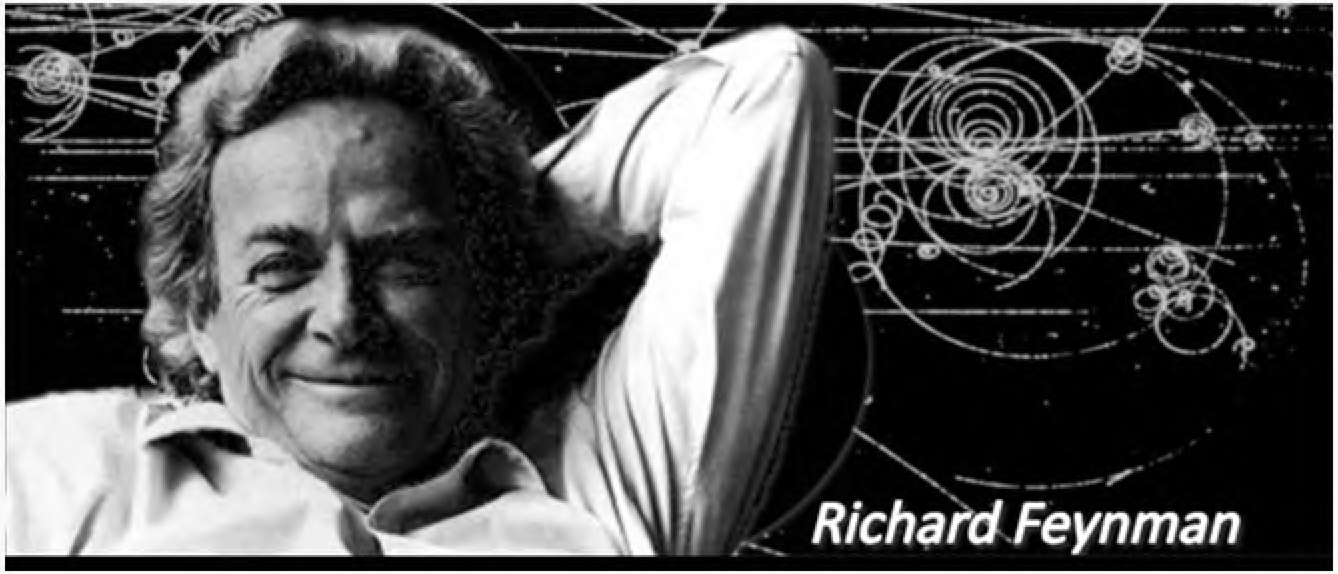
Fundamentals of Physics II

Faculty of Physics-Kharazmi University

Dr. Faramarz Kanjouri

دانشگاه خوارزمی



اگر همواره مانند گذشته بیندیشید، همیشه همان چیزهایی را به‌دست می‌آورید که تا کنون کسب کرده‌اید

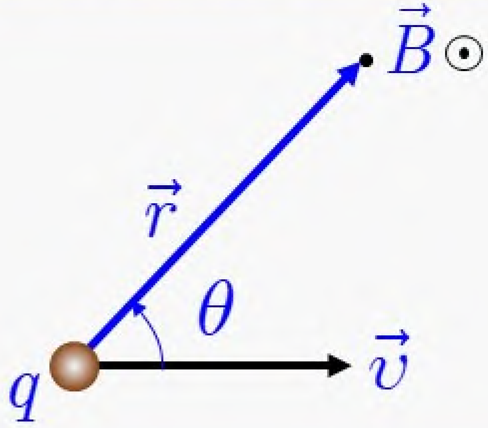
فاینمن

درس سی‌ام

قانون بیو- ساوار

Biot-Savart Law

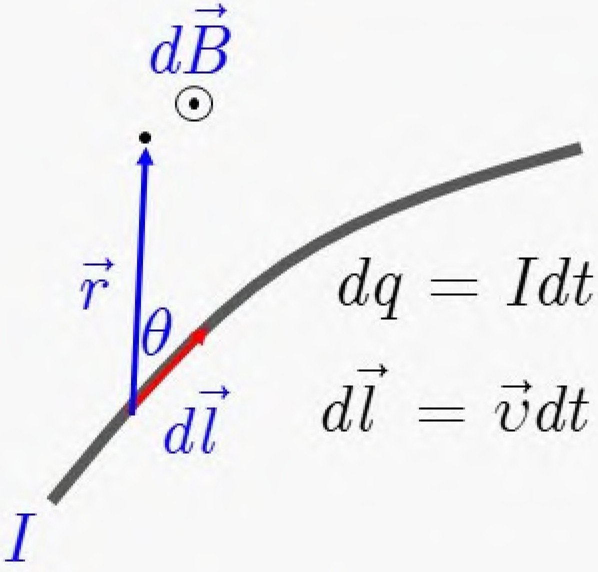
دانشگاه خوارزمی



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



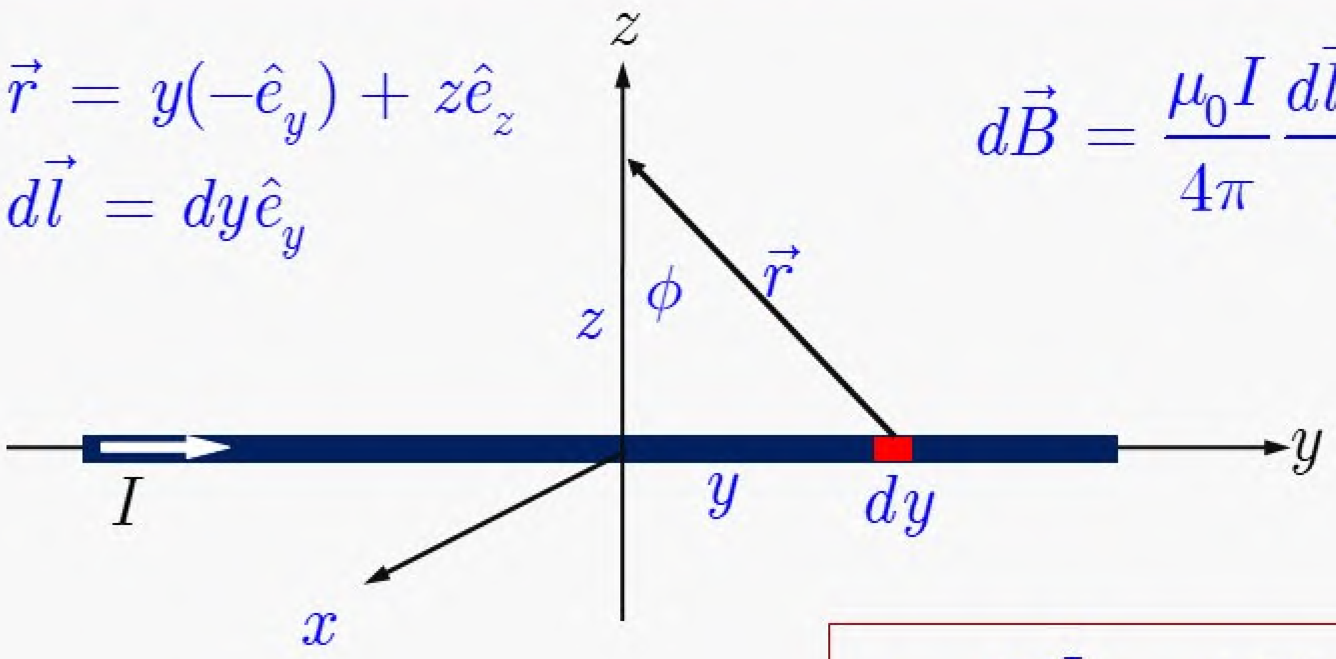
$$dq = Idt$$

$$d\vec{l} = \vec{v}dt$$

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

$$\boxed{\vec{B} = \int d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\int\frac{d\vec{l}\times\vec{r}}{r^3} \quad \text{قانون بیو- ساوار}}$$

دانشگاه خوارزمی



$$\vec{r} = y(-\hat{e}_y) + z\hat{e}_z$$
$$d\vec{l} = dy\hat{e}_y$$

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

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

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

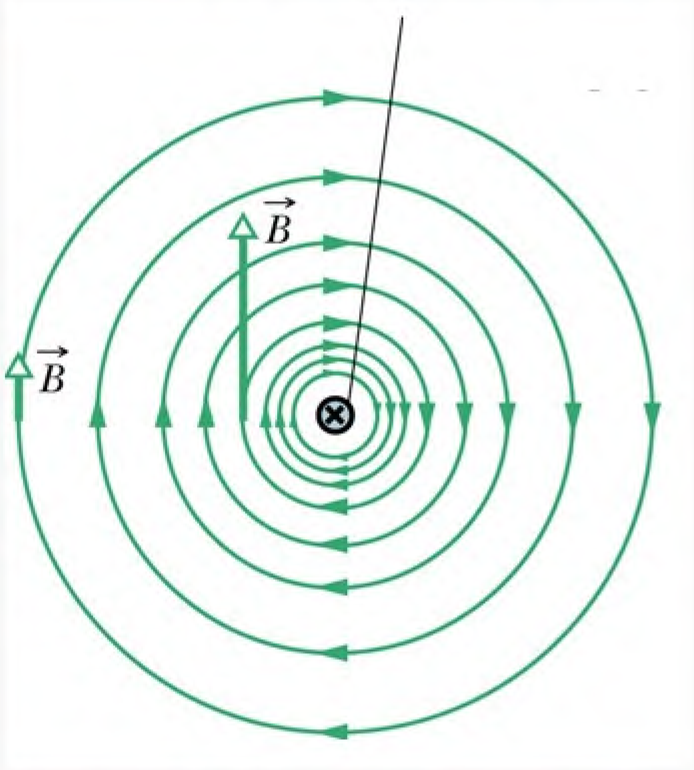
$$\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0 I z}{4\pi}\hat{e}_x\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{dy}{(y^2+z^2)^{3/2}}}$$

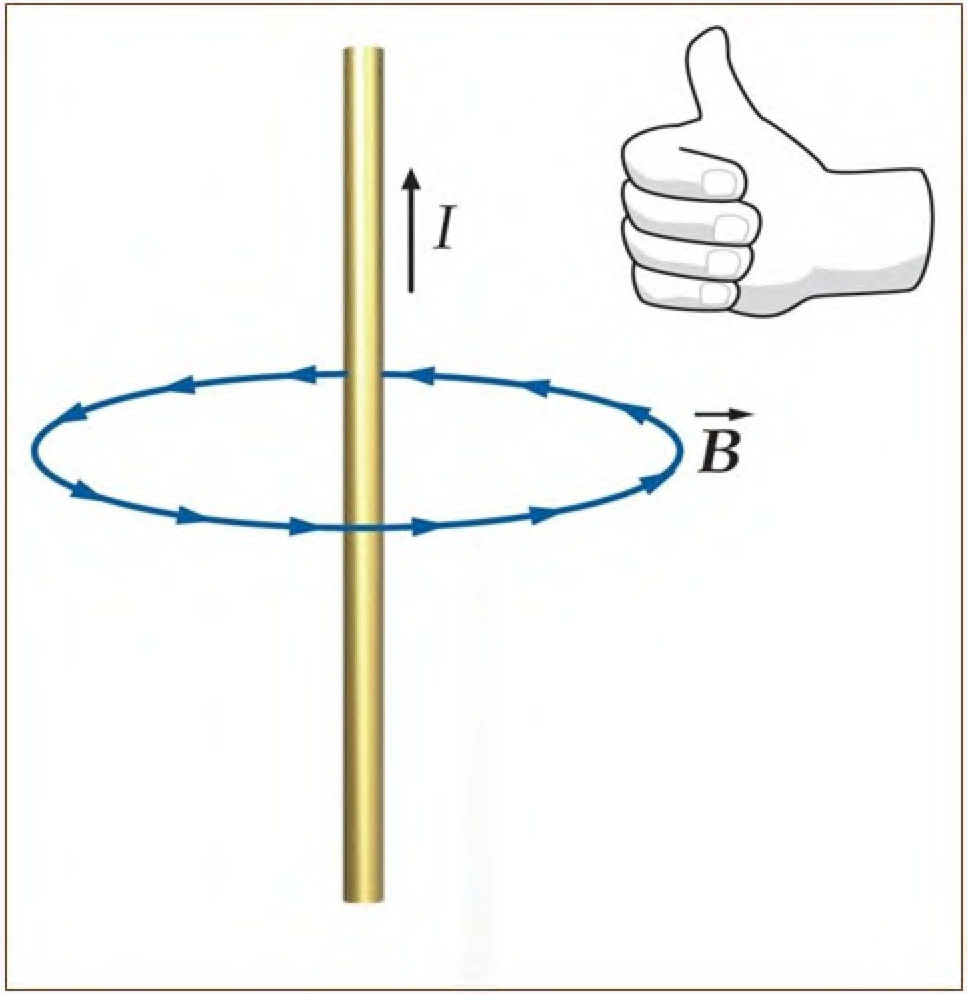
$$\boxed{y = z\tan\phi}$$

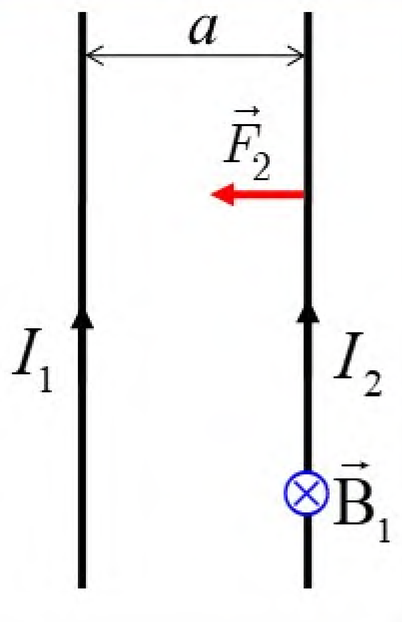
$$\boxed{\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{2\pi z}\hat{e}_x}$$

دانشگاه خوارزمی

جهت جریان عمود بر
صفحه به سمت داخل





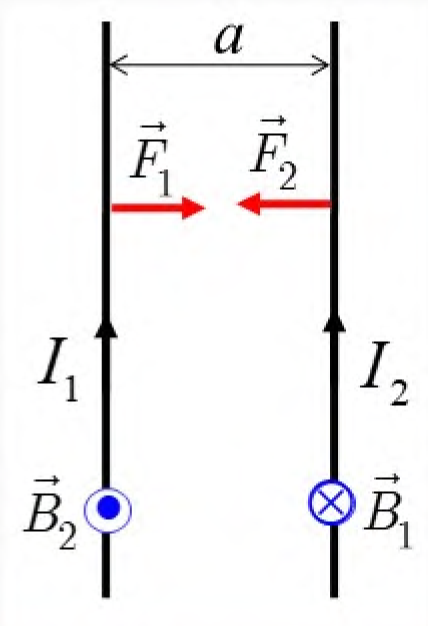


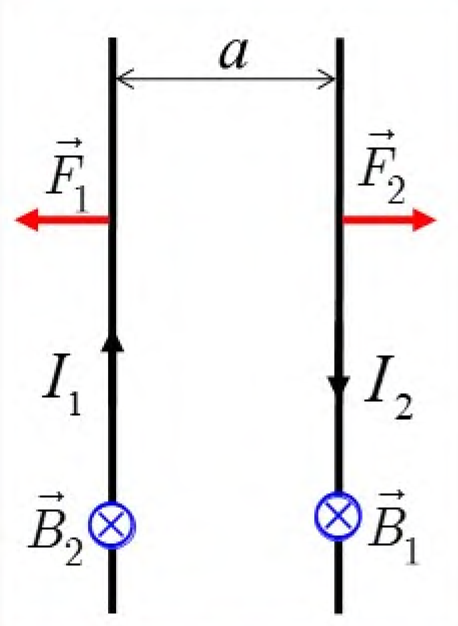
سیم حامل جریان I_1 در فاصله‌ی a میدان مغناطیسی زیر را ایجاد می کند

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

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

$$\boxed{\vec{F}_2 = I_2\vec{L}\times\vec{B}_1} \qquad \boxed{F_2 = I_2 L B_1 = I_2 L \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1}{a} = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2}{a} L}$$

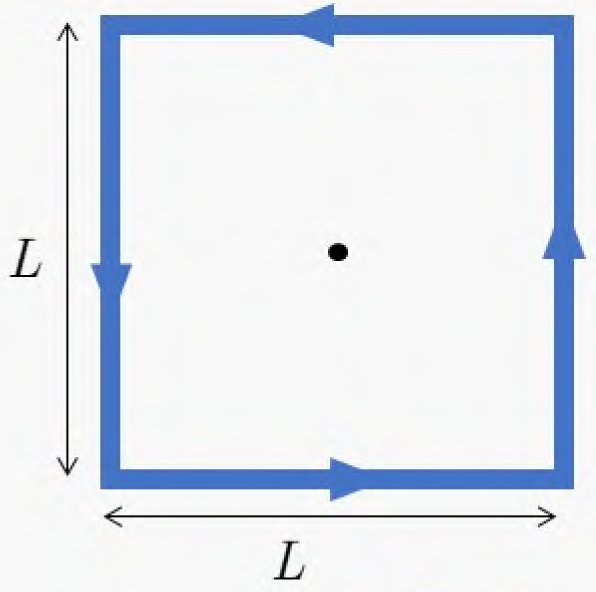




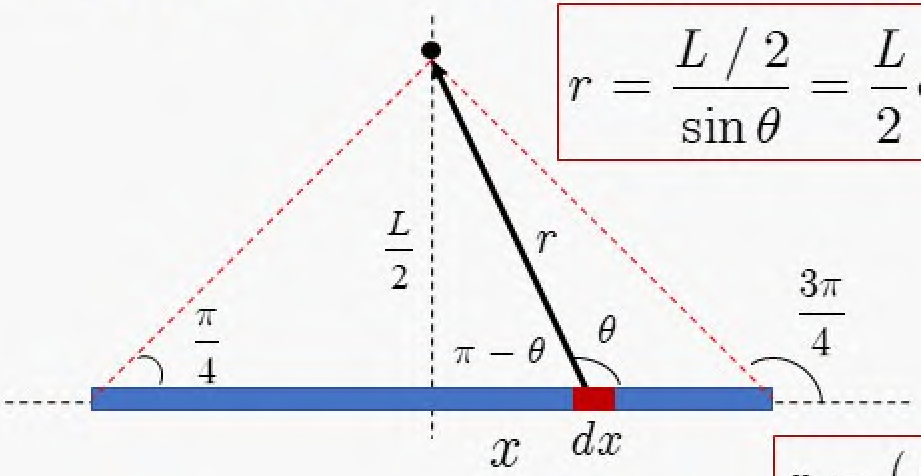
به سیم اول هم، از طرف سیم دوم نیرویی به همین اندازه وارد می‌شود.

یکای آمپر با توجه به رابطه‌ی فوق تعریف می‌شود

دانشگاه خوارزمی



میدان مغناطیسی ناشی 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. بنابر این کافی است میدان ناشی از یک ضلع را پیدا و چهار برابر کنیم.



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

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

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

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

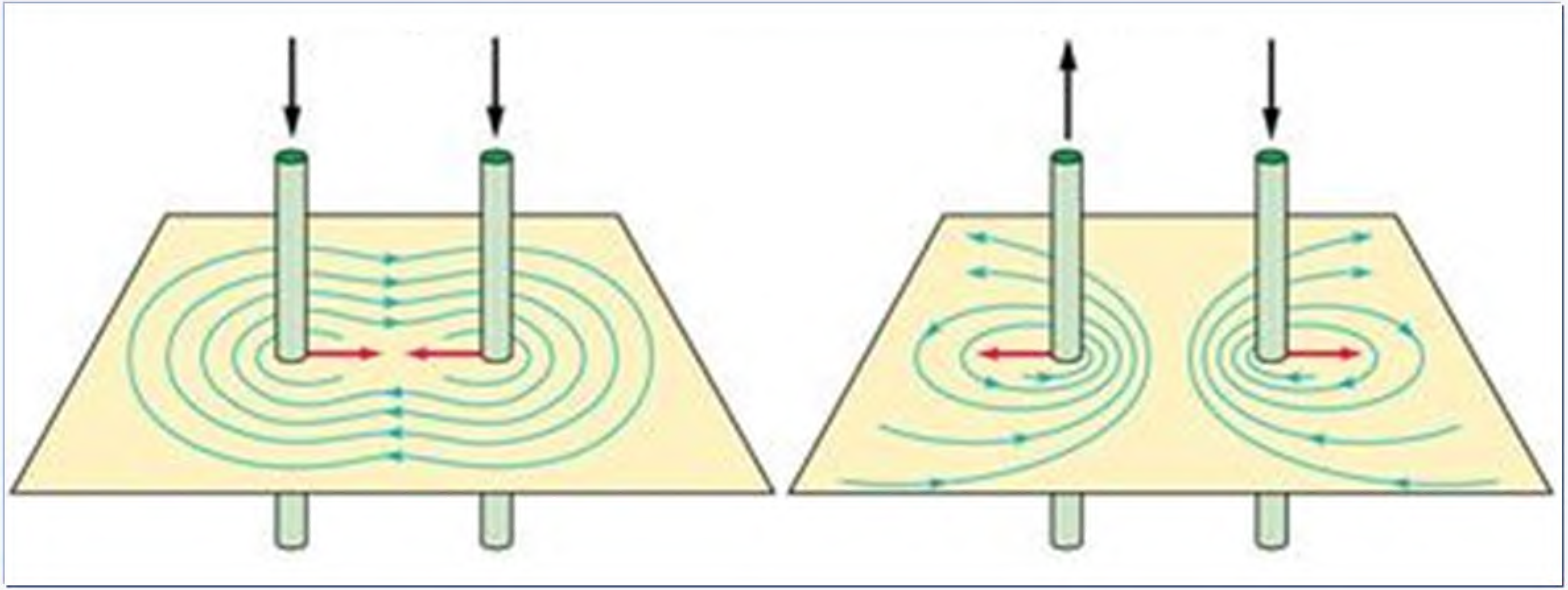
$$dx = (L/2)\csc^2\theta d\theta$$

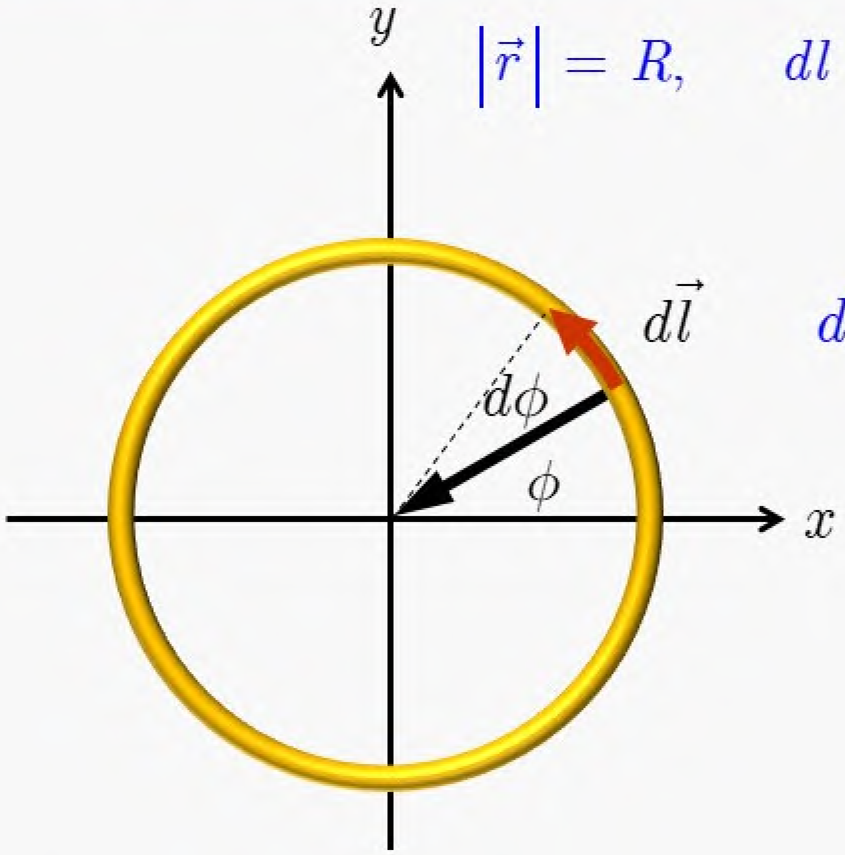
$$dB_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl\sin\theta}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dx\sin\theta}{r^2}$$

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

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

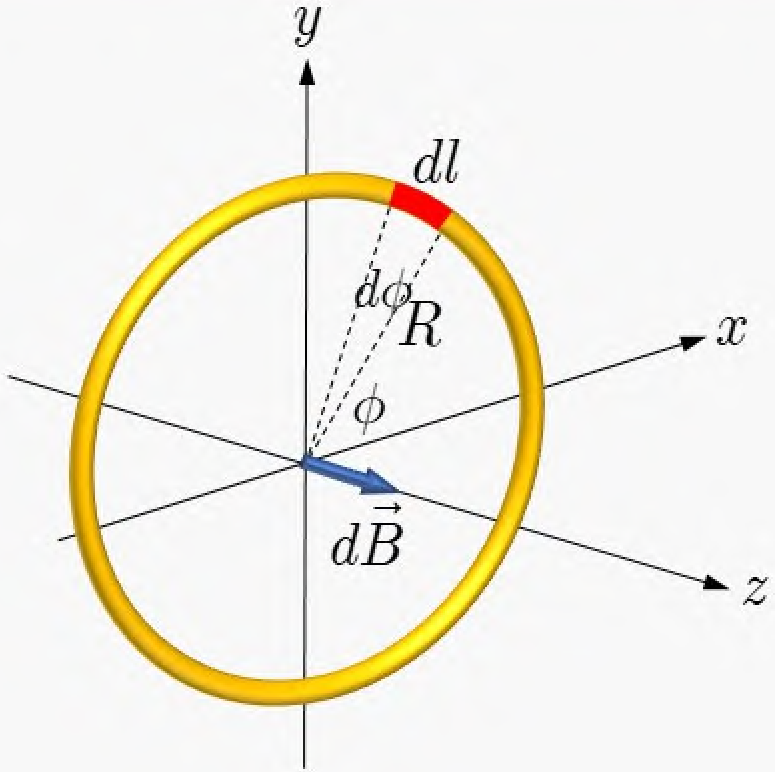
$$B = 4B_1 = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{8\sqrt{2}I}{L}$$





$$\left|\vec{r}\right| = R, \qquad dl = R d\phi$$

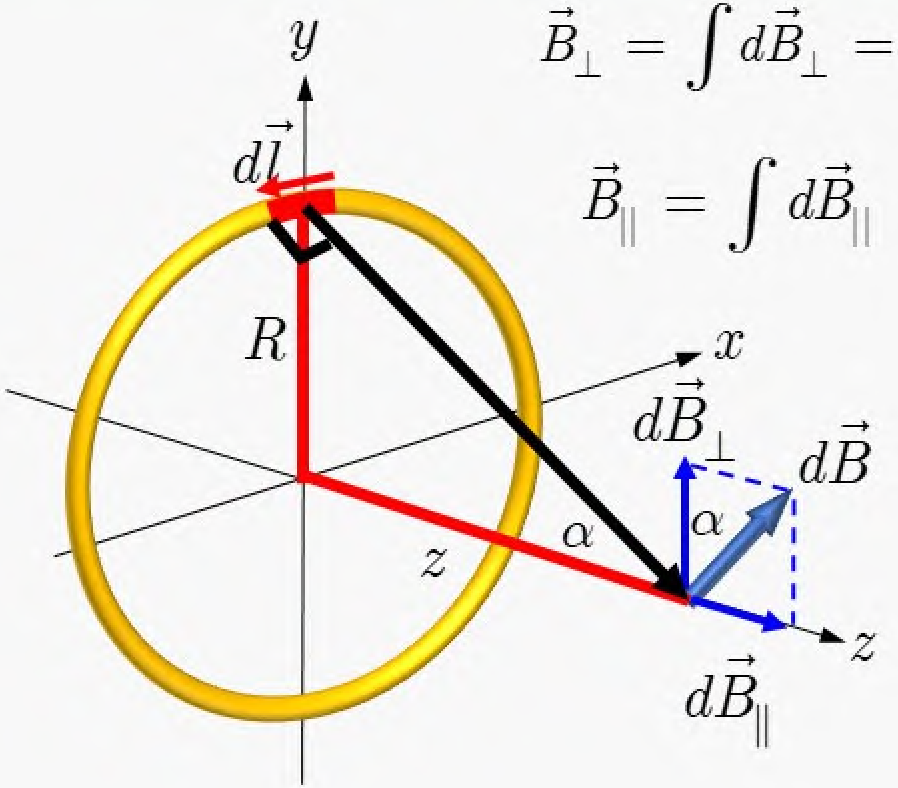
$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl \sin\frac{\pi}{2}}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{R d\phi}{R^2}$$



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

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

دانشگاه خوارزمی



$$\vec{B}_{\perp} = \int d\vec{B}_{\perp} = 0$$

$$\vec{B}_{\parallel} = \int d\vec{B}_{\parallel}$$

$$\boxed{B = B_{\parallel} = \int dB \sin\alpha}$$

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

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

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

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

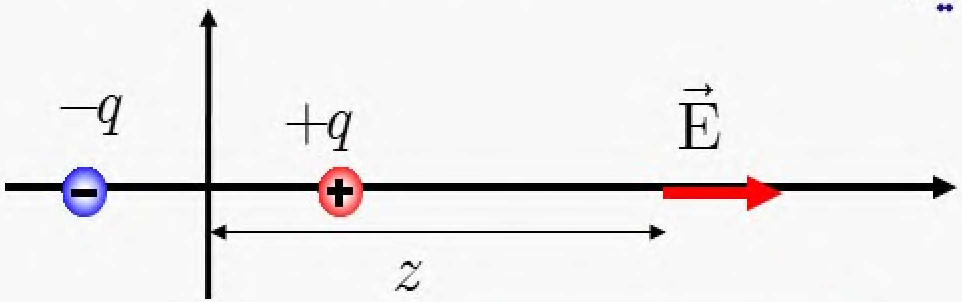
دانشگاه خوارزمی

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

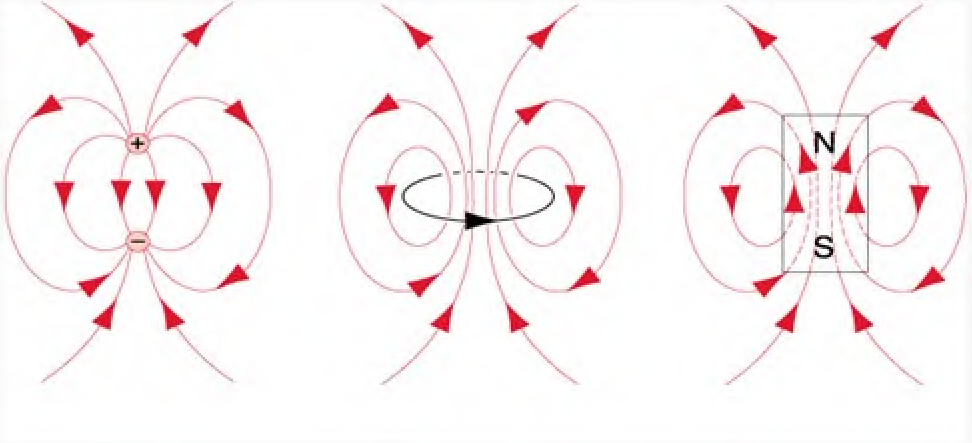
$$if \ \ z = 0 \quad \Rightarrow \mathrm{B} \quad = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

$$if \ \ z >> R \quad \Rightarrow \mathrm{B} = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I\pi R^2}{z^3} = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{\mu}{z^3}$$

نتیجه را با میدان الکتریکی یک دو قطبی نقطه‌ای مقایسه کنید



$$E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{p}{z^3}$$



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

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

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

شاد و مهربان باشید