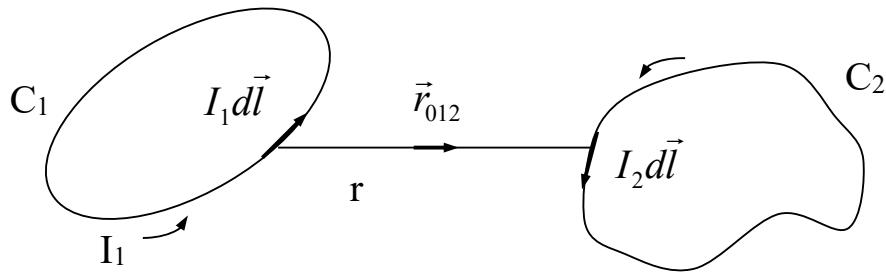


VREMENSKI KONSTANTNO MAGNETSKO POLJE

MAGNETSKA SILA IZMEĐU DVA STRUJNA ELEMENTA

- Strujna kontura. Strujni elemenat.



- Eksperimentalno, merenjem sile između strujnih kontura različitog oblika i položaja, utvrđeno je da izraz za силу između dva strujna elementa (koji se nalaze u vakuumu) ima sledeći oblik:

$$d\vec{F}_{12} = k \frac{I_2 d\vec{l}_2 \times (I_1 d\vec{l}_1 \times \vec{r}_{012})}{r^2}$$

- U gornjoj jednačini k je konstanta čija vrednost zavisi od izbora jedinica.

$$k = 10^{-7} \quad \text{jedinica MKSA sistema.}$$

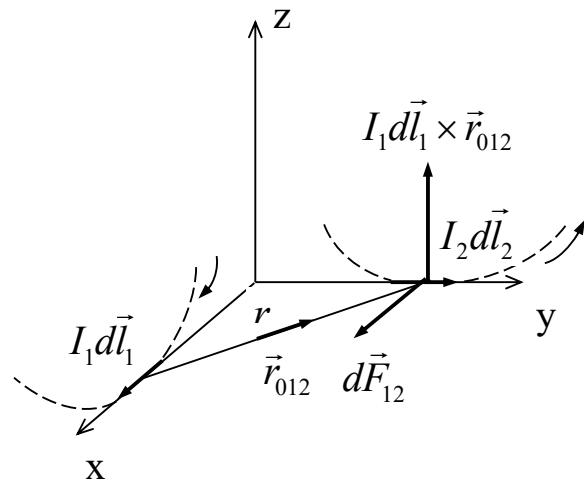
- Uobičajeno je da se umesto k piše

$$k = \mu_0 / 4\pi$$

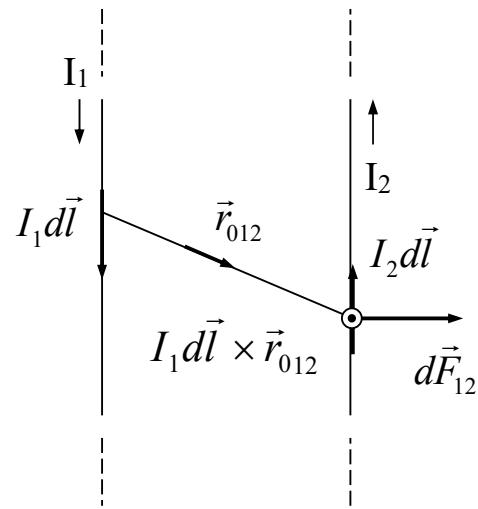
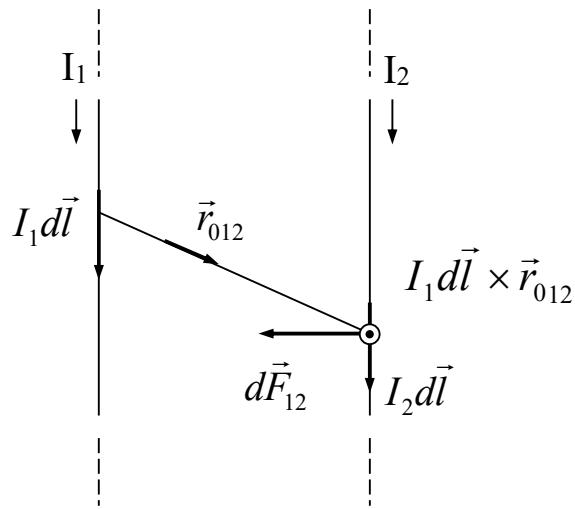
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} \rightarrow \text{permeabilnost vakuma}$$

$$d\vec{F}_{12} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_2 d\vec{l}_2 \times (I_1 d\vec{l}_1 \times \vec{r}_{012})}{r^2}$$

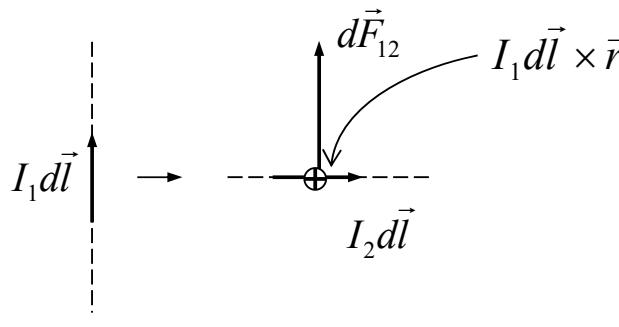
Magnetska sila između dva strujna elementa koja se nalaze u vakuumu.



Ilustracija složenosti izračunavanja sile između dva strujna elementa.



Sila između dva provodnika sa strujom: (a) istog smera - privlačna; (b) suprotnog smera – odbojna.



$$\vec{r}_{021} = -\vec{r}_{012}$$

$$I_2 d\vec{l} \times \vec{r}_{021} = 0$$

$$d\vec{F}_{21} = 0$$

$$d\vec{F}_{12} \neq d\vec{F}_{21}$$

Za magnetsku silu između dva strujna elementa ne važi uvek zakon akcije i reakcije.

**POJAM MAGNETSKOG POLJA I VEKTOR MAGNETSKE INDUKCIJE.
BIO-SAVAROV ZAKON.**

- Kao i u slučaju elektrostatičke sile, zamišljamo da na stujni elemenat dl_2 deluje magnetsko polje koje potiče od struje u strujnom elementu dl_1 .
- Ako se izraz za silu između dva strujna elementa preuredi na sledeći način

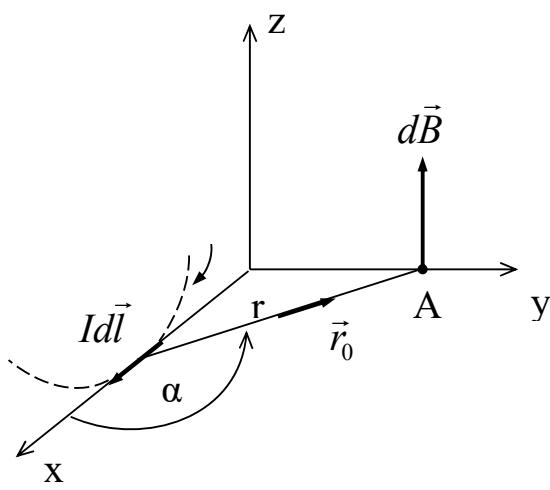
$$d\vec{F}_{12} = I_2 d\vec{l}_2 \times \left(\frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_1 d\vec{l}_1 \times \vec{r}_{012}}{r^2} \right),$$

vektor u zagradi zavisi samo od strujnog elementa $I_1 dl_1$ i opisuje magnetsko polje tog strujnog elementa.

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}_0}{r^2}$$

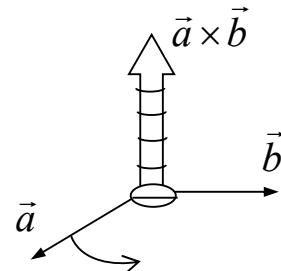
Magnetska indukcija strujnog elementa. **Bio-Savarov zakon.**

- Vektor se obeležava simbolom B i naziva se magnetska indukcija. **Jedinica za magnetsku indukciju je T (tesla).**

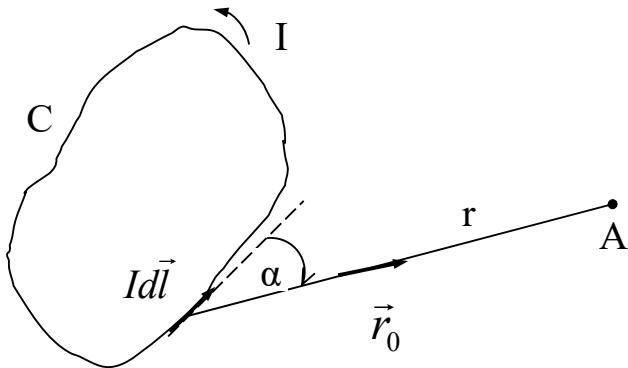


$$dB = |d\vec{B}| = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$$

$$d\vec{B} \perp (d\vec{l}, \vec{r}_0)$$

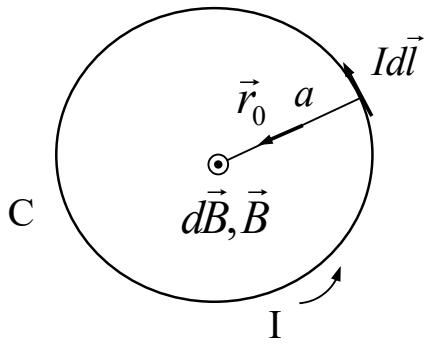


Određivanje intenziteta, pravca i smera vektora $d\vec{B}$.
Pravilo desne zavojnice.



$$\vec{B} = \oint_C \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idl \times \vec{r}_0}{r^2}$$

Vektor magnetske indukcije u okolini tanke strujne konture u vakuumu.



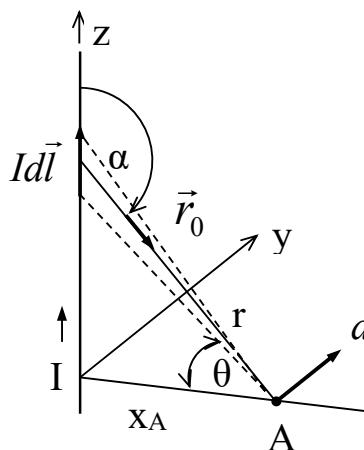
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idl \times \vec{r}_0}{r^2}$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idl \sin \pi/2}{a^2}$$

$$B = \oint_C \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idl \sin \pi/2}{a^2} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a^2} \int_0^{2\pi a} dl$$

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

Primer. Izračunavanje vektora \vec{B} u centru kružne konture poluprečnika a.



$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$$

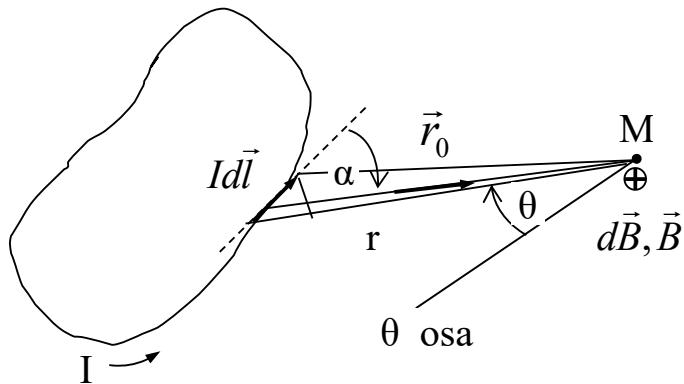
$$dl \sin \alpha = rd\theta$$

$$r = x_A / \cos \theta$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi x_A} \int_{-\pi/2}^{+\pi/2} \cos \theta d\theta$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x_A}$$

Primer. Izračunavanje vektora \vec{B} u okolini veoma dugog pravog provodnika.



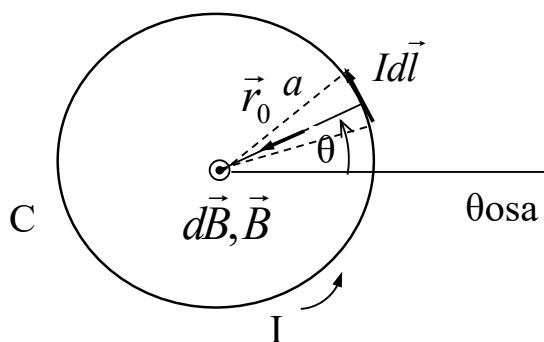
$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$$

$$dl \sin \alpha = rd\theta$$

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Id\theta}{r}$$

$$B = \oint_C \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{d\theta}{r}$$

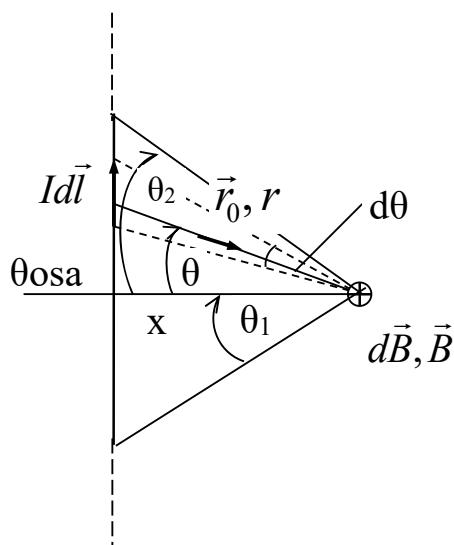
Bio-Savarov zakon za ravnu strujnu konturu i tačku koja leži u istoj ravni.



$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{d\theta}{a}$$

$$B = \int_0^{2\pi} \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{d\theta}{a}$$

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



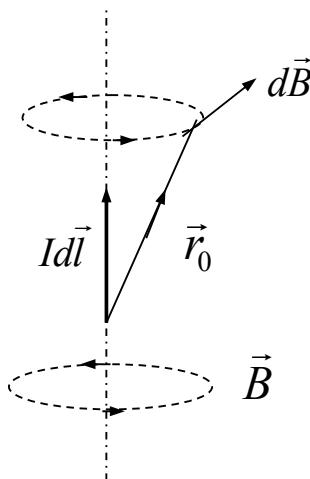
$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{d\theta}{r}$$

$$B = \int_{-\theta_1}^{\theta_2} \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{\cos \theta d\theta}{x}$$

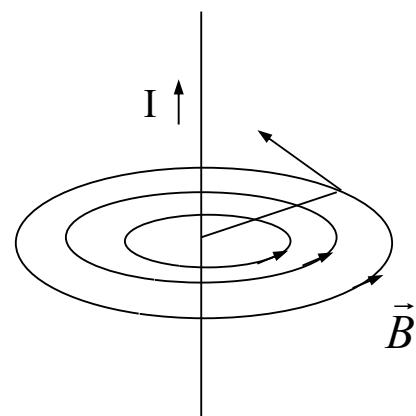
$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi x} (\sin |\theta_2| + \sin |\theta_1|)$$

Primeri primene Bio-Savarovog zakona za ravnu strujnu konturu i tačku koja leži u istoj ravni.

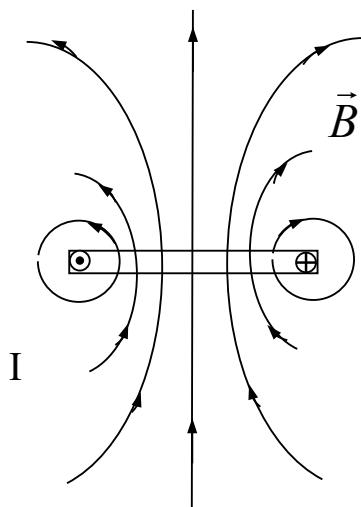
- Linije vektora magnetske indukcije su zatvorene krive.



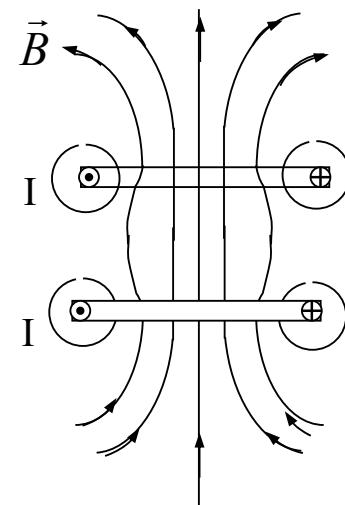
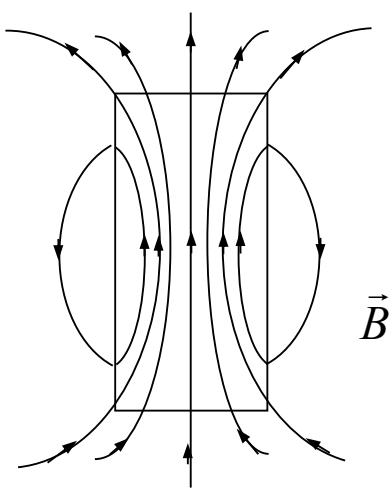
Strujni elemenat.



Veoma dug, prav, provodnik.

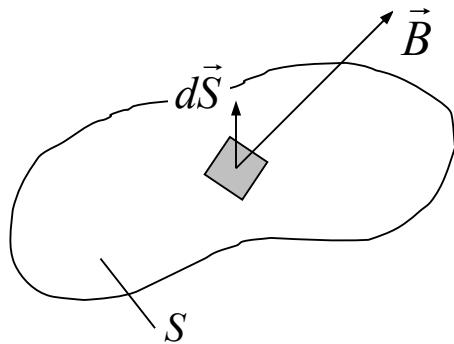


Kružni prsten.

Helmholcovi
kalemovi.

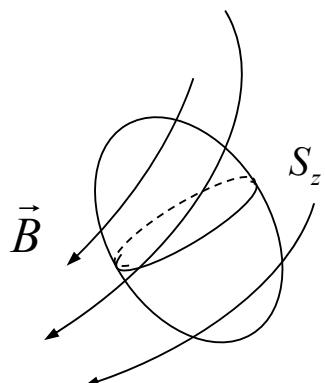
Solenoid.

MAGNETSKI FLUKS. ZAKON O ODRŽANJU MAGNETSKOG FLUKSA.



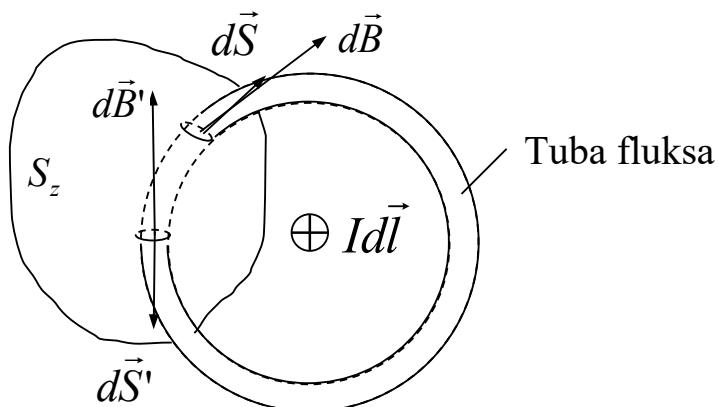
$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

Po definiciji magnetski fluks je fluks vektora magnetske indukcije. Obeležava se simbolom Φ . Jedinica za magnetski fluks je **Wb (veber)**.



$$\Phi = \oint_{S_z} \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

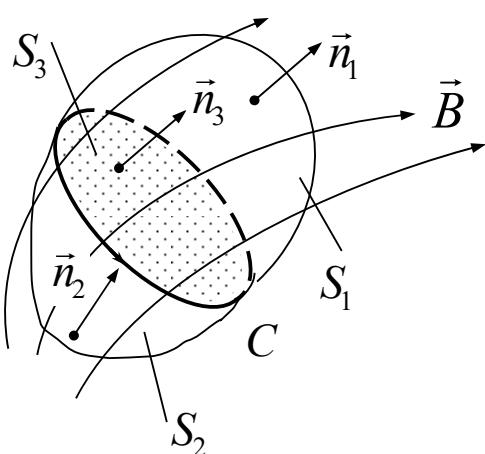
Zakon o održanju magnetskog fluksa.



$$d\Phi' = -d\Phi$$

Uz dokaz zakona o održanju magnetskog fluksa.

- Može se pokazati da magnetski fluks kroz površi bilo kakvog oblika, koje se oslanjaju na istu konturu, ima istu vrednost. To prizilazi iz zakona o održanju magnetskog fluksa.



$$\oint_{S_1+S_2} \vec{B} \cdot d\vec{S} = \Phi_1 + (-\Phi_2) = 0$$

$$\Phi_1 = \Phi_2$$

$$\oint_{S_1+S_3} \vec{B} \cdot d\vec{S} = \Phi_1 + (-\Phi_3) = 0$$

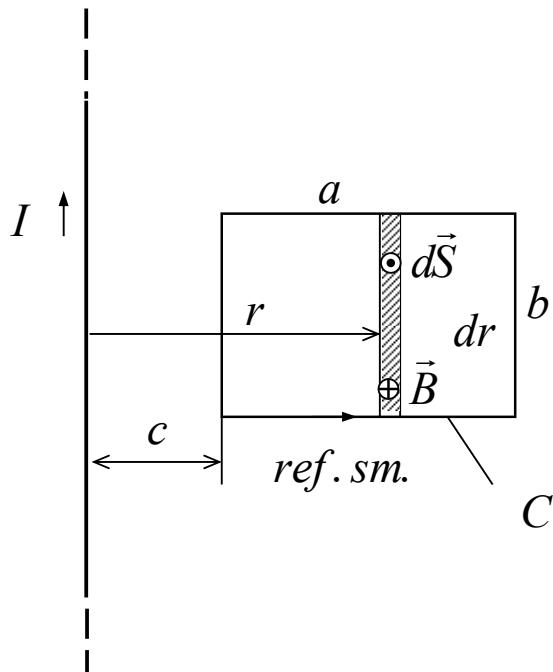
$$\Phi_1 = \Phi_3$$

Definisanje pojma "fluks kroz konturu", Φ_C .

$$\boxed{\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi_3 = \Phi_C}$$

- "Jačina struje kroz konturu".

Primer. Izračunavanje fluksa kroz pravougaonu konturu koja lezi u istoj ravni sa pravim provodnikom u kome postoji struja jačine I.



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

$$\Phi_C = \int_{S_C} \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_c^{c+a} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} b dr (-1)$$

$$\Phi_C = \frac{\mu_0 I}{2\pi} b \ln \frac{c}{c+a}$$