

## فصل چهارم : مغناطیس

**قطب های آهن ربا :** دو ناحیه در آهن ربا وجود دارد که خاصیت آهن ربایی در آن ها بیشتر از قسمت های دیگر است این ناحیه را قطب های آهن ربا نامند

**القای خاصیت مغناطیسی :** هر گاه یک آهن ربا را به مواد مغناطیس مانند نیکل ، کبالت و آهن نزدیک کنیم در این مواد خاصیت مغناطیسی پدید می آید و این مواد می توانند مواد مغناطیسی دیگر را جذب کنند این پدیده ها را القای خاصیت مغناطیسی می گوئیم

**مفهوم میدان مغناطیسی :** خاصیتی را که در اطراف آهن ربا ایجاد می شود و به موجب آن به عقربه مغناطیسی نیرو وارد می شود میدان مغناطیسی می نامند

**میدان مغناطیسی یکنواخت :** اگر خط های میدان مغناطیسی در ناحیه ایی در فضا با یکدیگر موازی و هم فاصله باشند بردار میدان مغناطیسی در همه ی نقاط آن ناحیه بزرگ و جهت ثابتی دارد این میدان مغناطیسی را یکنواخت گویند

**خطوط میدان مغناطیسی :** میدان مغناطیسی را می توان به وسیله خطوط میدان مغناطیسی نمایش داد که خصوصیت های آن عبارت است از :

- \* راستای میدان مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خط میدان در آن نقطه می باشد
- \* خط میدان مغناطیسی در هر نقطه همسو با میدان مغناطیسی در آن نقطه است
- \* تراکم این خط ها در هر ناحیه از فضا نشانگر بزرگی میدان مغناطیسی در آن ناحیه است
- \* خط های میدان همد یگر را قطع نمی کنند

1) نیروی وارد بر یک بار  $q$  که با سرعت  $V$  در یک میدان مغناطیسی  $B$  با زاویه  $\alpha$  حرکت می کند از رابطه ی زیر حساب می شود

$$\vec{F} = B \cdot V \cdot q \cdot \sin\alpha$$

**مثال:** بار الکتریکی  $q = 5\mu c$  با سرعت  $4 \times 10^4$  متر بر ثانیه در یک میدان مغناطیسی که بزرگی آن  $0/5$  تسلا است با زاویه  $37$  درجه در حرکت است  
الف) چه نیرویی بر این بار وارد می شود؟

$$F = B \cdot V \cdot q \cdot \sin 37 \rightarrow F = 0/5 \times 4 \times 10^4 \times 5 \times 10^{-6} \times 0/6$$

$$\rightarrow F = 6 \times 10^{-2} = 0/06 \text{ N}$$

ب) بیشترین نیرویی که به این ذره وارد می شود چه موقع و چقدر است؟

$$F_{max} = B \cdot V \cdot q \cdot \sin 90 \rightarrow F = 0/5 \times 4 \times 10^4 \times 5 \times 10^{-6} \times 1 = 0/1 \text{ N}$$

2) نیروی وارد بر یک سیم حامل جریان در یک میدان مغناطیسی به چه عواملی بستگی دارد

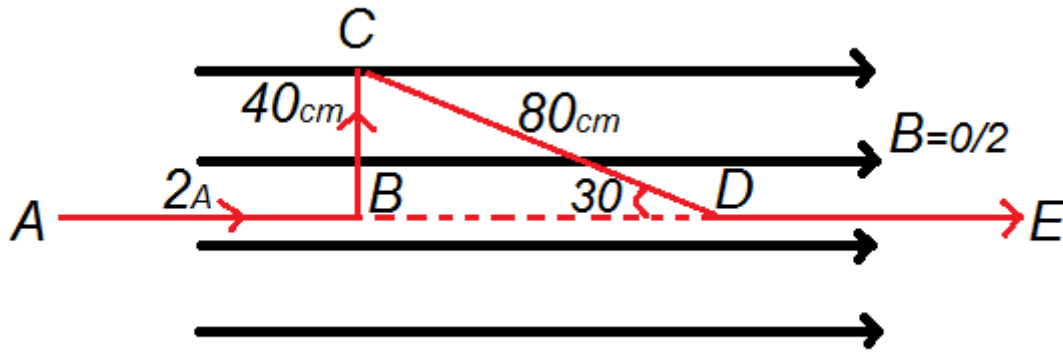
$$F = B \cdot V \cdot q \cdot \sin\alpha \rightarrow F = B \times \frac{L}{T} \times (I \times T) \times \sin\alpha \rightarrow \vec{F} = B \cdot I \cdot L \cdot \sin\alpha$$

**مثال:** سیم راستی به طول  $40$  سانتی متر که جریان  $2$  آمپر از آن می گذرد به طور عمود در یک میدان مغناطیسی قرار داده ایم نیروی  $0/5 \text{ N}$  بر آن وارد می شود بزرگی میدان را حساب کنید؟

$$\vec{F} = B \cdot I \cdot L \cdot \sin\alpha \rightarrow 0/5 = B \times 2 \times \frac{4}{10} \times \sin 90$$

$$\rightarrow 0/5 = B \times 0/8 \rightarrow B = \frac{0/5}{0/8} = 0/625 \text{ T}$$

مثال : با توجه به داده های شکل زیر نیرویی که به هر قسمت سیم وارد می شود چقدر است ؟



$$F_{AB} = B \cdot I \cdot L \cdot \sin 0 \rightarrow F_{AB} = 0$$

$$F_{BC} = B \cdot I \cdot L \cdot \sin 90 \rightarrow F_{BC} = 0.2 \times 2 \times \frac{4}{10} \times 1 = 0.16 \text{ N}$$

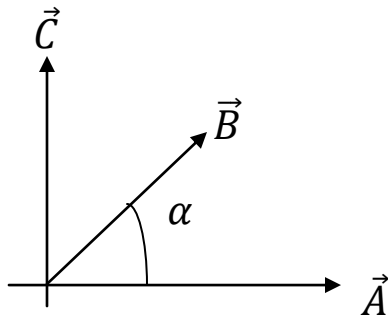
$$F_{CD} = B \cdot I \cdot L \cdot \sin 30 \rightarrow F_{CD} = 0.2 \times 2 \times \frac{8}{10} \times \frac{1}{2} = 0.16 \text{ N}$$

$$F_{DE} = B \cdot I \cdot L \cdot \sin 0 \rightarrow F_{DE} = 0$$

یادداشت ریاضی ضرب بردارها : نوعی ضرب برای دو بردار A و B به صورت زیر تعریف

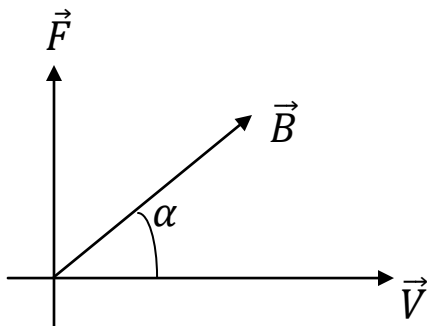
می کنیم که جواب آن نیز خود یک بردار است و از رابطه ی زیر تعریف می شود

$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B} = A \cdot B \cdot \sin \alpha$$



$$\vec{F} = B \cdot V \cdot q \cdot \sin\alpha = q(\vec{V} \times \vec{B})$$

$$\vec{F} = B \cdot I \cdot L \cdot \sin\alpha = L(\vec{I} \times \vec{B})$$



**مثال:** چه تفاوتی در جهت نیروی وارد بر بار  $q$  در یک میدان الکتریکی ( $\vec{F} = \vec{E} \cdot \vec{q}$ ) با میدان

مغناطیسی ( $\vec{F} = B \cdot V \cdot q \cdot \sin\alpha$ ) وجود دارد؟

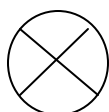
در یک میدان الکتریکی نیروی وارد بر بار  $q$  همراستا و موازی میدان است اما در یک میدان مغناطیسی (طبق یادداشت ریاضی ضرب بردارها) نیرو عمود بر مسیر بار و عمود بر میدان است

**نکته کنکوری:** دستور دست راست

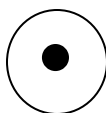
(2) کف دست جارو می شود به طرف  $B$

(1) چهار انگشت مستقیم ( $I$  یا  $V$ )

(3) انگشت شست نیروی  $F$  است

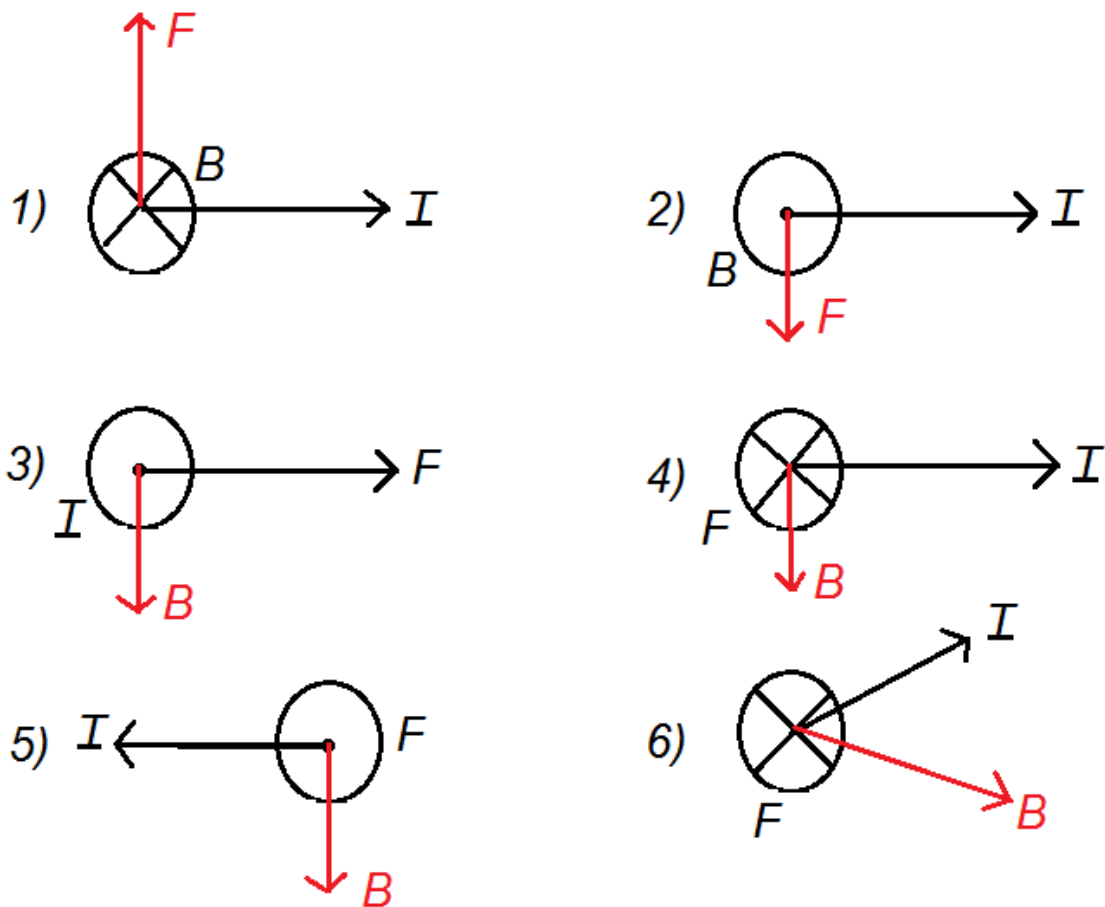


درونسو



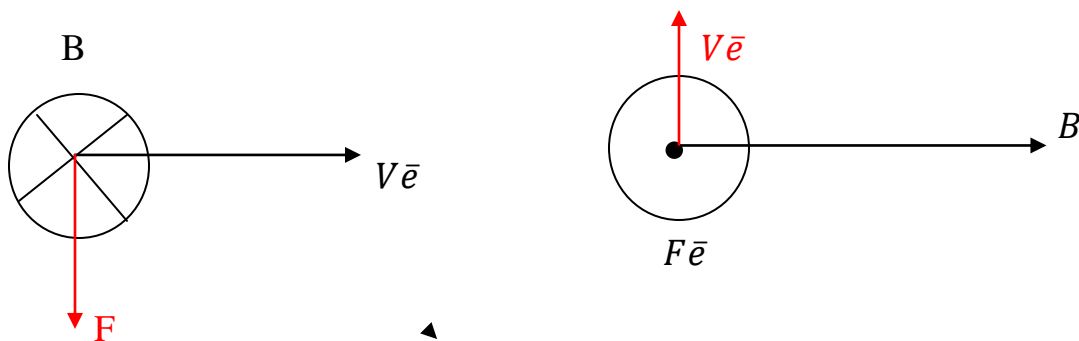
بیرونسو

**مثال:** در هر یک از شکل های زیر جهت دو بردار داده شده است به کمک قانون دست راست جهت بردار سوم را مشخص کنید

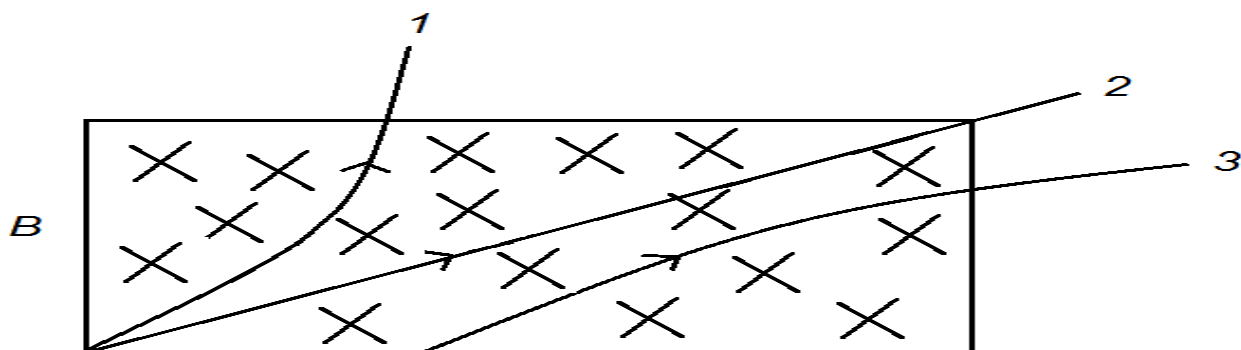


**تذکر طلایی:** آن چه در قانون دست راست گفته شد برای بار مثبت  $q$  معتبر است چنان چه بار  $q$  منفی

باشد هر جوابی که بدست آید قرینه در نظر گرفته می شود



**مثال :** در یک آزمایشگاه مسیر ذرات بنیادی در یک میدان مغناطیسی به شکل زیر رهگیری شده است در باره ی نوع هر ذره چه نظری دارید ؟

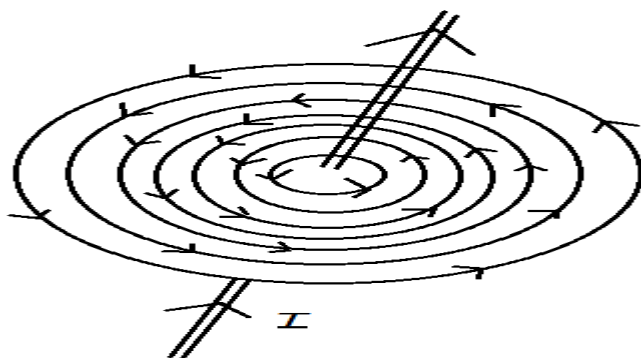


1 : مثبت مانند پروتون

2 : خنثی مانند گاما

3 : منفی مانند الکترون

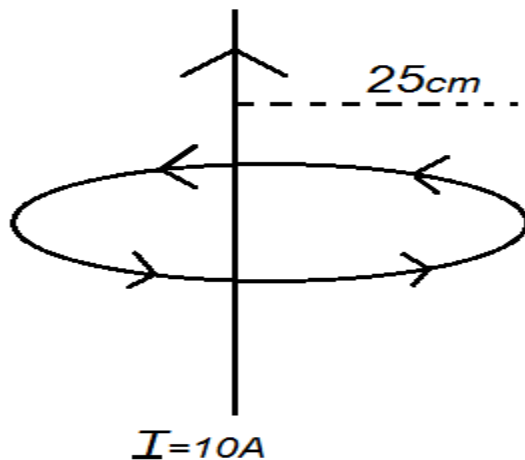
**آزمایش اورستد :** اگر سیم راستی حامل جریان I را در نظر بگیریم به طوری که شست دست راست را در جهت جریان سیم قرار دهیم جهت گردش چهار انگشت به دور آن جهت خطوط میدان مغناطیسی در اطراف سیم خواهد بود در فاصله ی r بزرگی میدان مغناطیسی در اطراف یک سیم راست حامل جریان از رابطه ی زیر بدست می آید



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

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$$

**مثال:** سیم راستی با جریان 10 آمپر در نظر بگیرید بزرگی میدان مغناطیسی را در فاصله ی 25 سانتی متری از این سیم حساب کنید

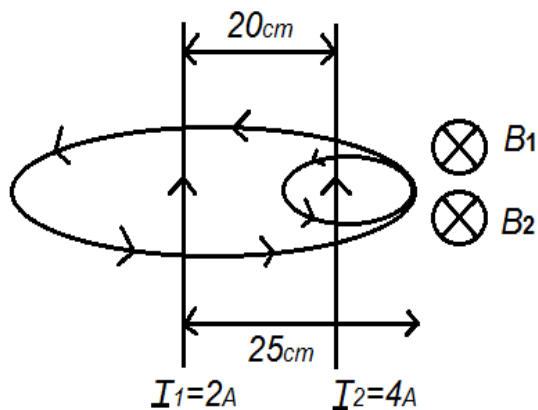


$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \times \frac{I}{r} \rightarrow B = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \times \frac{10}{\frac{25}{100}} \rightarrow B = 2 \times 10^{-7} \times 40$$

$$\rightarrow B = 8 \times 10^{-6} T$$

**مثال:** مطابق شکل زیر دو سیم  $I_1$  و  $I_2$  در فاصله ی 20 cm از یکدیگر در نظر بگیرید

**الف)** بزرگی میدان مغناطیسی برآیند را در فاصله ی 5 سانتی متری بیرون دو سیم حساب کنید؟



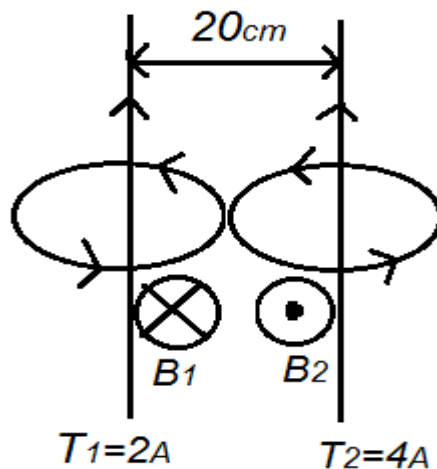
$$\sum B = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$$

$$B_1 = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \times \frac{2}{\frac{25}{100}} = 16 \times 10^{-7} \text{ T}$$

$$B_2 = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \times \frac{4}{\frac{5}{100}} = 160 \times 10^{-7} \text{ T}$$

$$\sum B = 160 \times 10^{-7} + 16 \times 10^{-7} = 176 \times 10^{-7} \text{ T}$$

(ب) بزرگی میدان مغناطیسی برآیند را در وسط دو سیم حساب کنید

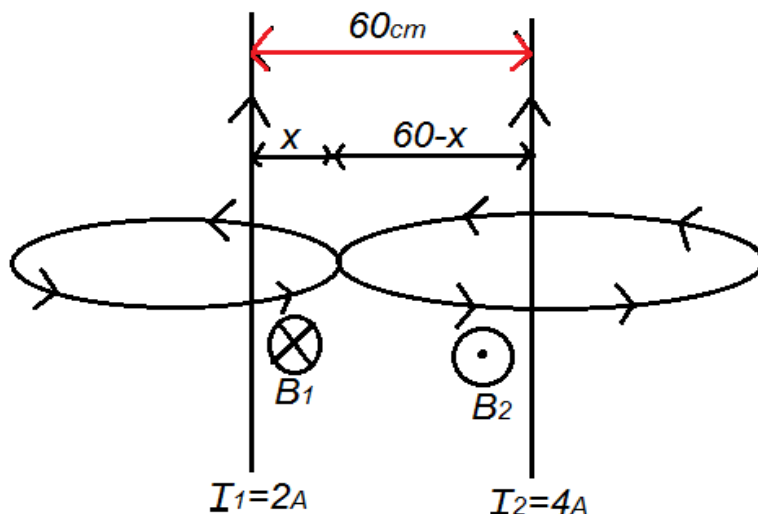


$$\sum B = |\vec{B}_2 - \vec{B}_1|$$

$$\sum B = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \left( \frac{4}{\frac{1}{10}} - \frac{2}{\frac{1}{10}} \right) = 40 \times 10^{-7} = 4 \times 10^{-6} \text{ T}$$



**مثال :** دو سیم راست و موازی با جریان های همسوی  $I_1 = 2A$  و  $I_2 = 4A$  در فاصله ی  $60cm$  از هم قرار دارند بزرگی میدان مغناطیسی برآیند در کجا صفر خواهد شد ؟



$$\vec{\sum B} = 0$$

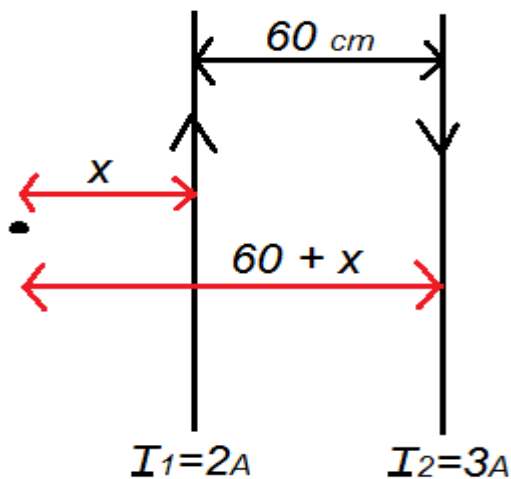
$$|B_1| = |B_2| \rightarrow \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{I_1}{x} = \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{I_2}{60-x} \rightarrow \frac{2}{x} = \frac{4}{60-x} \rightarrow 4x = 120 - 2x$$

$$x = 20 \text{ cm} \quad \text{از سیم با جریان کمتر}$$

### تذکراتی :

- 1) هر گاه دو سیم با جریان های  $I_1$  و  $I_2$  موازی و هم راستا باشند همواره بین دو سیم و نزدیک سیم با جریان کمتر نقطه ای می توان یافت که بزرگی میدان مغناطیسی برآیند در آن جا صفر باشد
- 2) هر گاه دو سیم  $I_1$  و  $I_2$  با جریان های موازی ولی مختلف جهت باشند همواره خارج دو سیم و نزدیک به سیم با جریان کمتر نقطه ای می توان یافت که بزرگی میدان برآیند در آن جا صفر باشد

**مثال:** دو سیم  $I_2 = 3A$  و  $I_1 = 2A$  موازی با جریان های غیر همسو و در فاصله ی 60 cm از یکدیگر قرار دارند بزرگی میدان مغناطیسی برآیند در کجا صفر خواهد بود؟

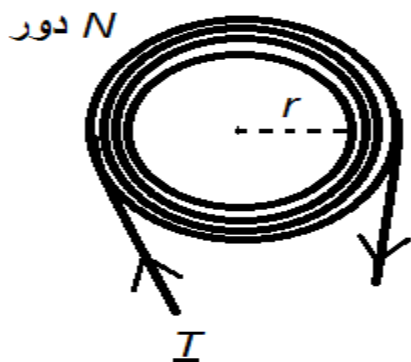


$$\sum B = 0$$

$$|B_1| = |B_2| \rightarrow \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{I_1}{x} = \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{I_2}{60+x} \rightarrow \frac{2}{x} = \frac{3}{60+x} \rightarrow 3x = 120 + 2x$$

$$\rightarrow x = 120 \text{ cm}$$

**پیچهِ ی مسطح ( حلقه ی جریان ):** هرگاه سیم راستی را به صورت یک یا چند حلقه ی متحد المركز به شعاع  $r$  در آوریم و از آن جریان  $I$  عبور دهیم بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز حلقه ها از رابطه ی زیر بدست می آید



$$B \text{ حلقه} = \frac{\mu}{2} \times N \times \frac{I}{r}$$

**مثال:** پیچهِ ی مسطحی با 100 دور سیم جریان 2 آمپر و شعاع متوسط حلقه ها را 3/14cm در نظر بگیرید بزرگی میدان مغناطیسی را در مرکز حلقه حساب کنید؟

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2} \times 100 \times \frac{2}{\frac{3/14}{100}} \rightarrow B = 4 \times 10^{-3} T = 4 mT$$

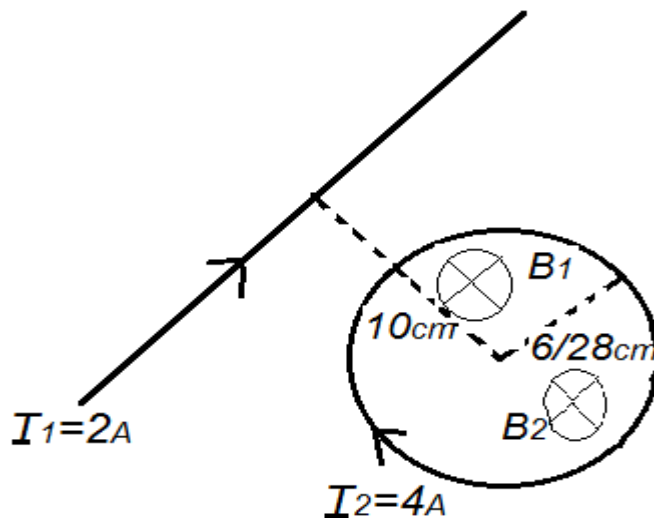
**مثال:** سیم راستی را که 81 متر طول دارد به صورت حلقه های متحد مرکزی به شعاع 3cm آورده ایم و از آن جریان 2 آمپر عبور می کند بزرگی میدان مغناطیسی را در مرکز حلقه ها حساب کنید؟

$$N = \frac{81}{2\pi r}$$

$$B = \frac{\mu_0}{2} \times N \times \frac{I}{r} \rightarrow B = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2} \times \frac{81}{2\pi r} \times \frac{I}{r} \rightarrow B = 30 \times \frac{81}{100} \times \frac{2}{100}$$

$$B = 18 \times 10^{-3} T$$

**مثال:** با توجه به داده های شکل زیر بزرگی میدان مغناطیسی را در مرکز حلقه حساب کنید؟

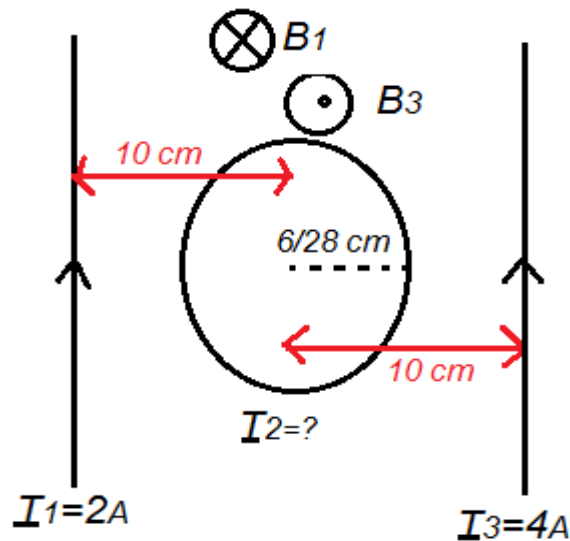


$$\sum B = B_1 \text{ سیم} + B_2 \text{ حلقه} \rightarrow \sum B = \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{I}{r} + \frac{\mu}{2} \times N \times \frac{I}{r}$$

$$\sum B = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2\pi} \times \frac{2}{\frac{1}{10}} + \frac{4\pi \times 10^{-7}}{2} \times \frac{4}{\frac{6/28}{100}}$$

$$\sum B = 4 \times 10^{-6} + 4 \times 10^{-5} \rightarrow \sum B = 4/4 \times 10^{-5} T$$

**مثال:** با توجه به داده های روی شکل اندازه و جهت  $I_2$  را چنان تعیین کنید که بزرگی میدان مغناطیسی برآیند در مرکز حلقه صفر باشد؟



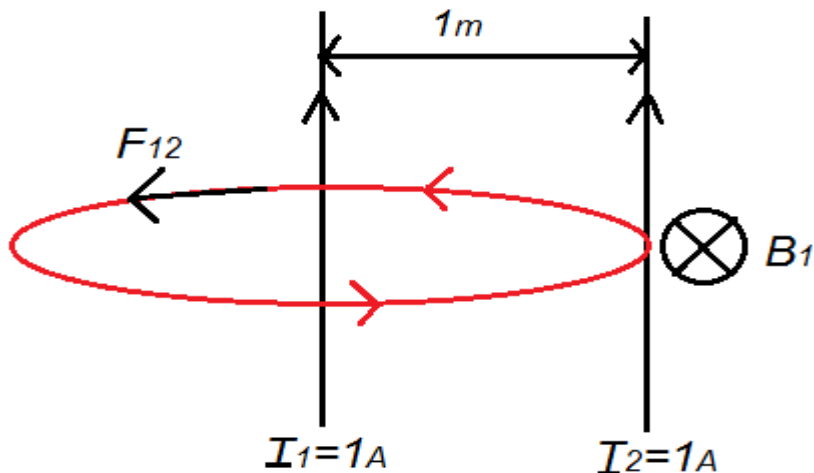
$$\sum B = 0 \rightarrow \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 = 0 \rightarrow (B_1 + B_2) = B_3$$

$$\rightarrow \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{I_1}{r_1} + \frac{\mu}{2} \times N \times \frac{I_2}{r} = \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{I_3}{r} \rightarrow \frac{2}{\pi \times \frac{1}{10}} + \frac{I_2}{\frac{6/28}{100}} = \frac{4}{\pi \times \frac{1}{10}}$$

$$\rightarrow 20 + 50I_2 = 40 \rightarrow 50I_2 = 20 \rightarrow I_2 = \frac{2}{5} A$$

$I_2$  باید ساعت گرد باشد و  $B_2$  باید درونسو باشد

**مثال :** 2 سیم راست و موازی با جریان های مساوی 1 آمپر در خلاء در فاصله ی 1 متر از همدیگر واقع اند طول هر سیم را 1 متر فرض کنیم بزرگی و جهت نیرویی که هر سیم بر دیگری وارد می کند را تعیین کنید .



$$B_1 = \frac{\mu}{2\pi} \times \frac{I_1}{r_1} = \frac{4 \times 10^{-7}}{2\pi} \times \frac{1}{1} = 2 \times 10^{-7} \text{ T}$$

$$F_{12} = B_1 \times I_2 \times L_2 \times \sin 90 \rightarrow F_{12} = 2 \times 10^{-7} \times 1 \times 1 \times 1 \rightarrow F_{12} = 2 \times 10^{-7} \text{ N}$$

$$F_{21} = 2 \times 10^{-7} \text{ N} \quad \text{به دلیل مشابه}$$

### نکته های کنکوری :

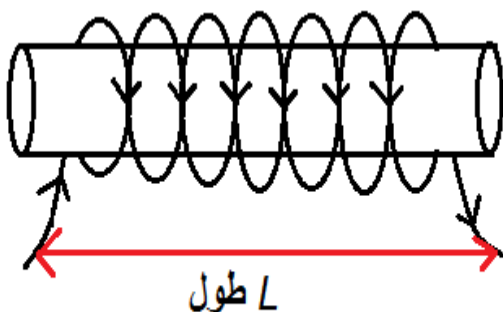
( 1 ) هر گاه دو سیم با جریان های موازی و هم جهت ( $I_1$  و  $I_2$ ) داشته باشیم نیروی بین این دو سیم طبق قانون سوم نیوتون با یکدیگر مساوی و موازی اند و در خلاف جهت یکدیگر اند

( 2 ) هر گاه دو سیم ( $I_1$  و  $I_2$ ) با هم موازی باشند و جریان های آن ها نیز هم جهت باشند نیروی بین دو سیم جاذبه است

( 3 ) اگر دو سیم ( $I_1$  و  $I_2$ ) موازی باشند ولی جریان ها در خلاف جهت هم باشند نیروی بین دو سیم دافعه خواهد بود

**تعریف عملیاتی آمپر ( یکای شدت جریان ) :** هر گاه دو سیم راست و موازی در خلاء به طول 1 متر و در فاصله ی 1 متر از هم دیگر داشته باشیم با جریان های مساوی به طوری که هر یک از این سیم ها  $F = 2 \times 10^{-7} N$  نیرو وارد شود ، جریان عبوری از هر سیم 1 آمپر خواهد بود

**سیملوله ( سیم پیچ طویل ) :** هر گاه سیمی را به دور یک لوله بیچیم شکل حاصل سیملوله نام دارد میدان مغناطیسی در فضای داخلی سیملوله تقریباً یکنواخت است که از رابطه ی زیر حساب می شود



$$B = \mu_0 \times \frac{N}{L} \times I$$

**مثال :** سیملوله ای با 400 دور به طول 25cm در نظر بگیرید که جریان 4 آمپر از آن عبور می کند بزرگی میدان مغناطیسی را در فضای داخلی سیملوله را تعیین کنید ؟

$$B = \mu_0 \times \frac{N}{L} \times I \rightarrow B = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{400}{\frac{25}{100}} \times 4 \rightarrow B = 16\pi \times 10^{-5} \times 16$$

$$B = 256\pi \times 10^{-5} T$$