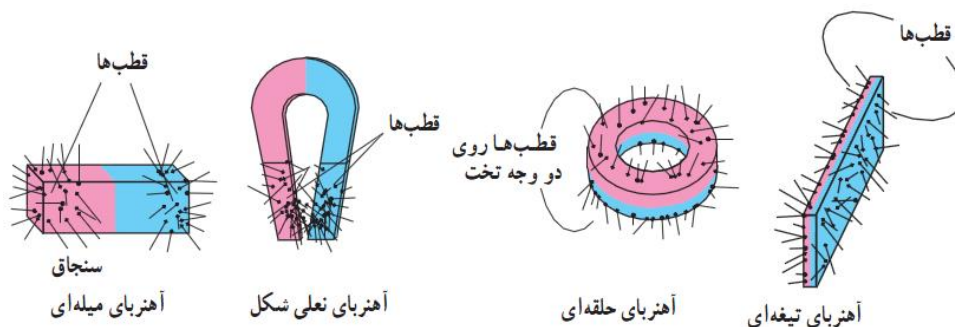


### مغناطیس

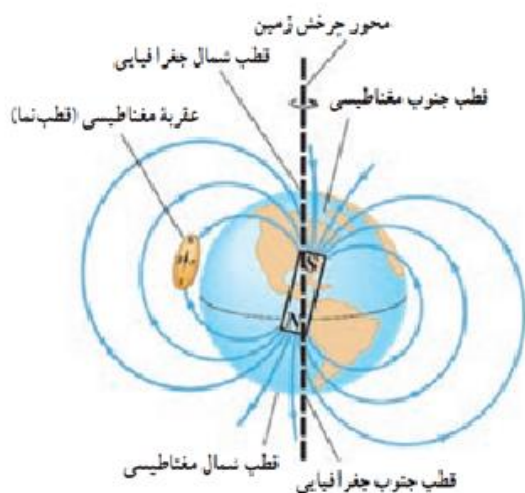
**آهنربا:** ماده معدنی به نام مگنتیت ( $Fe_3O_4$ ) می باشد که آهن را جذب می کند و نزدیک ۳ هزار سال از کشف آن می گذرد.

**قطب های آهنربا:** در هر آهنربا دو ناحیه وجود دارد که خاصیت آهنربایی در آنها بیش از قسمتهای دیگر است .



**قطب های مغناطیسی زمین:** زمین مانند یک آهنربای بزرگ است که قطبهای مغناطیسی آن تقریباً در نزدیکی قطبهای جغرافیایی قرار دارد، با این تفاوت که قطب S آن نزدیک قطب شمال جغرافیایی و قطب N آن نزدیک قطب جنوب جغرافیایی زمین است . قطب جنوب مغناطیسی حدود ۱۸۰۰ کیلومتر با قطب شمال جغرافیایی فاصله دارد .

**میل مغناطیسی:** عقربه مغناطیسی در جهت شمال واقعی قرار نمی گیرد و تا حدودی از آن انحراف دارد و این انحراف وابسته به مکان است که به آن میل مغناطیسی می گویند .



طرح ساده ای از میدان مغناطیسی زمین . عقربه مغناطیسی در هر نقطه در امتداد این خطهای میدان قرار می گیرد . نشان دادن خطهای میدان مغناطیسی زمین به صورت خطهای میدان یک آهنربای میله ای، تنها یک توجه ساده از ساختار پیچیده و ناساخته عوامل ایجاد میدان مغناطیسی زمین است . شواهد زمین شناختی نشان می دهند که جهت این میدان در بازه های زمانی نامنظم از ۱۰<sup>۶</sup> تا ۱۰<sup>۸</sup> سال به طور کامل وارون می شود .

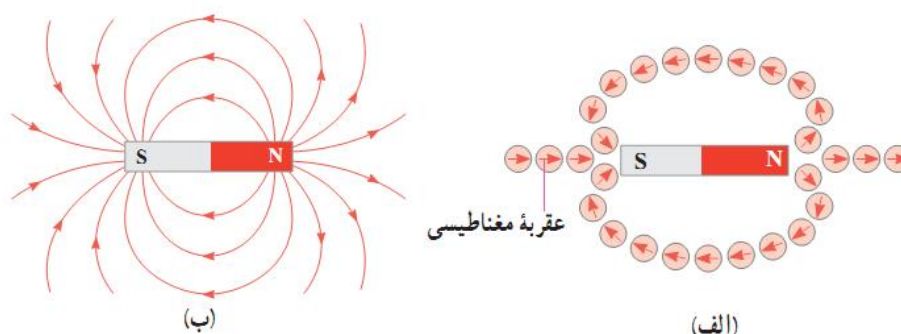
**القای خاصیت مغناطیسی:** هنگامی که یک قطعه آهنی را به آهنربا نزدیک می کنیم ، آهنربا قطب مخالف خود را در قطعه القاء می کند تا آنرا برباید این پدیده را القای خاصیت مغناطیسی می گویند و همواره به صورتی است که قطعه یادشده را جذب کند ، یعنی هیچ گاه قطب همانم خود را القاء نمی کند تا نیروی دافعه بوجود آورد .



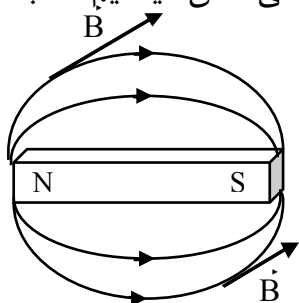
در فضای اطراف آهنربا میدان مغناطیسی وجود دارد به طوری که هر جسم آهنی مانند میخ را به سوی خود جذب می‌کند.

**میدان مغناطیسی:** خاصیتی را که در اطراف آهنربا ایجاد می‌شود به موجب آن به عقربه مغناطیسی و قطعه آهنی نیرو وارد می‌شود، میدان مغناطیسی می‌گویند، که یک کمیت برداری است که با نماد  $B$  نشان می‌دهند.

**جهت میدان مغناطیسی:** میدان مغناطیسی در خارج آهنربا از  $N$  به  $S$  و در داخل آهنربا از  $S$  به  $N$  است.



**خط های میدان مغناطیسی:** میدان مغناطیسی را در اطراف یک آهنربا با خطهایی فرضی نشان می‌دهیم که به آنها خطهای میدان مغناطیسی می‌گویند.



### ویژگی های خطوط میدان مغناطیسی:

- ۱ - خطوط میدان در هر نقطه، هم جهت با میدان مغناطیسی در آن نقطه است.
- ۲ - بردار میدان مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خطوط میدان در آن نقطه می‌باشد.  $B$
- ۳ - در هر نقطه که میدان قوی تر است خطوط میدان به یکدیگر نزدیکتر و متراکم تر هستند.
- ۴ - در هر نقطه از فضا فقط یک میدان مغناطیسی وجود دارد، که همان میدان مغناطیسی برآیند می‌باشد، یعنی خطوط میدان همدیگر را قطع نمی‌کنند.

**شیب مغناطیسی:** وقتی یک سوزن مغناطیسی شده یا یک عقربه مغناطیسی را از وسط آویزان کنیم در بیشتر نقاط زمین، بطور افقی قرار نمی‌گیرد و امتداد آن با سطح زمین زاویه می‌سازد. به این زاویه شیب مغناطیسی می‌گویند.

**میدان مغناطیسی یکنواخت:** اگر خطوط میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا با یکدیگر موازی و هم فاصله باشند، و بردار میدان مغناطیسی در همه نقاط بزرگی و جهت ثابتی داشته باشد، میدان مغناطیسی در آن ناحیه یکنواخت است.

**نیروی وارد بر ذره باردار الکتریکی متحرک در میدان مغانطیسی:** تجربه نشان می‌دهد وقتی ذره بارداری در میدان مغانطیسی به گونه‌ای حرکت می‌کند که خطوط میدان مغانطیسی را قطع می‌کند از طرف میدان به آن نیرویی وارد می‌شود، که ذره باردار را منحرف می‌کند و به این نیرو **نیروی الکترومغانطیسی** می‌گویند.

$$F = qVB\sin\theta$$

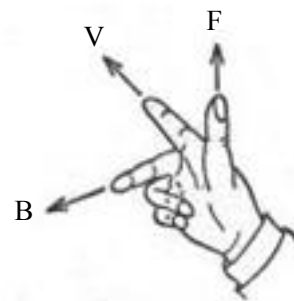
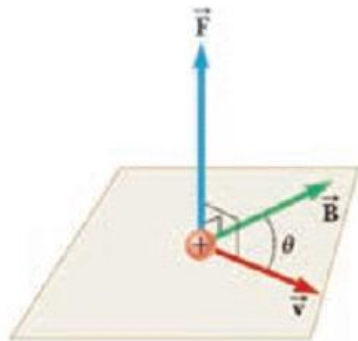
**عوامل موثر بر نیروی الکترومغانطیسی وارد بر ذره باردار:**

- ۱ - بار الکتریکی ( $q$ ): هر چه بار بزرگتر باشد نیروی الکترومغانطیسی وارد بر آن بزرگتر است.  $F \propto q$
- ۲ - سرعت ذره باردار ( $V$ ): هر چه سرعت حرکت بار بیشتر باشد نیروی الکترومغانطیسی وارد بر آن بزرگتر است.  $F \propto V$
- ۳ - میدان مغانطیسی ( $B$ ): هر چه میدان مغانطیسی قویتر باشد نیروی الکترومغانطیسی وارد بر ذره بزرگتر است.  $F \propto B$
- ۴ -  $\sin\theta$ : نیروی الکترومغانطیسی وارد بر ذره باردار متناسب با  $\sin\theta$  زاویه بین  $V$  و  $B$  می‌باشد.

📌: در SI واحد نیرو نیوتن ( $N$ )، واحد بار الکتریکی کولن ( $q$ )، واحد سرعت ( $m/s$ ) و واحد میدان مغانطیسی تسلا ( $T$ ) است. (واحد میدان مغانطیسی  $B$  در قسمت بعدی معرفی می‌شود).

**قاعده دست راست برای تعیین جهت نیروی الکترومغانطیسی وارد بر ذره باردار متحرک:**

سه بردار  $F$  و  $V$  و  $B$  یک دستگاه متعامد راستگرد را تشکیل می‌دهند که  $V$  در جهت محور  $x$  و بردار  $B$  در جهت  $y$  و بردار  $F$  در جهت  $z$  می‌باشد. با استفاده از دست راست می‌توانیم انگشت شست را  $F$  و انگشت نشانه را  $V$  و انگشت وسط را  $B$  در نظر بگیریم.

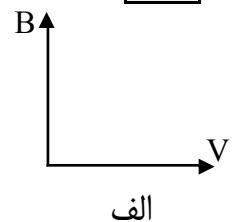
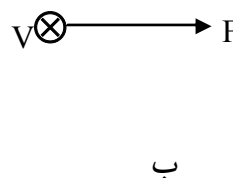
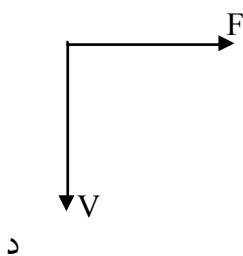


**قرارداد:** درنمایش دو بعدی سه بردار فوق از نماد  $\otimes$  برای بردار درونسوی عمود بر صفحه و از نماد  $\odot$  برای بردار برونسوی عمود بر صفحه استفاده می‌کنیم.

بردار مجهول را نشان دهید: (بار مثبت)

تالیفی

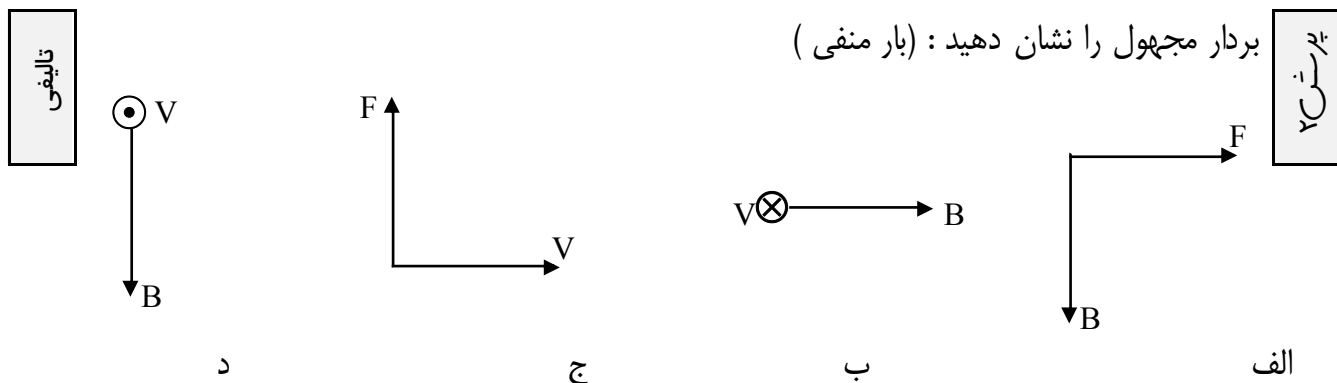
۳۰



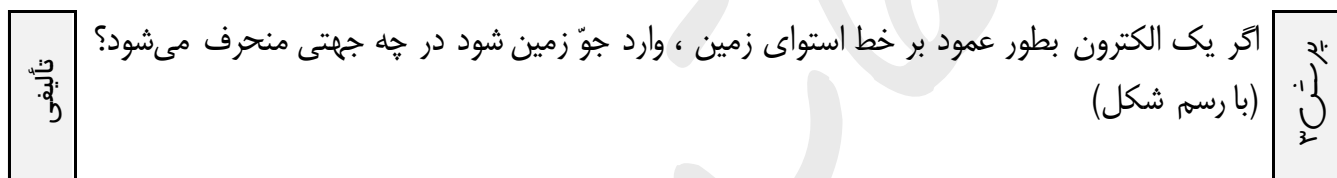
🔔: اگر بار متحرک منفی باشد دوراه داریم :

- ۱- یا همان قاعده دست راست را برای دست چپ استفاده کنیم .
- ۲- از قاعده دست راست استفاده کنیم ولی نتیجه را ۱۸۰ درجه تغییر دهیم .

بردار مجهول را نشان دهید : (بار منفی)



اگر یک الکترون بطور عمود بر خط استوای زمین ، وارد جو زمین شود در چه جهتی منحرف می شود؟ (با رسم شکل)



### نیروی وارد سیم حامل جریان متحرک در میدان مغناطیسی :

تجربه نشان می دهد وقتی سیم حامل جریان در معرض میدان مغناطیسی قرار می گیرد و خطوط میدان را قطع می کند به آن نیروی الکترومغناطیسی وارد می شود ، در اصل می توان گفت نیروی وارد بر تک تک ذرات به سیم حامل آن ذرات منتقل می شود .

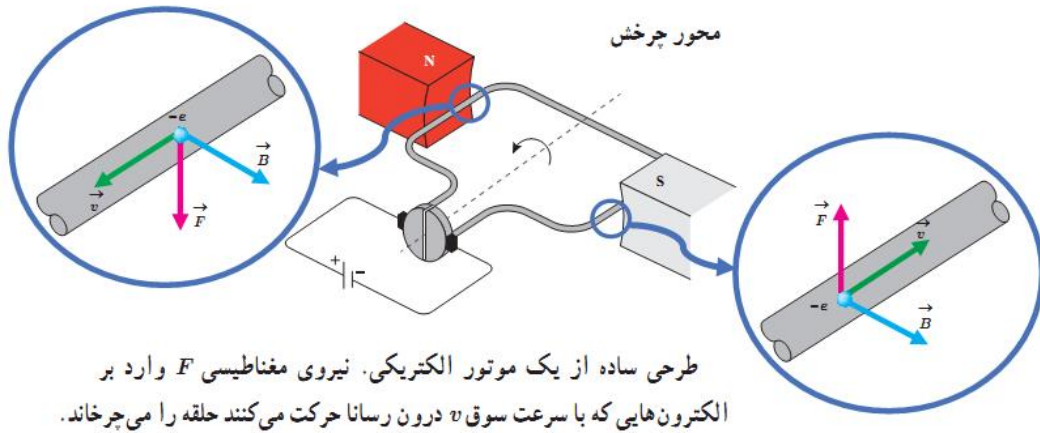
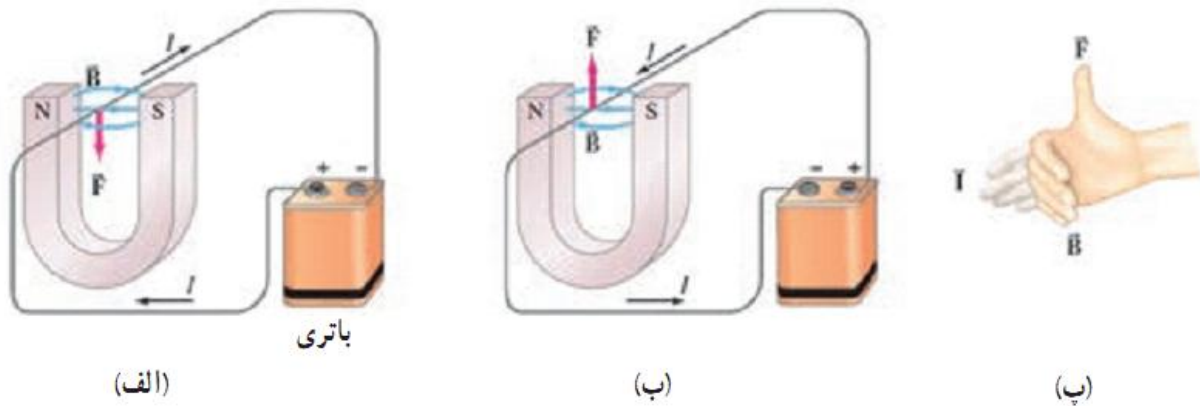
$$F = BIl \sin \theta$$

### عوامل موثر بر نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان :

- ۱- میدان مغناطیسی ( $B$ ) : هرچه میدان مغناطیسی قویتر باشد نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم بزرگتر است.  $F \propto B$
- ۲- جریان الکتریکی ( $I$ ) : هر چه جریان عبوری از سیم بیشتر باشد نیروی الکترومغناطیسی وارد بر آن بزرگتر است.  $F \propto I$
- ۳- طول سیم ( $l$ ) : هرچه طولی از سیم ، که معرض میدان است ، بیشتر باشد نیروی الکترومغناطیسی وارد بر آن بزرگتر است.
- ۴-  $\sin \theta$  : نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم متناسب با  $\sin$  زاویه بین  $I$  و  $B$  می باشد.  $F \propto \sin \theta$

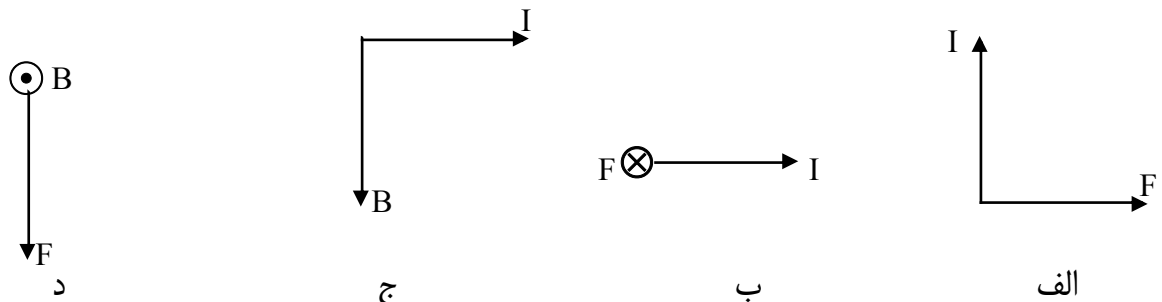
🔔: در اصل زاویه  $\theta$  بین  $B$  و  $I$  است چون جریان الکتریکی کمیّت برداری نیست ، این ایراد در کتابهای دانشگاهی بر طرف می شود و فعلاً در حد این کتاب مشکلی پیش نمی آید .

**قاعده دست راست برای تعیین جهت نیروی الکترومغانطیسی وارد بر سیم حامل جریان:**  
 با استفاده از دست راست می‌توانیم انگشت شست را  $F$  و انگشت نشانه را  $I$  و انگشت وسط را  $B$  در نظر بگیریم



طرحی ساده از یک موتور الکتریکی. نیروی مغانطیسی  $F$  وارد بر الکترون‌هایی که با سرعت  $v$  درون رسانا حرکت می‌کنند حلقه را می‌چرخاند.

**پرش ۴:** بردار مجهول را نشان دهید:

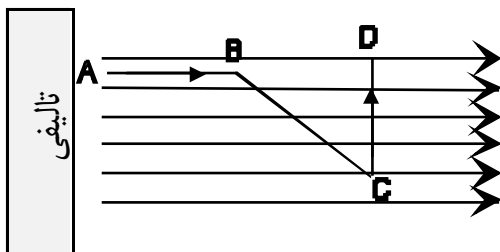


**تسلا واحد میدان مغانطیسی:** بیشترین مقدار  $F$  زمانی است که  $\theta = 90^\circ$  باشد ( $\sin 90^\circ = 1$ ) یعنی  $F_{\max} = BIl$

یک تسلا بزرگی میدان مغانطیسی است که در آن بر یک متر از سیمی که حامل جریان الکتریکی به شدت یک آمپر است و در راستای عمود بر میدان قرار دارد نیرویی به بزرگی یک نیوتن وارد شود.

$$B = \frac{F_{\max}}{Il} \leftarrow \frac{1 \text{ نیوتن}}{1 \text{ متر} \times 1 \text{ آمپر}} = 1 \text{ تسلا}$$

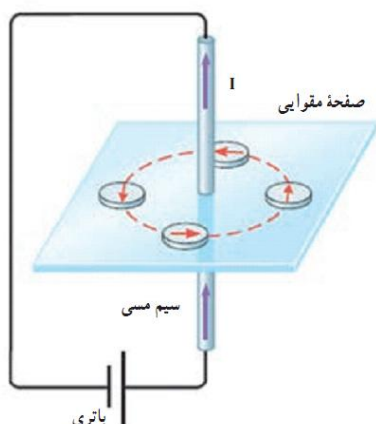
**واحد کوچکتر میدان مغانطیسی گوس** نام دارد و با نماد  $G$  نشان می‌دهند.  $1T = 10^4 G$  یا  $1G = 10^{-4} T$



سیمی مطابق شکل در میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی  $0.4\text{ T}$  قرار گرفته و از آن جریان  $0.8\text{ A}$  میگذرد. نیروی وارد بر هر قسمت از سیم را حساب کنید. ( $C = 60^\circ$ )  
 $CD = 10\text{ cm}$      $BC = 15\text{ cm}$      $AB = 10\text{ cm}$

۳۰  
۵

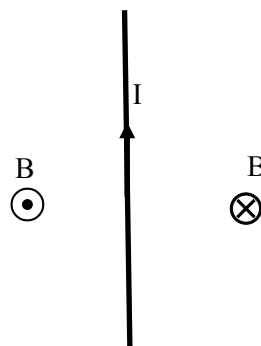
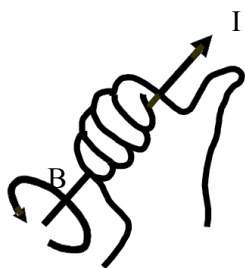
**آثار مغناطیسی ناشی از جریان الکتریکی :** تجربه نشان می دهد که اگر عقربه مغناطیسی در مجاورت سیم حامل جریان منحرف می شود ، یعنی جریان الکتریکی می تواند میدان مغناطیسی تولید کند و عقربه مغناطیسی را تحت تاثیر قرار دهد . این مطلب را برای سه مورد بررسی می کنیم :



#### الف) میدان در اطراف سیم راست حامل جریان :

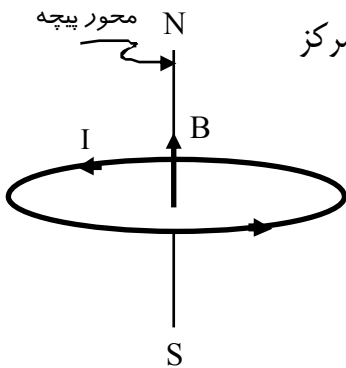
اگر عقربه مغناطیسی را در نزدیکی سیم راست حامل جریان قرار دهیم عقربه منحرف می شود و با دور کردن عقربه از سیم و یا کاهش شدت جریان سیم از انحراف عقربه کاسته می شود و آزمایش نشان می دهد خطوط میدان مغناطیسی حاصل بصورت دایره های متحد المکز می باشند.

**قاعده دست راست :** انگشت شست در جهت I و چهار انگشت خمیده در جهت میدان



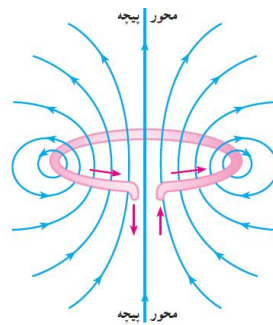
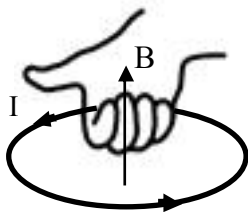


**ب) میدان در مرکز پیچه مسطح:** پیچه مسطح مجموعه‌ای از چند دور سیم نازک است که به شکل حلقه درآمده و به هم فشرده شده‌اند که تمام حلقه‌ها تقریباً شعاع یکسانی دارند، و خطی که از مرکز حلقه‌ها می‌گذرد محور پیچه نامیده می‌شود.



داخل پیچه مانند داخل آهنربا در نظر گرفته می‌شود و میدان مغانطیسی از قطب S به N است.

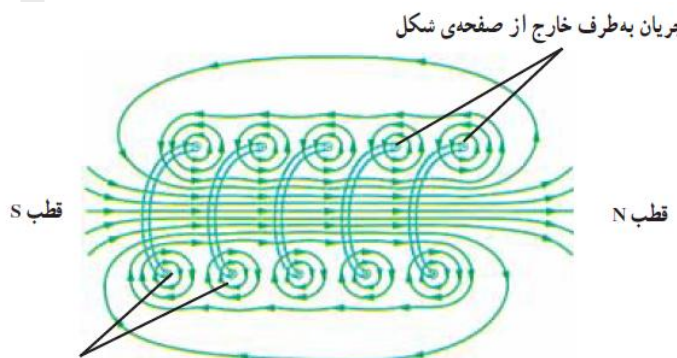
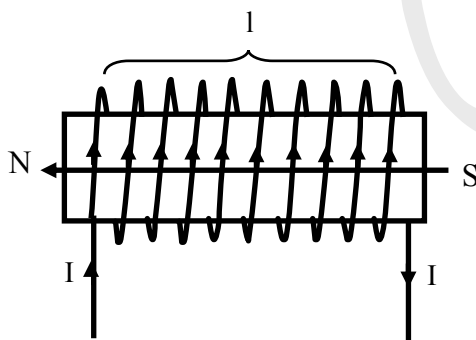
**قاعده دست راست:** انگشت شست مماس بر پیچه همسو با جریان - چهار انگشت خمیده در داخل پیچه در جهت میدان



**ب) میدان در مرکز سیملوله:** سیملوله مجموعه‌ای از چند دور سیم است که بصورت فنر پیچیده شده‌است. اگر جریان الکتریکی از سیملوله عبور کند در فضای داخل لوله و دور از لبه‌ها میدان مغانطیسی تقریباً یکنواختی

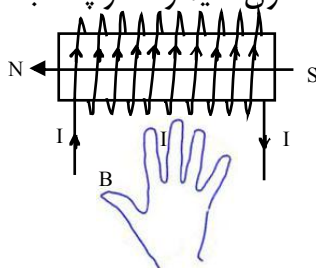
$$B = n\mu_0 I \quad \text{یا} \quad B = \frac{N\mu_0 I}{l}$$

ایجاد می‌شود که از رابطه زیر برای محاسبه آن استفاده می‌شود:  $n = \frac{N}{l}$  - تعداد حلقه‌های سیملوله - I جریانی که از سیملوله می‌گذرد - l طول سیملوله - n تعداد دور در واحد طول



جریان به طرف درون صفحه‌ی شکل

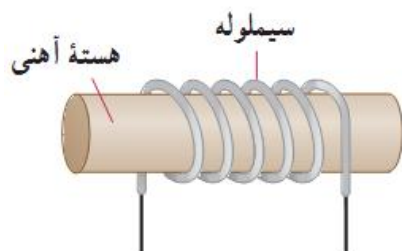
داخل سیملوله مانند داخل آهنربا در نظر گرفته می‌شود و میدان مغانطیسی از قطب S به N است و هرچه حلقه‌ها فشرده و نزدیک به هم باشند شعاع سطح مقطع سیملوله نسبت به طول سیملوله کوچک باشد میدان مغانطیسی داخل سیملوله یکنواخت تر است.



**قاعده دست راست:** چهار انگشت مماس بر سیملوله در جهت جریان - انگشت شست در جهت میدان

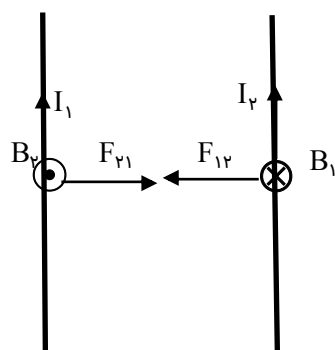
**سیملوله آرمانی:** اگر قطر حلقه های سیملوله در مقایسه با طول آن، بسیار کوچک و حلقه های آن، خیلی به هم نزدیک باشند به این سیملوله، سیملوله آرمانی می گویند.

**آهنربای الکتریکی:** اگر یک میله آهنی را درون سیملوله قرار دهیم به آن هسته سیملوله می گویند، وقتی جریان الکتریکی از سیملوله عبور می کند میدان مغناطیسی سیملوله، خاصیت مغناطیسی در هسته آهنی القاء می کند و آن، آهنربا می شود، این آهنربا را آهنربای الکتریکی می گویند.



وجود هسته آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیملوله می شود و بدون هسته آهنی میدان مغناطیسی بسیار ضعیفی دارد و عملاً کاربردی ندارد.

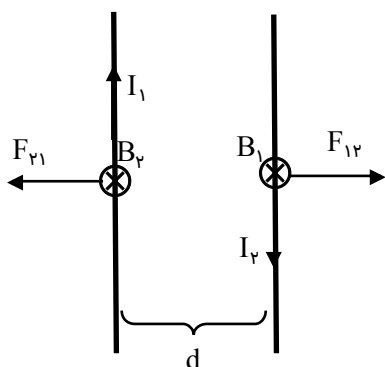
**نیروهای بین سیم های موازی حامل جریان:** اگر دو سیم راست موازی در مجاورت همدیگر باشند هر کدام در میدان مغناطیسی سیم مجاور خود قرار می گیرند و چون خود نیز حامل جریان هستند نیروی الکترومغناطیسی بر آنها وارد می شود.



**(الف) دو سیم راست موازی با جریانهای همسو:**

همانطور که در شکل مقابل می بینید هر سیم در میدان مغناطیسی سیم مجاور قرار گرفته و نیروی متقابل آنها جاذبه است.

طبق قانون سوم نیوتن نیرویی که سیم اول به سیم دوم وارد می کند  $F_{12}$  با نیرویی که سیم دوم به سیم اول وارد می کند  $F_{21}$  برابر است.



**(ب) دو سیم راست موازی با جریانهای خلاف سو:**

اگر جهت جریانها خلاف سو باشد نیروی متقابل بین دو سیم دافعه می باشد.

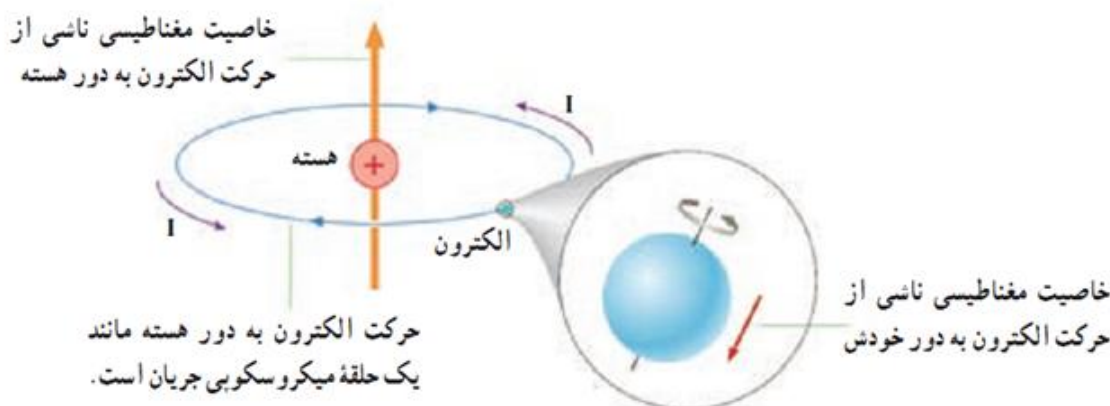


**خاصیت مغناطیسی مواد:**

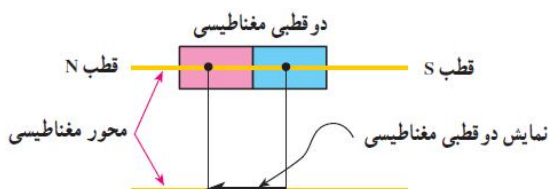
آزمایش نشان می دهد هر چه شکستن آهنربا را ادامه دهیم باز هم قطعه های حاصل خاصیت آهنربایی دارند و دو قطب N و S خواهند داشت (قطب مجزای مغناطیسی وجود ندارد) و کوچکترین



ذره‌های تشکیل دهنده آهنرباها (اتمها و مولکولها) نیز آهنربا هستند و دو قطب S و N دارند، این آهنرباهای کوچک را دو قطبی مغناطیسی می‌نامند.

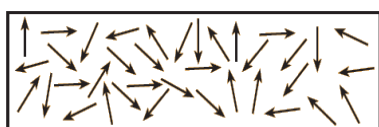


چرخش الکترون به دور هسته و به دور خودش، منشأ خاصیت مغناطیسی اتم است. همان‌طور که دیده می‌شود سهم خاصیت مغناطیسی ناشی از حرکت الکترون‌ها به دور هسته، بسیار بیشتر از سهم ناشی از حرکت الکترون‌ها به دور خودشان است.



**محور مغناطیسی:** خطی که قطب S دو قطبی مغناطیسی را به قطب N متصل می‌کند.

**مواد مغناطیسی:** موادی که اتمها یا مولکولهای سازنده آنها خاصیت مغناطیسی دارند.



**مواد پارامغناطیسی:** در این مواد دو قطبی‌های مغناطیسی سمت‌گیری

مشخص و منظمی ندارند و در اثر میدان مغناطیسی خارجی در جهت میدان

سمت‌گیری می‌کنند و با قویتر شدن میدان تعدادی از دو قطبی‌های مغناطیسی

همسو با میدان می‌شوند، با حذف میدان مغناطیسی، دو قطبی‌های مغناطیسی ماده پارامغناطیس به وضعیت

کاتوره‌ای برمی‌گردند. مانند: اورانیوم - منگنز - پلاتین - آلومینیوم - اکسیژن - اکسید نیتروژن - سدیم.

**مواد دیا مغناطیسی:** اتمهای این مواد بطور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی اند. به عبارت دیگر، هیچ یک از

اتمهای این مواد، دارای دو قطبی مغناطیسی خالصی نیستند اما هر گاه در یک میدان مغناطیسی خارجی قرار

گیرد، تحت تاثیر آن میدان، در نظم قرار گرفتن الکترون‌های جفت شده در اوربیتال‌ها تغییری به وجود می

آید. حضور میدان مغناطیسی خارجی، سبب القای دو قطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان مغناطیسی

خارجی در مواد دیا مغناطیسی می‌شود. اثر دیامغناطیسی در موادی مانند: بیسموت، جیوه، نقره، سرب، مس

و کربن (الماس) بهتر نمایان می‌شود.

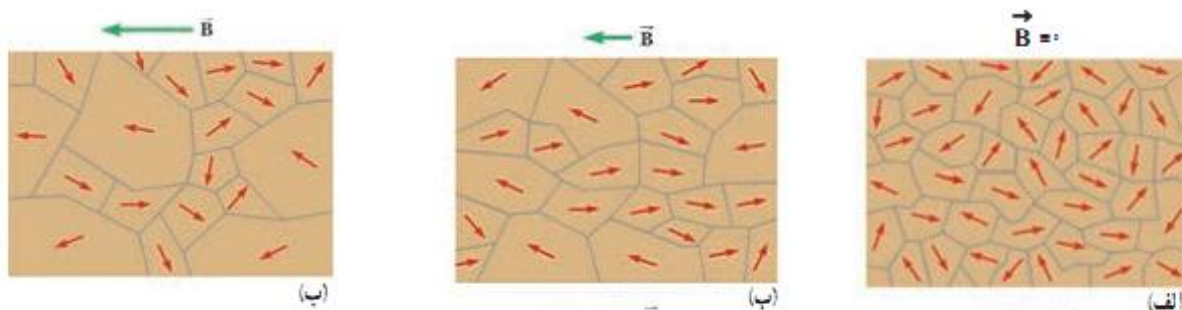


**مواد فرومغناطیس:** در این مواد دو قطبی‌های مغناطیسی در حوزه‌های مغناطیسی همسوهستند ولی هر حوزه با حوزه مجاور سمت‌گیری متفاوتی دارد.



**حوزه‌ی مغناطیس:** در مواد فرو مغناطیس بخش‌های کوچکی با ابعاد کمتر از هستند که دو قطبی‌های مغناطیسی درون آن بخش‌ها همسو هستند.

- تأثیر میدان مغناطیسی بر مواد فرو مغناطیس:** در اثر میدان خارجی دو قطبی‌های مغناطیسی با میدان همسو می‌شوند و حوزه‌های مغناطیسی همسورشد می‌کنند و حجمشان بیشتر می‌شود و حوزه‌های ناهمسو کوچک می‌شوند و اگر میدان به اندازه کافی قوی باشد حجم حوزه‌های ناهمسو صفر می‌شود (اشباع).



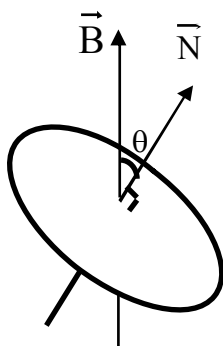
(الف) ماده فرومغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی خارجی ( $\vec{B} = 0$ ) ، (ب) ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی ضعیف، (ج) ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی.

**فرومغناطیس نرم:** برخی مواد فرو مغناطیس در حضور میدان خارجی به راحتی خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند و با حذف میدان به سهولت خاصیت مغناطیس خود را از دست می‌دهند، مانند: آهن، کبالت و نیکل. (آهن ربای موقت)

**فرومغناطیس سخت:** برخی مواد فرو مغناطیس در حضور میدان خارجی بسختی خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند و با حذف میدان این خاصیت را حفظ می‌کنند، مانند: فولاد، آلیاژهای دیگر آهن، کبالت و نیکل. (آهن ربای دائمی).

**القای الکترومغانطیسی:** پدیده القای الکترومغانطیسی: در این پدیده در اثر القای الکترومغانطیسی در رسانا جریان الکتریکی القا می‌شود.

**شار مغانطیسی:** کمیتی نرده‌ای می‌باشد نشان دهنده مقدار خطوط میدان مغانطیسی است که بطور عمود از واحد سطح عبور می‌کند، که آنرا با نماد  $\Phi$  (فی) نمایش می‌دهند و واحد آن در SI برابر Wb (وِبر) است.



برای محاسبه شار از رابطه  $\Phi = AB \cos\theta$  استفاده می‌کنند.

$\Phi$  = شار مغانطیسی بر حسب Wb .

A - مساحتی که شار از آن عبور می‌کند .

B - شدت میدان مغانطیسی که از مساحت عبور می‌کند .

$\theta$  - زاویه بین بردار B بردار عمود بر سطح .

همانطور که دیده می‌شود تغییرات هر یک از عوامل فوق می‌تواند باعث تغییرات  $\Phi$  شود.

$$\Delta\Phi \rightarrow \begin{cases} = B \cos\theta (\Delta A) \\ = A \cos\theta (\Delta B) \\ = AB (\Delta \cos\theta) \end{cases}$$

الف) B و  $\cos\theta$  ثابت هستند و A تغییر کرده است .

تغییر مساحت مدار بسته در میدان مغانطیسی می‌تواند عامل ایجاد جریان القایی شود.

ب) A و  $\cos\theta$  ثابت هستند و B تغییر کرده است .

تغییر اندازه میدان مغانطیسی در محل یک مدار بسته باعث القای جریان الکتریکی شود.

ج) A و B ثابت هستند و  $\cos\theta$  تغییر کرده است .

تغییر زاویه بین مدار بسته و راستای میدان مغانطیسی می‌تواند عامل ایجاد جریان الکتریکی القایی شود.

$$\Delta \cos\theta \neq \cos\Delta\theta$$

تألیفی

الف) شار مغانطیسی عبوری از یک قاب دایره‌ای به شعاع ۴cm را محاسبه کنید که بطور عمود بر میدانی به شدت ۵۰۰G قرار گرفته است. ب) اگر قاب را بچرخانیم تا میدان با خط عمود بر قاب زاویه ۶۰ درجه بسازد، تغییرات شار چقدر می‌شود؟

۳۰  
۱۰  
۳

تألیفی

قاب‌ی به مساحت ۲۵ cm<sup>۲</sup> بطور عمود بر میدانی به شدت ۰/۱۲ T قرار دارد، اگر شدت میدان تغییر کرده و ۰/۱۸T در جهت مخالف شود، تغییرات شار چقدر خواهد بود؟

۳۰  
۱۰  
۶

**قانون القای الکترومغناطیسی فارادی:** هرگاه شار مغناطیسی که در مدار بسته‌ای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار متناسب است.

🔗: هرکجا در مباحث فیزیکی کلمه «آهنگ» بکار رود منظور تغییرات کمیته نسبت به زمان است مگر صریحاً غیر آن بیان شود.

🔗: در فصول گذشته با نیروی محرکه و مفهوم آن آشنا شدید، در این فصل جریان وجود دارد ولی از مولد اختلاف پتانسیل خبری نیست، قانون القای الکترومغناطیسی فارادی، تغییرات شار را عامل ایجاد اختلاف پتانسیل در مدار بسته معرفی می‌کند. در ادامه از همان نماد سابق  $\mathcal{E}$  برای نیروی محرکه القایی استفاده می‌کنیم.

**نیروی محرکه القایی متوسط:** اگر شار مغناطیسی که از یک پیچه با  $N$  دور حلقه می‌گذرد در مدت  $\Delta t$  ثانیه به

اندازه  $\Delta\Phi$  تغییر کند نیروی محرکه القایی متوسط ( $\bar{\mathcal{E}}$ ) ایجاد شده از رابطه  $\bar{\mathcal{E}} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  محاسبه می‌شود.

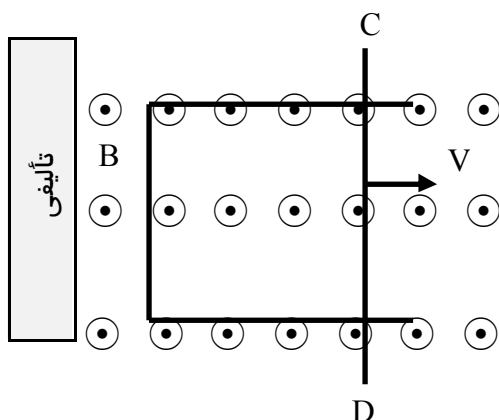
$$\bar{\mathcal{E}} = \begin{cases} -NBC\cos\theta \left(\frac{\Delta A}{\Delta t}\right) \\ -NAC\cos\theta \left(\frac{\Delta B}{\Delta t}\right) \\ -NAB \left(\frac{\Delta C\cos\theta}{\Delta t}\right) \end{cases}$$

سه عاملی که باعث  $\Delta\Phi$  می‌شوند به علاوه  $\Delta t$  بر اندازه  $\bar{\mathcal{E}}$  موثر هستند.

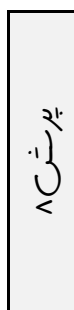
🔗: علامت منفی قانون فارادی مربوط به قانون لنز است که در ادامه گفته خواهد شد.

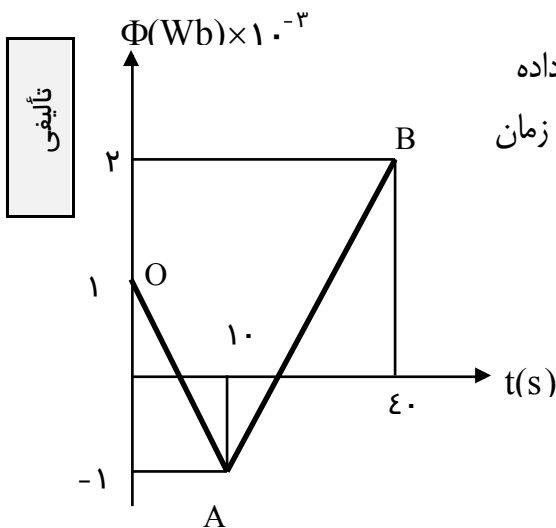
🔗: عامل  $\frac{\Delta B}{\Delta t}$  به تناوب در مسایل با نام آهنگ تغییرات میدان مغناطیسی بکار رفته

که واحد آن مسلماً تسلا بر ثانیه است  $(\frac{T}{s})$ .



میله فلزی لغزان  $CD$  با سرعت  $V=2.0\text{ m/s}$  روی قاب  $U$  شکل در حال حرکت است و خطوط میدان مغناطیسی برونسو  $B = 0.5\text{ T}$  را بطور عمود قطع می‌کند اگر طول میله محدود به قاب را  $L = 3.0\text{ cm}$  در نظر بگیریم اختلاف پتانسیل دو سر میله  $CD$  چقدر است؟





نمودار تغییرات شار مغانطیسی یک حلقه در شکل زیر نشان داده شده است ، نمودار تغییرات نیروی محرکه القایی را بر حسب زمان رسم کنید .

تألیفی

محاسبه جریان القایی متوسط: اگر مقاومت پیچه را برابر R و جریان القایی را I در نظر بگیریم رابطه

$$\bar{I} = \frac{\bar{\epsilon}}{R} = -\frac{N}{R} \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

برای محاسبه شدت جریان القایی متوسط بکار می‌رود.

تألیفی

مساحت پیچه با ۲۰۰ دور و مقاومت الکتریکی  $8 \Omega$  ، برابر  $16 \times 10^{-3} \text{ m}^2$  است این پیچه بطور عمود بر میدان مغانطیسی قرار دارد . میدان مغانطیسی با چه آهنگی تغییر کند تا جریانی بشدت  $2/4 \text{ mA}$  در پیچه تولید شود ؟

تألیفی

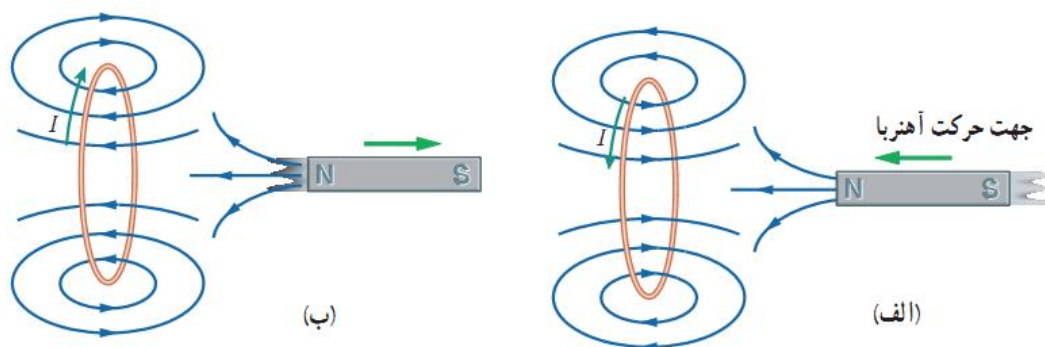
تألیفی

یک پیچه مسطح به مساحت  $0.04 \text{ m}^2$  و مقاومت  $3 \Omega$  و تعداد ۱۰۰ حلقه در میدان مغانطیسی قرار گرفته که خطوط میدان با سطح پیچه زاویه  $30^\circ$  درجه می‌سازد . اگر بزرگی میدان با آهنگ  $0.6 \text{ T/s}$  تغییر کند در اینصورت بزرگی جریان القایی در پیچه چقدر خواهد بود ؟

تألیفی

**قانون لنز:** هرگاه شار مغناطیسی در مدار بسته‌ای تغییر کند جریان القا‌یی در جهتی بوجود می‌آید که با تغییرات شار مخالفت کند.

(یعنی اگر شار در حال افزایش باشد آنرا تضعیف و اگر در حال کاهش باشد آنرا تقویت می‌کند).



**شکل ۳-۲۸ الف)** وقتی آهنربا به حلقه رسانا نزدیک می‌شود جریان در جهتی در حلقه القا می‌شود که میدان مغناطیسی ناشی از آن با افزایش شار مغناطیسی حلقه مخالفت کند. **ب)** با دور شدن آهنربا از حلقه رسانا، جریان در جهتی در حلقه القا می‌شود که میدان مغناطیسی ناشی از آن با کاهش شار مغناطیسی حلقه مخالفت کند.

تألیفی

در شکلهای زیر سقوط یک آهنربا از داخل یک حلقه فلزی نشان داده شده است:

الف) جهت جریان القا‌یی را در هر دو شکل نشان دهید.

ب) وجود حلقه چه تاثیری بر سرعت سقوط آهنربا دارد؟

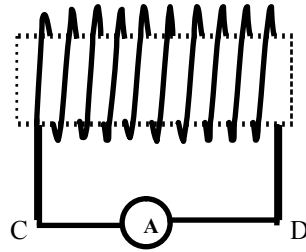
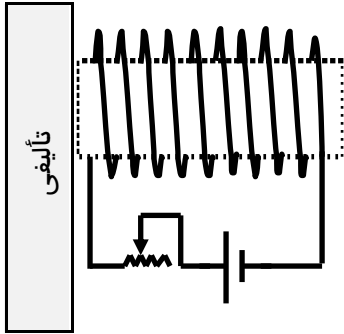
۱۳۰۶

تألیفی

در شکل مقابل یک آهنربا به سمت یک سیم‌لوله حرکت می‌کند جهت جریان القا‌یی را در آمپر سنج نشان دهید.

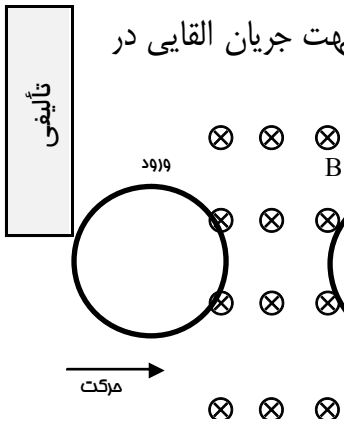
۱۳۰۶





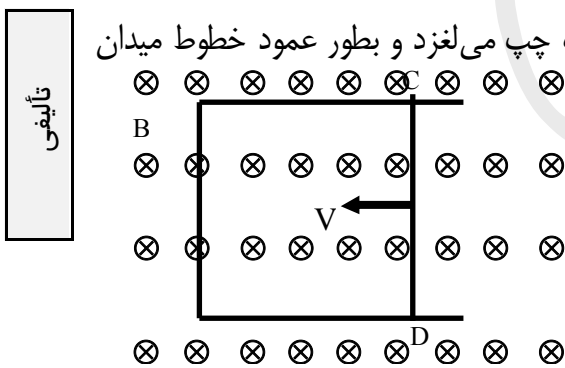
در شکل مقابل اگر مقاومت رتوستا در مدار سمت چپ افزایش یابد جهت جریان القایی در آمپر سنج مدار در چه سمتی است؟

پیش ۱۴



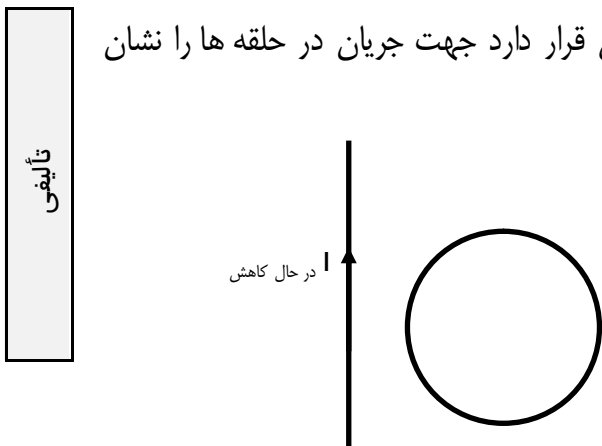
در شکل زیر یک حلقه بطور عمود بر میدان یکنواخت درونسو حرکت می کند جهت جریان القایی در حلقه را در سه موقعیت ورود و عبور و خروج مشخص کنید.

پیش ۱۵

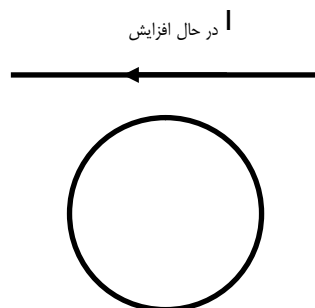


در قاب مستطیل شکل مقابل یکی از اضلاع آزادانه به سمت چپ می لغزد و بطور عمود خطوط میدان درونسو را قطع می کند، جهت جریان القایی را در قاب نشان دهید.

پیش ۱۶



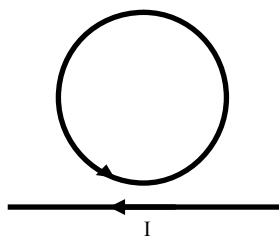
در شکل زیر حلقهها در مجاورت سیم راست حامل جریان قرار دارد جهت جریان در حلقه ها را نشان دهید.



پیش ۱۷

۱۸

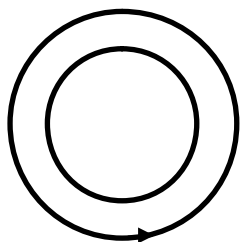
در شکل روبرو با توجه به جریان القایی حلقه توضیح دهید  
جریان در سیم راست در حال کاهش است یا افزایش؟



تأییدی

۱۹

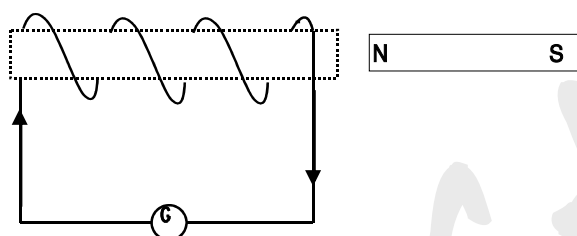
دو حلقه متداخل داریم که جریان در حلقه خارجی در حال افزایش است  
جهت جریان در حلقه داخلی چگونه است؟



تأییدی

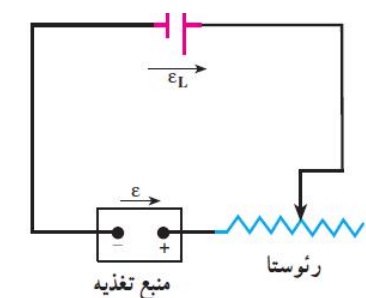
۲۰

با توجه به شکل، آهنربای تیغه‌ای نسبت  
به سیملوله در حال نزدیک شدن است یا  
دور شدن؟ دلیل خود را بیان کنید.



تأییدی

**خود القایی:** آزمایش نشان می‌دهد تغییر جریان در مدار باعث ایجاد  
نیروی محرکه القایی در همان مدار می‌شود این پدیده را خود القایی می‌نامند.



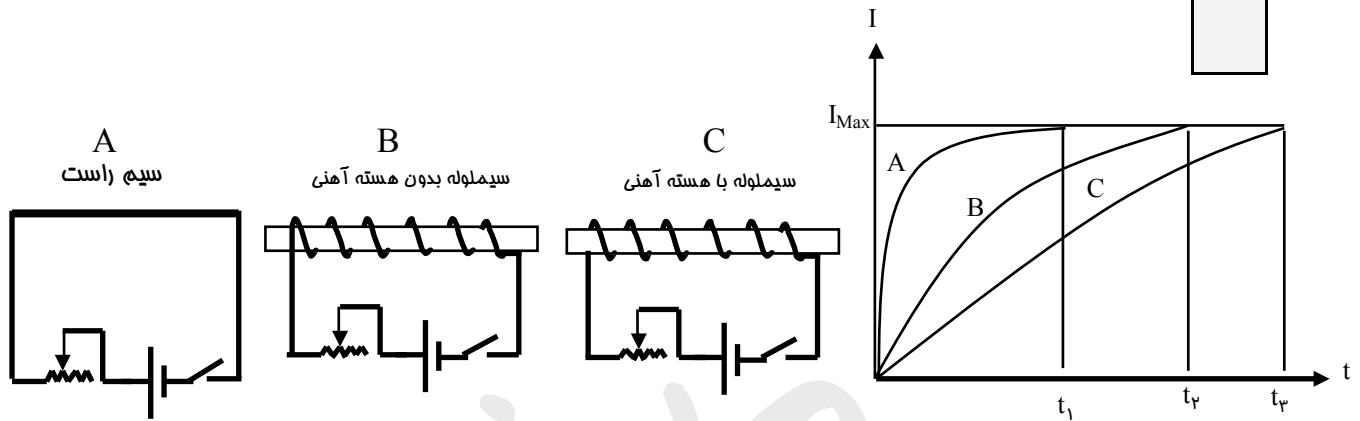
خود القایی باعث می‌شود که سیملوله مانند پیل  $\epsilon$   
در مدار عمل کند.

**القاء گر:** یک قطعه الکتریکی مانند خازن و مقاومت است و ساختار بسیار ساده‌ای دارد که مانند یک سیملوله یا پیچه است. که در مقابل تغییرات جریان از خود مقاومت نشان می‌دهد که با قانون لنز به سادگی توجیه می‌شود.

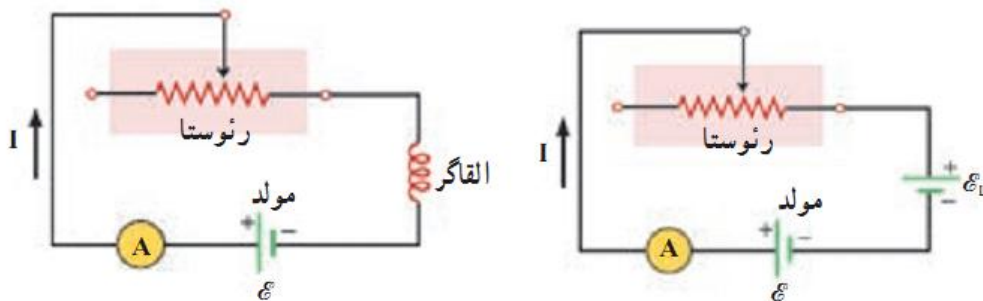
تألیفی

تألیفی

در سه شکل زیر یک قطعه سیم رسانا به مقاومت  $R$  را ، در سه حال مختلف بدون آنکه طول سیم را تغییر دهیم ، در یک مدار ثابت قرار داده‌ایم و آهنگ تغییرات جریان را در هر سه حالت ، در نمودار پایین نشان داده‌ایم آیا می‌توانید آنرا توجیه کنید ؟



**خود القاوری:** در مدار های زیر با تغییر مقاومت رئوستا جریان در مدار تغییر می کند و سبب تغییر میدان داخل القاگر می شود و در نتیجه آن شار مغناطیسی عبوری از آن می شود و طبق قانون لنز القاگر مانع تغییر شار شده که به این پدیده خود القاوری می گویند .



**ضریب القاوری (L):** ویژگی فیزیکی هر القاگر را تعیین می کند

**عوامل موثر بر ضریب خود القاوری (L):** مساحت مقطع سیملوله  $A$  - تعداد حلقه‌های سیملوله  $N$  - طول سیملوله  $l$  - ضریب هسته آهنی  $k$  (در صورتی که هسته نداشته باشد  $k = 1$ ) و واحد آن در سیستم SI بابر هانری است که با  $H$  نمایش میدهند .

$k$ : ضریبی است که به جنس هسته داخل سیملوله بستگی دارد و به آن تراوایی نسبی مغناطیسی هسته می‌گویند .

**انرژی ذخیره شده در خود القاء:** وقتی در دوسر خود القاء اختلاف پتانسیل اعمال کنیم بخشی از انرژی مولد به

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

علت مقاومت الکتریکی  $R$  تلف شده  $(U = RI^2t)$  و بخشی در القاگر ذخیره می‌شود .

🔊 : هنگام عبور جریان پایا از یک القاگر آرمانی (سیم پیچ بدون مقاومت) انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی‌شود.

انرژی ذخیره شده در خود القاء چه هنگام آزاد می‌شود؟

۲۲-۲۳

تأییدی

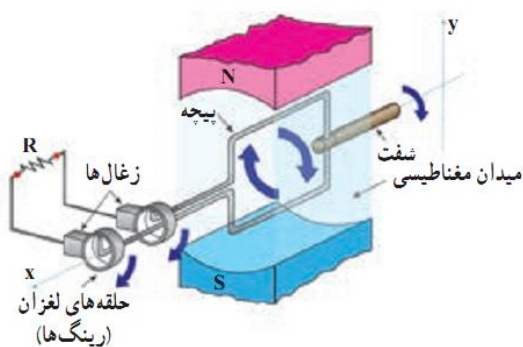
سیملوله‌ای با ضریب خود القایی  $0.6H$  و مقاومت  $20\ \Omega$  را به یک باتری  $40V$  وصل می‌کنیم انرژی ذخیره شده در خود القاء را بدست آورید.

۲۳-۲۴

تأییدی



**جریان متناوب (AC):** به جریانی گفته می‌شود که شدت جریان بطور متناوب در یک بازه زمانی مشخص تغییر جهت می‌دهد. که معمولاً سینوسی است.



**روش تولید جریان متناوب:** اگر یک پیچ بین دو قطب مغناطیسی N و S حول محوری عمود بر خطوط میدان شروع به چرخش کند جریان القایی در پیچ متناوب خواهد بود. در اینجا A و B ثابت هستند و فقط  $\theta$  نسبت به زمان تغییر می‌کند.

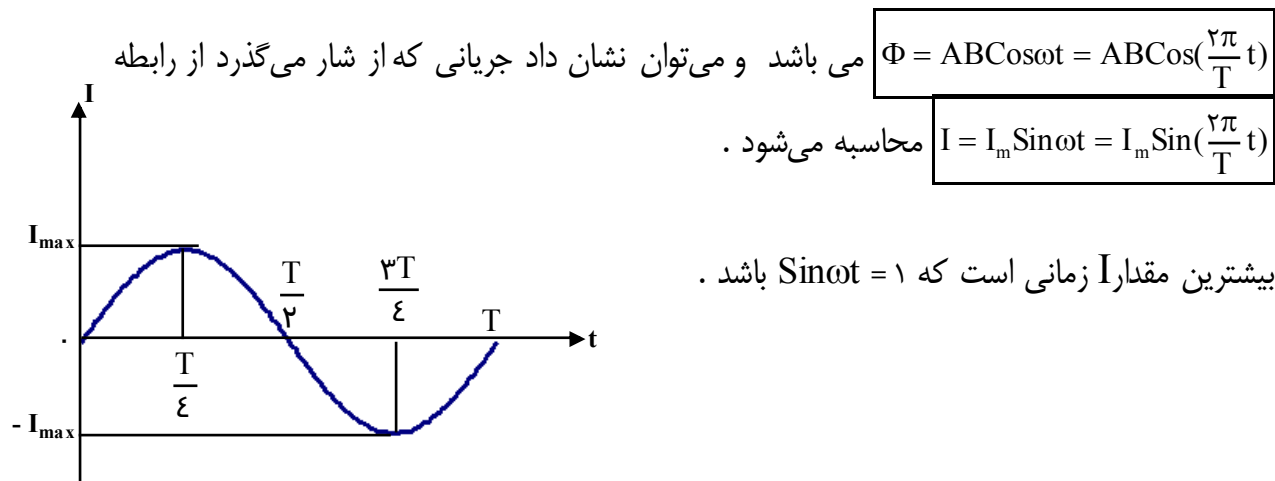
**زمان تناوب یا دوره:** مدت زمان یک چرخش کامل را زمان تناوب می‌نامند.

**بسامد زاویه ای یا سرعت زاویه ای ( $\omega$ ):** نسبت زاویه چرخیده شده به زمان چرخش را سرعت زاویه‌ای می‌-

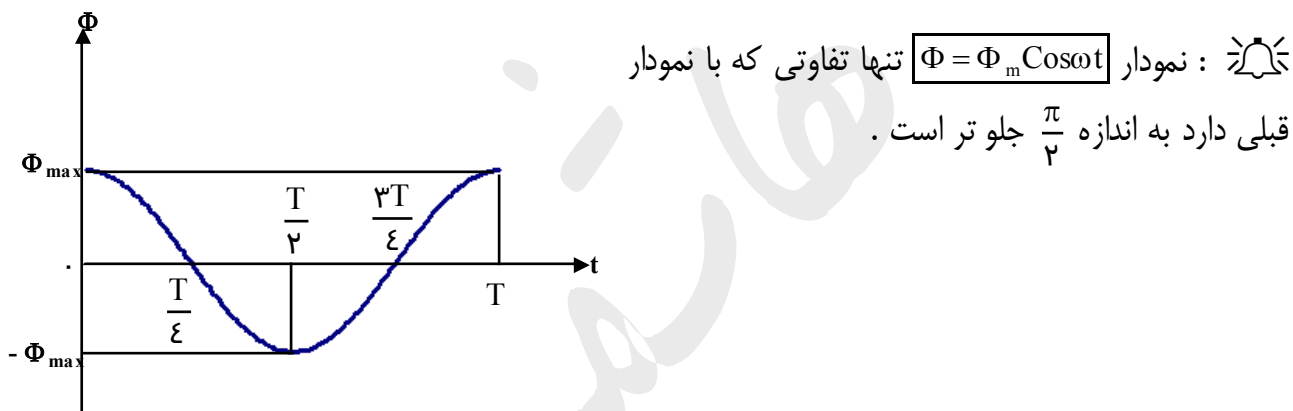
$$\omega = \frac{\theta}{t} \text{ گویند}$$

🔊 : برای یک دور کامل داریم  $\theta = 2\pi$  و  $t = T$  در نتیجه:  $\theta = \frac{2\pi}{T} t$

$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{T}$  یعنی  $\theta$  بصورت تابعی از زمان ظاهر می‌شود پس شاری که در هر لحظه از پیچ می‌گذرد برابر



بیشترین مقدار I زمانی است که  $\sin\omega t = 1$  باشد .



پیچهای شامل ۲۰۰ دور است که شار مغانطیسی عبوری از هر حلقه برابر  $\Phi = 10^{-3} \cos 100\pi t$  است :

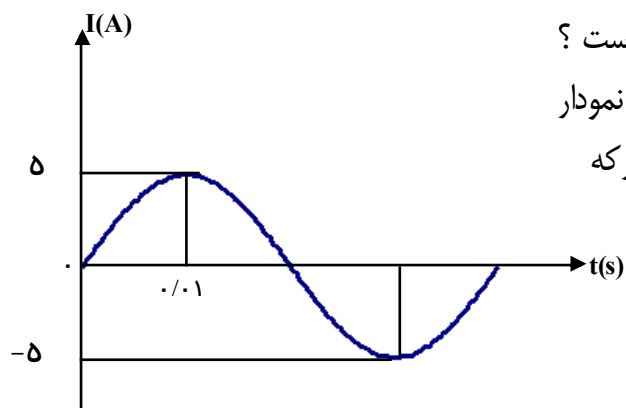
الف ( نمودار  $\Phi - t$  هر حلقه رسم کنید . ب ) در چه لحظه ای نیروی محرکه اولین بار

بیشترین مقدار خود را دارد ؟

تأییدی

۳۶

تأییدی

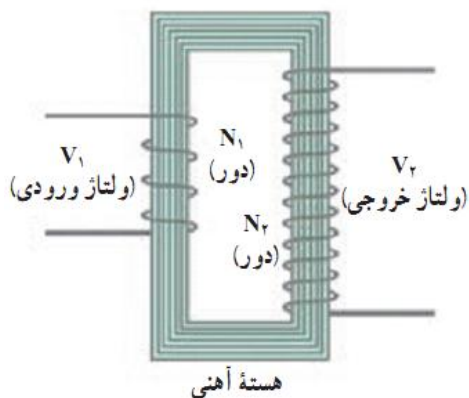


الف) در نمودار مقابل بسامد زاویه‌ای چقدر است ؟  
 ب) اگر مقاومت الکتریکی سیملوله مرتبط با نمودار مقابل  $4\Omega$  باشد ، بیشترین مقدار نیروی محرکه چقدر است ؟  
 ج) معادله شار مغناطیسی آنرا بنویسید .

۲۵

**مولدهای صنعتی جریان متناوب:** در نیروگاه‌های تولید برق ، برای تولید جریان متناوب از مولدهای خاصی که پیچه‌ها ساکن هستند و آهن رباهای الکتریکی به دور آنها می‌چرخند ، استفاده می‌کنند که به آنها مولدهای صنعتی جریان متناوب می‌گویند . آهنرباها در هر ثانیه ۵۰ دور کامل به دور پیچه‌ها می‌چرخند .

**مبدل‌ها:** وسایلی که از آنها برای تبدیل ولتاژ استفاده می‌شود که شامل دو پیچه با تعداد دورهای متفاوت است که به دور یک هسته آهنی ( فرو مغناطیس نرم ) پیچیده شده‌اند .



رابطه  $\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$  برای یک مبدل آرمانی که مقاومت پیچه‌های آن آرمانی است برقرار می‌باشد .