka se ustálí v poloze, v níž oba momenty sil působící na cívku jsou stejně velké. Přestane-li cívkou procházet proud, moment síly pružnosti stočené pružiny vrací cívku a s ní i ručku do původní polohy. Stupnice je rovnoměrná.



6) Magnetický záznam signálů – díky němuž je uchovávána zvuková či obrazová informace. Magnetický záznam je založen na trvalém zmagnetování vrstvy feromagnetika (oxidu železa), naneseného na nosiči z plastického materiálu. Nosič může mít podobu pásky, jak ho známe z kazet pro záznam zvuku nebo obrazu.