

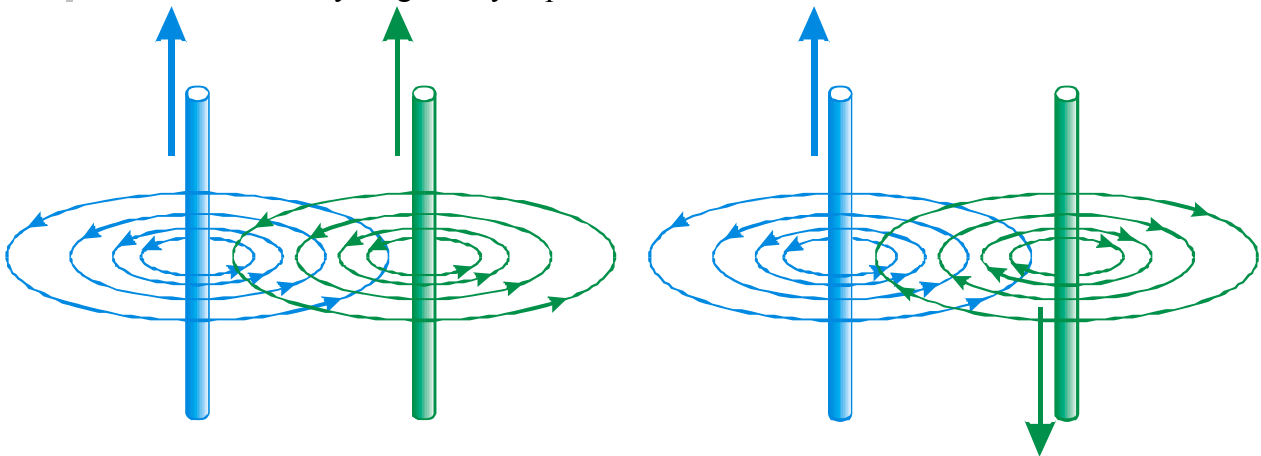
## 4.5.5 Magnetické působení rovnoběžných vodičů s proudem

**Předpoklady:** 4502, 4503, 4504

**Př. 1:** Dvěma velmi dlouhými vodorovnými vodiči prochází elektrický proud. Rozhodni pomocí rozboru magnetických indukčních čar polí obou vodičů, jak na sebe budou tyto dva vodiče působit pokud:

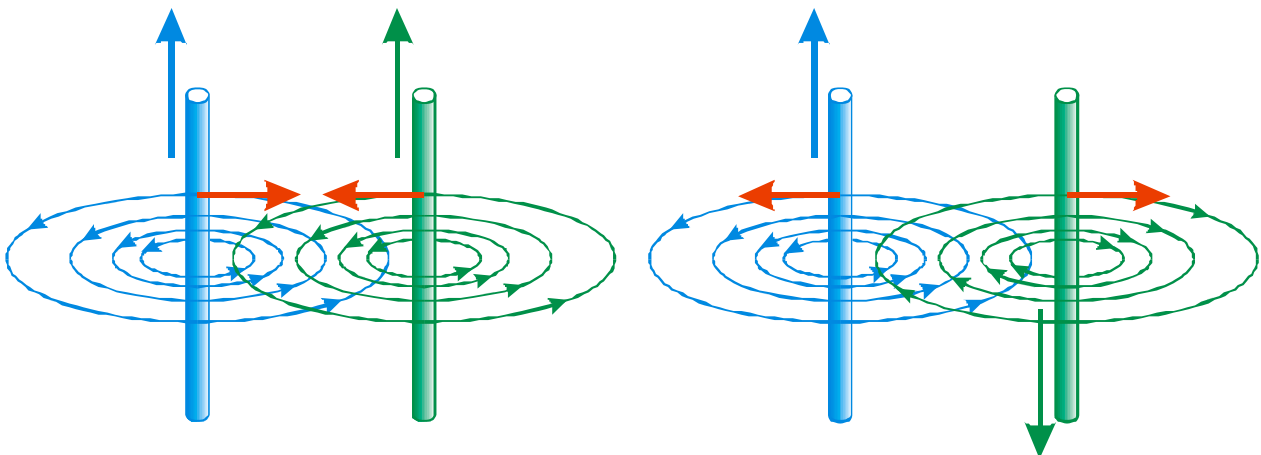
- je směr proudu v obou vodičích stejný
- je směr proudu v obou vodičích opačný

Nakreslím si obrázky magnetických polí obou drátů:



Mezi dráty směřují indukční čáry obou polí proti sobě  $\Rightarrow$  velikost magnetického pole se tam zmenšuje  $\Rightarrow$  dráty se přitahují

Mezi dráty směřují indukční čáry obou polí stejným směrem  $\Rightarrow$  velikost magnetického pole se tam zvětšuje  $\Rightarrow$  dráty se odpuzují



**Př. 2:** Ověř výsledek předchozího příkladu pomocí Flemingova pravidla levé ruky.

Vždy jeden z drátů považujeme za zdroj magnetického pole a zjišťujeme působení tohoto pole na druhý drát.

$\Rightarrow$  Ve všech případech potvrdíme výsledky rozboru magnetických indukčních čar.

Pokud pokus provedeme, potvrdíme výsledky předchozích příkladů.

Podle III.NZ ty síly musí být stejně velké. Jak velké?

Označíme veličiny:

$d$  - vzdálenost drátů od sebe

$I_1$  - proud v prvním vodiči

$I_2$  - proud v druhém vodiči

$l$  - délka vodičů

Vzorec pro magnetickou sílu (siločáry jsou kolmé na drát = náš případ):  $F_m = B \cdot I \cdot l$

⇒ síla, kterou působí druhý drát na první  $F_1 = B_2 \cdot I_1 \cdot l_1$

⇒ síla, kterou působí první drát na druhý  $F_2 = B_1 \cdot I_2 \cdot l_2$

⇒ potřeboval bych znát velikost magnetického pole, které vytváří druhý drát v místě, kde je umístěn první

Vzorec pro magnetické pole velmi dlouhého přímého vodiče:  $B = \frac{\mu}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{I}{r}$

$I$  - proud ve vodiči

$r$  - vzdálenost od vodiče

$\mu$  - **permeabilita prostředí** (obdoba permitivity u elektrické síly)

$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$

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

$\mu_r$  - **relativní permeabilita prostředí** (zda zesiluje nebo zeslabuje magnetické pole), pro vzduch

$\mu_r = 1$

Mohu začít počítat

$$F_1 = B_2 \cdot I_1 \cdot l$$

$B_2$  - magnetická indukce, kterou způsobil proud v 2.drátu v místě, kde je 1.drát ⇒

$$B_2 = \frac{\mu}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{I_2}{d}$$

$$F_1 = \mu \frac{I_2}{2 \cdot \pi \cdot d} \cdot I_1 \cdot l$$

$$F_1 = \frac{\mu}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{d} \cdot l$$

Vzoreček vypadá správně, protože je symetrický pro proudy  $I_1$ ,  $I_2$  ⇒ síla vyjde stejná pro oba dráty (podle III NZ musí)

Odhadneme velikosti veličin v pokusu a zkusíme přibližně určit velikost síly, kterou se dráty přitahovaly.

**Př. 3:** Urči sílu, kterou se přitahují dva vodiče o délce 40 cm umístěné 3 cm od sebe. Oběma vodiči prochází proud 10 A.

$$d = 3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m} \quad I_1 = I_2 = 10 \text{ A} \quad l = 40 \text{ cm} = 0,4 \text{ m}$$

stačí dosadit do vzorce:

$$F_1 = \frac{\mu}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{d} \cdot l = \frac{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{10 \cdot 10}{0,03} \cdot 0,4 \text{ N} = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ N}$$

Dráty se přitahují silou 0,00027 N.

Síla je hodně málo (a je zřejmé, proč dráty v pokusu musely být volné a co nejslabší), ale přesto se tento vztah používá pro **definici ampéru**:

„Ampér je stálý proud, který při průchodu 2 přímými, rovnoběžnými, nekonečně dlouhými vodiči zanedbatelnému průřezu umístěnými ve vakuu ve vzdálenosti jednoho metru od sebe, vyvolá mezi vodiči sílu o velikosti  $2 \cdot 10^{-7} \text{ N}$  na jeden metr délky.“

Vzorce pro  $B$  v jiných případech:

- vnitřek solenoidu (cívka jejíž průměr je zanedbatelný vzhledem k její délce, pole v dutině je přibližně homogenní)  $B = \mu \cdot \frac{N \cdot I}{l}$   
( $N$  – počet závitů,  $l$  – délka cívky)
- střed závitů:  $B = \mu \cdot \frac{I}{2 \cdot r}$

**Př. 4:** Vypočti pro školní cívku se 60 závitů hodnotu magnetické indukce pro maximální zatížení, podle vzorce pro solenoid i pro závit. Diskutuj použití, kterého vzorce je pro získání přibližné velikosti magnetické indukce oprávněnější. Kolik by musela mít cívka závitů, aby z obou vzorců vyšly stejné hodnoty.

**Pedagogická poznámka:** Považuji za důležité, aby studenti kromě používání vzorců přemýšleli o tom, zda jsou získané výsledky reálné.

**Shrnutí:** Magnetické indukce je v různých situacích určena pomocí různých vzorců. Vždy v nich vystupuje velikost budícího proudu a permeabilita prostředí.