



# به نام خدا



## مبانی فیزیک ۲

**دانشگاه علمی – کاربردی شرکت تولیدی لاستیک دنا**

مدرس:

زهرا اسدی

[zahra.asadi6640@yahoo.com](mailto:zahra.asadi6640@yahoo.com)

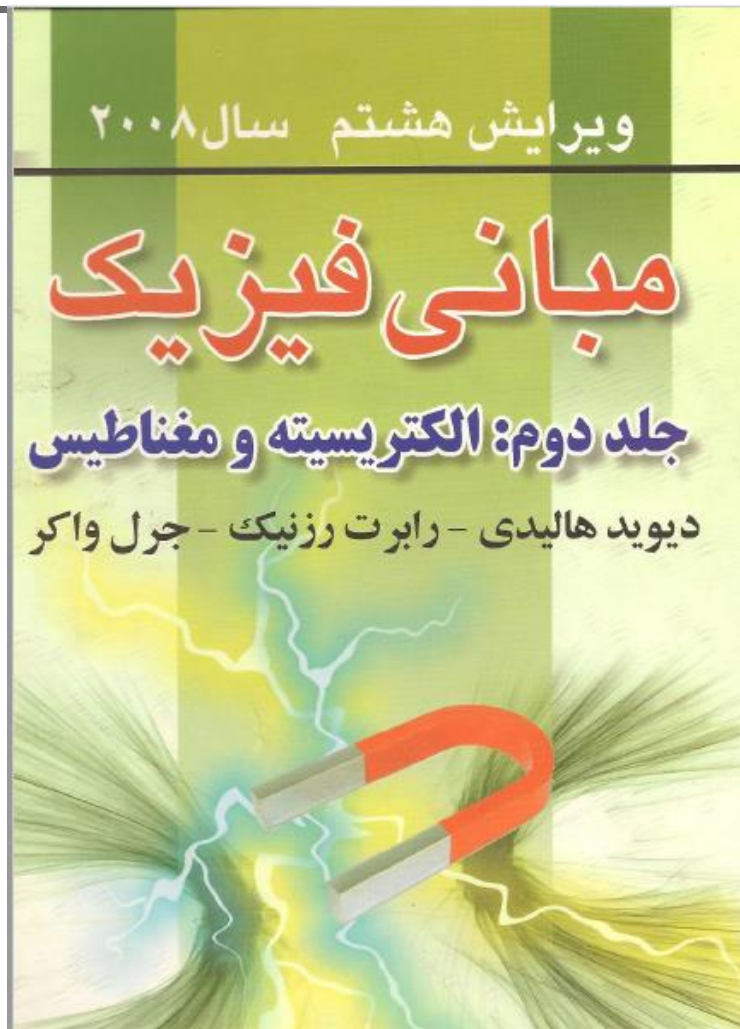
# معرفی کتاب

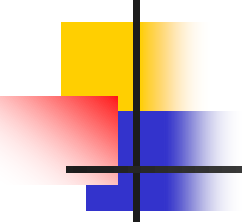
ویرایش هشتم سال ۲۰۰۸

## مبانی فیزیک

جلد دوم: الکتریسیته و مغناطیس

دیوید هالیدی - رابرت رزنیک - جرج واکر





# میدان مغناطیسی و قانون آمپر

---

- میدان مغناطیسی

- تعریف **B**

- نیروی مغناطیس وارد بر جریان

- قانون آمپر

# میدان مغناطیسی

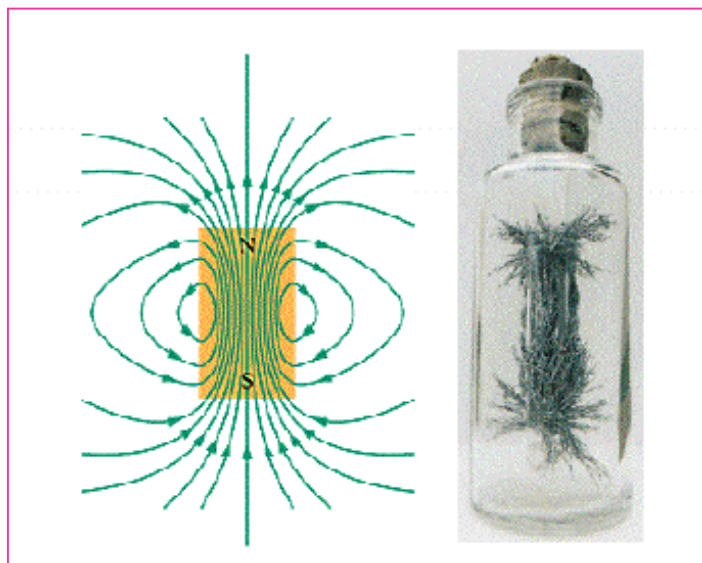
□ همان طور که فضای اطراف یک بار میدان الکتریکی تعریف کردیم فضای اطراف

یک آهنربا را میدان مغناطیسی می نامیم.

□ شدت میدان مغناطیسی در هر نقطه را با  $B$  نمایش می دهیم.

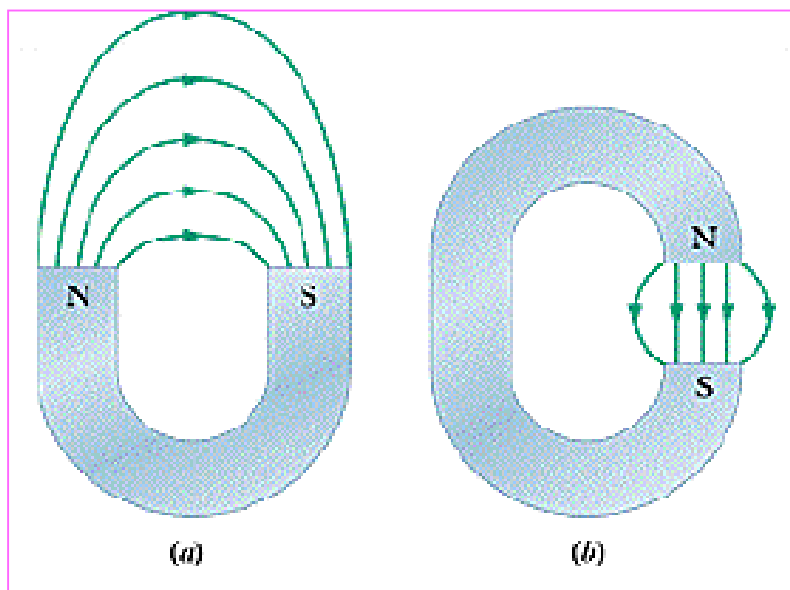
□ از خطوط میدان برای تشخیص کیفی اندازه و

جهت  $B$  استفاده می کنیم



# میدان مغناطیسی

- بر خلاف الکتریسیته در مغناطیس تک قطبی مغناطیسی نداریم.
- خطوط میدان از قطب شمال به جنوب است و مسیر بسته را تشکیل میدهد





# تعریف B

- بارهای متحرک اطراف خود میدان مغناطیسی ایجاد می کنند و از طریق این میدان بر بارهای متحرک دیگر نیرو وارد می کنند.
- همانطور که برای تعریف E از نیروی وارد بر بار آزمون کمک گرفتیم برای تعریف اندازه و جهت B از نیروی وارد بر بار متحرک کمک می گیریم.

# تعریف B

- آزمایش نشان می دهد که اگر بار  $q$  را با سرعت  $\mathbf{v}$  به داخل میدان مغناطیسی پرتاب کنیم بر آن نیروی عرضی زیر وارد می شود :

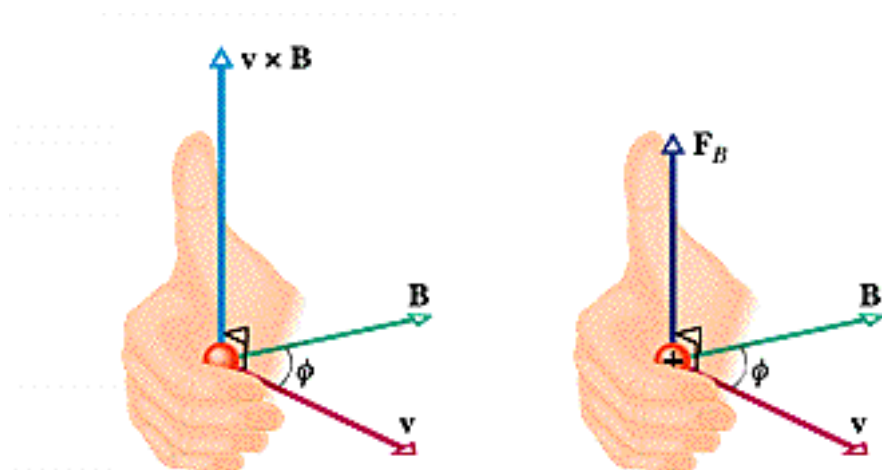
$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

- $\mathbf{F}$  همواره عمود بر  $\mathbf{B}$ ،  $\mathbf{v}$  است و اندازه آن:

$$F = qvB \sin\theta$$

# تعریف B

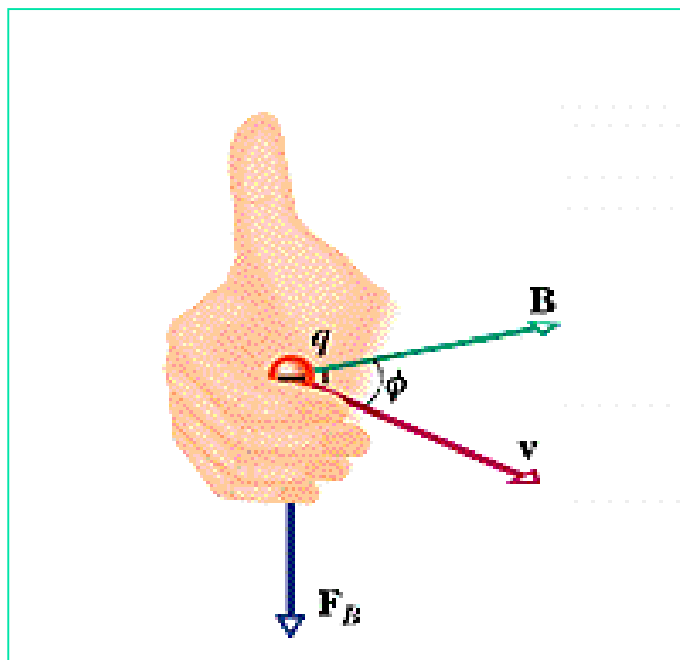
- جهت آن با قاعده دست راست تعیین می‌گردد.





# تعریف B

- جهت نیرو اگر بار  $q$  منفی باشد عکس می گردد



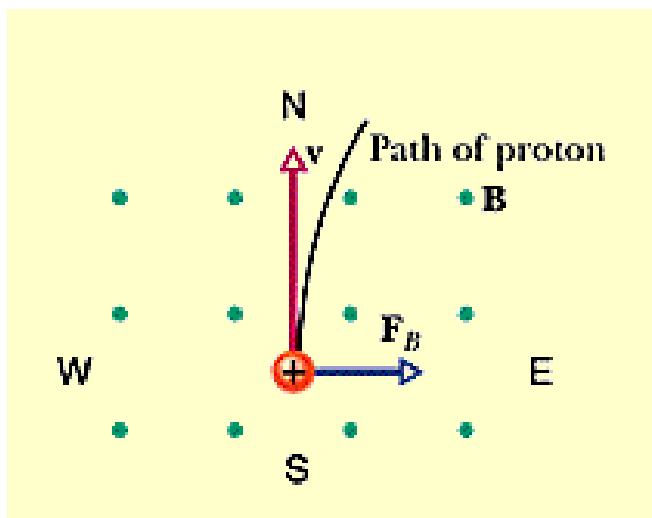
# تعریف B

- **ماکزیمم** نیروی وارد بر بار هنگامی است که بردار **سرعت عمود بر بردار میدان** باشد
- اگر بردار میدان و سرعت در یک **امتداد باشند نیرو صفر** است
- واحد **SI** شدت میدان **تسلا** است که :

$$1T = 1 \frac{N}{A.m} = 10^4 \text{ gauss}$$

# مثال

پروتونی با انرژی جنبشی  $3/5 \text{ MeV}$  بطور افقی به داخل میدان مغناطیسی  $B=1.2 \text{ mT}$  پرتاب می شود. نیروی مغناطیسی وارد بر آن چقدر است. جرم پروتون  $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$  است.



■ حل: جهت نیرو در شکل نشان داده شده است.

# تعريف B

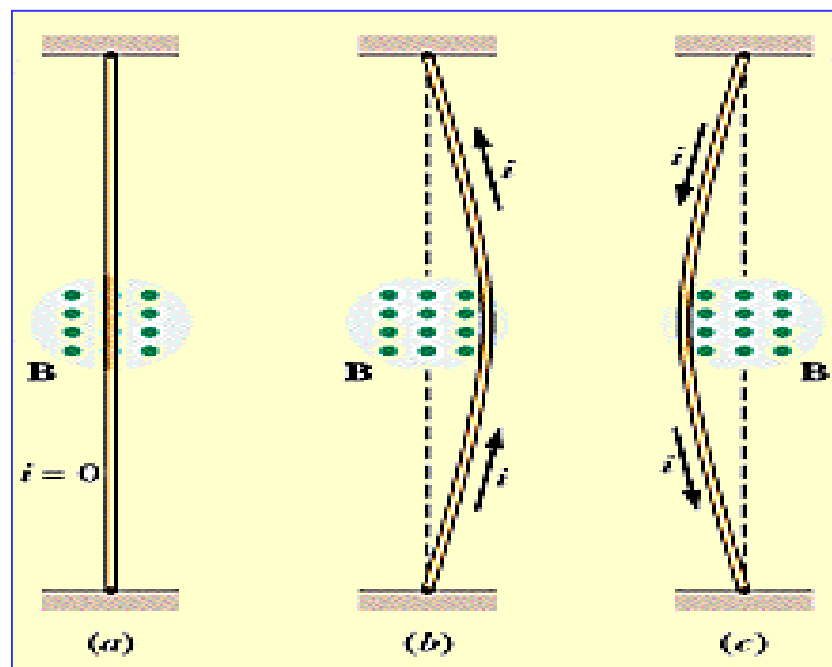
■ حل: اندازه نیرو

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{(2)(5.3 \text{ MeV})(1.60 \times 10^{-13} \text{ J/MeV})}{1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}}}$$
$$= 3.2 \times 10^7 \text{ m/s.}$$

$$F_B = |q|vB \sin \phi$$
$$= (1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(3.2 \times 10^7 \text{ m/s})$$
$$\times (1.2 \times 10^{-3} \text{ T})(\sin 90^\circ)$$
$$= 6.1 \times 10^{-15} \text{ N.}$$

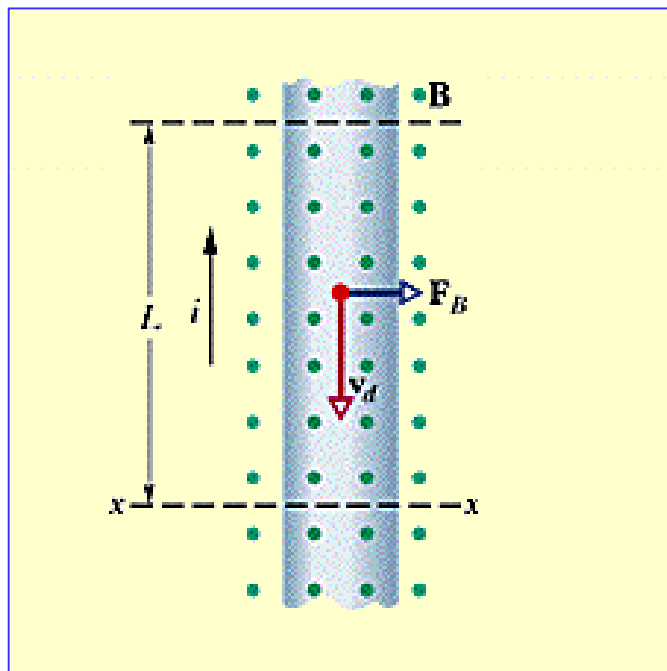
# نیروی مغناطیس وارد بر جریان

- آزمایش نشان می دهد که بر سیم حامل جریان نیرو وارد می شود.
- اگر جهت جریان عوض شود جهت نیرو نیز عوض می شود.



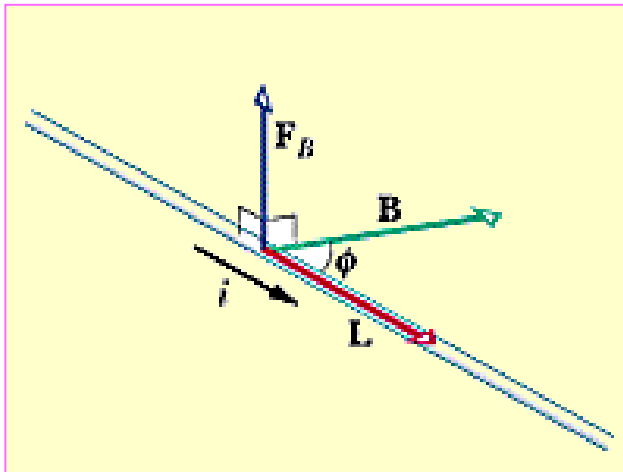
# نیروی مغناطیسی وارد بر جریان

- می خواهیم فرمولی برای نیروی مغناطیسی وارد بر سیمی به طول  $L$  که حامل جریان  $I$  است را بدست آوریم . فرض می کنیم میدان بر سیم عمود باشد:



# نیروی مغناطیسی وارد بر جریان

- اگر میدان مغناطیسی **برسیم عمود نباشد** نیروی وارد بر طول  $L$  از سیم:



$$\vec{F}_B = i\vec{L} \times \vec{B}$$

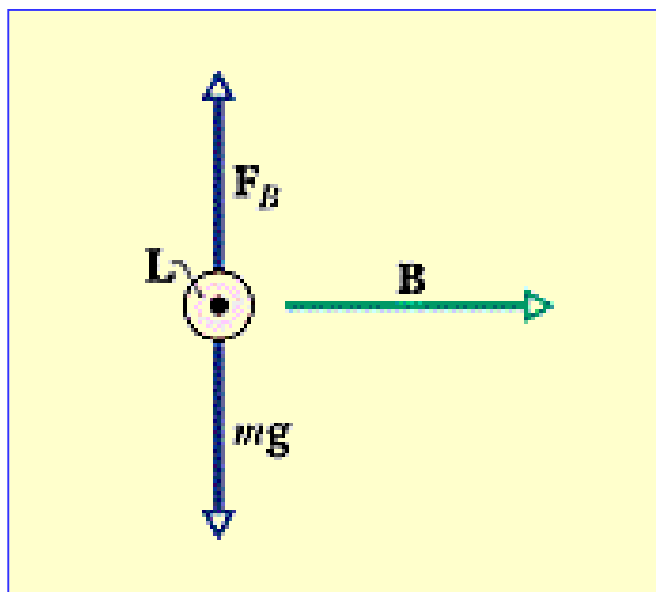
- که در آن  $L$  برداری است در جهت جریان.

- اندازه آن، نه برابر است با:  $F_R = iLB\sin\theta$

# مثال

می خواهیم سیم مسی افقی حامل جریان ۲۸ آمپر در مجاورت سطح زمین در یک میدان مغناطیسی معلق نگه داریم با فرض اینکه چگالی طولی جرم سیم ۶/۴۶ گرم بر متر باشد . اندازه و جهت میدان مغناطیسی لازم را تعیین کنید.

■ حل : جهت میدان باید به سمت راست باشد چرا؟







# نیروی مغناطیسی وارد بر جریان

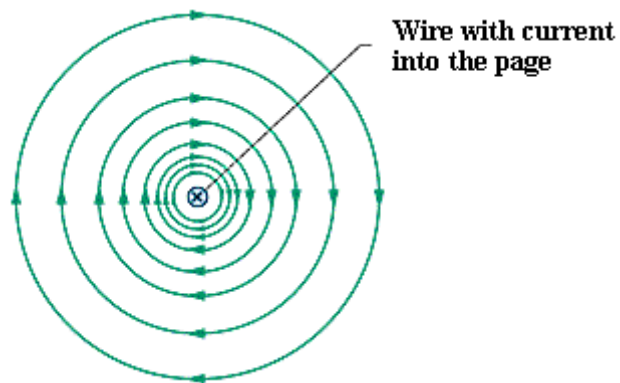
■ حل - اندازه میدان:

$$iLB = mg.$$

$$B = \frac{(m/L)g}{i} = \frac{(46.6 \times 10^{-3} \text{ kg/m})(9.8 \text{ m/s}^2)}{28 \text{ A}}$$
$$= 1.6 \times 10^{-2} \text{ T}.$$

# قانون آمپر

- خطوط میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان **دوایری** متحدالمرکز حول سیم می باشند.



- با **دور شدن** از سیم خطوط میدان از **یکدیگر** **فاصله** می گیرند



# قانون آمپر

---

- در این فصل در مورد تولید میدانهای مغناطیسی و محاسبه میدانهای حاصل از توزیع های جریان می پردازیم.
- کشف اثر مغناطیسی جریان توسط اورستد انجام گرفت.
- جریان های الکتریکی میدان مغناطیسی ایجاد می کنند و از طریق این میدان بر جریان های دیگر نیرو وارد می کنند.

# قانون آمپر

- تجربه نشان می دهد که شدت میدان مغناطیسی در فاصله  $r$  از یک سیم حامل جریان  $i$ :

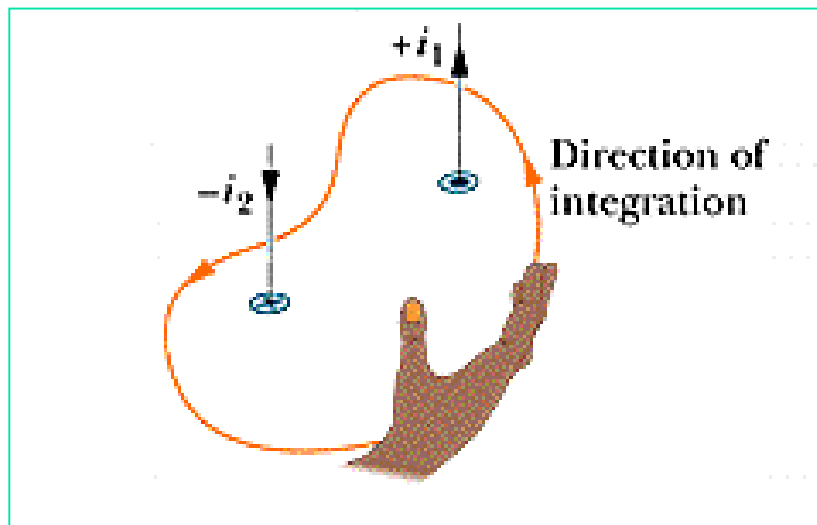
$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}$$

- که  $\mu_0$  را ثابت گذر دهی مغناطیسی خلاء یا هوا می نامند

$$\begin{aligned}\mu_0 &= 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A} \\ &\approx 1.26 \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m/A}\end{aligned}$$

# قانون آمپر

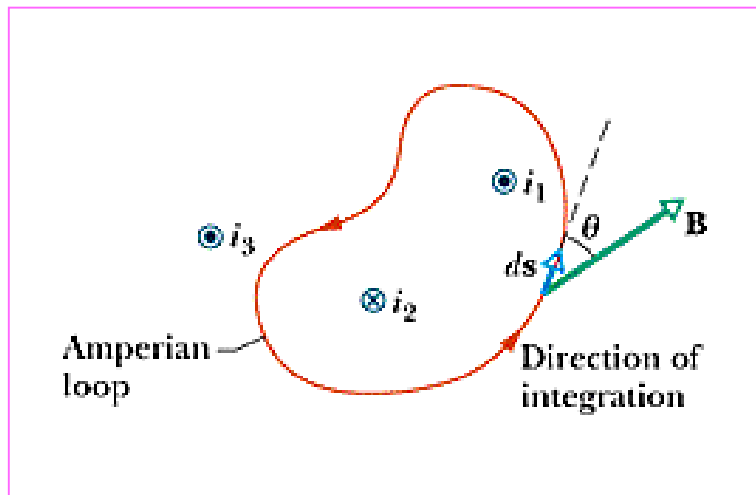
- **ا** جریان خالصی است که سطح محصور شده توسط مسیر بسته را قطع می کند مثلاً در شکل زیر:



$$i_{enc} = i_1 - i_2$$

# قانون آمپر

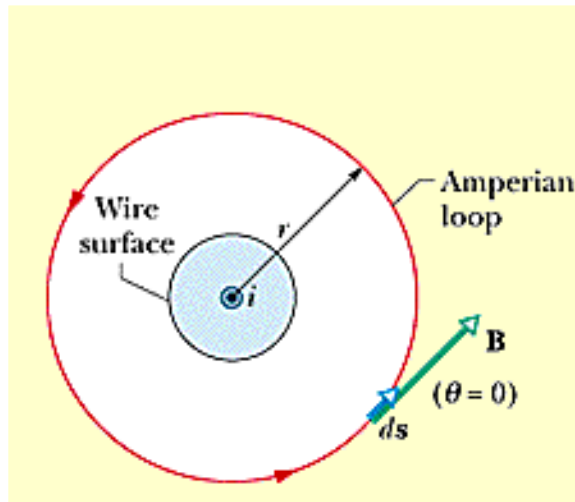
■  $\theta$  زاویه بین  $\mathbf{B}$  و  $d\mathbf{s}$  است که  $d\mathbf{s}$  طول کوچکی از مسیر بسته است.



$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 i$$

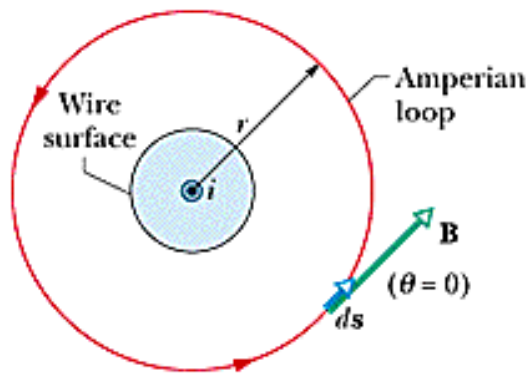
# مثال

با استفاده از قانون آمپر میدان مغناطیسی اطراف یک سیم راست حامل جریان  $I$  بی نهایت دراز بدست آورید.



# قانون آمپر

■ حل:



$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \oint B \cos \theta \, ds = B \oint ds = B(2\pi r)$$

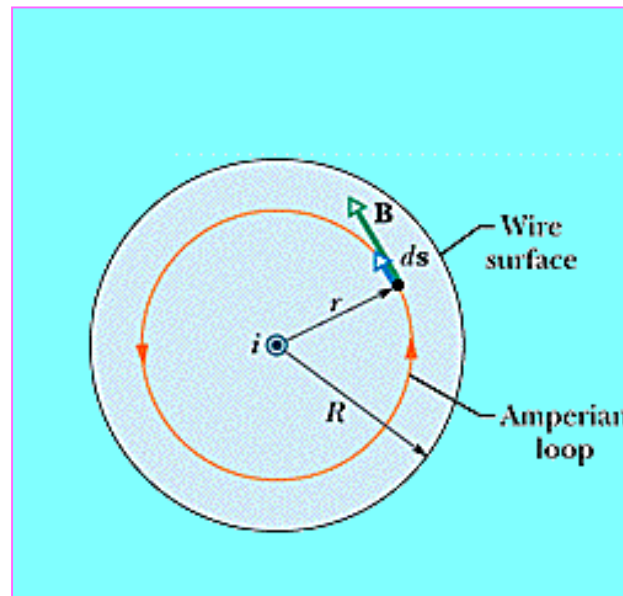
$$B(2\pi r) = \mu_0 i$$

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



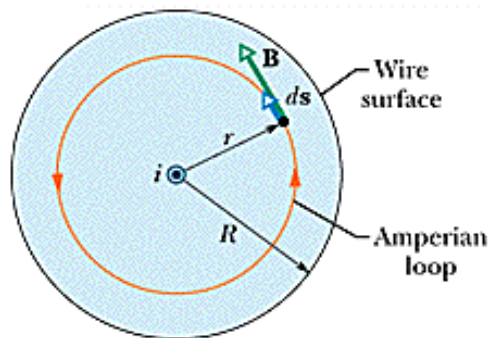
# قانون آمپر

- مثال: رابطه ای برای میدان  $B$  و به فاصله  $r$  از محور یک سیم استوانه ای دراز به شعاع  $R$  که در آن  $r < R$  است، بدست آورید. سیم حامل جریان یکنواخت  $i$  است.



# قانون آمپر

■ حل:



$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = B \oint ds = B(2\pi r)$$

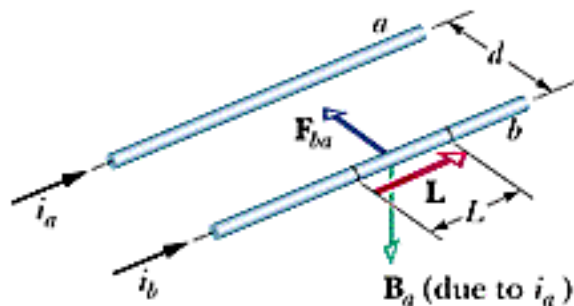
$$i_{\text{enc}} = i \frac{\pi r^2}{\pi R^2}$$

$$B(2\pi r) = \mu_0 i \frac{\pi r^2}{\pi R^2}$$

$$B = \left( \frac{\mu_0 i}{2\pi R^2} \right) r$$

# دو رسانای موازی

- مثال: شکل زیر دو سیم موازی و دراز را نشان می دهد که به فاصله  $d$  از هم قرار دارند و حامل جریانها  $i_a$  و  $i_b$  هستند. نیروی وارد از سیم  $a$  بر طول  $L$  از سیم  $b$  را بدست آورید.





# دو رسانای موازی

■ حل:

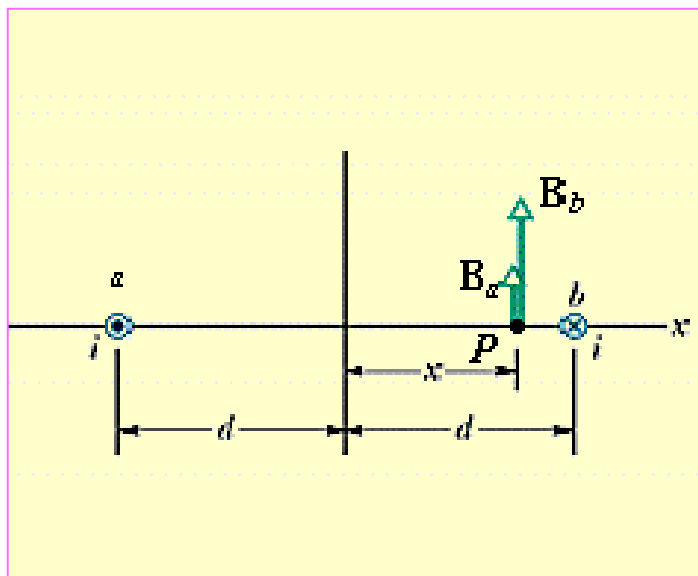
$$B_a = \frac{\mu_0 i_a}{2\pi d}$$

$$\mathbf{F}_{ba} = i_b \mathbf{L} \times \mathbf{B}_a$$

$$F_{ba} = i_b L B_a \sin 90^\circ = \frac{\mu_0 L i_a i_b}{2\pi d}$$

# دو رسانای موازی

- مثال : دو سیم موازی به فاصله  $d$  از هم قرار دارند و حامل جریانهای مختلف  
الجهت  $\hat{a}$  هستند میدان مغناطیسی را در نقاط میان سیمها و به فاصله  $x$  از یک  
سیم پیدا کنید.





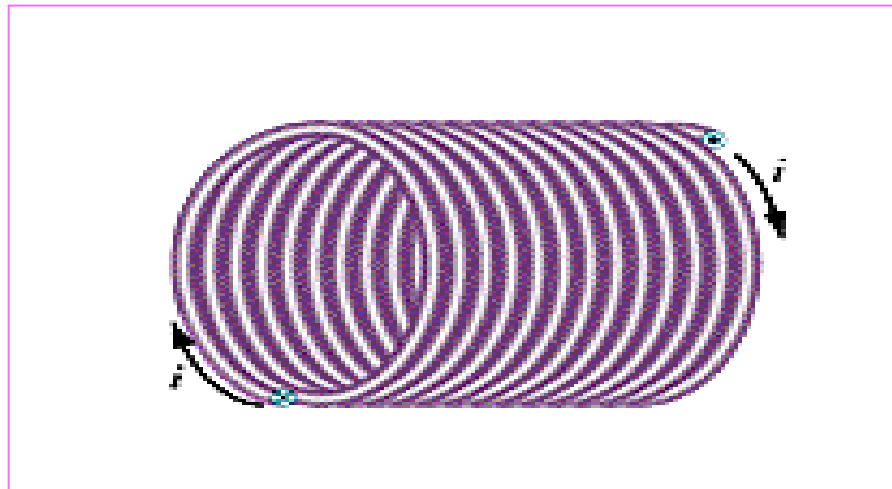
# دو رسانای موازی

■ حل:

$$\begin{aligned} B(x) &= B_a(x) + B_b(x) = \frac{\mu_0 i}{2\pi(d+x)} + \frac{\mu_0 i}{2\pi(d-x)} \\ &= \frac{\mu_0 i d}{\pi(d^2 - x^2)}. \end{aligned}$$

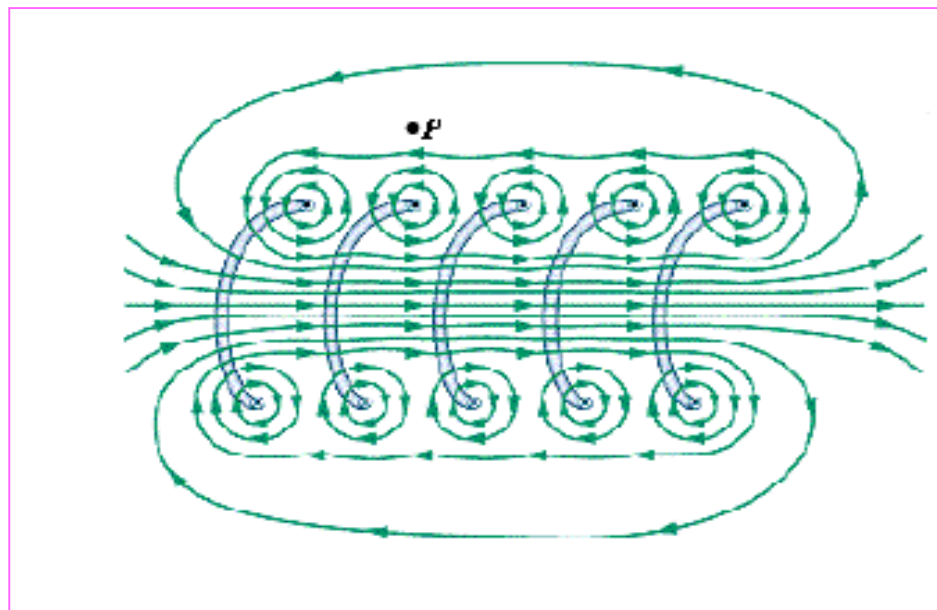
# محاسبه میدان حاصل از سیم لوله

- سیم لوله سیم پیچ دارزی است که به صورت مارپیچ شده و حامل جریان  $i$  است



# محاسبه میدان حاصل از سیم لوله

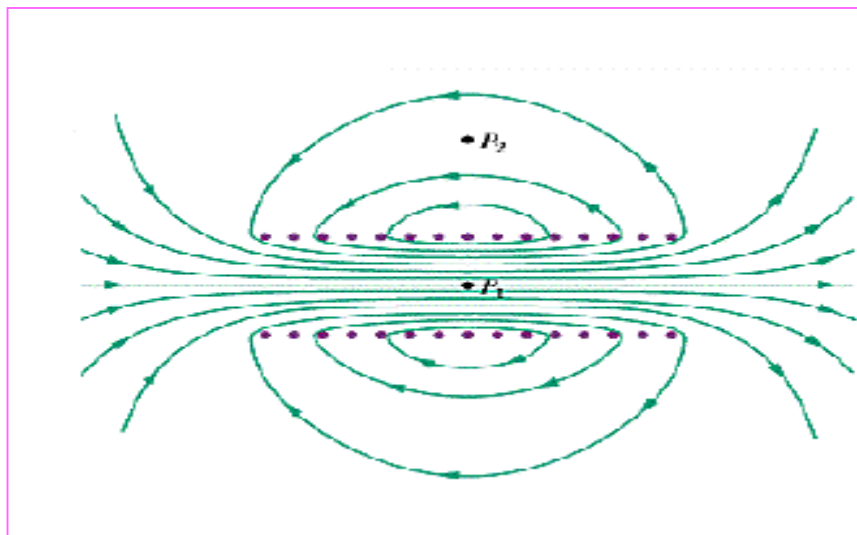
■ خطوط میدان اطراف یک سیم لوله :





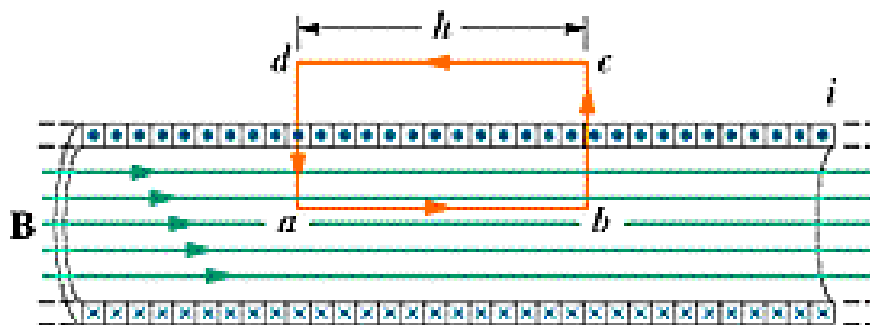
# محاسبه میدان حاصل از سیم لوله

- اگر تعداد دورها بسیار زیاد و نزدیک به هم باشد میدان تقریباً در داخل موازی محور سیم لوله و در خارج صفر است



# محاسبه میدان حاصل از سیم لوله

- مثال : با استفاده از قانون آمپر ، میدان مغناطیسی در نقاط داخل یک سیم لوله ایده آل که حامل جریان  $I$  است و تعداد دورهای در واحد طول آن  $n$  میباشد را بدست آورید.



# محاسبه میدان حاصل از سیم لوله

■ حل:

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 i_{\text{enc}}$$

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \int_a^b \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} + \int_b^c \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s}$$

$$+ \int_c^d \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} + \int_d^a \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s}$$

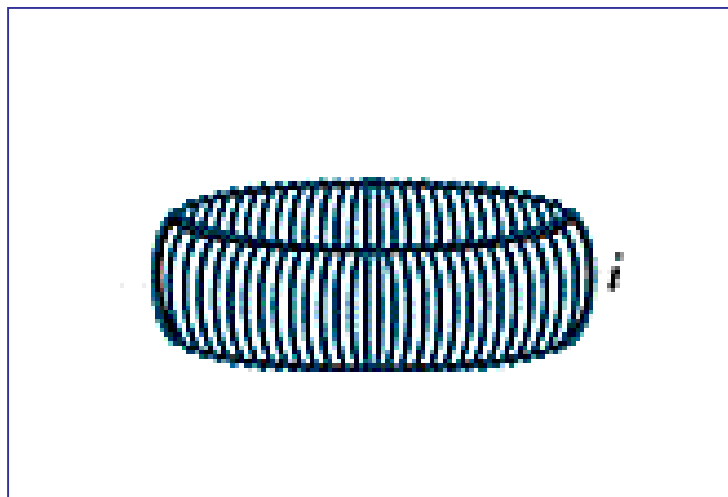
$$i_{\text{enc}} = i(nh)$$

$$Bh = \mu_0 i n h$$

$$B = \mu_0 i n$$

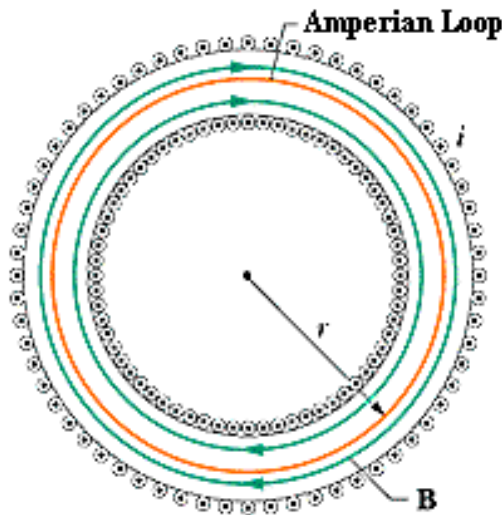
# محاسبه میدان حاصل از سیم لوله

- مثال: چنبره یک سیم لوله خمیده می باشد. میدان مغناطیسی را در نقاط داخل چنبره ای که حامل جریان  $I$  است و تعداد دورهای آن  $N$  میباشد، محاسبه کنید.



# محاسبه میدان حاصل از سیم لوله

■ حل:



$$(B)(2\pi r) = \mu_0 i N$$

$$B = \frac{\mu_0 i N}{2\pi r}$$

# محاسبه میدان حاصل از سیم لوله

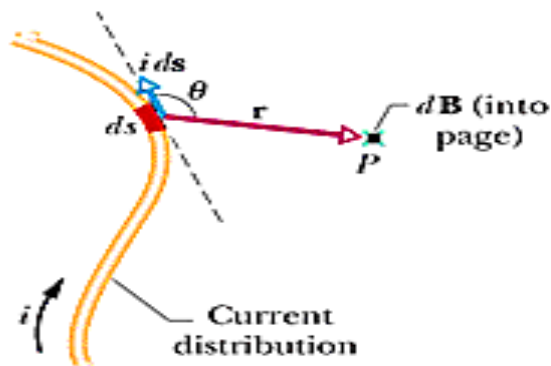
- مثال : طول سیم لوله ای  $L=1.23\text{m}$  و قطر داخلی آن  $d=3.55\text{cm}$  است . این سیم لوله پنج لایه و رد هر لایه ۸۵۰ دور سیم و حامل جریان ۵/۵۷ آمپر است مقدار  $B$  در مرکز سیم لوله چقدر است ؟
- حل:

$$B = \mu_0 i n = (4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A})(5.57 \text{ A}) \frac{5 \times 850 \text{ turns}}{1.23 \text{ m}}$$
$$= 2.42 \times 10^{-2} \text{ T} = 24.2 \text{ mT}.$$

# قانون بیو – ساوار

■ از قانون آمپر فقط در مواردی که تقارن به حد کافی باشد می توان استفاده کرد

■ در حالت کلی تر، برای محاسبه میدان مغناطیسی حاصل از یک توزیع جریان از قانون بیو – ساوار استفاده می کنیم برای این کار جریان را به عناصر جریان تقسیم می کنیم :



# قانون بیو – ساوار

■ بردار  $d\mathbf{B}$  :

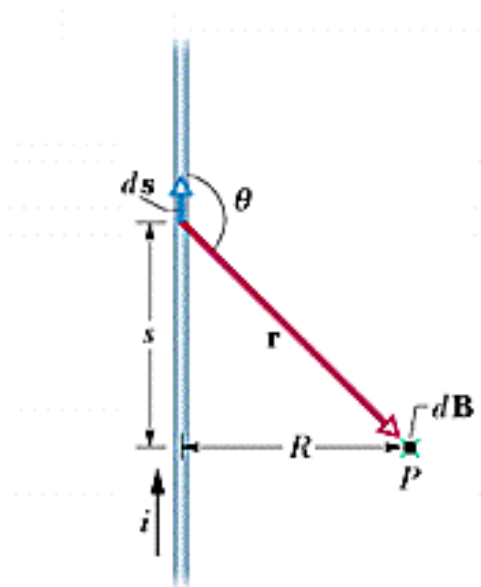
$$d\mathbf{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i d\mathbf{s} \times \mathbf{r}}{r^3}$$

■ که در آن  $d\mathbf{B}$  عمود بر صفحه  $\mathbf{r}$  و  $d\mathbf{s}$  است و جهت آن مطابق قاعده دست راست تعیین می گردد.



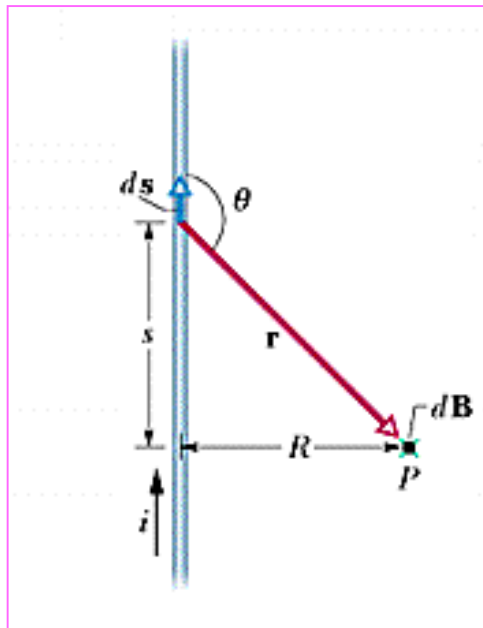
# قانون بیو - ساوار

- مثال : با استفاده از قانون بیو - ساوار میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست و دراز و در فاصله  $r$  از آن بدست آورید.



# قانون بيو – ساوار

■ حل:



$$dB = \frac{\mu_0 i ds \sin \theta}{4\pi r^2}$$

$$B = 2 \int_0^\infty dB = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \int_0^\infty \frac{\sin \theta ds}{r^2}$$

$$r = \sqrt{s^2 + R^2}$$

$$\sin \theta = \sin (\pi - \theta) = \frac{R}{\sqrt{s^2 + R^2}}$$

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \int_0^\infty \frac{R ds}{(s^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$= \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \left[ \frac{s}{(s^2 + R^2)^{1/2}} \right]_0^\infty = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$$