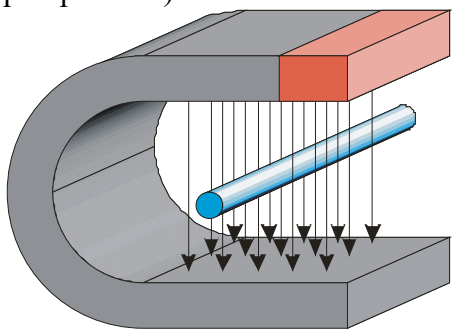
4.5.3 Magnetická síla

Předpoklady: 4501, 4502

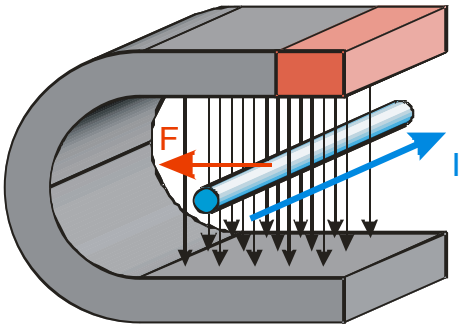
Okolo vodiče s proudem vzniká magnetické pole („stává se z něj magnet“) ⇒ pokud vodič s proudem dáme k magnetu, bude na něj působit magnetická síla.

Pokus: Podkovovitý magnet (kreslíme pouze magnetické siločáry v dutině), do dutiny vložíme drát. Jakmile drátem začne protékat proud, drát se pohne ⇒ působí na něj magnetická síla (podle předpokladu).

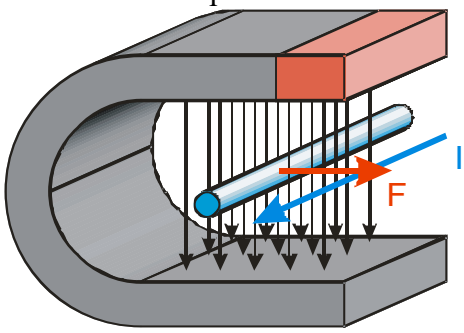


Směr síly závisí na směru proudu.

Pokud proud teče zepředu dozadu, síla působí doleva.



Pokud proud teče zezadu dopředu, síla působí doprava.



Směr síly je opět možné určit pomocí „pravidla ruky“.

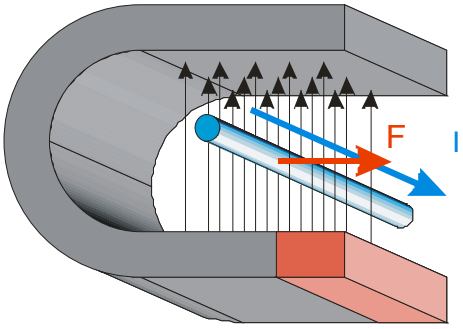
Flemingovo pravidlo levé ruky:

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

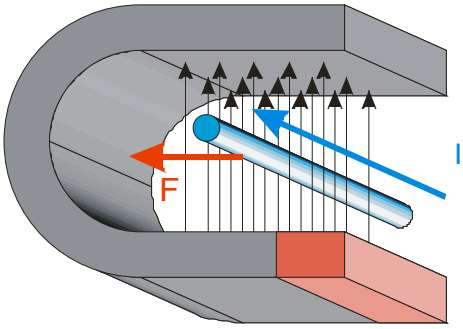
Pedagogická poznámka: Flemingovo pravidlo levé ruky je druhé, které částečně používám.

Př. 1: Rozhodni pomocí Flemingova pravidla levé ruky, jakým směrem bude působit síla na vodič s proudem s následujících situacích.
a) Severní pól magnetu je dole, proud směřuje zepředu dozadu.
b) Severní pól magnetu je dole, proud směřuje zezadu dopředu.

a) Severní pól magnetu je dole, proud směřuje zepředu dozadu ⇒ magnetická síla směřuje doprava.



b) Severní pól magnetu je dole, proud směřuje zezadu dopředu ⇒ magnetická síla směřuje doleva.



Pedagogická poznámka: Zadání neobsahuje obrázky schválně. Jde o to, aby si studenti situaci buď představili nebo si obrázek udělali sami. Výsledky samozřejmě ověřujeme pokusem.

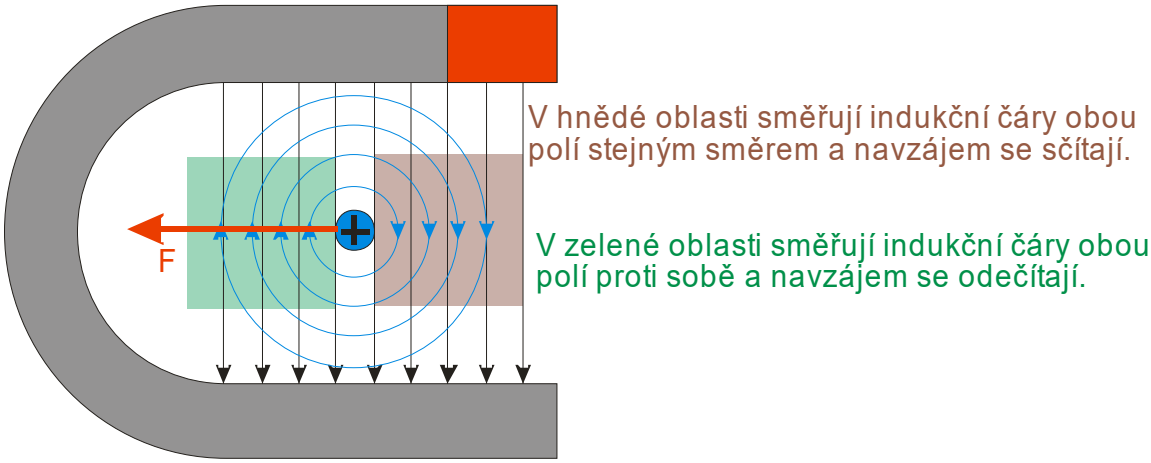
Flemingovo pravidlo levé ruky je sice součástí učebnic, ale má dvě nevýhody:

- plete se s ostatními pravidly pro ruce,
- nic nám neříká o tom, proč to tak je (my přitom víme, že za do určitě nějak můžou magnetické indukční čáry).

⇒ Nakreslíme si pro první dva pokusy nový obrázek (jen 2D, aby byl jednodušší), kde budou i indukční čáry pole drátu.

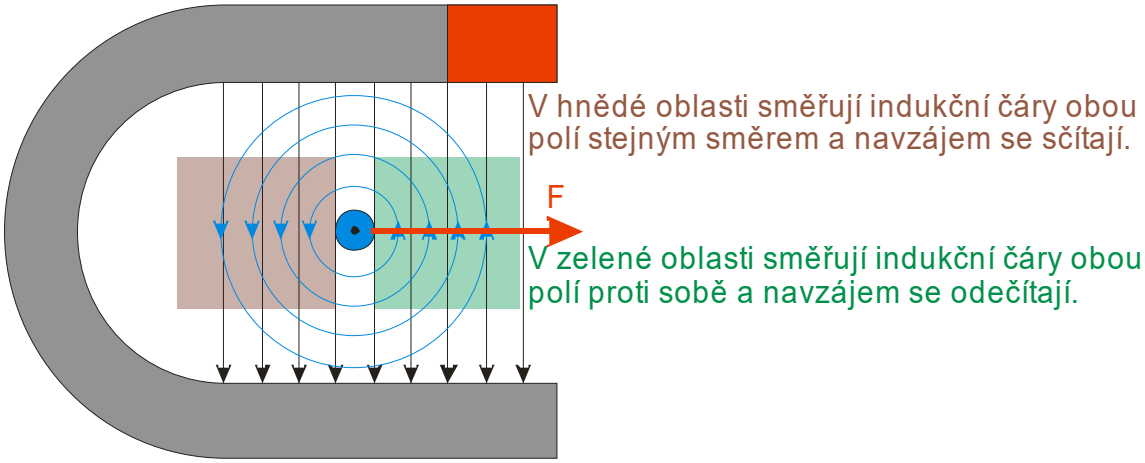
Severní pól nahoře, proud zepředu dozadu.

⊕ Křížek uprostřed drátu znamená, že proud směřuje od nás do papíru.



Severní pól nahoře, proud zezadu dopředu.

Tečka uprostřed drátu znamená, že proud směřuje z papíru k nám.



Zdá se, že drát je vždy přitahován do místa, kde se magnetické indukční čáry odečítají ⇒ prohlásíme to za pravidlo.
Dva předměty budící magnetické pole na sebe působí vzájemnou magnetickou silou, která se snaží oba předměty přemístit:

- do místa, kde odčítání indukčních čar zeslabuje magnetické pole,
- z místa, kde sčítání indukčních čar zesiluje magnetické pole.

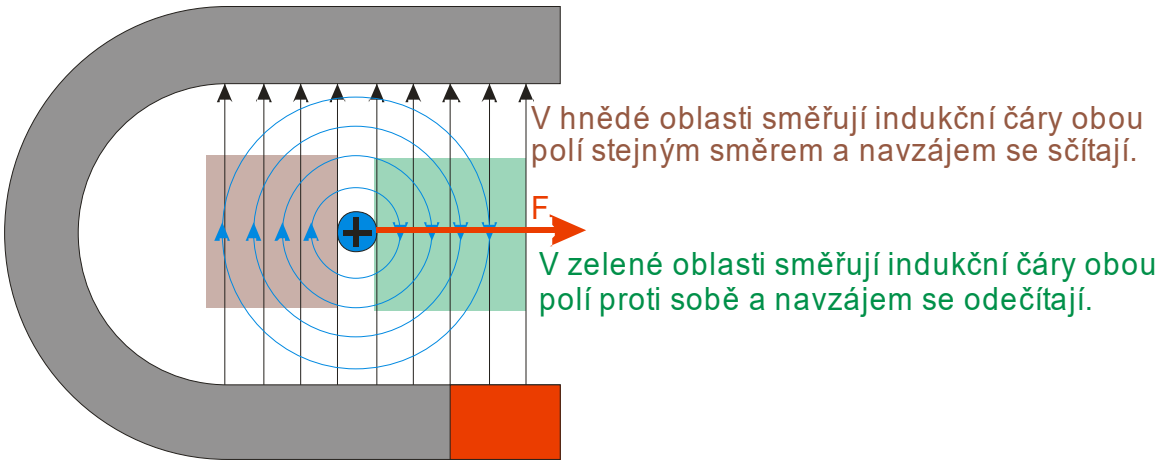
Obě podmínky, říkají to samé, stačí použít jednu z nich.

Pravidlo vypadá dobře, ale musíme ho ještě ověřit

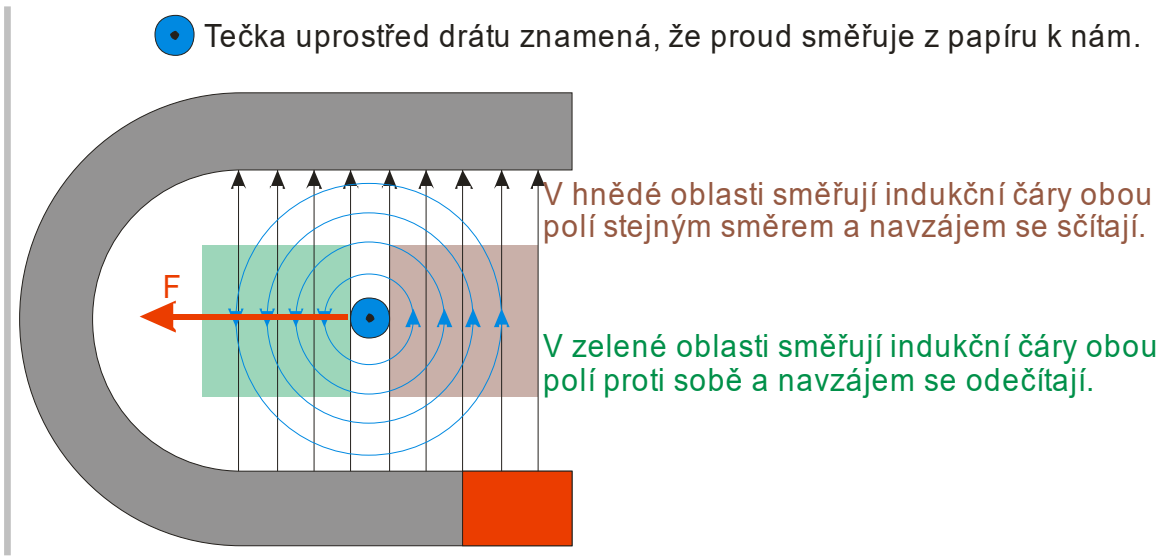
Př. 2: Pomocí pravidla pro sčítání indukčních čar najdi sílu, která působí na vodič s proudem v obou pokusech z příkladu 1. Výsledek srovnej s výsledky získanými pomocí Flemingova pravidla levé ruky.

a) Severní pól magnetu je dole, proud směřuje zepředu dozadu ⇒ magnetická síla směřuje doprava.

Křížek uprostřed drátu znamená, že proud směřuje od nás do papíru.

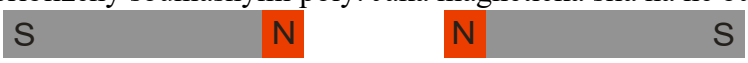


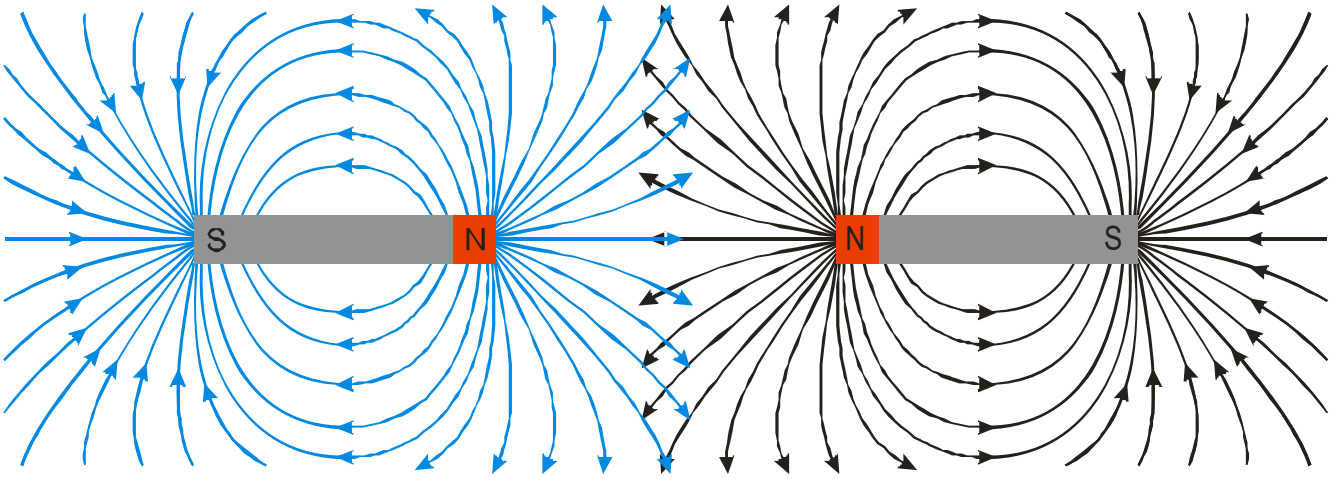
b) Severní pól magnetu je dole, proud směřuje zezadu dopředu ⇒ magnetická síla směřuje doleva.



Zatím to vychází, ale pořád jde v podstatě pouze o jeden pokus ⇒ pokusíme zjistit, zda pomocí pravidla na indukční čáry vysvětlíme i přitahování magnetů.

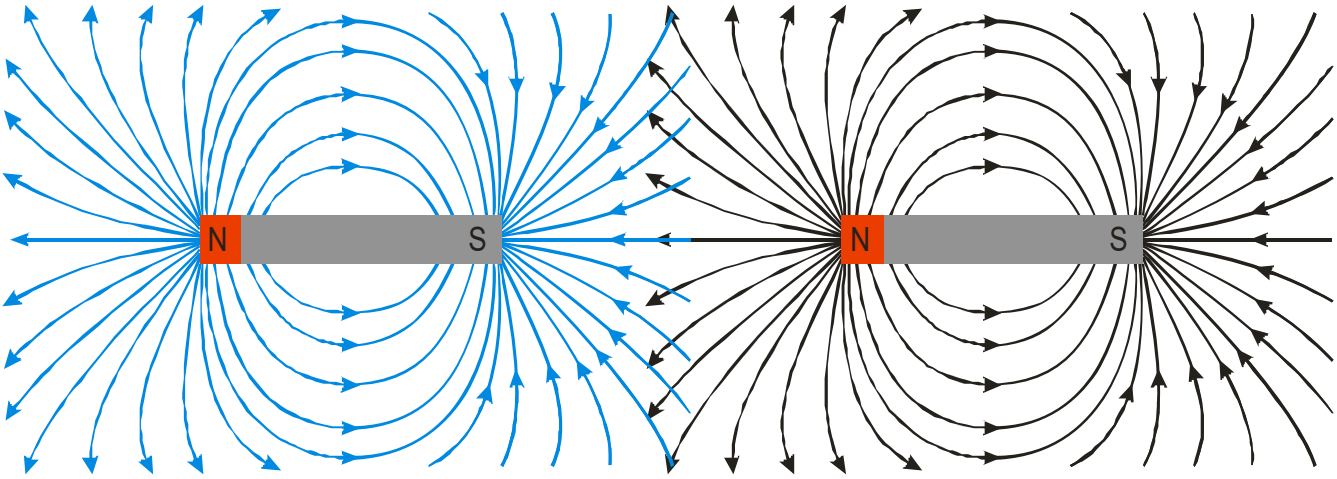
Př. 3: Nakresli magnetické siločáry polí každého ze dvou tyčových magnetů, které jsou k sobě přiblíženy souhlasnými póly. Jaká magnetická síla na ně bude působit?





Obrázek není tak jednoznačný jako při předchozím pokusu, ale přesto je vidět, že v prostoru mezi magnety směřují siločáry obou magnetů od jejich osy ven a zesilují se ⇒ magnety se budou odpuzovat, aby se dostaly z oblasti mezi nimi, kde se magnetické pole zesiluje.

Př. 4: Nakresli magnetické siločáry polí každého ze dvou tyčových magnetů, které jsou k sobě přiblíženy opačnými póly. Jaká magnetická síla na ně bude působit?

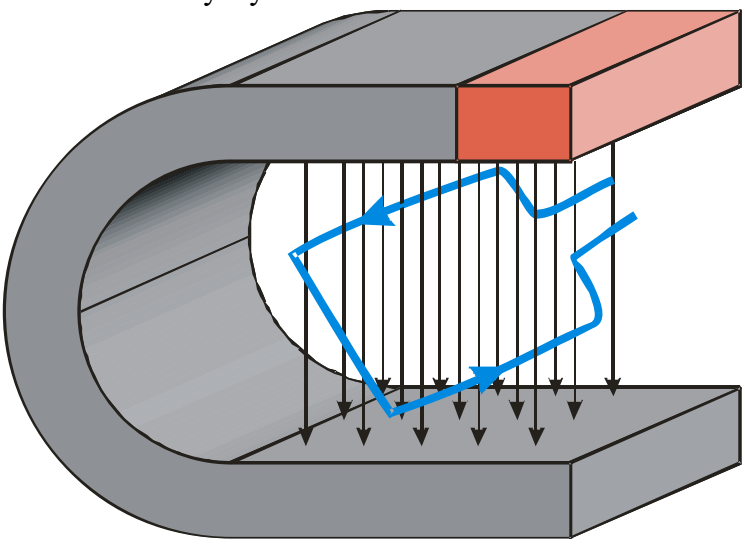


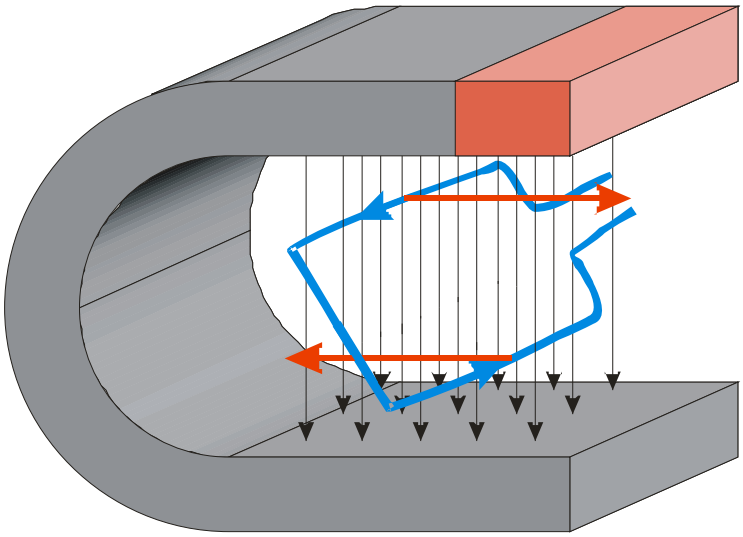
Stejně jako v předchozím příkladu není obrázek zcela jednoznačný, ale přesto je vidět, že v prostoru mezi magnety směřují siločáry levého magnetu k ose, zatímco siločáry pravého směřují od ní ⇒ siločáry jdou proti sobě a zeslabují se ⇒ magnety se budou přitahovat, aby se dostaly do oblasti mezi nimi, kde se magnetické pole zeslabuje.

Vypadá to, že naše pravidlo opravdu obecně popisuje vzájemné působení magnetů.

Vložíme do magnetického pole obdélníkovou smyčku.

Př. 5: Zjisti pomocí libovolného pravidla, jak bude magnetické pole působit na vodorovné části obdélníkové smyčky.





V obou vodorovných částech prochází proud opačnými směry ⇒ síly, kterými na ně magnetické pole působí, mají opačný směr ⇒ magnetické pole se snaží smyčku otočit do vodorovné polohy, pak už se smyčka nebude hýbat, ale magnetické pole se bude snažit ji roztáhnout.
⇒ Získali jsme půlmotor (otočí se pouze o půlotáčky).

Př. 6: Najdi způsob jak zajistit, aby smyčka po otočení do vodorovné polohy pokračovala v otáčení.

Stačí ve vodorovné poloze je třeba:

- prohodit póly magnetu (to nepůjde u trvalého magnetu, ale elektromagnet by to dokázal),
- nebo obrátit směr proudu ve smyčce.

Zařízení na obracení elektrického proudu se nazývá komutátor.
Elektromotor je fakticky hotový, funkci si můžeme prohlédnout na adrese http://www.walter-fendt.de/html5/phen/electricmotor_en.htm. Protože právě objevený motor využívá stejnosměrný proud, označujeme ho jako **stejnosměrný motor**.
Využití: Všechny motory napájené stejnosměrným proudem (tedy z baterií): walkman, CD přehrávač, větráky v počítači, HDD, CD mechaniky).
Problém: Do rotující části motoru musíme přivést proud přes komutátor ⇒ nejde o pevný spoj
⇒ špatné spojení, ztráty energie.

Pedagogická poznámka: Pravidlo na určování směru výsledné síly z vzájemného působení indukčních čar není obsaženo v klasických učebnicích. Existují však minimálně dva důvody, kvůli kterým si myslím, že je vhodné jej probrat.
Pravidlo umožňuje jednotně řešit velmi různorodé situace.
Pravidlo odpovídá představě, že pokud je v magnetických indukčních čarách schovaná informace o magnetickém poli, musí být možné z nich určit působící magnetické síly.

Shrnutí: Magnetickou sílu na dva magnetické předměty určíme z nákresu jejich indukčních čar. Síla se snaží posunout oba předměty do míst s nejslabším magnetickým polem.