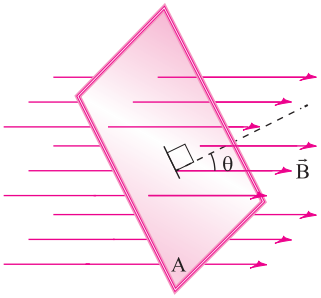
فصل چهارم: (القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب)

درس‌نامه

درس ۱ (پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی ـ قانون القای الکترومغناطیسی فاراده ـ قانون لنز)

القای الکترومغناطیسی: پدیدهٔ القای نیروی محرکهٔ الکتریکی در یک مدار بسته را القای الکترومغناطیسی می‌نامند.



شار مغناطیسی: این کمیت به صورت مقابل تعریف می‌شود و کمیتی نرده‌ای است. $\Phi = AB\cos\theta$

در رابطهٔ بالا، Φ شار مغناطیسی با یکای وبر (Wb) و A مساحت حلقهٔ بسته با یکای مترمربع و B اندازهٔ میدان مغناطیسی با یکای تسلا و θ زاویهٔ بین نیم‌خط عمود بر حلقه و خط‌های میدان مغناطیسی است.

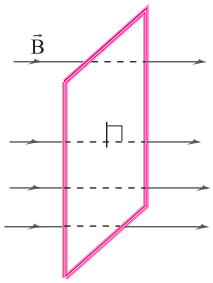
یکای وبر عبارت است از: $Wb = Tm^2$.

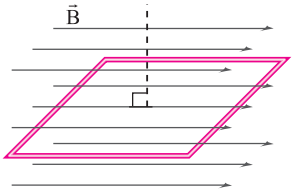
نکات

۱. نیم‌خط عمود بر حلقه با خط‌های میدان دو زاویهٔ مکمل می‌سازد. انتخاب یکی از آن‌ها اختیاری است، اما پس از انتخاب تا پایان مسئله نباید انتخاب خود را تغییر دهیم.

۲. اگر خط‌های میدان مغناطیسی بر سطح حلقه عمود باشد، $\theta = 0^\circ$ یا $\theta = 180^\circ$ است.

۳. اگر خط‌های میدان مغناطیسی بر سطح حلقه مماس باشد، $\theta = 90^\circ$ است.





مثال ۱ *حلقهٔ رسانایی به مساحت $10cm^2$ ابتدا عمود بر خط‌های یک میدان مغناطیسی با اندازهٔ $2mT$ قرار دارد و سپس نیم دور می‌چرخد. شار مغناطیسی عبوری از حلقه چند وبر تغییر می‌کند؟*

پاسخ: وقتی خط‌های میدان مغناطیسی بر سطح حلقه عمود است، زاویه می‌تواند صفر یا ۱۸۰ درجه باشد. ما زاویهٔ اولیه را صفر فرض می‌کنیم. پس از این که حلقه نیم دور بچرخد زاویه ۱۸۰ درجه می‌شود.

$$10cm^2 \times (\frac{10^{-2}m}{1cm})^2 = 10\times10^{-4}m^2 = 10^{-3}m^2$$

$$\Phi_1 = AB\cos\theta_1 = 10^{-3}\times2\times10^{-3}\times\cos0 = 2\times10^{-6}Wb$$

$$\Phi_1 = AB\cos\theta_1 = 10^{-3}\times2\times10^{-3}\times\cos180 = -2\times10^{-6}Wb$$

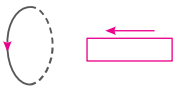
$$\Delta\Phi = -2\times10^{-6} - 2\times10^{-6} = -4\times10^{-6}Wb$$

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده: هرگاه شار مغناطیسی عبوری از یک حلقهٔ رسانای بسته تغییر کند، در آن حلقهٔ رسانا نیروی محرکهٔ الکتریکی القا می‌شود.

نیروی محرکهٔ الکتریکی القا شده در حلقه باعث ایجاد جریان الکتریکی در حلقه می‌شود. جریان متوسط در حلقه از رابطهٔ $\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$ محاسبه می‌شود.

قانون لنز: جریان القایی در یک مدار یا پیچه در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن، با عامل به وجودآورندهٔ جریان القایی، یعنی تغییر شار مغناطیسی، مخالفت می‌کند.

مثال ۲ *در شکل زیر، قطب‌های آهنربا را با ذکر دلیل تعیین کنید.*



پاسخ: جهت میدان مغناطیسی القایی در حلقه با توجه به جهت جریان القایی در آن و قاعدهٔ دست راست، به سمت راست است، پس میدان مغناطیسی آهنربا باید به سمت چپ باشد و قطب‌های آهنربا مطابق شکل زیر خواهد شد.

نیروی محرکهٔ القایی متوسط از رابطهٔ روبه‌رو محاسبه می‌شود:

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

مثال ۳ *شار عبوری از یک حلقهٔ رسانای بسته در مدت* $0/1\,s$ *از صفر به* $0/02\,Wb$ *می‌رسد. اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه را حساب کنید.*

پاسخ: چون **اندازهٔ** نیروی محرکهٔ القایی متوسط را می‌خواهد، رابطه را در قدرمطلق قرار می‌دهیم.

$$|\overline{\varepsilon}| = \left|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \left|-1\times\frac{0/02-0}{0/1}\right| = 0/2\,V$$

اگر تنها یکی از عوامل مؤثر بر شار مغناطیسی (مساحت، اندازهٔ میدان مغناطیسی یا زاویه) تغییر کند، می‌توانیم از رابطه‌های زیر استفاده کنیم.

$$\overline{\varepsilon} = -NAB\frac{\cos\theta_2 - \cos\theta_1}{\Delta t}$$

$$\overline{\varepsilon} = -NA\cos\theta\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$\overline{\varepsilon} = -NB\cos\theta\frac{\Delta A}{\Delta t}$$

مثال ۴ *سطح حلقه‌ای بر خط‌های میدان مغناطیسی متغیری عمود است. اگر مساحت حلقه* $50\,cm^2$ *باشد و اندازهٔ میدان مغناطیسی بدون تغییر جهت با آهنگ* $20\frac{mT}{s}$ *کاهش یابد، اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه چقدر است؟*

پاسخ:

$$A = 50\,cm^2 = 50\times10^{-4}\,m^2\ ,\ \theta = 0\ ,\ \frac{\Delta B}{\Delta t} = -20\times10^{-3}\,\frac{T}{s}$$

$$|\overline{\varepsilon}| = \left|-NA\cos\theta\frac{\Delta B}{\Delta t}\right| = \left|-1\times5\times10^{-3}\times1\times(-2\times10^{-2})\right| = 10^{-4}\,V$$

۴ سؤالات امتحانی درس اول

۱. **جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کنید.**

الف) هر چه آهنگ تغییر ..... در مدار بسته بیشتر باشد، نیروی محرکهٔ القایی در آن ..... است.

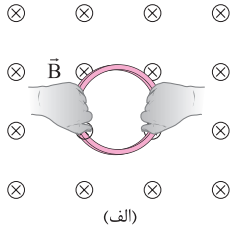
ب) یکای شار مغناطیسی ..... است که ..... نامیده می‌شود.

۲. **عبارت صحیح را از داخل پرانتز انتخاب کنید.**

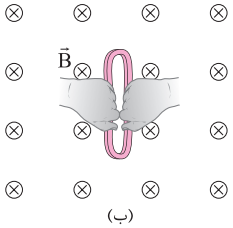
الف) شار مغناطیسی، کمیتی (نرده‌ای ـ برداری) است.

ب) اگر خط‌های میدان مغناطیسی بر سطح حلقه عمود باشد، شار عبوری از حلقه (بیشینه ـ صفر) است.

پ) حلقهٔ دایره‌ای شکل مطابق شکل الف در یک میدان مغناطیسی قرار دارد و آن را به صورت شکل ب در می‌آوریم. جهت جریان القایی در آن (ساعتگرد ـ پادساعتگرد) است.



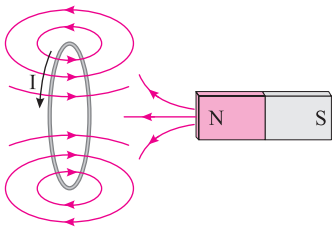
(الف)



(ب)

ت) یکای (آمپر ـ ولت) معادل وبر بر ثانیه است.

۳. درستی یا نادرستی جملات زیر را تعیین کنید.



الف) اساس کار سامانهٔ کنترل تندی خودرو، جریان القایی است. درست ☐ نادرست ☐

ب) در شکل مقابل با توجه به جریان القایی در حلقه، آهنربا در حال دور شدن از حلقه بوده است.
درست ☐ نادرست ☐

پ) القای نیروی محرکهٔ الکتریکی در یک مدار بسته را القای الکترومغناطیسی می‌نامند.
درست ☐ نادرست ☐

ت) اگر یک میلهٔ رسانا را در راستای عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی با تندی ثابت حرکت دهیم، اختلاف پتانسیل دو سر میله برابر صفر است. درست ☐ نادرست ☐

۴. آزمایشی برای بررسی پدیدهٔ القای الکترومغناطیسی طراحی کنید.

۵. شاری که از یک حلقه در میدان مغناطیسی می‌گذرد، به چه عامل‌هایی بستگی دارد؟

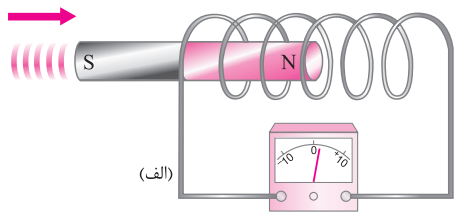
۶. سه روش برای ایجاد جریان القایی در یک حلقهٔ رسانا که در میدان مغناطیسی قرار دارد بنویسید.

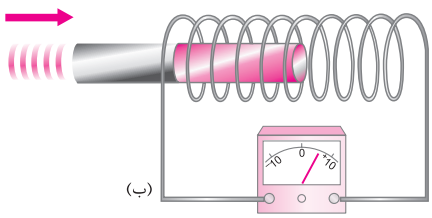
۷. توضیح دهید اگر یک آهنربا و یک پیچه را که در فاصلهٔ معینی از هم قرار دارند با هم به صورت یکنواخت در یک سو حرکت دهیم، آیا در پیچه جریان القایی ایجاد می‌شود؟

۸. طرز کار کارت‌های اعتباری بانکی را بنویسید.

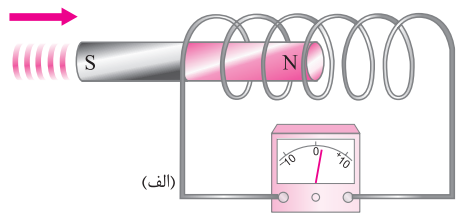
۹. طرز کار سامانهٔ تنظیم حد تندی خودرو (کروز کنترل) را بنویسید.

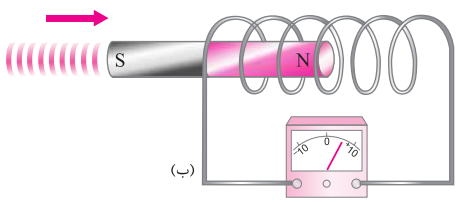
۱۰. دریافت خود را از مشاهدهٔ شکل‌های زیر بنویسید.



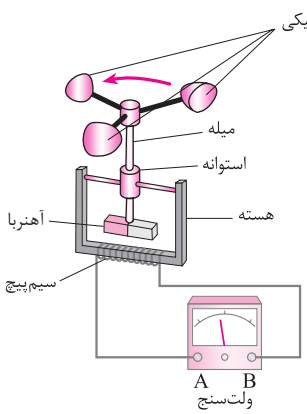


۱۱. دریافت خود را از مشاهدهٔ شکل‌های زیر بنویسید.

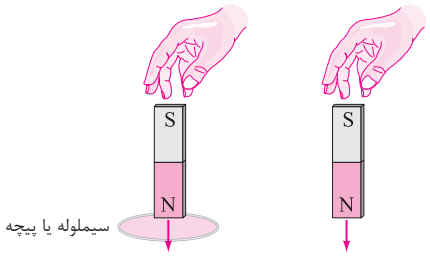




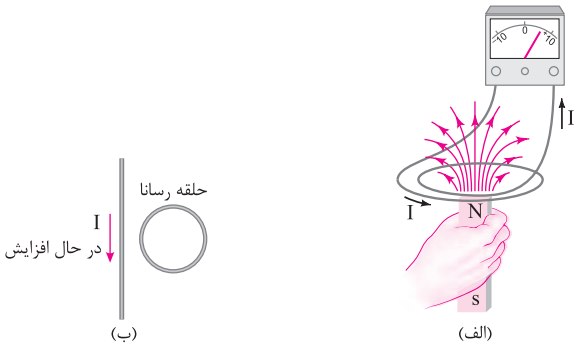
۱۲. در شکل تصویر یک بادسنج را مشاهده می‌کنید. طرز کار آن را بنویسید.



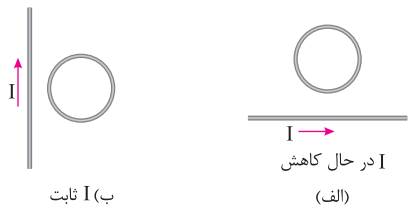
۱۳. دو آهنربای تیغه‌ای مشابه از ارتفاع یکسان رها می‌شوند. اگر یکی از آن‌ها هنگام سقوط از درون پیچه‌ای عبور کند، با ذکر دلیل توضیح دهید کدام آهنربا دیرتر به زمین می‌رسد؟



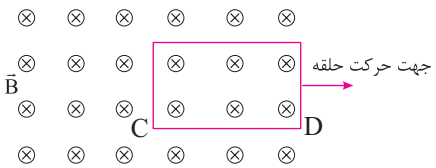
۱۴. در شکل الف جهت حرکت آهنربا و در شکل ب جهت جریان القایی در حلقه را با ذکر دلیل تعیین کنید.



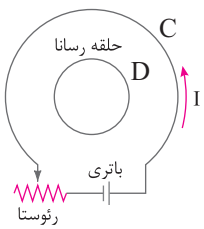
۱۵. جهت جریان القایی در هر یک از حلقه‌های دایره‌ای نشان داده شده در شکل زیر را مشخص کنید.



۱۶. در شکل روبه‌رو، اگر حلقهٔ رسانای بسته را به سمت راست حرکت دهیم، با ذکر دلیل جهت جریان القایی در سیم CD را تعیین کنید.



۱۷. در شکل مقابل اگر مقاومت رئوستا را کم کنیم، جهت جریان القایی در حلقهٔ D را مشخص کنید.



۱۸. در شکل زیر، هنگام بستن کلید، در مدار (۱) جهت جریان القایی را در مقاومت R در مدار (۲) تعیین کنید.