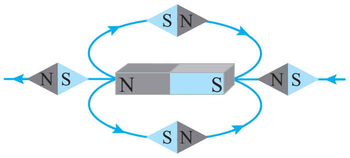
پاسخنامه سوالات فصل سه، یازدهم

۹۴۶ (۲)

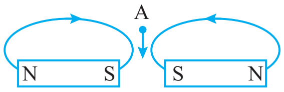
پله اول خطوط میدان مغناطیسی از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند، بنابراین قطب A، قطب N و قطب B قطب S است.

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

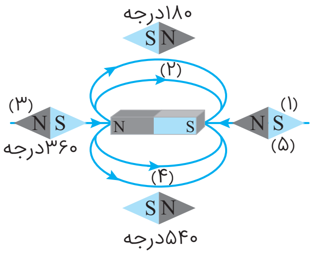
۹۴۷ (۱) با توجه به جهت قرارگیری عقربهٔ مغناطیسی، x ،y و x، قطب‌های S و N هستند. پس وضعیت قرارگیری عقربه در نقاط A ،B و C به صورت زیر است:

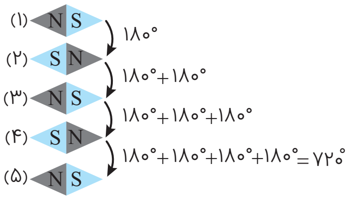


۹۴۸ (۱)

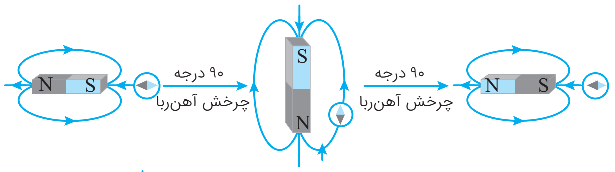


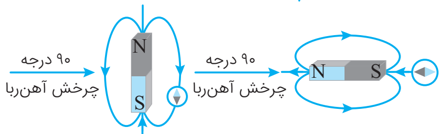
۹۴۹ (۴) با توجه به شکل زیر، عقربه با یک دور چرخیدن بر روی دایره، از وضعیت (۱) تا (۵) رفته و ۷۲۰ درجه می‌چرخد.





نکته به عنوان یک سؤال محتمل دیگر، در این تست اگر آهنربا ۳۶۰ درجه می‌چرخید و محل عقربه ثابت بود، آن‌گاه در عقربهٔ °۳۶۰ درجه چرخش مشاهده می‌شد.





۹۵۰ (۴) چون دو قطب مماس بر صفحهٔ 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، گزینهٔ 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 مادهٔ فرومغناطیس در یک میدان مغناطیسی خارجی قوی، تمام حوزه‌های آن با هم هم‌جهت می‌شوند. در شکل «الف» حوزه‌ها هم‌جهت 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 هم‌جهت شده‌اند؛ بنابراین میدان مغناطیسی خارجی بسیار قوی است.

۹۵۴ (۳) با قرار گرفتن مادهٔ فرومغناطیس در یک میدان مغناطیسی خارجی قوی، تمام حوزه‌های آن هم‌جهت می‌شوند.

۹۵۵ (۴) در شکل گزینهٔ «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 گزینهٔ «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 دیامغناطیس نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت، به طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند. 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 دیامغناطیسی شود.

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

۹۵۹ (۴) از نظر خاصیت مغناطیسی مواد داده شده:

مس: دیامغناطیس

اورانیوم: پارامغناطیس

نقره: دیامغناطیس

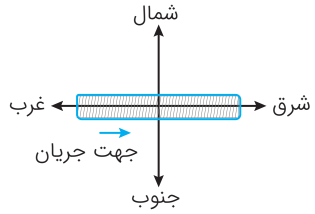
پلاتین: پارامغناطیس

بیسموت: دیامغناطیس

۹۶۰ ۲

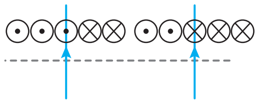
پلـه اول برای تعیین جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم راست حامل جریان، سیم را با دست راست به گونه‌ای می‌گیریم که انگشت شست در جهت جریان قرار گیرد. در نتیجه جهت بسته شدن چهار انگشت دیگر، جهت خطوط میدان را نشان خواهد داد.

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



۹۶۱ ۴ برای آنکه برآیند میدان‌ها در نقطهٔ A صفر باشد، باید میدان‌ها خلاف جهت و هم‌اندازه باشند. باتوجه به قاعدهٔ دست راست، میدان سیم (۱) در نقطهٔ A درون‌سو است؛ بنابراین میدان سیم (۲) باید برون‌سو 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 ۳ به کمک قاعدهٔ 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 $۳\times۱۸۰^\circ=۵۴۰^\circ$ است.



۹۶۳ ۴

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

$$|B_۱-B_۲|=۳۰G \quad (۱)$$

پلـه دوم با فرض دوم یعنی اینکه جریان‌های عبوری سیم‌ها ناهمسو باشد، میدان مغناطیسی حاصل در نقطهٔ M، هم‌جهت بوده و بزرگی برآیند آن برابر است با:

$$B_۱+B_۲=۱۲۰G \quad (۲)$$

پله سوم از روابط (۱) و (۲) استفاده می‌کنیم، مقادیر $B_۱$ و $B_۲$ را در ابتدا در هر شرایط به‌دست می‌آوریم و سپس نسبت آن‌ها را محاسبه می‌نماییم:

اگر $B_۱>B_۲$ باشد:

$$(B_۱-B_۲=۳۰G),(B_۱+B_۲=۱۲۰G)$$
$$\Rightarrow B_۱=?,B_۲=?$$

$$B_۱-\cancel{B_۲}=۳۰$$
$$B_۱+\cancel{B_۲}=۱۲۰$$

$$\left.\begin{array}{l}۲B_۱=۱۵۰\Rightarrow B_۱=۷۵G\\ ۷۵-B_۲=۳۰\Rightarrow B_۲=۴۵G\end{array}\right\}\Rightarrow \frac{B_۱}{B_۲}=\frac{۷۵}{۴۵}=\frac{۵}{۳}$$

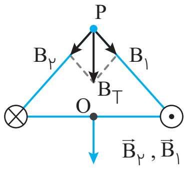
اگر $B_۲>B_۱$ باشد:

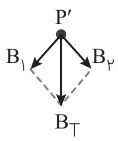
$$(B_۲-B_۱=۳۰G),(B_۱+B_۲=۱۲۰G)\Rightarrow B_۱=?,B_۲=?$$

$$B_۲-\cancel{B_۱}=۱۲۰$$
$$B_۲+\cancel{B_۱}=۳۰$$

$$\left.\begin{array}{l}۲B_۲=۱۵۰\Rightarrow B_۲=۷۵G\\ ۷۵-B_۱=۳۰\Rightarrow B_۱=۴۵G\end{array}\right\}\Rightarrow \frac{B_۱}{B_۲}=\frac{۴۵}{۷۵}=\frac{۳}{۵}$$

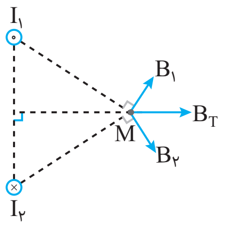
۹۶۴ ۳ با توجه به شکل روبه‌رو، بزرگی میدان ناشی از دو سیم در نقطهٔ O بیشتر از سایر نقاط روی پاره‌خط PP' است. بنابراین از نقطهٔ P تا P' بزرگی میدان ناشی از دو سیم ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.





۹۶۵ ۲ طبق قاعدهٔ دست راست، جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم $I_۲$ رو به بالا است و جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم $I_۱$ رو به پایین است و به دلیل نزدیک‌تر بودن سیم $I_۱$ به نقطهٔ m، شدت میدان به وجود آمده از آن قوی‌تر است.

۹۶۶ ۱ 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 $I_۲$ و $I_۱$ را به دست می‌آوریم و در نهایت جهت بردار برایند میدان مغناطیسی به دست خواهد آمد.



۹۶۷ ۲

«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 ۲

پلـه اول به دلیل اینکه خطوط میدان مغناطیسی درون حلقه فشرده‌تر است اندازه $B_۱$ از $B_۲$ بیش‌تر خواهد بود. $(B_۱>B_۲)$

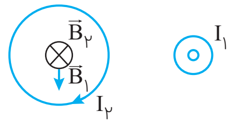
پلـه دوم با توجه قانون دست راست جهت جریان در حلقه به صورت ساعتگرد خواهد بود.

۹۶۹ ۲

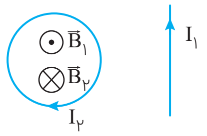
پله اول وقتی اندازهٔ میدان مغناطیسی برایند به حداقل خود می‌رسد که میدان ناشی از سیم ($\vec{B}_۱$) و میدان ناشی از حلقهٔ ($\vec{B}_۲$)، هم‌راستا ولی در خلاف جهت یکدیگر باشند.

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

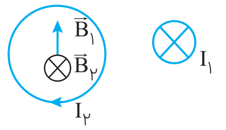
گزینهٔ «۱»:



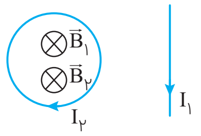
گزینهٔ «۲»:



گزینهٔ «۳»:



گزینهٔ «۴»:



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

۹۷۰ ۳ بزرگی میدان مغناطیسی در داخل سیملوله از رابطهٔ $B=\mu_۰\frac{NI}{L}$ به‌دست می‌آیدکه با شدت جریان الکتریکی متناسب است.

۹۷۱ ۱ به کمک رابطهٔ میدان مغناطیسی در مرکز حلقه، یکای تراوایی مغناطیسی خلأ را می‌یابیم:

$$B=\frac{\mu_۰ I}{۲R}\to[T]=\frac{\mu_۰\times[A]}{[m]}\to[m]\times[T]=\mu_۰\times[A]\to\mu_۰=\frac{[m].[T]}{[A]}$$

۹۷۲ ۳ بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز سیملوله از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$B=\frac{\mu_۰ NI}{L}=\frac{۴\pi\times۱۰^{-۷}\times۲۰۰\times۵}{۰/۲}=۲\pi\times۱۰^{-۳}\,T=۲۰\pi G$$

۹۷۳ ۲ به صورت زیر خواهیم داشت:

$$B=\frac{\mu_۰ NI}{L}\to۱۲\times۱۰^{-۳}=\frac{۱۲\times۱۰^{-۷}\times N\times۲}{۱۰^{-۲}}\to N=۵۰$$

۹۷۴ ۳

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

$$B=\frac{\mu_۰ NI}{\ell}\xrightarrow[N=?,I=۱۲A,L=۱۸/۸۴cm=۱۸/۸۴\times۱۰^{-۲}m]{B=۰/۴T,\mu_۰=۱۲/۵۶\times۱۰^{-۷}T.m/A}$$

$$۰/۴=\frac{۱۲/۵۶\times۱۰^{-۷}\times N\times۱۲}{۱۸/۸۴\times۱۰^{-۲}}\Rightarrow N=۵۰۰۰\text{ حلقه}$$

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

$$\ell=\underbrace{N}_{\text{تعداد حلقه‌ها}}\overbrace{(P)}^{\text{محیط هر حلقه}=۲\pi R}=۵۰۰۰\,(۲\times۳/۱۴\times(۸\times۱۰^{-۲}))=۵۰۰۰(۶/۲۸\times۸\times۱۰^{-۲})$$

$$\ell=۲۵۱۲m$$

۹۷۵ ۲

پله اول یکی از رابطه‌های پرکاربرد محاسبهٔ میدان مغناطیسی $B=\mu_۰\frac{I}{d}$ است که d قطر مقطع سیم روکش‌دار است.

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

$$B_۱=B_۲=۴\pi\times۱۰^{-۷}\times\frac{۲/۵}{۱\times۱۰^{-۳}}=\pi\times۱۰^{-۳}\,T$$

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

$$B=B_۱+B_۲=۲\pi\times۱۰^{-۳}\,T$$

۹۷۶ ۲

پله اول می‌دانیم میدان مغناطیسی سیملوله‌ای که حلقه‌های آن کاملاً بهم چسبیده‌اند، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید (r شعاع مقطع سیم سازنده می‌باشد):

$$B=\mu_۰\frac{I}{۲r}$$

پله دوم همچنین رابطهٔ اختلاف پتانسیل با مقاومت و جریان به این شکل بود:

$$V=RI$$

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

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

پله چهارم از ترکیب روابط فوق می‌توان نوشت:

$$I=\frac{V}{R}=\frac{V}{\rho\frac{L}{A}}=\frac{VA}{\rho L}\xrightarrow{A=\pi r^۲}I=\frac{V\pi r^۲}{\rho L}$$

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

$$B=\mu_۰\frac{V\pi r^۲}{۲\rho Lr}\Rightarrow r=\frac{۲B\rho L}{\mu_۰ V\pi}$$

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

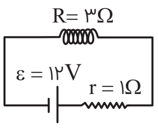
$$r=\frac{\cancel{۲}\times۰/۰۴\times۱/۷\times۱۰^{-۸}\times\cancelto{۲}{۴۸}}{\cancelto{۲}{۴}\pi\times۱۰^{-۷}\times\cancel{۲۴}\times\pi}=\frac{۰/۰۴\times۱/۷\times۱۰^{-۸}}{۱۰^{-۷}\times\cancelto{۱۰}{\pi^۲}}=۶/۸\times۱۰^{-۴}\,m=۶/۸\times۱۰^{-۳}\,dm$$

۹۷۷ ۲

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

$$N=\frac{L}{۲\pi r}=\frac{۷۲}{۲\times۳\times۰/۰۲}=۶۰۰\text{ دور}$$

پله دوم حال جریان را محاسبه می‌کنیم:



$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{۱۲}{۳+۱}=\frac{۱۲}{۴}=۳A$$

پله سوم در نهایت خواهیم داشت:

$$B=\frac{\mu_۰ NI}{L}=\frac{۱۲\times۱۰^{-۷}\times۶۰۰\times۳}{۰/۶}=۳/۶\times۱۰^{-۳}\,T=۳/۶mT$$

۹۷۸ ۱

پله اول به کمک قانون دست راست، چون جهت میدان مغناطیسی درون سیملوله ($\vec{B}$) رو به راست است، جریان از انتهای چپ سیملوله وارد می‌شود و نهایتاً از انتهای راست آن خارج می‌گردد. بنابراین جریان ابتدا از حلقهٔ سوم و سپس از حلقهٔ هشتم عبور می‌کند و چون جریان از پتانسیل بیشتر به پتانسیل کمتر می‌رود، $V_3 > V_8$ است (نه گزینه‌های بزرگتر از ۱۸V)

پله دوم جریان را محاسبه می‌کنیم:

$$B=\frac{\mu_0 NI}{\ell}\Rightarrow \frac{2\pi}{5}\times 10^{-4}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times10/5\times I}{21\times10^{-2}}\Rightarrow I=2A$$

پله سوم طول سیم سازندهٔ سیملوله را L و مقاومت آن را R در نظر می‌گیریم و طول سیم سازندهٔ بین حلقه‌های سوم و هشتم را با L_{3-8} و تعداد حلقه‌ها در همان محدوده را با N_{3-8} نشان می‌دهیم. چون سیم سازنده یکنواخت است و مساحت مقطع آن (A) ثابت؛ در نتیجه:

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

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

$$\Rightarrow\frac{R_{3-8}}{52/5}=\frac{8-3}{10/5}\Rightarrow R_{3-8}=25\Omega$$

پله چهارم مجدداً به سراغ پتانسیل‌ها می‌رویم: ($V_3>V_8$)

$$V_3-V_8=R_{38}I\Rightarrow 18-V_8=25(2)=50\Rightarrow V_8=-32V$$

۹۷۹ ۲

پله اول به کمک رابطهٔ $P=RI^2$، ابتدا جریان در مدار را محاسبه می‌کنیم:

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

پله دوم حال سراغ محاسبهٔ میدان مغناطیسی در سیملوله می‌رویم:

$$B=\frac{\mu_0NI}{L}\to B=\frac{4\pi\times10^{-7}\times30\times2}{1}$$

$$B=24\pi\times10^{-6}=2/4\pi\times10^{-5}T$$

۹۸۰ ۲

پله اول به کمک قاعدهٔ انشعاب مجموع جریان‌های ورودی به هر گره برابر مجموع جریان‌های خروجی از همان گره است. بنابراین جریان عبوری از سیملوله برابر ۳A است.

پله دوم حال میدان مغناطیسی داخل سیملوله را به‌دست می‌آوریم:

$$B=\frac{\mu_0NI}{L}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times500\times3}{0/3}=20\pi\times10^{-4}T$$

$$B=20\pi G$$

۹۸۱ ۱

پله اول به کمک رابطهٔ $P=RI^2$ جریان عبوری از مقاومت R_1 را محاسبه می‌کنیم:

$$P=R_1I_1^2\to 24=6\times I_1^2\to I_1=2A$$

پله دوم مقاومت‌های R_1 و R_2 موازی هستند، بنابراین ولتاژ آن‌ها با هم برابر خواهد بود:

$$V_1=V_2\to I_1R_1=I_2R_2\to 2\times6=I_2\times12\to I_2=1A$$

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

$$B=\frac{\mu_0NI}{L}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times1000\times3}{1}=12\pi\times10^{-4}=1/2\pi\times10^{-3}T$$

۹۸۲ ۱

با توجه به تساوی بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز پیچه و بزرگی میدان مغناطیسی در داخل سیملوله می‌توان نوشت:

اطلاعات سوال: $N_{\text{پیچه}}=N_{\text{سیملوله}}$ ، $I_{\text{پیچه}}=I_{\text{سیملوله}}$

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

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

$$B_{\text{پیچه}}=B_{\text{سیملوله}}\xrightarrow{1,2}\frac{1}{L}=\frac{1}{\underbrace{2R}_{D}}\Rightarrow D=L$$

۹۸۳ ۴

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

$$\underset{N}{F}=B\underset{A}{I}\underset{m}{L}\to B=\frac{N}{m.A}=\frac{\text{نیوتون}}{\text{متر}\times\text{آمپر}}$$

حرفه‌ای باش

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

۹۸۴ ۱

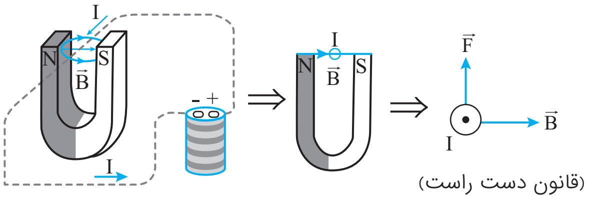
با توجه به شکل داده شده، اگر مسیر جریان را به سمت خارج از صفحه (برون‌سو) بگیریم، به کمک قانون دست راست، جهت نیروی وارد بر سیم به سمت بالا می‌باشد.

I: جهت چهار انگشت دست راست

B: جهت خم شدن انگشتان دست راست

F: جهت انگشت شست دست راست

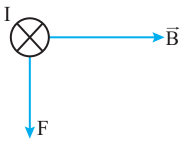
دقت: گزینه‌های «۳» و «۴» قطعاً نادرست می‌باشد.



(شکل سه‌بعدی) (شکل دوبعدی) (قانون دست راست)

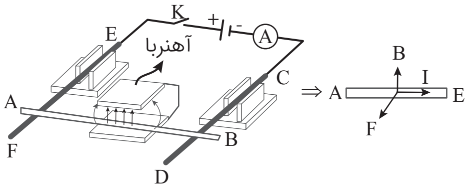
۹۸۵ ۱

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



پله دوم همواره جریان از پایانهٔ مثبت خارج می‌شود و به پایانهٔ منفی وارد می‌گردد. بنابراین قطب A، منفی و قطب B مثبت است.

۹۸۶ (۱) جریان از پایانهٔ 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.

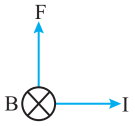


۹۸۷ (۱) طبق قاعدهٔ دست راست اگر چهار انگشت دست راست در جهت جریان در سیم قرار گیرد به طوری که سوی بسته شدن آن‌ها جهت B را نشان دهد، انگشت شست دست راست که کاملاً باز شده است، جهت F را نشان می‌دهد.

۹۸۸ (۴) با توجه به اینکه سیم موازی با خطوط میدان مغناطیسی است زاویهٔ بین جریان و جهت میدان مغناطیسی صفر یا ۱۸۰ است که sin هر دوی آن‌ها صفر است، بنابراین نیرویی بر سیم وارد نمی‌گردد.

۹۸۹ (۱)

پلهٔ اول به کمک قاعدهٔ دست راست جهت نیرو به سمت بالا است.



پلهٔ دوم حال اندازهٔ جریان را محاسبه می‌کنیم:

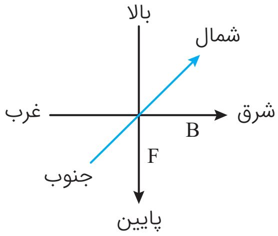
$F=BIL\sin\alpha \to F=۵\times ۱۰^{-۳}\times ۲۰\times ۲\times \sin ۹۰ \to F=۰/۲N$

۹۹۰ (۲)

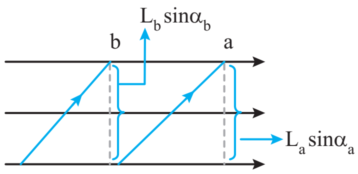
پلهٔ اول برای محاسبهٔ اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم می‌توان نوشت:

$F_B=BIl\sin\alpha=۵۰۰\times ۱۰^{-۴}\times ۲۵\times \frac{۸۰}{۱۰۰}\times \sin ۳۷^\circ=۰/۶N$

پلهٔ 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.

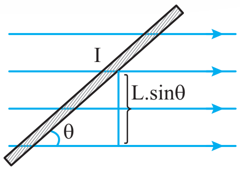


$L_a \sin\alpha_a = L_b \sin\alpha_b$

$F_a = F_b$

۹۹۲ (۴)

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



پلهٔ دوم با تغییر مقدار زاویهٔ 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)

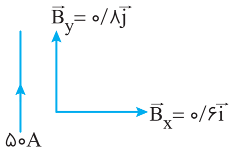
پلهٔ اول می‌دانیم نیروی مغناطیسی وارده از طرف میدان مغناطیسی یکنواخت بر سیم راست حامل جریان، از رابطهٔ $F=BIL\sin\theta$ قابل محاسبه است. در هر دو شکل در این سؤال، اندازهٔ نیرو وابسته به θ است که زاویهٔ بین خطوط میدان و سیم راست حامل جریان می‌باشد.

پلهٔ دوم زاویهٔ θ در سیم (۱) همواره ۹۰° است. پس اندازهٔ نیرو ثابت می‌ماند (هر چند جهت نیرو ۱۸۰° تغییر می‌کند اما خواستهٔ مسئله تغییرات اندازهٔ نیرو است).

پلهٔ سوم زاویهٔ θ در سیم دوم (۲) ابتدا ۹۰° است که به صفر کاهش یافته و دوباره به ۹۰° می‌رسد. پس اندازهٔ نیرو ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد. همچنین جهت نیرو نیز ۱۸۰° درجه تغییر می‌کند.

۹۹۴ (۲)

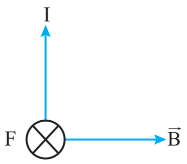
پلهٔ اول وقتی سیم حامل جریانی در یک میدان مغناطیسی خارجی قرار می‌گیرد از طرف میدان مغناطیسی به آن نیرو وارد می‌گردد که مقدار این نیرو متناسب با اندازهٔ میدان مغناطیسی و اندازهٔ جریان عبوری از سیم و طول سیم و زاویهٔ بین میدان مغناطیسی و جهت جریان است. سیم موازی با جهت $\vec{j}$ است، پس نیروی وارد از طرف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



B_y توسط $F=BIL\sin\alpha=۰/۸\times ۵۰\times ۰/۲\times \sin ۰^\circ=۰$

B_x توسط $F=BIL\sin\alpha=۰/۶\times ۵۰\times ۰/۲\times \sin ۹۰^\circ=۶N$

پلهٔ دوم پس جهت میدان در راستای $\vec{j}$ 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 به‌دست می‌آوریم:



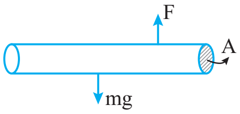
۹۹۵ (۱) سیم در امتداد محور x قرار دارد، در نتیجه تنها مؤلفهٔ y میدان مغناطیسی بر سیم نیرو وارد می‌کند. پس داریم:

$F=ILB_y=ma \to ۵\times ۰/۲\times ۱۲۰\times ۱۰^{-۴}=۴۰\times ۱۰^{-۳}a$

$\to a=۰/۳m/s^۲$

۹۹۶ ۲

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



طبق قانون دوم نیوتون:

$$\underbrace{m = \rho V_{\text{حجم}} = \rho AL}_{\text{تاثیر فرمول چگالی و رابطهٔ آن با جرم سیم}} \text{جرم سیم} \Rightarrow F_{\text{خالص}} = ma$$

پله دوم از رابطهٔ 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:

$$F_{net_y} = ma \Rightarrow BIL\sin\theta - mg = ma$$

$$BIL\sin ۹۰^\circ - \rho ALg = \rho ALa \Rightarrow ۳\times I - ۲۵۰۰\times ۴\times ۱۰^{-۴}\times ۱۰ = ۲۵۰۰\times ۴\times ۱۰^{-۴}\times a$$

$$\Rightarrow ۳\times I - ۱۰ = ۲ \Rightarrow I = ۴A$$

۹۹۷ ۴

چون ابتدا و انتهای قطعه سیم‌ها روی یک خط هم‌راستا با میدان واقع شده‌اند، برایند نیروهای وارده صفر خواهد بود.

۹۹۸ ۱

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

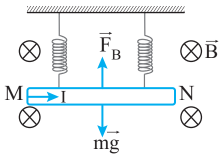
$F_B = W \rightarrow F_B = mg$

پله دوم می‌دانیم اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان واقع در میدان مغناطیسی خارجی، از رابطهٔ $F_B = BI\ell\sin\theta$ به‌دست می‌آید. با جایگذاری در رابطهٔ موجود در پلهٔ اول داریم:

$$BIL\sin\theta = mg \xrightarrow[\theta=۹۰^\circ,\, g=۱۰N/kg]{B=۱۲T,\, I=?,\, \frac{m}{\ell}=۶۰۰g/m} I = \frac{mg}{LB} = \frac{۶۰۰\times ۱۰^{-۳}\times ۱۰}{۱۲}$$

$\Rightarrow I = ۰/۵A$

پله سوم همان‌طور که در شکل زیر قابل مشاهده است، با توجه به قاعدهٔ 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 می‌شود و در نتیجه عکس‌العمل آن به آهنربا نیرویی رو به بالا وارد می‌کند و در نتیجه عدد ترازو کاهش می‌یابد، یعنی عبارت «پ» می‌تواند جاهای خالی را به درستی پر کند.

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

حرفه‌ای باش

با نگاه به گزینه‌ها، متوجه می‌شویم یا گزینه (۱) درست است یا گزینه (۳)؛ پس صرفا با بررسی یک نوع باتری، می‌توان به جواب سوال رسید.

۱۰۰۰ ۳

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

$F_B = ۱۰ - ۸ = ۲N$

پله دوم حال به کمک نیروی مغناطیسی، بزرگی میدان مغناطیسی را به‌دست می‌آوریم:

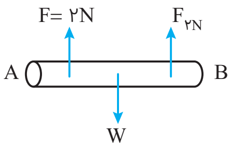
$F = BIL\sin\alpha$

$\rightarrow ۲ = B\times ۲۰\times ۰/۱\times \sin ۹۰ \rightarrow B = ۱T$

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

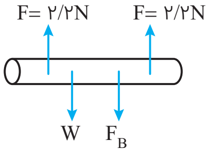
۱۰۰۱ ۱

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



$W = ۲F = ۴N$

پله دوم حال کلید که بسته می‌شود، نیروسنج‌های فنر عدد بیشتری را نشان می‌دهند، بنابراین نیروی مغناطیسی رو به پایین است.



$W + F_B = ۴/۴ \rightarrow F_B = ۰/۴N$

پله سوم در نهایت بزرگی میدان مغناطیسی برابر است با:

$F = BIL\sin\alpha$

$\rightarrow ۰/۴ = B\times ۲۰\times ۰/۲\times \sin ۹۰ \rightarrow B = ۰/۱T$

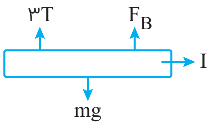
پله چهارم آهنربا با نیرویی به اندازهٔ ۰/۴N و رو به پایین به سیم حامل جریان وارد کرده است طبق قانون سوم نیوتون سیم حامل جریان AB نیز باید نیرویی به همین اندازه و رو به بالا به آهنربا وارد کند. بنابراین عددی که ترازو نشان می‌دهد کاهش خواهد یافت.

$$\text{عدد ترازو} = W_{\text{آهنربا}} - F_B = ۱۰ - ۰/۴ = ۹/۶N$$

۱۰۰۲ ۳

پله اول در مرحلهٔ 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 قاعدهٔ دست راست استفاده کنید) و این نیرو هم‌جهت با کشش نخ‌ها نیز هست، در نتیجه:

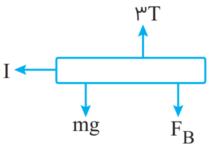


$F_{net_y}=۰$ (با فرض در تعادل بودن) $\Rightarrow ۳T+F_B=mg$

$F_B=BI\ell\sin۹۰^\circ=۸\times۰/۵\times۱\times۱=۴N$

$\Rightarrow ۳(۱N)+(۴N)=mg\Rightarrow mg=$ وزن سیم $=۷N$

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



$F_{net_y}=۰$ (با فرض در تعادل بودن) $\Rightarrow ۳T'=mg+F'_B$

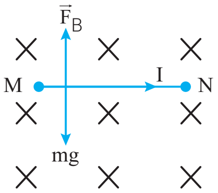
$\Rightarrow ۳(۳)=۷+F'\Rightarrow F'=۲N$

$\frac{F'}{F}=\frac{۲}{۴}=۰/۵$

پس نیروی مغناطیسی باید ۰/۵ برابر حالت قبل شود، یعنی باید I یا B، نصف شوند.

۱۰۰۳ ۲

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



$F_B=BI\ell\sin\theta=B\times۱۰\times۰/۳=۳B\Rightarrow F_B=۳B$ (۱)

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

$F_{net}=ma\Rightarrow mg-F_B=ma$ (۲)

پله دوم حال میدان مغناطیسی از حالت درون‌سو به برون‌سو 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:

$\sum F=ma\Rightarrow mg+F_B=ma'\xrightarrow{(a'=۳a)}mg+F_B=۳ma$ (۳)

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

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

$\Rightarrow F_B+۳F_B=۳mg-mg\Rightarrow ۴F_B=۲mg\Rightarrow mg=۲F_B$

$\xrightarrow{\text{طبق (۱) داریم}} mg=۲(۳B)=۶B\Rightarrow mg=۶B$

$\Rightarrow B=\frac{mg}{۶}=\frac{۴۵۰\times۱۰^{-۳}\times۹/۸}{۶}=\frac{۴/۴۱}{۶}=۰/۷۳۵T$

$=۰/۷۳۵\times۱۰^{۴}G=۷۳۵G$

نکته اگر به اشتباه با $g=۱۰N/kg$، حل می‌کرد:

پاسخ‌های غلط در گزینهٔ «۳» و «۴»:

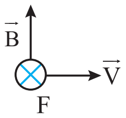
$B=\frac{۴۵۰\times۱۰^{-۳}\times۱۰}{۶}=۰/۷۵T=۷۵۰G$

حرفه‌ای باش

در محاسبات پله سوم، اگر فرض کنیم $g=۱۰$ است، آنگاه می‌دانیم ۳ و ۴ جواب ما نیست؛ پس باید حواسمان به تبدیل واحد تسلا به گاوس باشد.

۱۰۰۴ ۳

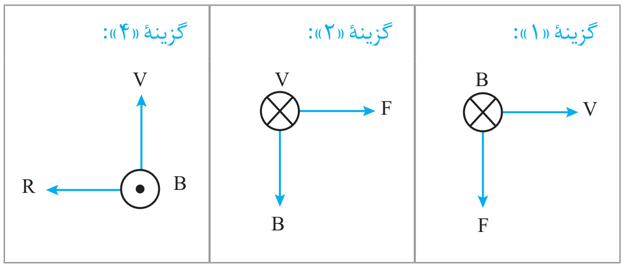
با به‌کار بردن قانون دست راست و با توجه به منفی بودن علامت بار الکترون، جهت سرعت $(\vec V)$ به سمت راست خواهد بود.



۱۰۰۵ ۳

با توجه به قانون دست راست تنها گزینهٔ صحیح، گزینهٔ «۳» است.

بررسی سایر گزینه‌ها:



۱۰۰۶ ۳ 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.

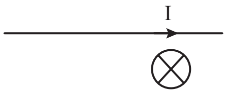
۱۰۰۷ ۴

پله اول با استفاده از قانون دست راست جهت v به سمت راست است.

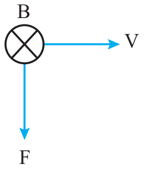
پله دوم توجه داشته باشید که همیشه نیرو بر B و v عمود است، اما B و v می‌توانند زاویه داشته باشند، بنابراین گزینهٔ «۴» صحیح است.

۱۰۰۸ ۳

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

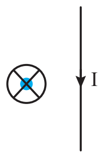


پله دوم دوباره با کمک دست راست نیز جهت نیروی وارد بر ذره به سمت پایین است.

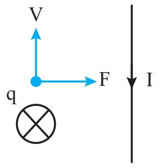


۱۰۰۹ (۴)

پلـه اول ابتدا به کمک قانون دست راست جهت میدان مغناطیسی حاصل از سیم در محل بار q را به‌دست می‌آوریم:

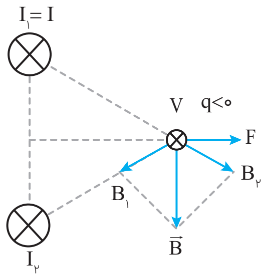


پلـه دوم مجدداً با استفاده از قانون دست جهت نیرو به سمت راست خواهد بود:



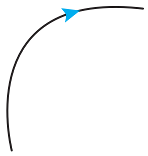
۱۰۱۰ (۲)

به کمک قاعدهٔ دست راست، بردار میدان مغناطیسی که دو سیم حامل جریان در محل بار الکتریکی ایجاد می‌کنند را تعیین می‌کنیم:



اکنون به کمک قاعدهٔ دست راست، جهت نیروی الکترومغناطیسی وارد بر الکترون را تعیین می‌کنیم. در تعیین جهت $\vec F$ به این نکته که علامت بار q منفی است، توجه داریم.

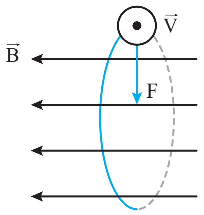
۱۰۱۱ (۲)



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 می‌شود و ذره به سمت راست تمایل می‌یابد.

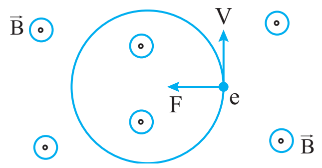
۱۰۱۲ (۲)

طبق قاعدهٔ دست راست، اگر چهار انگشت در جهت $\vec v$ و کف دست به طرف $\vec B$ باشد، انگشت شست جهت $\vec F$ را نشان می‌دهد و F بر صفحهٔ v عمود است.



۱۰۱۳ (۲)

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

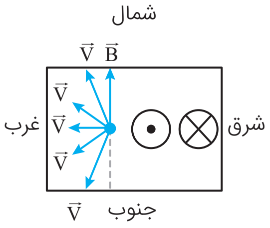


۱۰۱۴ (۳)

به کمک قاعدهٔ 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) درون‌سو است.

۱۰۱۵ (۳)

برای اینکه الکترون بر مسیری مستقیم و افقی حرکت کند، باید نیروی مغناطیسی وارد بر آن، قرینهٔ نیروی وزن آن باشد. با توجه به شکل، به کمک قاعدهٔ دست راست، می‌توان گفت جهت $\vec v$ همه جهت‌های نیمه سمت چپ صفحه به غیر از شمال و جنوب می‌تواند باشد.



۱۰۱۶ (۴) به راحتی می‌توان نوشت:

$$F=|q|vB\sin\alpha=4\times10^{-9}\times200\times500\times10^{-4}\times\sin60^\circ$$

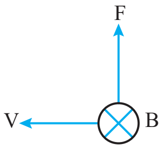
$$\to F=2\sqrt{3}\times10^{-8}\,N$$

۱۰۱۷ (۳)

پلـه اول به کمک رابطهٔ $F=|q|vB\sin\alpha$ خواهیم داشت:

$$F=|q|vB\sin\alpha\to F=50\times10^{-6}\times200\times0/04\times\sin90=4\times10^{-4}\,N$$

پلـه دوم با توجه به قاعدهٔ دست راست جهت نیرو به طرف بالا است.



۱۰۱۸ (۴)

باتوجه با قاعدهٔ دست راست جهت نیرو برون‌سو خواهد شد (توجه کنید ذرهٔ موردنظر الکترون است) بنابراین می‌توان نوشت:

$$F=qVB\sin\theta=1/6\times10^{-19}\times5\times10^{4}\times2000\times10^{-4}\times\frac{1}{2}=8\times10^{-16}\,N$$

۱۰۱۹ (۱)

پلـه اول می‌دانیم نیروی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی یکنواخت از رابطهٔ $F=|q|vB\sin\theta$ به‌دست می‌آید که در آن θ زاویهٔ بین خطوط میدان و راستای سرعت ذره است.

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

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

$$\frac{F_p}{F_e}=\frac{|q_p|v_pB\sin90^\circ}{|q_e|v_eB\sin90^\circ}=\frac{v_p}{v_e}=\frac{3v}{\frac{1}{2}v}=6$$

۱۰۲۰ ۳

پله اول در حالت اول محاسبه می‌کنیم نیروی وارده به ذرهٔ باردار چه کسری از نیروی بیشینه است:

اگر نیرو بیشینه باشد $\Rightarrow \theta=۹۰^\circ \to F_{max}=|q|vB\underbrace{\sin۹۰^\circ}_{۱}=|q|vB$

وقتی زاویهٔ ذره با راستای میدان ۵۳° است $\Rightarrow \theta_۱=۵۳^\circ \to F_۱=|q|vB\underbrace{\sin۵۳^\circ}_{۰/۸}$

$\Rightarrow F_۱=۰/۸F_{max}$

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

$$F_۲=F_۱-\frac{۲۵}{۱۰۰}F_۱=۰/۸F_{max}-۰/۲۵(۰/۸F_{max})=۰/۶F_{max}$$

$$\Rightarrow \begin{cases}F_۱=۰/۸F_{max}\\ F_۲=۰/۶F_{max}\end{cases} \text{ یا } \begin{cases}F_{max}=\frac{F_۱}{۰/۸} & (۱)\\ F_{max}=\frac{F_۲}{۰/۶} & (۲)\end{cases}$$

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

$$\frac{F_۱}{۰/۸}=\frac{F_۲}{۰/۶}\to\frac{\cancel{|q|vB}\sin۵۳^\circ}{۰/۸}=\frac{\cancel{|q|vB}\sin\theta_۲}{۰/۶}$$

$$\Rightarrow ۱=\frac{\sin\theta_۲}{۰/۶}\to\sin\theta_۲=۰/۶\to\theta_۲=۳۷^\circ\Rightarrow\theta_۱-\theta_۲=۱۶^\circ$$

۱۰۲۱ ۱

پله اول ابتدا زاویهٔ حالت اول ($F=۰/۶F_{max}$) را به‌دست می‌آوریم:

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

$$\Rightarrow\sin\alpha=\frac{۰/۶F_{max}}{F_{max}}\to\sin\alpha=۰/۶\to\alpha=۳۷^\circ$$

پله دوم در حالت دوم، نیرو $\frac{۱}{۶}$ برابر کاهش پیدا کرده است، بنابراین:

$$F_۲=F_۱-\frac{۱}{۶}F_۱=۰/۶F_{max}-\frac{۱}{۶}(۰/۶F_{max})=۰/۵F_{max}$$

پله سوم محاسبهٔ زاویهٔ حالت دوم:

$$\sin\beta=\frac{۰/۵F_{max}}{F_{max}}\to\sin\beta=۰/۵\to\beta=۳۰^\circ$$

بنابراین باید راستای میدان $۳۷^\circ-۳۰^\circ=۷^\circ$ بچرخد.

۱۰۲۲ ۱ برای حل این سؤال باید به یک نکته دقت کنیم. از آنجایی که ذرهٔ آلفا به صورت $_{۲}^{۴}\alpha^{۲+}$ است، بنابراین بار الکتریکی آن دو برابر بار الکتریکی الکترون است. طبق قانون دوم نیوتون می‌توان نوشت:

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

$$B=\frac{۶/۶۸\times۱۰^{-۲۷}\times۴\times۱۰^{۵}}{۲\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۵۰\times۱}=۱/۶۷G$$

۱۰۲۳ ۱

پله اول ابتدا نیروی مغناطیسی را به‌دست می‌آوریم:

$$F=|q|vB\sin\alpha\to F=۵۰\times۱۰^{-۶}\times۱۰^{۳}\times۴\times۱۰^{-۲}\times\sin۹۰$$

$$\to F=۲\times۱۰^{-۳}N$$

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

$$a=\frac{F}{m}=\frac{۲\times۱۰^{-۳}}{۴۰\times۱۰^{-۶}}=۵۰m/s^{۲}$$

۱۰۲۴ ۳

پله اول ابتدا سرعت پروتون را محاسبه می‌کنیم:

$$F=qvB\sin\alpha\Rightarrow۱/۲۸\times۱۰^{-۱۶}=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times v\times\underbrace{۲۰\times۱۰^{-۳}}_{\text{تبدیل mT به T}}\times\sin۹۰^\circ$$

$$\Rightarrow v=۴\times۱۰^{۴}m/s$$

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

$$K=\frac{۱}{۲}mv^{۲}=\frac{۱}{۲}\times۱/۷\times۱۰^{-۲۷}\times(۴\times۱۰^{۴})^{۲}$$

$$=۱/۷\times۸\times۱۰^{-۱۹}J=۱/۷\times۸\times۱۰^{-۱۹}\times\frac{۱}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}eV=۸/۵eV$$

۱۰۲۵ ۳

پله اول ابتدا تعداد حلقه‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$N=\frac{L}{۲\pi R}=\frac{۱۰\pi}{۲\pi\times۴\times۱۰^{-۲}}=\frac{۵۰۰}{۴}=۱۲۵$$

پله دوم برای محاسبهٔ میدان مرکز حلقه، ابتدا جریان عبوری از حلقه را به‌دست می‌آوریم:

$$I=\frac{V}{R}=\frac{۲۰}{۴۰}=۰/۵A$$

پله سوم اکنون برای محاسبهٔ میدان مرکز حلقه می‌توان نوشت:

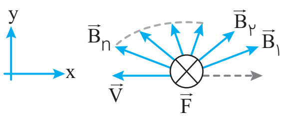
$$B=\frac{\mu_۰NI}{۲R}=\frac{۴\pi\times۱۰^{-۷}\times۱۲۵\times\frac{۱}{۲}}{۲\times۴\times۱۰^{-۲}}=۳۱/۲۵\pi\times۱۰^{-۵}T$$

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.

۱۰۲۶ ۴

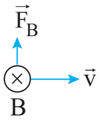
پله اول می‌دانیم بردار نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار ($\vec{F}$) باید حتماً بر بردار سرعت ذره ($\vec{v}$) و بردار میدان مغناطیسی که ذره در آن واقع شده است ($\vec{B}$) عمود باشد. ولی زاویهٔ بین بردار سرعت ($\vec{v}$) و بردار میدان ($\vec{B}$) هر زاویه‌ای می‌تواند باشد، فقط توجه داریم که چون $F\neq۰$ است، نباید زاویهٔ بین بردار سرعت ($\vec{v}$) و بردار میدان ($\vec{B}$) صفر یا ۱۸۰° باشد.

پله دوم طبق قانون دست راست و مطابق شکل زیر، بردار میدان ($\vec{B}$) بی‌نهایت جواب در محدودهٔ زیر دارد:



۱۰۲۷ ۱

باتوجه به قاعدهٔ 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:



$$F=ma\to qVB\sin\theta=ma\to a=\frac{qVB\sin\theta}{x}$$

$$\to a=\frac{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\times۱۰^{۴}\times۱۷۰\times۱۰^{-۴}}{۱/۷\times۱۰^{-۲۷}}=۱/۶\times۱۰^{+۱۰}\vec{j}$$

۱۰۲۸ ③

پلهٔ اول ابتدا با داشتن بردار میدان مغناطیسی، بزرگی آن را محاسبه می‌کنیم:

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

پلهٔ دوم حال از رابطهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک درون میدان مغناطیسی کمک می‌گیریم و زاویهٔ بردار سرعت ذره با بردار میدان را به‌دست می‌آوریم:

$$|F|=|q|vB\sin\theta$$

$$\xrightarrow[F=0/3N]{B=5T,|q|=4\times10^{-9}c,v=3\times10^{7}m/s}0/3=4\times10^{-9}\times3\times10^{7}\times5\times\sin\theta$$

$$\Rightarrow60\times10^{-2}\sin\theta=0/3\to\sin\theta=\frac{0/3}{6\times10^{-1}}=\frac{0/3}{0/6}=\frac{1}{2}$$

$\Rightarrow\theta=30^\circ$ یا $\theta=150^\circ$

۱۰۲۹ ③ روش اول:

پلهٔ اول (پیدا کردن زاویهٔ بین بردارهای $\vec{v}$ و $\vec{B}$ و محاسبهٔ مقدار $\vec{F}$): با توجه به بردارهای داده شده برای $\vec{v}$ و $\vec{B}$ می‌توان نوشت:

$$\vec{v}=10^5\vec{i}+\sqrt{3}\times10^5\vec{j}\Rightarrow\tan\alpha_1=\frac{\sqrt{3}\times10^5}{10^5}=\sqrt{3},|\vec{v}|=\sqrt{v_x^2+v_y^2}$$

$$=2\times10^5m/s,\vec{B}=\frac{\sqrt{3}}{2}\vec{i}-\frac{1}{2}\vec{j}\Rightarrow\tan\alpha_2=\frac{(-\frac{1}{2})}{(\frac{\sqrt{3}}{2})}=-\frac{1}{\sqrt{3}},$$

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

پلهٔ دوم حال می‌توان طبق فرمول $F=|q|VB$، خواسته مسئله را بدست آورد:

$$F=1/6\times10^{-19}\times2\times10^5\times1\times\sin90^\circ=3/2\times10^{-14}$$

روش دوم:

پلهٔ 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:

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

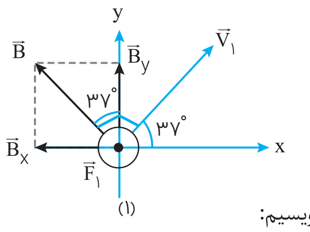
$$F=qvB\sin\alpha=q(v_xB_y-v_yB_x)$$

پلهٔ دوم حال در این سؤال می‌توان نوشت:

$$F=|1/6\times10^{-19}\times\left(10^5\times(-\frac{1}{2})-\sqrt{3}\times10^5\times(\frac{\sqrt{3}}{2})\right)|=3/2\times10^{-14}N$$

۱۰۳۰ ②

پلهٔ اول چون نیروی وارد بر ذرهٔ باردار در شکل چپ بیشینه است، زاویهٔ 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 می‌بریم که میدان مغناطیسی $\vec{B}$ در صفحهٔ xy قرار گرفته است و جهت آن مطابق شکل مقابل تعیین می‌گردد:



میدان را برحسب مؤلفه‌های x و y می‌نویسیم:

$$\vec{B}=-B_x\vec{i}+B_y\vec{j}=(-B\sin37)\vec{i}+(B\cos37^\circ)\vec{j}$$

خواهیم داشت:

$$\Rightarrow\vec{B}=(-0/6B)\vec{i}+(0/8B)\vec{j}$$

پلهٔ دوم در شکل سمت راست (۲) چون میدان در صفحهٔ xy قرار دارد، ذره نیز به صورت برون‌سو حرکت می‌کند، در نتیجه زاویهٔ بین سرعت $\vec{v}_2$ و میدان $\vec{B}$، 90° خواهد بود و در نتیجه:

$$F_2=qv_2B\sin90^\circ\Rightarrow40=(2\times10^{-6})\times800\times B\times1$$

$$\Rightarrow B=\frac{40}{2\times10^{-8}\times800}\Rightarrow B=2/5\times10^4T=25000T$$

پلهٔ سوم حال با داشتن مقدار عددی میدان، بردار میدان را محاسبه می‌کنیم:

$$\vec{B}=(-0/6B)\vec{i}+(0/8B)\vec{j}=(-0/6\times25000)\vec{i}+(0/8\times25000)\vec{j}$$

$$\vec{B}=(-15\times10^3)\vec{i}+(2\times10^4)\vec{j}$$

۱۰۳۱ ③

پلهٔ اول طبق رابطهٔ محاسبهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی یکنواخت (یعنی $F_B=|q|vB\sin\theta$)، بدیهی است برای بیشینه شدن نیرو باید هم زاویهٔ بین بردار سرعت و خطوط میدان مغناطیسی 90° باشد و هم مقدار سرعت ذره ($\vec{v}$) بیشترین مقدار ممکن را داشته باشد.

پلهٔ 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 گزینه‌های «۳» و «۴». دقت داریم که در گزینه‌های «۱» و «۲»، $\theta=0$ یا $\theta=180^\circ$ شده و بنابراین $F=0$ خواهد شد. پس گزینه‌های «۱» و «۲» حذف می‌شوند.

پلهٔ سوم بین گزینه‌های «۳» و «۴» نیز، در گزینهٔ «۳» مقدار بزرگی $\vec{v}$ (بردار سرعت) از مقدار بزرگی بردار سرعت در گزینهٔ «۴» بیشتر است. بنابراین گزینهٔ «۳» صحیح است.

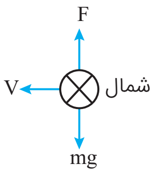
۱۰۳۲ ①

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

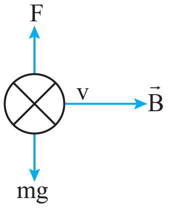
$$F=mg\to|q|vB\sin\alpha=mg\to4\times10^{-6}\times200\times B=2\times10^{-5}\times10$$

$$\to B=\frac{2\times10^{-4}}{4\times2\times10^{-4}}=0/25T$$

پلهٔ دوم با توجه به قانون دست راست خواهیم داشت:



۱۰۳۳ ④



پلهٔ 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، می‌توان فهمید جهت میدان مغناطیسی از غرب به شرق است.

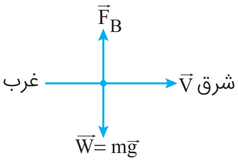
پلهٔ دوم برای این که تعادل برای ذره برقرار شود (پلهٔ اول)، باید $F_B=mg$ باشد:

$$F_B=mg\to|q|vB\sin\alpha=mg\to5\times10^{-5}\times2/5\times10^3\times B$$

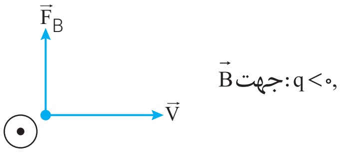
$$=5\times10^{-2}\to B=0/4T$$

۱۰۳۴ ۱

پله اول اگر رو به شمال قرار گیریم، نیروی وزن این ذره در امتداد قائم از بالا به پایین است. بنابراین برای اینکه ذره منحرف نشود، باید نیروی مغناطیسی وارده از طرف میدان به ذرهٔ باردار $(\vec{F}_B)$ 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 $(\vec{B})$ می‌تواند برون‌سو باشد یعنی از شمال به جنوب و در تمامی گزینه‌ها مشاهده می‌شود که زاویهٔ بین جهت جابه‌جایی ذره و میدان مغناطیسی برابر 90° فرض خواهد شد.

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

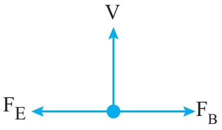
پله سوم محاسبهٔ اندازهٔ میدان:

$$\Rightarrow 800\times10^{-6}\times6\times10^{6}\times B\times1=4\times10^{-3}\times10 \Rightarrow B=\frac{1}{12}\times10^{-4}\,T$$

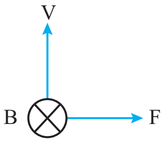
۱۰۳۵ ۴

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

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

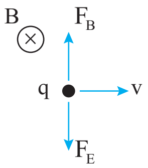


پله سوم با توجه به قاعدهٔ دست راست، جهت میدان مغناطیسی درون‌سو است.



۱۰۳۶ ۱ از آنجایی که ذره آلفا است، بنابراین میدان الکتریکی نیرویی در جهت خودش به آن وارد می‌کند (به سمت پایین) باتوجه به رابطهٔ $F=Eq$. برای آنکه ذره 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.

$$F_E=F_B \to qE=qVB \to V=\frac{E}{B}=\frac{10^3}{10^3\times10^{-4}}=10^4\,\frac{m}{s}$$



۱۰۳۷ ۲

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

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

$$\to v=\frac{2\times10^4}{0/5\times\sin90}=4\times10^4\,m/s$$

۱۰۳۸ ۱

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

۱۰۳۹ ۳

پله اول ابتدا بزرگی میدان الکتریکی ایجاد شده در بین دو صفحهٔ باردار را به‌دست می‌آوریم:

$$E=\frac{|\Delta v|}{d}=\frac{36}{0/2}=180\,N/C$$

پله دوم برای اینکه ذره بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهد، باید برایند نیروهای وارد شده به آن صفر شود. بنابراین باید اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد شده به ذره برابر با اندازهٔ 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:

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

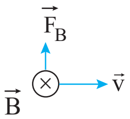
چون حداقل مقدار میدان مغناطیسی (B) خواسته شده است، مقدار $\sin\theta$ در کسر فوق باید بیشترین مقدار خود یعنی ۱ را دارا باشد، پس:

$$B=\frac{E}{v}=\frac{180}{6\times10^6}=3\times10^{-5}\,T$$

۱۰۴۰ ۳

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

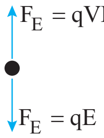
پله دوم باتوجه به قاعدهٔ دست راست، میدان مغناطیسی درون‌سو می‌باشد و ذره عمود بر این میدان به سمت راست در حال حرکت است؛ بنابراین جهت نیروی وارده بر ذره از طرف میدان مغناطیسی به سمت بالا خواهد بود:



پله سوم بنابراین برآیند نیروهای وارد بر ذرهٔ باردار به صورت زیر محاسبه می‌شود:

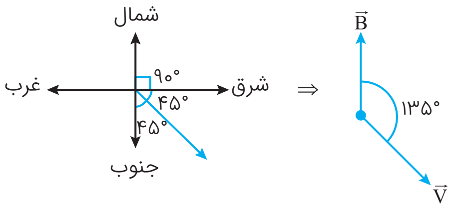
$$\to\begin{cases} F_B=2\times10^{-6}\times2\times10^{4}\times0/02=0/8\times10^{-3}\,N \\ F_E=2\times10^{-6}\times500=1\times10^{-3}\,N \end{cases}$$

$$F_T=|F_E-F_B|=|10^{-3}-0/8\times10^{-3}|=0/2\times10^{-3}=2\times10^{-4}\,N$$



۱۰۴۱ (۴)

پله اول ابتدا زاویهٔ بین خطوط میدان مغناطیسی و جهت حرکت ذرهٔ باردار را تعیین می‌کنیم. طبق دادهٔ مسئله، جهت میدان مغناطیسی یکنواخت رو به شمال و جهت حرکت ذره رو به جنوب شرق است. پس:



پله دوم اندازهٔ نیروی مغناطیسی وارد بر ذرهٔ باردار را محاسبه می‌کنیم:

$$F=|q|vB\sin\theta \xrightarrow[B=0/2\sqrt{2}T,\theta=135^\circ \to \sin135^\circ=\sin45^\circ=\frac{\sqrt{2}}{2}]{F=?,q=8\mu C,v=1/6\times10^5 m/s}$$

$$F=(8\times10^{-6})\times(1/6\times10^5)\times0/2\sqrt{2}\times\frac{\sqrt{2}}{2}=0/256N$$

پله سوم طبق قاعدهٔ 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 نشان‌دهندهٔ جهت نیروی وارد بر ذره است که در اینجا رو به بالا خواهد بود.

پله چهارم محاسبهٔ شتاب به کمک قانون دوم نیوتون:

$$F_{net}=ma \xrightarrow{F_{net}=F-mg} 0/256-16\times10^{-3}\times10=16\times10^{-3}\times a \Rightarrow a=6m/s^2$$

۱۰۴۲ (۳)

پله اول می‌دانیم طبق صورت سؤال، در ابتدا ذرهٔ 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 می‌کنیم، در جابه‌جایی این ذره فقط نیروی الکتریکی کار انجام می‌دهد:

$$\Delta K=W_E$$

$$W_E=-\Delta V_E=-q\Delta V\Rightarrow K_2-K_1=-q\Delta V$$

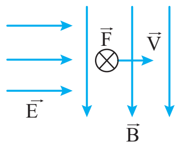
$$\xrightarrow[k_1=0]{\text{طبق فرض مسئله}}\frac{1}{2}mv^2=-q\Delta V\Rightarrow\frac{1}{2}\times[(25\times10^{-3})\times10^{-3}]v^2$$

$$=-\cancel{-}(0/8\times\cancel{10^{-3}})\times(\cancel{-}10\times\cancel{10^{+3}})\Rightarrow\frac{1}{2}[25\times10^{-6}]v^2=8$$

$$\Rightarrow12/5\times10^{-6}v^2=8\Rightarrow v^2=\frac{8}{12/5\times10^{-6}}=640000$$

$$\text{جذر می‌گیریم}\Rightarrow v=\sqrt{64\times10^4}=8\times10^2m/s$$

پله دوم ذرهٔ باردار با تندی $800m/s$ در جهت میدان الکتریکی، وارد میدان مغناطیسی می‌شود 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 ذرهٔ باردار (و در نتیجهٔ آن بر میدان الکتریکی) و هم بر میدان مغناطیسی عمود است و واضح است که در این صورت نیروی مغناطیسی بر صفحهٔ دو میدان عمود است. شکل زیر نمایی از وضعیت بارها و میدان را نشان می‌دهد. بزرگی نیروی مغناطیسی وارد بر بار برابر خواهد بود با:



$$F_B=qvB\sin90^\circ=(25\times10^{-3})(800)(4)(1)$$

$$F_B=100\times10^{-3}\times8\times10^2=80$$

$$\Rightarrow F_B=80N=8dN$$

۱۰۴۳ (۳)

پله اول ابتدا اندازهٔ نیروهای وارد بر ذرهٔ باردار از طرف میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی را محاسبه می‌کنیم:

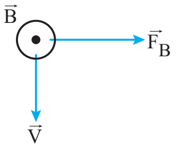
$$\begin{cases}F_E=E|q|\xrightarrow[|q|=20\times10^{-3}C]{E=4\times10^6 V/m}F_E=4\times10^6\times20\times10^{-3}=8\times10^4N\\ F_B=|q|vB\sin\theta\xrightarrow[B=10T,\theta=90^\circ]{|q|=20\times10^{-3}C,V=1/2\times10^4 m/s}\end{cases}$$

$$F_B=20\times10^{-3}\times1/2\times10^4\times10\times\sin90^\circ$$

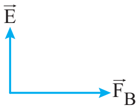
$$F_B=2400N$$

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

(به منفی بودن بار ذره توجه داریم.)



پله سوم حال برایند نیروهای مغناطیسی و الکتریکی را محاسبه می‌کنیم:



$$\vec{F}_T=2/4\times10^3\vec{i}+8\times10^4\vec{j}(N)$$

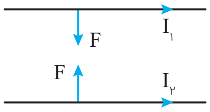
۱۰۴۴ (۲) میدان مغناطیسی حاصل از جریان در نقطهٔ M درون‌سو است. پس بنا به قاعدهٔ دست راست، نیرو روی صفحه و رو به بالا خواهد بود که با جهت جریان زاویهٔ ۴۵ درجه می سازد.

۱۰۴۵ (۱)

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

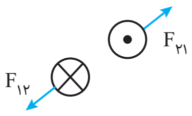
$$F_1=F_2$$

پله دوم از طرفی می‌دانیم که نیروی بین دو سیم دارای جریان هم‌جهت، جاذبه می‌باشد.



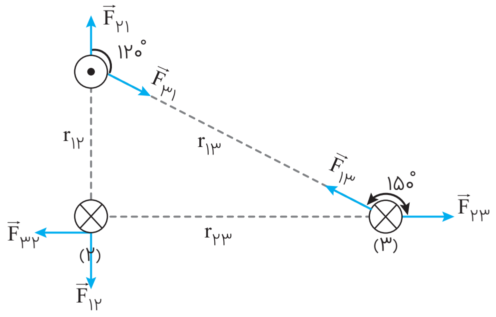
۱۰۴۶ (۲)

اگر دو سیم موازی حامل جریان‌های همسو باشند همدیگر را جذب و اگر جریان‌ها غیرهمسو باشند همدیگر را دفع می‌کنند و نیرویی که از طرف سیم ۱ به ۲ وارد می‌شود به صورت زیر خواهد بود.



۱۰۴۷ (۴)

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



$r_{۱۳} > r_{۲۳} > r_{۱۲}$

$(F_{۱۳}=F_{۳۱})<(F_{۲۳}=F_{۳۲})<(F_{۱۲}=F_{۲۱})$

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

پله سوم سیم شمارهٔ (۱) و (۲) را در نظر بگیرید. $F_{۱۲}=F_{۲۱}$، $F_{۳۲}>F_{۳۱}$ است. از طرفی زاویهٔ بین $\vec{F}_{۱۲}$ و $\vec{F}_{۳۲}$ کوچکتر از زاویهٔ بین $\vec{F}_{۲۱}$ و $\vec{F}_{۳۱}$ است. پس قطعاً برایند نیروهای وارد بر سیم (۲) بزرگتر از برایند نیروهای وارد بر سیم (۱) است:

$F_{۲} > F_{۱} \quad (۱)$

پله چهارم به همین ترتیب در مقایسهٔ برایند نیروهای وارد بر سیم‌های شمارهٔ (۱) و (۳) داریم:

$F_{۲۱} > F_{۲۳} , F_{۳۱} = F_{۱۳}$

پله پنجم و همچنین زاویهٔ بین $\vec{F}_{۳۱}$ و $\vec{F}_{۲۱}$ کوچکتر از زاویهٔ بین $\vec{F}_{۱۳}$ و $\vec{F}_{۲۳}$ است، پس:

$F_{۱} > F_{۳} \quad (۲)$

مقایسهٔ (۱) و (۲) $F_{۲} > F_{۱} > F_{۳}$

۱۰۴۸ (۴)

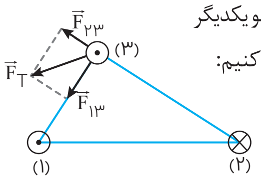
پله اول جریان سیم‌های (۱) و (۳) همسو هستند. بنابراین نیرویی که به یکدیگر وارد می‌کنند، از نوع جاذبه است و با توجه به اینکه میدان حاصل از سیم ۱ در محل سیم ۳ برابر با $۰/۵T$ است، بزرگی نیروی وارد بر هر متر از سیم ۳ از طرف سیم ۱ به صورت زیر به‌دست می‌آید:

$F_{۱۳}=B_{۱}I_{۳}\ell_{۳}\sin\theta \xrightarrow{\theta=۹۰^\circ} F_{۱۳}=۰/۵\times۲\times۱\times۱=۱N$

پله دوم جریان عبوری از سیم (۲) برابر با جریان عبوری از سیم (۱) است و فاصلهٔ 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:

$F_{۲۳}=F_{۱۳}=۱N$

پله سوم با توجه به اینکه جریان‌های ناهمسو یکدیگر را دفع می‌کند، جهت $\vec{F}_{۱۳}$ و $\vec{F}_{۲۳}$ را تعیین می‌کنیم:



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

$F_{t}=\sqrt{۲}N$

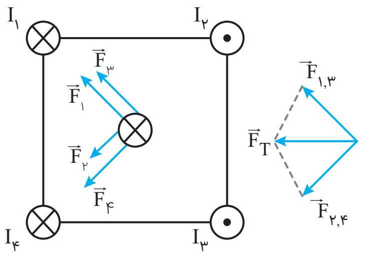
پله چهارم پس بردار نیروی مغناطیسی خالص وارد بر هر متر از سیم (۳) برابر است با:

$\vec{F}_{T}=-\sqrt{۲}\vec{i}(N)$

۱۰۴۹ (۳)

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 گزینهٔ ۳ رسم شده است، جهت برآیند نیروهای وارد شده به سیم مرکزی به سمت چپ می‌باشد.



۱۰۵۰ (۲)

پله اول می‌دانیم شار مغناطیسی از رابطهٔ $\Phi=BA\cos\theta$ به‌دست می‌آید.

پله دوم در رابطهٔ فوق، $\cos\theta$ فاقد واحد (یکا) است. همچنین یکای مساحت (A) نیز در SI، مترمربع $(m^{۲})$ می‌باشد. یکای میدان مغناطیسی $(\vec{B})$ نیز تسلا است که طبق رابطهٔ $F=BIL\sin\theta$ می‌توان نوشت:

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

پله سوم برای به‌دست آوردن یکای شار می‌توان نوشت:

$$\Phi=BA\cos\theta \rightarrow \text{یکای شار}=\frac{[N]}{[m\times A]}\times[m^{۲}]=\frac{[N\times m]}{[A]}$$

پله چهارم طبق فرمول کار داریم:

$W=Fd\cos\theta$

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

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

۱۰۵۱ (۴)

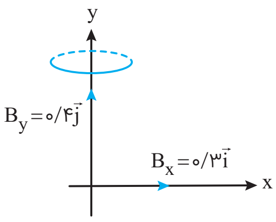
اگر خطوط میدان با سطح حلقه زاویهٔ ۶۰° می‌سازد، زاویهٔ بین خطوط میدان و نیم خط عمود بر حلقه برابر ۳۰° است.

$$\varphi=BA\cos\theta \xrightarrow[A=۲\times۱۰^{-۲}m^{۲}]{B=۴\times۱۰^{-۳}T} \varphi=۴\times۱۰^{-۳}\times۲\times۱۰^{-۲}\times\cos۳۰^\circ$$

$$\varphi=۸\times۱۰^{-۵}\times\frac{\sqrt{۳}}{۲}=۴\sqrt{۳}\times۱۰^{-۵}Wb$$

۱۰۵۲ (۴)

پله اول برای محاسبهٔ شار مغناطیسی باید خطوط میدان مغناطیسی را که به صورت عمود از سطح حلقه عبور می‌کنند، در نظر بگیریم. با توجه به این‌که سطح حلقه عمود بر محور y (موازی محور x) است، فقط مؤلفهٔ قائم میدان ($۰/۴\vec{j}$) از حلقه عبور کرده و داریم:



شار مغناطیسی عبوری از حلقه:

$$\Phi=AB_y\cos۰=۲۰۰\times۱۰^{-۴}\times۰/۴=۸\times۱۰^{-۳}\,\text{Wb}$$

پله دوم از طرفی بزرگی میدان مغناطیسی برابر است با:

$$|\vec{B}|=\sqrt{(۰/۳)^۲+(۰/۴)^۲}=۰/۵\text{T}$$

۱۰۵۳ (۴)

پله اول بیشترین شار مغناطیسی را زمانی خواهیم داشت که سطح حلقه عمود بر خطوط میدان مغناطیسی باشد، یعنی $\theta=۰$.

پله دوم بنابراین:

$$\Phi_{max}=AB\cos\theta\xrightarrow{\theta=۰}\Phi_{max}=AB$$
$$\rightarrow۴\times۱۰^{-۳}=A\times۰/۲\rightarrow A=۲\times۱۰^{-۲}\text{m}^۲\rightarrow A=۲۰۰\text{cm}^۲$$

۱۰۵۴ (۱)

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

۱۰۵۵ (۳)

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

۱۰۵۶ (۱)

پله اول ثانیهٔ اول یعنی $t_۱=۰$ تا $t_۲=۱\text{s}$ است، بنابراین تغییرات شار برابر است با:

$$\left.\begin{array}{l}t_۱=۰\rightarrow\Phi_۱=۲\text{Wb}\\ t_۲=۱\rightarrow\Phi_۲=۳-۲+۲=۳\text{Wb}\end{array}\right\}\Delta\Phi=\Phi_۲-\Phi_۱=۱\text{Wb}$$

پله دوم در نهایت خواهیم داشت:

$$|\varepsilon|=|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|=|-۱\times\frac{۱}{۱}|=۱\text{V}$$

۱۰۵۷ (۲)

$$\varepsilon=|-N\frac{\Delta BA\cos\theta}{\Delta t}|=|-۱\times\frac{-۰/۰۸\times۲۰۰\times۱۰^{-۴}\times\cos۰}{۲\times۱۰^{-۲}}|$$
$$\rightarrow\varepsilon=۰/۰۸\text{V}$$

۱۰۵۸ (۲)

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

$$\varepsilon=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-۲۰۰\times۰/۵=-۱۰۰\text{V}\rightarrow|\varepsilon|=۱۰۰\text{V}$$

۱۰۵۹ (۴) با توجه به اینکه جهت میدان مغناطیسی تغییر کرده است، تغییر شار ناشی از تغییر زاویه است. در حالت اول، زاویهٔ بین خطوط میدان و نیم خط عمود بر حلقه برابر صفر است. در حالت دوم خطوط میدان ۱۸۰° تغییر جهت داده است، بنابراین زاویهٔ بین خطوط میدان و نیم خط عمود بر حلقه برابر ۱۸۰° خواهد بود:

$$\bar{\varepsilon}=-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}=-N\frac{BA(\cos\theta_۲-\cos\theta_۱)}{\Delta t}$$
$$\bar{\varepsilon}=-۱\times\frac{۰/۱\times۱۰۰\times۱۰^{-۴}\times(\cos۱۸۰^\circ-\cos۰^\circ)}{۰/۲۵}$$
$$\bar{\varepsilon}=-۱\times\frac{۰/۱\times۱۰^{-۲}\times(-۲)}{۰/۲۵}=۸\times۱۰^{-۳}\text{V}=۸\text{mV}$$

۱۰۶۰ (۴)

پله اول با توجه به اینکه پیچه عمود بر محور x قرار گرفته است، مؤلفهٔ قائم میدان تأثیری در ایجاد نیروی محرکهٔ القایی ندارد. در این صورت می‌توان نوشت:

$$\Phi=B_xA\cos\theta=(۳\sin۲۰\pi t)\times۱۰۰\times۱۰^{-۴}\times۱\rightarrow\Phi=۰/۰۳\sin۲۰\pi t$$

پله دوم اکنون برای محاسبهٔ نیروی محرکهٔ القایی داریم:

$$|\varepsilon|=|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|=\frac{۴۰۰\times۰/۰۳}{\frac{۱}{۶۰}}|\sin\frac{\pi}{۳}-\sin۰|$$
$$=۷۲۰۰\times\frac{\sqrt{۳}}{۲}=۳۶۰۰\sqrt{۳}\text{V}=۳/۶\sqrt{۳}\text{kV}$$

۱۰۶۱ (۴)

پله اول طبق قانون القای فارادی برای محاسبهٔ نیروی محرکهٔ القایی برحسب آهنگ تغییرات میدان مغناطیسی، می‌توان نوشت:

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

پله دوم با جایگذاری مقادیر داده شدهٔ مسئله در رابطهٔ فوق داریم:

$$\xrightarrow[A=۳۰۰\text{cm}^۲]{\varepsilon=۰/۹\text{V},N=۶۰۰\,(\text{حلقه})}|\frac{\Delta B}{\Delta t}|=\frac{۰/۹}{۶۰۰\times۳۰۰\times۱۰^{-۴}\times\cos۰^\circ}$$
$$\Rightarrow|\frac{\Delta B}{\Delta t}|=\frac{۰/۹}{۱۸}=۰/۰۵\text{T/s}=۵۰\text{mT/s}$$

#q-محاسبه جریان القایی

۱۰۶۲ (۴) در حالت‌های ۱ و ۲ هیچ اتفاقی رخ نمی‌دهد. در حالت ۳ نیز بین دو نقطه از یک قطر اختلاف پتانسیل ایجاد می‌شود.

۱۰۶۳ (۲)

پله اول ابتدا نیروی محرکهٔ القایی در حلقه را به‌دست می‌آوریم:

$$\varepsilon=IR=۰/۲\times۰/۳=۰/۰۶\text{V}$$

پله دوم حال خواهیم داشت:

$$\varepsilon=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\rightarrow\varepsilon=-N\frac{\Delta B}{\Delta t}A\cos\theta\xrightarrow{A=\pi r^۲=۳\times۱۰^{-۲}\text{m}^۲}$$
$$\rightarrow|\varepsilon|=|N\frac{\Delta B}{\Delta t}A\cos\theta|\rightarrow\frac{۶}{۱۰۰}=۱\times\frac{\Delta B}{\Delta t}\times۳\times۱۰^{-۲}\times۱\rightarrow\frac{\Delta B}{\Delta t}=۲\text{T/s}$$

۱۰۶۴ ۳

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

$$I=\frac{\varepsilon}{R}\xrightarrow{I=4\times10^{-3}A}4\times10^{-3}=\frac{\varepsilon}{3}\rightarrow\varepsilon=12\times10^{-3}V$$

پله دوم حال به سراغ محاسبهٔ آهنگ تغییر شار می‌پردازیم:

$$|\varepsilon|=|-N\frac{\Delta B}{\Delta t}A\cos\theta|\rightarrow12\times10^{-3}=400\times\frac{\Delta B}{\Delta t}\times2\times10^{-2}\times\cos0$$

$$\rightarrow\frac{\Delta B}{\Delta t}=\frac{12}{8}\times10^{-3}=1/5\times10^{-3}T/s$$

۱۰۶۵ ۳

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

پله دوم مساحت مقطع سیملوله برابر است با:

$$A=\pi r^2\xrightarrow[r=\frac{4\times10^{-2}}{2}=2\times10^{-2}m]{d=4cm}A=3(2\times10^{-2})^2\rightarrow A=1/2\times10^{-3}m^2$$

پله سوم مطابق قانون القای فارادی داریم:

$$\varepsilon=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-N\frac{\Delta B}{\Delta t}A\cos\theta\xrightarrow[A=1/2\times10^{-3}m^2,\theta=53^\circ]{N=60,\frac{\Delta B}{\Delta t}=15T/s}$$

$$\rightarrow\varepsilon=-60\times15\times1/2\times10^{-3}\times\underbrace{\cos(53)^\circ}_{0/6}=-0/648V$$

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

$$L=N(2\pi r)=60(2\times3\times2)=720cm=7/2m$$

پله پنجم مقاومت هر متر از سیم برابر ۰/۵ اهم است، پس مقاومت کل سیم برابر است با:

$$R=7/2\times0/5=3/6\Omega$$

پله ششم جریان القایی طبق قانون اهم برابر است با:

$$I=\frac{V}{R}\xrightarrow{V=\varepsilon}I=\frac{\varepsilon}{R}=\frac{0/648}{3/6}=0/18A$$

۱۰۶۶ ۳

پله اول با توجه به قانون القای فارادی داریم:

$$\bar{\varepsilon}=|N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|,I=\frac{V}{R}\xrightarrow{V=\varepsilon}I=\frac{\varepsilon}{R}\ (\text{قانون اهم})\Rightarrow IR_T=NA|\frac{\Delta B}{\Delta t}|$$

پله دوم اگر مقاومت هر حلقه R_1 باشد، مقاومت کل سیم‌پیچ برابر با $R=NR_1$ خواهد بود و در نتیجه داریم:

$$IR_1=A|\frac{\Delta B}{\Delta t}|\xrightarrow[d=40cm\rightarrow r=\frac{d}{2}=20cm,\pi=3,\frac{\Delta B}{\Delta t}=700\times10^{-4}T/s]{I=0/08A,A=\pi r^2}$$

$$0/08R_1=[3\times(0/2)^2](700\times10^{-4})\rightarrow R_1=\frac{3\times0/04\times7\times10^{-2}}{0/08}$$

$$\rightarrow R_1=0/105\Omega=105m\Omega$$

۱۰۶۷ ۱

پله اول طبق فرض سؤال، شعاع حلقهٔ (۱) سه برابر شعاع حلقهٔ (۲) است؛ پس می‌توان نسبت مساحت دو حلقه و نیز محیط آن‌ها را به‌دست آورد:

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

پله دوم می‌دانیم اندازهٔ جریان عبوری از هر حلقه، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

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

۱۰۶۸ ۳

پله اول ابتدا نیروی محرکهٔ القایی را به‌دست می‌آوریم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R}\rightarrow0/02=\frac{\varepsilon}{4}\rightarrow\varepsilon=0/08V$$

پله دوم حال خواهیم داشت:

$$\varepsilon=|-N\frac{B\Delta A\cos\theta}{\Delta t}|\rightarrow0/08=1\times5\times10^{-2}\times\frac{\Delta A}{\Delta t}\cos0^\circ$$

$$\rightarrow\frac{\Delta A}{\Delta t}=1/6m/s^2$$

#q-محاسبه بار الکتریکی القایی

۱۰۶۹ ۳

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

$$\begin{cases}|\bar{\varepsilon}|=N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\bar{I}R\\ \bar{I}=\frac{\Delta q}{\Delta t}\end{cases}\Rightarrow\Delta q=\frac{N}{R}\Delta\Phi=200\times\frac{0/05}{10}\Rightarrow\Delta q=1C$$

۱۰۷۰ ۱

پله اول می‌دانیم مقدار شار از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آید:

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

حرفه‌ای باش

با در نظر گرفتن پلهٔ اول، می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{array}{l}\Delta\Phi=\mathbf{A}\cos\theta\,\Delta\mathbf{B}\\ \rightarrow\mathbf{B}_1=0/08\ \mathbf{B}_2=-0/04\end{array}\right\}\rightarrow\Delta\Phi=-0/12\,\mathbf{A}\cos\theta$$

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

$$\Phi_1=AB_1\cos\theta_1=8\times10^{-2}\times2\times10^{-2}\times\cos60^\circ$$

$$\Phi_2=AB_2\cos\theta_2=4\times10^{-2}\times2\times10^{-2}\times\cos120^\circ$$

$$\Rightarrow\begin{cases}\Phi_1=8\times10^{-4}Wb\\ \Phi_2=-4\times10^{-4}Wb\end{cases}$$

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

$$\Rightarrow\Delta\Phi=\Phi_2-\Phi_1=-4\times10^{-4}-(8\times10^{-4})\Rightarrow\Delta\Phi=-12\times10^{-4}$$

پله چهارم به کمک قانون القای فارادی می‌توان نوشت:

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

پس مقدار بار شارش شده از فرمول روبه‌رو محاسبه می‌گردد:

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

$$\xrightarrow[\text{چون یک حلقه (دور) داریم}]{N=1}\Delta q=\frac{1}{2}\times12\times10^{-4}=6\times10^{-4}C=0/6mC$$

۱۰۷۱ ۲

پله اول در حالت اول، زاویهٔ θ_1 برابر با صفر درجه خواهد بود و با چرخش ۱۸۰ درجه‌ای، θ_2 برابر با 180° خواهد شد. ابتدا جریان القایی را محاسبه می‌کنیم. می‌دانیم بزرگی این جریان از فرمول زیر به‌دست می‌آید:

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

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

پله دوم توجه کنید که طبق فرضیات مسئله، می‌دانیم نه کمیت بزرگی میدان و نه مساحت پیچه در میدان هیچ‌یک تغییری نکرده‌اند؛ در نتیجه حین تأثیر دادن $\Delta\Phi$ در فرمول بالا، A و B که کمیت‌های ثابت (constant) هستند را بیرون کشیده و فقط تغییرات زاویهٔ θ را اعمال می‌کنیم. همچنین می‌دانیم مقدار بار الکتریکی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید (فصل ۲ فیزیک یازدهم، بخش جریان و بار الکتریکی شارش یافته):

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

$$\Rightarrow \Delta q=\frac{-100}{4}\times1\times10^{-4}\times100\times10^{-4}\times(\cos180^\circ-\cos0^\circ)$$

$$\Delta q=50\times10^{-6}C=50\mu C$$

۱۰۷۲ ۲

پله اول ابتدا بار شارش یافته را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta q=-N\frac{\Delta\Phi}{R}=-1\times\frac{(-0/002)}{0/05}=4\times10^{-2}C$$

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

$$n=\frac{\Delta q}{e}=\frac{4\times10^{-2}}{16\times10^{-20}}=\frac{1}{4}\times10^{18}=25\times10^{16}=2/5\times10^{17}\ (\text{الکترون})$$

۱۰۷۳ ۳

پله اول با توجه به قانون القای فارادی می‌توان نوشت:

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

$$\xrightarrow{I=\frac{\Delta q}{\Delta t}}\frac{\Delta q}{\Delta t}R=|N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|\to\Delta qR=|N\Delta\Phi|$$

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

$$\Delta q=ne\to(ne)R=|N\Delta\Phi|\xrightarrow[R=30\Omega,N=640,\Delta\Phi=60Wb]{n=?,e=1/6\times10^{-19}C}$$

$$n=\frac{|N\Delta\Phi|}{eR}=\frac{640\times60}{1/6\times10^{-19}\times30}=8\times10^{21}\ (\text{الکترون})$$

۱۰۷۴ ۲

پله اول بار شارش شده در اثر القا طبق رابطهٔ $q=N\frac{|\Delta q|}{R}$ به‌دست می‌آید. زیرا:

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

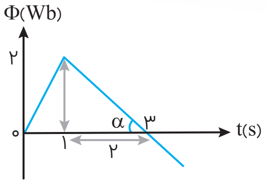
$$\frac{\Delta q}{\Delta t}R=N\frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}\to\Delta q=N\frac{|\Delta\Phi|}{R}\quad(1)$$

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

پله دوم با جایگذاری داده‌های مسئله در رابطهٔ (۱) داریم:

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

۱۰۷۵ ۳



برای محاسبهٔ نیروی محرکهٔ القایی در دو ثانیهٔ دوم یا همان بازهٔ زمانی ۲ تا ۴ ثانیه، شیب نمودار در این بازه را نیاز داریم که برابر $\tan\alpha$ می‌باشد:

$$|\tan\alpha|=\frac{2}{2}=1\Rightarrow \text{شیب خط منفی است:}\ \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=-1$$

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

۱۰۷۶ ۴

پله اول حتماً این فرمول مهم را به خاطر دارید: $\varepsilon=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

همان‌طور که می‌دانیم، نیروی محرکهٔ القایی از فرمول بالا به‌دست می‌آید. در این فرمول، $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ همان شیب نمودار است! در نتیجه در بازهٔ (۰,۴s)، شیب نمودار ثابت و برابر خواهد بود با:

$$\text{شیب نمودار}=\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{0-(-4)}{1-0}=\frac{8}{2}=4Wb/s$$

پله دوم بزرگی نیروی محرکهٔ القایی در ثانیهٔ سوم که روی این خط قرار می‌گیرد برابر است با:

$$|\varepsilon|=|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|=|-N(\frac{\Phi_{4s}-\Phi_{3s}}{4-3})|=|-1\times4|=4V$$

پله سوم با استفاده از معادلهٔ خط، شار لحظهٔ $t=4s$ به‌دست می‌آید:

$$0\le t\le4(s)\Rightarrow\Phi=4t-4\xrightarrow{t=4s}\Phi_{4s}=4(4)-4=12Wb$$

پله چهارم حال در بازهٔ (۴s,۷s)، $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ که برابر با شیب خط است را به‌دست می‌آوریم:

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

پله پنجم آهنگ تغییر شار در دو ثانیهٔ سوم یعنی $4s\le t\le6s$ نیز برابر همان شیب خط به‌دست آمده است، پس؛ بزرگی نیروی محرکهٔ القایی در بازهٔ (۴s,۶s) برابر خواهد بود با:

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

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

۱۰۷۷ ۳

با توجه به قانون القای فارادی، برای منفی بودن نیروی محرکهٔ القایی متوسط در بازهٔ مورد نظر باید $\Delta\Phi>0$ باشد که از گزینه‌های داده شده تنها در بازهٔ $[t_1,t_2]$ مقدار $\Delta\Phi$ مثبت است.

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

۱۰۷۸ ۴

چون از ۱۰ تا ۲۰ ثانیه نمودار خط راست است، بنابراین نیروی محرکهٔ القایی با شیب این خط برابر است. شیب این خط را به کمک ۱۰ تا ۱۶ ثانیه محاسبه می‌کنیم:

$$\bar\varepsilon=|\frac{0-0/06}{6}|=0/01V=10mV$$

۱۰۷۹ ۱

با توجه به رابطهٔ $\varepsilon=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$، هر بازهٔ زمانی که $|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|$ بیشتری داشته باشد مقدار ε بیشتری دارد.

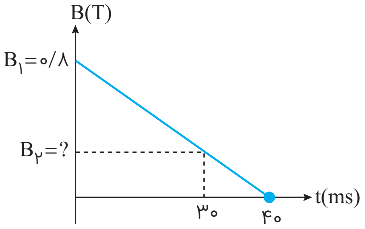
۱۰۸۰ (۲)

روش اول:

پله اول ابتدا با استفاده از تشابه مثلث‌ها، میدان مغناطیسی در لحظهٔ $t=30ms$ محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{B_1}{40}=\frac{B_2}{10}\rightarrow\frac{0/8}{40}=\frac{B_2}{10}$$

$$B_2=0/2T$$



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

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

$$=-500\times\frac{(0/2-0/8)\times40\times10^{-4}\times\cos0^\circ}{30\times10^{-3}}$$

$$\bar{\varepsilon}=40V$$

روش دوم: از آن جایی که شیب نمودار ثابت است، می‌توان گفت نیروی محرکه القایی بین دو زمان $t=0\ s$ تا $t=30ms$ برابر نیروی محرکه القایی بین دو زمان $t=0$ تا $t=40ms$ است. پس برای راحتی می‌توانیم نیروی محرکه القایی بین دو زمان $t=0$ تا $t=40ms$ را محاسبه کرد.

$$\bar{\varepsilon}=-N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}=-N\frac{\Delta BA\cos\theta}{\Delta t}=-500\times\frac{0/8\times40\times10^{-4}\times\cos0^\circ}{40\times10^{-3}}$$

۱۰۸۱ (۴) شیب نمودار شار برحسب زمان در بازهٔ زمانی $t_1=4s$ تا $t_2=16s$ ثابت است؛ بنابراین نیروی محرکهٔ القایی در لحظهٔ t' برابر نیروی محرکه القایی متوسط در این بازهٔ زمانی است:

$$\varepsilon_{t'}=\bar{\varepsilon}=\left|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|=\left|-1\times\frac{(-2-2)}{16-4}\right|=\frac{4}{12}=\frac{1}{3}V$$

۱۰۸۲ (۴)

پله اول شیب نمودار $B-t$ ثابت است؛ در نتیجه جریان القایی در لحظهٔ $t=0/4s$ برابر جریان القایی متوسط در ۰/۵ ثانیه است. حال سراغ محاسبهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط می‌رویم:

$$|\varepsilon|=-\left|N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|=\left|-N\frac{\Delta BA\cos\theta}{\Delta t}\right|=\frac{50\times0/04\times500\times10^{-4}\times1}{0/5}$$

$$\rightarrow\varepsilon=0/2V$$

پله دوم حال به راحتی اندازهٔ جریان را محاسبه می‌کنیم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R}=\frac{0/2}{5}=0/04A=40mA$$

۱۰۸۳ (۳) با توجه به قانون القای فارادی منفی شیب نمودار $\Phi-t$ یک حلقه نشان‌دهندهٔ ε است. با توجه به رابطهٔ $\varepsilon=IR$ ، نمودار $I-t,\varepsilon-t$ دارای شکل یکسانی است. از آن‌جایی که شیب نمودار در بازهٔ زمانی صفر تا t_1 بیشتر از بازهٔ زمانی t_2 تا t_3 است، پس نمودار گزینهٔ «۳» صحیح است.

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.

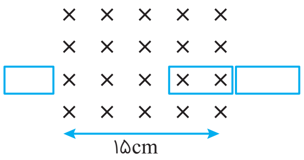
$$\Phi=BA\cos\alpha=2\times10^{-4}\times15\times10^{-4}\times\cos0^\circ$$

$$=3\times10^{-7}Wb=0/3\mu Wb$$

پله دوم از لحظه‌ای که حلقه کاملاًدرون 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 این‌که 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.



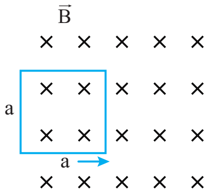
$$\Delta x=vt\Rightarrow20\times10^{-2}=2\times t\Rightarrow t=\frac{20\times10^{-2}}{2}=0/1s=100ms$$

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

$$\Delta x=vt_1\Rightarrow5\times10^{-2}=2\times t_1\Rightarrow t_1=0/025s=25ms$$

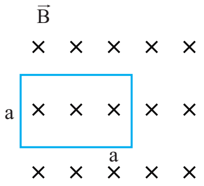
۱۰۸۵ (۲)

پله اول از لحظهٔ ورود ابتدایی‌ترین قسمت قاب به میدان تا لحظهٔ ورود کامل تمامی بخش‌های قاب $\Leftarrow$ در این حالت شار عبوری از صفر تا مقدار a^2B افزایش می‌یابد.



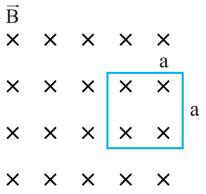
$$\begin{cases}\Phi=ABcos\theta=(ax)\times B\cos0^\circ=aBx\\ \text{لحظهٔ ورود}:x=0\Rightarrow\Phi=0\\ \text{لحظهٔ ورود کل}:x=a\Rightarrow\Phi=a^2B\end{cases}$$

پله دوم وقتی قاب در میدان حضور دارد $\Leftarrow$ در این حالت شار عبوری از حلقه (قاب) ثابت بوده و برابر a^2B است.

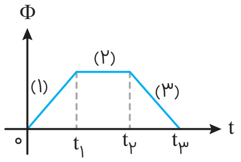


$$\Phi=ABcos\theta=a^2B\cos0^\circ=a^2B$$

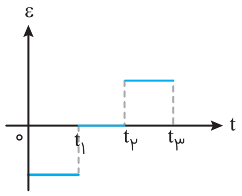
پله سوم از لحظهٔ خروج اولین قسمت از قاب از میدان تا لحظهٔ خروج کامل تمامی قسمت‌های قاب از میدان مغناطیسی در این حالت شار عبوری از $a^۲B$ در لحظهٔ خروج به عدد صفر می‌رسد.



$$\begin{cases} \text{لحظهٔ خروج} \Rightarrow \Phi = AB\cos\theta = a^۲B\times\cos۰^\circ = a^۲B \\ \text{لحظهٔ خروج کامل} \Rightarrow \Phi = ۰ \end{cases}$$



$$\begin{cases} ۱)\ \dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} > ۰ \Rightarrow \varepsilon = \bar{\varepsilon} = \dfrac{-\Delta\Phi}{\Delta t} < ۰ \\ ۲)\ \dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} = ۰ \Rightarrow \varepsilon = \bar{\varepsilon} = \dfrac{-\Delta\Phi}{\Delta t} = ۰ \\ ۳)\ \dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t} < ۰ \Rightarrow \varepsilon = \bar{\varepsilon} = \dfrac{-\Delta\Phi}{\Delta t} > ۰ \end{cases}$$



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

۱۰۸۶ (۲)

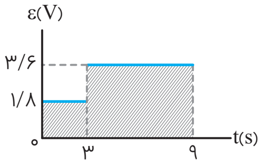
پله اول طبق رابطهٔ $\varepsilon = -N\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ و با توجه به اینکه $\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ همان شیب نمودار شار ـ زمان است و نیز با دقت به علامت منفی در فرمول ذکر شده، می‌توان نتیجه گرفت که:

اگر نمودار شار ـ زمان صعودی باشد ← نیروی محرکه عددی است منفی
اگر نمودار شار ـ زمان نزولی باشد ← نیروی محرکه عددی است مثبت

پله دوم هر چه شیب نمودار $\Phi - t$ (شار ـ زمان) بیشتر باشد، اندازهٔ نیروی محرکه بزرگتر است. پس گزینهٔ «۲» که در آن نمودار ابتدا صعودی (نیروی محرکهٔ -۶ε)، پس نزولی (نیروی محرکهٔ $+۴\varepsilon$) و در نهایت صعودی (نیروی محرکهٔ -۳ε) بوده و اندازهٔ شیب قسمت‌های مختلف نیز رعایت شده می‌تواند پاسخ صحیح باشد.

۱۰۸۷ (۱)

پله اول سطح زیر نمودار $\varepsilon - t$ نشان‌دهندهٔ $-N\Delta\Phi$ است، بنابراین:



$$S_{\varepsilon - t} = ۱\times۱/۸ + ۳\times۳/۶ = ۱۲/۶ \rightarrow -N\Delta\Phi = ۱۲/۶$$

پله دوم به راحتی خواهیم داشت:

$$\varepsilon = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{۱۲/۶}{۹} = ۱/۴\,V$$

۱۰۸۸ (۴)

پله اول تغییر شار مغناطیسی را ابتدا در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۰$ تا $t_۲ = ۴s$ محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{I} = -\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow ۲۰\times۱۰^{-۳} = -\frac{۲۰۰}{۴}\times\frac{\Delta\Phi}{۴-۰} \rightarrow \Delta\Phi = ۱۶\times۱۰^{-۴}\,Wb$$

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 $I = \dfrac{N}{R}\dfrac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ است؛ پس می‌توان نوشت:

$$\frac{I_۲}{I_۱} = \frac{\Delta\Phi_۲}{\Delta\Phi_۱}\times\frac{\Delta t_۱}{\Delta t_۲} \xrightarrow[\text{موجود}]{\text{اطلاعات}} \Delta\Phi_۲ = \Delta\Phi_۱$$

پله دوم تغییر شار مغناطیسی در بازهٔ زمانی $t_۲ = ۴s$ تا $t_۳ = ۱۴s$ را نیز به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{I} = -\frac{N}{R}\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow -۸\times۱۰^{-۳} = \frac{-۲۰۰}{۴}\times\frac{\Delta\Phi}{۱۴-۴} \Rightarrow -۸\times۱۰^{-۳} = -۵\Delta\Phi$$

$$\Rightarrow \Delta\Phi = \frac{-۸\times۱۰^{-۳}}{-۵} = ۱۶\times۱۰^{-۴}\,Wb$$

چون $\Delta\Phi_۱ = \Delta\Phi_۲$ پس جواب می‌شود گزینه ۲

۱۰۸۹ (۲)

پله اول ابتدا معادلهٔ شار ـ زمان را به کمک نمودار به‌دست می‌آوریم:

$$\Phi = at^۲ + bt + c \xrightarrow{c=۸} \Phi = at^۲ + bt + ۸$$

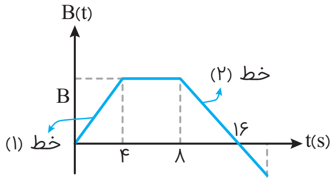
$$\left.\begin{matrix} \xrightarrow[\Phi=۰]{t=۱s} ۰ = a + b + ۸ \\ \xrightarrow[\Phi=۰]{t=۴s} ۰ = ۱۶a + ۴b + c \end{matrix}\right\} \begin{matrix} a = ۲ \\ b = -۱۰ \end{matrix} \rightarrow \Phi = ۲t^۲ - ۱۰t + ۸$$

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

$$I = \frac{|\varepsilon|}{R} = \left|-\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = \frac{۵۰}{۱۲/۵}\times\frac{۱۲}{۲} = ۲۴A$$

۱۰۹۰ (۱)

پله اول با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی فارادی و خطی بودن تغییرات بزرگی میدان مغناطیسی (B)، در بازهٔ زمانی $۰ < t < ۴s$ و $۸s < t < ۱۶s$ داریم:



$$۰ < t < ۴s \Rightarrow I_{۳s} = \bar{I}_۱ = -\frac{N}{R}A\cos\theta\frac{\Delta B_۱}{\Delta t_۱}$$

$$۸s < t < ۱۶s \Rightarrow I_{۱۲s} = \bar{I}_۲ = -\frac{N}{R}A\cos\theta\frac{\Delta B_۲}{\Delta t_۲}$$

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

$$\frac{P_{۳s}}{P_{۱۲s}} = \frac{R\times(I_{۳s})^۲}{R\times(I_{۱۲s})^۲} = \frac{\left(\frac{\Delta B_۱}{\Delta t_۱}\right)^۲}{\left(\frac{\Delta B_۲}{\Delta t_۲}\right)^۲} = \frac{\left(\frac{B-۰}{۴}\right)^۲}{\left(\frac{۰-B}{۸}\right)^۲} = \left(\frac{\frac{B}{۴}}{-\frac{B}{۸}}\right)^۲ = (-۲)^۲ = ۴$$

۱۰۹۱ (۴)

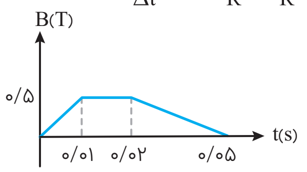
پلـه اول می‌دانیم در نمودار شارِ مغناطیسی برحسب زمان، قدرمطلقِ شیب خط بیانگر مقدار نیروی محرکهٔ القایی است.

پلـه دوم قدرمطلق شیب خط در ۶ ثانیهٔ اول ($|m_1|=\frac{48}{6}=8$) و در ۱۲ ثانیهٔ بعدی ($|m_2|=\frac{2\times48}{12}=8$) با هم برابر است. در نتیجه نیروی محرکهٔ مرحلهٔ اول و مرحلهٔ دوم با هم، هم‌اندازه بوده و با توجه به رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R}$، 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 $P=RI^2$. با ثابت بودن مقاومت (R) و جریان (I)، توان (P) نیز مقدار ثابتی خواهد بود.

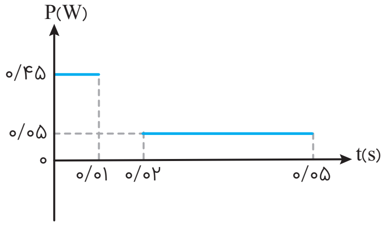
۱۰۹۲ (۴)

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



$$\bar\varepsilon=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\xrightarrow{\Phi=AB\overset{1}{\cancel{\cos 0^\circ}}}\bar\varepsilon=-NA\frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$=-1\times(\pi\times(0/1)^2)\frac{\Delta B}{\Delta t}=-0/03\frac{\Delta B}{\Delta t}$$



$$\begin{cases}0<t<0/01s\Rightarrow\bar\varepsilon=-0/03\times\frac{0/5-0}{0/01-0}=-1/5V\\ \Rightarrow P=\frac{\bar\varepsilon}{R}=\frac{(-1/5)^2}{5}=0/45W\\ 0/01s<t<0/02s\Rightarrow\bar\varepsilon=-0/03\times0=0\Rightarrow P=0\\ 0/02s<t<0/05s\Rightarrow\bar\varepsilon=-0/03\times\frac{(0-0/5)}{0/05-0/02}=0/5V\\ \Rightarrow P=\frac{(0/5)^2}{5}=0/05W\end{cases}$$

حرفه‌ای باش

با در نظر گرفتن اینکه P منفی نمی‌شود ($\frac{\bar\varepsilon^2}{R}$)؛ پس گزینهٔ ۱ و ۳ رد می‌شوند. حال مشخص است P در بازه زمانی [0,0/01s] در هر ۲ گزینه ۲ و ۴ مشترک است. با در نظر گرفتن اینکه $\bar\varepsilon=-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, $P=\frac{\bar\varepsilon^2}{R}$ ، $\Delta\Phi$ در بازه‌های زمانی [0,0/01s] و [0/02s,0/05s] یکسان است؛ پس تنها تفاوت آن‌ها Δt خواهد بود. از این رو متوجه می‌شویم [0-0/01]P، ۹ برابر [0/02-0/05]P می‌باشد.

۱۰۹۳ (۱)

به کمک رابطهٔ $\varepsilon=vBL$ می‌توانیم نیروی محرکهٔ القایی را به دست بیاوریم:

$$\varepsilon=vBL=3\times0/5\times0/4=0/6V$$

۱۰۹۴ (۲)

نیروی محرکهٔ 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:

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

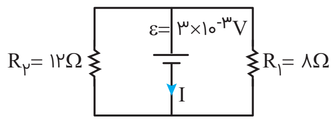
۱۰۹۵ (۱)

پلـه اول می‌دانیم نیروی محرکه از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\varepsilon=Bv\ell=60\times10^{-3}\times10\times10^{-2}\times0/5=3\times10^{-3}V$$

پلـه 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:



$$R_{eq}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{8\times12}{8+12}=\frac{96}{20}=4/8\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}=\frac{3\times10^{-3}}{4/8}=0/625\times10^{-3}A=0/625mA$$

۱۰۹۶ (۲)

برای محاسبهٔ نیروی محرکهٔ القاشده داریم:

$$|\bar\varepsilon|=BV\ell=0/05\times2\times0/3=0/03V=30mV$$

۱۰۹۷ (۲)

نیروی محرکهٔ القایی از دو رابطهٔ $\varepsilon=BvL$ و $\varepsilon=IR$ به‌دست می‌آید بنابراین:

$$|\bar\varepsilon|=RI\Rightarrow Bvl=RI_e$$

$$\Rightarrow0/1\times v\times25\times10^{-2}=0/2\times0/5$$

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

۱۰۹۸ (۴)

پلـه اول ابتدا به کمک جریان و مقاومت، نیروی محرکهٔ القایی را به دست می‌آوریم:

$$\varepsilon=IR\to\varepsilon=0/5\times0/4=0/2V$$

پلـه دوم حال خواهیم داشت:

$$\varepsilon=vBL\to0/2=v\times0/5\times0/2\to v=2m/s$$

۱۰۹۹ (۴)

پلـه اول ابتدا نیروی محرکهٔ القایی را به‌دست می‌آوریم:

$$\varepsilon=BLv\to\varepsilon=0/04\times0/2\times\frac{25}{100}=0/002V$$

پلـه دوم در نهایت خواهیم داشت:

$$I=\frac{\varepsilon}{R}\to R=\frac{0/002}{40\times10^{-3}}=0/05\Omega$$

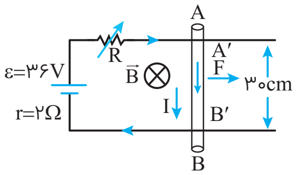
۱۱۰۰ ② قبل از آغاز حل، توجه شما را به نکات زیر جلب می‌کنیم:

نکته

❶ 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.

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

پلـه 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.



$$\theta=۹۰^\circ \Rightarrow \sin\theta=۱ \Rightarrow F=I\ell_{\text{موثر}}B=I(A'B')B$$
$$\Rightarrow F_{Min}=I_{Min}\times ۰/۳\times ۶ \Rightarrow ۵/۴=I_{Min}\times ۱/۸$$
$$\Rightarrow I_{Min}=\frac{۵/۴}{۱/۸}\Rightarrow I_{Min}=۳A$$

پلـه دوم با توجه به نکتهٔ ۲ که عرض کردیم، در مدار تک‌حلقه نشان داده شده در شکل بالا، داریم:

$$R=\rho\frac{\ell}{A}\Rightarrow R\propto \ell \Rightarrow \frac{R_{effective}}{R_{\text{تیغه}}}=\frac{\ell_{eff}}{\ell}\Rightarrow$$
$$\ell_{eff}=A'B'=۳۰cm \Rightarrow \frac{R_{eff}}{۱۰}=\frac{۳۰}{۴۰}\Rightarrow R_{eff}=۷/۵\Omega$$

پله سوم فقط $۷/۵\Omega$ از ۱۰Ω مقاومت تیغه در مدار تک‌حلقه مؤثر است و داریم:

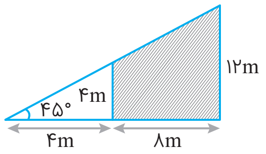
$$I_{Min}=\frac{\varepsilon}{R_{Max}+R_{eff}+r}\Rightarrow \varepsilon=\frac{۳۶}{R_{Max}+۷/۵+۲}$$
$$\Rightarrow R_{Max}=۲/۵\Omega$$

حداکثر $۲/۵\Omega$ از مقاومت رئوستا باید در مدار قرار گیرد تا لغزش آغاز شود.

۱۱۰۱ ①

پلـه اول با حرکت میله به سمت راست، مساحت حلقه بسته تغییر می‌کند.

با توجه به زاویهٔ ۴۵° در رأس ریل‌ها، مساحت حلقهٔ بسته به اندازهٔ مساحت ذوزنقهٔ هاشور خورده تغییر می‌کند.



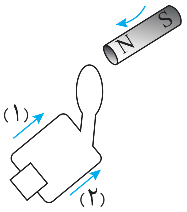
$$\Delta A=\frac{۴+۱۲}{۲}\times ۸=۶۴m^۲$$

پلـه دوم برای آن‌که میله به انتهای ریل برسد به $\Delta t=\frac{۸}{۲}=۴s$ زمان نیاز دارد.

$$|\bar{\varepsilon}|=|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|=|-N\frac{B\Delta A\cos\theta}{\Delta t}|=\frac{۰/۶\times ۶۴\times ۱}{۴}=۹/۶V$$

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.

۱۱۰۲ ② 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.

۱۱۰۳ ①

پلـه اول با نزدیک شدن آهنربا به سیملولهٔ 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.

پلـه دوم با توجه به پلهٔ اول جریان القایی هم در سیملولهٔ سمت راست از D به C خواهد بود.

۱۱۰۴ ④ به بررسی گزینه ها می‌پردازیم:

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

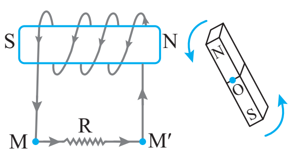
گزینهٔ «۲»: با دور شدن حلقه، باید جهت میدان مغناطیسی به سمت چپ باشد و در نتیجه جریان رو به بالا خواهد بود.

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

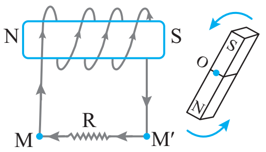
گزینهٔ «۴»: درستی گزینه بررسی شود.

۱۱۰۵ ②

پلـه 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 قاعدهٔ 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.



پلـه 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 قاعدهٔ 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.

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

۱۱۰۷ ۱ آهنربای شمارهٔ (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 شمارهٔ (۱) از آهنربای شمارهٔ (۲) در زمین شنی بیشتر است.

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

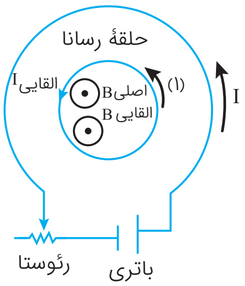
۱۱۰۹ ۴ طبق قانون لنز، می‌توان با تغییر زاویه ($\Delta\theta \neq 0$) نیروی محرکهٔ القایی ایجاد کرد. همچنین تغییر زاویهٔ θ، رایج‌ترین روش برای ایجاد نیروی محرکهٔ القایی و در نتیجه جریان القایی است. در بین گزینه‌های داده شده، فقط گزینهٔ «۴» منجر به کاهش شار عبوری از حلقه و در نتیجه ایجاد جریان ساعتگرد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

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

۱۱۱۱ ۴

پله اول با جابه‌جایی لغزندهٔ رئوستا به سمت چپ، مقاومت آن افزایش می‌یابد. با افزایش مقاومت رئوستا، جریان گذرنده از حلقهٔ بزرگ (I) کاهش می‌یابد.

طبق رابطهٔ $B = \frac{\mu_0}{2}\frac{I}{r}$، با کاهش I، بزرگی میدان مغناطیسی در مرکز حلقهٔ بزرگ نیز کم می‌شود.

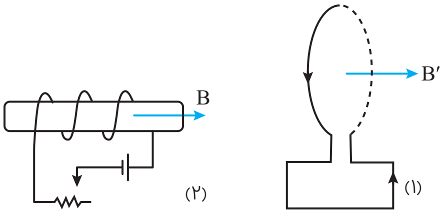


با کاهش I، $B_{اصلی}$ کاهش می‌یابد. $B_{اصلی} = \frac{\mu_0}{2}\frac{I}{r} \Rightarrow B_{اصلی} \propto I \Rightarrow$

پله دوم حال با کاهش $B_{اصلی}$ (میدان مغناطیسی ناشی از حلقهٔ بزرگ‌تر)، شار گذرنده از حلقهٔ 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 برون‌سو باشد (زیرا میدان اصلی نیز برون‌سو و در حال کاهش است).

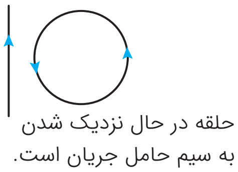
پله سوم با توجه به برون‌سو بودن میدان القایی، جریان القایی در حلقهٔ کوچک طبق قاعدهٔ دست راست باید در خلاف جهت چرخش عقربه‌های ساعت باشد.

۱۱۱۲ ۱ وقتی رئوستا در حالت معینی قرار دارد، جریان I در سیملولهٔ B در جهتی که نشان داده شده است می‌گذرد و در حلقه جریانی وجود ندارد. با ازدیاد مقاومت رئوستا 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 محرکهٔ 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 محرکهٔ منبع تغذیه عمل می‌کند.

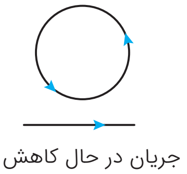


۱۱۱۳ ۱ با توجه به قانون لنز، جریان القایی در جهتی است که همواره با تغییر شار مغناطیسی مخالفت می‌کند. در هیچ‌کدام از شکل‌های سؤال، جریان القایی حلقه‌ها به درستی نمایش داده نشده است. جهت جریان‌های صحیح در شکل‌های زیر نشان داده شده است:

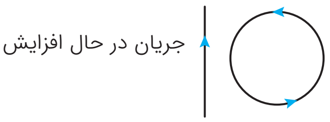
الف)



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 افزاش 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.

۱۱۱۵ ④ با وصل کردن کلید، شدت جریان افزایش می‌یابد؛ در نتیجه شار زیاد شده و طبق قانون لنز، جهت جریان القایی باید به گونه‌ای باشد که از افزایش شار جلوگیری کند. از طرفی با کاهش مقاومت رئوستا جریان مدار افزایش یافته در نتیجه شار مغناطیسی زیاد شده و مانند حالت قبل باید از افزایش شار جلوگیری شود.

۱۱۱۶ ③ با قطع کلید در سیملوله A میدان مغناطیسی در جهت $\rightarrow$ کاهش می‌یابد و میدان مغناطیسی در سیملوله B در جهت $\rightarrow$ می‌باشد.

۱۱۱۷ ④
پلهٔ اول اگر کلید K قطع شود، جریان در سیملولهٔ A از I به صفر می‌رسد یعنی جریان کم می‌شود. در نتیجه جهت جریان در دو سیملوله باید در یک جهت باشند.
پلهٔ دوم مقاومت زیاد شود جریان در مدار A کم می‌شود. در نتیجه جهت جریان در دو سیملوله باید هم‌جهت باشند.
پلهٔ سوم اگر سیملولهٔ A به سمت راست حرکت کند، یعنی میدان در سیملولهٔ B زیاد می‌شود. در نتیجه جریان در دو سیملوله با مخالف یکدیگر باشند.

۱۱۱۸ ①
با حرکت میلهٔ AB به طرف راست، شار مغناطیسی عبوری از مدار بسته افزایش می‌یابد. لذا با توجه به قانون لنز و قاعدهٔ دست راست، جهت جریان القایی از B به A و مقدار آن ثابت است.

۱۱۱۹ ①
پلهٔ اول با حرکت حلقه به سمت چپ، مساحت حلقه در حال کاهش است؛ بنابراین میدان مغناطیسی در حلقه هم درون‌سو باید باشد.
پلهٔ دوم با توجه به قاعدهٔ دست راست و درون‌سو بودن میدان مغناطیسی القایی، جهت جریان القایی ساعتگرد (یعنی از M به N) است.
پلهٔ سوم با توجه به اینکه میله با شتاب در حرکت است باید جریان در حال افزایش باشد.

۱۱۲۰ ④
پلهٔ اول در اثر پایین آمدن میله، شار مغناطیسی گذرنده از سطح حلقه تغییر نموده و در حلقه جریان القا می‌شود.
پلهٔ دوم به کمک قانون لنز، می‌دانیم نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان AB وارد می‌شود، در خلاف جهت حرکت میله یعنی رو به بالا است.
پلهٔ سوم بر میله دو نیرو اثر می‌کند، یکی نیروی وزن میله که رو به پایین است و دیگری نیرویی است که از طرف میدان مغناطیسی رو به بالا وارد می‌شود (مطابق پلهٔ دوم).
پلهٔ چهارم چون نیروی مغناطیسی که بر میله وارد می‌شود 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 می‌کند، با زیاد شدن سرعت زیاد می‌شود، در نتیجه نیروی خالص کاهش یافته و در نتیجه شتاب حرکت میله کاهش می‌یابد. اما حرکت تندشونده است، اگر ارتفاع به اندازهٔ کافی زیاد باشد، در نهایت لحظه‌ای خواهد رسید که نیروی وزن و نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر میله وارد می‌شود، هم‌اندازه شود و میله با سرعتی به نام سرعت حدی به طور یکنواخت پایین خواهد آمد.

۱۱۲۱ ②
پلهٔ 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 هم‌جهت باشند؛ پس جریان در قاب ساعتگرد می‌شود.
پلهٔ دوم نیروی محرکهٔ القایی از رابطهٔ $\varepsilon=-\frac{N\Delta\phi}{\Delta t}$ بدست می‌آید؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\varepsilon=-\frac{N\Delta\phi}{\Delta t}=\frac{-1\times(-0/02)}{1\times10^{-3}}=20\,V$$

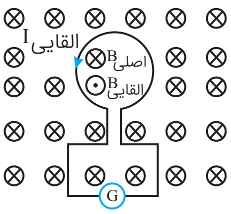
۱۱۲۲ ④
پلهٔ اول در نهایت برای محاسبهٔ نیروی محرکهٔ القایی خواهیم داشت:

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

$$t_2=2s\rightarrow\Phi_2=32\times10^{-2}\,Wb$$

$$|\varepsilon|=|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}|=1\times\frac{32\times10^{-2}}{2}=16\times10^{-2}=0/16\,V$$

پلهٔ دوم با توجه معادلهٔ 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 گونه‌ای 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 درون‌سو را خنثی کند.



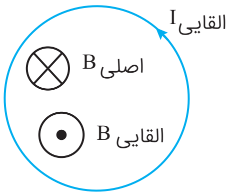
۱۱۲۳ ④
پلهٔ اول به کمک رابطهٔ $\varepsilon=vBL$ می‌توانیم نیروی محرکهٔ القایی را محاسبه کنیم:

$$\varepsilon=vBL=20\times0/05\times0/4=0/4\,V$$

پلهٔ دوم با حرکت میله به سمت راست، مساحت حلقه افزایش می‌یابد در نتیجه بزرگی میدان مغناطیسی عبوری از حلقه ازدیاد می‌یابد. پس جهت جریان ۲ را باید انتخاب کنیم تا با افزایش شار مغناطیسی مخالفت کند.

۱۱۲۴ ① چون از سطح حلقه هیچ خط میدانی نمی‌گذرد، شار مغناطیسیِ گذرنده از سطح حلقه تغییری نمی‌کند و بنابراین جریان در حلقه برقرار نمی‌شود!

۱۱۲۵ ①
پلهٔ اول در هر سه موقعیت مسئله را بررسی می‌کنیم:

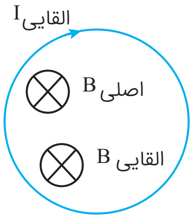


موقعیت (۱): چون در این موقعیت، خطوط میدان بیشتری از حلقه عبور می‌کند، بنابراین شار عبوری از حلقه افزایش یافته و میدان مغناطیسی القایی باید برون‌سو باشد تا با افزایش شار مغناطیسی مخالفت کند. با توجه به برون‌سو بودن میدان القایی، بنابر قانون دست راست، جریان القایی باید پاد ساعتگرد باشد.

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 درون‌سو باشد تا با کاهش شار مخالفت کند.

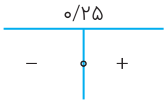
پله دوم با نگاه به گزینه‌ها و پلهٔ اول، گزینهٔ «۱» صحیح است



۱۱۲۶ (۴)

پله اول با تعیین ریشه‌ها و نیز تعیین علامت تابع میدان مغناطیسی برحسب زمان داریم:

$$B=۸t-۲\to ۸t-۲=۰\to ۸t=۲\to t=\frac{۲}{۸}=\frac{۱}{۴}=۰/۲۵s$$



نتیجه شد که در لحظهٔ $t=۰/۲۵s$ ، میدان مغناطیسی تغییر جهت می‌دهد. طبق فرض سؤال پس ابتدا میدان برون‌سو است و در ادامه کاهش می‌یابد و در لحظهٔ $t=۰/۲۵s$ تغییر جهت داده، درون‌سو شده و افزایش خواهد یافت.

پله دوم طبق قانون لنز، قبل از لحظهٔ $t=۰/۲۵s$ که میدان مغناطیسی برون‌سو و در حال کاهش است؛ پس جهت جریان حلقه باید به نحوی باشد که در داخل حلقه میدان برون‌سو ایجاد کند. بنابراین جهت جریان حلقه باید پاد ساعتگرد باشد.

پله سوم بعد از لحظهٔ $t=۰/۲۵s$ که میدان مغناطیسی درون‌سو در حال افزایش است، جهت جریان حلقه باید به نحوی باشد که با این افزایش مخالفت کند؛ پس باز هم میدانی برون‌سو باید تولید کند و باز هم باید جریان حلقه پاد ساعتگرد باشد.

۱۱۲۷ (۲) با کاهش جریان عبوری از القاگر آرمانی، انرژی از آن آزاد می‌شود.

۱۱۲۸ (۲) تمامی عبارات داده شده در خصوص القاگرها صحیح هستند به‌جز عبارت «ت». طبق متن کتاب درسی، عبارت «ت» غیرعملی و غیراقتصادی است.

۱۱۲۹ (۲) با وارد کردن هستهٔ 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:

$$U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}\to U=\frac{۱}{۲}\times ۵\times ۱۰^{-۳}\times ۶۴\times ۱۰^{-۶}$$
$$=۱۶\times ۱۰^{-۸}=۱/۶\times ۱۰^{-۷}J=۱/۶\times ۱۰^{-۴}kJ$$

۱۱۳۱ (۲)

با توجه به رابطهٔ $U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}$ خواهیم داشت:

$$U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}\to ۲۰۰\times ۱۰^{-۳}=\frac{۱}{۲}\times L\times ۱۶\to L=۲/۵\times ۱۰^{-۲}H$$

۱۱۳۲ (۲)

با استفاده از رابطهٔ انرژی خواهیم داشت:

$$U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}\to ۲\times ۱۰^{-۲}=\frac{۱}{۲}\times ۱۰\times ۱۰^{-۳}\times I^{۲}\to I^{۲}=۴\to I=۲A$$

۱۱۳۳ (۳)

به سادگی با استفاده از رابطهٔ $U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}$ خواهیم داشت:

$$U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}\xRightarrow[U=۱۸۰۰\times ۱۰^{-۶}J]{I=۲A}۱۸۰۰\times ۱۰^{-۶}=\frac{۱}{۲}L(۲)^{۲}\Rightarrow L=۰/۹mH$$

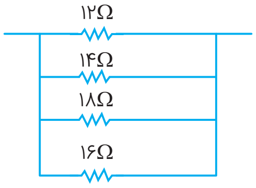
۱۱۳۴ (۴)

انرژی ذخیرهٔ شده در سیملوله از رابطهٔ $U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}$ قابل محاسبه است، بنابراین:

$$\frac{U_A}{U_B}=\frac{L_A}{L_B}\times\left(\frac{I_A}{I_B}\right)^{۲}\xrightarrow[L_A=۲I_B]{I_A=۲I_B}\frac{U_A}{U_B}=۲\times ۲^{۲}=۸$$

۱۱۳۵ (۴)

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:



$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۱۴}+\frac{۱}{۱۶}+\frac{۱}{۱۸}$$
$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۲۷۵}{۱۰۰۸}=۰/۲۷۵\Rightarrow R_{eq}=\frac{۱۰۰۸}{۲۷۵}\Omega$$

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

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{۱۲}{\frac{۱۰۰۸}{۲۷۵}+۲}=۲/۱۱۸A$$

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

$$U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}=\frac{۱}{۲}\times ۲\times(۲/۱۱۸)^{۲}=۴/۴۸J$$

۱۱۳۶ (۱)

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

$$I=I_{max}\sin(\frac{۲\pi}{T}t)\xrightarrow{I_{max}=۱۲A}I=۱۲\sin(\frac{۲\pi}{T}t)$$

پله دوم حال در معادلهٔ به دست آمده به جای t، مقدار $\frac{T}{۱۲}$ را قرار می‌دهیم، داریم:

$$I=۱۲\sin\left(\frac{۲\pi}{T}\left(\frac{T}{۱۲}\right)\right)=۱۲\sin(\frac{\pi}{۶})=۱۲(\frac{۱}{۲})=۶A$$

۱۱۳۷ (۴)

پله اول با توجه به رابطهٔ $U=\frac{۱}{۲}LI^{۲}$ ، برای محاسبهٔ بیشینهٔ انرژی سیملوله باید به محاسبهٔ بیشترین جریان بپردازیم. با توجه به فرم معادلهٔ جریان متناوب یعنی $I=I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}t$ ، بیشینهٔ جریان برابر $5A$ است.

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

$$U_{max}=\frac{۱}{۲}LI^{۲}_{max}\to U_{max}=\frac{۱}{۲}\times ۰/۰۴\times ۲۵=۰/۵J=۵۰۰mJ$$

۱۱۳۸ (۳)

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

$$۰/۰۴\sin ۱۰۰\pi t=۰ \to \sin ۱۰۰\pi t=\sin n\pi$$

$$\to ۱۰۰\pi t=n\pi \to t=(\frac{n}{۱۰۰})s$$

$$\to \begin{cases} n=۱ \to t=\frac{۱}{۱۰۰}s \\ n=۲ \to t=\frac{۲}{۱۰۰}s \\ n=۳ \to t=\frac{۳}{۱۰۰}s \\ n=۴ \to t=\frac{۴}{۱۰۰}s>\frac{۷}{۲۰۰}s \text{ (غ‌ق‌ق)} \end{cases}$$

بنابراین ۳ بار تغییر جهت می‌دهد.

۱۱۳۹ (۱)

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

$$\frac{T}{۲}=۰/۰۱ \to T=۰/۰۲s$$

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

$$I_{max}=\frac{\varepsilon_{max}}{R} \to ۴=\frac{\varepsilon_{max}}{۱۰۰۰} \to \varepsilon_{max}=۴۰۰۰V$$

پله سوم اکنون با توجه به رابطهٔ نیروی محرکه برحسب زمان داریم:

$$\varepsilon=\varepsilon_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}t \to \varepsilon=۴\times۱۰^۳\sin\frac{۲\pi}{۰/۰۲}t \xrightarrow{t=\frac{۱}{۴۰۰}s}$$

$$\varepsilon=۴\times۱۰^۳\sin\frac{۱۰۰\pi}{۴۰۰} \to \varepsilon=۴\times۱۰^۳\sin\frac{\pi}{۴}$$

$$\to \varepsilon=۲\sqrt{۲}\times۱۰^۳\,V=۲\sqrt{۲}kV$$

۱۱۴۰ (۴)

پله اول ابتدا به کمک رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R}$، جریان عبوری از سیملوله را به‌دست می‌آوریم:

$$I=\frac{۷/۲}{۳۰}=۰/۲۴A$$

پله دوم با توجه به رابطهٔ مثلثاتی $\sin^۲\theta+\cos^۲\theta=۱$ خواهیم داشت:

$$\sin^۲\theta+\cos^۲\theta=۱ \to \sin^۲\theta+(\frac{۷/۲}{۱۲})^۲=-۱$$

$$\to \sin^۲\theta+۰/۳۶=۱ \to \sin^۲\theta=۰/۶۴ \to \sin\theta=۰/۸ \to \theta=۵۳^\circ$$

۱۱۴۱ (۳)

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

$$I_{max}=\frac{\varepsilon_{max}}{R}=\frac{۱۶۰\sqrt{۳}}{۸۰}=۲\sqrt{۳}A$$

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

$$\frac{I}{I_{max}}=\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{max}}=\sin\theta \to \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{max}}=\frac{\sqrt{۳}}{۲\sqrt{۳}}=\frac{۱}{۲}$$

$$\to \sin\theta=\frac{۱}{۲} \to \theta=۳۰^\circ$$

$$\alpha=۹۰-۳۰=۶۰^\circ$$

۱۱۴۲ (۴)

پله اول شار گذرنده از حلقه طبق رابطهٔ $\Phi=BA\cos(\frac{۲\pi}{T}t)$ به‌دست می‌آید و حداکثر این شار برابر است با $\Phi_{max}=BA$. پس می‌توان نوشت:

$$\Phi=\frac{\sqrt{۳}}{۲}\Phi_{max} \to \cancel{BA}\cos(\frac{۲\pi}{T}t)=\frac{\sqrt{۳}}{۲}\cancel{BA} \Rightarrow \cos(\frac{۲\pi}{T}t)=\frac{\sqrt{۳}}{۲}$$

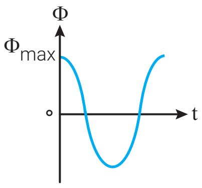
$$\xrightarrow{\cos(\frac{\pi}{۶})=\frac{\sqrt{۳}}{۲}} \cos(\frac{۲\pi}{T}t)=\cos(\frac{\pi}{۶}) \to \frac{۲\pi}{T}t=\frac{\pi}{۶}$$

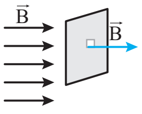
پله دوم جریان القایی گذرنده از حلقه از رابطهٔ زیر به دست می‌آید. با قرار دادن زاویهٔ به دست آمده از پلهٔ اول در آن داریم:

$$I=I_{max}\sin(\frac{۲\pi}{T}t)=I_{max}\sin(\frac{\pi}{۶}) \xrightarrow{\sin(\frac{\pi}{۶})=\frac{۱}{۲}} I=\frac{۱}{۲}I_{max}$$

۱۱۴۳ (۳)

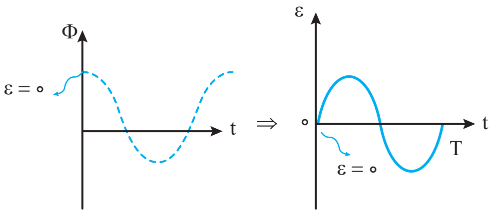
پله اول اگر در مبدأ زمان خطوط میدان بر سطح قاب عمود باشند، یعنی شار عبوری بیشینه است و با توجه به فرم تناوبی، نمودار شار - زمان به صورت رسم شده است. (البته شار ـ زمان ممکن است برعکس این نمودار هم باشد)





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

پله دوم از طرفی با توجه به رابطهٔ $\varepsilon=\varepsilon_{max}\sin(\omega)$، نمودار نیروی محرکه ـ زمان به صورت رسم شده است. در این قاب، هنگامی که شار بیشینه است، $\varepsilon=۰$ می‌باشد.



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

۱۱۴۴ (۳)

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

$$\frac{T}{۴}=\frac{۱}{۵۰۰} \to T=\frac{۴}{۵۰۰}=\frac{۱}{۱۲۵}s$$

$$\omega=\frac{۲\pi}{T}=۲۵۰\pi$$

$$I_{max}=۲A \to I=۲\sin ۲۵۰\pi t$$

پله دوم با توجه به رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R}$ خواهیم داشت: $\varepsilon=۵۰\sin ۲۵۰\pi t$

۱۱۴۵ (۱)

پله اول بیشینهٔ جریان را به دست می‌آوریم:

$$I=\frac{\varepsilon_{max}}{R}=\frac{۲۰}{۵}=۴A$$

پله دوم لحظهٔ $\frac{\pi}{۳۰}$ لحظهٔ $\frac{T}{۲}$ دوره است، بنابراین:

$$\frac{T}{۲}=\frac{\pi}{۳۰} \to T=\frac{\pi}{۱۵}s$$

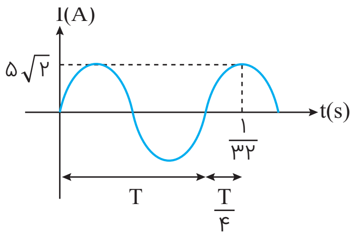
پله سوم بنابراین معادله جریان به صورت زیر است:

$$I=I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}t \to I=۴\sin\frac{۲\pi}{\frac{\pi}{۱۵}}t \to I=۴\sin ۳۰t$$

۱۱۴۶ ۳

پله اول با توجه به نمودار جریان در لحظهٔ $t=\frac{۱}{۳۲۰}s$ برابر $A=۵\sqrt{۲}$ است. لحظهٔ $t=\frac{۱}{۳۲۰}s$ برابر $\frac{۵T}{۴}$ است. پس به راحتی دوره تناوب جریان به دست خواهد آمد.

$$\frac{۵T}{۴}=\frac{۱}{۳۲۰}\to T=\frac{۱}{۴۰۰}s$$



پله دوم فرم معادلهٔ جریان متناوب به صورت $I=I_{max}\sin\frac{۲\pi}{T}$ است. معادله جریان را می‌نویسیم و با جایگذاری $t=\frac{۱}{۳۲۰۰}s$ در معادله، جریان در این لحظه را محاسبه می‌کنیم:

$$I=۵\sqrt{۲}\sin\frac{۲\pi}{\frac{۱}{۴۰۰}}\to I=۵\sqrt{۲}\sin۸۰۰\pi t\xrightarrow{t=\frac{۱}{۳۲۰۰}}I=۵\sqrt{۲}\sin\frac{۸۰۰\pi}{۳۲۰۰}$$

$$\to I=۵\sqrt{۲}\sin\frac{\pi}{۴}\to I=۵\sqrt{۲}\times\frac{\sqrt{۲}}{۲}\to I=۵A$$

حرفه‌ای باش

برای راحت‌تر شدن کار، از همان ابتدا از تناسب استفاده می‌کنیم:

$$\left.\begin{array}{l}\frac{۵T}{۴}\to\frac{۱}{۳۲۰}s\\ x\to\frac{۱}{۳۲۰۰}\end{array}\right\}\to x=\frac{۵T}{۴۰}=\frac{T}{۸}$$

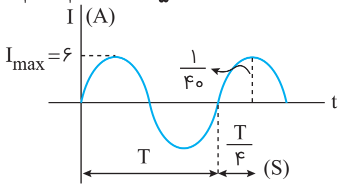
(باقی ماجرا مشخص است)

$$\left.\begin{array}{l}T=۲\pi\\ \frac{T}{۸}=\frac{\pi}{۴}\end{array}\right\}\xrightarrow[\text{خواسته‌شده}]{\text{محاسبه I در زمان}}I=I_{max}\sin\frac{\pi}{۴}$$

۱۱۴۷ ۱

پله اول با توجه به نمودار، ابتدا دورهٔ تناوب را به دست می‌آوریم:

$$\frac{۵T}{۴}=\frac{۱}{۴۰}\to T=\frac{۱}{۵۰}s$$



پله دوم با استفاده از دورهٔ به دست آمده، بسامد زاویه‌ای را محاسبه می‌کنیم:

$$\omega=\frac{۲\pi}{T}\to\omega=\frac{۲\pi}{\frac{۱}{۵۰}}=۱۰۰\pi\frac{rad}{s}$$

پله سوم معادلهٔ جریان را می‌نویسیم و با قرار دادن زمان $\frac{۱}{۴۰۰}$ ثانیه در معادله، جریان در این نقطه را به دست خواهیم آورد:

$$I=I_{max}\sin\omega t\to I=۶\sin۱۰۰\pi t\xRightarrow{t=\frac{۱}{۴۰۰}s}I=۶\sin۱۰۰\pi\times\frac{۱}{۴۰۰}$$

$$=۶\sin\frac{\pi}{۴}=۶\times\frac{\sqrt{۲}}{۲}=۳\sqrt{۲}A$$

پله چهارم رابطهٔ انرژی ذخیره شده در سیملوله به صورت $U=\frac{۱}{۲}LI^۲$ خواهد بود بنابراین:

$$U=\frac{۱}{۲}LI^۲\to ۷۲=\frac{۱}{۲}\times L\times ۹\times ۲\to L=۸mH$$

۱۱۴۸ ۲

با توجه به نمودار $T=\frac{۱}{۱۰۰}s$ است، بنابراین:

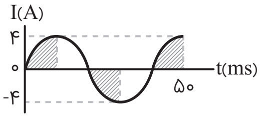
$$\Phi=\Phi_{max}\cos\frac{۲\pi}{T}t\to\Phi=۲۴\frac{\cos۲\pi}{\frac{۱}{۱۰۰}}\times\frac{۱}{۳۰۰}=-۱۲mWb$$

$$\to|\Phi|=۱۲mWb$$

۱۱۴۹ ۳

پله اول با توجه به رابطهٔ محاسبهٔ انرژی میدان مغناطیسی القاگر ($U=\frac{۱}{۲}LI^۲$)، برای آنکه انرژی ذخیره شده در القاگر (U) افزایش یابد، باید توان دوم جریان عبوری از القاگر ($I^۲$) و در نتیجه قدرمطلق جریان عبوری (یعنی $|I|$) افزایش یابد. بنابراین باید نمودار جریان برحسب 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 ($I^۲$) 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 اندازهٔ جریان (I) در حال کاهش و انرژی در حال آزاد شدن از القاگر است. پس:



$$\frac{۵T}{۴}=۵۰ms\Rightarrow\frac{T}{۴}=۱۰ms$$

$$\Rightarrow\Delta t=۳\frac{T}{۴}=۳\times۱۰=۳۰ms$$

۱۱۵۰ ۱

پله اول اگر توسط یک مبدل الکتریکی سطح ولتاژ را افزایش دهیم، به آن مبدل، مبدل افزاینده گویند. در این سؤال، مبدل A ولتاژ $۱۲kV$ را به ولتاژ $۴۰۰kV$ تبدیل کرده است. بنابراین این مبدل A از نوع افزاینده است.

پله دوم اگر مبدل، سطح ولتاژ را کاهش دهد، به آن مبدل، مبدل کاهنده گویند. بنابراین مبدل‌های B و C از نوع کاهنده هستند، زیرا مبدل B، ولتاژ $۴۰۰kV$ را به $۸kV$ و مبدل C، ولتاژ $۸kV$ را به $۲۲۰V$ تبدیل کرده است.