

-۱

### شار مغناطیسی

وقتی سیم پیچ یا مداری که مساحت آن برابر  $A$  می باشد در یک میدان مغناطیسی قرار گیرد، شار مغناطیسی که از سیم پیچ یا مدار عبور می کند طبق رابطه ی زیر قابل محاسبه است:

$$\text{میدان مغناطیسی (T)} \uparrow \uparrow \text{مساحت یک حلقه (m}^2\text{)}$$

$$\text{شار مغناطیسی سیم پیچ (و بر Wb)} \leftarrow \varphi = AB \cos \theta \rightarrow \text{زاویه ی بین نیم خط عمود بر سطح سیم پیچ و میدان مغناطیسی}$$

-۲

### شار مغناطیسی بیشینه

وقتی سیم پیچ عمود بر میدان مغناطیسی است، شار مغناطیسی ماکزیمم می باشد.

$$\Rightarrow \theta = 0^\circ \text{ یا } 180^\circ \Rightarrow |\cos \theta| = 1 \Rightarrow \varphi_{\max} = \pm AB \text{ (سطح سیم پیچ عمود بر میدان)}$$

-۳

### شار مغناطیسی صفر

وقتی سیم پیچ موازی میدان مغناطیسی باشد، شار مغناطیسی عبوری برابر صفر است.

$$\Rightarrow \theta = 90^\circ \text{ یا } 270^\circ \Rightarrow \cos \theta = 0 \Rightarrow \varphi = 0 \text{ (سیم پیچ موازی میدان)}$$

-۴

### قانون فارادی

هرگاه شار مغناطیسی که از یک مدار بسته می گذرد تغییر نماید، در آن نیروی محرکه ای القاء خواهد شد و جریانی در آن برقرار می شود به طوری که بزرگی نیروی محرکه ی القا شده متناسب با آهنگ تغییر شار است.

$$\varepsilon = -\frac{d\varphi}{dt}$$

در این رابطه  $\varepsilon$  بر حسب ولت،  $\frac{d\varphi}{dt}$  بر حسب و بر بر ثانیه است.

-۵

### قانون لنز

سوی جریان حاصل از نیروی محرکه ی القایی به گونه ای است که به وسیله ی آثار مغناطیسی ای که به وجود می آورد با عامل به وجود آورنده خود (تغییر شار) مخالفت می کند.

-۶

### محاسبه ی نیروی محرکه ی القایی متوسط و لحظه ای

از ترکیب دو قانون فارادی و لنز، فرمول ها از رابطه ی زیر به دست می آید:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \text{ (نیروی محرکه ی خودالقایی متوسط)} \Rightarrow \text{(نیروی محرکه ی خودالقایی لحظه ای)} \varepsilon = -N \frac{d\varphi}{dt}$$

$$N = \text{تعداد حلقه های پیچ، } \Delta \varphi = \text{تغییر شار بر حسب و بر (Wb)}, \Delta t = \text{زمان تغییر شار بر حسب ثانیه (S)}$$

$$\bar{\varepsilon} = \text{نیروی محرکه ی القایی متوسط در پیچ بر حسب ولت (V)}, \text{ آهنگ تغییر شار در پیچ بر حسب } \left(\frac{wb}{s}\right)$$

-۷ نکته: در مواردی که حرکت باعث تغییر شار می شود، قانون لنز مانند نیروی اصطکاک عمل کرده و در مقابل حرکت مقاومت نشان می دهد.

**روش های ایجاد تغییر شار در یک مدار**

-۸

طبق رابطه ی  $\varphi = BA \cos \theta$  با تغییر هر یک از عوامل میدان مغناطیسی، شدت میدان مساحت حلقه (A)، و زاویه ی بین سوی میدان مغناطیسی و نیم خط عمود بر صفحه ( $\theta$ )، شار تغییر نموده و باعث ایجاد نیروی محرکه ی القایی در یک مدار بسته ی رسانا خواهد شد.

$$\Delta \varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \Rightarrow \begin{cases} \Delta \varphi = A(\Delta B) \cos \alpha & \text{تغییر شار به روش تغییر میدان} \\ \Delta \varphi = (\Delta A) B \cos \alpha & \text{تغییر شار به روش تغییر مساحت} \\ \Delta \varphi = AB(\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) & \text{تغییر شار به روش تغییر زاویه} \end{cases}$$

**تشریح قانون لنز**

-۹

وقتی شار مغناطیسی به هر دلیلی تغییر کند، نیروی محرکه ی القایی و به دنبال آن جریان الکتریکی القایی تولید می شود. جریان الکتریکی القا شده، در اطراف مدار، میدان مغناطیسی به وجود می آورد که آن را میدان مغناطیسی القایی نامیده و با  $B_L$  نشان می دهیم.

طبق قانون لنز، نیروی محرکه ی القایی با آثاری که از خود به وجود می آورد، با تغییرات شار مخالفت می کند. به این ترتیب که اگر شار افزایش یابد با ایجاد میدان القایی در خلاف جهت میدان اصلی، با افزایش شار مخالفت می کند و اگر شار کاهش یابد با ایجاد میدان القایی در جهت میدان اصلی، با کاهش شار مخالفت خواهد کرد.

$\left\{ \begin{array}{l} \text{قطب آهن ربا به سیم پیچ نزدیک شود} \\ \text{مساحت حلقه افزایش یابد} \\ \text{شدت جریان در مدار دارای مولد افزایش یابد} \end{array} \right.$	$\Rightarrow$ شار افزایش می یابد	$\Rightarrow$ میدان القایی در خلاف جهت میدان اصلی
$\left\{ \begin{array}{l} \text{قطب آهن ربا از سیم پیچ دور می شود} \\ \text{مساحت حلقه کاهش می یابد} \\ \text{شدت جریان در مدار دارای مولد کاهش می یابد} \end{array} \right.$	$\Rightarrow$ شار کاهش می یابد	$\Rightarrow$ میدان القایی در جهت میدان اصلی

**حرکت سیم رسانا در میدان**

-۱۰

وقتی میله ای رسانا به طول  $l$  در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت  $B$  با سرعت  $V$  و در امتداد عمود بر میدان مغناطیسی به حرکت درآید، نیروی محرکه ای در دو سر آن القا خواهد شد.

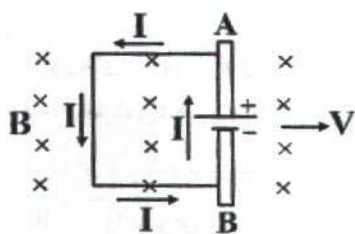
$\varepsilon = LVB$

**سوی جریان القایی در میله**

-۱۱

اگر چهار انگشت دست راست، سوی حرکت میله ( $V$ ) و جمع شدن انگشتان به سمت میدان باشد، انگشت شست سوی جریان القایی را نشان خواهد داد.

**نکته:** در این پدیده، میله به عنوان مولد عمل می کند که همانند درون یک مولد، جریان از انتهای منفی (پتانسیل کم تر) به انتهای مثبت (پتانسیل بیشتر) جریان خواهد یافت.



[www.my-dars.ir](http://www.my-dars.ir)

-۱۲

**نیروی محرکه ی خود القایی**

هرگاه جریان الکتریکی از یک سیم پیچ عبور می کند در حال تغییر باشد در سیم پیچ تغییر شار مغناطیسی رخ می دهد که باعث ایجاد نیروی محرکه ای در سیم پیچ می شود که به آن نیروی محرکه ی خودالقایی می گوئیم و از رابطه ی زیر قابل محاسبه است:

$$\vec{\varepsilon}_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

تغییرات شدت جریان (آمپر) ↑

نیروی محرکه ی خودالقایی متوسط (ولت) ←

ضریب خودالقایی ↓

مدت تغییر جریان (ثانیه) ↓

-۱۳

**جهت نیروی محرکه ی خودالقایی**

اگر جریان الکتریکی مدار در حال افزایش باشد، نیروی محرکه ی خودالقایی در خلاف جهت نیروی محرکه ی اصلی مدار (نیروی محرکه ی مولدها) ایجاد می شود و اگر جریان الکتریکی مدار، در حال کاهش باشد، نیروی محرکه ی خودالقایی هم جهت نیروی محرکه ی اصلی مدار (نیروی محرکه ی مولدها) ایجاد می شود.

-۱۴

**ضریب خودالقایی سیم لوله**

ضریب خودالقایی سیم پیچ (L) کمیتی است که فقط به مشخصات ساختمانی سیم لوله بستگی دارد و با تغییرات شدت جریان یا شار مغناطیسی مقدار آن ثابت می ماند و بر اساس مشخصات ساختمانی سیم لوله (تعداد حلقه، مساحت هر حلقه، طول سیم پیچ و جنس هسته) از رابطه ی زیر قابل محاسبه است.

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

↑ تعداد حلقه ها

→ مساحت هر حلقه

→ طول سیم لوله

← ضریب خودالقایی (هانری)

↓ ضریب مغناطیسی مربوط به هسته ی سیم پیچ (بدون واحد)

{ k = 1 هوا و خلا }  
{ k >> 1 آهن، نیکل و کبالت }

-۱۵

**انرژی مغناطیسی ذخیره شده در یک سیم پیچ**

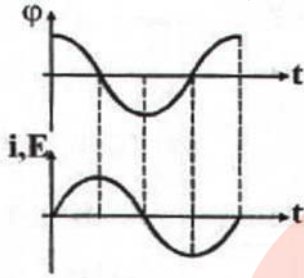
هنگامی که جریان الکتریکی در یک سیم پیچ از صفر تا I افزایش می یابد، انرژی الکتریکی در سیم پیچ به صورت انرژی مغناطیسی ذخیره می شود که طبق رابطه ی زیر قابل محاسبه است.

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow \Delta U = \int_0^I L(I) \cdot dI$$

← انرژی مغناطیسی (ژول)

**مولد جریان متناوب**

هرگاه سیم پیچی را با  $N$  حلقه در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با سرعت زاویه ای ثابت  $\omega$  بچرخانیم، شار مغناطیسی که از آن عبور می کند به طور متناوب تغییر خواهد کرد و در نتیجه نیروی محرکه ی القایی و جریان الکتریکی القایی متناوبی در سیم پیچ ایجاد می گردد که نمودار تغییرات شار و نیروی محرکه و هم چنین معادله ی آنها به صورت زیر می باشد.



$$\phi = BA \cos(\omega t) \Rightarrow \phi = \phi_m \cos \omega t \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

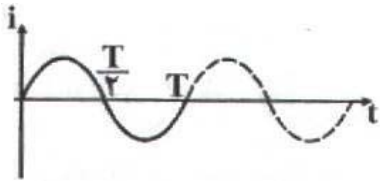
$$\epsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \Rightarrow \epsilon = NBA(\omega) \sin(\omega t) \Rightarrow \epsilon = \epsilon_m \sin \omega t$$

$$\epsilon_m = NBA\omega$$

**جریان القایی متناوب**

طبق رابطه ی  $I = \frac{\epsilon}{R}$  در سیم پیچ، جریان الکتریکی القا می شود که تغییرات آن همانند تغییرات نیروی محرکه ی القایی می باشد. یعنی وقتی  $\epsilon = 0$  است باید  $I = 0$  باشد و وقتی  $\epsilon$  ماکزیمم است باید  $I$  نیز ماکزیمم باشد.

با دقت به شکل زیر می بینید که وقتی شار مغناطیسی عبوری از سیم پیچ ماکزیمم است (سطح سیم پیچ عمود بر میدان مغناطیسی) نیروی محرکه ی القایی و جریان الکتریکی القایی برابر صفر می باشد و هنگامی که شار مغناطیسی عبوری برابر صفر است (سطح سیم پیچ موازی میدان مغناطیسی) نیروی محرکه ی القایی و جریان الکتریکی القایی ماکزیمم می شود.



**۱۷- نیروی محرکه القایی در یک پیچه (یا سیم لوله)**

اگر در یک پیچه شار مغناطیسی تغییر کند به هر حلقه ی آن نیروی محرکه ای القا می شود. با فرض یکسان بودن حلقه ها نیروهای محرکه ی القایی نیز یکسان است. پس نیروی محرکه ی القایی کل برابر است با تعداد حلقه ها ضرب در نیروی محرکه ی القایی هر حلقه.

$$\epsilon = -N \frac{d\phi}{dt}$$

[www.my-dars.ir](http://www.my-dars.ir)

**۱۸- یکای خودالقایی (هانری)**

یک هانری ضریب خودالقایی سیم لوله ای است که اگر جریان آن با آهنگ یک آمپر بر ثانیه تغییر کند، نیروی محرکه ی یک ولت در آن القا شود.

۱- حلقه‌ای به مساحت  $50 \text{ cm}^2$  در یک میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B}$  قرار دارد. با فرض این که خطهای میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  عمود بر سطح حلقه باشند، اگر بزرگی میدان مغناطیسی بدون تغییر جهت آن به اندازه‌ی  $0.3 \text{ T}$  افزایش یابد، شار مغناطیسی که از سطح حلقه می‌گذرد، چه قدر تغییر می‌کند؟

$$A = 50 \text{ cm}^2 = 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\theta = 0$$

$$\Delta B = 0.3 \text{ T}$$

$$\begin{cases} \Delta \Phi = (\Delta B) A \cos \theta \\ \Delta \Phi = (0.3) \times 50 \times 10^{-4} \times 1 = 1.5 \times 10^{-3} \text{ wb} \end{cases}$$

۲- میدان مغناطیسی عمود بر یک قاب دایره‌ای شکل به قطر  $20$  سانتی‌متر با زمان تغییر می‌کند و در مدت  $0.5 \text{ s}$  از  $+0.28 \text{ T}$  تسلا به  $-0.12 \text{ T}$  تسلا می‌رسد (تغییر علامت نشان می‌دهد که جهت میدان نیز وارون شده است). نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در حلقه را حساب کنید.

$$N = 1$$

$$2R = 20 \text{ cm} \Rightarrow R = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

$$\Delta t = 0.5 \text{ s}$$

$$B_1 = +0.28 \text{ T}$$

$$B_2 = -0.12 \text{ T}$$

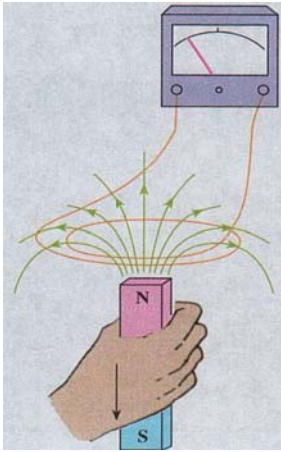
$$\theta = 0$$

$$\begin{cases} |\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| \\ \Phi = ABC \cos \theta \\ |\bar{\varepsilon}| = \left| -N \left( \frac{B_2 - B_1}{\Delta t} \right) A \cos \theta \right| \\ |\bar{\varepsilon}| = -1 \times \left( \frac{-0.12 - 0.28}{0.5} \right) \times \pi \times (0.1)^2 = 8\pi \times 10^{-3} \text{ ولت} \end{cases}$$

مای درس

گروه آموزشی عصر

[www.my-dars.ir](http://www.my-dars.ir)



۳- قطب N یک آهنربای میله‌ای را مطابق شکل زیر از پیچه دور می‌کنیم، با استفاده از قانون لنز جهت جریان القایی را در پیچه تعیین کنید.

با توجه به این که آهنربا از پیچه دور می‌شود، آثار مغناطیسی حاصل از جریان القایی، قطب غیرهم‌نام را مجاور آهنربا تشکیل می‌دهد تا با دور شدن آهنربا مخالفت کند. در این صورت قسمت پایین پیچه قطب S و بالای پیچه قطب N را تشکیل می‌دهد. پس با توجه به قانون دست راست جریان القایی در پیچه پادساعتگرد است، یعنی جریان از قطب سمت چپ گالوانومتر به قطب سمت راست آن می‌باشد.

۴- دو سیم‌لوله با سطح مقطع و تعداد دور یکسان در نظر بگیرید. اگر طول یکی از سیم‌لوله‌ها دو برابر دیگری باشد، نسبت ضریب خودالقایی آن‌ها را محاسبه کنید.

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

$$\left\{ \begin{array}{l} N_1 = N_2 \\ A_1 = A_2 \\ k_1 = k_2 \\ L \text{ ضریب خودالقایی سیم لوله} \\ l \text{ طول سیم لوله} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{l_1}{2l_1} = \frac{1}{2}$$

# مای درس

گروه آموزشی عصر

[www.my-dars.ir](http://www.my-dars.ir)



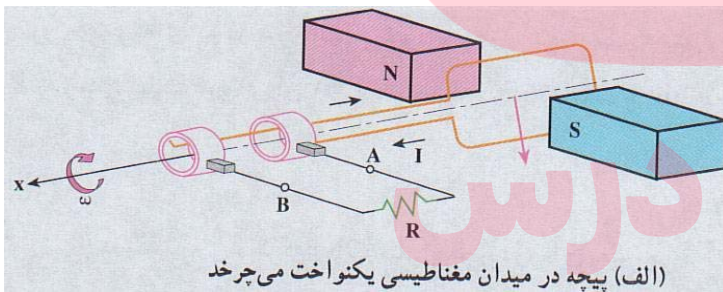
۵- رابطه‌ای برای انرژی ذخیره شده در یک سیملوله‌ی بدون هسته برحسب ویژگی‌های سیملوله به دست آورید.

$$\begin{cases} L = k\mu_0 \frac{N^2 A}{L} \\ k = 1 \Rightarrow L = \mu_0 \frac{N^2 A}{L} \end{cases}$$

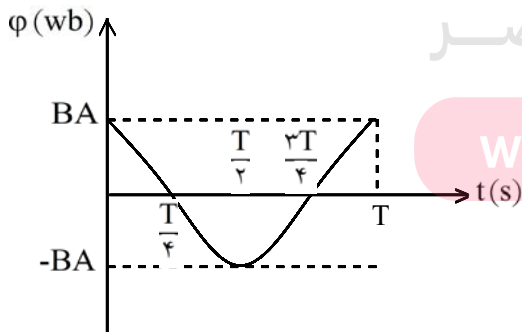
اگر طرفین معادله را در  $\mu_0 I$  ضرب کنیم، خواهیم داشت:

$$\begin{cases} U = \frac{1}{2} \mu_0 \frac{N^2 A}{L} \times I^2 \times \left( \frac{\mu_0 \times L}{\mu_0 \times L} \right) \Rightarrow U = \frac{1}{2} B^2 A \left( \frac{L}{\mu_0} \right) \\ B^2 = \mu_0 \frac{N^2 I^2}{L} \\ U = \frac{1}{2} B^2 A \left( \frac{L}{\mu_0} \right) \\ V = AL \text{ حجم سیملوله} \Rightarrow U = \frac{B^2 V}{2\mu_0} \end{cases}$$

در این رابطه  $B$  میدان مغناطیسی و  $V$  حجم داخل سیملوله می‌باشد.



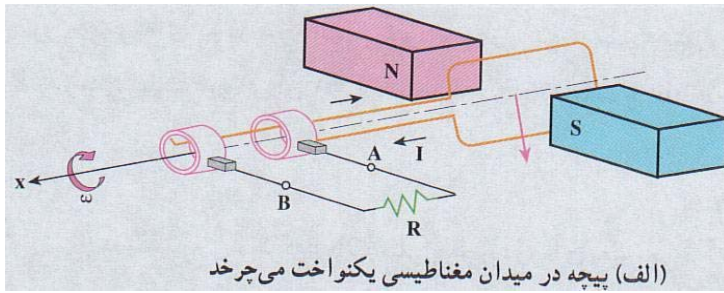
۶- نمودار تغییرات شاری که از مدار بیچه در شکل زیر می‌گذرد را بر حسب زمان در طول یک دوره‌ی چرخش بیچه رسم کنید.



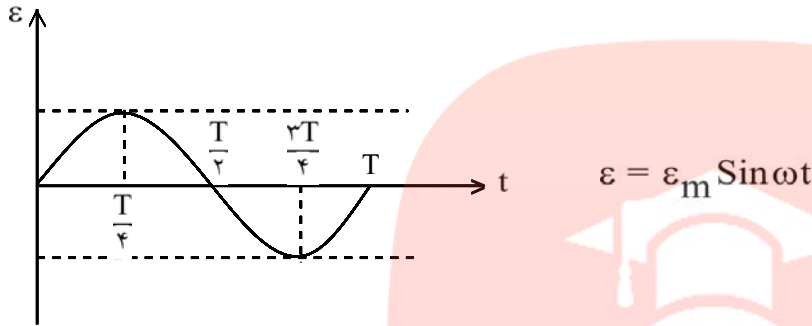
گروه آموزشی عصر

www.my-dars.ir

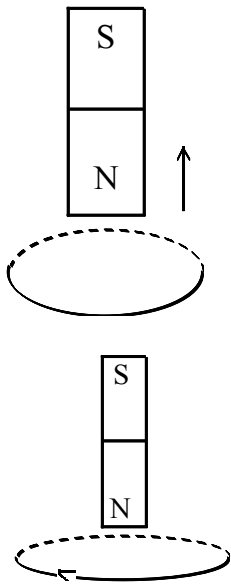
$\phi = \phi_m \cos \omega t$



۷- نمودار تغییرات نیروی محرکه ی القا شده در پیچه در شکل زیر را بر حسب زمان و طول یک دوری چرخش پیچه رسم کنید.



۸- قطب شمال یک آهنربا، مطابق شکل زیر از یک حلقه ی فلزی دور می شود، جهت جریان القایی را در حلقه مشخص کنید.



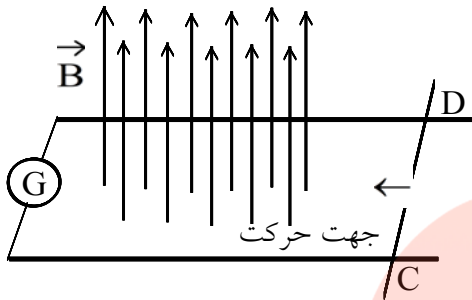
وقتی آهنربا از حلقه دور می شود، شار مغناطیسی در حلقه فلزی تغییر می کند و در آن نیروی محرکه القایی ایجاد می شود که باعث برقراری جریان القایی می گردد (قانون فارادی). جهت جریان القایی در جهتی است که آثار مغناطیسی حلقه با دور شدن آهنربا مخالفت می کند. هرگاه میدان مغناطیسی حلقه رو به بالا باشد، جهت جریان القایی در حلقه، مطابق شکل مقابل ساعتگرد خواهد بود (از رخ بالا).

۹- یک آهنربای میله ای را به طور قائم از ارتفاع معینی نزدیک زمین رها می کنیم. اگر سطح زمین در محل برخورد آهنربا با آن نرم باشد آهنربا در زمین فرو می رود. اگر این آزمایش را بار دیگر در وضعیتی تکرار کنیم که آهنربا در حین سقوط از درون حلقه های یک پیچه بگذرد، مقدار فرورفتگی آهنربا در زمین چه تغییری خواهد کرد؟ چرا؟ (از اثر مغناطیسی زمین بر روی آهنربا چشم پوشی کنید).

هنگامی که آهنربا را از ارتفاع رها می کنیم، زمانی که به پیچه می رسد میدان مغناطیسی آهنربا در پیچه، جریان القایی به وجود می آورد که آثار آن با حرکت آهنربا به طرف پایین مخالفت می کند و هنگام خارج شدن آهنربا نیروی محرکه القایی داخل پیچه با خارج شدن آهنربا به طرف پایین مخالفت می کند. در نتیجه نیروی محرکه القایی ایجاد شده در پیچه نیرویی از طرف پایین به بالا به آهنربا وارد می کند و سرعت سقوط آهنربا را کاهش می دهد و آهنربا به هنگام برخورد با سطح نرم زمین به مقدار کمتری در زمین فرو می رود.



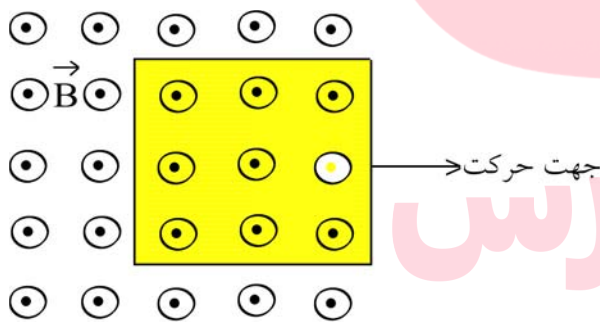
۱۰- دو میله ی رسانای موازی در صفحه ای عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B}$  قرار دارند. این میله ها توسط گالوانومتری مطابق شکل زیر به یکدیگر بسته شده اند. میله ی رسانای CD می تواند روی دو میله ی موازی بلغزد. اگر میله ی CD در جهت نشان داده شده در شکل به حرکت درآید جهت القایی در مدار در چه سویی است؟



وقتی میله CD به طرف چپ حرکت می کند، خطهای میدان مغناطیسی را قطع می کند و سطح قاب رو به کاهش خواهد بود و در نتیجه شار مغناطیسی کاهش می یابد در این صورت با توجه به قانون لنز جهت جریان القایی در جهتی خواهد بود که آثار مغناطیسی آن با تغییر شار مخالفت می کند و میدانی رو به بالا را ایجاد می کند. پس جهت جریان القایی از C به D می باشد، زیرا میدان مغناطیسی رو به بالا در قاب ایجاد کرده است تا با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند.

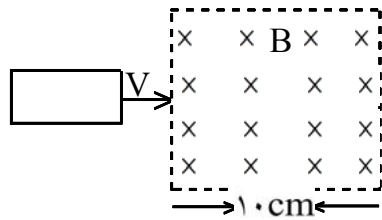
راه حل دیگر استفاده از قاعده دست راست است، به طوری که اگر نوک انگشتان دست راست بردار سرعت و خم چهار انگشت جهت مغناطیسی داخل قاب را نشان دهد، انگشت شست جهت جریان در میله را نشان می دهد که از C به D می باشد.

۱۱- پیچهی مستطیلی را که در شکل زیر نشان داده شده است به طرف راست می کشیم و از میدان مغناطیسی برونسو خارج می کنیم. جهت جریان القایی در پیچه در چه سویی است؟



وقتی قاب را به طرف راست می کشیم تا از میدان مغناطیسی خارج کنیم، شار مغناطیسی عبوری از سطح قاب رو به کاهش خواهد بود، زیرا تعداد خطهایی که از قاب می گذرد رو به کاهش خواهد بود، در این صورت طبق قانون لنز جهت جریان القایی در قاب پاد ساعتگرد است و میدان مغناطیسی برونسو ایجاد می کند تا با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند.

۱۲- حلقه ی فلزی مستطیلی شکلی به ابعاد  $3\text{cm} \times 5\text{cm}$  مطابق شکل زیر با سرعت ثابت  $2\text{m/s}$  وارد میدان مغناطیسی یکنواخت  $0.02\text{ T}$  می شود و از طرف دیگر آن خارج می شود. نمودار تغییرات شاری که از حلقه می گذرد و نیروی محرکه ی القا شده در آن را بر حسب زمان رسم کنید.



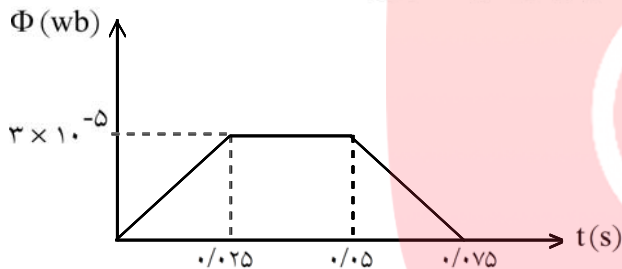
وقتی قاب با سرعت  $V$  وارد میدان مغناطیسی می شود، در لحظه ی اول  $\Phi = 0$  و وقتی به طور کامل وارد میدان می شود  $\Phi_2 = BA$  و هنگامی که از طرف دیگر خارج می شود شار مغناطیسی کم و به  $\Phi_3 = 0$  می رسد.

$$\Phi_1 = 0$$

$$\Phi_2 = BA \cos \theta$$

$$\Phi_3 = 0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi_2 = BA \cos \theta \\ A = 3 \times 5 = 15\text{cm}^2 = 15 \times 10^{-4}\text{ m}^2 \\ B = 0.02\text{ T} \text{ و } \theta = 0 \Rightarrow \Phi_2 = 0.02 \times (15 \times 10^{-4}) = 3 \times 10^{-5}\text{ (wb)} \end{array} \right.$$



نمودار شار مغناطیسی - زمان

وقتی قاب به طور کامل وارد میدان می شود، مسافت  $5\text{cm}$  را طی می کند و این بازه زمانی برابر است با:

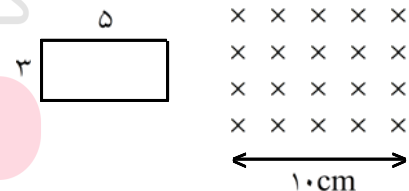
$$\left\{ \begin{array}{l} x = V \cdot \Delta t \\ x = 5\text{cm} \text{ و } V = 2\text{m/s} \Rightarrow \Delta t = \frac{x}{V} = \frac{5 \times 10^{-2}}{2} = 0.025\text{ s} \end{array} \right.$$

مدت زمانی که طول می کشد تا با سرعت ثابت از میدان مغناطیسی عبور کند، از رابطه زیر به دست می آید.

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta x = V(\Delta t) \\ x = 5\text{cm} \text{ و } V = 2\text{m/s} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta x}{V} = \frac{5 \times 10^{-2}}{2} = 0.025\text{ s} \end{array} \right.$$

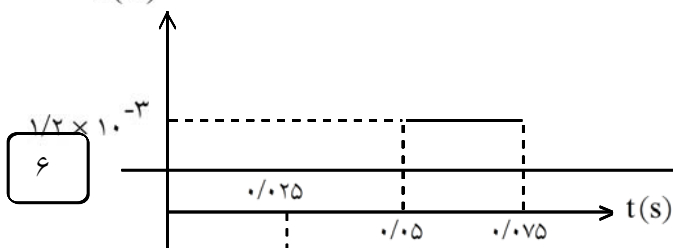
مای درس گروه آموزشی عصر

www.my-dars.ir



قاب در مدت  $0.025$  ثانیه وارد میدان می شود و در مدت  $0.025$  ثانیه از آن خارج می شود و در مدتی که در میدان حرکت می کند شار مغناطیسی ثابت و نیروی محرکه برابر صفر خواهد بود.

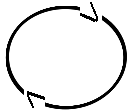
$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon = B \cdot L \cdot V \cdot \sin \alpha \quad \alpha = 0 \\ \varepsilon = 0.02 \times (3 \times 10^{-2}) \times (2) = 1/2 \times 10^{-3}\text{ V} \end{array} \right.$$



۱۳- جهت جریان القایی در هر یک از حلقه‌های دایره‌ای نشان داده شده در شکل زیر در چه سویی است؟

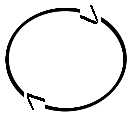
الف) جریان در سیم رو به افزایش است و میدان مغناطیسی اطراف آن در حال قوی شدن است و شاری که از حلقه می‌گذرد در حال افزایش می‌باشد، پس طبق قانون لنز جریان ساعتگرد در حلقه برقرار می‌شود تا با افزایش شار مغناطیسی مخالفت کند.

I افزایش



ب) جریان در سیم رو به کاهش و میدان مغناطیسی اطراف آن در حال ضعیف شدن است و شاری که از حلقه می‌گذرد در حال کاهش می‌باشد، پس طبق قانون لنز جریان ساعتگرد در حلقه برقرار می‌شود تا با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند.

I کاهش



پیچهای که دارای ۱۰۰۰ حلقه است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی که اندازه‌ی آن  $0.04 \text{ T}$  و جهت آن از راست به چپ است، قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت  $0.01 \text{ s}$  تغییر کرده و به  $0.04 \text{ T}$  در خلاف جهت اولیه می‌رسد.

اگر سطح هر حلقه‌ی پیچه  $50 \text{ cm}^2$  باشد، به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید.

۱۴- اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در پیچه را حساب کنید.

$$N = 1000$$

$$\theta = 0$$

$$B_1 = 0.04 \text{ T}$$

$$\Delta t = 0.01 \text{ s}$$

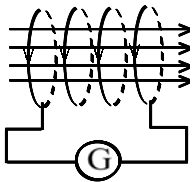
$$B_2 = -0.04 \text{ T}$$

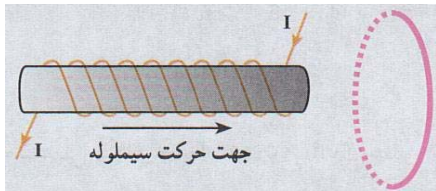
$$A = 50 \text{ cm}^2 = 50 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\begin{cases} |\bar{\varepsilon}| = \left| -N \left( \frac{B_2 - B_1}{\Delta t} \right) A \cos \theta \right| \\ |\bar{\varepsilon}| = \left| -1000 \left( \frac{-0.04 - 0.04}{0.01} \right) \times (50 \times 10^{-4}) \right| \end{cases} \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = 40 \text{ V}$$

۱۵- جهت جریان القایی را تعیین کنید.

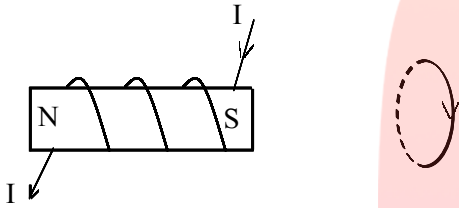
وقتی میدان مغناطیسی از  $0.04 \text{ T}$  به صفر می‌رسد، جریان القایی در پیچه مطابق شکل در قسمت جلو حلقه رو به پایین از صفر تا  $I$  می‌رسد تا آثار مغناطیسی حاصل از آن با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند و وقتی میدان مغناطیسی از صفر تا  $0.04 \text{ T}$  - می‌رسد، جریان در همان جهت قبلی ادامه خواهد داشت تا آثار مغناطیسی آن با افزایش میدان مغناطیسی در جهت منفی مخالفت کند.





۱۶- در شکل زیر اگر سیملوله را در جهت نشان داده شده در شکل به حلقه نزدیک کنیم جریان القایی در حلقه در چه جهتی است؟

سیملوله حامل جریان است و طبق قانون دست راست طرف راست آن قطب S و طرف چپ آن قطب N است. وقتی سیملوله با سرعت V به طرف حلقه می‌رود، شار مغناطیسی در حلقه تغییر می‌کند و در مدار نیروی محرکه القایی و جریان القایی برقرار می‌شود. جهت جریان القایی در حلقه طبق قانون لنز در جهتی است که آثار مغناطیسی آن با نزدیک شدن سیملوله مخالفت می‌کند. پس در طرف چپ حلقه قطب S و در طرف راست قطب N تشکیل می‌شود تا با نزدیک شدن قطب S سیملوله مخالفت کند. حال با مشخص بودن قطب S و N می‌توان با استفاده از قاعده دست راست جهت جریان القایی را در حلقه تعیین کرد مطابق شکل می‌باشد.



۱۷- پیچهای با سطح مقطع  $30 \text{ cm}^2$  دارای ۱۰۰۰ حلقه است و در ابتدا بر میدان مغناطیسی زمین عمود است. اگر در مدت  $0.02 \text{ s}$  پیچه بچرخد و موازی میدان مغناطیسی زمین قرار بگیرد، نیروی محرکه‌ی متوسط القایی در آن چه قدر است؟ (اندازه‌ی میدان زمین را  $0.5 \text{ G}$  در نظر بگیرید.)

$$A = 30 \text{ cm}^2 = 30 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$N = 1000$$

$$\theta_1 = 0$$

$$\theta_2 = \frac{\pi}{2}$$

$$B = 0.5 \text{ G} = 0.5 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N \frac{BA(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)}{\Delta t} \end{array} \right.$$

$$\Delta t = 0.02 \text{ s} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -1000 \times \frac{0.5 \times 10^{-4} \times (30 \times 10^{-4}) (0 - 1)}{0.02} = \bar{\varepsilon} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ V}$$

www.my-dars.ir

۱۸- اگر شار مغناطیسی عبوری از حلقه‌ای مطابق رابطه‌ی زیر (در SI) تغییر کند:

$$\Phi_B = (2t^2 + 3t - 1) \times 10^{-3}$$

بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی در لحظه‌ی  $t = 2s$  چه قدر است؟

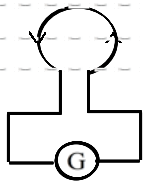
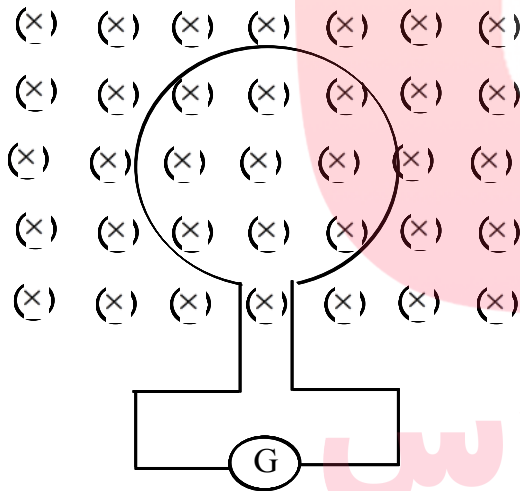
مشق شار مغناطیسی نسبت به زمان برابر نیروی محرکه القایی لحظه‌ای است، پس:

$$\begin{cases} \varepsilon = \frac{d\phi}{dt} \\ \phi_B = (2t^2 + 3t - 1) \times 10^{-3} \Rightarrow \frac{d\phi}{dt} = (4t + 3) \times 10^{-3} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varepsilon = (4t + 3) \times 10^{-3} \\ t = 2s \Rightarrow \varepsilon = (4 \times 2 + 3) \times 10^{-3} = 1/9 \times 10^{-2} \text{ V} \end{cases}$$

نیروی محرکه در لحظه  $t = 2s$  برابر  $1/9 \times 10^{-2}$  ولت می‌باشد.

۱۹- حلقه‌ای مطابق شکل زیر درون یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. اگر اندازه‌ی میدان افزایش یابد، جهت جریان القایی را روی حلقه مشخص کنید.



میدان مغناطیسی درون سو و حلقه عمود بر میدان مغناطیسی است. هرگاه میدان مغناطیسی درون سو افزایش یابد، شار مغناطیسی عبوری از حلقه افزایش می‌یابد و در مدار جریان القایی برقرار می‌شود که آثار مغناطیسی آن با افزایش میدان مغناطیسی مخالفت می‌کند، در این صورت جریان القایی پادساعتگرد می‌باشد.

[www.my-dars.ir](http://www.my-dars.ir)

جریان متناوبی که بیشینه ی آن  $2A$  و دوره ی آن  $0.02s$  است از یک رسانای  $5\Omega$  اهمی می گذرد. به ۲ سوال بعدی پاسخ دهید.

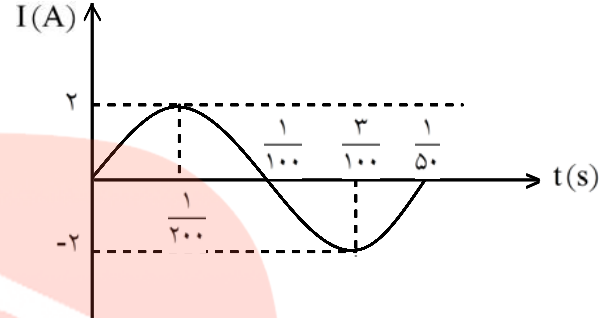
۲۰- در چه لحظه هایی شدت جریان بیشینه خواهد بود. در این لحظه ها نیروی محرکه ی القایی چه قدر است؟ ابتدا زمان تناوب را به دست می آوریم تا بتوانیم نمودار جریان - زمان را رسم کنیم.

$$I_m = 2A$$

$$T = 0.02s$$

$$R = 5\Omega$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega = \frac{2\pi}{T} \\ T = 0.02s \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{0.02} = 100\pi \text{ rad/s} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I = I_m \sin \omega t \\ I_m = 2A \Rightarrow I = 2 \sin 100\pi t \end{array} \right.$$


با توجه به نمودار و معادله شدت جریان - زمان در لحظه های  $\frac{1}{100}$  و  $\frac{3}{100}$  شدت جریان ماکزیمم است، یعنی در لحظه  $\frac{1}{100}$  برابر  $(+2A)$  و در لحظه  $\frac{3}{100}$   $(-2A)$  می باشد. در این مدار نیروی محرکه القایی با شدت جریان الکتریکی هم فاز است و در لحظه هایی که شدت جریان ماکزیمم است، نیروی محرکه ی القایی نیز ماکزیمم است. در روش دیگر می توان گفت وقتی  $\sin 100\pi t$  برابر  $(\pm 1)$  گردد، شدت جریان و نیروی محرکه ی القایی ماکزیمم است.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin 100\pi t = \pm 1 \\ \sin \frac{\pi}{2} = 1 \Rightarrow 100\pi t = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t = \frac{1}{200} s \\ \sin \frac{3\pi}{2} = -1 \Rightarrow 100\pi t = \frac{3\pi}{2} \Rightarrow t = \frac{3}{200} s \end{array} \right.$$

۲۱- در لحظه ی  $t = \frac{1}{400} s$ ، شدت جریان چه قدر است؟

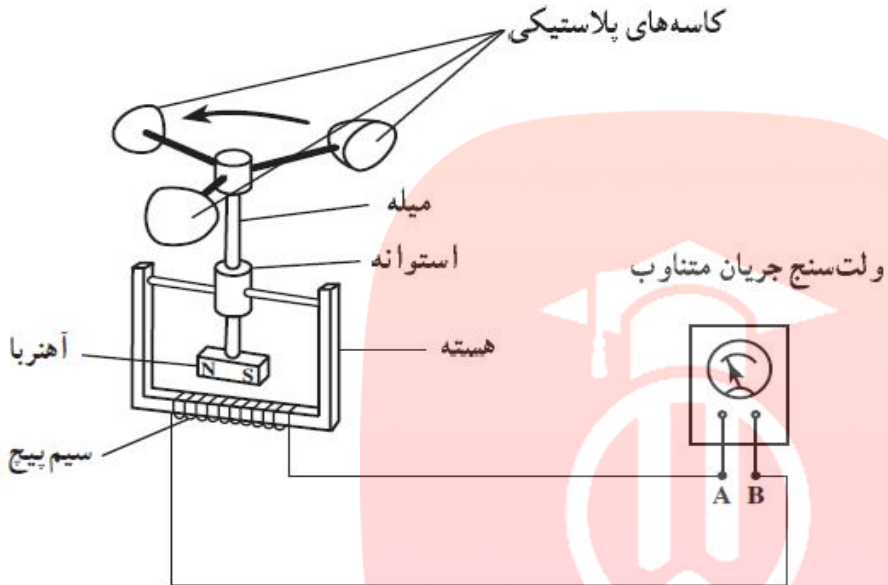
برای به دست آوردن شدت جریان در لحظه  $t = \frac{1}{400} s$  مقدار آن را در معادله شدت جریان - زمان قرار می دهیم.

$$\left\{ \begin{array}{l} I = 2 \sin 100\pi t \\ t = \frac{1}{400} s \Rightarrow I = 2 \sin 100\pi \times \frac{1}{400} \end{array} \right.$$

$$I = 2 \sin \frac{\pi}{4} \Rightarrow I = 2 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} A$$



- ۲۲- شکل زیر، ساختمان یک بادسنج را نشان می دهد. اگر این بادسنج را روی بام خانه نصب کنیم، به هنگام وزیدن باد، میله ی آن می چرخد و ولت سنج عددی را نشان می دهد.
- الف) چرا چرخش میله سبب انحراف عقربه ی ولت سنج می شود؟
- ب) آیا با افزایش سرعت باد، عددی که ولت سنج نشان می دهد تغییر می کند؟ چرا؟
- پ) برای بهبود و افزایش دقت کار دستگاه، دو پیشنهاد ارائه دهید.



- الف) طبق قانون لنز، با چرخش آهنربا، میدان مغناطیسی اطراف سیم پیچ تغییر می کند و سیم پیچ با ایجاد جریانی (اختلاف پتانسیل القایی) با آن مخالفت می کند.
- ب) بله، هرچه سرعت چرخش آهنربا بیشتر شود، تغییرات میدان به زمان بیشتر می شود.
- پ) استفاده از آهنربای قوی تر و خم کردن سر هسته ی آهنی به سمت آهنربا.

$$\varepsilon = \frac{-d\phi}{dt}$$

مای درس

گروه آموزشی عصر

www.my-dars.ir