

جریان الکتریکی

انرژی الکتریکی مصرفی:

# گروه تخصصی مشاوره و برنامه ریزی توان الکتریکی:

انرژی مصرف شده در واحد زمان را توان الکتریکی می گویند.

توان کمیته نردهای است و یکای آن در SI وات (w) است.

$$p = \frac{U}{t} = \frac{W}{t} = \frac{q\Delta V}{t} = \left(\frac{q}{t}\right) \Delta V = I\Delta V$$

توان مصرف شده در مقاومت R از روابط زیر به دست می آید:

$$p = IV = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

V: اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت

I: جریان عبوری از مقاومت

نکته: یکای تجاری انرژی الکتریکی، کیلووات ساعت است که معادل ۳/۶ مگاژول است.

نکته: از رابطه  $P=IV$  میتوان برای محاسبه توان هر جزء مدار استفاده کرد.

توان مولد:

$$p = \varepsilon I - rI^2$$

p: توان مفید مولد

$\varepsilon I$ : توان تولیدی مولد

$rI^2$ : توان تلف شده در مولد

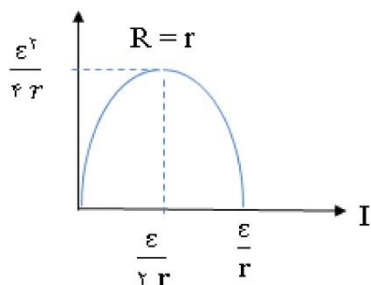
نکته: وقتی توان خروجی مولد بیشینه است که مقاومت خارجی مدار با مقاومت درونی مولد برابر

باشد.

نکته: اگر یک باتری به صورت مصرف کننده در مدار قرار گیرد، توان ورودی آن از رابطه

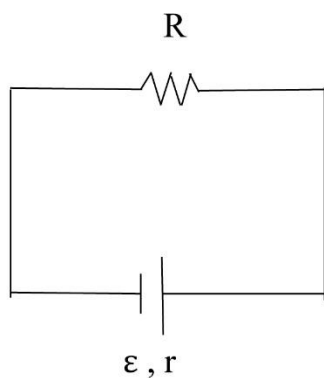
$$p = \varepsilon I + rI^2$$

**نکته:** نمودار تغییرات توان مفید مولد بر حسب جریان:



**نکته:** اگر در مدار زیر، به ازای دو مقدار متفاوت  $R_1$  و  $R_2$  برای  $R$ ، توان خروجی مولد یکسان

باشد، مقاومت درونی مولد از رابطه‌ی زیر محاسبه میشود:

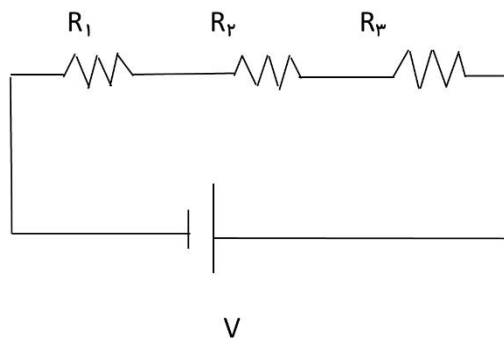


$$r = \sqrt{R_1 R_2}$$

اتصال مقاومت‌ها:

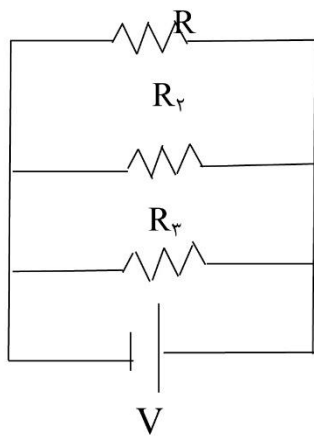
۱- سری یا متوالی:

$$\left\{ \begin{array}{l} I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots \\ V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots \end{array} \right. \longrightarrow R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$



۲- موازی:

$$\left\{ \begin{array}{l} I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots \\ V = V_1 = V_2 = V_3 = \dots \end{array} \right. \longrightarrow \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$



حالات خاص:

(۱) دو مقاومت موازی

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

(۲) n مقاومت مشابه موازی

$$R_T = \frac{R}{n}$$

(۳) n مقاومت مشابه سری

$$R_T = nR$$

**نکته:** طبق رابطه زیر در حالت **سری**، چون جریان عبوری از مقاومت ها یکسان است، مقاومتی

دارای توان مصرفی بیشتری است که **اندازه بیشتری** داشته باشد.

$$P = I^2 R$$

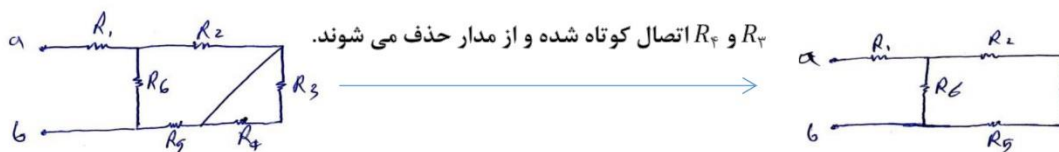
و طبق رابطه زیر در حالت **موازی** چون اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ها یکسان است، مقاومتی

دارای توان مصرفی بیشتری است که **اندازه کمتری** داشته باشد.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

**نکته:** اگر در مداری، دو سر یک یا چند مقاومت به وسیله سیم بدون مقاومتی به هم متصل شده

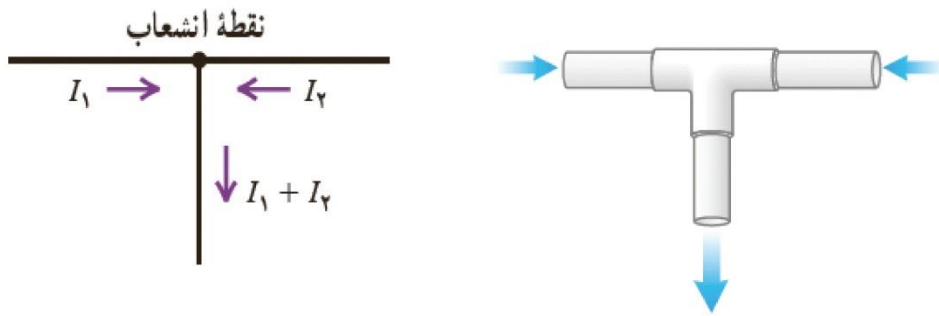
باشند، اصطلاحاً می گوئیم مقاومت ها اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می شوند.



**نکته بسیار مهم:** هر گاه در یک مجموعه ای از مقاومت ها (**سری یا موازی یا مختلط**) یکی از آن ها

را **کاهش** دهیم **مقاومت معادل** مجموعه **کاهش** می یابد.

**قاعده انشعاب:** مجموع جریان‌هایی که به هر نقطه انشعاب (گره) مدار وارد می‌شود برابر با مجموع جریان‌هایی است که از آن نقطه انشعاب (گره) خارج می‌شود.

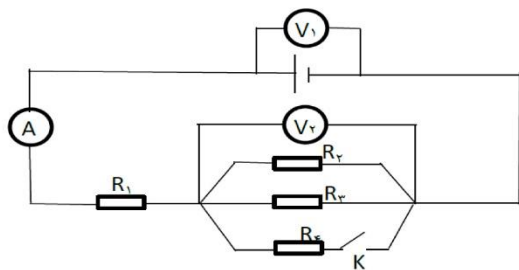


**نکته مهم:** اگر در شاخه‌ای از مدار چند حلقه‌ای، ولت‌سنج یا خازن به صورت سری بسته شده باشد، جریان در این شاخه برابر صفر می‌باشد.

#### مدارهای چند حلقه‌ای:

برای حل مدارهای چند حلقه‌ای، ابتدا برای هر شاخه، جریانی را در نظر می‌گیریم. سپس در هر حلقه جمع جبری اختلاف پتانسیل‌ها را نوشته و برابر صفر قرار می‌دهیم (قاعده حلقه). برای پیدا کردن جریان هر شاخه، نیاز به معادله‌ی دیگری داریم که از طریق قاعده انشعاب به دست می‌آوریم.

مثال (۱) در شکل مقابل اگر کلید  $k$  بسته شود، مقادیری که ولت‌سنج‌های  $V_1$  و  $V_2$  و آمپرسنج می‌دهد چگونه تغییر می‌کنند؟



(۱)  $V_1$  کم و  $V_2$  زیاد و  $A$  کم می‌شود

(۲)  $V_1$  زیاد و  $V_2$  کم و  $A$  کم می‌شود

(۳) هر سه کم می‌شوند

(۴)  $V_1$  کم و  $V_2$  کم و  $A$  زیاد می‌شود

پاسخ)

گزینه ۴

در شکل بالا اگر کلید  $k$  بسته شود، چون یک مقاومت به صورت موازی به قسمت  $BC$  اضافه می‌شود، مقاومت معادل بین این دو نقطه کاهش می‌یابد و در نتیجه مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد.

$$R_{ec} \downarrow \longrightarrow R_T = \downarrow R_{ec} + R_1 \longrightarrow R_T \downarrow$$

$$I_{\text{مدار}} = \frac{\varepsilon}{R_T + r} \quad (R_T \downarrow) \longrightarrow I_{\text{مدار}} \uparrow \longrightarrow A \uparrow \quad \text{A افزایش می‌یابد}$$

$$V_1 = \varepsilon - Ir \quad (I \uparrow) \longrightarrow V_1 \downarrow \quad \text{V}_1 \text{ کاهش می‌یابد}$$

$$V_{AB} = IR_1 \quad (I \uparrow) \longrightarrow V_{AB} \uparrow$$

$$V_1 = V_{AB} + V_2 \quad (V_{AB} \uparrow, V_1 \downarrow) \longrightarrow V_2 \downarrow \quad \text{V}_2 \text{ کاهش می‌یابد}$$

مثال ۲) بار الکتریکی ذخیره شده در باتری یک اتومبیل برابر ۶۰ آمپر ساعت می‌باشد، دو سر این باتری را به یک مقاومت ۲/۴ اهمی متصل کرده‌ایم، اگر انرژی الکتریکی مصرف شد در هر دقیقه توسط این مقاومت برابر با ۱۴۴۰۰ ژول باشد، با فرض ثابت بودن جریان، مدت زمانی که از باتری جریان گرفته می‌شود، چند دقیقه است؟

۳۶ (۴)                      ۷۲۰ (۳)                      ۱۲ (۲)                      ۸۴۰ (۱)

پاسخ)

گزینه ۳

$$U = RI^2t \xrightarrow[t=1 \text{ min}=60 \text{ s}]{R=2/4 \Omega, U=14400 \text{ J}}$$

انرژی الکتریکی مصرفی توسط مقاومت

$$14400 = 2/4 \times I^2 \times 60 \rightarrow I^2 = 100 \rightarrow I = 10 \text{ A}$$

با توجه به رابطه جریان الکتریکی ، مدت زمانی که باطری جریان الکتریکی تولید می کند را به

دست می آوریم:

$$I = \frac{q}{t} \quad \xrightarrow{q=120 \text{ A.h}=120 \times 3600 \text{ C}} \quad 10 = \frac{120 \times 3600}{t} \rightarrow$$

$$t = 120 \times 360 \text{ s} = 720 \text{ min}$$

## مغناطیس و القای الکترومغناطیس

### مغناطیس و قطب های مغناطیسی

آثار مغناطیسی دست کم ۲۵۰۰ سال پیش در تکه هایی از سنگ آهن مغناطیسی شده در

نزدیکی شهر باستانی **مگنسیا** (که نام امروزی آن مانیسا و در غرب ترکیه واقع است)

مشاهده شد.

در آهنربا دو ناحیه وجود دارد که خاصیت مغناطیسی در آنجا بسیار بیشتر از قسمت های دیگر

است. به این نواحی، **قطب های مغناطیسی** می گویند.

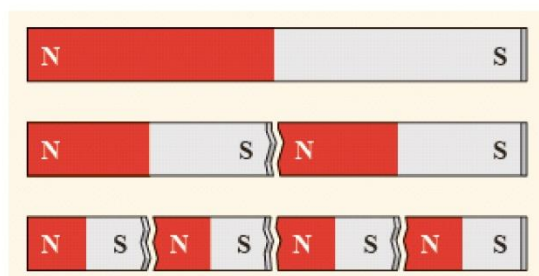


**نکته:** ممکن است مفهوم قطب های مغناطیسی به نظر، مشابه مفهوم بارهای الکتریکی باشد و

قطب های شمال و جنوب، مشابه بارهای مثبت و منفی به نظر بیاید؛ ولی این مشابهت می تواند

گمراه کننده باشد زیرا **بارهای مثبت و منفی مجزا وجود دارند، در حالی که تک قطبی**

**مغناطیسی وجود ندارد** یعنی قطب های مغناطیسی همواره به صورت **زوج** ظاهر می شوند.





### میدان مغناطیسی

به خاصیتی که در اطراف هر آهنربا وجود دارد و به علت آن بر **مواد مغناطیسی** دیگر نیرو وارد می‌شود، **میدان مغناطیسی** می‌گویند که کمیتی برداری است و با  $\vec{B}$  نشان داده می‌شود و یکای آن در SI **تسلا** است.

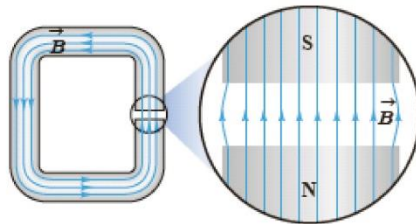
$$1 T = 1 \frac{N}{c \cdot m/s} = 1 \frac{N}{A \cdot m}$$

**نکته:** یکای دیگر میدان مغناطیسی **گوس** است هر گوس معادل  $10^{-4}$ ، تسلا است.

$$1T = 10^4 G \quad یا \quad 1G = 10^{-4} T$$

### میدان مغناطیسی یکنواخت

هرگاه در نقاط مختلف ناحیه ای از فضا **جهت و اندازه** میدان مغناطیسی یکسان باشد، در این صورت میدان مغناطیسی را در آن ناحیه **یکنواخت** می‌گویند. ایجاد میدان مغناطیسی یکنواخت در ناحیه بزرگی از فضا بسیار دشوار و **در عمل امکان نا پذیر است**. با این وجود، می‌توان در **ناحیه کوچکی از فضا**، مانند ناحیه بین قطب‌های یک آهنربای C شکل، میدان مغناطیسی یکنواخت ایجاد کرد.

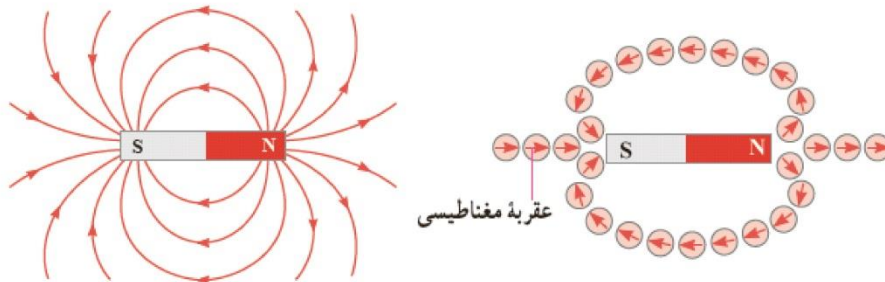


### القای مغناطیسی :

هر گاه آهنربایی را به یک **میله آهنی** (یا هر ماده مغناطیسی دیگر) نزدیک کنیم، در آنها خاصیت مغناطیسی القا می‌کند یعنی آن مواد را به آهنربا تبدیل می‌کند به گونه‌ای که قطب‌های غیر هم نام در مجاورت هم قرار می‌گیرند و سپس آنها را **جذب** می‌کند.

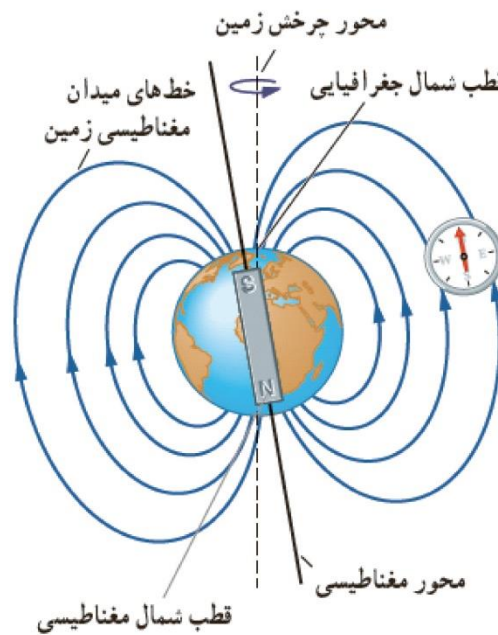
### خطوط میدان مغناطیسی:

خطوط فرضی هستند که برای نشان دادن **میدان مغناطیسی** در اطراف هر ماده مغناطیسی رسم می‌شوند. این خطوط در خارج از آهنربا از **قطب N به سمت قطب S** و در داخل آهنربا از **قطب S به سمت قطب N** هستند. در هر نقطه‌ای که تراکم این خطوط بیشتر باشد، میدان مغناطیسی **قوی تر** است.



میدان مغناطیسی زمین:

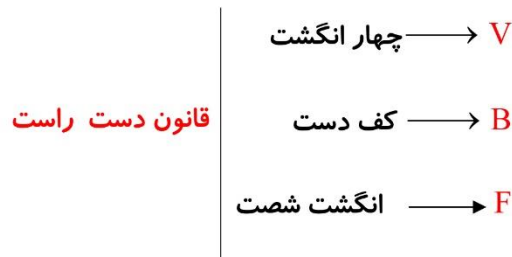
زمین مانند یک آهنربای عظیم است که **قطب N** (شمال) آن در **جنوب جغرافیایی زمین** و **قطب S** (جنوب) آن در **شمال جغرافیایی زمین** است. اما راستای شمال - جنوب جغرافیایی با راستای شمال - جنوب مغناطیسی زاویه ای می سازد یعنی قطب های مغناطیسی زمین بر قطب های جغرافیایی آن **منطبق نیستن**. در واقع، قطب های مغناطیسی و جغرافیایی زمین فاصله نسبتاً زیادی از یکدیگر دارند؛ مثلاً قطب جنوب مغناطیسی تقریباً در فاصله ۱۸۰۰ کیلومتری قطب شمال جغرافیایی قرار دارد. این بدان معناست که عقربه مغناطیسی قطب نما در جهت شمال واقعی جغرافیایی قرار نمی گیرد و تا حدودی از شمال جغرافیایی **انحراف** دارد.



### نیروی وارد بر ذره بار دار متحرک در میدان مغناطیسی

اگر بار الکتریکی  $q$  با سرعت  $v$  در میدان  $B$  حرکت کند، از طرف میدان مغناطیسی بر آن نیرویی وارد می شود که عمود بر راستای  $v$  و  $B$  بوده و جهت آن از **قانون دست راست** به شرح زیر به دست می آید:

اگر **چهار انگشت دست راست** خود را در جهت **سرعت بار** متحرک در نظر بگیرید به طوری که **کف دست شما** در جهت **میدان مغناطیسی** باشد، **انگشت شست شما** جهت **نیروی مغناطیسی** وارد بر ذره باردار را نشان می دهد.



بزرگی نیروی وارد بر بار الکتریکی در **میدان مغناطیسی** از رابطه ی زیر به دست می آید:

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

$\theta$ : زاویه بین  $B, V$

**نکته ۱:** هر گاه بار **هم راستا** با میدان حرکت کند نیرویی بر آن وارد می شود.

**نکته ۲:** هر گاه بار **عمود** بر میدان حرکت کند، نیرو وارد بر آن **بیشینه** است.

**نکته ۳:** نیروی وارد بر **بار منفی** در خلاف جهت نیروی وارد بر **بار مثبت** است یعنی برای بار منفی

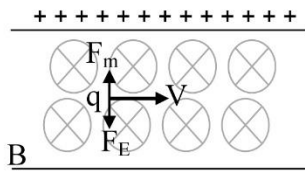
هم از همان قانون دست راست استفاده می کنیم ولی در آخر جهت نیروی به دست آمده را ،

**عکس** کنید.

**نکته ۴:** اگر بخواهیم بار الکتریکی ای به طور افقی وارد میدان مغناطیسی B شود و بدون انحراف

از این میدان عبور کند ، باید نیروی وارد بر بار وزن بار را خنثی کند و اگر جرم بار ناچیز باشد،

یک **میدان الکتریکی** در داخل میدان مغناطیسی طوری باید ایجاد کنیم که **برآیند** نیروهای وارد



بر بار از طرف این دو میدان برابر صفر شود.

در شکل بالا q ذره بار داری با **جرم ناچیز و بار مثبت** می باشد.

$$\sum F_y = 0 \quad F_M = F_E \quad qvB = Eq \quad E = vB$$

**یادآوری:** نیروی وارد بر بار الکتریکی در میدان الکتریکی از رابطه  $\vec{F} = q\vec{E}$  بدست می

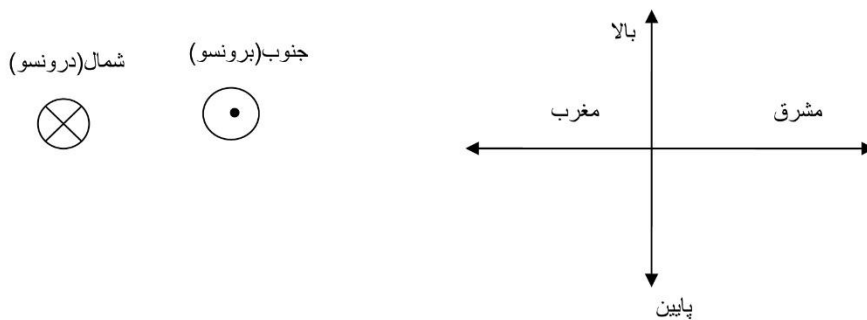
آید. این نیرو هم راستا با میدان الکتریکی است و اگر  $q > 0$  باشد، E با F هم جهت است و اگر

$q < 0$  باشد، E با F خلاف جهت است.

**نکته مهم:** دقت کنیم که چون نیروی مغناطیسی بر مسیر حرکت بار عمود است، سرعتش

را تغییری نمی دهد بلکه فقط جهت حرکت آن را عوض می کند.

**نکته ۶:** جهت های میدان مغناطیسی عبارت اند از:

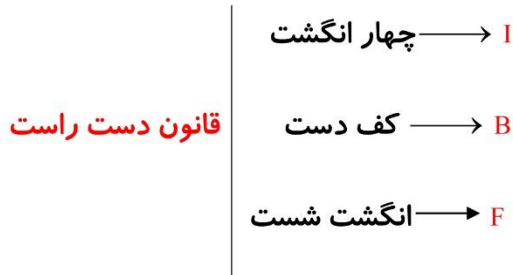


### نیروی مغناطیسی وارد بر رسانای حامل جریان

موتورهای الکتریکی ابزارهایی هستند که **انرژی الکتریکی** را به **انرژی مکانیکی** تبدیل می کنند و اساس کار بسیاری از دستگاه ها نظیر جاروی برقی، مته برقی، آسیاب برقی، ماشین لباسشویی، پنکه و... را تشکیل می دهند.

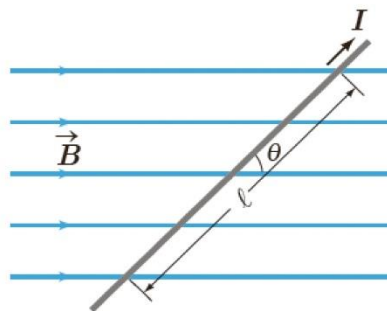
اورستد بیان کرد که نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می شود، بر **راستای سیم** و نیز بر **راستای میدان مغناطیسی عمود** است. جهت نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی را می توان با استفاده از قاعده دست راست تعیین کرد. این قانون به صورت زیر تعریف می شود:

اگر **چهار انگشت دست راست** خود را در جهت **جریان** بگیرید به طوری که **کف دست** شما در جهت **میدان مغناطیسی** باشد، **انگشت شصت** شما جهت **نیروی مغناطیسی** وارد بر سیم را نشان می دهد.



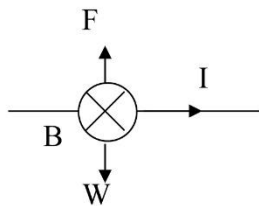
و بزرگی این نیرو از رابطه ی رو به رو بهدست می آید:

$$F = ILB \sin \theta$$



در این رابطه  $I$  جریان عبوری از سیم بر حسب آمپر،  $L$  طول بخشی از سیم بر حسب متر که در میدان مغناطیسی قرار دارد،  $B$  میدان مغناطیسی بر حسب تسلا و  $\theta$  زاویه بین امتداد سیم با خطوط میدان مغناطیسی می باشد.

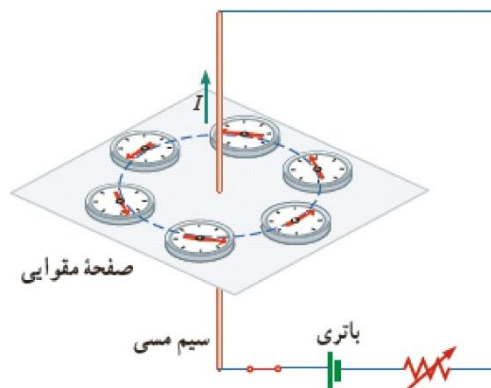
**نکته:** اگر بخواهیم سیم حامل جریان  $I$  در میدان مغناطیسی  $B$  به طور افقی در حال تعادل قرار بگیرد، باید نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم، وزن سیم را خنثی کند.



$$F = W \rightarrow ILB \sin \theta = mg$$

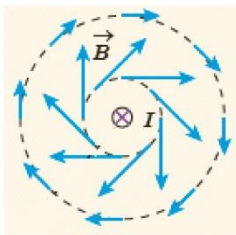
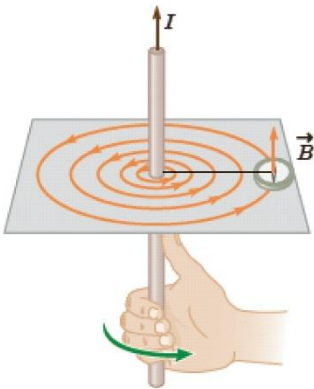
میدان مغناطیسی ناشی از جریان الکتریکی

اورستد با انجام دادن آزمایش هایی کشف کرد که عبور جریان الکتریکی از یک سیم رسانا در اطراف آن یک میدان مغناطیسی به وجود می آورد. این کشف اورستد گام مهمی در راه درک رابطه بین الکترومغناطیس و مغناطیس بود که به گسترش مبحث الکترومغناطیس انجامید.

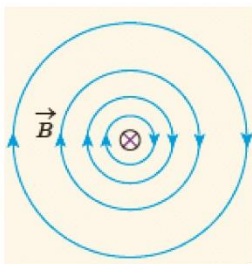


با توجه به جهت گیری عقربه های مغناطیسی مشاهده می کنیم که برای تعیین جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامله جریان کافی است سیم را **در دست راست** خود بگیریم به طوری که انگشت شست ما در جهت جریان ( $\vec{I}$ ) باشد، در این صورت **چهار انگشت خمیده** جهت میدان مغناطیسی ( $\vec{B}$ ) را نشان می دهد. (**قاعده دست راست**)

**نکته ۱:** خط های میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان، مطابق شکل روبه رو به صورت **دایره های هم مرکز** در اطراف سیم حامل جریان هستند.



**نکته ۲:** با توجه به شکل روبه رو با دور شدن از سیم حامل جریان اندازه **بردارهای ناشی از میدان مغناطیسی** کوچک می شوند که نشان می دهد با دور شد از سیم، میدان مغناطیسی در حال کاهش است.

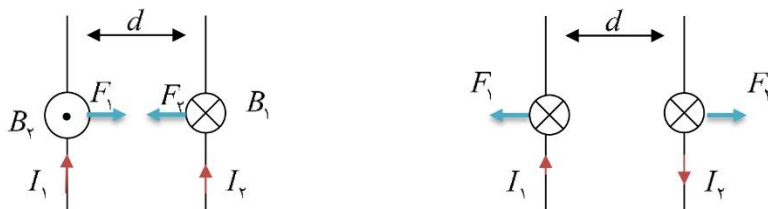


**نکته ۳:** از شکل صفحه ۹۶ کتاب درسی نتیجه می گیریم که با دور شدن از سیم حامل جریان **فاصله خطوط میدان مغناطیسی** بیشتر شده که نشان دهنده **کاهش** میدان مغناطیسی می باشد.



نیروی بین سیم های موازی حامل جریان:

وقتی دو سیم حامل جریان در کنار یک دیگر قرار بگیرند، هر یک در محل دیگری میدان مغناطیسی به وجود می آورد در نتیجه بر آن نیرو وارد می کند که بنا به **قانون سوم نیوتون** این دو نیرو، همواره **هم اندازه** و در **خلاف جهت** یکدیگرند. چنانچه جریان ها در دو سیم **هم جهت** باشند، این دو نیرو به صورت **جاذبه** و اگر جریان ها در **خلاف جهت** باشند این دو نیرو به صورت **دافعه** می باشند.



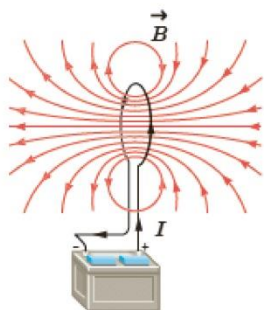
اندازه این نیرو از رابطه زیر بدست می آید:

$$F_1 = B_2 I_1 L_1 \sin \theta \xrightarrow{\theta=90^\circ} F_1 = \frac{\mu_o I_2}{2\pi d} I_1 L_1 \xrightarrow{\substack{L_o=L_2=L \\ \mu_o=4\pi \times 10^{-7}}} \rightarrow$$

$$F_1 = 2 \times 10^{-7} I_1 I_2 \frac{L}{d} \xrightarrow{\text{بنا به قانون سوم نیوتون}} F_1 = F_2 = F$$

میدان مغناطیسی ناشی از یک حلقه دایره ای حامل جریان:

با توجه به شکل زیر که خط های میدان مغناطیسی را در اطراف یک حلقه رسانای دایره ای



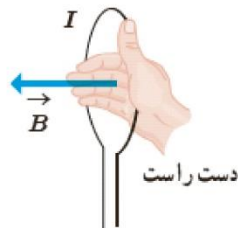
نشان می دهد می توان به نکات زیر پی برد:

**نکته ۱:** خط های میدان مغناطیسی درون حلقه حامل جریان **تراکم بیشتری** نسبت به خارج آن

دارند پس می توان نتیجه گرفت که **میدان مغناطیسی درون پیچه قوی تر از خارج از آن است.**

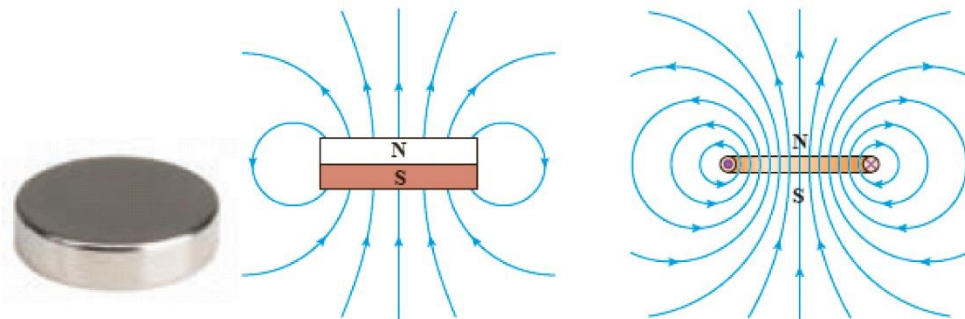
**نکته ۲:** همانند سیم حامل جریان برای تعیین جهت میدان مغناطیسی حاصل از حلقه حامل جریان

اگر سیم را در دست راست خود بگیریم به طوری که انگشت شست ما در جهت جریان ( $\vec{I}$ ) باشد، در این صورت چهار انگشت خمیده جهت میدان مغناطیسی ( $\vec{B}$ ) را نشان می دهد.



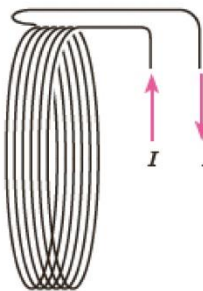
**نکته ۳:** بررسی و مقایسه میدان مغناطیسی یک حلقه حامل جریان و یک آهنربای تخت دایره ای

شکل، نشان می دهد که میدان مغناطیسی آنها درست مانند یکدیگر است. به همین دلیل، هر حلقه حامل جریان را به عنوان یک دو قطبی مغناطیسی در نظر می گیرند.



**نکته ۴:** استفاده از **یک تک حلقه** برای تولید میدانی با اندازه مطلوب ممکن

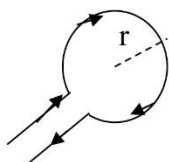
است نیازمند آن چنان جریان بزرگی باشد که از بیشینه جریان مجاز سیم حلقه فراتر باشد. در چنین شرایطی به جای تک حلقه، از پیچه ها برای تولید میدان مغناطیسی استفاده می شود.



**پیچه** ←

**بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه مسطح حامل جریان:**

اگر به جای یک تک حلقه یک پیچه مسطح شامل  $N$  حلقه حامل جریان  $(I)$  و به شعاع  $(R)$  داشته باشیم **بزرگی میدان مغناطیسی** در مرکز پیچه از رابطه زیر به دست می آید.



$$B = \frac{\mu \cdot NI}{2R}$$

در این رابطه  $R$  بر حسب متر،  $I$  بر حسب آمپر و  $\mu$  ثابت تراوایی مغناطیسی خلا می باشد که برابر  $4\pi \times 10^{-7} T \cdot m/A$  می باشد.

**نکته:** اگر سیم راستی به طول  $L$  را به صورت پیچه ای به شعاع  $r$  در آوریم ، تعداد حلقه های پیچه از رابطه زیر بدست می آید.

$$N = \frac{L}{P} \rightarrow N = \frac{L}{2\pi r}$$

$r$ : شعاع پیچه

$L$ : طول سیم

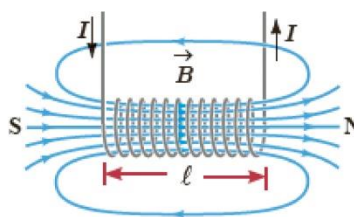
**سیملوله**

سیملوله، سیم درازی است که به صورت مارپیچی بلند، پیچیده شده است. با عبور جریان الکتریکی از سیملوله، در فضای اطراف آن **میدان مغناطیسی** به وجود می آید.

**میدان مغناطیسی حاصل از سیملوله حامل جریان:**

با توجه به شکل زیر که خط های میدان مغناطیسی را در اطراف یک سیملوله نشان می دهد می

توان به نکات زیر پی برد:



**نکته ۱:** خط های میدان **داخل سیملوله** بسیار متراکم تر از خط های میدان در خارج آن است و این نشانگر **بزرگ تر بودن میدان** در داخل سیملوله است.

**نکته ۲:** خط های میدان در داخل سیملوله، به ویژه در نقطه های نسبتاً دور از لبه های آن تقریباً **موازی و هم فاصله اند** و این، نشانگر **یکنواخت بودن میدان مغناطیسی** درون سیملوله است.

**نکته ۳:** همانند پیچه حامل جریان برای تعیین جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیملوله حامل جریان اگر انگشت شست ما در جهت جریان باشد، در این صورت چهار انگشت خمیده جهت میدان مغناطیسی را نشان می دهد.

### 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** گفته می شود.

### بزرگی میدان مغناطیسی داخل سیملوله آرمانی

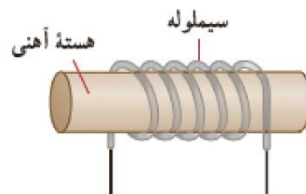
میدان مغناطیسی داخل یک **سیملوله آرمانی** در نقطه های دور از لبه ها یکنواخت است و اندازه آن از رابطه زیر به دست می آید:

$$B = \frac{\mu \cdot NI}{l}$$

در این رابطه  $I$  جریان عبوری بر حسب آمپر،  $l$  طول سیملوله بر حسب متر و  $\mu$  **ثابت تراوایی مغناطیسی** خلا می باشد که برابر  $4\pi \times 10^{-7} T \cdot m/A$  می باشد.

### آهنربای الکتریکی

اگر **یک هسته آهنی** را داخل سیملوله حامل جریان قرار دهیم، میدان مغناطیسی سیملوله در هسته آهنی خاصیت مغناطیسی **القا** می کند و **هسته آهنی آهنربا می شود**. این آهنربا را آهنربای الکتریکی می نامند.



**نکته ۱:** آهنربای الکتریکی صنعتی شامل **پیچه ای حامل جریان** است که تعداد دور سیم زیادی دارد و میدان مغناطیسی حاصل از آن قادر است مقدار زیادی میله های فولادی و دیگر قراضه های آهن را بلند کند.

**نکته ۲:** هر چه **تعداد دورهای سیملوله** و **جریانی** که از آن می گذرد بیشتر باشد، آهنربای الکتریکی قوی تر خواهد بود. یعنی قدرت آهنربای الکتریکی به دو عامل وابسته است ۱\_ **تعداد دورهای سیملوله** ۲\_ **جریان گذرنده از سیملوله**

**نکته ۳:** وجود هسته آهنی باعث **تقویت میدان مغناطیسی** سیملوله می شود. میدان مغناطیسی سیملوله بدون هسته آهنی به قدری ضعیف است که در عمل کاربردهای کمی دارد.

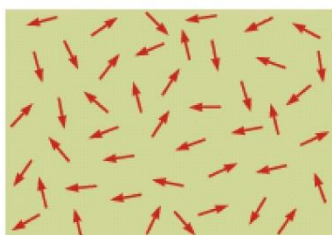
#### مواد مغناطیسی

موادی را که اتم ها یا مولکول های سازنده آنها خاصیت مغناطیسی داشته باشند، **مواد مغناطیسی** می نامند. یعنی می توان گفت **کوچک ترین ذره های تشکیل دهنده** این مواد (اتم ها یا مولکول ها) مانند دوقطبی مغناطیسی رفتار می کنند.

**نکته:** در کتاب درسی، دوقطبی های مغناطیسی را با یک **پیکان کوچک** نشان داده اند که می توانند جهت گیری های متفاوتی داشته باشند و هر کدام از آنها وابسته به یک **اتم یا مولکول** اند. مواد مغناطیسی به سه دسته تقسیم بندی می شوند:

• مواد پارامغناطیس

اتم های مواد پارامغناطیسی، **خاصیت مغناطیسی دارند** اما دوقطبی های مغناطیسی وابسته به آنها، به طور **کاتوره ای** سمت گیری کرده اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی کنند با قرار دادن مواد پارامغناطیسی درون میدان مغناطیسی خارجی قوی (مثلا نزدیک یک آهنربای قوی)، **دو قطبی های مغناطیسی** آنها، مانند عقربه قطب نما در نزدیکی آهنربا رفتار می کنند و به مقدار مختصری در راستای خط های میدان مغناطیسی منظم می شوند **و هر چه میدان مغناطیسی قوی تر باشد دو قطبی های بیشتری با میدان هم خط می شوند.** با دور کردن آهنربا از این مواد، دوقطبی های مغناطیسی آنها، دوباره به طور کاتوره ای سمت گیری می کنند. به این ترتیب، می توان گفت مواد پارامغناطیسی در حضور میدان های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می کنند. **اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن** از جمله مواد پارامغناطیسی اند.



سمت گیری کاتوره ای دوقطبی های مغناطیسی در یک ماده پارامغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی

• مواد دیا مغناطیس

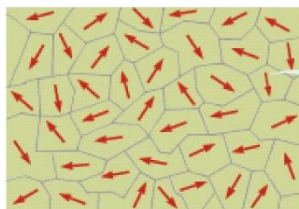
اتم های مواد دیا مغناطیسی به طور ذاتی **فاقد خاصیت مغناطیسی اند.** به عبارت دیگر، هیچ یک از اتم های این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خالصی نیستند. با وجود این، حضور میدان مغناطیسی خارجی، می تواند سبب القای دوقطبی های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیا مغناطیسی شود. **مس، نقره، سرب و بیسموت** از جمله مواد دیا مغناطیس هستند.

• مواد فرومغناطیس

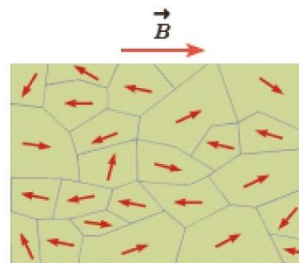
این نوع مواد از بخش های کوچکی به نام **حوزه مغناطیسی** تشکیل شده اند که در هر حوزه ، دو قطبی های مغناطیسی با هم ، **هم خط هستند** ولی سمت گیری دو قطبی های مغناطیسی هر حوزه با حوزه های مجاور آن تفاوت دارد. اگر این نوع مواد در میدان مغناطیسی خارجی قرار بگیرند، مرز حوزه ها جابه جا می شود، یعنی حوزه هایی که نسبت به میدان در وضع مناسبی قرار دارند (با میدان همسو هستند) رشد می کنند . یعنی حجمشان زیاد می شود و حوزه هایی که نسبت به میدان ، وضعیت مناسبی ندارند کوچک می شوند و جسم خاصیت مغناطیسی پیدا می کند.

**آهن و نیکل و کبالت و آلیاژهای این عناصر** از این نوع موادند.

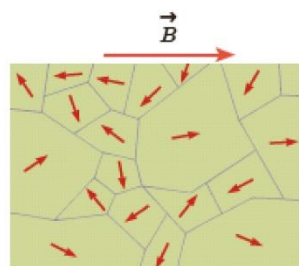
**نکته:** درون هر حوزه تقریباً از مرتبه  $10^{19}$  اتم وجود دارد که دو قطبی های مغناطیسی وابسته به آنها هم جهت اند.



ماده فرومغناطیسی در نبود میدان مغناطیسی خارجی



ماده فرومغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی ضعیف



ماده فرومغناطیس در حضور میدان مغناطیسی خارجی قوی

✓ مواد فرومغناطیس خود به دو دسته تقسیم می شوند:

۱\_ **مواد فرو مغناطیس نرم** : موادی هستند که به **آسانی** آهنربا شدن و به آسانی نیز این خاصیت را از دست می دهند. از این گونه مواد در هسته سیم لوله ها برای ساختن **آهنربای الکتریکی غیر دائمی** استفاده می کنند. آهن و نیکل و کبالت در صورتی که **خالص** باشند، از این نوع موادند.

۲\_ **مواد فرو مغناطیس سخت** : موادی هستند که به **سختی** آهنربا شده و به سختی نیز این خاصیت را از دست می دهند. از این مواد برای ساختن **آهنرباهای دائمی** استفاده می کند. فولاد (آهن به اضافه دو درصد کربن) ، **آلیاژهای آهن** ، کبالت و نیکل از این نوع موادند.

**نکته** : برای خاصیت آهنربایی هر ماده فرومغناطیسی، **مقدار اشباع یا بیشینه ای** وجود دارد. این وضعیت هنگامی به وجود می آید که ماده فرومغناطیسی در یک میدان مغناطیسی بسیار قوی قرار گیرد؛ به طوری که درصد بالایی از دوقطبی های مغناطیسی حوزه ها به موازات یکدیگر هم خط شوند. به عبارت دیگر، **حجم حوزه هایی** که با میدان مغناطیسی خارجی همسو هستند، به بیشترین مقدار خود برسد.



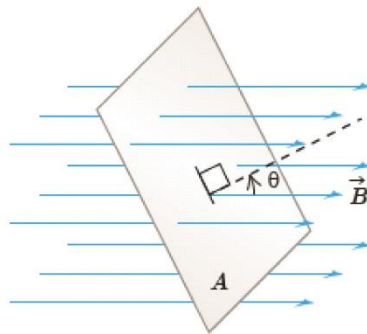
## القای الکترومغناطیسی

بعد از پدیده‌های القای الکتریکی و مغناطیسی که به ترتیب بار الکتریکی و خاصیت مغناطیسی به ماده‌ی دیگری القا می‌شود، به پدیده القای الکترومغناطیسی می‌رسیم که در آن جریان الکتریکی در یک رسانا القا می‌شود. به این جریان القا شده، **جریان الکتریکی القایی** می‌گویند.

### شار مغناطیسی

هرگاه قابی به مساحت  $A$  در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $B$  قرار داشته باشد، شار مغناطیسی که از سطح آن می‌گذرد عبارت است از:

$$\varphi = BA \cos \theta$$



در رابطه بالا  $B$  میدان مغناطیسی بر حسب **تسلا**،  $A$  مساحت قاب یا حلقه داخل میدان مغناطیسی بر حسب **مترمربع** و  $\theta$  زاویه بین بردار میدان مغناطیسی و نیم خط عمود بر سطح حلقه می‌باشد.

**نکته ۱:** شار مغناطیسی کمیت نرده ای است و یکای آن در SI وبر ( $Wb$ ) است که با توجه به

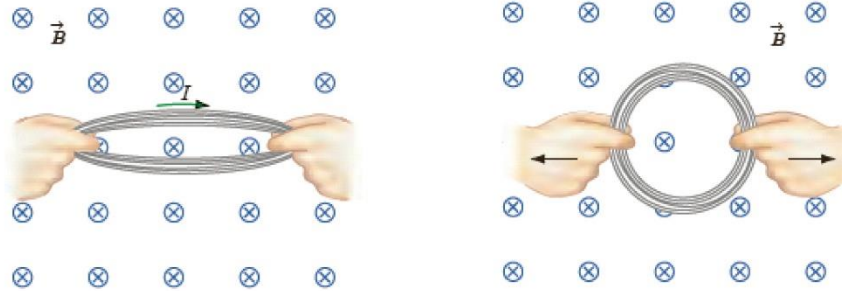
رابطه بالا داریم:

$$1Wb = 1T \cdot m^2$$

**نکته ۲:** با توجه به رابطه شار مغناطیسی، که تغییر شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه بسته به سه حالت ممکن است صورت گیرد:

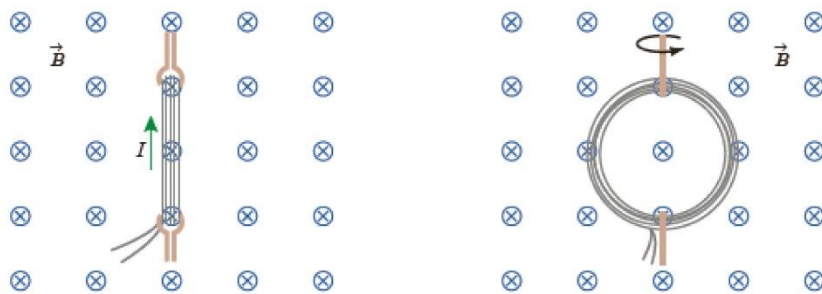
۱. تغییر میدان مغناطیسی با زمان

۲. تغییر مساحت حلقه در میدان مغناطیسی



۳. چرخاندن پیچه درون میدان مغناطیسی (تغییر زاویه خط عمود بر پیچه با میدان

مغناطیسی)



**نکته ۳:** اگر زاویه بین سطح و خطوط میدان داده شده باشد، باید متعم آن را حساب کنیم تا  $\theta$  بدست آید.

$$\theta = 90 - \alpha$$

**نکته ۴:** اگر سطح هم راستا با میدان مغناطیسی باشد، شار عبوری از سطح صفر است و اگر سطح عمود بر خطوط میدان مغناطیسی باشد، شار عبوری از سطح بیشینه است.

**نکته ۵:** همواره **دو جهت** برای رسم نیم خط عمود بر یک سطح معین وجود دارد. علامت شار مغناطیسی عبوری از این سطح نیز به انتخاب این جهت بستگی دارد. برای مثال، در شکل بالا نیم خط عمود را در طرفی از سطح رسم کرده ایم که زاویه بین آن و جهت میدان  $\vec{B}$  **کمتر از ۹۰ درجه** است و در نتیجه شار عبوری از سطح مثبت می شود. اگر نیم خط عمود را در طرف دیگر سطح انتخاب کنیم، در این صورت، زاویه آن با جهت میدان  $\vec{B}$  **بیشتر از ۹۰ درجه** خواهد شد و در نتیجه شار عبوری از سطح منفی می شود. هر دو انتخاب به یک اندازه مفیدند، **ولی در حل یک مسئله، همواره باید یکی را انتخاب کنیم و تا پایان آن را تغییر ندهیم.**

### قانون القای الکترومغناطیسی فارادی

هر گاه شار مغناطیسی ای که از **مدار بسته ای** می گذرد تغییر کند، نیروی محرکه ای در آن القا می شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است.

$$\text{نیروی محرکه القایی متوسط} \longrightarrow \bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

**نکته ۱:** نیروی محرکه ای القا شده در حلقه یا قاب با **آهنگ تغییر شار مغناطیسی**  $\left(\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}\right)$  متناسب است؛ یعنی هرچه آهنگ تغییر شار مغناطیسی بیشتر باشد، نیروی محرکه القایی و در نتیجه جریان القایی تولید شده در مدار **بیشتر** خواهد بود.

**نکته ۲:** اگر مقاومت پیچیده برابر  $R$  باشد، جریان القا شده در آن از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$I = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{-N \Delta\varphi}{R \Delta t}$$

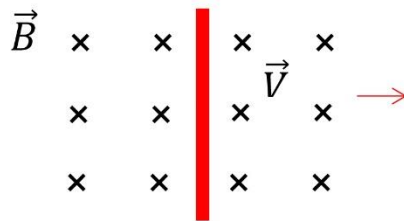
**نکته ۳:** بر اساس رابطه  $q = It$ ، مقدار بار الکتریکی القایی در حلقه یا پیچیده را می توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$q = It \rightarrow \Delta q = I \Delta t \rightarrow \Delta q = \frac{-N}{R} \Delta\varphi$$

همان طور که مشاهده می شود بار الکتریکی القایی به زمان تغییر شار بستگی ندارد.

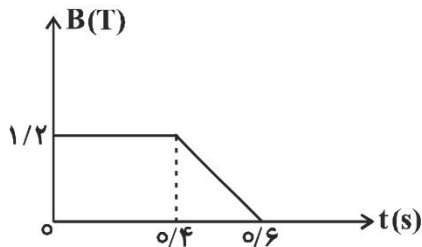
**نکته مهم:** اگر میله رسانایی به طول  $L$  عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی  $B$  با سرعت  $V$  حرکت کند، در دو سر میله **نیروی محرکه ای** (اختلاف پتانسیلی) به وجود می آید که از رابطه زیر به دست می آید:

$$\varepsilon = -BLV \rightarrow |\varepsilon| = BLV$$



**نکته ۵:** منفی شیب نمودار  $\phi - t$  برابر  $\varepsilon$  و سطح زیر نمودار  $\varepsilon - t$  برابر  $-N\Delta\phi$  می باشد.

**مثال:** نمودار شکل زیر، اندازه ی یک میدان مغناطیسی یکنواخت را که بر سطح پیچه ای به مساحت  $40 \text{ cm}^2$  عمود است، برحسب زمان نشان می دهد. اگر بزرگی نیروی محرکه ی القایی متوسط در پیچه از لحظه ی  $t_1 = 4 \text{ s}$  تا لحظه ی  $t_2 = 6 \text{ s}$  برابر با  $3 \text{ V}$  ولت باشد، این پیچه شامل چند دور حلقه است؟



۲۵ (۱)      ۵۰ (۲)

۱۲۵ (۳)      ۲۵۰ (۴)

**پاسخ)**

تعداد دور حلقه ها به کمک رابطه ی فارادی به دست می آید:

$$\bar{\varepsilon} = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow \bar{\varepsilon} = \left| -N \frac{A\Delta B}{\Delta t} \right| \quad \begin{matrix} |\varepsilon| = 3 \text{ V}, A = 40 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \\ \Delta B = 0 - 1/2 \text{ T}, \Delta t = 0.6 - 0.4 = 0.2 \text{ s} \end{matrix}$$

$$3 = \left| -N \times \frac{40 \times 10^{-4} \times (-1/2)}{0.2} \right| \Rightarrow N = 125 \text{ دور}$$

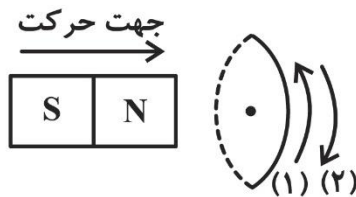
قانون لنز

مدت کوتاهی پس از آنکه فاراده قانون القای الکترومغناطیسی را ارائه کرد، هاینریش لنز، دانشمندروس تبار، در سال ۱۸۳۴ میلادی روشی را برای تعیین جهت جریان القایی در یک پیچه یا در هرمدار بسته دیگری پیشنهاد کرد. این روش که بعدها به قانون لنز شهرت یافت، حاکی از آن است که:

جریان حاصل از نیروی محرکه القایی در یک مدار یا پیچه در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل به وجود آورنده جریان القایی، یعنی تغییر شار مغناطیسی، مخالفت می کند.

مثال: مطابق شکل زیر، یک آهنربا وارد یک حلقه‌ی رسانا شده و از آن خارج می شود. کدام گزینه جهت جریان القایی در حلقه را به ترتیب از راست به چپ در هنگام ورود و خروج آهنربا به درستی

نشان می دهد؟



(۱) و (۲)

(۲) و (۱)

(۱) و (۱)

(۲) و (۲)


پاسخ)

در هنگام ورود آهنربا به حلقه، شار مغناطیسی عبوری از حلقه در حال افزایش است. در نتیجه، طبق قانون لنز جهت جریان القایی در حلقه به گونه‌ای است که با این افزایش شار مخالفت کند. یعنی طبق قاعده‌ی دست راست جریانی در جهت (۱) در حلقه القا می شود.

در هنگام خروج آهنربا از حلقه، شار مغناطیسی عبوری از حلقه در حال کاهش است. در نتیجه طبق قانون لنز جریانی در جهت (۲) در حلقه القا می شود تا با کاهش شار مخالفت کند.

## القاگر

وسیله‌ای است که برای تولید میدان مغناطیسی دلخواه و همچنین ذخیره انرژی مغناطیسی،

استفاده می‌شود علاوه بر این، نماد القاگر در مدار به صورت  می‌باشد.

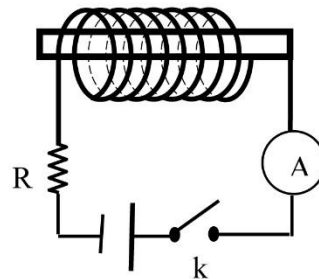
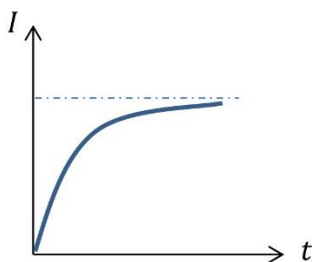
القاگر مانند مقاومت و خازن یکی از اجزای ضروری مدارهای الکترونیکی است.

## پدیده خودالقایی

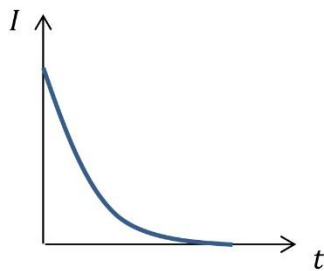
اگر جریان که از یک القاگر (پیچ یا سیم‌لوله یا ...) می‌گذرد تغییر کند، شار مغناطیسی نیز تغییر می‌کند و بنا به قانون فارادی، در آن نیروی محرکه‌ای القا می‌شود که با عامل تغییر جریان مخالفت می‌کند، این پدیده را خودالقایی و نیروی محرک القا شده در خود این القاگر را نیروی محرکه خودالقایی می‌گویند.

**نکته:** در هنگام افزایش جریان (مثلا در لحظه وصل کلید در مدار شکل زیر) نیروی محرکه خودالقایی در خلاف جهت نیروی محرکه مولد است یعنی سیم‌لوله مانند باطری ای عمل می‌کند که از افزایش جریان اصلی جلوگیری کند و جریان القایی در خلاف جهت جریان اصلی در مدار است.

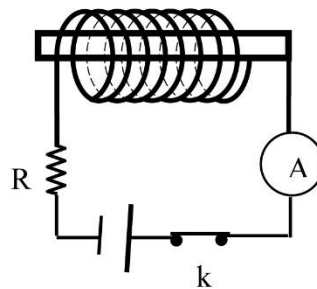
نمودار جریان بر حسب زمان به صورت زیر است:



همچنین در هنگام کاهش جریان (مثلاً در لحظه قطع کلید در مدار شکل زیر) نیروی محرکه خودالقایی هم جهت با نیروی محرکه مولد است، یعنی سیم‌لوله مانند **باتری‌ای** عمل می‌کند که از کاهش جریان اصلی جلوگیری کند و جریان القایی هم جهت با جریان اصلی مدار است. نمودار جریان بر حسب زمان برای این حالت به صورت زیر است:



نمودار جریان بر حسب زمان به صورت زیر است:

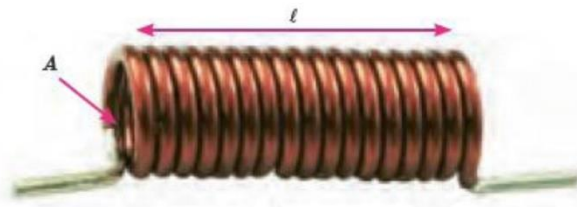


### ضریب القاوری

ویژگی‌های فیزیکی هر القاگر، توسط ضریب القاوری آن تعیین می‌شود. ضریب القاوری با  $L$  نمایش داده می‌شود و به عواملی همچون تعداد دور، طول و سطح مقطع القاگر و جنس هسته‌ای که داخل آن قرار می‌گیرد بستگی دارد.

یکای ضریب خود القاوری در SI **اهم ثانیه** ( $\Omega \cdot s$ ) است که به احترام جوزف هانری هانری نامیده می‌شود و با **نماد H** نشان داده می‌شود. ضریب القاوری هر سیم‌لوله‌ای از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$L = \mu \cdot \frac{N^2}{l} A$$



**نکته ۱:** اگر سیملوله ما دارای هسته باشد، ضریب القاوری آن از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$L = k\mu \cdot \frac{N^2}{l} A$$

دقت کنید که  $k$  ضریب است و واحدی ندارد.

**نکته ۲:** ضریب خودالقاوری از مشخصات ساختمانی سیملوله است که به تعداد حلقه ، طول

سیملوله ، مساحت مقطع سیملوله و جنس هسته سیملوله بستگی دارد.

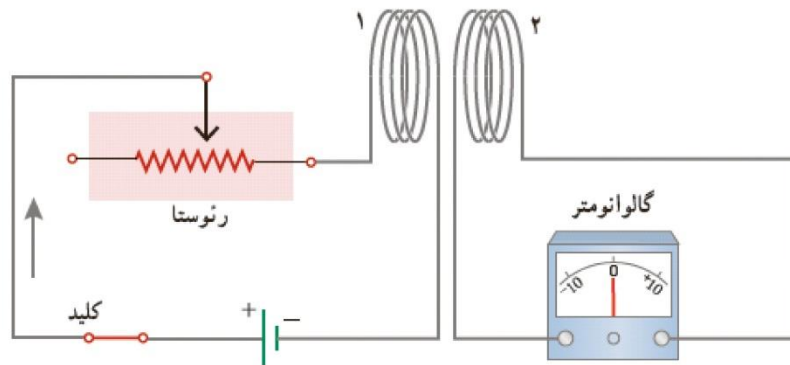
انرژی ذخیره شده در القاگر

وقتی جریان از القاگر می گذرد، انرژی که از طرف مولد در میدان مغناطیسی سیملوله ذخیره

می شود عبارت از :

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

القای متقابل



**جریان** گذرنده از سیملوله ۱ **میدان مغناطیسی**  $\vec{B}$  را به وجود می آورد. این میدان  $\vec{B}$  شار مغناطیسی

ای را از پیچه ۲ می گذراند که در مجاورت آن قرار دارد. با تغییر دادن مقاومت رئوستا و تغییر

جریان در پیچه ۱، میدان مغناطیسی پیچه ۱ و در نتیجه **شار عبوری** از پیچه ۲ نیز تغییر می کند؛

بنابر قانون فاراده، این تغییر شار، نیروی محرکه ای را در پیچه ۲ القا می کند که به ایجاد جریان



القایی در این پیچه می انجامد. همچنین تغییر جریان در پیچه ۲، سبب ایجاد نیروی محرکه القایی در پیچه ۱ می شود. این فرایند، **القای متقابل** نامیده می شود و به کمک آن می توان انرژی را از یک پیچه، به پیچه دیگر منتقل کرد.

**نکته ۱:** در برخی از مدارهایی که از چندین القاگر به وجود آمده است، تغییرات جریان در یک



القاگر می تواند **نیروهای محرکه ناخواسته ای** را در القاگرهای مجاور القا کند. به همین دلیل، در برخی از مدارهای الکتریکی، القای متقابل می تواند مزاحم باشد. برای هرچه کمتر کردن این اثر ناخواسته، باید سطح حلقه های القاگرهای مجاور را مطابق شکل روبه رو به طور عمود بر یکدیگر قرار داد. در این صورت، **اثر القای متقابل** تا حد امکان کوچک می شود.

**نکته ۲:** تفاوت مقاومت و القاگر در مدارهای الکتریکی این است که هنگام عبور جریان از مقاومت، انرژی وارد آن می شود، جریان چه پایا باشد و چه تغییر کند، این انرژی در مقاومت به **انرژی گرمایی** تبدیل می شود (انرژی تلف می شود)؛ در حالی که در یک **القاگر آرمانی** (با مقاومت صفر) تنها وقتی انرژی وارد القاگر می شود که جریان در آن **افزایش** یابد. **این انرژی تلف نمی شود؛** بلکه در میدان مغناطیسی القاگر **ذخیره** شده و هنگام کاهش جریان، آزاد می شود.

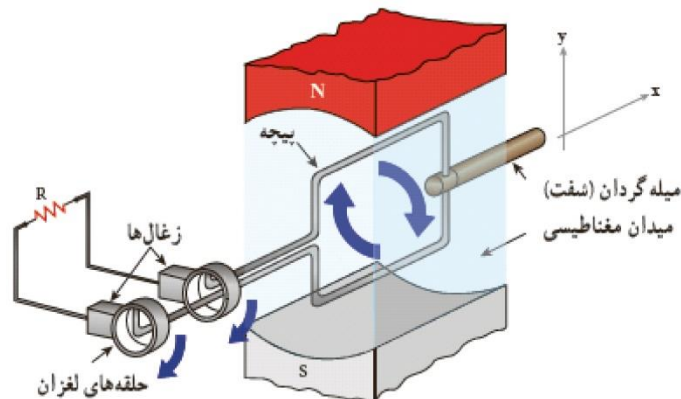
**نکته ۳:** هنگام عبور جریان پایا از یک القاگر آرمانی (سیم پیچ بدون مقاومت)، انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی شود.

### جریان متناوب

تفاوت اساسی بین جریان متناوب (AC) و مستقیم (DC) این است که جهت جریان در مدار جریان مستقیم معین است، در حالی که در مدار جریان متناوب، به دلیل تغییر جهت جریان با گذشت زمان، نمی توان جهت معینی را برای جریان در نظر گرفت. تمامی نیروگاه های تولید برق در دنیا و از جمله ایران، جریان متناوب تولید می کنند که تابعی سینوسی از زمان است و به همین دلیل، جریان متناوب سینوسی نامیده می شود.

### تولید جریان متناوب

برای تولید نیروی محرکه القایی باید شار عبوری از پیچه تغییر کند. همچنین دیدیم که در حضور میدان مغناطیسی یکنواخت، شاری که از پیچه می گذرد از رابطه  $\Phi = BA \cos\theta$  راجح ترین روش برای تغییر شار و در نتیجه تولید جریان القایی، تغییر زاویه  $\theta$  است.



اگر پیچه به طور یکنواخت بچرخد و هر دور چرخش آن  $T$  ثانیه طول بکشد، پیچه در مدت  $t$  ثانیه به اندازه  $\frac{t}{T}$  دور خواهد چرخید. اگر هر دور چرخش پیچه معادل  $2\pi$  رادیان باشد، و پیچه در زمان صفر عمود بر میدان مغناطیسی باشد ( $\theta = 0$ ) پس از گذشت  $t$  ثانیه زاویه  $\theta$  برابر  $(\frac{t}{T})(2\pi)$  می شود بنابراین شاری که در لحظه  $t$  از پیچه می گذرد برابر است با:

$$\Phi = BA \cos \frac{2\pi}{T} t$$

حال به کمک قانون فاراده (با مشتق گرفتن از رابطه بالا بر حسب زمان) می توان نشان داد نیروی محرکه القایی در پیچه در لحظه  $t$  از رابطه زیر به دست می آید:

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

**نکته ۱:** زمان چرخش یک دور کامل پیچه ( $T$ ) را **دوره** یا **زمان تناوب** می نامند.

**نکته ۲:** عکس دوره، **بسامد** یا **فرکانس** می باشد که نشان می دهد پیچه در هر ثانیه چند مرتبه به طور کامل می چرخد. یکای SI بسامد  $s^{-1}$  یا هرتز (Hz) می باشد و آن را با نماد  $f$  نشان می دهند.

$$f = \frac{1}{T}$$

**نکته ۳:** در رابطه بالا  $\varepsilon_m$  بیشینه مقدار نیروی محرکه القایی در پیچه است که برابر است با:

$$\varepsilon_m = NAB \frac{2\pi}{T}$$

$N$ : تعداد دور های پیچه

$A$ : مساحت مقطع پیچه بر حسب متر مربع:

$B$ : اندازه میدان مغناطیسی برا حسب تسلا:

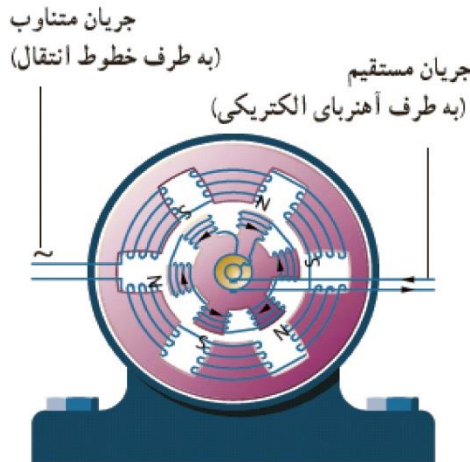
**نکته ۴:** اگر مقاومت کل مدار پیچه برابر  $R$  باشد، با توجه به رابطه  $I = \frac{\varepsilon}{R}$  جریانی که در پیچه القا می شود برابر است با:

$$I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

**نکته ۵:** در این رابطه  $I_m$  بیشینه جریان القا شده در پیچه می باشد که برابر است با:

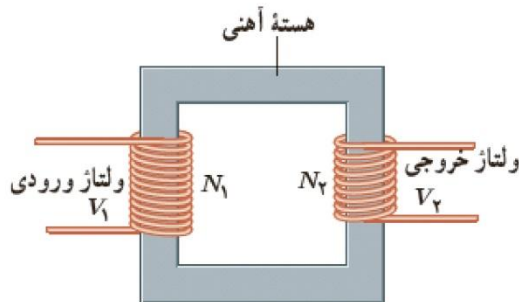
$$I_m = \frac{\varepsilon_m}{R} = \frac{NAB \frac{2\pi}{T}}{R}$$

نکته ۶: در نیروگاه های تولید برق، برای تولید جریان متناوب از مولدهای خاصی استفاده می شود که به آنها **مولدهای صنعتی جریان متناوب** می گویند. در مولدهای صنعتی پیچها ساکن اند و آهنربای الکتریکی در آنها می چرخد.



### مبدل

مبدل یا ترانسفورماتور، وسیله ای است که می تواند ولتاژ کم را به زیاد و بالعکس تبدیل نماید. این وسیله شامل یک **هسته آهنی (فرو مغناطیس نرم)** با دو سیم پیچ در مقابل هم است که تعداد دورهای آن ها متفاوت است.



در مبدل بالا پیچ اولیه با  $N_1$  دور به ولتاژ  $V_1$  بسته شده است و پیچ ثانویه با  $N_2$  دور ولتاژ  $V_2$  را تامین می کند.

برای یک مبدل آرمانی که مقاومت پیچهای آن ناچیز است، رابطه زیر برقرار است:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

**نکته ۱:** یکی از مزیت های مهم توزیع توان الکتریکی ac بر dc آن است که افزایش و کاهش ولتاژ ac بسیار آسان تر از dc است.

**نکته ۲:** برای انتقال توان الکتریکی در فاصله های دور، تا جایی که امکان دارد باید از ولتاژهای بالا و جریان های کم استفاده کنیم. این کار **اتلاف توان** را در خط های انتقال کاهش می دهد. همچنین با توجه به کاهش جریان می توان از سیم های نازک تری استفاده و در مصرف مواد اولیه ساخت سیم صرفه جویی کرد.

**نکته ۳:** خط های انتقال توان الکتریکی به طور معمول از ولتاژهایی در حدود  $400\text{KV}$  استفاده می کنند.

اگر سوالی در ارتباط با این درسنامه ذهنتان را مشغول کرده، می توانید آن را از آیدی زیر پرسید.

@kanoonmath11

کانال یازدهم ریاضی کانون

@kanoonir\_11r