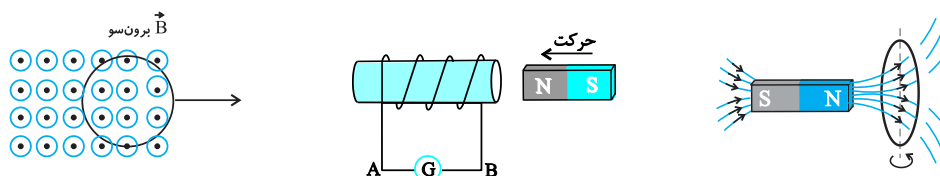


## پدیده القای الکترومغناطیسی و قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

### پدیده القای الکترومغناطیسی

یک مدار بسته (حلقه - پیچه - سیملوله) را در مقابل یک میدان مغناطیسی تصور کنید که خطوط میدان مغناطیسی از درون مدار عبور می کند. حال اگر به هر طریقی موقعیت مدار را نسبت به خطوط میدان عوض کنید به طوری که خطوط میدان مغناطیسی گذرنده از آن تغییر کند (کاهش یا افزایش یابد) جریان الکتریکی در مدار برقرار خواهد شد، مانند دور و نزدیک کردن یک قطب آهن ربای تیغه ای به دهانه یک حلقه یا سیملوله، تغییر مساحت مدار، چرخاندن مدار و از این دست تغییرات.



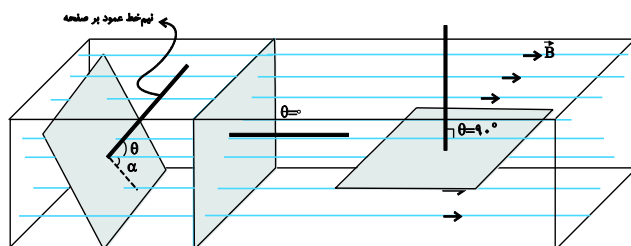
### شار مغناطیسی

**تعریف شار مغناطیسی ( $\Phi$ ):** اگر حلقه یا قاب مسطحی به مساحت A در مقابل میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B}$  به گونه ای قرار گیرد که جهت خطوط میدان با نیم خط عمود بر سطح زاویه  $\theta$  بسازد، طبق تعریف، شار مغناطیسی گذرنده از سطح برابر است با:

که در آن  $\vec{B}$  بر حسب تسلا (T)، A بر حسب  $m^2$  و  $\Phi$  بر حسب وبر (Wb) می باشد. نیم خط (بردار) عمود بر سطح، برداری است که بر صفحه عمود بوده و سوی آن اختیاری است. اما پس از اختیار کردن سوی معینی برای آن، قابل تغییر نبوده و به سطح چسبیده باقی خواهد ماند.

◀ شار کمیتی نرده ای است.

◀ اگر در مسئله ای زاویه بین میدان و صفحه (سطح حلقه) را بدهند، برای یافتن  $\theta$  باید آن زاویه را از  $90^\circ$  کم کنیم.  $\theta = 90 - \alpha$



| (۱)                     | (۲)                               | (۳)                               |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| $\Phi = BA \cos \theta$ | $\theta = 0^\circ$<br>$\Phi = BA$ | $\theta = 90^\circ$<br>$\Phi = 0$ |
| (قاب کج است.)           | (قاب بر میدان عمود است.)          | (قاب موازی میدان است.)            |

**حالت های خاص:** اگر شکل مقابل را در نظر بگیریم، می توان گفت:

- وقتی شار گذرنده از سطح بیشینه است که سطح قاب بر میدان عمود باشد (شکل ۲،  $\Phi_{\max} = BA : (\theta = 0^\circ)$ )
- شار گذرنده وقتی صفر است که سطح قاب با میدان موازی باشد (شکل ۳،  $\Phi = 0 : (\theta = 90^\circ)$ )

## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

**مثال ۱)** با قرار دادن یک سیم پیچ در یک میدان، می توان در آن جریان الکتریکی برقرار کرد. این میدان چیست؟  
(سراسری ریاضی-۷۰)

(۱) الکتریکی ثابت      (۲) گرانش      (۳) مغناطیسی ثابت      (۴) مغناطیسی متغیر

پاسخ ۱)

گزینه ۴

در سیم پیچ بدون مولد فقط هنگامی جریان الکتریکی برقرار می شود که شار مغناطیسی که از درون آن می گذرد تغییر کند، بنابراین با قرار دادن یک سیم پیچ در میدان مغناطیسی متغیر است که امکان تغییر شار و ایجاد نیروی محرکه القایی فراهم می شود.

**مثال ۲)** حلقه ای درون میدان مغناطیسی یکنواخت  $0.2$  تسلا قرار دارد و حول یکی از قطرهایش که عمود بر خطوط میدان است، می چرخد و بیش ترین شار مغناطیسی که از آن می گذرد  $4 \times 10^{-3}$  وبر است. مساحت این حلقه چند سانتی متر مربع است؟

(سراسری خارج از کشور تجربی-۸۹)

۲۰۰ (۴)

۱۰۰ (۳)

۵۰ (۲)

۲۵ (۱)

پاسخ ۲)

گزینه ۴

می دانیم بیش ترین شار عبوری از یک حلقه هنگامی رخ می دهد که سطح حلقه بر میدان عمود باشد. بنابراین داریم:

$$\Phi_{\max} = BA \quad \Phi_{\max} = 4 \times 10^{-3} \text{ Wb}, \quad B = 0.2 \text{ T} \rightarrow 4 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-1} A \Rightarrow A = 2 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$
$$A = 2 \times 10^{-2} \times 10^4 = 200 \text{ cm}^2$$



mydars

اپلیکیشن آموزشی مای درس

## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

**مثال ۳)** 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 کدام‌اند؟

(سراسری ریاضی-۹۲)

(۱) صفر، صفر (۲)  $6 \times 10^{-3}$ ،  $0/5$  (۳)  $8 \times 10^{-3}$ ،  $0/7$  (۴)  $8 \times 10^{-3}$ ،  $0/5$

پاسخ ۳)

گزینه ۴

برای یافتن بزرگی میدان مغناطیسی کافی است اندازه بردار  $\vec{B} = 0/3\vec{i} + 0/4\vec{j}$  را بیابیم:

$$B = \sqrt{0/3^2 + 0/4^2} = 0/5\text{T}$$

و برای یافتن شار مغناطیسی گذرنده از حلقه می‌توان گفت چون سطح حلقه عمود بر محور y است فقط مؤلفه قائم میدان مغناطیسی است که شار عبوری از حلقه را می‌سازد (مؤلفه افقی میدان موازی سطح حلقه بوده و شار حاصل از آن صفر است) بنابراین داریم:

$$\Phi = B_y A \xrightarrow{B_y = 0/4\text{T}, A = 200 \times 10^{-4}\text{m}^2} \Phi = 0/4 \times 2 \times 10^{-2} = 8 \times 10^{-3}\text{Wb}$$

**مثال ۴)** سیملوله‌ای به طول ۲۰ سانتی‌متر دارای ۱۰۰ حلقه است. حلقه‌ها به دور یک میله عایق به شعاع مقطع 2cm به صورت منظم پیچیده شده‌اند. وقتی جریان 0/5A از سیملوله می‌گذرد، شار مغناطیسی گذرنده از هر مقطع عمود بر میله چند وبر است؟ ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{T.m}}{\text{A}}, \pi^2 = 10$ )

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۲)

(۱)  $8 \times 10^{-7}$  (۲)  $4 \times 10^{-7}$  (۳)  $12 \times 10^{-5}$  (۴)  $24 \times 10^{-7}$

پاسخ ۴)

گزینه ۲

شار مغناطیسی گذرنده از هر مقطع سیملوله از رابطه  $\Phi = BA \cos \theta$  به دست می‌آید و B نیز در اثر عبور جریان سیملوله از رابطه  $B = \mu_0 \frac{NI}{L}$  به دست می‌آید از ترکیب این دو رابطه مسئله را حل می‌کنیم:

$$\begin{aligned} \Phi &= BA \xrightarrow{B = \mu_0 \frac{NI}{L}} \Phi = \frac{\mu_0 NIA}{L} \xrightarrow{N=10^2, I=5 \times 10^{-1}\text{A}, A=\pi r^2, L=0/2\text{m}} \\ \Phi &= \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10^2 \times 5 \times 10^{-1} \times \pi r^2}{2 \times 10^{-1}} = 10^{-4} \pi^2 r^2 \xrightarrow{r=2 \times 10^{-2}\text{m}} \Phi = 10^{-4} \times 10 \times 4 \times 10^{-4} = 4 \times 10^{-7}\text{Wb} \end{aligned}$$



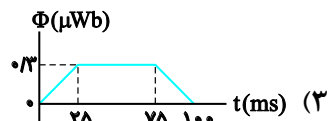
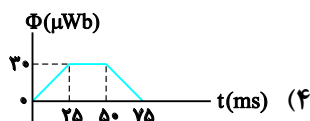
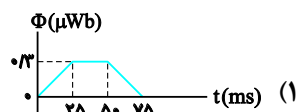
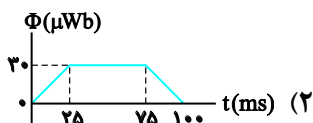
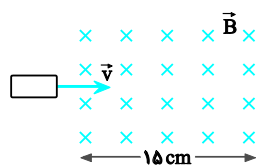
mydars

اپلیکیشن آموزشی مای درس

## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

**مثال ۵)** حلقه فلزی مستطیل شکلی به ابعاد  $3\text{cm} \times 5\text{cm}$  با سرعت ثابت  $2\text{m/s}$  وارد میدان مغناطیسی یکنواخت  $2\text{G}$  می شود و از طرف دیگر آن خارج می شود. نمودار تغییرات شار مغناطیسی بر حسب زمان که از حلقه می گذرد، کدام است؟  
(سراسری خارج از کشور ریاضی -

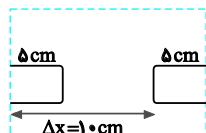
۹۷)



پاسخ ۵)

گزینه ۳

برای حل مسئله مطابق نمودار، ۳ مرحله و ۳ بازه زمانی را باید تعیین کنیم.  
(۱) مرحله اول: ورود کامل قاب به داخل میدان که بازه زمانی آن در هر ۴ گزینه یکسان (25ms) است، بنابراین از محاسبه آن صرف نظر می کنیم.  
(۲) مرحله دوم: مدت زمانی که قاب به طور کامل درون میدان در حرکت است. اگر به طرح واره زیر توجه کنید، قاب فاصله  $\Delta x = 10\text{cm}$  را جابه جا می شود.  
بنابراین داریم:



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

در نتیجه لحظه دوم برابر 75ms است.

$$t_2 = t_1 + \Delta t = 25 + 50 = 75\text{ms}$$

تا اینجا یکی از دو گزینه ۲ و ۳ درست است. حال  $\Phi_{\text{max}}$  را می یابیم:

$$\Phi_{\text{max}} = BA = \frac{B=2\text{G}=2 \times 10^{-4}\text{T}}{A=15\text{cm}^2=15 \times 10^{-4}\text{m}^2} \rightarrow \Phi_{\text{max}} = 2 \times 10^{-4} \times 15 \times 10^{-4} = 30 \times 10^{-8}\text{Wb} = 0.3\mu\text{Wb}$$



mydars

اپلیکیشن آموزشی مای درس

## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

### محاسبه نیروی محرکه القایی بر اثر تغییر شار مغناطیسی

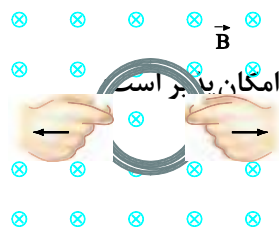
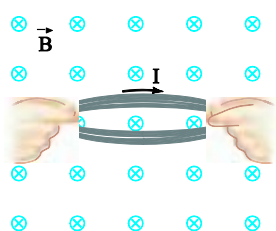
#### قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

هرگاه شار مغناطیسی که از مدار بسته‌ای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است.

#### محاسبه اندازه نیروی محرکه القایی متوسط ( $\bar{\epsilon}$ ) بر اساس قانون فاراده

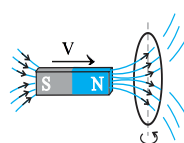
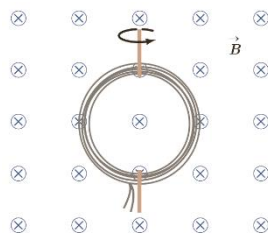
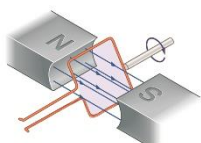
در این رابطه  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  آهنگ تغییر شار مغناطیسی است که واحد آن در SI  $(\frac{W_b}{s})$  می‌باشد و  $N$  تعداد حلقه‌های پیچیده است.

علامت منفی نشان‌دهنده جهت نیروی محرکه القایی و معرف قانون لنز است که در قسمت بعدی خواهیم گفت. یکای نیروی محرکه ولت است که معادل وبر بر ثانیه می‌باشد.



تغییر شار مغناطیسی حداقل به یکی از سه صورت زیر امکان‌پذیر است:

(الف) تغییر مساحت:  $\Delta\Phi = B(\Delta A) \cos \theta$



(ب) تغییر میدان مغناطیسی:  $\Delta\Phi = (\Delta B) A \cos \theta$

(پ) تغییر زاویه:  $\Delta\Phi = BA (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)$

با چرخاندن حلقه در میدان مغناطیسی

در صورتی که تغییر شار فقط ناشی از تغییر  $B$  باشد، می‌توان از روابط زیر استفاده کرد:

$$\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} A \cos \theta, \quad \frac{T}{s} \quad \text{آهنگ تغییر میدان بر حسب}$$

$$\Rightarrow \bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} A \cos \theta \Rightarrow \text{تغییر شار ناشی از تغییر میدان}$$



mydars

اپلیکیشن آموزشی مای درس

## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

مثال ۶) آهنگ تغییر شار مغناطیسی از جنس کدام کمیت فیزیکی است؟

(سراسری تجربی-۹۱)

(۱) میدان مغناطیسی

(۲) نیروی محرکه الکتریکی

(۳) شدت جریان الکتریکی

(۴) نیروی الکترومغناطیسی

پاسخ ۶)

گزینه ۲

در رابطه  $\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  عبارت  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  معرف آهنگ تغییر شار مغناطیسی و  $\bar{\epsilon}$  معرف نیروی محرکه القایی است. از آن جا که  $N$  ضریب ثابت است، بنابراین می توان گفت آهنگ تغییر شار از جنس نیروی محرکه الکتریکی است:

$$\epsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \longrightarrow \epsilon \propto \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

مثال ۷) حلقه ای به مساحت ۲۰۰ سانتی متر مربع عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. اگر در مدت ۰/۰۲ ثانیه میدان مغناطیسی، بدون تغییر جهت به اندازه ۰/۰۸ تسلا کاهش یابد، نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه چند ولت می شود؟

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۷)

(۱) ۰/۰۴ (۲) ۰/۰۸ (۳) ۰/۱۲ (۴) ۰/۱۶

پاسخ ۷)

گزینه ۲

در اینجا بر یک حلقه ( $N=1$ ) میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  به طور عمود اعمال می شود و تغییر شار صرفاً با تغییر  $\vec{B}$  امکان پذیر است بنابراین داریم:

$$\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1, \theta=0^\circ} \bar{\epsilon} = -A \frac{\Delta B}{\Delta t} \xrightarrow{A=0.02\text{m}^2, \Delta B=-0.08\text{T}, \Delta t=0.02\text{s}} \bar{\epsilon} = \frac{-(0.02)(-0.08)}{(0.02)} = 0.08\text{V}$$



## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

**محاسبه جریان القایی متوسط:** همواره می توان از قانون اهم  $(\bar{I} = \frac{V}{R} \xrightarrow{V=\bar{\varepsilon}} \bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R})$  استفاده کرد که در آن  $\bar{\varepsilon}$  نیروی محرکه متوسط بر حسب ولت و  $R$  مقاومت مدار (حلقه، پیچه، سیملوله) بر حسب اهم و  $\bar{I}$  شدت جریان متوسط بر حسب آمپر است.

**مثال ۸)** حلقه‌ای به قطر ۲۰cm در یک میدان مغناطیسی یکنواخت طوری قرار دارد که خطوط میدان بر سطح حلقه عمود است. اگر مقاومت الکتریکی حلقه  $0/3\Omega$  باشد، میدان مغناطیسی با آهنگ چند تسلا بر ثانیه تغییر کند، تا جریان  $0/2A$  در حلقه القا شود؟  $(\pi=3)$

(سراسری ریاضی-۹۴)

۸ (۴)

۲ (۳)

۰/۸ (۲)

۰/۲ (۱)

پاسخ ۸)

گزینه ۳

نیروی محرکه القایی از رابطه  $\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  به دست می آید. با توجه به ثابت بودن  $A$  و عمود بودن میدان بر سطح حلقه و قانون اهم داریم:

$$I = \left| \frac{\varepsilon}{R} \right| = \frac{N\Delta\Phi}{R\Delta t} \xrightarrow{\cos\theta=1, N=1} I = \frac{A}{R} \left( \frac{\Delta B}{\Delta t} \right)$$

$$A = \pi r^2 \xrightarrow{r=10^{-1}m, \pi=3} A = 3 \times 10^{-2} m^2$$

$$I = \frac{A}{R} \left( \frac{\Delta B}{\Delta t} \right) \xrightarrow{I=0/2A, R=0/3\Omega, A=3 \times 10^{-2} m^2} 0/2 = \frac{3 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-1}} \left( \frac{\Delta B}{\Delta t} \right) \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = 2 \frac{T}{s}$$

**محاسبه بار شارش یافته:** اگر در رابطه  $\bar{\varepsilon} = R\bar{I}$  به جای  $\bar{\varepsilon}$  مساوی آن  $-N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  و به جای  $\bar{I}$ ، مساوی آن  $\frac{\Delta q}{\Delta t}$  بگذاریم، آنگاه خواهیم داشت:

$$\bar{\varepsilon} = R\bar{I} \Rightarrow \frac{-N\Delta\Phi}{\Delta t} = R \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow |\Delta q| = N \frac{|\Delta\Phi|}{R}$$

**مثال ۹)** پیچه‌ای دارای ۲۰۰ حلقه است و شار مغناطیسی ۰۰۵ وبر 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  $10\Omega$  باشد، چند کولن بار الکتریکی در آن شارش پیدا می‌کند؟ (سراسری ریاضی-۹۷)

10 (۴)

1 (۳)

01 (۲)

001 (۱)

پاسخ ۹)

گزینه ۳

از ترکیب دو رابطه فاراده و قانون اهم نشان می‌دهیم:

$$|\Delta q| = N \frac{|\Delta\Phi|}{R}$$

$$\bar{\varepsilon} = RI \Rightarrow N \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t} = R \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow |\Delta q| = N \frac{|\Delta\Phi|}{R}$$

$$\xrightarrow{N=200, \Delta\Phi=0/05 Wb, R=10\Omega} |\Delta q| = 200 \times \frac{0/05}{10} = 1C$$



mydars

اپلیکیشن آموزشی مای درس

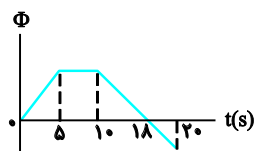
بررسی نمودارهای  $\Phi-t$

در برخی از مسائل، نمودار  $\Phi-t$  مطرح می شود که اغلب خطی ( $\Phi$  بر حسب  $t$  از درجه اول) است و در بازه های زمانی متفاوت رسم شده است و مسئله نیروی محرکه در هر بازه و نمودار  $\varepsilon$  یا  $I$  بر حسب  $t$  را می خواهد.

نکته کلیدی در حل این مسائل آن است که در رابطه  $\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ،  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  قرینه شیب خط است. اگر خط افقی باشد شیب آن صفر و  $\bar{\varepsilon} = 0$  و اگر شیب مثبت باشد،  $\bar{\varepsilon}$  یک عدد منفی و اگر شیب خط منفی باشد  $\bar{\varepsilon}$  یک عدد مثبت است.

(به خاطر ضریب منفی در رابطه  $\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ )

**مثال ۱۰)** نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه بر حسب زمان مطابق شکل روبه رو است. در کدام بازه زمانی، بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه بیش تر است؟



(سراسری ریاضی-۸۸)

- |                    |                    |
|--------------------|--------------------|
| (۱) صفر تا ۵ ثانیه | (۲) ۱۰ تا ۲۰ ثانیه |
| (۳) ۵ تا ۲۰ ثانیه  | (۴) ۱۰ تا ۱۸ ثانیه |

پاسخ ۱۰)

گزینه ۱

با توجه به رابطه  $\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ، نیروی محرکه القا شده در حلقه با شیب شار نسبت به زمان رابطه مستقیم دارد. بنابراین در نمودار تغییرات شار نسبت به زمان، در هر مرحله ای که شیب نمودار بیش تر است، نیروی محرکه القا شده بزرگ تر است:

$$\text{صفر تا ۵ ثانیه: } \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_{\max} - 0}{5} = \frac{\Phi_{\max}}{5}$$

$$\text{۵ تا ۱۰ ثانیه: } \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 0$$

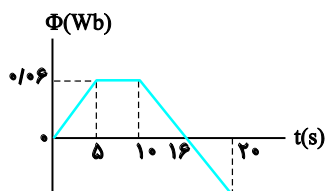
$$\text{۱۰ تا ۱۸ ثانیه: } \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{0 - \Phi_{\max}}{8}$$

و در بازه ۱۸ تا ۲۰ ثانیه چون همان امتداد خط قبلی است شیبی مشابه آن دارد. بنابراین با مقایسه اندازه شیب های به دست آمده پیداست که شیب مرحله اول از بقیه بزرگ تر است.



## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

**مثال (۱۱)** نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه بر حسب زمان مطابق شکل مقابل است. بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در حلقه در بازه زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانیه چند میلی ولت است؟



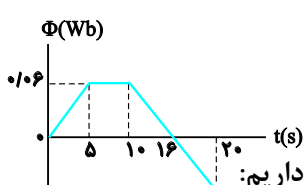
(سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۸)

(۱) ۰/۰۱ (۲) ۰/۰۲

(۳) ۲۰ (۴) ۱۰

پاسخ (۱)

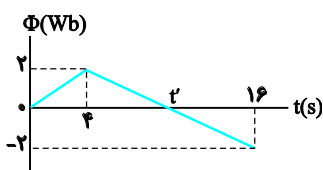
گزینه ۴



با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فاراده یعنی  $\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ، بزرگی نیروی محرکه القایی متناسب با آهنگ تغییر شار مغناطیسی (شیب نمودار  $\Phi$  بر حسب  $t$ ) است.

شیب خط در بازه زمانی ۱۰s تا ۲۰s ثابت و برابر شیب خط از ۱۰ تا ۱۶ ثانیه است بنابراین داریم:

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{0 - (0.06)}{6} = -0.01 \frac{\text{Wb}}{\text{s}} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -1 \times -0.01 = 0.01 \text{ V} \Rightarrow \varepsilon = 10 \text{ mV}$$



**مثال (۱۲)** نمودار تغییرات شار مغناطیسی عبوری از یک حلقه نسبت به زمان مطابق شکل مقابل است. در لحظه  $t'$  نیروی محرکه القایی در حلقه چند ولت است؟

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۹)

(۱) صفر (۲) ۲

(۳)  $\frac{1}{3}$  (۴)  $\frac{1}{3}$

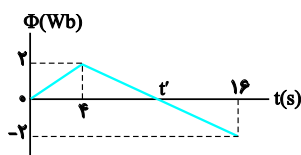
پاسخ (۱۲)

گزینه ۴

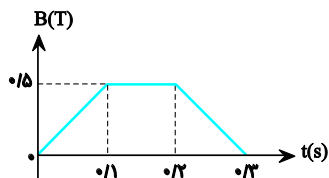
طبق رابطه  $\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  نیروی محرکه متوسط ضربی از شیب نمودار  $\Phi-t$  در بازه معین  $\Delta t$  است. در این مسئله بازه موردنظر ۴ تا ۱۶ ثانیه است و  $\bar{\varepsilon}$  در این بازه به صورت زیر به دست می آید:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1} \bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{-2-2}{16-4} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3}$$

چون  $\bar{\varepsilon}$  در این بازه مقدار ثابتی است،

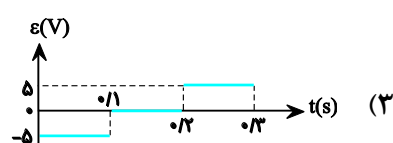
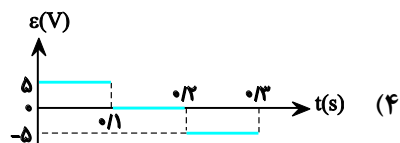
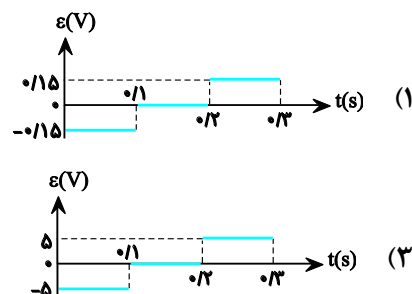
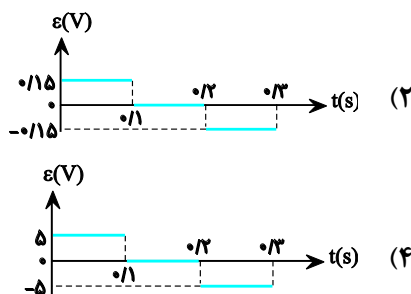


بنابراین نیروی محرکه لحظه ای نیز در لحظه  $t'$  برابر  $\frac{1}{3}$  ولت است.



مثال ۱۳) یک حلقه به شعاع 10 سانتی متر و مقاومت  $5\Omega$  به طور عمود بر یک میدان مغناطیسی قرار دارد و میدان مغناطیسی مطابق شکل مقابل تغییر می کند. نمودار نیروی محرکه القا شده در حلقه، کدام است؟ ( $\pi=3$ )

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۶)



پاسخ ۱۳)

گزینه ۱

نمودار  $\varepsilon-t$  را در این 3 بازه رسم کنیم. برای این کار ابتدا  $\varepsilon$  را در هر بازه زمانی می یابیم و سپس نمودار آن را رسم می کنیم بنابراین داریم:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1, A \text{ SM}} \bar{\varepsilon} = -A \frac{\Delta B}{\Delta t} \xrightarrow{A=\pi r^2=3 \times (0.1)^2=0.03 \text{ m}^2} \bar{\varepsilon} = -0.03 \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

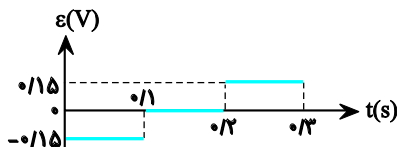
در هر بازه:

$$(0 \rightarrow 0.1) \text{ در بازه } \bar{\varepsilon}_1 = -0.03 \frac{\Delta B}{\Delta t} = -0.03 \times \frac{0.5}{0.1} = -0.15 \text{ V}$$

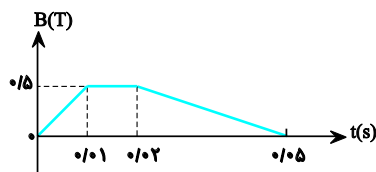
$$(0.1 \rightarrow 0.2) \text{ در بازه } \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0 \Rightarrow \varepsilon_2 = 0$$

$$(0.2 \rightarrow 0.3) \text{ در بازه } \bar{\varepsilon}_3 = -0.03 \frac{\Delta B}{\Delta t} = -0.03 \times \frac{(0-0.5)}{0.1} = +0.15 \text{ V}$$

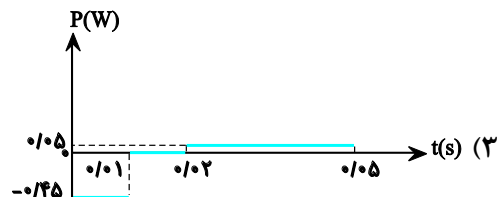
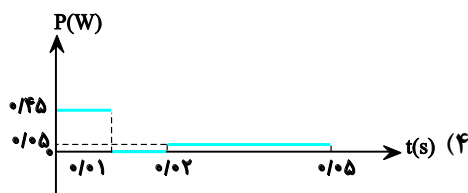
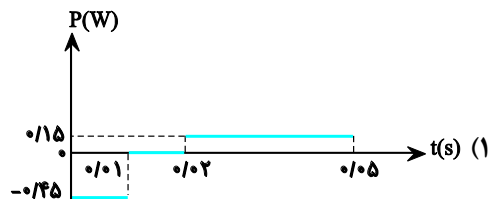
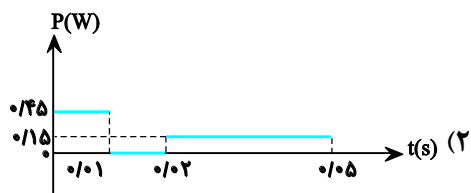
در نهایت نمودار  $\varepsilon-t$  به صورت زیر خواهد بود.



## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

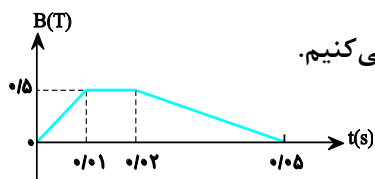


**مثال ۱۴)** نمودار تغییرات میدان مغناطیسی بر حسب زمان، که بر یک حلقه دایره‌ای به شعاع 10cm و مقاومت  $5\Omega$  عمود است، مطابق شکل می‌باشد. نمودار آهنگ تولید انرژی گرمایی بر حسب زمان در این حلقه کدام است؟ ( $\pi \approx 3$ )  
(سراسری تجربی-۹۵)



پاسخ ۱۴)

گزینه ۴



آهنگ انرژی همان توان (P) است، چون R معلوم است از رابطه  $P = \frac{\bar{\epsilon}^2}{R}$  استفاده می‌کنیم.  
بنابراین ابتدا  $\epsilon$  را در هر بازه یافته، سپس P را حساب می‌کنیم و در نهایت نمودار P-t را رسم می‌کنیم:  
برای محاسبه  $\epsilon$  داریم:

$$\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1} \bar{\epsilon} = -A \frac{\Delta B}{\Delta t} \xrightarrow{A=\pi r^2=3 \times (0.1)^2=0.03\text{m}^2} \bar{\epsilon} = -0.03 \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

حال در هر بازه P را حساب می‌کنیم.

$$(0 \rightarrow 0.01) : \epsilon_1 = -0.03 \frac{\Delta B}{\Delta t} = -0.03 \times \frac{0.5}{0.01} = -1.5\text{V}$$

$$P_1 = \frac{\bar{\epsilon}_1^2}{R} = \frac{(1.5)^2}{5} = 0.45\text{W}$$

$$(0.01 \rightarrow 0.02) : \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0 \Rightarrow P_2 = 0$$

$$(0.02 \rightarrow 0.05) : \bar{\epsilon}_3 = -0.03 \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$= -0.03 \times \frac{(0-0.5)}{0.03} = -0.5\text{V}$$

$$\Rightarrow P_3 = \frac{\bar{\epsilon}_3^2}{R} = \frac{(0.5)^2}{5} = 0.05\text{W}$$

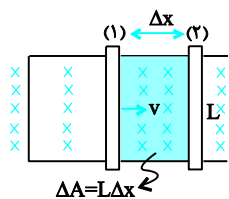
در نهایت چون P در هر بازه ثابت و مقدار مثبتی است، نمودارها، خط‌هایی افقی و به صورت زیر خواهند بود:



mydars

اپلیکیشن آموزشی مای درس

## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)



تعیین بزرگی نیروی محرکه القایی در میله متحرک: مطابق شکل، میله رسانا به طول  $L$  روی سیم  $U$  شکل رسانا واقع در میدان مغناطیسی  $B$ ، با سرعت ثابت  $v$  به طرف راست در حال لغزش است. اگر در بازه زمانی  $\Delta t$ ، میله از موقعیت (۱) به موقعیت (۲) برسد آنگاه مساحت محصور بین میله و سیم  $U$  شکل به اندازه  $\Delta A$  تغییر خواهد کرد و خواهیم داشت:

از طرف دیگر داریم:

$$N=1 \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{B\Delta A}{\Delta t} \xrightarrow{\Delta A=L\Delta x} |\bar{\varepsilon}| = BL \frac{\Delta x}{\Delta t} \xrightarrow{-\frac{\Delta x}{\Delta t} = -v} |\bar{\varepsilon}| = BLv, \varepsilon = -BLv$$

بنابراین اگر میله یا سیمی رسانا به طول  $L$  با تندی ثابت  $v$  در میدان مغناطیسی  $\vec{B}$  به طور عمود بر آن حرکت کند، در میله نیروی محرکه  $\varepsilon$  القا خواهد شد به گونه‌ای که خواهیم داشت:

$\varepsilon = BLv$

که در آن  $v$  بر حسب  $m/s$  و  $B$  بر حسب  $T$ ،  $L$  بر حسب  $m$  و  $\varepsilon$  بر حسب ولت خواهد بود.

**مثال ۱۵)** یک میله فلزی به طول  $30$  سانتی‌متر در یک میدان مغناطیسی یکنواخت با تندی  $2 \frac{m}{s}$  در راستای عمود بر خطوط میدان حرکت می‌کند و میله نیز بر خطوط میدان عمود است. اگر اندازه میدان مغناطیسی  $0.05$  تسلا باشد، نیروی محرکه القا شده در این میله چند میلی‌ولت است؟

(سراسری خارج از کشور تجربی-۹۵)

۶۰ (۴)

۴۵ (۳)

۳۰ (۲)

۱۵ (۱)

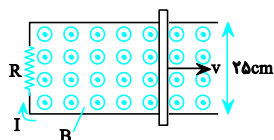
پاسخ ۱۵)

گزینه ۲

با توجه به این که بردار سرعت حرکت میله بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت، عمود است داریم:

$$\varepsilon = BLv \rightarrow \varepsilon = 0.05 \times 0.3 \times 2 \Rightarrow \varepsilon = 0.03V = 30mV$$

## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)



**مثال ۱۶)** در شکل مقابل، رسانای U شکل به مقاومت  $R=0/2\Omega$  در میدان مغناطیسی یکنواخت  $B=0/1T$  قرار دارد. میله رسانای روی آن با سرعت  $v$  در حرکت است. اگر جریان القایی  $I=0/5A$  باشد، اندازه سرعت میله چند متر بر ثانیه است؟ (سراسری تجربی-۹۶)

- (۱) ۱  
(۲) ۴  
(۳) ۰/۱  
(۴) ۰/۴

پاسخ ۱۶)

گزینه ۲

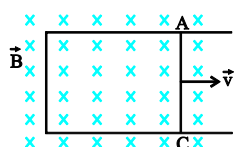
برای سیمی به طول  $l$  که با سرعت  $v$  عمود بر میدان مغناطیسی در حرکت است، نیروی محرکه القایی از رابطه زیر به دست می آید:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= Blv \Rightarrow RI = Blv \\ R &= 0/2\Omega, I = 0/5A, \\ B &= 0/1T, l = 0/25m \\ 0/2 \times 0/5 &= v \times 0/1 \times 0/25\end{aligned}$$

طرفین را در ۱۰۰۰ ضرب می کنیم:

$$100 = 25v \Rightarrow v = 4 \frac{m}{s}$$

**مثال ۱۷)** سیم AC با مقاومت  $4\Omega$  بر روی قاب مستطیل شکل با سرعت ثابت  $v$  مانند شکل حرکت می کند. اگر اندازه میدان مغناطیسی  $5 \times 10^{-2}T$  باشد، مساحت قاب با چه آهنگی بر حسب متر مربع بر ثانیه تغییر کند تا جریان  $0/02A$  در مدار القا شود؟ (مقاومت الکتریکی قاب ناچیز فرض شود.)



(سراسری خارج از کشور تجربی-۸۶)

- (۱) ۰/۰۸  
(۲) ۰/۱۶  
(۳) ۱/۶  
(۴) ۲/۵

پاسخ ۱۷)

گزینه ۳

با توجه به روابط  $\varepsilon = IR$  و  $|\varepsilon| = \left| N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$  خواهیم داشت:

$$\varepsilon = IR \longrightarrow N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = RI \xrightarrow{\Phi = AB \cos \theta} NB \cos \theta \frac{\Delta A}{\Delta t} = IR \xrightarrow{\theta=0, R=4\Omega, I=2 \times 10^{-2}A, N=1, B=5 \times 10^{-2}T}$$

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{4 \times 2 \times 10^{-2}}{1 \times 5 \times 10^{-2}} = \frac{8}{5} = 1/6 \frac{m^2}{s}$$

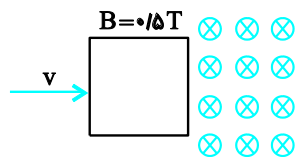


mydars

اپلیکیشن آموزشی مای درس

جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

**مثال ۱۸)** مطابق شکل، یک سیم پیچ مربع شکل، با ۲۰ دور سیم، که طول هر ضلع آن ۴۰ سانتی متر است، با سرعت ۳m/s در یک میدان مغناطیسی درون سو، به سمت راست حرکت می کند، بزرگی نیروی محرکه القا شده در سیم پیچ در لحظه ای که ۳۰ سانتی متر از آن در میدان وارد شده است، چند ولت است؟



(سراسری تجربی-۹۲)

۱۶ (۴)

۱۲ (۳)

۸ (۲)

۶ (۱)

پاسخ ۱۸)

گزینه ۳

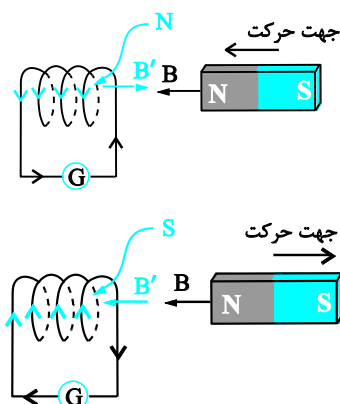
دقت کنید، هر سیم به عنوان یک مولد با نیروی محرکه  $\mathcal{E}$  است. لذا برای  $N$  دور سیم، نیروی محرکه  $N$  برابر می شود.

$$\mathcal{E} = B \ell v \longrightarrow \mathcal{E} = N B \ell v \xrightarrow[v=3\text{m/s}, B=0.5\text{T}]{N=20, \ell=0.4\text{m}} \mathcal{E} = 20 \times 0.4 \times 3 \times 0.5 \Rightarrow \mathcal{E} = 12\text{V}$$

## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

**مفهوم قانون لنز:** می‌دانیم هرگاه شار عبوری از یک حلقه واقع در میدان مغناطیسی ( $\vec{B}$ ) تغییر کند، جریان القایی در حلقه ایجاد می‌شود. سوی این جریان القایی باید به گونه‌ای باشد که میدان مغناطیسی القایی ( $\vec{B}'$ ) ناشی از آن با تغییرات شار مخالفت نماید به طوری که:

$\vec{B}$  هم جهت  $\vec{B}$  می‌باشد.  $\Rightarrow$  شار کاهش می‌یابد.  $\vec{B}$  خلاف جهت  $\vec{B}$  می‌باشد.  $\Rightarrow$  شار افزایش می‌یابد.  
توجه کنید که با تعیین جهت میدان القایی  $\vec{B}'$  می‌توان سوی جریان القایی را به کمک قاعده دست راست تعیین کرد.



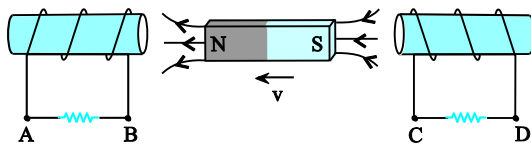
به عنوان مثال مطابق شکل، حین نزدیک شدن قطب N آهن‌ربا به سیملوله، شار گذرنده از درون سیملوله در حال افزایش (تغییر) است، در نتیجه نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود. طبق قانون لنز، جریان القایی در سیملوله به گونه‌ای برقرار می‌شود که از افزایش شار جلوگیری کند. بنابراین میدانی در خلاف جهت میدان اصلی آهن‌ربا می‌سازد ( $\rightarrow$ ) به این ترتیب دهانه مقابل قطب آهن‌ربا، همان‌ام آن (N) شده و نیروی رانشی ایجاد شده سعی می‌کند مانع نزدیک شدن آهن‌ربا شود. اگر آهن‌ربا را ثابت نگه داریم، شار تغییر نکرده و نیروی محرکه‌ای هم القا نخواهد شد.

هنگام دور شدن آهن‌ربا از سیملوله، سوی جریان به گونه‌ای است که با کاهش شار مقابله می‌کند و سعی در تقویت میدان دارد. بنابراین میدان حاصل از آن هم‌سو با آهن‌ربا ( $\leftarrow$ ) خواهد بود و سوی جریان برعکس حالت قبل خواهد بود و به این ترتیب دهانه مقابل قطب آهن‌ربا، ناهم‌ام آن (S) شده و نیروی ربایشی ایجاد شده سعی می‌کند تا از دور شدن آهن‌ربا جلوگیری کند.



## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

**مثال ۱۹)** در شکل روبه‌رو سیم‌لوله‌ها ثابت‌اند و آهن‌ربا به سمت چپ در حرکت است. جهت جریان القایی در مقاومت‌ها کدام است؟  
(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۰)

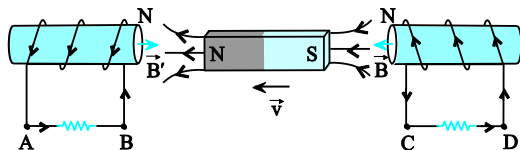


- (۱) از D به C و از A به B (۲) از C به D و از A به B  
(۳) از D به C و از B به A (۴) از C به D و از B به A

پاسخ ۱۹)

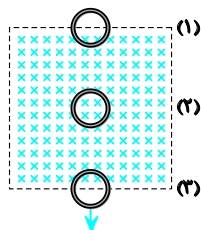
گزینه ۲

سیم‌لوله سمت چپ: چون قطب N آهن‌ربا به سیم‌لوله نزدیک می‌شود، دهانه روبه‌روی آهن‌ربا، قطب همنام آن (N) می‌شود تا با دفع آن مانع نزدیک شدن آهن‌ربا گردد (میدان‌ها ناهمسو می‌شوند) و مطابق قاعده دست راست سوی جریان از A به B خواهد بود.



سیم‌لوله سمت راست: آهن‌ربا در حال دور شدن از سیم‌لوله سمت راست است، بنابراین دهانه مقابل آهن‌ربا قطب ناهمنام آن (N) می‌شود تا با جذب آن مانع دور شدن آهن‌ربا گردد (میدان‌ها همسو می‌شوند) و طبق قاعده دست راست سوی جریان از C به D خواهد بود.

**مثال ۲۰)** یک حلقه مسی با سرعت ثابت از موقعیت (۱) تا موقعیت (۳) از یک میدان مغناطیسی یکنواخت زیر عبور می‌کند. اگر جریان القا 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؟  
(سراسری خارج از کشور تجربی-۹۶)

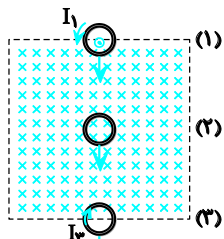


- (۱)  $I_2 = 0$  و  $I_3$  ساعتگرد (۲)  $I_1$  و  $I_2 = 0$  ساعتگرد  
(۳)  $I_1$  ساعتگرد و  $I_3$  پادساعتگرد (۴)  $I_1$  ساعتگرد و  $I_3$  پادساعتگرد

پاسخ ۲۰)

گزینه ۱

مطابق شکل، حلقه که سطح آن عمود بر میدان مغناطیسی درون‌سو است از بالا به پایین جابه‌جا می‌شود. می‌خواهیم سوی جریان القایی را در حلقه بیابیم.  
موقعیت (۱): حلقه در حال وارد شدن به میدان است. بنابراین شار مغناطیسی عبوری از آن در حال افزایش است. بنابراین طبق قانون لنز، سوی جریان القایی باید پادساعتگرد شود تا با ایجاد میدانی برون‌سو، مانع از افزایش شار گردد.  
موقعیت (۲): چون در این لحظات تمام سطح حلقه در معرض میدان قرار دارد، تغییر شار رخ نداده و در نتیجه جریانی نیز القا نخواهد شد.  
موقعیت (۳): حلقه در حال خارج شدن از میدان است. بنابراین شار مغناطیسی عبوری از آن در حال کاهش است. در نتیجه، طبق قانون لنز، سوی جریان القایی باید ساعتگرد باشد تا با ایجاد میدانی درون‌سو، باعث تقویت میدان و مانع کاهش شار گردد. بنابراین گزینه «۱» درست است.



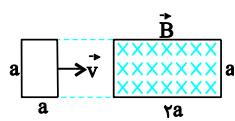
(۱) مطابق شکل، حلقه که سطح آن عمود بر میدان مغناطیسی درون‌سو است از بالا به پایین جابه‌جا می‌شود. می‌خواهیم سوی جریان القایی را در حلقه بیابیم.  
(۲) موقعیت (۱): حلقه در حال وارد شدن به میدان است. بنابراین شار مغناطیسی عبوری از آن در حال افزایش است. بنابراین طبق قانون لنز، سوی جریان القایی باید پادساعتگرد شود تا با ایجاد میدانی برون‌سو، مانع از افزایش شار گردد.  
(۳) موقعیت (۲): چون در این لحظات تمام سطح حلقه در معرض میدان قرار دارد، تغییر شار رخ نداده و در نتیجه جریانی نیز القا نخواهد شد.

موقعیت (۳): حلقه در حال خارج شدن از میدان است. بنابراین شار مغناطیسی عبوری از آن در حال کاهش است. در نتیجه، طبق قانون لنز، سوی جریان القایی باید ساعتگرد باشد تا با ایجاد میدانی درون‌سو، باعث تقویت میدان و مانع کاهش شار گردد. بنابراین گزینه «۱» درست است.

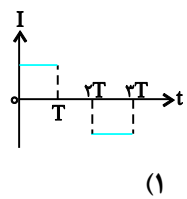
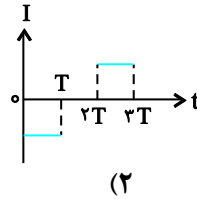
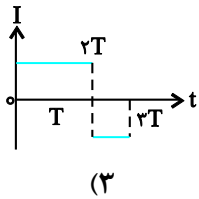
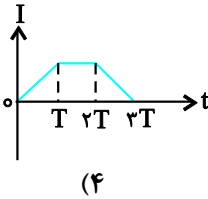


mydars

اپلیکیشن آموزشی مای درس

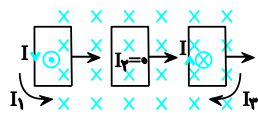


**مثال (۲۱)** حلقه فلزی مربع شکلی، به ضلع  $a$  مطابق شکل با سرعت ثابت  $v$  وارد ناحیه‌ای با میدان مغناطیسی یکنواخت  $\vec{B}$  شده و از آن خارج می‌گردد. ناحیه‌ای که میدان مغناطیسی در آن غیر صفر است، مستطیلی به ابعاد  $a$  و  $2a$  است. نمودار تغییرات جریان الکتریکی بر حسب زمان در حلقه کدام است؟ (جهت مثبت مثلثاتی، جهت جریان مثبت و  $t=0$  زمان رسیدن حلقه به ابتدای ناحیه است). (سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۵)



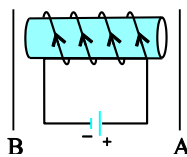
پاسخ (۲۱)

گزینه ۱



مطابق شکل، حلقه مربعی با تندی ثابت وارد میدان شده و از طرف دیگر خارج می‌شود.

- (۱) در طی ورود: هنگام ورود حلقه، شار مغناطیسی عبوری در حلقه در حال افزایش است، بنابراین سوی جریان  $I_1$  پادساعتگرد (در جهت مثلثاتی) می‌شود تا با ایجاد میدانی برون‌سو، مانع افزایش شار گردد.
  - (۲) حلقه درون میدان: تا مادامی که حلقه درون میدان جابه‌جا می‌شود، شار ثابت و  $I=0$  خواهد بود.
  - (۳) خروج حلقه: هنگام خروج حلقه، شار مغناطیسی عبوری از حلقه در حال کاهش است، بنابراین سوی جریان  $I_3$  ساعتگرد (در خلاف جهت مثلثاتی) می‌شود تا با ایجاد میدانی درون‌سو، مانع کاهش شار گردد.
- بنابراین گزینه «۱» درست است.



**مثال (۲۲)** در شکل مقابل اگر دو سیم را عمود بر صفحه کاغذ و رو به بیرون به موازات یکدیگر حرکت دهیم، جهت جریان القایی در دو سیم A و B به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

(سراسری تجربی-۷۷)

(۴)  $\downarrow$  و  $\uparrow$

(۳)  $\uparrow$  و  $\downarrow$

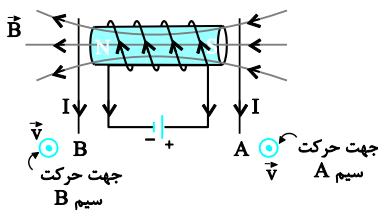
(۲)  $\downarrow$  و  $\downarrow$

(۱)  $\uparrow$  و  $\uparrow$

پاسخ (۲۲)

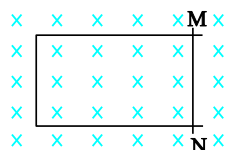
گزینه ۲

طبق قاعده دست راست با توجه به جهت جریان گذرنده از سیم‌لوله، انتهای راست آن قطب S مغناطیسی و انتهای چپ آن قطب N می‌شود، از این رو خطوط میدان مغناطیسی را در سیم‌لوله و اطراف آن رسم می‌کنیم. حال اگر چهار انگشت دست راست خود را در جهت حرکت سیم A (در این جا عمود بر صفحه کاغذ و به طرف بیرون صفحه) به گونه‌ای قرار دهیم که بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود (کف دست رو به قطب S آهن‌ربا قرار گیرد) انگشت شست جهت جریان القایی در سیم متحرک یعنی به طرف پایین  $\downarrow$  را نمایش می‌دهد.



با همین استدلال سوی جریان در سیم چپ نیز رو به پایین خواهد بود.

## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)



**مثال ۲۳)** در شکل روبه‌رو، میدان مغناطیسی درون سو است و قاب U شکل رسانا است. اگر مماس بر قاب، میلهٔ رسانای MN را از حال سکون با شتاب ثابت به سمت چپ ببریم، جریان القایی در میله از ... بوده و اندازهٔ آن در این وضعیت، ... خواهد بود.

(سراسری ریاضی-۹۱)

(۲) M به N، ثابت

(۱) M به N، در حال افزایش

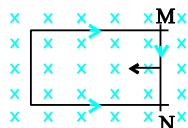
(۴) M به N، در حال افزایش

(۳) N به M، ثابت

پاسخ ۲۳)

گزینه ۱

ابتدا سوی جریان القایی را می‌یابیم. در طی لغزش میله به طرف چپ مساحت قاب در حال کاهش و در نتیجه شار گذرنده از آن نیز در حال کاهش خواهد بود. بنابراین سوی جریان در قاب به گونه‌ای ایجاد خواهد شد که میدانی درون سو (هم‌سو با میدان اصلی) بسازد، تا به این طریق از کاهش شار جلوگیری نماید و طبق قاعدهٔ دست راست مطابق شکل سوی جریان القایی از M به N خواهد بود.

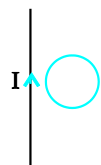


روش قاعدهٔ دست راست: هرگاه چهار انگشت دست راست را در جهت حرکت میله (v) به گونه‌ای قرار دهیم که بردار میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود، انگشت شست جهت جریان القایی را در میله متحرک نشان خواهد داد. (در این جا از M به N)

حال برای تعیین تغییرات اندازهٔ جریان دقت کنید که حرکت میله شتابدار و میله از حال سکون شروع به حرکت کرده است، پس حرکت میله تندشونده و  $v$  در حال افزایش است بنابراین آهنگ تغییر شار نیز در حال افزایش است (نه ثابت) در نتیجه جریان نیز در حال افزایش خواهد بود.

**مثال ۲۴)** در شکل روبه‌رو، حلقهٔ رسانا و سیم راست در یک صفحه قرار دارند. اگر حلقه را ..... و یا شدت جریان را .....، جریان القایی در حلقه ساعتگرد خواهد شد.

(سراسری تجربی-۹۳)



(۲) از سیم دور کنیم - افزایش دهیم

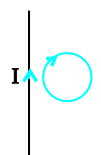
(۱) از سیم دور کنیم - کاهش دهیم

(۴) به سیم نزدیک کنیم - افزایش دهیم

(۳) به سیم نزدیک کنیم - کاهش دهیم

پاسخ ۲۴)

گزینه ۱



به‌طور کلی اگر جریان سیم و کمان نزدیک‌تر به سیم همسو باشند، به معنی آن است که شار عبور کرده از حلقه در حال کاهش است. (زیرا همسو شدن به معنی تقویت شار است) بنابراین یا جریان سیم در حال کاهش یا این که سیم از حلقه در حال دور شدن است (هر دوی این وضعیت‌ها به معنی کاهش شار در مدار القا شونده یعنی حلقه خواهد بود).

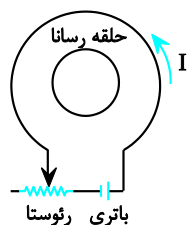


mydars

اپلیکیشن آموزشی مای درس

**مثال ۲۵)** در شکل روبه‌رو، اگر لغزنده رئوستا در حال حرکت به سمت چپ باشد، جریان  $I$  چگونه تغییر می‌کند و جهت جریان القایی در حلقهٔ رسانا در کدام جهت، خواهد بود؟

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۵)



(۲) کاهش، ساعتگرد

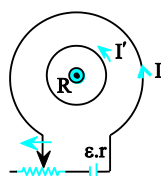
(۱) افزایش، ساعتگرد

(۴) کاهش، پادساعتگرد

(۳) افزایش، پادساعتگرد

پاسخ ۲۵)

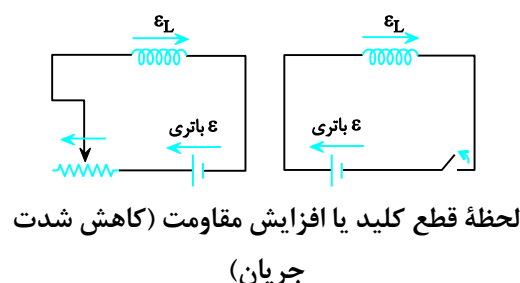
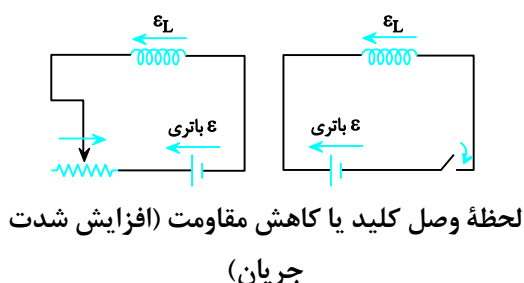
گزینه ۴



با حرکت لغزنده به سمت چپ،  $R$  زیاد می‌شود، پس جریان تولیدی باتری ( $I$ ) کاهش می‌یابد، بنابراین میدان مغناطیسی و شار مغناطیسی در مرکز حلقه کاهش می‌یابد. پس جریان القایی پادساعتگرد در حلقه ایجاد می‌شود تا با ایجاد یک میدان مغناطیسی القایی، کاهش شار مغناطیسی را جبران کند. (جریان القایی همسو با جریان اصلی خواهد شد)

### القاگرها

**اثر خود- القاوری:** تغییر جریان در یک مدار باعث می شود شار مغناطیسی عبوری از سطح مدار تغییر کرده و در نتیجه، نیروی محرکه القایی در جهتی که با تغییر شار (تغییر جریان) مخالفت کند، ایجاد شود که به آن نیروی محرکه خود - القاوری می گویند. اگر جریان الکتریکی مدار در حال افزایش باشد، نیروی محرکه خود - القاوری در خلاف جهت نیروی محرکه اصلی مدار (نیروی محرکه مولد) ایجاد می شود و اگر جریان الکتریکی در مدار در حال کاهش باشد، نیروی محرکه خود - القاوری هم جهت با نیروی محرکه اصلی مدار (نیروی محرکه مولد) ایجاد می شود.



**ضریب القاوری:** ویژگی های فیزیکی هر القاگر توسط ضریب القاوری آن تعیین می شود که با نماد  $L$  نمایش داده می شود. ضریب القاوری با مربع تعداد دور ( $N^2$ ) و سطح مقطع القاگر ( $A$ ) نسبت مستقیم و با طول القاگر ( $\ell$ ) نسبت عکس دارد.

$$L = \mu_0 \frac{AN^2}{\ell}$$

ضریب القاوری سیملوله آرمانی و بدون هسته از رابطه مقابل به دست می آید:

که در آن  $A$  بر حسب  $m^2$  و  $\ell$  بر حسب  $m$  و  $L$  بر حسب هانری که معادل اهم ثانیه ( $\Omega \cdot s$ ) است، بیان می شود.

۱. وجود هسته ی آهنی در سیملوله باعث افزایش ضریب القاوری القاگر می شود.
۲. ضریب القاوری صرفاً به مشخصات ساختمانی القاگر وابسته است و به ویژگی های مدار ربطی ندارد.

**مثال ۲۶)** طول یک سیملوله بدون هسته،  $50\text{cm}$  و سطح هر حلقه آن  $10\text{cm}^2$  است. این سیملوله دارای ۲۰۰۰ حلقه نزدیک به هم می باشد و از آن جریان الکتریکی  $0/5\text{A}$  می گذرد. ضریب القاوری سیملوله در SI چه قدر است؟ ( $\mu_0 = 12/5 \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$ )

(سراسری ریاضی-۹۵)

0/05 (۲)

0/01 (۱)

0/50 (۴)

0/10 (۳)

پاسخ ۲۶)

گزینه ۱

ضریب القاوری به جریان عبوری از القاگر بستگی ندارد برای محاسبه آن داریم:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell} \xrightarrow[N=2000, \ell=5 \times 10^{-1} \text{ m}]{A=10 \times 10^{-4} \text{ m}^2} L = \frac{12/5 \times 10^{-7} \times (2000)^2 (10^{-3})}{5 \times 10^{-1}} \rightarrow L = 0/01 \text{ H}$$

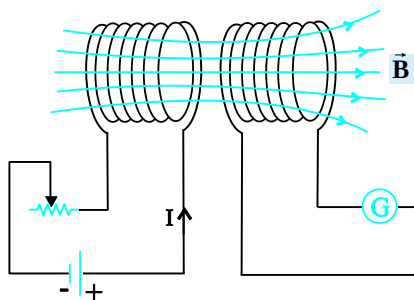


mydars

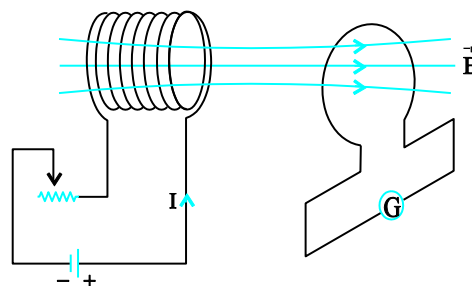
اپلیکیشن آموزشی مای درس

### القای متقابل

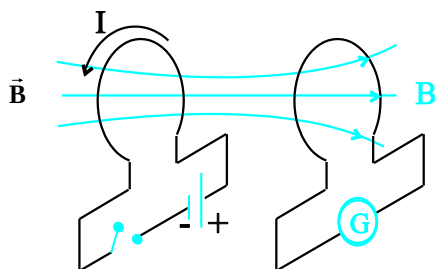
در شکل (۱) دو سیملوله، در شکل (۲) یک سیملوله و یک حلقه و در شکل (۳) دو حلقه مقابل و نزدیک به هم دیده می‌شوند. در هر سه حالت یکی از مدارها به یک مولد متصل است و مدار مقابلش فاقد مولد است. حال اگر به هر طریقی، جریان در مدار متصل به مولد تغییر کند یا دو مدار به هم نزدیک و یا از هم دور شوند، در مدار دیگر (القاشونده) نیروی محرکه‌ای القا خواهد شد. (علت این پدیده، تغییر میدان مغناطیسی و به دنبال آن تغییر شار عبوری حاصل از مدار اول در مدار دوم است).



(۱)



(۲)



(۳)

برای تعیین سوی جریان، فقط دو دهانه مقابل هم را در نظر می‌گیریم. در حالتی که افزایش جریان در مدار القاشونده (و یا نزدیک شدن دو مدار به هم) را داریم، جریان القایی در مدار دوم ناهمسو با جریان مدار اول خواهد بود و دو دهانه مقابل هم قطب‌های همنام آهن‌ربا را تشکیل داده و تمایل به دفع هم را دارند اما در حالت کاهش جریان یا دور شدن دو مدار جریان‌ها همسو خواهند بود و دو دهانه مقابل هم قطب‌های ناهمنام شده و تمایل به جذب یکدیگر را دارند.

**اثرهای مفید و غیرمفید القای متقابل:** در مدارهایی که از چندین القاگر استفاده می‌شود، تغییرات جریان در یکی می‌تواند نیروهای محرکه ناخواسته‌ای را در القاگرهای مجاور القا و ایجاد مزاحمت کند. برای کاهش این اثر، سطح حلقه‌های القاگرهای مجاور را به‌طور عمود بر یکدیگر قرار می‌دهند تا اثر القای متقابل ناچیز باشد. یکی از کاربردهای مفید و مهم القای متقابل، در مبدل‌هاست.

**مثال ۲۷)** در شکل مقابل در لحظه وصل کلید  $k$ ، جریان القایی در حلقه‌های  $A$  و  $B$  به ترتیب از راست به چپ در کدام جهت نشان داده شده خواهد بود؟

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۵)

(۱) و (۱) (۱) (۲) و (۲) (۱)

(۳) و (۱) (۲) (۴) و (۲) (۲)

پاسخ ۲۷)

گزینه ۴

با توجه به قطب‌های مولد، سوی جریان را در شکل نشان داده‌ایم، از طرف دیگر در لحظه وصل کلید، جریان در سیملوله در حال افزایش خواهد بود بنابراین داریم: (۱) حلقه سمت راست ( $A$ ): چون جریان در سیملوله در حال افزایش است (لحظه وصل کلید) بنابراین جهت (۲) خواهد بود. حلقه سمت چپ ( $B$ ): چون جریان در سیملوله در حال افزایش است (لحظه وصل کلید) بنابراین جهت (۲) خواهد بود. حلقه ناهمسو با آن یعنی در جهت (۲) خواهد بود. بنابراین گزینه «۴» درست است.

**مثال ۲۸)** در شکل مقابل دو سیملوله روی یک هسته آهنی و جدا از هم پیچیده شده‌اند. لغزنده رؤستا را از نقطه‌ای که ثابت مانده بود، در مدت  $\Delta t$  به سمت چپ حرکت می‌دهیم. اگر جریان القایی عبوری از مقاومت  $R$  قبل از حرکت لغزنده،  $I_1$  و ضمن حرکت لغزنده،  $I_2$  باشد،  $I_1$  و  $I_2$  به ترتیب چگونه‌اند؟

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۴)

(۱)  $I_1 = 0$  و  $I_2$  در جهت  $N$  به  $M$

(۲)  $I_1 = 0$  و  $I_2$  در جهت  $M$  به  $N$

(۳)  $I_1$  مقدار ثابت و در جهت  $M$  به  $N$  و  $I_2$  هم جهت با  $I_1$  و بیش‌تر از آن

(۴)  $I_1$  مقدار ثابت و در جهت  $N$  به  $M$  و  $I_2$  خلاف جهت  $I_1$  و کم‌تر از آن

پاسخ ۲۸)

گزینه ۲

در ابتدا که لغزنده ثابت و جریان عبوری از مدار شامل مولد ثابت است، شار گذرنده از پیچه مجاور ثابت پس  $I = 0$  است.

با حرکت لغزنده به سمت چپ، مقاومت رؤستا در حال کاهش است، بنابراین جریان عبوری از آن و شار مغناطیسی در آن و در حلقه مجاور افزایش می‌یابد و در آن جریان و میدان مغناطیسی‌ای ایجاد می‌شود

که با این تغییر شار مخالفت کند (میدانی در جهت مخالف میدان اولی بسازد) بنابراین جریان القایی ناهمسو با آن خواهد بود و سوی جریان در این حالت از  $M$  به  $N$  خواهد بود.



مثال ۲۹) در کدام حالت، جریان القایی در  $R'$ ، از  $M$  به  $N$  است؟

(سراسری ریاضی-۹۰)

۱) لحظه قطع کلید  $k$

۲) وقتی مقاومت رئوستا در حال افزایش است.

۳) وقتی سیملوله  $B$  به سمت راست حرکت می کند.

۴) وقتی سیملوله  $A$  به سمت راست حرکت می کند.

پاسخ ۲۹)

گزینه ۴

از آن جا که میدان القایی ( $B'$ ) در خلاف جهت

میدان ناشی از القاکننده ( $B$ ) است،

بنابراین اندازه  $B$  و یا در نتیجه جریان عبوری از این سیملوله طبق قانون لنز در حال افزایش بوده است.

لذا، مقاومت رئوستا در حال کاهش است یا دو سیملوله به هم نزدیک می شوند.

مثال ۳۰) در مدار روبه‌رو، مقاومت رئوستا در حال افزایش است. جهت جریان

القایی در حلقه در جهت ..... است و نیروی محرکه خود- القاوری در سیملوله

در ..... نیروی محرکه مولد عمل می کند. (سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۷)

۱) (۱)، جهت

۲) (۲)، جهت

۳) (۱)، خلاف جهت

۴) (۲)، خلاف جهت

پاسخ ۳۰)

گزینه ۱

در طی افزایش مقاومت رئوستا، جریان در سیملوله در حال کاهش خواهد بود، در نتیجه جریان القا شده در حلقه

همسو با جریان سیملوله یعنی در جهت (۱) خواهد بود. (در این صورت، میدان مغناطیسی حاصل از آن همسو با

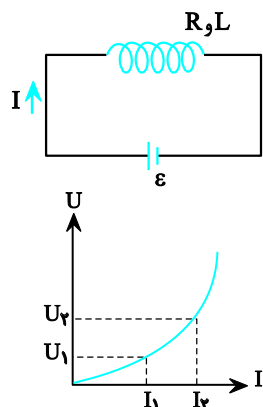
میدان مغناطیسی سیملوله می شود) اما سوی جریان خودالقاوری در سیملوله: چون جریان سیملوله در حال کاهش

است، شار مغناطیسی عبوری از آن نیز در حال کاهش خواهد بود، در نتیجه نیروی محرکه خودالقاوری هم جهت با

نیروی محرکه مولد می گردد تا از کاهش شار جلوگیری کند.



### انرژی ذخیره شده در القاگر



وقتی توسط باتری در القاگر جریانی برقرار می‌شود، بخشی از این انرژی در مقاومت الکتریکی سیم‌های سازنده القاگر تلف می‌شود و بقیه در فضای درون القاگر به صورت انرژی مغناطیسی ذخیره می‌شود (مانند انرژی الکتریکی ذخیره شده در خازن در طی پر شدن یا انرژی کشسانی فنر در طی فشردن یا کشیده شدن)

مقدار این انرژی از رابطه مقابل به دست می‌آید:  $U = \frac{1}{2}LI^2$  که در آن ضریب القاوری  $L$  بر حسب هانری (H)،  $I$  بر حسب آمپر (A) و  $U$  بر حسب ژول (J) می‌باشد.

نمودار  $V$  بر حسب  $I$  به صورت سهمی است:  $\Delta U = \frac{1}{2}L(I_2^2 - I_1^2)$

**تذکر:** در القاگر آرمانی (با مقاومت اهمی صفر) تنها وقتی انرژی وارد القاگر و در آن ذخیره می‌شود که جریان در حال افزایش باشد. البته هنگام کاهش جریان این انرژی آزاد می‌شود. (مانند آزادسازی فنر از فشردگی یا کشیدگی یا اتصال دو صفحه خازن به هم) اما در حالت پایا (عبور جریان ثابت) از القاگر آرمانی، انرژی به آن وارد یا از آن خارج نمی‌شود. ولی هنگام عبور جریان چه پایا و چه متغیر از مقاومت الکتریکی، اتلاف انرژی همواره وجود خواهد داشت.

**مثال (۳۱):** وقتی از سیملوله‌ای جریان ۴ آمپر می‌گذرد، انرژی ذخیره شده در آن به ۲۰۰ میلی‌ژول می‌رسد. ضریب القاوری سیملوله چند هانری است؟ (سراسری خارج از کشور تجربی-۹۱)

- (۱)  $2/5 \times 10^{-3}$  (۲)  $2/5 \times 10^{-2}$   
(۳)  $5 \times 10^{-2}$  (۴)  $5 \times 10^{-3}$

پاسخ (۳۱)

گزینه ۴

انرژی ذخیره شده در سیملوله از رابطه  $U = \frac{1}{2}LI^2$  به دست می‌آید، در این سؤال می‌خواهیم  $L$  را بیابیم، بنابراین چنین عمل می‌کنیم:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \xrightarrow[U=200\text{mJ}=0/2\text{J}]{I=4\text{A}} 0/1 = \left(\frac{1}{2}\right)(L)(4)^2 \Rightarrow L = 2/5 \times 10^{-2}\text{H}$$

**مثال (۳۲):** اگر جریان الکتریکی عبوری از یک سیملوله ۲ برابر شود، ..... آن ۴ برابر و ..... آن ۲ برابر می‌شود. (سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۶)

- (۱) شار مغناطیسی - میدان مغناطیسی (۲) شار مغناطیسی - انرژی  
(۳) میدان مغناطیسی - شار مغناطیسی (۴) انرژی - میدان مغناطیسی

پاسخ (۳۲)

گزینه ۴

اگر جریانی که از یک سیملوله عبور می‌کند، ۲ برابر شود، بنابر  $U = \frac{1}{2}LI^2$ ، انرژی‌ای که در میدان مغناطیسی درون آن ذخیره می‌شود ۴ برابر می‌شود. هم‌چنین با توجه به رابطه  $B = \mu_0 nI$ ، با دو برابر شدن جریان عبوری، بزرگی میدان مغناطیسی یک‌نواخت داخل سیملوله هم دو برابر خواهد شد.



## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

**مثال ۳۳)** ضریب القاوری سیملوله A، دو برابر ضریب القاوری سیملوله B است و جریان الکتریکی عبوری از آن نیز دو برابر جریان الکتریکی سیملوله B است. انرژی ذخیره شده در سیملوله A چند برابر انرژی ذخیره شده در سیملوله B است؟

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۲)

- (۱) ۲  
(۲)  $2\sqrt{2}$   
(۳) ۴  
(۴) ۸

پاسخ ۳۳)

گزینه ۴

انرژی ذخیره شده در سیملوله از رابطه  $U = \frac{1}{2}LI^2$  به دست می آید، بنابراین داریم:

$$\frac{U_A}{U_B} = \frac{L_A}{L_B} \times \left(\frac{I_A}{I_B}\right)^2 \xrightarrow{L_A=2L_B, I_A=2I_B} \frac{U_A}{U_B} = 2 \times (2)^2 = 8$$

**مثال ۳۴)** ضریب القاوری سیملوله ای ۰/۰۲ هانری است و جریان الکتریکی عبوری از آن در SI به معادله  $I = -t^2 + 2\sin \pi t$  است. انرژی آن در لحظه  $t = 2s$  چند ژول است؟

(سراسری تجربی-۸۶)

- (۱) ۰/۰۸  
(۲) ۰/۱۶  
(۳) ۰/۲۴  
(۴) ۰/۲۲

پاسخ ۳۴)

گزینه ۲

در ابتدا جریان را در لحظه  $t = 2s$  تعیین می کنیم:

$$I = -t^2 + 2\sin \pi t \xrightarrow{t=2s} I = -(2)^2 + 2\sin 2\pi \xrightarrow{\sin 2\pi=0} I = -4A$$

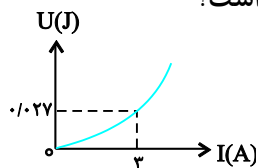
انرژی ذخیره شده در القاگر برابر است با:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \xrightarrow{I=-4A, L=0.02H} U = \left(\frac{1}{2}\right)(0.02)(-4)^2 \Rightarrow U = 0.16J$$



جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

مثال ۳۵) شکل مقابل، نمودار انرژی سیملوله است. ضریب القاوری سیملوله چند میلی هانری است؟



(سراسری ریاضی-۸۹)

۳ (۲)

۱ (۱)

۹ (۴)

۶ (۳)

پاسخ ۳۵)

گزینه ۳

در لحظه‌ای که جریان گذرنده از سیملوله 3A است، انرژی 0/027 ژول است. داریم:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow 0/027 = \frac{1}{2} \times L \times 3^2 \Rightarrow L = 0/006H = 6mH$$

مثال ۳۶) سیملوله‌ای بدون هسته آهنی، دارای 2000 حلقه است و از آن جریان الکتریکی 2A می‌گذرد، اگر طول سیملوله 25 سانتی‌متر و مساحت هر حلقه  $10cm^2$  باشد، انرژی ذخیره شده در سیملوله چند میلی‌ژول است؟  
( $\mu_0 = 12/5 \times 10^{-7} \frac{T.m}{A}$ )

(سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۵)

۱۰۰ (۲)

۴۰۰ (۱)

۱۰ (۴)

۴۰ (۳)

پاسخ ۳۶)

گزینه ۳

در ابتدا ضریب القاوری را می‌یابیم:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell} \Rightarrow L = \frac{12/5 \times 10^{-7} \times (2000)^2 \times 10 \times 10^{-4}}{25 \times 10^{-2}} \Rightarrow L = 2 \times 10^{-2} H = 20mH$$

$$U = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 20 \times (2)^2 \Rightarrow U = 40mJ$$



mydars

اپلیکیشن آموزشی مای درس

### جریان متناوب

اگر زاویه بین بردار عمود بر صفحه  $(\vec{N})$  و میدان را در لحظه صفر،  $\theta$  بگیریم، شار گذرنده از هر حلقه پیچ برابر است با:

$$\Phi = BA \cos \theta \quad (1)$$

اگر زمان یک دور چرخش حلقه که دوره یا زمان تناوب نام دارد را  $(T)$  در نظر بگیریم،

تابع  $\Phi$  بر حسب  $t$  به صورت یک تابع کسینوسی است.

$$\Rightarrow \Phi = BA \cos \frac{2\pi}{T} t \quad \begin{array}{l} T \\ t \end{array} \quad \begin{array}{l} 2\pi \\ \theta = \frac{2\pi}{T} t \end{array}$$

محرکه القایی و جریان متناوب تابعی سینوسی و با همان دوره و به صورت روبه رو می باشند:

$$I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \frac{2\pi}{T} t$$

۱. با توجه به توضیح بالا، اگر پیچ مولد در مدت  $t$ ،  $n$  دور بچرخد آنگاه:  $T = \frac{t}{n}$

۲. رابطه بین  $I$  و  $\varepsilon$  با قانون اهم بیان می شود که در آن  $R$  مقاومت اهمی است.

$$I = \frac{\varepsilon}{R}, \quad I_m = \frac{\varepsilon_m}{R}$$

**تذکر:** نمودار جریان متناوب، یک نمودار ساده سینوسی است.

**مثال ۳۷)** از سیملوله ای به ضریب القاوری  $0/04$  هانری جریان متناوبی می گذرد که معادله آن در  $SI$  به صورت  $I = 5 \sin(50\pi t)$  است. بیشینه انرژی ذخیره شده در سیملوله چند میلی ژول است؟ (سراسری خارج از کشور ریاضی-۹۶)

(۱) ۲۰ (۲) ۵۰ (۳) ۲۰۰ (۴) ۵۰۰

پاسخ ۳۷)



برای یافتن بیشینه انرژی ذخیره شده در سیملوله از رابطه  $U_{\max} = \frac{1}{2} L I_{\max}^2$  استفاده می کنیم، بنابراین داریم:

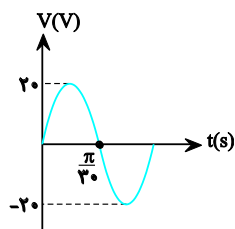
$$I = 5 \sin(50\pi t) \Rightarrow I_m = 5A$$

$$U_{\max} = \frac{1}{2} L I_{\max}^2 \xrightarrow{L=0/04H, I_m=5A} U_{\max} = \frac{1}{2} \times 0/04 \times (5)^2 = 0/5 J = 500mJ$$



## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

**مثال ۳۸)** شکل مقابل، نمودار اختلاف پتانسیل دو سر یک مقاومت ۵ اهمی را نشان می‌دهد. معادله شدت جریان الکتریکی مقاومت در SI کدام است؟



(سراسری خارج از کشور ریاضی-۸۸)

$$I = 4\sin(30\pi t) \quad (۲)$$

$$I = 4\sin(30t) \quad (۱)$$

$$I = 20\sin(30\pi t) \quad (۴)$$

$$I = 20\sin(30t) \quad (۳)$$

پاسخ ۳۸)

گزینه ۱

با توجه به نمودار مشخص است که  $\frac{T}{2} = \frac{\pi}{30} s$  است و برای محاسبه  $\frac{2\pi}{T}$  داریم:

$$\frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{\frac{\pi}{15}} = 30 \frac{\text{rad}}{s}$$

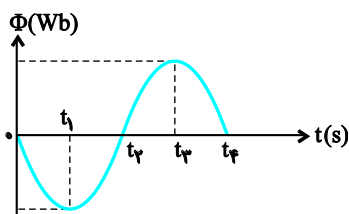
با توجه به نمودار  $V_m = 20V$  است و داریم:

$$I_m = \frac{V_m}{R} = \frac{20}{5} = 4A$$

همچنین با توجه به نمودار، معادله جریان گذرا از مقاومت به صورت  $I = I_m \sin(\omega t)$  است و داریم:

$$I = 4\sin(30t)$$

**مثال ۳۹)** نمودار تغییرات شار مغناطیسی که از سطح یک مدار بسته می‌گذرد، به صورت شکل مقابل است. در کدام لحظه یا لحظه‌های زیر، نیروی محرکه القایی منفی و مقدار آن بیشینه است؟



$t_3$  (۲)

$t_2$  (۱)

$t_4$  و  $t_3$  (۴)

$t_4$  و  $t_2$  (۳)

پاسخ ۳۹)

گزینه ۱

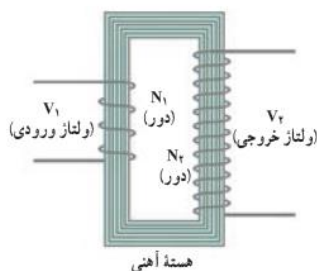
در لحظه‌ای که شار گذرنده از سطح مدار بسته، صفر باشد، نیروی محرکه القایی بیشینه است. از طرفی با توجه به قانون لنز، در لحظه‌ای که شیب خط مماس بر نمودار  $\Phi - t$  مثبت باشد، نیروی محرکه منفی خواهد بود. بنابراین در لحظه  $t_2$ ، نیروی محرکه بیشینه و منفی است.



mydars

اپلیکیشن آموزشی مای درس

### مبدل



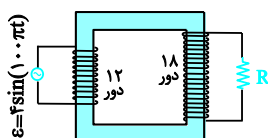
یکی از امتیازهای مهم جریان متناوب (ac) بر جریان مستقیم (dc) آن است که افزایش یا کاهش ولتاژ ac بسیار آسان تر از dc است. **مبدل ها بر اساس خاصیت القای متقابل** و جهت افزایش یا کاهش ولتاژ در جریان متناوب به کار می روند. مانند شکل مقابل، مبدل شامل دو پیچه با تعداد دورهای متفاوت است که به دور یک هسته از جنس **فرومغناطیسی نرم** پیچیده می شوند، هسته باعث افزایش خاصیت القای مغناطیسی تا چندین برابر می شود. پیچه ها نسبت به هسته، عایق بندی شده اند.

به دلیل متناوب بودن جریان، شار مغناطیسی در پیچه اولیه (پیچه القاگر) تغییر می کند و این تغییر شار در پیچه ثانویه (پیچه القا شونده) نیز منتقل می شود،

در نتیجه نیروی محرکه متناوبی در آن القا می کند. همان طور که می دانید نیروی محرکه القایی متناسب با تعداد دورهای پیچه (N) است. بنابراین ولتاژ خروجی متناسب با نسبت تعداد دورهای پیچه ثانویه به پیچه اولیه یعنی  $V_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)V_1$  خواهد بود. بنابراین خواهیم داشت:

تذکر: اگر  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} > 1$  باشد، مبدل، **افزاینده** و اگر  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} < 1$  باشد، مبدل، **کاهنده** است.

**تذکر:** رابطه  $\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$  برای مبدل آرمانی (ایده آل) صادق است. یعنی در حالتی که هیچ گونه اتلاف انرژی نداشته باشیم.



**مثال (۴۰)** مبدل آرمانی مقابل توسط مولد جریان متناوب با تابع  $\varepsilon = 4\sin(100\pi t)$  تغذیه می شود. بیشینه ولتاژ دو سر مقاومت R چند ولت است؟

- (۱) ۶  
(۲) ۲۴  
(۳) ۵۴  
(۴) ۷۲

پاسخ (۴۰)

گزینه ۱

به کمک معادله نیروی محرکه مولد می توان دریافت  $\varepsilon_m = 4V$ ، که بیشینه ولتاژی است که به دو سر پیچه اولیه اعمال می شود، بنابراین داریم:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \xrightarrow{N_2=18, N_1=12, V_1=4V} \frac{V_2}{4} = \frac{18}{12} \Rightarrow V_2 = 6V$$



جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)

**مثال (۴۱)** در محل یک نیروگاه برق ولتاژ 10000 ولت توسط مبدل A به 400000 ولت تبدیل می شود و پس از انتقال به یک شهر توسط مبدل B این ولتاژ به 5000 ولت تبدیل می شود. اگر نسبت تعداد سیم پیچ ثانویه به اولیه در مبدل A برابر  $K_A$  و در مبدل B برابر  $K_B$  باشد،  $\frac{K_A}{K_B}$  کدام است؟  
(سراسری ریاضی-۹۶)

۳۲۰۰ (۴)

۱۲۰۰ (۳)

۸۰۰ (۲)

۲۰ (۱)

پاسخ (۴۱)

گزینه ۴

در مبدل آرمانی رابطه  $\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$  برقرار است بنابراین داریم:

$$\begin{cases} K_A = \frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{400000}{10000} \rightarrow K_A = 40 \\ K_B = \frac{N'_2}{N'_1} = \frac{V'_2}{V'_1} = \frac{5000}{400000} \rightarrow K_B = \frac{1}{80} \end{cases}$$

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

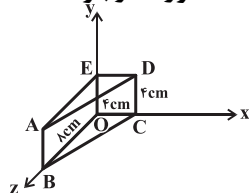


mydars

اپلیکیشن آموزشی مای درس

## آزمون جمع بندی نهایی از فصل ۴ فیزیک ۲ (یازدهم)

۱- به شعاع 5cm که شامل ۱۰۰۰ دور حلقه است، عمود بر خط‌های میدان مغناطیسی متغیری قرار دارد که در مدت 0/1s در شکل زیر اگر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی 0/3T در جهت محور x وجود داشته باشد، شار مغناطیسی عبوری از سطح ABCD برابر با چند میلی‌وبر است؟

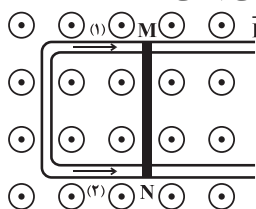


- (۱) صفر  
(۲) ۰/۹۶  
(۳) ۱/۲۸  
(۴) ۰/۳۲

۲- سطح پیچۀ مسطحی از 400G تغییر جهت داده و به 0/04T در جهت مخالف می‌رسد. بزرگی نیروی محرکۀ القایی متوسط پیچه برابر با چند ولت است؟ ( $\pi = 3$ )

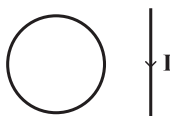
- (۱) ۱۲  
(۲) ۹  
(۳) ۶  
(۴) ۴/۵

۳- مطابق شکل زیر، سیم MN با مقاومت 2Ω بر روی قاب مستطیل شکلی با تندی ثابت در میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $B = 1/6 \times 10^{-2} T$  که عمود بر سطح قاب است، به سمت راست حرکت می‌کند. اگر مساحت قاب با آهنگ  $1/5 \frac{m^2}{s}$  افزایش یابد، جریان القایی در سیم چند میلی‌آمپر و در کدام جهت است؟



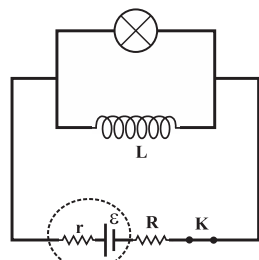
- (۱) ۲۴، (۲)  
(۱) ۱۲، (۲)  
(۱) ۲۴، (۳)  
(۲) ۱۲، (۴)

۴- مطابق شکل زیر، یک حلقۀ رسانا در مجاورت یک سیم حامل جریان در صفحه کاغذ قرار گرفته است. با ایجاد کدام تغییرات، جهت جریان القایی در حلقه پادساعتگرد خواهد بود؟



- (الف) کاهش جریان سیم  
(ب) افزایش جریان سیم  
(پ) دور کردن حلقه از سیم  
(ت) نزدیک کردن حلقه به سیم  
(۱) الف و پ  
(۲) ب و ت  
(۳) الف و ت  
(۴) ب و پ

۵- در مدار شکل زیر مقاومت القاگر برابر با صفر است. اگر کلید K را باز کنیم، نور لامپ چگونه تغییر می‌کند؟  
(۱) خاموش می‌ماند.



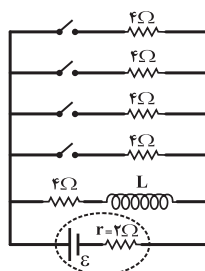
- (۲) روشن می‌شود و روشن می‌ماند.  
(۳) روشن می‌شود و به تدریج خاموش می‌شود.  
(۴) به تدریج روشن و فوراً خاموش می‌شود.

۶- با سیمی به قطر 1/5mm، سیملوله‌ای آرمانی به طول 13/5cm و شعاع 2/5cm می‌سازیم به طوری که حلقه‌های سیم بدون فاصله و در کنار هم در یک ردیف قرار گرفته‌اند. ضریب القاوری سیملوله چند میلی‌هائری است؟

$$\frac{T.m}{A} = 4\pi \times 10^{-7} \mu_0 \text{ و } \pi^2 = 10$$

- (۱)  $0/15 \times 10^{-3}$   
(۲)  $0/15 \times 10^{-1}$   
(۳) ۰/۱۵  
(۴) ۱۵

جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)



۷- در مدار مقابل، مقاومت الکتریکی القاگر برابر با صفر و انرژی ذخیره شده در آن  $0/8J$  می‌باشد. چه تعداد از کلیدها را ببندیم تا انرژی ذخیره شده در القاگر،  $0/35J$  کاهش یابد؟

- (۱) ۱  
(۲) ۲  
(۳) ۳  
(۴) ۴

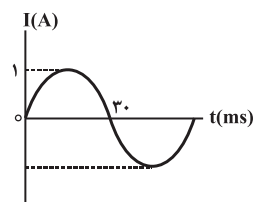
۸- معادله شار مغناطیسی عبوری از حلقه‌های رسانا به صورت  $\Phi = \Phi_m \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$  است. در بازه زمانی ای که شار

مغناطیسی از  $(-\Phi_m)$  به صفر می‌رسد، جریان القایی در حلقه رسانا چگونه تغییر می‌کند؟

- (۱) از  $I_m$  به صفر می‌رسد.  
(۲) از  $(-I_m)$  به صفر می‌رسد.  
(۳) از صفر به  $I_m$  می‌رسد.  
(۴) از صفر به  $(-I_m)$  می‌رسد.

۹- شکل زیر نمودار جریان متناوب سینوسی عبوری از مقاومت  $R = 10\Omega$  را نشان می‌دهد. توان مصرفی در این

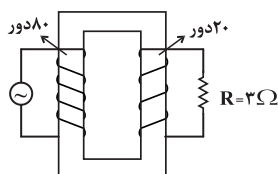
مقاومت در لحظه  $t = 10ms$  برابر با چند وات است؟



- (۱)  $7/5$   
(۲)  $2/5$   
(۳)  $10$   
(۴)  $5$

۱۰- اگر در مبدل آرمانی شکل زیر، بیشینه ولتاژ دو سر مولد برابر با  $12V$  باشد، بیشینه توان مصرفی مقاومت چند

وات است؟



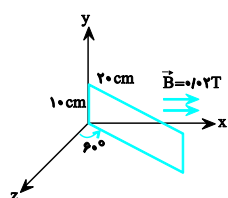
- (۱)  $1/5$   
(۲)  $3$   
(۳)  $6$   
(۴)  $9$

## پاسخ آزمون

|        |       |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| ۳ (۵)  | ۲ (۴) | ۲ (۳) | ۳ (۲) | ۲ (۱) |
| ۲ (۱۰) | ۱ (۹) | ۴ (۸) | ۱ (۷) | ۳ (۶) |

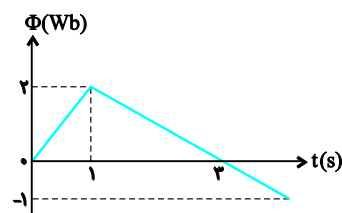
## آزمون جمع بندی نهایی (دوم) از فصل ۴ فیزیک ۲ (یازدهم)

- ۱- مطابق شکل مقابل، اگر قاب رسانایی را حول محور  $y$  ها بچرخانیم به طوری که زاویه بین قاب با محور  $z$  از  $60^\circ$  به  $30^\circ$  کاهش یابد، تغییر شار مغناطیسی چند وبر خواهد بود؟ ( $\sqrt{3} \approx 1/7$ ) و میدان مغناطیسی یکنواخت در جهت محور  $x$  می باشد.



- (۱) صفر (۲)  $1/4 \times 10^{-4}$  (۳)  $-1/4 \times 10^{-4}$  (۴)  $-1/4$

- ۲- نمودار تغییرات شار مغناطیسی بر حسب زمان که از یک حلقه می گذرد، به صورت شکل روبه رو است. نیروی محرکه القا شده در لحظه  $t = 3s$  چند ولت است؟

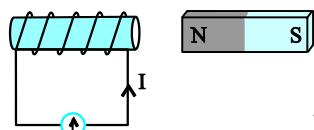


- (۱) صفر (۲)  $\frac{1}{2}$  (۳) 1 (۴)  $1/5$

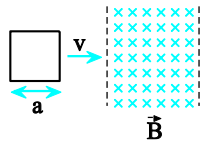
- ۳- سیملوله ای با ۵۰۰ دور سیم و مقاومت  $10\Omega$  و مساحت سطح مقطع  $25\text{cm}^2$  در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. برای این که جریانی به شدت  $10^{-3}\text{A}$  در سیملوله القا شود، آهنگ تغییر میدان مغناطیسی باید چند میلی تسلا بر ثانیه باشد؟ (سطح مقطع سیملوله بر میدان مغناطیسی عمود است).

- (۱)  $0/8$  (۲) ۸ (۳)  $8 \times 10^{-2}$  (۴)  $8 \times 10^{-3}$

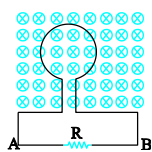
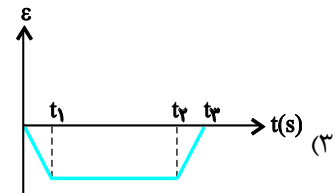
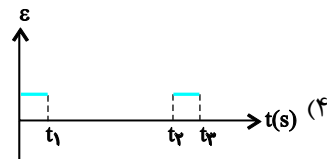
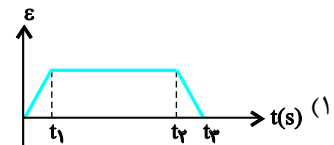
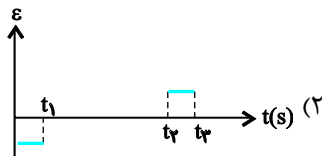
- ۴- در کدام حالت، جریان القایی در جهت نشان داده شده ایجاد می شود؟



- (۱) آهن ربا به چپ یا سیم پیچ به راست در حرکت باشد.  
(۲) آهن ربا به راست یا سیم پیچ به چپ در حرکت باشد.  
(۳) آهن ربا با سرعت  $v_1$  و سیم پیچ با سرعت  $v_2$  ( $v_2 < v_1$ ) هر دو به سمت راست در حرکت باشند.  
(۴) آهن ربا با سرعت  $v_1$  و سیم پیچ با سرعت  $v_2$  ( $v_2 > v_1$ ) هر دو به سمت چپ در حرکت باشند.



۵- در شکل مقابل، سیمی به شکل مربع با سرعت ثابت  $v$  وارد میدان مغناطیسی  $B$  (عمود بر صفحه به سمت داخل) شده و از طرف دیگر میدان خارج می‌شود. کدام نمودار تغییرات نیروی محرکه القایی در سیم را از لحظه ورود به میدان تا لحظه خروج کامل از آن درست نشان می‌دهد؟



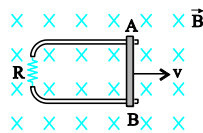
۶- در شکل مقابل، شار مغناطیسی عبوری از حلقه در SI به صورت  $\Phi = (5t^2 + 6t) \times 10^{-3}$  با زمان تغییر می‌کند. بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط در فاصله زمانی  $t = 0$  تا  $t = 2s$  ، چند میلی‌ولت و جهت جریان القایی در مقاومت  $R$  به کدام سمت است؟

(۲) ۱۶، از B به A

(۱) ۱۶، از A به B

(۴) ۱۸، از B به A

(۳) ۱۸، از A به B



۷- در شکل مقابل میله فلزی  $AB$  روی رسانای  $U$  شکل با سرعت ثابت کشیده می‌شود و سطح قاب عمود بر یک میدان مغناطیسی ثابت و یکنواخت درون سو است. در این حالت جریان القایی در درون میله  $AB$  چگونه است؟

(۲) ثابت و از A به B

(۱) ثابت و از B به A

(۴) به دلیل ثابت بودن سرعت میله، جریان صفر است.

(۳) نوسانی سینوسی است.

۸- هرگاه تعداد حلقه‌های یک سیملوله بدون هسته را با ثابت ماندن طول سیم آن دو برابر کنیم، ضریب القاوری سیملوله چند برابر می‌شود؟ (طول سیملوله در هر دو حالت ثابت می‌ماند.)

(۴)  $\frac{1}{2}$

(۳) ۱

(۲)  $\frac{1}{16}$

(۱) ۱۶

۹- به دو سر مقاومت خطی  $R = 50\Omega$  اختلاف پتانسیل  $V = 100\sqrt{2}\sin 100\pi t$  را وصل می‌کنیم. شدت جریان در لحظه  $t = \frac{T}{12}$  چند آمپر است؟

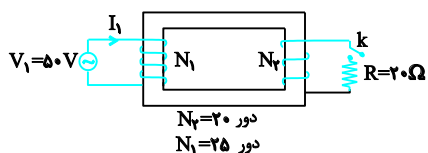
(۴)  $\sqrt{3}$

(۳)  $\sqrt{2}$

(۲)  $\frac{\sqrt{3}}{2}$

(۱)  $\frac{\sqrt{2}}{2}$

۱۰- در مبدل شکل مقابل، پس از بسته شدن کلید  $k$ ، جریان گذرنده از مقاومت  $R$  چند آمپر است؟



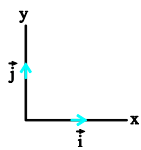
(۲) ۲

(۱) ۳/۱۲۵

(۴) ۵

(۳) ۴/۱۲۵

## جمع بندی فصل ۴ فیزیک ۲ سیدعلی میرنوری (باهمکاری گروه آزمون "دوازدهم ریاضی" کانون فرهنگی آموزش)



۱۱- از حلقه‌ای به مساحت  $200\text{cm}^2$  که سطح آن موازی محور  $y$  و عمود بر محور  $x$  است، میدان مغناطیسی  $\vec{B}_1 = 4\vec{i}$  در  $SI$  عبور می‌کند. اگر بردار میدان مغناطیسی به  $\vec{B}_2 = 3\vec{i} + 5\vec{j}$  تغییر کند (در  $SI$ )، تغییر شار مغناطیسی چند و بر است؟

- (۱)  $5 \times 10^{-2}$  (۲)  $-5 \times 10^{-2}$  (۳)  $2 \times 10^{-2}$  (۴)  $-2 \times 10^{-2}$

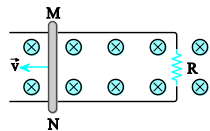
۱۲- سیمی به طول  $L$  را به صورت یک پیچه به قطر  $D$  درمی‌آوریم و آن را عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی  $B$  قرار می‌دهیم. اگر در مدت زمان  $t$  بزرگی میدان مغناطیسی بدون تغییر جهت،  $n$  برابر شود، بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط کدام است؟

- (۱)  $\frac{(n-1)BD^2\pi L}{4t}$  (۲)  $\frac{(n-1)BD^2L}{4t}$  (۳)  $\frac{(n-1)BDL}{4t}$  (۴)  $\frac{(n-1)BD\pi L}{4t}$

۱۳- یک سیم پیچ با ۸۰ دور سیم که مساحت هر حلقه آن  $200\text{cm}^2$  است به گونه‌ای قرار دارد که سطح سیم پیچ با خطوط میدان مغناطیسی زاویه ۳۰ درجه می‌سازد. اگر میدان مغناطیسی در مدت ۰/۲ ثانیه از ۰/۵ تسلا در یک جهت تا ۰/۷۵ تسلا در خلاف جهت اولیه تغییر کند، اندازه نیروی محرکه القایی متوسط ایجاد شده در حلقه چند ولت است؟

- (۱)  $6/25 \times 10^{-2}$  (۲) ۱ (۳) ۵ (۴) ۵۰۰

۱۴- در شکل زیر، میله فلزی  $MN$  به طول ۲۰ سانتی‌متر در میدان مغناطیسی درون سو با شدت  $0/5T$  در جهت نشان داده شده در حرکت است. اگر  $R = 0/4\Omega$  و شدت جریان گذرنده از آن  $0/5A$  باشد، سرعت انتقال میله چند متر بر ثانیه می‌باشد و جهت جریان در آن کدام است؟ (از مقاومت میله فلزی و سیم‌های رابط صرف نظر کنید).



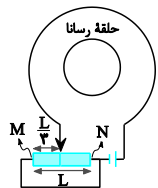
(۱)  $0/4$  و از  $M$  به  $N$

(۲)  $0/4$  و از  $N$  به  $M$

(۳) ۲ و از  $M$  به  $N$

(۴) ۲ و از  $N$  به  $M$

۱۵- در شکل روبه‌رو لغزنده رؤسای بر روی یک سیم دارای مقاومت به طول  $L$  قرار دارد. اگر لغزنده را از فاصله  $\frac{L}{3}$  از نقطه  $M$  به فاصله  $\frac{L}{3}$  از نقطه  $N$  حرکت دهیم، جهت جریان القایی در حلقه رسانا مطابق کدام گزینه است؟



(۱) پیوسته ساعتگرد

(۲) ابتدا ساعتگرد سپس پادساعتگرد

(۳) ابتدا پادساعتگرد سپس ساعتگرد

(۴) پیوسته پادساعتگرد

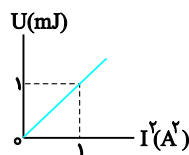
۱۶- سیم‌لوله‌ای به مقاومت الکتریکی  $R$  را به اختلاف پتانسیل ثابتی وصل نموده‌ایم. در این حالت انرژی مغناطیسی  $U$  درون سیم‌لوله ذخیره می‌شود. اگر سیم‌لوله را از وسط به دو قسمت مساوی تقسیم نماییم و دو سر یک قسمت آن را به همان اختلاف پتانسیل ثابت وصل کنیم، انرژی مغناطیسی ذخیره شده در آن چند برابر  $U$  خواهد شد؟

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۴ (۴)  $\frac{1}{2}$



mydars

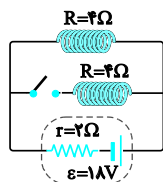
اپلیکیشن آموزشی مای درس



۱۷- نمودار تغییرات انرژی مغناطیسی ذخیره شده در یک القاگر برحسب مجذور جریان عبوری از آن، مطابق شکل مقابل است. اگر جریان عبوری از  $1A$  به  $3A$  تغییر یابد، انرژی الکترومغناطیسی ذخیره شده در آن چند میلی ژول افزایش می یابد؟

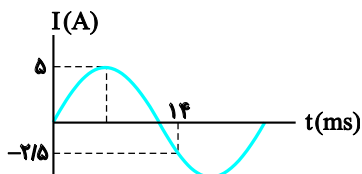
- (۱) ۸ (۲) ۴ (۳) ۲ (۴) ۱۶

۱۸- مطابق شکل روبه رو دو القاگر مشابه با مقاومت الکتریکی  $4\Omega$  به یک باتری متصل اند. انرژی ذخیره شده در القاگر قبل از بسته شدن کلید چند برابر مجموع انرژی ذخیره شده در القاگرها بعد از بسته شدن کلید است؟



- (۱)  $\frac{8}{9}$  (۲)  $\frac{9}{8}$  (۳)  $\frac{9}{4}$  (۴)  $\frac{2}{9}$

۱۹- نمودار جریان عبوری از یک القاگر برحسب زمان مطابق شکل روبه رو است. اگر ضریب القاوری آن 12 هانری باشد، انرژی ذخیره شده در القاگر در لحظه  $t = 3ms$  چند ژول است؟



- (۱) ۷۵

- (۲) ۳۰

- (۳) ۵۰

- (۴) ۱۰۰

۲۰- در تولید یک جریان متناوب هنگامی که شار مغناطیسی گذرنده از یک پیچه برابر  $2Wb$  است، اندازه جریان الکتریکی القایی آن  $3\sqrt{2}A$  و هنگامی که شار  $2\sqrt{2}Wb$  است، اندازه جریان الکتریکی القایی در آن  $3A$  می شود. اندازه حداکثر جریان القایی چند آمپر است؟

- (۱) ۵ (۲)  $3\sqrt{3}$  (۳)  $4\sqrt{3}$  (۴) ۶

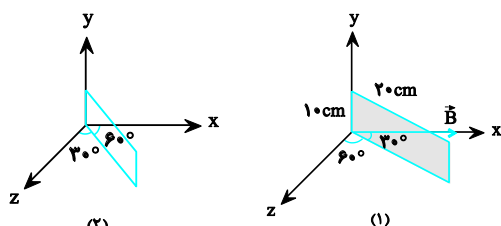


## پاسخ آزمون دوم

-۱

گزینه ۲

مطابق شکل، در ابتدا زاویه بین صفحه و میدان  $30^\circ$  است بنابراین  $\theta_1 = 60^\circ$  خواهد بود و طبق داده مسئله زاویه صفحه و محور Z ها به  $30^\circ$  می رسد در این صورت زاویه بین صفحه میدان  $60^\circ$  و در نتیجه  $\theta_2 = 30^\circ$  خواهد شد. برای یافتن  $\Delta\Phi$ ، A را بر حسب  $m^2$  می یابیم.



$$A = 0.1 \times 0.2 = 0.02 m^2 = 2 \times 10^{-2} m^2$$

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = BA(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$$

$$\xrightarrow{\theta_2=30^\circ, \theta_1=60^\circ} \Delta\Phi = BA(\cos 30^\circ - \cos 60^\circ)$$

$$= BA\left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{2}\right) = BA\left(\frac{1}{2} - 0.5\right) = 0.35BA$$

$$\xrightarrow{B=2 \times 10^{-2} T, A=2 \times 10^{-2} m^2}$$

$$\Delta\Phi = 0.35 \times 4 \times 10^{-4} = 1.4 \times 10^{-4} Wb$$

-۲

گزینه ۳

قدر مطلق شیب خط در بازه زمانی 1s و 3s برابر بزرگی نیروی محرکه القایی در لحظه  $t = 3s$  است (نمودار  $\Phi - t$  در این مدت برای این حلقه یک خط راست با شیب ثابت است).

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=1} \varepsilon = -\left(\frac{-2}{2}\right) \Rightarrow \varepsilon = 1V$$

-۳

گزینه ۲

در این جا جریان القایی به دلیل تغییر میدان مغناطیسی ایجاد شده لذا داریم:

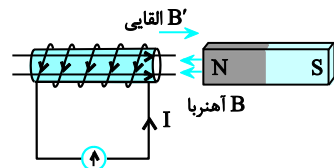
$$\begin{aligned} |\varepsilon| &= \left| \frac{-N\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \left| -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \\ \Rightarrow RI &= \left| -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{RI}{NA} \\ &= \frac{10 \times 10^{-3}}{500 \times 25 \times 10^{-4}} = 8 \times 10^{-3} \frac{T}{s} = 8 \frac{mT}{s} \end{aligned}$$



-۴

گزینه ۱

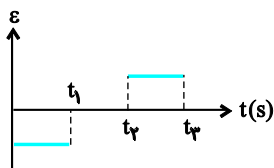
در ابتدا با توجه به قاعده دست راست جهت میدان مغناطیسی در سیم پیچ را تعیین می‌کنیم، هم‌چنین جهت میدان مغناطیسی آهن‌ربا را نیز که از سیم پیچ می‌گذرد تعیین می‌کنیم. با توجه به شکل می‌بینیم که جهت میدان مغناطیسی آهن‌ربا ( $\vec{B}$ ) با جهت میدان مغناطیسی القایی در سیم پیچ ( $\vec{B'}$ ) مخالف یکدیگرند و این بدین معنی است که شار گذرنده از سیم پیچ در حال افزایش بوده و آهن‌ربا و سیم پیچ به هم نزدیک می‌شوند. دقت کنید که در تمامی گزینه‌های ۲، ۳ و ۴ آهن‌ربا و سیم‌پیچ از هم دور می‌شوند.



-۵

گزینه ۲

حرکت حلقه و وضعیت  $\varepsilon$  را در ۳ مرحله یا ۳ بازه زمانی بررسی می‌کنیم:  
مرحله اول ( $0, t_1$ ): از لحظه ورود حلقه تا استقرار کامل آن در میدان، شار مغناطیسی عبوری از حلقه با آهنگ ثابتی در حال افزایش است (چون سرعت حرکت حلقه ثابت است) بنابراین طبق رابطه  $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ، نیروی محرکه ( $\varepsilon$ ) عددی ثابت و منفی خواهد بود و نمودار آن خطی افقی زیر محور افقی (محور زمان) است.  
مرحله دوم ( $t_1, t_2$ ): در تمام مدتی که تمام سطح حلقه در داخل میدان قرار دارد، شار گذرنده از آن ثابت است و نیروی محرکه القا نخواهد شد. ( $\varepsilon = 0$ )  
مرحله سوم ( $t_2, t_3$ ): در طی خروج حلقه از میدان، شار مغناطیسی عبوری از آن با آهنگ ثابت  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  در حال کاهش است، بنابراین طبق رابطه  $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ، نیروی محرکه القایی مقداری ثابت و مثبت خواهد بود و نمودار آن به صورت خط افقی در بالای محور زمان است.



-۶

گزینه ۱

طبق قانون لنز چون بزرگی میدان مغناطیسی درون سوی عبوری از حلقه در حال افزایش است، جهت جریان القایی در حلقه پادساعت گرد می‌باشد تا با این افزایش مخالفت کند، بنابراین جهت جریان القایی از A به B است.

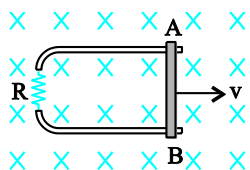
$$|\bar{\varepsilon}| = \left| N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \xrightarrow{N=1, t_1=0, t_2=2s} |\bar{\varepsilon}| = \left| \frac{(5 \times 4 + 6 \times 2) - 0}{2 - 0} \right| \times 10^{-3} = 16 \times 10^{-3} \text{ V} = 16 \text{ mV}$$



-۷

گزینه ۱

تعیین سوی جریان در میله: برای تعیین جهت I از قاعده دست راست استفاده می کنیم. اگر چهار انگشت باز شده دست راست را در جهت حرکت میله (v) قرار دهیم به طوری که میدان B از کف دست ما خارج شود، انگشت شست جهت جریان را از B به A نشان خواهد داد.



بررسی تغییرات جریان: چون سرعت حرکت میله ثابت است، بنابراین آهنگ تغییر مساحت ایجاد شده در پشت میله  $(\frac{\Delta A}{\Delta t})$  و در نتیجه آن، آهنگ تغییر شار مغناطیسی  $(\frac{\Delta \Phi}{\Delta t})$  ثابت خواهد بود. بنابراین  $\mathcal{E}$  و جریان حاصل از آن نیز ثابت خواهد بود.

-۸

گزینه ۳

$$\begin{aligned}
 \text{طول سیم: } L_1 = L_2 &\longrightarrow N_1 \times 2\pi r_1 = N_2 \times 2\pi r_2 \\
 \xrightarrow{N_2=2N_1} \cancel{N_1} \times 2\pi r_1 &= 2\cancel{N_1} \times 2\pi r_2 \longrightarrow r_1 = 2r_2 \\
 \frac{L_2}{L_1} &= \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{\ell_1}{\ell_2} \xrightarrow[r_1=2r_2, \ell_1=\ell_2]{N_2=2N_1} \\
 \frac{L_2}{L_1} &= 2^2 \times \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 1 = 1
 \end{aligned}$$

-۹

گزینه ۳

در ابتدا معادله شدت جریان را تعیین و پس از آن با قرار دادن زمان داده شده، مقدار جریان را در آن لحظه محاسبه می کنیم. قبل از هر چیز دوره گردش T را محاسبه می کنیم.

$$\begin{aligned}
 &\begin{cases} V = 100\sqrt{2}\sin 100\pi t \\ V = V_m \sin \frac{2\pi}{T} t \end{cases} \\
 &\Rightarrow \begin{cases} \frac{2\pi}{T} = 100\pi \Rightarrow T = 0.02 \text{ s} \\ V_m = 100\sqrt{2} \text{ V} \end{cases} \\
 I &= \frac{V}{R} \xrightarrow[R=50\Omega]{V=100\sqrt{2}\sin \frac{2\pi}{T} t} I = \frac{100\sqrt{2}}{50} \sin 100\pi t \\
 t &= \frac{T}{12} \xrightarrow[T=0.02\text{s}]{t=\frac{T}{12}} I = 2\sqrt{2} \sin \left(100\pi \times \frac{0.02}{12}\right) = \sqrt{2} \text{ A}
 \end{aligned}$$



-۱۰

گزینه ۲

جریان از رابطه  $I = \frac{V}{R}$  به دست می آید بنابراین ابتدا  $V_2$  را می یابیم، در مبدل ها داریم:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad V_1=50V, N_2=20, N_1=25 \rightarrow$$

$$\frac{V_2}{50} = \frac{20}{25} \Rightarrow V_2 = 40V$$

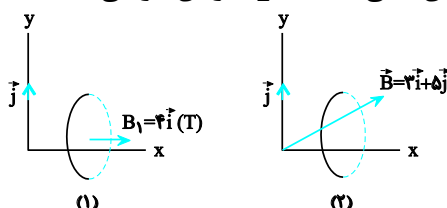
بنابراین داریم:

$$I = \frac{V_2}{R_2} = \frac{40}{20} = 2A$$

-۱۱

گزینه ۴

در این مسئله، مطابق شکل (۱) حلقه ای عمود بر محور  $x$  قرار دارد و میدان افقی  $\vec{B}_1 = 4\vec{i} (T)$  بر آن اثر می کند.



و در شکل (۲) همان حلقه در معرض میدان  $\vec{B}_2 = 3\vec{i} + 5\vec{j}$  قرار گرفته است (و میدان مغناطیسی از  $\vec{B}_1$  به  $\vec{B}_2$  تغییر کرده است)، حال می خواهیم  $\Delta\Phi$  را بیابیم. برای این کار ابتدا  $\Phi_1$  و  $\Phi_2$  و سپس  $\Delta\Phi$  را حساب می کنیم. محاسبه  $\Phi_1$ : مطابق شکل (۱) میدان مغناطیسی  $\vec{B}_1$  بر سطح حلقه عمود است و شار مغناطیسی عبوری از حلقه بیشینه و برابر است با:

$$\Phi_1 = B_1 A = 4 \times 2 \times 10^{-2} = 8 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

محاسبه  $\Phi_2$ : در این حالت  $\vec{B}_2$  دارای مؤلفه های افقی ( $\vec{B}_{2x}$ ) و عمودی ( $\vec{B}_{2y}$ ) است. اما می دانیم که تنها مؤلفه عمود بر سطح (در اینجا  $\vec{B}_{2x}$ ) باعث عبور شار مغناطیسی از حلقه می شود و شار عبوری حاصل از  $B_{2y}$  صفر است، بنابراین داریم:

$$\Phi_2 = B_{2x} A = 3 \times 2 \times 10^{-2} = 6 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

محاسبه  $\Delta\Phi$ :

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 6 \times 10^{-2} - 8 \times 10^{-2} = -2 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

روش دوم: می توانیم  $\Delta\vec{B}$  را حساب کرده و مستقیماً در رابطه شار مغناطیسی قرار دهیم، به این صورت:

$$\Delta\vec{B} = \vec{B}_2 - \vec{B}_1 = (3\vec{i} + 5\vec{j}) - 4\vec{i} = -\vec{i} + 5\vec{j}$$

در اینجا نیز صرفاً مؤلفه عمود بر سطح در عبور شار نقش دارد و داریم:

$$\Delta\Phi = \Delta B_x A = -1 \times 2 \times 10^{-2} = -2 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

-۱۲

گزینه ۳

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|, \quad \Delta\Phi = B_2 A \cos\theta_2 - B_1 A \cos\theta_1$$

$$\xrightarrow{\theta_1=\theta_2=0, B_2=nB, B_1=B} \Delta\Phi = (n-1)BA$$

$$\xrightarrow{A=\frac{\pi D^2}{4}} \Delta\Phi = \frac{\pi(n-1)BD^2}{4}$$

$$N = \frac{L}{\pi D} \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = \frac{L}{\pi D} \times \frac{\pi(n-1)BD^2}{4t} \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = \frac{(n-1)BDL}{4t}$$

-۱۳

گزینه ۳

نیروی محرکه از رابطه  $\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  به دست می آید.  
در حالت اول  $\Phi_1 = B_1 A \cos\theta$  است و در حالت دوم چون جهت میدان قرینه می شود  $\Phi_2 = -B_2 A \cos\theta$  خواهد بود.  
بنابراین داریم:

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -A \cos\theta_1 (B_2 + B_1)$$

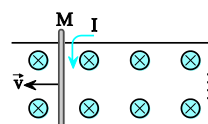
$$\xrightarrow{\theta_1=90^\circ-30^\circ=60^\circ, B_1=0.5T, B_2=0.75T, A=200\text{cm}^2=2\times 10^{-2}\text{m}^2} \Delta\Phi = -2\times 10^{-2} \times \cos 60^\circ (0.75+0.5) = -1.25\times 10^{-2}\text{Wb}$$

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=80, \Delta t=0.2s} \bar{\varepsilon} = \frac{-80 \times (-1.25 \times 10^{-2})}{0.2} = 5\text{V}$$

-۱۴

گزینه ۳

تعیین جهت جریان القایی: با حرکت میله به طرف چپ، شار گذرنده از قاب در حال افزایش است. بنابراین سوی جریان القایی از M به N برقرار خواهد شد تا با ایجاد میدانی برون سو از افزایش شار جلوگیری کند. برای تعیین v داریم:



$$\varepsilon = BLv \xrightarrow{L=0.2\text{m}, B=0.5T, \varepsilon=RI=0.4\times 0.5=0.2\text{V}} 0.2 = v \times 0.5 \times 0.2 \Rightarrow v = 2\text{m/s}$$

-۱۵

گزینه ۳

با توجه به شکل چون ابتدا و انتهای دو سر رئوس با یک سیم به یکدیگر وصل شده اند، پس رئوس همانند دو مقاومت موازی عمل می کند که با حرکت لغزنده از طرف نقطه M تا وسط رئوس مقاومت معادل آن افزایش پیدا می کند، لذا جریان عبوری از مدار کاهش و به تبع آن شار عبوری از حلقه داخلی نیز کاهش پیدا می کند. پس در حالت اول جهت جریان القایی پادساعتگرد و بعد از عبور از نقطه وسط تا نزدیکی نقطه N مقاومت معادل مدار کاهش لذا جریان افزایش و شار عبوری از حلقه افزایش می یابد و در نتیجه جریان القایی داخلی حلقه در این حالت ساعتگرد می باشد.

-۱۶

گزینه ۲

طبق رابطه  $L = k\mu_0 \frac{N^2 A}{l}$  با نصف شدن طول سیملوله، تعداد حلقه‌ها نیز نصف می‌شود و ضریب القاوری آن نصف و مقاومت الکتریکی آن نیز نصف می‌گردد. با نصف شدن مقاومت الکتریکی بنابه رابطه  $I = \frac{V}{R}$ ، جریان الکتریکی عبوری از مدار دو برابر می‌گردد. از رابطه انرژی الکترومغناطیسی ذخیره شده در سیملوله خواهیم داشت:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \left(\frac{I_2}{I_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U} = \frac{1}{2} \times 2^2 \\ \Rightarrow \frac{U_2}{U} = 2$$

-۱۷

گزینه ۱

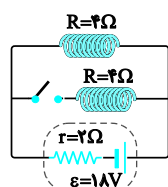
با توجه به رابطه انرژی ذخیره شده در القاگر داریم:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \Rightarrow \frac{U}{I^2} = \frac{1}{2} L \Rightarrow 1 = \frac{1}{2} L \Rightarrow L = 2 \text{ mH} \\ \Delta U = \frac{1}{2} L (I_2^2 - I_1^2) = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-3} \times (3^2 - 1^2) \\ \Rightarrow \Delta U = 8 \times 10^{-3} \text{ J} \Rightarrow \Delta U = 8 \text{ mJ}$$

-۱۸

گزینه ۱

قبل از بستن کلید فقط از یک سیملوله جریان عبور می‌کند و داریم:



$$U_1 = \frac{1}{2} LI_1^2 \quad (1) \\ I_1 = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{18}{4 + 2} = 3 \text{ A}$$

بعد از بستن کلید دو سیملوله موازی حامل جریان داریم و انرژی کل برابر مجموع انرژی‌های دو سیملوله است. از آنجا که دو مقاومت مساوی‌اند جریان‌ها نیز یکسان خواهد شد و اگر جریان در هر شاخه را  $I'$  بگیریم، داریم:

$$U_2 = U_1 + U_2' = \frac{1}{2} LI_1^2 + \frac{1}{2} LI'^2 = LI'^2 \quad (2)$$

و برای محاسبه جریان هر سیملوله در حالت دوم ( $I'$ ) داریم:

$$R_{eq} = \frac{4}{2} = 2 \Omega \\ I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{18}{2 + 2} = \frac{9}{2} \text{ A}$$

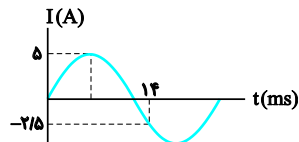
و چون مقاومت‌ها مساوی‌اند، جریان کل به مقدار مساوی در دو شاخه برقرار می‌شود:

$$I_1' = I_2' = \frac{I}{2} = \frac{9}{4} \text{ A}$$

حال از دو رابطه (۱) و (۲) داریم:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{1}{2} LI_1^2}{LI'^2} = \frac{1}{2} \left(\frac{I_1}{I'}\right)^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{3}{\frac{9}{4}}\right)^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{12}{9}\right)^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{4}{3}\right)^2 = \frac{8}{9}$$





گزینه ۱

ابتدا معادله جریان و سپس جریان در  $t = 3\text{ms}$  را حساب می‌کنیم.  
معادله کلی جریان از رابطه  $I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$  به دست می‌آید. با توجه به نمودار داریم:

$$I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow \sin \frac{2\pi}{T} = \frac{I}{I_m} \xrightarrow{I_m=5\text{A}, t=14\text{s}, I=-2/5\text{A}}$$

$$\sin \frac{2\pi \times 14}{T} = \frac{-2/5}{5} = -\frac{1}{2} = \sin \frac{7\pi}{6}$$

$$\Rightarrow \frac{28\pi}{T} = \frac{7\pi}{6} \Rightarrow T = 24\text{ms}$$

$$I = 5 \sin \frac{2\pi}{24} t = 5 \sin \frac{\pi}{12} t \quad \text{بنابراین داریم:}$$

حال  $t = 3\text{ms}$  را جایگزین می‌کنیم و داریم:

$$I = 5 \sin \frac{\pi}{12} \times 3 = 5 \sin \frac{\pi}{4} = 5 \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ A}$$

$$U = \frac{1}{2} L I^2 \xrightarrow{I = \frac{5\sqrt{2}}{2} \text{ A}, L=12\text{H}} \quad \text{در نهایت داریم:}$$

$$U = \frac{1}{2} \times 12 \times \left(\frac{5\sqrt{2}}{2}\right)^2 = 6 \times \frac{25}{2} = 75 \text{ J}$$

گزینه ۲

در جریان متناوب اگر  $\Phi$  معرف شار مغناطیسی و  $I$  جریان لحظه‌ای،  $\Phi_m$  و  $I_m$  به ترتیب شار و جریان بیشینه باشد، ابتدا ثابت می‌کنیم:

$$\left(\frac{I}{I_m}\right)^2 + \left(\frac{\Phi}{\Phi_m}\right)^2 = 1$$

اثبات: اگر  $\theta = \frac{2\pi}{T} t$  باشد، معادلات جریان و شار عبوری از رابطه‌های زیر به دست می‌آید:

$$I = I_m \sin \theta \Rightarrow \sin \theta = \frac{I}{I_m} \quad (1)$$

$$\Phi = \Phi_m \cos \theta \Rightarrow \cos \theta = \frac{\Phi}{\Phi_m} \quad (2)$$

اگر طرفین دو رابطه (۱) و (۲) را به توان دو برسانیم و با هم جمع کنیم خواهیم داشت:

$$\left(\frac{I}{I_m}\right)^2 + \left(\frac{\Phi}{\Phi_m}\right)^2 = \sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$$

$$\left(\frac{I}{I_m}\right)^2 + \left(\frac{\Phi}{\Phi_m}\right)^2 = 1$$

حال با توجه به داده‌های سؤال، دستگاه زیر را تشکیل می‌دهیم:

$$\begin{cases} \left(\frac{3\sqrt{2}}{I_m}\right)^2 + \left(\frac{2}{\Phi_m}\right)^2 = 1 \\ \left(\frac{3}{I_m}\right)^2 + \left(\frac{2\sqrt{2}}{\Phi_m}\right)^2 = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{18}{I_m^2} + \frac{4}{\Phi_m^2} = 1 \\ \frac{9}{I_m^2} + \frac{8}{\Phi_m^2} = 1 \end{cases}$$

$$I_m = 3\sqrt{3} \text{ A}$$

با حل دستگاه بالا داریم: