

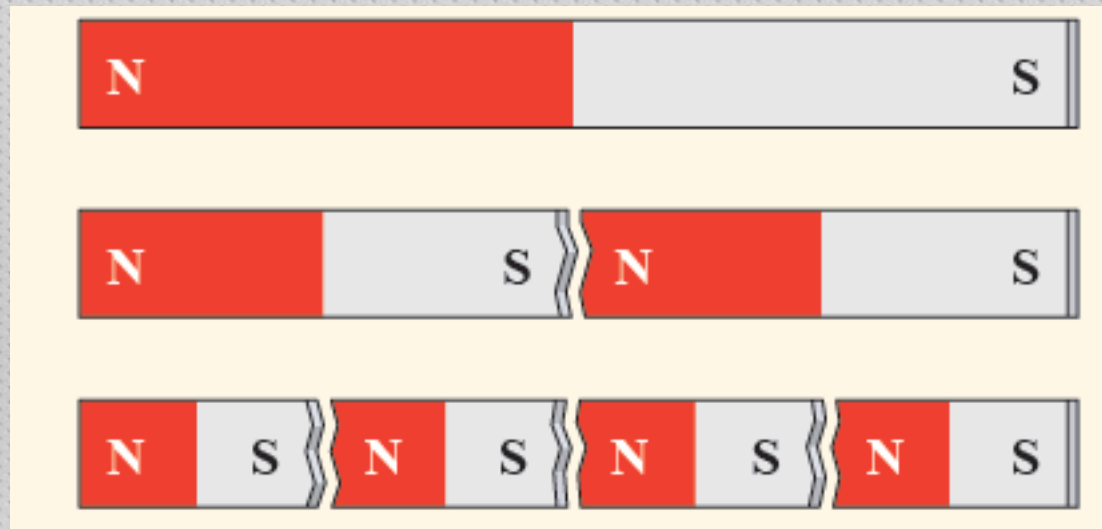
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# فصل سوم فیزیک یازدهم ریاضی

مغناطیس

## آهنربا:

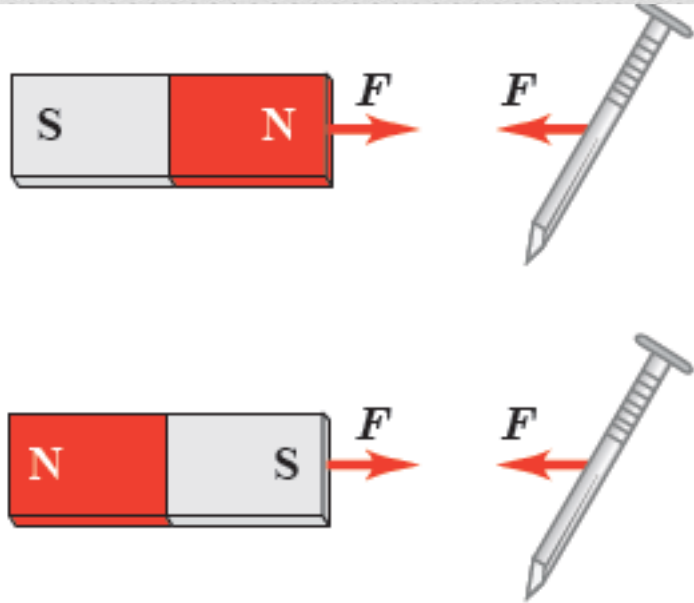
ساده ترین تعریف مغناطیس را می توان با آهنربا بیان داشت. میدانیم که هر آهنربا دارای قطب مثبت و منفی یا به عبارتی قطب های شمالی و جنوبی است. نکته ای که باید به آن توجه داشت این است که تک قطبی مغناطیسی وجود ندارد.



## میدان مغناطیسی:

اطراف هر دو قطبی مغناطیسی (مثلا آهنربا) خاصیتی وجود دارد که سبب کشش اجسام فلزی به سمت خود می شود. این خاصیت را میدان مغناطیسی می نامیم.

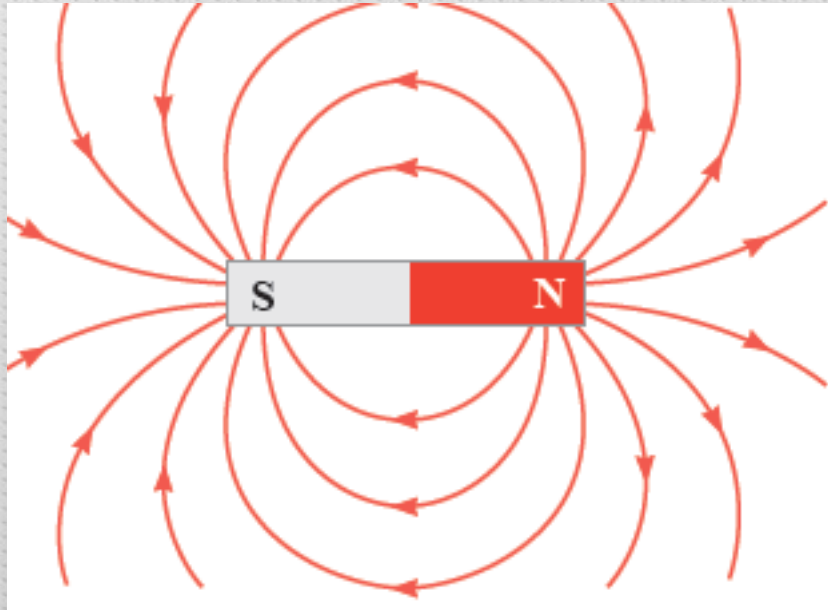
این پدیده نظیر میدان الکتریکی که خاصیت اطراف هر بار بود نیز می باشد.



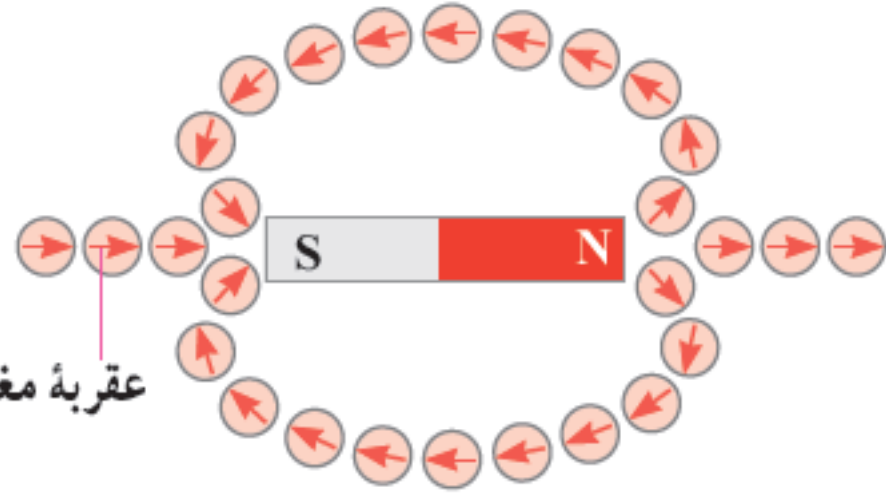
**شکل ۳-۵** در فضای اطراف آهنربا میدان مغناطیسی وجود دارد به طوری که هر جسم آهنی مانند میخ را به سوی خود جذب می کند.

٠٩١٩١٣١٧٣١٣

مر تضي فصیحی

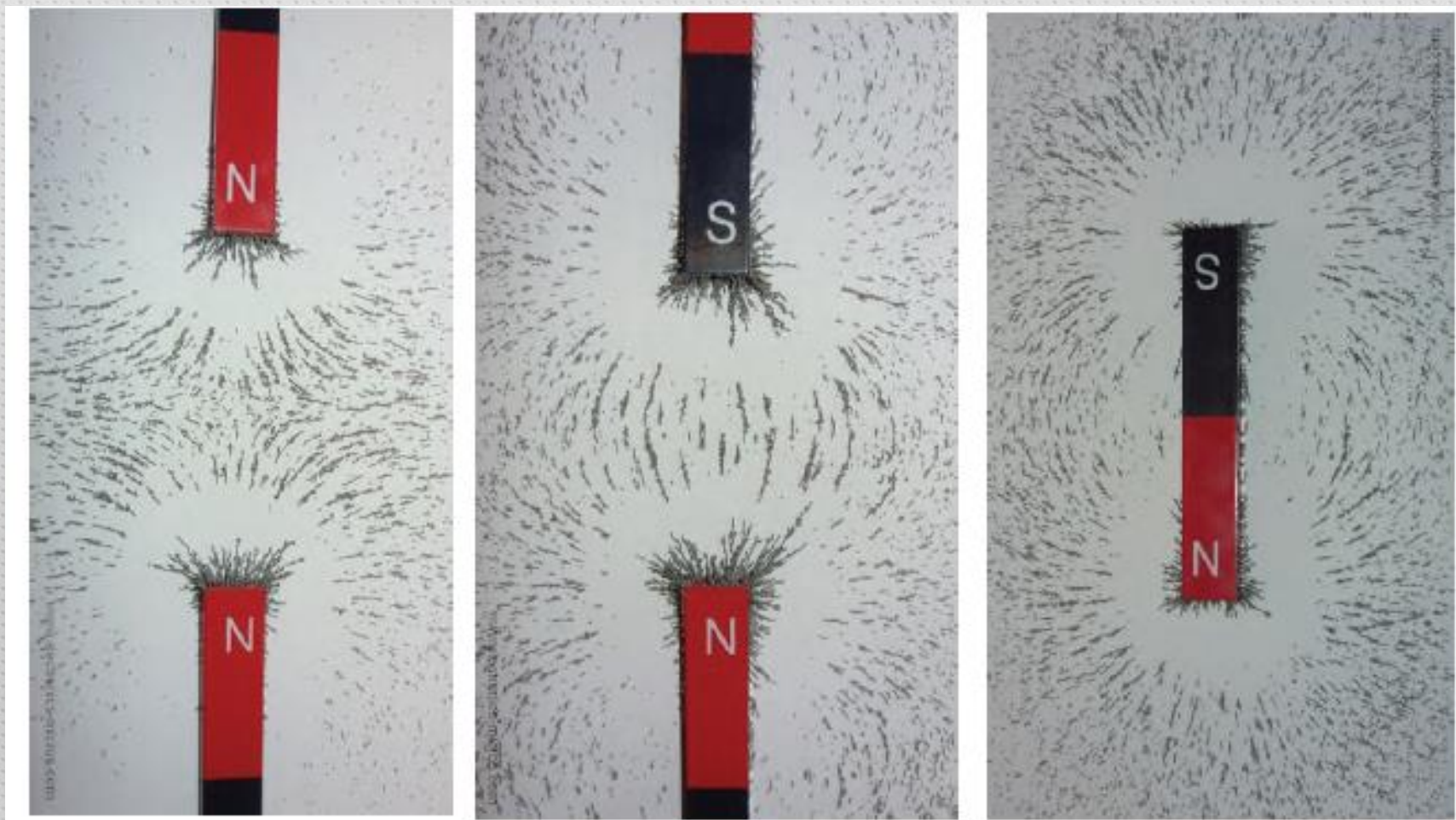


عقربۀ مغناطیسی



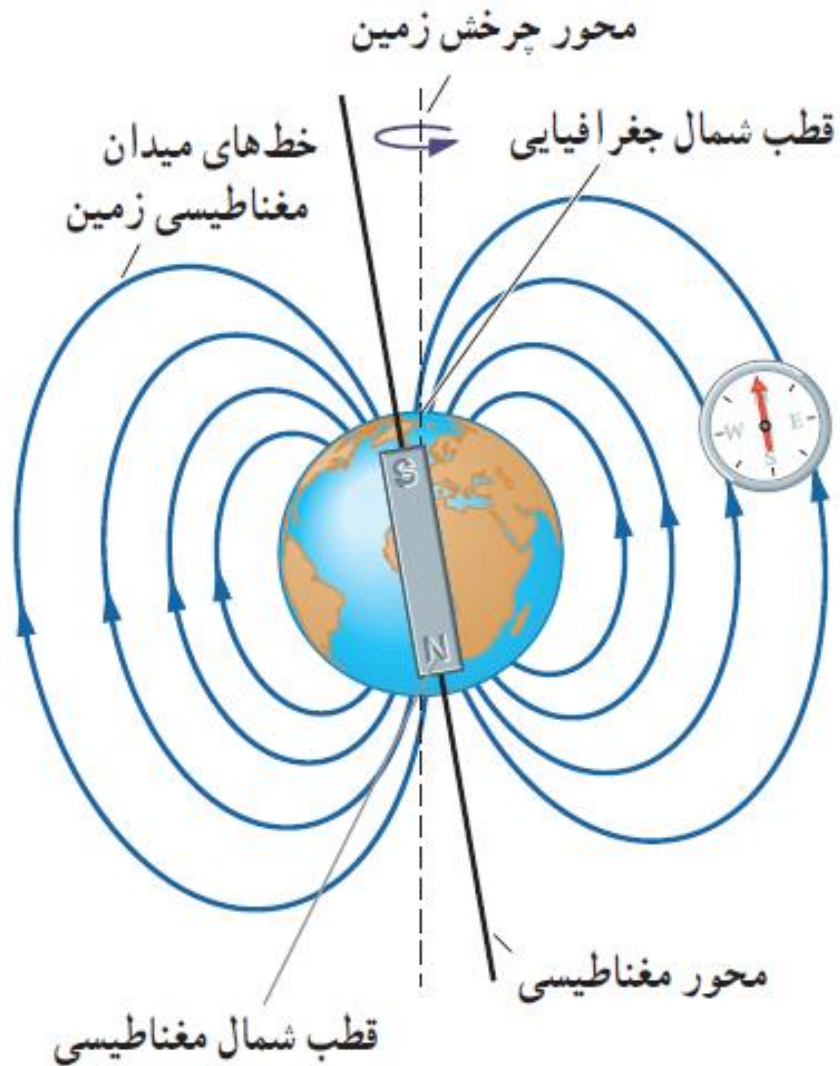
۰۹۱۹۱۳۱۷۳۱۳

مرتضی فصیحی



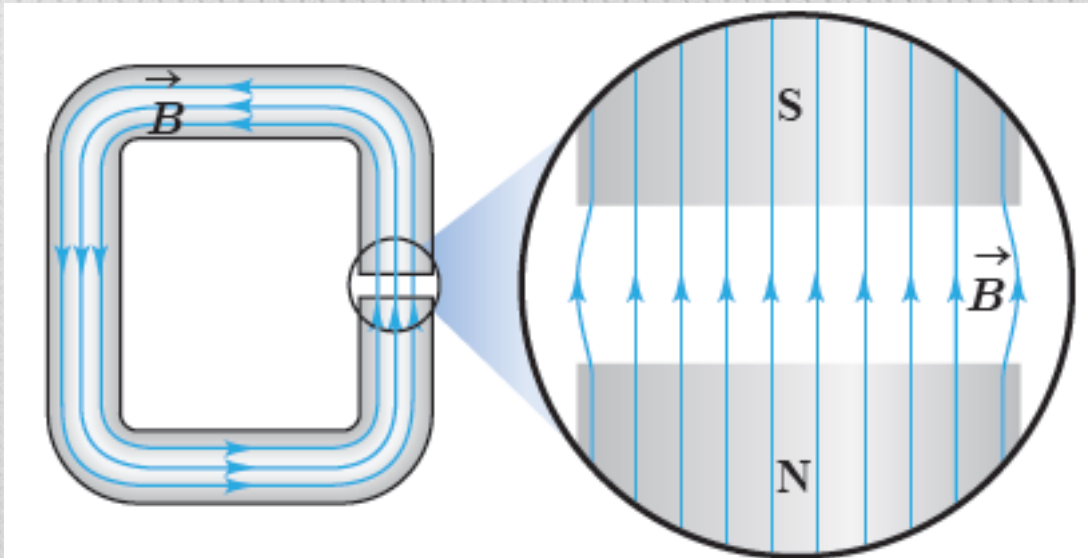
## میدان مغناطیسی زمین:

زمین رفتاری مشابه یک آهنربای عظیم دارد به همین سبب آنرا دارای میدان مغناطیسی در نظر میگیریم. این میدان شامل قطب هایی اند که نسبت به قطب های جغرافیایی تقریبا وارونه اند یعنی قطب شمال جغرافیایی نزدیک به قطب جنوب مغناطیسی است و برعکس.



## میدان مغناطیسی یکنواخت:

هرگاه در هر ناحیه از فضا جهن و اندازه میدان مغناطیسی یکسان باشد، در آن ناحیه میدان مغناطیسی یکنواخت وجود دارد.

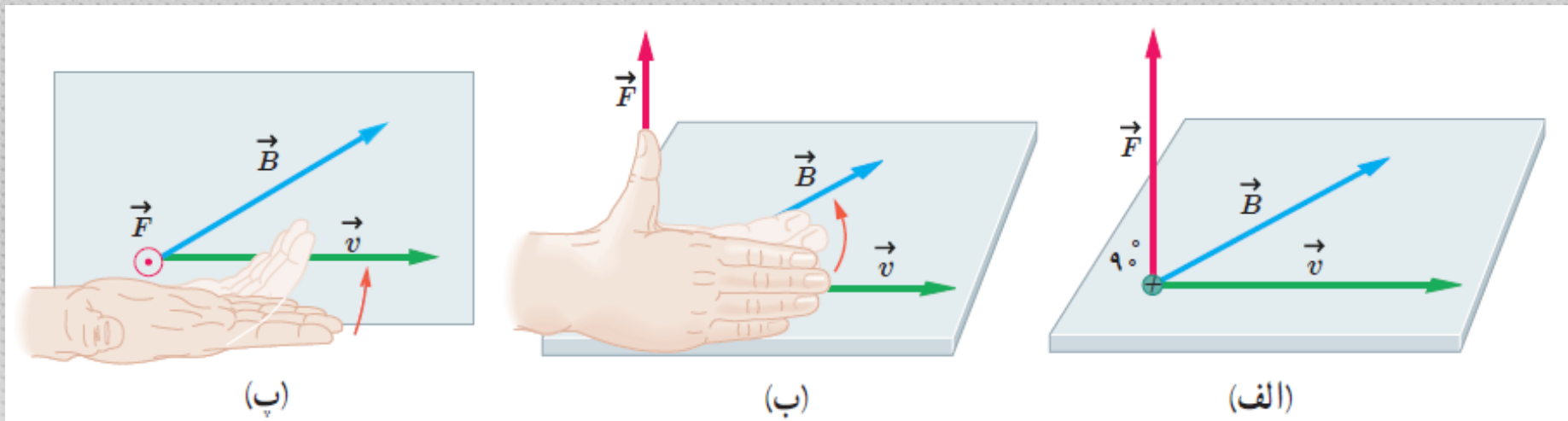


شکل ۳-۸ میدان مغناطیسی در فضای بین قطب‌های یک آهنربای C شکل با تقریب خوبی یکنواخت است.

## قاعده دست راست و نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار:

بر هر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی، نیرویی از طرف میدان وارد می‌گردد که با استفاده از قاعده دست راست جهت آن نیرو بدست می‌آید.

(چهار انگشت در جهت حرکت ذره، چرخش به سمت جهت میدان مغناطیسی، انگشت شست نمایانگر جهت نیروی وارد بر ذره خواهد بود)



اندازه نیروی وارد بر ذره متحرک در میدان مغناطیسی نیز از رابطه زیر بدست می آید:

مهم

$$F = |q|vB\sin\theta$$

در این رابطه  $|q|$ ، بزرگی بار الکتریکی،  $v$  تندی (اندازه سرعت) بار الکتریکی،  $B$  اندازه میدان مغناطیسی و  $\theta$  زاویه بین جهت حرکت بار الکتریکی (بردار  $\vec{v}$ ) با جهت میدان مغناطیسی (بردار  $\vec{B}$ )

نکته!!! هر گاه جهت حرکت ذره موازی با جهت میدان باشد هیچ نیروی مغناطیسی ای به ذره وارد نمی شود. هم چنین هرگاه زاویه ی بین حرکت و میدان مغناطیسی عمود باشد بیشینه نیروی مغناطیسی به ذره اعمال می گردد. (دقت کنید به سینوس زاویه  $\theta$  و سینوس زاویه  $90^\circ$ )

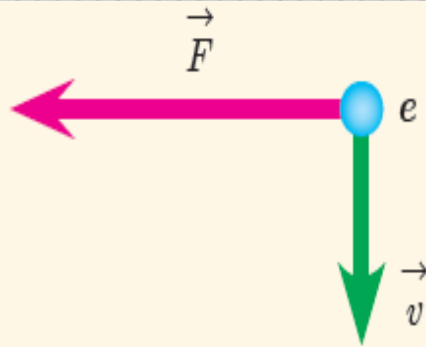
نکته!!! یکای میدان الکتریکی به افتخار تسلا به این نام شناخته می شود و دیمانسیون آن از رابطه زیر بدست می آید.

$$\text{یکای SI میدان مغناطیسی} = \frac{\text{N}}{\text{C.m/s}} = \frac{\text{N}}{\text{A.m}}$$

$$1\text{T} = 1 \frac{\text{N}}{\text{C.m/s}} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A.m}}$$

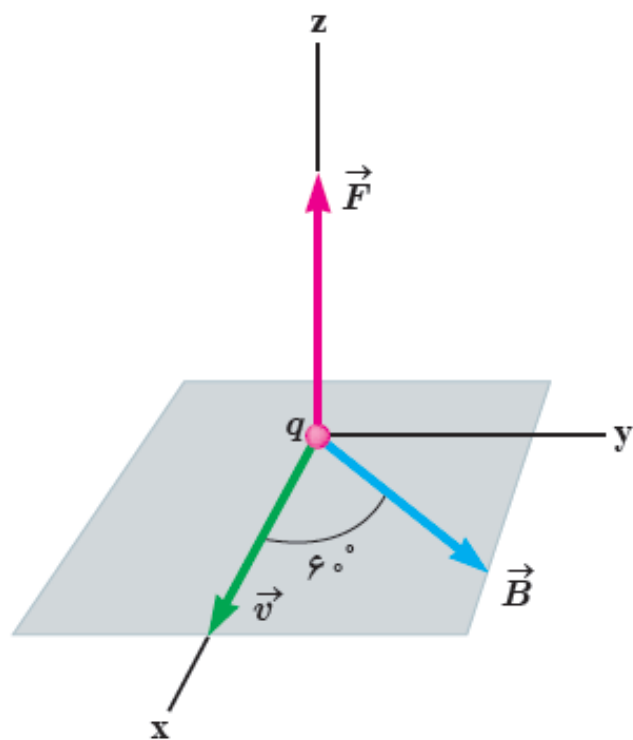
نکته!!! از آنجا که تسلا کمیت بزرگی است ، گاهی از جایگزین کوچکتر آن یعنی گاوس برای اندازه میدان مغناطیسی استفاده میکنیم به طوری که:

$$1\text{T} = 10^4\text{G}$$



الکترونی عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی در حرکت است. با توجه به شکل، جهت میدان  $\vec{B}$  کدام است؟

- بالا     
  راست     
  درون سو     
  برون سو



ذره‌ای با بار  $q = +4.0 \text{ nC}$  و با تندی  $v = 2.0 \text{ m/s}$  در جهتی حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی یکنواخت  $B = 12.0 \text{ G}$  زاویه  $\theta = 60^\circ$  می‌سازد (شکل روبه‌رو). اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر این ذره را حساب کنید.

**پاسخ:** با توجه به فرض‌های مسئله داریم:

$$|q| = +4.0 \times 10^{-9} \text{ C}, \quad v = 2.0 \text{ m/s},$$

$$B = 12.0 \times 10^{-4} \text{ T} \quad \text{و} \quad \theta = 60^\circ$$

با قرار دادن داده‌های بالا در رابطه ۳-۱ داریم:

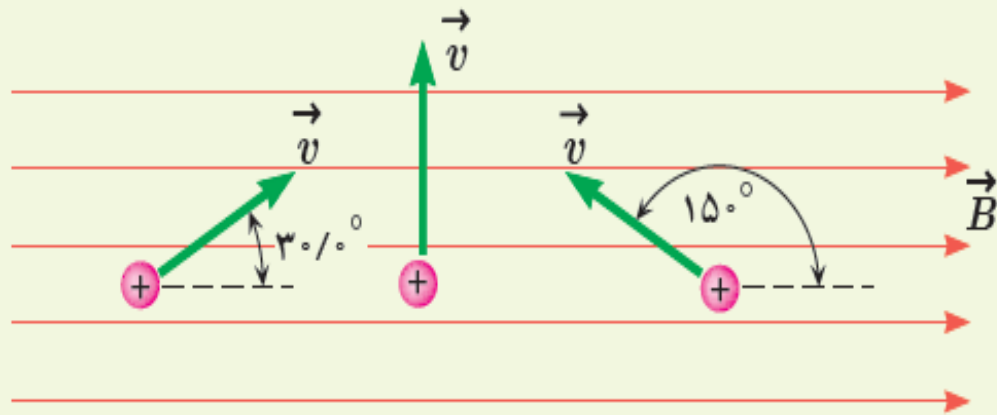
$$F = |q| v B \sin \theta$$

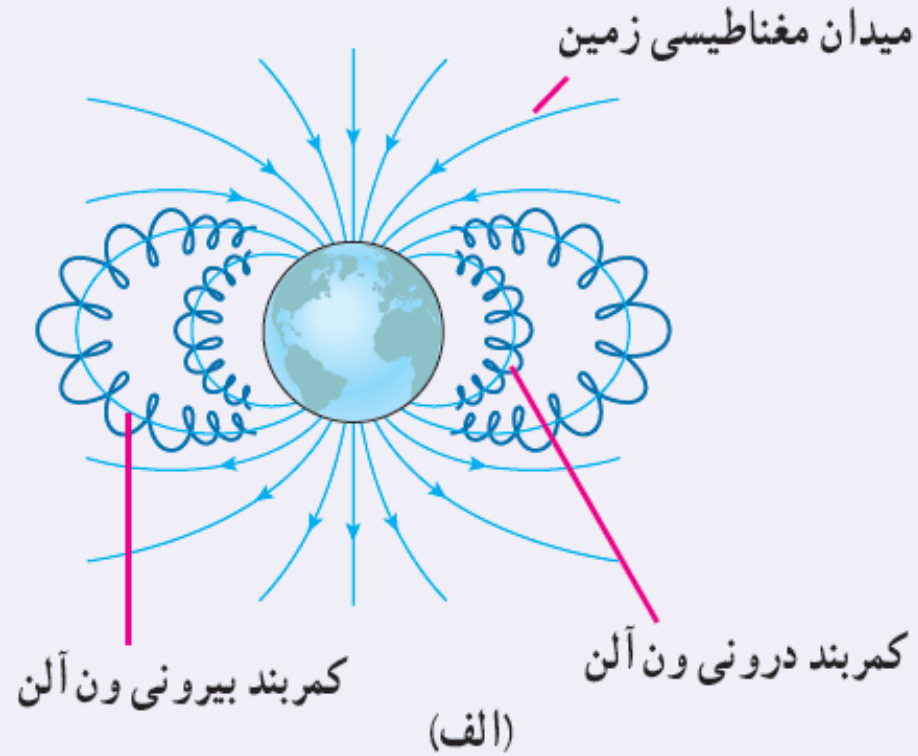
$$= (4.0 \times 10^{-9} \text{ C})(2.0 \text{ m/s})(12.0 \times 10^{-4} \text{ T}) \sin 60^\circ \approx 8/3 \times 10^{-11} \text{ N}$$

۱- بر پروتونی که با زاویه  $\theta = 3^\circ$  نسبت به میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازه  $B = 32^\circ \text{G}$  در حرکت است نیروی به اندازه  $F = 5/12 \times 10^{-14} \text{N}$  وارد می‌شود. تندی پروتون چند کیلومتر بر ثانیه است؟

۲- سه ذره، هر کدام با بار  $q = 6/15 \mu\text{C}$  و تندی  $v = 46 \text{ m/s}$

در میدان مغناطیسی یکنواختی به اندازه  $B = 0/165 \text{T}$  در حرکت اند (شکل روبه‌رو). اندازه نیروی وارد بر هر ذره را حساب کنید.





در بیرون از جو زمین، ذره‌های باردار بسیاری با تندی‌های بسیار زیادی در حرکت‌اند. این ذره‌های سریع را که معمولاً از جنس پروتون، هسته اتم هلیم (ذره آلفا) و الکترون هستند پرتوهای کیهانی می‌نامند. این پرتوها افزون بر فضاوردان، برای سامانه‌های الکترونیکی واقع در فضا نیز خطرناک‌اند. خوشبختانه بیشتر این پرتوهای باردار توسط میدان مغناطیسی زمین منحرف می‌شوند و مانع از آسیب‌رسانی به موجودات و سامانه‌های روی زمین می‌شود. ذرات بارداری که در میدان مغناطیسی زمین به دام می‌افتند، کمربندهای تابشی ون آلن را تشکیل می‌دهند (شکل الف).



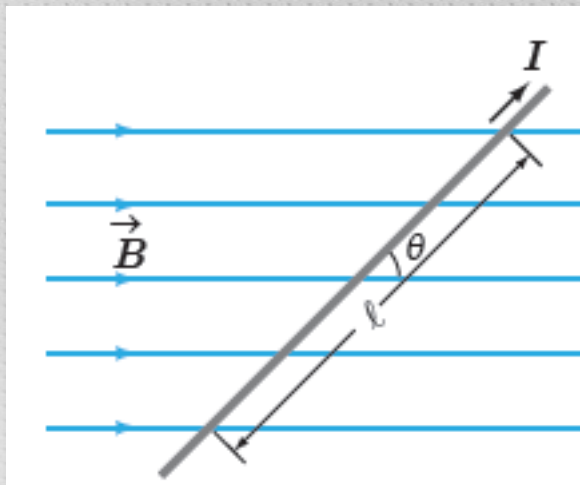
(ب) تصویری خیره‌کننده از شفق قطبی در نیمکره شمالی.  
در نیمکره جنوبی این پدیده شفق جنوبی نامیده می‌شود.

این کمربندها در سال ۱۹۵۸ میلادی و بر اساس داده‌های گردآوری شده توسط ماهواره اکسپلورر I کشف شده و به نام جیمز ون آلن (۱۹۱۴ - ۲۰۰۶) یکی از کاشفان آن، نام‌گذاری شدند. فضاوردان در فاصله‌های ایمن بسیار پایین‌تر از این کمربندهای تابشی دور زمین می‌گردند.

هرگاه توفان‌های خورشیدی، ذره‌های باردار را به صورت فوران‌های عظیمی پرتاب کنند، بسیاری از آنها از نزدیکی زمین می‌گذرند و در کمر بند ون آلن به دام می‌افتند. شفق قطبی (نورهای شمالی) پدیده زیبایی است که بر اثر برخورد ذره‌های باردار موجود در کمر بند ون آلن با مولکول‌های جو زمین به وجود می‌آید (شکل ب).

## نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان:

پیش تر دیدیم که بر هر ذره متحرک باردار در میدان مغناطیسی، نیرو وارد میشود. حال اگر سیم حامل جریان را در نظر بگیریم در واقع تعداد زیادی بار در حال حرکت را در نظر گرفته ایم فلذا باید به سیم حامل جریان نیز در میدان مغناطیسی نیرو وارد گردد. جهت این نیرو طبق قانون دست راست و اندازه آن از رابطه زیر بدست می آید.



$$F = I\ell B \sin\theta$$

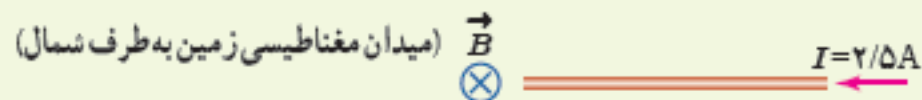
یک سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $400\text{ G}$  در راستایی قرار دارد که با جهت میدان زاویه  $30^\circ$  می‌سازد. اگر جریان عبوری از سیم  $5\text{ A}$  باشد، بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر  $1\text{ m}$  از این سیم را حساب کنید.  
**پاسخ:** با توجه به فرض‌های مسئله داریم:

$$B = 400 \times 10^{-4}\text{ T}, \quad \theta = 30^\circ, \quad I = 5\text{ A} \quad \text{و} \quad \ell = 1\text{ m}$$

با قرار دادن داده‌های بالا در رابطه ۳-۳ داریم:

$$F = I\ell B \sin \theta = (5\text{ A})(1\text{ m})(400 \times 10^{-4}\text{ T}) \sin 30^\circ = 0.1\text{ N}$$

سیم مستقیمی به طول  $2/4\text{ m}$  حامل جریان  $2/5\text{ A}$  از شرق به غرب است. اندازه میدان مغناطیسی زمین در محل این سیم  $45\text{ G}$  و جهت آن از جنوب به شمال است. اندازه و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر این سیم را تعیین کنید.

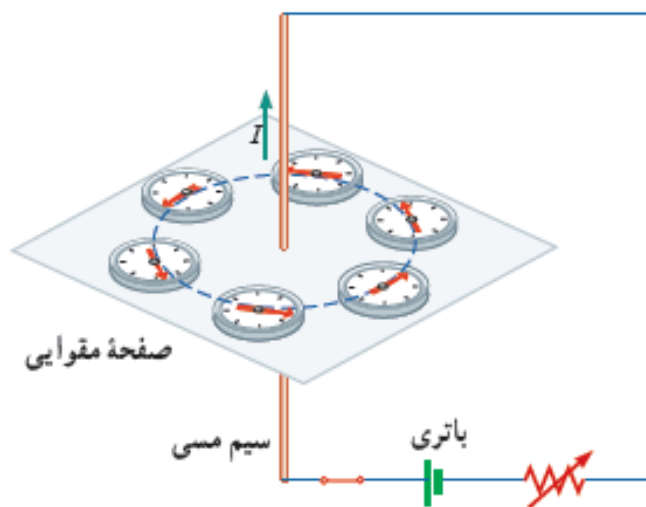


## میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان:

تا اینجای کار میدان مغناطیسی را معادل آهن ربا در نظر می‌گرفتیم و با قرار دادن سیم حامل جریان در میدان مشاهده کردیم که به سیم نیرو وارد میشود. حال در اثر دیگری مشاهده میکنیم که خود سیم حامل جریان میتواند سبب به وجود آمدن میدان مغناطیسی شود (آزمایش اورستد)

## هدف: بررسی آثار مغناطیسی جریان الکتریکی (آزمایش اورستد)

وسایله‌های مورد نیاز: باتری، سیم مسی نسبتاً ضخیم، صفحه مقوایی، عقربه مغناطیسی (قطب‌نما)، رئوستا و سیم رابط  
شرح آزمایش:



- سیم مسی را از صفحه مقوایی بگذرانید و با آن مدارى مطابق شکل روبه‌رو تشکیل دهید.
- قبل از برقراری جریان الکتریکی، عقربه مغناطیسی را در مجاورت سیم، روی مقوا قرار دهید و به راستای قرار گرفتن آن توجه کنید.
- با وصل کردن مدار، جریان الکتریکی را از سیم مسی عبور دهید و به جهت‌گیری عقربه مغناطیسی توجه کنید.
- عقربه مغناطیسی را در نقطه‌های مختلف روی مقوا قرار دهید و جهت آن را بررسی کنید.

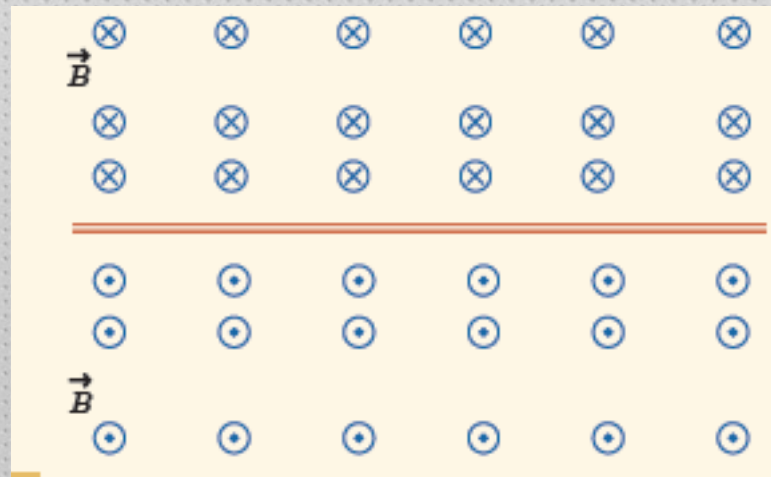
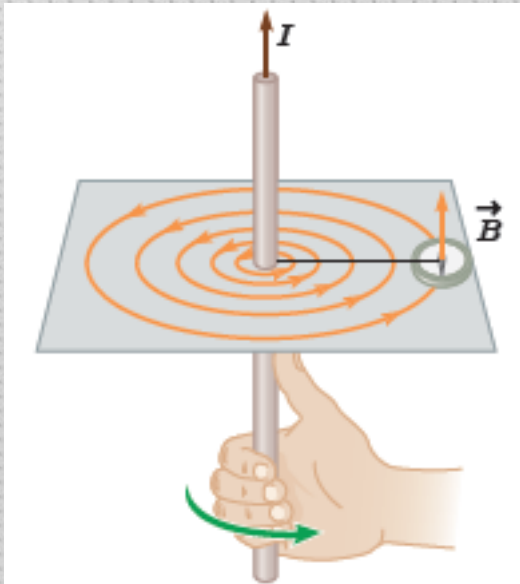
- با توجه به جهت‌گیری عقربه در نقاط مختلف صفحه مقوایی، چند خط میدان مغناطیسی را رسم کنید.
- این آزمایش را بار دیگر با جریانی در جهت مخالف تکرار کنید.

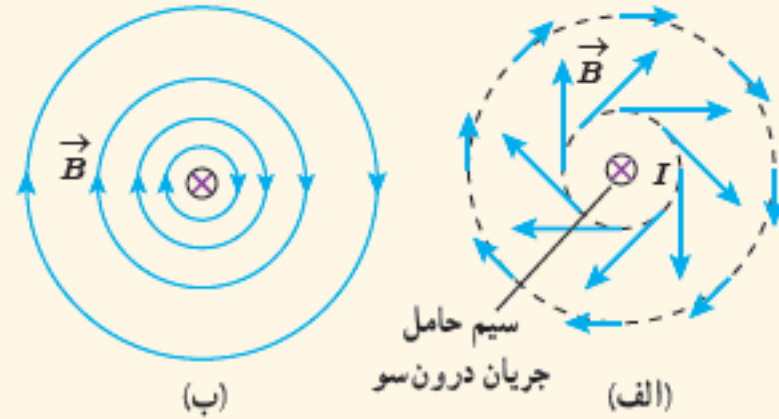
- به کمک چند باتری دیگر یا تغییر مقاومت رئوستا، تحقیق کنید که افزایش یا کاهش جریان چه تأثیری در نتیجه آزمایش دارد؟
- نتیجه این آزمایش را در گروه خود بحث کنید و آن را به کلاس گزارش دهید.

۰۹۱۹۱۳۱۷۳۱۳

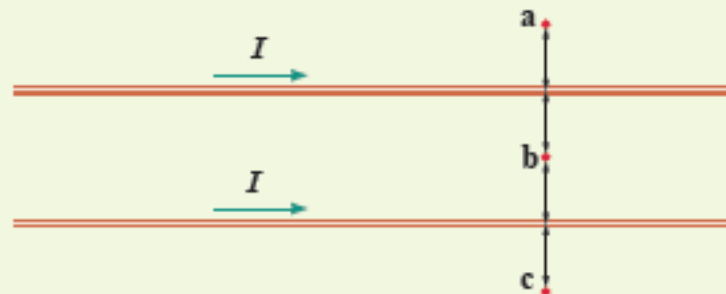
## مرتضی فصیحی

از آزمایش صفحه قبل چنین بر می آید که هر گاه سیم حامل جریانی را در دست راست خود بگیریم به صورتی که شست دست در راستای جهت جریان باشد، چرخش انگشتان دست جهت میدان را نشان خواهد داد.





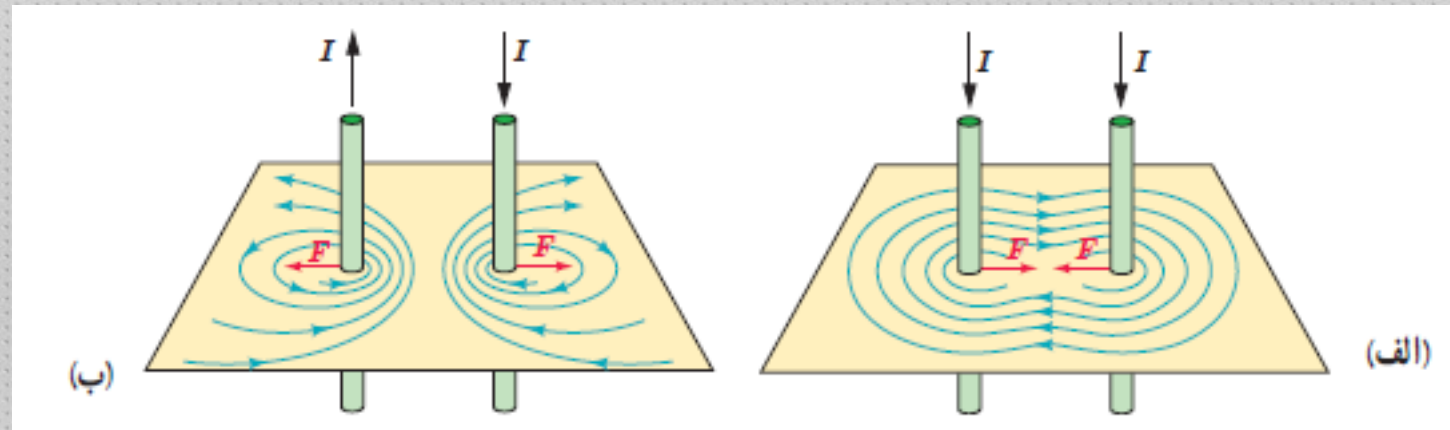
دریافت خود را از شکل‌های الف و ب بیان کنید. در بیان خود، به چگونگی تغییر جهت و اندازه میدان  $\vec{B}$  در اطراف سیم حامل جریان اشاره کنید.



جهت میدان مغناطیسی برابند (خالص) را ناشی از سیم‌های موازی و بلند حامل جریان را در هر یک از نقطه‌های a، b و c پیدا کنید. نقطه b در فاصله مساوی از دو سیم قرار دارد.

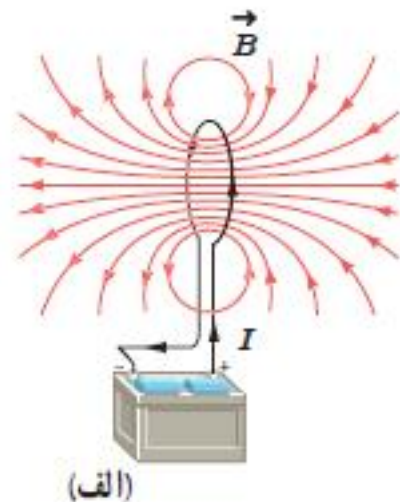
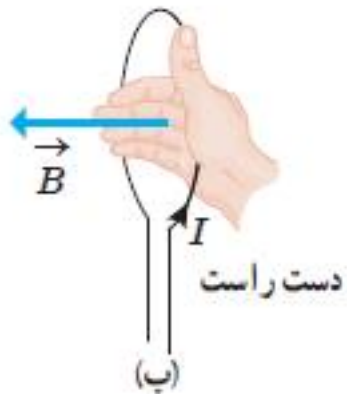
## نیروی بین دو سیم موازی:

از آنجا که هر سیم حامل جریان میدان مغناطیسی ایجاد میکند و از طرفی به هر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی نیرو وارد میشود، پس هر گاه دو سیم موازی یکدیگر باشند میدان مغناطیسی حاصل از هر کدام، بر سیم دیگر نیرو وارد میکند:



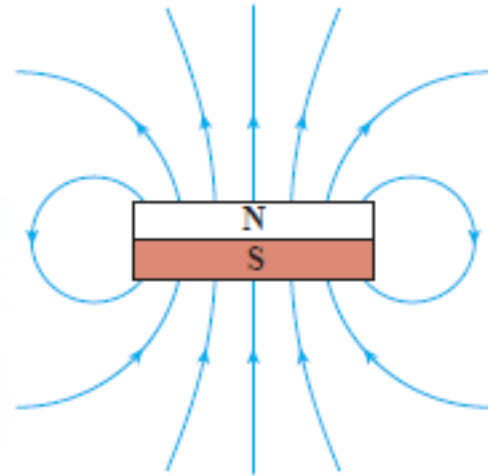
میدان حاصل از حلقه جریان:

اگر یک سیم را به صورت حلقوی در بیاریم باز هم میدان مغناطیسی حاصل از آن همانند قبل در اطراف سیم ایجاد میگردد. این میدان نیز از قاعده دست راست بدست آمده به طوری که جهت آن به دو قسمت درونی حلقه و بیرونی آن تقسیم میشوند که غالباً خلاف جهت یکدیگرند:

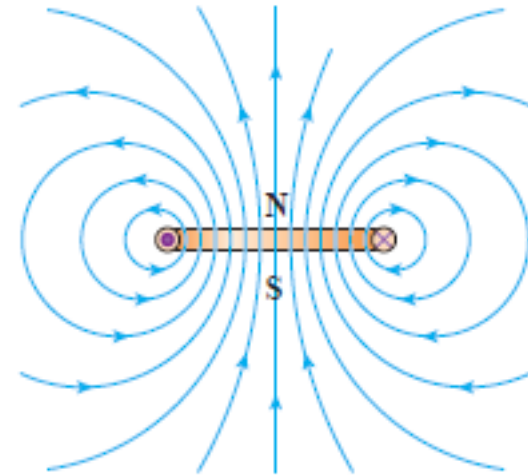




(ب) آهنربای تخت دایره‌ای

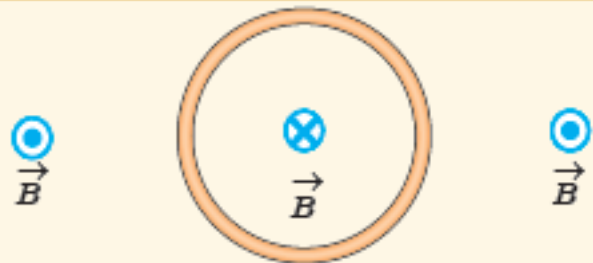


(ب) آهنربای دائم



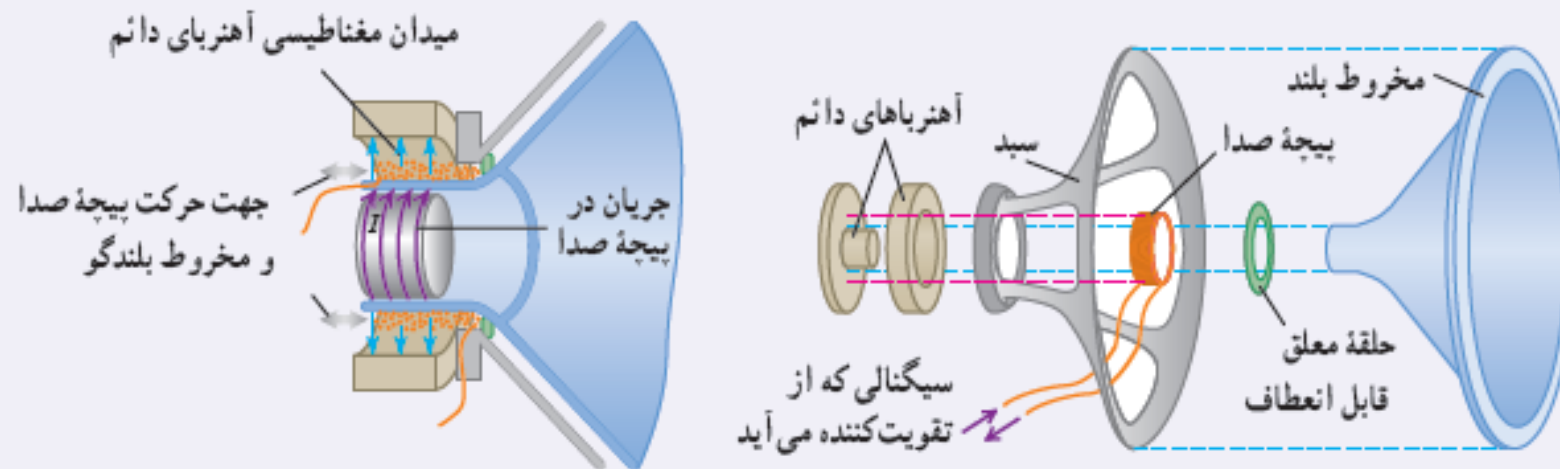
(الف) حلقه حامل جریان

حلقه حامل جریان دو قطب دارد و میدان مغناطیسی آن مانند یک آهنربای دائم تخت دایره‌ای شکل است.



شکل روبه‌رو، یک حلقه حامل جریان را نشان می‌دهد که جهت خط‌های میدان مغناطیسی درون و بیرون آن نشان داده شده است. جهت جریان را در این حلقه تعیین کنید.

یک کاربرد متداول نیروهای مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان در بلندگوها یافت می‌شود (شکل زیر). میدان مغناطیسی که توسط آهنربای دائمی تولید می‌شود نیرویی بر پیچۀ صدا وارد می‌کند که با جریانی که از پیچه می‌گذرد متناسب است؛ جهت این نیرو بسته به جهت جریان، به طرف راست یا به طرف چپ است. جریانی که از تقویت کننده می‌آید هم از نظر جهت و هم از نظر بزرگی نوسان می‌کند. پیچه و مخروط بلندگو که به آن متصل است با دامنه‌ای متناسب با دامنه جریان در پیچه، نوسان می‌کند. با افزایش جریان تقویت کننده، دامنه‌های نوسان و موج صوتی حاصل از حرکت مخروط افزایش می‌یابد.



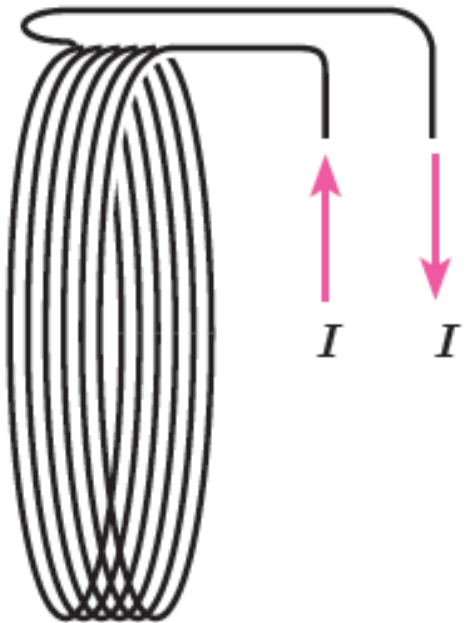
اجزای یک بلندگو. آهنربای دائمی میدان مغناطیسی‌ای تولید می‌کند که نیروهایی بر جریانهایی که از پیچۀ صدا می‌گذرد وارد می‌کند؛ برای جریان  $I$  که در شکل نشان داده شده است نیرو به طرف راست است. اگر جریان الکتریکی در پیچۀ صدا نوسان کند، مخروط بلندگو که متصل به پیچۀ صداست با همان بسامد نوسان می‌کند.

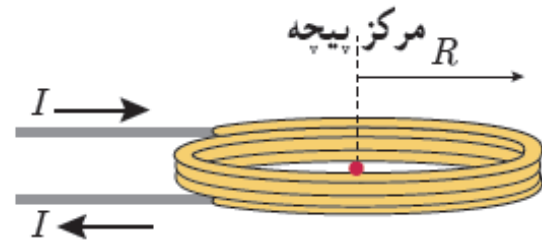
## پیچه:

هرگاه چندین حلقه سیم را کنار هم فرض کنیم عملاً پیچه خواهیم داشت. پیچه کاربردهای بسیاری در زندگی روز مره ما دارد. اندازه میدان مغناطیسی به وجود آمده درون پیچه ای با  $N$  دور حلقه و به شعاع  $R$  از رابطه زیر بدست می آید:

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

که در آن  $\mu_0$  تراوایی مغناطیسی خلاء و برابر  $4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$  است





از پیچه مسطحی به شعاع  $6/28 \text{ cm}$  که از  $2000$  دور سیم نازک درست شده است، جریان  $20 \text{ mA}$  می‌گذرد (شکل روبه‌رو). اندازه میدان مغناطیسی را در مرکز پیچه به دست آورید.

**پاسخ:** با توجه به داده‌های مسئله داریم:

$$R = 6/28 \times 10^{-2} \text{ m}, \quad N = 2000, \quad I = 20 \times 10^{-3} \text{ A}, \quad B = ?$$

با جایگذاری این داده‌ها در رابطه ۳-۵ داریم:

$$B = \mu_0 NI / (2R) = (4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m/A})(2000)(20 \times 10^{-3} \text{ A}) / (2 \times 6/28 \times 10^{-2} \text{ m})$$

اندازه میدان مغناطیسی دور سر انسان حدود  $3 \times 10^{-8} \text{ G}$  اندازه‌گیری شده است. اگرچه جریان‌هایی که این میدان را به وجود می‌آورند بسیار پیچیده‌اند، ولی با در نظر گرفتن این جریان‌ها به صورت تک حلقه‌ای دایره‌ای به قطر  $16 \text{ cm}$  (پهنای یک سر نوعی) می‌توان مرتبه بزرگی میدان مغناطیسی را تخمین زد. جریان لازم برای ایجاد این میدان در مرکز حلقه چقدر است؟

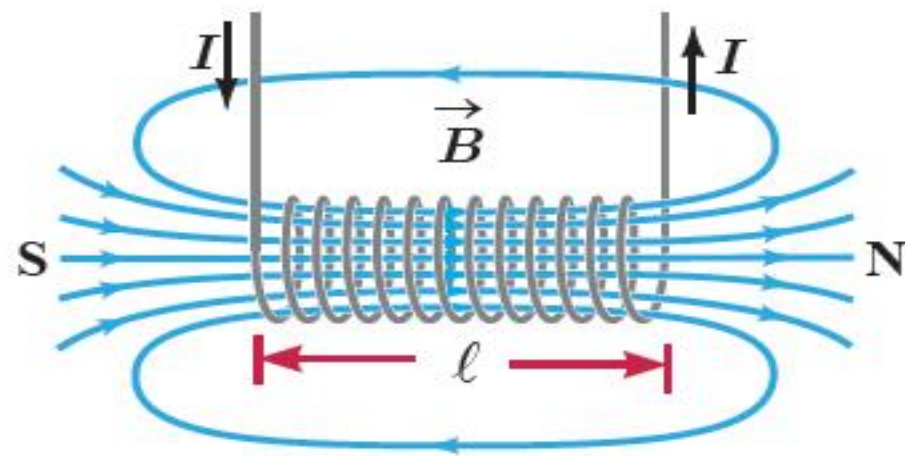
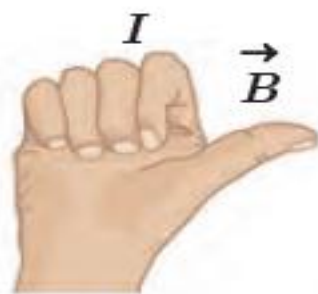
## سیم لوله:

سیم لوله در واقع نوع خاصی از پیچه است. به طوری که هرگاه قطر حلقه ها بسیار کوچکتر از طول کل پیچه باشد سیم لوله خواهیم داشت (خودکاری را تصور کنید که دور آن از ابتدا تا انتها سیم پیچیده باشیم). در واقع سیم لوله، سیم درازی است که به حالت مارپیچ در آمده باشد. در حالتی که این طول به حد کافی بلند باشد (سیم لوله آرمانی) میدان مغاطیسی حاصل از سیم لوله در قسمت داخلی آن تقریباً یکنواخت و قوی و دارای خطوط میدان متراکم و همجهت خواهد بود که از رابطه زیر بدست می آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{l}$$

۰۹۱۹۱۳۱۷۳۱۳

## مرتضی فصیحی



سیملوله‌ای آرمانی به طول  $40\text{ cm}$  چنان طراحی شده است که جریان بیشینه‌ای به شدت  $1/2\text{ A}$  می‌تواند از آن بگذرد. با عبور این جریان از سیملوله، اندازه میدان مغناطیسی درون آن و دور از لبه‌ها  $27\text{ G}$  می‌شود. تعداد دورهای سیملوله چقدر باید باشد؟

سیملوله‌ای آرمانی به طول ۱۵cm دارای ۶۰۰ حلقه سیم نزدیک به هم است. اگر جریان ۸۰۰mA از سیملوله بگذرد، بزرگی میدان مغناطیسی را در نقطه‌ای درون سیملوله و دور از لبه‌های آن پیدا کنید.

**پاسخ:** با توجه به داده‌های مسئله داریم:

$$\ell = 15\text{cm} = 0.15\text{m}, \quad N = 600, \quad I = 800\text{mA} = 800 \times 10^{-3}\text{A}, \quad B = ?$$

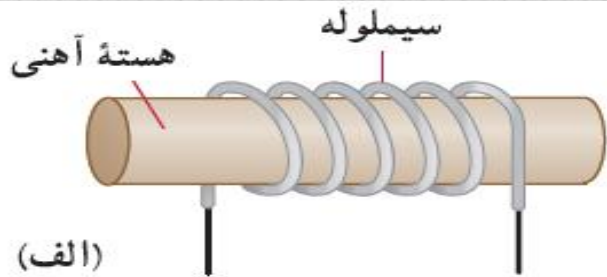
به این ترتیب داریم:

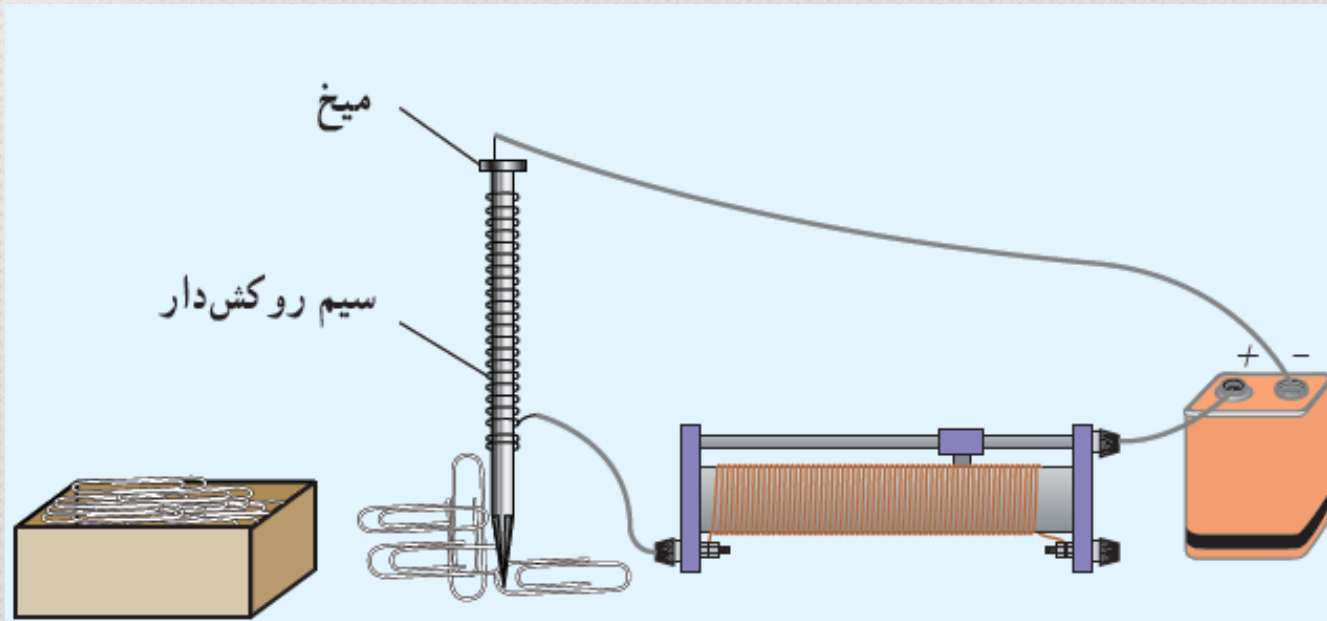
$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} = \frac{(4\pi \times 10^{-7}\text{T.m/A})(600)(800 \times 10^{-3}\text{A})}{0.15\text{m}} \approx 4/0 \times 10^{-3}\text{T} = 40\text{G}$$

## سیم لوله با هسته آهنی (آهنربای الکتریکی):

هرگاه درون یک سیم لوله از آهن استفاده کنیم عملاً سبب افزایش میدان مغناطیسی خواهیم شد. به عبارتی میدان حاصل از سیم لوله سبب می‌گردد آهنی که درون آن قرار گرفته قطبیده شده و به آهن ربا تبدیل شود.

مکانیزم آهن رباهای الکتریکی نیز از همین نکته بهره میبرد به طوری که اغلب آن رباهای الکتریکی متشکل از سیم لوله ای با تعداد دور بالا و جریان مناسب اند که به دور هسته آهنی پیچیده شده اند.





قسمتی از سیم نازک روکش داری را دور میخ آهنی نسبتاً بلندی بپیچید و مداری مطابق شکل تشکیل دهید. با تغییر مقاومت رئوستا، جریان عبوری از مدار را تغییر دهید.

الف) بررسی کنید برای جریان‌های متفاوت، آهنربای الکتریکی چه تعداد گیره فلزی را می‌تواند بلند کند. ب) اگر تعداد دورهای سیم دو برابر شود، نتیجه کار چه تفاوتی خواهد داشت؟

## خواص مغناطیسی مواد:

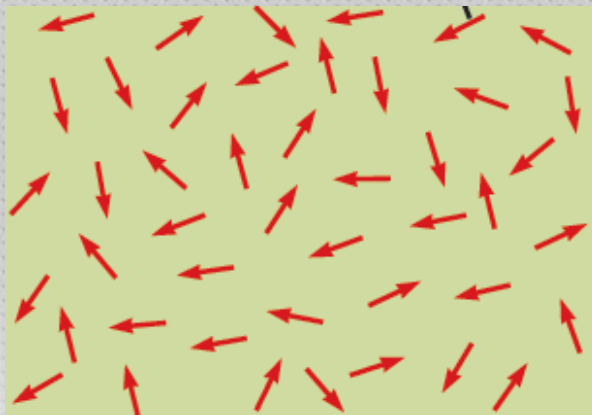
رفتار مغناطیسی هر ماده براساس ساختار اتمی آن ممکن است متفاوت باشد. به طوری که برای موادی که خاصیت مغناطیسی در آنها دیده میشود، هر مولکول یا اتم را میتوان یک دوقطبی مغناطیسی بسیار کوچک در نظر گرفت که با فلش کوچکی نشان میدهیم (مثال cd را که در کلاس گفته شد به یاد بیاورید).

حال بر اساس این رفتار مواد در میدان مغناطیسی، آنها را به ۳ دسته تقسیم میکنیم:

پارامغناطیس (موقت) - دیامغناطیس (خنثی و گاهی خلاف جهت) - فرومغناطیس (قوی و گاهی دائمی)

## مواد پارامغناطیس:

اتم های این دسته از مواد خاصیت مغناطیسی دارند، اما جهتگیری ذاتی این دو قطبی ها به طور کاتوره ای است. با قرار دادن آنها در میدان خارجی می توان برای مدتی تعدادی از این دو قطبی ها را همسو کرد ولی با حذف میدان خارجی مجدداً به حالت کاتوره ای خود برمیگردند. به عبارتی این مواد در میدان خارجی خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقتی پیدا میکنند. اورانیوم، پلاتین، اکسیژن، اکسید نیتروژن، آلومینیوم و سدیم نمونه ای از این موادند.



۰۹۱۹۱۳۱۷۳۱۳

## مرتضی فصیحی



یک لوله آزمایش را تا نزدیکی لبه آن از الکل طبی (اتانول ۹۶ درجه) پر کنید. در لوله را ببندید و آن را به طور افقی قرار دهید. مطابق شکل، یک آهنربای نئودیمیم را بالای حباب هوای درون لوله بگیرید و به آرامی آهنربا را حرکت دهید. دلیل آنچه را مشاهده می کنید در گروه خود به گفت و گو بگذارید.

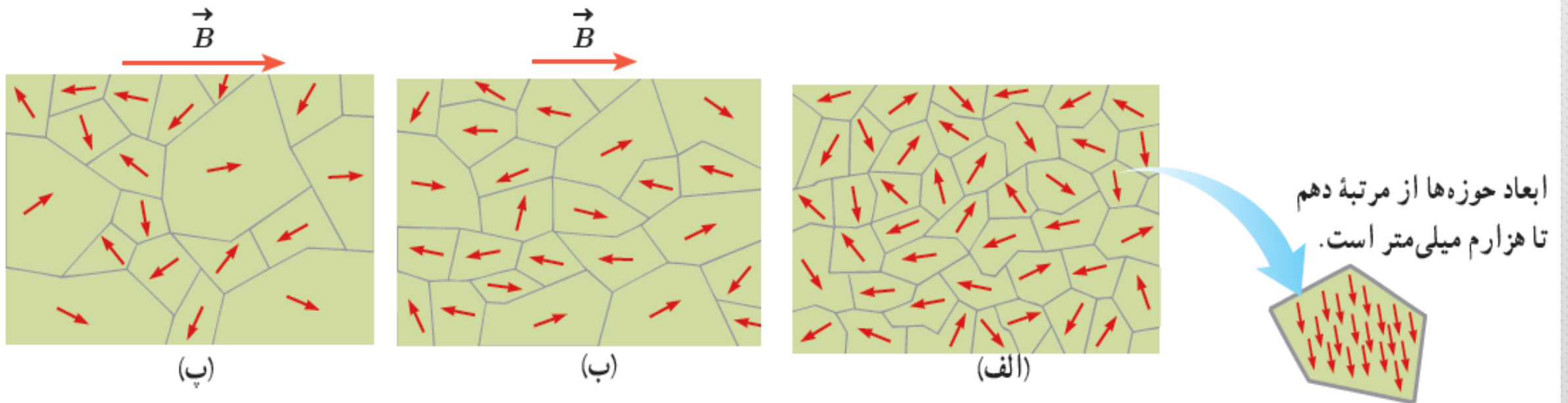
## مواد دیامغناطیس:

برخی از مواد مانند مس، سرب، نقره و بیسموت ذاتا فاقد خاصیت مغناطیسی و دوقطبی های درونی هستند. این مواد غالبا در برابر میدان مغناطیسی ضعیف رفتاری از خود نشان نمیدهند، با این حال اگر درون میدان قوی قرار بگیرند دوقطبی هایی درون آنها القا میشود که سعی دارد خلاف جهت میدان بیرونی جهت گیری کند.

## مواد فرومغناطیس:

برخی از عناصر مانند آهن و نیکل و کبالت ذاتا دارای دو قطبی های مغناطیسی اند. این مواد دارای برهکنش های قوی بین دو قطبی های درونی خود هستند به طوری که اغلب آنها به راحتی آهن ربا و همسو میشوند. به بخش هایی از این جهت گیری های درونی که در حدود ۱۰ به توان ۱۹ اتم را در خود جا میدهند حوزه های مغناطیسی میگویند که غالبا همسو با هم جهت گیری میکنند. این حوزه ها در کل جهت گیری کاتوره ای دارند و جسم را غیر آهنربا نگه میدارند اما با قرار دادن آن در میدان مغناطیسی میتوان این حوزه ها را همسو با میدان کرد و رفته رفته خاصیت آهنربایی به جسم داد.

هرچه میدان خارجی بزرگتر باشد حوزه های بیشتری همسو با آن جهت میگیرند فلذا جسم تبدیل به آهنربای قوی تری خواهد شد. به شکل زیر دقت کنید:



ابعاد حوزه ها از مرتبه دهم تا هزارم میلی متر است.

**شکل ۳-۳۳** (الف) ماده فرومغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی خارجی. (ب) ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی ضعیف. (پ) ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی.

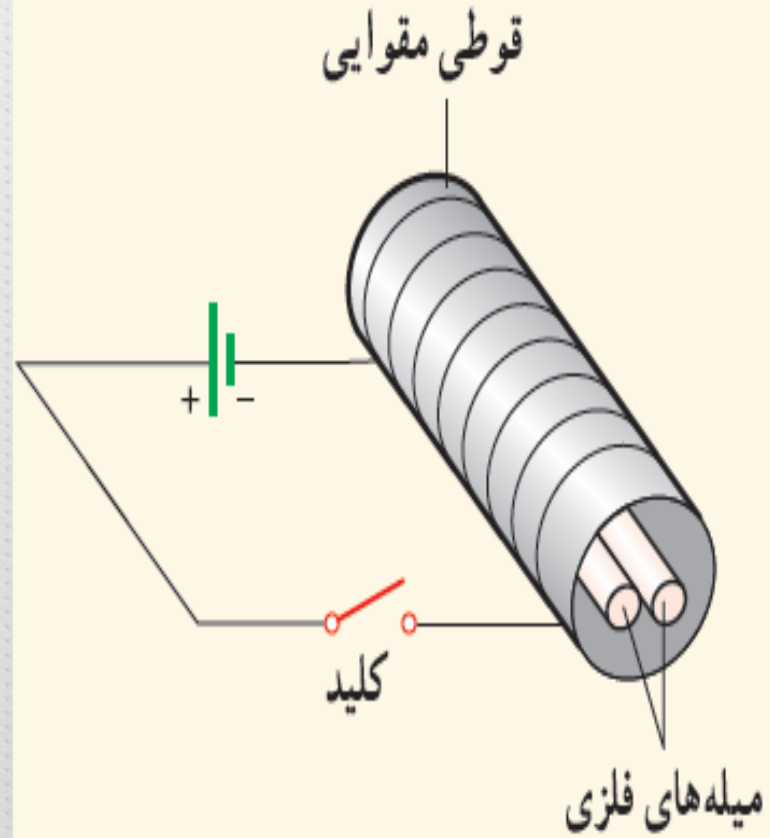
## فرومغناطیس نرم:

حوزه های مغناطیسی برخی از فرومغناطیس ها در حضور میدان خارجی کوچک نیز به راحتی جهت گیری کرده و با برداشتن میدان خارجی، مجدداً به حالت کاتوره ای خود برمگردند. این مواد برای ساخت آهنرباهای موقت و الکتریکی و هسته و کوئل سیم لوله ها مناسب اند.

## فرومغناطیس سخت:

در مقابل حالت قبل، برخی از مواد مانند فولاد و آهن و آلیاژهای کبالت، فقط برای همسو شدن حوزه‌هایشان نیاز به میدان قوی دارند و به عبارتی به سختی میتوان حوزه‌ها را همسو کرد. از طرفی پس از همسو شدن حوزه‌ها، حتی با وجود برداشتن میدان خارجی، این مواد جهتگیری به وجود آمده را تا مدت‌ها حفظ میکنند فلذا عناصر بسیار مناسبی برای ساخت آهن‌راه‌های دائمی به شمار می‌آیند.

هرگاه تعداد حوزه‌هایی که همسو با میدان خارجی شده‌اند به بیشترین حد خود برسد، جسم در حالت اشباع مغناطیسی قرار می‌گیرد. برای این حالت نیاز به میدان خارجی قوی‌ای خواهد بود.



دو میله فلزی بلند مطابق شکل روبه‌رو درون سیملوله‌ای که دور یک قوطی مقوایی پیچیده شده است قرار دارند. با بستن کلید و عبور جریان از این سیملوله، مشاهده می‌شود که دو میله از یکدیگر دور می‌شوند. وقتی کلید باز و جریان در مدار قطع می‌شود، میله‌ها به محل اولیه باز می‌گردند.

الف) چرا با عبور جریان از پیچه، میله‌ها از یکدیگر دور می‌شوند؟

ب) با دلیل توضیح دهید میله‌های فلزی از نظر مغناطیسی در کدام دسته قرار می‌گیرند.