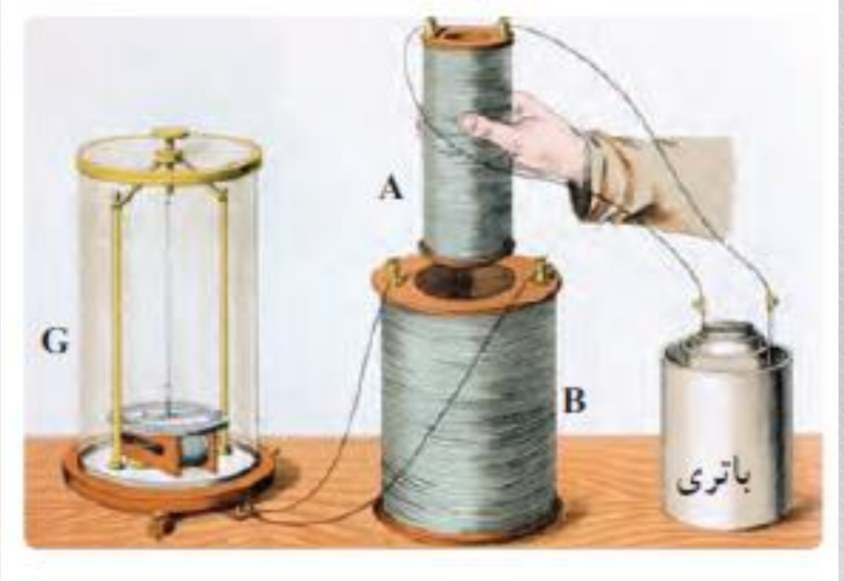
بسم الله الرحمن الرحيم

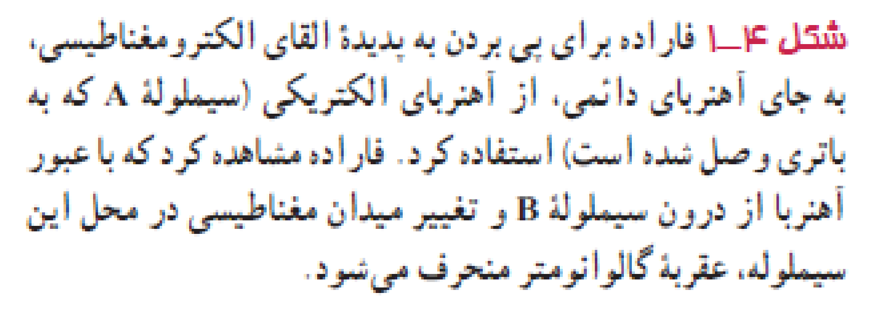
فصل چهارم

القای الکترومغناطیس

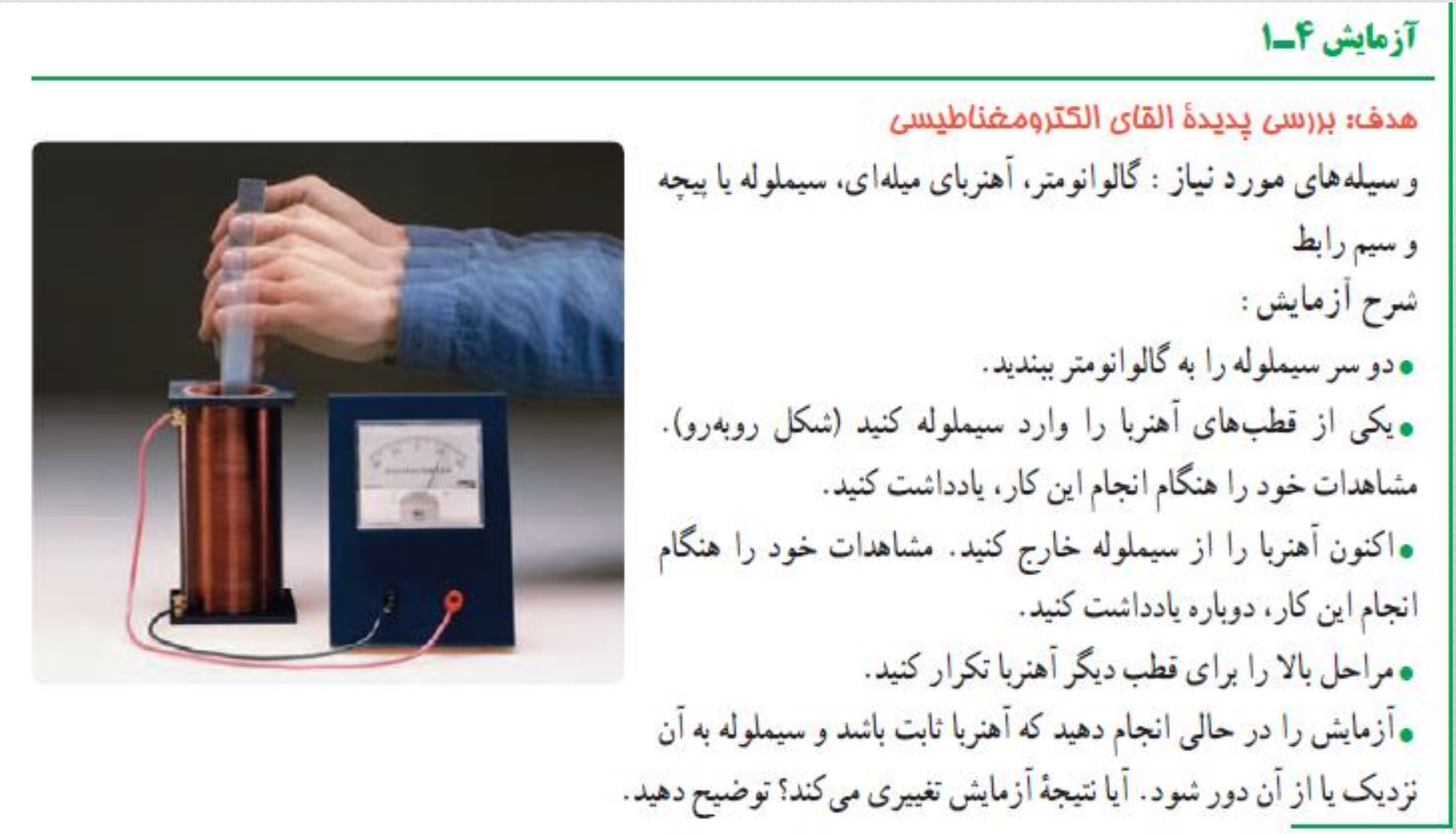
القای الکترومغناطیسی(آزمایش فاراده):

تجربه نشان داده با نزدیک کردن آهن ربا به یک سیم لوله ، میتوان درون سیم لوله جریان ایجاد کرد، به طوری که انگار سیم لوله را به باتری متصل کرده باشید. این پدیده را القای الکترومغناطیسی و جریان به وجود آمده را نیز جریان الکتریکی القایی می نامیم.





شکل ۴ــ۱ فاراده برای پی بردن به پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی، به جای آهنربای دائمی، از آهنربای الکتریکی (سیملولهٔ A که به باتری وصل شده است) استفاده کرد. فاراده مشاهده کرد که با عبور آهنربا از درون سیملولهٔ B و تغییر میدان مغناطیسی در محل این سیملوله، عقربهٔ گالوانومتر منحرف می‌شود.



آزمایش ۴ــ۱

هدف: بررسی پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی

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

شرح آزمایش :

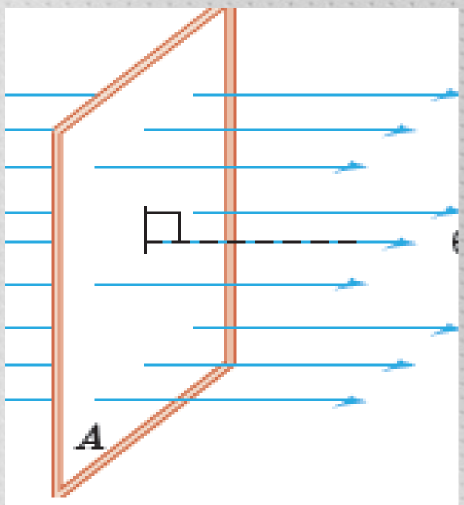
- دو سر سیملوله را به گالوانومتر ببندید.
- یکی از قطب‌های آهنربا را وارد سیملوله کنید (شکل روبه‌رو). مشاهدات خود را هنگام انجام این کار، یادداشت کنید.
- اکنون آهنربا را از سیملوله خارج کنید. مشاهدات خود را هنگام انجام این کار، دوباره یادداشت کنید.
- مراحل بالا را برای قطب دیگر آهنربا تکرار کنید.
- آزمایش 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.

شار:

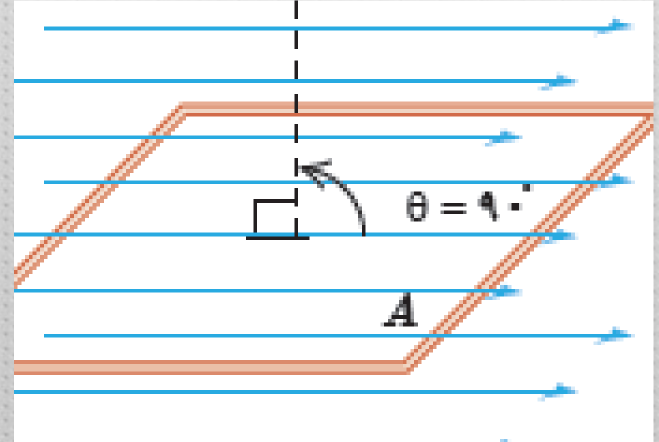
ابتدا بهتر است با مفهوم کلمه شار آشنا شویم.

الف) مثالی را در نظر بگیرید، اگر یک بشقاب که ته آن باز است(حلقه) دارای مساحت را درون مسیر آب رودخانه ای به طور عمود فرو ببرید در هر لحظه چندین لیتر آب از درون ان میگذرد. این رودخانه به طور ذاتی دارای دبی و جیان ثابتیست و حالا با قراردادن این صفحه مقداری از آن جریان از درون آن میگذرد.

کمیتی که میزان عبور آب از درون صفحه را نشان میدهد شار نام دارد.



ب) حال همان حلقه را طوری درون آب قرار دهید که این بار جهت قرار گیری آن همسو با جریان آب باشد. بدیهی است که در این حالت عملا جریان رود از درون صفحه نمیگذرد و به طبع شار جریان از درون ظرف در این حالت صفر خواهد بود.



ج) با توجه به د حالت قبل می توان فهمید که شار عبوری از درون یک صفحه به عوامل زیر وابسطه است:

۱- سرعت آب رودخانه(جریان)

۲- مساحت صفحه

۳- زاویه ی بین صفحه و جریان آب

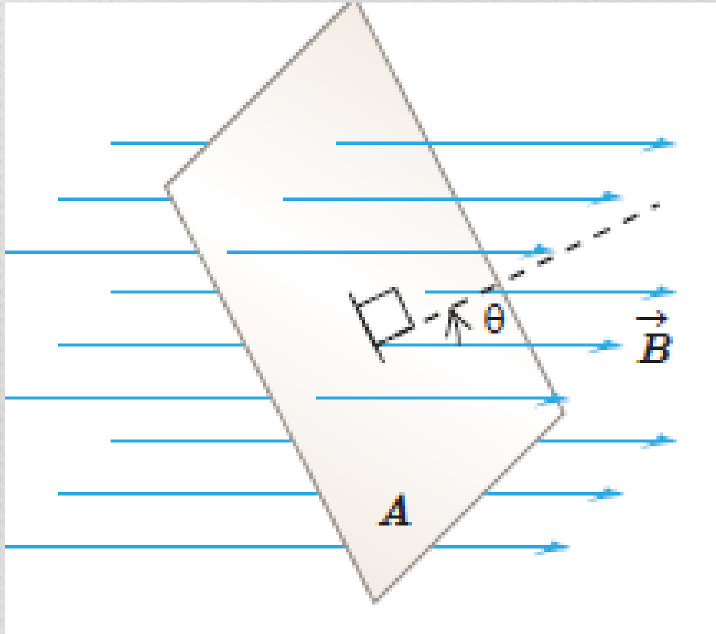
پس اگر تتا زاویه ی بین جران عبوری و خط عمود بر صفحه باشد خواهیم داشت:

شار = جریان عبوری * مساحت صفحه* $\cos\theta$

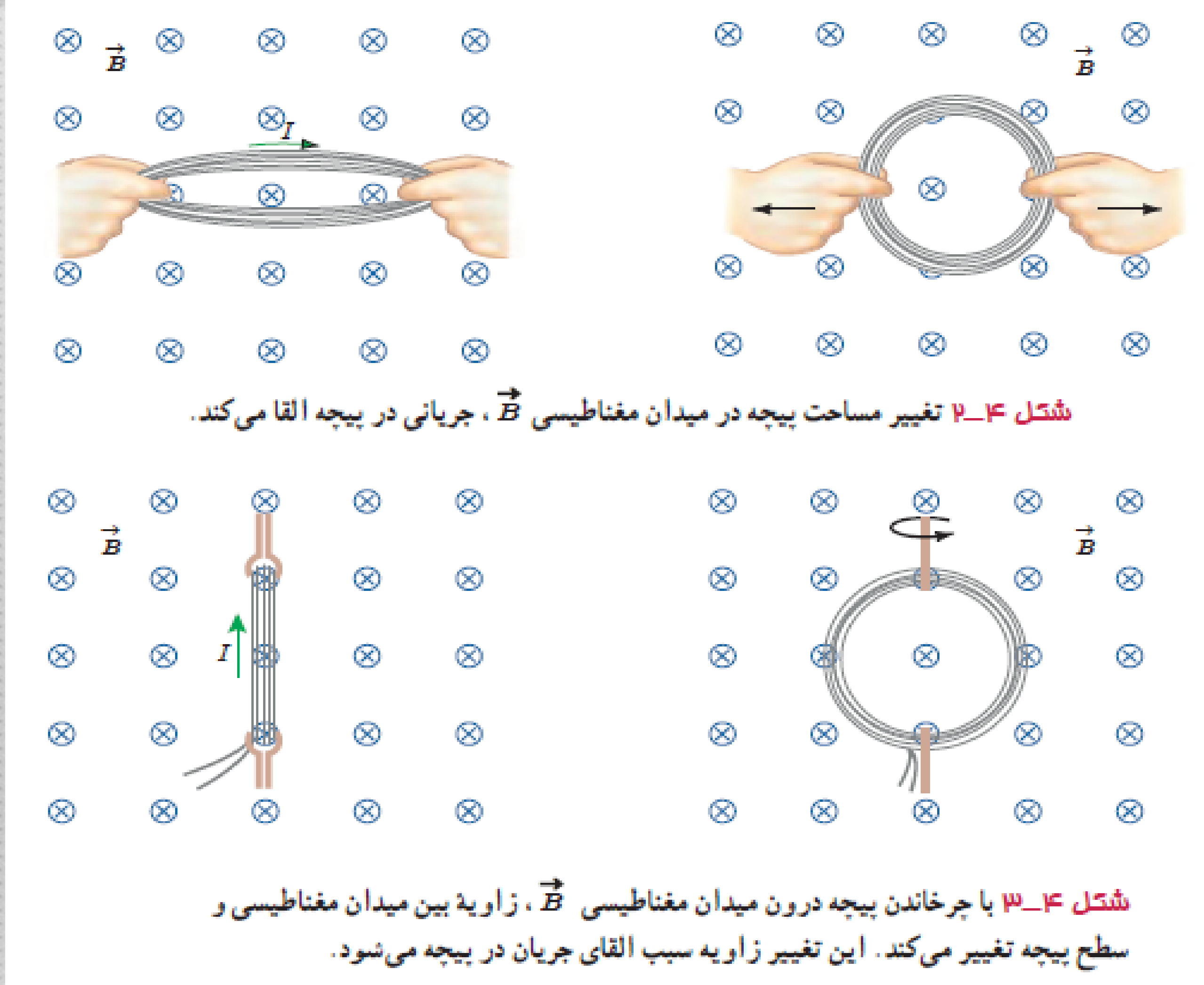
شار مغناطیسی:

سیمی به شکل حلقه را در نظر بگیرید که درون میدان مغناطیسی قرار داده شده.
شار میدان مغناطیسی درون حلقه در هر لحظه برابر است با:

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



طبق مفهوم شار، در هر لحظه با تغییر مساحت حلقه یا زاویه قرار گیری آن در میدان و یا تغییر ادازه میدان، شار عبوری از آن تغییر می کند. یکای شار مغناطیسی وبر نام دارد به طوری که: $۱\text{Wb} = ۱\text{T} \times ۱\text{m}^{۲}$



شکل ۴_۲ تغییر مساحت پیچه در میدان مغناطیسی $\vec{B}$ ، جریانی در پیچه القا می‌کند.

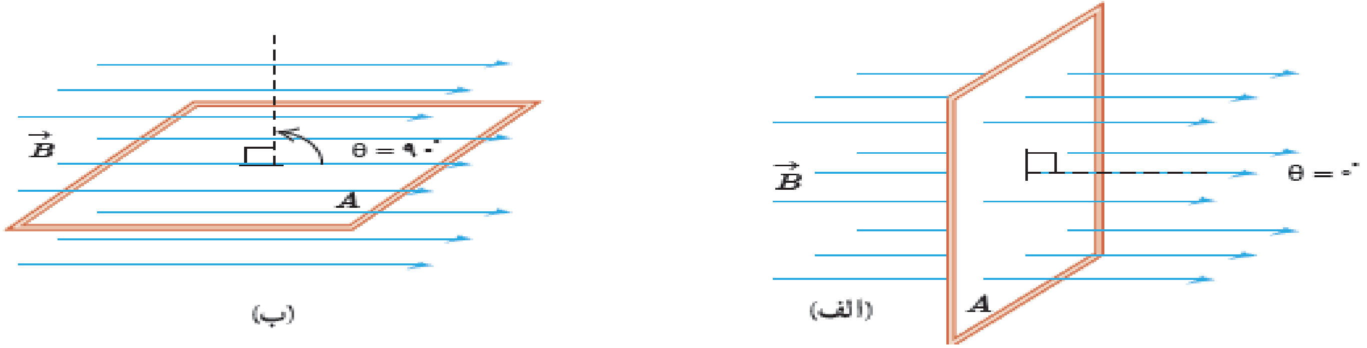
شکل ۴_۳ با چرخاندن پیچه درون میدان مغناطیسی $\vec{B}$ ، زاویهٔ بین میدان مغناطیسی و سطح پیچه تغییر می‌کند. این تغییر زاویه سبب القای جریان در پیچه می‌شود.

الف) مطابق شکل الف، سطح حلقهٔ رسانایی، به شکل مربع با ضلع ۲۰cm، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۲۵۰G قرار دارد. شار عبوری از این حلقه را به‌دست آورید.

ب) اگر حلقه را بچرخانیم به طوری که سطح حلقه موازی با خط‌های میدان مغناطیسی شود، شار مغناطیسی عبوری از آن چقدر می‌شود؟

پ) تغییر شار مغناطیسی عبوری از حلقه را وقتی از موقعیت شکل الف به موقعیت شکل ب می‌چرخد به‌دست آورید.

ت) اگر این تغییر شار مغناطیسی در بازهٔ زمانی $\Delta t = ۰/۰۱\text{s}$ رخ داده باشد آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ را پیدا کنید.



(ب) (الف)

پاسخ : الف) وقتی مطابق شکل الف، سطح حلقه عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، زاویهٔ بین میدان $\vec{B}$ و نیم‌خط عمود بر سطح حلقه برابر صفر می‌شود. به این ترتیب، شار عبوری از سطح حلقه برابر است با :

$$A = ۰/۲\text{m} \times ۰/۲\text{m} = ۰/۰۴\text{m}^۲ \quad , \quad B = ۲۵۰\text{G} = ۲/۵۰ \times ۱۰^{-۲}\text{T} \quad , \quad \theta = ۰^\circ$$

$$\Phi = BA\cos\theta = (۲/۵۰ \times ۱۰^{-۲}\text{T})(۰/۰۴\text{m}^۲)(\cos ۰^\circ) = ۱ \times ۱۰^{-۳}\text{Wb} = ۱\text{mWb}$$

ب) وقتی مطابق شکل ب، حلقه می‌چرخد و سطح آن موازی با خط‌های میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، زاویهٔ بین میدان $\vec{B}$ و نیم‌خط عمود بر سطح حلقه برابر ۹۰° می‌شود. از آنجا که $\cos ۹۰^\circ = ۰$ است، در این شرایط، هیچ شاری از سطح حلقه عبور نمی‌کند.

پ) همان‌طور که دیدید شار عبوری از سطح حلقه در وضعیت شکل الف و وضعیت شکل ب، به‌ترتیب، برابر $\Phi_۱ = ۱\text{mWb}$ و $\Phi_۲ = ۰$ است. به این ترتیب، تغییر شار عبوری از سطح حلقه برابر $\Delta\Phi = \Phi_۲ - \Phi_۱ = -۱\text{mWb}$ می‌شود. علامت منفی نشان می‌دهد در حین چرخش حلقه از وضعیت شکل الف به وضعیت شکل ب، شار مغناطیسی عبوری از سطح آن کاهش یافته است.

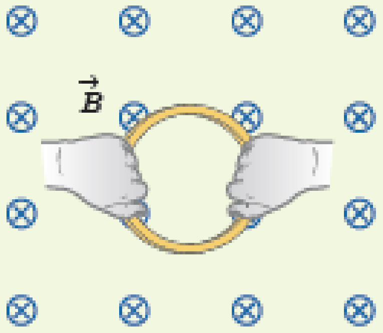
ت) با توجه به نتیجهٔ قسمت پ، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ برابر است با :

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{-۱ \times ۱۰^{-۳}\text{Wb}}{۰/۰۱\text{s}} = -۰/۱\text{Wb/s}$$

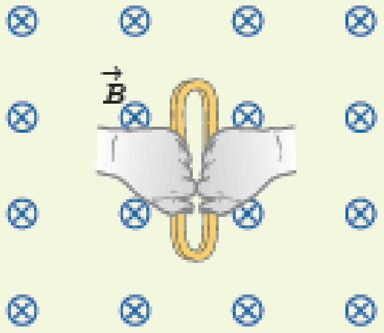
الف) حلقه‌ای به مساحت $۲۵cm^{۲}$ درون میدان مغناطیسی یکنواخت درون سویی به اندازهٔ $۰/۰۳T$ قرار دارد (شکل الف). شار مغناطیسی عبوری از حلقه را به دست آورید.

ب) اگر مطابق شکل ب و بدون تغییر $\vec{B}$ ، مساحت سطح حلقه را به $۱۰cm^{۲}$ برسانیم، شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در این وضعیت به دست آورید.

پ) اگر این تغییر شار در بازهٔ زمانی $\Delta t = ۰/۲s$ رخ داده باشد، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ را پیدا کنید.



(الف)



(ب)

قانون فاراده:

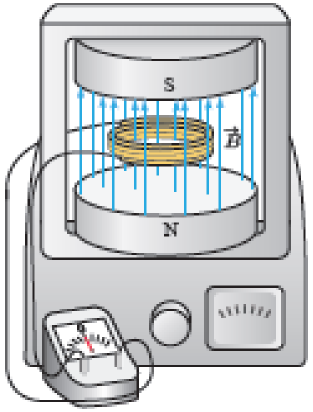
هرگاه شار مغناطیسی عبوری از یک مدار بسته تغییر کند، درون آن مدار نیرو محرکه ای القا میشود که با آهنگ تغییر شار متناسب است. میدانیم که سیم لوله متشکل از N دور از همین مدارات حلقه ای است پس خواهیم داشت:

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

طبق آنچه پیش از آموختید، وقتی سیمی مانند حلقه را درمجاورت میدان مغناطیسی بیاوریم درون آن جریان الکتریکی القا میشود.

تجربه نشان داده جریان القا شده در حلقه با تغییر شار رابطه مستقیم دارد. به عبارتی عامل اصلی به وجود آمدن جریان القایی ، تغییر شار مغناطیسی است. حال طبق آنچه در فصل دوم خواندید اگر مقاومت کلی سیم لوله را R در نظر بگیریم خواهیم داشت:

$$\bar{I} = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R}$$



پیچه‌ای شامل ۲۰۰ دور که مساحت هر حلقهٔ آن $۲۵\,\mathrm{cm}^{۲}$ است، مطابق شکل روبه‌رو بین قطب‌های یک آهنربای الکتریکی قرار گرفته است که میدان مغناطیسی یکنواخت تولید می‌کند. خط‌های میدان بر سطح پیچه عمودند. اگر اندازهٔ میدان در بازهٔ زمانی $۲/۰\,\mathrm{ms}$ از $۰/۱۸\,\mathrm{T}$ به $۰/۲۲\,\mathrm{T}$ افزایش یابد،

الف) نیروی محرکهٔ القایی متوسط ایجاد شده در پیچه چقدر است؟

ب) اگر مقاومت پیچه $۱۰\,\Omega$ باشد، جریان القایی متوسط که از پیچه می‌گذرد چقدر است؟

پاسخ : الف) نیم‌خط عمود بر سطح حلقه‌های پیچه را همسو با $\vec{B}$ می‌گیریم. با توجه به داده‌های مسئله داریم :

$$N = ۲۰۰ \text{ دور} \qquad A = ۲۵\,\mathrm{cm}^{۲} \qquad \theta = ۰ \qquad \Delta t = ۲/۰\,\mathrm{ms}$$

$$B_{۱} = ۰/۱۸\,\mathrm{T} \qquad B_{۲} = ۰/۲۲\,\mathrm{T} \qquad \bar{\mathscr{E}} = ?$$

$$\Phi_{۱} = B_{۱} A \cos\theta = (۰/۱۸\,\mathrm{T})(۲/۵ \times ۱۰^{-۳}\,\mathrm{m}^{۲})(\cos ۰^{\circ}) = ۴/۵ \times ۱۰^{-۴}\,\mathrm{Wb}$$

$$\Phi_{۲} = B_{۲} A \cos\theta = (۰/۲۲\,\mathrm{T})(۲/۵ \times ۱۰^{-۳}\,\mathrm{m}^{۲})(\cos ۰^{\circ}) = ۵/۵ \times ۱۰^{-۴}\,\mathrm{Wb}$$

به این ترتیب، تغییر شار مغناطیسی برابر است با :

$$\Delta\Phi = \Phi_{۲} - \Phi_{۱} = (۵/۵ \times ۱۰^{-۴}\,\mathrm{Wb}) - (۴/۵ \times ۱۰^{-۴}\,\mathrm{Wb}) = ۱/۰ \times ۱۰^{-۴}\,\mathrm{Wb}$$

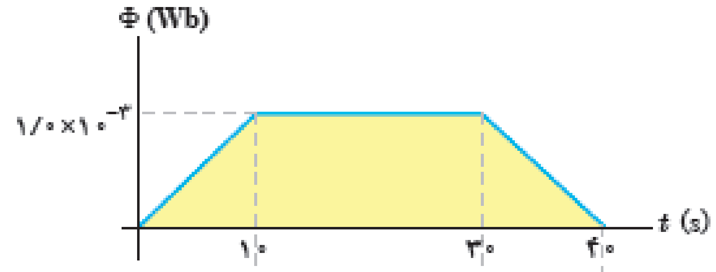
با قرار دادن این مقدار و داده‌های بالا در رابطهٔ ۴ــ۲ داریم :

$$\bar{\mathscr{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -(۲۰۰)\frac{۱/۰ \times ۱۰^{-۴}\,\mathrm{Wb}}{۲/۰ \times ۱۰^{-۳}\,\mathrm{s}} = -۱۰\,\mathrm{V}$$

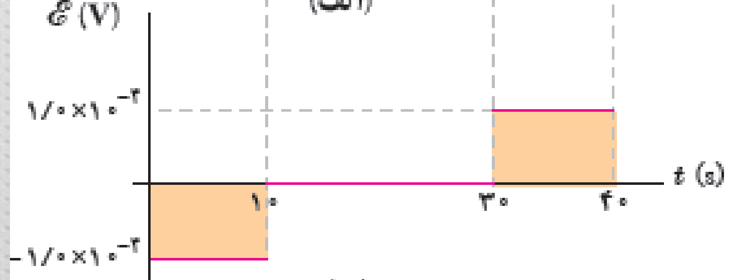
ب) با توجه به رابطهٔ ۴ــ۳، جریان القایی متوسط در پیچه برابر است با :

$$\bar{I} = \frac{\bar{\mathscr{E}}}{R} = \frac{-۱۰\,V}{۱۰\,\Omega} = -۱/۰\,\mathrm{A}$$

تغییرات شار مغناطیسی که از یک حلقه می‌گذرد برحسب زمان در نمودار شکل الف نشان داده شده است. نمودار نیروی محرکهٔ القایی در حلقه را برحسب زمان در هریک از بازه‌های زمانی (۰,۱۰s)، (۱۰s,۳۰s) و (۳۰s,۴۰s) رسم کنید.



(الف)



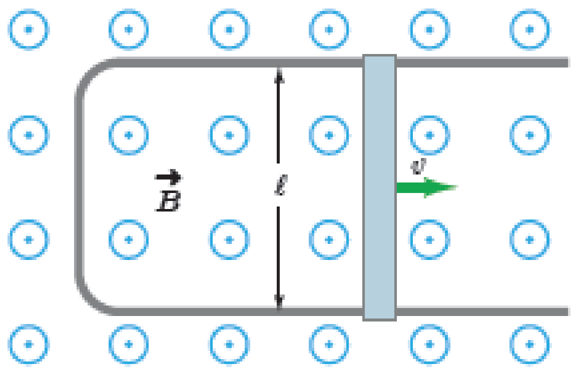
(ب)

پاسخ : همان‌طور که در نمودار شار مغناطیسی برحسب زمان دیده می‌شود در بازهٔ زمانی صفر تا ۱۰s شار به صورت خطی افزایش می‌یابد. در نتیجه مقدار لحظه‌ای آهنگ تغییر شار با مقدار متوسط آن برابر است. به این ترتیب، در تمامی لحظات این بازهٔ زمانی، نیروی محرکهٔ القایی با نیروی محرکهٔ القایی متوسط برابر است :

$$\bar{\mathscr{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -(۱)\frac{(۱/۰\times۱۰^{-۳}\,\mathrm{Wb}-۰)}{۱۰\mathrm{s}} = -۱/۰\times۱۰^{-۴}\,\mathrm{V}$$

در بازهٔ زمانی ۱۰s تا ۳۰s شار ثابت مانده است. در نتیجه نیروی محرکهٔ القایی در تمامی لحظات این بازهٔ زمانی برابر صفر است. در بازهٔ زمانی ۳۰s تا ۴۰s شار به صورت خطی کاهش یافته و سرانجام صفر شده است. بنابراین شبیه آنچه در مورد بازهٔ زمانی صفر تا ۱۰s گفتیم، نیروی محرکهٔ القایی در تمام لحظات این بازه با مقدار متوسط نیروی محرکه در این بازهٔ زمانی برابر و مساوی $۱/۰\times۱۰^{-۴}\mathrm{V}$ است. نمودار نیروی محرکهٔ القایی برحسب زمان در شکل ب رسم شده است.

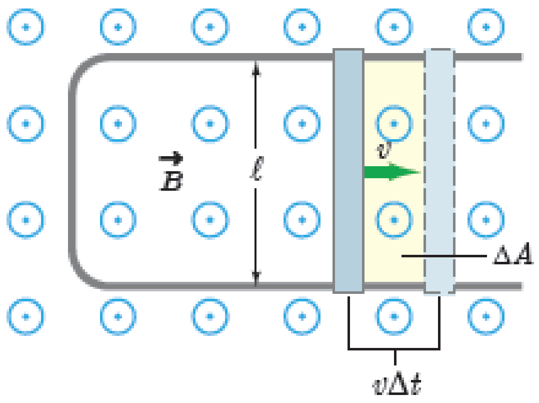
مثال ۴ــ۴



شکل روبه‌رو، رسانای U شکلی را درون میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B}$ به اندازهٔ ۰/۱۸T نشان می‌دهد. میدان $\vec{B}$ عمود بر صفحهٔ شکل و رو به بیرون است. میله‌ای فلزی (سیم لغزنده) به طول $\ell =$ ۲۰cm بین دو بازوی رسانا قرار دارد و مداری را تشکیل می‌دهد. میله را با تندی ثابت $v =$ ۲۰m/s به‌طرف راست حرکت می‌دهیم. بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط را پیدا کنید.

پاسخ : با حرکت میلهٔ فلزی و به‌دلیل افزایش سطح حلقه، شار مغناطیسی تغییر می‌کند. میدان مغناطیسی در سطح حلقه یکنواخت است، پس شار مغناطیسی را از رابطهٔ $\Phi=BA\cos\theta$ محاسبه می‌کنیم. نیم‌خط عمود بر سطح حلقه را همسو با $\vec{B}$ می‌گیریم. بنابراین زاویهٔ نیم‌خط عمود با میدان $\vec{B}$ صفر است ($\theta=۰$) و در نتیجه $\Phi=BA$. از قانون القای فارادی داریم :

$$\bar{\mathscr{E}}=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-\frac{\Delta(BA)}{\Delta t}=-B\frac{\Delta A}{\Delta t}$$



برای محاسبهٔ $\Delta A/\Delta t$، توجه کنید که میلهٔ فلزی لغزنده در مدت Δt مسافت $v\Delta t$ را طی می‌کند (شکل روبه‌رو) و سطح حلقه به مقدار $\Delta A=\ell v\Delta t$ افزایش می‌یابد. به این ترتیب، نیروی محرکهٔ القا شده برابر است با :

$$\bar{\mathscr{E}}=-B\frac{\ell v\Delta t}{\Delta t}=-B\ell v$$

با قرار دادن مقادیر داده شده، در رابطهٔ بالا، داریم :

$$\bar{\mathscr{E}}=-(۰/۱۸\mathrm{T})(۲۰\times۱۰^{-۲}\mathrm{m})(۲۰\mathrm{m/s})=-۰/۷۲\mathrm{V}$$

و بزرگی آن برابر است با :

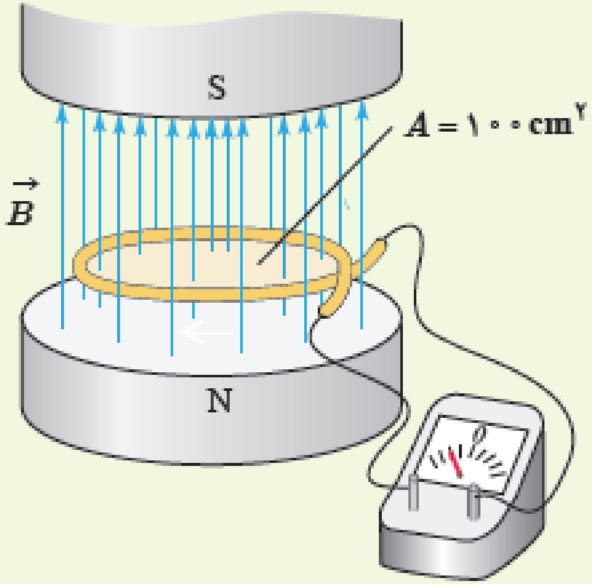
$$|\bar{\mathscr{E}}|=۰/۷۲\mathrm{V}$$

توجه کنید که به علت ثابت بودن تندی میلهٔ لغزنده، نیروی محرکهٔ القایی ثابت است. در این حالت، رسانای U شکل با سیم لغزنده یک مولد جریان مستقیم است.

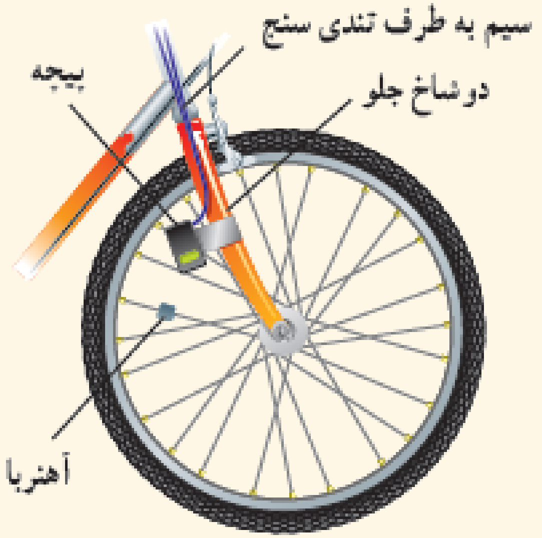
میدان مغناطیسی بین قطب‌های آهنربای الکتریکی شکل روبه‌رو که بر سطح حلقه عمود است با زمان تغییر می‌کند و در مدت ۰/۴۵s از ۰/۲۸T، رو به بالا، به ۰/۱۷T، رو به پایین می‌رسد. در این مدت،

الف) نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه را به‌دست آورید.

ب) اگر مقاومت حلقه ۱۰Ω باشد، جریان القایی متوسط در حلقه را پیدا کنید.

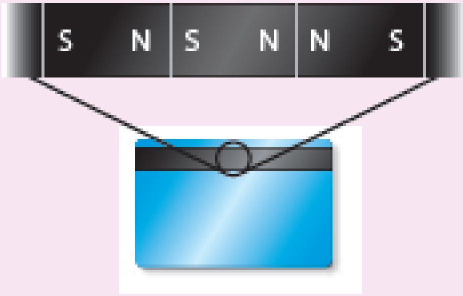


تندی‌سنج دوچرخه‌های مسابقه‌ای شامل یک آهنربای کوچک و یک پیچه است. آهنربا به یکی از پره‌های چرخ جلو و پیچه به دو شاخ فرمان متصل است (شکل روبه‌رو). دو سر پیچه با سیم‌های رسانا به نمایشگر تندی‌سنج (که در واقع نوعی رایانهٔ کوچک است) وصل شده است. به نظر شما تندی‌سنج دوچرخه چگونه کار می‌کند؟ این موضوع را در گروه خود به گفت‌وگو بگذارید و نتیجه را به کلاس درس ارائه دهید.

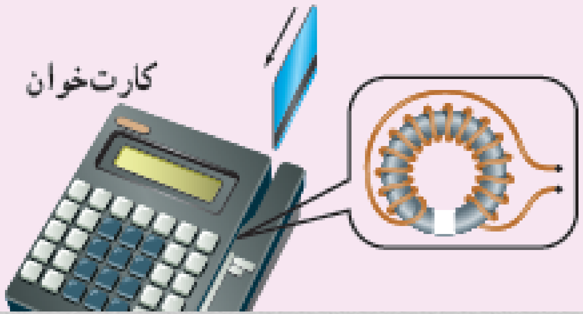


کارت‌های اعتباری و دستگاه‌های کارت‌خوان

نوار مغناطیسی پشت کارت‌های اعتباری حاوی تعداد بسیار زیادی ذرهٔ فرومغناطیسی است که نوعی چسب خاص آنها را به هم متصل می‌کند. داده‌ها را که به‌صورت دودویی، یا صفر و یک به رمز درآورده‌اند، در نوار مغناطیسی پشت کارت ذخیره می‌کنند (شکل الف). وقتی کارت اعتباری درون دستگاه کارت‌خوان کشیده می‌شود، میدان مغناطیسی ناشی از نوار مغناطیسی، روی پیچهٔ قرار داده شده در دستگاه کارت‌خوان اثر می‌گذارد و جریان اندکی را در پیچه القا می‌کند (شکل ب). این جریان بسیار کوچک توسط دستگاه دیگری تقویت و داده‌های ذخیره شده در نوار مغناطیسی پشت کارت، رمزگشایی می‌شود. پس از رمزگشایی داده‌ها، دستور مورد نظر انجام می‌شود.



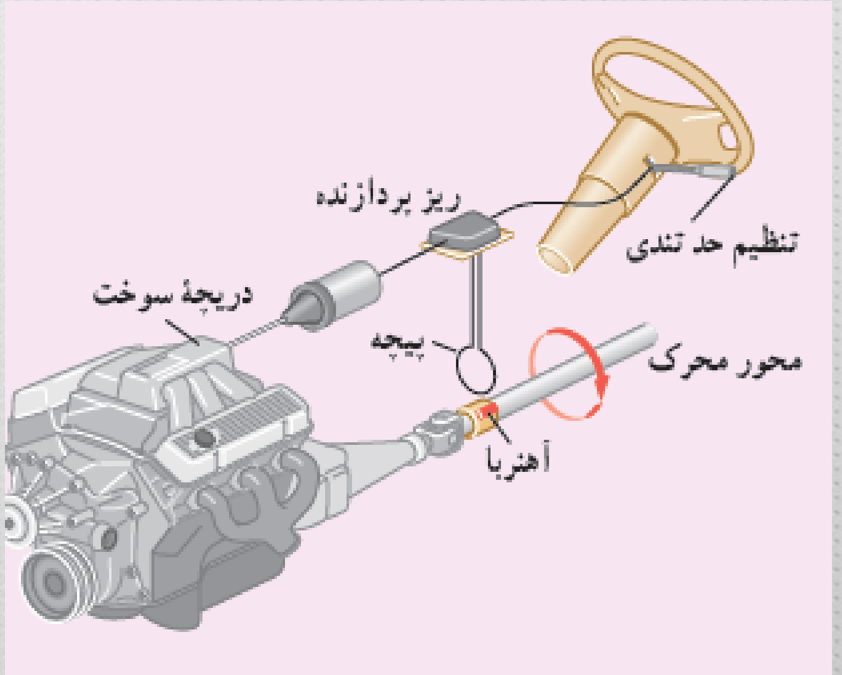
(الف) داده‌ها را به‌صورت صفر و یک در نوار مغناطیسی پشت کارت ذخیره می‌کنند.

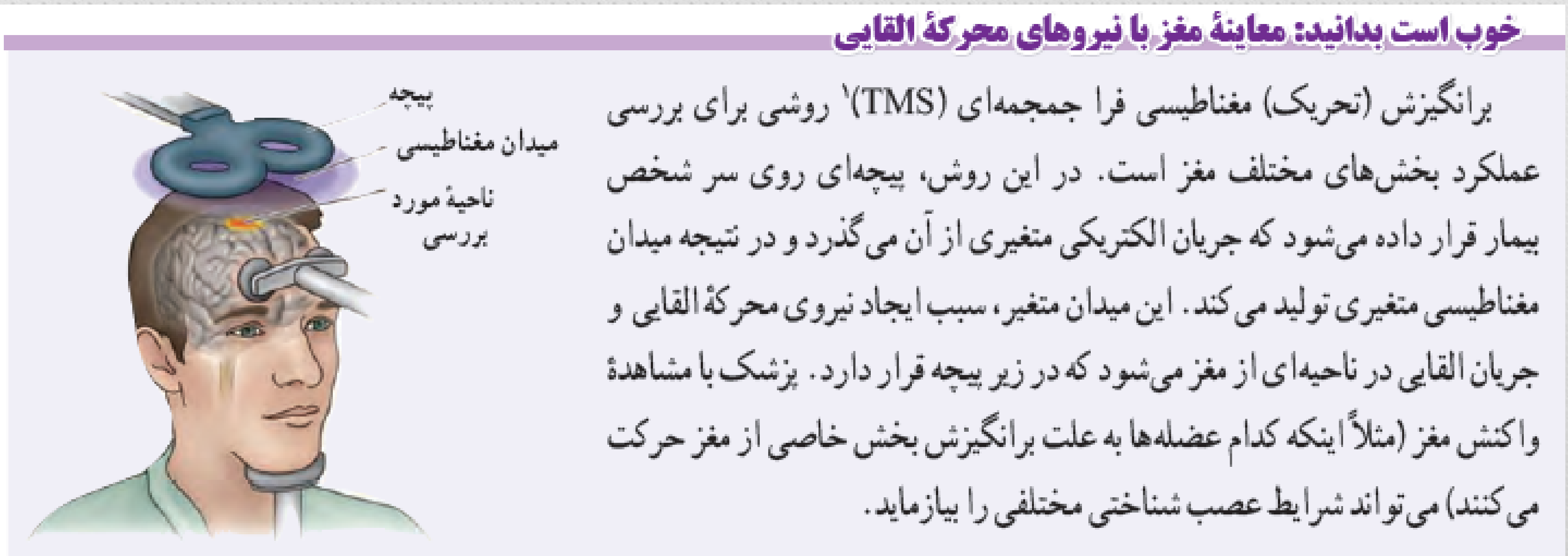


سامانهٔ تنظیم حد تندی خودرو[1]

در بسیاری از خودروهای امروزی، سامانه‌ای وجود دارد که به کمک آن می‌توان تندی خودرو را روی مقدار دلخواهی تنظیم کرد. در این وضعیت، بدون آنکه لازم باشد راننده پای خود را روی پدال گاز قرار دهد، خودرو با تندی تعیین شده به حرکتش ادامه می‌دهد. اساس کار این سامانه، جریان القایی است. وقتی محور محرک خودرو می‌چرخد آهنربایی که روی آن قرار دارد، شار مغناطیسی متغیری را از پیچه می‌گذراند و جریانی در آن القا می‌کند.

ریزپردازنده (مغز رایانه) تعداد تپ‌های جریان[2] را در هر ثانیه می‌شمارد و به این روش، تندی خودرو را اندازه می‌گیرد. سپس با مقایسهٔ تندی اندازه‌گیری شده با تندی تنظیم شده توسط راننده، سوخت مورد نیاز را به موتور تزریق می‌کند. تا هنگامی که راننده ترمز نگیرد، حرکت خودرو با تندی تعیین شده، توسط این سامانه تنظیم می‌شود.

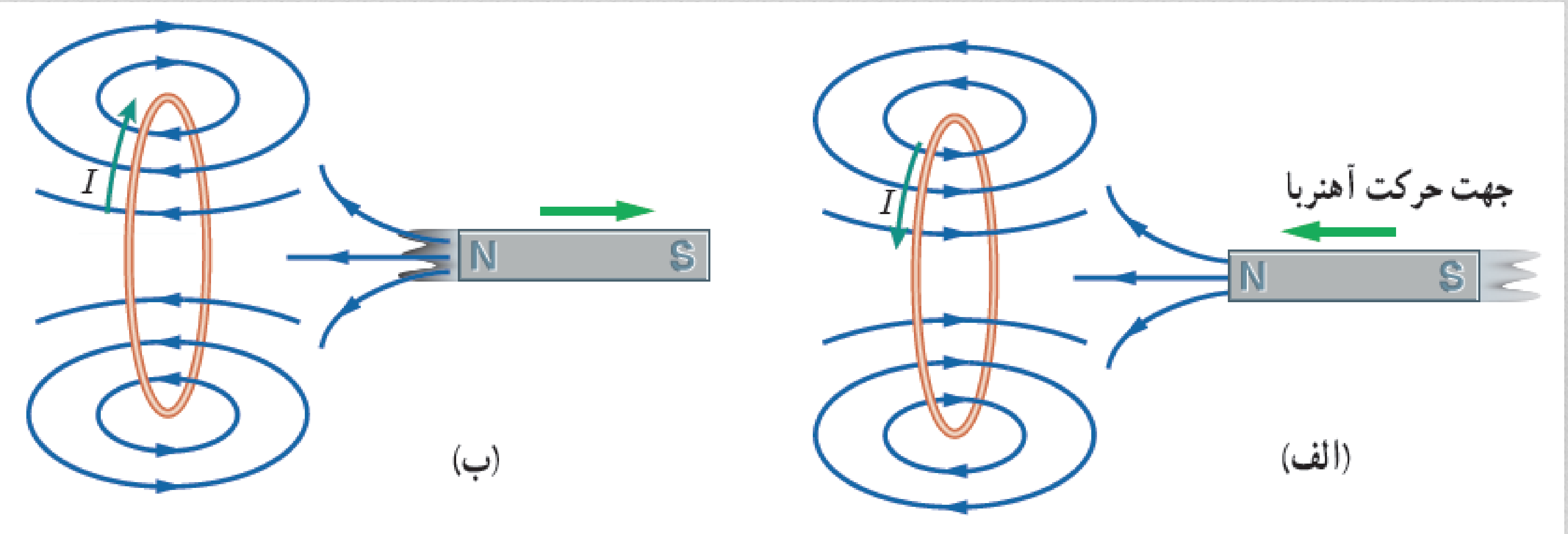



پیچه
میدان مغناطیسی
ناحیهٔ مورد بررسی

خوب است بدانید: معاینهٔ مغز با نیروهای محرکهٔ القایی

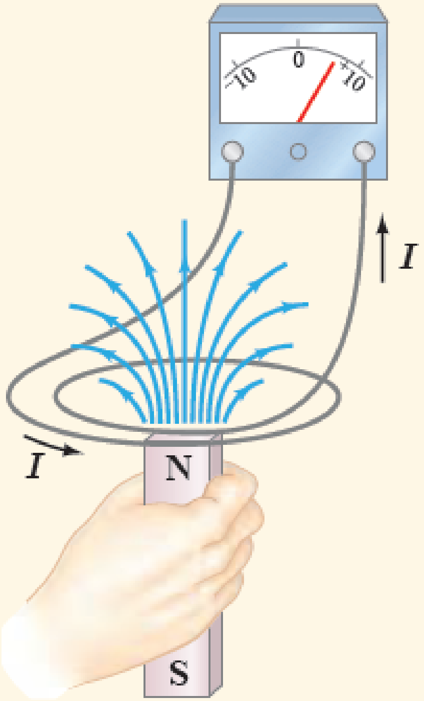
برانگیزش (تحریک) مغناطیسی فرا جمجمه‌ای (TMS)[۱] روشی برای بررسی عملکرد بخش‌های مختلف مغز است. در این روش، پیچه‌ای روی سر شخص بیمار قرار داده می‌شود که جریان الکتریکی متغیری از آن می‌گذرد و در نتیجه میدان مغناطیسی متغیری تولید می‌کند. این میدان متغیر، سبب ایجاد نیروی محرکهٔ القایی و جریان القایی در ناحیه‌ای از مغز می‌شود که در زیر پیچه قرار دارد. پزشک با مشاهدهٔ واکنش مغز (مثلاً اینکه کدام عضله‌ها به علت برانگیزش بخش خاصی از مغز حرکت می‌کنند) می‌تواند شرایط عصب شناختی مختلفی را بیازماید.

قانون لنز(بسیار مهم): از این قانون برای مشخص کردن جهت جریان القایی استفاده میشود و به طور کلی بیان میکند طبیعت موجود لجبازیست به طوری که جهت جریان القایی در مدار همواره به صورتی خواهد بود که با عامل بوجود آورنده تغییر شار مخالفت کند!!

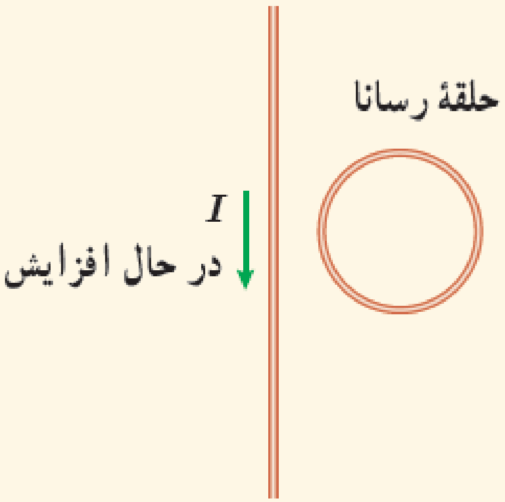


الف) با توجه به جهت جریان القایی در مدار شکل الف، توضیح دهید که آیا آهنربا رو به بالا حرکت می‌کند یا رو به پایین.

ب) شکل ب سیم بلند و مستقیمی را نشان می‌دهد که جریان عبوری از آن در حال افزایش است. جهت جریان القایی را در حلقهٔ رسانای مجاور سیم تعیین کنید.



(الف)



(ب)

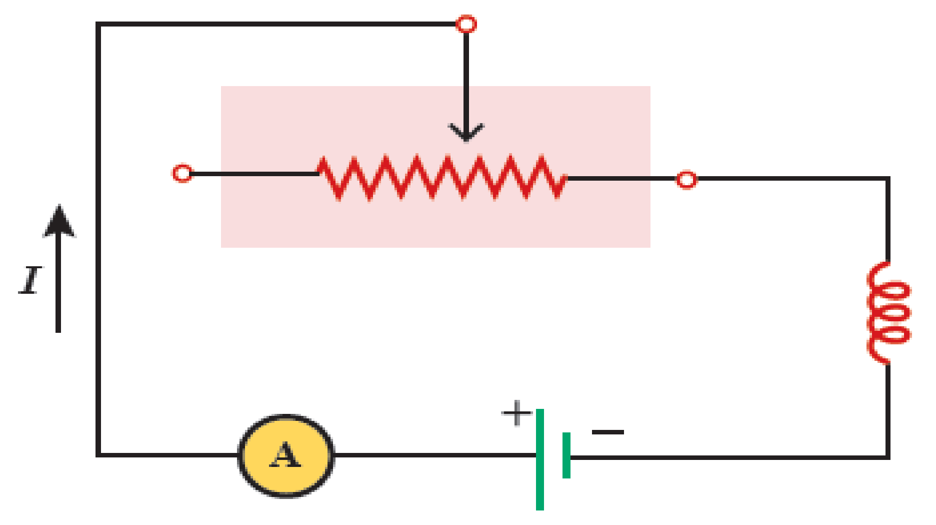
خوب است بدانید: اثر دیامغناطیس

چرخش هر الکترون به دور هستهٔ اتم را می‌توان به صورت یک حلقهٔ میکروسکوپی جریان مدل‌سازی کرد. هرگاه ماده‌ای در یک میدان مغناطیسی خارجی قرار گیرد، شار مغناطیسی گذرنده از هر یک از این حلقه‌های میکروسکوپی افزایش می‌یابد و در نتیجه بنابر قانون لنز، در این حلقه‌ها، یک میدان مغناطیسی در خلاف جهت میدان مغناطیس خارجی القا می‌شود. به این ویژگی که در اتم‌های همهٔ مواد در حضور یک میدان مغناطیسی خارجی رخ می‌دهد، پدیده یا اثر دیامغناطیس گفته می‌شود. اثر دیامغناطیسی در موادی نظیر بیسموت، جیوه، نقره، سرب، مس و کربن (الماس) بهتر نمایان می‌شود، زیرا اتم‌های آنها، فاقد دو قطبی‌های مغناطیسی دائمی‌اند. از آنجا که اثر دو قطبی‌های مغناطیسی دائمی در مواد فرومغناطیسی و پارامغناطیسی بسیار بیشتر از اثر دو قطبی‌های القایی است، اثر دیامغناطیس در این گونه مواد نمود کمتری دارد.

القاگر(سلف): یکی دیگر از قطعات مدار القاگر ها هستند، القاگرها از سیمپیچی که به اطراف هسته ای پیچیده شده اند تشکیل میشوند و مانند خازن که بار و در نتیجه میدان الکتریکی را در خود ذخیره میکردند، میدان مغناطیسی را در خود ذخیره میکنند.

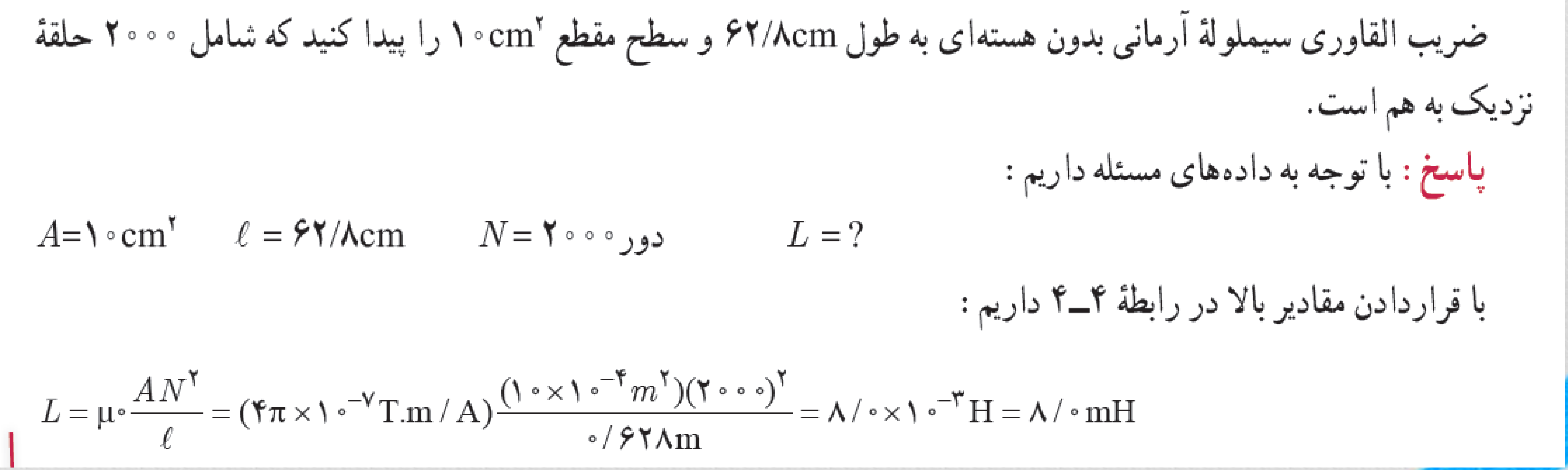
نکته!! درون ترانس های لامپ مهتابی در واقع القاگر ها حضور دارند.

خود القاوری: در مدار شکل زیر دقت کنید، با تغییر دادن مقدار مقاومت ریوستا، میتوانیم جریان عبوری را تغییر داده و در نتیجه شار مغناطیسی نیز تغییر خواهد کرد، همین تغییر شار سبب میشود تا طبق قانون لنز، جریانی در القاگر تولید شود تا با کاهش جریان اولیه مخالفت کند. به این پدیده خودالقایی میگویند.☺



ضریب القاوری: مشخصه ای است که ویژگی های فیزیکی و ساختمانی هر القاگر را بیان میدارد(شبیه به ظرفیت خازن). واحد آن اهم*ثانیه است که به آن هانری نیز میگویند.

$$L = \mu_\circ \frac{AN^{۲}}{\ell}$$



ضریب القاوری سیملولهٔ آرمانی بدون هسته‌ای به طول ۶۲/۸cm و سطح مقطع $۱۰\text{cm}^{۲}$ را پیدا کنید که شامل ۲۰۰۰ حلقهٔ نزدیک به هم است.

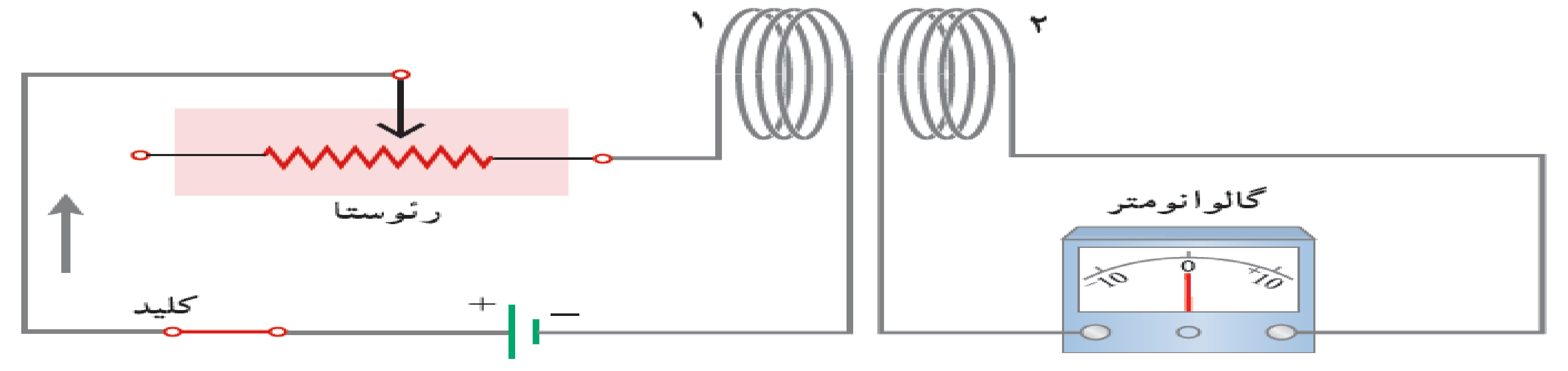
پاسخ : با توجه به داده‌های مسئله داریم :

$A=۱۰\text{cm}^{۲}$ $\ell = ۶۲/۸\text{cm}$ $N=۲۰۰۰$ دور $L=?$

با قراردادن مقادیر بالا در رابطهٔ ۴ـ۴ داریم :

$$L = \mu_\circ \frac{AN^{۲}}{\ell} = (۴\pi \times ۱۰^{-۷}\text{T.m/A})\frac{(۱۰\times۱۰^{-۴}m^{۲})(۲۰۰۰)^{۲}}{۰/۶۲۸\text{m}} = ۸/۰\times۱۰^{-۳}\text{H} = ۸/۰\,\text{mH}$$

القای متقابل: به دو مدار شکل زیر دقت کنید، با تغییر شار در مدار اول، القاگر آن نیز در راستای قانون لنز سعی خواهد داشت جریانی در خود اعمال کند و درنتیجه میدان مغناطیسی ای در مرکز سیم لوله آن ایجاد میشود. حال این میدان مغناطیسی جدید، بر مدار روبرو اثر گذاشته و مجددا طبق قانون لنز، مدار دوم نیز در خود جریان اعمال خواهد کرد. به این پدیده القای متقابل میگویند و تقریبا از همین مکانیزم در تمامی ترانس های برق که در سر خیابان های خود میبینید استفاده میشود.



انرژی ذخیره شده در القاگر(انرژی پتانسیل القاگر): همانطور که اشاره شد، ظرفیت خازن به ضریب القاگر چندان بی شباهت نیست. پس میتوان گفت القاگر انرژی مغناطیسی را در خود ذخیره میکند. این انرژی ذخیره شده شبیه به فرمول انرژی خازن خواهد بود پس:

$$U = \frac{۱}{۲} L I^{۲}$$

نکته مهم!!! انرژی فقط زمانی در القاگر ذخیره میشود که جریان زیاد شود، و در مواقع کاهش جریان آن انرژی را ازاد میکند. پس در مواقعی که جریان ثابت است هیچ انرژی ای در القاگر ذخیره نمیشود.

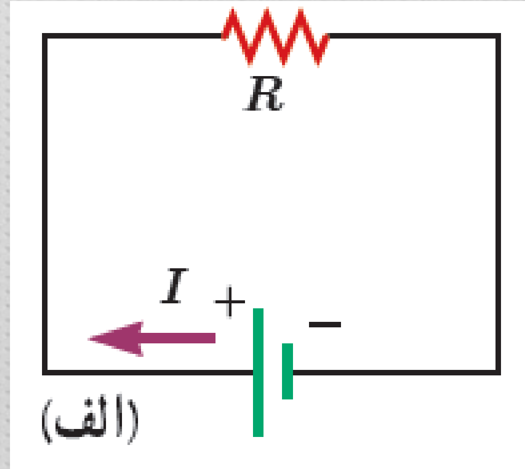
متخصصان صنعت برق، علاقه‌مندند راه‌های مؤثری را برای ذخیره انرژی الکتریکی تولیدی در ساعت‌های کم‌مصرف (کم‌باری) بیابند تا با استفاده از آن، نیاز مشترکان را در ساعت‌های پرمصرف (اوج بار) تأمین کنند. یک ایدهٔ فرضی، استفاده از یک القاگر بزرگ است. ضریب القاوری این القاگر چقدر باشد تا بتواند ۱/۰kWh انرژی الکتریکی را در پیچهٔ حامل جریان ۲۰۰A ذخیره کند؟

پاسخ : مقدار انرژی ذخیره شدهٔ مورد نیاز $U=۱/۰\text{kWh}$ و جریان $I=۲۰۰\text{A}$ داده شده است. از معادلهٔ ۴ـ۵ ضریب القاوری را به‌دست می‌آوریم :

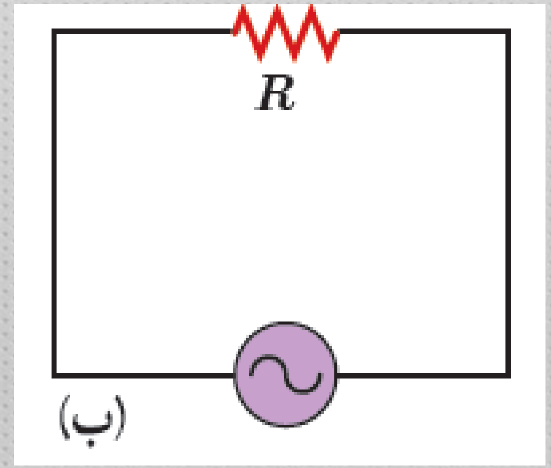
$$U=۱/۰\ \text{kWh}=(۱/۰\times ۱۰^{۳}\text{W})(۳۶۰۰\text{s})=۳/۶\times ۱۰^{۶}\text{J}$$

$$U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}\Rightarrow L=\frac{۲U}{I^{۲}}=\frac{۲(۳/۶\times ۱۰^{۶}\text{J})}{(۲۰۰\text{A})^{۲}}=۱/۸\times ۱۰^{۲}\text{H}$$

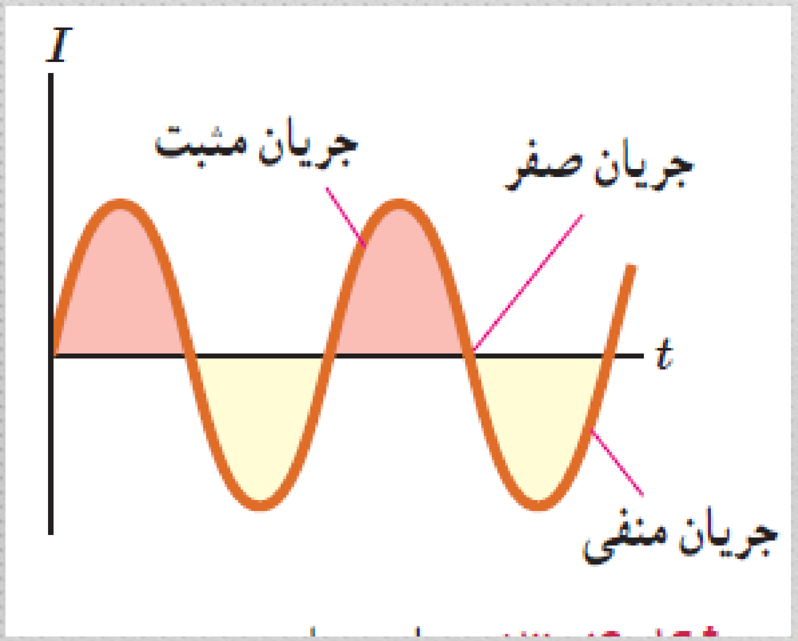
جریان متناوب: بر خلاف جریان مستقیم که جهت آن در مدار همواره ثابت است.(باطری ها-dc)ف نوع دیگری از جیان وجود دارد که دایما جهت آن درحال تغییر است وبه آن جریان متناوب میگوییم(Ac).تمامی نیروگاه هاجریان متناوب تولید میکنند.



Direct current

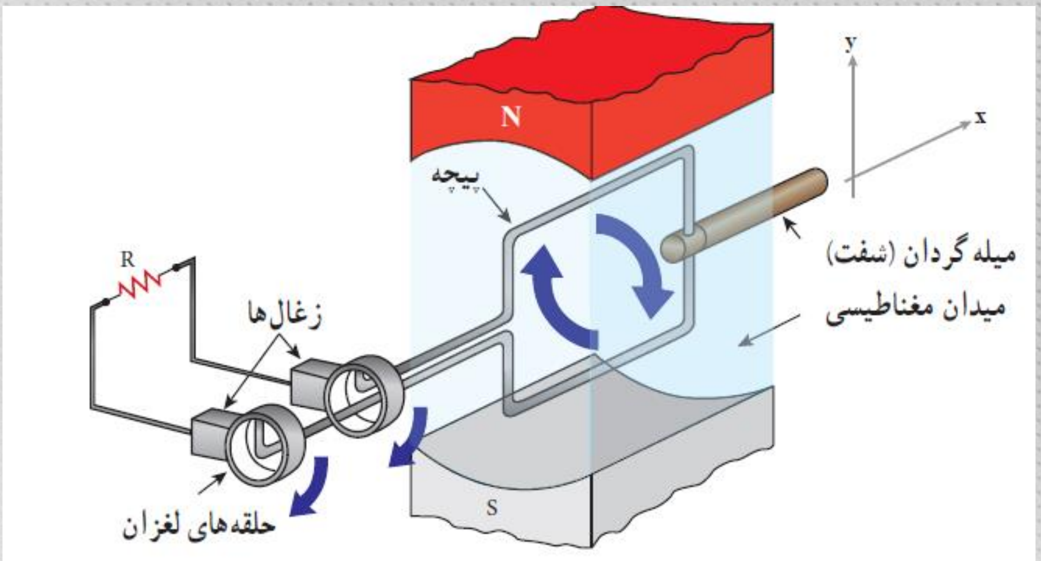


Alternative current



نمودار جریان متناوب چون دایما تغییر جهت میدهد به شکل سینوسی خواهد بود.

نحوه تولید جریان متناوب: مکانیزم اغلب توربین ها به شکل زیر است. حلقه های مداری با توجه به نیروی مکانیکی وارد بر بازو(باد، آب و...) درون یک میدان مغناطیسی قوی شروع به چرخش خواهند کرد(گاهی حلقه ها ثابت و آهنربا چرخان است) و درنتیجه شار(فی) با توجه به تغییر زاویه تغییر خواهد کرد. همین تغییر شار سبب ایجاد جریان القایی درحلقه ها شده و درنتیجه برق تولید میشود. مدت زمانی که طول میکشد تا حلقه یک دور کامل بچرخد را دوره تناوب یا پریود مینامند و با T نشان میدهند که بر حسب ثانیه است. پس:


N
S
y
x
R
پیچه
میله گردان (شفت)
میدان مغناطیسی
زغال‌ها
حلقه‌های لغزان

$$\Phi = BA\cos\frac{۲\pi}{T}t$$

مهم

بر اساس آنچه تا الان آموختید خواهیم داشت:

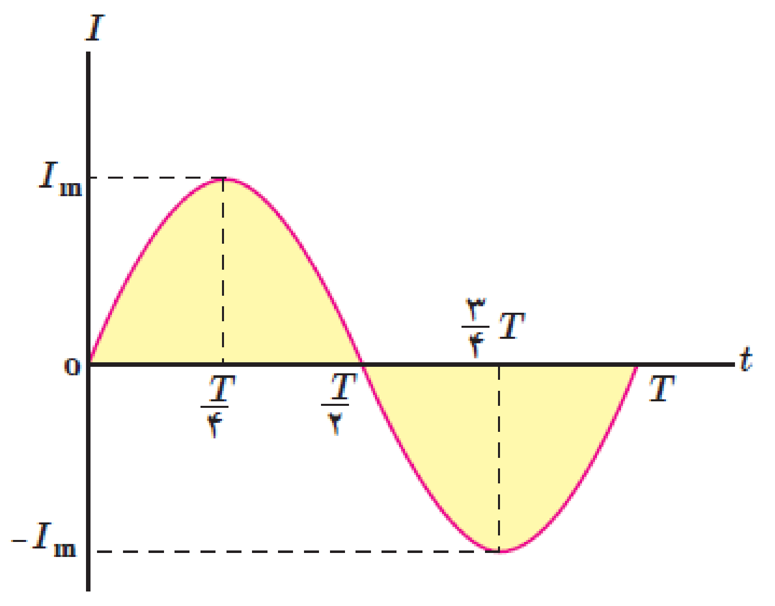
$\Phi = BA\cos\frac{۲\pi}{T}t$ → $\mathcal{E} = \mathcal{E}_m \sin\frac{۲\pi}{T}t$

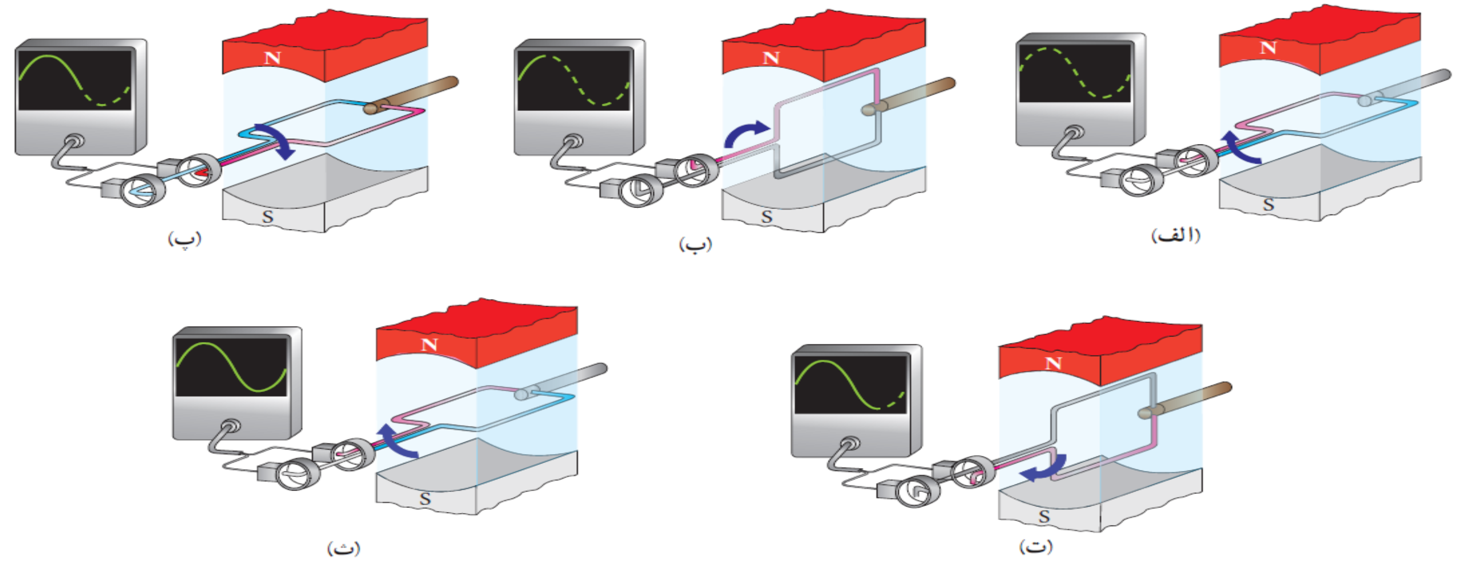
→ $I_m = \mathcal{E}_m / R$

→ $I = \mathcal{E} / R$

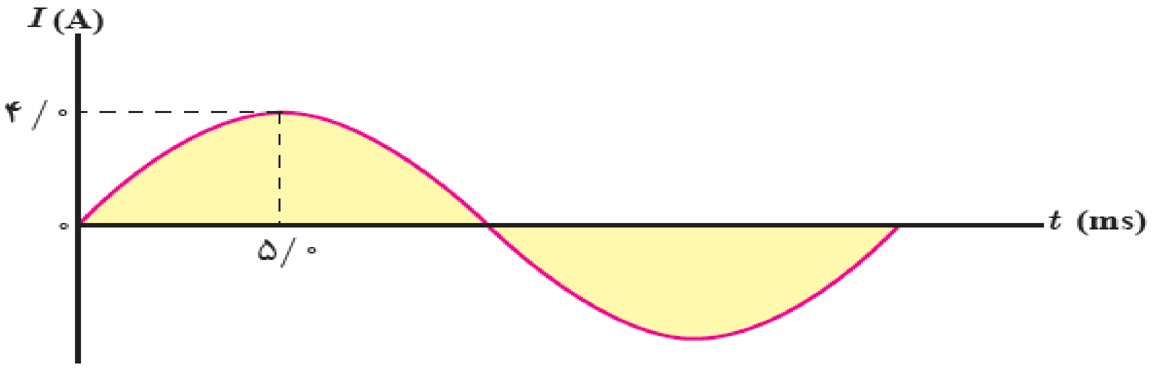
→ $I = I_m \sin\frac{۲\pi}{T}t$

مهم





شکل ۴ـ۱۶ تولید جریان متناوب سینوسی در یک چرخش کامل



شکل روبه‌رو، نمودار جریان متناوب سینوسی را نشان می‌دهد که یک مولد جریان متناوب تولید کرده است. معادلهٔ جریان برحسب زمان را بنویسید.

پاسخ: چون ربع چرخه در ۵/۰ ms طی شده است، دوره تناوب برابر $T = ۲۰\,\text{ms}$ است. همچنین با توجه به نمودار، بیشینهٔ جریان $I_m = ۴/۰\,\text{A}$ است. در نتیجه از رابطهٔ ۴ــ۷ داریم:

$$I = I_m \sin\frac{۲\pi}{T}t = (۴/۰\,\text{A})\sin\left(\frac{۲\pi}{۲۰\times ۱۰^{-۳}\,\text{s}}\right)t = ۴/۰\sin ۱۰۰\pi t$$

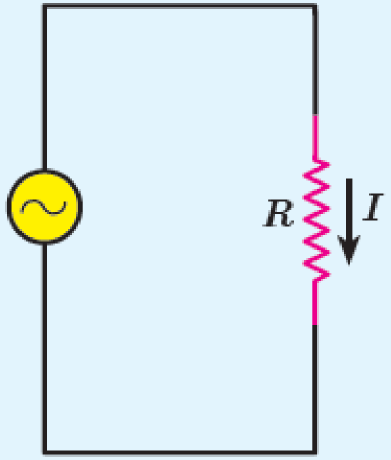
نتیجهٔ نهایی برحسب یکاهای SI نوشته شده است.

معادلهٔ جریان ــ زمان یک مولد جریان متناوب برحسب یکاهای SI به‌صورت $I = (۴/۰\times ۱۰^{-۳})\sin ۲۵۰\pi t$ است.

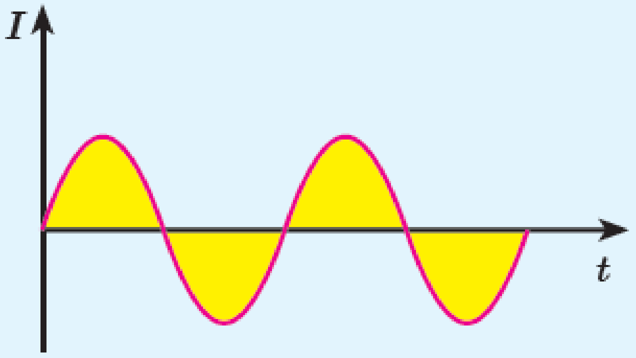
الف) جریان در دو لحظهٔ $t_۱ = ۲/۰\,\text{ms}$ و $t_۲ = ۸/۰\,\text{ms}$ چقدر است؟

ب) دورهٔ تناوب جریان را به‌دست آورید و نمودار جریان ــ زمان را در یک دورهٔ کامل رسم کنید.

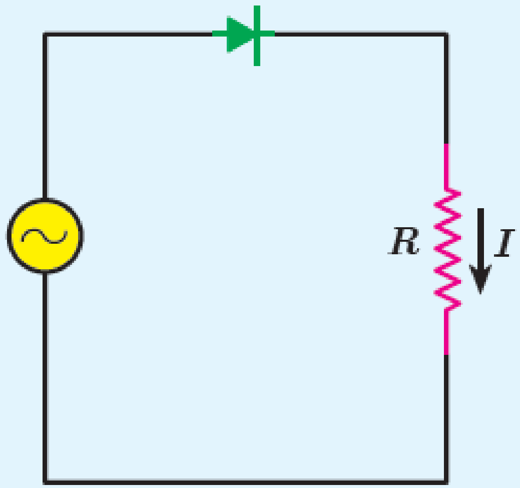
در فصل ۲ دیدیم که دیود جریان را در یک جهت از خود عبور می‌دهد و در جهت دیگر مانع عبور جریان می‌شود. به‌همین دلیل آن را یکسوکنندهٔ جریان می‌نامند. نمودار شکل ب، تغییرات جریان برحسب زمان را برای مدار شکل الف نشان می‌دهد. پس از گفت‌وگو در گروه خود، نمودار تغییرات جریان برحسب زمان را برای مدار شکل پ رسم کنید.



(الف)



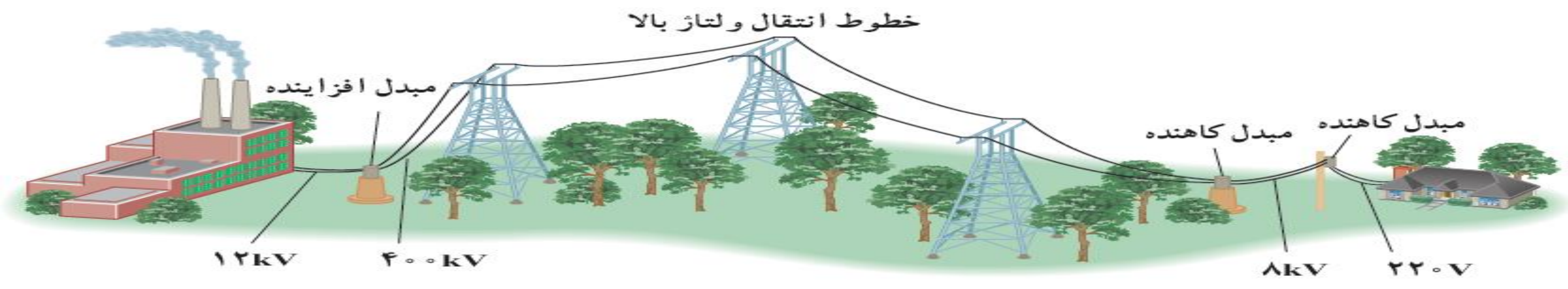
(ب)



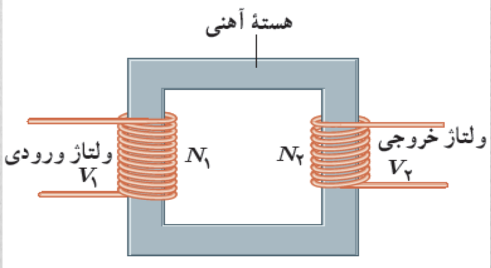
(پ)

مزیت های AC نسبت به DC: اولا افزایش و کاهش ولتاژ در جریان متناوب بسیار راحت است، ثانیه سبب میشود بتوانیم برای مسافت های دور از ولتاژ بالا و جریان کم استفاده کنیم که خود سبب کاهش ضخامت سیم ها و اتلاف کمتر میشود.

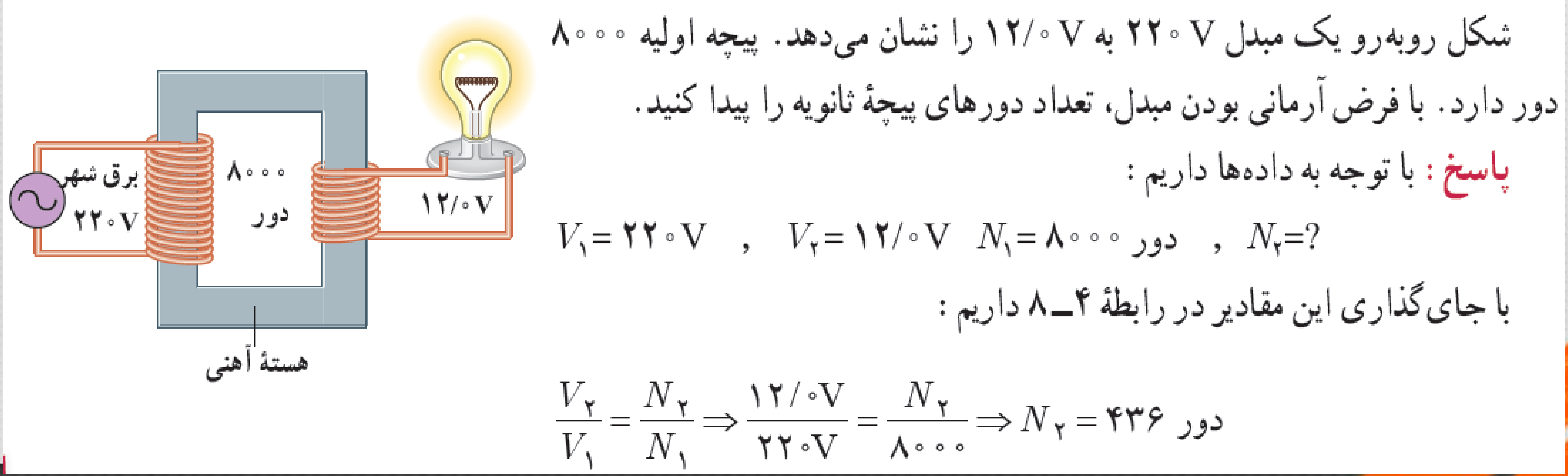
پس نیروگاه ها ولتاژ بالا را تولید(در حدود ۴۰۰.۰۰۰ ولت) و با خطوط انتقال تا نزدیکی مصرف کننده ها میرساند و درآنجا از مبدل برای تغییر ولتاژ به حالت ایمن تر که در ایران ۲۲۰ ولت است استفاده میکند. بنابر این خواهیم داشت:


خطوط انتقال ولتاژ بالا
مبدل افزاینده
مبدل کاهنده
مبدل کاهنده
۱۲kV
۴۰۰kV
۸kV
۲۲۰V

در مبدل ها با استفاده از دو سیم پیچ متقابل میتوان فرایند تبدیل ولتاژ را انجام داد به طوری که:


هستهٔ آهنی
ولتاژ ورودی
$V_۱$
$N_۱$
$N_۲$
ولتاژ خروجی
$V_۲$

$$\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{N_۲}{N_۱}$$


برق شهر
۲۲۰V
۸۰۰۰
دور
۱۲/۰V
هستهٔ آهنی

شکل روبه‌رو یک مبدل ۲۲۰ V به ۱۲/۰ V را نشان می‌دهد. پیچه اولیه ۸۰۰۰ دور دارد. با فرض آرمانی بودن مبدل، تعداد دورهای پیچهٔ ثانویه را پیدا کنید.

پاسخ : با توجه به داده‌ها داریم :

$V_۱ = ۲۲۰V$ ، $V_۲ = ۱۲/۰V$ $N_۱ = ۸۰۰۰$ دور ، $N_۲ = ?$

با جای‌گذاری این مقادیر در رابطهٔ ۴ــ۸ داریم :

$$\frac{V_۲}{V_۱}=\frac{N_۲}{N_۱} \Rightarrow \frac{۱۲/۰V}{۲۲۰V}=\frac{N_۲}{۸۰۰۰} \Rightarrow N_۲ = ۴۳۶ \text{ دور}$$