

Fundamentals of Physics II

Faculty of Physics-Kharazmi University

Dr. Faramarz Kanjouri

Spring 2025



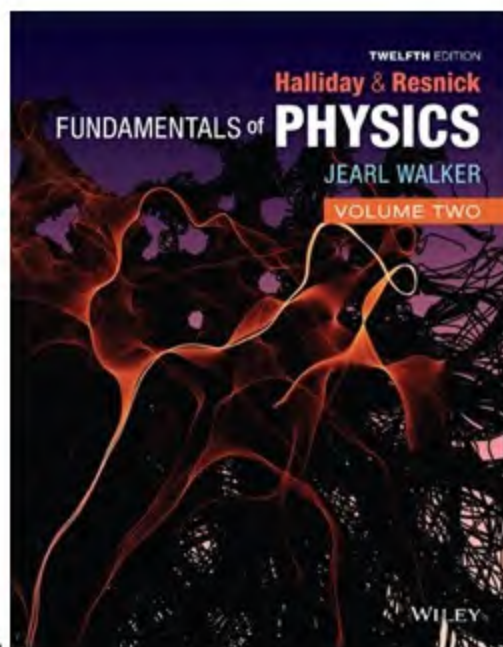
اگر همواره مانند گذشته بیندیشید، همیشه همان چیزهایی را به دست می آورید که تاکنون کسب کرده اید

If you always think the way you've always thought, you'll always get what you've always got.

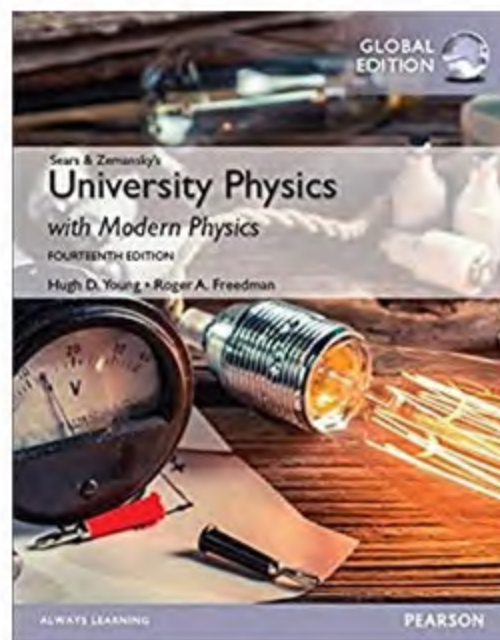


Fundamentals of Physics II

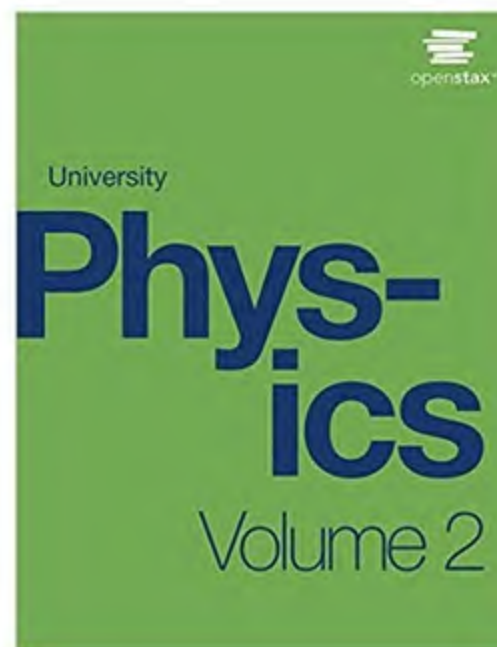
Fundamentals of Physics (12th Ed.)
Halliday, David;
Resnick, Robert;
Walker, Jearl



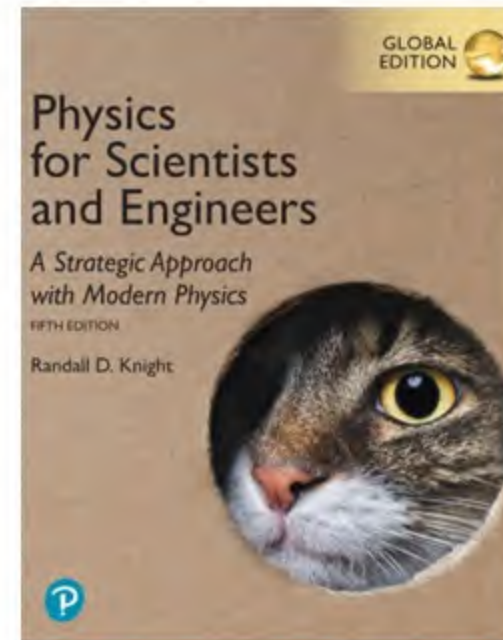
University Physics with Modern Physics (14th Global Ed.)
Hugh D. Young,
Roger A. Freedman



University Physics Volume 2
Samuel J. Ling, Jeff
Sanny, William Moebs



PHYSICS For Scientists and Engineers, 5e, (2023)
Randall D. Knight



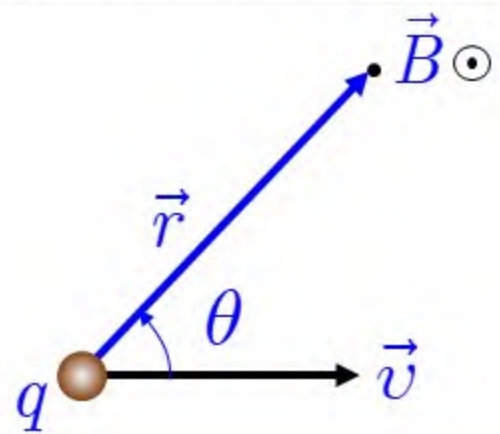
درس سی ام

قانون بیو - ساوار

Biot-Savart Law

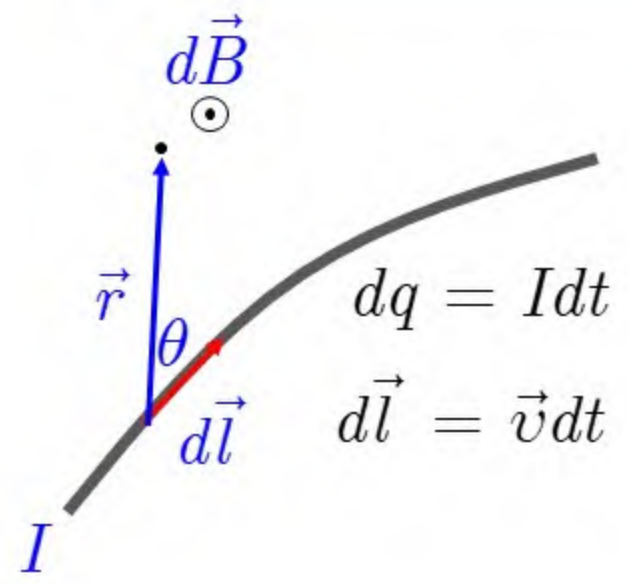


دیدیم که میدان مغناطیسی ناشی از بار نقطه‌ای متحرک از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.



$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3}$$

سیم حامل جریان، در واقع مجموعه‌ای است از بارهای متحرک

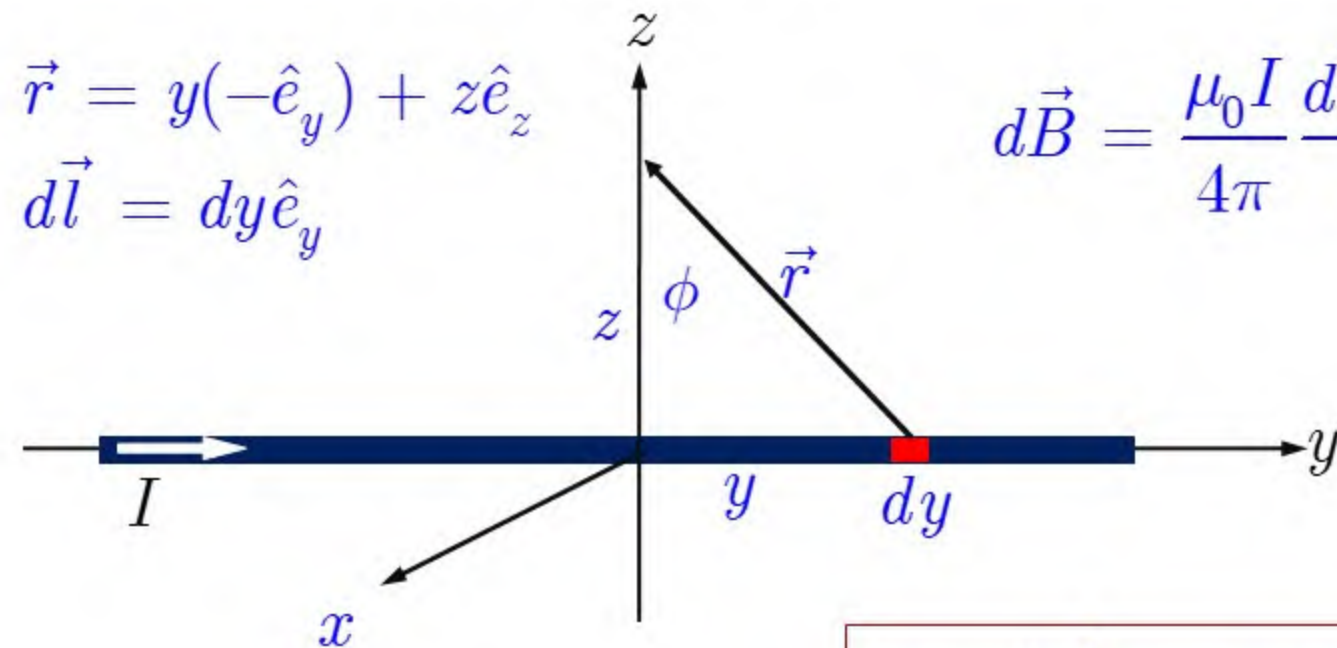


$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{dq\vec{v} \times \vec{r}}{r^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \quad dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl \sin \theta}{r^2}$$

$$\vec{B} = \int d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

قانون بیو-ساوار





$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$d\vec{l} \times \vec{r} = z dy \hat{e}_y \times \hat{e}_z = z dy \hat{e}_x$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{z dy \hat{e}_x}{(y^2 + z^2)^{3/2}}$$

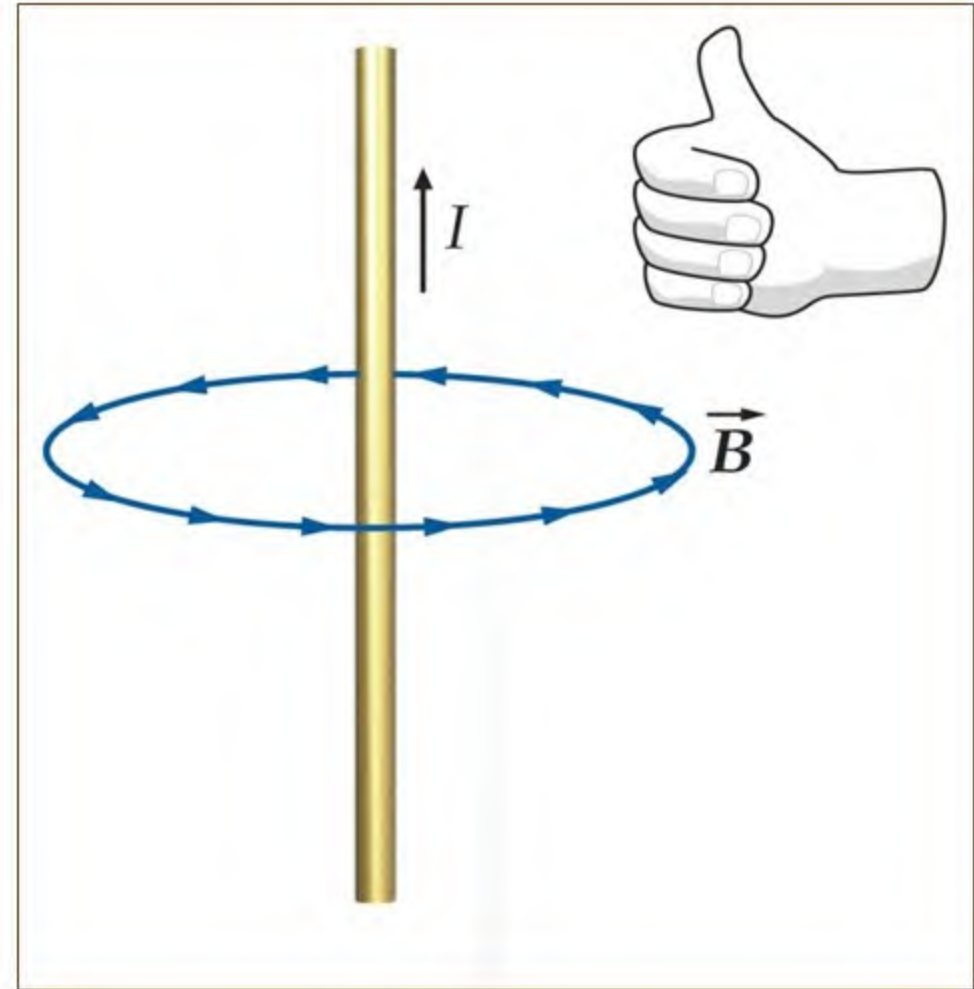
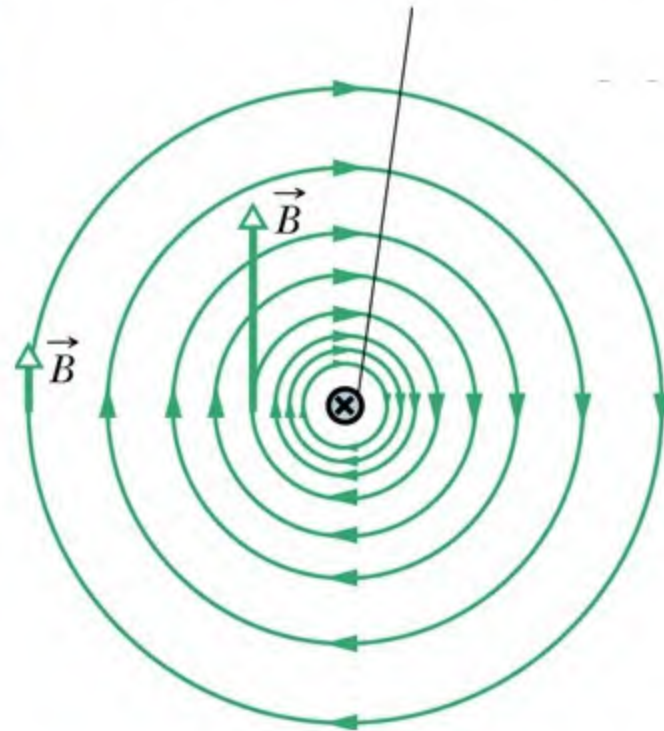
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I z}{4\pi} \hat{e}_x \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{dy}{(y^2 + z^2)^{3/2}}$$

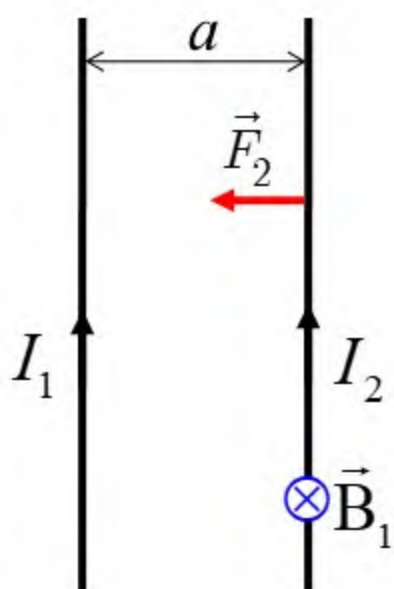
$$y = z \tan \phi$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi z} \hat{e}_x$$



جهت جریان عمود بر
صفحه به سمت داخل





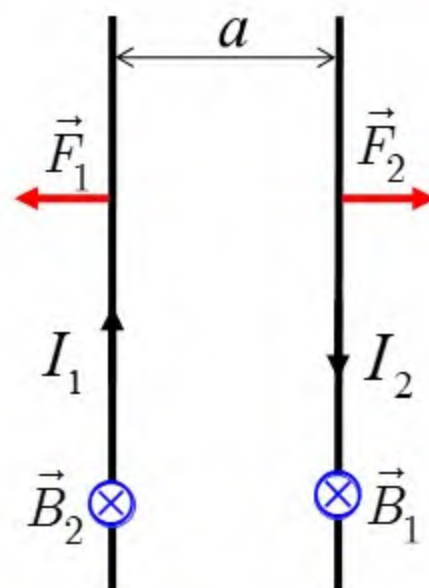
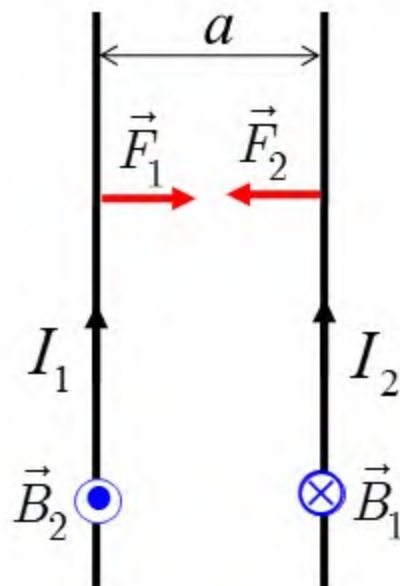
سیم حامل جریان I_1 در فاصله a میدان مغناطیسی زیر را ایجاد می کند

$$B_1 = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1}{a}$$

به سیم دوم که در فاصله a از سیم اول قرار دارد نیرو مغناطیسی وارد می شود

$$\vec{F}_2 = I_2 \vec{L} \times \vec{B}_1$$

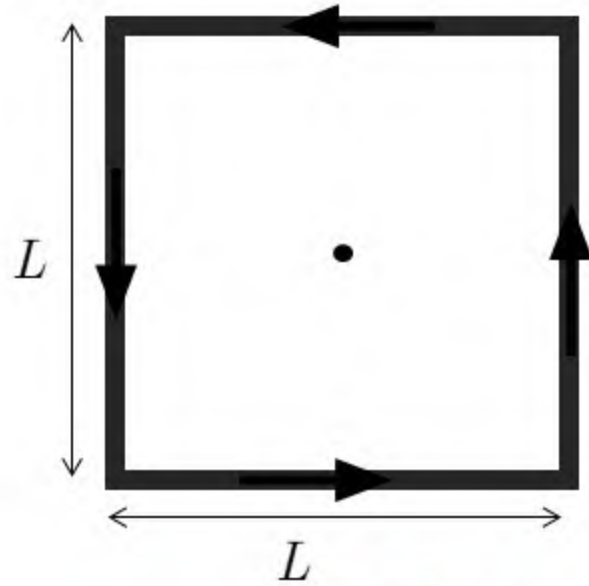
$$F_2 = I_2 L B_1 = I_2 L \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1}{a} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{a} L$$



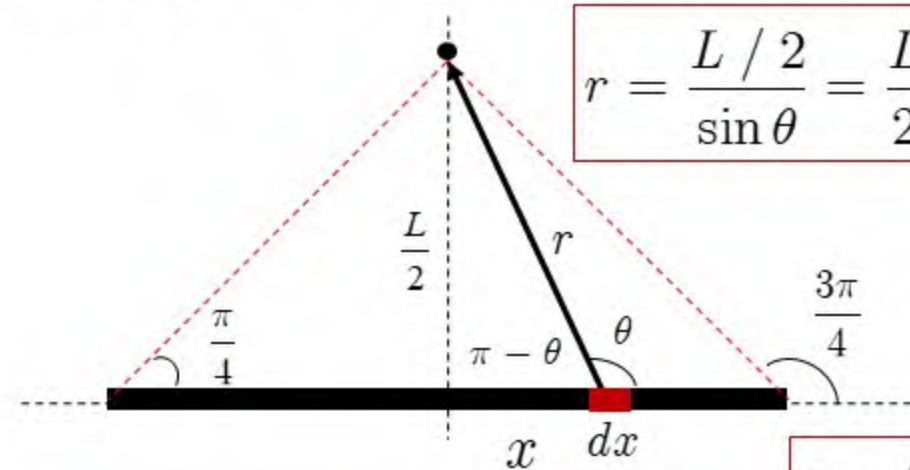
به سیم اول هم، از طرف سیم دوم نیرویی به همین اندازه وارد می شود.

یکای آمپر با توجه به رابطه ی فوق تعریف می شود





میدان مغناطیسی ناشی از هر یک از اضلاع مربع، با هم برابر و جهت همگی (با توجه به جهت جریان در مربع) عمود بر صفحه به سمت خارج است. بنابراین کافی است میدان ناشی از یک ضلع را پیدا و چهار برابر کنیم.



$$r = \frac{L/2}{\sin \theta} = \frac{L}{2} \csc \theta$$

$$\sin \theta = \sin(\pi - \theta) = \frac{L/2}{r}$$

$$d\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$dB_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl \sin \theta}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dx \sin \theta}{r^2}$$

$$dB_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi (L/2)} d\theta \sin \theta$$

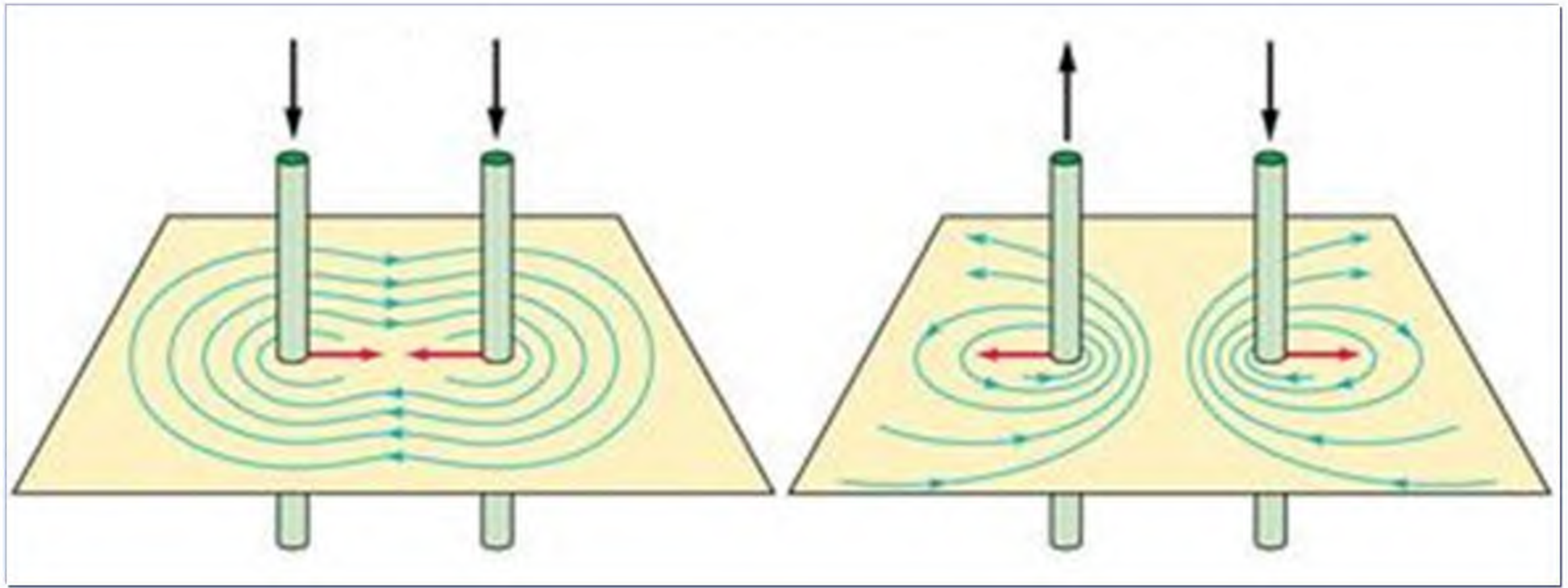
$$x = (L/2) \cot(\pi - \theta) = -(L/2) \cot \theta$$

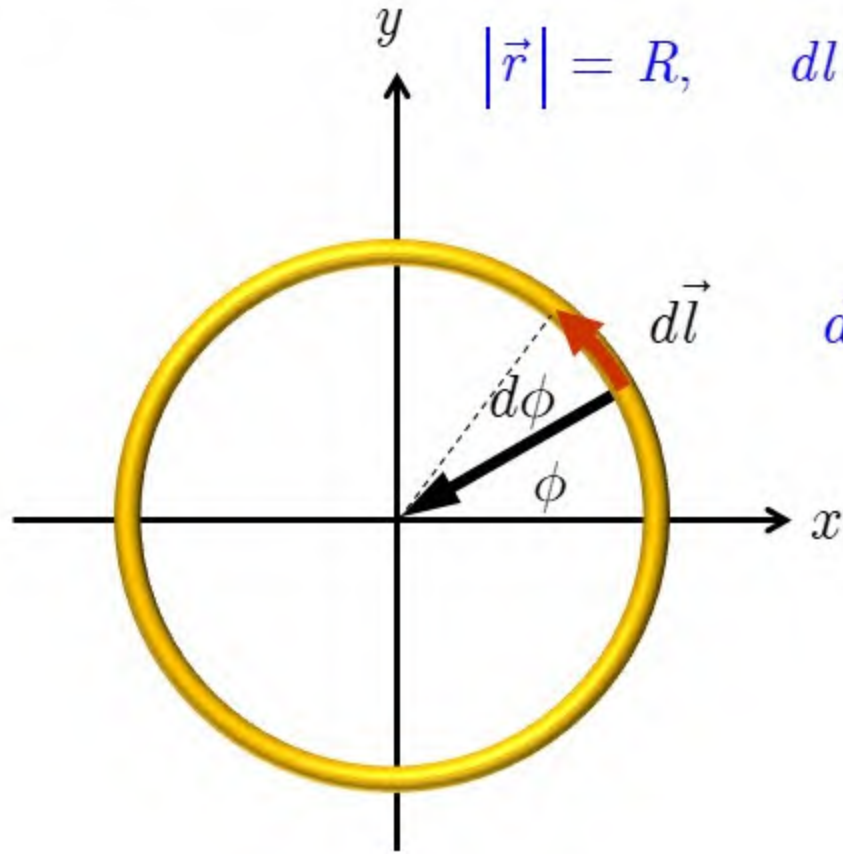
$$dx = (L/2) \csc^2 \theta d\theta$$

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi (L/2)} \int_{\pi/4}^{3\pi/4} d\theta \sin \theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi (L/2)} \sqrt{2}$$

$$B = 4B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{8\sqrt{2}I}{L}$$



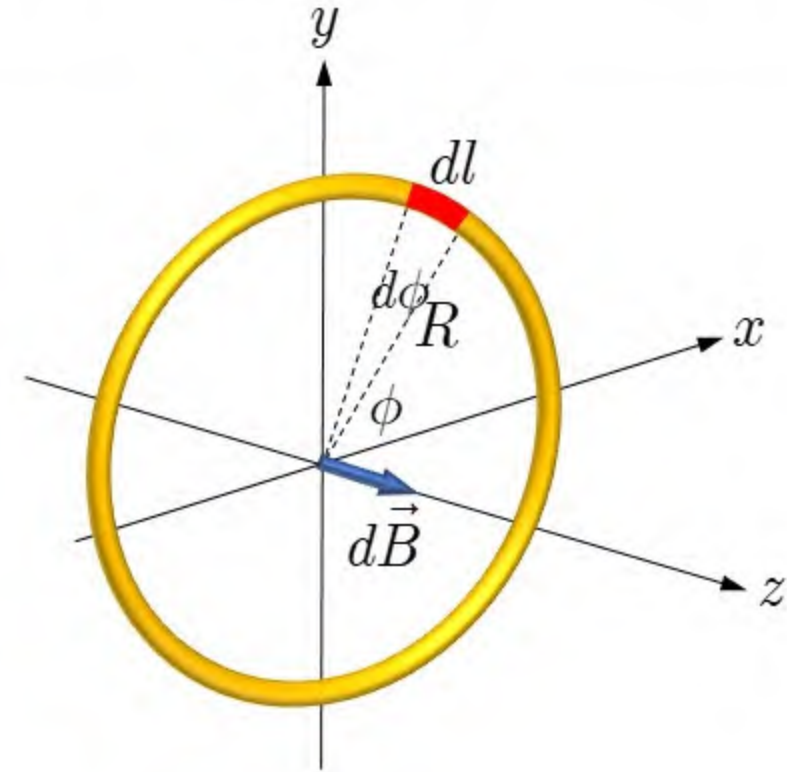


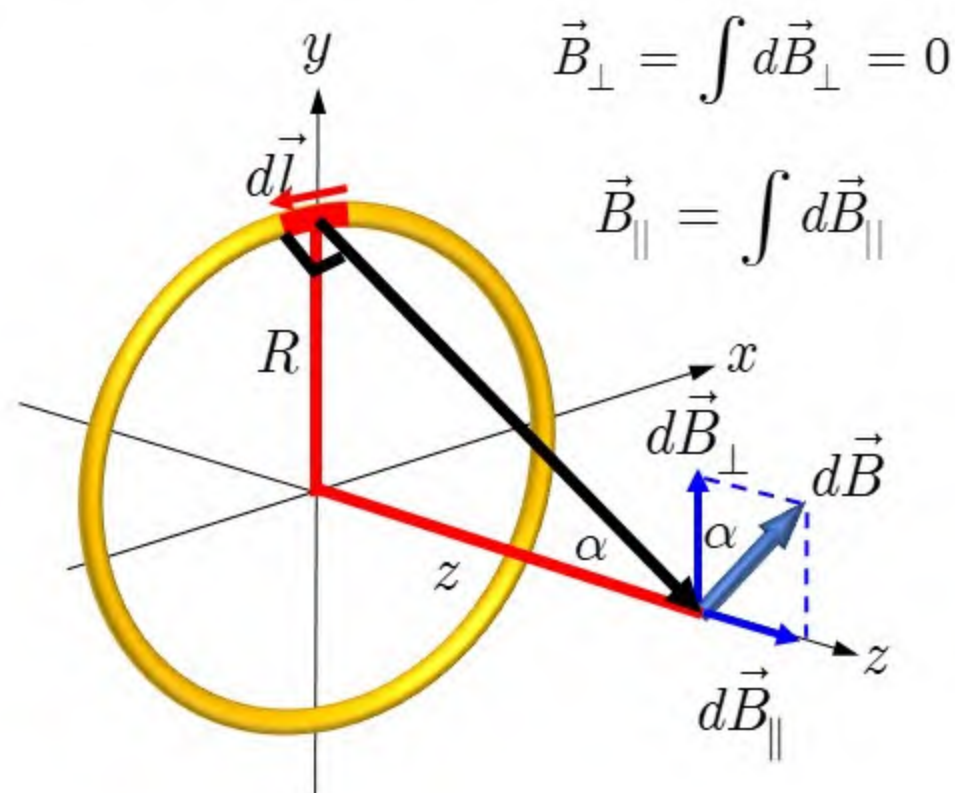


$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl \sin \frac{\pi}{2}}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{R d\phi}{R^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \int_0^{2\pi} d\phi$$

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





$$B = B_\parallel = \int dB \sin \alpha$$

$$\sin \alpha = \frac{R}{\sqrt{R^2 + z^2}}$$

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl \sin \frac{\pi}{2}}{R^2 + z^2}$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{R}{(R^2 + z^2)^{3/2}} \int dl$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{2\pi R^2}{(R^2 + z^2)^{3/2}}$$

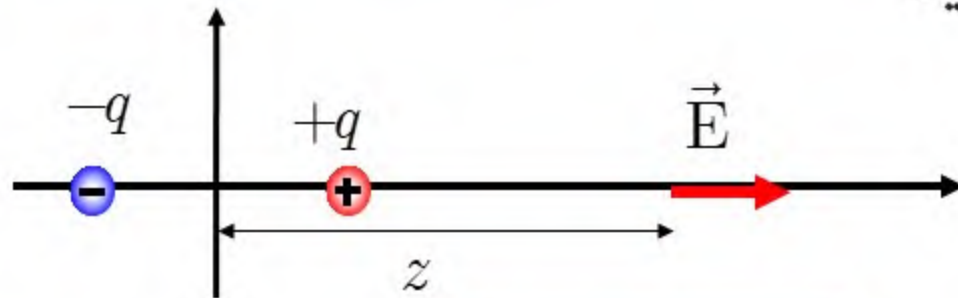


$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{2\pi R^2}{(R^2 + z^2)^{3/2}}$$

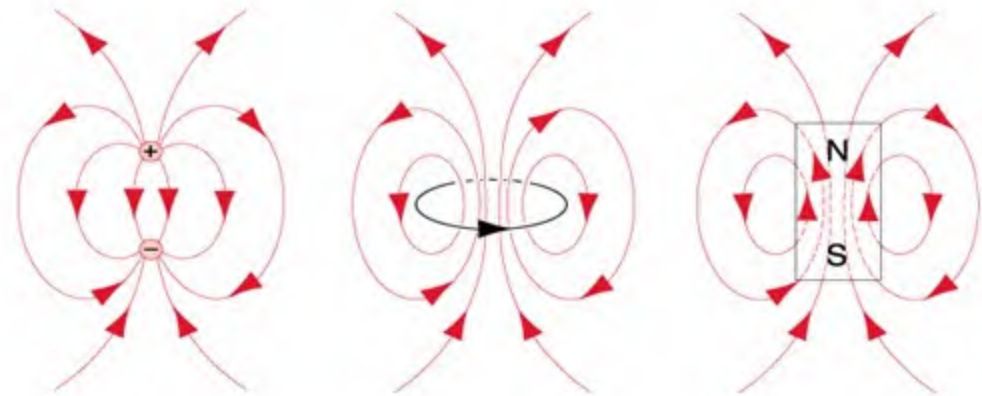
$$\text{if } z = 0 \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

$$\text{if } z \gg R \Rightarrow B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I\pi R^2}{z^3} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{\mu}{z^3}$$

نتیجه را با میدان الکتریکی یک دو قطبی نقطه‌ای مقایسه کنید



$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{p}{z^3}$$



گشتاور دو قطبی مغناطیسی برای حلقه‌ی جریانی
با N دور سیم به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\vec{\mu} = NI\vec{A}$$



یکای اندازه گیری آن در دستگاه SI : $\text{A}\cdot\text{m}^2$

شاد و مهربان باشید

