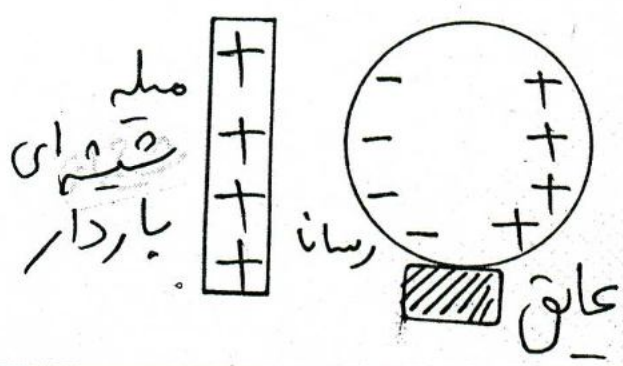
چرا هنگام استفاده از کارت‌خوان حتماً باید نوار مغناطیسی آن حرکت کند و ساکن نباشد؟

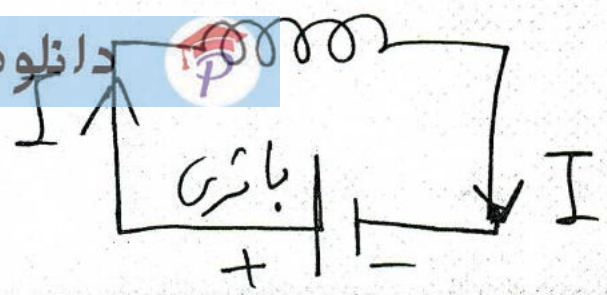
القای الکتریکی



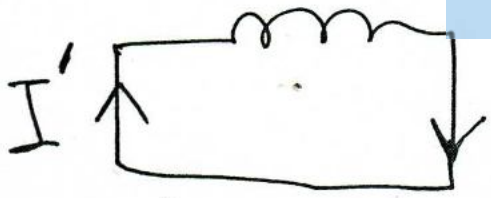
القای مغناطیسی

یادآوری: فقط نیروی جاذبه تولید می‌شود

جریان اصلی: از باتری تولید می‌شود



جریان القائی: به علت تغییر در شار با جریان یا مقاومت تولید می‌شود



دانلود از اپلیکیشن پادرس

شار مغناطیسی : خطوط میدانی که از واحد سطح می‌گذرد . شار کمیتی نرده‌ای است :

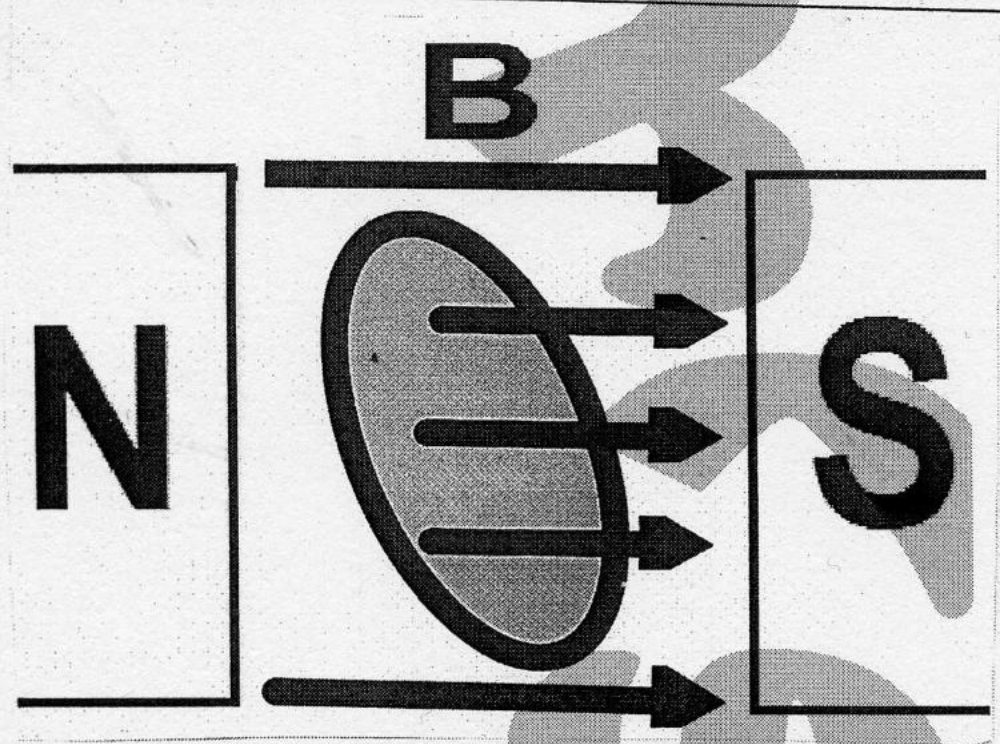
$$\Phi = AB\cos\theta$$

A مساحت حلقه B اندازه میدان یکنواخت

θ زاویه بین نیم خط عمود بر حلقه و بردار میدان

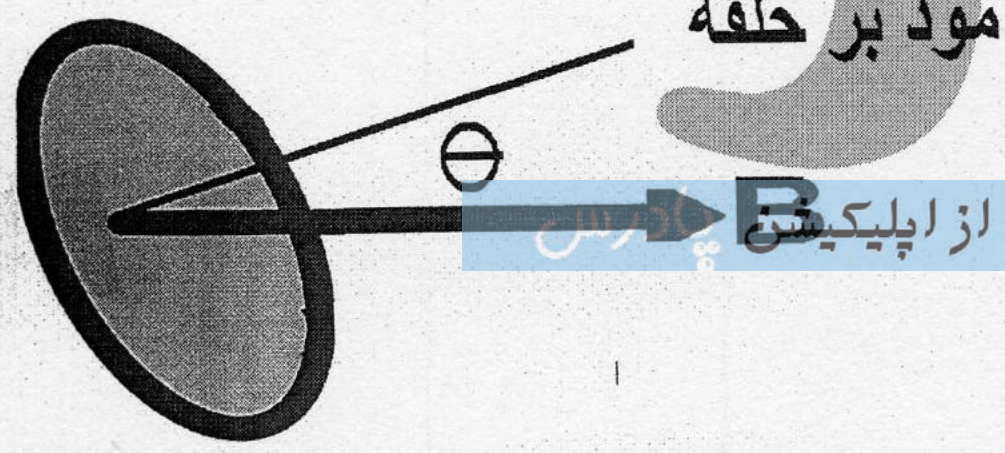
(تسلا)(مترمربع) = (وبر)

$(1Wb) = (1m^2)(1T)$



B = 5 تسلا

Φ = 3 وبر



توجه کنید
۵ خط میدان
وجود دارد
ولی فقط ۳ خط
از حلقه می‌گذرد

دانلود از اپلیکیشن

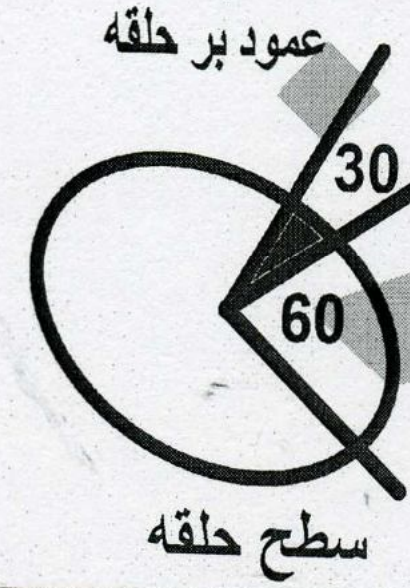
میدان عمود بر حلقه

$\theta = 0$

$\cos\theta = 1$

$\Phi = AB = \Phi_{MAX}$

میدان با سطح حلقه زاویه ۶۰° دارد

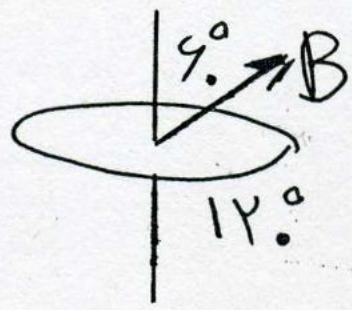


$\theta = 30$

$\cos\theta = \sqrt{3}/2$

$\Phi = \sqrt{3}/2\ AB$

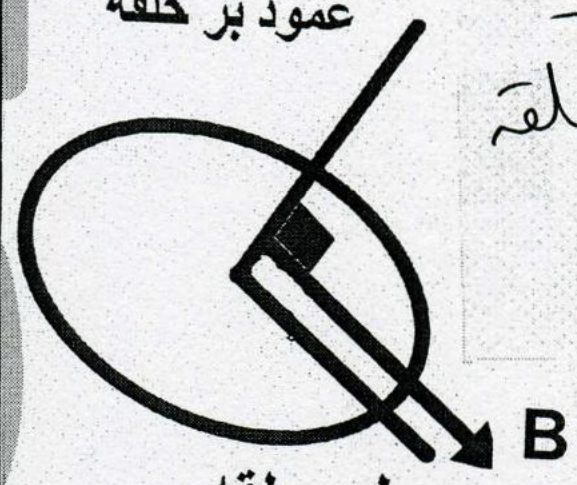
تذکر مهم:
شاره می‌تواند + یا − باشد مثلا وقتی $\theta = 60$ است



$\cos\theta = \pm 0/5$

هردو درست است ولی در یک مسأله از ابتدا تا انتها باید از یک فرض حل کرد

میدان و سطح حلقه موازی هستند

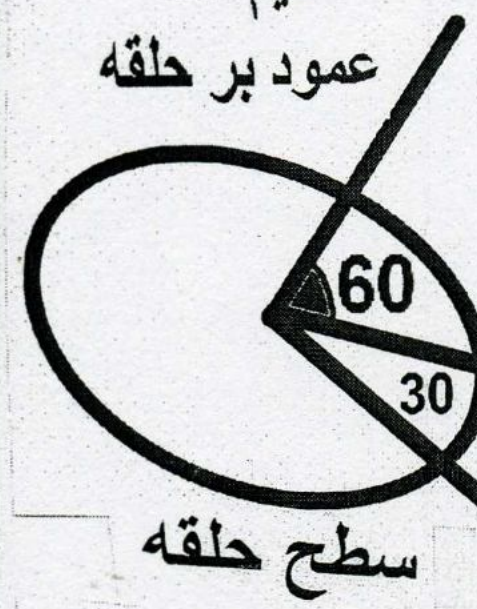


$\theta = 90$

$\cos\theta = 0$

$\Phi = 0$

میدان با خط عمود بر حلقه زاویه ۶۰ درجه می‌سازد

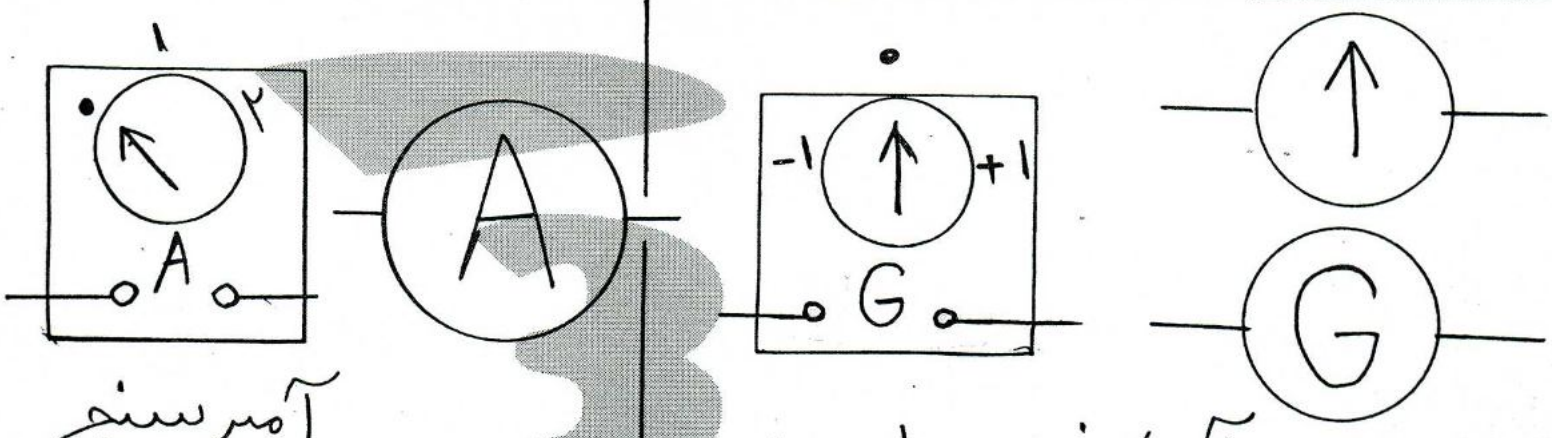


$\theta = 60$

$\cos\theta = 0/5$

$\Phi = 0/5\ AB$

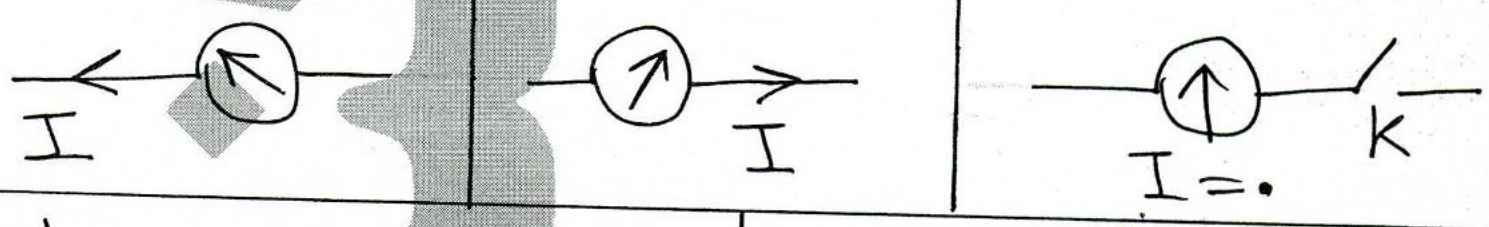
دانلود از اپلیکیشن پادرس

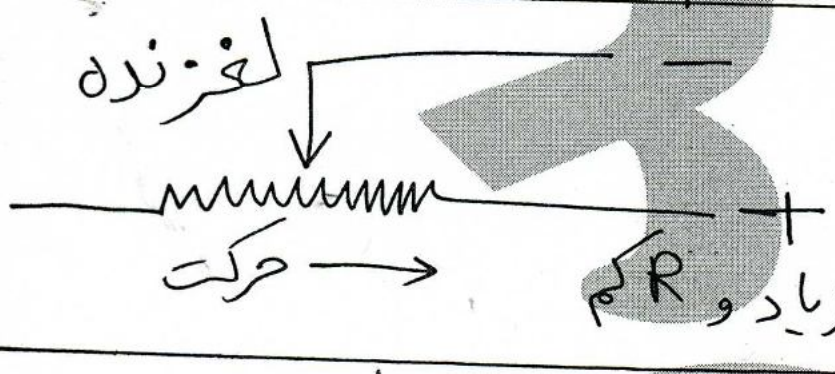


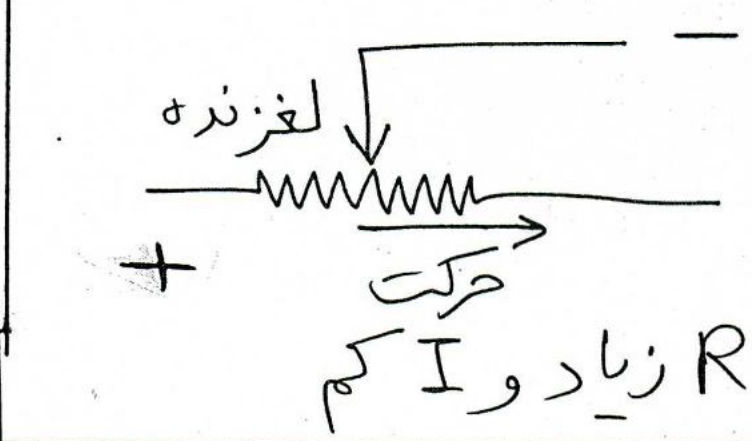
آمپرسنج

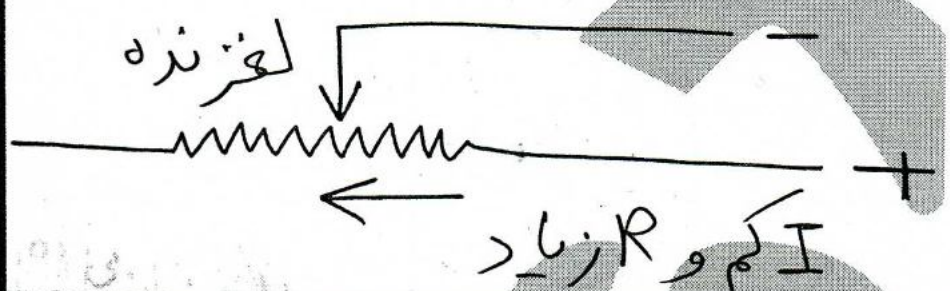
گالوانومتر: آمپرسنج بسیار حساس که هم سوی جریان و هم مقدار دقیق آن را نمایش می دهد

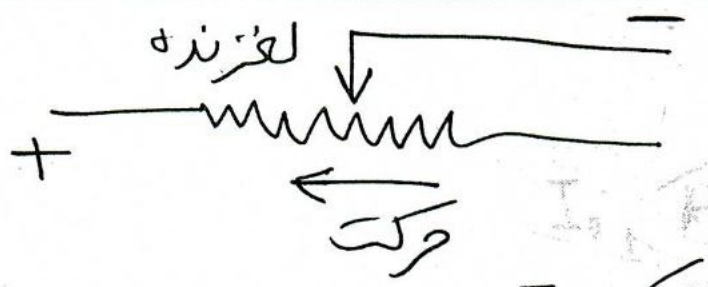
یادآوری: هر نوع از آمپرسنج ها باید متوالی وصل شوند

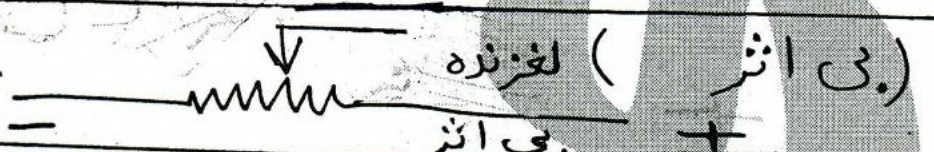












آزمایش القای الکترومغناطیسی فاراده

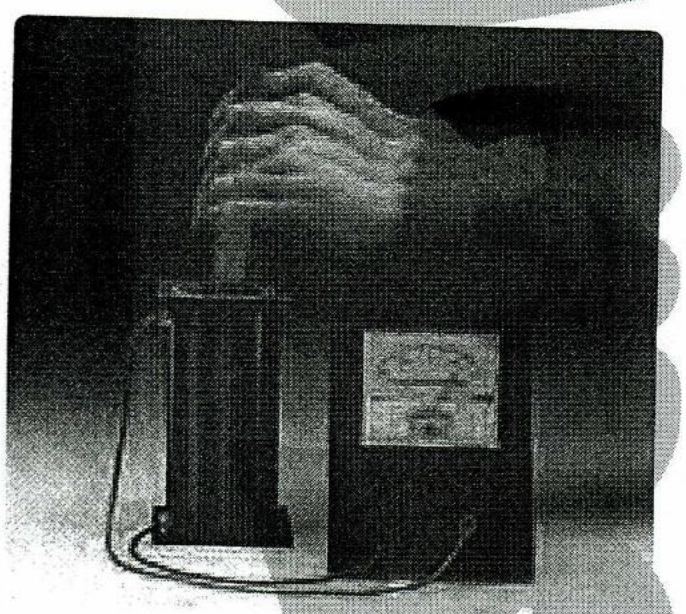
شکل ۴ـ۱ فاراده برای پی بردن به پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی، به جای آهنربای دائمی، از آهنربای الکتریکی (سیملولهٔ A که به باتری وصل شده است) استفاده کرد. فاراده مشاهده کرد که با عبور آهنربا از درون سیملولهٔ B و تغییر میدان مغناطیسی در محل این سیملوله، عقربهٔ گالوانومتر منحرف می‌شود.

دانلود کلاوا اپلیکیشن

فاراده مشاهده کرد که عبور آهنربا از یک پیچه سبب برقراری جریان الکتریکی در پیچه می‌شود. این اثر که امروزه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده شناخته می‌شود، اساس کار مولدها تولید جریان الکتریکی است.

عقیل اسکندری

آزمایش ۴ـ۱



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.

بله ـ بازهم عقربه منحرف می‌شود

(یعنی چه آهنربا نزدیک و دور شود و یا سیملوله جلو و عقب گردد)

اگر آهنربا و سیملوله نسبت به هم حرکت نکنند جریانی القا نمی‌شود

در سال ۱۸۳۱ میلادی مایکل فاراده دانشمند انگلیسی و تقریباً هم‌زمان با او جوزف هانری دانشمند امریکایی، با انجام آزمایش‌هایی مشابه آزمایش ۴ـ۱ دریافتند که هنگام دور و نزدیک کردن آهنربا به پیچه، عقربهٔ گالوانومتر منحرف می‌شود و عبور جریانی را از مدار نشان می‌دهد؛ درست مانند وقتی که در مدار، باتری وجود دارد (شکل ۴ـ۱). این پدیده را القای الکترومغناطیسی و جریان تولید شده را جریان الکتریکی القایی می‌نامند.

القای الکترومغناطیسی و جریان الکتریکی القائی

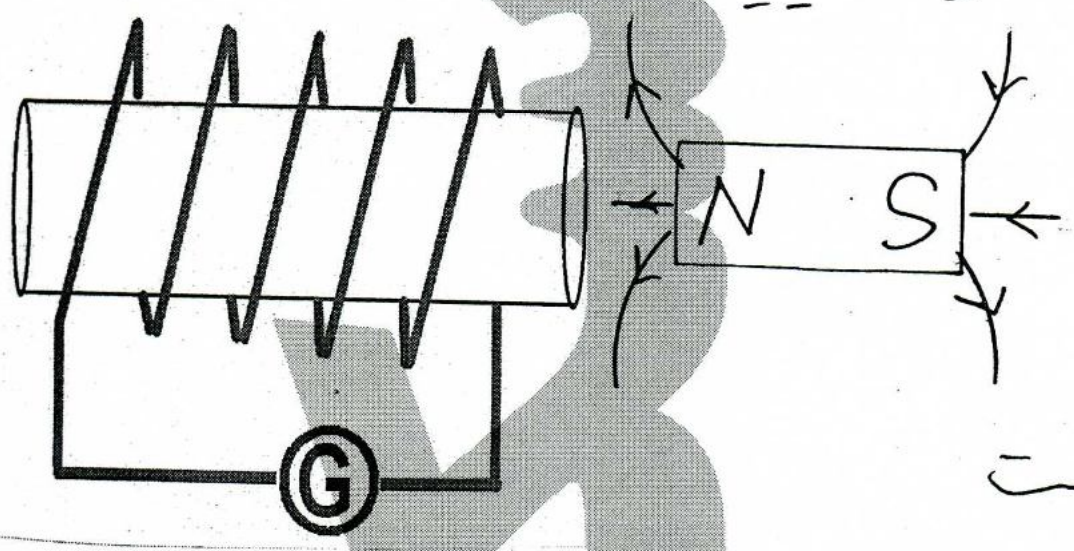
علت اصلی ایجاد جریان القائی، تغییر شار مغناطیسی است. $\Phi = AB\cos\theta$

(برای تولید جریان القائی) باید تغییر کند

دانلود از اپلیکیشن پادرس

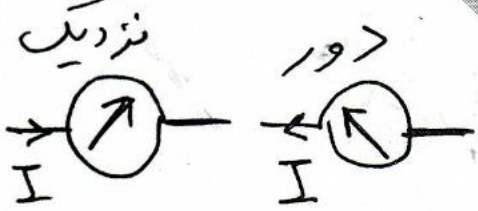
علت ایجاد جریان القائی ، تغییر شار است :

حالت اول) اندازه میدان تغییر کند.



* اگر آهنربا و سیملوله نسبت به هم ساکن باشند جریان القائی صفر است

* وقتی آهنربا و سیملوله به هم نزدیک شوند (یا آهنربا به چپ و یا سیملوله به راست و یا هر دو حالت در یک زمان رخ دهد) جهت جریان با حالتی که از هم دور می شوند مخالف است



* هرچه تعداد حلقه‌های سیملوله یا پیچ زیادتر و یا قدرت آهنربا (میدان مغناطیسی) قوی تر و یا سرعت ورود و خروج آهنربا سریعتر گردد اندازه جریان القائی بیشتر می شود

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

$$\Delta\Phi = (A\cos\theta)(\Delta B)$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

(در کتاب فقط حالتهائی را حل می کنیم که یک عامل تغییر کند)

حالت دوم برای تغییر شار، تغییر مساحت است

$\Phi = AB\cos\theta$

$\Delta\Phi = (B\cos\theta)(\Delta A)$

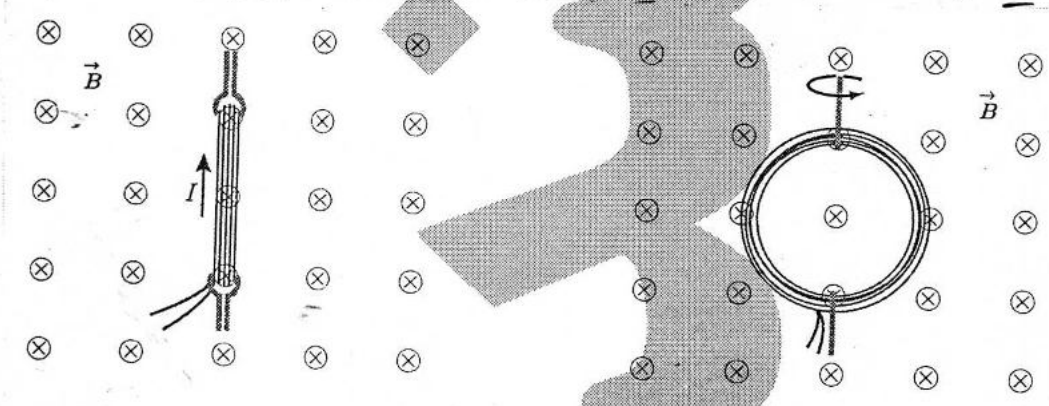
شکل ۴ـ۲ تغییر مساحت پیچه در میدان مغناطیسی $\vec{B}$، جریانی در پیچه القا می‌کند.

(حلقه را از دو طرف می‌کشیم و مساحت تغییر می‌کند)

حالت سوم برای تغییر شار، تغییر زاویه است

$\Phi = AB\cos\theta$

$\Delta\Phi = (AB)(\Delta\cos\theta)$



شکل ۴ـ۳ 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.

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

بنابر قانون فاراده، هرگاه شار مغناطیسی‌ای که از مدار بسته‌ای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است؛ یعنی هرچه آهنگ تغییر شار مغناطیسی بیشتر باشد، نیروی محرکهٔ القایی و در نتیجه جریان القایی تولید شده در مدار بیشتر خواهد بود

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

$\bar{\mathcal{E}}$ متوسط نیروی محرکهٔ القائی (ولت)

N تعداد حلقه‌ها

$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ آهنگ تغییر شار در واحد زمان (ولت) = (وبر بر ثانیه)

همان بیان قانون اهم $\bar{\mathcal{E}} = R\bar{I}$

R مقاومت

$\bar{I}$ متوسط جریان القائی

دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۴ـ۱

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 $\Delta t = 0/01\,s$ رخ داده باشد آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ را پیدا کنید.

(الف) نیم‌خط عمود ↑B

$\theta = 0 \rightarrow \cos 0 = 1$

$\Phi = AB\cos\theta$

$\Phi = (20\times20\times10^{-4})(250\times10^{-4})(1) = 1\ mWb$

(ب) نیم‌خط عمود →B

$\theta = 90 \rightarrow \cos 90 = 0$

$\Phi = 0$

(پ) $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi = 0 - 1 = -1\ mWb$ (کاهش شار)

(ت) آهنگ تغییر شار $= \dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \dfrac{-0/001}{0/01} = -\dfrac{1}{10}\ \dfrac{Wb}{S}$ (ولت)

پرسش ۴ـ۱

کدام‌یک از یکاهای زیر معادل یکای وبر بر ثانیه (Wb/s) است؟

V/A ☐ V ☒ A ☐ Ω ☐

$\Phi = AB\cos\theta \rightarrow wb = m^2 T$

$\bar{\mathcal{E}} = -N\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow$ ولت = وبر / ثانیه (در ضمن)

ثانیه × ولت = وبر

$\Delta U = q\Delta V \rightarrow$ ژول = کولن × ولت

ثانیه × $\dfrac{\text{ژول}}{\text{کولن}}$ = وبر

$I = \Delta q/\Delta t \rightarrow$ آمپر = کولن / ثانیه → وبر = آمپر / ژول

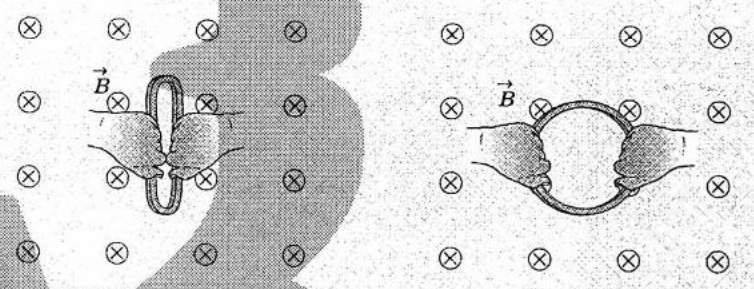
دانلود از اپلیکیشن پادرس

تمرین ۴ـ۱

الف) حلقه‌ای به مساحت $25cm^2$ درون میدان مغناطیسی یکنواخت درون سوئی به اندازهٔ $0/03T$ 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 $10cm^2$ برسانیم، شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در این وضعیت به دست آورید.

پ) اگر این تغییر شار در بازهٔ زمانی $\Delta t = 0/2s$ رخ داده باشد، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi/\Delta t)$ را پیدا کنید.



الف) در این حالت ، میدان بر حلقه عمود است

$\theta_1 = 0 \rightarrow \cos 0 = 1$

$\Phi_1 = A_1 B_1 \cos\theta_1 = 25\times10^{-4}\times0/03\times1$

$\Phi_1 = 7/5\times10^{-5}\ Wb$

ب) مساحت تغییر کرده است

$\Phi_2 = A_2 B_2 \cos\theta_2$

$\Phi_2 = 10\times10^{-4}\times0/03\times1$

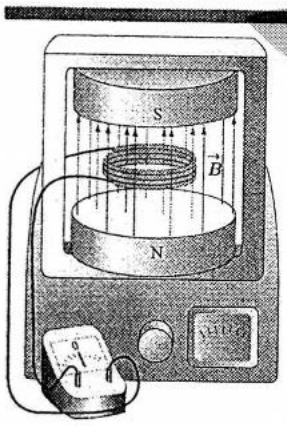
$\Phi_2 = 3\times10^{-5}\ Wb$

پ) آهنگ تغییر شار

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{(3-7/5)\times10^{-5}}{0/2} = -22/5\times10^{-5}\ \text{ولت}$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۴ــ۲



پیچه‌ای شامل ۲۰۰ دور که مساحت هر حلقهٔ آن $25cm^2$ 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 ۲/۰ms از ۰/۱۸T به ۰/۲۲T افزایش یابد،

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

ب) اگر مقاومت پیچه ۱۰Ω 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 :

$$N=200 \text{ دور} \quad A=25cm^2 \quad \theta=0 \quad \Delta t=2/0ms$$

$$B_1=0/18T \quad B_2=0/22T \quad \bar{\mathcal{E}}=?$$

$$\Phi_1=B_1A\cos\theta=(0/18T)(2/5\times10^{-3}m^2)(\cos0^\circ)=4/5\times10^{-4}Wb$$

$$\Phi_2=B_2A\cos\theta=(0/22T)(2/5\times10^{-3}m^2)(\cos0^\circ)=5/5\times10^{-4}Wb$$

به این ترتیب، تغییر شار مغناطیسی برابر است با :

$$\Delta\Phi=\Phi_2-\Phi_1=(5/5\times10^{-4}Wb)-(4/5\times10^{-4}Wb)=1/0\times10^{-4}Wb$$

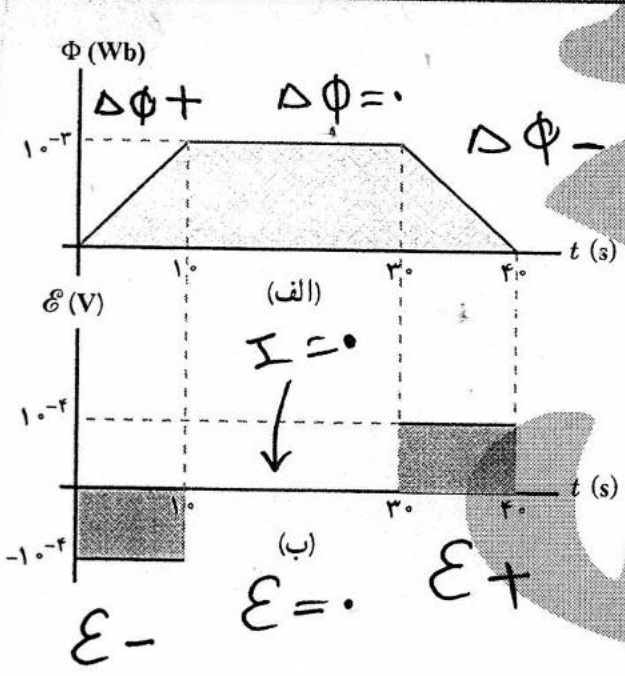
با قرار دادن این مقدار و داده‌های بالا در رابطهٔ ۴ــ۲ داریم :

$$\bar{\mathcal{E}}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-(200)\frac{1/0\times10^{-4}Wb}{2/0\times10^{-3}s}=-10V$$

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

$$\bar{I}=\frac{\bar{\mathcal{E}}}{R}=\frac{-10V}{10\Omega}=-1/0A$$

مثال ۴ــ۳



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.

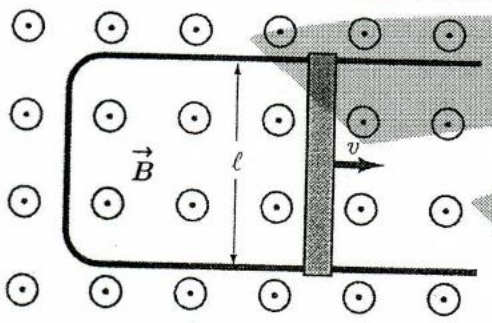
پاسخ : همان‌طور که در نمودار شار مغناطیسی برحسب زمان دیده می‌شود در بازهٔ زمانی صفر تا ۱۰s شار به صورت خطی افزایش می‌یابد. در نتیجه مقدار لحظه‌ای آهنگ تغییر شار با مقدار متوسط آن برابر است. به این ترتیب، در تمامی لحظات این بازهٔ زمانی، نیروی محرکهٔ القایی با نیروی محرکهٔ القایی متوسط برابر است :

$$\bar{\mathcal{E}}=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-(1)\frac{(10^{-3}Wb-0)}{10s}=-1\times10^{-4}V$$

در بازه 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 تمامی لحظات این بازه با مقدار متوسط نیروی محرکه در این بازهٔ زمانی برابر و مساوی $1\times10^{-4}V$ است. نمودار نیروی محرکهٔ القایی برحسب زمان در شکل ب رسم شده است.

دانلود از پیشبرس

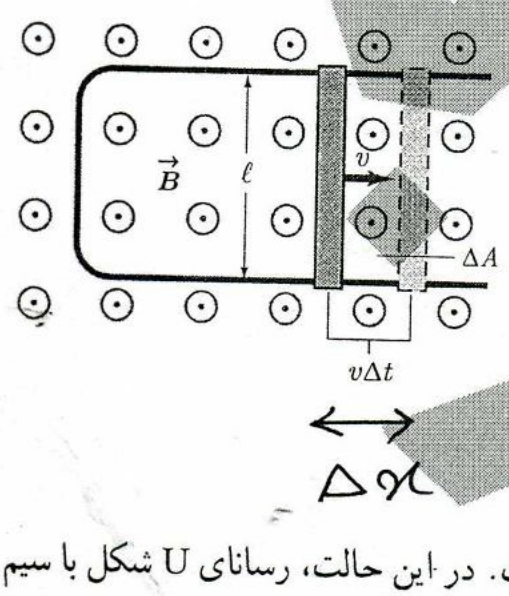
مثال ۴ـ۴



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 $\ell = ۲۰\,cm$ بین دو بازوی رسانا قرار دارد و مداری را تشکیل می‌دهد. میله را با تندی ثابت $v = ۲۰\,m/s$ 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 :

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



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 :

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

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

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

و بزرگی آن برابر است با :

$$|\bar{\mathcal{E}}| = ۰/۷۲\,V$$

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.

$\Phi = AB\cos\theta \xrightarrow[\text{مساحت تغییر کرد}]{} \Delta\Phi = (B\cos\theta)\frac{\Delta A}{\Delta t}$

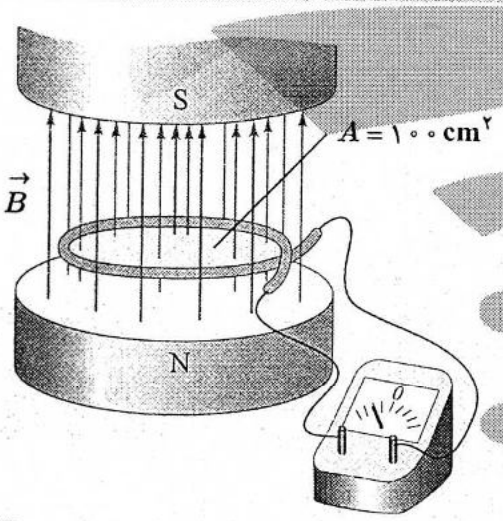
$\Delta A = L\,\Delta x = L\,v\,\Delta t$ (میدان بر حلقه عمود)

$\bar{\mathcal{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -(۱)(B)(۱)\frac{L\,v\,\Delta t}{\Delta t}$

$\bar{\mathcal{E}} = -BLv$

دانلود از اپلیکیشن پادیاب

تمرین ۴ـ ۲



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.

الف) میدان تغییر کرده است

$$\bar{\mathcal{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = (-NA\cos\theta)\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

حلقه عمود بر میدان

$$\bar{\mathcal{E}} = -(1)(100\times10^{-4}\ m^2)(1)\left(\frac{-0.45}{0.45}\right)$$

$B_1 = +0.28$

$B_2 = -0.17$

$\Delta B = -0.45$

$\Delta t = 0.45$

الف: (متوسط نیروی محرکه القائی) $\bar{\mathcal{E}} = 0.01\ V$

ب:
$$\bar{\mathcal{E}} = R\bar{I} \longrightarrow I = \frac{0.01}{10} = 10^{-3}\ A = 1\ mA$$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

پرسش ۴-۲

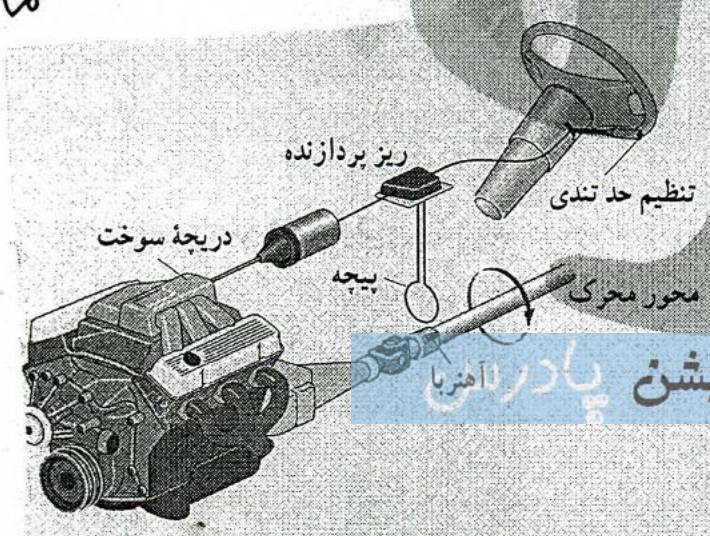
تندی‌سنج دوچرخه‌های مسابقه‌ای شامل یک آهنربای کوچک و یک پیچه است. آهنربا به یکی از پره‌های چرخ جلو و پیچه به دو شاخ فرمان متصل است (شکل روبه‌رو). دو سر پیچه با سیم‌های رسانا به نمایشگر تندی‌سنج (که در واقع نوعی رایانهٔ کوچک است) وصل شده است. به نظر شما تندی‌سنج دوچرخه چگونه کار می‌کند؟ این موضوع را در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

هربار که آهنربای متصل روی پرّه چرخ از کنار پیچه عبور می‌کند، طبق $\mathcal{E} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$، شار تغییر می‌کند و جریان القائی تولید می‌شود (یک پالس الکتریکی) چون قطر تایر دوچرخه معلوم است با داشتن تعداد دور در واحد زمان می‌توان تندی را با ابزاری مکانیکی یا رایانه‌ای به دست آورد.

دوچرخه مشابه ماشین

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.



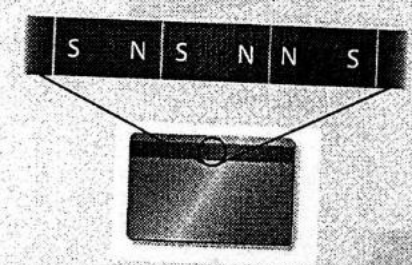
ریزپردازنده (مغز رایانه) تعداد تپ‌های جریان[2] را در هر ثانیه می‌شمارد و به این روش، تندی خودرو را اندازه می‌گیرد. سپس با مقایسهٔ تندی اندازه‌گیری شده با تندی تنظیم شده توسط راننده، سوخت مورد نیاز را به موتور تزریق می‌کند. تا هنگامی که راننده ترمز نگیرد، حرکت خودرو با تندی تعیین شده، توسط این سامانه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

دانلود از اپلیکیشن پادرس

فناوری و کاربرد

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.

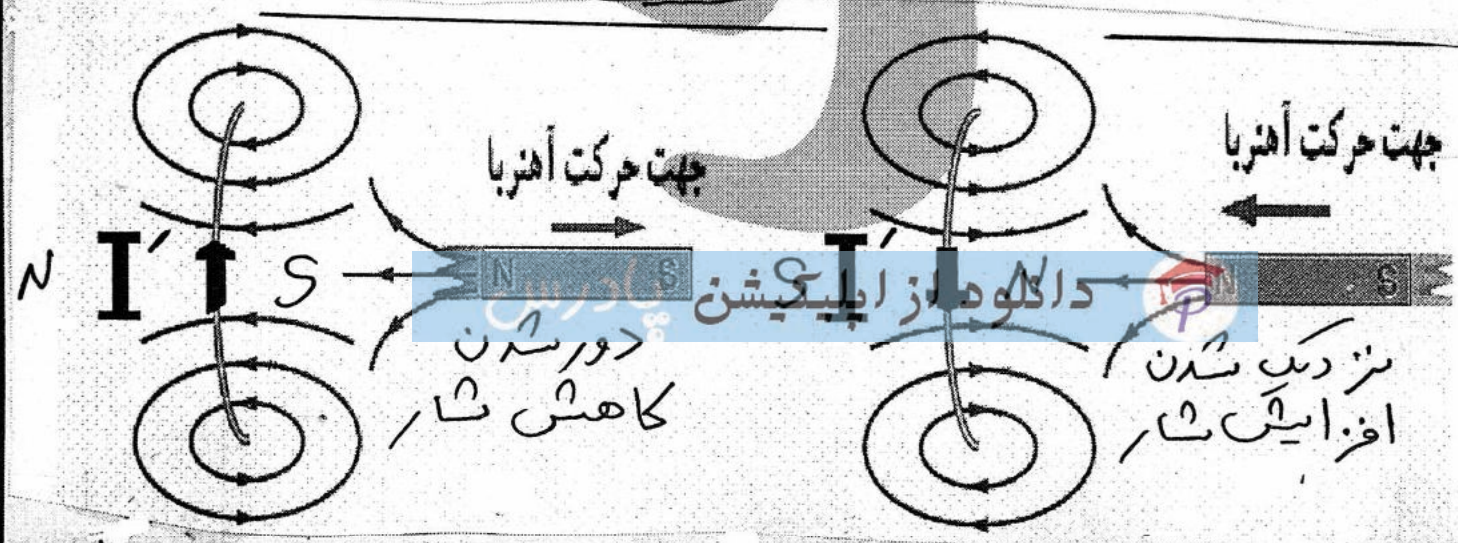
(ب) کشیدن کارت، جریان اندکی در پیچهٔ دستگاه کارت‌خوان القا می‌کند.

* نوار مغناطیسی کارت‌های بانکی از چه ساخته شده است؟

* تنظیم داده‌ها بر چه اساسی است؟

* چرا حتماً باید کارت در کارت‌خوان حرکت کند و در حالت سکون جریان نداریم؟

قانون لنز : جریان حاصل از نیروی محرکهٔ القائی در یک مدار یا پیچه در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل به وجود آورندهٔ جریان القائی یعنی تغییر شار مخالفت کند و در فرمول $\mathcal{E} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ علامت منفی همین مخالفت است

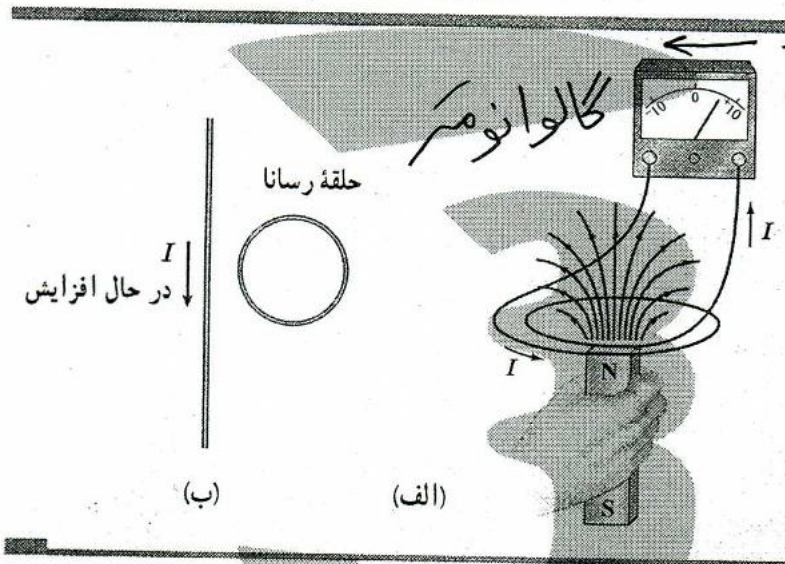


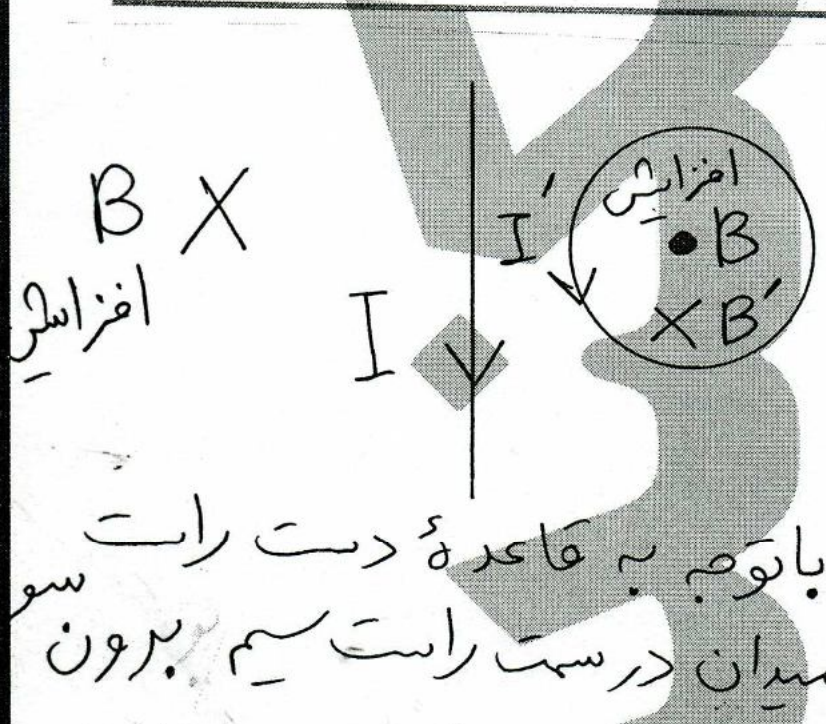
دانلود از اپلیکیشن

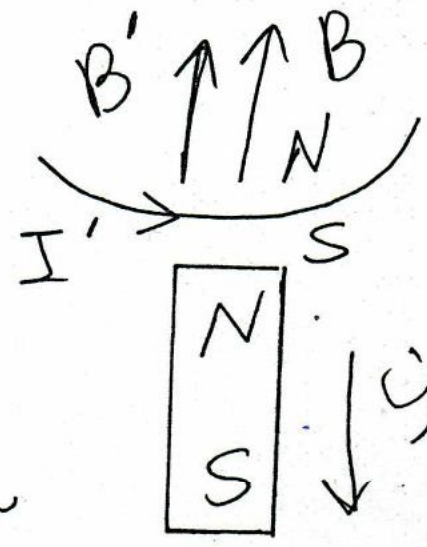
پرسش ۴-۳

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.

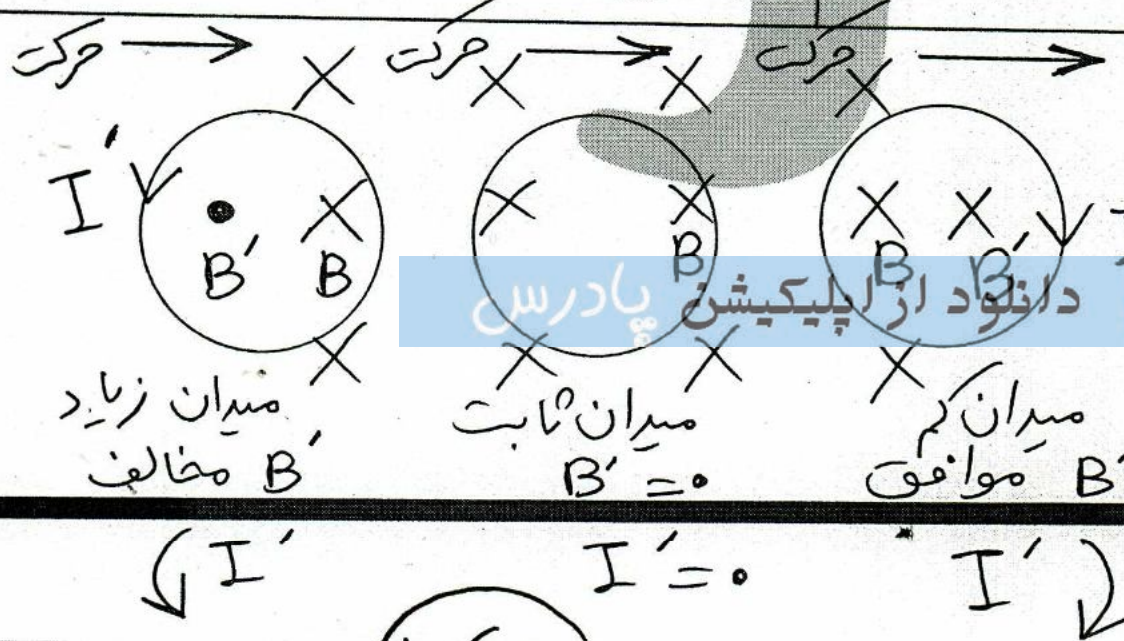
ب) شکل ب سیم بلند و مستقیمی را نشان می‌دهد که جریان عبوری از آن در حال افزایش است. جهت جریان القایی را در حلقهٔ رسانای مجاور سیم تعیین کنید.





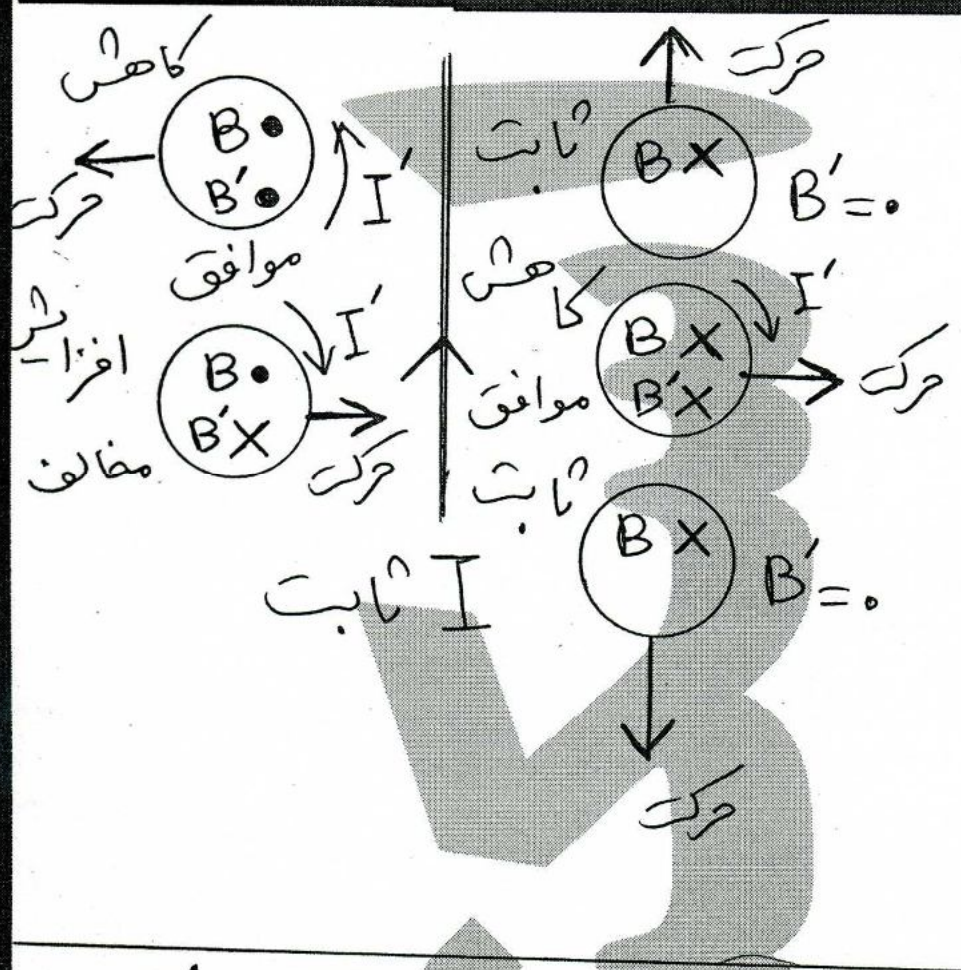


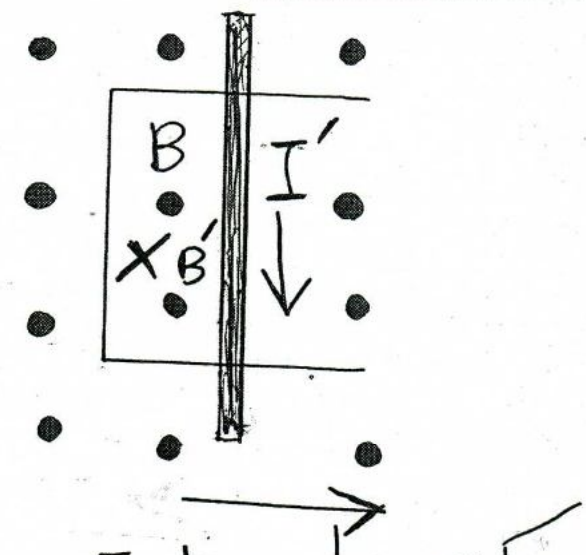
باتوجه به قاعدهٔ دست راست
در جلوی حلقه که نزدیک
آهنربا است قطب S وجود دارد
یعنی آهنربا درحال دورشدن
وکاهش شار میدان بوده
که طبق قانون لنز B و B' هم جهت اند

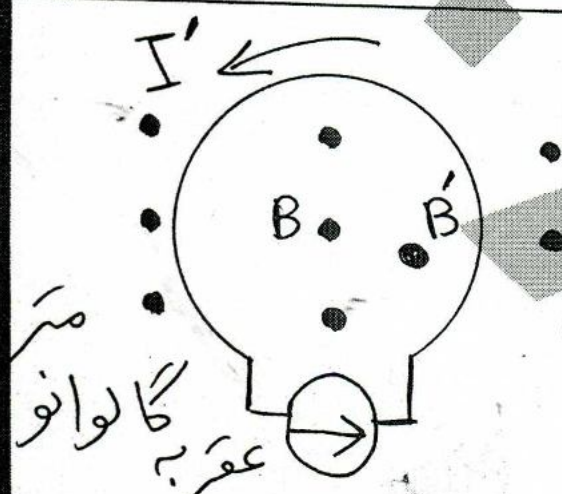


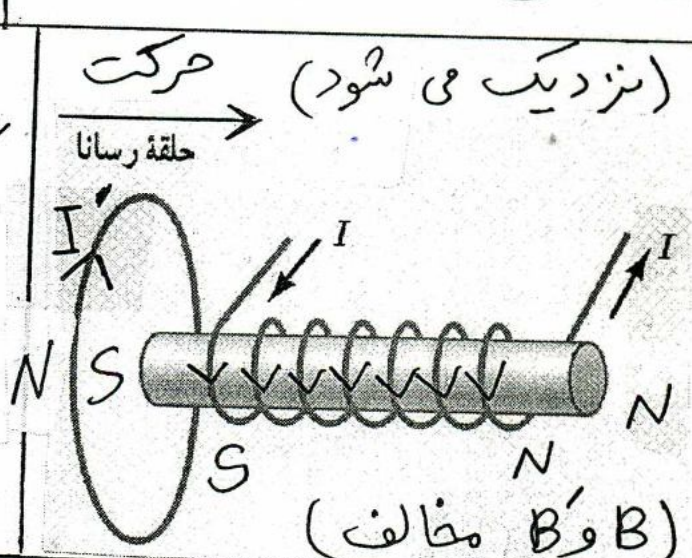
حلقه از
چپ به راست
با سرعت ثابت می آید

دانلود از اپلیکیشن پادرس





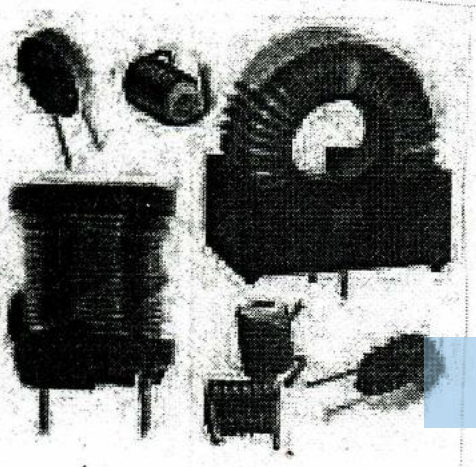




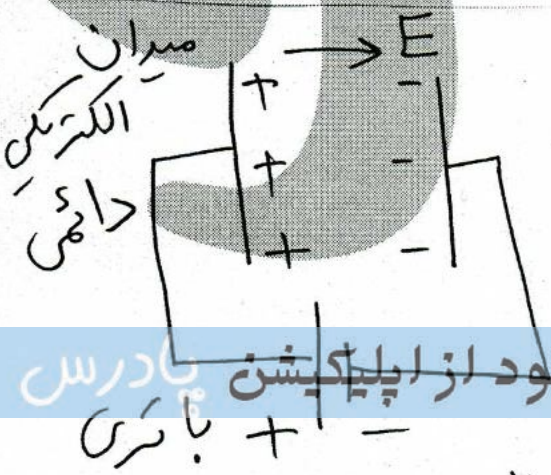
۴ـ۴ القاگرها

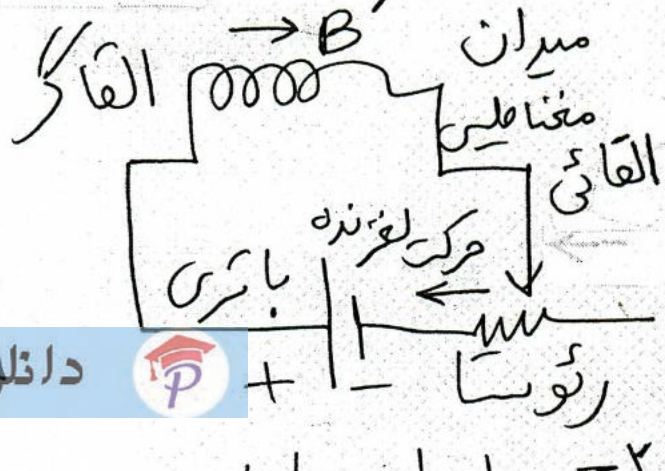
در فصل ۲ دیدیم که در فضای بین صفحه‌های یک خازن باردار، میدان الکتریکی ایجاد می‌شود و انرژی الکتریکی در این میدان ذخیره می‌شود. به همین ترتیب، می‌توان از القاگر (سیم‌پیچ) برای تولید میدان مغناطیسی دلخواه و همچنین ذخیرهٔ انرژی در این میدان استفاده کرد. القاگر مانند مقاومت و خازن یکی از اجزای ضروری مدارهای الکترونیکی است.

شباهت و تفاوت القاگر و خازن



شکل ۴ـ۶ تصویری از چند القاگر در اندازه‌ها و شکل‌های متفاوت





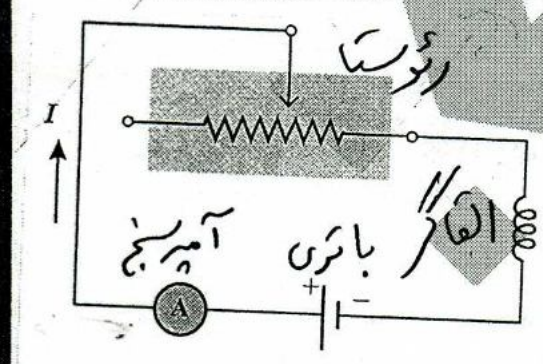
دانلود از اپلیکیشن پادرس

خود القاوری : اگر در یک مدار که دارای القاگر مانند پیچه است به هر دلیل جریان تغییر کند

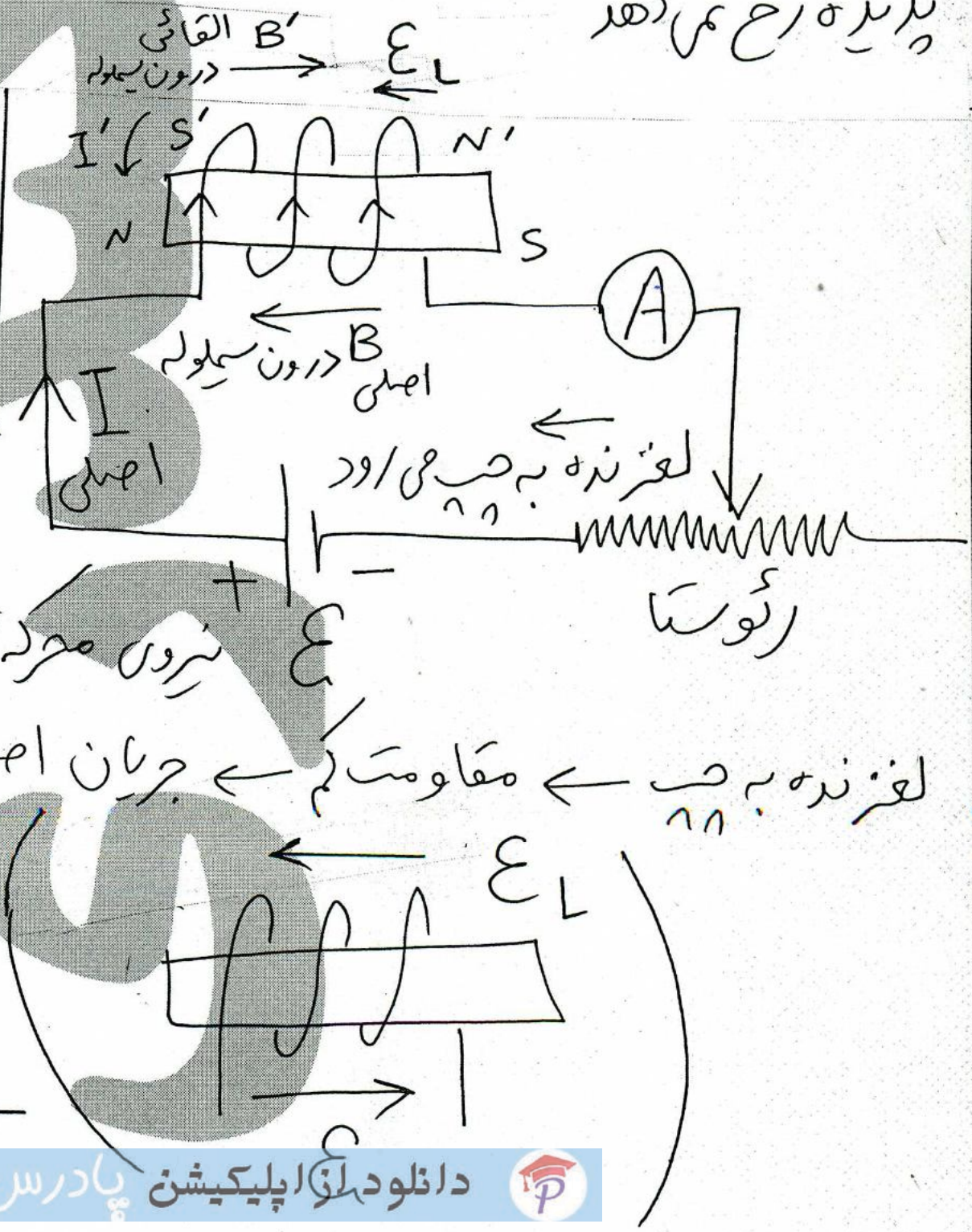
(نام قدیم : خودالقائی)

اگر مقاومت و جریان و میدان ثابت باشند این پدیده رخ نمی‌دهد

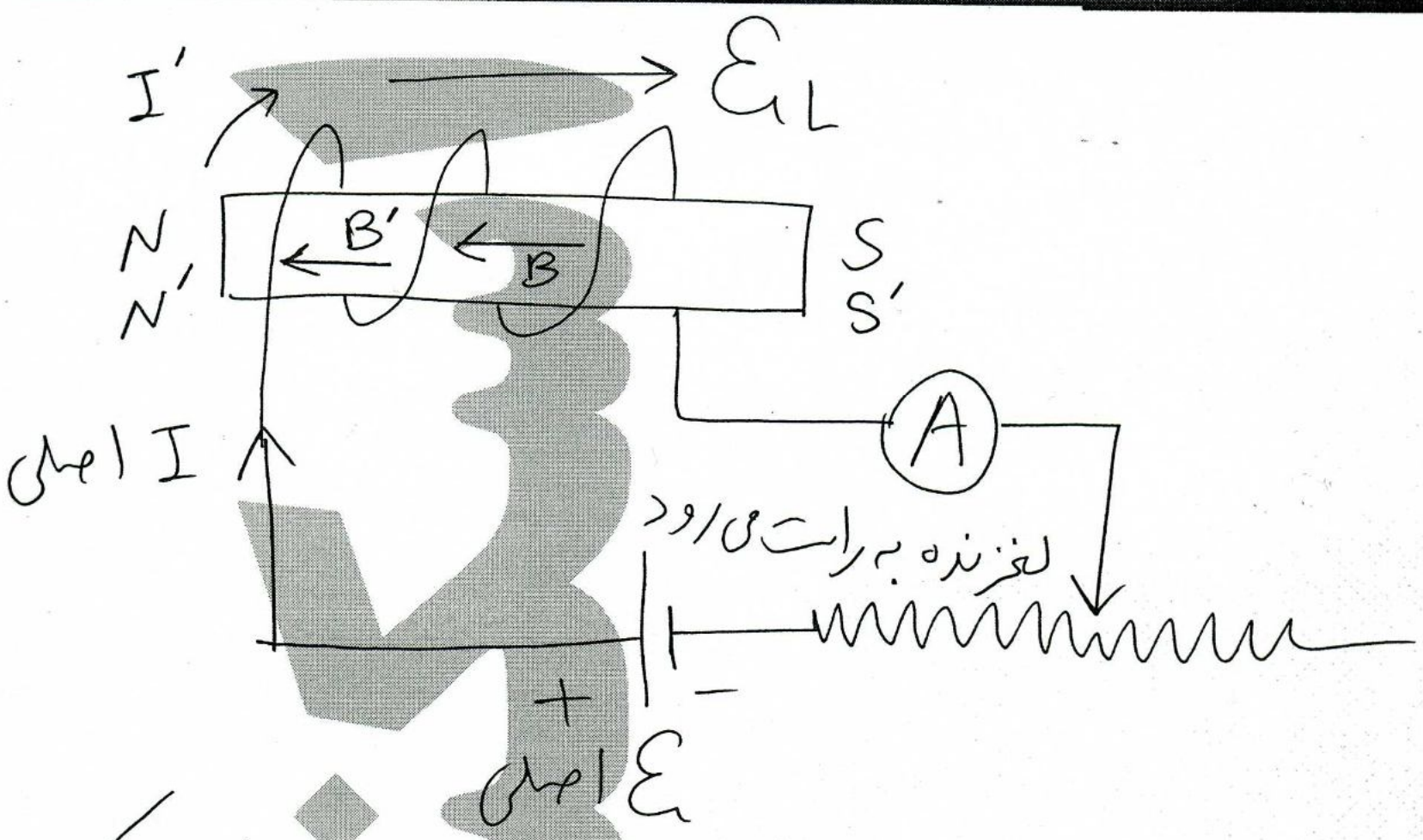
خود ــ القاوری : مداری را مطابق شکل ۴ــ۷ درنظر بگیرید. این مدار شامل منبع نیروی محرکه، رئوستا، آمپرسنج و القاگری است که به طور متوالی به یکدیگر بسته شده‌اند. با تغییر مقاومت رئوستا، جریان در مدار تغییر می‌کند. تغییر جریان در مدار، سبب تغییر میدان مغناطیسی القاگر می‌شود و در نتیجه شار مغناطیسی عبوری از آن نیز تغییر می‌کند. این فرایند سبب القای نیروی محرکه‌ای در القاگر می‌شود که بنابر قانون لنز با تغییر جریان عبوری از آن مخالفت می‌کند. این پدیده که می‌تواند در هر القاگری (از قبیل پیچه یا سیملوله) رخ دهد اثر خود ــ القاوری نامیده می‌شود.



شکل ۴ــ۷ مداری ساده شامل رئوستا، القاگر، باتری و آمپرسنج

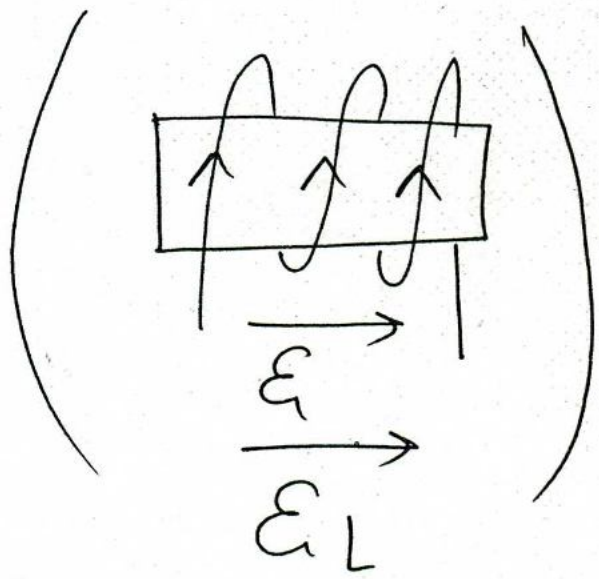


دانلود از اپلیکیشن پادرس

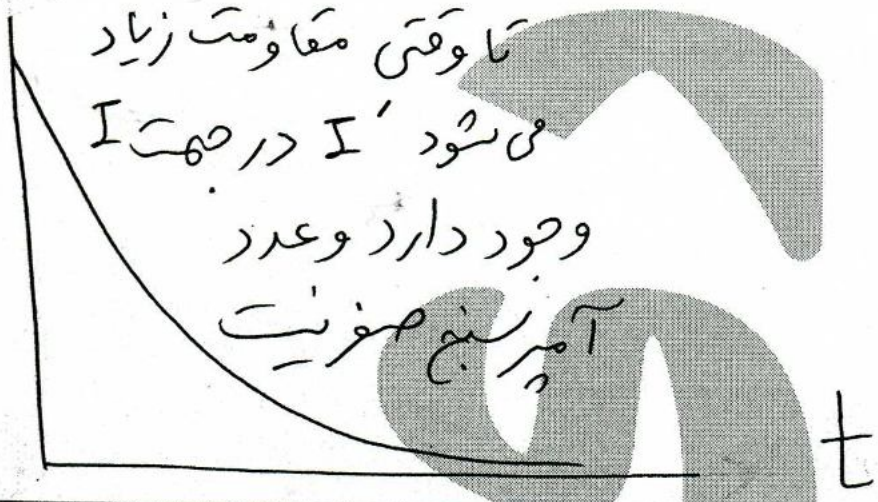


لغزنده به راست می‌رود ← مقاومت زیاد ← جریان اصلی کم

B و B' ← طبق قانون لنز ← موافق



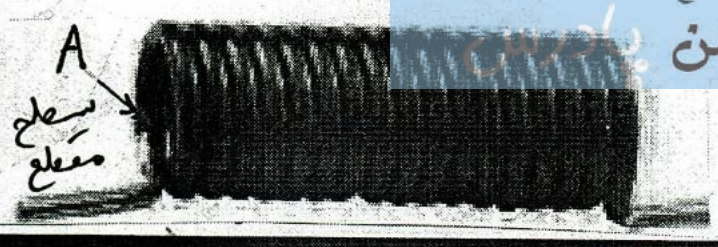
I



ضریب القاوری : ویژگی‌های فیزیکی هر القاگر، توسط ضریب القاوری آن تعیین می‌شود. ضریب القاوری که با نماد L نمایش داده می‌شود به عواملی همچون تعداد دور، طول و سطح مقطع القاگر و جنس هسته‌ای که داخل آن قرار می‌گیرد بستگی دارد. برای مثال، ضریب القاوری سیملوله‌ای آرمانی و بدون هسته، که دارای طول ℓ، سطح مقطع A و N حلقهٔ نزدیک به هم است (شکل ۴ـ۸)، از رابطهٔ

$$L = \frac{K\mu_0 N^2 A}{l}$$

$K=1$ بدون هسته (هوا)



دانلود از اپلیکیشن

(ثابت) (اهم) = یکای L (هانری)

L طول سیملوله

L به جریان بستگی ندارد (فقط ساختمان القاگر)

آزمایش ۴ـ۲

هدف: بررسی اثر خود ـ القاوری

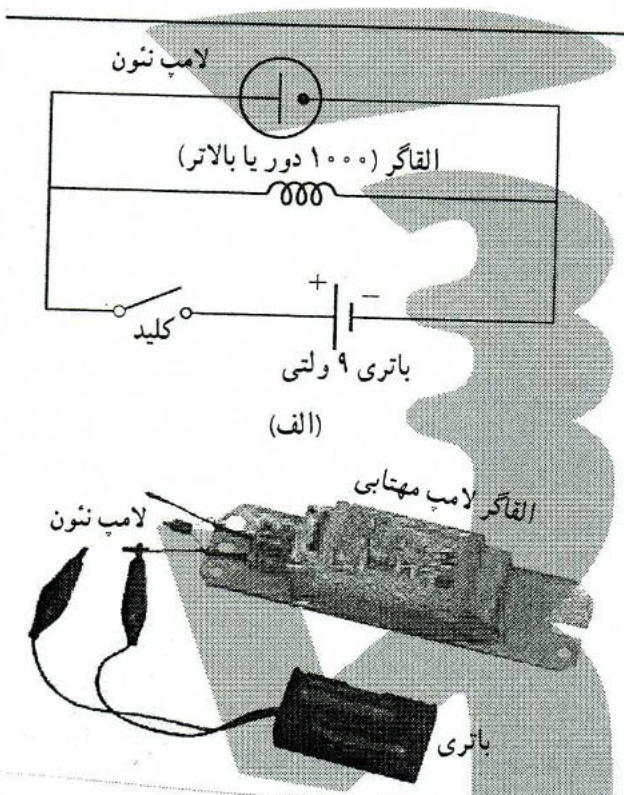
وسیله‌های مورد نیاز : لامپ نئون (لامپ فازمتری)، القاگر(۱۰۰۰ دور یا بالاتر)، باتری قلمی (۲ عدد) یا باتری ۹ ولتی، سیم رابط، کلید

شرح آزمایش :

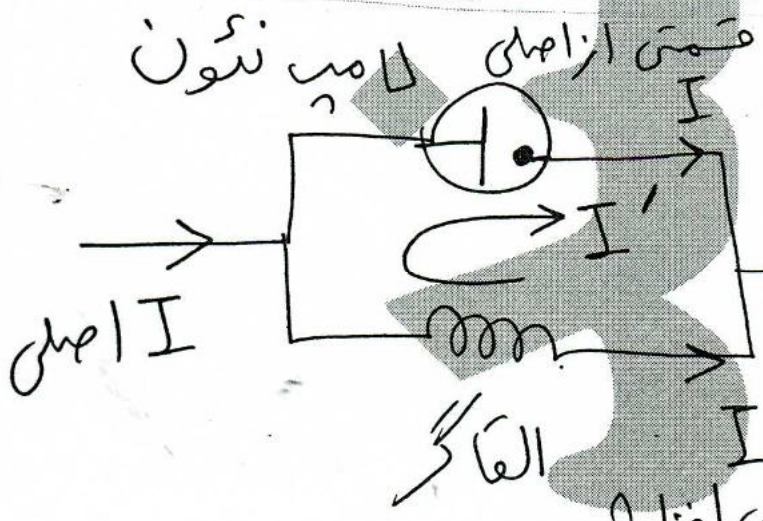
- مداری مطابق شکل الف ببندید.
- کلید را وصل کنید. آیا لامپ روشن است؟ اینک کلید را قطع کنید.

در لحظهٔ قطع کردن کلید چه چیزی مشاهده می‌کنید؟ دلیل آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به گفت‌وگو بگذارید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

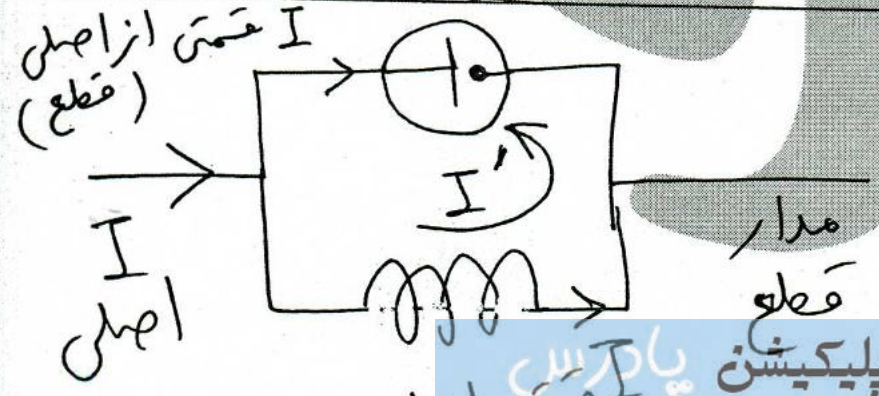
توجه : می‌توانید مطابق شکل ب، به جای القاگر از القاگر لامپ‌های مهتابی (که به اشتباه ترانس نامیده می‌شود) نیز استفاده کنید.



لامپ و القاگر موازی



وقتی کلید را می بندم در یک زمان بسیار کوتاه مقدار جریان در القاگر افزایش می یابد بنابر پدیدهٔ القاوری ، در القاگر I' مخالف I تولید می شود (قانون لنز) پس یک لحظه از لامپ جریان خیلی زیادی می گذرد و فوق العاده پرنور می شود ولی بلافاصله عادی می گردد



وقتی کلید باز می شود I و I' در القاگر هم سو خواهند شد I' از لامپ می گذرد داشتیم لامپ بلافاصله خاموش شود ولی برای یک لحظه اندکی پرنور می شود و سپس خاموش می گردد

دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۴ـ۵

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

پاسخ : با توجه به داده‌های مسئله داریم :

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

با قراردادن مقادیر بالا در رابطهٔ ۴ـ۴ داریم :

$$L=\mu_۰\frac{AN^۲}{\ell}=(۴\pi\times۱۰^{-۷}T.m/A)\frac{(۱۰\times۱۰^{-۴}m^۲)(۲۰۰۰)^۲}{۰/۶۲۸m}=۸/۰\times۱۰^{-۳}H=۸/۰mH$$

تمرین ۴ـ۳

۱ـ تعداد حلقه‌های سیملوله‌ای بدون هسته، به طول ۲/۸cm و سطح $۱۰cm^۲$ چه تعداد باشد تا ضریب القاوری آن 1H شود؟

۲ـ دو سیملولهٔ بدون هسته با سطح مقطع و تعداد دور یکسان را در نظر بگیرید. اگر طول یکی از سیملوله‌ها دو برابر دیگری باشد، ضریب القاوری‌اش چند برابر دیگری است؟ $۲=۳$

$$L=\frac{K\mu_۰AN^۲}{L} \longrightarrow N^۲=\frac{LL}{\mu_۰A} \quad ①$$

هوا $K=۱$

$$N^۲=\frac{۲۸\times۱۰^{-۳}\times۱}{۱۰^{-۳}\times۴\times۳\times۱۰^{-۷}}$$

$$N^۲\simeq۲۲\times۱۰^{۶} \longrightarrow N=۴/۷\times۱۰^{۳} \text{ دور}$$

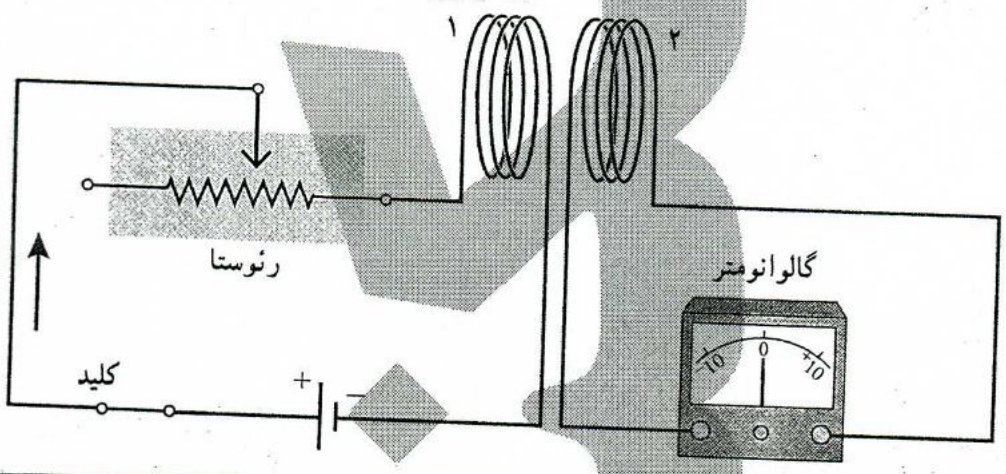
$$\frac{L_۲}{L_۱}\overset{\text{(هوا)}}{=}\frac{\left(\frac{\mu_۰AN^۲}{L}\right)_۲}{\left(\frac{\mu_۰AN^۲}{L}\right)_۱}=\frac{L_۱}{L_۲}=\frac{۱}{۲} \quad ②$$

$N_۲=N_۱$ و $A_۲=A_۱$

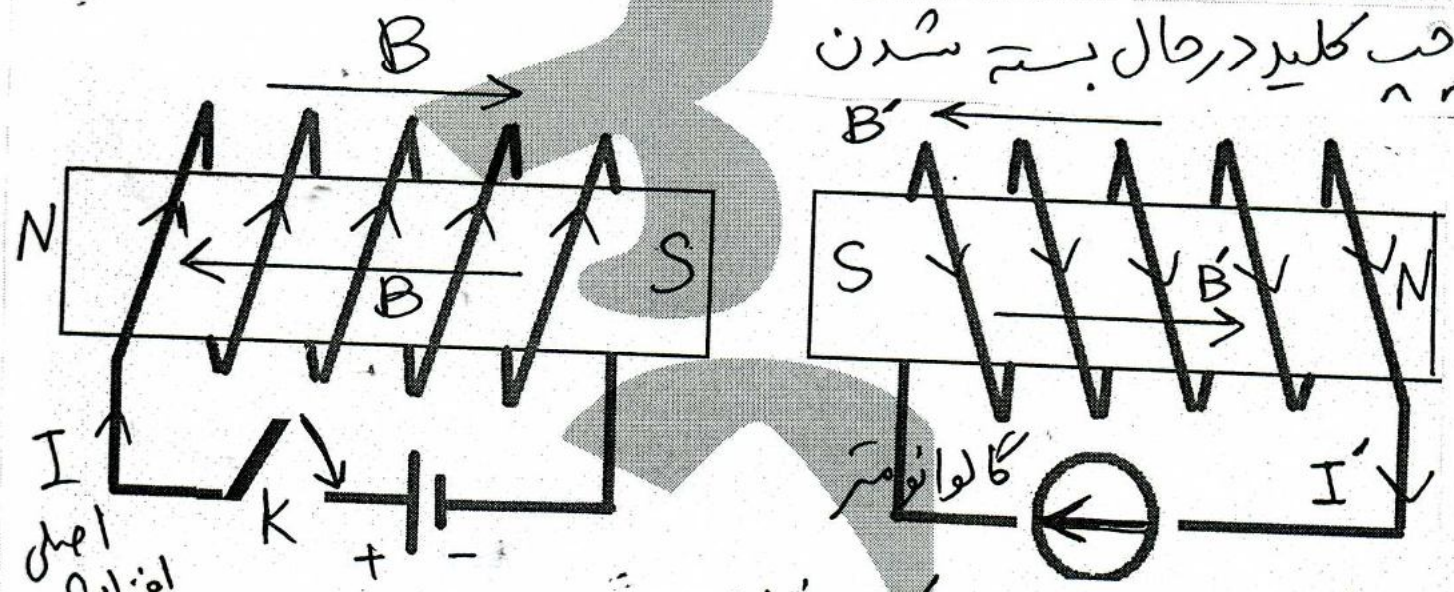
دانلود از اپلیکیشن پادرس

القای متقابل : هرگاه دو سیملوله در کنار هم باشند و در یکی جریان اصلی طوری تغییر کند که در دیگری جریان القائی تولید شود می گویند پدیده ٔ القای متقابل رخ داده (القایی)

طرحی از پدیده ٔ القای متقابل



در سمت چپ کلید در حال بسته شدن



k بسته ← I اصلی زیاد ← B و B' مخالف

(مثل نزدیک شدن آهنربا و کم شدن مقاومت و افزایش شار)

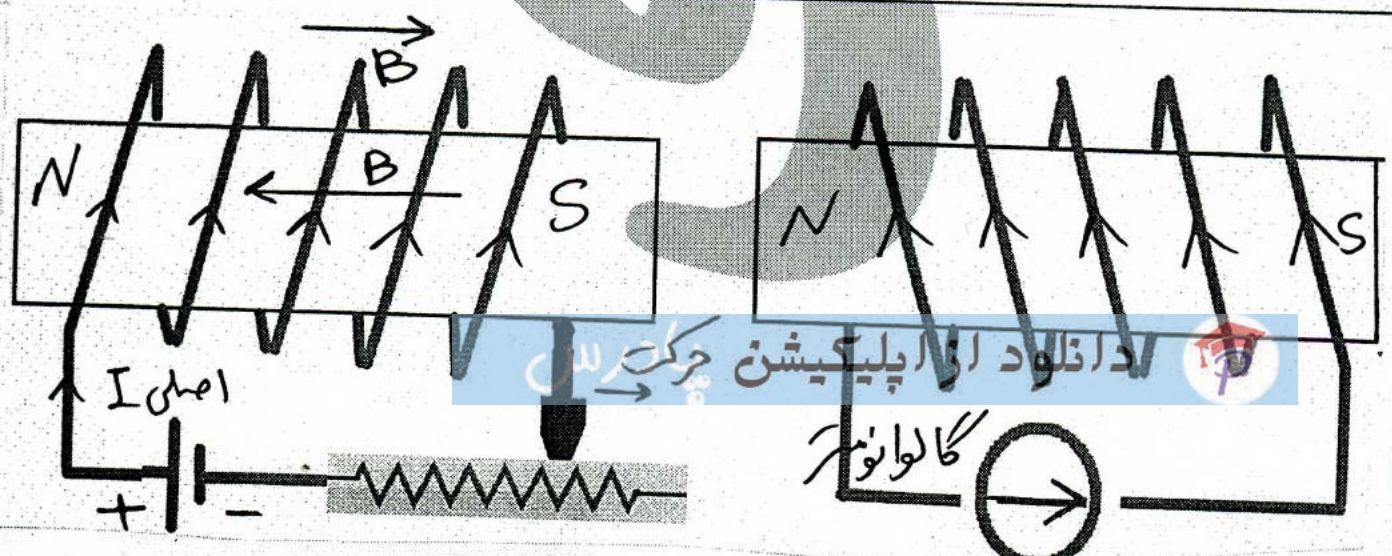
لغزنده رئوستا به راست می رود

R زیاد

I اصلی کم

B و B' موافق

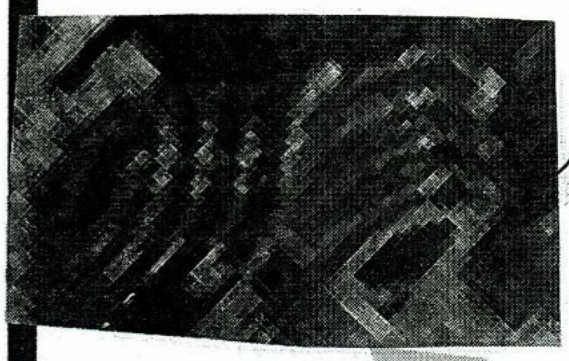
مانند باز شدن کلید



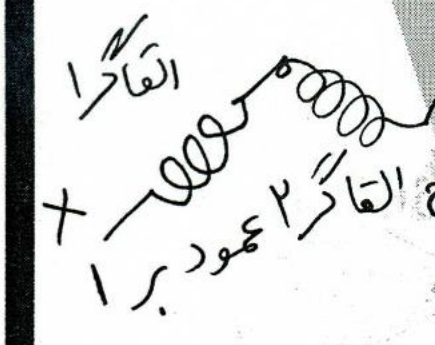
دانلود از اپلیکیشن چرک نویس

مانند دور شدن آهنربا

توجه : در پدیدهٔ القای متقابل ، بدون تماس دو القاگر انرژی می‌تواند از یک مدار به مدار دیگر منتقل شود.

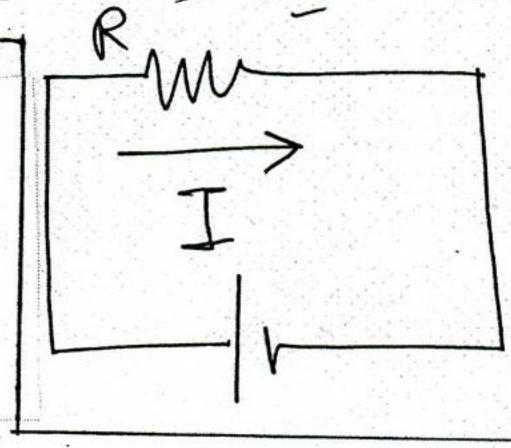


توجه : گاهی این انتقال انرژی زیان بار است بنابراین سطح القاگرها را عمود برهم قرار می‌دهند تا اثر القای متقابل را حذف کنند



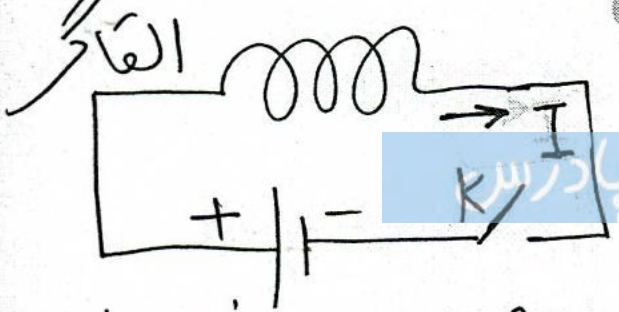
توجه : در مبدّل‌ها (ترانسفورماتور) که بسیار مفید است نقش اصلی عملکرد ، پدیدهٔ القای متقابل می‌باشد.

در مدار زیر در مقاومت R انرژی الکتریکی به انرژی گرمائی تبدیل و تلف می‌گردد



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

در مدار زیر در القاگر آرمانی که مقاومت ندارد وقتی کلید را می‌بندیم انرژی ذخیره می‌شود و وقتی کلید را باز می‌کنیم و یا جریان را کم می‌کنیم آن انرژی آزاد می‌شود و قابل استفاده است



توجه اگر القاگر واقعی باشد یعنی آرمانی نباشد مقداری از انرژی در داخل خود آن مقاومت تلف می‌گردد (گرما)

دانلود از اپلیکیشن پادرس

K بسته شود ← ذخیره سازی

I کم شود ← آزاد سازی

توجه : مدار فقط مقاومت دارد

I کم شود یا زیاد شود یا ثابت باشد ← انرژی تولید و تلف می شود

توجه : القاگر آرمانی و بدون مقاومت

I ثابت است (ثابت است) ← انرژی (ورود) (خروج) تولید یا نابود نمی شود

توجه : القاگر آرمانی و بدون مقاومت

I زیاد شود ← انرژی در میدان مغناطیسی ذخیره می شود

I کم شود ← انرژی ذخیره شده آزاد می شود

توجه : القاگر واقعی و با مقاومت است

I ثابت ← انرژی در مقاومت تلف می شود

I زیاد ← قسمتی از انرژی در مقاومت تلف می شود
قسمتی از انرژی در القاگر ذخیره می شود

I کم ← قسمتی از انرژی در مقاومت تلف می شود
آن قسمتی از انرژی که ذخیره شده بود آزاد می شود

دو سیملوله A و B مفروضند $I_A = 2I$ و $A_A = \frac{1}{3}A_B$ و $N_B = 4N_A$ و بی هسته (هم طول)

صریب القاوری $\frac{L_A}{L_B} = \left(\frac{K\mu_0 N^2 A}{L}\right)_B^A = \frac{N_A^2}{N_B^2}\frac{A_B}{A_A} = \frac{1}{16} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{48}$

انرژی القاگر $\frac{U_A}{U_B} = \frac{L_A}{L_B} \times \frac{I_A^2}{I_B^2} = \frac{1}{48} \times \frac{4}{1} = \frac{1}{12}$

دانلود از اپلیکیشن پارسی

مثال ۴ـ۶

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 $U=$ ۱/۰kWh و جریان $I=$۲۰۰A داده شده است. از معادلهٔ ۴ـ ۵ ضریب القاوری را به‌دست می‌آوریم:

$$U=۱/۰\ \text{kWh}=(۱/۰\times۱۰^{۳}\text{W})(۳۶۰۰\text{s})=۳/۶\times۱۰^{۶}\text{J}$$

$$U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}\Rightarrow L=\frac{۲U}{I^{۲}}=\frac{۲(۳/۶\times۱۰^{۶}\text{J})}{(۲۰۰\text{A})^{۲}}=۱/۸\times۱۰^{۲}\text{H}$$

این مثال قصد دارد بیان کند که استفاده صنعتی از انرژی القاگر محدودیت بسیار زیادی دارد

همان‌طور که نتیجهٔ صفحهٔ قبل نشان می‌دهد ضریب القاوری لازم، بسیار بیشتر از ضریب القاوری یک القاگر معمولی (در حد میلی‌هانری) است که در آزمایشگاه از آن استفاده می‌کنیم. افزون بر این همان‌طور که در فصل ۲ دیدیم سیم‌های معمولی که بتوانند جریان ۲۰۰A را از خود عبور دهند باید قطر بسیار بزرگی داشته باشند. درنتیجه اندازهٔ یک القاگر ۱۸۰H که از سیم‌های معمولی ساخته شده باشد و بتواند چنین جریانی را تحمل کند باید خیلی بزرگ (به اندازهٔ یک اتاق بزرگ) باشد. با توجه به فنّاوری‌های موجود این ایده، غیرعملی است و توجیه اقتصادی ندارد.

تمرین ۴ـ۴

سیملولهٔ آرمانی بدون هسته‌ای به طول ۲۲cm و با حلقه‌هایی به مساحت ۰/۴۴cm^{۲}، شامل $N=$۲۰۰۰ حلقهٔ نزدیک به هم است و جریان ۱/۷A از آن می‌گذرد. ضریب القاوری و انرژی ذخیره‌شده در سیملوله را حساب کنید.

$\pi=۳$

$$L=\frac{K\mu_{۰}N^{۲}A}{l}=\frac{۴\times۳\times۱۰^{-۷}\times(۲۰۰۰)^{۲}\times۰/۴۴\times۱۰^{-۴}}{۲۲\times۱۰^{-۲}}$$

$k=۱$ هوا

بی هسته

$$L=۱\times۱۰^{-۳}\text{H}=۱\ \text{mH}$$

$$U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}=\frac{۱}{۲}\times۱۰^{-۳}\times(۱/۷)^{۲}$$

$$U=۱/۴۴۵\times۱۰^{-۳}\ \text{J}=۱/۴۴۵\ \text{mJ}$$

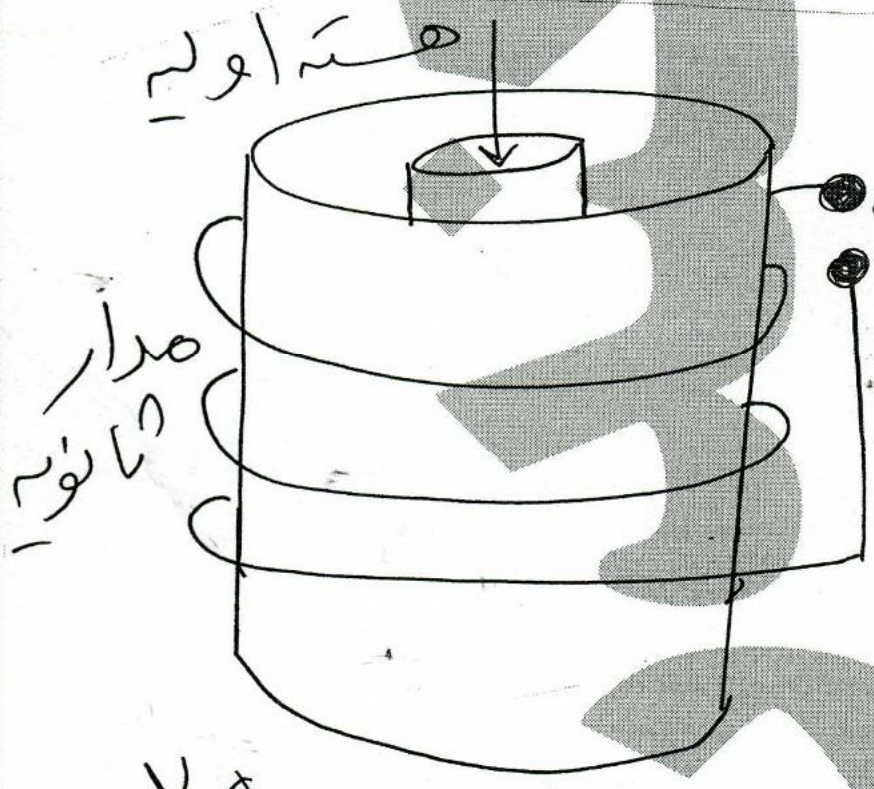
دانلود از اپلیکیشن پادرس

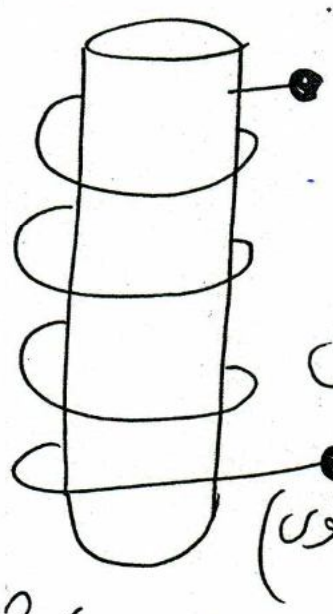
فنّاوری و کاربرد: انرژی لازم برای جرقه زدن شمع خودرو

انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی نقش مؤثری در دستگاه‌های احتراق خودروهای با موتور بنزینی دارد. پیچهٔ اولیه با حدود ۲۵۰ دور به باتری خودرو بسته شده است و میدان مغناطیسی قوی‌ای تولید می‌کند. این پیچه، درون یک پیچهٔ ثانویه با ۲۵۰۰ دور سیم خیلی نازک قرار گرفته است. برای جرقه زدن شمع، جریان در پیچهٔ اولیه قطع می‌شود و میدان مغناطیسی به سرعت به صفر می‌رسد و نیروی محرکهٔ الکتریکی ده‌ها هزار ولتی در پیچهٔ ثانویه القا می‌کند. درنتیجه انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی همراه با جریانی لحظه‌ای از پیچهٔ ثانویه به طرف شمع می‌رود و جرقه‌ای تولید می‌کند که سبب احتراق مخلوط سوخت و هوا در سیلندرهای موتور می‌شود (شکل روبه‌رو).

انرژی لازم برای جرقه زدن شمع خودرو، از انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی پیچهٔ احتراق تأمین می‌شود.

شمع خودرو وقتی جرقه می‌زند

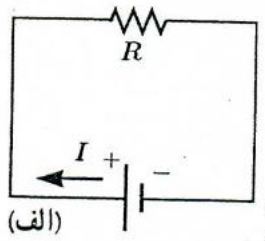




وقتی قرارات جرقه زده شود
جریان در مدار اولیه قطع می‌شود
پس میدان در یک لحظه کوتاه
به صفر می‌رسد در این حالت در مدار ثانویه نیروی محرکهٔ
چند ده هزار ولتی تولید می‌شود و شمع جرقه می‌زند

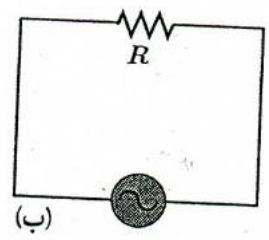
مدار ثانویه ۲۵۰۰ دور
سیم خیلی نازک دارد

دانلود از اپلیکیشن پادرس



(الف)

باتری جریان dc یعنی مستقیم که هم مقدار و هم جهت ثابتی دارد تولید می کند.



(ب)

جریان متناوب AC : در مدار جریان متناوب، به دلیل تغییر جهت جریان با گذشت زمان، نمی‌توان جهت معینی را برای جریان در نظر گرفت. تمامی نیروگاه‌های تولید برق در دنیا و از جمله ایران، جریان متناوب تولید می‌کنند که تابعی سینوسی از زمان است و به همین دلیل، جریان متناوب سینوسی نامیده می‌شود

ادیسون مدافع جریان مستقیم برای مصارف عمومی بود (شکست)
وستینگ‌هاوس مدافع استفاده از جریان متناوب (پیروزی)

یکی از کاربردهای القای الکترومغناطیس تولید جریان متناوب است

علت تولید جریان القائی ← تغییر شار مغناطیسی

شار: $\Phi = AB\cos\theta$ (A یا B یا θ تغییر کند)

رایج‌ترین روش تغییر شار ← تغییر زاویه است.

مولد جریان متناوب ← ژنراتور

مبدّل جریان متناوب ← ترانسفورماتور

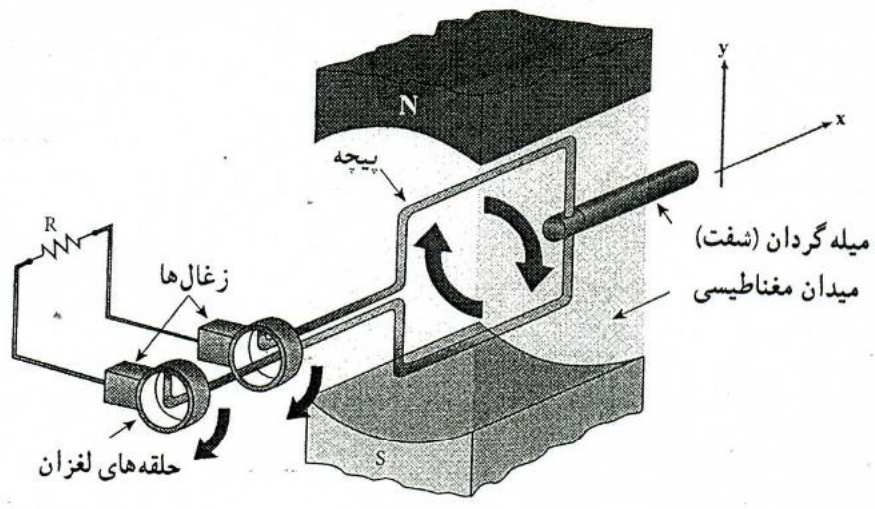
دوره تناوب ← زمانی که لازم تا یک‌بار یک دور کامل بچرخد

بسامد (فرکانس) ← تعداد چرخش‌های کامل در یک ثانیه

بسامد زاویه‌ای (ω) — دوره تناوب (T): $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$

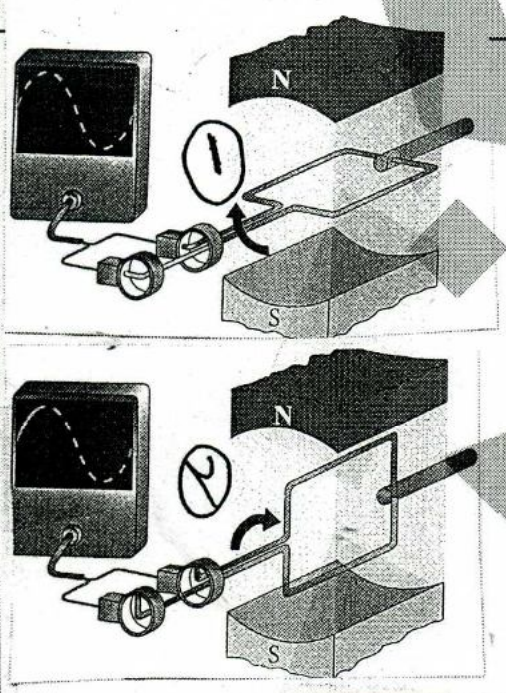
بسامد (فرکانس) (f): $f = \frac{1}{T}$

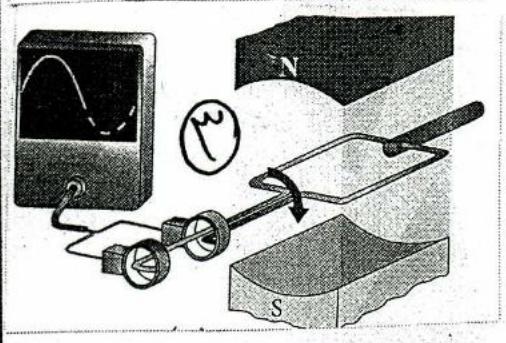
دانلود از اپلیکیشن پادرس

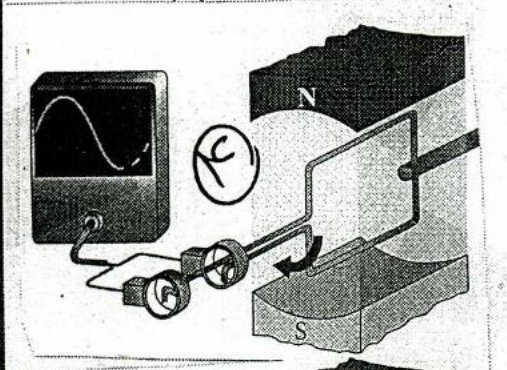


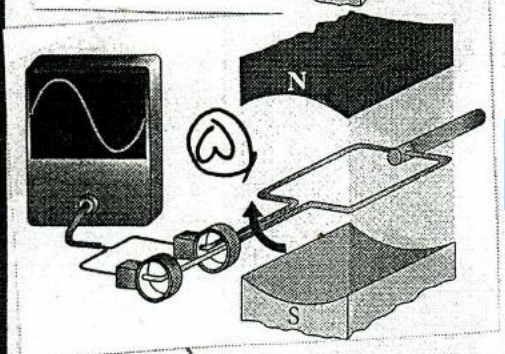
شکل ۴ـ۱۴ اجزای یک مولّد (ژنراتور) جریان متناوب. حرکت مکانیکی از طریق میله گردان، سبب چرخیدن پیچه در میدان مغناطیسی می‌شود و جریان متناوبی را در مدار به وجود می‌آورد.

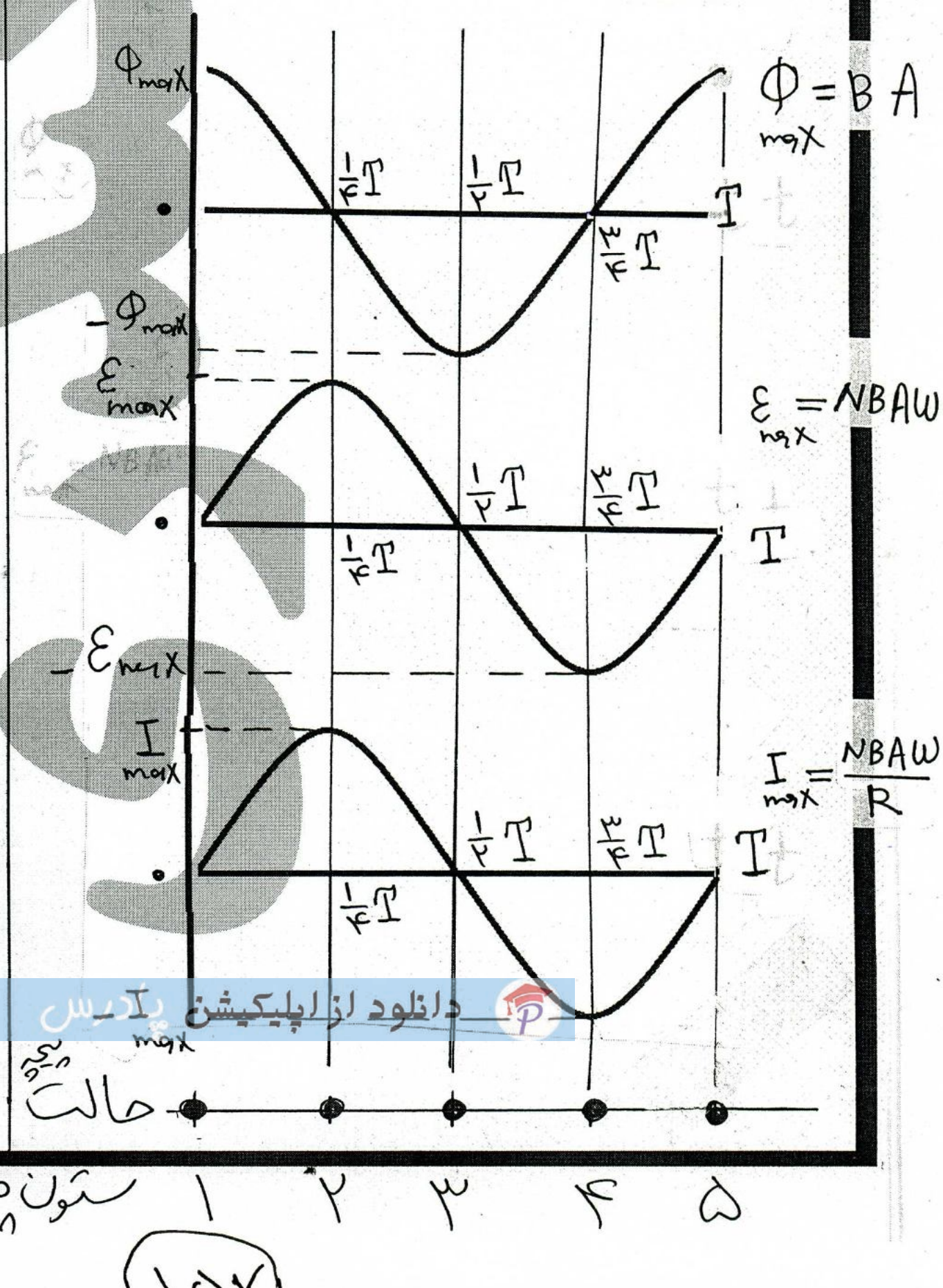
توجه اگر میدان یکنواخت و چرخش پیچه درون میدان نیز با سرعت یکنواخت باشد جریان تولید شده سینوسی است.





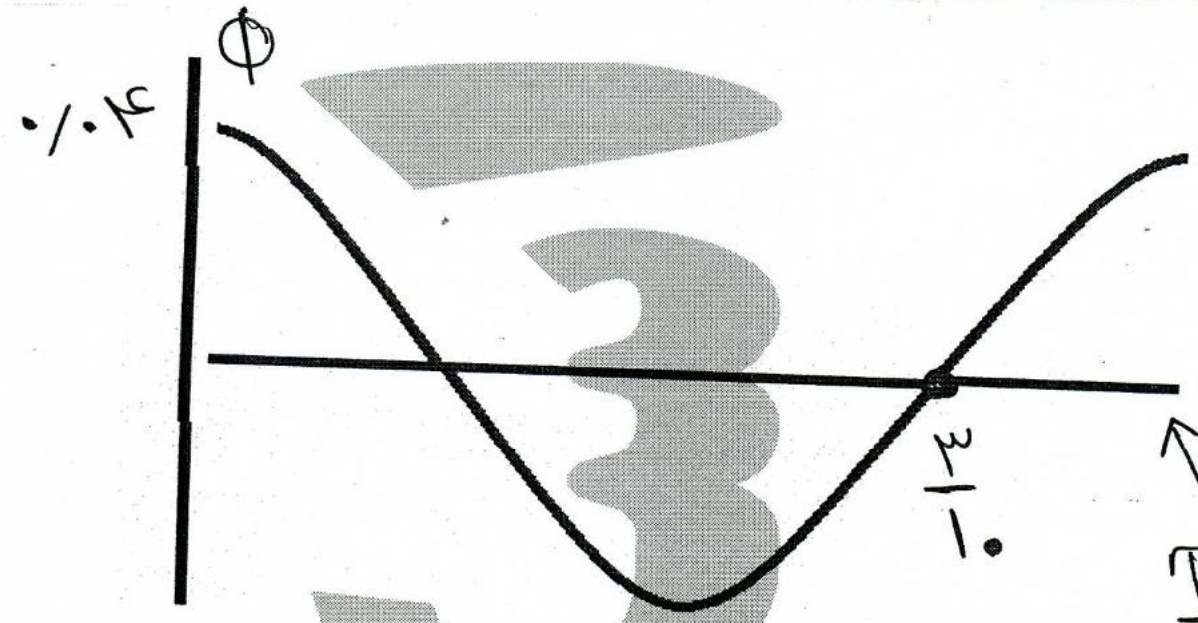






دانلود از اپلیکیشن پادرس

(مثال



$N=۲۰۰$

$R=۵\Omega$

(یک دور کامل)

$\Phi_{max}=BA=۰/۰۴$

$\Phi=BA\cos\omega t$

$\omega=\frac{۲\pi}{T}=\frac{۲\pi}{۴/۱۰}=۵\pi\ \frac{rad}{s}$

معادله شار $\Phi=۰/۰۴\cos۵\pi t$

$\mathcal{E}_{max}=NBA\omega=۲۰۰\times۰/۰۴\times۵\pi=۴۰\pi$

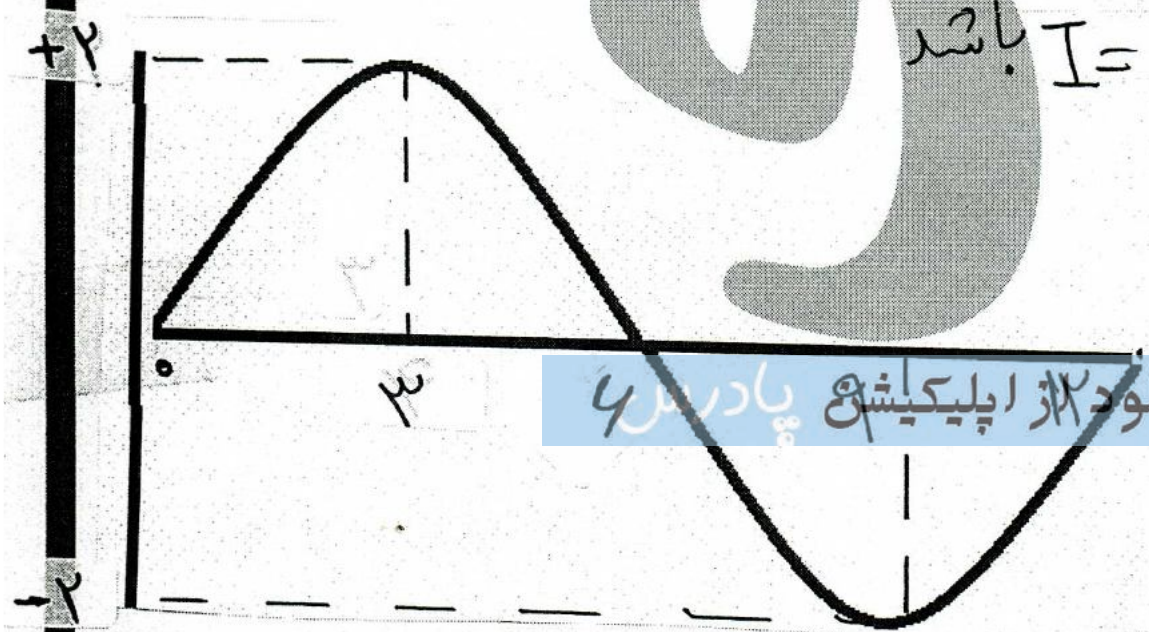
معادله نیروی القائی $\mathcal{E}=\mathcal{E}_{max}\sin\omega t=۴۰\pi\sin۵\pi t$

$\mathcal{E}_{max}=RI_{max}\longrightarrow I_{max}=\frac{۴۰\pi}{۵}=۸\pi$

معادله جریان $I=I_{max}\sin\omega t=۸\pi\sin۵\pi t$

(مثال) اگر $I=۲\sin\frac{\pi}{۶}t$ باشد

نمودار جریان زمان رسم شود



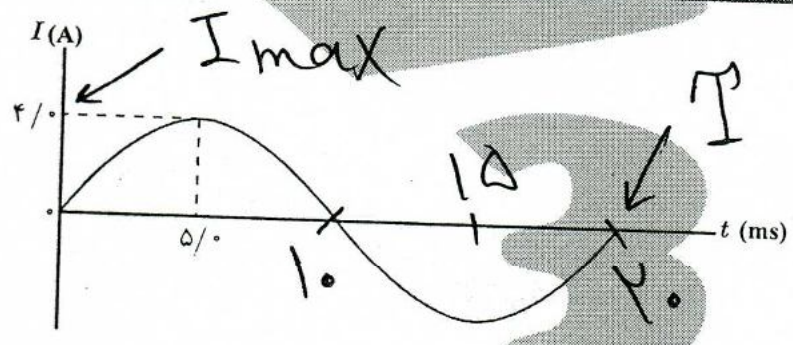
$\omega=\frac{\pi}{۶}$

$\omega=\frac{۲\pi}{T}\rightarrow T=۱۲\ s$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

مثال ۴ـ۷

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 $T = ۲۰\,ms$ است. همچنین با توجه به نمودار، بیشینهٔ جریان $I_m = ۴/۰\,A$ است. در نتیجه از رابطهٔ ۴ـ۷ داریم :

$$I = I_m \sin\frac{۲\pi}{T}t = (۴/۰\,A)\sin\left(\frac{۲\pi}{۲۰\times۱۰^{-۳}\,s}\right)t = ۴/۰\sin ۱۰۰\pi t$$

نتیجهٔ نهایی برحسب یکاهای SI نوشته شده است.

تمرین ۴ـ۵

معادلهٔ جریان ـ زمان یک مولد جریان متناوب برحسب یکاهای SI به‌صورت $I = (۴/۰\times۱۰^{-۳})\sin ۲۵۰\pi t$ است.

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

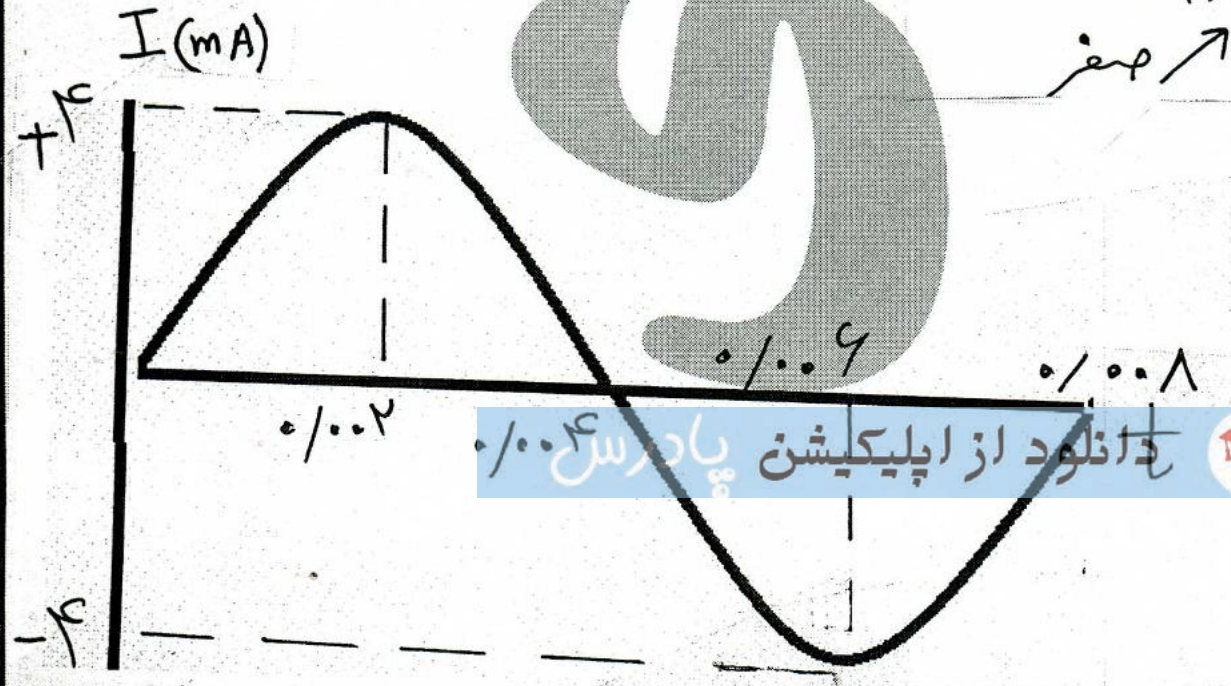
ب) دورهٔ تناوب جریان را به‌دست آورید و نمودار جریان ـ زمان را در یک دورهٔ کامل رسم کنید.

$I = ۴\times۱۰^{-۳}\sin ۲۵۰\pi t$

I_{max} ، ω

$t = ۲\times۱۰^{-۳} \rightarrow I = ۴\times۱۰^{-۳}\sin\frac{\pi}{۲} = ۴\times۱۰^{-۳}\,A$

$t = ۸\times۱۰^{-۳} \rightarrow I = ۴\times۱۰^{-۳}\sin ۲\pi = ۰$ صفر



$\omega = \frac{۲\pi}{T}$

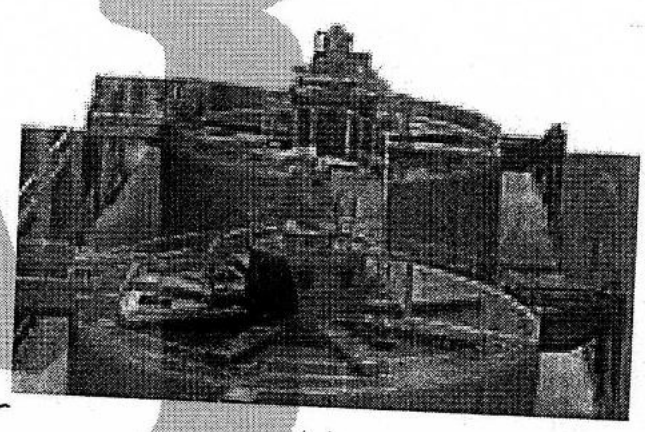
$\omega = ۲۵۰\pi$

$T = ۰/۰۰۸\,s$

دانلود از اپلیکیشن پادرس

در نیروگاههای تولید برق برای ایجاد جریان متناوب از مولدهای صنعتی جریان متناوب استفاده می‌کنند

در مولدهای برق ایران فرکانس ۵۰HZ است یعنی آهنربا هر ۱/۵۰ دوری چرخد

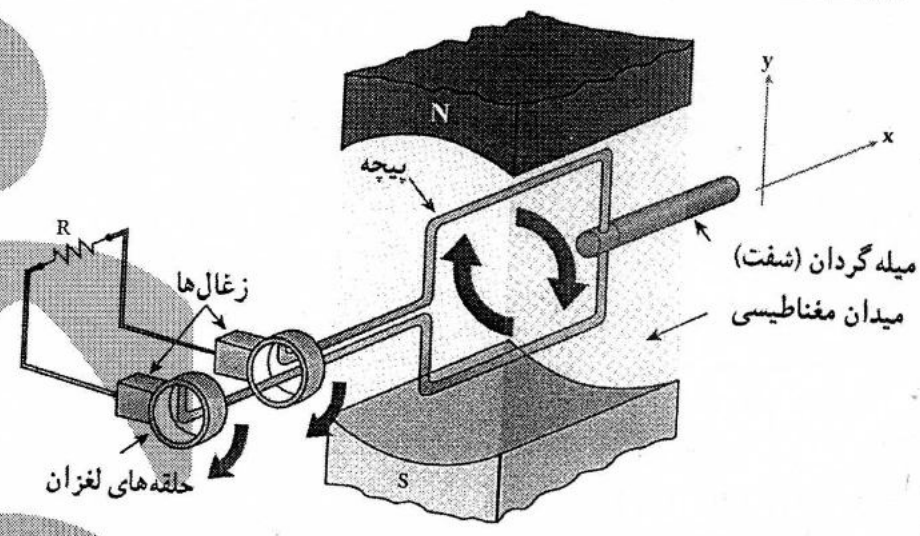


(ب)

(الف)

شکل ۴ـ۱۷ الف) در مولدهای صنعتی با چرخیدن آهنربای الکتریکی بین پیچه‌ها، جریان متناوب تولید می‌شود. ب) نمایی از مولدهای صنعتی تولید برق.

این دو دستگاه یک وظیفه دارند هردو جریان متناوب تولید می‌کنند در رابطه $\Phi = AB\cos\theta$ هردو θ را تغییر می‌دهند



شکل ۴ـ۱۴ اجزای یک مولّد (ژنراتور) جریان متناوب. حرکت مکانیکی از طریق میله گردان، سبب چرخیدن پیچه در میدان مغناطیسی می‌شود و جریان متناوبی را در مدار به وجود می‌آورد.

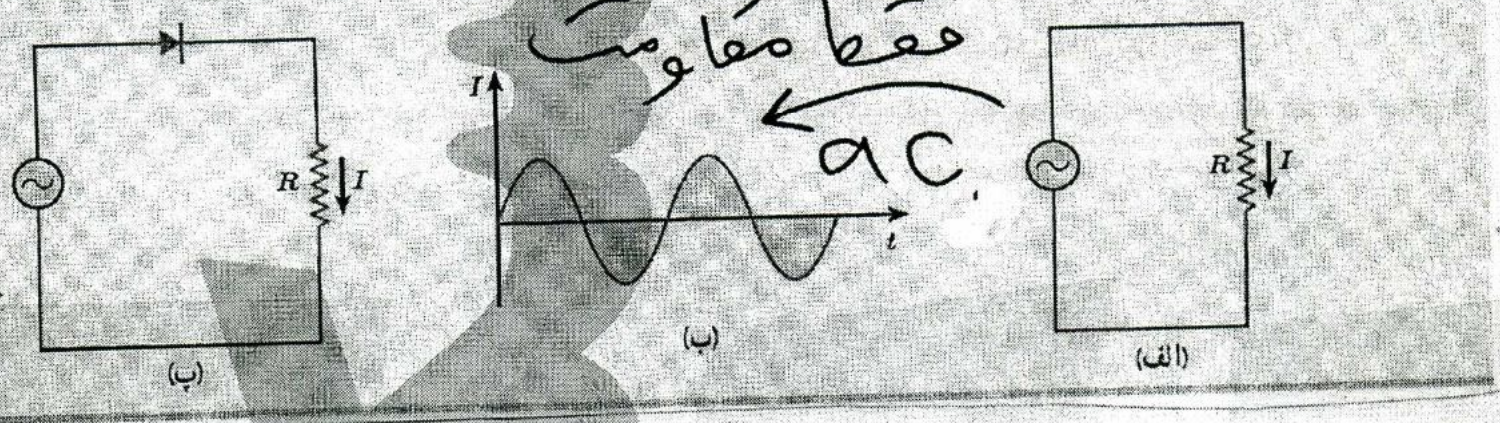
بالائی مولد صنعتی است و در نیروگاه کاربرد دارد و پائینی یک ژنراتور ساده برای مصارف معمول‌تر (موتور برق) است

تفاوت: در بالائی آهنربا داخل سیم‌ها می‌چرخد در پائینی پیچه درون آهنربا می‌چرخد

دانلود از اپلیکیشن پادرس

فعالیت ۴ـ۱

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.



فقط مقاومت

AC

R

V

I

ولتاژ

I

t

شیب ثابت

جریان ثابت

(DC)

$V = RI$ (قانون اهم)

دیود

R

AC

I

I +

t

فقط در یک طرف I عبور می‌کند

I −

t

I −

درست

V

I

t

غلط $I \approx 0$

دانلود از اپلیکیشن یار درس