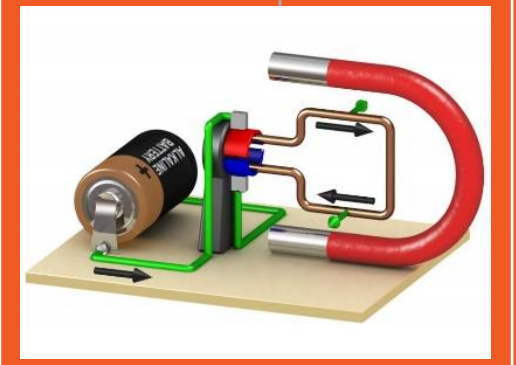
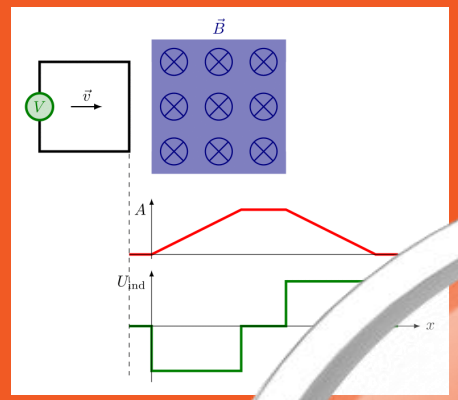
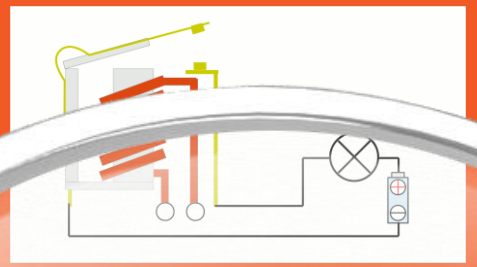
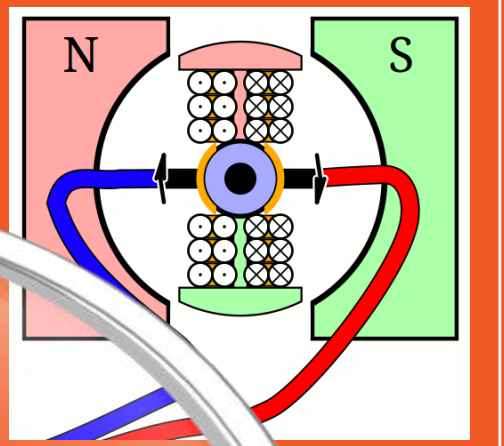
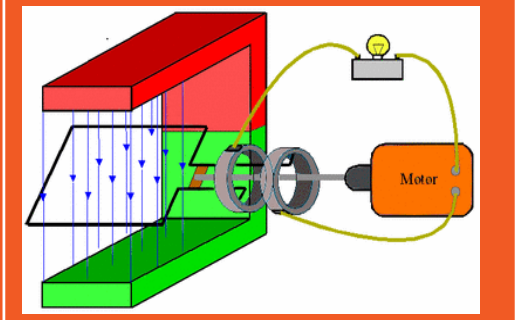
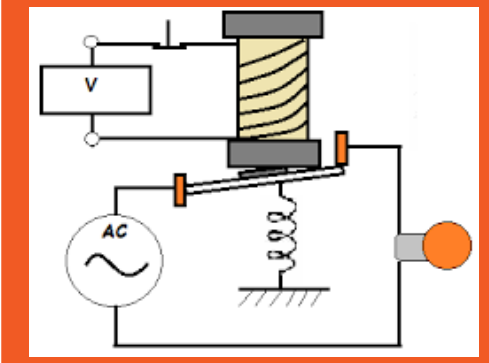




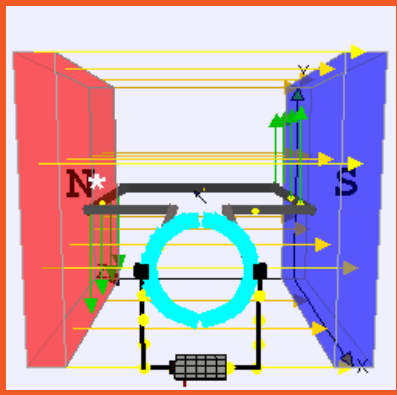


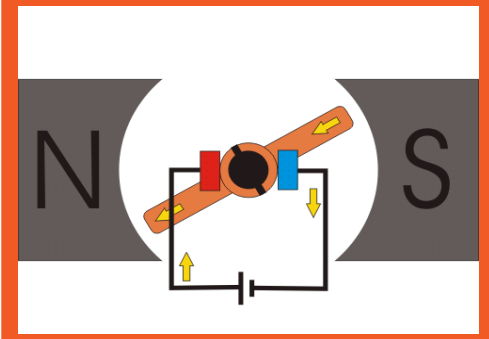


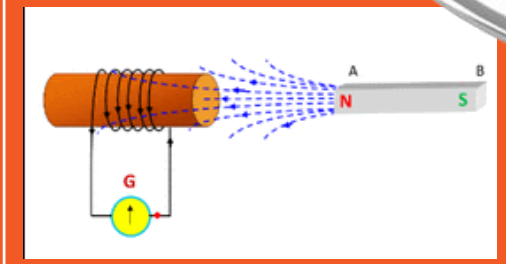


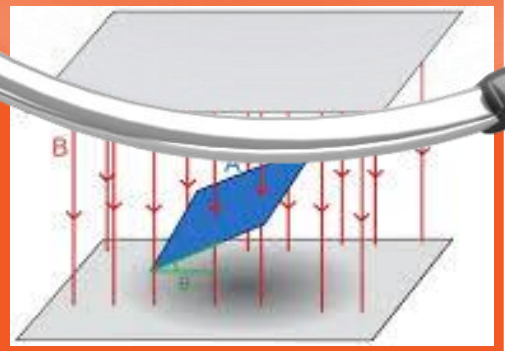


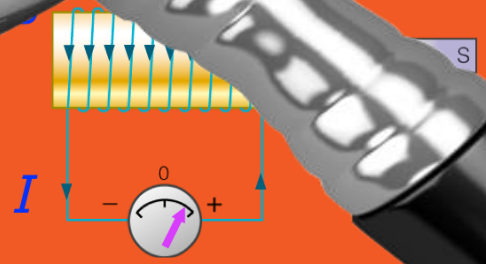
الكترومغناطيس

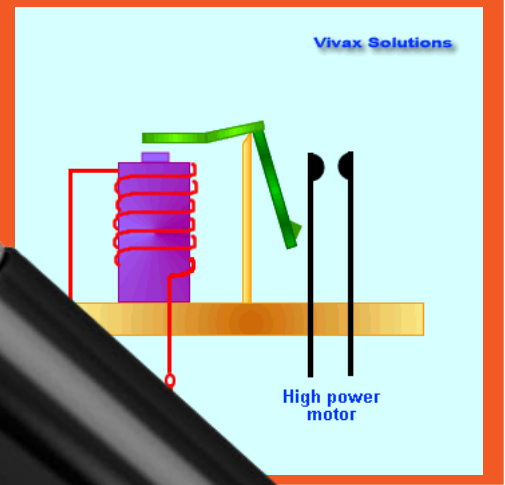


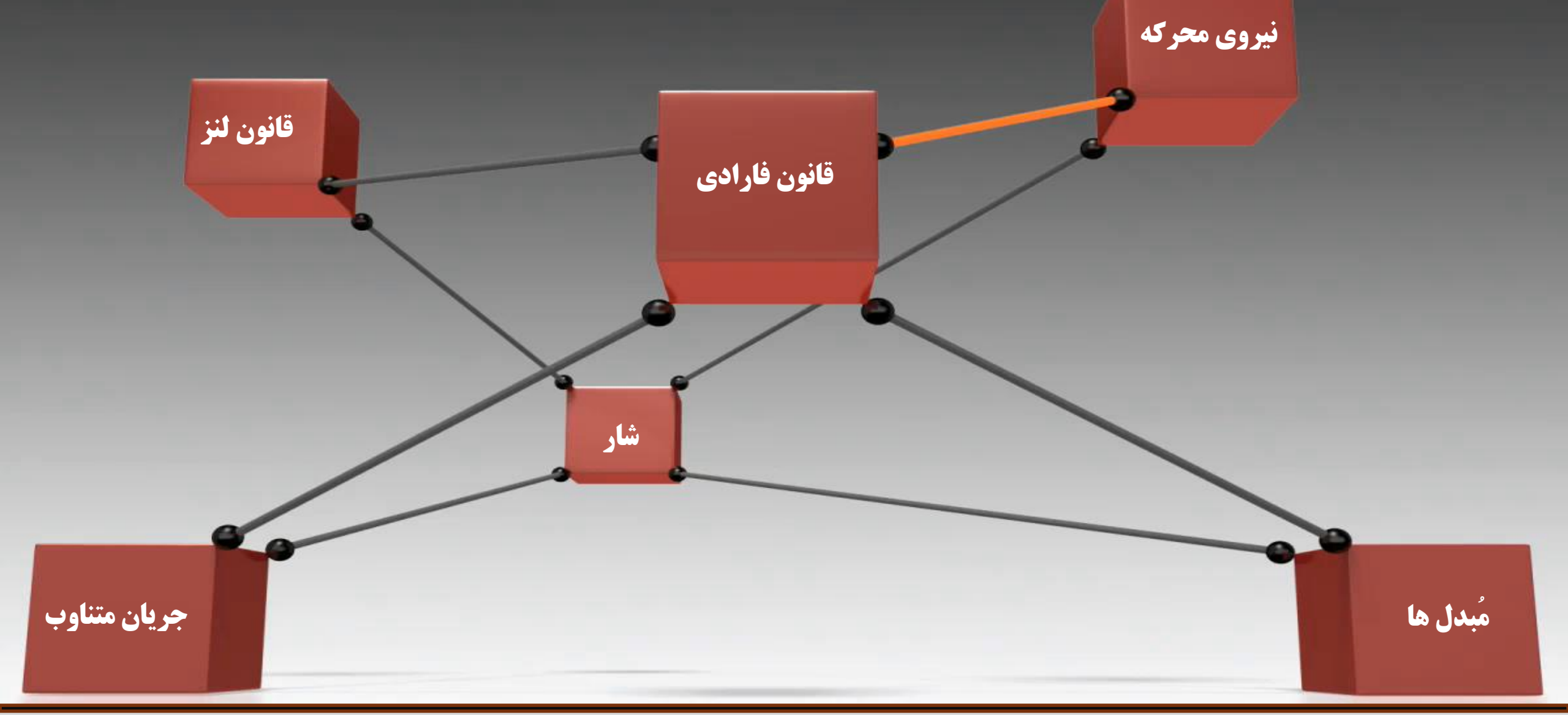




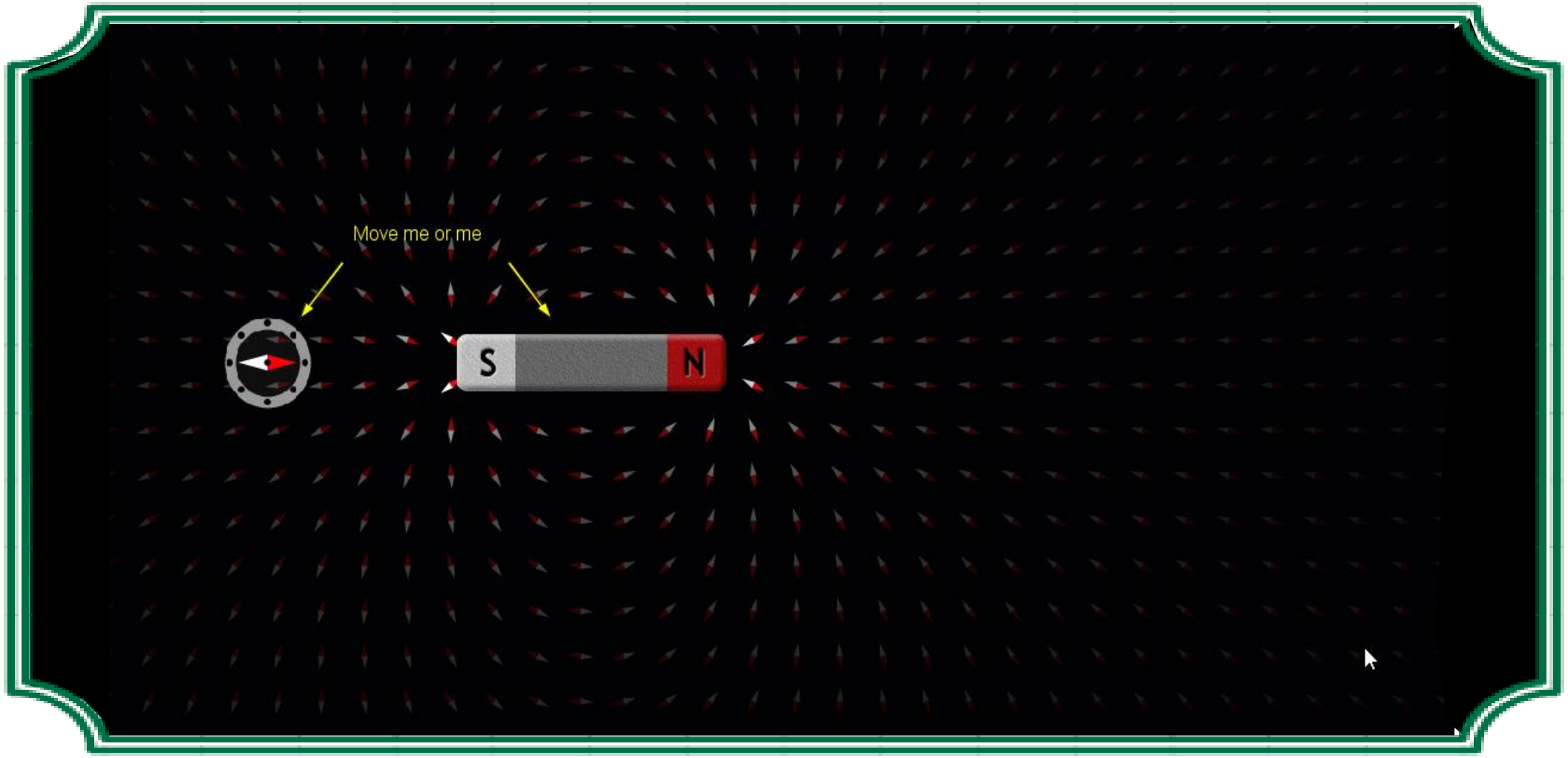




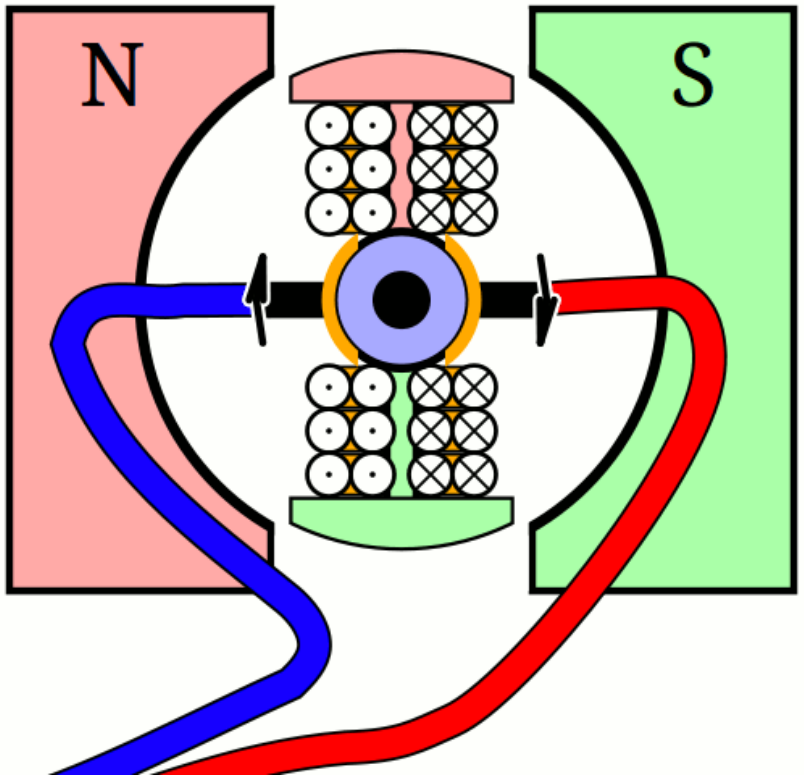




الکترومغناطیس

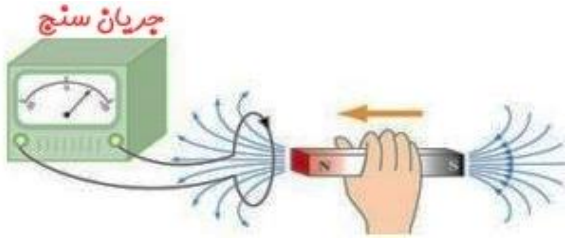
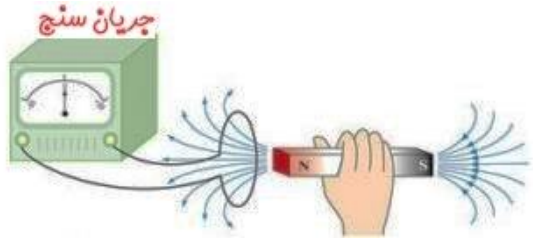
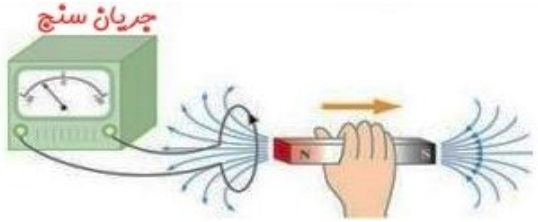

Move me or me
S
N

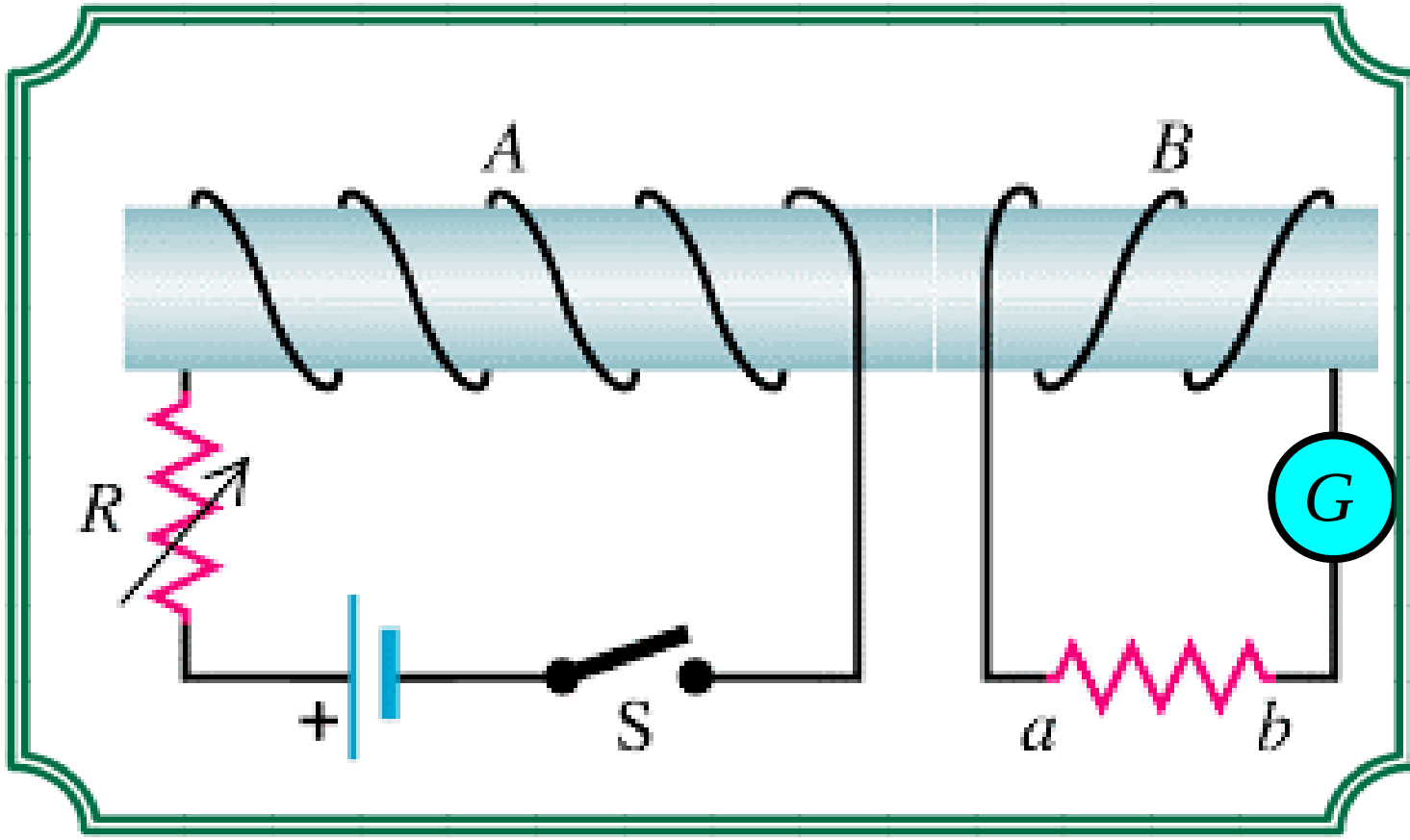
بخش اول: پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی



القای الکترومغناطیسی یک پدیدهٔ القایی است که توسط آن، در اجسام **رسانا** جریان الکتریکی القا می شود. **مایکل فاراده**، فیزیکدان انگلیسی با انجام آزمایش هایی پی به وجود پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی برد. با روش های ، می توان جریان الکتریکی القایی را که حاصل از پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی می باشد، در یک **حلقهٔ رسانا** یا **پیچه ها** القا کرد.

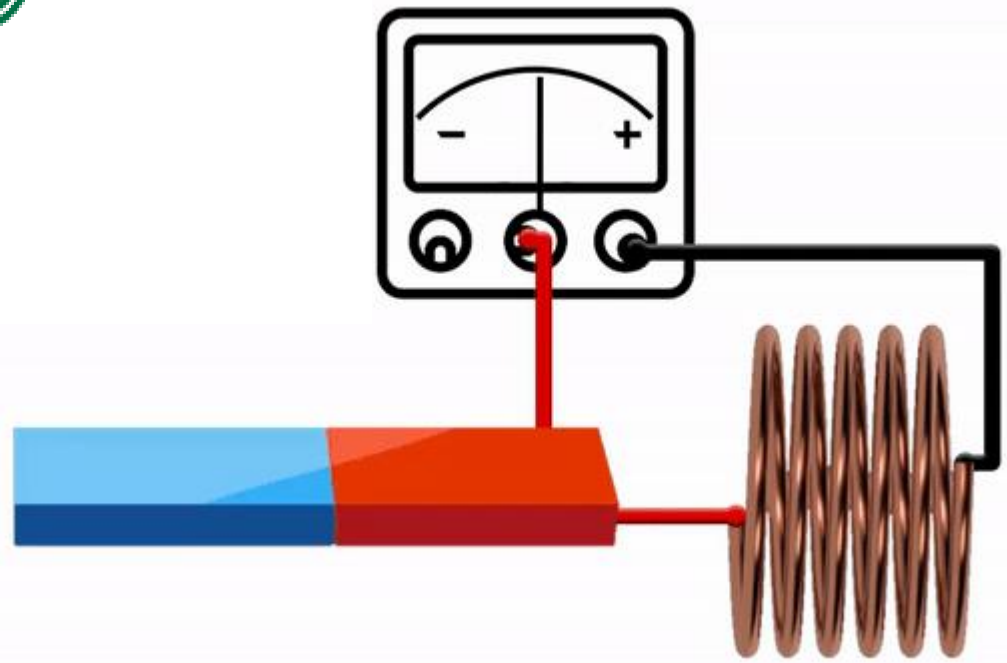
الف) با نزدیک کردن آهنربا به پیچه و یا دور کردن کردن آهنربا از پیچه **جریان القایی** به وجود می آید. بدین ترتیب با نزدیک و یا دور کردن آهن ربا به سیم پیچ، عقربهٔ **میلی آمپرسنج** بر اثر ایجاد **جریان القایی** منحرف می شود. این روش نشان می دهد که **تغییر مغناطیسی** می تواند **عامل** ایجاد جریان القایی باشد.

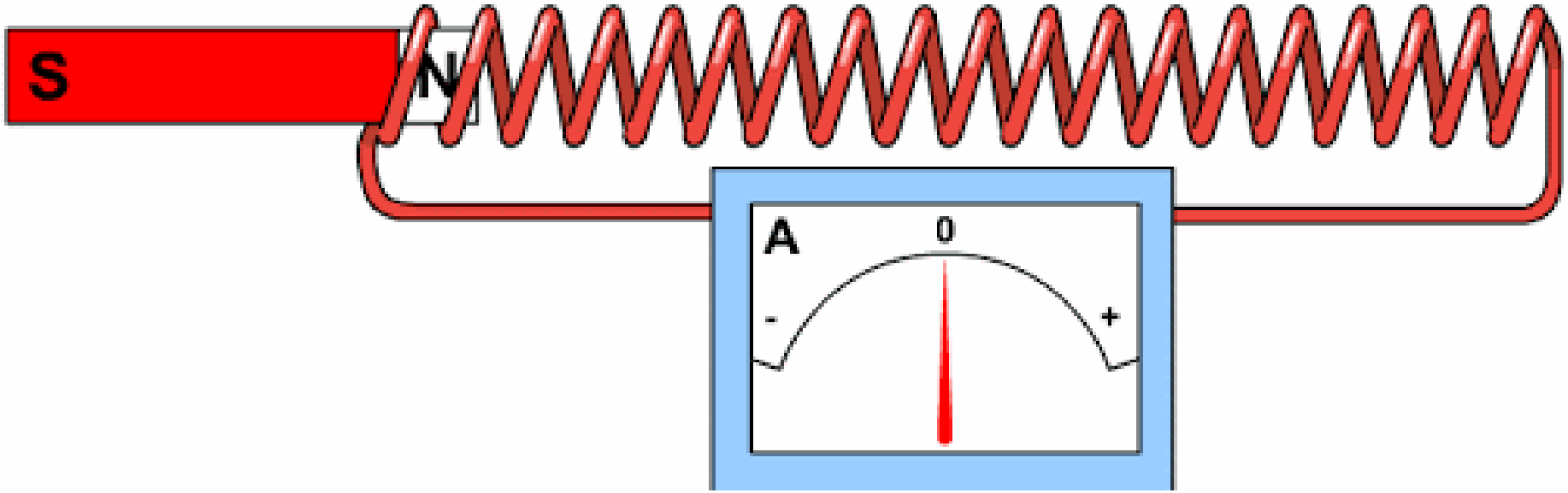
(۱)	(۲)
	
S	
	(۳)



ب) مطابق شکل دو سیم پیچ دارای **هستهٔ مشترک** می باشند، به طوری که یکی از آن ها توسط یک کلید به **باتری** وصل شده و دیگری به یک **گالوانومتر** متصل است. در صورت بستن کلید عقربه ی آمپرسنج منحرف می شود. این روشی بود که **فاراده** در ابتدا به کار برد.

پ) شکل **پیچهٔ رسانایی** را نشان می دهد که به یک آمپرسنج وصل شده آهن ربایی عمود بر صفحه ی پیچه حرکت داده می شود. هنگام **حرکت** دادن آهنربا، جریان القایی به وجود آمده و آمپرسنج با انحراف عقربه اش وجود این جریان را تأیید می کند.



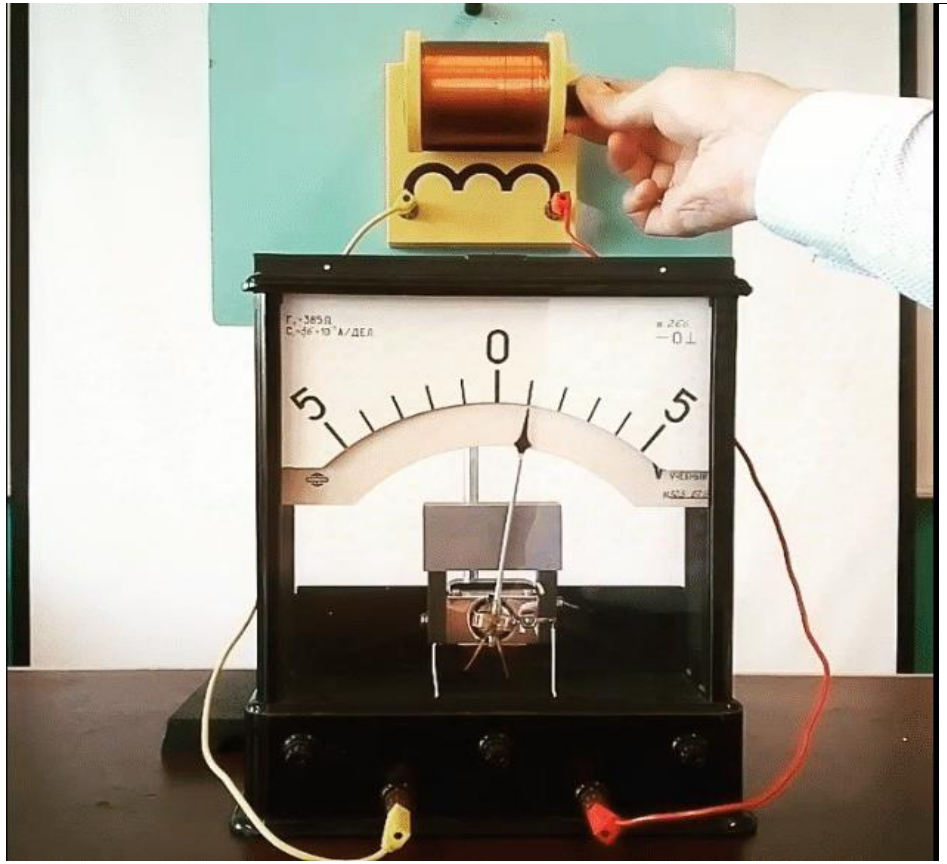

S
N
A
0
-
+

هدف: بررسی پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی

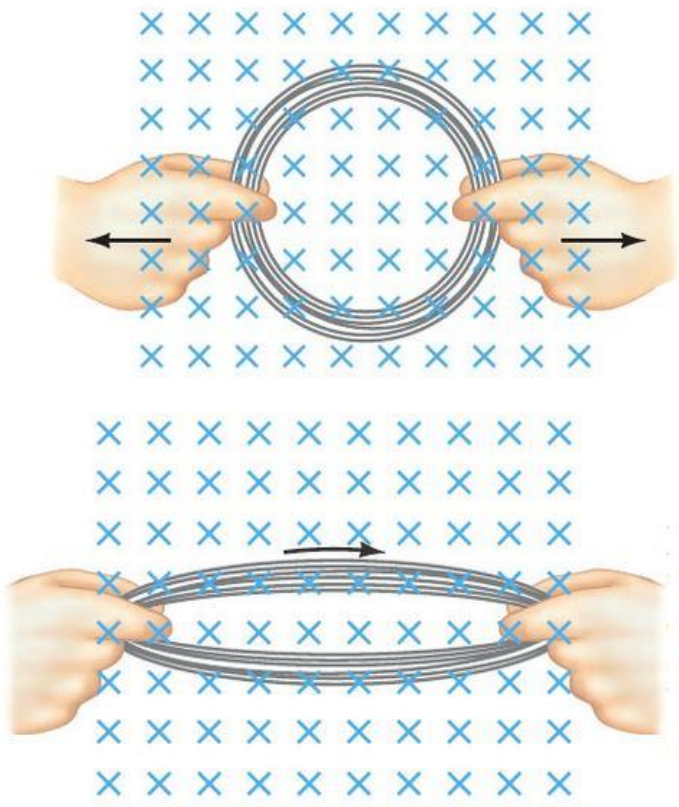
وسیله‌های مورد نیاز : گالوانومتر، آهنربای میله‌ای، سیملوله یا پیچه و سیم رابط

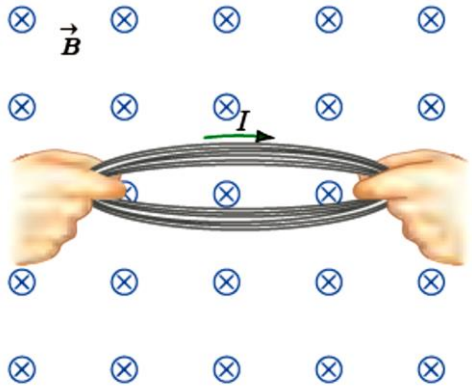
شرح آزمایش :

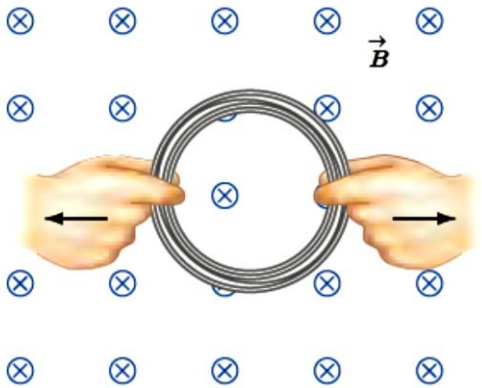
- دو سر سیملوله را به گالوانومتر ببندید.
- یکی از قطب‌های آهنربا را وارد سیملوله کنید (شکل روبه‌رو). مشاهدات خود را هنگام انجام این کار، یادداشت کنید.
- اکنون آهنربا را از سیملوله خارج کنید. مشاهدات خود را هنگام انجام این کار، دوباره یادداشت کنید.
- مراحل بالا را برای قطب دیگر آهنربا تکرار کنید.
- آزمایش را در حالی انجام دهید که آهنربا ثابت باشد و سیملوله به آن نزدیک یا از آن دور شود. آیا نتیجهٔ آزمایش تغییری می‌کند؟ توضیح دهید

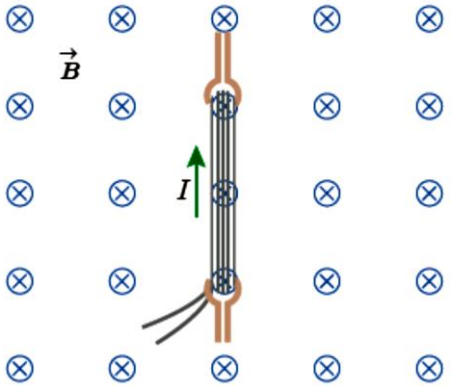


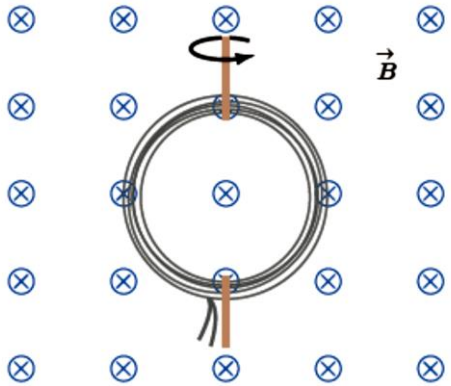
ت) شکل پیچه ای از یک سیم **قابل انعطاف** را نشان می دهد که در میدان مغناطیسی **یکنواخت** B عمود بر صفحه ی پیچه قرار دارد. مطابق شکل پیچه را **جمع** می کنیم. در حین **کم** شدن **مساحت پیچه**، جریان القایی به وجود می آید. این روش نشان می دهد که **تغییر مساحت** پیچه می تواند **عامل** جریان القایی شود.



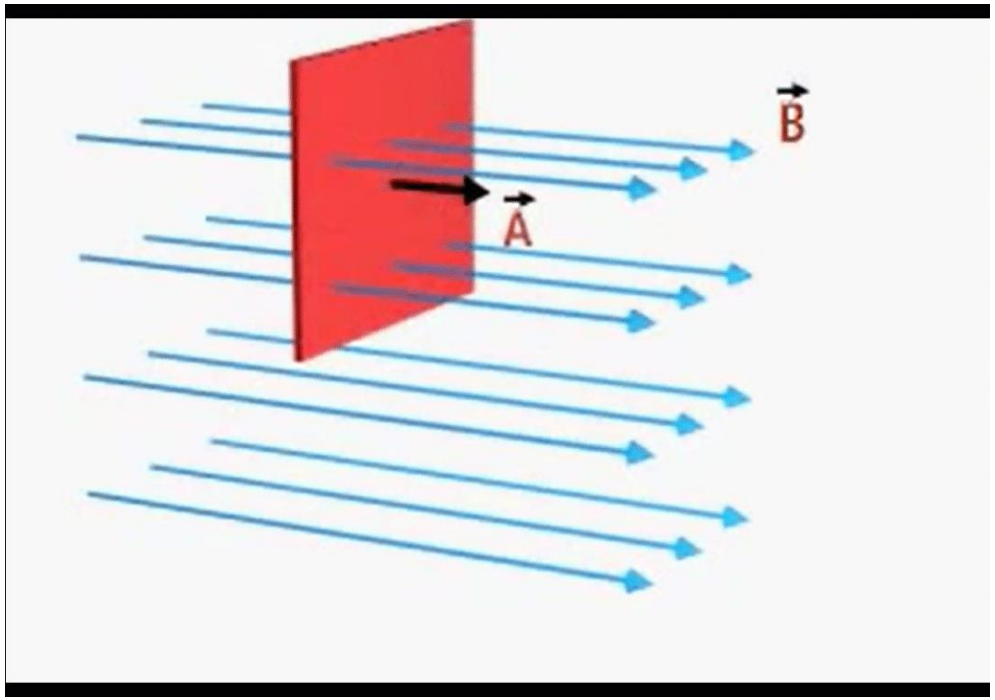

$\vec{B}$
I

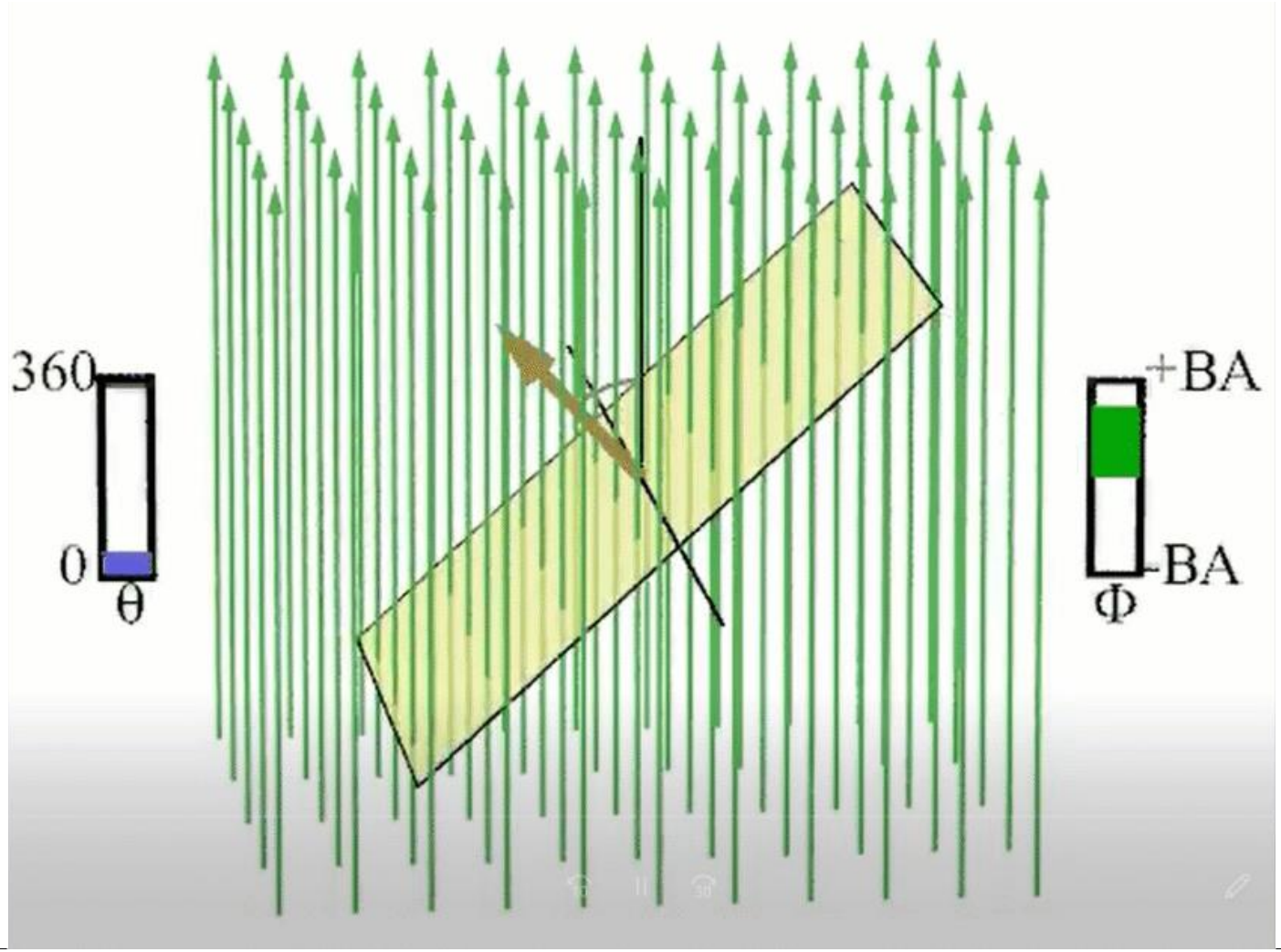

$\vec{B}$


$\vec{B}$
I


$\vec{B}$

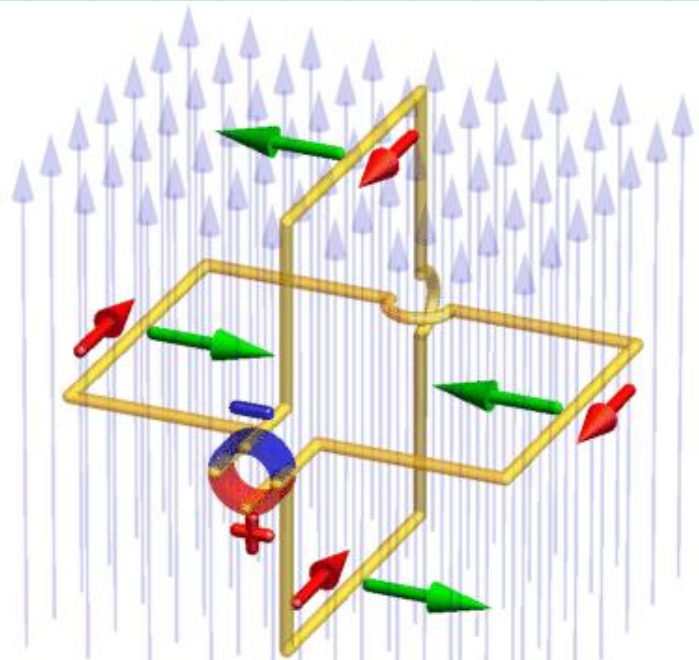
ث) مطابق شکل **پیچه ای** را در میدان مغناطیسی یکنواخت قرار می دهیم، به طوری که در ابتدا میدان بر سطح پیچه **عمود** باشد. سپس پیچه را حول محور نشان داده شده در شکل **می چرخانیم** تا سطح پیچه به **موازات** خطوط میدان مغناطیسی قرار گیرد در طول این چرخش، جریان القایی به وجود خواهد آمد. این روش نشان می دهد که **تغییر زاویه ی** بین پیچه و میدان مغناطیسی می تواند عامل ایجاد جریان القایی شود.



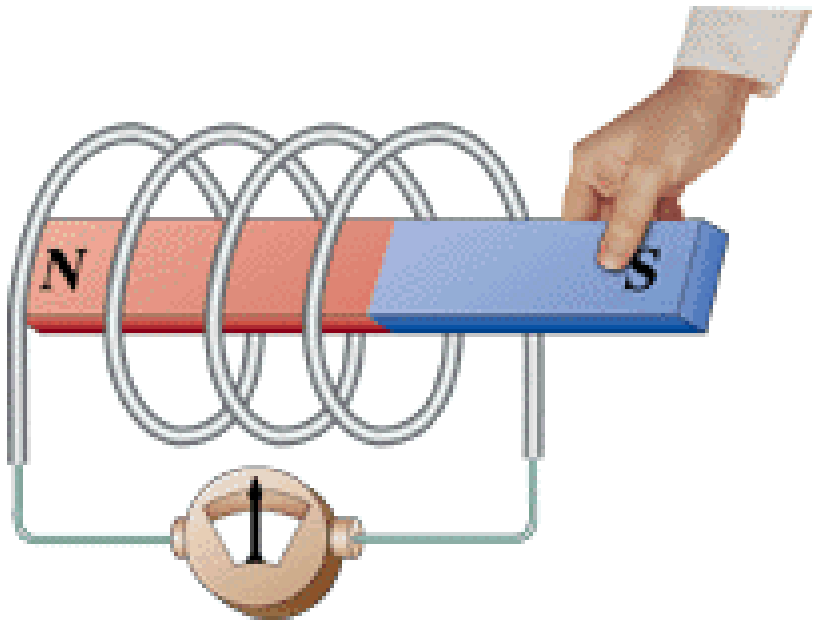

360
0
θ
+BA
-BA
Φ

نکته:

هرگاه حلقه ای به هر وضعیتی که در یک میدان مغناطیسی قرار داشته باشد و شار عبوری از آن Φ باشد، اگر حلقه حول خطی که در سطح حلقه است ۱۸۰ درجه دوران نماید، شار عبوری از آن $-\Phi$ می شود.



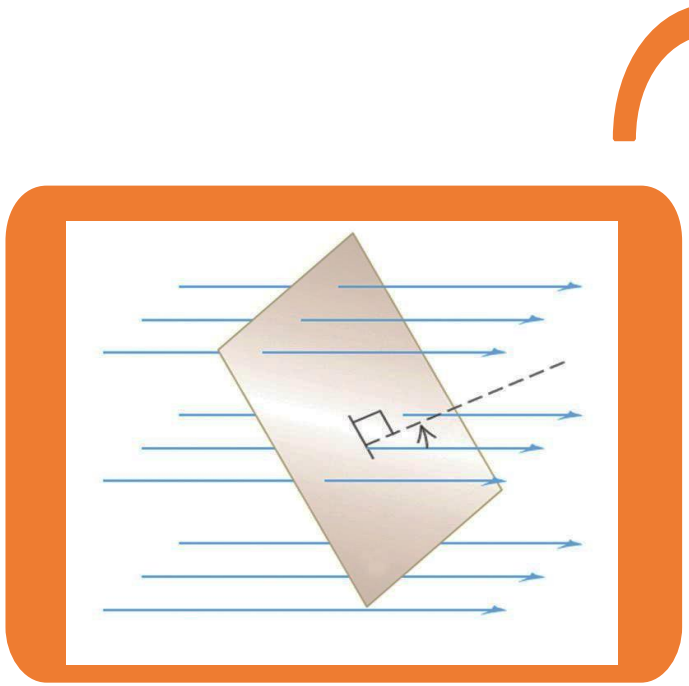
به طور خلاصه عواملی که باعث ایجاد جریان القایی می شوند عبارتند از:

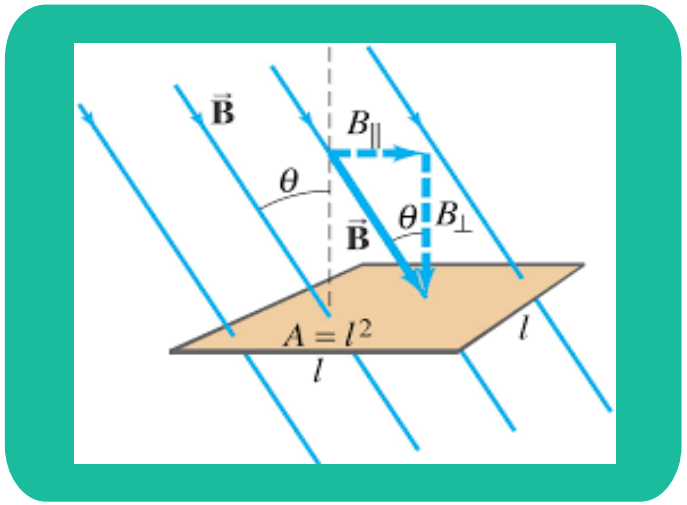


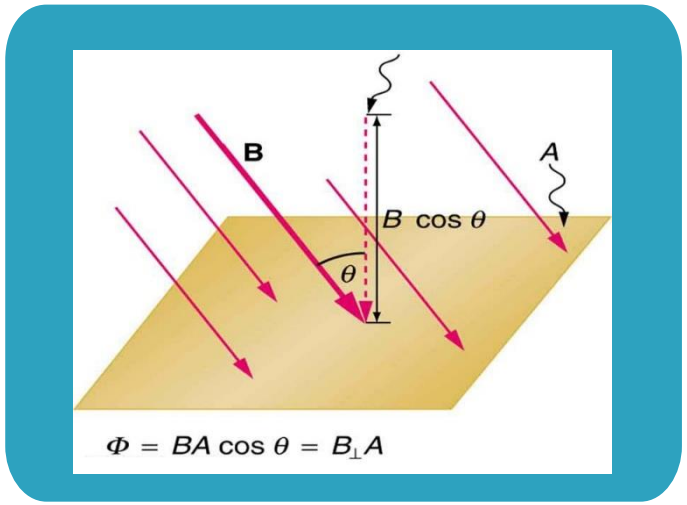
- تغییر میدان مغناطیسی
- تغییر سطح مدار
- تغییر زاویه ی بین خطوط میدان و سطح مدار

شار مغناطیسی

شکل های زیر یک سطح تخت با مساحت A را نشان می دهند که در یک میدان مغناطیسی **یکنواخت** با اندازهٔ B قرار گرفته است،







برای محاسبه **شار** مغناطیسی، این که N را **عمود** بر کدام طرف حلقه رسم کنیم، اهمیتی **ندارد**.
البته با **تعویض** جهت N علامت Φ **تغییر خواهد** کرد، ولی اندازهٔ آن تغییر **نمی کند**.

در شکل اگر N **قرینه** شود، زاویه ی "$\theta - ۱۸۰$" را **خطوط میدان** خواهد ساخت، در این صورت:

$$\Phi = BA\cos(۱۸۰ - \theta) = -BA\cos\theta$$

اگر در مسئله N را در **یک طرف** سطح انتخاب کردید، دیگر نباید جهت آن **عوض** کنید؛ باید تا آخر کار، زوایا را نسبت به **نیم خط** اولیه بسنجید. در بسیاری از سوال ها **زوایا ی** قاب با خطوط میدان مطرح یا خواسته می شود. دقت کنید که این زاویه **متفاوت** با θ است.

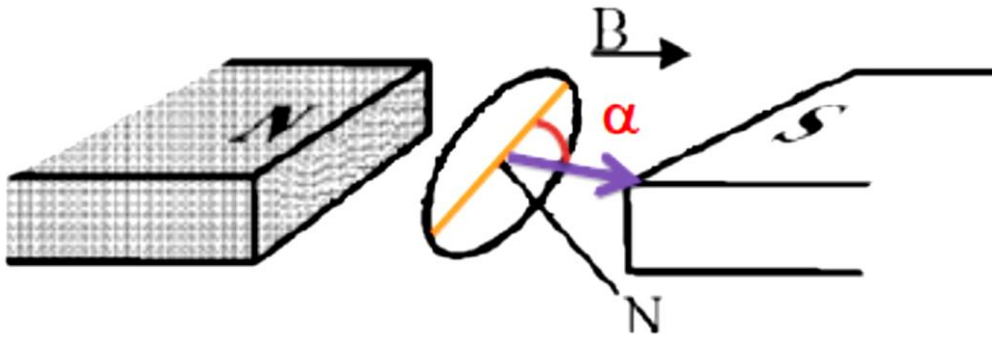
$$\Phi = A.B.\cos\theta$$

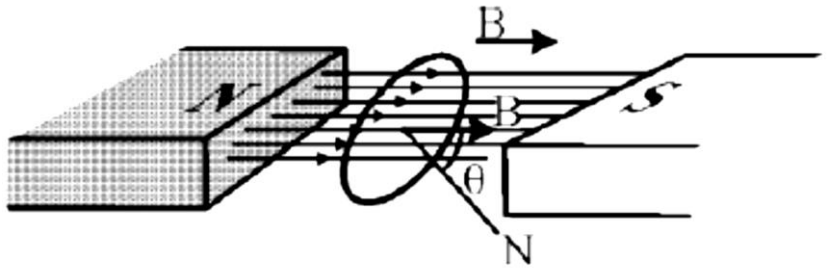
- شار مغناطیسی
  - یکای آن وِبِر Wb
- مساحت پیچه
  - یکای آن متر مربع m^2
- میدان مغناطیسی
  - یکای آن تسلا T
- زاویه بین خطوط و خط عمود
  - بدون یکا

نکته

در مسائل **شار**، اگر زاویه بین سطح با سوی **مثبت** میدان مغناطیسی را داده باشند آنگاه زاویه بین **نیم خط** عمود بر سطح و سوی مثبت میدان مغناطیسی یعنی θ از زاویه ی زیر پیدا می شود.

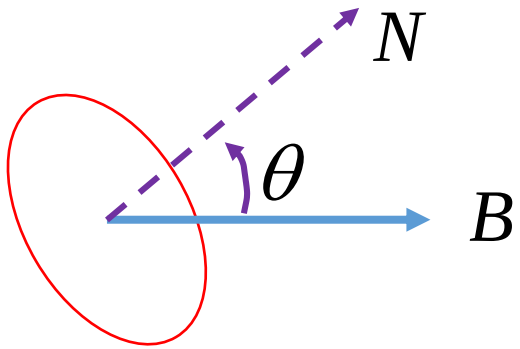
$$\theta = \left| ۹۰^\circ - \alpha \right|$$

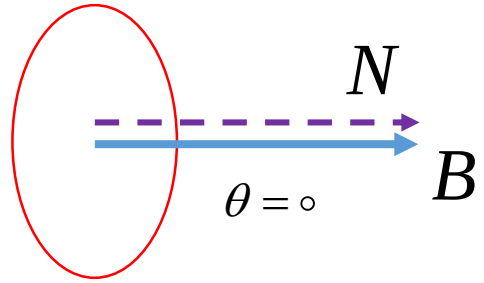




تغییر شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه:

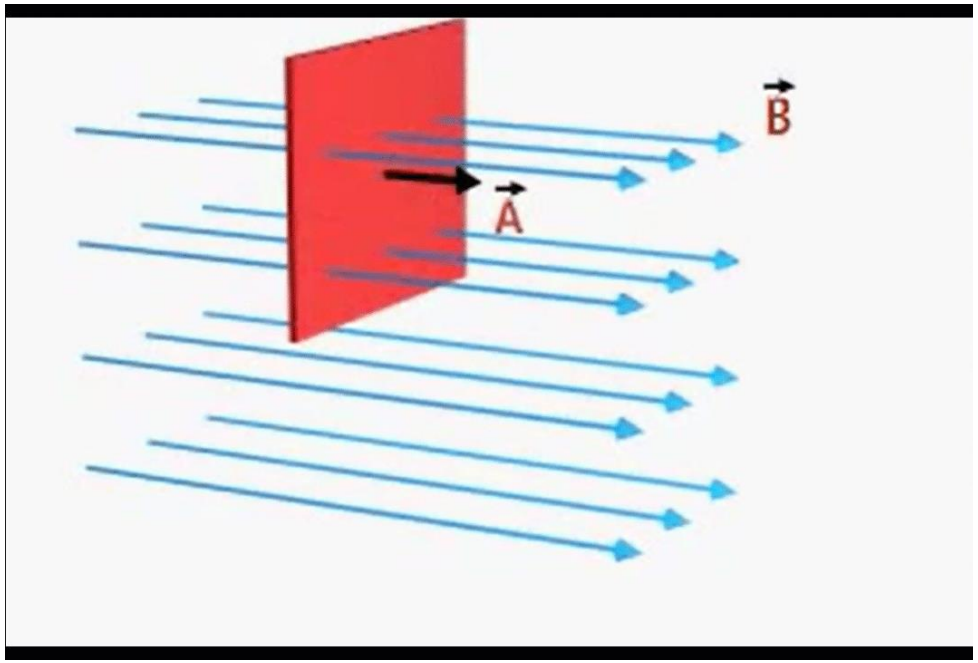
همواره **دو جهت** برای رسم نیم خط عمود بر یک سطح معین وجود دارد. **علامت شار** مغناطیسی عبوری به این جهت بستگی دارد. در حل یک مسئله، همواره باید **یک جهت** را انتخاب کنیم و تا پایان آن را تغییر **ندهیم**، بنابراین ممکن است شار **مثبت**، **منفی** یا **صفر** شود.





$$\Delta\Phi = \Phi_{۲} - \Phi_{۱} \Rightarrow \Delta\Phi = AB(\cos\theta_{۲} - \cos\theta_{۱})$$

یکای شار مغناطیسی:

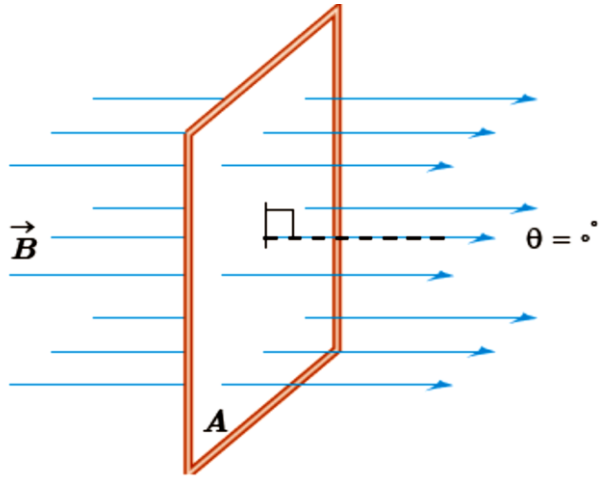


اگر قابی به مساحت **یک متر مربع** بر میدان مغناطیسی **یکنواختی** به بزرگی یک T قرار گیرد، شار مغناطیسی گذرنده از آن برابر **یک وبر** خواهد شد.

$$\Phi = AB\cos\theta \Rightarrow$$

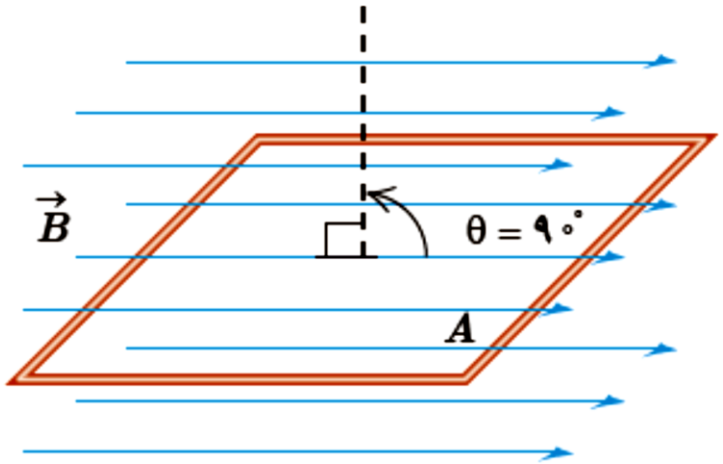
$$1Wb = 1m^2 . 1T . \cos 0$$

اگر مطابق شکل سطح قاب **عمود بر** خطوط میدان قرار گرفته باشد، **بیشترین** مقدار **شار** از آن عبور **می کند**.



$$\alpha = ۹۰^\circ \Rightarrow \theta = ۰ \Rightarrow \theta = ۱۸۰^\circ \Rightarrow \cos\theta = \pm ۱ \Rightarrow \Phi = \pm BA = \pm \Phi_{max}$$

اگر مطابق شکل سطح قاب به **موازات** خطوط میدان قرار گرفته باشد، **شاری** از آن عبور **نخواهد** کرد.

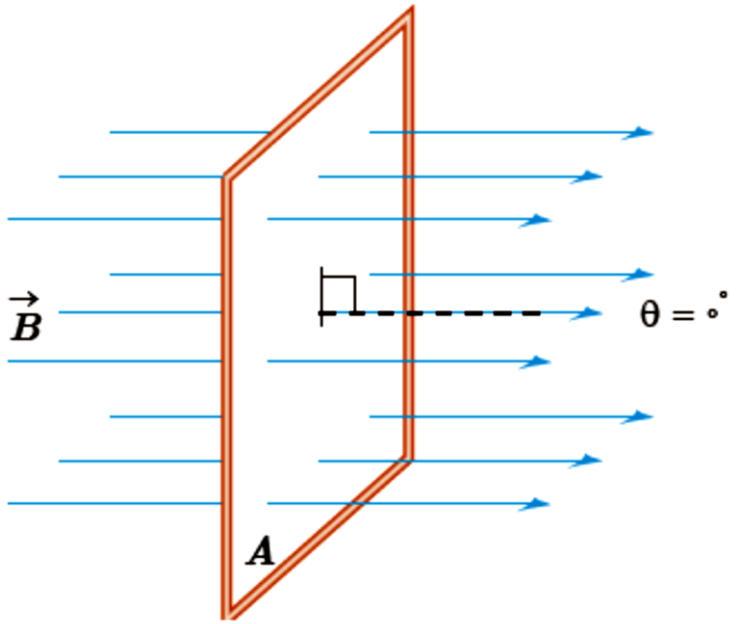


$$\alpha = 0^\circ \Rightarrow \theta = 180^\circ \Rightarrow \theta = 90^\circ \Rightarrow \cos\theta = 0 \Rightarrow \Phi = 0$$

نکته:

هرگاه سطح قاب **عمود** بر میدان مغناطیسی باشد، آنگاه $\alpha = ۹۰^\circ$ بوده یعنی؛ **شار عبوری** از قاب **ماکزیمم** می شود.

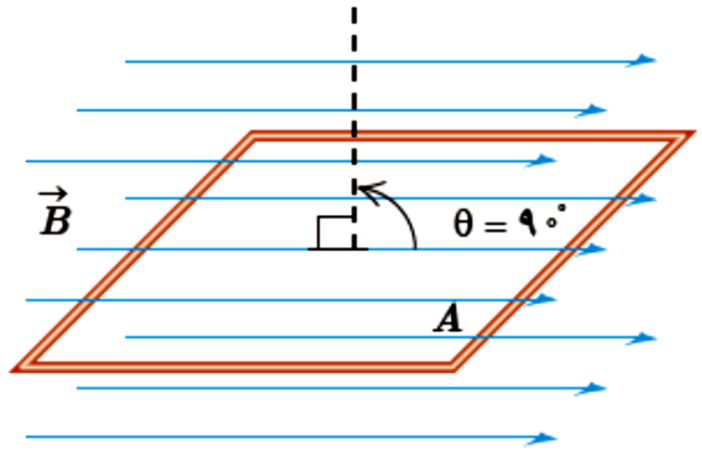
$$\begin{cases} \theta = |۹۰ - \alpha| \\ \theta = |۹۰ - ۹۰| = ۰^\circ \Rightarrow \Phi_{max} = BA \\ \cos ۰ = ۱ \end{cases}$$



نکته:

هرگاه سطح قاب **موازی** بر میدان مغناطیسی باشد، آنگاه $\alpha = ۰^\circ$ بوده یعنی؛ **شار عبوری** از قاب **صفر** می شود.

$$\begin{cases} \theta = |۹۰ - \alpha| \\ \theta = |۹۰ - ۰| = ۰^\circ \Rightarrow \Phi_{min} = ۰ \\ \cos ۹۰ = ۰ \end{cases}$$



سیمی به طول اولیهٔ L را به صورت یک شکل هندسی مسطح و بسته در می آوریم و میدان مغناطیسی یکنواختی با بزرگی ۲۵۰ گاوس را طوری بر قرار می کنیم که بیشترین شار ممکن و به اندازهٔ $\frac{۱}{\pi} mWb$ از درون سطح آن بگذرد. L چند دسی متر است؟

چون بزرگی میدان مغناطیسی B تغییر نمی کند برای بیشینه شدن شار باید سطح مقطع به صورت دایره و تتا (زاویه بین خطوط و خط عمود) باید صفر شود. کافی است شعاع را از محیط L پیدا کنیم:

$$\begin{cases} L = ۲\pi R \Rightarrow R = \dfrac{L}{۲\pi} \\ A_{max} = \pi R^{۲} \Rightarrow A_{max} = \pi(\dfrac{L}{۲\pi})^{۲} = \dfrac{L^{۲}}{۴\pi} \end{cases}$$

$$\Phi = BA\cos\theta \Rightarrow \Phi_{max} = BA\times ۱ \Rightarrow \frac{۱}{\pi}\times ۱۰^{-۳} = ۲۵۰\times ۱۰^{-۴}\times\frac{L^{۲}}{۴\pi}$$

$$L^{۲} = \frac{۴\pi\times\frac{۱}{\pi}\times ۱۰^{-۳}}{۲۵\times ۱۰^{-۳}} = \frac{۴}{۲۵} \Rightarrow L = \frac{۲}{۵} m = ۰/۴m = ۴dm$$

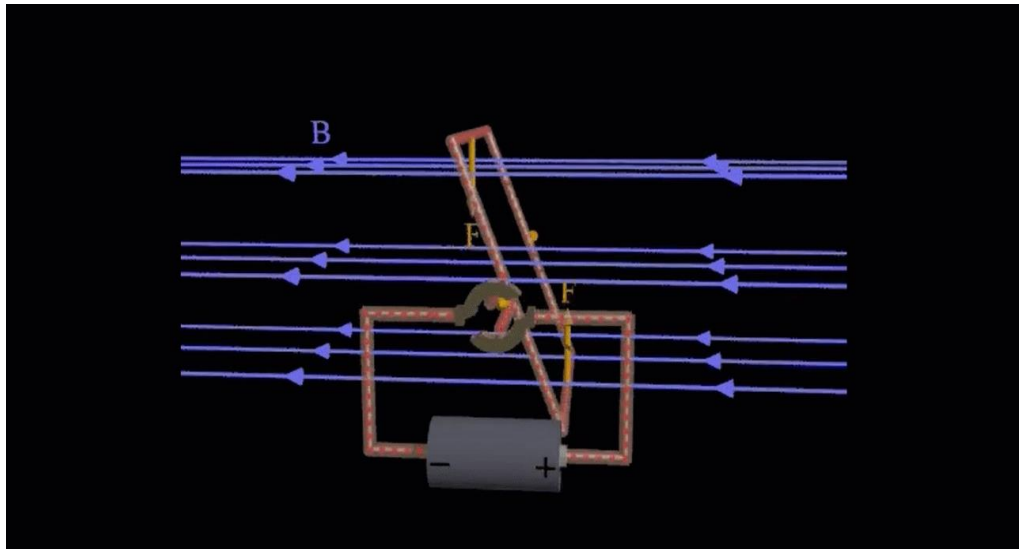
حلقه ای فلزی به شعاع r عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد. اگر شعاع حلقه ۲۰ درصد افزایش یابد و حلقه حول یکی از قطرهایش ۶۰ درجه دوران کند، شار مغناطیسی عبوری از حلقه **چند درصد** و **چگونه تغییر** می کند؟

$$\begin{cases} \theta_1 = 0, r_1 = r \Rightarrow \Phi = BA\cos\theta_1 = B(\pi r^2)\cos 0^\circ = \pi Br^2 \\ \theta_2 = 60^\circ, r = r + \frac{20}{100}r = 1/22r \Rightarrow \Phi_2 = BA\cos\theta_2 = B[\pi(1/22r)^2\cos 60^\circ = 0/72\pi Br^2 \end{cases}$$

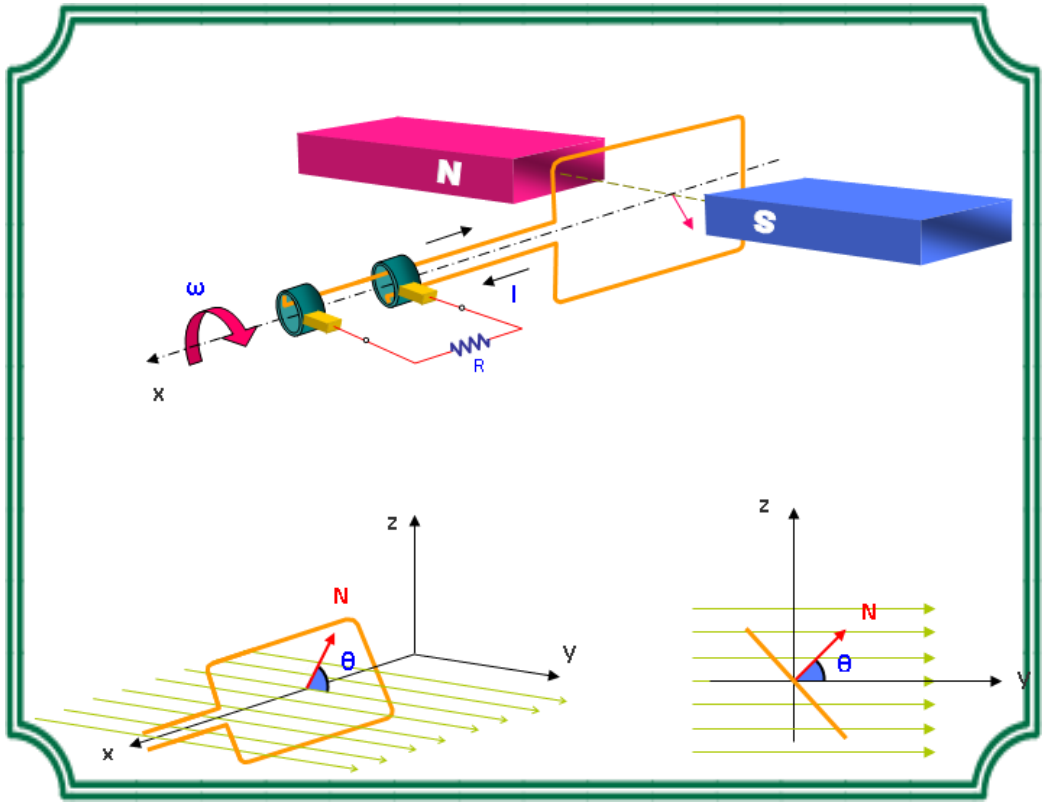
$$\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Phi_1} \times 100 = \frac{0/72\pi Br^2 - \pi Br^2}{\pi Br^2} \times 100 = (0/72 - 1) \times 100 = -0/28 \times 100 = \%-28$$

پُرسش: علت ایجاد **جریان القایی** در مدار **چیست؟**

در اثر تغییر مغناطیسی، یک میدان الکتریکی القایی در فضا ایجاد می شود و از آنجایی که مدار در این میدان الکتریکی قرار دارد بر الکترون های آزاد داخل آن نیرو وارد می شود و حرکت الکترون ها باعث ایجاد نیروی محرکه و جریان القایی، می شود.



حلقه ای به مساحت A در یک میدان مغناطیسی یکنواخت B قرار دارد. اگر زاویهٔ بین بردار میدان مغناطیسی B با سطح حلقه ۶۰ درجه باشد، **شار** میدان مغناطیسی یکنواختی که از سطح حلقه می گذرد را بدست آورید.



$$\theta = ۹۰ - \alpha = ۹۰ - ۶۰ = ۳۰^\circ \Rightarrow \Phi = AB\cos ۳۰^\circ \Rightarrow \Phi = \frac{\sqrt{۳}}{۲} AB$$

صفحه ای **مربع** شکل به ضلع ۲۰ سانتی متر در یک میدان مغناطیسی **یکنواخت** به بزرگی **۳ میکروتسلا** قرار دارد؛ به طور که خط های میدان با سطح صفحه **زاویه ۳۷ درجه** می سازند. شار مغناطیسی گذرنده از صفحه **چند وبر** است؟

$$\Phi = BA\cos\theta$$

$$\begin{cases} a = ۲۰cm = ۰/۲mA = a^۲ \Rightarrow A = ۴\times۱۰^{-۲}m^۲ \\ \alpha = ۳۷^\circ \Rightarrow \theta = |۹۰ - \alpha| \Rightarrow \theta = |۹۰ - ۳۷| = ۵۳^\circ \\ B = ۳\mu T = ۳\times۱۰^{-۶}T \\ \Phi = ? \end{cases}$$

$$\Phi = ۳\times۱۰^{-۶}\times۴\times۱۰^{-۲}\times۰/۶$$

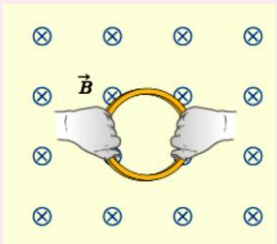
$$\Phi = ۷/۲\times۱۰^{-۸}Wb$$

الف) حلقه ای به مساحت ۲۵ سانتی متر مربع درون میدان مغناطیسی یکنواخت درون سویی به اندازهٔ ۰/۰۳ تسلا قرار دارد شار مغناطیسی عبوری از حلقه را بدست آورید.

$$\Phi = BA\cos\theta$$

$$\Phi_1 = ۰/۰۳ \times ۲۵ \times ۱۰^{-۴} \times \cos ۰$$

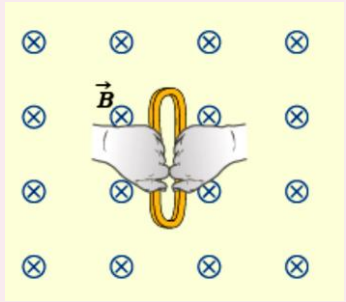
$$\Rightarrow \Phi_1 = ۷/۵ \times ۱۰^{-۵} Wb$$



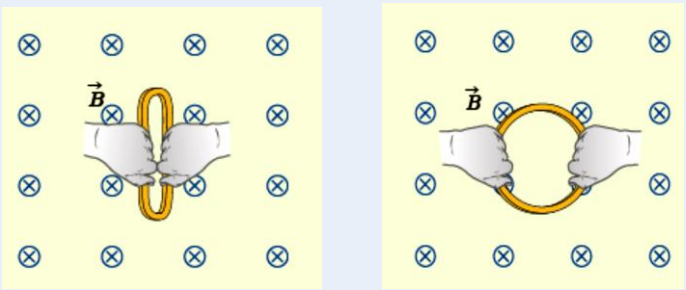
ب) اگر مطابق شکل بدون تغییر B مساحت سطح حلقه را به ۱۰ سانتی متر مربع برسانیم، شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در این وضعیت به دست آورید.

$$\Phi_۲ = ۰/۰۳ \times ۱۰ \times ۱۰^{-۴} \times \cos ۰$$

$$\Rightarrow \Phi_۲ = ۳ \times ۱۰^{-۵} Wb$$



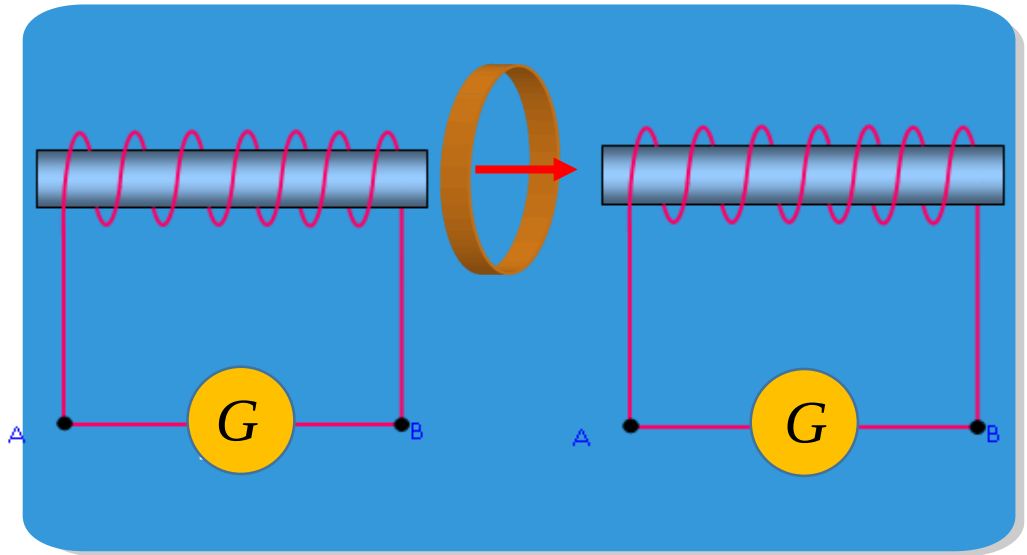
پ) اگر این تغییر شار دربازهٔ زمانی ۰/۲ ثانیه رُخ داده باشد، آهنگ تغییر شار را پیدا کنید.



$$\Rightarrow \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{۳\times۱۰^{-۵} - ۷/۵\times۱۰^{-۵}}{۰/۲}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -۲۲/۵\times۱۰^{-۵}\ \frac{Wb}{s}$$

مطابق شکل زیر، حلقه ای به **مساحت** ۵۰ سانتی متر مربع در یک میدان مغناطیسی یکنواخت، **عمود** بر خط های میدان قرار دارد. اگر طول هر یک از سیملوله ها **۲۰ سانتی متر** و تعداد دور هر یک **۲۰۰ دور** باشد هر دو سیملوله هم محور و به یکدیگر **نزدیک** باشند، **شار** گذرنده از حلقه را به دست آورید.



$$B = \mu_{\circ} \frac{N}{l} I \Rightarrow \quad B_T = B_1 + B_2 = 2B_2$$

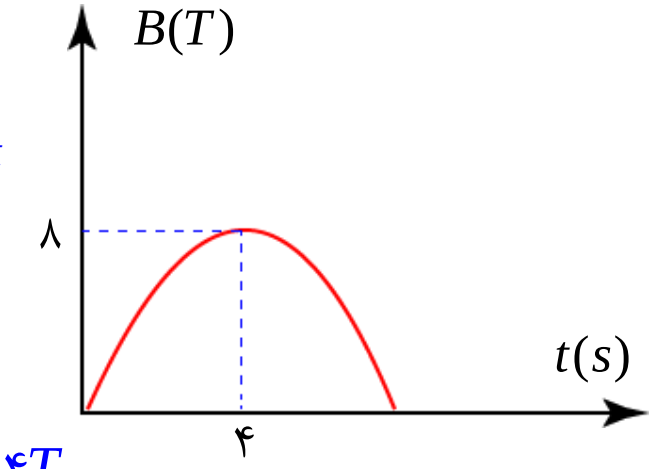
$$B_T = 2\mu_{\circ} \frac{N}{l} I \Rightarrow 2 \times 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{200}{0/2} \times 5 = 1/25 \times 10^{-2} T$$

$$\Phi = B_T A \cos 0^{\circ}$$

$$\Phi = 50 \times 10^{-4} \times 1/25 \times 10^{-2} \times 1$$

قابی به **مساحت** ۵۰ سانتی متر مربع عمود بر یک میدان مغناطیسی قرار دارد و نمودار میدان مغناطیسی بر حسب زمان، یک سهمی به شکل زیر است. تغییر شار مغناطیسی عبوری از قاب در بازهٔ زمانی $t_1 = 1s, t_2 = 3s$ چند وبر تغییر می کند؟

$$\begin{cases} 8 = a \times 4^2 + b \times 4 \Rightarrow 4a + b = 2 \\ 0 = a \times 8^2 + b \times 8 \Rightarrow 8a + b = 0 \end{cases} \Rightarrow \quad a = -\frac{1}{2} \rightarrow b = 4 \Rightarrow B = -\frac{1}{2}t^2 + 4t$$



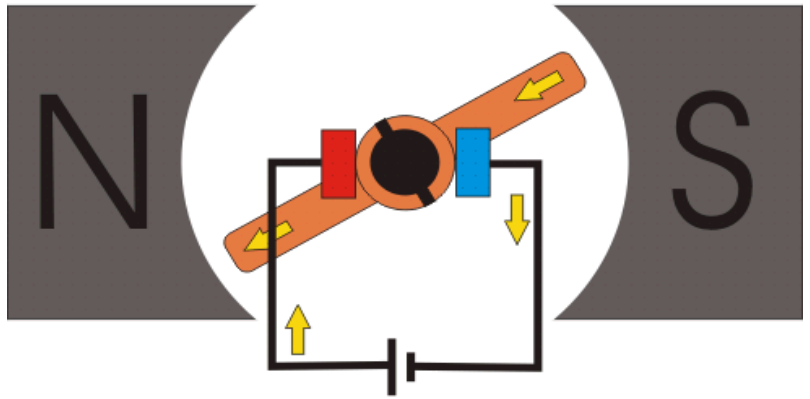
$$\begin{cases} B_1 = -\frac{1}{2} \times 1^2 + 4 \times 1 = 3/5T \\ B_2 = -\frac{1}{2} \times 3^2 + 4 \times 3 = 7/5T \end{cases} \Rightarrow \quad \Delta B = B_2 - B_1 = 7/5 - 3/5 = 4T$$

$$\Rightarrow \Delta\Phi = 4 \times (50 \times 10^{-4}) \times \cos 0 = 0/02Wb$$

قانون فارادی:

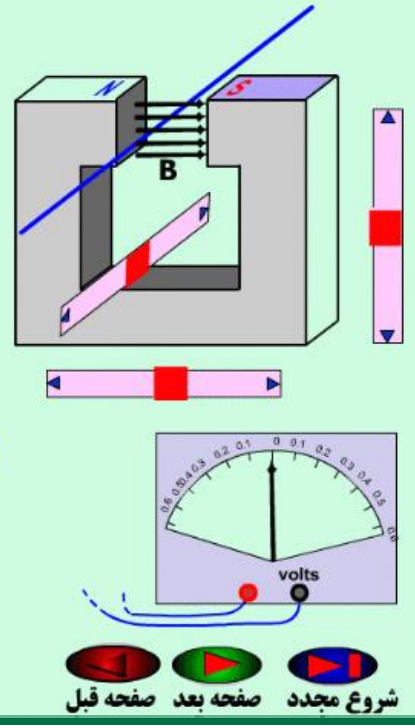
هرگاه **شار مغناطیسی ای** که مدار بسته ای می گذرد **تغییر کند**، نیروی محرکه ای در آن القا می شود که **بزرگی** نیروی محرکه القایی با آهنگ تغییر شار مغناطیسی **متناسب** است.

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

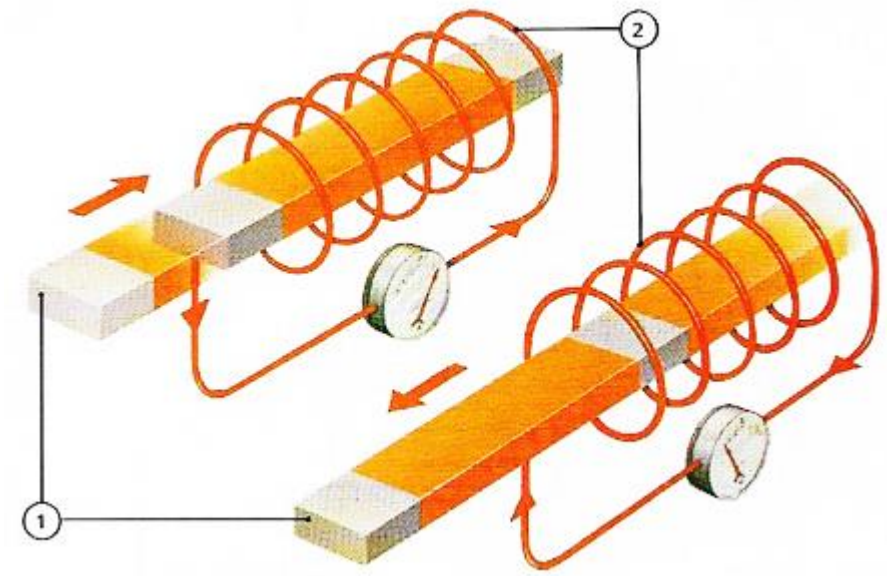


حرکت سیم در میدان مغناطیسی(جریان القایی)
وتحقیق قانون فارادی

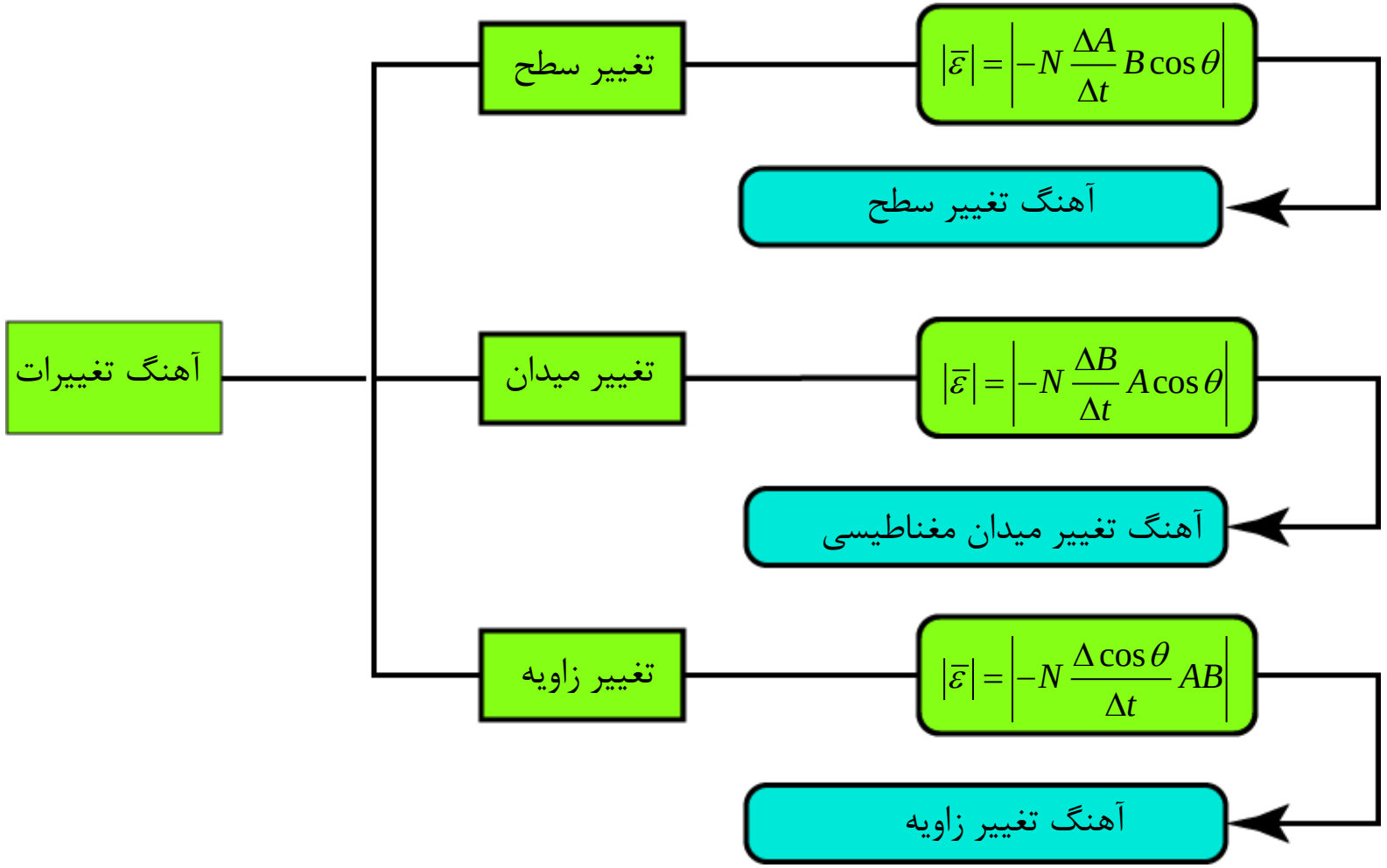
با موس و کلیدهای کشویی سیم بین دو
قطب آهنربا را در جهت های مختلف جابجا
کنید و ببینید در کدام حالت عقربه گالوانومتر
حرکت می کند .به جهت حرکت عقربه توجه کنید
تاثیر سرعت حرکت سیم را نیزمی توانید مشاهده نمایید.
نتیجه را با توجه به آنچه در کتاب خوانده اید توجیه نمایید.
پس از پایان آزمایش به صفحه بعد بروید



هنگامی که آهنگ **تغییر شار** مغناطیسی **ثابت** بماند، نیروی محرکه القایی **متوسط** برابر نیروی محرکه ای لحظه ای بوده و با نماد $\mathcal{E}$ نمایش می دهیم.

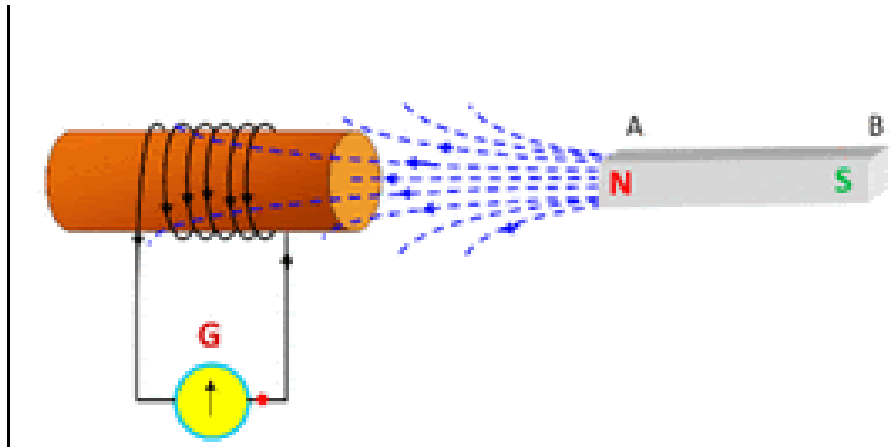


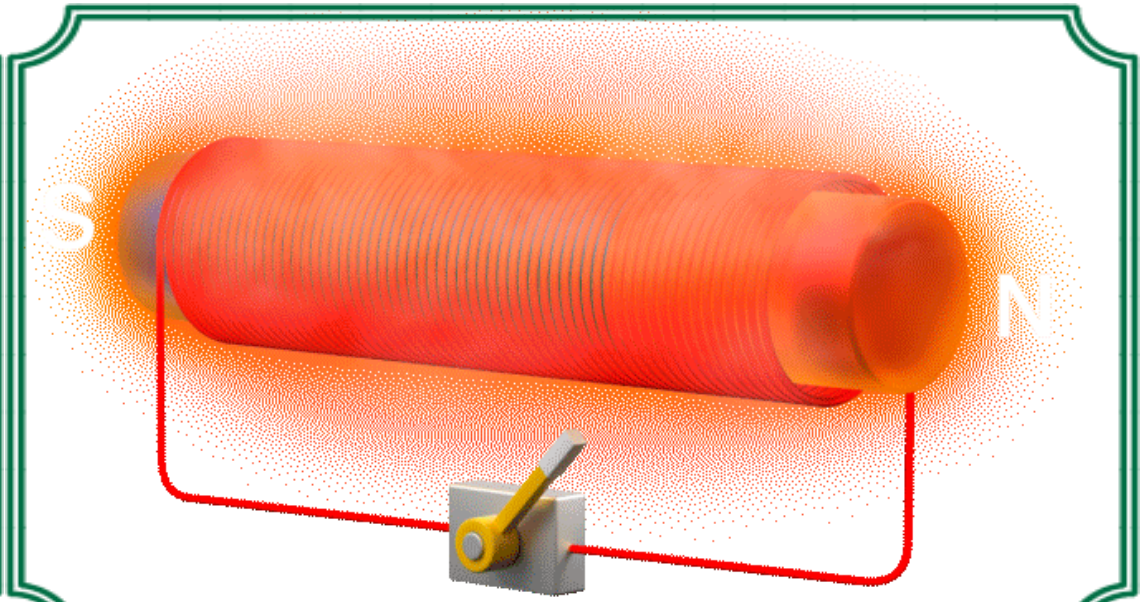
$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \rightarrow \bar{I} = -\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$


آهنگ تغییرات
تغییر سطح
$|\bar{\varepsilon}| = \left|-N\frac{\Delta A}{\Delta t}B\cos\theta\right|$
آهنگ تغییر سطح
تغییر میدان
$|\bar{\varepsilon}| = \left|-N\frac{\Delta B}{\Delta t}A\cos\theta\right|$
آهنگ تغییر میدان مغناطیسی
تغییر زاویه
$|\bar{\varepsilon}| = \left|-N\frac{\Delta \cos\theta}{\Delta t}AB\right|$
آهنگ تغییر زاویه

ایجاد **جریان الکتریکی** در یک مدار را با استفاده از آثار مغناطیسی « **القای الکترومغناطیسی**» می گویند.

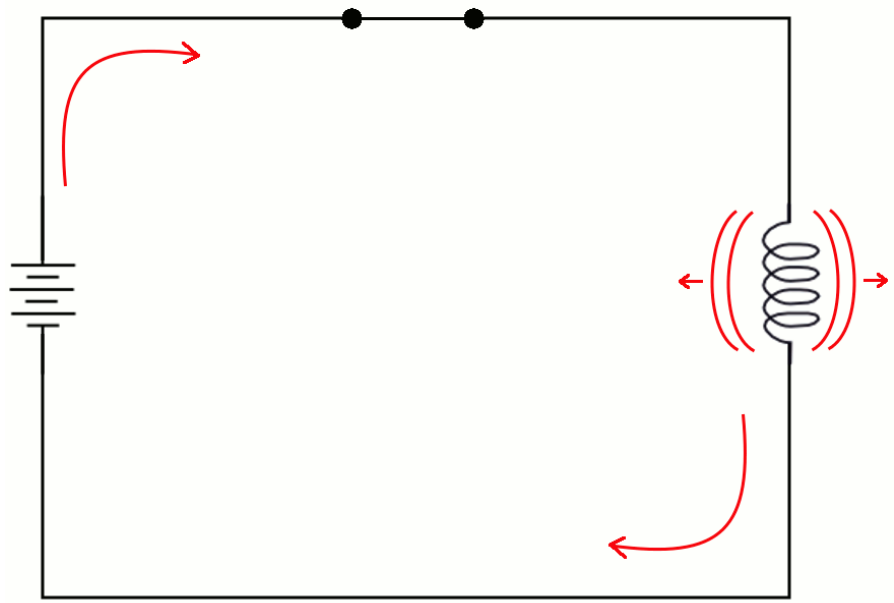
روش های القای الکترومغناطیسی: شکل های زیر نشان می دهند چگونه می توان در مداری که در یک میدان مغناطیسی قرار گرفته، جریان الکتریکی ایجاد کرد.





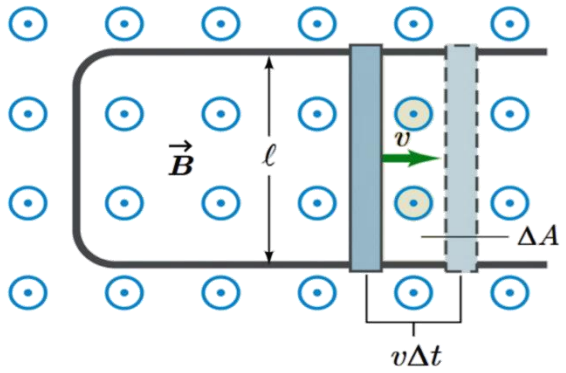
بر قراری جریان در مدار حاکی از وجود یک **نیروی محرکه** در مدار است که به آن « **نیروی محرکهٔ القایی**» می گویند.

نتیجه: اگر شار مغناطیسی ای که از یک مدار بسته عبور می کند. **تغییر** کند. نیروی محرکه ای به نام « **نیروی محرکه ی القایی**» در مدار ایجاد می شود که باعث برقراری جریانی به نام «جریان القایی» در سرتاسر مدار می شود. به این پدیده « القای الکترومغناطیسی » گفته می شود.



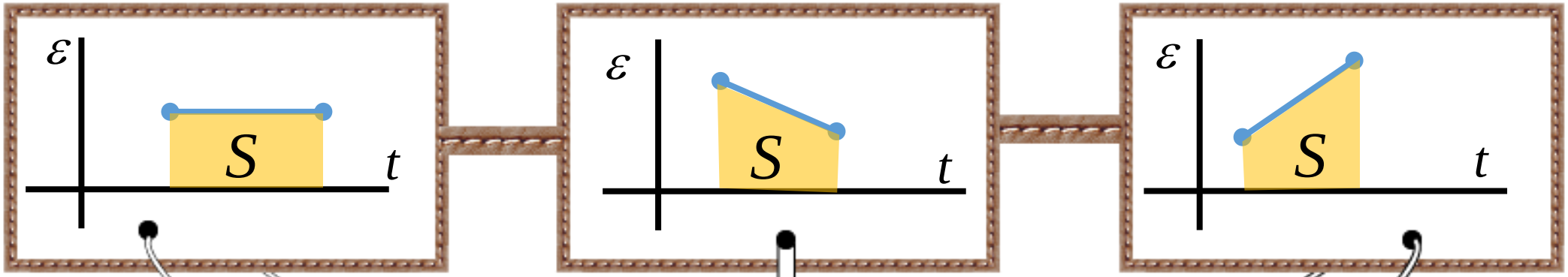
$$\begin{cases} \Phi = B.A\cos\theta \\ A = L.x \\ \cos\circ = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \Phi = -BLx \\ \varepsilon = -\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = -BL\dfrac{\Delta x}{\Delta t} \\ V = \dfrac{\Delta x}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \varepsilon = -BLV$$

بلوار



برای رسم نمودار **نیرو محرکه – زمان** از روی نمودار **شار – زمان** باید به علامت منفی در رابطهٔ $-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ توجه شود.

مساحت زیر نمودار نیرو محرکه – زمان برابر $N\Delta\varphi$ می باشد. که N تعداد حلقه ها و $\Delta\varphi$ تغییر شار عبوری از پیچه است.



$$\varepsilon = \left|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| \Rightarrow \begin{cases} S = \varepsilon.\Delta t \\ \varepsilon.t = \left|N\Delta\Phi\right| \end{cases} \Rightarrow S = \left|N\Delta\Phi\right|$$

محاسبهٔ بار

اگر در یک پیچه با N حلقه ، شار عبوری در مدت Δt ثانیه به اندازهٔ $\Delta\varphi$ تغییر کند، در مدار بارالکتریکی q جاری می شود که برای به دست آوردن آن داریم:

$$\begin{cases} \bar{I} = \dfrac{\bar{\varepsilon}}{R} \Rightarrow \bar{I} = -\dfrac{N}{R}\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} \\ \bar{I} = \dfrac{\Delta q}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow -\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q = \left| N\frac{\Delta\Phi}{R} \right|$$

معادلهٔ میدان مغناطیسی که به طور عمودی از یک پیچه مسطح عبور می کند در SI به صورت $B = mt + n$ است. تعداد دورهای پیچه ۲۵۰، شعاع پیچه ۱۰ سانتی متر و مقاومت الکتریکی آن 5π اهم است. شار مغناطیسی عبوری از پیچه در لحظهٔ $t = 0$ برابر است با 50π میلی وبر و جریان القایی متوسط عبوری از پیچه ۵ آمپر است. m و n را پیدا کنید.

$$\Phi = BA\cos\theta = (mt+n)\times(\pi\times(0/1)^2)\cos 0 = 0/01\pi(mt+n)$$

$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = -\frac{N}{R}\left(\frac{\Phi_2-\Phi_1}{t_2-t_1}\right) = -\frac{0/01\pi N}{R}\frac{(mt_2+n)-(mt_1+n)}{t_2-t_1} = -\frac{0/01\pi N}{R}\times\frac{m(t_2-t_1)}{t_2-t_1} \Rightarrow |\bar{I}| = \frac{0/01\pi mN}{R}$$

$$t=0 \Rightarrow \Phi = 50\pi mWb \rightarrow 0/01\pi(m\times 0+n) = 50\pi\times 10^{-3} \Rightarrow 0/01\pi n = 50\pi\times 10^{-3} \Rightarrow n = 5$$

$$|\bar{I}| = 5A \rightarrow \frac{0/01\pi mN}{R} = 5 \Rightarrow \frac{0/01\pi m\times 250}{5\pi} = 5 \Rightarrow m = \frac{5\pi\times 5}{0/01\pi\times 250} = 10$$

تابع شار مغناطیسی گذرنده از یک حلقهٔ بسته بر حسب زمان در SI به صورت $\varphi = t^{۲} - ۲t + ۳$ است. اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در بازهٔ زمانی ۱ ثانیه تا ۳ ثانیه چند ولت است؟

$$\begin{cases} N = ۱ \\ \Phi = t^{۲} - ۲t + ۳ \\ \bar{\varepsilon} \\ t_{۱} = ۱s \\ t_{۲} = ۳s \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Phi_{۱} = ۱^{۲} - ۲\times ۱ + ۳ = ۲Wb \\ \Phi_{۲} = ۳^{۲} - ۲\times ۳ + ۳ = ۶Wb \end{cases}$$

$$\xrightarrow[\Delta\Phi = ۴Wb]{\Delta t = ۲s} \bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -۲V$$

میدان مغناطیسی عمود بر سطح پیچه ای با مساحت سطح مقطع ۰/۰۱ متر مربع، شامل ۱۰۰۰ دور سیم روکش دار به طور یکنواخت دربازهٔ زمانی ۰/۰۵ ثانیه، بدون تغییرات جهت از ۰/۹ تسلا به ۰/۴ تسلا کاهش می یابد. اندازهٔ نیروی محرکهٔ القای متوسط در پیچه چند ولت است؟

$$\begin{cases} \theta = 0 \\ A = 0/01\,m^2 \\ N = 1000 \\ \Delta t = 0/05\,s \\ \left.\begin{matrix} B_1 = 0/9\,T \\ B_2 = 0/4\,T \end{matrix}\right\} \Delta B = B_2 - B_1 = 0/4 - 0/9 = -0/5\,T \\ \varepsilon = ? \end{cases}$$

$$\begin{cases} \overline{\varepsilon} = -N\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow \overline{\varepsilon} = -NA\dfrac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta \\ \overline{\varepsilon} = -1000 \times 0/01 \dfrac{-0/5}{0/05}\cos 0 \rightarrow \overline{\varepsilon} = +100\,V \end{cases}$$

اگر آهنگ تغییر سطح در یک حلقه به مقاومت ۴۰۰ اهم برابر ۲۰۰ سانتی متر مربع بر ثانیه باشد و سطح حلقه بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به شدت ۰/۴ تسلا **عمود** باشد، شدت جریان القا شده در آن **چند آمپر** است؟

$$\begin{cases} R = ۴۰۰\Omega \\ N = ۱ \\ \dfrac{\Delta A}{\Delta T} = ۲۰۰\times ۱۰^{-۲}\ \dfrac{m^۲}{s} \\ B = ۰/۴T \\ \theta = ۰ \\ I = ? \end{cases}$$

$$\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow \varepsilon = -NB\frac{\Delta A}{\Delta t}\cos\theta$$

$$\varepsilon = -۱\times ۰/۴\times ۲\times ۱۰^{-۲}\cos ۰ \Rightarrow \varepsilon = -۸\times ۱۰^{-۳}V$$

$$I = \left|\frac{\varepsilon}{R}\right| \Rightarrow I = \frac{۸\times ۱۰^{-۳}}{۴۰۰} \Rightarrow I = ۲\times ۱۰^{-۵}A$$

سیملوله ای با ۵۰۰ دور در یک میدان مغناطیسی متغیر با زمان قرار گرفته است. مساحت مقطع سیملوله ۲۵ سانتی متر مربع و آهنگ تغییر میدان ۰/۰۰۸ تسلا بر ثانیه است. **بیشینهٔ** نیروی **محرکه القایی متوسط** در سیملوله را محاسبه کنید.

$$\begin{cases} N = ۵۰۰ \\ A = ۲۵ \times ۱۰^{-۴}\, m^{۲} \\ \dfrac{\Delta B}{\Delta t} = ۸ \times ۱۰^{-۳}\, \dfrac{T}{S} \\ \theta = ۰ \\ \bar{\varepsilon} = ? \end{cases}$$

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \rightarrow \bar{\varepsilon} = -NA\frac{\Delta B}{\Delta t}\cos\theta$$

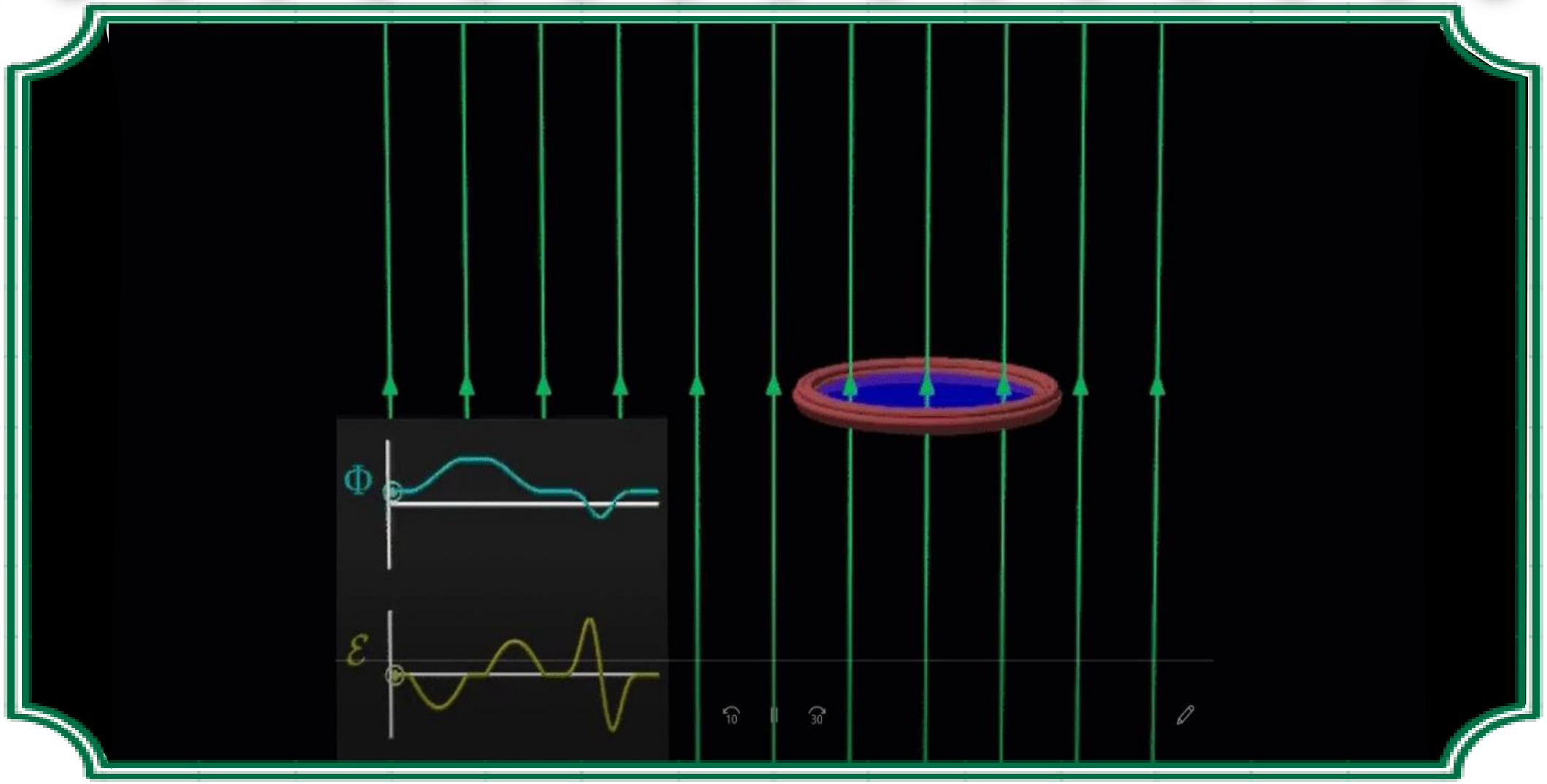
$$\bar{\varepsilon} = -۵۰۰ \times ۲۵ \times ۱۰^{-۴} \times ۸ \times ۱۰^{-۳} \cos ۰ \rightarrow \bar{\varepsilon} = -۰/۰۱V$$

قابی به مساحت ۶۰۰ سانتی متر مربع عمود بر خط های میدان مغناطیسی به بزرگی ۰/۴ تسلا قرار گرفته است. اگر این قاب را در مدت ۳ میلی ثانیه به طوری بچرخانیم که زاویه نیم خط عمود بر قاب با خطهای میدان به ۶۰ درجه برسد، **اندازهٔ** نیروی محرکه القایی متوسط چقدر است؟

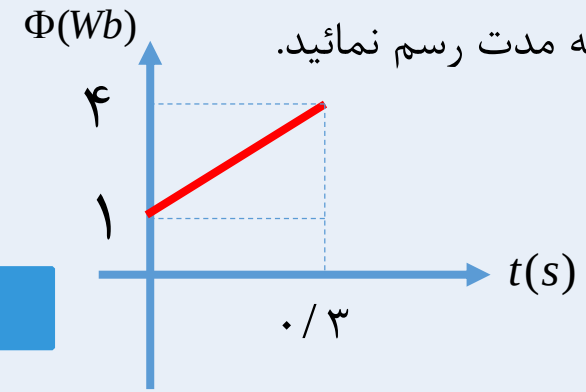
$$\begin{cases} N = ۱ \\ A = ۶۰۰ \times ۱۰^{-۴}\, m^{۲} \\ \theta_{۱} = ۰ \\ \theta_{۲} = ۶۰ \\ B = ۰/۴T \\ \Delta t = ۳ \times ۱۰^{-۳}\, s \\ \bar{\varepsilon} = ? \end{cases}$$

$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow \bar{\varepsilon} = \frac{-NAB(\cos\theta_{۲} - \cos\theta_{۱})}{\Delta t}$$

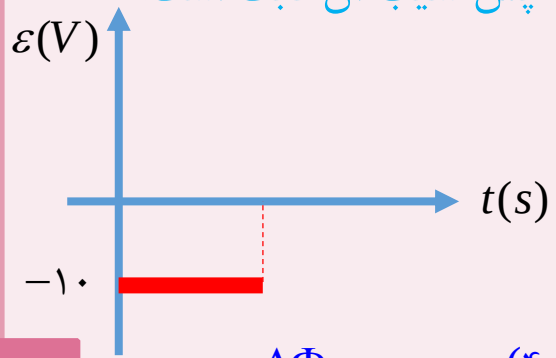
$$\rightarrow \bar{\varepsilon} = \frac{-۱ \times ۶۰۰ \times ۱۰^{-۴} \times ۰/۴(۰/۵ - ۱)}{۳ \times ۱۰^{-۳}} \rightarrow \bar{\varepsilon} = -۴V$$


Φ
ε

نمودار $\Phi - t$ عبوری از یک حلقهٔ رسانا مطابق شکل روبه رو است. نیروی محرکهٔ القایی در حلقه را به دست آورده و نمودار $\varepsilon - t$ را در ۰/۳ ثانیه مدت رسم نمائید.



شیب نمودار شار مغناطیسی – زمان با علامت منفی برابر نیروی محرکه ی القایی است چون نمودار راست است پس شیب آن ثابت است.

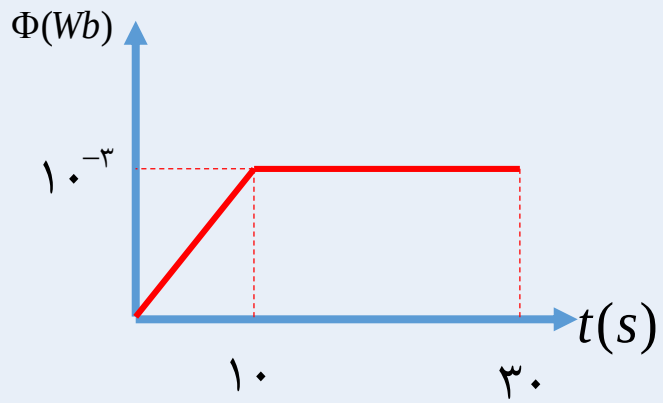


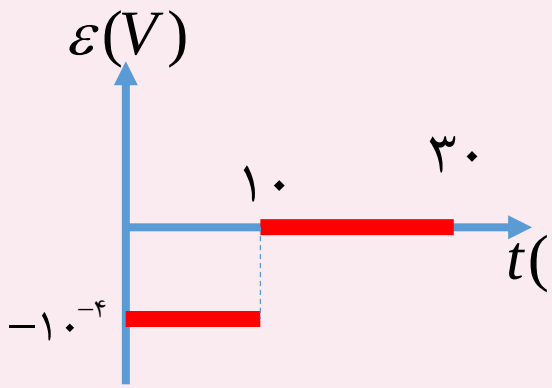
$$m = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon = -\frac{(۴-۱)}{۰/۳} = -۱۰V \Rightarrow$$

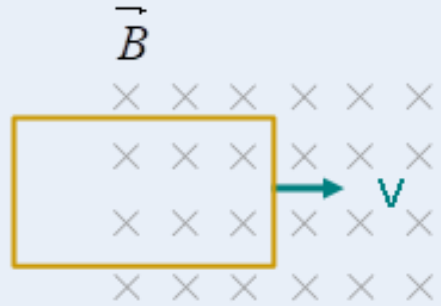
در شکل، نمودار تغییرات شار مغناطیسی که از یک رسانا می گذرد، بر حسب زمان رسم شده اس با محاسبات لازم نمودار **نیروی محرکهٔ** القایی در حلقه را بر حسب زمان رسم کنید.





$$\overline{\varepsilon} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon_۱ = -\dfrac{(۱۰^{-۳} - ۰)}{۱۰} = -۱۰^{-۴} V \\ \varepsilon_۲ = -\dfrac{(۱۰^{-۳} - ۱۰^{-۳})}{۳۰ - ۱۰} = ۰ \end{cases}$$

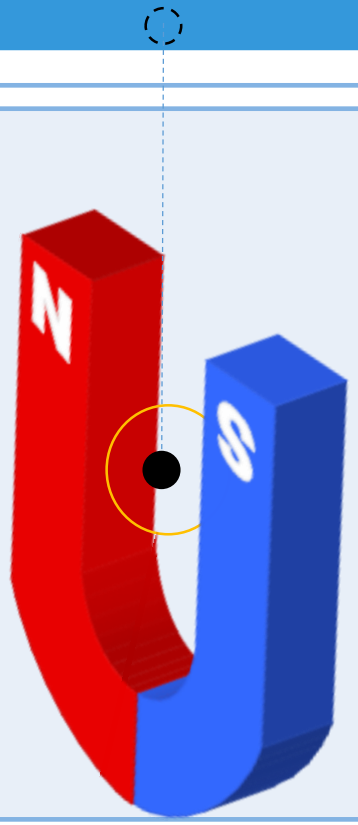
مانند شکل حلقهٔ مستطیل شکل به ابعاد ۳ در ۵ سانتی متر با سرعت ثابت ۲ متر بر ثانیه به طور **کامل** وارد میدان مغناطیسی ۰/۰۲ تسلا می شود. **نیروی محرکهٔ القایی متوسط** در قاب را محاسبه کنید.

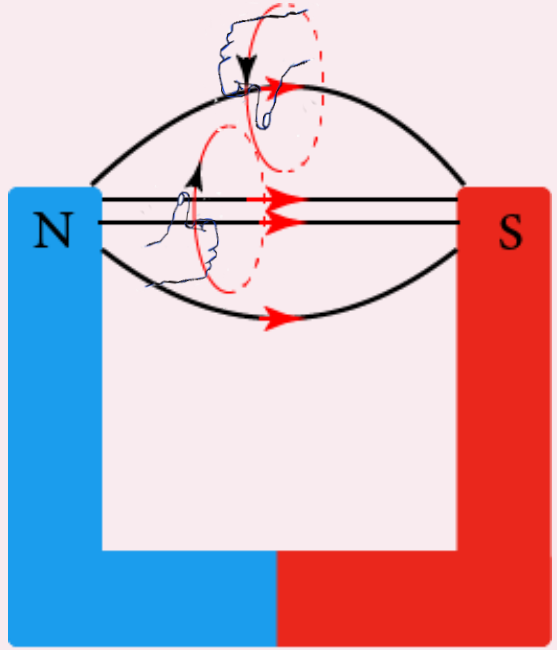


$$\Delta t = \frac{\Delta x}{V} \Rightarrow \Delta t = \frac{۵\times۱۰^{-۲}}{۲} = ۰/۰۲۵s$$

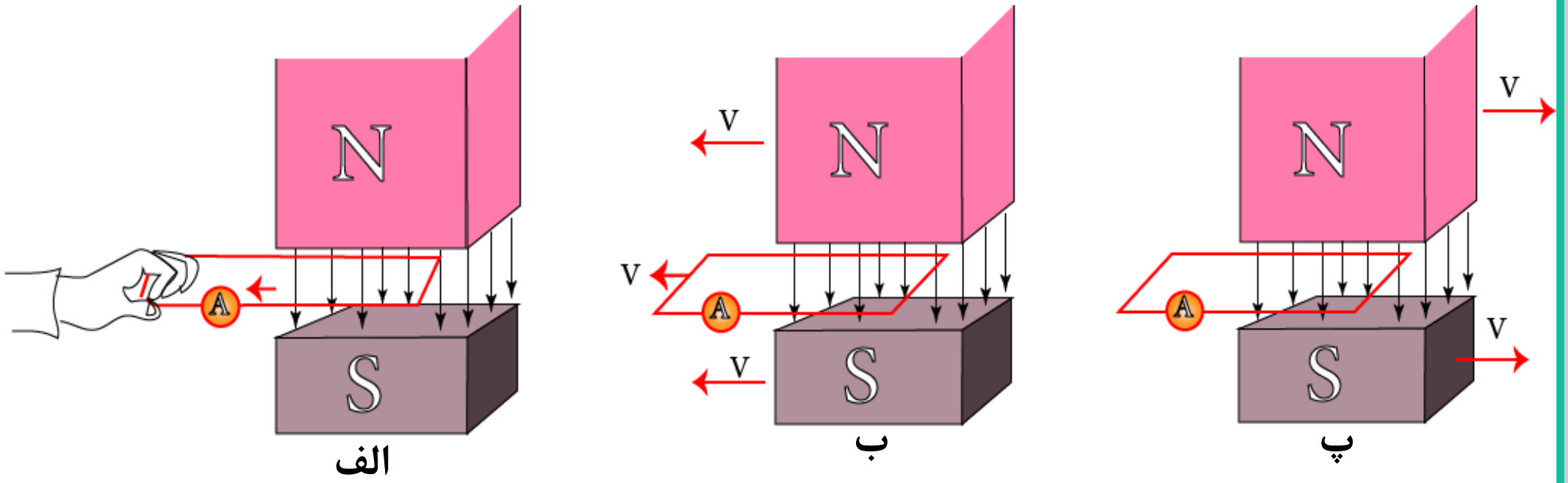
$$\bar{\varepsilon} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon = \frac{\Phi_۲ - \Phi_۱}{\Delta t} \Rightarrow$$

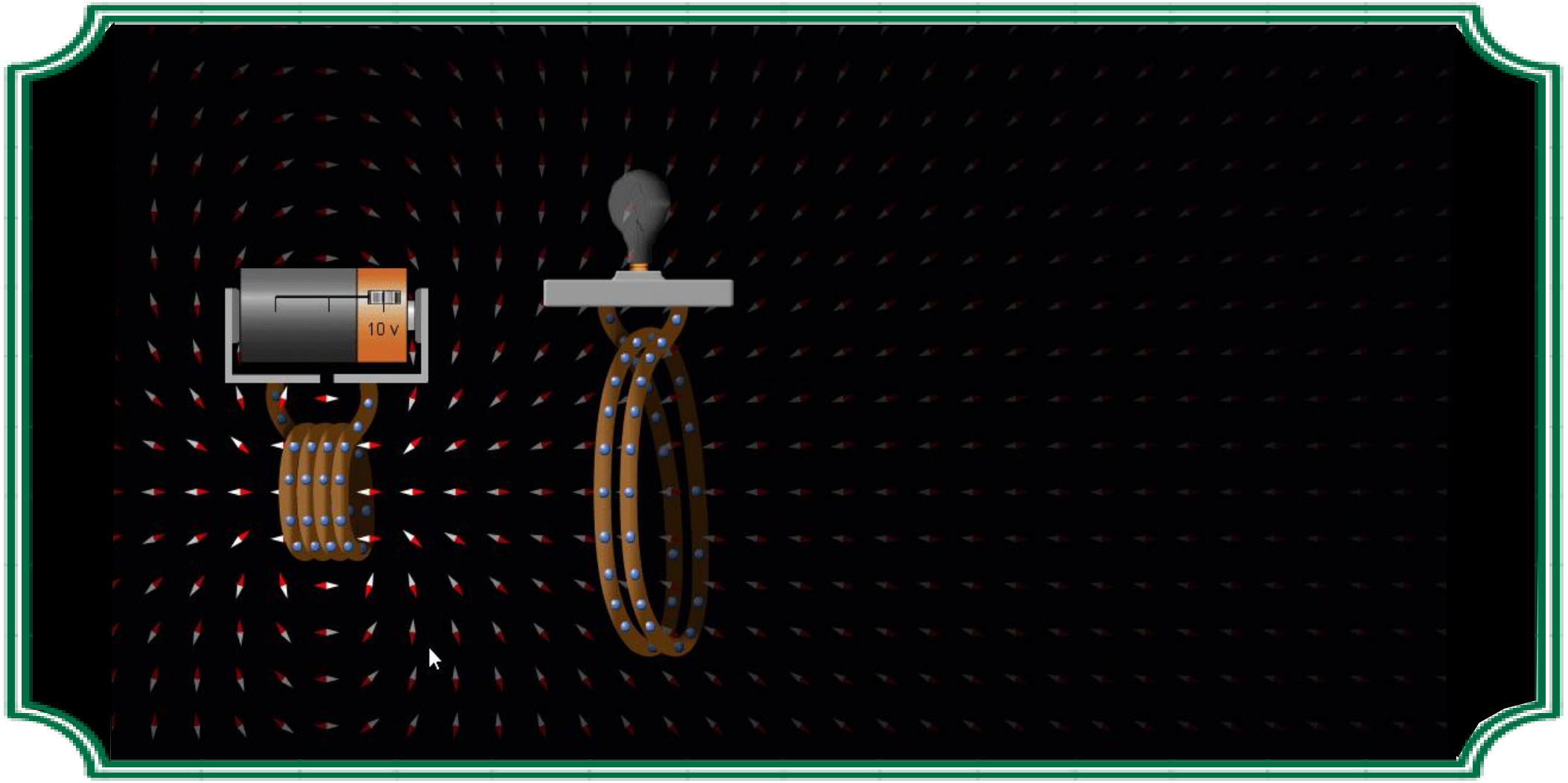
$$\bar{\varepsilon} = \frac{BA_۲ - ۰}{\Delta t} = \frac{۰/۰۲\times۳\times۵\times۱۰^{-۴}}{۲۵\times۱۰^{-۳}} = ۱/۲\times۱۰^{-۳}$$

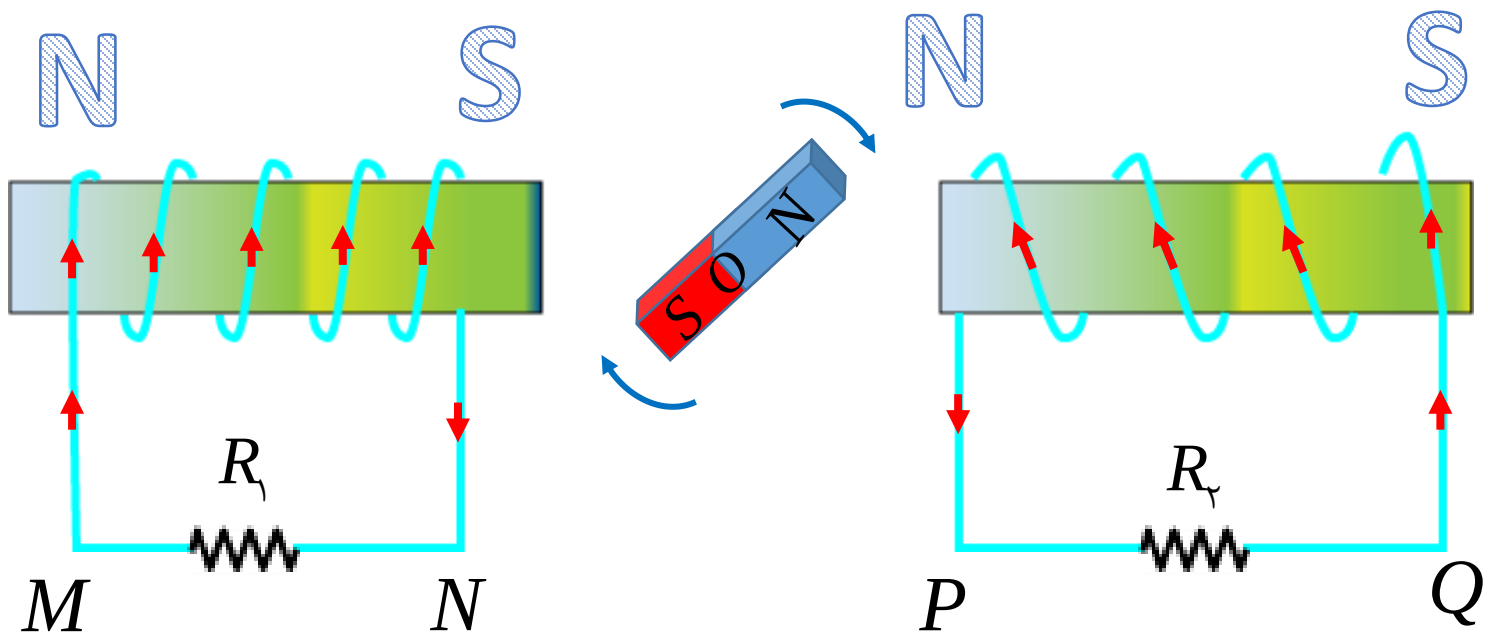

N
S


N
S

در شکل های زیر، بخشی از یک قاب رسانا در دهانهٔ آهن ربای نعلی شکلی قرار دارد. در شکل الف آهن ربا **ساکن** است و قاب به سمت چپ حرکت می کند؛ در شکل ب قاب و آهن ربا با **سرعت یکسان** به سمت چپ حرکت می کنند و در شکل پ **قاب ساکن** است و آهن ربا به سمت راست **حرکت** می کند. در کدام یک از شکل ها، آمپرسنج عددی **مخالف صفر** را نشان می دهد؟




10 v

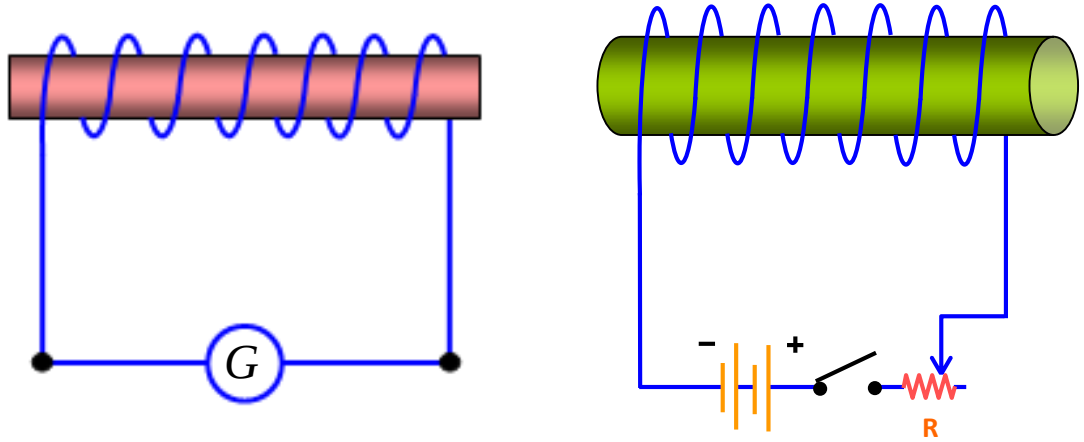


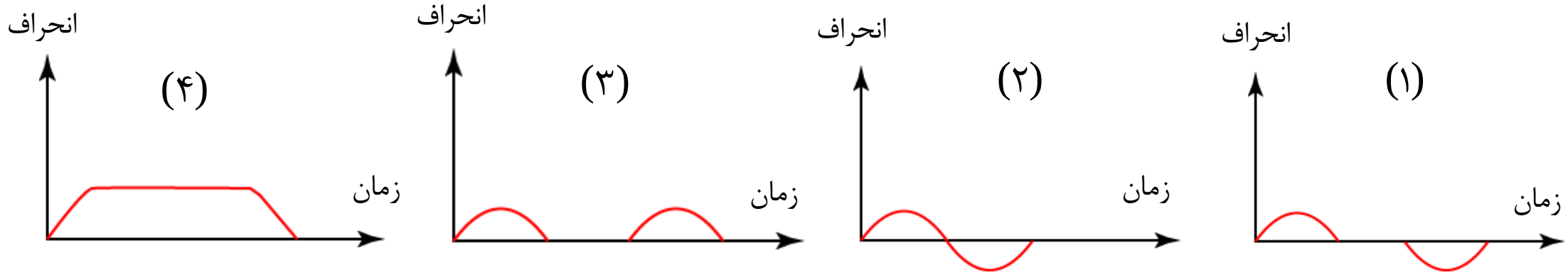
در شکل روربه رو یک آهن ربای میله ای ساعتگرد حول محور گذرنده از نقطهٔ O و عمود بر صفحه می چرخد. در لحظه ی نشان داده شده در شکل، جهت جریان القایی در مقاومت R_1 و R_2 تعیین کنید.

$P \rightarrow Q$ $\quad$ $M \leftarrow N$

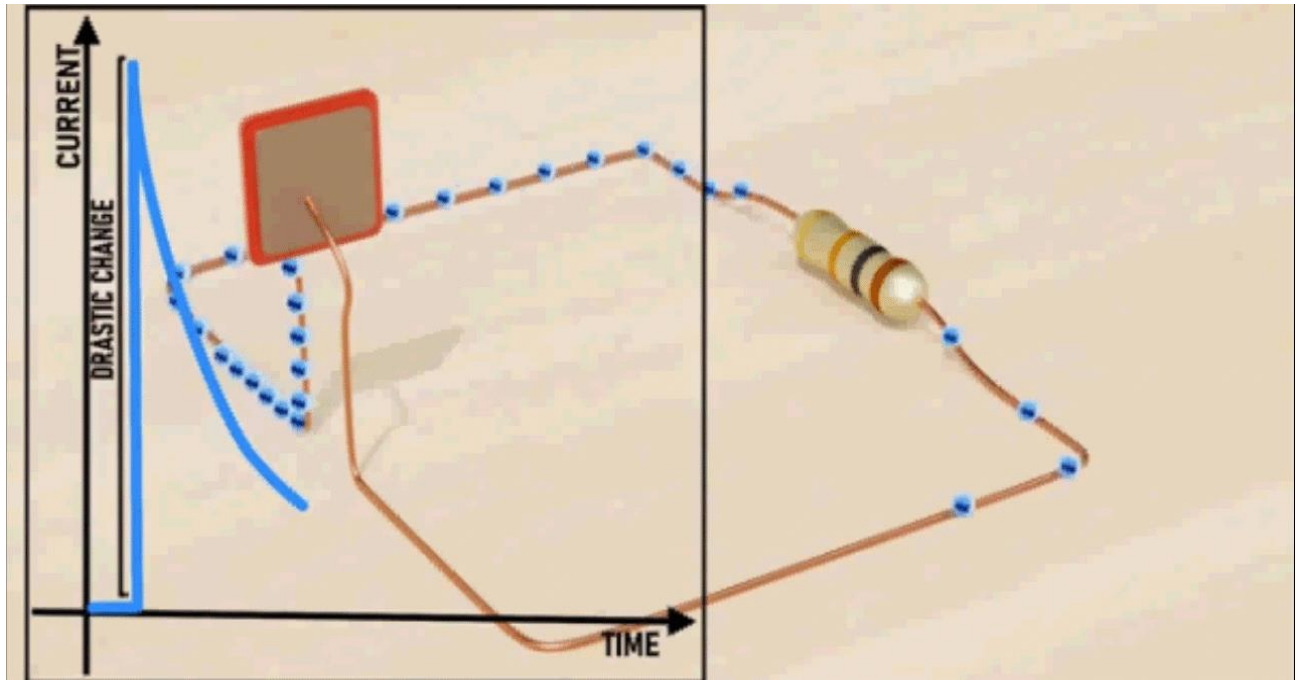
تمرین:

در شکل روبه رو، سیم پیچ A به یک گالوانومتر و سیم پیچ B که مقابل آن است، به یک رئوستا، یک باتری و یک کلید قطع و وصل متصل است. وقتی کلید را برای چند لحظه بسته و سپس باز می کنیم، کدام یک از نمودارها بهتر از همه انحراف عقربهٔ گالونومتر را نشان می دهد؟





طبق قانون لنز جهت جریان القایی در یک مدار همواره به گونه ای است که با عامل به وجود آورنده ی خود **مخالفت** می کند.



فرض کنید مدار بسته ای در میدان مغناطیسی B قرار گرفته است و در اثر تغییر **شار عبوری** از مدار، جریان القایی در آن ایجاد می شود. این جریان یک میدان مغناطیسی تولید می کند که به آن میدان مغناطیسی القایی می گوییم و آن را با B′ نشان می دهیم. براساس قانون لنز، اگر شار مغناطیسی گذار از یک مدار افزایش یابد، میدان مغناطیسی گذرا از یک مدار کاهش یابد، میدان مغناطیسی القایی در جهت میدان مغناطیسی اصلی به وجود می آید تا اثر تقویت کنندهٔ آن با کاهش شار مخالف کند.

قانون لنز:

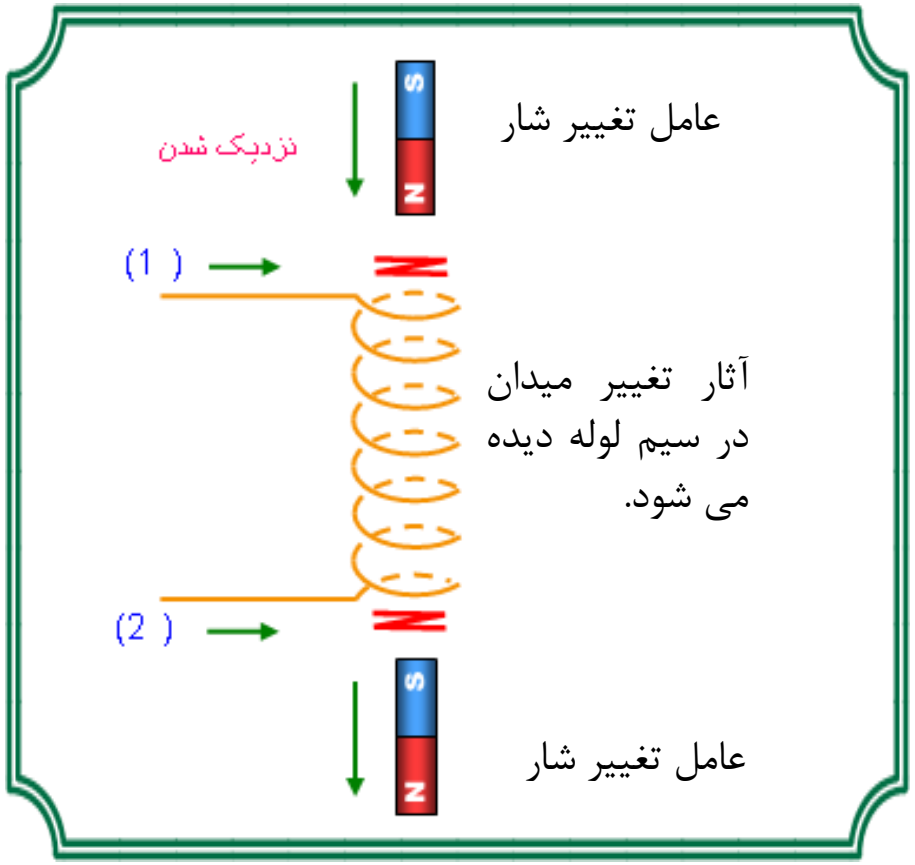
گام اول: تعیین جهت میدان مغناطیسی اصلی (القا کننده)در محل مدار القا شونده.

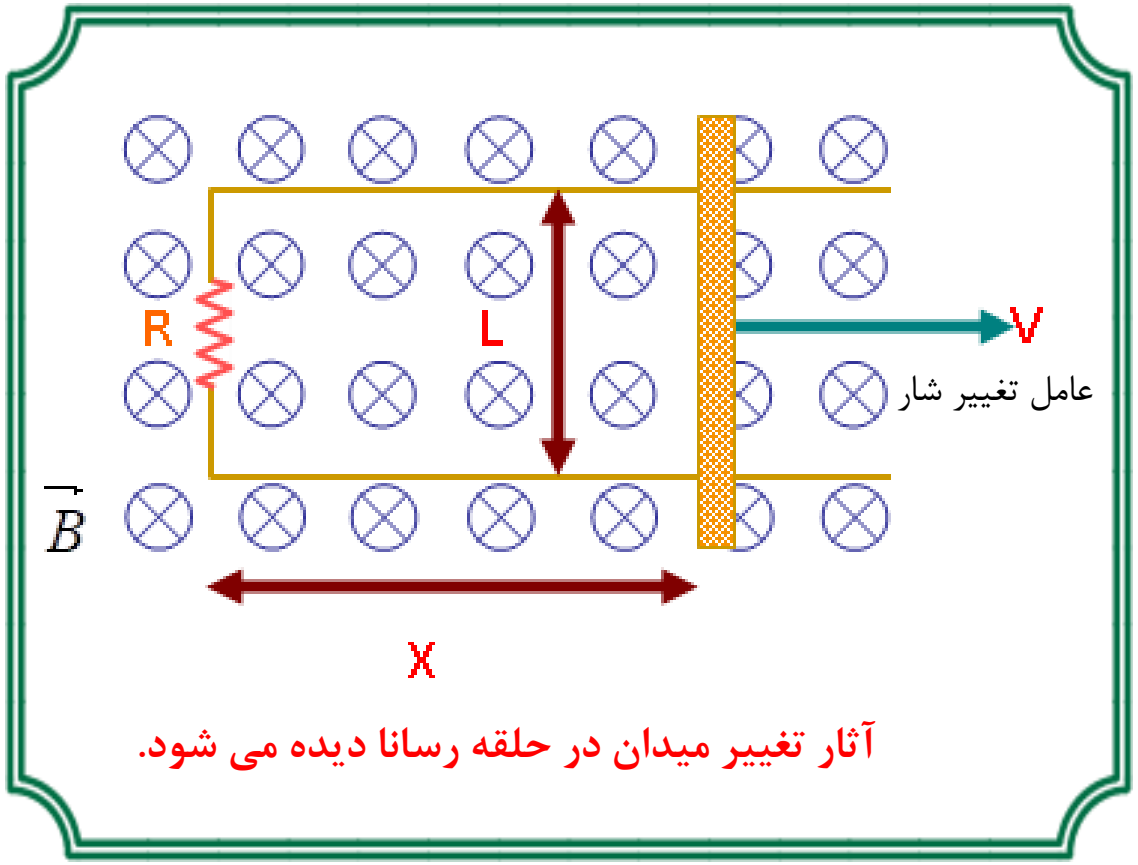
گام دوم: تعیین نحوهٔ تغییر شار مغناطیسی (کاهش یا افزایش) در محل مدار القا شونده.

گام سوم: تعیین جهت میدان مغناطیسی القایی در مدار القاشونده (به کمک قانون لنز).

گام چهارم: تعیین جهت جریان القایی از روی جهت میدان مغناطیسی القایی.

جهت جریان القایی ایجاد شده در حلقه با **افزایش شار** و هم با کاهش شار عبوری از حلقه، **مخالفت** می کند.

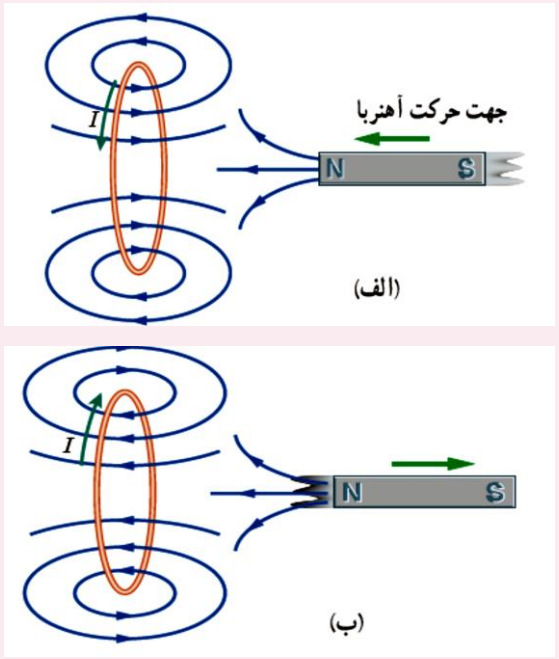




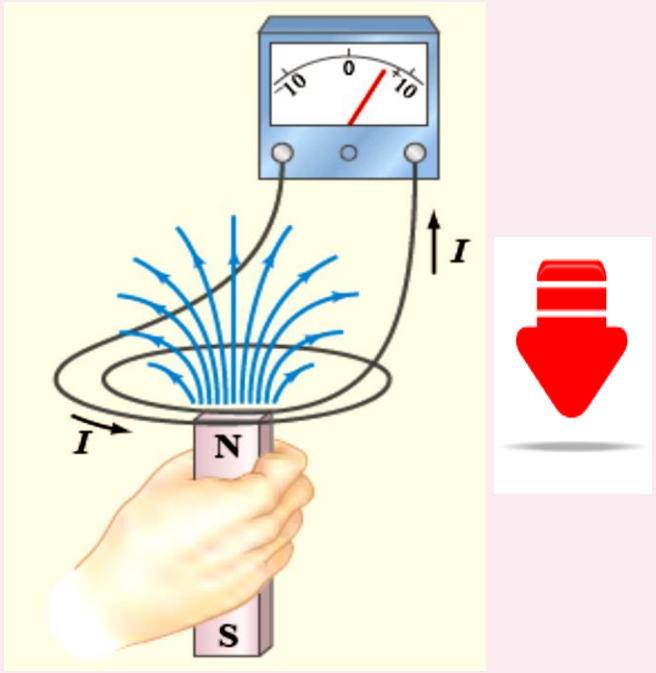
آثار تغییر میدان در حلقه رسانا دیده می شود.

الف) وقتی آهنربا به حلقه ی رسانا نزدیک می شود جریان در جهتی در حلقه القا می شود که میدان مغناطیسی ناشی از آن با افزایش شار مغناطیسی حلقه مخالفت کند.

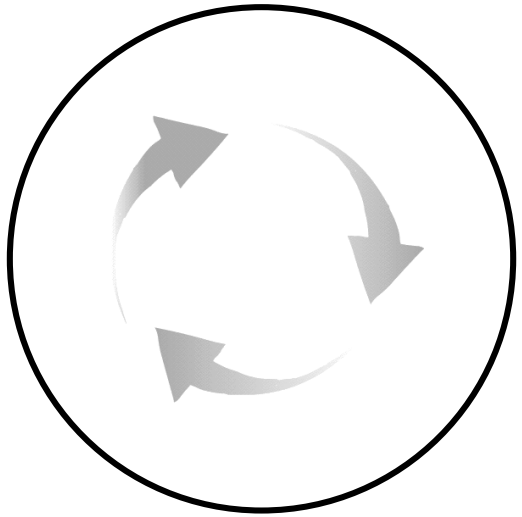
ب) با دور شدن آهنربا از حلقهٔ رسانا جریان در جهتی در حلقه القا می شود که میدان مغناطیسی ناشی از آن با کاهش شار مغناطیسی حلقه مخالفت کند.



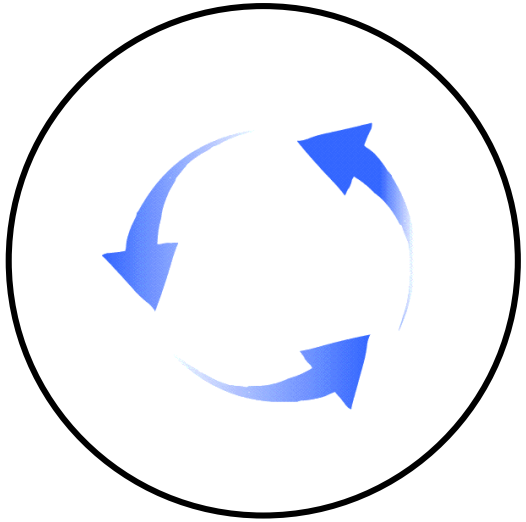
با توجه به جهت جریان القایی در مدار شکل توضیح دهید که آیا آهنربا روبه بالا حرکت می کند یا به پایین؟



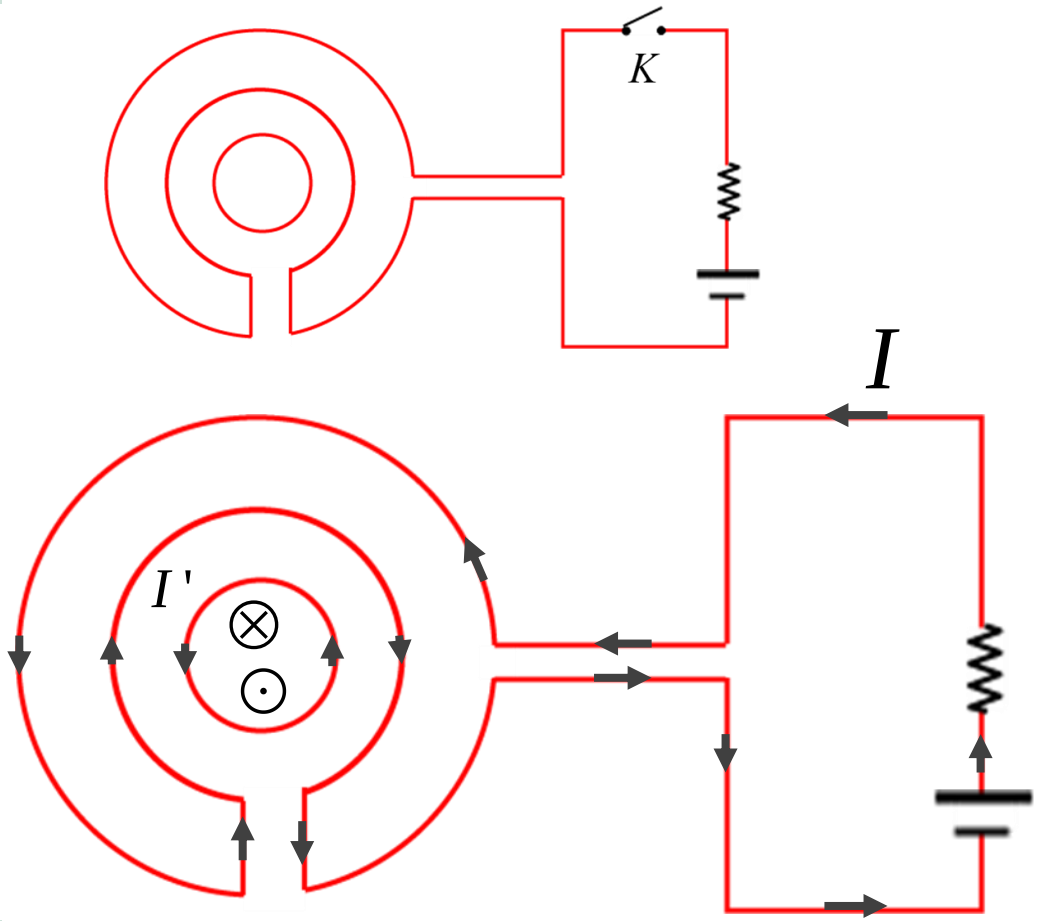
جریان عبوری از سیم در حال افزایش است.



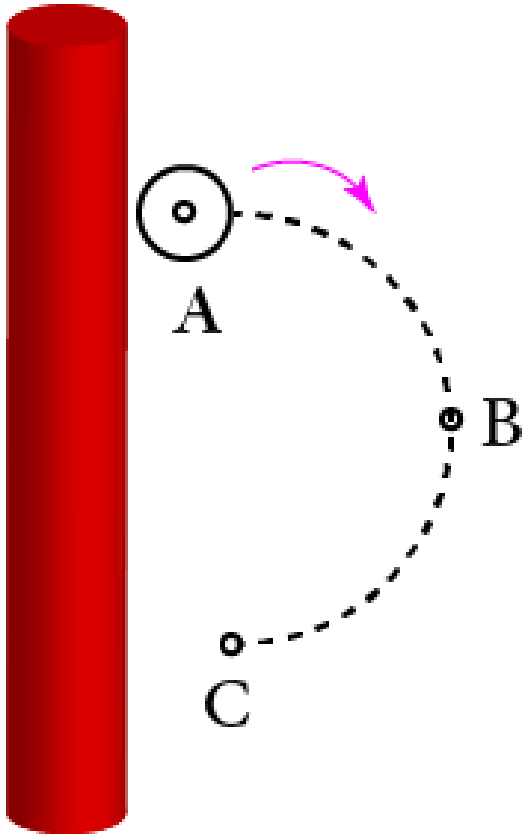
جریان عبوری از سیم در حال کاهش است.



در شکل، کلید K را بسته و پس از مدتی، دوباره باز می کنیم. بلافاصله پس از بستن و بلافاصله پس از بازکردن کلید، به ترتیب و از راست به چپ، جهت جریان القایی در حلقه ی رسانای کوچک تر درونی در کدام جهت برقرار می شود؟

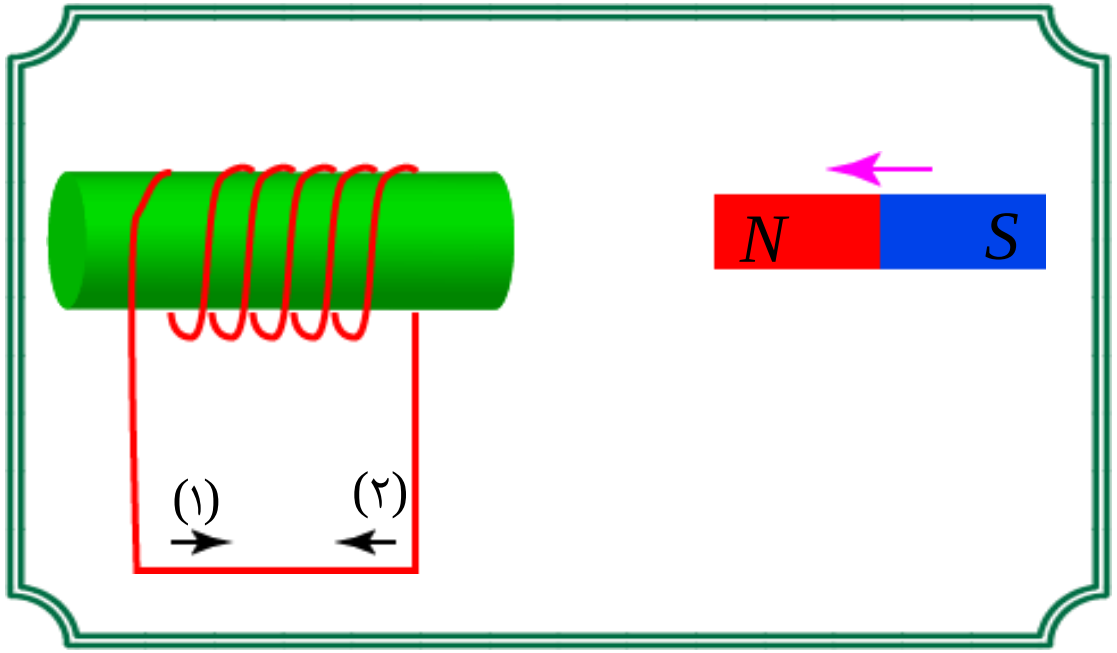


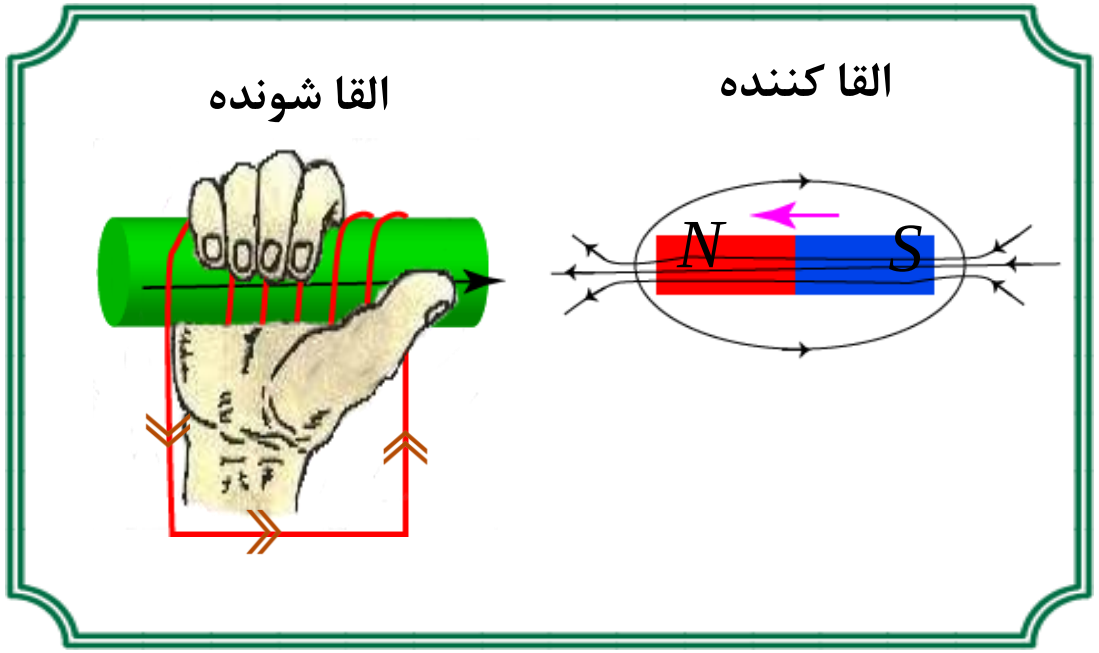
مطابق شکل، حلقهٔ رسانای کوچکی را در کنار سیم راست و بلندی که حامل جریان است، در مسیر نیم دایره ABC حرکت می دهیم. اگر بخواهیم در کل مسیر، جریانی در حلقه القا **نشود**، باید جریان گذرا از سیم راست، .....

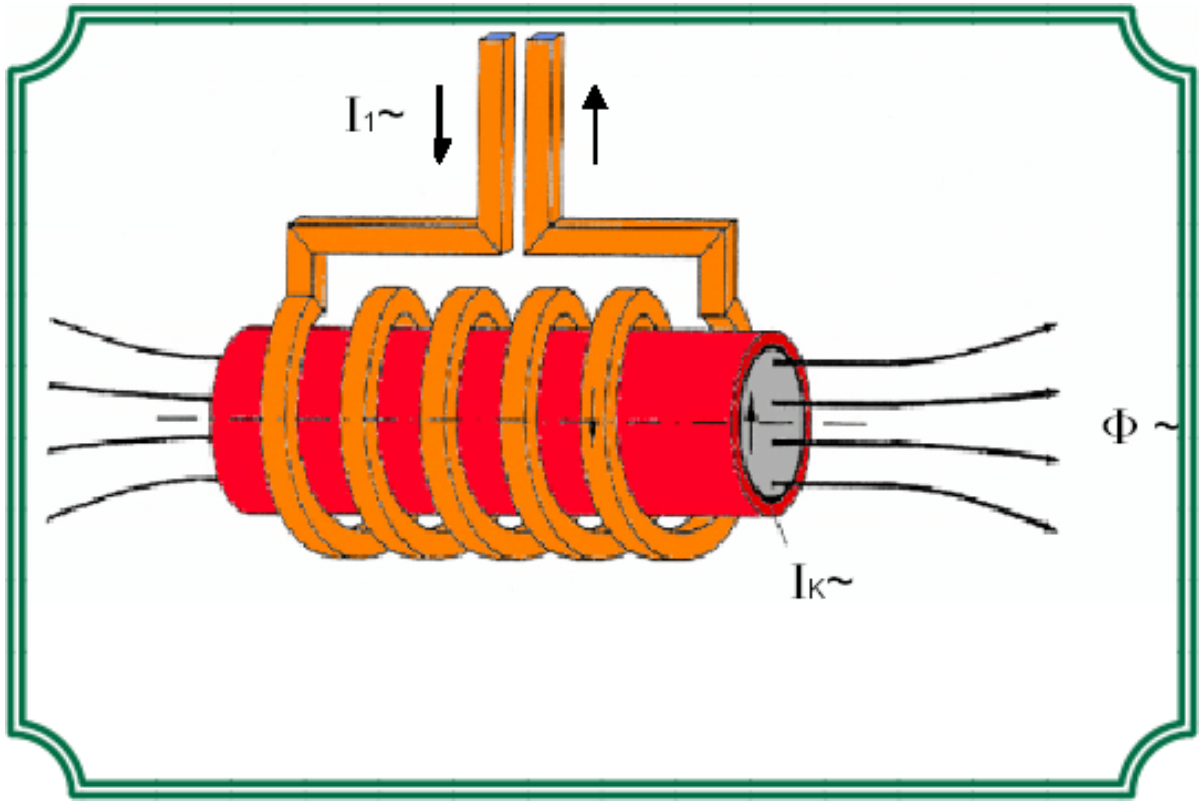


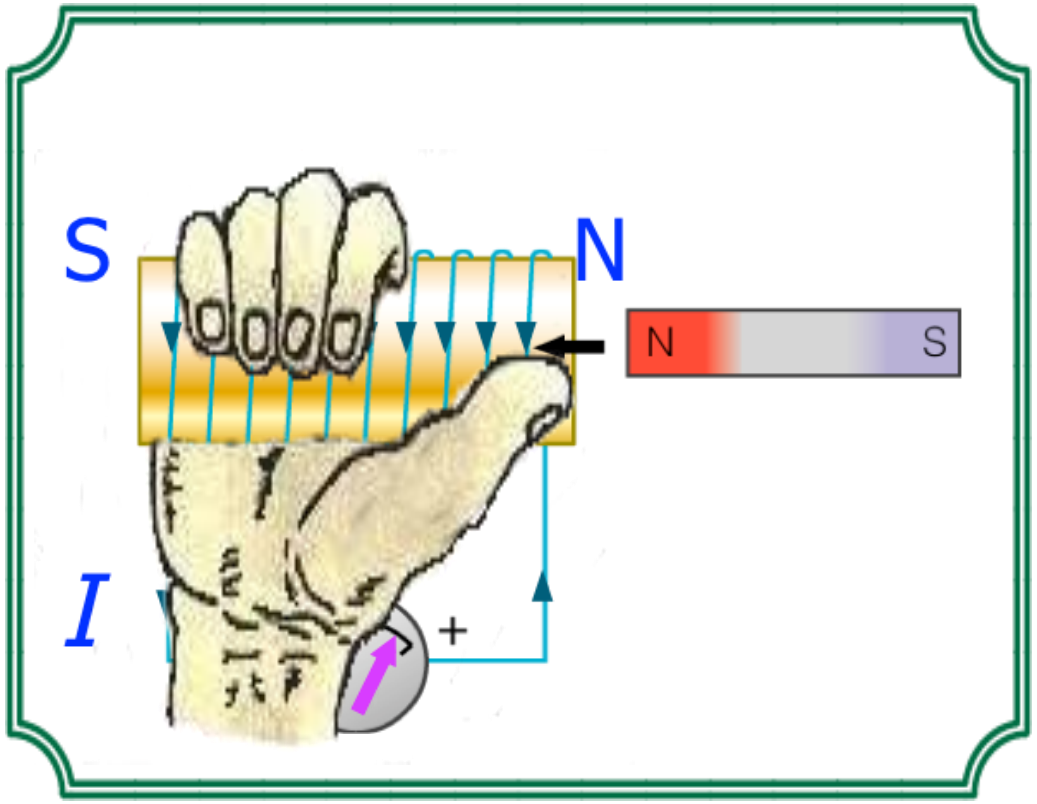
برای جلوگیری از القا تغییر شار نداشته باشیم. در کل مسیر نقطه چین نباید شار گذرا از حلقه تغییر کند؛ چون مساحت حلقه ثابت است داریم: $\Phi = BA$ برای تغییر شار باید Bثابت بماند در مسیر ABC ابتدا فاصله از سیم افزایش می یابد پس جریان سیم باید افزایش یابد تا کاهش میدان را جبران کند. ولی از نقطه B تا C جریان به همان نسبت که افزایش یافت باید کاهش پیدا کند.

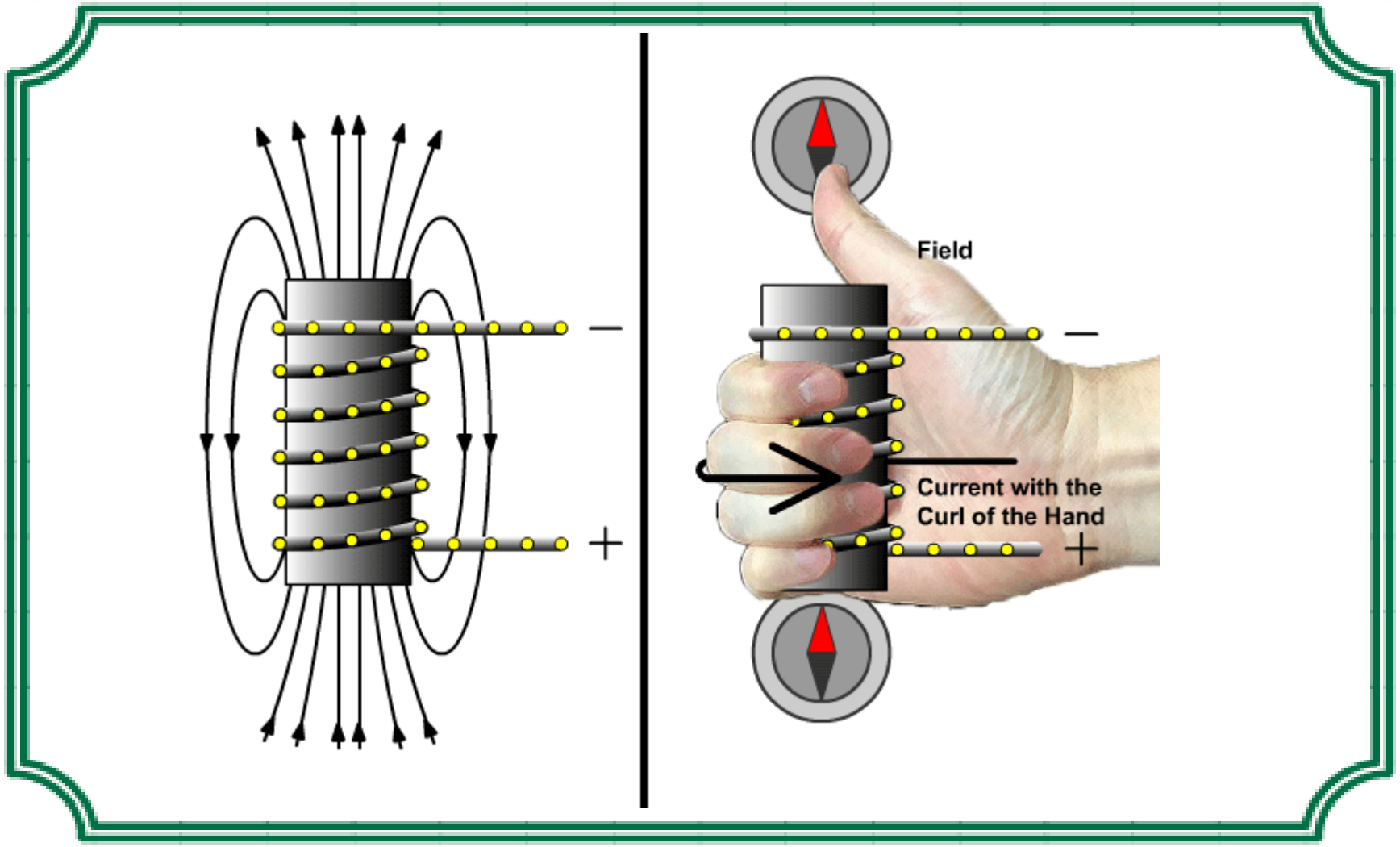
در شکل مقابل، یک آهن ربای میله ای را از سمت قطب N به سیم لوله ای با هستهٔ آهنی **نزدیک** میکنیم. جهت جریان القایی در سیم لوله با کدام یک از جهت های نشان داده شده در شکل **موافق** است؟





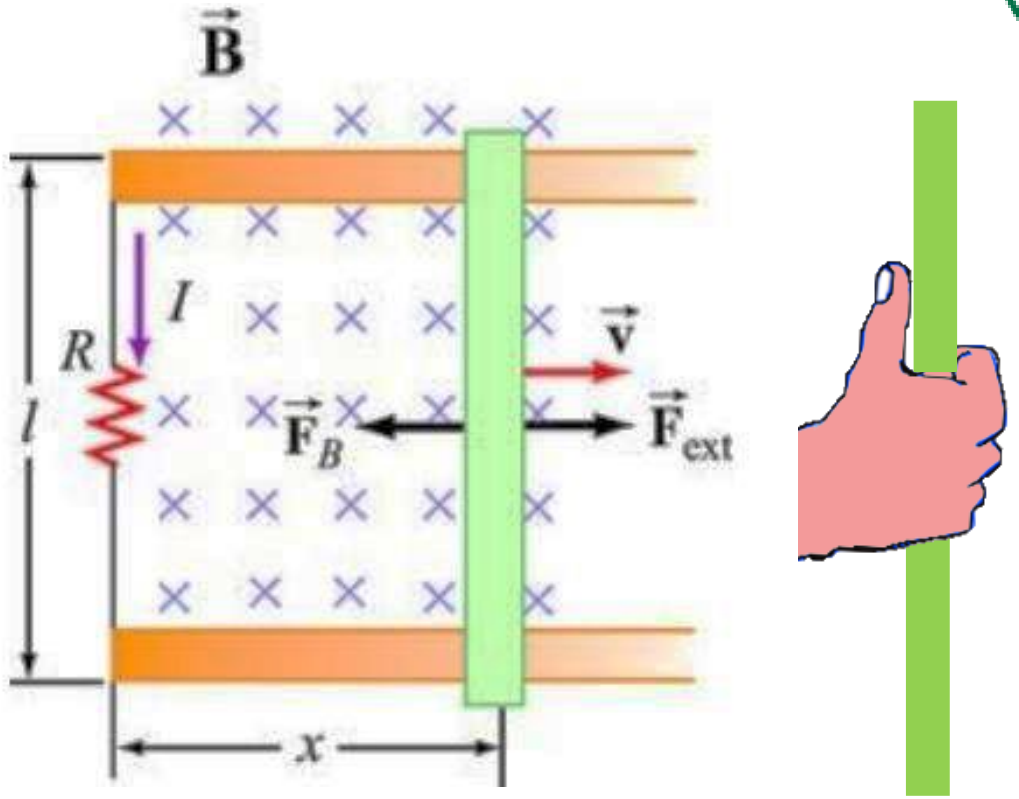

I1~
Φ ~
IK~


S
N
N
S
I
+

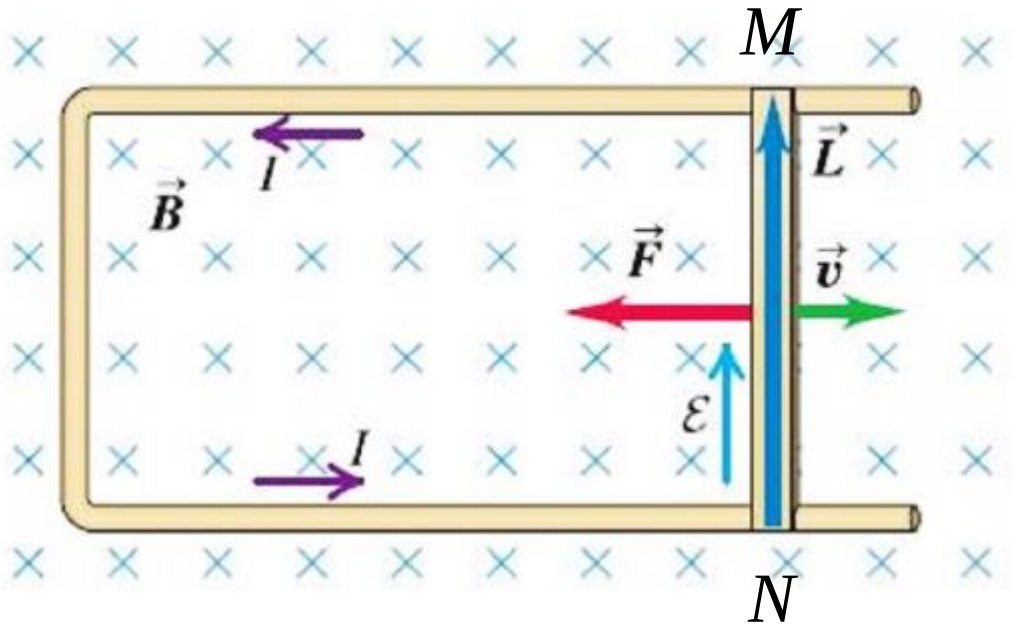

Field
Current with the
Curl of the Hand
−
+
−
+

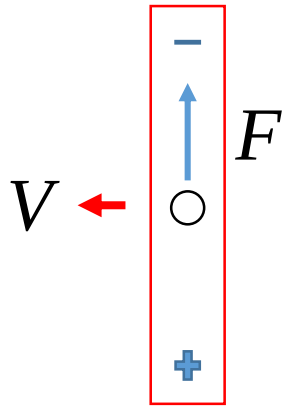
مفهوم نیروی محرکهٔ الکتریکی حرکتی:

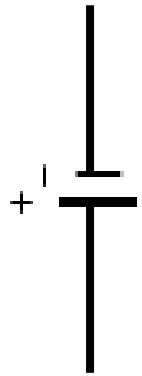
وقتی یک میلهٔ رسانا در میدان مغناطیسی حرکت می کند و خطوط میدان را قطع می کند یک نیروی محرکهٔ الکتریکی در دو سر میله القا می شود که باعث می شود میله، عملکردی شبیه یک منبع نیروی محرکه ی الکتریکی پیدا کند، برای روشن شدن موضوع به مثال زیر توجه کنید:



حرکت میلهٔ MN و اتفاقات میکروسکوپی داخل آن: بارهای جدا شده در دو انتهای میلهٔ، روشن ترین دلیل برای اثبات وجود یک نیروی محرکهٔ الکتریکی در میله هستند. به این نوع از نیروی محرکه ی القایی « **نیروی محرکه ی الکتریکی حرکتی**» می گوییم. چرا که دلیل وجودی آن، به حرکت در آوردن میله در میدان مغناطیسی است.

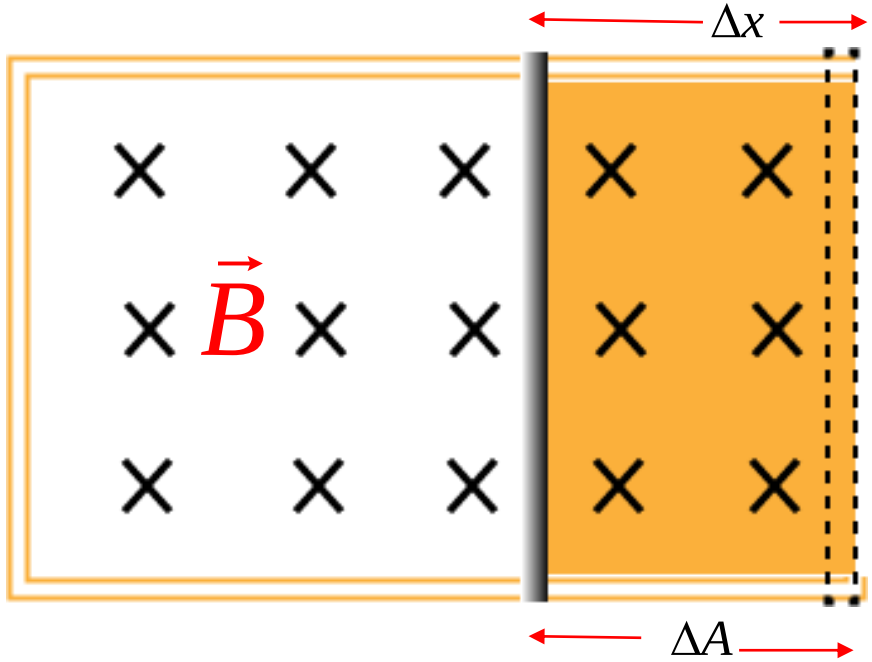






با توجه به شکل های بالا، جریان در داخل میله از N و M و نیروی مغناطیسی وارد بر آن به سمت چپ است. نتیجه نیروی مغناطیسی وارد بر میله، همواره در خلاف جهت حرکت آن است.

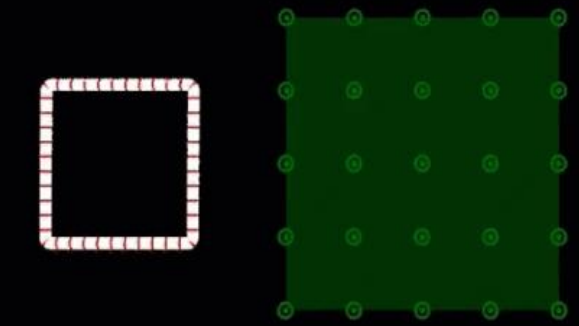
در شکل روبه رو، میله ای به طول l را با سرعت V در جهت نشان داده شده به حرکت در می آوریم و میله در مدت Δt به اندازهٔ Δx جابه جا می شود و مساحت قاب به اندازهٔ ΔAافزایش می یابد. براساس قانون فاراده، نیروی محرکه متوسطه القا شده در میله برابر است با:

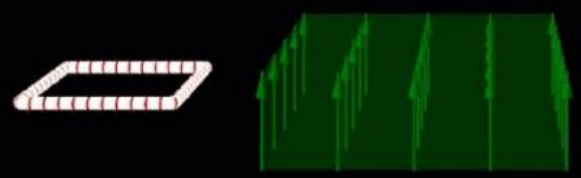


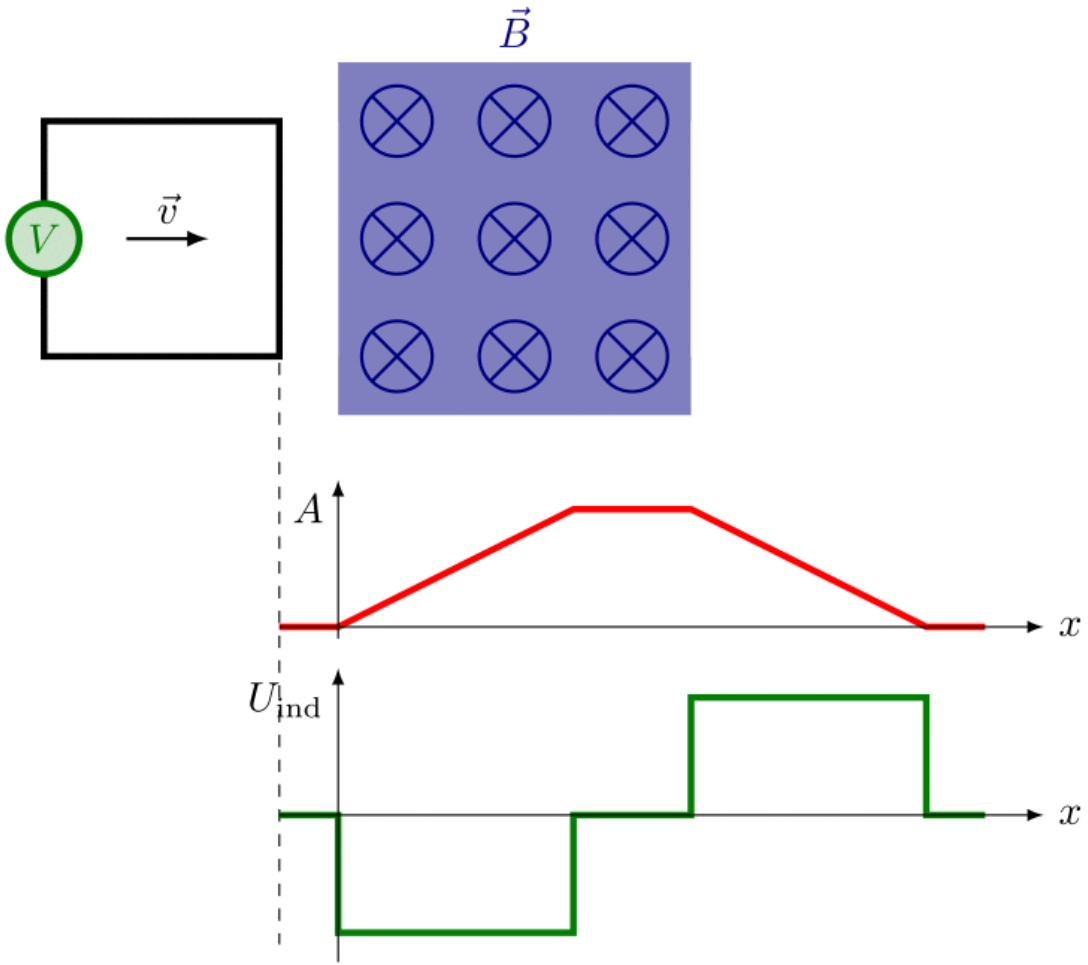
$$|\bar{\varepsilon}| = \left|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| \xrightarrow{N=1} |\bar{\varepsilon}| = \left|\frac{\Delta(BA)}{\Delta t}\right| = B\frac{\Delta A}{\Delta t}$$

$$= Bl\frac{\Delta x}{\Delta t} \rightarrow |\bar{\varepsilon}| = Bl\bar{V} \rightarrow V = \bar{V}$$

Φ
I
x






$\vec{B}$
V
$\vec{v}$
A
x
U_{ind}
x

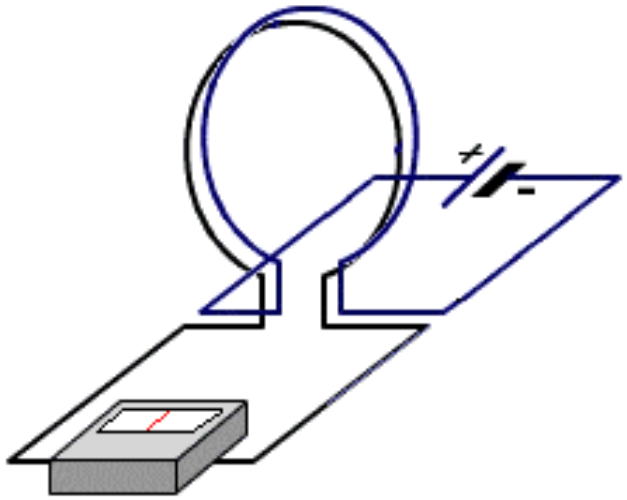
هواپیمایی که طول بال های آن ۵۰ متر است و در منطقه ای که مؤلفه ی قائم میدان زمین ۰/۵ گاوس است، با سرعت ۲۰۰ متر بر ثانیه در راستای افقی پرواز می کند، **اختلاف پتانسیل** بین دو سر بال های هواپیما **چند ولت** است؟

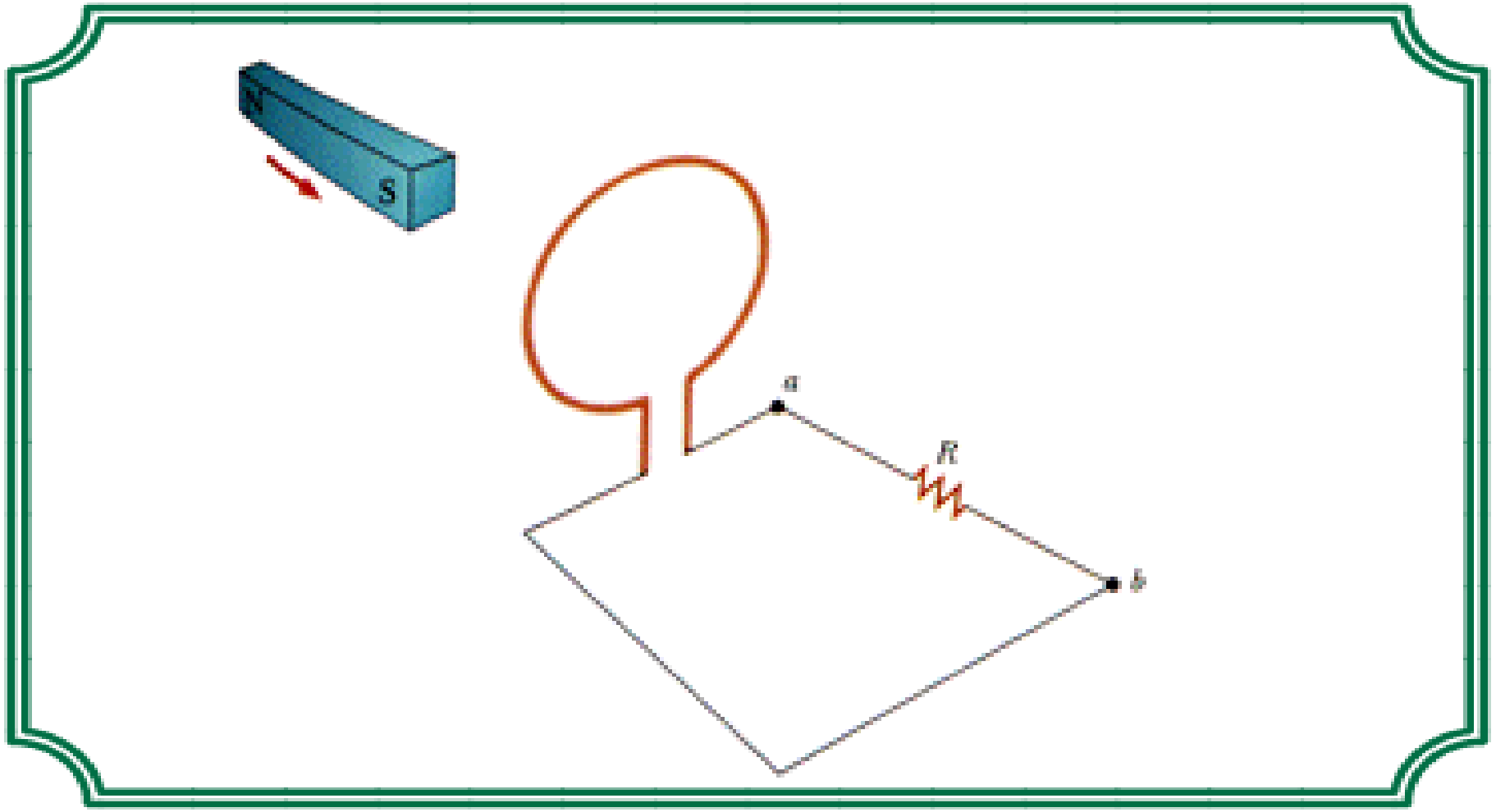
$$|\varepsilon| = BlV$$

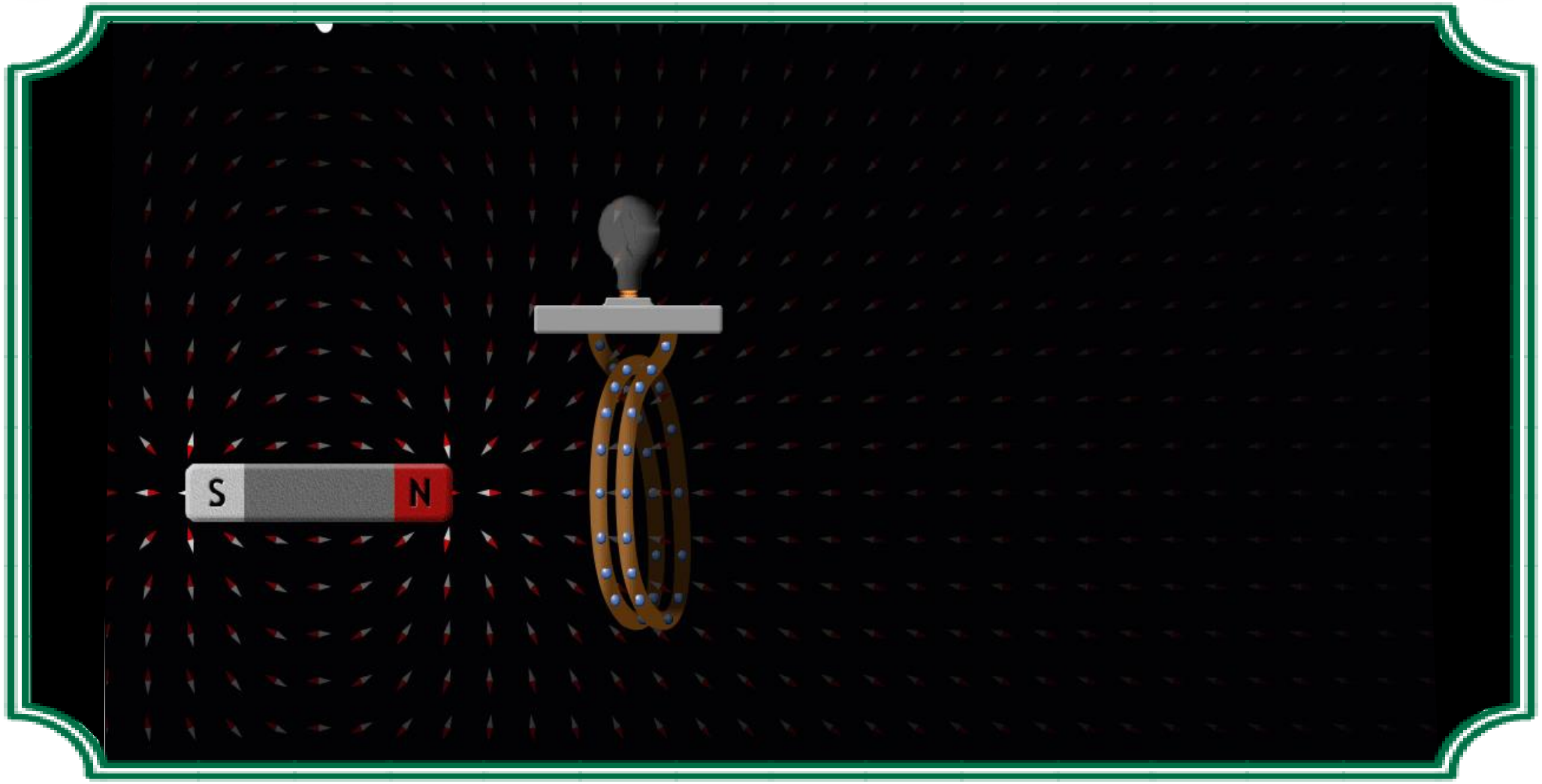
$$= (۰/۵\times۱۰^{-۴})\times۵۰\times۲۰۰$$

$$\Rightarrow |\varepsilon| = ۰/۵V$$

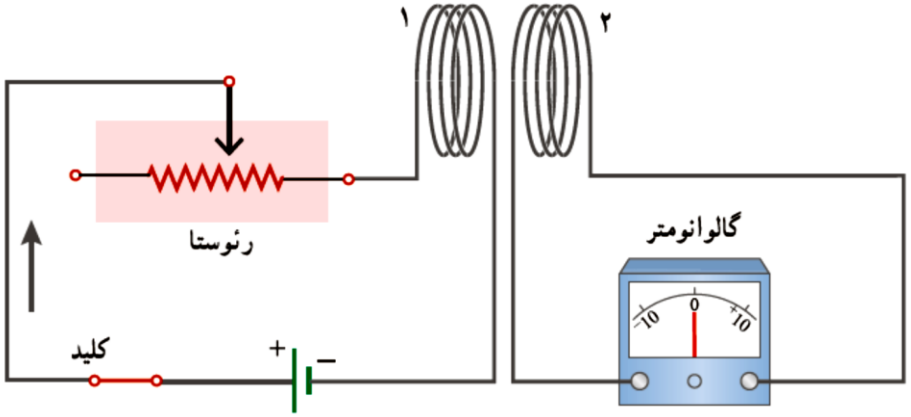
با توجه به شکل با دور حلقهٔ حامل جریان در حلقه ی دیگر جریان القایی ایجاد می شود و جهت آن همواره طوری که با عامل تغییر مخالفت کند. با دور شدن حلقه حامل جریان میدان مغناطیسی کاهش می یابد لذا جهت جریان در حلقه ای که به آمپر سنج وصل است طوری که میدان را تقویت کند.

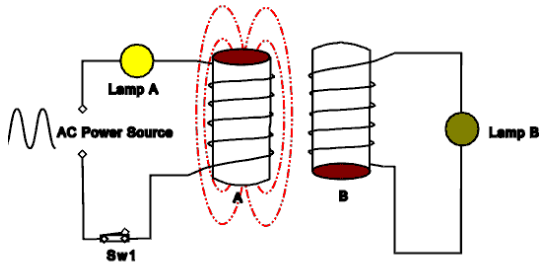



N
S
a
R
b


S
N

با تغییر **مقاومت رئوستا** و تغییر جریان عبوری از پیچهٔ ۱ شار عبوری از پیچه ی ۲ نیز تغییر می کند. این تغییر شار، سبب ایجاد نیروی محرکهٔ القایی در پیچه ی ۲ ، سبب ایجاد نیروی محرهٔ القایی در پیچه ی ۱می گردد.

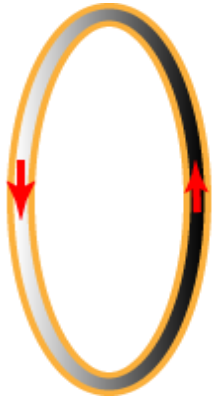


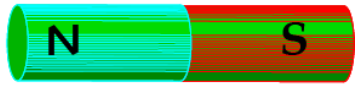


در شکل مقابل، با توجه به جریان القایی حلقه:

الف) **جهت حرکت** آهنربا را با ذکر دلیل مشخص کنید.

ب) برای آنکه جریان القایی در حلقه را **بیشتر** کنیم چه راههای را پیشنهاد می دهید.





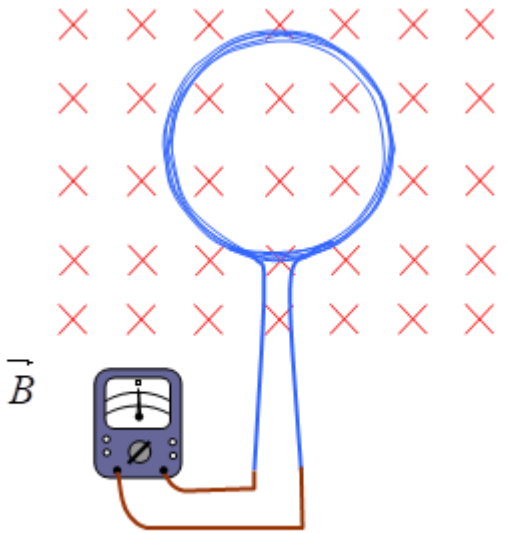
الف) آهنربا از سیم لوله نزدیک می شود. زیرا خلاف میدان مغناطیسی القایی که به علت جریان القایی در حلقه بوجود آمده خلاف با میدان مغناطیسی آهن رباست و طبق قانون لنز، چون جریان القایی در جهتی است که می خواهد با عامل بوجود آورنده اش (تغییر شار) مخالفت کند. پس میدان مغناطیسی آهن ربا در حال افزایش بوده و آهن ربا به سیم لوله نزدیک می شود.

ب) افزایش سرعت حرکت آهن ربا و یا با افزایش میدان مغناطیسی آهن ربا

پیچه ای از چند دور سیم نازک انعطاف پذیر تشکیل شده و مطابق شکل در میدان مغناطیسی یکنواخت و درون سو قرار دارد. اگر مطابق شکل پیچه را از دو سمت آن بکشیم و مساحت پیچه کاهش یابد:

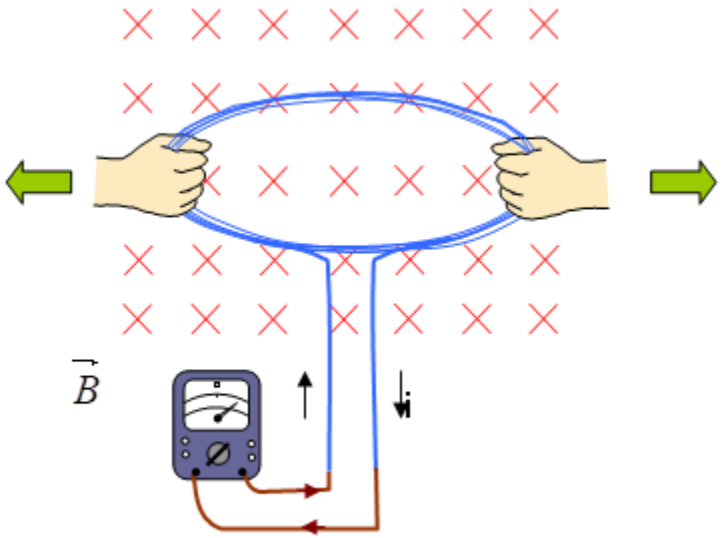
الف) جریان القایی در پیچه در **کدام جهت** بر قرار می شود؟

ب) طبق **چه قانون** فیزیکی جهت جریان مشخص می شود؟



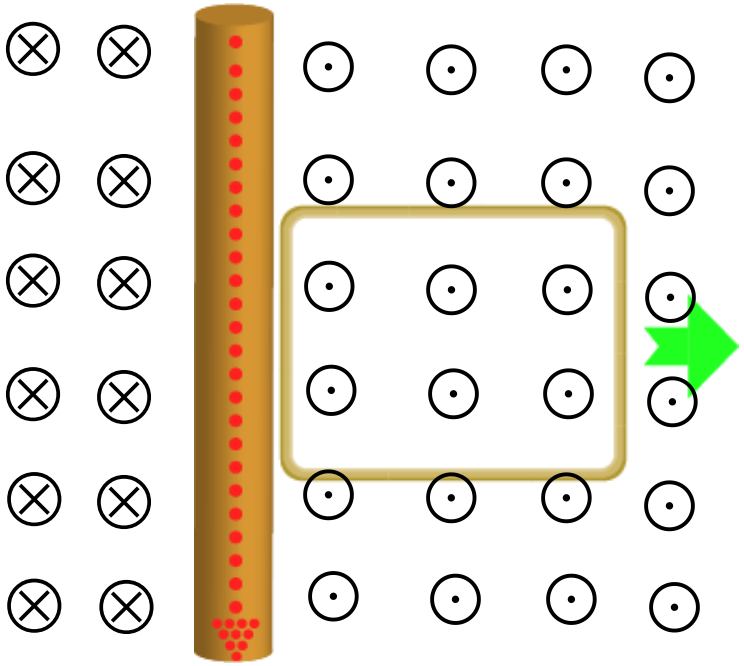
الف) ساعتگرد

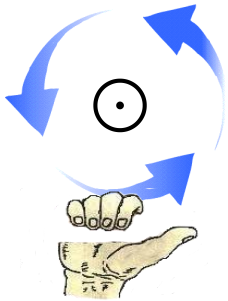
ب) قانون لنز



پُرسش:

در شکل مقابل، **جهت جریان القایی** در حلقه را با ذکر دلیل تعیین کنید.

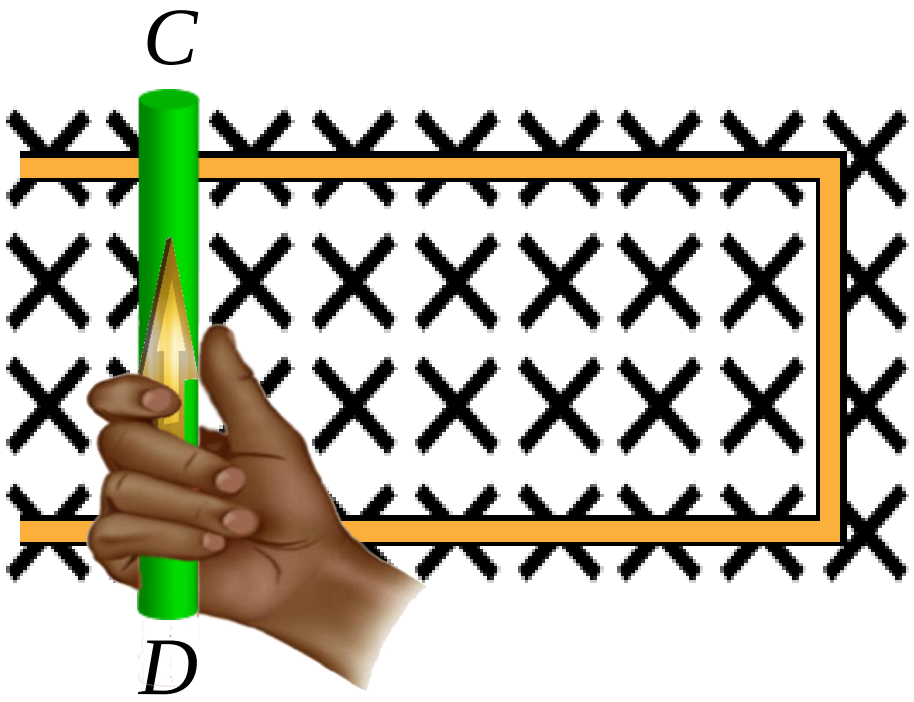




جهت جریان در حلقه پاد ساعتگرد است، تا میدان مغناطیسی برون سوی ناشی از آن، با کاهش میدان مغناطیسی برون سوی سیم راست، مخالفت می کند.

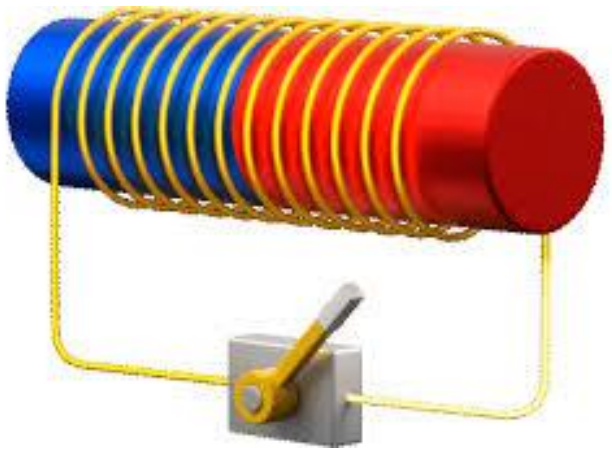
تمرین:

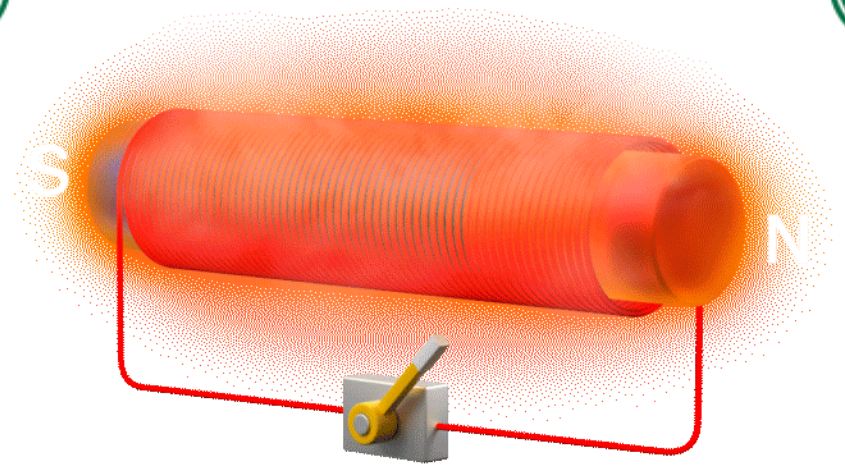
در شکل مقابل، با توجه به جهت جریان القایی روی سیم CD و جهت میدان مغناطیسی، **جهت حرکت** سیم CD را تعیین کنید.



با توجه به جهت جریان القایی که شار درون سو ایجاد می کند، و شار درون سو در حال کاهش است پس سیم به سمت راست در حرکت است.

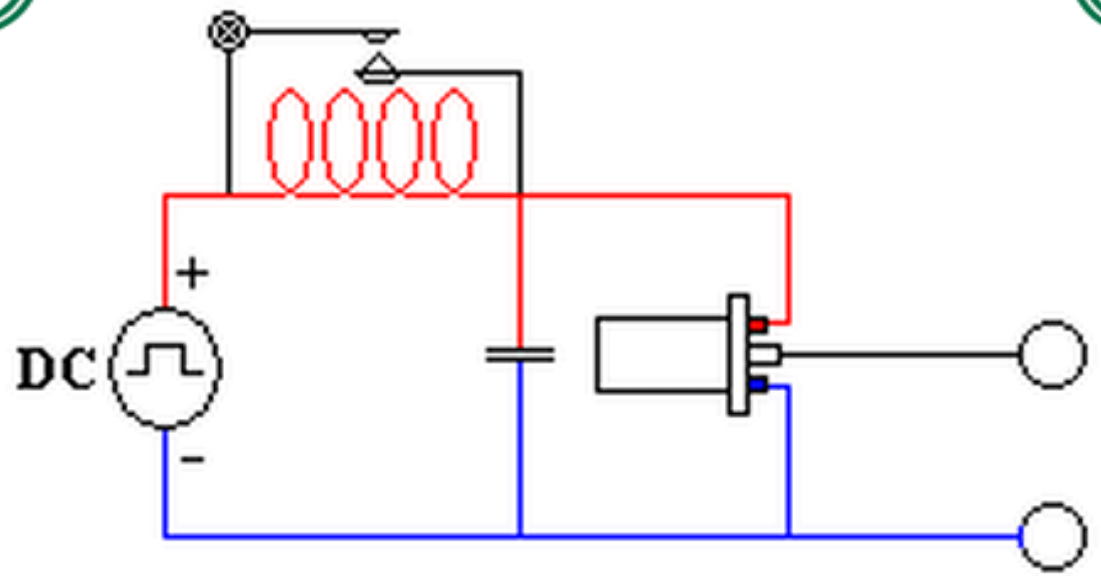
وسیله ای الکتریکی شبیه سیم پیچ با حلقه ای با دو سر اتصال است که برای تولید میدان مغناطیسی و ذخیره انرژی مغناطیسی استفاده می شود.





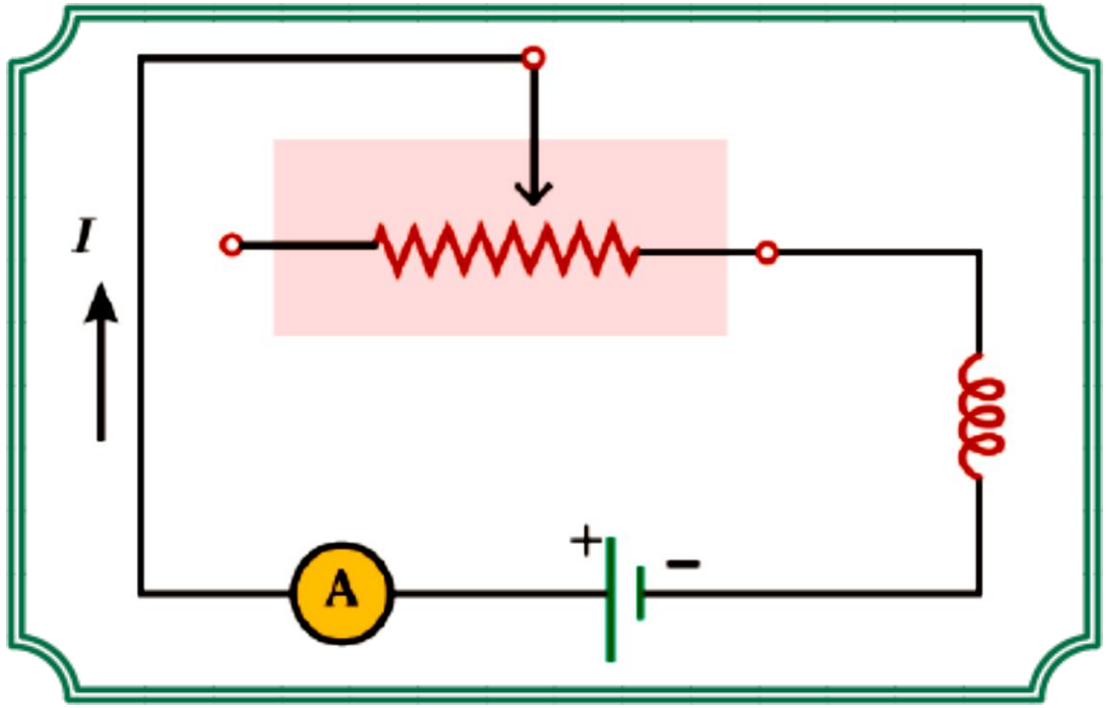
نکته: القاگر ها می توانند میدانهای مغناطیسی را در **حجم های کوچک** نگه دارند؛ همچنین می توان از آن ها برای **ذخیره کردن** انرژی استفاده کرد.

چه تفاوتی بین **القاگر** و **خازن** هنگام جدا شدن از مدار وجود دارد؟



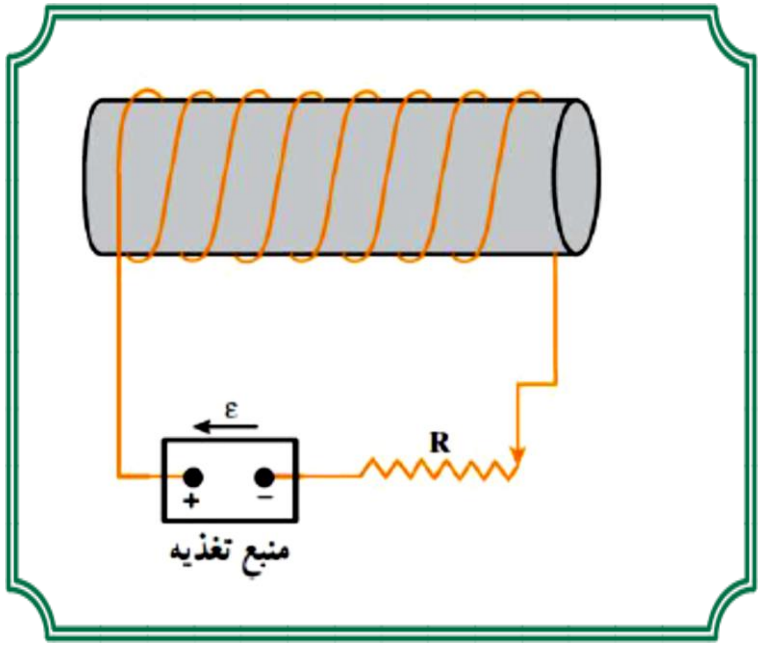
انرژی ذخیره شده در القاگر در هنگام جدا شدن از مدار تخلیه می شود ولی این انرژی در خازن می ماند.

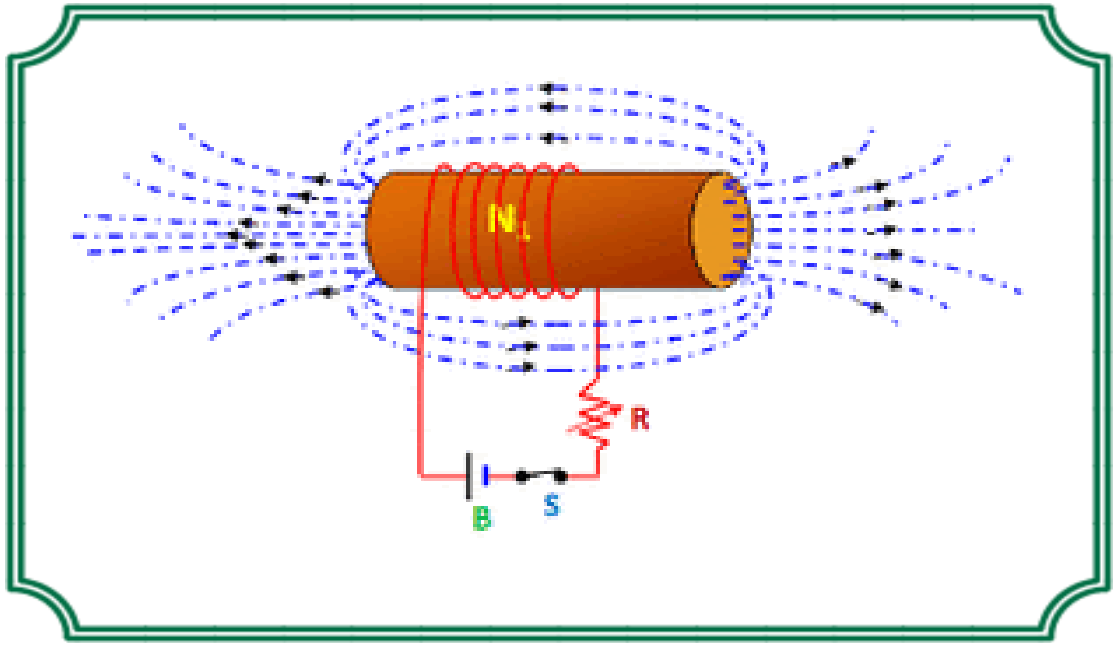
در مداری شامل القاگر (پیچه یا سیم لوله) و باتری و رئوستا، آمپرسنج است که به **طور متوالی** به یکدیگر بسته شده اند.



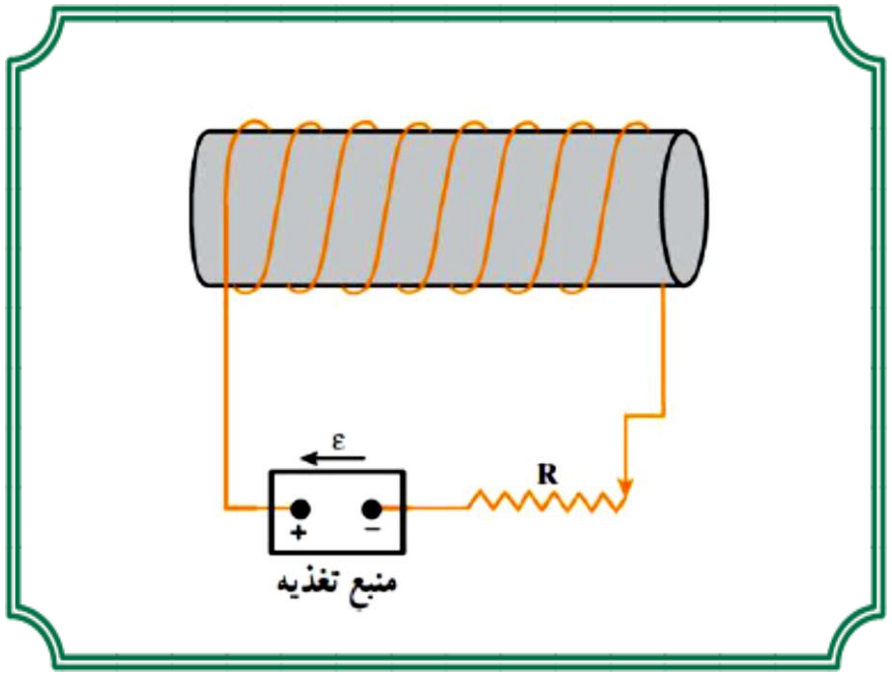
با تغییر مقاومت رئوستا، جریان در مدار تغییر می کند. تغییر جریان در مدار، سبب تغییر میدان مغناطیسی القاگر شده و در نتیجه شار مغناطیسی عبوری از آن نیز تغییر می کند. این فرایند سبب القای نیروی محرکه ای در القاگر می شود که بنابر قانون لنز با تغییر جریان عبوری از آن مخالفت می کند. این پدیده را اثر خود – القاوری نامیده می شود.

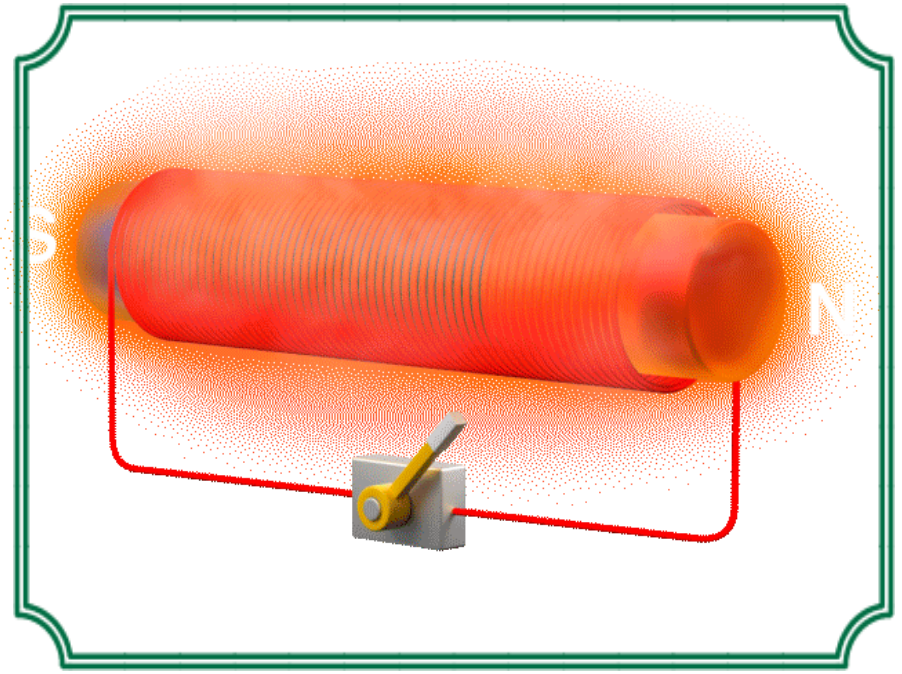
تغییر جریان در یک مدار باعث ایجاد نیروی محرکه ای القایی در همان مدار می شود، این پدیده را **خود – القاوری** می نامند.



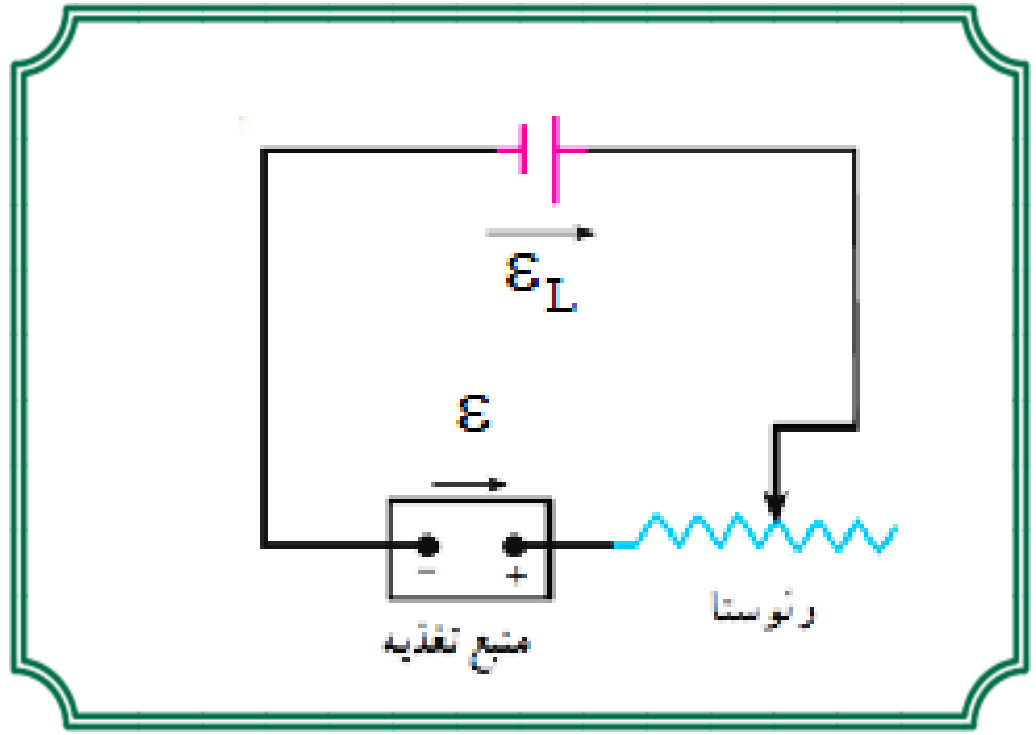


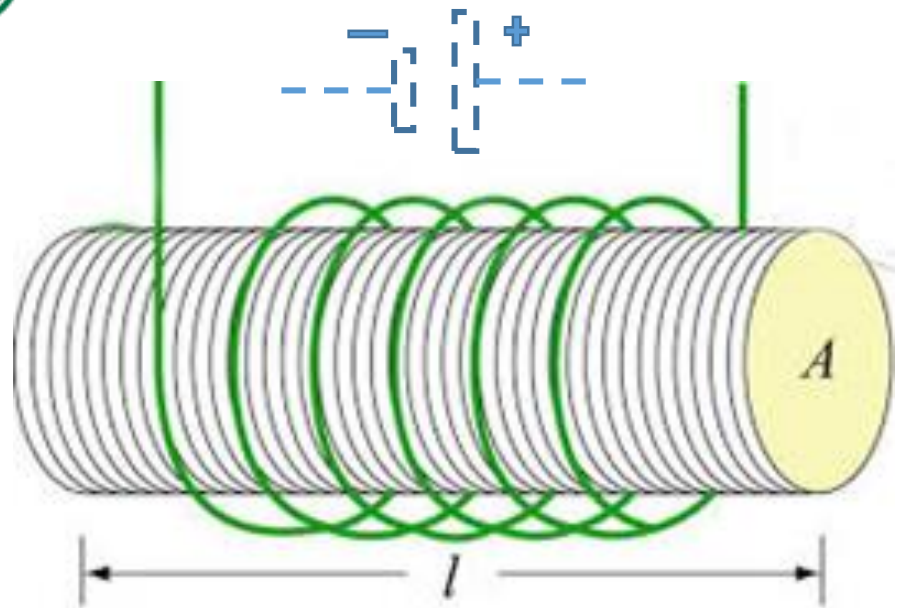
اگر جریان گذرنده از سیملوله تغییر کند، به **علت تغییر** شار مغناطیسی گذرنده از آن، نیروی محرکه ای در خود مدار می شود که با عامل تغییر شار مغناطیسی که در این جا تغییر جریان است **مخالفت** کند.



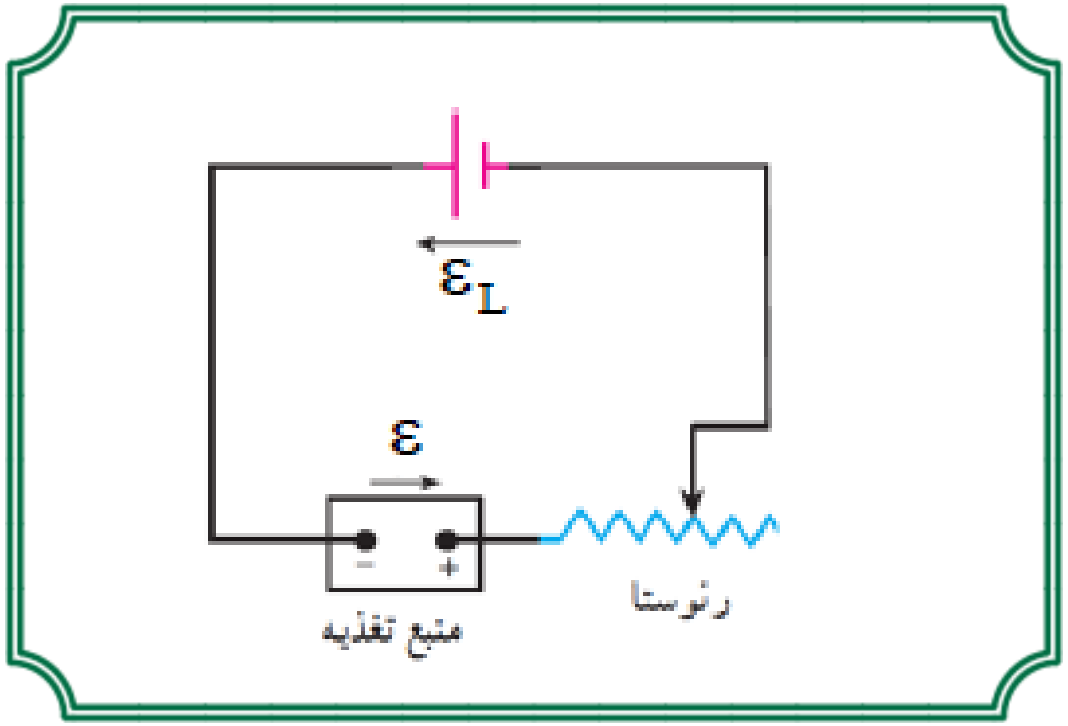


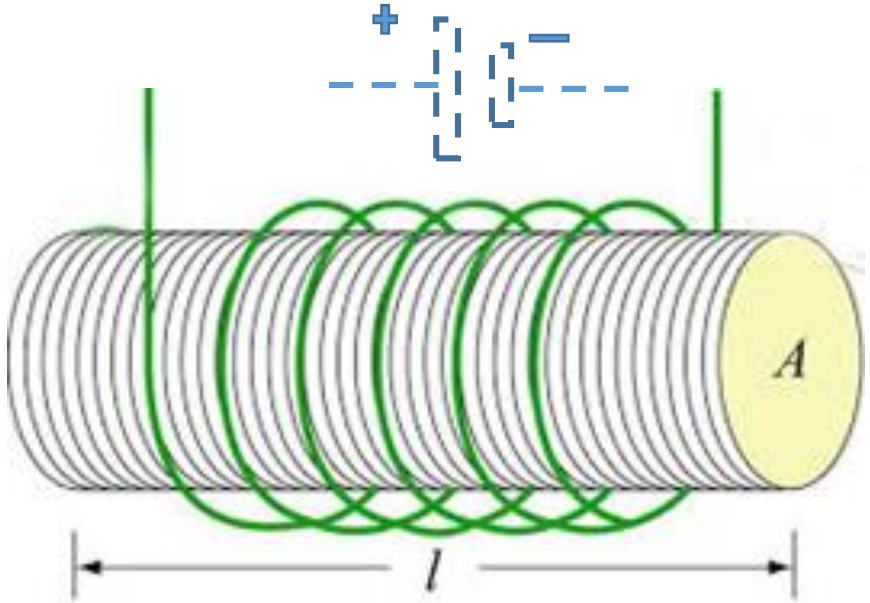
هرگاه جریان در مدار اصلی رو به **افزایش** باشد، جهت جریان خود القاوری خلاف جهت جریان در مدار اصلی است.

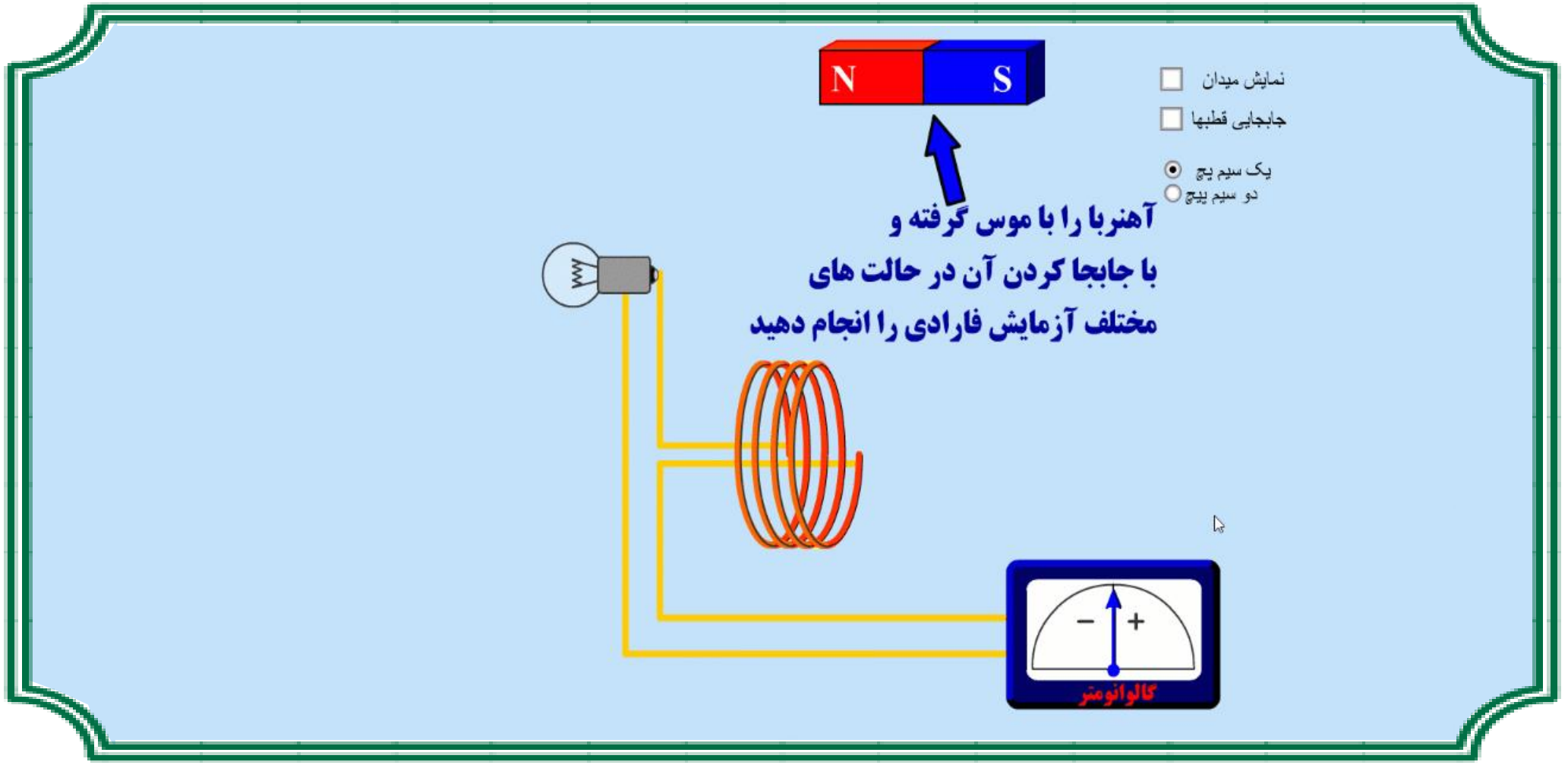




هرگاه جریان در مدار اصلی رو به کاهش باشد، جهت جریان خود القاوری هم جهت جریان در مدار اصلی است.

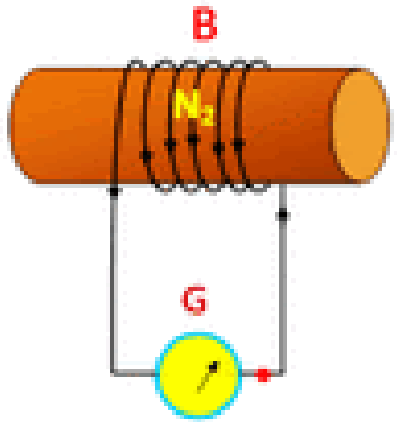


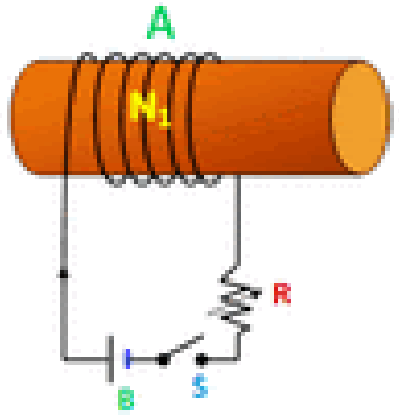



N
S
نمایش میدان
جابجایی قطبها
یک سیم پیچ
دو سیم پیچ
آهنربا را با موس گرفته و
با جابجا کردن آن در حالت های
مختلف آزمایش فارادی را انجام دهید
گالوانومتر

به هر قسمتی از یک مدار که خاصیت خودالقاوری داشته باشد، **القاگر** می گویند. پیچه و سیم لوله در مداری با جریان متغیر **القاگرند**.

اثر خود – القاوری مخصوص جریان های **متغیر** است و در مدارهای جریان پیوسته تنها به هنگام **قطع و وصل** کلید ایجاد می گردد.





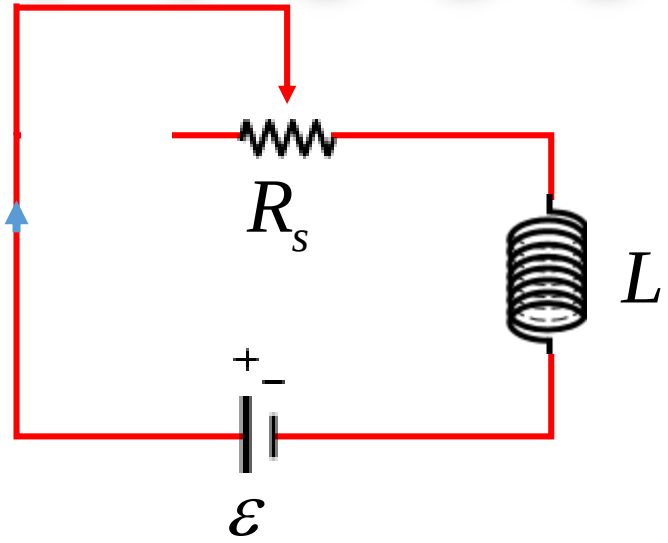
نقش القاگر: القاگرها، مثل خازن ها و مقاومت ها جزء عنصرهای مدارهای الکتریکی هستند. القاگرها می توانند از تغییرات ناگهانی جریان جلوگیری کنند.

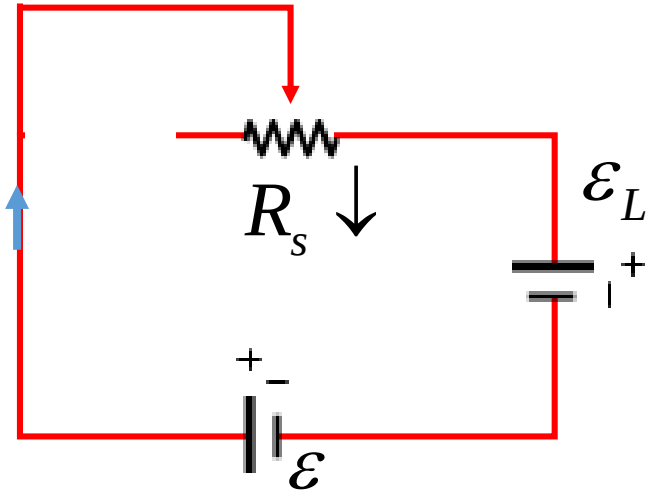
نکته: از هر سیم پیچی (مانند پیچه، یا سیم لوله) می توان در نقش القاگر استفاده کرد.

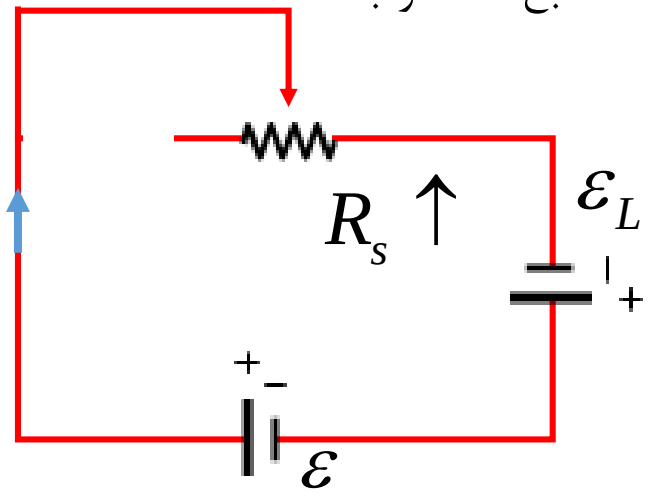
نماد مداری القاگر: القاگر را با نماد مداری « **» نشان می دهند.**

القا گرها:

در شکل یک منبع نیروی **محرکهٔ الکتریکی**، یک رئوستا و یک القاگر به طور متوالی به هم وصل شده اند. اگر مطابق شکل مقاومت رئوستا را کاهش دهیم، جریان مدار و به دنبال آن میدان مغناطیسی در القاگر و **شار عبوری** از آن افزایش می یابد. این پدیده باعث ایجاد نیروی محرکه ای در القاگر می شود در خلاف جهت نیروی محرکهٔ منبع است و با افزایش جریان **مخالفت** می کند.

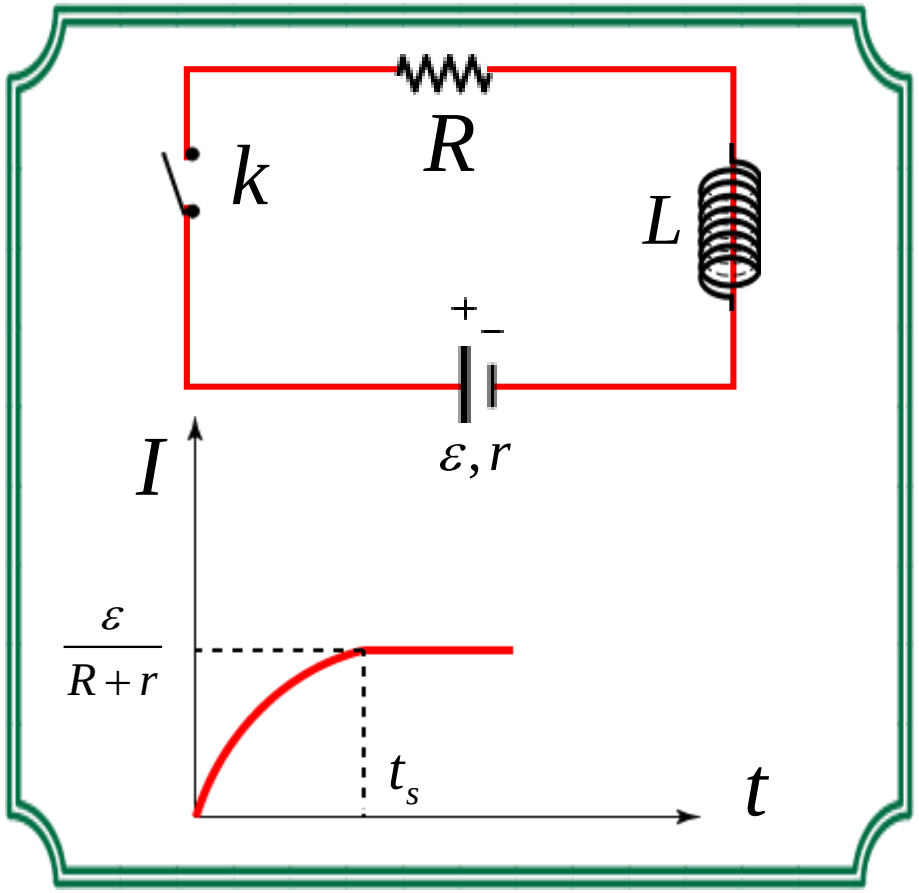


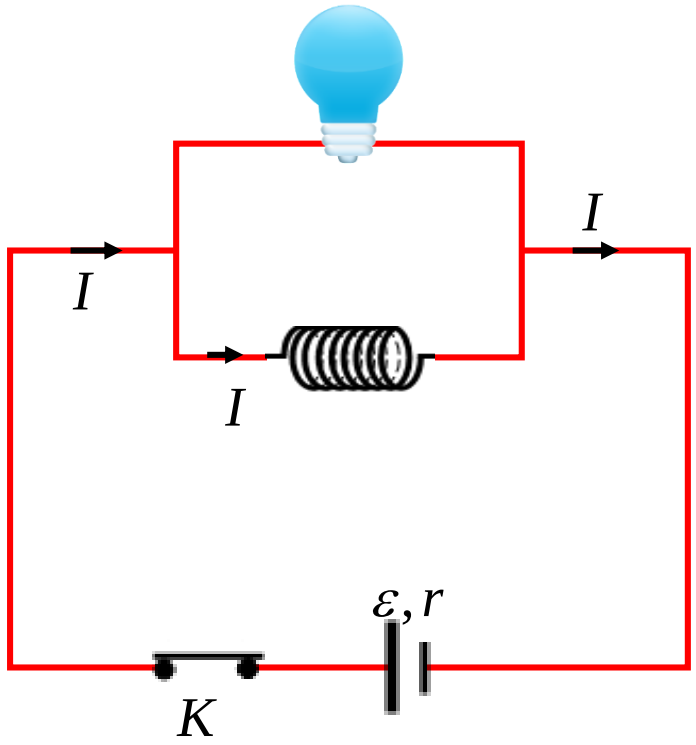


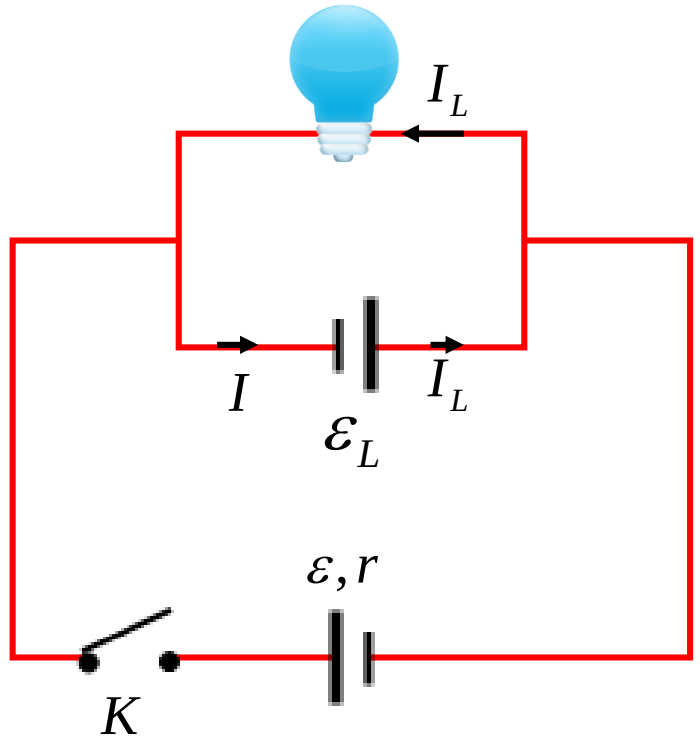


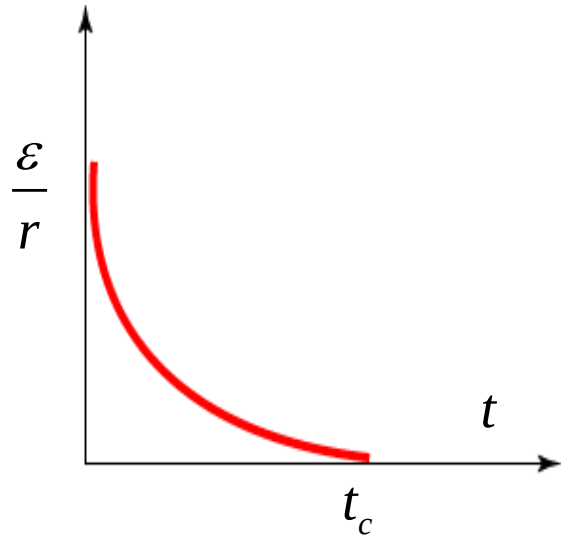
نکته: حضور القاگر در مدار باعث می شود جریان در مدار به طور ناگهانی تغییر **نکند** و در مدت طولانی تری، در مقایسه با وضعیتی که مدار فاقد القاگر است، به **مقدار نهایی** خود برسد.

مثال: در مدار شکل اگر القاگری در کار نبود، پس از بستن کلید K، اما به دلیل حضور القاگر ، جریان در زمان بسیار **کوتاهی** به مقدار نهایی خود می رسید، اما به دلیل حضور القاگر، جریان بلافاصله به مقدار نهایی اش **نمی رسد** و مطابق شکل آرام آرام به سمت آن میل می کند. با بستن کلید، جریان عبوری از القاگر ظرف مدت کوتاهی افزایش می یابد که در اثر آن نیروی محرکه ای در القاگر ایجاد می شود.که در خلاف جهت نیروی محرکهٔ منبع عمل می کند و با افزایش جریان مخالفت می کند و باعث می شود جریان مدار، در مقایسه با حالتی که القاگر در مدار حضور **ندارد**، کاهش یابد.









مدار فوق را در نظر بگیرید. کلید K بسته است و جریان **ثابتی** از مدار می گذرد. با توجه به این که القاگر بدون مقاومت اهمی در جریان ثابت مثل یک سیم عمل می کند، **هیچ مخالفتی** در برابر جریان مدار از خود نشان نمی دهد و تمام جریان از شاخهٔ القاگر عبور می کند و لامپ **خاموش** می ماند. به محض باز کردن کلید، لامپ یک لحظه **پرنور** شده و به تدریج روشنایی آن کم و سپس **خاموش** می شود.

دلیل: با **باز کردن** کلید، جریان عبوری از منبع **صفر** می شود. تغییر ناگهانی جریان مدار، باعث ایجاد نیروی محرکهٔ القایی در دو سر سیم لوله می شود. که باعث برقراری جریان در حلقهٔ القاگر و لامپ می شود؛ این جریان **مدت کوتاهی** دوام دارد. با کاهش آهنگ تغییرات جریان، آهنگ تغییر شار و به دنبال آن نیروی محرکه به **تدریج کاهش** می یابد، تا این که در لحظه ی t **صفر** شود. از آن جا که اختلاف پتانسیل دو سر لامپ و القاگر **برابرند**، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ نیز به تدریج کاهش می یابد تا این که در نهایت به صفر می رسد؛ به همین دلیل، روشنایی لامپ موقت خواهد بود و لامپ به تدریج کم نور شده تا این که در نهایت، **خاموش** می شود.

نکته: اندازه ی جریان عبوری از القاگر **نمی تواند** به طور ناگهانی جهش کند؛ بنابراین، جریان عبوری از القاگر در لحظه ی بازکردن کلید همان مقداری را که درست **قبل از بازکردن** کلید داشته، خواهد داشت.

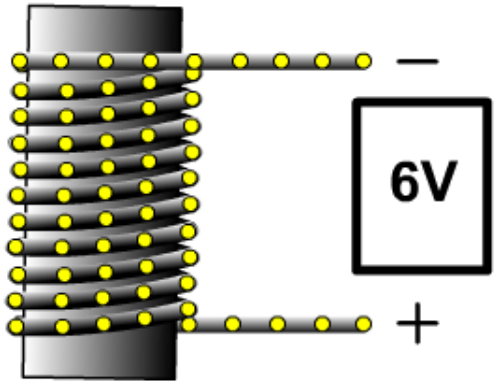
تولید میدان **مغناطیسی دلخواه**

ذخیره ی انرژی مغناطیسی در میدان مغناطیسی القاگر

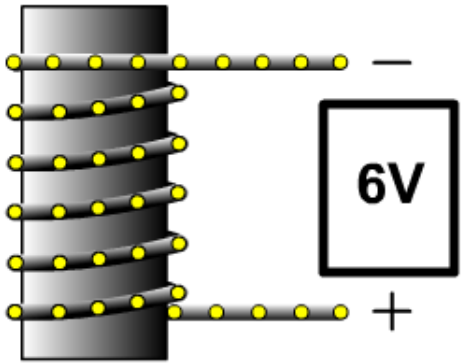
ثابت نگه داشتن جریان در برابر **تغییرات ناگهانی** ولتاژ

محدود کردن تغییرات جریان در مدار **جریان متناوب**

آهنربای قوی تر

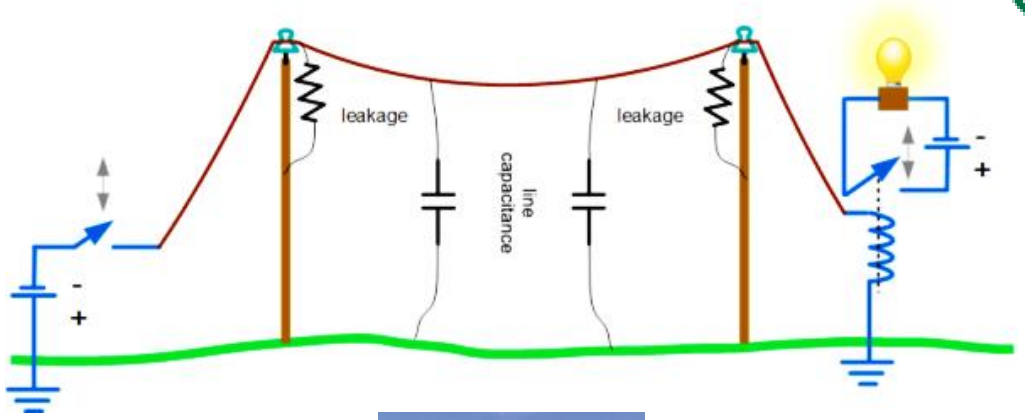


آهنربای ضعیف تر



چرا از **القاگرها** در سامانه های انتقال برق استفاده می شود؟

در اثر برخورد آذرخش به بخشی از یک سامانهٔ انتقال برق، به طور ناگهانی ولتاژ افزایش یافته که می تواند به اجزای سامانه و هر چیز دیگری که به آن وصل باشد آسیب برساند. اضافه کردن القاگرهای بزرگی در مسیر سامانهٔ انتقال باعث می شود که با هر تغییر سریع در جریان مخالفت کند و آثار مخرب آن را فرو نشاند.



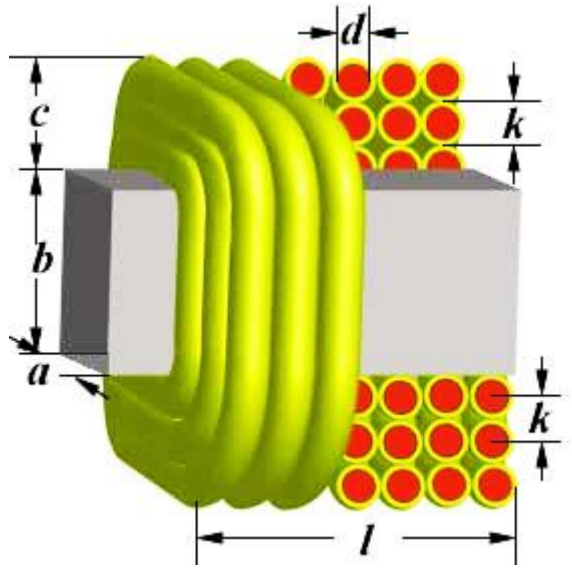
ضریب القاوری:

ضریب القاوری: از مشخصات ساختمانی القاگر است که هر چه قدر مقدار آن بیشتر باشد، **نیروی محرکهٔ** القاشده در القاگر و **انرژی ذخیره** شده در آن بیشتر می شود. ضریب القاوری را با L نشان می دهند.

رابطهٔ ضریب القاوری: ضریب القاوری سیم لوله ای به طول l و سطح مقطع A که از N حلقه ی نزدیک به هم تشکیل شده از رابطهٔ زیر به دست می آید:

$$L = \mu_{\circ} \frac{AN^{2}}{l}$$

- L: اهم در ثانیه یا هانری
- $\mu_{\circ}$: ضریب تراوایی مغناطیسی
- A: سطح مقطع
- N^{2}: تعداد حلقه ها
- l: طول سیم لوله



سیم نازک روکش داری به طول ۲۴۰ متر را به صورت سیم لوله ی بدون هسته ای با حلقه های چسبیده به هم در می آوریم. اگر طول (محور) سیم لوله ۷۲۰ میلی متر باشد، ضریب القاوری سیم لوله چند میلی هانری است؟ $\mu_{\circ} = ۴\pi \times ۱۰^{-۷} \frac{T.m}{A}$

$$N = \frac{l}{۲\pi R}, A = \pi R^{۲}$$

$$L = \mu_{\circ} \frac{AN^{۲}}{L} = \mu_{\circ} \times \frac{\pi R^{۲} \times (\frac{l}{۲\pi R})^{۲}}{l} = \mu_{\circ} \times \frac{\pi R^{۲} \times \frac{l^{۲}}{۴\pi^{۲} R^{۲}}}{l} = ۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times \frac{\frac{l^{۲}}{۴\pi}}{l} = \frac{l^{۲}}{l} \times ۱۰^{-۷}$$

$$L = \frac{۲۴۰^{۲}}{۷۲۰ \times ۱۰^{-۳}} \times ۱۰^{-۳} = \frac{۲۴۰ \times ۲۴۰ \times ۱۰^{-۴}}{۷۲۰} = ۸۰ \times ۱۰^{-۴} H = ۸mH$$

تعداد حلقه های سیم لوله ای بدون هسته، به طول ۲/۸ سانتی متر و سطح ۱۰ سانتی مربع چه تعداد باشد تا ضریب القاوری آن **۱ هانری** شود؟

$$\begin{cases} k = ۱ \\ I = ۲/۸ \times ۱۰^{-۲}\, m \\ N = ? \\ L = ۱H \\ \mu_{\circ} = ۴\pi \times ۱۰^{-۷} \\ A = ۱۰ \times ۱۰^{-۴}\, m^{۲} \end{cases}$$

$$L = \frac{AK\mu_{\circ}N^{۲}}{l} \qquad N^{۲} = \frac{l.L}{AK\mu_{\circ}}$$

$$N^{۲} = \frac{۲/۸ \times ۱۰^{-۲} \times ۱}{۱۰^{-۳} \times ۱ \times ۴ \times ۳/۱۴ \times ۱۰^{-۷}} = ۲۲ \times ۱۰^{۶}$$

$$N \approx ۴/۷ \times ۱۰^{۳}$$

انرژی ذخیره شده در القاگر:

ذخیره انرژی الکتریکی در القاگر: وقتی دو سر القاگری به پایانه های یک باتری وصل می شود، یک نیروی محرکه در القاگر ایجاد می شود که با برقراری آنی جریان در مدار مخالفت می کند. همین مقاومت باعث می شود باتری انرژی **بیشتری** مصرف کند تا جریان به حد نهایی اش برسد. بخشی از این انرژی در مقاومت های موجود در مدار از جمله مقاومت الکتریکی سیم های القاگر به صورت **گرما تلف** می شود و بقیه آن در میدان مغناطیسی القاگر **ذخیره** می شود و در صورت کاهش جریان این انرژی آزاد می شود. اگر جریان عبوری از القاگر پایا (ثابت) باشد، انرژی آن **ثابت** است.

ذخیرهٔ انرژی در میدان مغناطیسی: مقاومت الکتریکی یک القاگر **آرمانی صفر** است. بنابراین تمام انرژی ای که در زمان افزایش جریان، منبع به القاگر آرمانی می دهد در میدان مغناطیسی آن ذخیره می شود.

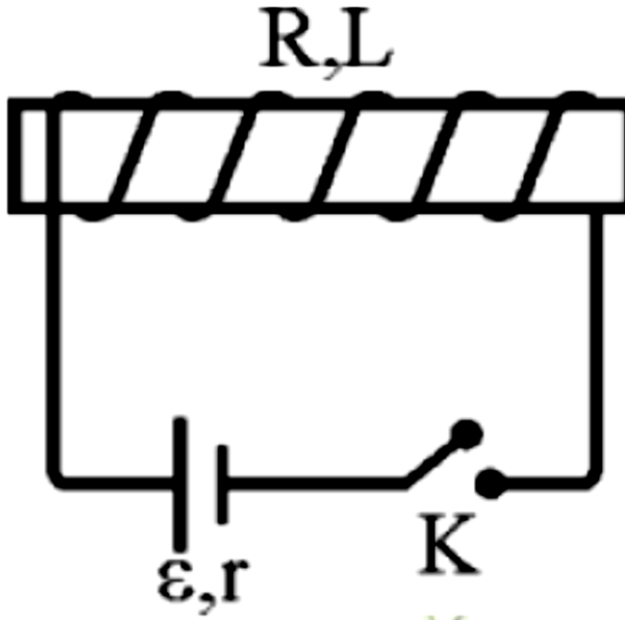
$$U = \frac{1}{2} L I^2$$

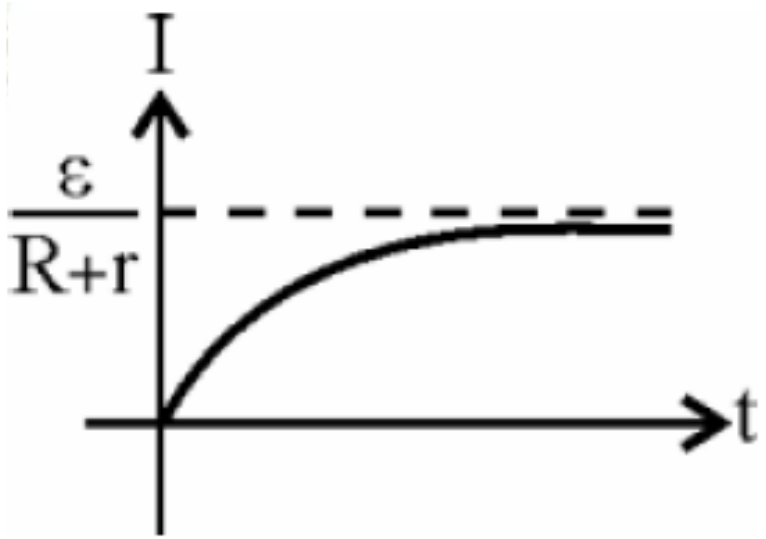
U ← انرژی ذخیره شده در القاگر

I → جریان عبوری

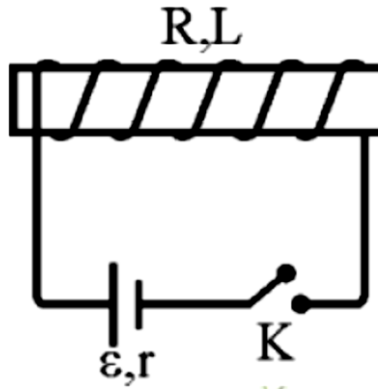
L → ضریب القاوری

سیم لوله ای با مقاومت اهمی R و ضریب القاوری L را مطابق شکل در مداری قرار می دهیم. اگر کلید بسته شود، جریان – زمان به صورت زیر خواهد شد.

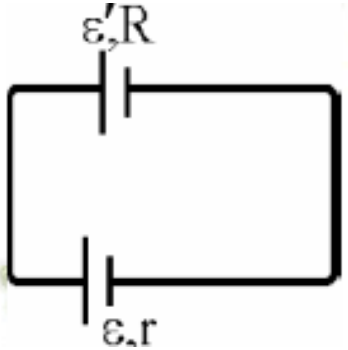




با وصل کلید، جریان مدار از صفر افزایش می یابد. در این مدت سیم پیچ مانند یک باتری عمل خواهد کرد که با باتری اصلی به صورت شکل روبه رو بسته شده باشد و داریم:

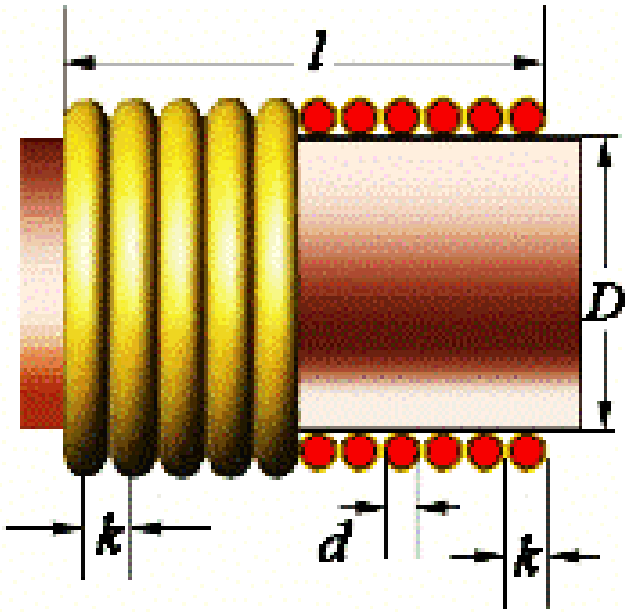


$$I = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{R + r}$$



درست بلافاصله بعد از وصل کلید، جریان مدار صفر، بنابراین نیروی محرکهٔ خودالقایی ε' برابر نیروی محرکهٔ باتری است. با گذشت زمان، آهنگ تغییر جریان کاهش یافته و در نتیجه نیروی محرکهٔ خودالقایی ε' کاهش و جریان مدار افزایش خواهد یافت. بعد از مدت کوتاهی آهنگ تغییر جریان صفر می شود. بنابراین نیروی محرکه ی خودالقایی از بین رفته و جریان به مقدار ثابت و نهایی خود یعنی $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ می رسد.

از سیم لوله ای به ضریب القاوری ۰/۰۴ هانری، جریان متناوبی می گذرد که معادل ی آن در SI به صورت $I = ۵\sin(۵۰\pi t)$ است. **بیشینه انرژی** سیم لوله چند **میلی ژول** است؟



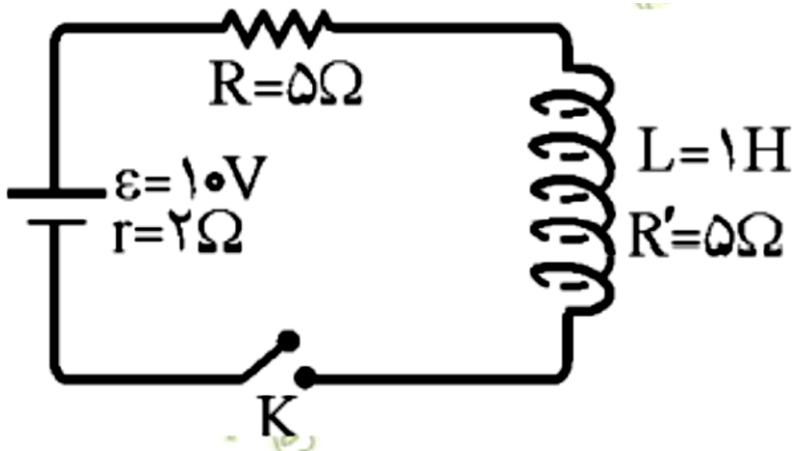
$$U = \frac{۱}{۲}LI^{۲} \Rightarrow U_{max} = \frac{۱}{۲}LI_m^{۲}$$

$$U_{max} = \frac{۱}{۲} \times ۰/۰۴ \times ۵^{۲}$$

$$U_{max} = ۰/۰۲ \times ۲۵ = ۰/۵J$$

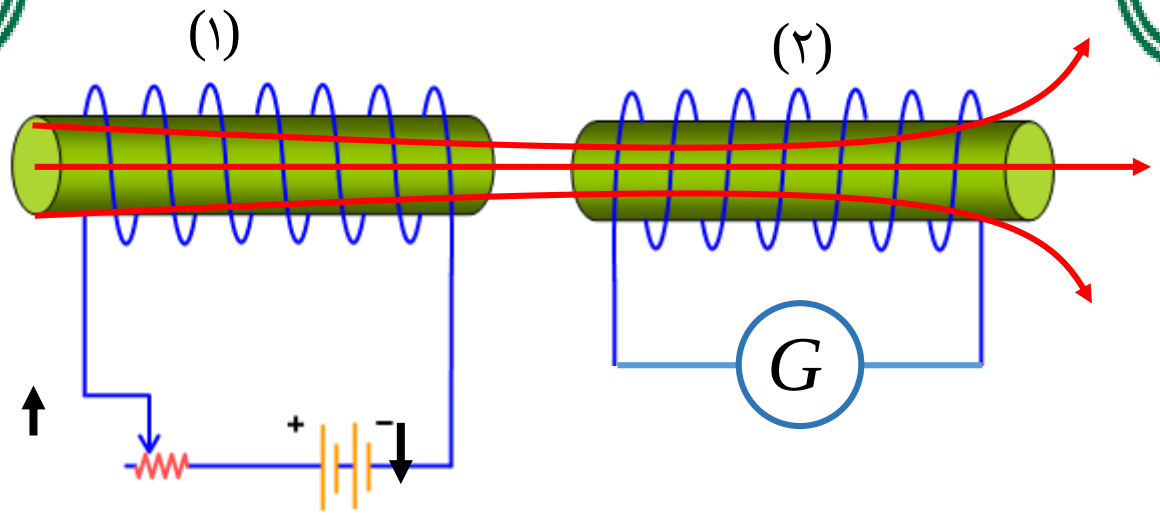
$$U_{max} = ۰/۵ \times ۱۰^{۳} mJ = ۵۰۰mJ$$

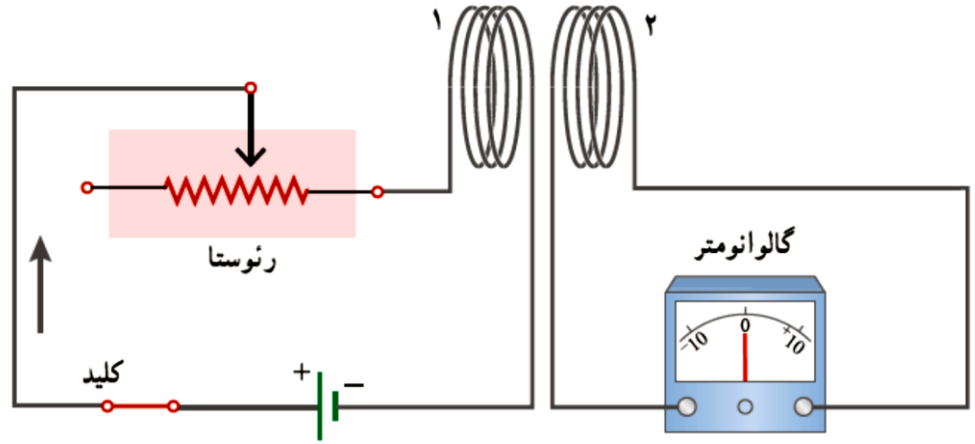
در مدار شکل زیر، درست بلافاصله پس از وصل کلید، شدت جریان مدار و اختلاف پتانسیل دو سر سیم پیچ را محاسبه کنید.



درست بلافاصله پس از وصل کلید به علت اثر خودالقایی شدید سیم لوله، جریانی از مدار **نمی گذرد** و شدت جریان **صفر** است. بنابراین افت پتانسیل در مقاومت های R و R′ و r برابر **صفر** شده و اختلاف پتانسیل دو سر سیم پیچ **برابر** نیروی محرکه ی باتری خواهد شد.

$$V = \varepsilon = ۱۰V$$





مفهوم القای متقابل: در شکل روبه رو، یک روش برای ایجاد نیروی محرکه ی القایی نمایش داده شده است. با تغییرات مقاومت رئوستا در مدار (۱) جریان و در نتیجه میدان مغناطیسی و شار عبوری از آن را تغییر می دهیم. مدار (۲) به فاصلهٔ کمی از مدار (۱) قرار دارد و قسمت بیشتر شار تولید شده توسط مدار (۱)، از مدار (۲) عبور می کند. تغییر شار عبوری از مدار (۲) باعث ایجاد نیروی محرکهٔ القایی در آن می شود. به این پدیده که در آن، تغییر جریان در یک مدار باعث القای نیروی محرکهٔ القایی در یک مدار دیگر می شود، «القای متقابل» می گویند.

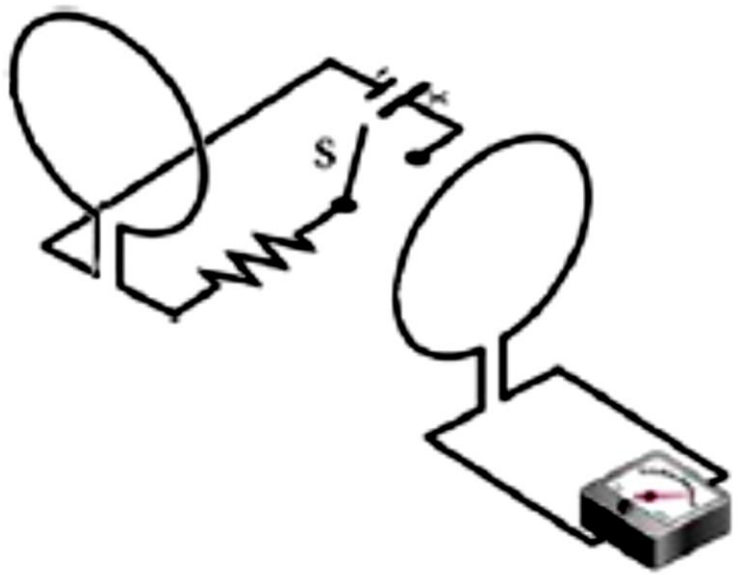
انتقال انرژی از راه القای متقابل: توسط القای متقابل می توان انرژی را از سیم پیچ متصل به منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی به سیم پیچی که فاقد منبع نیروی محرکه ی الکتریکی است منتقل کرد.

اثرات ناخواسته ی القای متقابل: در مدارهایی که شامل چند القاگر است تغییر جریان در یک القاگر می تواند باعث القای نیروی محرکه ی القایی ناخواسته ای در القاگر دیگر شود. و در اصطلاح باعث ایجاد «نویز» شود برای کاهش این اثر می توان سطح القاگرهای مجاور را به طور عمود بر یکدیگر قرار داد.

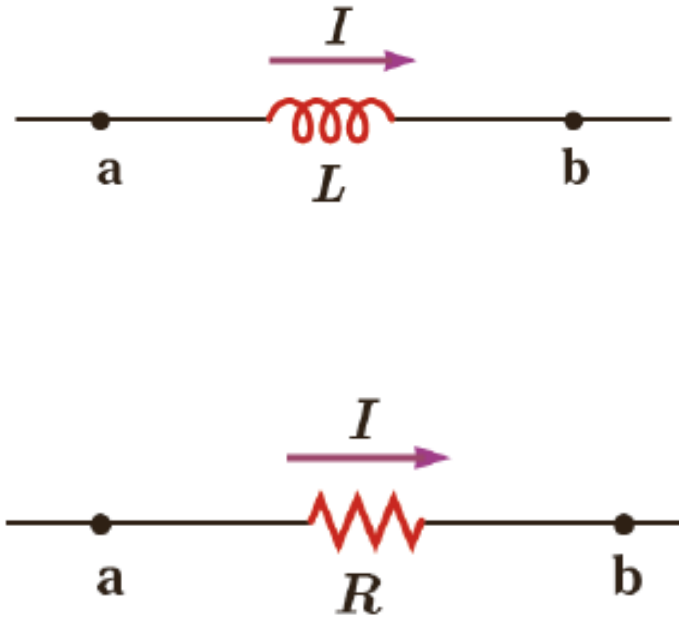
یک کاربرد مهم از پدیدهٔ القای متقابل : از اثر القای متقابل در مُبدل ها استفاده می شود.

برای جلوگیری از **اثرات مخرب** القای متقابل در مدارات الکتریکی چه باید کرد؟

سطح حلقه های القاگرهای مجاور را به طور عمود بر یکدیگر قرار داد در این صورت، اثر القای متقابل تا حد امکان کوچک می شود. زیرا خطوط میدان موازی سطح حلقه ها می گذرد.



مقاومت و القاگر آرمانی (سیم پیچ بدون مقاومت)، در برابر جریان الکتریکی ثابت یا متغیر چه عکس العملی از خود نشان می دهند؟

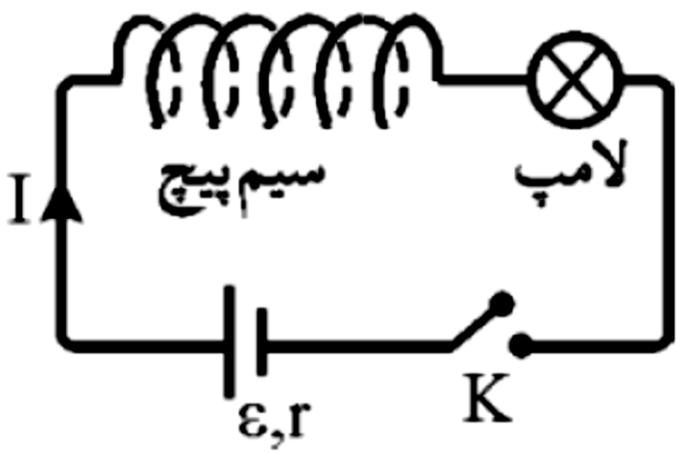


هنگام عبور جریان از مقاومت، انرژی وارد آن می شود. جریان چه پایا باشد و چه تغییر کند، این انرژی در مقاومت به انرژی گرمایی تبدیل می شود؛ در حالی که در یک القاگر آرمانی (با مقاومت صفر) تنها انرژی وارد القاگر می شود که جریان در آن افزایش یابد. این انرژی تلف **نمی شود**؛ بلکه در میدان مغناطیسی القاگر **ذخیره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

چگونگی ذخیره شدن انرژی در القاگر را شرح دهید؟

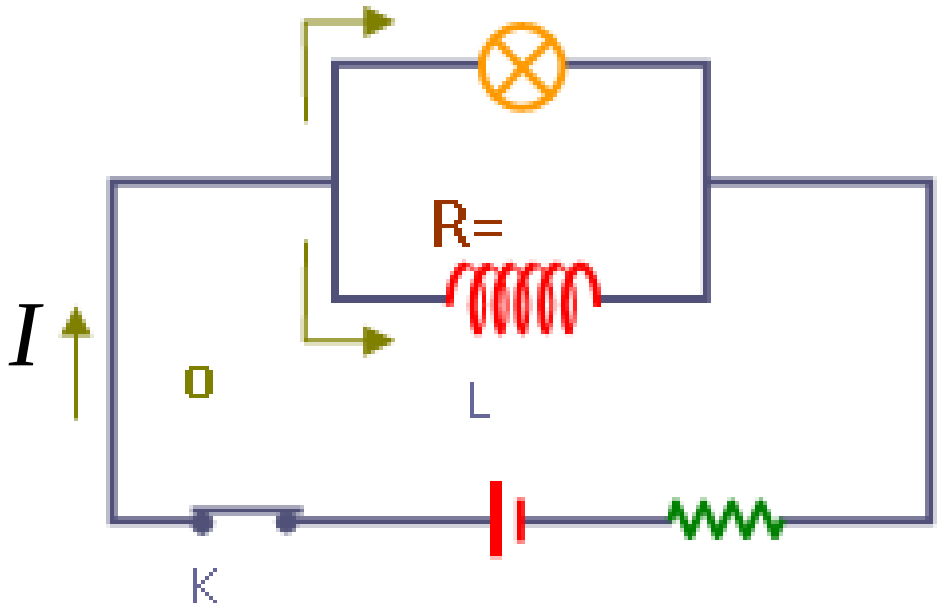
وقتی دو سر القاگری به مولد وصل می شود، نیروی محرکه در القاگر ایجاد می شود که با برقراری آنی جریان در مدار مخالفت می کند. همین مخالفت باعث می شود باتری انرژی بیشتری (در مقایسه با مداری که فاقد القاگر است) مصرف کند تا جریان به حد نهایی اش برسد. بخشی از انرژی در مقاومت های موجود به صورت گرما تلف می شود و بقیه ی آن در میدان مغناطیسی ذخیره می شود و در صورت کاهش جریان (مثلاً قطع القاگر از باتری) انرژی آزاد می شود. اگر جریان عبوری از القاگر پایا (ثابت) باشد، انرژی آن ثابت می ماند.

در مدار شکل مقابل، با وصل کلید K نور لامپ چگونه تغییر می کند؟

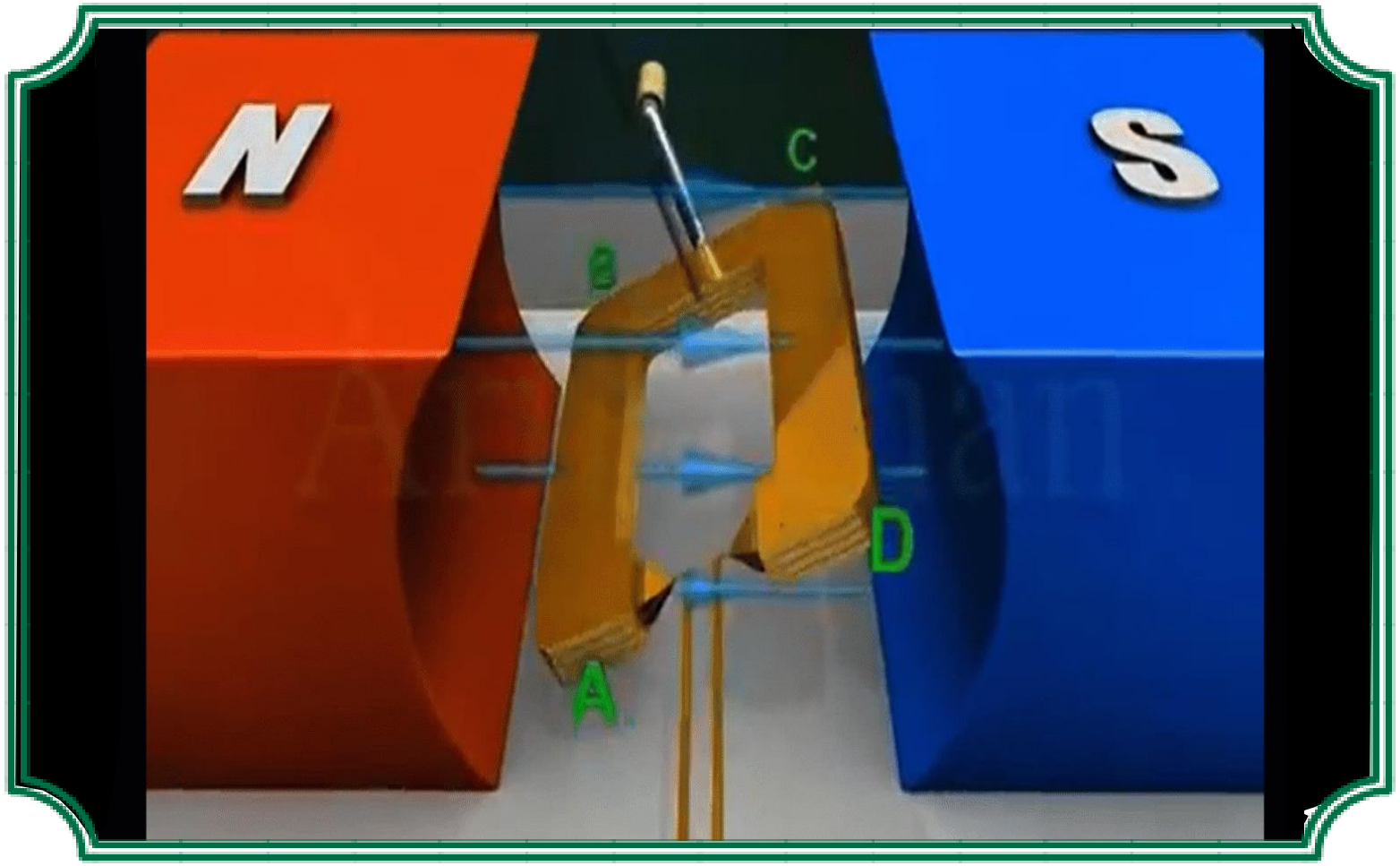


درست بلافاصله بعد از وصل کلید، به علت اثر خودالقایی شدید، سیم پیچ مانند یک مقاومت بسیار بزرگ (کلید باز) رفتار می کند و روشنایی لامپ بسیار ناچیز می شود (لامپ خاموش) با گذشت زمان اثر خودالقایی آن کاهش می یابد و روشنایی لامپ افزایش می یابد. بعد از مدتی جریان ثابت می شود و اثر خودالقایی از بین رفته و روشنایی لامپ ثابت خواهد ماند.

در مدار شکل زیر، یک سیم لوله ی با یک لامپ موازی شده است. کلید را بسته و بعد از مدتی باز می کنیم. روشنایی لامپ در این مدت چگونه تغییر می کند؟

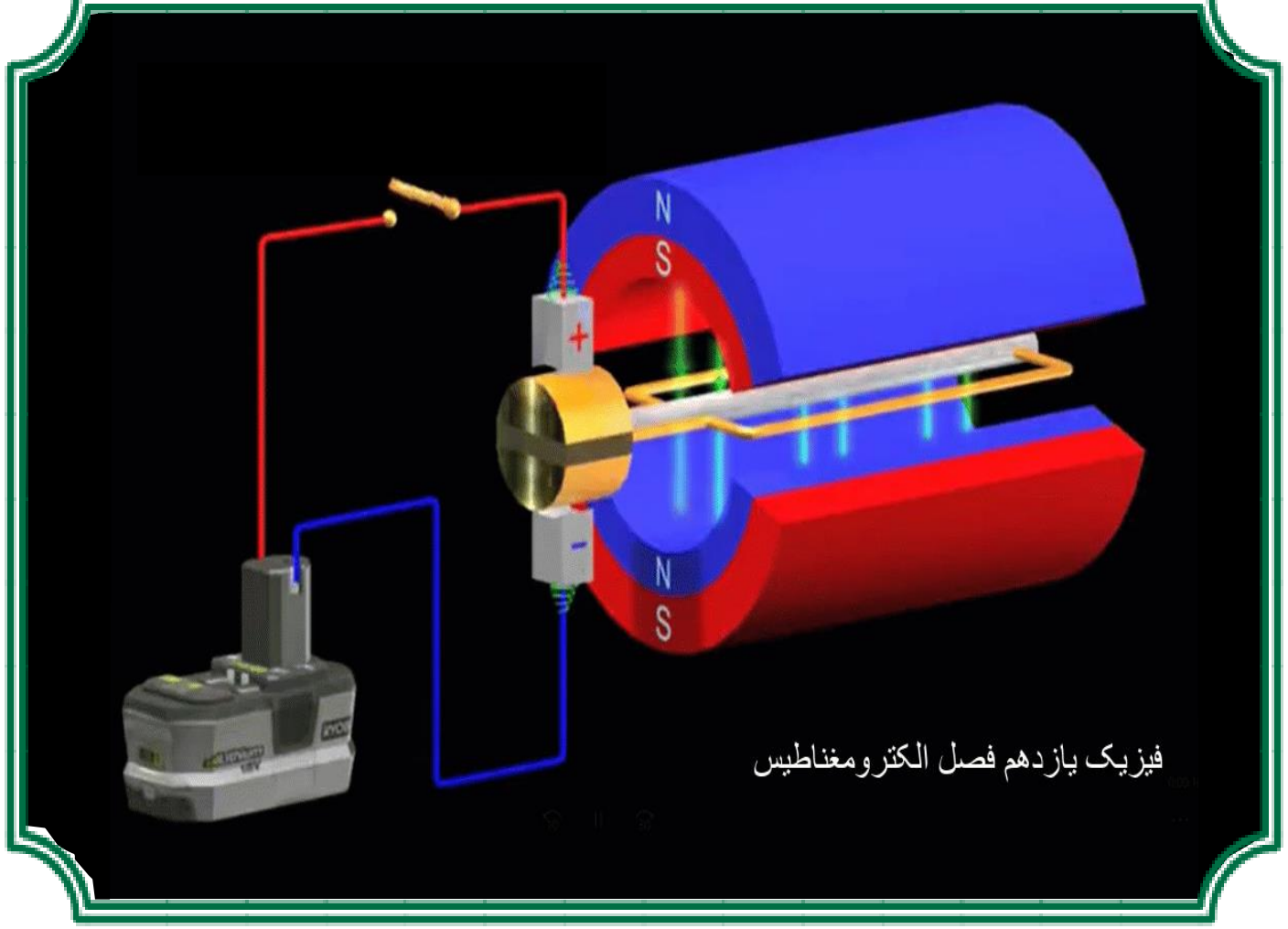


درست بلافاصله پس از وصل کلید، به علت اثر خودالقایی شدید سیم لوله که با لامپ موازی شده است، از سیم لوله جریانی نمی گذرد و تمام جریان از لامپ گذشته، لامپ پرنور می شود بعد از مدت کوتاهی اثر خوالقایی از بین رفته در نتیجه مقداری جریان نیز از سیم لوله می گذرد و نور لامپ کم شده و ثابت می ماند. در لحظه ی قطع کلید به علت کاهش جریان گذرنده از سیم لوله، سیم لوله مانند یک مولد، باعث می شود که لامپ باشدت نور بیشتری روشن مانده و سپس خاموش شود.

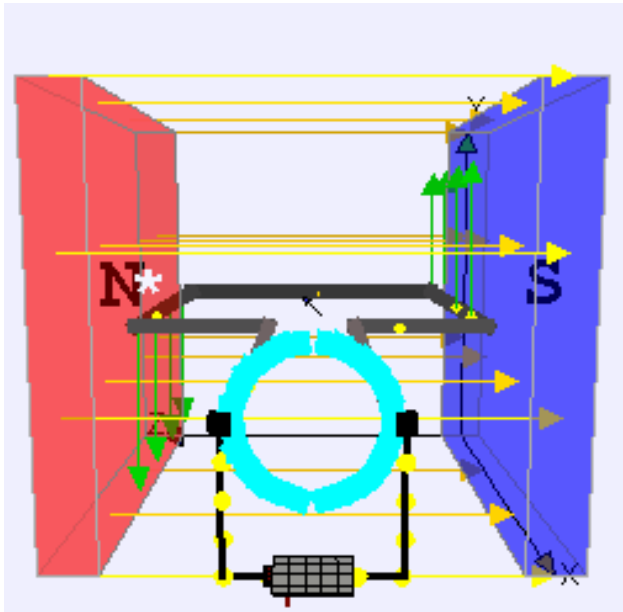


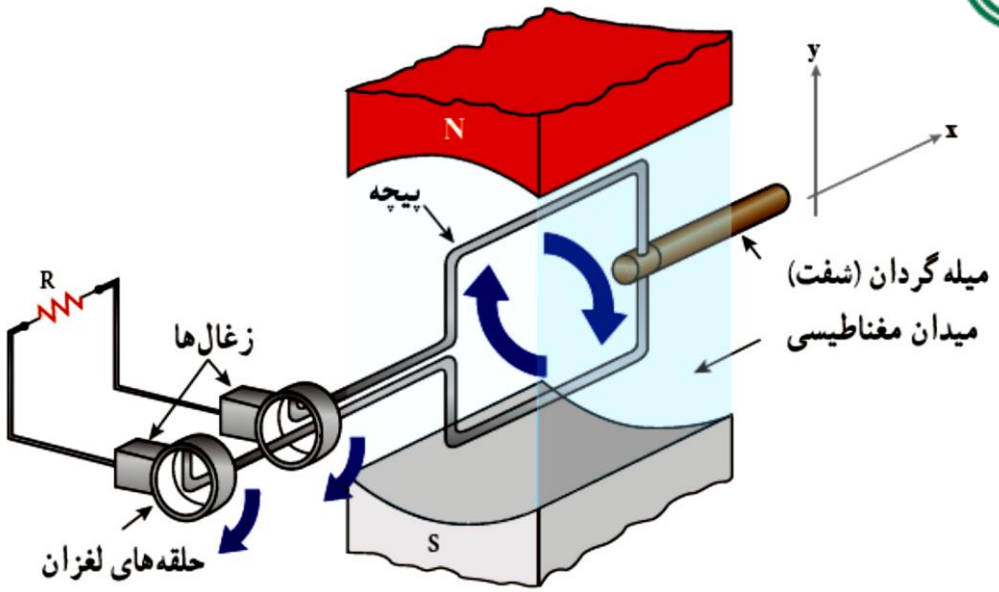
مولد جریان متناوب: یکی از مهمترین وسایلی که براساس القای الکترومغناطیسی کار می کند، «مولد (ژنراتور) جریان متناوب» است. ساده ترین و متداول ترین راه برای تغییر شار و در نتیجه تولید جریان القایی چرخش یک قاب در میدان مغناطیسی (تغییر زاویه) است.

اجزای مولد جریان متناوب: شکل مقابل یک مولد جریان متناوب را نشان می دهد که در آن حرکت مکانیکی یک میلهٔ گردان، باعث چرخش یک پیچه در فضای میدان مغناطیسی ناشی از یک آهن ربا می شود، با گردش پیچه، زاویه آن با خطوط میدان و در نتیجه، شار گذرا از پیچه تغییر می کند و نیروی محرکه و جریان الکتریکی در آن القا می شود. دو انتهای پیچه از طریق حلقه های لغزان به تیغه های ثابتی (زغال ها) وصل اند که این تیغه ها جریان القایی را به مصرف کننده (در این جا، لامپ) می رسانند.

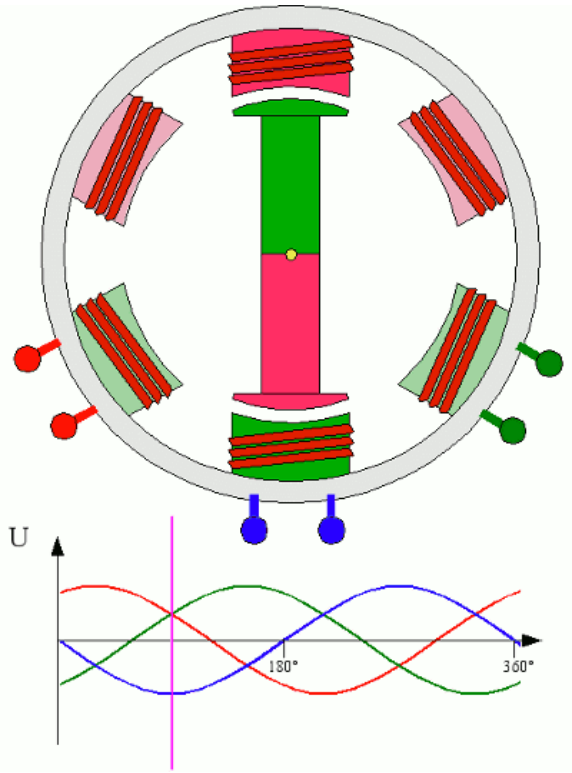


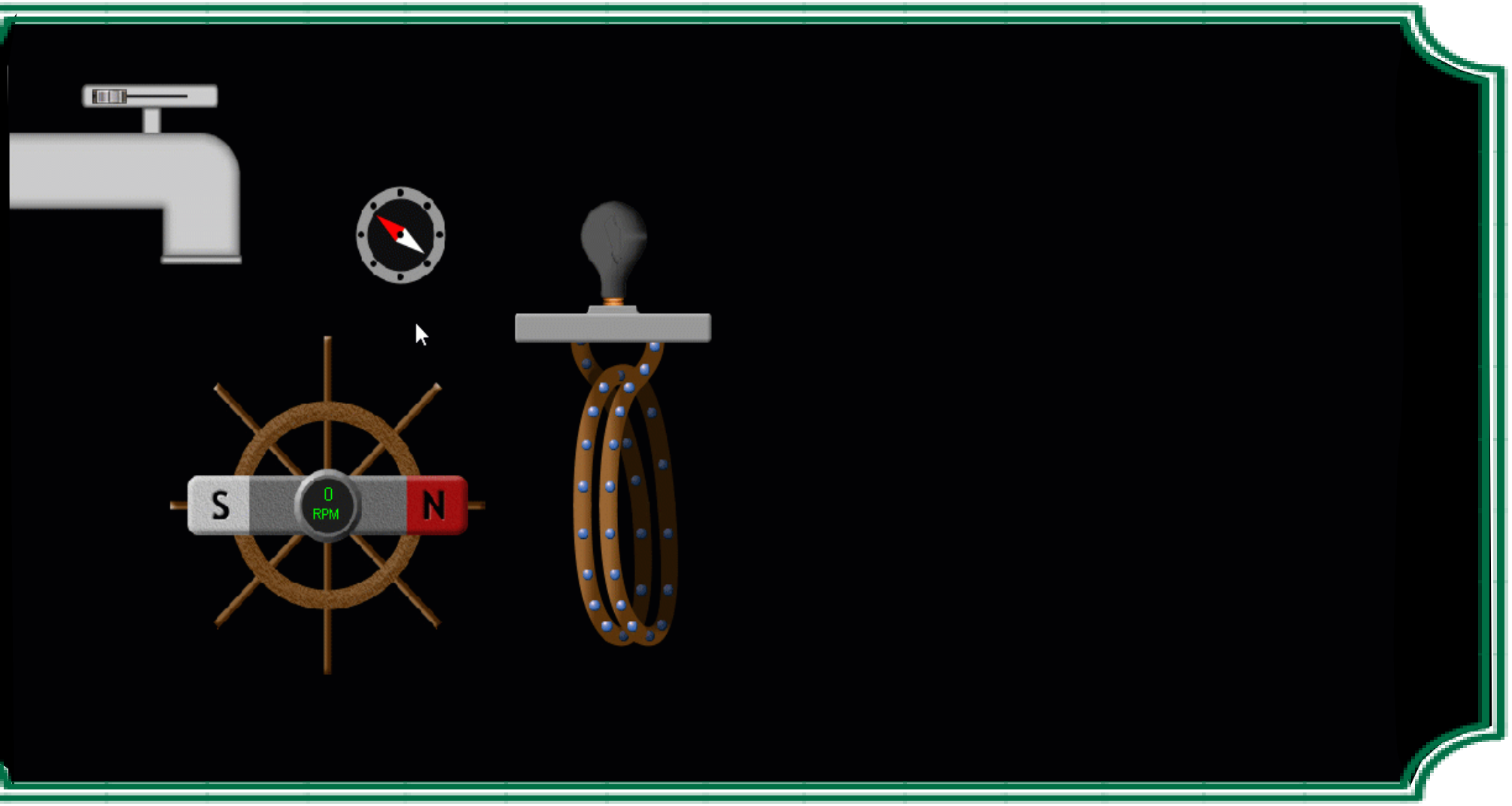
حرکت یک میلهٔ گردان، باعث چرخ پیچه در فضای میدان مغناطیسی ناشی از یک آهن ربا می شود. با چرخش پیچه، زاویه آن با خطوط میدان و در نتیجه شار گذرنده از پیچه تغییر و نیروی محرکه و جریان الکتریکی در آن القا می شود.





تمام نیروگاه های تولید برق دنیا از مولدهای صنعتی جریان متناوب برای تولید جریان متناوب استفاده می کنند. در این مولدها پیچه ها را ساکن گرفته و آهن ربا را در مقابل آن می چرخانند که این کار باعث می شود حلقه های لغزان و زغال ها به سرعت خورده و فرسوده نشوند.

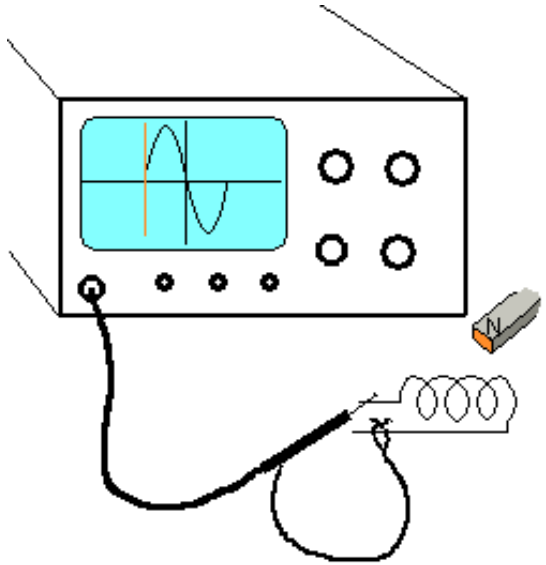




آموزش فصل الکترومغناطیس – امیر علیخانی

اداره تکنولوژی و گروههای آموزشی – گروه فیزیک

زمانی که طول می کشد تا پیچه یک دور کامل بچرخد را «دوره» یا «زمان تناوب» می نامند و آن را با نماد «T» نشان می دهد و یکای آن در SI مثل همهٔ کمیت های زمانی دیگر «ثانیه» است.



$$n = \frac{t}{T}$$

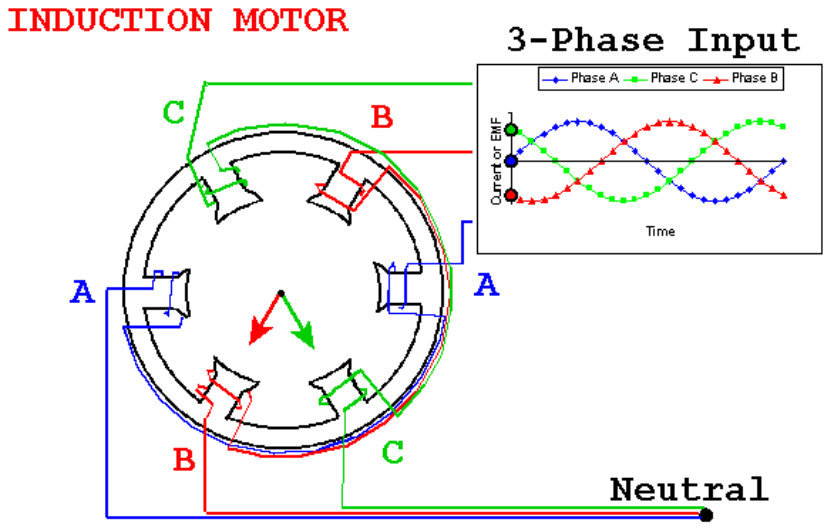
زمان اختیاری

تعداد دور کامل در ثانیه

زمان یک دور کامل

تعداد چرخه ها در مدت یک ثانیه «بسامد» یا «فرکانس» نام دارد و آن با f نشان می دهند، یکای بسامد در SI « بر ثانیه است که به اختصار هرتز Hz » نامیده می شود.

اگر زاویهٔ طی شده توسط پیچه در مدت t را با $\Delta\theta$ نشان می دهیم، با توجه به این که پیچه در مدت T یک دور کامل می چرخد، رابطهٔ زیر بر قرار است؟



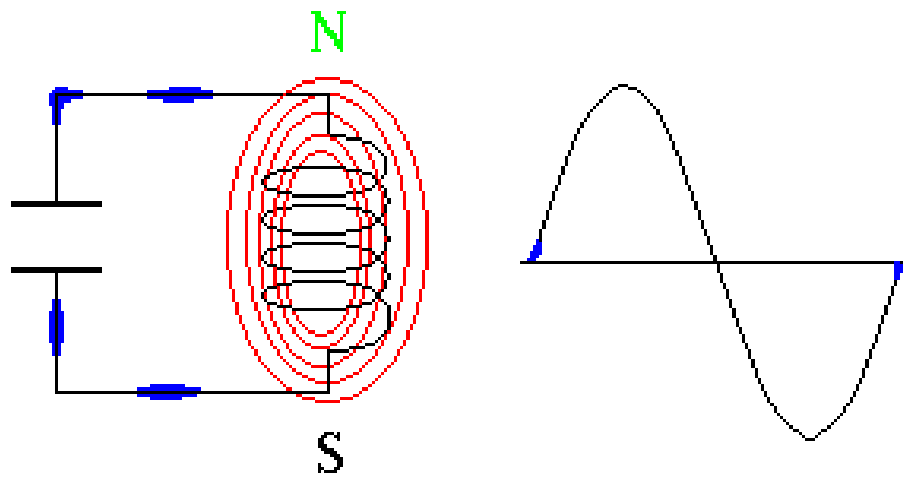
$$\frac{2\pi}{\Delta\theta}=\frac{T}{t}\Rightarrow\Delta\theta=\frac{2\pi}{T}t$$

اگر پیچه در مبدأ زمان عمود بر خطوط میدان مغناطیسی باشد آن گاه شاری که در لحظه ی t از پیچه می گذرد، به صورت روبه رو به دست می آید:

$$\Delta\theta = \frac{2\pi}{T}t \Rightarrow \theta - \theta_{\circ} = \frac{2\pi}{T}t \Rightarrow \theta = \frac{2\pi}{T}t$$

$$\Phi = BA\cos\theta \Rightarrow \Phi = BA\cos\frac{2\pi}{T}t \xrightarrow{\phi_m = BA} \Phi = \Phi_m \cos\frac{2\pi}{T}t$$

با توجه به قانون القایی الکترومغناطیسی **فاراده**، ثابت می شود نیروی محرکهٔ القا شده در پیچه از رابطهٔ زیر به دست می آید:



$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \frac{۲\pi}{T} t$$

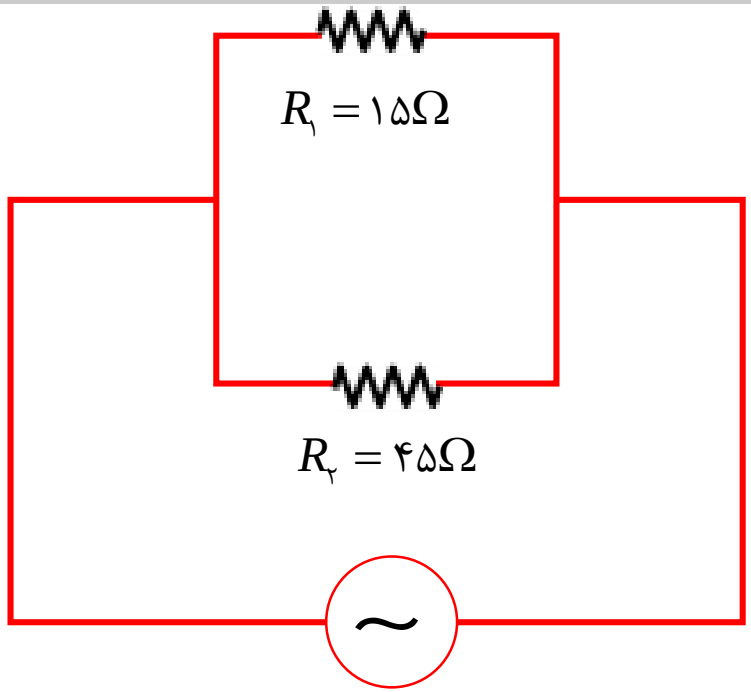
اگر مقاومت پیچه R باشد، معادلهٔ جریان القایی از رابطهٔ مقابل به دست می آید:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow I = \frac{\varepsilon_m \sin \frac{2\pi}{T} t}{R} \Rightarrow I_m = \frac{\varepsilon_m}{R}$$

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

جریان متناوب را به اختصار با نماد ac بر گرفته از alternative current به معنایی جریان متناوب و جریان مستقیم با نماد dc بر گرفته از direct current به معنی جریان مستقیم نشان می دهند.

در مدا روبه رو، نیروی محرکه ای با معادلهٔ $\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin \pi t$ در SI به وسیله ی مولد جریان متناوب تولید می شود. جریان گذار از R_1 در لحظه ی $t_۱ = \frac{۵}{۶} s$ چند برابر جریان گذرا از R_2 در لحظهٔ $t_۱ = \frac{۵}{۲} s$ است؟



$$I_X = \frac{\mathcal{E}}{R_X} = \frac{\mathcal{E}_m \sin \pi t}{R_X}$$

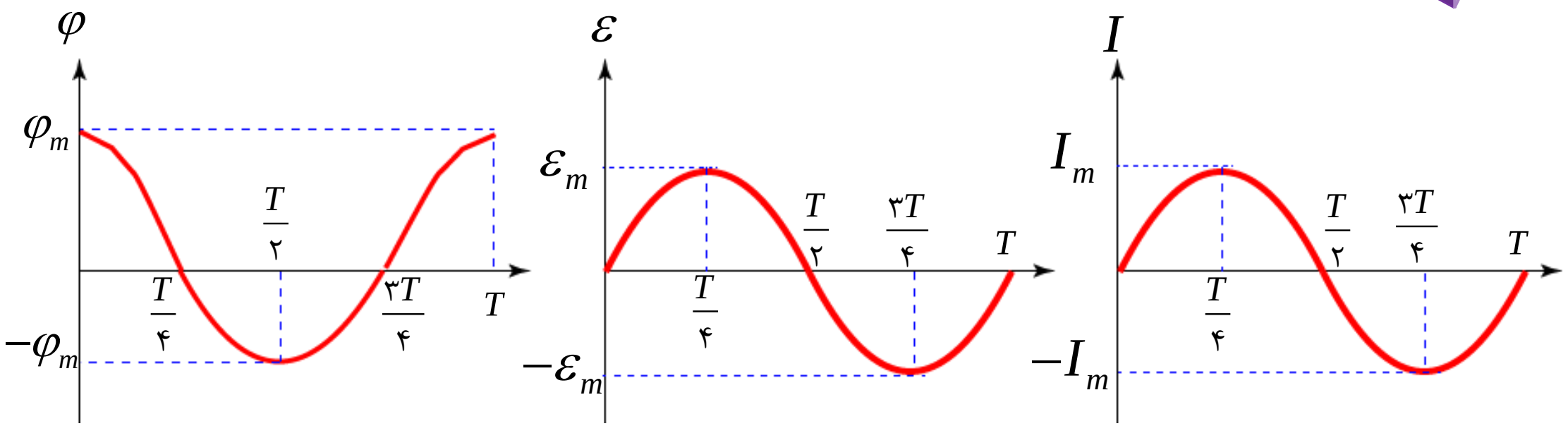
$$\frac{(I_۱)_{t_۱}}{(I_۲)_{t_۲}} = \frac{\frac{\mathcal{E}_m \sin \pi t_۱}{R_۱}}{\frac{\mathcal{E}_m \sin \pi t_۲}{R_۲}} = (\frac{\sin \pi t_۱}{\sin \pi t_۲})(\frac{R_۲}{R_۱}) = [\frac{\sin(\pi \times \frac{۵}{۶})}{\sin(\pi \times \frac{۵}{۲})}](\frac{۴۵}{۱۵})$$

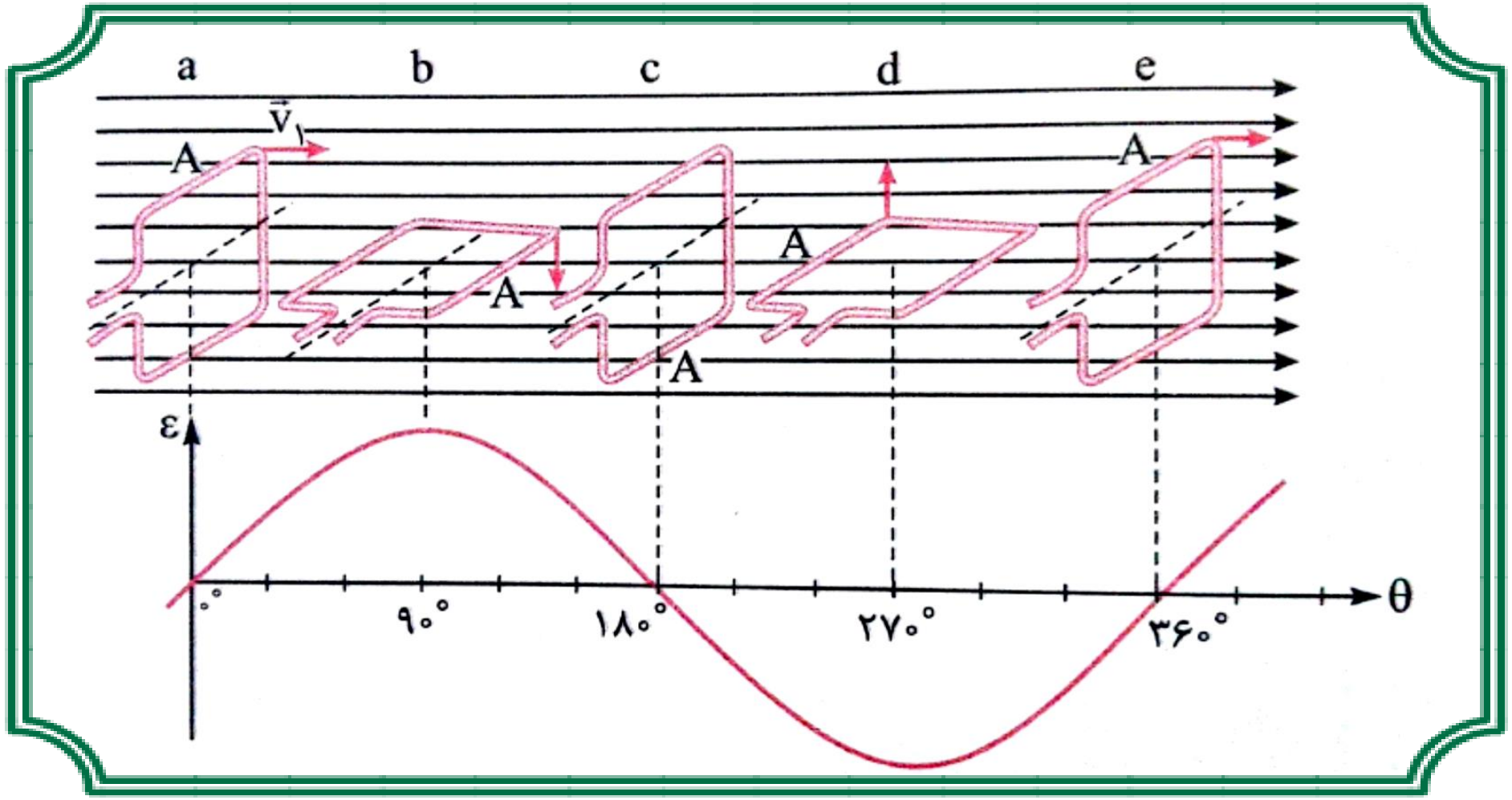
$$= \frac{\sin(\pi - \frac{\pi}{۶})}{\sin(۲\pi + \frac{\pi}{۲})} \times ۳ = \frac{\frac{۱}{۲}}{\frac{۱}{۱}} \times ۳ = \frac{۳}{۲}$$

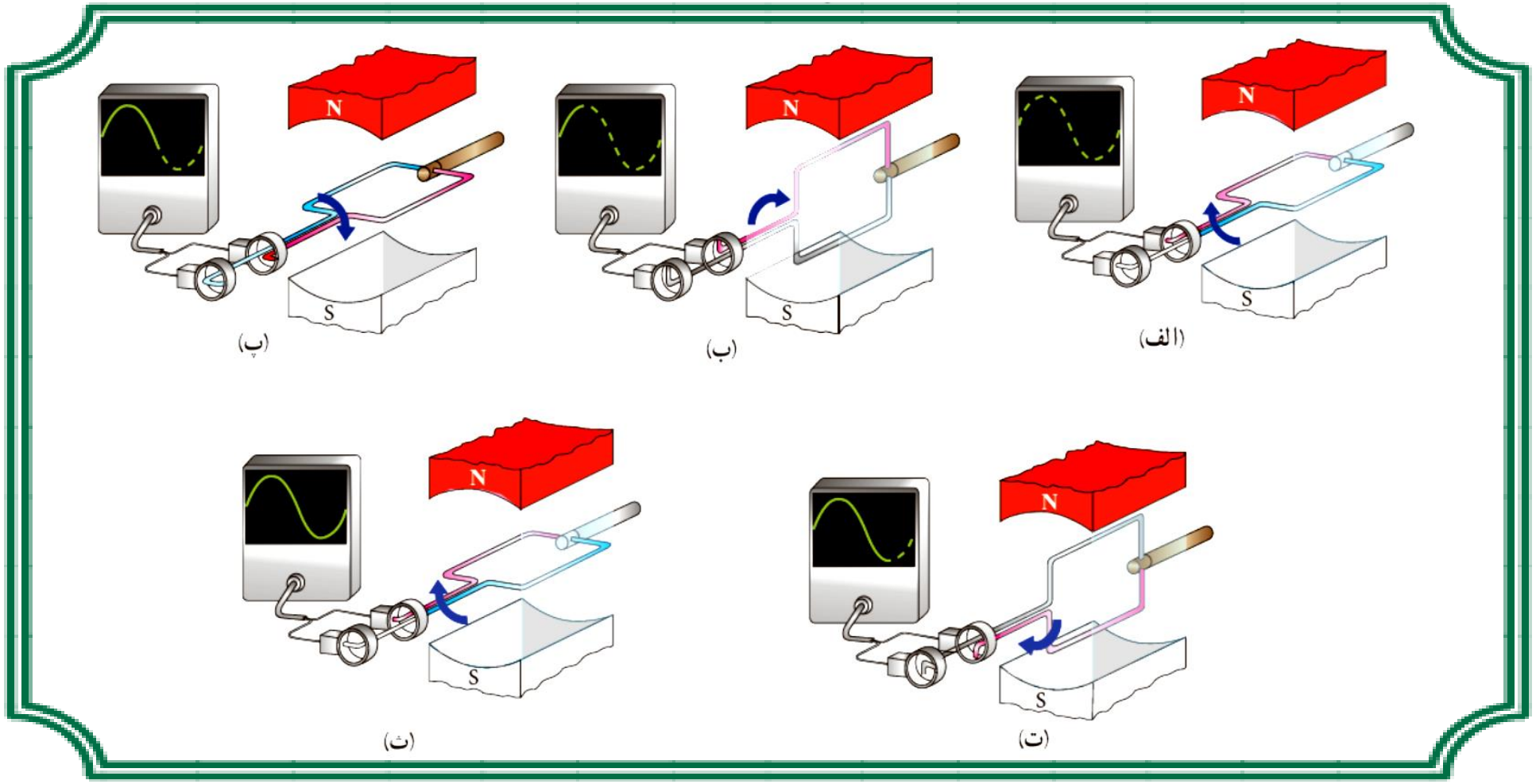
در مدت یک دور داریم:

t	۰	$\frac{T}{۴}$	$\frac{T}{۲}$	$\frac{۳T}{۴}$	T
φ	φ_m	۰	$-\varphi_m$	۰	φ_m
ε	۰	ε_m	۰	$-\varepsilon_m$	۰
I	۰	I_m	۰	$-I_m$	۰

در مدت یک دور داریم:




a
b
c
d
e
$\vec{v}$
A
A
A
A
A
ε
θ
۰°
۹۰°
۱۸۰°
۲۷۰°
۳۶۰°


N
S
(الف)
(ب)
(پ)
(ت)
(ث)

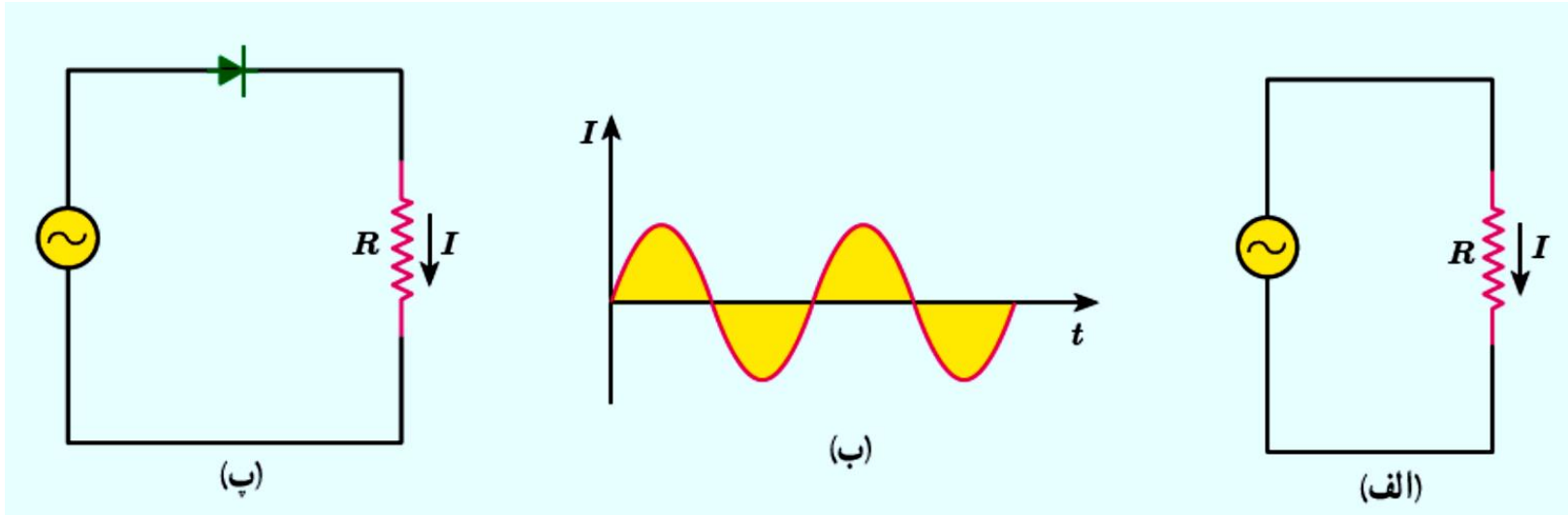
قابی در هر دقیقه، ۳۰۰ بار دور خود می چرخد. زمان تناوب و بسامد قاب را به دست آورید؟

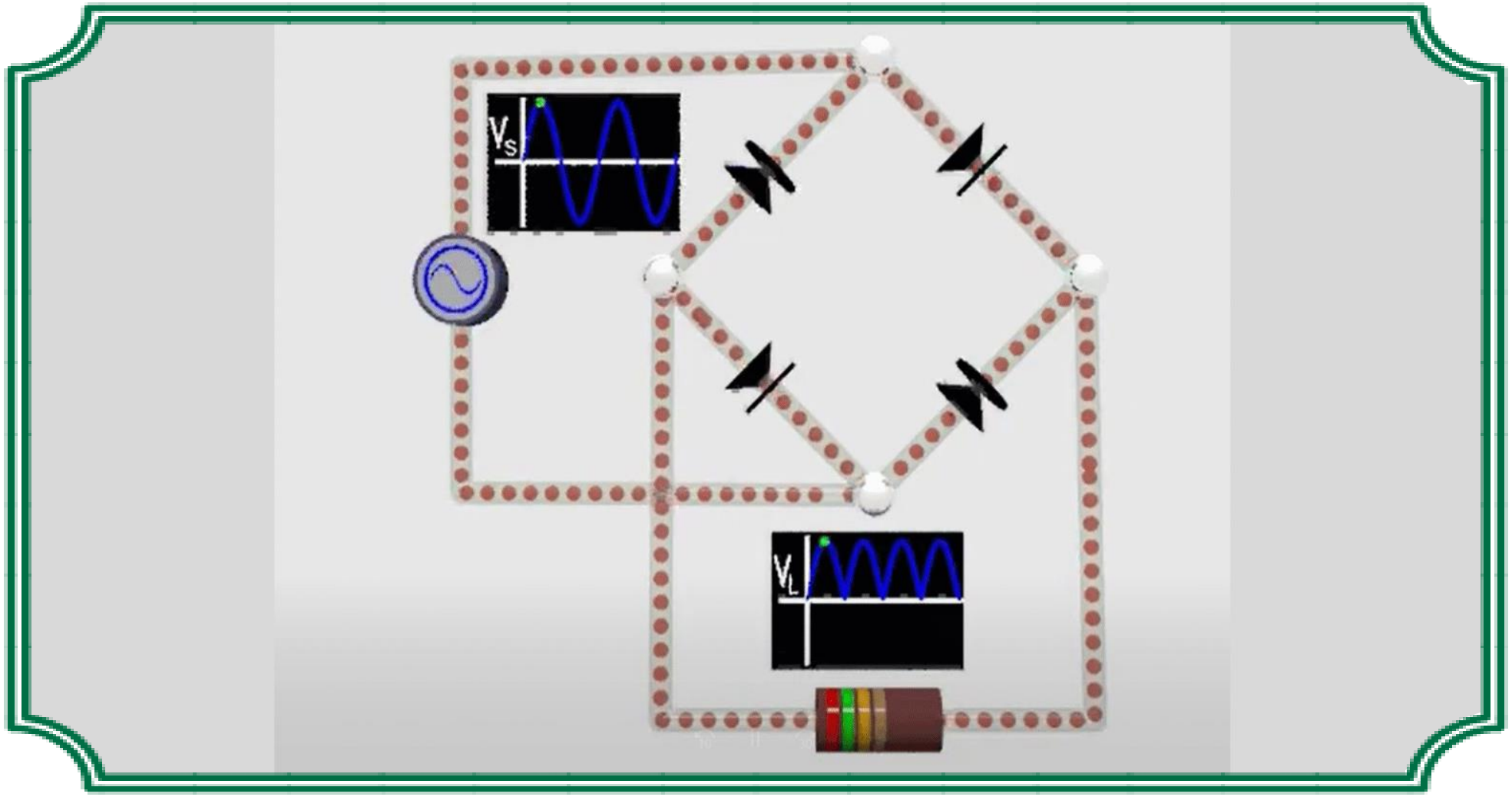
$$\begin{cases} t = ۱\min = ۶۰s \\ N = ۳۰۰ \\ T = ? \\ f = ? \end{cases}$$

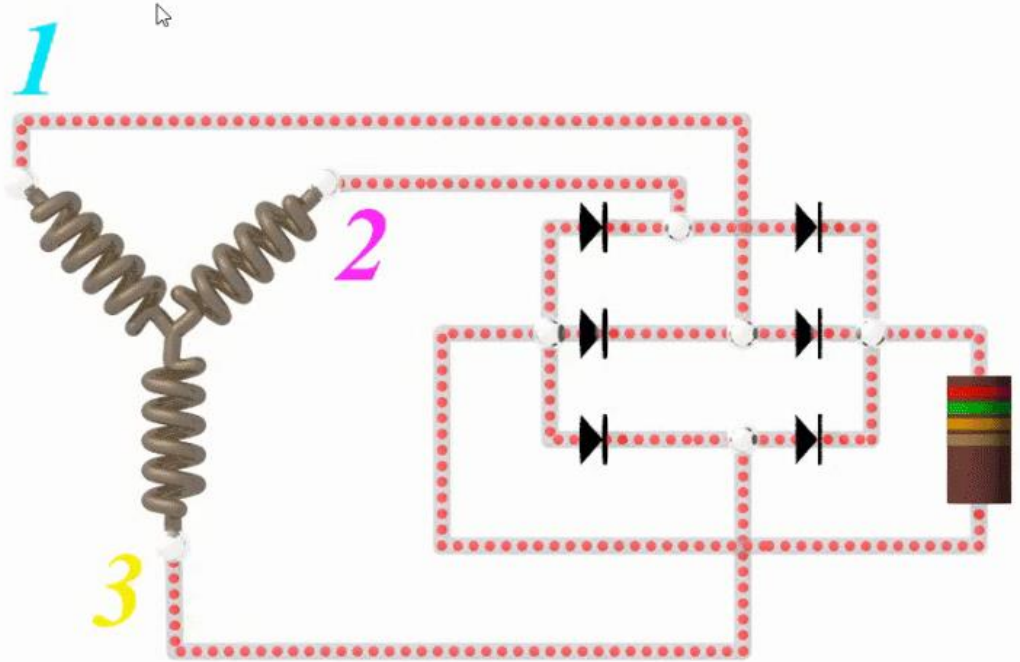
$$T = \frac{t}{N} \longrightarrow T = \frac{۶۰}{۳۰۰} = ۰/۲S \longrightarrow f = \frac{۱}{T}$$

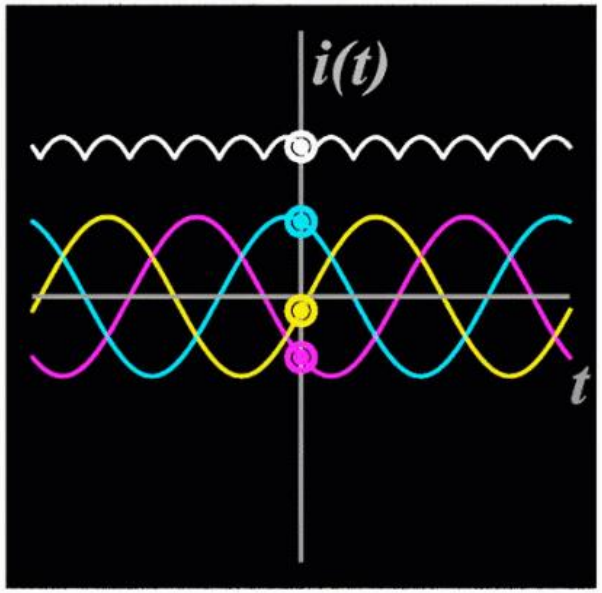
$$\longrightarrow f = \frac{۱}{۰/۲} = ۵Hz$$

در فصل ۲ دیدیم که **دیود** جریان را در یک جهت از خود عبور می دهد و در جهت دیگر مانع عبور جریان می شود. به همین دلیل آن را یکسو کنندهٔ جریان می نامند. نمودار شکل ب، تغییرات جریان بر حسب زمان شکل الف نشان می دهد. پس از گفت و گو در گروه خود، نمودار تغییرات جریان بر حسب زمان را برای مدار شکل پ رسم کنید.

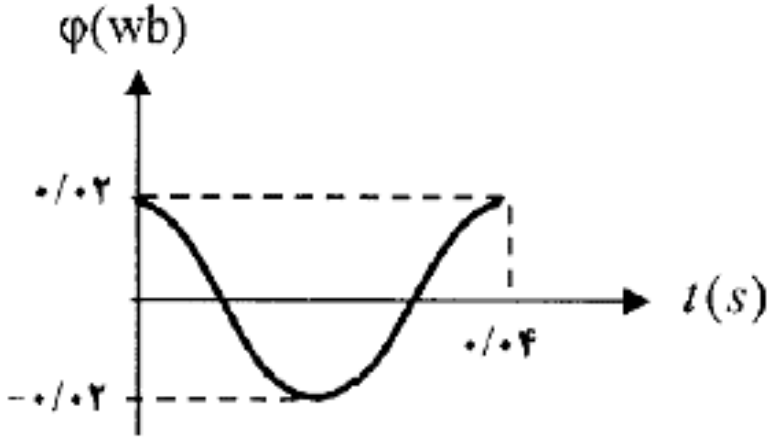



V_s
V_L


1
2
3


i(t)
t

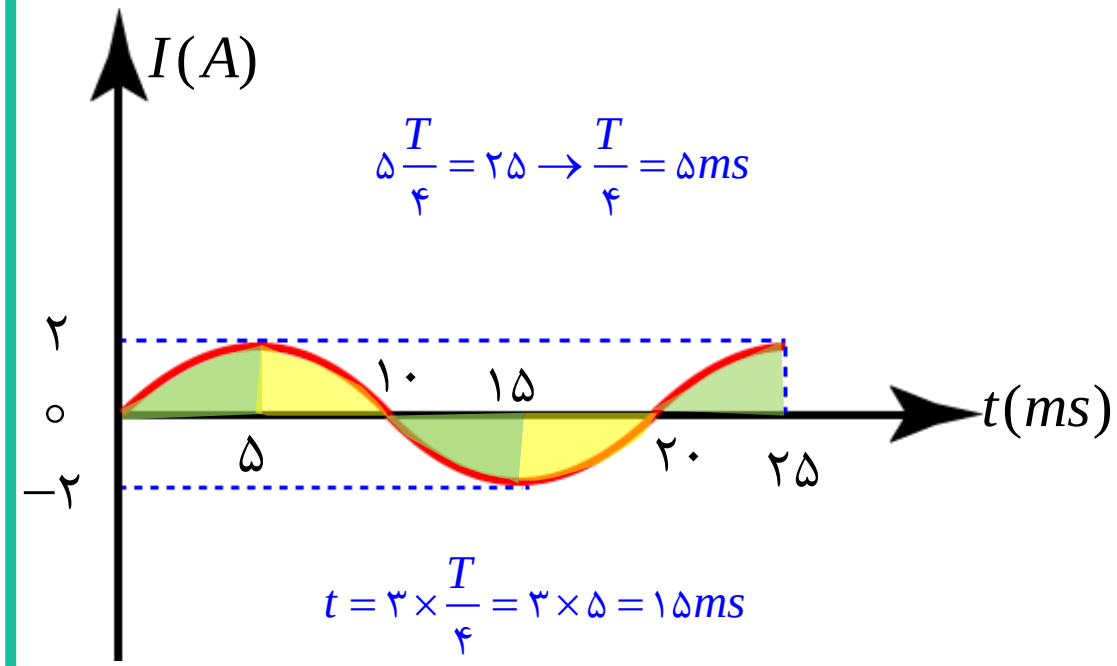
نمودار $\Phi - t$ عبوری از یک حلقهٔ رسانا مطابق شکل روبه رواست. **معادلهٔ شار** مغناطیسی را بر حسب زمان در SI بنویسید.



$$\Phi = BA\cos\frac{۲\pi}{T}t \Rightarrow \begin{cases} T = ۰/۰۴s \\ \Phi_{max} = ۰/۰۲Wb \end{cases}$$

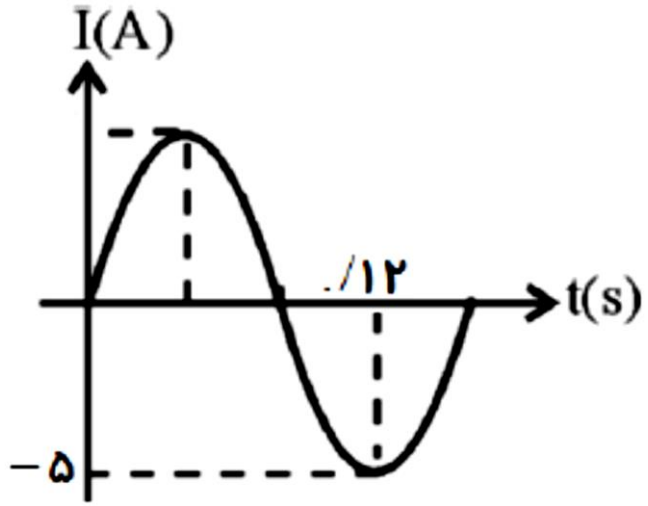
$$\Rightarrow \Phi = ۰/۰۲\cos\frac{۲\pi}{۰/۰۴} \Rightarrow \Phi = ۰/۰۲\cos ۵۰\pi t$$

شکل زیر، نمودار جریان متناوب سینوسی است که از یک القاگر آرمانی می گذرد در چند میلی ثانیه از بازهٔ نمایش داده شده انرژی در میدان مغناطیسی القاگر، در حال ذخیره شدن است؟



با توجه به رابطه ی $U=\frac{1}{2}LI^2$ برای افزایش U باید I^2 و در نتیجه $|I|$ افزایش یابد؛ یعنی نمودار I باید از محور افقی t دور شود؛ برای کاهش U باید I^2 و در نتیجه $|I|$ کاهش یابد؛ یعنی نمودارI باید به محور افقی t نزدیک شود. در نمودار روبه رو ، در سه ربع چرخه ی سبز رنگ اندازه ی I در حال افزایش و انرژی مغناطیسی در حال ذخیره شدن در القاگر بوده و در دو ربع چرخه ی رنگ زرد اندازه ی I در حال کاهش و انرژی مغناطیسی در حال آزاد شدن از القا است.

نمودار تغییرات جریان متناوبی بر حسب زمان رسم شده است، **معادله ی شدت جریان** را به دست آورید.

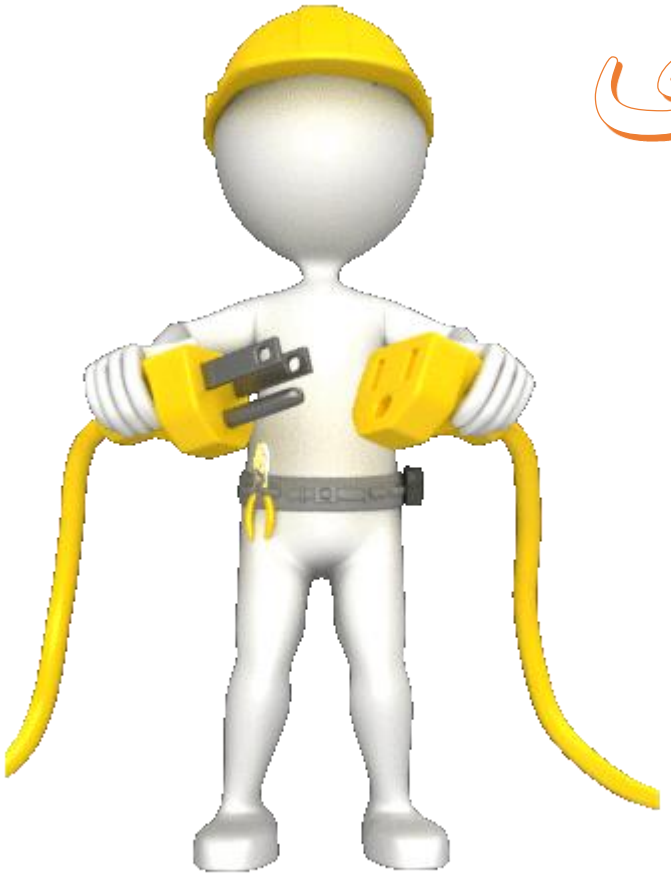


$$\begin{cases} I_{max} = ۵A \\ \frac{۳T}{۴} = ۰/۱۲ \rightarrow T = ۰/۱۶s \end{cases}$$

$$\begin{cases} I = I_{max} \sin \frac{۲\pi}{t} t \\ I = ۵ \sin \frac{۲\pi}{۰/۱۶} t = ۵ \sin \frac{۲۰۰\pi}{۱۶} t \end{cases}$$

$$I = ۵ \sin \frac{۲۵\pi}{۲} t$$

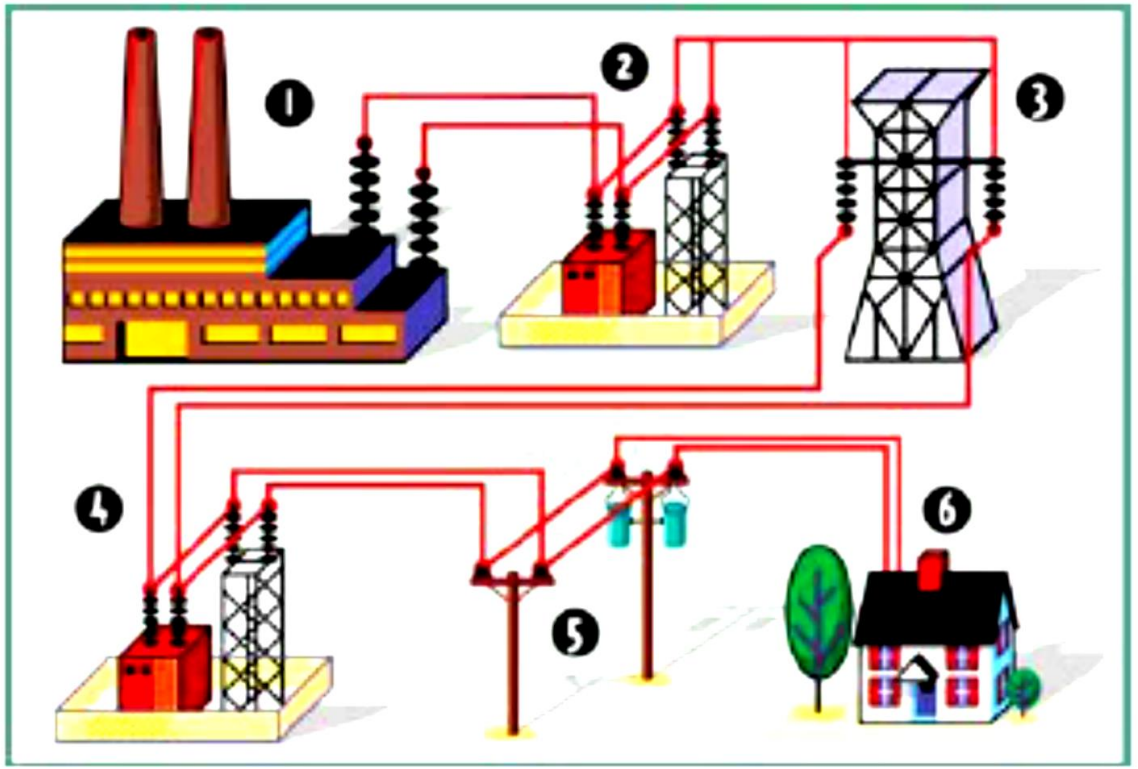
ویژه رشتهٔ ریاضی



آموزش فصل الکترومغناطیس – امیر علیخانی

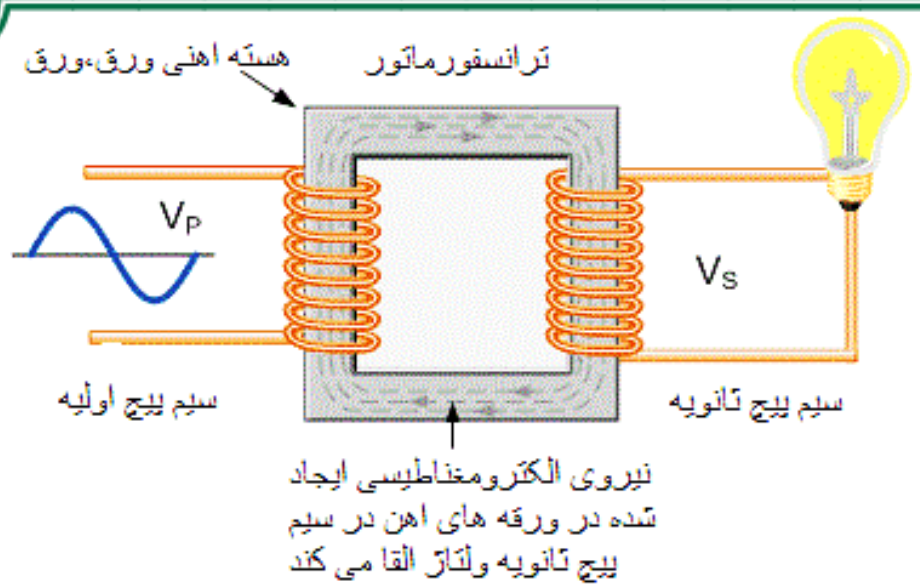
اداره تکنولوژی و گروههای آموزشی – گروه فیزیک

مبدل ها

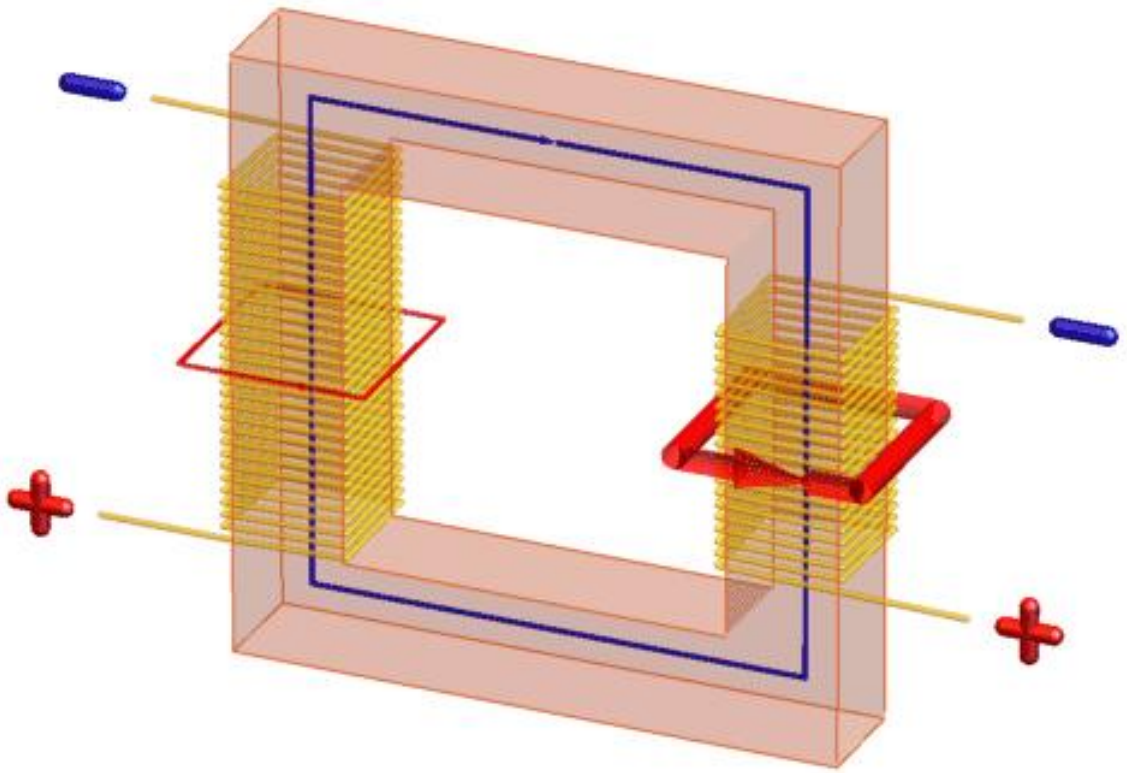


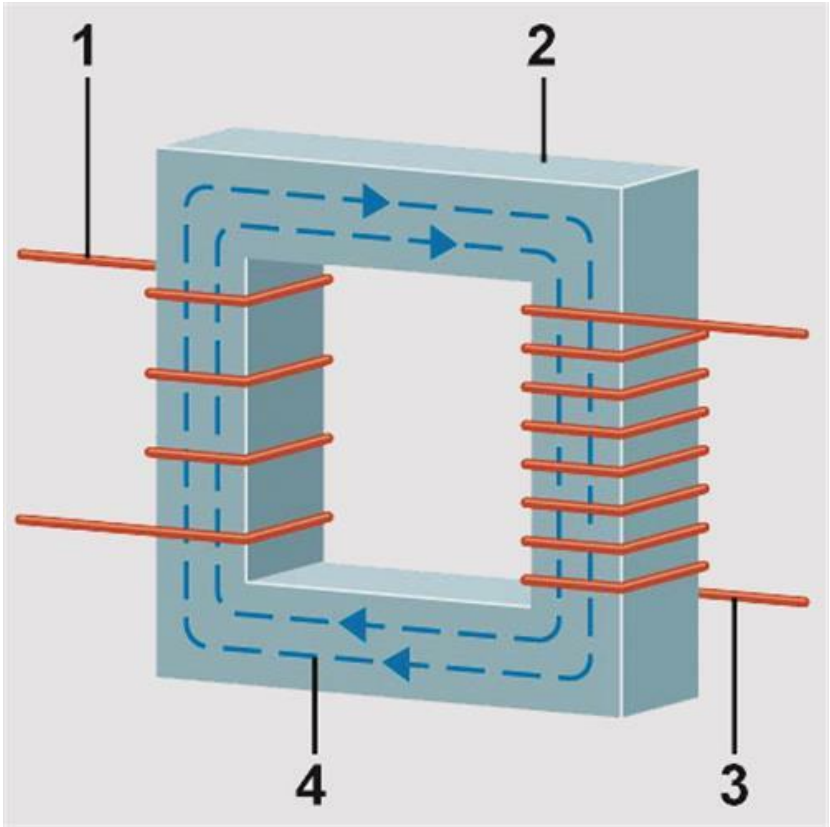
مزیت برق ac نسبت به dc: یکی از مزیت های برق ac نسبت به برق dc آن است که **بدون اتلاف قابل** ملاحظهٔ توان الکتریکی می توان به آسانی ولتاژ را تغییر داد.

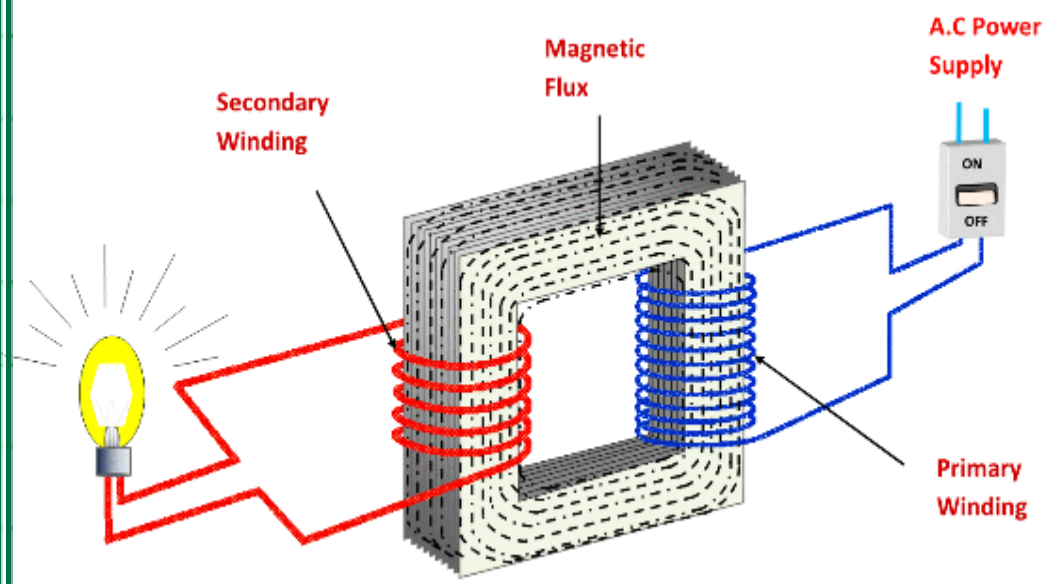
کاربرد مُبدل ها: برای تغییر ولتاژ ac از وسایلی به نام «مبدل» یا «ترانسفورماتور» استفاده می کنند.



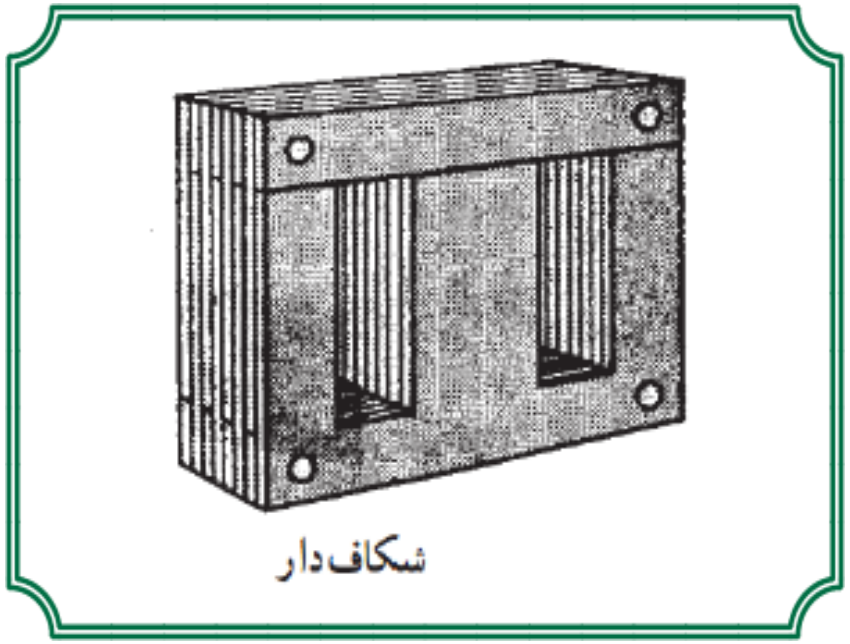
نحوهٔ عملکرد مبدل: شکل متداول ترین نوع مبدل را نشان می دهد که شامل دو پیچه است که روی یک هستهٔ آهنی پیچیده شده اند. روکش عایق سیم ها مانع از اتصال آن ها با هسته می شود. توان از طریق پیچه ی اولیه به مبدل منتقل و از طریق ی ثانویه از مبدل خارج می شود. اگر پیچه ی اولیه را به یک مولد جریان متناوب وصل کنیم، شار عبوری از آن نیز تغییر می کند. این شار متغیر از راه هسته از پیچه ی ثانویه عبور می کند. و در اثر پدیدهٔ القای متقابل، باعث القای نیروی محرکه ی الکتریکی در پیچه ی ثانویه می شود.

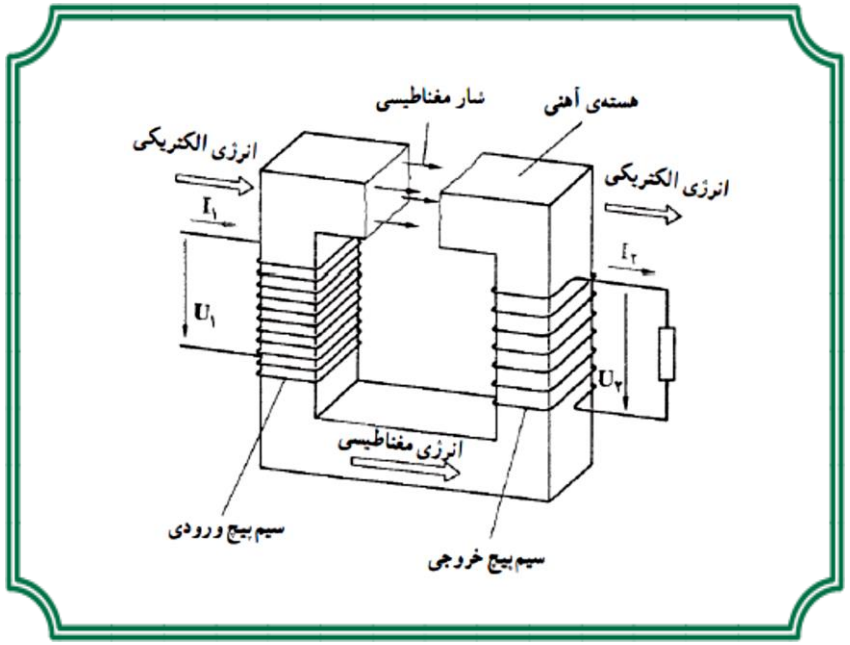



1
2
4
3


Secondary
Winding
Magnetic
Flux
A.C Power
Supply
ON
OFF
Primary
Winding

مبدل شامل دو پیچه با روکش عایق که روی یک هسته ی آهنی پیچیده شده اند. اگر پیچه ی اولیه را به یک مولد جریان متناوب وصل کنیم. شار عبوری از آن نیز تغییر می کند، این شار متغیر از راه هسته از پیچه ثانویه عبور می کند و در اثر پدیده القایی متقابل باعث القای نیروی محرکه الکتریکی در پیچه ثانویه می شود.





میدان و شار مغناطیسی در داخل هستهٔ آهنی بسیار بیشتر از خارج هسته است و می توان فرض کرد تمام شار تولید شده از پیچه ثانویه عبور می کند.

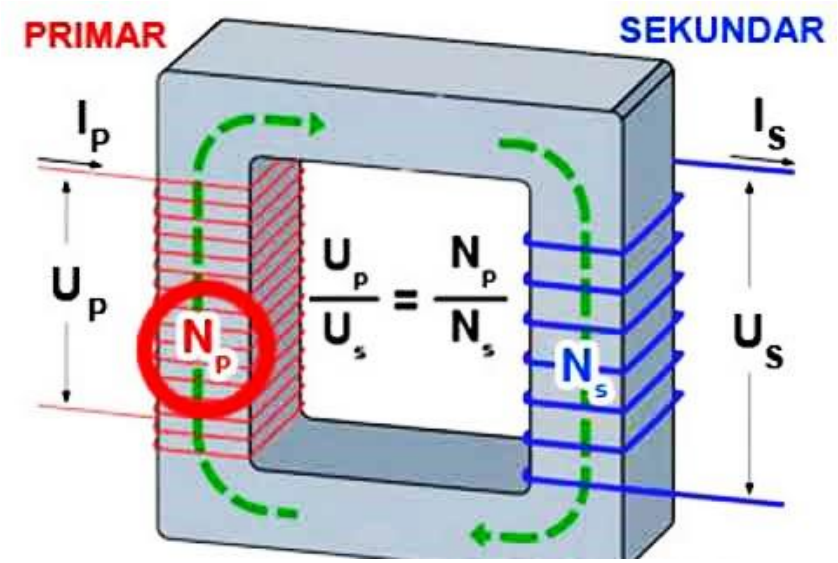
$$\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t}=\frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t}\Rightarrow\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}=\frac{-N\dfrac{\Delta\Phi_2}{\Delta t}}{-N\dfrac{\Delta\Phi_1}{\Delta t}}\xrightarrow{\varepsilon=V}\frac{V_2}{V_1}=\frac{N_2}{N_1}$$

معادله اصلی مبدل: در یک مبدل آرمانی از تلفات انرژی در پیچه ها صرف نظر می شود. در چنین مبدلی، اگر ولتاژ دو سر پیچه های اولیه و ثانویه را به ترتیب V_1 و V_2 نشان دهیم و تعداد حلقه های پیچه ها N_1 و N_2 باشد، رابطهٔ زیر برقرار است:

$$\begin{cases} \varepsilon_1 = -N\dfrac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} \\ \varepsilon_2 = -N_2\dfrac{\Delta\Phi_2}{\Delta t} \end{cases} \rightarrow \Phi_1 = \Phi_2 \Rightarrow \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} = \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t}$$

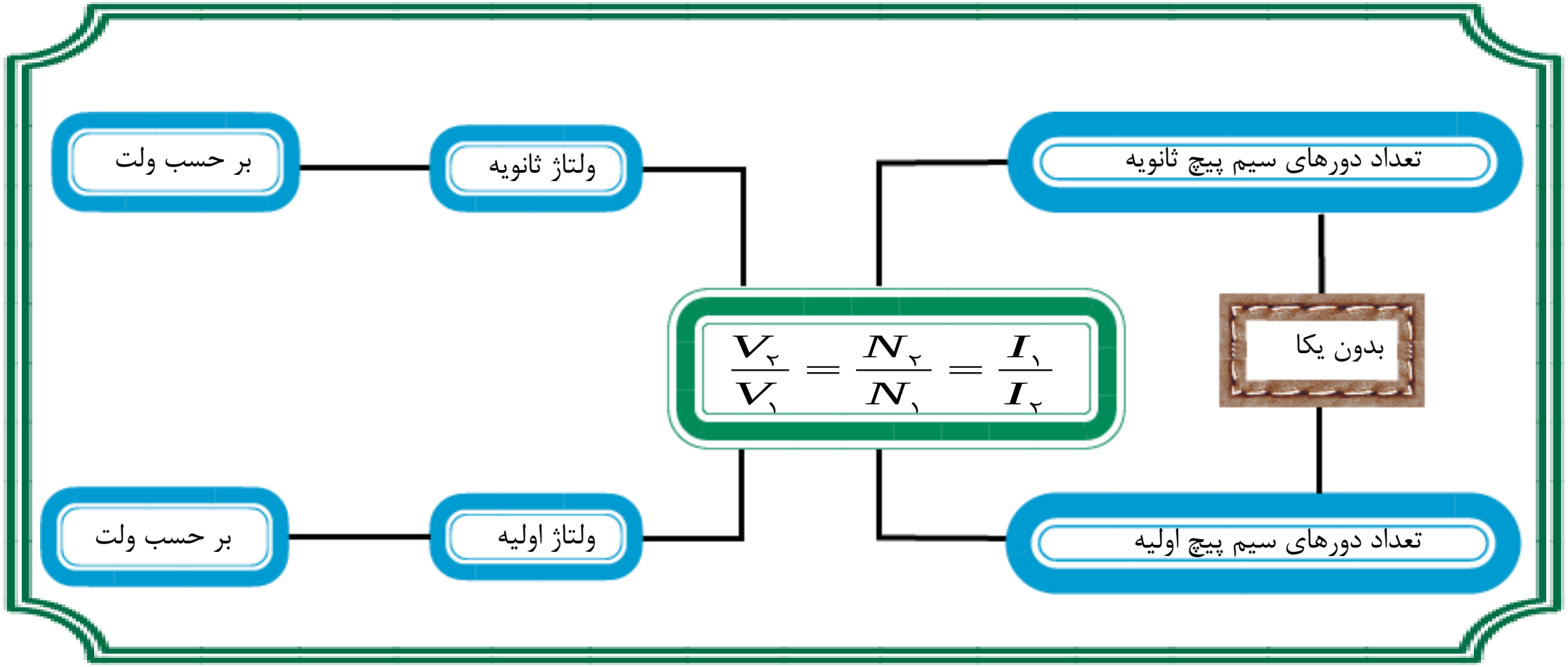
$$\rightarrow \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{-N_2\dfrac{\Delta\Phi_2}{\Delta t}}{-N_1\dfrac{\Delta\Phi_1}{\Delta t}} = \frac{N_2}{N_1} \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

رابطهٔ جریان و تعداد حلقه ها در مبدل: در یک مبدل آرمانی از تلفات انرژی در مبدل صرف نظر می شود. در نتیجه توان ورودی به مبدل آرمانی برابر توان خروجی از آن است.

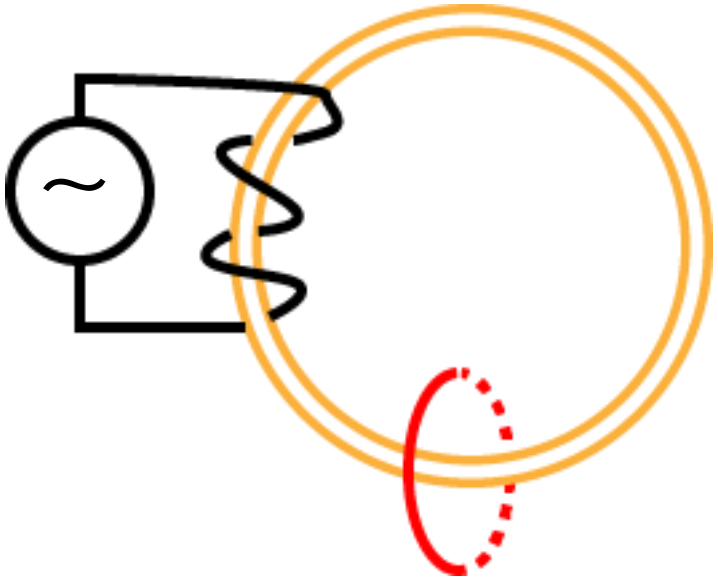


$$P_1 = P_2 \Rightarrow V_1 I_1 = V_2 I_2$$

$$\Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$


تعداد دورهای سیم پیچ ثانویه
بدون یکا
تعداد دورهای سیم پیچ اولیه
ولتاژ ثانویه
بر حسب ولت
ولتاژ اولیه
بر حسب ولت
$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$

در مبدل آرمانی به شکل مقابل، پیچه ی A شامل ۴ حلقه است و به مولد جریان متناوبی با ولتاژ ۲۰۰ ولت وصل است.
نیروی محرکه ی القا شده در حلقه ی B چند ولت است؟



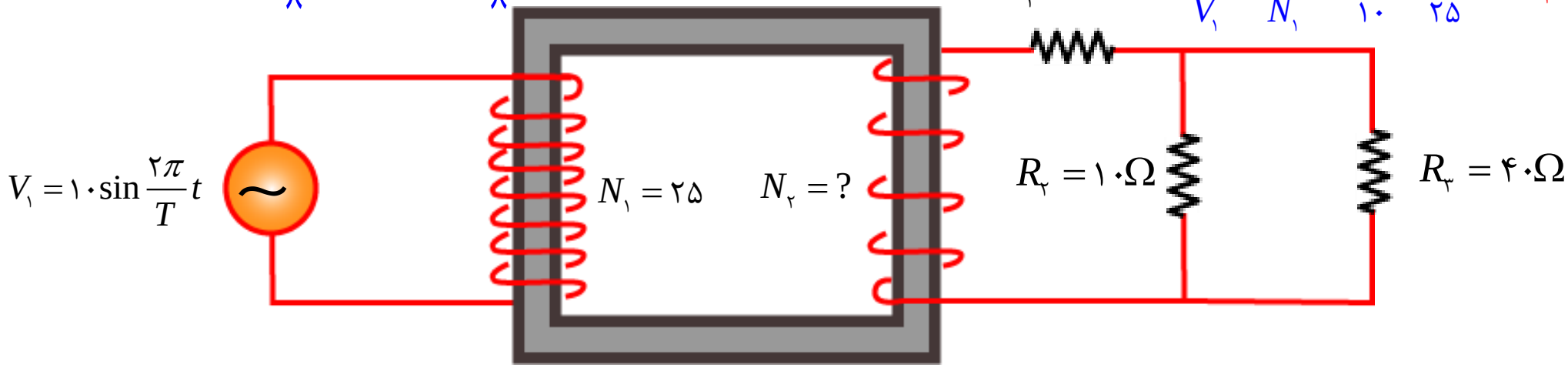
$$\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{N_۲}{N_۱}\Rightarrow\frac{V_۲}{۲۰۰}=\frac{۱}{۴}\Rightarrow V_۲=۵۰V$$

در مدار شکل زیر، بیشینه ی توان مصرفی در مقاومت $R_۳$ برابر ۱۰ وات است $N_۲$ کدام است؟

$$P_۳=\frac{V_۳^۲}{R_۳}\Rightarrow V_۳^۲=P_۳\times R_۳=۱۰\times ۴۰=۴۰۰\Rightarrow V_۳=۲۰V \xrightarrow{V_۲=V_۳=۲۰V} R_{۲,۳}=\frac{R_۲R_۳}{R_۲+R_۳}=\frac{۱۰\times ۴۰}{۱۰+۴۰}=۸\Omega\Rightarrow I=\frac{V_۲}{R_{۲,۳}}=\frac{۲۰}{۸}A$$

$$V_۲^{'}=I(R_۱+R_{۱,۲})=\frac{۲۰}{۸}(۱۲+۸)=\frac{۴۰۰}{۸}=۵۰V$$

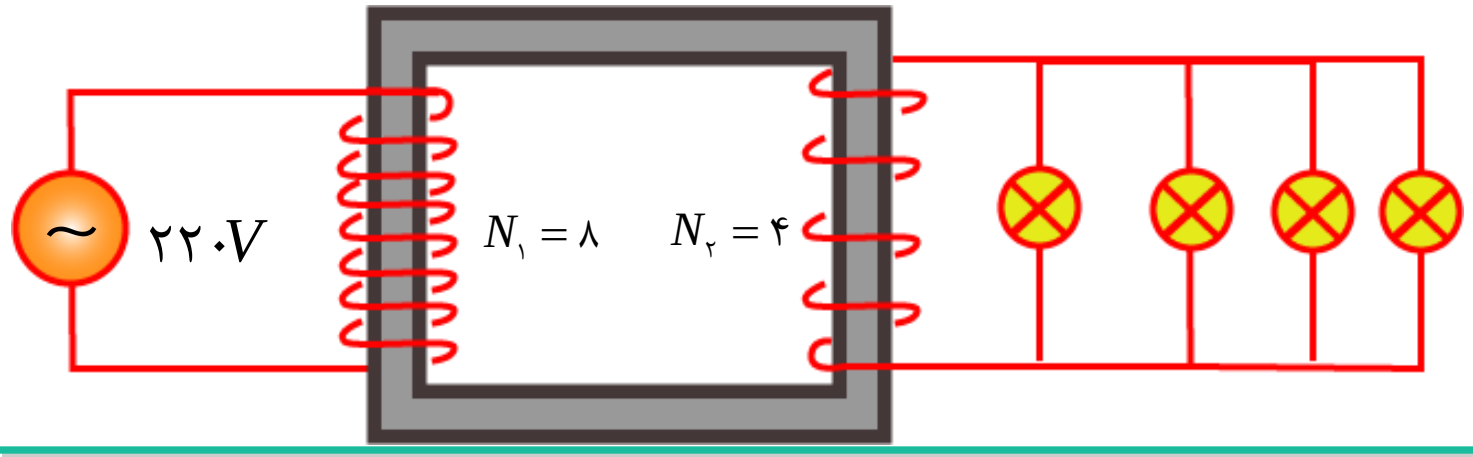
$$R_۱=۱۲\Omega \qquad \frac{V_۲^{'}}{V_۱}=\frac{N_۲}{N_۱}\Rightarrow\frac{۵۰}{۱۰}=\frac{N_۲}{۲۵}\Rightarrow N_۲=۱۲۵$$



در مبدل آرمانی شکل زیر، چهار لامپ با مشخصات اسمی ۲۲۰ ولت ۵۰ وات به ثانویه ی مبدل متصل اند. توان مبدل چند وات است؟

$$\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{N_۲}{N_۱}\Rightarrow\frac{V_۲}{۲۲۰}=\frac{۴}{۸}\Rightarrow V_۲=۱۱۰V\Rightarrow$$

$$P=\frac{V^۲}{R}\rightarrow\frac{P}{P_s}=(\frac{V}{V_S})^۲\Rightarrow\frac{P}{۵۰}=(\frac{۱۱۰}{۲۲۰})^۲\Rightarrow\frac{P}{۵۰}=\frac{۱}{۴}\Rightarrow P=\frac{۵۰}{۴}W$$



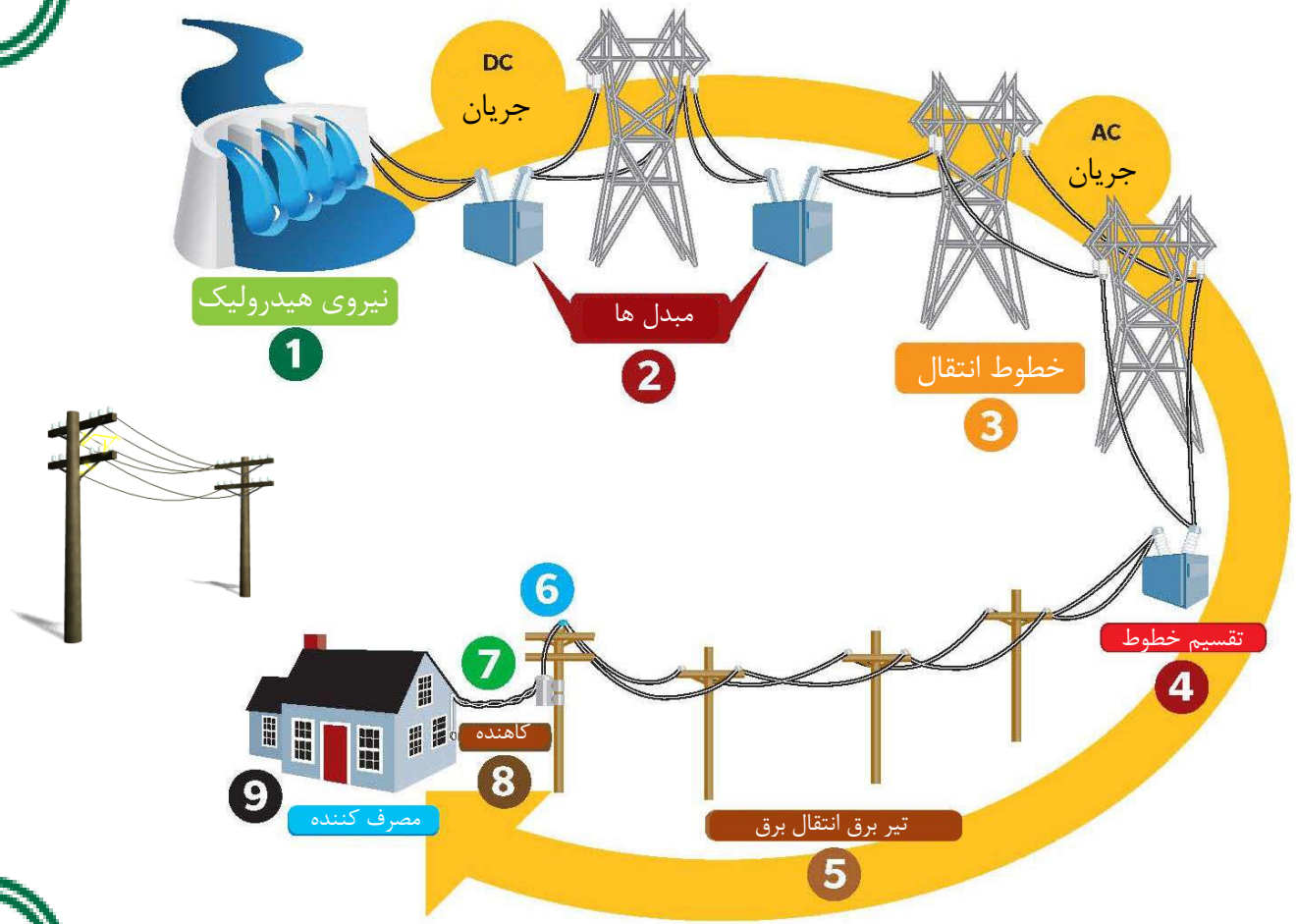
$$P_۲=۴P=۴\times\frac{۵۰}{۴}=۵۰W$$

$$P_۳=۴P=۴\times\frac{۵۰}{۴}=۵۰W$$

$$P_۱=P_۲=۵۰W$$ مبدل آرمانی

استفاده از مبدل برای کاهش اتلاف انرژی الکتریکی : در انتقال انرژی الکتریکی از نیروگاه به محل مصرف کننده توسط یک مبدل، ولتاژ را تا حد امکان افزایش و جریان را تا حد امکان کاهش می دهند تا توان تلف شده در سیم های انتقال برق RI^2 به حداقل برسد.

خطوط انتقال برق : شکل یک راه انتقال توان الکتریکی را نشان می دهد. نیروگاه، ولتاژ ۱۲ کیلوولت را تولید می کند. این ولتاژ توسط یک مبدل به ۴۰۰ کیلوولت می رسد و در نهایت توسط مبدل هایی ولتاژ را کاهش و به ولتاژ استاندارد می رساند. (۲۲۰ ولت)



در انتقال انرژی از نیروگاه به محل مصرف کننده یک مبدل، ولتاژ را تا حد امکان **افزایش** و جریان را تا حد امکان **کاهش** می دهند تا **توان تلف** شده در سیم های انتقال برق (RI^2) به **حداقل** برسد.

نیرو گاه ← مبدل های افزاینده ← خط های انتقال فشار قوی ← مبدل های کاهنده ← مصرف کننده