



پاسخنامه سوالات فصل سه، یازدهم

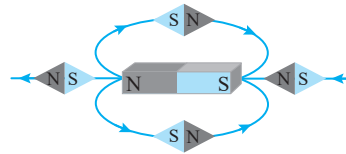
۹۴۶ ۲

پله اول خطوط میدان مغناطیسی از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند، بنابراین قطب A، قطب N و قطب B قطب S است.

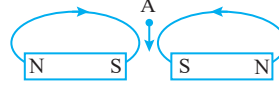
پله دوم با توجه به قطب‌های عقربه‌های مغناطیسی، عقربه شماره ۱ به طور صحیح قرار گرفته است.

۹۴۷ ۱

با توجه به جهت قرارگیری عقربه مغناطیسی، x و y، قطب‌های S و N هستند. پس وضعیت قرارگیری عقربه در نقاط A، B و C به صورت زیر است:

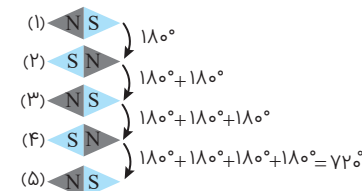
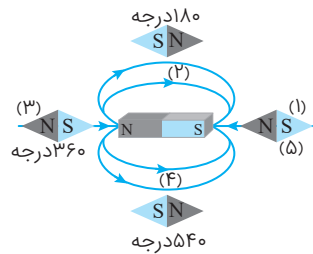


۹۴۸ ۱



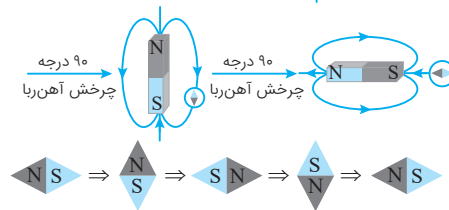
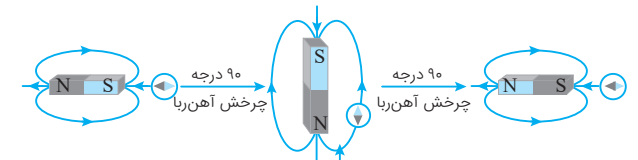
۹۴۹ ۴

با توجه به شکل زیر، عقربه با یک دور چرخیدن بر روی دایره، از وضعیت (۱) تا (۵) رفته و ۷۲ درجه می‌چرخد.



نکته

به عنوان یک سؤال محتمل دیگر، در این تست اگر آهن‌ریا ۳۶ درجه می‌چرخد و محل عقربه ثابت بود، آن‌گاه در عقربه ۳۶ درجه چرخش مشاهده می‌شد.



۹۵۰ ۴ چون دو قطب مماس بر صفحه کاغذ، قطب همنام هستند؛ بنابراین خطوط تشکیل شده همان خطوط میدان مغناطیسی می‌باشند که به هم برخورد نمی‌کنند و چون باید یکدیگر را دفع کنند، گزینه صحیح «۴» است.

۹۵۱ ۲ منشأ خاصیت مغناطیسی مواد، چرخش همزمان الکترون به دور هسته و به دور خودش است.

۹۵۲ ۳ مواد پارامغناطیس در حضور میدان مغناطیسی قوی، خاصیت ضعیف و موقت پیدا خواهند کرد.

۹۵۳ ۲ با قرار گرفتن ماده فرومغناطیسی در یک میدان مغناطیسی خارجی قوی، تمام حوزه‌های آن با هم هم جهت می‌شوند. در شکل «الف» حوزه‌ها هم جهت نیستند، بنابراین میدان مغناطیسی خارجی صفر است و در شکل «ب» حوزه‌ها کمتر هم جهت شده‌اند؛ بنابراین میدان مغناطیسی ضعیف است و در شکل «پ» تمام آن‌ها هم جهت شده‌اند؛ بنابراین میدان مغناطیسی خارجی بسیار قوی است.

۹۵۴ ۳ با قرار گرفتن ماده فرومغناطیس در یک میدان مغناطیسی خارجی قوی، تمام حوزه‌های آن هم جهت می‌شوند.

۹۵۵ ۴ در شکل گزینه «۴»، ابعاد حوزه‌های مغناطیسی برابر و سمت‌گیری دوقطبی‌ها به گونه‌ای است که اثر همدیگر را خنثی می‌کند و بنابراین کمترین میزان خاصیت مغناطیسی برای جسم ایجاد می‌شود. در سایر گزینه‌ها یا ابعاد حوزه‌ها یکسان نیست و یا جهت‌گیری دوقطبی‌ها به گونه‌ای است که اثر یکدیگر را خنثی نمی‌کند، بنابراین خاصیت مغناطیسی هر یک از گزینه‌های «۱»، «۲» و «۳» از گزینه «۴» بیشتر است.

۹۵۶ ۳ وجود حوزه‌های مغناطیسی مختص مواد فرومغناطیس است. حالا اگر حوزه‌ها راحت تغییر جهت بدهند و راحت به حالت اول خود باز گردند، فرومغناطیس نرم است و اگر سخت تغییر کنند و سخت هم برگردند، فرومغناطیس سخت است.

۹۵۷ ۳ اتم‌های مواد دیا مغناطیسی به صورت ذاتی خاصیت مغناطیسی ندارند، اما اگر در حضور یک میدان مغناطیسی خارجی قرار بگیرند دو قطبی‌هایی در خلاف جهت میدان خارجی ایجاد می‌کنند.

۹۵۸ ۱ اتم‌های مواد دیا مغناطیس نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت، به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی اند. به عبارتی دیگر هیچ‌یک از اتم‌های این مواد دارای دوقطبی مغناطیسی خالصی نیستند. با این وجود، حضور میدان مغناطیسی خارجی می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف جهت میدان خارجی در مواد دیا مغناطیسی شود.

توجه پلاتین که در گزینه «۳» به آن اشاره شده، جزء مواد دیا مغناطیس نبوده بلکه ماده‌ای پارامغناطیس است.

۹۵۹ ۴ از نظر خاصیت مغناطیسی مواد داده شده:

- مس: دیا مغناطیس
- اورانیوم: پارامغناطیس
- نقره: دیا مغناطیس
- پلاتین: پارامغناطیس
- بیسموت: دیا مغناطیس



$$B_1 - B_2 = 3^\circ$$

$$B_1 + B_2 = 12^\circ$$

$$\left. \begin{aligned} 2B_1 = 15^\circ \Rightarrow B_1 = 7.5G \\ 7.5 - B_2 = 3^\circ \Rightarrow B_2 = 4.5G \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{B_1}{B_2} = \frac{7.5}{4.5} = \frac{5}{3}$$

اگر $B_2 > B_1$ باشد:

$$(B_2 - B_1 = 3^\circ G), (B_1 + B_2 = 12^\circ G) \Rightarrow B_1 = ?, B_2 = ?$$

$$B_2 - B_1 = 12^\circ$$

$$2B_2 = 15^\circ \Rightarrow B_2 = 7.5G$$

$$B_2 + B_1 = 3^\circ$$

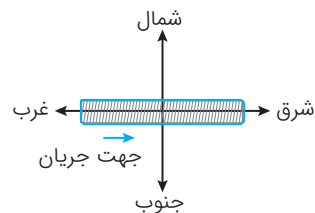
$$7.5 - B_1 = 3^\circ \Rightarrow B_1 = 4.5G$$

$$\left. \begin{aligned} 2B_2 = 15^\circ \Rightarrow B_2 = 7.5G \\ 7.5 - B_1 = 3^\circ \Rightarrow B_1 = 4.5G \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{B_1}{B_2} = \frac{4.5}{7.5} = \frac{3}{5}$$

۹۶۰

پله اول برای تعیین جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم راست حامل جریان، سیم را با دست راست به گونه‌ای می‌گیریم که انگشت شست در جهت جریان قرار گیرد. در نتیجه جهت بسته شدن چهار انگشت دیگر، جهت خطوط میدان را نشان خواهد داد.

پله دوم در این سؤال، با به‌کارگیری قاعده دست راست، اگر جهت جریان از شرق به غرب باشد، جهت میدان در زیر سیم به سمت جنوب خواهد بود.



۹۶۱

برای آنکه برآیند میدان‌ها در نقطه A صفر باشد، باید میدان‌ها خلاف جهت و هم‌اندازه باشند. با توجه به قاعده دست راست، میدان سیم (۱) در نقطه A درون سیم است؛ بنابراین میدان سیم (۲) باید برون سیم باشد. این زمانی اعمال می‌شود که جهت جریان سیم (۲) هم جهت با سیم (۱) باشد. هم‌چنین میدان مغناطیسی، در نزدیکی سیم با جریان کمتر صفر خواهد شد.

۹۶۲

به کمک قاعده دست راست میدان‌های مغناطیسی هر کدام از سیم‌های حامل جریان را تعیین می‌کنیم و با توجه به جمع برداری میدان مغناطیسی خالص را تعیین می‌کنیم. میدان مغناطیسی سیم بسیار بلند با نزدیک شدن به سیم، افزایش و با دور شدن از آن کاهش می‌یابد. هم‌چنین هر سیم در روی خود میدان مغناطیسی‌ای ایجاد نمی‌کند. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، جهت میدان مغناطیسی خالص، سه بار تغییر می‌کند. پس پاسخ سؤال $3 \times 18^\circ = 54^\circ$ است.



۹۶۳

پله اول با فرض بر اینکه جریان‌های عبوری هر ۲ سیم هسمو باشند، میدان مغناطیسی حاصل از آن‌ها در M، مخالف جهت یکدیگر خواهد بود و بزرگی برآیند آن برابر است با:

$$|B_1 - B_2| = 3^\circ G \quad (1)$$

پله دوم با فرض دوم یعنی اینکه جریان‌های عبوری سیم‌ها هاهمسو باشد، میدان مغناطیسی حاصل در نقطه M، هم جهت بوده و بزرگی برآیند آن برابر است با:

$$B_1 + B_2 = 12^\circ G \quad (2)$$

پله سوم از روابط (۱) و (۲) استفاده می‌کنیم، مقادیر B_1 و B_2 را در ابتدا در هر شرایط به دست می‌آوریم و سپس نسبت آن‌ها را محاسبه می‌نماییم:

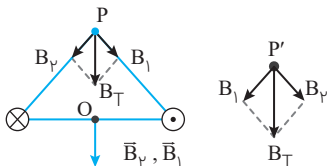
اگر $B_1 > B_2$ باشد:

$$(B_1 - B_2 = 3^\circ G), (B_1 + B_2 = 12^\circ G)$$

$$\Rightarrow B_1 = ?, B_2 = ?$$

۹۶۴

با توجه به شکل روبه‌رو، بزرگی میدان ناشی از دو سیم در نقطه O بیشتر از سایر نقاط روی پاره خط PP' است. بنابراین از نقطه P تا P' بزرگی میدان ناشی از دو سیم ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

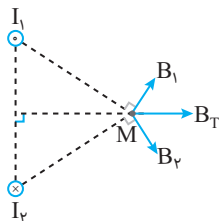


۹۶۵

طبق قاعده دست راست، جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم I_1 روبه بالا است و جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم I_2 روبه پایین است و به دلیل نزدیک‌تر بودن سیم I_1 به نقطه m، شدت میدان به وجود آمده از آن قوی‌تر است.

۹۶۶

طبق آزمایش اورستد در اطراف هر سیم حامل جریان میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. اما توجه کنید بردار میدان مغناطیسی، مماس بر خطوط میدان مغناطیسی است. با استفاده از قانون دست راست، جهت بردار میدان مغناطیسی حاصل از جریان I_1 و I_2 را به دست می‌آوریم و در نهایت جهت بردار برآیند میدان مغناطیسی به دست خواهد آمد.



۹۶۷

الف: درست است.

ب: درست است.

پ: نادرست است. زیرا طبق متن کتاب درسی، روی محور حلقه، میدان مغناطیسی موازی محور است.

ت: نادرست است. زیرا خطوط میدان مغناطیسی داخل حلقه به یکدیگر نزدیک‌ترند.

۹۶۸

پله اول به دلیل اینکه خطوط میدان مغناطیسی درون حلقه فشرده‌تر است اندازه B_1 از B_2 بیش‌تر خواهد بود. ($B_1 > B_2$)

پله دوم با توجه قانون دست راست جهت جریان در حلقه به صورت ساعتگرد خواهد بود.



۲ ۹۷۵

پله اول یکی از رابطه‌های پرکاربرد محاسبه میدان مغناطیسی $B = \mu_0 \frac{I}{d}$ است که d قطر مقطع سیم روکش دار است.

پله دوم چون قطر مقطع سیم و شدت جریان در هر دو لایه سیمولوله یکسان است، می‌توان نوشت:

$$B_1 = B_2 = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{2/5}{1 \times 10^{-3}} = \pi \times 10^{-3} \text{ T}$$

پله سوم چون جریان‌ها در دو لایه همسو هستند، اندازه میدان مغناطیسی یکنواخت حاصل در داخل سیمولوله برابر است با:

$$B = B_1 + B_2 = 2\pi \times 10^{-3} \text{ T}$$

۲ ۹۷۶

پله اول می‌دانیم میدان مغناطیسی سیمولوله‌ای که حلقه‌های آن کاملاً بهم چسبیده‌اند، از رابطه زیر به دست می‌آید (r شعاع مقطع سیم سازنده می‌باشد):

$$B = \mu_0 \frac{I}{2r}$$

پله دوم همچنین رابطه اختلاف پتانسیل با مقاومت و جریان به این شکل بود: $V = RI$

پله سوم از فرمول مقاومت الکتریکی بر حسب طول و سطح مقطع و مقاومت ویژه نیز باید کمک بگیریم:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

پله چهارم از ترکیب روابط فوق می‌توان نوشت:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{\rho \frac{L}{A}} = \frac{VA}{\rho L} \xrightarrow{A = \pi r^2} I = \frac{V\pi r^2}{\rho L}$$

پله پنجم مقدار I را در رابطه میدان مغناطیسی جایگذاری می‌کنیم:

$$B = \mu_0 \frac{V\pi r^2}{2\rho Lr} \Rightarrow r = \frac{2B\rho L}{\mu_0 V\pi}$$

پله ششم مقادیر داده شده در صورت سؤال را جایگذاری می‌کنیم:

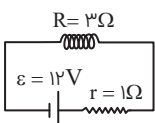
$$r = \frac{2 \times 0.4 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-8}}{4 \times 10^{-7} \times 2 \times 10^{-2} \times \pi} = \frac{0.4 \times 10^{-3} \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-8}}{10^{-7} \times 2 \times 10^{-2} \times \pi} = 6.4 \times 10^{-4} \text{ m} = 6.4 \times 10^{-2} \text{ dm}$$

۲ ۹۷۷

پله اول ابتدا تعداد حلقه‌های ساخته شده توسط سیم را به دست می‌آوریم:

$$N = \frac{L}{2\pi r} = \frac{72}{2 \times 3 \times 0.02} = 600 \text{ دور}$$

پله دوم حال جریان را محاسبه می‌کنیم:



$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} = \frac{12}{3+1} = \frac{12}{4} = 3 \text{ A}$$

پله سوم در نهایت خواهیم داشت:

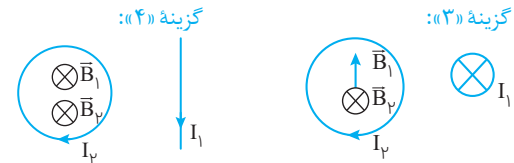
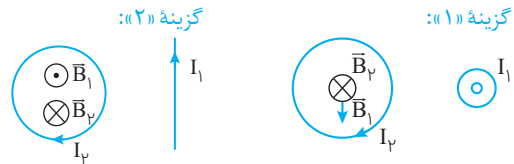
$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 600 \times 3}{0.6} = 3.6 \times 10^{-3} \text{ T} = 3.6 \text{ mT}$$

۱ ۹۷۸

۲ ۹۶۹

پله اول وقتی اندازه میدان مغناطیسی برابند به حداقل خود می‌رسد که میدان ناشی از سیم (B_1) و میدان ناشی از حلقه (B_2)، هم‌راستا ولی در خلاف جهت یکدیگر باشند.

پله دوم بررسی تک‌تک گزینه‌ها (به کمک قاعده دست راست)



مشاهده می‌شود که تنها در گزینه «۲»، وضعیتی که سیم حامل جریان و حلقه حامل جریان نسبت به هم دارند، میدان مغناطیسی آن‌ها هم‌راستا ولی در خلاف جهت یکدیگر است.

۳ ۹۷۰

بزرگی میدان مغناطیسی در داخل سیمولوله از رابطه $B = \mu_0 \frac{NI}{L}$ به دست می‌آید که با شدت جریان الکتریکی متناسب است.

۱ ۹۷۱

به کمک رابطه میدان مغناطیسی در مرکز حلقه، یکی از ابوابی مغناطیسی خلأ را می‌یابیم:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R} \rightarrow [T] = \frac{\mu_0 \times [A]}{[m]} \rightarrow [m] \times [T] = \mu_0 \times [A] \rightarrow \mu_0 = \frac{[m] \cdot [T]}{[A]}$$

۳ ۹۷۲

بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز سیمولوله از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 2 \times 0.05}{0.2} = 2\pi \times 10^{-3} \text{ T} = 2 \cdot \pi \text{ G}$$

۲ ۹۷۳

به صورت زیر خواهیم داشت:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \rightarrow 12 \times 10^{-3} = \frac{12 \times 10^{-7} \times N \times 2}{10^{-2}} \rightarrow N = 50$$

۳ ۹۷۴

پله اول ابتدا به کمک رابطه محاسبه میدان مغناطیسی حاصل از سیمولوله حامل جریان، تعداد دور (حلقه‌های) سیمولوله را محاسبه می‌کنیم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} \quad B = 0.4 \text{ T}, \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$$

$$N = ?, I = 12 \text{ A}, \ell = 1.8 \text{ m} = 1.8 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$0.4 = \frac{12 \times 4\pi \times 10^{-7} \times N \times 1.2}{1.8 \times 10^{-2}} \Rightarrow N = 500 \text{ حلقه}$$

پله دوم طول سیمی که سیمولوله از آن ساخته شده است (ℓ) برابر است با:

$$\ell = 2\pi R \times N$$

$$\ell = N(P) = 500 \times (2 \times 3/14 \times (8 \times 10^{-2})) = 500 \times (6/28 \times 8 \times 10^{-2})$$

تعداد حلقه‌ها

$$\ell = 2512 \text{ m}$$



۹۸۲ ۱

با توجه به تساوی بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه و بزرگی میدان مغناطیسی در داخل سیمولوله می توان نوشت:

سیمولوله I = پیچه I، سیمولوله N = پیچه N: (اطلاعات سوال)

$$B_{\text{پیچه}} = \mu_0 \frac{NI}{2R} \quad (1)$$

$$B_{\text{سیمولوله}} = \mu_0 \frac{NI}{L} \quad (2)$$

$$B_{\text{پیچه}} = B_{\text{سیمولوله}} \Rightarrow \frac{1}{L} = \frac{1}{\frac{2R}{D}} \Rightarrow D=L$$

۹۸۳ ۴

مطابق سازگاری یکاها در روابط فیزیکی و با استفاده از رابطه $F = BIL \sin \alpha$ ، می توان یکای میدان مغناطیسی را نیز به دست آورد.

$$F = BIL \sin \alpha \rightarrow B = \frac{N}{m \cdot A} = \frac{\text{نیوتون}}{\text{متر} \times \text{آمپر}}$$

حرفه ای باش

حتی اگر رابطه $F = BIL \sin \alpha$ را به یاد نیاوردید و بجای آن فرض کنید $F = qVB \sin \alpha$ ، داریم: یعنی $B = \frac{F}{V \cdot q}$ ؛ پس با برد گزینه ۱ و ۲ [به دلیل عدم وجود m در مخرج] و ۳ [نبود s در صورت]، می توان گزینه ۴ را انتخاب کرد.

۹۸۴ ۱

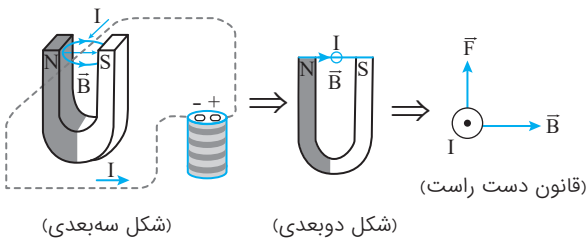
با توجه به شکل داده شده، اگر مسیر جریان را به سمت خارج از صفحه (برون سو) بگیریم، به کمک قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر سیم به سمت بالا می باشد.

I: جهت چهار انگشت دست راست

B: جهت خم شدن انگشتان دست راست

F: جهت انگشت شست دست راست

دقت: گزینه های «۳» و «۴» قطعاً نادرست می باشد.

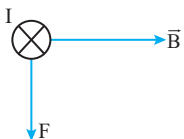


(شکل سه بعدی)

(شکل دوبعدی)

۹۸۵ ۱

پله اول با توجه به قاعده دست راست جهت جریان (۱) است.



پله دوم همواره جریان از پایانه مثبت خارج می شود و به پایانه منفی وارد می گردد. بنابراین قطب A، منفی و قطب B مثبت است.

پله اول به کمک قانون دست راست، چون جهت میدان مغناطیسی درون سیمولوله (B) رو به راست است، جریان از انتهای چپ سیمولوله وارد می شود و نهایتاً از انتهای راست آن خارج می گردد. بنابراین جریان ابتدا از حلقه سوم و سپس از حلقه هشتم عبور می کند و چون جریان از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر می رود، $V_p > V_A$ است (نه گزینه های بزرگتر از ۱۸V)

پله دوم جریان را محاسبه می کنیم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \Rightarrow \frac{2\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 10^3 \times I}{5} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times 10^3 \times I}{21 \times 10^{-2}} \Rightarrow I = 2A$$

پله سوم طول سیم سازنده سیمولوله را L و مقاومت آن را R در نظر می گیریم و طول سیم سازنده بین حلقه های سوم و هشتم را با L_{3-8} و تعداد حلقه ها در همان محدوده را با N_{3-8} نشان می دهیم. چون سیم سازنده یکنواخت است و مساحت مقطع آن (A) ثابت؛ در نتیجه:

$$R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow[A=\text{ثابت}]{\rho=\text{ثابت}} R \propto L$$

$$\Rightarrow \frac{R_{3-8}}{R} = \frac{L_{3-8}}{L} \xrightarrow{L \propto N} \frac{R_{3-8}}{R} = \frac{N_{3-8}}{N}$$

$$\Rightarrow \frac{R_{3-8}}{5/2} = \frac{10/5}{1} \Rightarrow R_{3-8} = 2.5 \Omega$$

پله چهارم مجدداً به سراغ پتانسیل ها می رویم: ($V_p > V_A$)

$$V_p - V_A = R_{3-8} I \Rightarrow 18 - V_A = 2.5(L) = 5 \Rightarrow V_A = -32V$$

۹۷۹ ۲

پله اول به کمک رابطه $P = RI^2$ ، ابتدا جریان در مدار را محاسبه می کنیم:

$$P = RI^2 \rightarrow 8 = 2 \times I^2 \rightarrow I^2 = 4 \rightarrow I = 2A$$

پله دوم حال سراغ محاسبه میدان مغناطیسی در سیمولوله می رویم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} \rightarrow B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 3 \times 2}{1}$$

$$B = 24\pi \times 10^{-6} = 2/4 \pi \times 10^{-5} T$$

۹۸۰ ۲

پله اول به کمک قاعده انشعاب مجموع جریان های ورودی به هر گره برابر مجموع جریان های خروجی از همان گره است. بنابراین جریان عبوری از سیمولوله برابر ۳A است.

پله دوم حال میدان مغناطیسی داخل سیمولوله را به دست می آوریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 5 \times 3}{0.3} = 20\pi \times 10^{-4} T$$

$$B = 20\pi G$$

۹۸۱ ۱

پله اول به کمک رابطه $P = RI^2$ جریان عبوری از مقاومت R_1 را محاسبه می کنیم:

$$P = R_1 I_1^2 \rightarrow 24 = 6 \times I_1^2 \rightarrow I_1 = 2A$$

پله دوم مقاومت های R_1 و R_2 موازی هستند، بنابراین ولتاژ آن ها با هم برابر خواهد بود:

$$V_1 = V_2 \rightarrow I_1 R_1 = I_2 R_2 \rightarrow 2 \times 6 = I_2 \times 12 \rightarrow I_2 = 1A$$

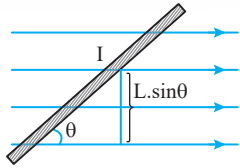
پله سوم به کمک قانون انشعاب جریان ها، جریان عبوری از سیمولوله ۳A است. در نتیجه:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100 \times 3}{1} = 12\pi \times 10^{-4} = 1/2 \pi \times 10^{-3} T$$



۹۹۲ ۴

پله اول می‌دانیم نیروی وارد بر سیم از طرف میدان مغناطیسی از رابطه $F = BIL \sin \theta$ محاسبه می‌شود.



پله دوم با تغییر مقدار زاویه θ ، حاصل $L \sin \theta$ تغییری نمی‌کند و ثابت می‌ماند ($L \sin \theta = \text{const}$)، در نتیجه نیروی وارد بر سیم نیز تغییری نخواهد کرد.

۹۹۳ ۳

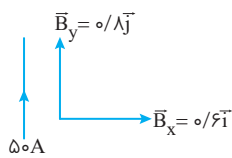
پله اول می‌دانیم نیروی مغناطیسی وارده از طرف میدان مغناطیسی یکنواخت بر سیم راست حامل جریان، از رابطه $F = BIL \sin \theta$ قابل محاسبه است. در هر دو شکل در این سؤال، اندازه نیرو وابسته به θ است که زاویه بین خطوط میدان و سیم راست حامل جریان می‌باشد.

پله دوم زاویه θ در سیم (۱) همواره 90° است. پس اندازه نیرو ثابت می‌ماند (هر چند جهت نیرو 180° تغییر می‌کند اما خواسته مسئله تغییرات اندازه نیرو است).

پله سوم زاویه θ در سیم دوم (۲) ابتدا 90° است که به صفر کاهش یافته و دوباره به 90° می‌رسد. پس اندازه نیرو ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. همچنین جهت نیرو نیز 180° درجه تغییر می‌کند.

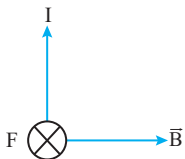
۹۹۴ ۲

پله اول وقتی سیم حامل جریانی در یک میدان مغناطیسی خارجی قرار می‌گیرد از طرف میدان مغناطیسی به آن نیرو وارد می‌گردد که مقدار این نیرو متناسب با اندازه میدان مغناطیسی و اندازه جریان عبوری از سیم و طول سیم و زاویه بین میدان مغناطیسی و جهت جریان است. سیم موازی با جهت \vec{z} است، پس نیروی وارد از طرف میدانی که در راستای \vec{z} قرار دارد صفر است، حال برای اطمینان مقدار آن را در محاسبات به دست می‌آوریم:



توسط B_y $F = BIL \sin \alpha = 0.8 \times 5 \times 0.2 \times \sin 90^\circ = 0.8 \text{ N}$

توسط B_x $F = BIL \sin \alpha = 0.6 \times 5 \times 0.2 \times \sin 90^\circ = 0.6 \text{ N}$



پله دوم پس جهت میدان در راستای \vec{z} نیرویی به سیم وارد نمی‌کند و تنها میدان مغناطیسی در راستای \vec{i} به آن نیرو وارد می‌کند. حال با استفاده از قانون دست راست جهت نیروی وارد بر آن را به دست می‌آوریم:

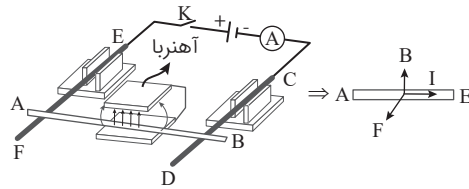
۹۹۵ ۱

سیم در امتداد محور x قرار دارد، در نتیجه تنها مؤلفه y میدان مغناطیسی بر سیم نیرو وارد می‌کند. پس داریم:

$$F = ILB_y = ma \rightarrow 5 \times 0.2 \times 12 \times 10^{-4} = 40 \times 10^{-3} a$$

$$\rightarrow a = 0.3 \text{ m/s}^2$$

۹۸۶ ۱ جریان از پایانه مثبت باتری خارج می‌شود در نتیجه جهت آن از A به B است. با توجه به قانون دست راست و اینکه جهت میدان مغناطیسی رو به بالا است، میله به سمت بیرون آهنربا خواهد لغزید.

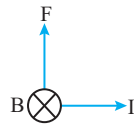


۹۸۷ ۱ طبق قاعده دست راست اگر چهار انگشت دست راست در جهت جریان در سیم قرار گیرد به طوری که سوی بسته شدن آن‌ها جهت B را نشان دهد، انگشت شست دست راست که کاملاً باز شده است، جهت F را نشان می‌دهد.

۹۸۸ ۴ با توجه به اینکه سیم موازی با خطوط میدان مغناطیسی است زاویه بین جریان و جهت میدان مغناطیسی صفر یا 180° است که \sin هر دوی آن‌ها صفر است، بنابراین نیرویی بر سیم وارد نمی‌گردد.

۹۸۹ ۱

پله اول به کمک قاعده دست راست جهت نیرو به سمت بالا است.



پله دوم حال اندازه جریان را محاسبه می‌کنیم:

$$F = BIL \sin \alpha \rightarrow F = 5 \times 10^{-3} \times 20 \times 2 \times \sin 90^\circ \rightarrow F = 0.2 \text{ N}$$

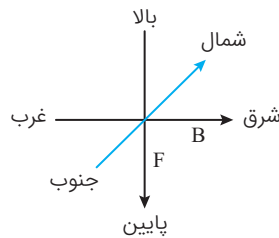
۹۹۰ ۲

پله اول برای محاسبه اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم می‌توان نوشت:

$$F_B = BIL \sin \alpha = 50 \times 10^{-4} \times 25 \times \frac{1}{10} \times \sin 37^\circ = 0.6 \text{ N}$$

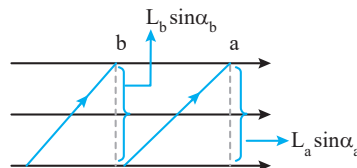
پله دوم در ادامه با توجه به قانون

دست راست در شکل مقابل، اگر چهار انگشت خود را در جهت جریان در نظر بگیریم به گونه‌ای که خم شدن آن‌ها جهت میدان مغناطیسی را نشان دهد، جهت انگشت شست دست راست که جهت نیرو است، به صورت قائم و رو به پایین می‌باشد.



۹۹۱ ۴

با توجه به اینکه خطوط میدان مغناطیسی تنها در بخشی از فضا برقرار است.



$$L_a \sin \alpha_a = L_b \sin \alpha_b$$

$$F_a = F_b$$



۹۹۶ ۲

پله دوم اگر باتری (۲) در مدار قرار گیرد، به سیم نیرویی از طرف آهنربا رو به بالا وارد می شود، در نتیجه سیم به آهنربا با نیرویی در خلاف جهت آن و رو به پایین وارد می کند، پس عدد ترازو افزایش می یابد. یعنی عبارت «ت» می تواند جاهای خالی را به درستی پر کند.

حرفه ای باش

با نگاه به گزینه ها، متوجه می شویم یا گزینه (۱) درست است یا گزینه (۳)؛ پس صرفاً با بررسی یک نوع باتری، می توان به جواب سوال رسید.

۱۰۰۰ ۳

پله اول اختلاف عددی که ترازو نشان می دهد قبل و بعد از بسته شدن کلید برابر است با نیروی مغناطیسی که هنگام بسته شدن کلید و برقراری جریان در مدار به وجود می آید:

$$F_B = 10 - 8 = 2 \text{ N}$$

پله دوم حال به کمک نیروی مغناطیسی، بزرگی میدان مغناطیسی را به دست می آوریم:

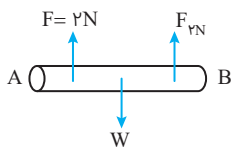
$$F = BIL \sin \alpha$$

$$\rightarrow 2 = B \times 2 \times 0.1 \times \sin 90^\circ \rightarrow B = 1 \text{ T}$$

پله سوم با توجه به قانون سوم نیوتون و قاعده دست راست جهت نیروی مغناطیسی به سمت پایین است، جهت جریان از A به B است.

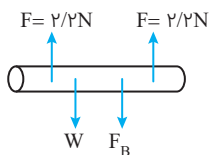
۱۰۰۱ ۱

پله اول قبل از بسته شدن کلید تنها نیروی وارد بر فنرها، نیروی وزن سیم است.



$$W = 2F = 4 \text{ N}$$

پله دوم حال کلید که بسته می شود، نیروسنج های فنر عدد بیشتری را نشان می دهند، بنابراین نیروی مغناطیسی رو به پایین است.



$$W + F_B = 4/4 \rightarrow F_B = 0/4 \text{ N}$$

پله سوم در نهایت بزرگی میدان مغناطیسی برابر است با:

$$F = BIL \sin \alpha$$

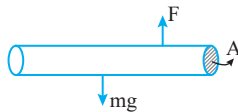
$$\rightarrow 0/4 = B \times 2 \times 0.1 \times \sin 90^\circ \rightarrow B = 0/1 \text{ T}$$

پله چهارم آهنربا با نیرویی به اندازه ۰/۴ N و رو به پایین به سیم حامل جریان وارد کرده است طبق قانون سوم نیوتون سیم حامل جریان AB نیز باید نیرویی به همین اندازه و رو به بالا به آهنربا وارد کند. بنابراین عددی که ترازو نشان می دهد کاهش خواهد یافت.

$$\text{عدد ترازو} = W_{\text{آهنربا}} - F_B = 10 - 0/4 = 9/6 \text{ N}$$

۹۹۷ ۴

پله اول با توجه به شکل زیر و با استفاده از قانون دست راست، مشخص می شود که نیروی مغناطیسی رو به بالا به سیم وارد می شود. نیروی وزن نیز به سمت پایین اثر می کند:



طبق قانون دوم نیوتون:

$$F_{\text{خالص}} = ma \Rightarrow F = \rho V_{\text{حجم}} = \rho AL \Rightarrow m = \rho V_{\text{جرم سیم}}$$

تأثیر فرمول چگالی و رابطه آن با جرم سیم

پله دوم از رابطه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم راست حامل جریان در میدان مغناطیسی خارجی داریم:

$$F_B = BIL \sin \theta \Rightarrow$$

پله سوم از ترکیب روابط فوق خواهیم داشت:

$$F_{\text{net}_y} = ma \Rightarrow BIL \sin \theta - mg = ma$$

$$BIL \sin 90^\circ - \rho ALg = \rho ALa \Rightarrow 3 \times 1 - 2500 \times 4 \times 10^{-4} \times 10 = 2500 \times 4 \times 10^{-4} \times a$$

$$\Rightarrow 3 \times 1 - 10 = 2 \Rightarrow I = 4 \text{ A}$$

۹۹۸ ۱

چون ابتدا و انتهای قطعه سیم ها روی یک خط هم راستا با میدان واقع شده اند، برآیند نیروهای وارده صفر خواهد بود.

پله اول اگر نیروی مغناطیسی وارد شده به سیم، نیروی وزن وارد شده به سیم را خنثی کند، به فنرها نیرویی وارد نمی شود. بنابراین داریم:

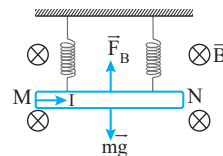
$$F_B = W \rightarrow F_B = mg$$

پله دوم می دانیم اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان واقع در میدان مغناطیسی خارجی، از رابطه $F_B = BIL \sin \theta$ به دست می آید. با جایگذاری در رابطه موجود در پله اول داریم:

$$BIL \sin \theta = mg \xrightarrow{B=1 \text{ T}, I=?, \frac{m}{l}=60 \text{ g/m}} I = \frac{mg}{LB} = \frac{60 \times 10^{-3} \times 10}{1 \times 12}$$

$$\Rightarrow I = 0/5 \text{ A}$$

پله سوم همان طور که در شکل زیر قابل مشاهده است، با توجه به قاعده دست راست، جهت جریان عبوری از سیم از M به N است.



۹۹۹ ۳

پله اول در مدار شکل داده شده، اگر باتری (۱) قرار گیرد، به سیم نیرویی رو به پایین از طرف آهنربا وارد می شود و در نتیجه عکس العمل آن به آهنربا نیرویی رو به بالا وارد می کند و در نتیجه عدد ترازو کاهش می یابد، یعنی عبارت «پ» می تواند جاهای خالی را به درستی پر کند.

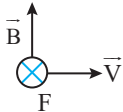


نکته اگر به اشتباه با $g = 10 \text{ N/kg}$ ، حل می‌کرد: پاسخ‌های غلط در گزینه «۳» و «۴»:

$$B = \frac{45 \times 10^{-3} \times 10}{6} = 0.75 \text{ T} = 75 \text{ mG}$$

حرفه‌ای باش

در محاسبات پله سوم، اگر فرض کنیم $g = 10$ است، آنگاه می‌دانیم ۳ و ۴ جواب ما نیست؛ پس باید حواسمان به تبدیل واحد تسلا به گاوس باشد.

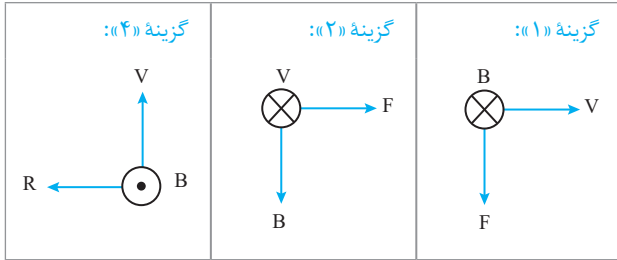


با به کار بردن قانون دست راست و با توجه به منفی بودن علامت بار الکترون، جهت سرعت (\vec{V}) به سمت راست خواهد بود.

۱۰۰۴

۱۰۰۵

با توجه به قانون دست راست تنها گزینه صحیح، گزینه «۳» است. بررسی سایر گزینه‌ها:



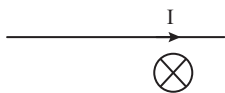
۱۰۰۶ هنگامی که یک بار الکتریکی با سرعت \vec{v} وارد میدان مغناطیسی \vec{B} می‌شود و از طرف میدان نیروی \vec{F} بر آن وارد می‌شود، بردار نیروی \vec{F} بر هر دو بردار سرعت و میدان عمود است؛ اما هیچ ضرورتی به عمود بودن بردارهای سرعت و میدان بر یکدیگر نیست.

۱۰۰۷

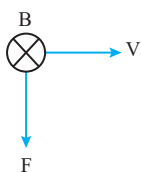
پله اول با استفاده از قانون دست راست جهت v به سمت راست است. **پله دوم** توجه داشته باشید که همیشه نیرو بر B و v عمود است، اما B و v می‌توانند زاویه داشته باشند، بنابراین گزینه «۴» صحیح است.

۱۰۰۸

پله اول ابتدا با کمک دست راست جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم در محل حرکت الکترون را به دست می‌آوریم:



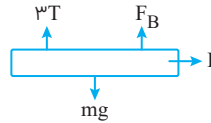
پله دوم دوباره با کمک دست راست نیز جهت نیروی وارد بر ذره به سمت پایین است.



۱۰۰۲

پله اول در مرحله اول، شروط لازم برای در تعادل بودن سیم را قبل از اعمال تغییرات صورت مسئله، بررسی می‌کنیم:

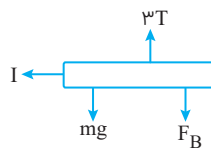
به دلیل اینکه جهت نیروی وارد بر سیم رو به بالاست (حتماً از قاعده دست راست استفاده کنید) و این نیرو هم جهت با کشش نخ‌ها نیز هست، در نتیجه:



$$F_{\text{net}_y} = 0 \Rightarrow 3T + F_B = mg$$

$$F_B = BI \ell \sin 90^\circ = 8 \times 0.5 \times 1 \times 1 = 4 \text{ N}$$

$$\Rightarrow 3(1 \text{ N}) + (4 \text{ N}) = mg \Rightarrow mg = 7 \text{ N} = \text{وزن سیم}$$



پله دوم اگر جهت میدان مغناطیسی با جهت جریان الکتریکی عکس شود، جهت نیروی هم برعکس شده و رو به پایین خواهد شد. در نتیجه خواهیم داشت:

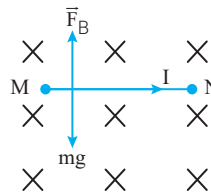
$$F_{\text{net}_y} = 0 \Rightarrow 3T' = mg + F'_B$$

$$\Rightarrow 3(3) = 7 + F' \Rightarrow F' = 2 \text{ N}$$

$$\frac{F'}{F} = \frac{2}{4} = 0.5$$

پس نیروی مغناطیسی باید 0.5 برابر حالت قبل شود، یعنی باید I با B نصف شوند.

۱۰۰۳



پله اول در حالت اول که جهت میدان مغناطیسی درون سوداده شده است، جهت نیروی مغناطیسی وارد بر تکه سیم MN به سمت بالاست و مقدار آن برابر است با:

$$F_B = BI \ell \sin \theta = B \times 1 \times 0.3 = 3B \Rightarrow F_B = 3B \quad (1)$$

در این حالت، تکه سیم با شتاب ثابت a به سمت پایین حرکت می‌کند. قانون دوم نیوتون را برای آن می‌نویسیم:

$$F_{\text{net}} = ma \Rightarrow mg - F_B = ma \quad (2)$$

پله دوم حال میدان مغناطیسی از حالت درون سو به برون سو تغییر پیدا می‌کند. طبق قانون دست راست، نیروی مغناطیسی به سمت پایین به تکه سیم MN وارد می‌شود ولی بزرگی آن نسبت به حالت اولیه تغییر نمی‌کند. مجدداً قانون دوم نیوتون را برای آن می‌نویسیم:

$$\sum F = ma \Rightarrow mg + F_B = ma' \xrightarrow{(a'=3a)} mg + F_B = 3ma \quad (3)$$

پله سوم از مقایسه روابط (۲) و (۳) داریم:

$$\xrightarrow{\text{مقایسه (۲)، (۳)}} mg + F_B = 3(mg - F_B) \Rightarrow mg + F_B = 3mg - 3F_B$$

$$\Rightarrow F_B + 3F_B = 3mg - mg \Rightarrow 4F_B = 2mg \Rightarrow mg = 2F_B$$

$$\xrightarrow{\text{طبق (۱) داریم}} mg = 2(3B) = 6B \Rightarrow mg = 6B$$

$$\Rightarrow B = \frac{mg}{6} = \frac{45 \times 10^{-3} \times 9.8}{6} = \frac{4.41}{6} = 0.735 \text{ T}$$

$$= 0.735 \times 10^4 \text{ G} = 7350 \text{ G}$$

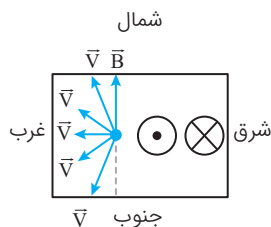


۳ ۱۰۱۴

به کمک قاعده دست راست و مسیر حرکت در قسمت (۳)، بار q ، مثبت است. در نتیجه در هنگام عبور از قسمت (۴) باید مسیر II را طی کند. همچنین جهت میدان در قسمت (۱) درون سواست.

۳ ۱۰۱۵

برای اینکه الکترون بر مسیری مستقیم و افقی حرکت کند، باید نیروی مغناطیسی وارد بر آن، قرینه نیروی وزن آن باشد. با توجه به شکل، به کمک قاعده دست راست، می توان گفت جهت \vec{v} همه جهت های نیمه سمت چپ صفحه به غیر از شمال و جنوب می تواند باشد.



۴ ۱۰۱۶

به راحتی می توان نوشت:

$$F = |q|vB\sin\alpha = 4 \times 10^{-9} \times 200 \times 50 \times 10^{-4} \times \sin 60^\circ$$

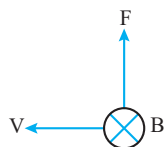
$$\rightarrow F = 2\sqrt{3} \times 10^{-8} \text{ N}$$

۳ ۱۰۱۷

پله اول به کمک رابطه $F = |q|vB\sin\alpha$ خواهیم داشت:

$$F = |q|vB\sin\alpha \rightarrow F = 50 \times 10^{-6} \times 200 \times 0.4 \times \sin 90^\circ = 4 \times 10^{-4} \text{ N}$$

پله دوم با توجه به قاعده دست راست جهت نیرو به طرف بالا است.



۴ ۱۰۱۸

باتوجه با قاعده دست راست جهت نیرو برون سو خواهد شد (توجه کنید ذره موردنظر الکترون است) بنابراین می توان نوشت:

$$F = qVB\sin\theta = 1/6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^4 \times 200 \times 10^{-4} \times \frac{1}{\sqrt{2}} = 8 \times 10^{-16} \text{ N}$$

۱ ۱۰۱۹

پله اول می دانیم نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی یکنواخت از رابطه $F = |q|vB\sin\theta$ به دست می آید که در آن θ زاویه بین خطوط میدان و راستای سرعت ذره است.

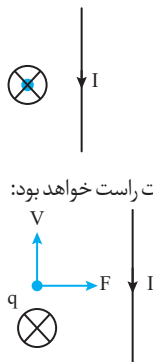
پله دوم با توجه به شکل داده شده در صورت سؤال، زاویه بین خطوط میدان و راستای سرعت ذره هم برای الکترون و هم برای پروتون با هم برابر و مساوی 90° است.

پله سوم چون اندازه بار الکترون و پروتون با هم برابر است، داریم:

$$\frac{F_p}{F_e} = \frac{|q_p|v_pB\sin 90^\circ}{|q_e|v_eB\sin 90^\circ} = \frac{v_p}{v_e} = \frac{3v}{\frac{1}{2}v} = 6$$

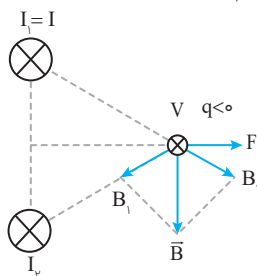
۴ ۱۰۰۹

پله اول ابتدا به کمک قانون دست راست جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم در محل بار q را به دست می آوریم:



۲ ۱۰۱۰

پله دوم مجدداً با استفاده از قانون دست جهت نیرو به سمت راست خواهد بود: محل بار الکتریکی ایجاد می کنند را تعیین می کنیم:

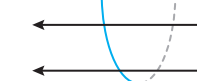


۲ ۱۰۱۱

با استفاده از قانون دست راست، جهت v برای ذره رو به بالا است. بنابراین ذره رو به بالا در حرکت است و نیرویی به سمت راست به آن وارد می شود و ذره به سمت راست تمایل می یابد.

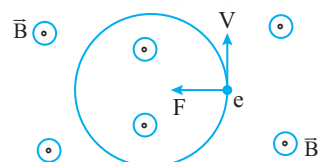
۲ ۱۰۱۲

طبق قاعده دست راست، اگر چهار انگشت در جهت \vec{v} و کف دست به طرف \vec{B} باشد، انگشت شست جهت \vec{F} را نشان می دهد و F بر صفحه v عمود است.



۲ ۱۰۱۳

به بار الکتریکی متحرک در میدان مغناطیسی نیرو وارد می شود و برای بار منفی در جهت عکس قانون دست راست، نیرو وارد می شود.





۳ ۱۰۲۴

پله اول ابتدا سرعت پروتون را محاسبه می‌کنیم:

$$F = qvB \sin \alpha \Rightarrow 1/28 \times 10^{-16} = 1/6 \times 10^{-19} \times v \times 2 \times 10^{-3} \times \sin 90^\circ$$

↓
تبدیل mT به T

$$\Rightarrow v = 4 \times 10^4 \text{ m/s}$$

پله دوم حال می‌توان خواسته مسئله (انرژی جنبشی پروتون) را محاسبه کرد:

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 1/7 \times 10^{-27} \times (4 \times 10^4)^2$$

$$= 1/7 \times 8 \times 10^{-19} \text{ J} = 1/7 \times 8 \times 10^{-19} \times \frac{1}{1/6 \times 10^{-19}} \text{ eV} = 8/5 \text{ eV}$$

۳ ۱۰۲۵

پله اول ابتدا تعداد حلقه‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$N = \frac{L}{2\pi R} = \frac{10\pi}{2\pi \times 4 \times 10^{-2}} = \frac{500}{4} = 125$$

پله دوم برای محاسبه میدان مرکز حلقه، ابتدا جریان عبوری از حلقه را

به‌دست می‌آوریم:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{20}{40} = 0.5 \text{ A}$$

پله سوم اکنون برای محاسبه میدان مرکز حلقه می‌توان نوشت:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 125 \times \frac{1}{2}}{2 \times 4 \times 10^{-2}} = 31/25 \pi \times 10^{-5} \text{ T}$$

پله چهارم الکترون هنگام عبور از مرکز حلقه منحرف نمی‌شود یعنی نیرویی بر آن اثر نمی‌کند به دلیل اینکه راستای حرکت آن با راستای خطوط میدان یکسان است.

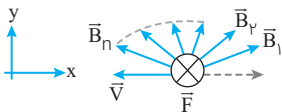
۴ ۱۰۲۶

پله اول می‌دانیم بردار نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار (\vec{F}) باید حتماً

بر بردار سرعت ذره (\vec{v}) و بردار میدان مغناطیسی که ذره در آن واقع شده است (\vec{B}) عمود باشد. ولی زاویه بین بردار سرعت (\vec{v}) و بردار میدان (\vec{B}) هر زاویه‌ای می‌تواند باشد، فقط توجه داریم که چون $F \neq 0$ است، نباید زاویه بین بردار سرعت (\vec{v}) و بردار میدان (\vec{B}) صفر یا 180° باشد.

پله دوم طبق قانون دست راست و مطابق شکل زیر، بردار میدان (\vec{B})

بی‌نهایت جواب در محدوده زیر دارد:

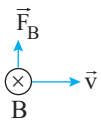


۱ ۱۰۲۷

باتوجه به قاعده دست راست نیروی وارد بر پروتون (بار مثبت است) در راستای مثبت محور y است بنابراین گزینه ۲ و ۴ رد می‌شوند. در ادامه چون تنها نیروی وارد بر ذره از طرف میدان مغناطیسی است، طبق قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت که:

$$F = ma \rightarrow qVB \sin \theta = ma \rightarrow a = \frac{qVB \sin \theta}{m}$$

$$\rightarrow a = \frac{1/6 \times 10^{-19} \times 10^4 \times 1/7 \times 10^{-27}}{1/7 \times 10^{-27}} = 1/6 \times 10^{+10} \text{ j}$$



۳ ۱۰۲۰

پله اول در حالت اول محاسبه می‌کنیم نیروی وارد به ذره باردار چه کسری از نیروی بیشینه است:

$$\theta = 90^\circ \Rightarrow F_{\max} = |q|vB \sin 90^\circ = |q|vB$$

وقتی زاویه ذره با راستای میدان 53° است.

$$\Rightarrow F_1 = 0.8 F_{\max}$$

پله دوم در حالت دوم، نیروی وارد بر ذره ۲۵ درصد نسبت به حالت اول کاهش یافته است، پس:

$$F_2 = F_1 - \frac{25}{100} F_1 = 0.8 F_{\max} - 0.25(0.8 F_{\max}) = 0.6 F_{\max}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} F_1 = 0.8 F_{\max} \\ F_2 = 0.6 F_{\max} \end{cases} \text{ یا } \begin{cases} F_{\max} = \frac{F_1}{0.8} \quad (1) \\ F_{\max} = \frac{F_2}{0.6} \quad (2) \end{cases}$$

پله سوم از مساوی قرار دادن (۱) و (۲) داریم:

$$\frac{F_1}{0.8} = \frac{F_2}{0.6} \rightarrow \frac{|q|vB \sin 53^\circ}{0.8} = \frac{|q|vB \sin \theta_2}{0.6}$$

$$\Rightarrow 1 = \frac{\sin \theta_2}{0.6} \rightarrow \sin \theta_2 = 0.6 \rightarrow \theta_2 = 37^\circ \Rightarrow \theta_1 - \theta_2 = 16^\circ$$

۱ ۱۰۲۱

پله اول ابتدا زاویه حالت اول ($F = 0.6 F_{\max}$) را به‌دست می‌آوریم:

$$F = qvB \sin \alpha \rightarrow F = F_{\max} \sin \alpha$$

$$\Rightarrow \sin \alpha = \frac{0.6 F_{\max}}{F_{\max}} \rightarrow \sin \alpha = 0.6 \rightarrow \alpha = 37^\circ$$

پله دوم در حالت دوم، نیرو $\frac{1}{6}$ برابر کاهش پیدا کرده است، بنابراین:

$$F_2 = F_1 - \frac{1}{6} F_1 = 0.6 F_{\max} - \frac{1}{6}(0.6 F_{\max}) = 0.5 F_{\max}$$

پله سوم محاسبه زاویه حالت دوم:

$$\sin \beta = \frac{0.5 F_{\max}}{F_{\max}} \rightarrow \sin \beta = 0.5 \rightarrow \beta = 30^\circ$$

بنابراین باید راستای میدان $37^\circ - 30^\circ = 7^\circ$ بچرخد.

۱ ۱۰۲۲

برای حل این سؤال باید به یک نکته دقت کنیم. از آنجایی که ذره آلفا به صورت α^{2+} است، بنابراین بار الکتریکی آن دو برابر بار الکتریکی الکترون است. طبق قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:

$$F = ma \rightarrow qVB \sin \theta = ma \Rightarrow B = \frac{ma}{qV \sin \theta}$$

$$B = \frac{6/68 \times 10^{-27} \times 4 \times 10^5}{2 \times 1/6 \times 10^{-19} \times 5 \times 10^3} = 1/6 \text{ TG}$$

۱ ۱۰۲۳

پله اول ابتدا نیروی مغناطیسی را به‌دست می‌آوریم:

$$F = |q|vB \sin \alpha \rightarrow F = 5 \times 10^{-6} \times 10^3 \times 4 \times 10^{-2} \times \sin 90^\circ$$

$$\rightarrow F = 2 \times 10^{-3} \text{ N}$$

پله دوم طبق رابطه $F = ma$ شتاب به‌دست می‌آید:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{2 \times 10^{-3}}{4 \times 10^{-6}} = 500 \text{ m/s}^2$$



پله دوم در شکل سمت راست (۲) چون میدان در صفحه xy قرار دارد، ذره نیز به صورت برون سو حرکت می کند، در نتیجه زاویه بین سرعت \vec{v} و میدان \vec{B} ، 90° خواهد بود و در نتیجه:

$$F_p = qv_p B \sin 90^\circ \Rightarrow 40 = (2 \times 10^{-6}) \times 800 \times B \times 1$$

$$\Rightarrow B = \frac{40}{2 \times 10^{-6} \times 800} \Rightarrow B = 2.5 \times 10^{-4} \text{ T} = 25000 \text{ G}$$

پله سوم حال با داشتن مقدار عددی میدان، بردار میدان را محاسبه می کنیم:

$$\vec{B} = (-0.6B)\vec{i} + (0.8B)\vec{j} = (-0.6 \times 25000)\vec{i} + (0.8 \times 25000)\vec{j}$$

$$\vec{B} = (-15000\vec{i} + 20000\vec{j})$$

۳ ۱۰۳۱

پله اول طبق رابطه محاسبه نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی بکنواخت (یعنی $F_B = |q|vB \sin \theta$)، بدیهی است برای بیشینه شدن نیرو باید هم زاویه بین بردار سرعت و خطوط میدان مغناطیسی 90° باشد و هم مقدار سرعت ذره (v) بیشترین مقدار ممکن را داشته باشد.

پله دوم با توجه به اینکه میدان مغناطیسی \vec{B} روی نیمساز ربع دوم و چهارم است، اگر امتداد \vec{v} (بردار سرعت ذره) در ربع اول و سوم باشد، $\theta = 90^\circ$ است، مثل گزینه های «۳» و «۴». دقت داریم که در گزینه های «۱» و «۲»، $\theta = 0^\circ$ یا $\theta = 180^\circ$ شده و بنابراین $F = 0$ خواهد شد. پس گزینه های «۱» و «۲» حذف می شوند.

پله سوم بین گزینه های «۳» و «۴» نیز، در گزینه «۳» مقدار بزرگی \vec{v} (بردار سرعت) از مقدار بزرگی بردار سرعت در گزینه «۴» بیشتر است. بنابراین گزینه «۳» صحیح است.

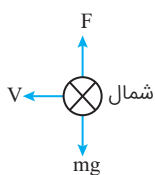
۱ ۱۰۳۲

پله اول برای اینکه ذره بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد باید نیروی وزن برابر نیروی مغناطیسی باشد.

$$F = mg \Rightarrow |q|vB \sin \alpha = mg \Rightarrow 4 \times 10^{-6} \times 200 \times B = 2 \times 10^{-5} \times 10$$

$$\rightarrow B = \frac{2 \times 10^{-5}}{4 \times 2 \times 10^{-6}} = 0.25 \text{ T}$$

پله دوم با توجه به قانون دست راست خواهیم داشت:



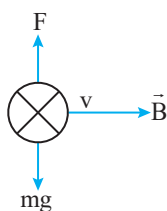
۴ ۱۰۳۳

پله اول برای این که نیروی مغناطیسی نیروی وزن را خنثی کند و نیروی مغناطیسی به سمت بالا باشد؛ بنابراین با استفاده از قانون دست راست، می توان فهمید جهت میدان مغناطیسی از غرب به شرق است.

پله دوم برای این که تعادل برای ذره برقرار شود (پله اول)، باید $F_B = mg$ باشد:

$$F_B = mg \Rightarrow |q|vB \sin \alpha = mg \Rightarrow 5 \times 10^{-5} \times 2.5 \times 10^{-2} \times B$$

$$= 5 \times 10^{-2} \rightarrow B = 0.4 \text{ T}$$



پله اول ابتدا با داشتن بردار میدان مغناطیسی، بزرگی آن را محاسبه می کنیم:

$$\vec{B} = 3\vec{i} + 4\vec{j} \rightarrow |\vec{B}| = \sqrt{(3)^2 + (4)^2} = \sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5 \text{ T}$$

پله دوم حال از رابطه نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک درون میدان مغناطیسی کمک می گیریم و زاویه بردار سرعت ذره با بردار میدان را به دست می آوریم:

$$|\vec{F}| = |q|vB \sin \theta$$

$$\frac{5 \times 10^{-2} \text{ N}}{4 \times 10^{-9} \text{ C} \times 3 \times 10^6 \text{ m/s}} = \frac{5 \times 10^{-2} \times 5 \times 10^{-2}}{4 \times 10^{-9} \times 3 \times 10^6 \times \sin \theta}$$

$$\Rightarrow 6 \times 10^{-2} \sin \theta = 0.3 \rightarrow \sin \theta = \frac{0.3}{6 \times 10^{-1}} = \frac{0.3}{0.6} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \theta = 30^\circ \text{ یا } \theta = 150^\circ$$

۳ ۱۰۲۹ روش اول:

پله اول (پیدا کردن زاویه بین بردارهای \vec{v} و \vec{B} و محاسبه مقدار F): با توجه به بردارهای داده شده برای \vec{v} و \vec{B} می توان نوشت:

$$\vec{v} = 10^5 \vec{i} + \sqrt{3} \times 10^5 \vec{j} \Rightarrow \tan \alpha_1 = \frac{\sqrt{3} \times 10^5}{10^5} = \sqrt{3}, |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$= 2 \times 10^5 \text{ m/s}, \vec{B} = \frac{\sqrt{3}}{2} \vec{i} - \frac{1}{2} \vec{j} \Rightarrow \tan \alpha_2 = \frac{(-1/2)}{(\sqrt{3}/2)} = -\frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$|\vec{B}| = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} = 1 \text{ T}$$

پله دوم حال می توان طبق فرمول $F = |q|vB$ خواسته مسئله را بدست آورد:

$$F = 1/6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^5 \times 1 \times \sin 90^\circ = 3/2 \times 10^{-14}$$

روش دوم:

پله اول (استفاده از مفهوم ضرب خارجی دو بردار در هندسه): اگر بردارهای \vec{v} و \vec{B} به صورت زیر باشند، مقدار F برابر است با:

$$\begin{cases} \vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} \\ \vec{B} = B_x \vec{i} + B_y \vec{j} \end{cases} \Rightarrow \text{ضرب خارجی: } vB \sin \alpha = |(v_x B_y - v_y B_x)|$$

$$F = qvB \sin \alpha = q(v_x B_y - v_y B_x)$$

پله دوم حال در این سؤال می توان نوشت:

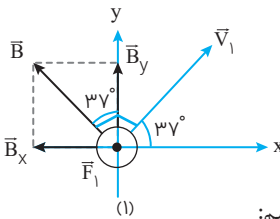
$$F = 1/6 \times 10^{-19} \times \left(10^5 \times (-1/2) - \sqrt{3} \times 10^5 \times (\sqrt{3}/2) \right) = 3/2 \times 10^{-14} \text{ N}$$

۲ ۱۰۳۰

پله اول چون نیروی وارد بر ذره باردار در شکل چپ بیشینه است، زاویه بین

مسیر حرکت ذره یا همان سرعت ذره (\vec{v}_1) و میدان مغناطیسی (\vec{B}) برابر 90° خواهد بود. همچنین با به کارگیری قانون دست راست برای تعیین میدان مغناطیسی،

پی می بریم که میدان مغناطیسی \vec{B} در صفحه xy قرار گرفته است و جهت آن مطابق شکل مقابل تعیین می گردد:



میدان را بر حسب مؤلفه های x و y می نویسیم:

$$\vec{B} = -B_x \vec{i} + B_y \vec{j} = (-B \sin 37^\circ) \vec{i} + (B \cos 37^\circ) \vec{j}$$

خواهیم داشت:

$$\Rightarrow \vec{B} = (-0.6B)\vec{i} + (0.8B)\vec{j}$$



۲ ۱۰۳۷

برای اینکه ذره بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد باید $F_B = F_E$ باشد:

$$|q|vB\sin\alpha = E|q| \rightarrow v = \frac{E}{B\sin\alpha}$$

$$\rightarrow v = \frac{2 \times 10^4}{0.5 \times \sin 90^\circ} = 4 \times 10^4 \text{ m/s}$$

۱ ۱۰۳۸

طبق قاعده دست راست، اگر ذره در جهت A حرکت کند نیروی مغناطیسی برون سو است. اگر ذره با بار مثبت در درون میدان الکتریکی حرکت کند در جهت میدان به آن نیرو وارد می شود (برون سو). بنابراین در این حالت نیروی خالص بیشینه است.

۳ ۱۰۳۹

پله اول ابتدا بزرگی میدان الکتریکی ایجاد شده در بین دو صفحه باردار را به دست می آوریم:

$$E = \frac{|\Delta v|}{d} = \frac{36}{0.2} = 180 \text{ N/C}$$

پله دوم برای اینکه ذره بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهد، باید برآیند نیروهای وارد شده به آن صفر شود. بنابراین باید اندازه نیروی مغناطیسی وارد شده به ذره برابر با اندازه نیروی الکتریکی وارد شده به آن باشد و نیروها باید در خلاف جهت یکدیگر باشند تا اثر یکدیگر را خنثی کنند.

پله سوم با برابر قرار دادن نیروهای الکتریکی و مغناطیسی داریم:

$$F_E = F_B \Rightarrow E|q| = |q|vB\sin\theta \Rightarrow B = \frac{E}{v\sin\theta}$$

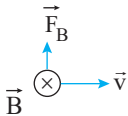
چون حداقل مقدار میدان مغناطیسی (B) خواسته شده است، مقدار $\sin\theta$ کسر فوق باید بیشترین مقدار خود یعنی ۱ را دارا باشد، پس:

$$B = \frac{E}{v} = \frac{180}{6 \times 10^6} = 3 \times 10^{-5} \text{ T}$$

۳ ۱۰۴۰

پله اول میدان الکتریکی از بالا به سمت پایین می باشد. از آنجایی که بار $q > 0$ است، بنابراین نیرویی که این میدان به ذره باردار وارد می کند طبق رابطه $F = Eq$ به سمت پایین خواهد بود.

پله دوم باتوجه به قاعده دست راست، میدان مغناطیسی درون سو می باشد و ذره عمود بر این میدان به سمت راست در حال حرکت است؛ بنابراین جهت نیروی وارده بر ذره از طرف میدان مغناطیسی به سمت بالا خواهد بود:

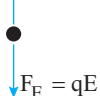


پله سوم بنابراین برآیند نیروهای وارد بر ذره باردار به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\rightarrow \begin{cases} F_B = 2 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^4 \times 0.2 = 0.8 \times 10^{-3} \text{ N} \\ F_E = 2 \times 10^{-6} \times 5000 = 1 \times 10^{-3} \text{ N} \end{cases}$$

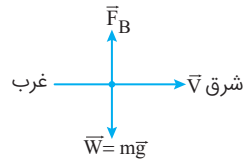
$$F_T = |F_E - F_B| = |10^{-3} - 0.8 \times 10^{-3}| = 0.2 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-4} \text{ N}$$

$$F_E = qVB$$

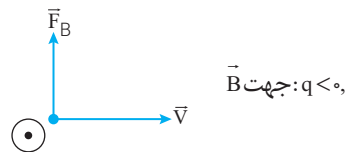


۱ ۱۰۳۴

پله اول اگر رو به شمال قرار بگیریم، نیروی وزن این ذره در امتداد قائم از بالا به پایین است. بنابراین برای اینکه ذره منحرف نشود، باید نیروی مغناطیسی وارد از طرف میدان به ذره باردار (F_B) در امتداد قائم از پایین به طرف بالا به جسم وارد شود. داریم:



پله دوم به کمک قانون دست راست برای تعیین جهت میدان مغناطیسی داریم:



جهت میدان مغناطیسی (\vec{B}) می تواند برون سو باشد یعنی از شمال به جنوب و در تمامی گزینه ها مشاهده می شود که زاویه بین جهت جابه جایی ذره و میدان مغناطیسی برابر 90° فرض خواهد شد.

$$F_B = mg \Rightarrow |q|vB\sin 90^\circ = mg$$

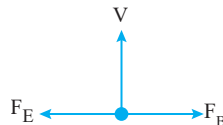
پله سوم محاسبه اندازه میدان:

$$\Rightarrow 80 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^6 \times B \times 1 = 4 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow B = \frac{1}{12} \times 10^{-4} \text{ T}$$

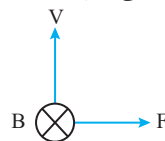
۴ ۱۰۳۵

پله اول ذره باردار منفی است؛ بنابراین جهت نیروی الکتریکی از طرف میدان الکتریکی به سمت چپ است.

پله دوم برای اینکه ذره باردار بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد باید نیروی مغناطیسی به سمت راست باشد.



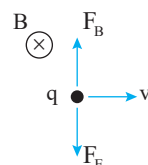
پله سوم باتوجه به قاعده دست راست، جهت میدان مغناطیسی درون سو است.



۱ ۱۰۳۶

از آنجایی که ذره آلفا است، بنابراین میدان الکتریکی نیرویی در جهت خودش به آن وارد می کند (به سمت پایین) باتوجه به رابطه $F = Eq$. برای آنکه بدون انحراف به مسیرش ادامه بدهد پس باید نیروی وارد به آن از طرف میدان مغناطیسی به سمت بالا باشد. بنابراین طبق قانون دست راست، جهت سرعت ذره در جهت محور x است.

$$F_E = F_B \rightarrow qE = qVB \rightarrow V = \frac{E}{B} = \frac{10^3}{1.2 \times 10^{-4}} = 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$





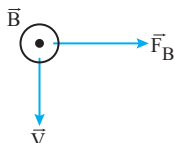
۳ ۱۰۴۳

پله اول ابتدا اندازه نیروهای وارد بر ذره باردار از طرف میدان های الکتریکی و مغناطیسی را محاسبه می کنیم:

$$\begin{cases} F_E = E|q| \frac{E=4 \times 10^6 \text{ V/m}}{|q|=2 \times 10^{-3} \text{ C}} \Rightarrow F_E = 4 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-3} = 8 \times 10^3 \text{ N} \\ F_B = |q|vB \sin \theta \frac{|q|=2 \times 10^{-3} \text{ C}, v=1/2 \times 10^8 \text{ m/s}}{B=1 \text{ T}, \theta=90^\circ} \\ F_B = 2 \times 10^{-3} \times 1/2 \times 10^8 \times 1 \times \sin 90^\circ \\ F_B = 24000 \text{ N} \end{cases}$$

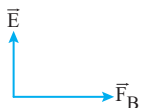
$$F_B = 24000 \text{ N}$$

پله دوم با توجه به قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر ذره از طرف میدان مغناطیسی را تعیین می کنیم:



(به منفی بودن بار ذره توجه داریم.)

پله سوم حال برابند نیروهای مغناطیسی و الکتریکی را محاسبه می کنیم:



$$\vec{F}_T = 2/4 \times 10^3 \vec{i} + 8 \times 10^4 \vec{j} \text{ (N)}$$

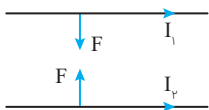
۲ ۱۰۴۴ میدان مغناطیسی حاصل از جریان در نقطه M درون سو است. پس بنا به قاعده دست راست، نیروی صفحه و رو به بالا خواهد بود که با جهت جریان زاویه ۴۵ درجه می سازد.

۱ ۱۰۴۵

پله اول طبق قانون سوم نیوتون داریم: نیرویی که از طرف سیم (۱) بر یک متر از سیم (۲) وارد می شود برابر است با نیرویی که از طرف سیم (۲) بر یک متر از سیم (۱) وارد می شود، بنابراین می توان گفت:

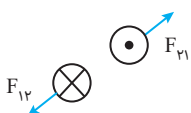
$$F_1 = F_2$$

پله دوم از طرفی می دانیم که نیروی بین دو سیم دارای جریان هم جهت، جاذبه می باشد.

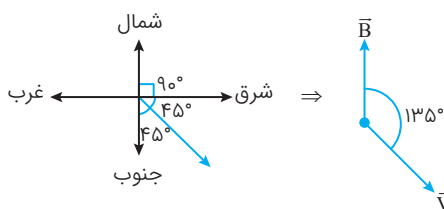


۲ ۱۰۴۶

اگر دو سیم موازی حامل جریان های همسو باشند همدیگر را جذب و اگر جریان ها غیر همسو باشند همدیگر را دفع می کنند و نیرویی که از طرف سیم ۱ به ۲ وارد می شود به صورت زیر خواهد بود.



۴ ۱۰۴۱ **پله اول** ابتدا زاویه بین خطوط میدان مغناطیسی و جهت حرکت ذره باردار را تعیین می کنیم. طبق داده مسئله، جهت میدان مغناطیسی یکنواخت رو به شمال و جهت حرکت ذره رو به جنوب شرق است. پس:



پله دوم اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار را محاسبه می کنیم:

$$F = |q|vB \sin \theta \frac{F=?; q=8 \mu\text{C}, v=1/6 \times 10^8 \text{ m/s}}{B=2\sqrt{2} \text{ T}, \theta=135^\circ \rightarrow \sin 135^\circ = \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}} \\ F = (8 \times 10^{-6}) \times (1/6 \times 10^8) \times 2\sqrt{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.256 \text{ N}$$

پله سوم طبق قاعده دست راست، اگر چهار انگشت دست راست خود را در راستای حرکت جسم قرار دهیم طوری که خم شدن انگشتان در راستای میدان باشد، جهت انگشت شست نشان دهنده جهت نیروی وارد بر ذره است که در اینجا رو به بالا خواهد بود.

پله چهارم محاسبه شتاب به کمک قانون دوم نیوتون:

$$F_{\text{net}} = ma \xrightarrow{F_{\text{net}} = F - mg} 0.256 - 16 \times 10^{-3} \times 10 = 16 \times 10^{-3} \times a \Rightarrow a = 6 \text{ m/s}^2$$

۳ ۱۰۴۲

پله اول می دانیم طبق صورت سؤال، در ابتدا ذره باردار در جهت خطوط میدان الکتریکی شتاب گرفته، تندی آن نیز افزایش یافته است. همچنین، در جهت میدان الکتریکی پتانسیل الکتریکی کاهش یافته است، یعنی: $\Delta V < 0$. چون از اثر نیروی اتلافی مقاومت هوا و نیروی وزن صرف نظر می کنیم، در جابه جایی این ذره فقط نیروی الکتریکی کار انجام می دهد:

$$\Delta K = W_E \\ W_E = -\Delta V_E = -q\Delta V \Rightarrow K_2 - K_1 = -q\Delta V \\ \frac{\text{طبق فرض مسئله}}{k_1 =} \frac{1}{2}mv^2 = -q\Delta V \Rightarrow \frac{1}{2} \times (25 \times 10^{-3}) \times 10^{-3} \times v^2 \\ = \cancel{1} \times (0.8 \times 10^{-3}) \times \cancel{1} \times 10^4 \Rightarrow \frac{1}{2} \times [25 \times 10^{-6}] v^2 = 8 \\ \Rightarrow 12/5 \times 10^{-6} v^2 = 8 \Rightarrow v^2 = \frac{8}{12/5 \times 10^{-6}} = 640000 \\ \Rightarrow v = \sqrt{64 \times 10^4} = 8 \times 10^2 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{64 \times 10^4} = 8 \times 10^2 \text{ m/s}$$

پله دوم ذره باردار با تندی 800 m/s در جهت میدان الکتریکی، وارد میدان مغناطیسی می شود و به دلیل اینکه دو میدان بر یکدیگر عمود هستند، سرعت ذره و میدان مغناطیسی بر هم عمودند. در نتیجه: نیروی مغناطیسی هم بر سرعت ذره باردار (و در نتیجه آن بر میدان الکتریکی) و هم بر میدان مغناطیسی عمود است و واضح است که در این صورت نیروی مغناطیسی بر صفحه دو میدان عمود است. شکل زیر نمایی از وضعیت بارها و میدان را نشان می دهد. بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر بار برابر خواهد بود با:

$$\begin{aligned} F_B &= qvB \sin 90^\circ = (25 \times 10^{-3}) (800) (4) (1) \\ F_B &= 100 \times 10^{-3} \times 8 \times 10^2 = 80 \\ \Rightarrow F_B &= 80 \text{ N} = 8 \text{ dN} \end{aligned}$$



اندازه دو نیرو با هم برابر و بر یکدیگر عموند. بنابراین برآیند آن‌ها در جهت منفی x بوده و اندازه آن برابر است با:

$$F_T = \sqrt{2}N$$

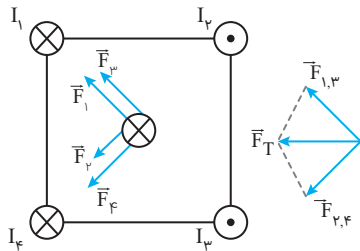
پله چهارم پس بردار نیروی مغناطیسی خالص وارد بر هر متر از سیم (۳) برابر است با:

$$F_T = -\sqrt{2}i(N)$$

۳ ۱۰۴۹

پله اول اگر جریان‌های هم‌سو از دو سیم موازی حامل جریان عبور کند، دو سیم یکدیگر را جذب کرده و اگر جریان‌های ناهم‌سو از آن‌ها عبور کند، دو سیم یکدیگر را دفع می‌کنند.

پله دوم در شکل زیر، نیروهایی که سیم‌های مجاور به سیم گذرنده از مرکز مربع وارد می‌کنند، نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در این شکل که در گزینه ۳ رسم شده است، جهت برآیند نیروهای وارد شده به سیم مرکزی به سمت چپ می‌باشد.



۲ ۱۰۵۰

پله اول می‌دانیم شار مغناطیسی از رابطه $\Phi = BA \cos\theta$ به دست می‌آید. **پله دوم** در رابطه فوق، $\cos\theta$ فاقد واحد (یکا) است. همچنین یکای مساحت (A) نیز در SI، مترمربع (m^2) می‌باشد. یکای میدان مغناطیسی (B) نیز تسلا است که طبق رابطه $F = BIL \sin\theta$ می‌توان نوشت:

$$F = BIL \sin\theta \Rightarrow B = \frac{F}{IL \sin\theta} \rightarrow [T] = \frac{[N]}{[m \times A]}$$

پله سوم برای به دست آوردن یکای شار می‌توان نوشت:

$$\Phi = BA \cos\theta \rightarrow \text{یکای شار} = \frac{[N]}{[m \times A]} \times [m^2] = \frac{[N \times m]}{[A]}$$

پله چهارم طبق فرمول کار داریم:

$$W = Fd \cos\theta$$

$$[J] = [N][m] \Rightarrow [J] = [N \times m]$$

$$\Rightarrow \text{یکای شار} = \frac{[N \times m]}{[A]} = \frac{[J]}{[A]} \quad \checkmark$$

۴ ۱۰۵۱

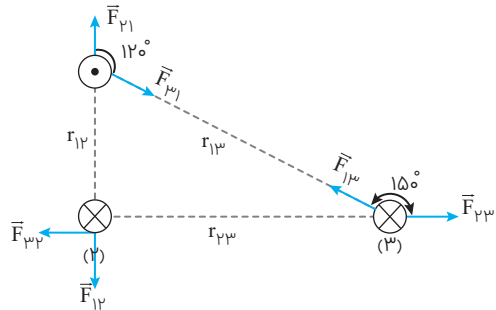
اگر خطوط میدان با سطح حلقه زاویه 60° می‌سازد، زاویه بین خطوط میدان و نیم خط عمود بر حلقه برابر 30° است.

$$\Phi = BA \cos\theta = \frac{B \times \pi \times 10^{-3} \times 1}{A = \pi \times 10^{-2} \times 1} \times \cos 30^\circ \Rightarrow \Phi = 4 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{-2} \times \cos 30^\circ$$

$$\Phi = 8 \times 10^{-5} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 4\sqrt{3} \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

۴ ۱۰۴۷

پله اول هر چقدر فاصله سیم‌ها از هم کمتر باشد، میدان مغناطیسی در محل سیم‌ها و در نتیجه آن نیروهای مغناطیسی وارد بر آن‌ها بزرگتر است. بنابراین با توجه به فاصله‌های مشخص شده خواهیم داشت:



$$r_{13} > r_{23} > r_{12}$$

$$(F_{13} = F_{31}) < (F_{23} = F_{32}) < (F_{12} = F_{21})$$

پله دوم همچنین هر چقدر زاویه بین دو نیرو کمتر باشد، بزرگی برآیند آن‌ها بزرگتر است.

پله سوم سیم شماره (۱) و (۲) را در نظر بگیرید. $F_{22} > F_{32}, F_{12} = F_{21}$ است. از طرفی زاویه بین \vec{F}_{22} و \vec{F}_{12} کوچکتر از زاویه بین \vec{F}_{32} و \vec{F}_{12} است. پس قطعاً برآیند نیروهای وارد بر سیم (۲) بزرگتر از برآیند نیروهای وارد بر سیم (۱) است:

$$F_2 > F_1 \quad (1)$$

پله چهارم به همین ترتیب در مقایسه برآیند نیروهای وارد بر سیم‌های شماره (۱) و (۳) داریم:

$$F_{21} > F_{31}, F_{31} = F_{13}$$

پله پنجم و همچنین زاویه بین \vec{F}_{21} و \vec{F}_{31} کوچکتر از زاویه بین \vec{F}_{22} و \vec{F}_{12} است، پس:

$$F_1 > F_3 \quad (2)$$

مقایسه (۱) و (۲) $F_2 > F_1 > F_3$

۴ ۱۰۴۸

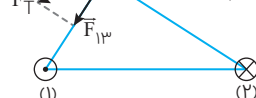
پله اول جریان سیم‌های (۱) و (۳) هم‌سو هستند. بنابراین نیرویی که به یکدیگر وارد می‌کنند، از نوع جاذبه است و با توجه به اینکه میدان حاصل از سیم ۱ در محل سیم ۳ برابر با $\frac{1}{\sqrt{2}} T$ است، بزرگی نیروی وارد بر هر متر از سیم ۳ به صورت زیر به دست می‌آید:

$$F_{13} = B_1 I_3 \ell \sin\theta = \frac{1}{\sqrt{2}} \times 2 \times 1 \times 1 = 1N$$

پله دوم جریان عبوری از سیم (۲) برابر با جریان عبوری از سیم (۱) است و فاصله سیم (۳) از دو سیم (۱) و (۲) با هم برابر است؛ بنابراین بزرگی نیروی وارد بر هر متر از سیم (۳) از طرف سیم‌های (۱) و (۲) با هم برابر است و در نتیجه می‌توان نوشت:

$$F_{23} = F_{13} = 1N$$

پله سوم با توجه به اینکه جریان‌های ناهم‌سو یکدیگر را دفع می‌کند، جهت \vec{F}_{23} و \vec{F}_{13} را تعیین می‌کنیم:





۲ ۱۰۵۸

با توجه به رابطه $\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ خواهیم داشت:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -2 \times 0 \times 0 / 5 = -100 \text{ V} \rightarrow |\varepsilon| = 100 \text{ V}$$

۴ ۱۰۵۹ با توجه به اینکه جهت میدان مغناطیسی تغییر کرده است، تغییر شار ناشی از تغییر زاویه است. در حالت اول، زاویه بین خطوط میدان و نیم خط عمود بر حلقه برابر صفر است. در حالت دوم خطوط میدان 18° تغییر جهت داده است، بنابراین زاویه بین خطوط میدان و نیم خط عمود بر حلقه برابر 18° خواهد بود:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{BA(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{\Delta t}$$

$$\bar{\varepsilon} = -1 \times \frac{0/1 \times 1 \times 0 \times 1 \times 10^{-4} \times (\cos 18^\circ - \cos 0^\circ)}{0/25}$$

$$\bar{\varepsilon} = -1 \times \frac{0/1 \times 1 \times 0 \times 1 \times (-2)}{0/25} = 8 \times 10^{-3} \text{ V} = 8 \text{ mV}$$

۴ ۱۰۶۰

۴ ۱۰۶۱ با توجه به اینکه پیچ عمود بر محور x قرار گرفته است، مؤلفه قائم میدان تأثیری در ایجاد نیروی محرکه القایی ندارد. در این صورت می توان نوشت:

$$\Phi = B_x A \cos \theta = (3 \sin 2 \pi t) \times 10 \times 10^{-4} \times 1 \rightarrow \Phi = 0/3 \sin 2 \pi t$$

۴ ۱۰۶۲ با توجه به اینکه پیچ عمود بر محور x قرار گرفته است، مؤلفه قائم میدان تأثیری در ایجاد نیروی محرکه القایی ندارد. در این صورت می توان نوشت:

$$|\varepsilon| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{40 \times 0/3}{60} |\sin \frac{\pi}{3} - \sin 0|$$

$$= 72 \times 0 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 36 \times 0 \times \sqrt{3} \text{ V} = 3/6 \sqrt{3} \text{ kV}$$

۴ ۱۰۶۱

۴ ۱۰۶۲ با توجه به اینکه پیچ عمود بر محور x قرار گرفته است، مؤلفه قائم میدان تأثیری در ایجاد نیروی محرکه القایی ندارد. در این صورت می توان نوشت:

$$\varepsilon = N \left| \frac{\Delta B \cos \theta}{\Delta t} \right| \Rightarrow \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = \frac{\varepsilon}{N A \cos \theta}$$

۴ ۱۰۶۳ با جایگذاری مقادیر داده شده مسئله در رابطه فوق داریم:

$$\frac{\varepsilon = 9 \text{ V}, N = 600 \text{ (حلقه)}, A = 20 \text{ cm}^2}{\Rightarrow \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = \frac{0/9}{600 \times 20 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ}}$$

$$\Rightarrow \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = \frac{0/9}{18} = 0/5 \text{ T/s} = 5 \text{ mT/s}$$

۴ ۱۰۶۴ در حالت های ۱ و ۲ هیچ اتفاقی رخ نمی دهد. در حالت ۳ نیز بین دو نقطه از یک قطر اختلاف پتانسیل ایجاد می شود.

۲ ۱۰۶۳

۲ ۱۰۶۴ ابتدا نیروی محرکه القایی در حلقه را به دست می آوریم:

$$\varepsilon = IR = 0/2 \times 0/3 = 0/6 \text{ V}$$

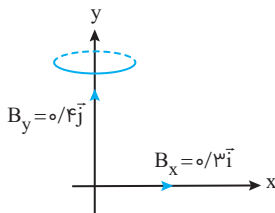
۲ ۱۰۶۵ با توجه به اینکه پیچ عمود بر محور x قرار گرفته است، مؤلفه قائم میدان تأثیری در ایجاد نیروی محرکه القایی ندارد. در این صورت می توان نوشت:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \rightarrow \varepsilon = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} A \cos \theta = -\pi r^2 \times 3 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow |\varepsilon| = N \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} A \cos \theta \right| \rightarrow \frac{6}{100} = 1 \times \frac{\Delta B}{\Delta t} \times 3 \times 10^{-2} \times 1 \rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = 2 \text{ T/s}$$

۴ ۱۰۵۲

۴ ۱۰۵۳ برای محاسبه شار مغناطیسی باید خطوط میدان مغناطیسی را که به صورت عمود از سطح حلقه عبور می کنند، در نظر بگیریم. با توجه به این که سطح حلقه عمود بر محور y (موازی محور x) است، فقط مؤلفه قائم میدان $(0/4 \text{ j})$ از حلقه عبور کرده و داریم:



۴ ۱۰۵۴ شار مغناطیسی عبوری از حلقه:

$$\Phi = AB_y \cos 0 = 20 \times 10^{-4} \times 0/4 = 8 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

۴ ۱۰۵۵ از طرفی بزرگی میدان مغناطیسی برابر است با:

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

۴ ۱۰۵۳

۴ ۱۰۵۴ بیشترین شار مغناطیسی را زمانی خواهیم داشت که سطح حلقه عمود بر خطوط میدان مغناطیسی باشد، یعنی $\theta = 0$.

۴ ۱۰۵۵ با توجه به اینکه پیچ عمود بر محور x قرار گرفته است، مؤلفه قائم میدان تأثیری در ایجاد نیروی محرکه القایی ندارد. در این صورت می توان نوشت:

$$\Phi_{\max} = AB \cos \theta = \Phi_{\max} = AB$$

$$\rightarrow 4 \times 10^{-3} = A \times 0/2 \rightarrow A = 2 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \rightarrow A = 20 \text{ cm}^2$$

۱ ۱۰۵۴

۱ ۱۰۵۵ ویر یکای تغییرات شار است. حال با استفاده از رابطه $\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ و سازگاری یکاها که در فیزیک دهم یاد گرفتیم، $\frac{\text{Wb}}{\text{s}}$ معادل یکای ولت است.

۳ ۱۰۵۵

۳ ۱۰۵۶ با توجه به رابطه $\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ، آهنگ تغییر شار $\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ با نیروی محرکه الکتریکی از یک جنس است.

۱ ۱۰۵۶

۱ ۱۰۵۷ ثانیه اول یعنی $t_1 = 0$ تا $t_2 = 1 \text{ s}$ است، بنابراین تغییرات شار برابر است با:

$$\left. \begin{aligned} t_1 = 0 &\rightarrow \Phi_1 = 2 \text{ Wb} \\ t_2 = 1 &\rightarrow \Phi_2 = 3 - 2 + 2 = 3 \text{ Wb} \end{aligned} \right\} \Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 1 \text{ Wb}$$

۲ ۱۰۵۸ در نهایت خواهیم داشت:

$$|\varepsilon| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \times \frac{1}{1} = 1 \text{ V}$$

۲ ۱۰۵۷

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta B A \cos \theta}{\Delta t} = -1 \times \frac{-0/8 \times 20 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ}{2 \times 10^{-2}}$$

$$\rightarrow \varepsilon = 0/8 \text{ V}$$



پله دوم می‌دانیم اندازه جریان عبوری از هر حلقه، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$I = \frac{\frac{N\Delta\Phi}{R}}{\frac{N\Delta B \times A}{R}} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta B \times A} \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{A_1}{A_2} \times \frac{R_2}{R_1} = 9 \times \frac{1}{3} = 3$$

۱۰۶۸

پله اول ابتدا نیروی محرکه القایی را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \rightarrow 0.02 = \frac{\varepsilon}{4} \rightarrow \varepsilon = 0.08 \text{ V}$$

پله دوم حال خواهیم داشت:

$$\varepsilon = \left| -N \frac{B\Delta A \cos\theta}{\Delta t} \right| \rightarrow 0.08 = 1 \times 5 \times 10^{-2} \times \frac{\Delta A}{\Delta t} \cos\theta$$

$$\rightarrow \frac{\Delta A}{\Delta t} = 1.6 \text{ m}^2/\text{s}$$

#-q محاسبه بار الکتریکی القایی

۱۰۶۹

برای محاسبه بار شارش در مدار، از قانون القای فارادی و تعریف جریان استفاده می‌کنیم:

$$\begin{cases} |\varepsilon| = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \bar{I}R \\ \bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \end{cases} \Rightarrow \Delta q = \frac{N}{R} \Delta\Phi = 20 \times \frac{0.05}{10} \Rightarrow \Delta q = 1 \text{ C}$$

۱۰۷۰

پله اول می‌دانیم مقدار شار از رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

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

حرفه‌ای باش

با در نظر گرفتن پله اول، می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} \Delta\Phi = A \cos\theta \Delta B \\ \rightarrow B_1 = 0.08 \text{ T}, B_2 = -0.04 \text{ T} \end{cases} \rightarrow \Delta\Phi = -0.12 A \cos\theta$$

پله دوم شار مغناطیسی را در هر ۲ حالت محاسبه می‌کنیم:

$$\Phi_1 = AB_1 \cos\theta_1 = 8 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-2} \times \cos 60^\circ$$

$$\Phi_2 = AB_2 \cos\theta_2 = 4 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-2} \times \cos 120^\circ$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \Phi_1 = 8 \times 10^{-4} \text{ Wb} \\ \Phi_2 = -4 \times 10^{-4} \text{ Wb} \end{cases}$$

پله سوم تغییرات شار مغناطیسی (Φ) را محاسبه می‌کنیم:

$$\Rightarrow \Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -4 \times 10^{-4} - (8 \times 10^{-4}) \Rightarrow \Delta\Phi = -12 \times 10^{-4}$$

پله چهارم به کمک قانون القای فارادی می‌توان نوشت:

$$|\varepsilon| = N \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \xrightarrow{I = \frac{V}{R}} \bar{I}R = \left| \frac{N\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \xrightarrow{I = \frac{\Delta q}{\Delta t}}$$

پس مقدار بار شارش شده از فرمول روبه‌رو محاسبه می‌گردد:

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

$$\xrightarrow{N=1} \Delta q = \frac{1}{2} \times 12 \times 10^{-4} = 6 \times 10^{-4} \text{ C} = 0.6 \text{ mC}$$

چون یک حلقه (دور) داریم

۱۰۶۴

پله اول ابتدا به کمک رابطه $I = \frac{\varepsilon}{R}$ ، نیروی محرکه القایی را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{I = 4 \times 10^{-3} \text{ A}}{3} \rightarrow \varepsilon = 12 \times 10^{-3} \text{ V}$$

پله دوم حال به سراغ محاسبه آهنگ تغییر شار می‌پردازیم:

$$|\varepsilon| = \left| -N \frac{\Delta B}{\Delta t} A \cos\theta \right| \rightarrow 12 \times 10^{-3} = 40 \times \frac{\Delta B}{\Delta t} \times 2 \times 10^{-2} \times \cos\theta$$

$$\rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{12}{8} \times 10^{-3} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ T/s}$$

۱۰۶۵

پله اول وقتی زاویه سیملوله نسبت به میدان ۳۷ درجه است، پس زاویه خط عمود بر سیملوله با میدان $90 - 37 = 53^\circ$ خواهد شد.

پله دوم مساحت مقطع سیملوله برابر است با:

$$A = \pi r^2 \xrightarrow{d=4 \text{ cm}} A = \pi (2 \times 10^{-2})^2 \rightarrow A = 128 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$r = \frac{d}{2} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}$$

پله سوم مطابق قانون القای فارادی داریم:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta B}{\Delta t} A \cos\theta \xrightarrow{N=60, \frac{\Delta B}{\Delta t} = 1 \text{ T/s}, A=128 \times 10^{-6} \text{ m}^2, \theta=53^\circ}$$

$$\rightarrow \varepsilon = -60 \times 128 \times 10^{-6} \times \cos(53^\circ) = -0.648 \text{ V}$$

پله چهارم طول سیملوله برابر حاصل ضرب تعداد حلقه‌های آن در محیط هر حلقه است، پس:

$$L = N(2\pi r) = 60(2 \times 3.14 \times 2) = 753.6 \text{ cm} = 7.536 \text{ m}$$

پله پنجم مقاومت هر متر از سیم برابر 0.5Ω اهم است، پس مقاومت کل سیم برابر است با:

$$R = 7.536 \times 0.5 = 3.768 \Omega$$

پله ششم جریان القایی طبق قانون اهم برابر است با:

$$I = \frac{V}{R} \xrightarrow{V=\varepsilon} I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0.648}{3.768} = 0.172 \text{ A}$$

۱۰۶۶

پله اول با توجه به قانون القای فارادی داریم:

$$\varepsilon = \left| N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|, I = \frac{V}{R} \xrightarrow{V=\varepsilon} I = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow IR_T = NA \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right|$$

پله دوم اگر مقاومت هر حلقه R_1 باشد، مقاومت کل سیم پیچ برابر با R_1 خواهد بود و در نتیجه داریم:

$$IR_1 = A \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \xrightarrow{I=0.8 \text{ A}, A=\pi r^2, d=4 \text{ cm} \rightarrow r=2 \text{ cm}, \pi=3.14, \frac{\Delta B}{\Delta t}=70 \times 10^{-4} \text{ T/s}}$$

$$0.8 R_1 = [3 \times (0.02)^2] (70 \times 10^{-4}) \rightarrow R_1 = \frac{3 \times 0.04 \times 70 \times 10^{-4}}{0.8}$$

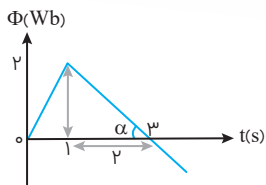
$$\rightarrow R_1 = 0.105 \Omega = 105 \text{ m}\Omega$$

۱۰۶۷

پله اول طبق فرض سؤال، شعاع حلقه (۱) سه برابر شعاع حلقه (۲) است:

پس می‌توان نسبت مساحت دو حلقه و نیز محیط آن‌ها را به دست آورد:

$$r_1 = 3r_2 \Rightarrow \begin{cases} A = \pi r^2 \Rightarrow A_1 = 9A_2 \\ \text{مقاومت سیم با طول آن (محیط)} \\ P_{\text{محیط}} = 2\pi r \Rightarrow P_1 = 3P_2 \xrightarrow{\text{نسبت مستقیم دارد}} R_1 = 3R_2 \end{cases}$$



۳ ۱۰۷۵
برای محاسبه نیروی محرکه القایی در دو ثانیه دوم یا همان بازه زمانی ۲ تا ۴ ثانیه، شیب نمودار در این بازه را نیاز داریم که برابر $\tan \alpha$ می باشد:

$$|\tan \alpha| = \frac{\gamma}{\psi} = 1 \Rightarrow \text{شیب خط منفی است. } \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1$$

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \times (-1) = 1V$$

۴ ۱۰۷۶
پله اول حتماً این فرمول مهم را به خاطر دارید: $\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$
همان طور که می دانیم، نیروی محرکه القایی از فرمول بالا به دست می آید. در این فرمول، همان شیب نمودار است! در نتیجه در بازه (۰, ۴s)، شیب نمودار ثابت و برابر خواهد بود با:

$$\text{شیب نمودار} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{0 - (-4)}{1 - 0} = \frac{4}{1} = 4 \text{ Wb/s}$$

پله دوم بزرگی نیروی محرکه القایی در ثانیه سوم که روی این خط قرار می گیرد برابر است با:

$$|\varepsilon| = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = |-N(\frac{\Phi_{4s} - \Phi_{3s}}{4 - 3})| = |-1 \times 4| = 4V$$

پله سوم با استفاده از معادله خط، شار لحظه $t = 4s$ به دست می آید:

$$0 \leq t \leq 4(s) \Rightarrow \Phi = 4t - 4 \xrightarrow{t=4s} \Phi_{4s} = 4(4) - 4 = 12 \text{ Wb}$$

پله چهارم حال در بازه (۴s, ۷s)، که برابر با شیب خط است را به دست می آوریم:

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_{7s} - \Phi_{4s}}{7 - 4} = \frac{0 - 12}{3} = -4 \text{ Wb/s}$$

پله پنجم آهنگ تغییر شار در دو ثانیه سوم یعنی $4s \leq t \leq 6s$ نیز برابر همان شیب خط به دست آمده است، پس: بزرگی نیروی محرکه القایی در بازه (۴s, ۶s) برابر خواهد بود با:

$$|\varepsilon(4s, 6s)| = |-N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}| = |-1 \times (-4)| = 4V$$

$$\text{نسبت خواسته شده} = \frac{|\varepsilon(3, 4)|}{|\varepsilon(4, 6)|} = \frac{4}{4} = 1 \Rightarrow \text{در نتیجه}$$

۳ ۱۰۷۷
با توجه به قانون القای فارادی، برای منفی بودن نیروی محرکه القایی متوسط در بازه مورد نظر باید $\Delta \Phi > 0$ باشد که از گزینه های داده شده تنها در باز $[t_1, t_2]$ مقدار $\Delta \Phi$ مثبت است.

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{\varepsilon < 0, \Delta \Phi > 0} \Delta \Phi > 0$$

۴ ۱۰۷۸
چون از ۱۰ تا ۲۰ ثانیه نمودار خط راست است، بنابراین نیروی محرکه القایی با شیب این خط برابر است. شیب این خط را به کمک 10 تا 16 ثانیه محاسبه می کنیم:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{0 - 0.06}{6} = 0.01V = 10 \text{ mV}$$

۱ ۱۰۷۹
با توجه به رابطه $\varepsilon = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ، هر بازه زمانی که $|\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}|$ بیشتری داشته باشد مقدار $\bar{\varepsilon}$ بیشتری دارد.

۲ ۱۰۷۱
پله اول در حالت اول، زاویه θ_1 برابر با صفر درجه خواهد بود و با چرخش 180° درجه ای، θ_2 برابر با 180° خواهد شد. ابتدا جریان القایی را محاسبه می کنیم. می دانیم بزرگی این جریان از فرمول زیر به دست می آید:

$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{-N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}}{R} = \frac{-N \Delta(AB \cos \theta)}{R \Delta t}$$

$$\Rightarrow \bar{I} = \frac{-N}{R} AB \frac{(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{\Delta t} \quad (1)$$

پله دوم توجه کنید که طبق فرضیات مسئله، می دانیم نه کمیت بزرگی میدان و نه مساحت پیچه در میدان هیچ یک تغییری نکرده اند؛ در نتیجه حین تأثیر دادن $\Delta \Phi$ در فرمول بالا، A و B که کمیت های ثابت (constant) هستند را بیرون کشیده و فقط تغییرات زاویه θ را اعمال می کنیم. همچنین می دانیم مقدار بار الکتریکی از رابطه زیر به دست می آید (فصل ۲ فیزیک یازدهم، بخش جریان و بار الکتریکی شارش یافته):

$$\Delta q = I \Delta t \xrightarrow{\text{طبق (1)}} \Delta q = -\frac{N}{R} AB (\cos \theta_2 - \cos \theta_1)$$

$$\Rightarrow \Delta q = \frac{-1 \times 0.02}{4} \times 1 \times 10^{-4} \times 10 \times 10^{-4} \times (\cos 180^\circ - \cos 0^\circ)$$

$$\Delta q = 5 \times 10^{-6} \text{ C} = 5 \mu\text{C}$$

۲ ۱۰۷۲
پله اول ابتدا بار شارش یافته را به دست می آوریم:

$$\Delta q = -N \frac{\Delta \Phi}{R} = -1 \times \frac{(-0.02)}{0.5} = 4 \times 10^{-2} \text{ C}$$

پله دوم با توجه به رابطه $\Delta q = ne$ ، تعداد الکترون شارش یافته یعنی n را محاسبه می کنیم:

$$n = \frac{\Delta q}{e} = \frac{4 \times 10^{-2}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{1}{4} \times 10^{18} = 2.5 \times 10^{16} = 2.5 \times 10^{17} \text{ (الکترون)}$$

۳ ۱۰۷۳
پله اول با توجه به قانون القای فارادی می توان نوشت:

$$\bar{\varepsilon} = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, I = \frac{V}{R} \xrightarrow{V = \varepsilon} I = \frac{\varepsilon}{R} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = \bar{I} R = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

$$\frac{I = \frac{\Delta q}{\Delta t}}{\Delta t} \rightarrow \frac{\Delta q}{\Delta t} R = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \rightarrow \Delta q R = N \Delta \Phi$$

پله دوم با توجه به اینکه بار الکتریکی عبوری مضربی از بار الکترون است، خواهیم داشت:

$$\Delta q = ne \rightarrow (ne)R = N \Delta \Phi \xrightarrow{n=?, e=1.6 \times 10^{-19} \text{ C}, R=3 \Omega, N=640, \Delta \Phi=60 \text{ Wb}} \rightarrow$$

$$n = \frac{N \Delta \Phi}{eR} = \frac{640 \times 60}{1.6 \times 10^{-19} \times 3} = 8 \times 10^{21} \text{ (الکترون)}$$

۲ ۱۰۷۴
پله اول بار شارش شده در اثر القای رابطه $q = N \frac{\Delta \Phi}{R}$ به دست می آید. زیرا:

$$\varepsilon = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{I = \frac{V}{R}, \varepsilon = V} \rightarrow IR = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \xrightarrow{I = \frac{\Delta q}{\Delta t}}$$

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} R = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \rightarrow \Delta q = N \frac{\Delta \Phi}{R} \quad (1)$$

بنابراین بار شارش شده در اثر القای ربطی به زمان تغییر شار ندارد.

پله دوم با جایگذاری داده های مسئله در رابطه (۱) داریم:

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta \Phi_2} = \left| \frac{3\Phi - \Phi}{9\Phi - 3\Phi} \right| = \left| \frac{2\Phi}{6\Phi} \right| = \frac{1}{3}$$



۱۰۸۴ ۳

پله اول هنگامی که حلقه در خارج از میدان مغناطیسی قرار دارد هیچ شاری از آن عبور نمی‌کند. در زمانی که به طور کامل وارد میدان مغناطیسی شده است مقدار شار عبوری را محاسبه می‌کنیم.

$$\Phi = BA \cos \alpha = 2 \times 10^{-4} \times 15 \times 10^{-2} \times \cos 60^\circ = 3 \times 10^{-7} \text{ Wb} = 0.3 \mu\text{Wb}$$

پله دوم از لحظه‌ای که حلقه کاملاً درون میدان مغناطیسی قرار دارد، مقدار شار عبوری از درون حلقه هیچ‌گونه تغییری نمی‌کند.

پله سوم از لحظه‌ای که حلقه شروع به خارج شدن می‌کند مقدار شار مغناطیسی در حال کاهش و رو به صفر شدن است.

پله چهارم برای این که بدانیم حلقه چند ثانیه طول کشیده است تا وارد و سپس از میدان مغناطیسی خارج شود، باید دو مرحله را در نظر بگیریم. یکی طی کردن طول میدان مغناطیسی و دیگری به طور کامل خارج شدن حلقه از میدان مغناطیسی. پس در کل حلقه باید علاوه بر ۱۵cm، ۵cm دیگر را طی کند تا از میدان مغناطیسی خارج گردد.



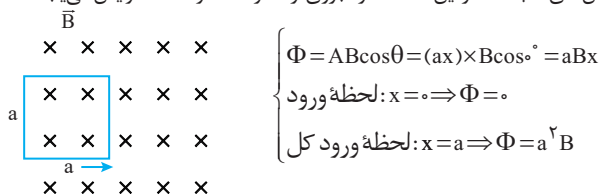
$$\Delta x = vt \Rightarrow 20 \times 10^{-2} = 2 \times t \Rightarrow t = \frac{20 \times 10^{-2}}{2} = 0.1 \text{ s} = 100 \text{ ms}$$

توجه برای محاسبه مدت زمانی که طول می‌کشد تا مقدار شار ماکزیمم شود داریم:

$$\Delta x = vt_1 \Rightarrow 5 \times 10^{-2} = 2 \times t_1 \Rightarrow t_1 = 0.025 \text{ s} = 25 \text{ ms}$$

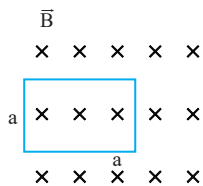
۱۰۸۵ ۲

پله اول از لحظه ورود ابتدایی‌ترین قسمت قاب به میدان تا لحظه ورود کامل تمامی بخش‌های قاب \leftarrow در این حالت شار عبوری از صفر تا مقدار $a \vec{B}$ افزایش می‌یابد.



$$\begin{cases} \Phi = AB \cos \theta = (ax) \times B \cos 90^\circ = aBx \\ \text{لحظه ورود: } x=0 \Rightarrow \Phi=0 \\ \text{لحظه ورود کل: } x=a \Rightarrow \Phi=a \vec{B} \end{cases}$$

پله دوم وقتی قاب در میدان حضور دارد \leftarrow در این حالت شار عبوری از حلقه (قاب) ثابت بوده و برابر $a \vec{B}$ است.



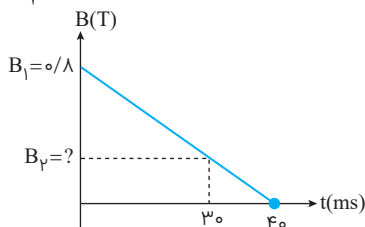
$$\Phi = AB \cos \theta = a \vec{B} \cos 90^\circ = a \vec{B}$$

۱۰۸۰ ۲

روش اول:

پله اول ابتدا با استفاده از تشابه مثلث‌ها، میدان مغناطیسی در لحظه $t = 3 \text{ ms}$ محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{B_1}{40} = \frac{B_2}{10} \rightarrow \frac{0.8}{40} = \frac{B_2}{10} \Rightarrow B_2 = 0.2 \text{ T}$$



پله دوم حال به سادگی می‌توانیم نیروی محرکه القایی را تا زمان ۳۰ میلی ثانیه به دست آوریم:

$$\begin{aligned} \bar{\varepsilon} &= -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta BA \cos \theta}{\Delta t} \\ &= -50 \times \frac{(0.2 - 0.8) \times 40 \times 10^{-4} \times \cos 60^\circ}{30 \times 10^{-3}} \\ \bar{\varepsilon} &= 40 \text{ V} \end{aligned}$$

روش دوم: از آن جایی که شیب نمودار ثابت است، می‌توان گفت نیروی محرکه القایی بین دو زمان $t = 0 \text{ s}$ تا $t = 3 \text{ ms}$ برابر نیروی محرکه القایی بین دو زمان $t = 0 \text{ ms}$ تا $t = 4 \text{ ms}$ است. پس برای راحتی می‌توانیم نیروی محرکه القایی بین دو زمان $t = 0 \text{ ms}$ تا $t = 4 \text{ ms}$ را محاسبه کرد.

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta BA \cos \theta}{\Delta t} = -50 \times \frac{0.8 \times 40 \times 10^{-4} \times \cos 60^\circ}{4 \times 10^{-3}} = 40 \text{ V}$$

۱۰۸۱ ۴

شیب نمودار شار بر حسب زمان در بازه زمانی $t_1 = 4 \text{ s}$ تا $t_2 = 16 \text{ s}$ ثابت است؛ بنابراین نیروی محرکه القایی در لحظه t' برابر نیروی محرکه القایی متوسط در این بازه زمانی است:

$$\varepsilon_t = \bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \times \frac{(-2 - 2)}{16 - 4} = \frac{4}{12} = \frac{1}{3} \text{ V}$$

۱۰۸۲ ۴

پله اول شیب نمودار $B-t$ ثابت است؛ در نتیجه جریان القایی در لحظه $t = 0.4 \text{ s}$ برابر جریان القایی متوسط در 0.5 ثانیه است. حال سراغ محاسبه نیروی محرکه القایی متوسط می‌رویم:

$$\begin{aligned} |\varepsilon| &= -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Delta BA \cos \theta}{\Delta t} = \frac{50 \times 0.4 \times 50 \times 10^{-4} \times 1}{0.5} \\ \rightarrow \varepsilon &= 0.2 \text{ V} \end{aligned}$$

پله دوم حال به راحتی اندازه جریان را محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0.2}{5} = 0.04 \text{ A} = 40 \text{ mA}$$

۱۰۸۳ ۳

با توجه به قانون القای فارادی منفی شیب نمودار $\Phi-t$ یک حلقه نشان‌دهنده ε است. با توجه به رابطه $\varepsilon = IR$ ، نمودار $I-t, \varepsilon-t$ دارای شکل یکسانی است. از آن جایی که شیب نمودار در بازه زمانی صفر تا t_1 بیشتر از بازه زمانی t_1 تا t_2 است، پس نمودار گزینه «۳» صحیح است.



۱۰۸۸

پله اول تغییر شار مغناطیسی را ابتدا در بازه زمانی $t_1 = 0$ تا $t_2 = 4s$ محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{I} = -\frac{N \Delta \Phi}{R \Delta t} \Rightarrow 2 \times 10^{-3} = -\frac{2 \times 10^{-2} \times \Delta \Phi}{4 \times 4} \Rightarrow \Delta \Phi = 16 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

حرفه‌ای باش

با دقت به گزینه‌ها، متوجه می‌شویم محاسبات طولانی در پیش داریم: پس از روی نمودار همان ابتدا گزینه‌های ۱ و ۳ را حذف می‌کنیم. بین ۲ و ۴، می‌دانیم که $I = \frac{N \Delta \Phi}{R \Delta t}$ است؛ پس می‌توان نوشت:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{\Delta \Phi_2}{\Delta \Phi_1} \times \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \xrightarrow[\text{موجود}]{\text{اطلاعات}} \Delta \Phi_2 = \Delta \Phi_1$$

پله دوم تغییر شار مغناطیسی در بازه زمانی $t_2 = 4s$ تا $t_3 = 14s$ را نیز به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{I} = -\frac{N \Delta q}{R \Delta t} \Rightarrow -8 \times 10^{-3} = -\frac{2 \times 10^{-2} \times \Delta \Phi}{14 - 4} \Rightarrow -8 \times 10^{-3} = -\frac{\Delta \Phi}{5} \Rightarrow \Delta \Phi = \frac{-8 \times 10^{-3} \times 5}{-1} = 16 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

چون $\Delta \Phi_1 = \Delta \Phi_2$ پس جواب می‌شود گزینه ۲

۱۰۸۹

پله اول ابتدا معادله شار-زمان را به کمک نمودار به‌دست می‌آوریم:

$$\Phi = at^2 + bt + c \xrightarrow{c=A} \Phi = at^2 + bt + A$$

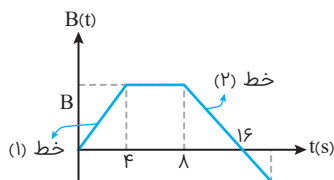
$$\left. \begin{aligned} \frac{t=0}{\Phi=0} \Rightarrow 0 &= a + b + A \\ \frac{t=4}{\Phi=0} \Rightarrow 0 &= 16a + 4b + c \end{aligned} \right\} \begin{aligned} a &= 2 \\ b &= -10 \end{aligned} \rightarrow \Phi = 2t^2 - 10t + A$$

پله دوم با استفاده از قانون القای فارادی برای محاسبه شدت جریان القایی متوسط خواهیم داشت:

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{R} = \left| -\frac{N \Delta \Phi}{R \Delta t} \right| = \frac{5 \times 12}{12 \times 5} = 24 \text{ A}$$

۱۰۹۰

پله اول با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فارادی و خطی بودن تغییرات بزرگی میدان مغناطیسی (B)، در بازه زمانی $0 < t < 4s$ و $4s < t < 16s$ داریم:



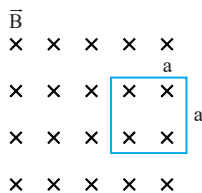
$$0 < t < 4s \Rightarrow I_{rs} = \bar{I}_1 = -\frac{N}{R} A \cos \theta \frac{\Delta B_1}{\Delta t_1}$$

$$4s < t < 16s \Rightarrow I_{rs} = \bar{I}_2 = -\frac{N}{R} A \cos \theta \frac{\Delta B_2}{\Delta t_2}$$

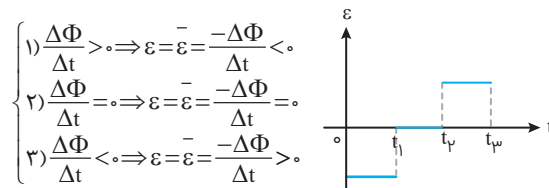
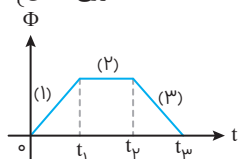
پله دوم بنابراین برای مقایسه آهنگ تولید انرژی گرمایی در حلقه می‌توان نوشت:

$$\frac{P_{rs}}{P_{1rs}} = \frac{R \times (I_{rs})^2}{R \times (I_{1rs})^2} = \frac{\left(\frac{\Delta B_1}{\Delta t_1}\right)^2}{\left(\frac{\Delta B_2}{\Delta t_2}\right)^2} = \frac{\left(\frac{B-0}{4}\right)^2}{\left(\frac{0-B}{16}\right)^2} = \left(\frac{B}{4}\right)^2 \times \left(\frac{16}{B}\right)^2 = (-2)^2 = 4$$

پله سوم از لحظه خروج اولین قسمت از قاب از میدان تا لحظه خروج کامل تمامی قسمت‌های قاب از میدان مغناطیسی در این حالت شار عبوری از $a^2 B$ در لحظه خروج به عدد صفر می‌رسد.



لحظه خروج $\Rightarrow \Phi = AB \cos \theta = a^2 B \times \cos 0^\circ = a^2 B$
لحظه خروج کامل $\Rightarrow \Phi = 0$



توجه نمودار شار برحسب زمان در گزینه «۱» موجود است ولی خواسته سؤال نمودار نیروی محرکه برحسب زمان است، اشتباه کمیت در انتخاب گزینه

۱۰۸۶

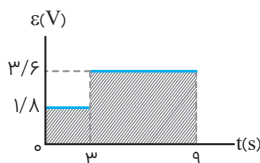
پله اول طبق رابطه $\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ و با توجه به اینکه همان شیب نمودار شار-زمان است و نیز با دقت به علامت منفی در فرمول ذکر شده، می‌توان نتیجه گرفت که:

اگر نمودار شار-زمان صعودی باشد \rightarrow نیروی محرکه عددی است منفی
اگر نمودار شار-زمان نزولی باشد \rightarrow نیروی محرکه عددی است مثبت

پله دوم هر چه شیب نمودار $\Phi-t$ (شار-زمان) بیشتر باشد، اندازه نیروی محرکه بزرگتر است. پس گزینه «۲» که در آن نمودار ابتدا صعودی (نیروی محرکه $-3\mathcal{E}$)، پس نزولی (نیروی محرکه $+4\mathcal{E}$) و در نهایت صعودی (نیروی محرکه $-3\mathcal{E}$) بوده و اندازه شیب قسمت‌های مختلف نیز رعایت شده می‌تواند پاسخ صحیح باشد.

۱۰۸۷

پله اول سطح زیر نمودار $\mathcal{E}-t$ نشان‌دهنده $-N \Delta \Phi$ است، بنابراین:



$$S_{\mathcal{E}-t} = 1 \times 1/8 + 3 \times 3/6 = 12/6 \rightarrow -N \Delta \Phi = 12/6$$

پله دوم به راحتی خواهیم داشت:

$$\mathcal{E} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{12/6}{9} = 1/4 \text{ V}$$



۱ ۱۰۹۳

به کمک رابطه $\varepsilon = vBL$ می‌توانیم نیروی محرکه القایی را به دست بیاوریم:
 $\varepsilon = vBL = 3 \times 0.5 \times 0.4 = 0.6V$

۲ ۱۰۹۴

نیروی محرکه القایی در پیچهای با N دور، در لحظه‌هایی که خطوط میدان مغناطیسی عبوری تنها از قسمتی از پیچه عبور می‌کند از $\varepsilon = NBLv$ به دست می‌آید:

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{N_1}{N_2} \times \frac{B_1}{B_2} \times \frac{L_1}{L_2} \times \frac{v_1}{v_2} = \frac{200}{300} \times \frac{2a}{a} \times \frac{2v}{v} = \frac{8}{3}$$

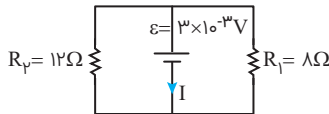
۱ ۱۰۹۵

پله اول می‌دانیم نیروی محرکه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\varepsilon = Bv\ell = 6 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^{-2} \times 0.5 = 3 \times 10^{-3} V$$

پله دوم مدار را ساده می‌کنیم و آن را به شکل زیر تبدیل می‌کنیم:

دو مقاومت R_1, R_2 موازی هستند، پس مقاومت معادل مدار برابر خواهد بود با:



$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{8 \times 12}{8 + 12} = \frac{96}{20} = 4.8 \Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{3 \times 10^{-3}}{4.8} = 0.625 \times 10^{-3} A = 0.625 mA$$

۲ ۱۰۹۶

برای محاسبه نیروی محرکه القاشده داریم:

$$|\varepsilon| = Bv\ell = 0.5 \times 2 \times 0.3 = 0.3V = 300 mV$$

۲ ۱۰۹۷

نیروی محرکه القایی از دو رابطه $\varepsilon = IR$ و $\varepsilon = BvL$ می‌آید بنابراین:

$$|\varepsilon| = RI \Rightarrow Bv\ell = RI_c$$

$$\Rightarrow 0.1 \times v \times 2 \times 0.5 \times 10^{-2} = 0.2 \times 0.5$$

$$\Rightarrow v = 4 m/s$$

۴ ۱۰۹۸

پله اول ابتدا به کمک جریان و مقاومت، نیروی محرکه القایی را به دست می‌آوریم:

$$\varepsilon = IR \rightarrow \varepsilon = 0.5 \times 0.4 = 0.2V$$

پله دوم حال خواهیم داشت:

$$\varepsilon = vBL \rightarrow 0.2 = v \times 0.5 \times 0.2 \rightarrow v = 2 m/s$$

۴ ۱۰۹۹

پله اول ابتدا نیروی محرکه القایی را به دست می‌آوریم:

$$\varepsilon = BLv \rightarrow \varepsilon = 0.4 \times 0.2 \times \frac{2.5}{100} = 0.02V$$

پله دوم در نهایت خواهیم داشت:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} \rightarrow R = \frac{0.02}{4 \times 10^{-3}} = 0.5 \Omega$$

۴ ۱۰۹۱

پله اول می‌دانیم در نمودار شار مغناطیسی بر حسب زمان، قدرمطلق شیب خط بیانگر مقدار نیروی محرکه القایی است.

پله دوم قدرمطلق شیب خط در ۶ ثانیه اول ($|m_1| = \frac{4\lambda}{6} = \lambda$) و در ۱۲ ثانیه

بعدی ($|m_2| = \frac{2 \times 4\lambda}{12} = \lambda$) با هم برابر است. در نتیجه نیروی محرکه مرحله اول

و مرحله دوم با هم، هم اندازه بوده و با توجه به رابطه $I = \frac{\varepsilon}{R}$ ، می‌توان دید که شدت

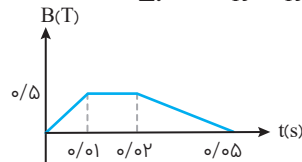
جریان در تمامی مدت ۱۸ ثانیه مقدار ثابتی دارد.

پله سوم توان گرمایی تولید شده در مقاومت R برابر است با $P = RI^2$.

ثابت بودن مقاومت (R) و جریان (I)، توان (P) نیز مقدار ثابتی خواهد بود.

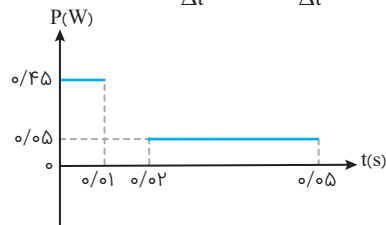
۴ ۱۰۹۲

این سؤال، سؤال جالبی است. با توجه به روابط $P = \frac{V^2}{R} = \frac{\varepsilon^2}{R}$ و $\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ داریم:



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

$$= -1 \times (\pi \times (0.1)^2) \frac{\Delta B}{\Delta t} = -0.03 \frac{\Delta B}{\Delta t}$$



$$\left\{ \begin{array}{l} 0 < t < 0.1 s \Rightarrow \varepsilon = -0.03 \times \frac{0.5 - 0}{0.1 - 0} = -1.5 V \\ \Rightarrow P = \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{(-1.5)^2}{\Delta} = 0.45 W \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0.1 s < t < 0.2 s \Rightarrow \varepsilon = -0.03 \times 0 = 0 \Rightarrow P = 0 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 0.2 s < t < 0.5 s \Rightarrow \varepsilon = -0.03 \times \frac{(0 - 0.5)}{0.5 - 0.2} = 0.5 V \\ \Rightarrow P = \frac{(0.5)^2}{\Delta} = 0.5 W \end{array} \right.$$

حرفه‌ای باش

با در نظر گرفتن اینکه P منفی نمی‌شود ($\frac{\varepsilon^2}{R}$)؛ پس گزینه ۱ و ۳ رد

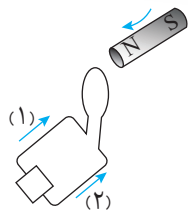
می‌شوند. حال مشخص است P در بازه زمانی $[0, 0.1s]$ در هر ۲ گزینه

۴ و ۲ مشترک است. با در نظر گرفتن اینکه $\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ، $\Delta\Phi$ ، $P = \frac{\varepsilon^2}{R}$ ،

در بازه‌های زمانی $[0, 0.1s]$ و $[0.2s, 0.5s]$ یکسان است؛ پس

تنها تفاوت آن‌ها Δt خواهد بود. از این رو متوجه می‌شویم $P[0.1 - 0.2s]$

، ۹ برابر $P[0.2 - 0.5s]$ می‌باشد.



۱۱۰۲ ۲ آهنربا در حال نزدیک شدن به حلقه است؛ بنابراین میدان مغناطیسی در حال افزایش است؛ پس شار مغناطیسی نیز افزایش می‌یابد. طبق قانون لنز، میدان القایی با این افزایش شار باید مخالفت کند. طبق قانون دست راست، سمت راست حلقه باید قطب N آهنربا و سمت چپ قطب S آهنربا شود.

بنابراین جهت جریان القایی در جهت (۱) است. همان‌طور که مشخص است نیروی مغناطیسی که حلقه به آهنربا وارد می‌کند دافعه است.

۱ ۱۱۰۳

پله اول با نزدیک شدن آهنربا به سیم‌لوله سمت چپ، قطب N در سمت راست آن ایجاد می‌شود تا مانع از نزدیک شدن آهنربا شود؛ بنابراین جریان القایی در سیم‌لوله از A به B است.

پله دوم با توجه به پله اول جریان القایی هم در سیم‌لوله سمت راست از D به C خواهد بود.

۴ ۱۱۰۴ به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینه «۱»: با توجه به نزدیک شدن آهنربا، باید جهت جریان القایی به گونه‌ای باشد که با نزدیک شدن آن مخالفت کند؛ بنابراین در گزینه «۱» جهت جریان رو به پایین خواهد بود.

گزینه «۲»: با دور شدن حلقه، باید جهت میدان مغناطیسی به سمت چپ باشد و در نتیجه جریان رو به بالا خواهد بود.

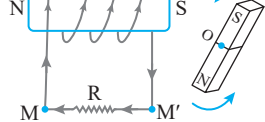
گزینه «۳»: آهنربا در حال دور شدن است؛ بنابراین جریان باید رو به پایین باشد تا از دور شدن آن جلوگیری کند.

گزینه «۴»: درستی گزینه بررسی شود.

۲ ۱۱۰۵

پله اول در شکل زیر، هنگامی که قطب‌های آهنربای چرخان به سیم‌لوله نزدیک می‌شوند، شار مغناطیسی که از سیم‌لوله می‌گذرد، افزایش یافته و در نتیجه براساس قانون لنز، سیم‌لوله قطب‌های خود را طوری تعیین می‌کند که آهنربا را دفع کند. بنابراین تا هنگامی که قطب N به سیم‌لوله نزدیک می‌شود، سمت راست سیم لوله قطب N و سمت چپ آن قطب S خواهد بود. در ادامه طبق قاعده دست راست، اگر چهار انگشت خود را روی سیم‌لوله در جهت جریان بچرخانیم، باید انگشت شست از S به N باشد، بنابراین با توجه به قطب‌های سیم‌لوله، جهت جریان القایی در این حالت از M به M' خواهد بود.

پله دوم حال اگر قطب N آهنربا از سیم‌لوله دور شود، خطوط میدان آهنربا که از سیم‌لوله می‌گذرد، کاهش یافته و در نتیجه شار عبوری از سیم‌لوله کاهش یافته و سیم‌لوله باید آهنربا را جذب کند. در این حالت سمت راست سیم‌لوله قطب S و سمت چپ آن قطب N می‌شود. پس جهت جریان القایی با توجه به قاعده دست راست و قطب‌ها سیم‌لوله از M' به M است.



پله سوم در نتیجه جریان ابتدا از M به M' است و سپس از M' به M می‌باشد.

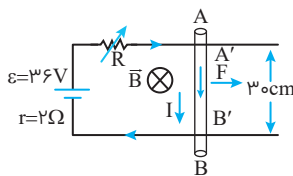
۱۱۰۰ ۲ قبل از آغاز حل، توجه شما را به نکات زیر جلب می‌کنیم:

نکته

۱ طول مؤثر یک تیغه یا سیم، آن بخشی از طول آن است که اولاً کاملاً در فضای میدان مغناطیسی قرار دارد و خطوط میدان را قطع می‌کند، ثانیاً جریان در آن وجود داشته باشد.

۲ درون مدار، مقاومت الکتریکی مؤثر تیغه یا تکه سیم، مربوط به بخشی از آن است که حامل جریان الکتریکی باشد.

پله اول در شکل زیر، جهت جریان مدار، ساعتگرد و در تیغه، رو به پایین نمایش داده شده است. با توجه به جهت B و I و با استفاده از قانون دست راست، مشخص می‌شود که نیروی مغناطیسی، افقی و رو به راست می‌باشد. همچنین راستای تیغه و خطوط میدان مغناطیسی B بر هم عمود می‌باشند.



$$\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin \theta = 1 \Rightarrow F = Il \text{ مؤثر } B = I(A'B')B$$

$$\Rightarrow F_{\text{Min}} = I_{\text{Min}} \times 0.3 \times 6 \Rightarrow 5/4 = I_{\text{Min}} \times 1.8$$

$$\Rightarrow I_{\text{Min}} = \frac{5/4}{1.8} \Rightarrow I_{\text{Min}} = 3 \text{ A}$$

پله دوم با توجه به نکته ۲ که عرض کردیم، در مدار تک حلقه نشان داده شده در شکل بالا، داریم:

$$R = \rho \frac{l}{A} \Rightarrow R \propto l \Rightarrow \frac{R_{\text{effective}}}{R_{\text{تیغه}}} = \frac{l_{\text{eff}}}{l} \Rightarrow$$

$$l_{\text{eff}} = A'B' = 3 \text{ cm} \Rightarrow \frac{R_{\text{eff}}}{1} = \frac{3}{4} \Rightarrow R_{\text{eff}} = 7/5 \Omega$$

پله سوم فقط $7/5 \Omega$ از 1Ω مقاومت تیغه در مدار تک حلقه مؤثر است و داریم:

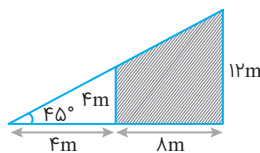
$$I_{\text{Min}} = \frac{\varepsilon}{R_{\text{Max}} + R_{\text{eff}} + r} \Rightarrow \varepsilon = \frac{3.6}{R_{\text{Max}} + 7/5 + 2}$$

$$\Rightarrow R_{\text{Max}} = 2/5 \Omega$$

حداکثر $2/5 \Omega$ از مقاومت رئوستا باید در مدار قرار گیرد تا لغزش آغاز شود.

۱ ۱۱۰۱

پله اول با حرکت میله به سمت راست، مساحت حلقه بسته تغییر می‌کند. با توجه به زاویه 45° در رأس ریل‌ها، مساحت حلقه بسته به اندازه مساحت دوزنقه هاشور خورده تغییر می‌کند.



$$\Delta A = \frac{4+12}{2} \times \Delta x = 8 \Delta x$$

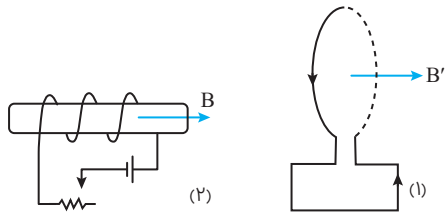
پله دوم برای آن که میله به انتهای ریل برسد به $\Delta t = 4 \text{ s}$ زمان نیاز دارد.

$$|\varepsilon| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| -N \frac{B \Delta A \cos \theta}{\Delta t} \right| = \frac{0.6 \times 8 \times 4 \times 1}{4} = 9/6 \text{ V}$$

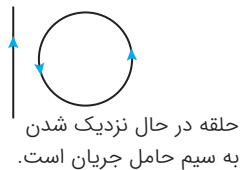
پله سوم با توجه به افزایش مساحت و در نتیجه افزایش شار مغناطیسی عبوری، جریان القایی باید پاد ساعتگرد باشد تا با افزایش شار مخالفت کند.



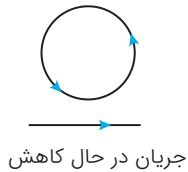
۱۱۱۲ ۱ وقتی رتوستا در حالت معینی قرار دارد، جریان I در سیملوله B در جهتی که نشان داده شده است می‌گذرد و در حلقه جریانی وجود ندارد. با ازدیاد مقاومت رتوستا جریان I کم شده و خط‌های میدان مغناطیسی عبوری از حلقه کم می‌شود. بنا به قانون لنز، باید جریان القایی در حلقه در جهتی به وجود بیاید که با عامل مولدش مخالفت کند و به عبارت دیگر آن تغییر را جبران کند؛ پس در این حالت در حلقه، جهت جریان در جهت ۱ به وجود می‌آید تا تغییر شار مربوط به کم شدن I را جبران کند. از طرفی نیروی محرکه خودالقایی در سیملوله طبق قانون لنز در جهتی است که می‌خواهد مانع کاهش شار مغناطیسی‌ای شود که منبع تغذیه ایجاد می‌کند به همین دلیل در جهت نیروی محرکه منبع تغذیه عمل می‌کند.



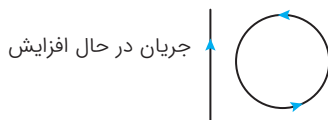
۱۱۱۳ ۱ با توجه به قانون لنز، جریان القایی در جهتی است که همواره با تغییر شار مغناطیسی مخالفت می‌کند. در هیچ کدام از شکل‌های سؤال، جریان القایی حلقه‌ها به درستی نمایش داده نشده است. جهت جریان‌های صحیح در شکل‌های زیر نشان داده شده است:



(الف)



(ب)



(پ)



(ت)

۱۱۱۴ ۴ در لحظه‌ای که کلید وصل می‌شود، در سیملوله جریان برقرار می‌شود و سبب می‌شود که شار مغناطیسی عبوری از حلقه‌های A و B تغییر کند. این تغییر شار موقتی، در حلقه‌های A و B جریان القایی موقتی را به وجود می‌آورد. چون با وصل کلید جریان از صفر تا مقدار معینی افزایش می‌یابد، پس شار مغناطیسی گذرنده از حلقه‌ها نیز افزایش می‌یابد. در نتیجه میدان مغناطیسی حاصل از جریان القایی در حلقه B' باید در خلاف جهت B رسم شود. اکنون با استفاده از جهت B' و قانون دست راست می‌توان تشخیص داد که جهت جریان القایی در حلقه‌ها در جهت ۲ است.

۱۱۰۶ ۱ اگر آهنربا به سیملوله نزدیک شود، با توجه به قاعده دست راست، اگر انگشت شست راست در جهت میدان باشد چهار انگشت دست راست در جهت جریان القایی بسته می‌شود.

۱۱۰۷ ۱ آهنربای شماره (۲) در مسیر سقوط خود از داخل حلقه‌ای رسانا عبور می‌کند. در هنگام خروج آهنربا از حلقه، شار مغناطیسی عبوری از حلقه کاهش پیدا می‌کند. بنابراین جریانی در حلقه القا می‌شود که با این کاهش شار مخالفت کند، پس آهنربا را به سمت خود جذب می‌کند و سرعت آن را کاهش می‌دهد. بنابراین میزان فرورفتگی آهنربای شماره (۱) از آهنربای شماره (۲) در زمین شنی بیشتر است.

۱۱۰۸ ۱ جریان القایی ساعتگرد درون حلقه، میدانی درون سو به وجود می‌آورد. از طرفی میدانی که جریانی گذرنده از سیم راست I ایجاد می‌کند نیز درون سو است. پس باید این میدان کاهش بیاید تا جریان القایی در حلقه ساعتگرد شود. بنابراین باید حلقه از سیم دور شود یا جریان I کاهش بیاید.

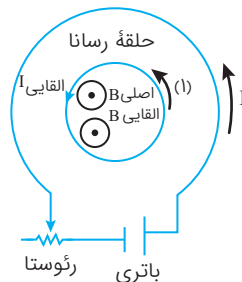
۱۱۰۹ ۴ طبق قانون لنز، می‌توان با تغییر زاویه ($\Delta\theta \neq 0$) نیروی محرکه القایی ایجاد کرد. همچنین تغییر زاویه θ ، رایج‌ترین روش برای ایجاد نیروی محرکه القایی و در نتیجه جریان القایی است. در بین گزینه‌های داده شده، فقط گزینه (۴) منجر به کاهش شار عبوری از حلقه و در نتیجه ایجاد جریان ساعتگرد در آن می‌شود.

۱۱۱۰ ۱ وقتی جریان از A به B است، باید میدان داخل حلقه درون سو باشد. طبق قانون لنز این میدان در مخالفت با تغییر میدان موجود ایجاد شده است. میدان حاصل از I در آن قسمت درون سو است. پس کاهش I سبب ایجاد جریان القایی است.

۴ ۱۱۱۱

پله اول با جابه‌جایی لغزنده رتوستا به سمت چپ، مقاومت آن افزایش می‌یابد. با افزایش مقاومت رتوستا، جریان گذرنده از حلقه بزرگ (I) کاهش می‌یابد.

طبق رابطه $B = \frac{\mu_0 I}{r}$ ، با کاهش I، بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز حلقه بزرگ نیز کم می‌شود.



با کاهش I، اصلی کاهش می‌یابد. $I \propto I_{\text{اصلی}} \Rightarrow B_{\text{اصلی}} = \frac{\mu_0 I}{r}$

پله دوم حال با کاهش اصلی B (میدان مغناطیسی ناشی از حلقه بزرگتر)، شار گذرنده از حلقه کوچک نیز کاهش می‌یابد. مطابق قانون لنز، میدان ناشی از جریان القایی باید میدان اصلی را تقویت کند تا مانع از کاهش آن شود، بنابراین این میدان القایی باید برون سو باشد (زیرا میدان اصلی نیز برون سو و در حال کاهش است).

پله سوم با توجه به برون سو بودن میدان القایی، جریان القایی در حلقه کوچک طبق قاعده دست راست باید در خلاف جهت چرخش عقربه‌های ساعت باشد.



۱۱۲۱

پله اول باتوجه به اینکه شار مغناطیسی در حال کاهش است، طبق قانون لنز باید با این کاهش شار مخالفت شود؛ بنابراین B و B' باید هم جهت باشند؛ پس جریان در قاب ساعتگرد می شود.

پله دوم نیروی محرکه القایی از رابطه $\varepsilon = -\frac{N\Delta\phi}{\Delta t}$ بدست می آید؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\varepsilon = -\frac{N\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{-1 \times (-0.2)}{1 \times 10^{-3}} = 200 \text{ V}$$

۱۱۲۲

پله اول در نهایت برای محاسبه نیروی محرکه القایی خواهیم داشت:

$$t_1 = 0 \rightarrow \Phi_1 = 0$$

$$t_2 = 2 \text{ s} \rightarrow \Phi_2 = 32 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

$$|\varepsilon| = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 1 \times \frac{32 \times 10^{-2}}{2} = 16 \times 10^{-2} = 0.16 \text{ V}$$

پله دوم با توجه معادله شار داده شده، شار مغناطیسی با گذشت زمان، درون حلقه در حال افزایش است. بنابراین به کمک قانون لنز، میدان مغناطیسی القایی در حلقه باید به گونه ای باشد که با افزایش شار مخالفت کند. پس به کمک قانون دست راست، جهت جریان القایی در حلقه باید پاد ساعتگرد باشد، تا از افزایش شار جلوگیری کند و میدان مغناطیسی درون سو را خنثی کند.



۱۱۲۳

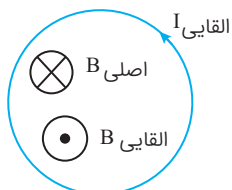
پله اول به کمک رابطه $\varepsilon = vBL$ می توانیم نیروی محرکه القایی را محاسبه کنیم:

$$\varepsilon = vBL = 2 \times 0.5 \times 0.5 \times 0.4 = 0.2 \text{ V}$$

پله دوم با حرکت میله به سمت راست، مساحت حلقه افزایش می یابد در نتیجه بزرگی میدان مغناطیسی عبوری از حلقه ازدیاد می یابد. پس جهت جریان را باید انتخاب کنیم تا با افزایش شار مغناطیسی مخالفت کند.

۱۱۲۴ چون از سطح حلقه هیچ خط میدانی نمی گذرد، شار مغناطیسی گذرنده از سطح حلقه تغییری نمی کند و بنابراین جریان در حلقه برقرار نمی شود!

۱۱۲۵



پله اول در هر سه موقعیت مسئله را

بررسی می کنیم:

موقعیت (۱): چون در این موقعیت، خطوط میدان بیشتری از حلقه عبور می کند، بنابراین

شار عبوری از حلقه افزایش یافته و میدان مغناطیسی القایی باید برون سو باشد تا با افزایش شار مغناطیسی مخالف کند. با توجه به برون سو بودن میدان القایی، بنا بر قانون دست راست، جریان القایی باید پاد ساعتگرد باشد.

۱۱۱۵

با وصل کردن کلید، شدت جریان افزایش می یابد؛ در نتیجه شار زیاد شده و طبق قانون لنز، جهت جریان القایی باید به گونه ای باشد که از افزایش شار جلوگیری کند. از طرفی با کاهش مقاومت رنوستا جریان مدار افزایش یافته در نتیجه شار مغناطیسی زیاد شده و مانند حالت قبل باید از افزایش شار جلوگیری شود.

۱۱۱۶

با قطع کلید در سیملوله A میدان مغناطیسی در جهت \rightarrow کاهش می یابد و میدان مغناطیسی در سیملوله B در جهت \rightarrow می باشد.

۱۱۱۷

پله اول اگر کلید K قطع شود، جریان در سیملوله A از I به صفر می رسد یعنی جریان کم می شود. در نتیجه جهت جریان در دو سیملوله باید در یک جهت باشند. **پله دوم** مقاومت زیاد شود جریان در مدار A کم می شود. در نتیجه جهت جریان در دو سیملوله باید هم جهت باشند.

پله سوم اگر سیملوله A به سمت راست حرکت کند، یعنی میدان در سیملوله B زیاد می شود. در نتیجه جریان در دو سیملوله با مخالف یکدیگر باشند.

۱۱۱۸

با حرکت میله AB به طرف راست، شار مغناطیسی عبوری از مدار بسته افزایش می یابد. لذا با توجه به قانون لنز و قاعده دست راست، جهت جریان القایی از B به A و مقدار آن ثابت است.

۱۱۱۹

پله اول با حرکت حلقه به سمت چپ، مساحت حلقه در حال کاهش است؛ بنابراین میدان مغناطیسی در حلقه هم درون سو باید باشد.

پله دوم با توجه به قاعده دست راست و درون سو بودن میدان مغناطیسی القایی، جهت جریان القایی ساعتگرد (یعنی از M به N) است.

پله سوم با توجه به اینکه میله با شتاب در حرکت است باید جریان در حال افزایش باشد.

۱۱۲۰

پله اول در اثر پایین آمدن میله، شار مغناطیسی گذرنده از سطح حلقه تغییر نموده و در حلقه جریان القا می شود.

پله دوم به کمک قانون لنز، می دانیم نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان AB وارد می شود، در خلاف جهت حرکت میله یعنی رو به بالا است.

پله سوم بر میله دو نیرو اثر می کند، یکی نیروی وزن میله که رو به پایین است و دیگری نیرویی است که از طرف میدان مغناطیسی رو به بالا وارد می شود (مطابق پله دوم).

پله چهارم چون نیروی مغناطیسی که بر میله وارد می شود بستگی به سرعت میله دارد و سرعت میله از ابتدا از صفر شروع شده و رو به افزایش است، نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر میله اثر می کند، با زیاد شدن سرعت زیاد می شود، در نتیجه نیروی خالص کاهش یافته و در نتیجه شتاب حرکت میله کاهش می یابد. اما حرکت تندشونده است، اگر ارتفاع به اندازه کافی زیاد باشد، در نهایت لحظه ای خواهد رسید که نیروی وزن و نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر میله وارد می شود، هم اندازه شود و میله با سرعتی به نام سرعت حدی به طور یکنواخت پایین خواهد آمد.



۱۱۳۲

با استفاده از رابطه انرژی خواهیم داشت:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \rightarrow 2 \times 10^{-2} = \frac{1}{2} \times 10 \times 10^{-3} \times I^2 \rightarrow I^2 = 4 \rightarrow I = 2A$$

۱۱۳۳

به سادگی با استفاده از رابطه $U = \frac{1}{2}LI^2$ خواهیم داشت:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \xrightarrow{I=2A} 180 \times 10^{-6} = \frac{1}{2}L(2)^2 \Rightarrow L = 0.9mH$$

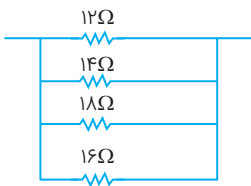
$$U = 180 \times 10^{-6} J$$

۱۱۳۴

انرژی ذخیره شده در سیملوله از رابطه $U = \frac{1}{2}LI^2$ قابل محاسبه است، بنابراین:

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

۱۱۳۵



پله اول اولین قدم تشخیص نوع

به هم بسته شدن مقاومت‌ها در مدار و یا به عبارتی دیگر، ساده کردن مدار است. با توجه به مطالبی که از فصل ۲ فیزیک یازدهم می‌دانیم، هر ۴ مقاومت فوق به صورت موازی به هم بسته شده‌اند. پس داریم:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{14} + \frac{1}{16} + \frac{1}{18}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{275}{1008} = 0.275 \Rightarrow R_{eq} = \frac{1008}{275} \Omega$$

پله دوم برای محاسبه جریان کل گذرنده از مدار می‌توان نوشت:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{12}{\frac{1008}{275} + 2} = 2.118A$$

پله سوم براساس قانون گره، جریان عبوری از القاگر برای ۲/۱۱۸ خواهد

بود، پس:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times (2.118)^2 = 4.48J$$

۱۱۳۶

پله اول ابتدا معادله جریان-زمان این جریان متناوب را می‌نویسیم:

$$I = I_{max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \xrightarrow{I_{max}=12A} I = 12 \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

پله دوم حال در معادله به دست آمده به جای t ، مقدار $\frac{T}{12}$ را قرار می‌دهیم،

داریم:

$$I = 12 \sin\left(\frac{2\pi}{T}\left(\frac{T}{12}\right)\right) = 12 \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = 12\left(\frac{1}{2}\right) = 6A$$

۱۱۳۷

پله اول با توجه به رابطه $U = \frac{1}{2}LI^2$ ، برای محاسبه بیشینه انرژی سیملوله باید به محاسبه بیشترین جریان بپردازیم. با توجه به فرم معادله جریان متناوب یعنی

$$I = I_{max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

بیشینه جریان برابر ۵A است.

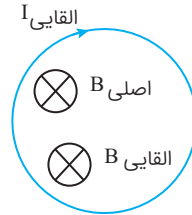
پله دوم بنابراین حداکثر انرژی ذخیره شده در سیملوله برابر خواهد بود:

$$U_{max} = \frac{1}{2}LI_{max}^2 \rightarrow U_{max} = \frac{1}{2} \times 0.4 \times 25 = 0.5J = 500mJ$$

موقعیت (۲): در این حالت شار عبوری از حلقه ثابت بوده و در نتیجه جریان القایی برابر صفر است.

موقعیت (۳): در این حالت شار عبوری از حلقه در حال کاهش است، بنابراین میدان القایی نیز باید درون سو باشد تا با کاهش شار مخالف کند.

پله دوم با نگاه به گزینه‌ها و پله اول، گزینه «۱» صحیح است

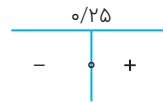


۱۱۳۶

پله اول با تعیین ریشه‌ها و نیز تعیین علامت تابع میدان مغناطیسی بر حسب

زمان داریم:

$$B = 8t - 2 \rightarrow 8t - 2 = 0 \rightarrow 8t = 2 \rightarrow t = \frac{2}{8} = \frac{1}{4} = 0.25s$$



نتیجه شد که در لحظه $t = 0.25s$ ، میدان مغناطیسی تغییر جهت می‌دهد. طبق فرض سؤال پس ابتدا میدان برون سو است و در ادامه کاهش می‌یابد و در لحظه $t = 0.25s$ تغییر جهت داده، درون سو شده و افزایش خواهد یافت.

پله دوم طبق قانون لنز، قبل از لحظه $t = 0.25s$ که میدان مغناطیسی برون سو و در حال کاهش است؛ پس جهت جریان حلقه باید به نحوی باشد که در داخل حلقه میدان برون سو ایجاد کند. بنابراین جهت جریان حلقه باید پاد ساعتگرد باشد.

پله سوم بعد از لحظه $t = 0.25s$ که میدان مغناطیسی درون سو در حال افزایش است، جهت جریان حلقه باید به نحوی باشد که با این افزایش مخالفت کند؛ پس باز هم میدانی برون سو باید تولید کند و باز هم باید جریان حلقه پاد ساعتگرد باشد.

۱۱۳۷ ۲ با کاهش جریان عبوری از القاگر آرمانی، انرژی از آن آزاد می‌شود.

۱۱۳۸ ۲ تمامی عبارات داده شده در خصوص القاگرها صحیح هستند به جز عبارت «ت». طبق متن کتاب درسی، عبارت «ت» غیرعملی و غیراقتصادی است.

۱۱۳۹ ۲ با وارد کردن هسته آهنی به درون سیملوله شار مغناطیسی عبوری از آن افزایش می‌یابد. نیروی محرکه و جریانی که در سیملوله القا می‌شود، طبق قانون لنز در جهتی است که با افزایش شار مغناطیسی مخالفت می‌کند. به این دلیل شدت جریان در مدار ابتدا کاهش می‌یابد و دوباره به حالت اول باز خواهد گشت.

۱۱۳۰ ۱ به راحتی می‌توان نوشت:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \rightarrow U = \frac{1}{2} \times 5 \times 10^{-3} \times 64 \times 10^{-6}$$

$$= 16 \times 10^{-8} = 1.6 \times 10^{-7} J = 1.6 \times 10^{-4} kJ$$

۱۱۳۱

با توجه به رابطه $U = \frac{1}{2}LI^2$ خواهیم داشت:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \rightarrow 20 \times 10^{-3} = \frac{1}{2} \times L \times 16 \rightarrow L = 2.5 \times 10^{-2} H$$



۴ ۱۱۴۲

پله اول شار گذرنده از حلقه طبق رابطه $\Phi = BA \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ به دست می‌آید و حداکثر این شار برابر است با $\Phi_{\max} = BA$. پس می‌توان نوشت:

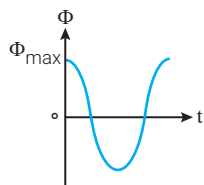
$$\Phi = \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_{\max} \rightarrow BA \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = \frac{\sqrt{3}}{2} BA \Rightarrow \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\frac{\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = \frac{\sqrt{3}}{2}}{\cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = \frac{\sqrt{3}}{2}} \rightarrow \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) \rightarrow \frac{2\pi}{T}t = \frac{\pi}{6}$$

پله دوم جریان القا شده از حلقه از رابطه زیر به دست می‌آید. با قرار دادن زاویه به دست آمده از پله اول در آن داریم:

$$I = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = I_{\max} \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) \xrightarrow{\sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = \frac{1}{2}} I = \frac{1}{2} I_{\max}$$

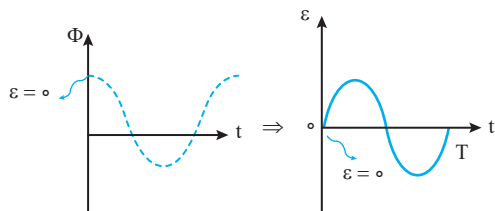
۳ ۱۱۴۳



پله اول اگر در مبدأ زمان خطوط میدان بر سطح قاب عمود باشند، یعنی شار عبوری بیشینه است و با توجه به فرم تناوبی، نمودار شار - زمان به صورت رسم شده است. (البته شار - زمان ممکن است برعکس این نمودار هم باشد)

$$\Phi = AB \cos(\omega t) = \Phi_{\max} \cos(\omega t)$$

پله دوم از طرفی با توجه به رابطه $\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin(\omega t)$ ، نمودار نیروی محرکه - زمان به صورت رسم شده است. در این قاب، هنگامی که شار بیشینه است، $\varepsilon = 0$ می‌باشد.



پله سوم دو شکل فوق، تنها در گزینه «۳» درست نشان داده شده است.

۳ ۱۱۴۴

پله اول ابتدا معادله جریان را با توجه به نمودار می‌نویسیم:

$$\frac{T}{4} = \frac{1}{500} \rightarrow T = \frac{4}{500} = \frac{1}{125}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 250\pi$$

$$I_{\max} = 2A \rightarrow I = 2 \sin 250\pi t$$

پله دوم با توجه به رابطه $I = \frac{\varepsilon}{R}$ خواهیم داشت:

پله اول بیشینه جریان را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon_{\max}}{R} = \frac{20}{5} = 4A$$

پله دوم لحظه $\frac{\pi}{3}$ لحظه $\frac{T}{2}$ دوره است، بنابراین:

$$\frac{T}{2} = \frac{\pi}{30} \rightarrow T = \frac{\pi}{15}$$

پله سوم بنابراین معادله جریان به صورت زیر است:

$$I = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t \rightarrow I = 4 \sin \frac{2\pi}{\pi/15} t \rightarrow I = 4 \sin 30t$$

۳ ۱۱۳۸

برای اینکه جهت جریان در جریان متناوب عوض شود، باید شدت جریان به طور لحظه‌ای برابر صفر شود؛ لذا خواهیم داشت:

$$0 = 4 \sin 100\pi t \rightarrow \sin 100\pi t = \sin n\pi$$

$$\rightarrow 100\pi t = n\pi \rightarrow t = \left(\frac{n}{100}\right)s$$

$$\rightarrow \begin{cases} n=1 \rightarrow t = \frac{1}{100}s \\ n=2 \rightarrow t = \frac{2}{100}s \\ n=3 \rightarrow t = \frac{3}{100}s \\ n=4 \rightarrow t = \frac{4}{100}s > \frac{7}{100}s \text{ (غ ق ق)} \end{cases}$$

بنابراین ۳ بار تغییر جهت می‌دهد.

۱ ۱۱۳۹

پله اول در هر نصف دوره جریان به صفر می‌رسد. در این صورت داریم:

$$\frac{T}{2} = 0.01 \rightarrow T = 0.02s$$

پله دوم با استفاده از قانون اهم می‌توان بیشترین مقدار نیروی محرکه را حساب کرد.

$$I_{\max} = \frac{\varepsilon_{\max}}{R} \rightarrow 4 = \frac{\varepsilon_{\max}}{1000} \rightarrow \varepsilon_{\max} = 4000V$$

پله سوم اکنون با توجه به رابطه نیروی محرکه بر حسب زمان داریم:

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t \rightarrow \varepsilon = 4 \times 10^3 \sin \frac{2\pi}{0.02} t \xrightarrow{t = \frac{1}{400}s}$$

$$\varepsilon = 4 \times 10^3 \sin \frac{100\pi}{400} \rightarrow \varepsilon = 4 \times 10^3 \sin \frac{\pi}{4}$$

$$\rightarrow \varepsilon = 2\sqrt{2} \times 10^3 V = 2\sqrt{2} kV$$

۴ ۱۱۴۰

پله اول ابتدا به کمک رابطه $I = \frac{\varepsilon}{R}$ ، جریان عبوری از سیمولوله را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{V/\sqrt{2}}{30} = 0.24A$$

پله دوم با توجه به رابطه مثلثاتی $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$ خواهیم داشت:

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1 \rightarrow \sin^2 \theta + \left(\frac{V/\sqrt{2}}{12}\right)^2 = 1$$

$$\rightarrow \sin^2 \theta + 0.36 = 1 \rightarrow \sin^2 \theta = 0.64 \rightarrow \sin \theta = 0.8 \rightarrow \theta = 53^\circ$$

۳ ۱۱۴۱

پله اول ابتدا بزرگی I_{\max} را به دست می‌آوریم:

$$I_{\max} = \frac{\varepsilon_{\max}}{R} = \frac{160\sqrt{3}}{80} = 2\sqrt{3}A$$

پله دوم سؤال زاویه میان سطح پیچه و خطوط میدان مغناطیسی را خواسته است.

$$\frac{I}{I_{\max}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{\max}} = \sin \theta \rightarrow \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{\max}} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2}$$

$$\rightarrow \sin \theta = \frac{1}{2} \rightarrow \theta = 30^\circ$$

$$\alpha = 90 - 30 = 60^\circ$$



پله سوم معادله جریان را می نویسیم و با قرار دادن زمان $\frac{1}{400}$ ثانیه در معادله، جریان در این نقطه را به دست خواهیم آورد:

$$I = I_{\max} \sin \omega t \rightarrow I = 6 \sin \left(100\pi t \right) \xrightarrow{t = \frac{1}{400}} I = 6 \sin \left(100\pi \times \frac{1}{400} \right) \\ = 6 \sin \frac{\pi}{4} = 6 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 3\sqrt{2} A$$

پله چهارم رابطه انرژی ذخیره شده در سیملوله به صورت $U = \frac{1}{2} LI^2$ خواهد بود بنابراین:

$$U = \frac{1}{2} LI^2 \rightarrow 72 = \frac{1}{2} \times L \times 9 \times 2 \rightarrow L = 8 \text{ mH}$$

۲ ۱۱۴۸

با توجه به نمودار $T = \frac{1}{100}$ s است، بنابراین:

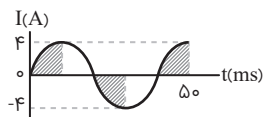
$$\Phi = \Phi_{\max} \cos \frac{2\pi}{T} t \rightarrow \Phi = 24 \frac{\cos 2\pi \times \frac{1}{300}}{\frac{1}{100}} = -12 \text{ mWb}$$

$$\rightarrow |\Phi| = 12 \text{ mWb}$$

۳ ۱۱۴۹

پله اول با توجه به رابطه محاسبه انرژی میدان مغناطیسی القاگر $(U = \frac{1}{2} LI^2)$ ، برای آنکه انرژی ذخیره شده در القاگر (U) افزایش یابد، باید توان دوم جریان عبوری از القاگر (I^2) و در نتیجه قدرمطلق جریان عبوری (یعنی |I|) افزایش یابد. بنابراین باید نمودار جریان بر حسب زمان از محور زمان در حال دور شدن باشد. برای کاهش انرژی ذخیره شده در القاگر (یعنی U) نیز باید برعکس شرایط فوق اتفاق بیفتد، یعنی مجذور جریان (I^2) و در نتیجه قدرمطلق جریان |I| کاهش یابد و بنابراین باید نمودار I به محور افقی (محور زمان) نزدیک شود.

پله دوم در نمودار داده شده در صورت سؤال، سه ربع در حال ذخیره کردن انرژی و در دو ربع اندازه جریان (I) در حال کاهش و انرژی در حال آزاد شدن از القاگر است. پس:



$$\frac{\Delta T}{4} = 5 \text{ ms} \Rightarrow \frac{T}{4} = 10 \text{ ms}$$

$$\Rightarrow \Delta t = 3 \times \frac{T}{4} = 3 \times 10 = 30 \text{ ms}$$

۱ ۱۱۵۰

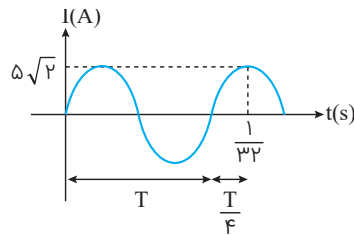
پله اول اگر توسط یک مبدل الکتریکی سطح ولتاژ را افزایش دهیم، به آن مبدل، مبدل افزایشنده گویند. در این سؤال، مبدل A ولتاژ ۱۲ kV را به ولتاژ ۴۰ kV تبدیل کرده است. بنابراین این مبدل A از نوع افزایشنده است.

پله دوم اگر مبدل، سطح ولتاژ را کاهش دهد، به آن مبدل، مبدل کاهشنده گویند. بنابراین مبدل‌های B و C از نوع کاهشنده هستند، زیرا مبدل B، ولتاژ ۴۰ kV را به ۸ kV و مبدل C، ولتاژ ۸ kV را به ۲۲۰ V تبدیل کرده است.

۳ ۱۱۴۶

پله اول با توجه به نمودار جریان در لحظه $t = \frac{1}{33}$ s برابر $A = 5\sqrt{2}$ است. لحظه $t = \frac{1}{33}$ s برابر $\frac{\Delta T}{4}$ است. پس به راحتی دوره تناوب جریان به دست خواهد آمد.

$$\frac{\Delta T}{4} = \frac{1}{33} \rightarrow T = \frac{1}{33} \text{ s}$$



پله دوم فرم معادله جریان متناوب به صورت $I = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t$ است. معادله جریان را می نویسیم و با جایگذاری $t = \frac{1}{33}$ s در معادله، جریان در این لحظه را محاسبه می کنیم:

$$I = 5\sqrt{2} \sin \frac{2\pi}{T} t \rightarrow I = 5\sqrt{2} \sin 100\pi t \xrightarrow{t = \frac{1}{33}} I = 5\sqrt{2} \sin \frac{100\pi}{33} \\ \rightarrow I = 5\sqrt{2} \sin \frac{\pi}{4} \rightarrow I = 5\sqrt{2} \times \frac{\sqrt{2}}{2} \rightarrow I = 5 A$$

حرفه‌ای باش

برای راحت‌تر شدن کار، از همان ابتدا از تناسب استفاده می کنیم:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\Delta T}{4} \rightarrow \frac{1}{33} \text{ s} \\ x \rightarrow \frac{1}{330} \end{array} \right\} \rightarrow x = \frac{\Delta T}{40} = \frac{T}{8}$$

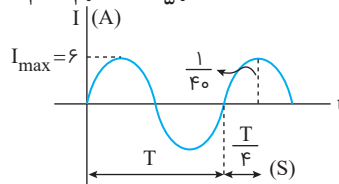
(باقی ماجرا مشخص است)

$$\left. \begin{array}{l} T = 2\pi \\ \frac{T}{8} = \frac{\pi}{4} \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{محاسبه در زمان خواسته شده}} I = I_{\max} \sin \frac{\pi}{4}$$

۱ ۱۱۴۷

پله اول با توجه به نمودار، ابتدا دوره تناوب را به دست می آوریم:

$$\frac{\Delta T}{4} = \frac{1}{40} \rightarrow T = \frac{1}{50} \text{ s}$$



پله دوم با استفاده از دوره به دست آمده، بسامد زاویه‌ای را محاسبه می کنیم:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow \omega = \frac{2\pi}{\frac{1}{50}} = 100\pi \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$