

فیزیک پایه

به قلم مهندس علی عاقلی

ویرایش بهار ۱۳۹۶

## فهرست مطالب

ب.....فهرست مطالب

Error! Bookmark not defined.....معنایس و القا

۳-۱ مغناطیس

Error! Bookmark not defined.

۳-۲ مواد مغناطیسی

Error! Bookmark not defined.

۳-۳ جریان الکتریکی میدان مغناطیسی ایجاد می کند | ۳ میدان مغناطیسی با ۲ عضو دست

Error! Bookmark not defined.

۳-۴ نیرو با ۳ عضو دست ۲

Error! Bookmark not defined.

۳-۵ شار مغناطیسی

۱

عوامل موثر بر تغییر شار (تغییر میدان | تغییر مساحت (داستان قاب) | تغییر زاویه (جریان متناوب)) ۳-۵-۱

۵

قانون فاراده ۳-۵-۲

۶

نمودار شار - زمان و شیبش! ۳-۵-۳

۱۳

عوامل موثر بر تغییر نیروی محرکه القایی متوسط ۳-۵-۴

۸

۸ مقدار جریان القایی متوسط و مقدار بار شارش شده ۳-۵-۵

قانون لنز (یه آدم کاملاً ضد حال | همش مخالفت میکنه) ۳-۵-۶

۱۸

شکل و تغییر مساحت U روش دوم ایجاد جریان القایی با استفاده از قاب ۳-۵-۷

۲۳

جریان متناوب (تغییر زاویه) ۳-۵-۸

۲۸

القاگر و اثر خود القاوری (خودالقایی بچه های نظام قدیم) ۳-۵-۹

۳۲

نیروی محرکه خود القاوری ۳-۵-۱۰

۳۴

H((ضریب خود القاوری (یکا : هانری ) ۳-۵-۱۱

۳۴

انرژی القاگر ۳-۵-۱۲

۳۵

القای متقابل (نظام قدیم و ریاضی جدید) ۳-۵-۱۳

۳۸

ضریب القای متقابل ۳-۵-۱۴

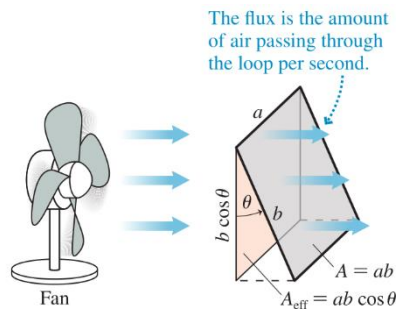
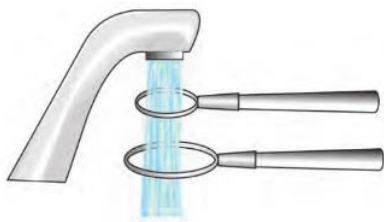
۳۸

مبدل ها (نظام قدیم و ریاضی جدید) ۳-۵-۱۵

۴۰

## ادامه فصل سوم یازدهم تجربی | چهارم یازدهم ریاضی

### القای الکترومغناطیس



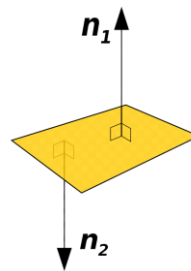
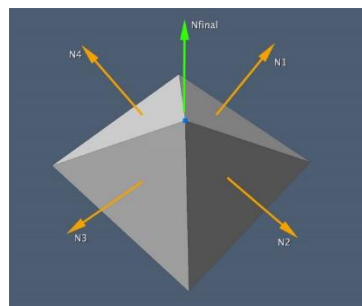
### ۳-۱ شار مغناطیسی (د ع ش)

تعداد خطوط میدان مغناطیسی که از داخل یک حلقه ی بسته عبور کند را شار مغناطیسی گویند.

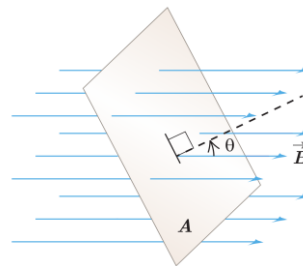
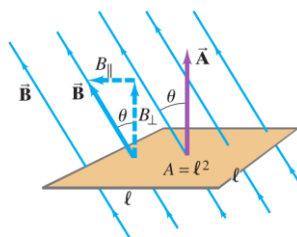
هرچی تعداد خطوط گذرنده بیشتر باشه، پس شار هم بیشتره.

در واقع، هرچی باده بیشتر، حال بیشتر، شاره بیشتر!

خط عمود بر صفحه : از هر صفحه بی نهایت خط می گذرد، خطی که عمود بر صفحه باشد را خط عمود بر صفحه گویند و با  $n$  نشان می دهند.



$$\varphi = AB \cos \theta$$



$\theta$ : زاویه بین نیم خط عمود فرضی بر سطح حلقه و بردار میدان مغناطیسی  
یعنی زاویه بین  $B$  و  $n$

$B$ : میدان مغناطیسی

$A$ : مساحت موثر حلقه

$\varphi$ : شار مغناطیسی ( $Wb = T.m^2$ )

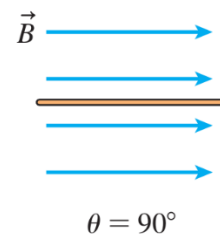
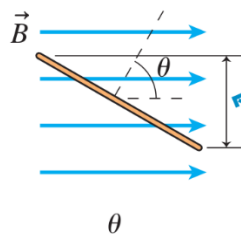
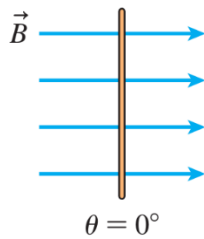
مهم:: جهت بردار عمود بر سطح، اختیاری می باشد اما بعد از انتخاب آن نباید جهتش را تغییر داد.

$A$ : مساحت موثر حلقه : مساحتی که شار در آن وجود دارد.

$Wb = T.m^2$  : ۱ وبر: شار میدان مغناطیسی به بزرگی یک تسلا که از سطح بسته ای به مساحت یک متر مربع به صورت عمود می

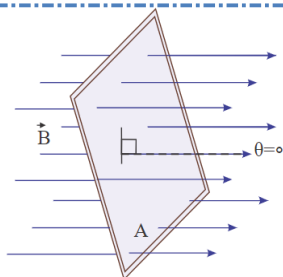
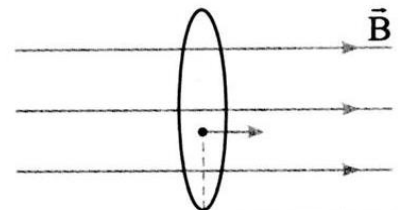
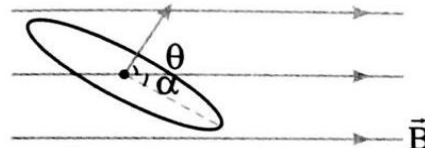
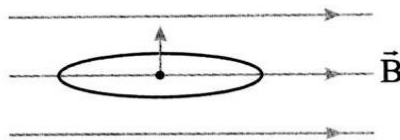
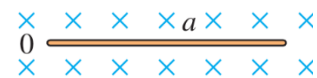
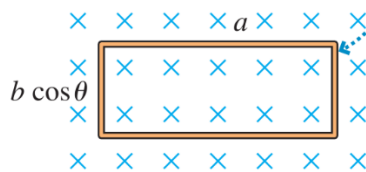
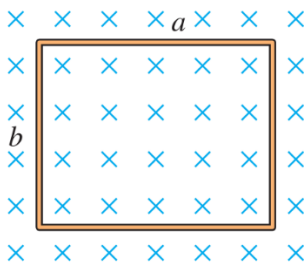
گذرد.

منظور از جهت بردار عمود بر سطح چیه؟



These heights are the same.

Seen in the direction of the magnetic field:

**بیشترین مقدار شار:**سطح حلقه **عمود** بر خطوط میدان باشد.

$$\theta = 0 \rightarrow \cos \theta = 1 \rightarrow \varphi_{\max} = AB$$

 $\alpha$ : زاویه بین سطح حلقه و خطوط میدان

$$\text{راه ۱: } \varphi = AB \sin \alpha$$

از آن جا که

$$\theta + \alpha = 90^\circ$$

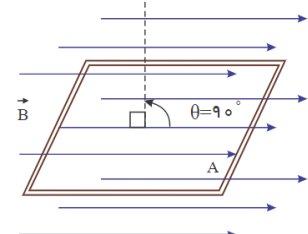
اگر زاویه بین سطح حلقه و خطوط

میدان را بدهند:

$$\theta = 90^\circ - \alpha$$

یعنی از  $90^\circ$  کمش کن!

$$\text{راه ۲: } \varphi = AB \cos \theta$$

**کمترین مقدار شار:**سطح حلقه **موازی** با خطوط میدان باشد.

$$\theta = 90^\circ \rightarrow \cos \theta = 0 \rightarrow \varphi = 0$$

تست ۱:

سیم لوله‌ای به طول  $20\text{ cm}$  دارای  $3000$  حلقه است. حلقه‌ها به دور یک میله آهنی به شعاع مقطع  $2\text{ cm}$  به صورت منظم پیچیده شده اند. وقتی جریان  $5\text{ A}$  از سیم لوله می‌گذرد، شار مغناطیسی گذرنده از آن چند و بر است؟ ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}}$  و  $\pi^2 = 10$ )

خارج از کشور- ۱۳۹۲

$$24 \times 10^{-7} \quad \text{۴}$$

$$12 \times 10^{-5} \quad \text{۳}$$

$$4 \times 10^{-7} \quad \text{۲}$$

$$8 \times 10^{-7} \quad \text{۱}$$

پاسخ: گزینه ۳ ابتدا میدان مغناطیسی سیم لوله را محاسبه کنیم.

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell} \Rightarrow B = (4\pi \times 10^{-7}) \frac{3000 \times 5}{0.2} \Rightarrow B = 3\pi \times 10^{-2} \text{ T}$$

$$\text{از طرفی: } A = \pi r^2 = \pi \times (2 \times 10^{-2})^2 = 4\pi \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Phi = BA = (3\pi \times 10^{-2})(4\pi \times 10^{-4}) \xrightarrow{\pi^2=10} \Phi = BA = 12 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

بنابراین داریم:

تست ۲:

اگر بردار میدان مغناطیسی یکنواختی در  $SI$  به صورت  $\vec{B} = 0.3\vec{i} + 0.4\vec{j}$  باشد، و حلقه‌ای به مساحت  $200\text{ cm}^2$  که سطح آن موازی محور  $x$  و عمود بر محور  $y$  است، در این میدان قرار داشته باشد، بزرگی میدان مغناطیسی در آن محیط و شار مغناطیسی عبوری از حلقه در  $SI$  از راست به چپ کدام اند؟

سراسری-۱۳۹۲

$$8 \times 10^{-3}, 0.5 \quad (۴)$$

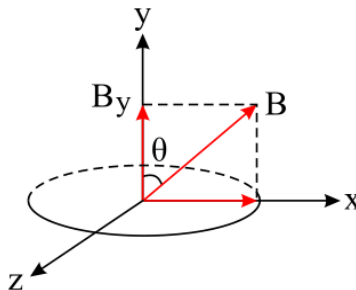
$$8 \times 10^{-3}, 0.7 \quad (۳)$$

$$6 \times 10^{-3}, 0.5 \quad (۲)$$

$$\text{صفر و صفر} \quad (۱)$$

پاسخ: گزینه ۴ برای تعیین بزرگی میدان مغناطیسی می‌توان نوشت:

$$\vec{B} = 0.3\vec{i} + 0.4\vec{j} \Rightarrow B = \sqrt{0.3^2 + 0.4^2} \Rightarrow B = 0.5T$$



با توجه به تعریف شار مغناطیسی عبوری از یک سطح، تنها مؤلفه‌ای از میدان که عمود بر سطح است ( $B_y$ ) در تعیین مقدار شار عبوری مغناطیسی سهم دارد و مؤلفه‌ای از میدان که موازی سطح است ( $B_x$ ) سهمی در شار مغناطیسی ندارد، بنابراین داریم:

$$\Phi = BA \cos \theta \xrightarrow{B \cos \theta = B_y} \Phi = B_y A = 0.4 \times 200 \times 10^{-4} \\ \Rightarrow \Phi = 8 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

تست ۳:

سیم‌ی به طول اولیه  $l$  را به صورت یک شکل هندسی مسطح و بسته در می‌آوریم و میدان مغناطیسی یکنواختی با بزرگی  $25^\circ$  گاوس را طوری برقرار می‌کنیم که بیشترین شار ممکن و به اندازه  $\frac{1}{\pi} \text{ mWb}$  از درون سطح آن بگذرد.  $l$  چند دسی‌متر است؟

$$4 \quad (۴)$$

$$\pi \quad (۳)$$

$$40 \quad (۲)$$

$$10\pi \quad (۱)$$

تست ۴:

یک حلقه دایره‌ای شکل، عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد و شار عبوری از آن  $8 \text{ Wb}$  است. اگر این حلقه را به صورت قابی به شکل مربع درآوریم و در همان میدان عمود بر خطوط میدان قرار دهیم، شار عبوری از آن تقریباً چند و بر می‌شود؟ ( $\pi \approx 3$ )

$$8 \quad (۴)$$

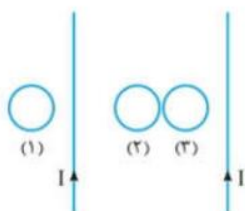
$$6 \quad (۳)$$

$$4 \quad (۲)$$

$$1 \quad (۱)$$

تست ۵:

در شکل زیر، از دو سیم راست و بلند و موازی، جریان‌های برابر می‌گذرد. شار گذرا از حلقه ..... بیشتر و شار گذرا از حلقه ..... کم‌تر از سایر حلقه‌هاست. (سطح حلقه‌ها، برابر و فاصله حلقه‌های ۱ و ۳ از سیم‌های مجاورشان یکسان است.)



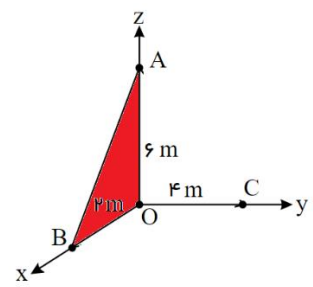
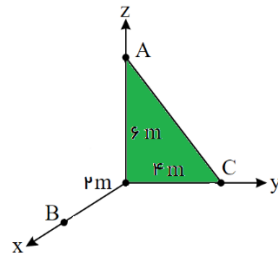
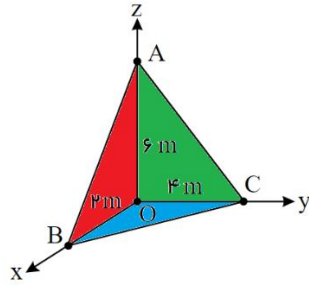
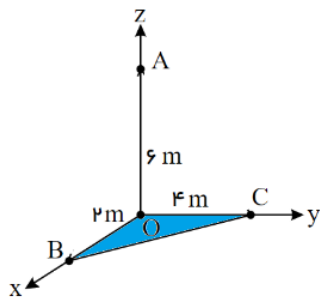
$$2, 1 \quad (۱)$$

$$3, 1 \quad (۲)$$

$$1, 3 \quad (۳)$$

$$2, 3 \quad (۴)$$

در شکل زیر، صفحه  $ABC$  در یک میدان مغناطیسی به بزرگی  $2\text{ T}$  که در امتداد محور  $x$  ها است، قرار است.



$$\phi_{BOC} = 0, \phi_{BAO} = 0$$

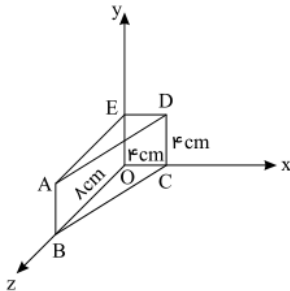
$$\phi_{AOC} \xrightarrow{B=2i} \phi_{AOC} = 2 \times \frac{4 \times 6}{2} = 24 \text{ Wb}$$

$$\phi_{AOC} \xrightarrow{B=-2i} \phi_{AOC} = -2 \times \frac{4 \times 6}{2} = -24 \text{ Wb}$$

$$\phi_{ABC} = \phi_{AOC} = 24 \text{ Wb}$$

تست ۶:

در شکل زیر اگر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $0.3\text{ T}$  در جهت محور  $x$  وجود داشته باشد، شار مغناطیسی عبوری از سطح  $ABCD$  برابر با چند میلی وبر است؟



۱) صفر

۲)  $0.96$

۳)  $1.28$

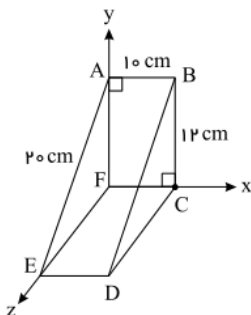
۴)  $0.32$

پاسخ: گزینه ۲ با توجه به اینکه خطهای میدان مغناطیسی در جهت محور  $x$  هستند، بنابراین تعداد خطهای میدان مغناطیسی عبوری از سطح  $ABCD$  (شار مغناطیسی عبوری) برابر با تعداد خطهای مغناطیسی عبوری از سطح  $ABOE$  است. در نتیجه:

$$\phi = AB \cos \theta = (1 \times 10^{-2} \times 4 \times 10^{-2}) \times 0.3 \times 1 = 0.96 \times 10^{-3} \text{ Wb} = 0.96 \text{ mWb}$$

تست ۷:

در شکل زیر، در صورتی که بزرگی میدان مغناطیسی یکنواخت و ثابت برابر با  $2\text{ T}$  تسلا و جهت آن در امتداد محور  $y$  ها باشد، شار مغناطیسی گذرنده از سطح  $ABDE$  چند وبر است؟



۱) ۳۲

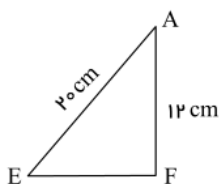
۲)  $3.2 \times 10^{-3}$

۳)  $4 \times 10^{-3}$

۴)  $3.2 \times 10^{-4}$

پاسخ: گزینه ۲

تصویر وجه  $ABDE$  روی صفحه  $xy$  همان وجه  $FCDE$  است که خطهای میدان در امتداد محور  $y$  عمود بر آن می گذارند.



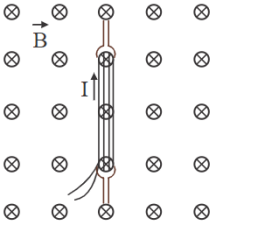
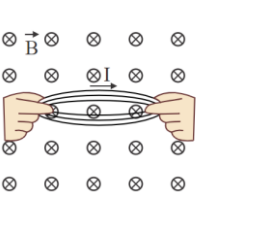
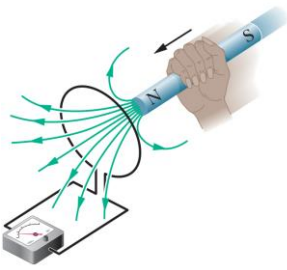
$$EF^2 = 2^2 - 1^2 \Rightarrow EF = 1.6 \text{ cm}$$

$$\phi = BA_{FCDE} \cos 0^\circ = 0.2 \times (1.6 \times 10) \times 10^{-3} = 3.2 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

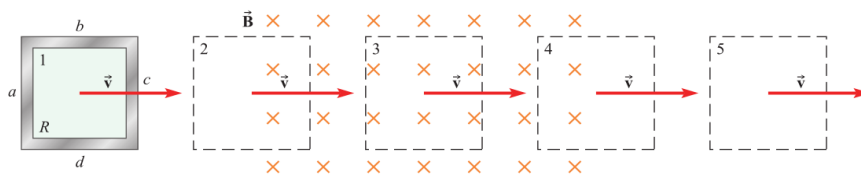
## ۱-۳ عوامل موثر بر تغییر شار (تغییر میدان | تغییر مساحت (داستان قاب) | تغییر زاویه (جریان متناوب))

نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد ، اگر شار مغناطیسی گذرنده از یک مدار بسته تغییر کند، در این مدار بسته جریان القا می شود.

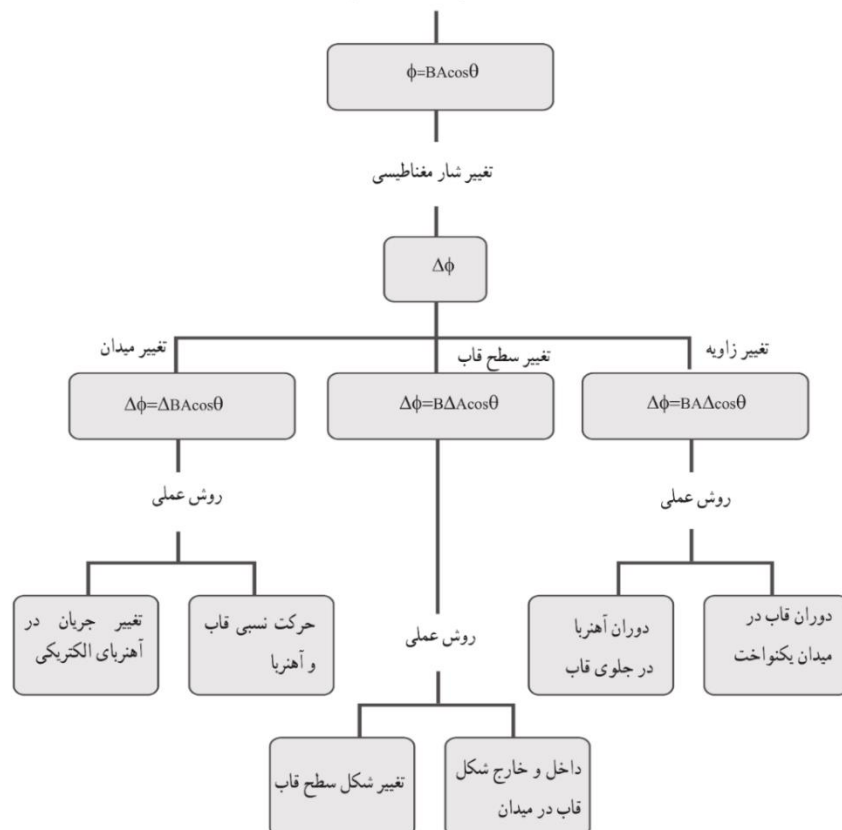
با ۳ روش می توان در مدار بسته یک جریان را القا کرد :

تغییر زاویه بین حلقه و راستای میدان ( $\theta$ )	تغییر مساحت حلقه (همون داستان قاب)	تغییر اندازه میدان
$\Delta\phi = AB(\cos\theta_f - \cos\theta_i)$	$\Delta\phi = \Delta ABC \cos\theta$	$\Delta\phi = A\Delta B \cos\theta$
 <p>آیا تاب دادن شکل راست (مثل چرخاندن فرمان ماشین) تغییر شار ایجاد می کند؟! خیر! چون زاویه بین خطوط میدان و حلقه تغییر نمیکنه!</p>		

$$\Delta\phi \rightarrow \begin{cases} \Delta\phi = \Delta ABC \cos\theta \\ \Delta\phi = A\Delta B \cos\theta \\ \Delta\phi = AB(\cos\theta_f - \cos\theta_i) \end{cases}$$



رابطه ریاضی شار مغناطیسی



نتایج آزمایشگاهی نشان می دهد که هرچه این ۳ تغییر سریع تر رخ دهد، جریان القا شده در آن بیشتر است.



تست ۸:

سیم لوله‌ای به طول  $100\text{ cm}$  داریم که از  $100$  حلقه نزدیک به هم تشکیل شده است. اگر شعاع سطح مقطع این سیم لوله  $5\text{ cm}$  باشد، در مدت  $0.4\text{ s}$  جریان عبوری از سیم لوله  $AA$  افزایش پیدا کند تغییر شار عبوری از سیم لوله چند و بر است؟

$$(\pi^2 \simeq 10, SI, \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7})$$

$$-8 \times 10^{-6} \quad (4)$$

$$8 \times 10^{-6} \quad (3)$$

$$-32 \times 10^{-8} \quad (2)$$

$$32 \times 10^{-8} \quad (1)$$

پاسخ: گزینه ۳ می‌دانیم اگر از سیم لوله جریان بگذرد میدان مغناطیسی در آن ایجاد می‌شود: تغییر جریان در سیم لوله موجب تغییر میدان مغناطیسی و تغییر شار می‌شود بنابراین:

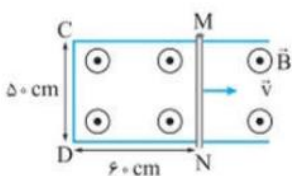
$$B = \mu_0 \left( \frac{N}{L} \right) I$$

$$\Delta B = \mu_0 \left( \frac{N}{L} \right) (I_2 - I_1)$$

$$\Delta \Phi = \Delta B \cdot A \rightarrow \Delta \Phi = \mu_0 \left( \frac{N}{L} \right) (I_2 - I_1) \times A = 4\pi \times 10^{-7} \times \left( \frac{100}{100 \times 10^{-2}} \right) \times \pi (5 \times 10^{-2})^2 \times 8$$

$$= 32\pi^2 \times 25 \times 10^{-9} = 8 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

تست ۹:



در شکل مقابل، میله رسانای MN بر روی قلابی که از سیم بدون روکش ساخته شده است، با سرعت  $v = 4\text{ m/s}$  (در مبدأ زمان) به سمت راست به حرکت درمی‌آید. مجموعه عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $B = 0.1\text{ T}$  قرار دارد. معادله شار عبوری از قاب CDNM در SI کدام است؟

$$2/4\text{ t (2)}$$

$$0/2\text{ t (1)}$$

$$0/03 + 0/2\text{ t (4)}$$

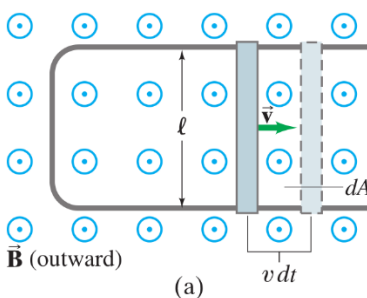
$$0/03 + 2\text{ t (3)}$$

### ۳-۱-۲ قانون فاراده

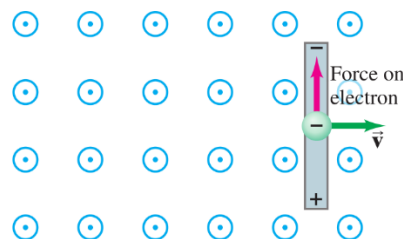
هرگاه شار مغناطیسی ای که از مدار بسته ای می‌گذرد تغییر کند (با استفاده از یکی از اون ۳ تا)، نیروی محرکه ای در آن القا می‌شود که

بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است. (تغییر شار  $\leftarrow$  نیروی محرکه القایی)

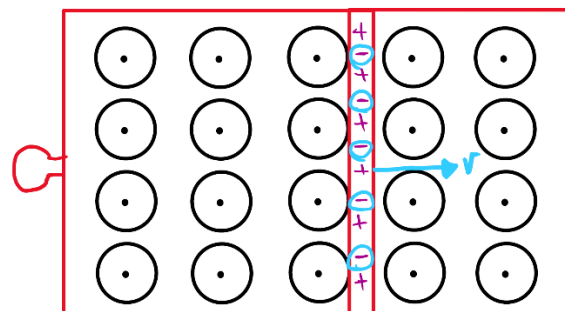
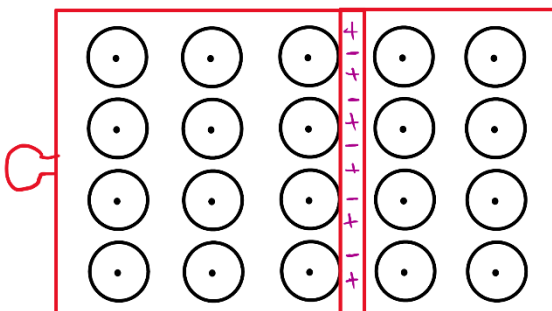
✓ آزمایش با میدان برون سو: نیروی محرکه القایی ناشی از تغییر مساحت:

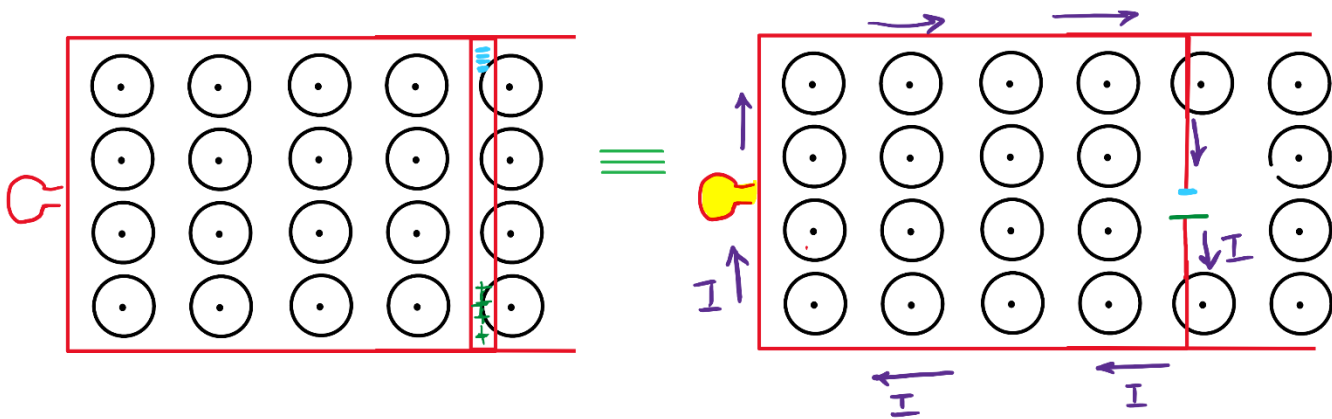


(a)

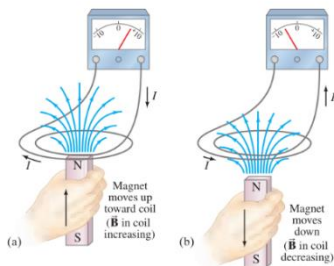


(b)





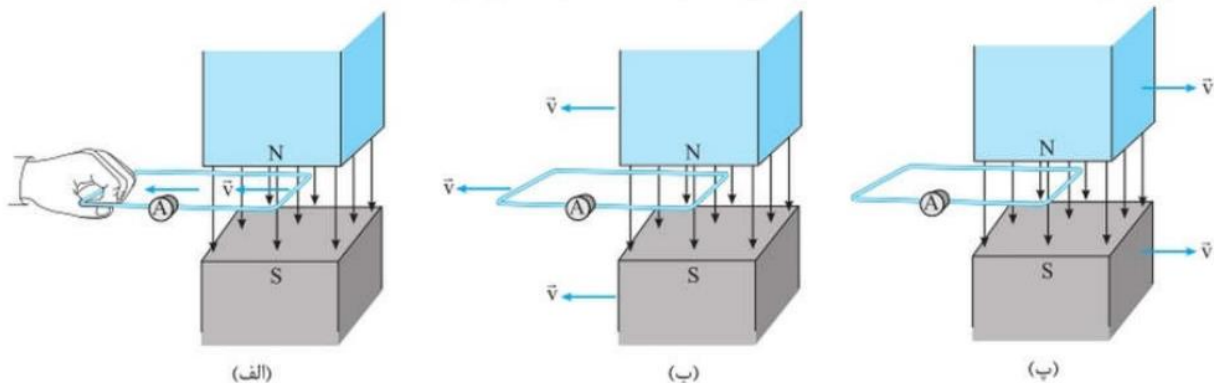
✓ آزمایش ایجاد نیروی محرکه القایی ناشی از تغییر اندازه میدان:



تغییر شار ← جابجایی بارهای منفی ← ایجاد اختلاف پتانسیل ← ایجاد نیروی محرکه القایی (یعنی یه باتری!) ← ایجاد جریان

تست ۱۰:

در شکل‌های زیر، بخشی از یک قاب رسانا در دهانه آهن‌ربای نعلی‌شکلی قرار دارد. در شکل (الف)، آهن‌ربا ساکن است و قاب به سمت چپ حرکت می‌کند؛ در شکل (ب)، قاب و آهن‌ربا با سرعت یکسان به سمت چپ حرکت می‌کنند و در شکل (پ)، قاب ساکن است و آهن‌ربا به سمت راست حرکت می‌کند. در کدام یک از شکل‌ها، آمپرسنج عددی مخالف صفر را نشان می‌دهد؟



(الف) الف، ب و پ

(ب) ب و پ

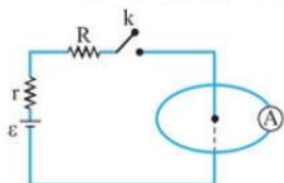
(پ) الف و ب

(الف و ب)

تست ۱۱:

مطابق شکل، حلقه‌ای رسانا به آمپرسنج ایده‌آلی متصل شده است و سیم بلندی عمود بر سطح حلقه قرار دارد و از مرکز آن عبور می‌کند.

پس از بسته شدن کلید  $k$ ، عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد چگونه تغییر می‌کند؟



(۱) افزایش می‌یابد.

(۲) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

(۳) متناوباً افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

(۴) تغییری نمی‌کند.

$\bar{\varepsilon} = \left  -N \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \right  \quad (\text{نیروی محرکه القایی متوسط})$	
$\bar{\varepsilon} = \left  -N \frac{d\varphi}{dt} \right  \quad (\text{نیروی محرکه القایی لحظه ای})$	
اگر مقاومت الکتریکی پیچ یا سیملوله برابر R باشد: $\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$ (جریان القایی متوسط)	
$\bar{\varepsilon}$ : نیروی محرکه القایی متوسط بر حسب ولت	$N$ : تعداد حلقه ها (منفی مفهوم لنزه!)
$\frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ : آهنگ متوسط تغییرات شار با واحد $\frac{Wb}{s}$	

تست ۱۲:

سراسری - ۱۳۹۱

آهنگ تغییر شار مغناطیسی از جنس کدام کمیت فیزیکی است؟

۱) میدان مغناطیسی      ۲) نیروی محرکه ی الکتریکی      ۳) شدت جریان الکتریکی      ۴) نیروی الکترومغناطیسی

پاسخ: گزینه ۲ طبق قانون القای الکترومغناطیسی فارادی، نیرو محرکه القایی در یک مدار بسته با آهنگ تغییر شار مغناطیسی رابطه ی مستقیم دارد.

تست ۱۳:

شار مغناطیسی گذرنده از حلقه ای در SI به صورت  $\Phi = (3t^2 - 2t + 2)$  است. بزرگی نیروی محرکه ی القایی متوسط در حلقه، در ثانیه ی اول، چند ولت است؟

سراسری - ۱۳۸۹

۱) ۷      ۲) ۳      ۳) ۱      ۴) ۹

پاسخ: گزینه ۳

$$t_1 = 0 \Rightarrow \Phi_1 = +2Wb$$

$$t_2 = 1 \Rightarrow \Phi_2 = 3 - 2 + 2 = 3Wb \Rightarrow \bar{\varepsilon} = \left| N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = 1 \times \frac{3 - 2}{1} = 1V$$

۳-۱-۳ عوامل موثر بر ایجاد نیروی محرکه القایی متوسط (هر ۳ عامل تغییر شار، نیروی محرکه القا می کنند!)

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{\varepsilon} = \left| -N \frac{\Delta AB \cos \theta}{\Delta t} \right| \rightarrow \bar{\varepsilon} = \left| -NB \cos \theta \frac{\Delta A}{\Delta t} \right| \\ \bar{\varepsilon} = \left| -N \frac{A \Delta B \cos \theta}{\Delta t} \right| \rightarrow \bar{\varepsilon} = \left| -NA \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \\ \bar{\varepsilon} = \left| -N \frac{AB (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{\Delta t} \right| \rightarrow \bar{\varepsilon} = \left| -NAB \frac{(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{\Delta t} \right| \end{array} \right.$$

۳-۱-۴ مقدار جریان القایی متوسط و مقدار بار شارش شده

جریان القایی لحظه ای	$I = \frac{\varepsilon}{R} = -\frac{N}{R} \frac{d\varphi}{dt}$	جریان القایی متوسط	$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = -\frac{N}{R} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$
$ \Delta q  =  I \times \Delta t  = \left  -\frac{N}{R} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \times \Delta t \right  \rightarrow  \Delta q  = \left  -\frac{N}{R} \Delta \varphi \right $			

نکته: هرچه شار گذرا از یک مدار سریع تر تغییر کند، نیروی محرکه و جریان القایی در آن بزرگ تر خواهد شد. (مثلا آهنربا با سرعت

بیشتری به حلقه نزدیک بشه)

## تست ۱۴:

پیچه‌ای دارای ۲۰۰ حلقه است و شار مغناطیسی ۰٫۰۵ و بر از آن می‌گذرد و دو سر این پیچه به هم وصل است. اگر این شار مغناطیسی با آهنگ ثابتی کاهش یافته و به صفر برسد و مقاومت الکتریکی پیچه ۱۰ Ω باشد، چند کولن بار الکتریکی در آن شارش پیدا می‌کند؟

سراسری-۱۳۹۷

۱۰ (۴)

۱ (۳)

۰٫۱ (۲)

۰٫۰۱ (۱)

پاسخ: گزینه ۳ روش اول:

ابتدا مقدار نیروی محرکه القایی در پیچه را به دست می‌آوریم:

$$\varepsilon = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| -200 \times \frac{0 - 0.05}{\Delta t} \right| = \frac{10}{\Delta t} (V)$$

سپس شدت جریان القایی را محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\frac{10}{\Delta t}}{10} = \frac{1}{\Delta t} (A)$$

اکنون می‌توان مقدار بار شارش شده در پیچه را محاسبه کرد:

$$q = I \cdot \Delta t = \frac{1}{\Delta t} \times \Delta t = 1 C$$

روش دوم:

بار شارش شده در پیچه (سیملوله) بر اثر القا از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$q = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{R} \right| = \left| -200 \times \frac{0 - 0.05}{10} \right| = 1 C$$

## تست ۱۵:

حلقه‌ای به قطر ۲۰ cm در یک میدان مغناطیسی یکنواخت طوری قرار دارد که خطوط میدان بر سطح حلقه عمود است. اگر مقاومت

الکتریکی حلقه ۰٫۳ Ω باشد، میدان مغناطیسی با آهنگ چند تسلا بر ثانیه تغییر کند، تا جریان ۰٫۲ A در حلقه القا شود؟ (π=۳) سراسری-۱۳۹۴

۸ (۴)

۲ (۳)

۰٫۸ (۲)

۰٫۲ (۱)

پاسخ: گزینه ۳ نیروی محرکه‌ی القایی را می‌توان به صورت زیر به دست آورد:

$$\begin{cases} I = \frac{\varepsilon}{R} \\ |\varepsilon| = N \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| \end{cases} \Rightarrow I = \frac{N}{R} \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| \rightarrow I = \frac{N}{R} \left| \frac{A \cos \theta \Delta B}{\Delta t} \right|$$

$$\xrightarrow{\cos \theta = \cos 0^\circ = 1} I = \frac{N}{R} A \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \xrightarrow{A = \pi r^2} 0.2 = \frac{1}{0.3} \pi r^2 \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \Rightarrow 0.2 = \frac{1}{0.3} \times 3 \times (0.1)^2 \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \Rightarrow \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = 2 T/s$$

## تست ۱۶:

خانم فیزیک‌دانی در آزمایشگاهی که میدان مغناطیسی در آن  $B_1 = 2 T$  است، کار می‌کند. او آویزه‌ای به مساحت  $A = 0.01 m^2$  و

مقاومت  $R = 0.02 \Omega$  را به گردن دارد. به خاطر یک نقص فنی، در مدت  $\Delta t = 0.01 s$ ، میدان مغناطیسی در فضای آزمایشگاه به طور

یکنواخت به  $B_2 = 1 T$  کاهش می‌یابد. به ترتیب جریان متوسط ایجاد شده در گردن‌بند این خانم چند آمپر و گرمای تولید شده در آن چند

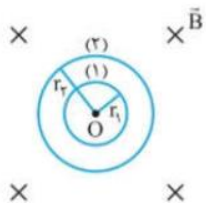
ژول است؟ (خطوط میدان عمود بر سطح گردن‌بند فرض شود.) (هرگرفته از کتاب «۵۰۰ مسئله فیزیک»، نوشته «کینگ» و «رژو»)

۵۰۰۰ ، ۵۰ (۴)

۰/۵ ، ۵۰ (۳)

۸×۱۰<sup>-۸</sup> ، ۰/۰۲ (۲)۴×۱۰<sup>-۶</sup> ، ۰/۰۲ (۱)

تست ۱۷:



مطابق شکل، دو حلقه هم‌مرکز (۱) و (۲) در میدان مغناطیسی درون‌سوی یکنواختی که بزرگی آن با آهنگ  $2 \text{ T/s}$  تغییر می‌کند، قرار گرفته‌اند. اگر شعاع حلقه (۲) دو برابر شعاع حلقه (۱) باشد، بزرگی نیروی محرکه متوسط القاشده در حلقه (۲) چند برابر بزرگی نیروی محرکه متوسط القاشده در حلقه (۱) است؟

۴ (۴)

۲ (۳)

 $\frac{1}{2}$  (۲) $\frac{1}{4}$  (۱)

تست ۱۸:

در شکل زیر، سیم‌لوله‌ای با  $20$  دور سیم در سانتی‌متر و شعاع قاعده  $2 \text{ cm}$  با حلقه‌ای به شعاع  $4 \text{ cm}$  و مقاومت  $5 \Omega$  هم‌محور است. اگر جریان سیم‌لوله با آهنگ ثابت  $10 \text{ A/s}$  افزایش یابد، جریان متوسط القاشده در حلقه چند آمپر است؟

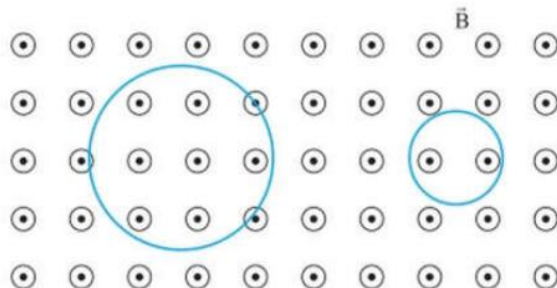


( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}$ ،  $\pi^2 \approx 10$ ) و از بزرگی میدان سیم‌لوله در فضای خارج از آن صرف‌نظر می‌شود.

 $2/56$  (۴) $6/4 \times 10^{-1}$  (۳) $2/56 \times 10^{-4}$  (۲) $6/4 \times 10^{-5}$  (۱)

تست ۱۹:

دو حلقه هم‌جنس و هم‌ضخامت رسانا درون فضای میدان مغناطیسی یکنواختی عمود بر صفحه شکل زیر قرار دارند. اگر شعاع حلقه‌ها  $r_1 = r$  و  $r_2 = 2r$  باشند، با کاهش اندازه میدان مغناطیسی در زمان معین، جریان القایی متوسط در آن‌ها به ترتیب،  $\bar{I}_1$  و  $\bar{I}_2$  می‌شود.

نسبت  $\frac{\bar{I}_2}{\bar{I}_1}$  کدام است؟

۴ (۱)

۲ (۲)

 $\frac{1}{2}$  (۳) $\frac{1}{4}$  (۴)

تست ۲۰:

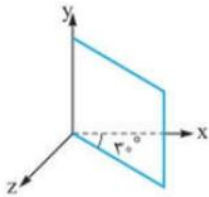
قابی به مقاومت  $15 \Omega$  از  $50$  حلقه هر یک به مساحت  $100 \text{ cm}^2$  تشکیل شده است. این قاب در سطح قائم و عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $1 \text{ G}$  قرار دارد. اگر قاب را حول محور قائم به اندازه  $180$  درجه بچرخانیم، مقدار باری که در اثر القا از قاب می‌گذرد، چند کولن خواهد بود؟

 $10^5$  (۴) $5 \times 10^{-5}$  (۳) $10^{-4}$  (۲)

صفر (۱)

تست ۲۱

مطابق شکل، پیچه مسطح مربع شکلی به ضلع  $20\text{ cm}$  که دارای  $100$  حلقه است، در میدان مغناطیسی خارجی  $B = 0.5\text{ T}$  که در جهت محور  $x$  است، قرار دارد. پیچه در مدت  $0.1\text{ s}$  به اندازه  $30^\circ$  حول محور  $y$  دوران می‌کند و در صفحه  $xy$  قرار می‌گیرد. بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط ایجادشده در پیچه چند ولت است؟



- (۱) ۵  
(۲)  $5\sqrt{3}$   
(۳) ۱۰  
(۴)  $10\sqrt{3}$

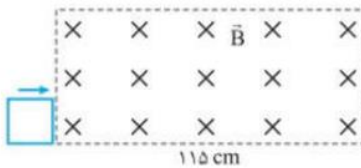
تست ۲۲

پیچه‌ای شامل  $200$  دور سیم با مساحت سطح مقطع  $50\text{ cm}^2$  عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $0.4\text{ T}$  قرار دارد. این پیچه را با سرعت ثابت  $2$  دور بر ثانیه حول یکی از قطرهای آن به دوران درمی‌آوریم. نیروی محرکه متوسط القاشده در پیچه، در مدت  $\frac{1}{8}\text{ s}$  پس از شروع حرکت، چند ولت است؟

- (۱) صفر (۲)  $0.005$  (۳)  $0.32$  (۴)  $0.64$

تست ۲۳

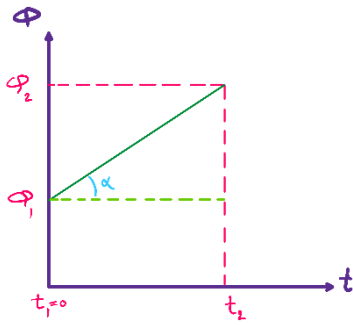
مطابق شکل، قاب مربع شکل رسانایی که طول هر ضلع آن  $20\text{ cm}$  است، با تندی ثابت  $10\text{ cm/s}$  وارد میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $B = 0.1\text{ T}$  (در جهت درون‌سو) می‌شود. بزرگی نیروی محرکه متوسط القاشده در قاب، در مدت  $12\text{ s}$  پس از ورود آن به داخل میدان، چند میلی‌ولت خواهد بود؟ (مقطع میدان  $60\text{ cm} \times 115\text{ cm}$  است.)



- (۱) صفر (۲)  $\frac{1}{12}$  (۳)  $\frac{1}{4}$  (۴)  $\frac{1}{3}$

## ۳-۲ نمودار شار - زمان

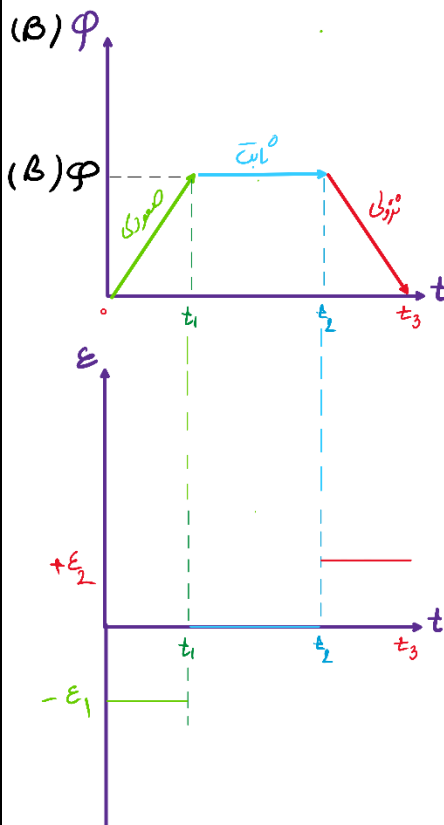
می دانیم که  $\bar{\varepsilon} = \left| -N \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \right|$  و برای یک حلقه می توان نوشت:  $\bar{\varepsilon} = \left| -\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \right|$



شیب نمودار شار - زمان:  $m = \tan \alpha = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$

که  $\frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$  همان تغییرات خودش (شار) بر روی زمان می باشد. از طرفی:  $-\bar{\varepsilon} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$

یعنی شیب نمودار شار - زمان برابر  $-\bar{\varepsilon}$  است.  $m_{\varphi-t} = \tan \alpha = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = -\bar{\varepsilon}$



شیب نمودار شار - زمان:  $-\varepsilon = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$

(۱)  $\nearrow$  صعودی:  $\varepsilon < 0 \leftarrow \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = -\varepsilon$

از صفر تا  $t_1$ ، شیب نمودار  $\varphi-t$  ثابت و مقدار مثبتی است،  $\bar{\varepsilon}$  ثابت و منفی است.

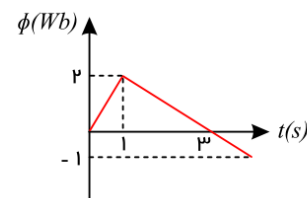
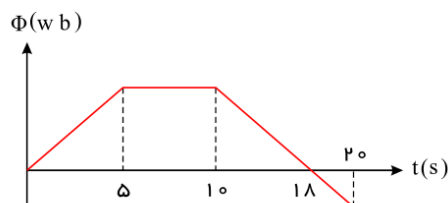
(۲)  $\rightarrow$  افقی:  $\varepsilon = 0 \leftarrow \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = -\varepsilon$

از  $t_1$  تا  $t_2$ ، شیب نمودار  $\varphi-t$  صفر است، بنابراین  $\bar{\varepsilon}$  صفر است.

(۳)  $\searrow$  نزولی:  $\varepsilon > 0 \leftarrow \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = -\varepsilon$

از  $t_2$  تا  $t_3$ ، شیب نمودار  $\varphi-t$  ثابت و مقدار منفی است،  $\bar{\varepsilon}$  ثابت و مثبت است.

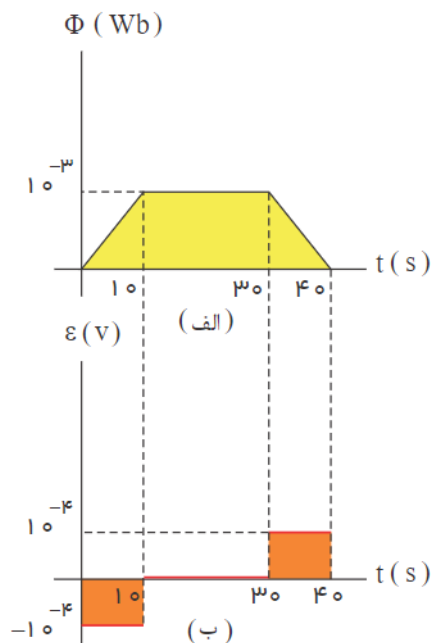
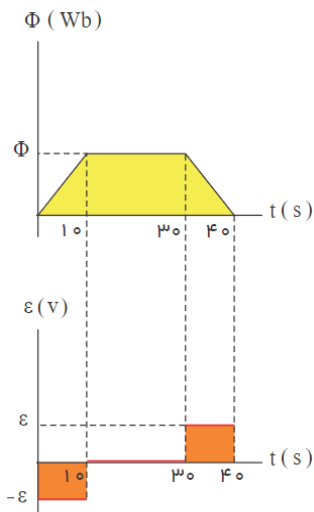
تمرین: با استفاده از نمودارهای شار - زمان زیر، نمودارهای نیروی محرکه بر حسب زمان را رسم کنید.





۱-۲-۳ نمودار شار - زمان و شیبش!

$$(\bar{\mathcal{E}} = \left| -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right|)$$

❖ نیروی محرکه القایی متوسط ( $\bar{\mathcal{E}}$ ) متناسب با قرینه شیب نمودار شار- زمان ( $\phi-t$ ) است.➤ شیب خط واصل بین دو نقطه از نمودار شار- زمان ( $\phi-t$ ):  $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$  ← نیروی محرکه القایی متوسط➤ شیب مماس بر نمودار شار- زمان ( $\phi-t$ ) در هر لحظه برابر  $\frac{d\phi}{dt}$  در آن لحظه است. ← نیرویمحرکه القایی لحظه اینیروی محرکه القایی در هر لحظه برابر منفی شیب نمودار شار- زمانه.

زیرا در نمودار  $\phi-t$ ، شیب خط در هر قسمت از نمودار نشان دهنده  $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$  یا همان آهنگ تغییرات شار مغناطیسی است. بنابراین کافی است که در هر قسمت از نمودار  $\phi-t$  شیب خط را بدست آورده و در  $-N$  ضرب کنیم (که در اینجا  $N=1$  است). تا نمودار  $\mathcal{E}$  بدست آید.

بنابراین در بازه زمانی صفر تا ۱۰ ثانیه:  $\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$  و  $\frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{10-0}{10}$  آهنگ تغییرات شار مغناطیسی  $\phi-t$  شیب خط در هر قسمت از نمودار

$$\mathcal{E}_1 = (-1) \times \frac{(10^{-2} - 0)}{10} = -1 \times 10^{-3} V$$

در بازه زمانی ۱۰ تا ۳۰ ثانیه:

$$\frac{\Delta \phi}{\Delta t} = 0 \Rightarrow \mathcal{E}_2 = 0$$

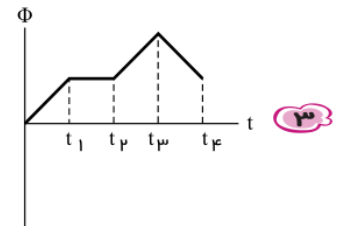
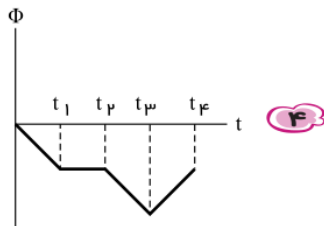
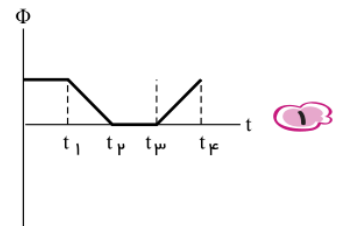
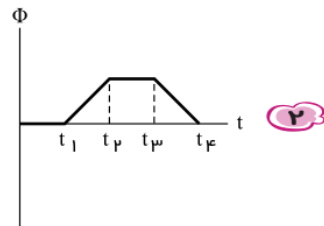
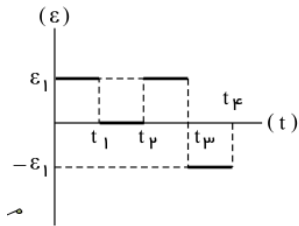
در بازه زمانی ۳۰ تا ۴۰ ثانیه:

$$\mathcal{E}_3 = (-1) \frac{(0 - 10^{-2})}{10} = 1 \times 10^{-3} V$$



تست ۲۴: 

اگر نمودار نیروی محرکه القایی در یک حلقه بر حسب زمان، مطابق شکل مقابل باشد، کدام گزینه نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از حلقه را بر حسب زمان، به درستی نشان می‌دهد؟

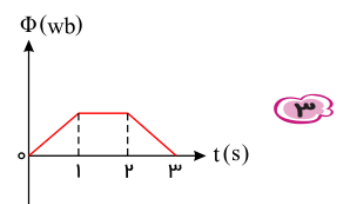
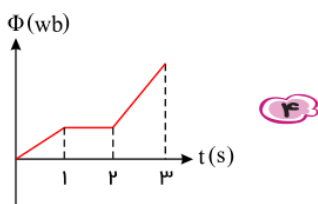
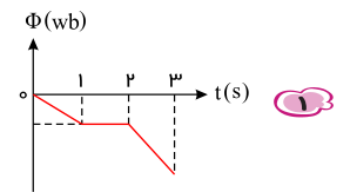
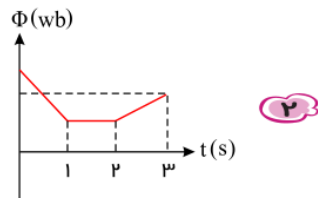
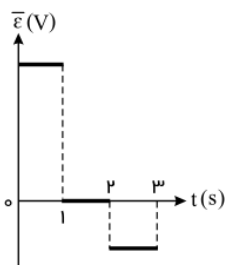


پاسخ: گزینه ۴ می‌دانیم: (تغییر شار) = - مساحت زیر نمودار  $\varepsilon - t$

در بازه  $t_1$  تا  $t_2$ ، مساحت زیر نمودار صفر است پس تغییر شار نداریم ( $\varphi$  ثابت) (رد گزینه‌های ۱ و ۲)  
و بازه  $t_2$  تا  $t_3$ ، مساحت زیر نمودار مثبت (بالای نمودار) پس تغییرات شار منفی است. (رد گزینه ۳)

تست ۲۵: 

نمودار تغییرات نیروی محرکه القایی متوسط در یک حلقه بر حسب زمان، به صورت شکل زیر است. کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند نمودار تغییرات شار مغناطیسی گذرنده از این حلقه بر حسب زمان باشد؟



پاسخ: گزینه ۲ طبق رابطه  $\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ، قرینه شیب نمودار  $\Phi - t$  نشانگر  $\bar{\varepsilon}$  است.

در بازه زمانی  $0 < t < 1$ ،  $\bar{\varepsilon} > 0$  و شیب نمودار  $\Phi - t$  باید منفی باشد.

در بازه زمانی  $1 < t < 2$ ،  $\bar{\varepsilon} = 0$  و شیب نمودار  $\Phi - t$  باید صفر باشد.

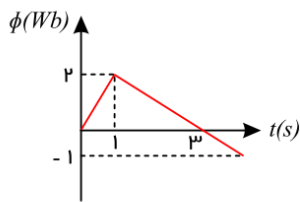
در بازه زمانی  $2 < t < 3$ ،  $\bar{\varepsilon} < 0$  و شیب نمودار  $\Phi - t$  باید مثبت باشد.

تست ۲۶

نمودار تغییرات شار مغناطیسی بر حسب زمان که از یک حلقه می‌گذرد، به صورت شکل زیر است. نیروی محرکه القا شده در لحظه‌ی

 $t = 3s$  چند ولت است؟

سراسری - ۱۳۹۴



۱ صفر

۲  $\frac{1}{2}$ 

۳ ۱

۴  $\frac{1}{5}$ پاسخ: گزینه ۳ در رابطه‌ی  $\mathcal{E} = N \frac{d\Phi}{dt}$  می‌توان  $\frac{d\Phi}{dt}$  را با محاسبه‌ی شیب نمودار به دست آورد و در لحظات  $t > 1$ :

$$N = 1 \rightarrow |\mathcal{E}| = \frac{2}{3-1} = 1 \rightarrow |\mathcal{E}| = 1V$$

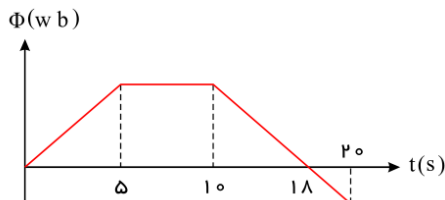
چون شیب خط در بازه‌ی ۱ تا ۳ ثابت است در نتیجه نیروی محرکه‌ی القایی لحظه‌ای با نیروی محرکه‌ی القایی متوسط برابر است.

تست ۲۷

نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه بر حسب زمان مطابق شکل است. در کدام بازه‌ی زمانی بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی

متوسط در حلقه بیشتر است؟

سراسری - ۱۳۸۸



۱ ۵ تا ۵ ثانیه

۲ ۱۰ تا ۱۸ ثانیه

۳ ۵ تا ۲۰ ثانیه

۴ ۱۰ تا ۲۰ ثانیه

پاسخ: گزینه ۱ هر کجا که  $\left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$  بیش‌تر گردد، مقدار  $\mathcal{E}$  افزایش می‌یابد. بنابراین از صفر تا ۵ ثانیه شیب بیشتر می‌شود. پس  $\mathcal{E}$  نیز افزایش می‌یابد.

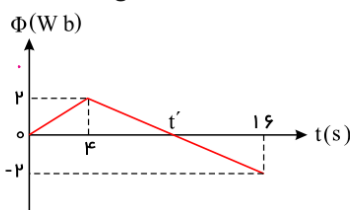
$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow (0 \rightarrow 5)$$

تست ۲۸

نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه نسبت به زمان مطابق شکل روبه‌رو است. در لحظه‌ی  $t'$  بزرگی نیروی محرکه‌ی

القایی در حلقه چند ولت است؟

خارج از کشور - ۱۳۸۹



۱ صفر

۲ ۲

۳  $\frac{1}{2}$ ۴  $\frac{1}{3}$ پاسخ: گزینه ۴ با توجه به ثابت بودن شیب نمودار شار - زمان از ۴ تا ۱۶، در این بازه نیروی محرکه‌ی القایی ثابت بوده و برابر حاصل ضرب تعداد دور سیم ( $N$ ) در شیب

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathcal{E} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \\ \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{-2-2}{16-4} = -\frac{4}{12} = -\frac{1}{3} \Rightarrow |\mathcal{E}| = \frac{1}{3}V \end{array} \right.$$

پاسخ:  $\left( \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right)$  است.

نکته: بنابر بر رابطه  $\bar{\varepsilon} = \left| -N \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \right|$  ،

مساحت محصور نمودار  $\varepsilon - \Delta t$  برابر است با حاصلضرب تعداد حلقه و تغییرات شار مغناطیسی  $(N\Delta\varphi) \leftarrow \bar{\varepsilon} \times \Delta t = -N\Delta\varphi$

اگر نمودار بالای محور زمان باشد: یعنی مساحت مثبت ولی چون فرمول مربوطه منفی دارد یعنی تغییرات شار منفیست.

اگر نمودار پایین محور زمان باشد: یعنی مساحت منفی ولی چون فرمول مربوطه منفی دارد یعنی تغییرات شار مثبت است.

۲-۳-۲ لپ کلام نمودار

✓ نیروی محرکه القایی در هر لحظه برابر منفی شیب نمودار شار- زمانه.

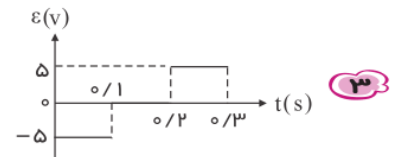
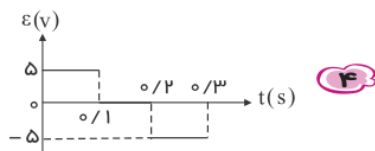
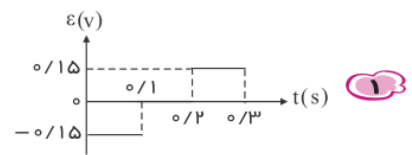
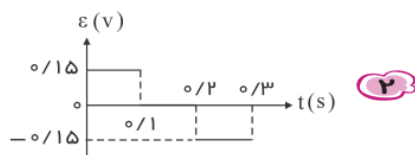
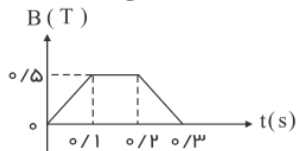
✓ مساحت محصور نمودار  $\varepsilon - \Delta t$  برابر است با حاصلضرب تعداد حلقه و تغییرات شار مغناطیسی  $(N\Delta\varphi) \leftarrow \bar{\varepsilon} \times \Delta t = -N\Delta\varphi$

تست ۲۹: 

یک حلقه به شعاع ۰.۱ سانتی متر و مقاومت  $5\Omega$  به طور عمود بر یک میدان مغناطیسی قرار دارد و میدان مغناطیسی مطابق شکل زیر تغییر

می کند. نمودار نیروی محرکه ی القا شده در حلقه، کدام است؟ ( $\pi = 3$ )

خارج از کشور- ۱۳۹۶



پاسخ: گزینه ۱ می دانیم که نیروی محرکه ی القایی از رابطه ی  $\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  به دست می آید.

و با توجه به نمودار تغییرات میدان می توانیم رابطه ی بالا به صورت زیر می نویسیم.

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon = -N \frac{\Delta BA \cos \theta}{\Delta t}$$

اگر مقدار نیروی محرکه ی القایی را در بازه ی (۰ تا ۰.۱) به دست آوریم می توانیم گزینه ی درست را پیدا کنیم.

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta BA \cos \theta}{\Delta t} \xrightarrow{A=\pi r^2} \varepsilon = -1 \times \frac{0.5}{0.1} \times 3 \times (0.1)^2 \times \cos 0 = -0.15V$$

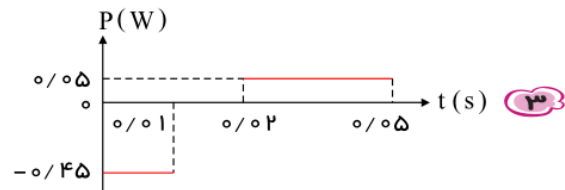
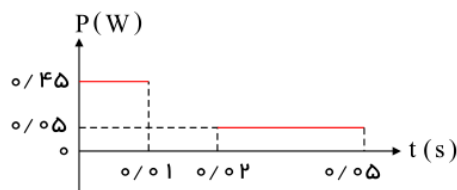
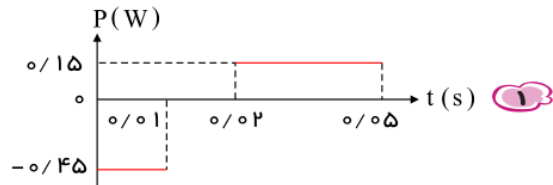
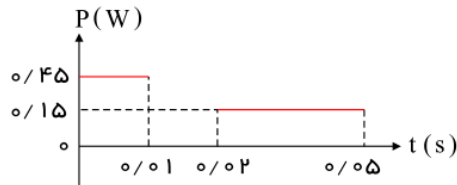
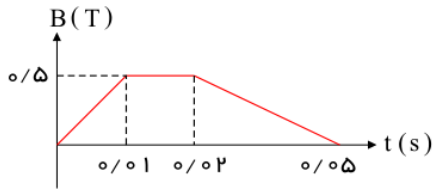
فقط گزینه ی ۱ این ویژگی را دارد.

تست ۳۰: ✓

نمودار تغییرات میدان مغناطیسی بر حسب زمان، که بر یک حلقه‌ی دایره‌ای به شعاع  $10\text{ cm}$  و مقاومت  $5\Omega$ ، عمود است، مطابق

سراسری-۱۳۹۵

شکل زیر است. نمودار آهنگ تولید انرژی گرمایی بر حسب زمان در این حلقه کدام است؟ ( $\pi \approx 3$ )



پاسخ: گزینه ۴ آهنگ تولید انرژی گرمایی (توان) هیچ‌وقت نمی‌تواند منفی شود. پس گزینه‌های ۱ و ۳ صحیح نیستند. از طرفی در گزینه‌های ۲ و ۴ در بازه‌های (۰ تا ۰.۱ s) و (۰.۱ s تا ۰.۲ s) تا ۰.۲ s آهنگ تولید انرژی گرمایی مقادیر مشابهی دارد. بنابراین اگر مقدار  $P$  را در بازه‌های (۰.۲ s تا ۰.۵ s) تعیین کنیم می‌توان گزینه‌ی درست را مشخص نمود. البته باید توجه داشت اگر در بازه‌ای تغییرات میدان مغناطیسی بر حسب زمان خطی باشد، در آن بازه شار مغناطیسی به طور خطی تغییر می‌کند.

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{d\Phi}{dt} = \bar{\varepsilon} = \varepsilon = \text{مقدار ثابت}$$

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

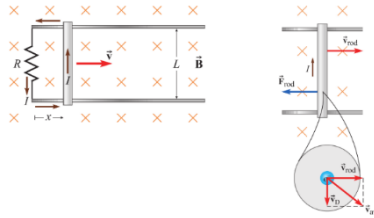
$$\Rightarrow \varepsilon = -1 \times (3 \times 10^2 \times 10^{-4}) (\cos 0) \times \left( \frac{0 - 0.5}{0.05 - 0.2} \right) = 0.5V \Rightarrow |\varepsilon| = 0.5V$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{|\varepsilon|^2}{R} = \frac{(0.5)^2}{5} = 0.05W$$

## ۳-۲-۳ قانون لنز (به آدم کاملاً ضد حال | همش مخالفت میکنه ، یک آدم حسود، کمی دل رحم)

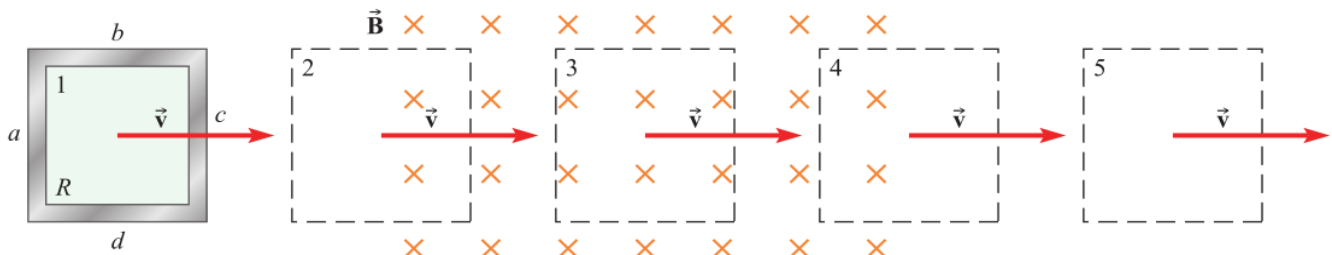
زمانی که شار مغناطیسی که از یک حلقه ی بسته عبور می کند تغییر کند، درون حلقه نیروی محرکه القا می شود و در مدار جریان القایی به وجود می آید. **قانون لنز** برای **تعیین جهت جریان القایی** در مدار بسته استفاده می شود.

(تغییر شار (بنا به اون ۳ دلیل) ← نیروی محرکه القایی ← جریان القایی ← ایجاد میدان مغناطیسی القایی ← مخالفت با تغییر شار)



$$\text{۳factor} \rightarrow \Delta\phi \rightarrow \varepsilon \rightarrow I \rightarrow B'$$

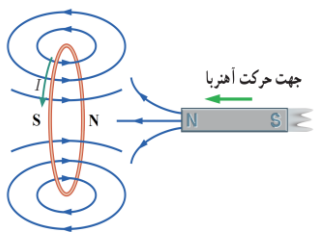
✓ نکته مهم قانون لنز: جهت این جریان القایی به سمتی خواهد بود که به وسیله ی آثار مغناطیسی اش با عامل تغییر شار مخالفت کند.



کاهش شار یا کاهش میدان اصلی (میدان القایی موافق با میدان اصلی) $B \approx B'$ داره بدبخت میشه، کمکش میکنه				افزایش شار یا افزایش میدان اصلی (میدان القایی مخالف با میدان اصلی) $B \neq B'$ حسادت میکنه میگه نه پولدار نشه!				تغییرات
←	→	⊗	⊙	←	→	⊗	⊙	نوع میدان اصلی B
←	→	⊗	⊙	→	←	⊙	⊗	میدان مغناطیس القایی B'

شار مغناطیسی اولیه ی عبوری از مدار (حلقه یا پیچه) توسط یک میدان مغناطیسی ایجاد شده بود (میدان مغناطیسی اصلی).

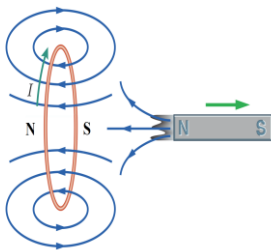
ایجاد میدان مغناطیسی القایی در **خلاف جهت میدان اصلی** (برای مخالفت با تغییر شار)



یعنی چی؟ با نزدیک شدن آهنربا در شکل زیر شار مغناطیسی که از درون حلقه ی بسته می گذرد، تغییر می کند. درون حلقه جریان القایی ایجاد می شود. جهت این جریان طبق قانون لنز به سمتی خواهد بود که در سمت چپ قطب N به وجود بیاورد تا از نزدیک شدن آهنربا (عامل تغییر شار) جلوگیری کند.

**افزایش شار**  
یا  
**افزایش میدان**

ایجاد میدان مغناطیسی القایی در **جهت میدان اصلی** (برای مخالفت با تغییر شار)



**کاهش شار**  
یا  
**کاهش میدان**

جهت جریان القایی و میدان مغناطیسی القایی با توجه به قاعده دست راست تعیین میشه!

بیینیم خارجیا چی میگن؟

Increasing the external field  $\vec{B}$  induces a current with a field  $\vec{B}_{\text{ind}}$  that opposes the change.

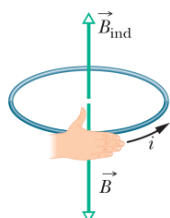
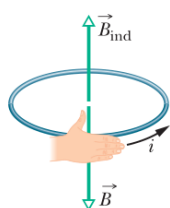
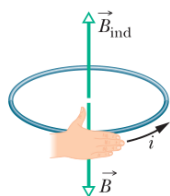
Decreasing the external field  $\vec{B}$  induces a current with a field  $\vec{B}_{\text{ind}}$  that opposes the change.

Increasing the external field  $\vec{B}$  induces a current with a field  $\vec{B}_{\text{ind}}$  that opposes the change.

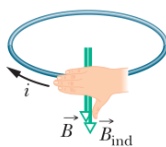
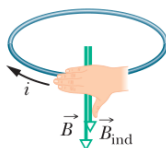
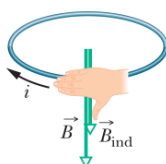
Decreasing the external field  $\vec{B}$  induces a current with a field  $\vec{B}_{\text{ind}}$  that opposes the change.

The induced current creates this field, trying to offset the change.

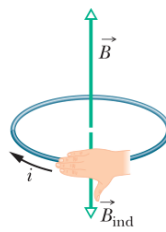
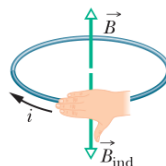
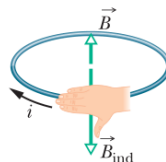
The fingers are in the current's direction; the thumb is in the induced field's direction.



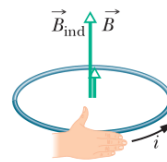
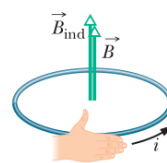
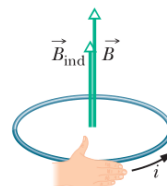
(a)



(b)

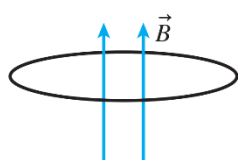


(c)



(d)

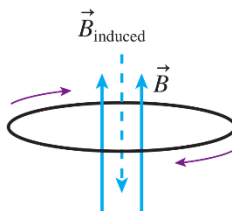
**Figure 30-5** The direction of the current  $i$  induced in a loop is such that the current's magnetic field  $\vec{B}_{\text{ind}}$  opposes the change in the magnetic field  $\vec{B}$  inducing  $i$ . The field  $\vec{B}_{\text{ind}}$  is always directed opposite an increasing field  $\vec{B}$  (a, c) and in the same direction as a decreasing field  $\vec{B}$  (b, d). The curled-straight right-hand rule gives the direction of the induced current based on the direction of the induced field.



No induced current

$\vec{B}$  up and steady

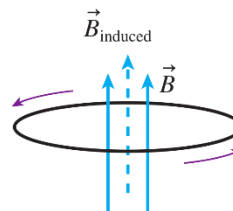
- No change in flux
- No induced field
- No induced current



Induced current

$\vec{B}$  up and increasing

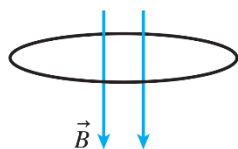
- Change in flux  $\uparrow$
- Induced field  $\downarrow$
- Induced current cw



Induced current

$\vec{B}$  up and decreasing

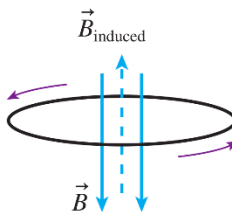
- Change in flux  $\downarrow$
- Induced field  $\uparrow$
- Induced current ccw



No induced current

$\vec{B}$  down and steady

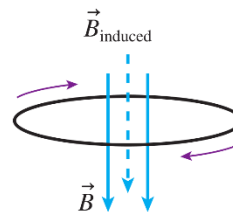
- No change in flux
- No induced field
- No induced current



Induced current

$\vec{B}$  down and increasing

- Change in flux  $\downarrow$
- Induced field  $\uparrow$
- Induced current ccw



Induced current

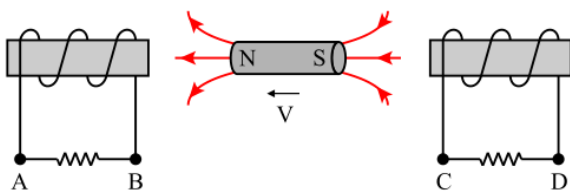
$\vec{B}$  down and decreasing

- Change in flux  $\uparrow$
- Induced field  $\downarrow$
- Induced current cw

## تست ۳۱

در شکل زیر سیم‌لوله‌ها ثابت‌اند و آهن‌ربا به سمت چپ در حرکت است. جهت جریان القایی در مقاومت‌ها کدام است؟

خارج از کشور - ۱۳۹۰



۱ از D به C و از A به B

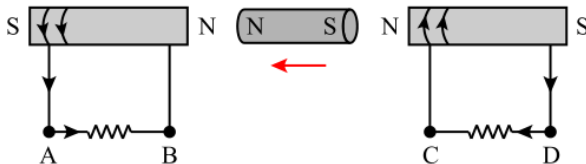
۲ از C به D و از A به B

۳ از D به C و از B به A

۴ از C به D و از B به A

پاسخ: گزینه ۱

با حرکت آهن‌ربا به سمت چپ سیم‌لوله‌ها به گونه‌ای القا می‌شوند که با حرکت آهن‌ربا مخالفت کنند. با تعیین قطب‌های دو سیم‌لوله جهت جریان القایی با دست راست تعیین می‌شود.



## تست ۳۲

در شکل‌های زیر، با توجه به جهت حرکت آهن‌ربا جهت جریان القایی در کدام حلقه‌ی فلزی صحیح است؟ (علامت پیکان، نشان دهنده‌ی

جهت حرکت آهن‌ربا است).

خارج از کشور - ۱۳۹۰



پاسخ:

گزینه ۴ با توجه به قانون لنز، جهت جریان القایی تنها در گزینه‌ی ۴ صحیح نشان داده شده است. در گزینه‌ی ۴، آهن‌ربا به سمت چپ در حال حرکت بوده و شار عبوری از حلقه در حال کاهش است. بنابراین جریان القایی باید به گونه‌ای باشد که بین حلقه و آهن‌ربا نیروی جاذبه ایجاد کند تا مانع از کاهش شار شود.

تذکر: تحلیل سه شکل دیگر نیز مانند گزینه ۴ بوده و جهت صحیح جریان القایی در آن‌ها به صورت زیر است:



گزینه ۱ (۱):



گزینه ۲ (۲):

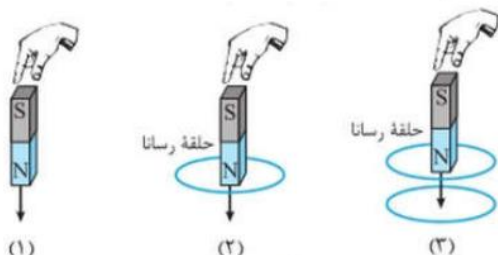


گزینه ۳ (۳):

## تست ۳۳

مطابق شکل، سه آهن‌ربای میله‌ای مشابه را به طور قائم، از ارتفاع معینی نزدیک سطح زمین رها می‌کنیم. اگر سطح زمین نرم باشد، کدام

آهن‌ربا بیشتر در زمین فرو می‌رود؟ (تأثیر میدان مغناطیسی زمین ناچیز است و حلقه‌ها مشابه‌اند).



(۱) (۱)

(۲) (۲)

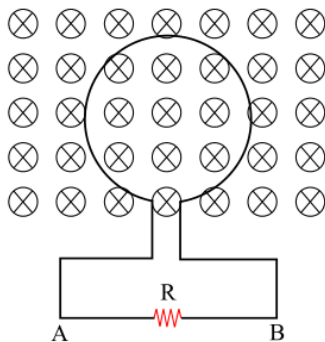
(۳) (۳)

(۴) هر سه به یک اندازه فرو می‌روند.

تست ۳۴

در شکل مقابل، شار مغناطیسی که از حلقه عبور می‌کند، در  $SI$  به صورت  $\varphi = (5t^2 + 6t) \times 10^{-3}$  است. بزرگی نیروی محرکه‌ی القایی متوسط در فاصله‌ی زمانی  $t = 0$  تا  $t = 2s$  چند میلی‌ولت و جهت جریان القایی در مقاومت  $R$  به کدام سمت است؟

خارج از کشور - ۱۳۸۸

۱. ۱۶، از  $A$  به  $B$ ۲. ۱۶، از  $B$  به  $A$ ۳. ۱۸، از  $A$  به  $B$ ۴. ۱۸، از  $B$  به  $A$ 

$$|\bar{\varepsilon}| = N \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| \quad \begin{cases} t = 0 \Rightarrow \phi_1 = 0 \\ t = 2s \Rightarrow \phi_2 = (5 \times 2^2 + 6 \times 2) \times 10^{-3} = 32 \times 10^{-3} \text{ Wb} \end{cases}$$

پاسخ: گزینه ۱

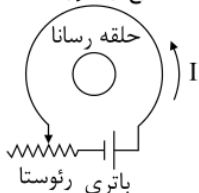
$$|\bar{\varepsilon}| = 1 \times \left| \frac{32 \times 10^{-3} - 0}{2 - 0} \right| = 16 \times 10^{-3} \text{ V} = 16 \text{ mV}$$

با توجه به این که شار مغناطیسی گذرنده از حلقه با گذشت زمان افزایش می‌یابد، پس میدان مغناطیسی حاصل از جریان القایی به سمت بیرون صفحه‌ی کاغذ می‌باشد که با توجه به قاعده‌ی دست راست، جهت جریان القایی در حلقه پادساعتگرد و در مقاومت  $R$  از  $A$  به  $B$  خواهد بود.

تست ۳۵

در شکل روبه‌رو، اگر لغزنده‌ی رئوس‌تا در حال حرکت به سمت چپ باشد، جریان  $I$  چگونه تغییر می‌کند و جهت جریان القایی در حلقه‌ی رسانا در کدام جهت، خواهد بود؟

خارج از کشور - ۱۳۹۵



۱. افزایش، ساعتگرد

۲. کاهش، ساعتگرد

۳. افزایش، پادساعتگرد

۴. کاهش، پادساعتگرد

پاسخ: گزینه ۴ در صورتی که لغزنده رئوس‌تا به سمت چپ حرکت کند طول مقاومتی از رئوس‌تا که در مدار قرار می‌گیرد افزایش می‌یابد و در نتیجه مقاومت افزایش می‌یابد. باتوجه به رابطه‌ی شدت جریان  $(I = \frac{\varepsilon}{R})$  با افزایش مقاومت مدار، شدت جریان کاهش می‌یابد.

میدان مغناطیسی ناشی از جریانی که از حلقه می‌گذرد درون حلقه‌ی رسانا باتوجه به قاعده‌ی دست راست برون سو است و با کاهش جریان اندازه‌ی میدان مغناطیسی برون سو نیز کاهش می‌یابد بنابراین جریان القایی در حلقه‌ی رسانا باتوجه به قانون لنز طوری ایجاد می‌شود که با کاهش میدان مغناطیسی برون سو (یا کاهش شار مغناطیسی) مخالفت کند. به این ترتیب در حلقه‌ی رسانا نیز جریان القایی پاد ساعتگرد خواهد بود.

نکته: هرگاه القا بر اثر کاهش شار باشد: بین القا شونده و القا کننده جاذبه ایجاد می‌شود

و هرگاه القا بر اثر افزایش شار باشد: بین القا شونده و القا کننده دافعه ایجاد می‌شود

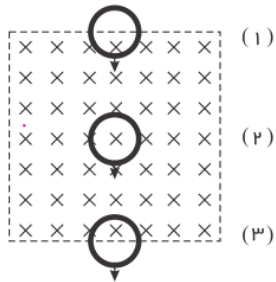


تست ۳۶

یک حلقه مسی با سرعت ثابت از موقعیت (۱) تا موقعیت (۳) از یک میدان مغناطیسی یکنواخت مطابق شکل زیر عبور می‌کند. اگر

خارج از کشور - ۱۳۹۶

جریان القاء شده در حلقه در موقعیت (۱) تا (۳) به ترتیب  $I_1$ ،  $I_2$  و  $I_3$  باشد، کدام یک از موارد زیر درست است؟



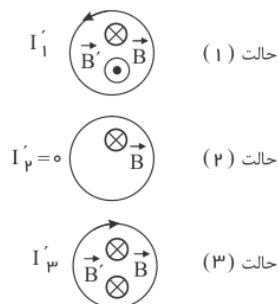
۱  $I_1 = 0$  و  $I_2 = 0$  ساعتگرد

۲  $I_1 = 0$  و  $I_2 = 0$  پادساعتگرد

۳  $I_1$  ساعتگرد و  $I_2$  ساعتگرد

۴  $I_1$  ساعتگرد و  $I_2$  پادساعتگرد

پاسخ: گزینه ۱



در حالت (۱) با ورود حلقه به داخل میدان مغناطیسی، شار مغناطیسی عبوری از حلقه افزایش می‌یابد. و طبق قانون لنز و برای مخالفت با این افزایش شار، باید میدان مغناطیسی القایی ( $\vec{B}'$ ) در خلاف جهت میدان مغناطیسی اصلی ( $\vec{B}$ ) ایجاد شود. پس بنا بر قاعده‌ی دست راست جهت جریان القایی پادساعتگرد خواهد بود.

در حالت (۲) حلقه به طور کامل در داخل میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد. چون در این حالت شار عبوری از حلقه ثابت است و تغییر نمی‌کند، پس جریان القایی در این حالت برابر صفر است.

در حالت (۳) حلقه در حال خروج از میدان مغناطیسی است. پس در این حالت شار مغناطیسی عبوری از حلقه در حال کاهش است. که بنا بر قانون لنز باید میدان مغناطیسی القایی ( $\vec{B}'$ ) در جهت میدان مغناطیسی اصلی ( $\vec{B}$ ) ایجاد شود تا با کاهش شار مخالفت کند. بنابراین طبق قاعده‌ی دست راست، جهت جریان القایی در این حالت ساعتگرد خواهد بود.

تست ۳۷

در شکل روبه‌رو، حلقه‌ی رسانا و سیم راست در یک صفحه قرار دارند. اگر حلقه را ..... و یا شدت جریان  $I$  را .....

سراسری - ۱۳۹۳

جریان القایی در حلقه ساعتگرد خواهد شد.

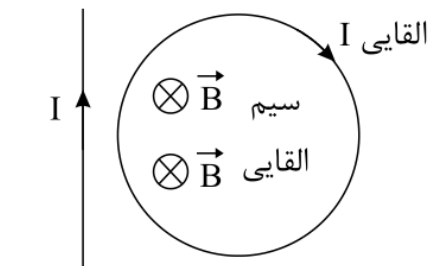
۱ از سیم دور کنیم - کاهش دهیم.

۲ از سیم دور کنیم - افزایش دهیم

۳ به سیم نزدیک کنیم - کاهش دهیم

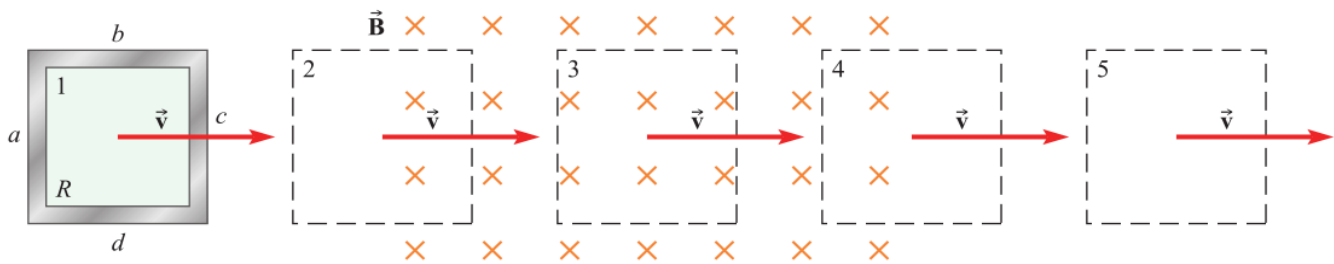
۴ به سیم نزدیک کنیم - افزایش دهیم

پاسخ: گزینه ۱

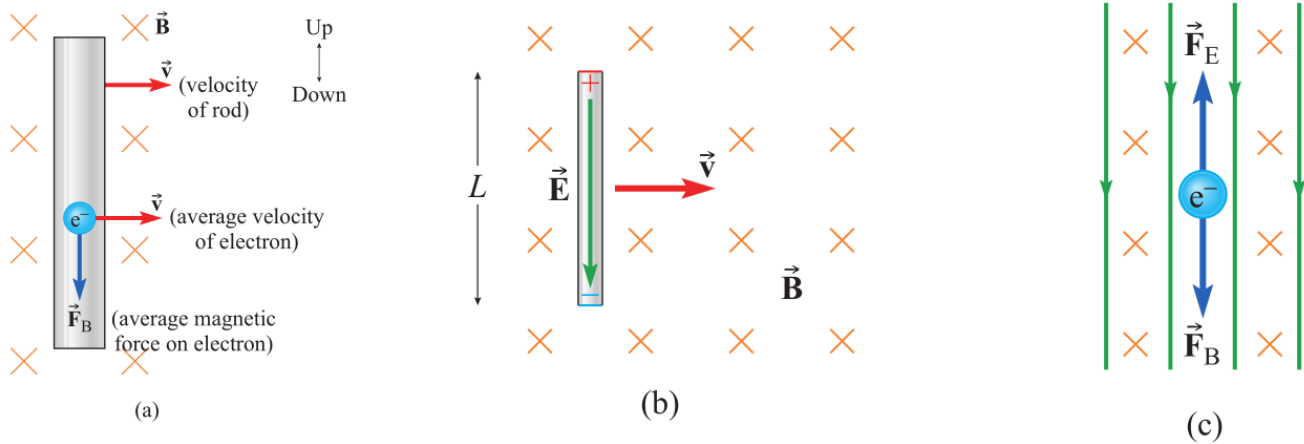


با استفاده از قانون دست راست میدان مغناطیسی ناشی از سیم راست در داخل حلقه درون‌سو می‌باشد. از طرفی طبق صورت سوال، جریان القایی در حلقه ساعتگرد است و این یعنی میدان ناشی از آن در داخل حلقه درون‌سو است. بنابراین باید شار عبوری از حلقه در حال کاهش باشد تا میدان اصلی را در داخل حلقه تقویت کند. از طرفی برای کاهش شار عبوری از حلقه، باید حلقه را از سیم دور کنیم و یا شدت جریان  $I$  در سیم راست را کاهش دهیم.

## ۳-۲-۴ روش دوم ایجاد جریان القایی با استفاده از قاب U شکل و تغییر مساحت



نکته:



نکته:

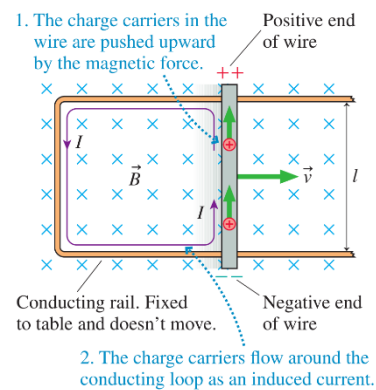
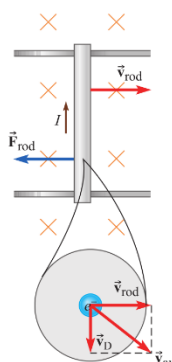
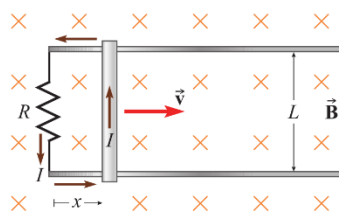
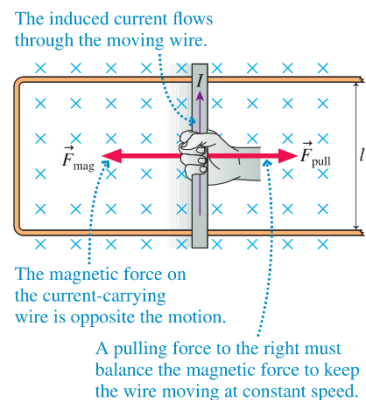
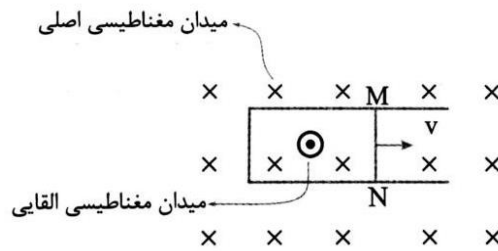


FIGURE 30.6 A pulling force is needed to move the wire to the right.



یک قاب رسانای U شکل در میدان مغناطیسی یکنواخت B (درون سو) قرار دارد و میله ی MN در حال حرکت است!



شکل

میله به سمت راست ← افزایش سطح ← افزایش شار  
ایجاد نیروی محرکه القایی و جریان القایی برای مخالفت با تغییر شار  
← میدان مغناطیسی خلاف جهت میدان اصلی  
جریان از N به M میره | میله راست ، جریان بالا

میله به سمت چپ ← کاهش سطح ← کاهش شار  
ایجاد نیروی محرکه القایی و جریان القایی برای مخالفت با تغییر شار  
← میدان مغناطیسی جهت میدان اصلی  
جریان از M به N میره | میله چپ ، جریان پایین

$$|\vec{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right| \xrightarrow{N=1} |\vec{\varepsilon}| = B \cos \theta \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta A = L \times \Delta x} |\vec{\varepsilon}| = B \cos \theta \cdot \frac{L \times \Delta x}{\Delta t} \xrightarrow{v_{av} = \frac{\Delta x}{\Delta t}} |\vec{\varepsilon}| = BLV_{av} \rightarrow IR = BLV_{av}$$

(a) (b)

رابطه

B: میدان مغناطیسی اصلی

L: طول میله

V: سرعت حرکت میله در قاب U شکل

جهت جریان القایی: انگشت ۴ جهت حرکت سیم | کف دست: جهت میدان مغناطیسی اصلی | انگشت شست: جهت جریان القایی

کلمه حرکت سیم، انتقال، کشیدن و لغزش

اگر یک پیچه مربعی یا مستطیلی با N حلقه در حال وارد شدن یا خارج شدن از میدان مغناطیسی یکنواخت B باشد

نیروی محرکه القایی متوسط سیم متحرک:  $|\vec{\varepsilon}| = NBLV_{av}$

و جریان متوسط القایی:  $|\vec{I}| = \frac{BLV_{av}}{R}$

$N \neq 1$

طبق قاعده دست راست نیروی وارد بر میله به دست میاد!

یه نتیجه میشه گرفت، اونم اینه که نیروی وارد بر میله مخالف جهت حرکت هست!

این داستان نتیجه قانون لنزه!

خب وقتی میله حرکت میکنه، شار تغییر میکنه و نیروی مغناطیسی همواره در جهتی است که با تغییر شار مخالفت کنه!

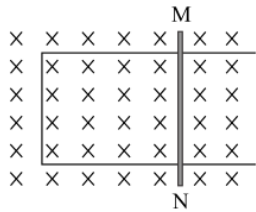
بنابراین نیروی وارد بر میله همیشه با حرکت آن مخالفت میکنه!

پس اگر میله میره راست، نیروی وارد بر میله از طرف میدان به سمت چپ هستش.

نیروی وارد بر میله از طرف

تست ۳۸

در شکل روبه رو، میدان مغناطیسی درون سواست و قاب  $U$  شکل رسانا است. اگر ماس بر قاب، میله ی رسانای  $MN$  را از حال سکون با شتاب ثابت به سمت چپ ببریم، جریان القایی در میله از ..... بوده و اندازه ی آن در این وضعیت، ..... خواهد بود. سراسری- ۱۳۹۱



۱ به  $M$  به  $N$ ، در حال افزایش

۲ به  $M$  به  $N$ ، ثابت

۳ به  $N$  به  $M$ ، ثابت

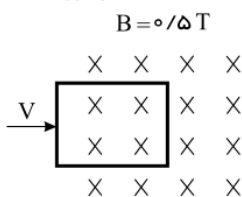
۴ به  $N$  به  $M$ ، در حال افزایش

پاسخ: گزینه ۱ چون میله  $MN$  به طرف چپ حرکت می کند شار مغناطیسی کاهش می یابد و طبق قانون لنز برای مخالفت با این کاهش شار، باید میدان مغناطیسی القایی در جهت  $B$  باشد. طبق قانون دست راست جهت جریان القایی از  $M$  به  $N$  خواهد بود از طرفی چون میله با شتاب ثابت حرکت داده می شود پس با گذشت زمان سرعت آن مرتب افزایش می یابد. در نتیجه جریان القایی نیز افزایش می یابد.

$$\uparrow I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{BLV}{R}$$

تست ۳۹

مطابق شکل، یک سیم پیچ مربع شکل با ۲۰ دور سیم که طول هر ضلع آن ۴۰ سانتی متر است، با سرعت  $3 \frac{m}{s}$  در یک میدان مغناطیسی درون سو، به سمت راست حرکت می کند، بزرگی نیروی محرکه ی القا شده در سیم پیچ در لحظه ای که ۳۰ سانتی متر از آن در میدان وارد شده است، چند ولت است؟ سراسری- ۱۳۹۲



۸ ۲

۶ ۱

۱۶ ۴

۱۲ ۳

پاسخ: گزینه ۳ ابتدا تغییرات شار در سیم پیچ را به دست می آوریم:

$$\Phi_1 = 0$$

$$\Phi_2 = BA \cos 0 = 0.5 \times (0.3 \times 0.4) \times 1 = 6 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

$$\Delta x = V \Delta t \Rightarrow 0.3 = 3 \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{1}{10} \text{ s}$$

از طرفی سیم پیچ به مدت  $\frac{1}{10} \text{ s}$  طول می کشد تا با سرعت  $3 \frac{m}{s}$  به میزان  $20 \text{ cm}$  وارد میدان شود:

در ادامه می توان نوشت:

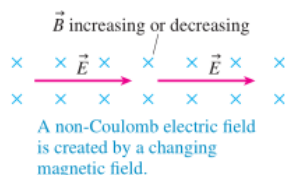
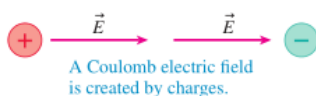
$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Rightarrow |\varepsilon| = \left| -20 \times \frac{6 \times 10^{-2} - 0}{10^{-1}} \right| = 12 \text{ V}$$

روش دوم: با توجه به یکنواخت بودن حرکت سیم پیچ می توان نوشت:

$$|\varepsilon| = NBLV \Rightarrow |\varepsilon| = 20 \times 0.5 \times 0.4 \times 3 = 12 \text{ V}$$

نکته:

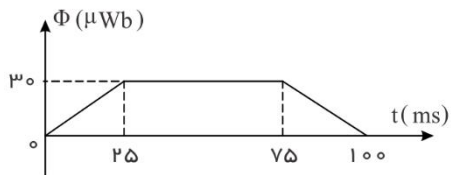
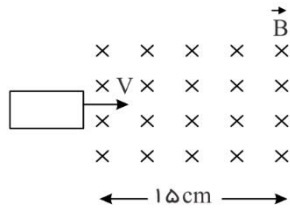
FIGURE 30.31 Two ways to create an electric field.



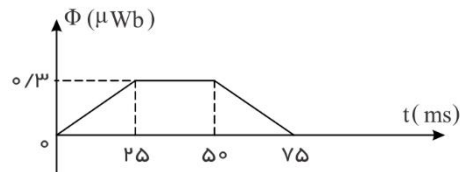
تست ۴۰

حلقه فلزی مستطیل شکلی به ابعاد  $3\text{cm} \times 5\text{cm}$  با سرعت ثابت  $2\frac{m}{s}$  وارد میدان مغناطیسی یکنواخت  $2G$  می شود و از طرف دیگر آن

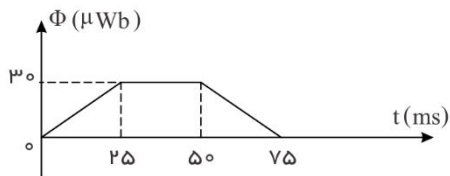
خارج می شود. نمودار تغییرات شار مغناطیسی بر حسب زمان که از حلقه می گذرد، کدام است؟



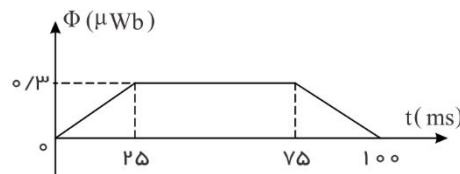
۲



۱



۴



۳

پاسخ: گزینه ۳ ابتدا شار صفر است و وقتی کاملاً وارد میدان می شود بیشترین شار از آن می گذرد. ( $1G = 10^{-4}T$ )

$$\Phi_{\max} = BA = 2 \times 10^{-4} \times 15 \times 10^{-2} = 30 \times 10^{-6} = 30 \times 10^{-2} \mu Wb = 0.3 (\mu Wb)$$

زمانی که قاب کاملاً وارد میدان می شود  $5\text{cm}$  جابه جا شده است. پس:

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t_1} \Rightarrow 2 = \frac{0.05}{\Delta t_1} \Rightarrow \Delta t_1 = 0.025\text{s} = 25\text{ms}$$

زمانی که داخل میدان است  $(15 - 5) = 10\text{cm}$  جابه جا می شود و شار ثابت است.

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t_2} \Rightarrow 2 = \frac{0.1}{\Delta t_2} \Rightarrow \Delta t_2 = 0.05\text{s} = 50\text{ms}$$

هنگام خروج شار کاهش یافته و به صفر می رسد. و باز باید  $5\text{cm}$  جابه جا شود و همانند ورود  $\Delta t_3 = 25\text{ms}$  می شود. یعنی گزینه ۳ صحیح است.

## ۵-۲-۳ کاربردهای القای الکتریکی

(۱) تولید جریان

(۲) کارت اعتباری

روی نوار مغناطیسی موجود بر روی کارت‌های اعتباری اطلاعات مشتری و حساب وی ذخیره شده است. با کشیدن کارت در دستگاه کارت‌خوان که در واقع شامل یک سیم‌پیچ و اجزای دیگر است، نیرو محرکه القایی در سیم‌پیچ بوجود می‌آید که جریان بوجود آمده توسط دستگاه رمزگشایی شده و دستورات موردنظر انجام می‌شود.

(۳) تندی سنج دوچرخه

تندی‌سنج دوچرخه‌های مسابقه‌ای شامل یک آهنربای کوچک و یک پیچ است. آهنربا به یکی از پره‌های چرخ جلو و پیچ به دو شاخه فرمان متصل است و دو سر پیچ به نمایشگر تندی‌سنج (نوعی رایانه کوچک) متصل شده است. به نظر شما تندی‌سنج دوچرخه چگونه کار می‌کند؟



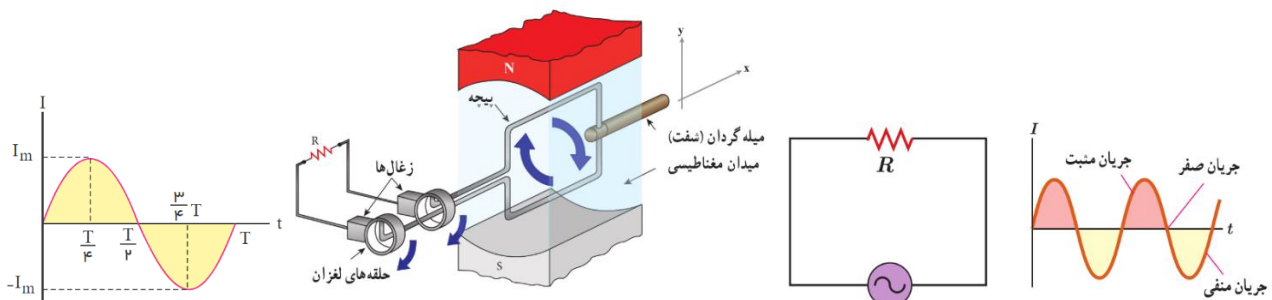
پاسخ: با هر دور چرخش چرخ، آهنربا یکبار از جلوی پیچ عبور می‌کند و ولتاژی در آن القا می‌شود که می‌توان از آن برای بکار انداختن یک شمارنده استفاده کرد. با داشتن تعداد دورهای طی شده توسط چرخ در یک ثانیه و نیز محیط چرخ می‌توان به سادگی محاسبه کرد تندی دوچرخه چقدر است (تندی برابر است با مسافت طی شده در یک ثانیه) که این محاسبات توسط پردازنده کوچک تندی‌سنج انجام می‌شود. این، اساس کار دستگاههای کنترل حد تندی خودرو (دستگاه‌های کروزر) در خودروها نیز می‌باشد.

(۴) سامانه تنظیم تندی خودرو (کروز)

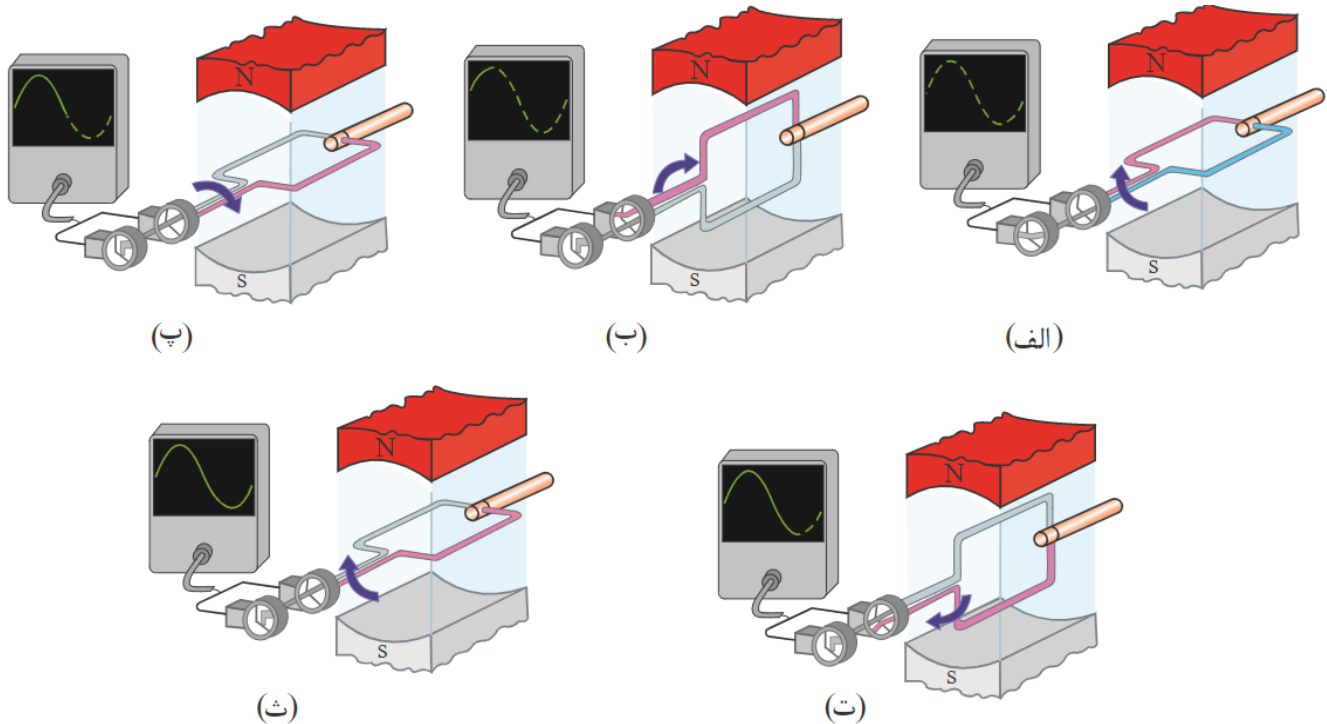
## ۶-۲-۳ جریان متناوب (تغییر زاویه) ← اداره برق بهمون میده !

جریان الکتریکی به دو صورت مستقیم و متناوب می باشد.	
مستقیم (Direct)	متناوب (Alternative)
عموماً با باتری در مدار برقرار می شود	با چرخش و حرکت پیچه در میدان مغناطیسی ایجاد می شود.

سومین عامل تغییر شار ← تغییر زاویه بین پیچه و میدان مغناطیسی ← ایجاد یک جریان القایی متناوب  
تغییر مرتب زاویه ← جریان متناوب : جریانی که اندازه و جهت آن به طور منظم با زمان تغییر می کند و در بازه های زمانی خاصی تکرار می شود. جریان متناوب معمولاً تابعی سینوسی از زمان است.  
در شکل های زیر مداری با جریان متناوب ، نمودار جریان آن و یک مولد (ژنراتور) تولید جریان متناوب را مشاهده می کنید.



تغییر متناوب زاویه بین پیچه و میدان مغناطیسی ← تغییر متناوب شار ← ایجاد یک جریان القایی متناوب



✓ دوره (زمان تناوب): زمان یک چرخش کامل بر حسب ثانیه که با T نشان می دهیم.

✓ بسامد (فرکانس): تعداد چرخش های کامل در یک ثانیه بر حسب بر ثانیه ( $\frac{1}{s}$ ) که هرتز (Hz) می نامند. بسامد را با f نشان می

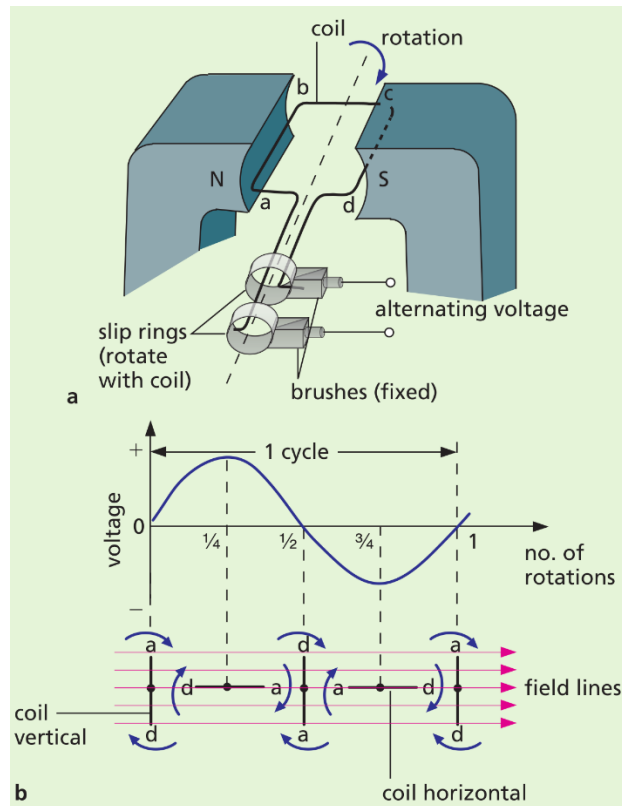
$$f = \frac{1}{T}$$

دهیم.

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \rightarrow \omega = \frac{\theta}{t} \rightarrow \boxed{\theta = \omega t}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \xrightarrow{f = \frac{1}{T}} \boxed{\omega = 2\pi f}$$

✓ سرعت زاویه ای (بسامد زاویه ای): آهنگ تغییر زاویه نسبت به زمان



نمودار	رابطه	کمیت
	$\varphi = AB \cos \theta \xrightarrow[\varphi_{\max} = AB]{\theta = \omega t} \boxed{\varphi = \varphi_{\max} \cos \omega t}$ $\xrightarrow{\omega = \frac{2\pi}{T}} \boxed{\varphi = \varphi_{\max} \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)}$	شار - زمان
	$\varepsilon = -N \frac{d\varphi}{dt} = N\omega AB \sin \theta \xrightarrow{\varepsilon_{\max} = N\omega AB} \boxed{\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin \theta = \underbrace{N\omega AB}_{\varepsilon_{\max}} \sin \theta}$ $\xrightarrow[\omega = \frac{2\pi}{T}]{\theta = \omega t} \boxed{\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)}$	نیرو محرکه - زمان
	$I = \frac{\varepsilon}{R} \rightarrow \boxed{I = I_{\max} \sin \theta = \underbrace{\frac{N\omega AB}{R}}_{I_{\max}} \sin \theta = \frac{\varepsilon_m}{R} \sin \theta}$ $\xrightarrow[\omega = \frac{2\pi}{T}]{\theta = \omega t} \boxed{I = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)}$	جریان - زمان



**مثال:** معادله جریان - زمان یک مولد جریان متناوب در  $SI$  بصورت  $I = 4 \times 10^{-7} \sin 250\pi t$  است

(الف) جریان در دو لحظه  $t_1 = 2ms$  و  $t_2 = 8ms$  چقدر است؟

(ب) دوره تناوب جریان را بدست آورید و نمودار جریان - زمان را در یک دوره کامل رسم کنید

(پاسخ: الف)

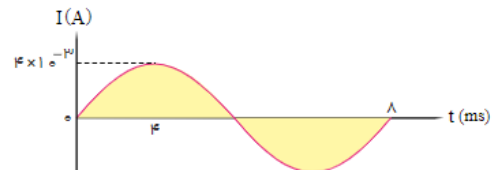
$$t_1 = 2ms \Rightarrow I_1 = 4 \times 10^{-7} \sin(250\pi \times 2 \times 10^{-3})$$

$$\Rightarrow I_1 = 4 \times 10^{-7} \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = 4 \times 10^{-7} A$$

$$t_2 = 8ms \Rightarrow I_2 = 4 \times 10^{-7} \sin(250\pi \times 8 \times 10^{-3}) \Rightarrow I_2 = 4 \times 10^{-7} \sin(2\pi) = 0$$

(ب) می توان بر اساس معادله  $I = 4 \times 10^{-7} \sin 250\pi t$  نوشت

$$250\pi t = \frac{2\pi}{T} \cdot t \Rightarrow T = \frac{2}{250} \Rightarrow T = \frac{1}{125} s \Rightarrow T = 0.008 = 8ms$$

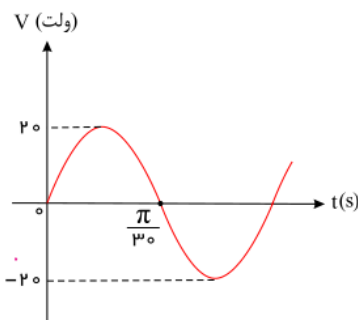


تست ۴۱

شکل مقابل، نمودار اختلاف پتانسیل دو سر یک مقاومت ۵ اهمی را نشان می دهد. معادله ی شدت جریان الکتریکی مقاومت در  $SI$

کدام است؟

خارج از کشور - ۱۳۸۸



۱  $I = 4 \sin(300t)$

۲  $I = 20 \sin(300t)$

۳  $I = 4 \sin(300\pi t)$

۴  $I = 20 \sin(300\pi t)$

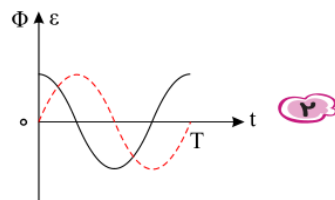
تست ۴۲

یک قاب مستطیل شکل با دوره ی ثابت، داخل یک میدان مغناطیسی یکنواخت می چرخد. اگر در مبدأ زمان خطوط میدان بر سطح قاب

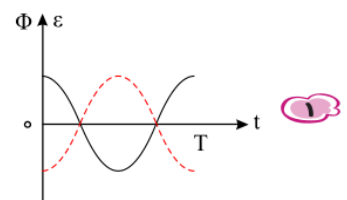
عمود باشند، کدام یک از نمودارهای زیر تغییرات شار مغناطیسی و نیروی محرکه ی القایی بر حسب زمان را در یک دوره، درست نشان می دهد؟

سراسری - ۱۳۹۶

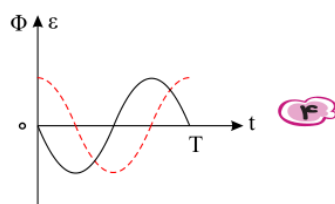
(نمودار نقطه چین مربوط به تغییر شار مغناطیسی است.)



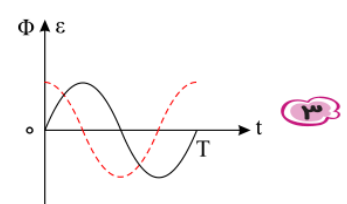
۲



۱



۴



۳

تست ۴۳: ✓

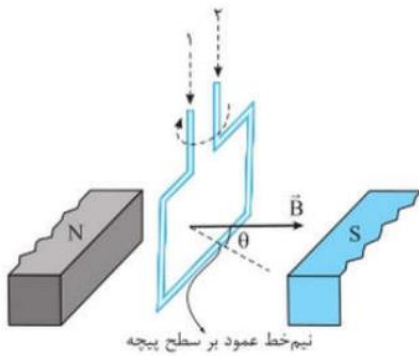
شکل مقابل، پیچه‌ای را نشان می‌دهد که به طور یکنواخت در جهت نشان داده شده می‌چرخد. جریان القایی مدار در کدام جهت بوده و اندازه نیروی محرکه القایی در لحظه نشان داده شده در شکل، در چه حالتی است؟

(۱) افزایش

(۲) کاهش

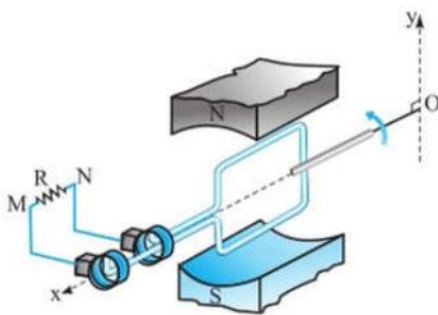
(۳) افزایش

(۴) کاهش



تست ۴۴: ✓

مطابق شکل روبه‌رو، در یک مولد جریان متناوب، پیچه حول راستای محور  $x$  و در فضای یک میدان مغناطیسی یکنواخت که در راستای محور  $y$  برقرار است، با دوره زمانی معینی می‌چرخد. در لحظه نمایش داده شده در شکل که سطح پیچه موازی با صفحه  $xoy$  است، جهت شارش القایی الکترون‌ها در مقاومت  $R$  که موازی با محور  $x$  در مدار بسته شده، در کدام جهت است؟

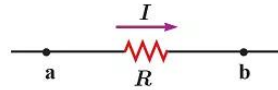
(۱) از  $M$  به  $N$ (۲) از  $N$  به  $M$ (۳) ابتدا از  $M$  به  $N$  و سپس از  $N$  به  $M$ (۴) ابتدا از  $N$  به  $M$  و سپس از  $M$  به  $N$ 

## ۷-۲-۳ القاگر و اثر خود القاوری (خودالقایی)

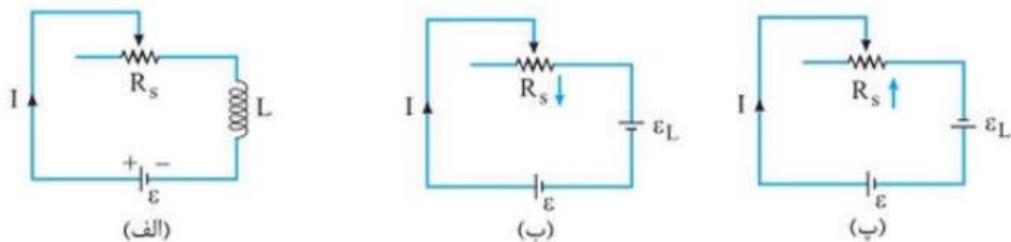
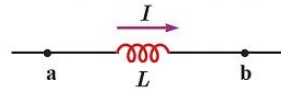
از عناصر مدار هستند و می توانند از تغییرات ناگهانی جریان جلوگیری کنند. ( )

از هر سیم پیچی در نقش القاگر استفاده می شود. (پیچه یا سیم لوله)

مقاومت با جریان  $I$ : انرژی تلف شده است.



القاگر با جریان  $I$ : انرژی ذخیره شده است.



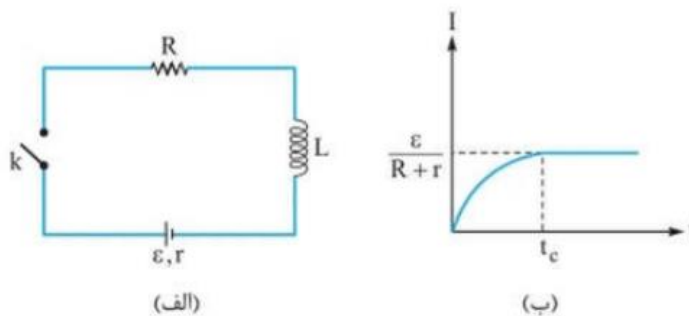
مثال ۱

اگر مطابق شکل وسط، مقاومت رئوستا را کاهش دهیم، جریان مدار و به دنبال آن میدان القاگر و شار عبوری از آن زیاد میشه! نیروی محرکه در القاگر ایجاد میشه که میخواد با افزایش شار مخالفت کنه!

پس در خلاف جهت نیروی محرکه اصلی است و با افزایش جریان مخالفت می کنه!  $I = \frac{\mathcal{E} - \mathcal{E}_L}{R + r}$

و برای شکل پ برعکس این داستان پیش میاد.  $I = \frac{\mathcal{E} + \mathcal{E}_L}{R + r}$

به این پدیده که القاگر با تغییرات جریان مخالفت میکنه، اثر خود القاوری می گویند.



مثال ۲

در شکل چپ اگر القاگر نبود، جریان به سرعت به مقدار نهایی  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$  خودش می رسید.

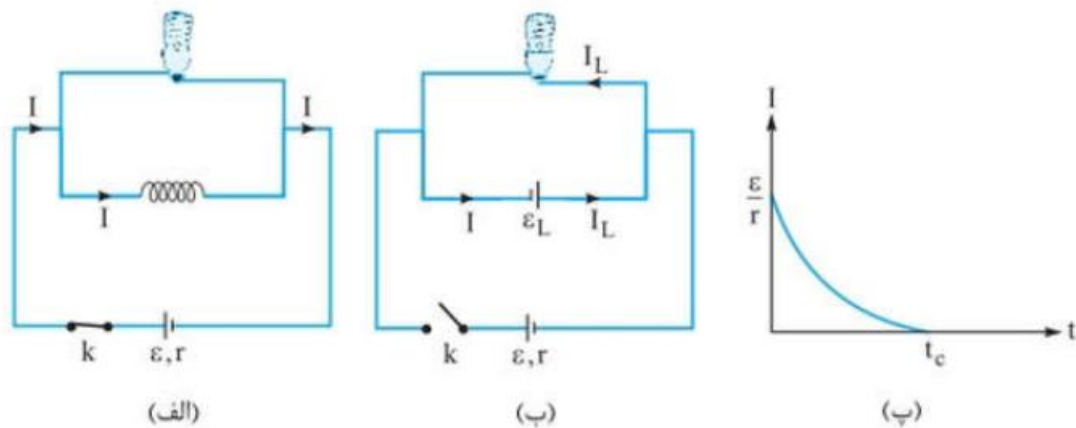
به خاطر حضور القاگر، جریان مطابق شکل راستی، آرام آرام به مقدار نهایی خودش می رسد.

خب وقتی کلید بسته میشه، جریان عبوری از القاگر طی زمان کمی افزایش می یابد، نیروی محرکه در القاگر ایجاد میشه که در

خلاف جهت نیروی محرکه منبع عمل می کند که با افزایش جریان مخالفت کنه و باعث میشود که جریان در مدار کاهش یابد.

از لحظه  $T_c$  به بعد جریان ثابت می ماند. شار ثابت می ماند و نیروی محرکه القا نمی شود.  $\mathcal{E}_L = 0$  و القاگر مثل سیم عمل میکنه.

بعد از لحظه  $T_c$ ، جریان مدار ثابت است و دیگر شرایط مدار تغییر نمیکند: مدار پایا یا پایدار



مثال ۳

مطابق شکل الف کلید بسته است و جریان ثابت از مدار می گذرد. القاگر در جریان ثابت مثل سیم عمل میکند، بنابراین تمام جریان از القاگر عبور می کند و لامپ خاموش میماند. با باز کردن کلید لامپ یک لحظه پرنور شده و به تدریج روشنایی آن کم و سپس خاموش میشود!

علت هم واضحه! با باز کردن کلید، جریان تغییر ناگهانی میکند! نیروی محرکه القایی در دو سر القاگر ایجاد میشود! نیروی محرکه القایی در جهت نیروی محرکه اصلی ایجاد میشه و جریان القایی داریم. این جریان زیاد پایدار نیست و دوام ندارد. اختلاف پتانسیل دو سر لامپ و القاگر یکسان هست. بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر لامپ مثل اختلاف پتانسیل دو سر القاگر کاهش می یابد. بنابراین روشنایی لامپ موقت خواهد بود و در نهایت خاموش میشود!

پس عبور جریان از سیملوله :

(۱) جریان ثابت ← مثل سیم رفتار می کند ← ایجاد میدان مغناطیسی

(۲) اما اگر جریان تغییر کند چی؟

تغییر جریان گذرنده از سیملوله ← تغییر میدان مغناطیسی درون سیملوله ← تغییر شار عبوری از سیملوله ← ایجاد نیروی محرکه و

جریان القایی در سیملوله (در جهت مخالفت با تغییر شار)

نیروی محرکه و جریان القایی ایجاد شده در این حالت بر اثر تغییر میدان مغناطیسی خود سیملوله است.

این نیرو محرکه را نیروی محرکه خود القاوری | این جریان را جریان خود القاوری | این خاصیت پدیده خود القاوری

پس القاگر: هر عنصری از مدار که از خود خاصیت القاوری نشان دهد (مثل سیملوله و پیچ)

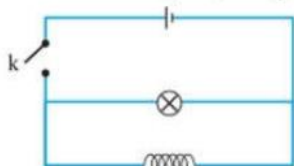
فایده حضور القاگر اینه که جریان به طور ناگهانی تغییر نمی کنه و در مدت طولانی تری به مقدار ثانویه خودش برسه!

اندازه جریان عبوری از القاگر نمی تواند به طور ناگهانی جهش کند. بنابراین جریان عبوری از القاگر در لحظه باز کردن کلید، همان

مقداری است که درست قبل از باز کردن کلید داشته است.

تست ۴۵:

در مدار شکل زیر، هنگام بستن کلید، نور لامپ در ابتدا ..... و سپس ..... می شود. (مقاومت اهمی القاگر صفر است.)

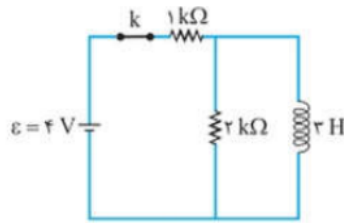


(۱) زیاد، کم

(۲) کم، زیاد

(۳) کم، خاموش

(۴) زیاد، خاموش

تست ۴۶: 

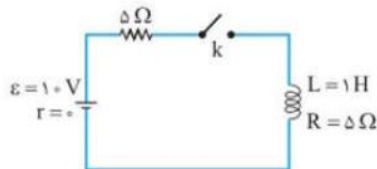
در مدار شکل روبه‌رو، بلافاصله پس از باز شدن کلید k، جریان عبوری از القاگر چند میلی‌آمپر است؟

(۱) ۱

(۲) ۲

(۳) ۳

(۴) ۴

تست ۴۷: 

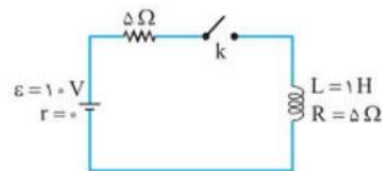
در مداری که رسم شده است، درست بلافاصله پس از بستن کلید، جریان مدار چند آمپر و اختلاف پتانسیل دو سر القاگر چند ولت است؟

(۲) ۱۰،۰

(۱) ۵،۱

(۴) ۵،۰ / ۵

(۳) ۰،۲

تست ۴۸: 

در مدار نشان داده شده در شکل مقابل پس از گذشت مدت‌زمان طولانی از بستن کلید (شرایط پایا)، جریان مدار چند آمپر و اختلاف پتانسیل دو سر القاگر چند ولت می‌شود؟

(۲) ۰،۰

(۱) ۵،۱

(۴) ۵،۰

(۳) ۰،۱

۸-۲-۳ نیروی محرکه خود القاوری

$$\varepsilon_L = -L \frac{dI}{dt}$$

نیروی محرکه خود القایی لحظه‌ای

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

نیروی محرکه خود القایی متوسط

۹-۲-۳ ضریب خود القاوری (یکا: هانری (H))

برای القاگری به طول l و سطح مقطع A که از N دور سیم ساخته شده باشد، ضریب خود القاوری القاگر از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

K: ضریب تراوایی مغناطیسی خلا (برای هوا = ۱)

هانری (H): یک هانری ضریب خود القاوری سیملوله‌ای است که به ازای تغییر جریان یک آمپر بر ثانیه (1A/s) نیروی محرکه‌ی

خودالقایی یک ولت (1V) در آن ایجاد می‌شود.

این ضریب از خصوصیات ساختمانی سیملوله بوده و ربطی به جریان گذرنده از آن ندارد.

۱۰-۲-۳ رابطه شار عبوری از سیملوله با ضریب خود القاوری

$$\varphi = \frac{LI}{N}$$

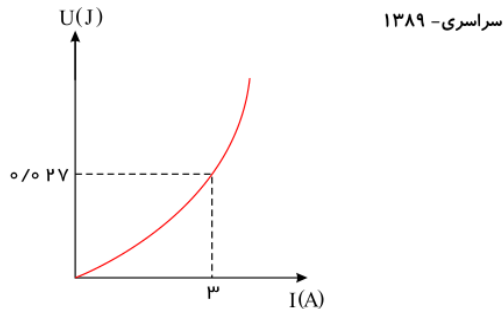
## ۱۱-۲-۳ انرژی القاگر

القاگری که در مدار است، انرژی ذخیره می کند تا در موقع لازم (یعنی وقتی که جریان مدار تغییر می کند و کاهش می یابد) آن را به مدار تحویل داده و جریان خودالقاوری را به وجود بیاورد. (L در این رابطه ضریب خود القاوری می باشد).

$$U = \frac{1}{2} LI^2$$

تست ۴۹:

شکل مقابل، نمودار انرژی ذخیره شده در سیملوله بر حسب جریان گذرنده از آن است. ضریب القاوری سیملوله چند میلی هانری است؟



۱) ۶

۲) ۳

۳) ۱

۴) ۹

پاسخ: گزینه ۱

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow 0.27 = \frac{1}{2} L(3)^2 \Rightarrow 0.27 = \frac{1}{2} L \times 9 \Rightarrow L = 0.06 H = 6 mH$$

تست ۵۰:

ضریب القاوری سیم لوله A، ۲ برابر ضریب القاوری سیم لوله B است و جریان الکتریکی عبوری از آن نیز دو برابر جریان الکتریکی عبوری از سیم لوله B است. انرژی ذخیره شده در سیم لوله A چند برابر انرژی ذخیره شده در سیم لوله B است؟

خارج از کشور - ۱۳۹۲

۱) ۸

۲) ۴

۳)  $2\sqrt{2}$ 

۴) ۲

پاسخ: گزینه ۴ رابطه انرژی ذخیره شده در سیم لوله به صورت زیر است:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \begin{cases} \frac{U_A}{U_B} = \left(\frac{L_A}{L_B}\right) \times \left(\frac{I_A}{I_B}\right)^2 \\ L_A = 2L_B \\ I_A = 2I_B \end{cases} \Rightarrow \frac{U_A}{U_B} = 2(2)^2 = 8$$

تست ۵۱:

ضریب خودالقایی سیملوله ای ۲ هانری است و جریان الکتریکی ۴ آمپر از آن می گذرد. با کدام تغییر حالت، نیروی محرکه‌ی خودالقایی ۶ ولت در سیملوله تولید می شود؟

سراسری - ۱۳۹۵

۱) به دو سر آن مقاومت الکتریکی  $15 \Omega$  ببندیم.

۲) جریان الکتریکی آن با آهنگ  $15 \frac{A}{s}$  تغییر کند.

۳) به دو سر آن مقاومت الکتریکی  $3 \Omega$  ببندیم.

۴) جریان الکتریکی آن با آهنگ  $3 \frac{A}{s}$  تغییر کند.

پاسخ: گزینه ۴ نیروی محرکه خودالقایی در یک سیملوله از رابطه  $\varepsilon_L = -L \frac{dI}{dt}$  به دست می آید. با توجه به اطلاعات مسئله داریم:

$$|\varepsilon_L| = L \left| \frac{dI}{dt} \right| \rightarrow 6 = 2 \left| \frac{dI}{dt} \right| \rightarrow \left| \frac{dI}{dt} \right| = 3$$

بنابراین در این سیملوله باید جریان الکتریکی با آهنگ  $3 \frac{A}{s}$  تغییر کند تا نیروی محرکه‌ی خودالقایی ۶V در آن تولید شود.

تست ۵۲:

سیم‌لوله‌ای بدون هسته‌ی آهنی، دارای ۲۰۰۰ حلقه است و از آن جریان الکتریکی ۲A می‌گذرد. اگر طول سیم‌لوله ۲۵ سانتی‌متر و مساحت هر حلقه‌ی آن  $10\text{ cm}^2$  باشد، انرژی ذخیره شده در سیم‌لوله چند میلی‌ژول است؟  $(\mu_0 = 12.5 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A})$  خارج از کشور - ۱۳۹۵

۱۰ (۴)

۴۰ (۳)

۱۰۰ (۲)

۴۰۰ (۱)

پاسخ: گزینه ۳ ابتدا ضریب القاوری سیم‌لوله را به دست می‌آوریم.

$$L = \mu_0 \frac{N^2}{\ell} A \rightarrow L = 12.5 \times 10^{-7} \times \frac{(2000)^2}{0.25} \times 10 \times 10^{-4} \Rightarrow L = 2 \times 10^{-2} H$$

انرژی ذخیره شده در القاگر (سیم‌لوله) از رابطه‌ی  $U = \frac{1}{2} LI^2$  به دست می‌آید.

$$U = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-2} \times (2)^2 = 4 \times 10^{-2} J = 40 mJ$$

تست ۵۳

ضریب خود القایی سیم‌لوله‌ای ۰٫۵ هانری و نمودار جریان الکتریکی عبوری از آن مطابق شکل روبه‌رو است. نیروی محرکه‌ی القایی سیم‌لوله چند ولت است؟



۰٫۲ (۲)

۰٫۱ (۱)

۲۰ (۴)

۱۰ (۳)

پاسخ: گزینه ۴ چون نمودار خط راست است بنابراین نیروی محرکه‌ی القایی لحظه‌ای و متوسط با هم برابرند. پس:

$$\bar{\varepsilon}_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \varepsilon_L = -0.5 \times \frac{(0 - 8)}{0.2} = 20 V$$

تست ۵۴

اگر جریان الکتریکی عبوری از یک سیم‌لوله ۲ برابر شود، ..... آن ۴ برابر و ..... آن ۲ برابر می‌شود. خارج از کشور - ۱۳۸۶

شار مغناطیسی - انرژی (۲)

شار مغناطیسی - میدان مغناطیسی (۱)

انرژی - میدان مغناطیسی (۴)

میدان مغناطیسی - شار مغناطیسی (۳)

پاسخ: گزینه ۴

$$B = \mu_0 \frac{NI}{l} \Rightarrow B \propto I \Rightarrow B_2 = 2B_1$$

$$\Phi = BA \cos \theta \Rightarrow \Phi \propto B \Rightarrow \Phi_2 = 2\Phi_1$$

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow U \propto I^2 \Rightarrow U_2 = 4U_1$$

تست ۵۵

از سیم‌لوله‌ای به ضریب خودالقایی ۰٫۴ هانری جریان متناوبی می‌گذرد که معادله‌ی آن در SI به صورت  $I = 5 \sin(50\pi t)$  است.

خارج از کشور - ۱۳۹۶

بیشینه‌ی انرژی سیم‌لوله چند میلی‌ژول است؟

۵۰۰ (۴)

۲۰۰ (۳)

۵۰ (۲)

۲۰ (۱)

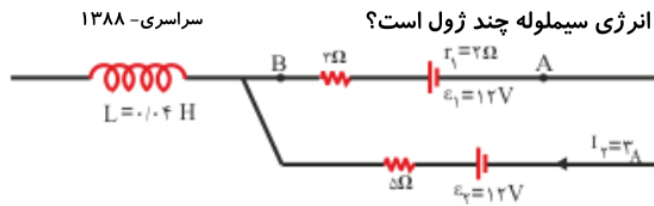
پاسخ: گزینه ۴ انرژی ذخیره شده در القاگر (یا سیم‌لوله) از رابطه‌ی  $U = \frac{1}{2} LI^2$  به دست می‌آید.برای محاسبه‌ی بیش‌ترین انرژی ذخیره شده در القاگر باید بیش‌ترین مقدار جریان  $I_{\max}$  را به دست آوریم:

$$I = 5 \sin(50\pi t) \xrightarrow{\sin 50\pi t = 1} I_{\max} = 5$$

$$U_{\max} = \frac{1}{2} LI_{\max}^2 \Rightarrow U_{\max} = \frac{1}{2} \times 0.4 \times (5)^2 = 0.5 J = 500 mJ$$

تست ۵۶

شکل مقابل قسمتی از یک مدار الکتریکی است. اگر  $V_B - V_A = 2V$  باشد، انرژی سیملوله چند ژول است؟



۱. ۰٫۱

۲. ۰٫۵

۳. ۰٫۰۱

۴. ۰٫۰۵

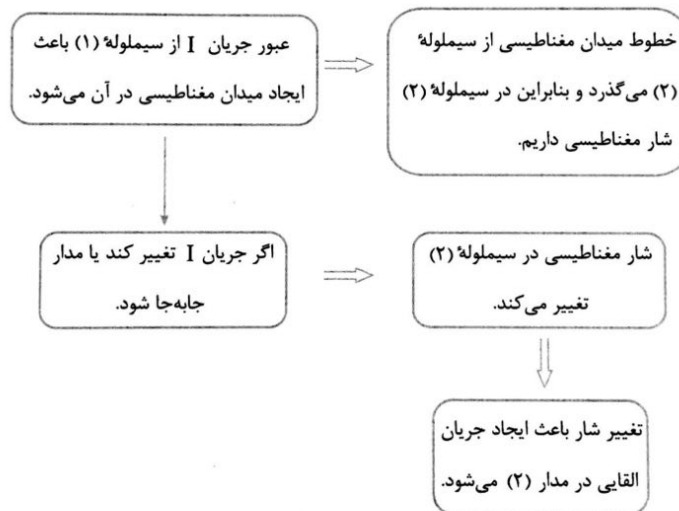
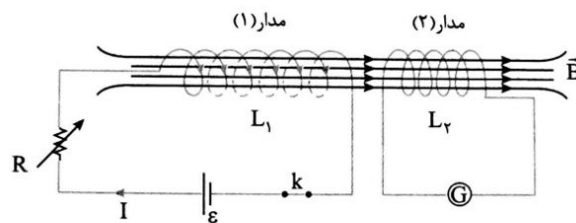
پاسخ: گزینه ۲ جهت جریان از  $A$  به  $B$  انتخاب کنیم.

$$V_A + 12 - 2I_1 - 3I_1 = V_B \Rightarrow V_A - V_B = 5I_1 - 12 \Rightarrow -2 = 5I_1 - 12 \Rightarrow I_1 = 2A$$

$$I = I_1 + I_r = 5A, \quad U = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 0.04 \times 25 = 0.5J$$



## ۱۲-۲-۳ القای متقابل (ریاضی)



به این پدیده یعنی ایجاد جریان القایی در یک مدار بر اثر تغییر در مدار مجاور، القای متقابل گفته می‌شود.

جهت جریان در مدار ۲: جریان القایی در مدار ۲ در جهتی است که با تغییر شار گذرنده از آن مخالفت کند (قانون لنز):

- اگر جریان در مدار ۱ افزایش یابد، یا مدار ۱ به مدار ۲ نزدیک شود: جهت جریان در مدار ۲ برعکس جهت جریان در مدار ۱
- اگر جریان در مدار ۱ کاهش یابد، یا مدار ۱ به مدار ۲ دور شود: جهت جریان در مدار ۲ هم جهت با جریان در مدار ۱

## ۱۳-۲-۳ ضریب القای متقابل

نیروی محرکه در مدار ۲ به کمیتی به نام ضریب القای متقابل وابسته است. با فرض اینکه تمام شار سیملوله ۱ از سیملوله ۲ بگذرد، داریم:

$$M = \sqrt{L_1 L_2}$$

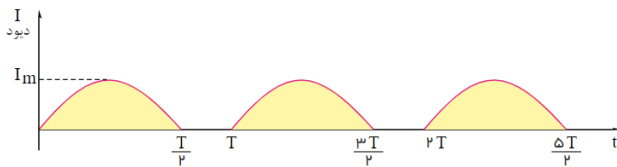
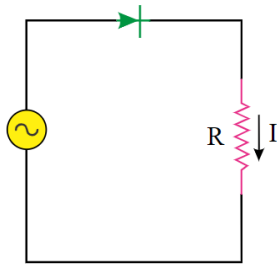
## ۴-۲-۳ جریان متناوب و دیود

در الکتریسیته جاری دیدیم که دیود، جریان را در یک جهت از خود عبور می‌دهد و در جهت دیگر مانع عبور جریان می‌شود. به همین دلیل آن را یکسوکنندهٔ جریان می‌نامند.

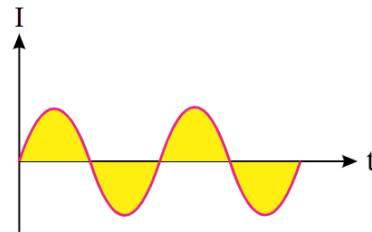
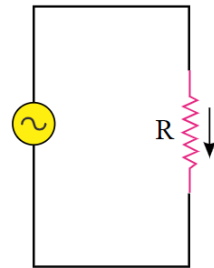
بنابراین با فرض اینکه جهت نشان داده شده را مثبت فرض کنیم، دیود فقط اجازهٔ عبور جریان‌های مثبت را می‌دهد و جلوی جریان‌های

منفی را می‌گیرد. به بیان دیگر فقط در بازه‌های زمانی  $\frac{T}{2}$  (یک آلترنانس) که  $I$  مثبت است و جریان از دیود می‌گذرد

مدار به همراه دیود:



اگر مدار ما شکل زیر باشد، جریان آن مطابق شکل زیر می‌شود.

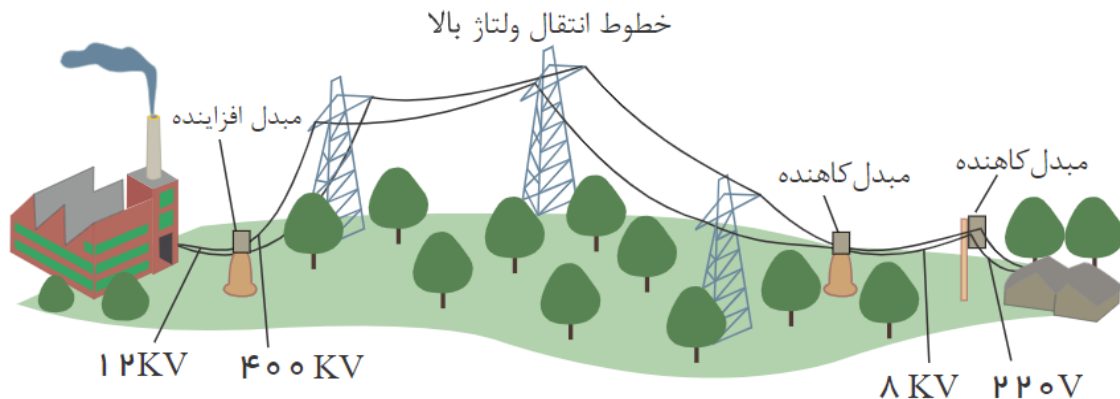


## ۱۵-۲-۳ مبدل ها (ریاضی)

یکی از اصلی ترین مزیت های توزیع توان الکتریکی ac بر dc آن است که افزایش و کاهش ولتاژ ac بسیار آسان تر از dc است. برای آن که توان الکتریکی را در فاصله های دور انتقال دهیم باید تا جای ممکن I را پایین بیاوریم تا از تلفات توان بکاهیم. برای این منظور باید ولتاژ را تا حد امکان افزایش دهیم.

همچنین کاهش I به ما اجازه می دهد که بتوانیم از سیم های نازک تری استفاده کنیم که البته مصرف مواد اولیه و وزن سازه ها را کاهش می دهد.

بطور معمول برای انتقال توان الکتریکی از ولتاژهایی در حد ۴۰۰ kV و ۲۳۰ kV استفاده می شود.

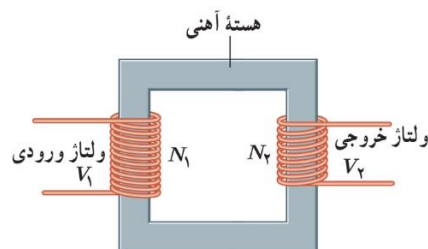


البته در فواصل کوتاه تر و نزدیک تر از ۱۲۸ kV و ۶۳ kV نیز استفاده می شود.

البته باید توجه کرد افزایش ولتاژ اگر چه تلفات را کم می کند ولی ملاحظات ایمنی و عایق بندی های قوی تری را می طلبد چرا که ولتاژ بالا بسیار خطرناک است.

برق استفاده شده در مصارف خانگی در بسیاری از کشورها و از جمله ایران ۲۲۰ V است. (در برخی کشورها از ۱۱۰ V استفاده می شود) برای تبدیل ولتاژها به یکدیگر از مبدل ها استفاده می شود.

در مورد یک مبدل آرمانی مطابق شکل اگر تعداد دور سیم پیچ در طرف اول  $N_1$  و ولتاژ متصل به آن  $V_1$  باشد و تعداد دور سیم پیچ طرف دوم  $N_2$  و ولتاژ آن  $V_2$  فرض شود داریم:



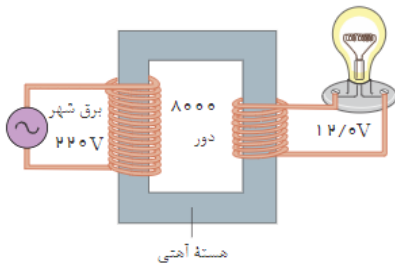
$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

$$N_2 > N_1 \quad \bullet \quad \text{مبدل افزایشنده: } V_2 > V_1$$

$$N_2 < N_1 \quad \bullet \quad \text{مبدل کاهشنده: } V_2 < V_1$$

• لازم به ذکر است که مبدل ها فقط برای جریان ac کاربرد دارند.

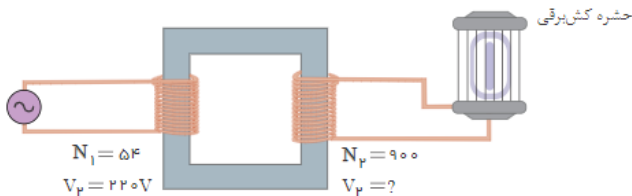
**مثال:** شکل روبرو یک مبدل  $220V$  به  $12V$  را نشان می‌دهد. پیچۀ اول  $8000$  دور دارد. تعداد دورهای پیچۀ ثانویه چقدر است؟



پاسخ: با فرض آرمانی بودن مبدل داریم:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow \frac{12}{220} = \frac{N_2}{8000} \Rightarrow N_2 = 436 \text{ دور}$$

**مثال:** برخی از وسیله‌ها مثل حشره‌کش‌های برقی نیاز به ولتاژهای بالا در حد چند هزار ولت دارند. اگر تعداد دور اولیه مبدل  $N_1 = 54$  و تعداد دور ثانویه  $N_2 = 900$  باشد مبدل چه ولتاژی را برای کار کردن دستگاه حشره‌کش تأمین می‌کند؟



پاسخ: با فرض آرمانی بودن مبدل:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow \frac{V_2}{220} = \frac{900}{54} \Rightarrow V_2 = 3666.67V$$

تست ۵۷:

در محل یک نیروگاه برق ولتاژ  $10000$  ولت توسط مبدل  $A$  به  $400000$  ولت تبدیل می‌شود و پس از انتقال به یک شهر توسط مبدل  $B$  این ولتاژ به  $5000$  ولت تبدیل می‌شود. اگر نسبت تعداد سیم‌پیچ ثانویه به اولیه در مبدل  $A$  برابر  $K_A$  و در مبدل  $B$  برابر  $K_B$  باشد،  $\frac{K_A}{K_B}$  کدام است؟

۳۲۰۰ ☒ ۴

۱۲۰۰ ☒ ۳

۸۰۰ ☒ ۲

۲۰ ☒ ۱

پاسخ: گزینه ۴

$$K = \frac{V_{\text{خروجی}}}{V_{\text{ورودی}}} = \frac{N_{\text{ثانویه}}}{N_{\text{اولیه}}} \Rightarrow \begin{cases} K_A = \frac{400000}{10000} = 40 \\ K_B = \frac{5000}{400000} = \frac{1}{80} \end{cases}$$

$$\frac{K_A}{K_B} = \frac{40}{\frac{1}{80}} = 3200$$

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary school writing paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

[illegible]

# چی مرور کنیم؟!

شماره سوالات جزوه برای مرور	
شماره سوالات مجموعه تست برای مرور	
شماره سوالات کتاب برای مرور	

**Physics\_Agheli**

**@Ali\_Agheli**