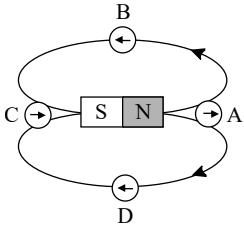


پاسخنامه تشریحی

۱

عقربه مغناطیسی در نقاط A و B و C و D مطابق شکل مقابل قرار خواهد گرفت زیرا جهت خطوط میدان مغناطیسی همواره از قطب N به S است.



بنابراین از A به B ، $72^\circ = 18^\circ$ درجه چرخش داریم. از B تا C نیز 18° عقربه چرخیده است از C به D دوباره عقربه 18° می‌چرخد و از D تا A نیز دوباره 18° چرخش خواهیم داشت. یعنی $72^\circ = 4 \times 18^\circ$ چرخش در یک دایره کامل، تغییر جهت در عقربه مشاهده می‌شود.

۲

الف) عقربه مغناطیسی

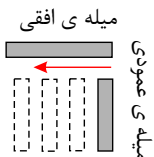
ب) بیشتر

پ) متناوب

۳ الف) برای چنین کاری نیاز به وسایل دیگری نیز داریم. مثلاً می‌توانیم آهنربا را به کمک یک قطعه نخ بیاویزیم. در این صورت می‌چرخد و قطب N آن رو به شمال جغرافیایی (یا همان قطب S آهنربای درونی کره زمین) قرار می‌گیرد.

روش دیگر این است که آهنربای دیگری با قطب‌های مشخص در اختیار داشته باشیم. قطبی از آهنربای مجهول که جذب قطب N می‌شود، قطب S است و بالعکس. (ب) همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود خطوط میدان مغناطیسی در اطراف آهنربای (۲) متراکم‌تر و دارای انحنای کمتری هستند؛ این موضوع نشان می‌دهد که این آهنربا قوی‌تر از آهنربای (۱) است.

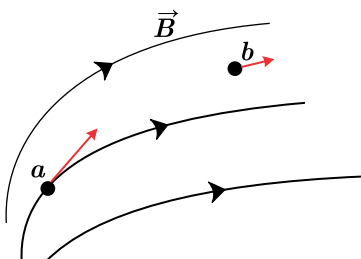
۴ باتوجه به شکل روبه‌رو یکی از میله‌ها را افقی و دیگری را عمودی قرار می‌دهیم، میله‌ی عمودی را در فاصله‌ی ثابت و نزدیک به میله‌ی افقی حرکت می‌دهیم. در صورتی که شدت جذب در وسط میله ضعیف شود، میله افقی آهنرباست. در غیراین صورت میله‌ی افقی آهن است.



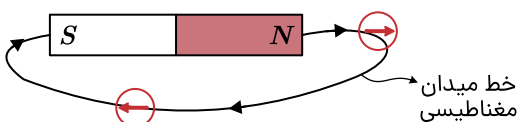
۵

الف) درست

۶



۷ با توجه به شکل، عقربه مغناطیسی 18° درجه در خلاف جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخد.



۸ الف) وقتی قطب S یا N یک آهنربا را به یک میخ نزدیک می‌کنیم در آن خاصیت مغناطیسی القا می‌شود. مثلاً با نزدیک کردن N به میخ، قطب S میخ در نزدیکی قطب N آهنربا تشکیل شده در نتیجه جذب صورت می‌گیرد.

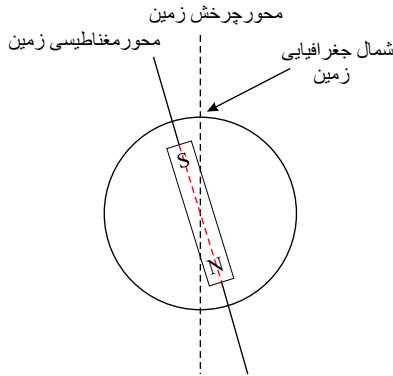
ب) خیر - زیرا جهت بردارهای میدان مغناطیسی در این ناحیه از فضا ثابت نیست و در هر نقطه با نقطه دیگر متفاوت است.

۹ چون خطوط میدان از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شوند و عقربه مغناطیسی همواره هم‌جهت با میدان و مماس بر خطوط میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد؛ بنابراین هر دو قطب A و B باید قطب N باشند.

۱۰

الف) همانطور که در شکل نشان داده شده است قطب S آهنربای فرضی داخل کره زمین تقریباً در شمال جغرافیایی زمین قرار دارد و بالعکس.

ب) خیر، قطب جنوب مغناطیسی زمین تقریباً ۱۸۰۰ کیلومتر از قطب شمال جغرافیایی کره زمین فاصله و انحراف دارد.



۱۱ خیر تشابه مفاهیم ظاهری بین بارهای الکتریکی و قطب شمال و جنوب آهنرباها گمراه‌کننده است. در عمل بارهای الکتریکی می‌توانند به صورت مجزا وجود داشته باشند در حالی که قطب‌های مغناطیسی همواره به صورت زوج ظاهر می‌شوند و تک قطبی مغناطیسی نداریم و ضمناً قطب‌های مغناطیسی، جذب یا دفعی روی اجسام دارای بارهای الکتریکی ندارند.

۱۲ آهنرباها امروزه در بلندگوها، گوشی‌های تلفن همراه، رایانه‌ها، کارت‌های بانکی، موتورهای الکتریکی، یخچال‌ها، اغلب سامانه‌های هشدار و ایمنی و نیز در دستگاه‌های MRI کاربرد دارند.

۱۳ الف) در چنین حالتی در فلز داخل بدن بیمار، پدیده القای مغناطیسی رخ می‌دهد و آن فلز خود تبدیل به یک آهنربای کوچک می‌شود. به این ترتیب جذب نوک ثابت این وسیله می‌شود و به آن می‌چسبد.

ب) آهنی بودن نوک ثابت باعث می‌شود که با نزدیک کردن آهنربای داخلی وسیله به آن، نوک وسیله آهنربا شود و بتواند شیء خارجی را جذب کند و پس از خارج کردن آن و دور کردن آهنربای داخلی، نوک ثابت خاصیت آهنربایی را از دست بدهد و شیء خارجی از وسیله جدا شود. ضمناً ثابت بودن نوک مانع از صدمات احتمالی ناشی از جلو و عقب بردن آهنربا به داخل بدن بیمار می‌شود.

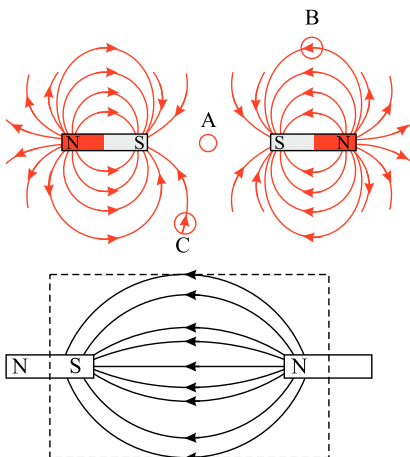
پ) تا به سادگی بتواند از انحناهای گلو عبور کند.

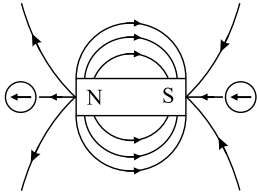
ت) گیره آهنی جذب آهنربا می‌شود، ولی واشر آلومینیومی که از جنس مواد پارامغناطیسی است جذب این آهنربا نمی‌شود. (برای خارج کردن واشر آلومینیومی باید آهنربای بسیار قوی داشته باشیم).

۱۴

الف) در نقطه A میدان مغناطیسی صفر است، چون درست در وسط فاصله دو قطب S قرار گرفته است.

ب) مطابق شکل، جهت عقربه‌های مغناطیسی در هر نقطه هم‌جهت با خطوط میدان مغناطیسی عبورکننده از آن نقطه خواهند بود.





می‌دانیم که عقربه مغناطیسی در جهت خطوط میدان مغناطیسی خارجی قرار می‌گیرد و فلش آن جهت میدان را نشان می‌دهد. ضمناً جهت خطوط میدان مغناطیسی در خارج از یک آهنربا از قطب N به طرف قطب S است. بنابراین داریم:

۱۶: ۱: قطب (N) ۲: قطب (S)

۱۷ آهنربا را از وسط به نخ بسته و آن را آویزان می‌کنیم تا به حال سکون بایستد. جهتی که قطب (N) آهنربا نشان می‌دهد، قطب شمال جغرافیایی و جهتی که قطب (S) آهنربا نشان می‌دهد، قطب جنوب جغرافیایی است.

۱۸ الف) به کوچکترین ذره‌های تشکیل‌دهنده آهنرباها (یعنی اتم‌ها یا مولکول‌ها) که خود نیز آهنربا هستند و دو قطب N و S دارند، دوقطبی مغناطیسی می‌گویند.

ب) از قرار گرفتن قطعه آهنی در نزدیکی آهنربا، خاصیت مغناطیسی در قطعه آهنی به صورتی القا می‌شود که قطعه آهنی جذب آهنربای اصلی می‌شود. به این پدیده القای خاصیت مغناطیسی می‌گویند.

۱۹ اگر خط‌های میدان مغناطیسی، در ناحیه‌ای از فضا با یکدیگر موازی و هم‌فاصله باشند به طوری که بردار میدان مغناطیسی، در تمام نقاط آن ناحیه، بزرگی و جهت ثابتی داشته باشد، به این میدان، میدان مغناطیسی یکنواخت می‌گوییم.
روش: میدان مغناطیسی بین دو قطب ناهمنام دو آهنربای میله‌ای یا هر روش درست دیگر.

۲۰ الف) قطب N

ب) رسم بردار مماس در نقطه A بر خط میدان
ج) یکسان است.

۲۱

الف) جنوب

ب) مقداری براده آهن

پ) صفر

۲۲

الف) نادرست. از اینکه میله‌های A و B یکدیگر را جذب می‌کنند، نمی‌توان این نتیجه را گرفت که میله B حتماً آهنربا است. اگر میله A آهنربا و میله B آهن معمولی باشد، نیروی بین آنها جاذبه خواهد بود.

ب) درست. وقتی بین دو میله نیروی دافعه وجود دارد، الزاماً هر دوی آنها آهنربا هستند و از طرف قطب‌های همنام به هم نزدیک شده‌اند. اگر یکی از آنها آهنربا نباشد و آهن معمولی باشد، نیروی بین آنها جاذبه خواهد بود.

پ) نادرست. میله‌های A و C به دلیل دافعه بینشان حتماً آهنربا هستند. میله B می‌تواند آهنربایی باشد که از طرف قطب ناهمنام به آهنربای A نزدیک شده است؛ یعنی میله B هم می‌تواند آهنربا باشد و هم آهن معمولی؛ پس، الزامی در کار نیست.

۲۳

الف) قطب شمال

ب) عمود بر

پ) بالا (جهت میدان مغناطیسی زمین از جنوب به شمال $\otimes$ است و جهت نیروی وارد بر سیم بنابر قاعده دست راست تعیین می‌شود).

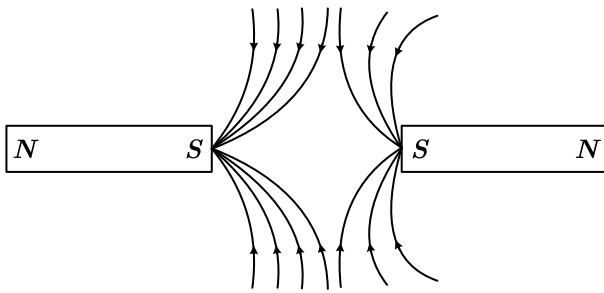
ت) کاهش

ث) مغز انسان

ج) قوی‌تر

۲۴

الف)



ب آهنربای ۲؛ چون خطوط میدان در نزدیکی آن فشرده‌تر است.

پ C

۲۵

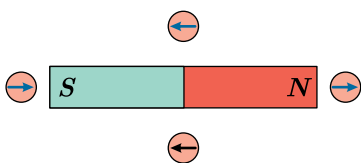
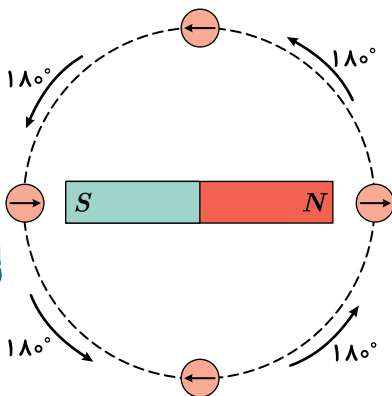
الف درست

ب نادرست

پ نادرست

۲۶

در هر ۹۰ درجه چرخش قطب‌نما به دور آهنربا، عقربه آن 180° درجه می‌چرخد، بنابراین در یک دور چرخش کامل قطب‌نما به دور آهنربا عقربه آن $720^\circ = 4 \times 180^\circ$ خواهد چرخید.

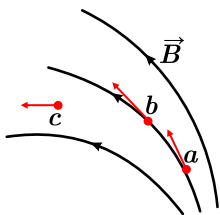


۲۷

۱- الف) با توجه به جهت‌گیری عقربه مغناطیسی در سمت راست آهنربا که به صورت $S \rightarrow N$ می‌باشد، سمت راست آهنربا قطب N بوده که قطب S عقربه مغناطیسی را جذب کرده است. پس سمت چپ آهنربا قطب S خواهد بود.

ب) خطوط میدان مغناطیسی در اطراف آهنربا از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شود. جهت‌گیری‌ها روی شکل رسم شده است.

۲- بردار مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خطوط میدان مغناطیسی در آن نقطه است، همچنین در نقاطی که خط‌های میدان مغناطیسی متراکم‌تر هستند اندازه بردار میدان بزرگ‌تر است.



$$B_a > B_b > B_c$$

۲۸- عقربه مغناطیسی به سمت آهنربا حرکت می‌کند. چون عقربه مغناطیسی آهنربا است، جاذبه بین قطب‌های ناهمنام باعث حرکت عقربه به سمت آهنربا می‌شود. با دور کردن آهنربا از عقربه مغناطیسی، میدان مغناطیسی زمین عقربه را به حالت اولیه خود بازمی‌گرداند.

۲۹- الف) اگر یک آهنربای میله‌ای را به یا چند قسمت تقسیم کنیم، هر بخش آن دوباره دارای دو قطب آهنربایی است. اگر باز هم این بخش‌ها را به بخش‌های کوچک‌تر تقسیم کنیم آهنرباهای کوچک‌تری خواهیم داشت. اگر تقسیم کردن را ادامه دهیم، هرگز یک قطب تنها ایجاد نخواهد شد، یعنی حتی کوچک‌ترین جزء

سازنده آهنربا که اتم‌های آن هستند، نیز دارای دو قطب N و S خواهند بود.

(ب) وقتی آهنربا در تماس با برخی فلزات قرار گیرد، در آنها خاصیت مغناطیسی القا می‌کند، به این پدیده القای مغناطیسی می‌گویند. در القای مغناطیسی، در محل تماس جسم با آهنربا قطب ناهمنام ایجاد می‌شود، بنابراین این پدیده همواره همراه با جذب است. القای مغناطیسی می‌تواند بین اجسام منتقل شود. مطابق شکل در اثر پدیده القای مغناطیسی، ابتدا میخ آهنربا شده و واشرها نیز تحت تأثیر خاصیت آهنربایی میخ، آهنربا می‌شوند.

۳۰

روش اول: در آهنربای میله‌ای خاصیت مغناطیسی در نقاط بین دو قطب، کمترین مقدار است. بنابراین مطابق شکل یکی از میله‌ها را (۱) به وسط میله دیگر (۲) نزدیک می‌کنیم، اگر میله‌ها به سرعت یکدیگر را جذب کردند میله (۱) آهنربا و در غیر این صورت میله (۲) آهنربا است.

روش دوم: میله (۱) را از یک سر به طول میله (۲) تماس داده و به آهستگی می‌کشیم، اگر نیروی جاذبه بین آنها یکسان باشد و تغییری نکند، میله (۱) آهنرباست، ولی اگر نیروی جاذبه ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت، میله (۲) آهنربا است.

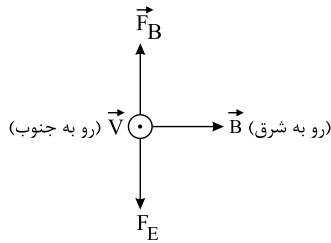
۳۱ در الکتریسیته به دلیل وجود تک‌قطبی‌های الکتریکی خط‌های میدان الکتریکی مسیره‌ای بسته تشکیل نمی‌دهند، ولی در مغناطیس به دلیل وجود تک‌قطبی مغناطیسی، خط‌های میدان مغناطیسی حلقه‌های بسته تشکیل می‌دهند.

۳۲ برای منحرف نشدن ذره باید نیروی الکتریکی و مغناطیسی برابر باشند.

$$F_E = F_B \Rightarrow E \cdot q = q v B \sin \theta \Rightarrow 1 \times 10^4 = v \times 0.5 \times \sin 90^\circ \Rightarrow v = 1.6 \times 10^5 \frac{m}{s}$$

چون بار مثبت است جهت میدان الکتریکی همان جهت F_E است.

و این جهت مخالف با F_B می‌باشد و البته جهت $\vec{B}$ نیز به سمت شرق است، پس:



یعنی جهت سرعت برون‌سو یا به سمت جنوب خواهد بود.

ذره (۳) الکترون

ذره (۲) نوترون

۳۳ ذره (۱) پروتون

۳۴ الف می‌توان نوشت:

$$F = qvB \sin \alpha$$

$$F = 1.6 \times 10^{-19} \times 4.4 \times 10^6 \times (1.8 \times 10^{-3}) \times \sin 60^\circ \simeq 1.1 \times 10^{-14} N$$

(ب)

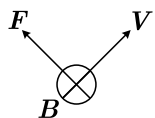
$$F = ma$$

$$\Rightarrow 1.1 \times 10^{-14} = 1.7 \times 10^{-27} a \Rightarrow a \simeq 6.5 \times 10^{12} \frac{m}{s^2}$$

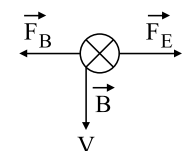
۳۵ الف

$$F = qvB \sin \theta \Rightarrow 0.4 = q (4 \times 10^6) (0.5) (\sin 90^\circ) \Rightarrow q = 2 \times 10^{-6} C$$

(ب) با توجه به مسیر انحراف ذره که بیانگر جهت نیروی وارد بر آن از طرف میدان است و با توجه به قاعده دست راست، این ذره مثبت است.



۳۶ با توجه به جهت میدان الکتریکی، نیروی الکتریکی وارد بر الکترون در خلاف جهت میدان (در اینجا به طرف راست است)، بنابراین برای حرکت بدون انحراف الکترون، باید نیروی میدان مغناطیسی به طرف چپ و هم‌اندازه با نیروی الکتریکی باشد. حال با استفاده از قاعده دست راست (یا برای بار منفی، دست چپ) داریم:



۳۷

الف صفر

ب مستقیم

پ نرم

۳۸

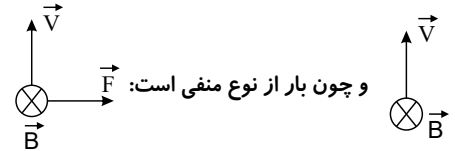
الف

$$F = qvB \sin \alpha$$

$$1,6 \times 10^{-14} = 1,6 \times 10^{-19} \times (5 \times 10^5) \times B \times 1 \Rightarrow B = 0,2 T$$

ب) اگر این بار مثبت بود باید طبق قانون دست راست به سمت پایین منحرف می شد، یعنی $\vec{B} \cdot \vec{v}$ ولی چون انحراف آن به سمت بالا و چپ متمایل است و این انحراف با قانون دست راست برای بار مثبت منطبق نیست پس بار الکتریکی مورد نظر منفی است.

۳۹ جهت میدان مغناطیسی کره زمین از جنوب جغرافیایی به سمت شمال جغرافیایی است (رو به شمال را به صورت درون سو نشان می دهیم). به این ترتیب داریم:

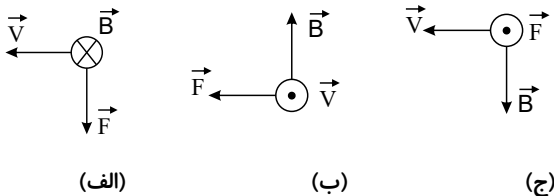


بنابراین نیرو به سمت مشرق خواهد بود.

$$1 G = 10^{-4} T$$

$$F = qvB \sin \alpha \Rightarrow F = 1,6 \times 10^{-19} \times 10^4 \times (0,05 \times 10^{-4}) \times 1 \Rightarrow F = 8 \times 10^{-21} N$$

۴۰ طبق قانون دست راست اگر چهار انگشت دست راست طوری در جهت سرعت بار مثبت قرار گیرند که بتوانند روی جهت میدان بسته شوند (از کف دست بردار میدان مغناطیسی خارج شود)، انگشت شست دست راست جهت نیروی وارد بر بار مثبت را نشان خواهد داد به این ترتیب:



۴۱ در چنین حالتی دو نیرو بر پروتون اثر می کند:

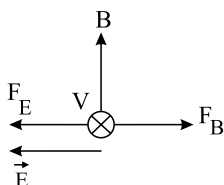
$$F = qvB \sin \theta \text{ ناشی از میدان مغناطیسی (نیروی لورنس)} \quad \text{و} \quad F = Eq \text{ ناشی از میدان الکتریکی}$$

چون ذره منحرف نشده این دو نیرو باید هم اندازه باشند و البته در خلاف جهت:

$$|F_E| = |F_B| \Rightarrow E \cancel{q} = \cancel{q} v B \sin \theta \Rightarrow E = v B \sin \theta \Rightarrow E = 5 \times 10^6 \times 1,5 \times 1 = 7,5 \times 10^6 \frac{N}{C}$$

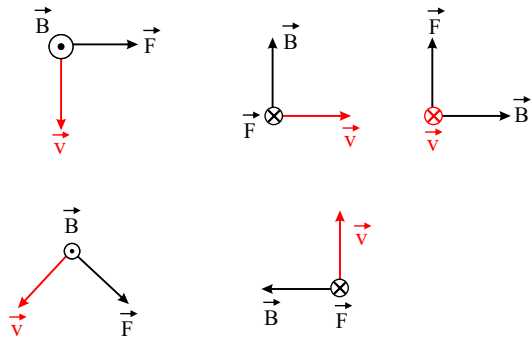
اکنون به جهت می پردازیم:

برای خنثی شدن F_B باید F_E به سمت چپ یا غرب باشد و چون بار مثبت است جهت نیروی الکتریکی با جهت میدان الکتریکی یکسان است؛ پس جهت میدان الکتریکی هم به سمت چپ یا غرب است.

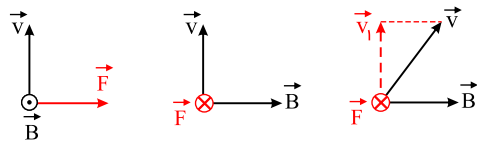


۴۲ باید توجه کرد که اگر برای بار منفی از قانون دست راست استفاده می کنیم، باید در نهایت جهت هر چیزی که پیدا می کنیم را برعکس بیان کنیم. به عنوان

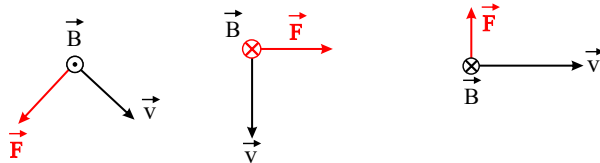
مثال در شکل $\vec{B} \cdot \vec{v}$ ، دستان را طوری قرار می دهیم که کف دست رو به بیرون باشد و شست دست راست به سمت راست قرار گیرد، در این صورت چهار انگشت بالای کاغذ را نشان می دهد که این جهت حرکت بار مثبت است؛ پس باید جهت حرکت رو به پایین را برای بار منفی بیان کنیم؛ به همین ترتیب داریم:



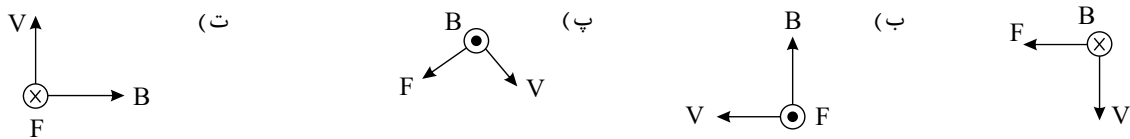
۴۳ طبق قانون دست راست، چهار انگشت دست راست را در جهت حرکت بار مثبت و کف دست را در جهت میدان مغناطیسی قرار می‌دهیم. انگشت شست دست راست جهت نیرو را نشان می‌دهد:



در این شکل مؤلفه عمودی سرعت نسبت به میدان مغناطیسی اهمیت دارد.



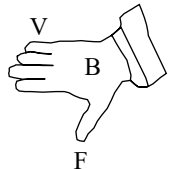
۴۴ الف (الف) صفر (ب) می‌رانند (پ) غیر دائمی (ت) پارامغناطیس



۴۵

۴۶

$$F = qvB \sin \alpha \rightarrow F = (16 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^4) \times 0.1 \times \sin 90^\circ \xrightarrow{\sin 90^\circ = 1} F = 32 \times 10^{-4} \text{ N}$$



بر اساس استفاده از قاعده دست راست، نیروی وارد بر بار مثبتی که در این میدان در جهت نشان داده شده حرکت کند، نیروی روبه پایین است و چون بار منفی است جهت نیرو به طرف بالا می‌شود.

۴۷

الف

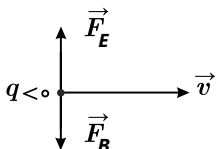
میدان در مرکز حلقه عمود بر صفحه حلقه است، پس راستای میدان و سرعت ذره یکسان است، یعنی:

$$F = |q|vB \sin \alpha ; \alpha = 0 \Rightarrow F = 0$$

۴۸ برای اینکه ذره بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد، باید نیروهای الکتریکی و مغناطیسی وارد بر آن با هم برابر باشند:

$$F_E = F_B \rightarrow E|q| = |q|vB \sin \alpha \rightarrow 450 = 3 \times 10^3 \times B \times 1 \rightarrow B = 0.15 \text{ T}$$

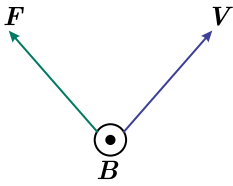
با توجه به شکل، جهت نیروی مغناطیسی رو به پایین است. بنابراین طبق قانون دست راست، جهت میدان مغناطیسی درون سو است.



۴۹ از آنجایی که جرم ذره ناچیز است، نیروهای الکتریکی و مغناطیسی باید یکدیگر را خنثی کنند. با توجه به قانون دست راست و جهت نیروی مغناطیسی، جهت

میدان مغناطیسی درون سو است.

$$F_E = F_M \rightarrow Eq = qvB \sin 90^\circ \rightarrow E = vB \rightarrow B = \frac{250}{2500} = 0.1 T$$



۵۰

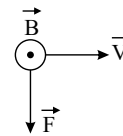
$$F = |q|vB \sin \theta \rightarrow F = 4 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^5 \times 0.3 \times 1 = 0.24 N$$

۵۱

(الف)

$$F = qvB \sin \alpha$$

$$F = 10^{-6} \times 200 \times 0.45 \times \sin 90^\circ = 9 \times 10^{-5} N$$

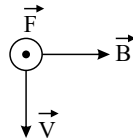


طبق قانون دست راست برای جهت نیرو:

(ب) در چنین حالتی ممکن است $\theta = 0$ یا $\theta = 180^\circ$ باشد که در هر دو صورت $\sin \theta = 0$ خواهد بود؛ بنابراین نیروی وارد شده بر بار الکتریکی در این حالت صفر خواهد بود.

۵۲

$$F = qvB \sin \alpha \Rightarrow F = 1.6 \times 10^{-19} \times 4 \times 10^6 \times (20 \times 10^{-3}) \times 1 \Rightarrow F = 1.28 \times 10^{-13} N$$

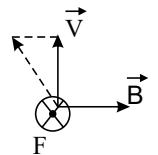


طبق قانون دست راست:

۵۳

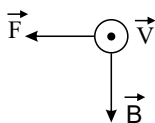
$$|F| = |qvB \sin \alpha| \Rightarrow 1.6 \times 10^{-6} = |(4 \times 10^{-6})(v)(400 \times 10^{-6}) \times \sin(150^\circ)|$$

$$1.6 \times 10^{-6} = 1.6 \times 10^{-9} \times \frac{1}{2} v \Rightarrow v = 2 \times 10^3 \frac{m}{s}$$

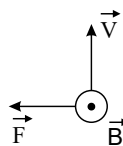


در چنین مواردی مؤلفه‌ای از سرعت که عمود بر میدان مغناطیسی است مورد بررسی قرار می‌گیرد تا پیدا کردن جهت بردار $\vec{F}$ راحت‌تر باشد.

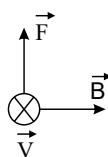
۵۴ برای پیدا کردن جهت نیروی وارد بر بار منفی ابتدا با دست راست جهت نیروی وارد بر بار مثبت را پیدا می‌کنیم و بعد آن را برعکس بیان می‌کنیم. البته می‌توانیم از دست چپ هم استفاده کنیم که توصیه نمی‌شود.



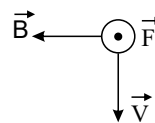
(د) برای بار منفی



(ج) برای بار منفی



(ب) برای بار منفی



(الف) برای بار منفی

۵۵ می‌دانیم که جهت نیروی وارد شده بر ذره باردار مثبت متحرک درون میدان مغناطیسی از قانون دست راست تعیین می‌شود. پس اگر انحراف هر ذره بر قانون دست راست منطبق بود (یعنی هم‌جهت با نیرو به دست آمد) آن ذره مثبت است و اگر انحراف خلاف جهت نیرو بود، آن ذره منفی است و در صورت عدم انحراف خنثی است.

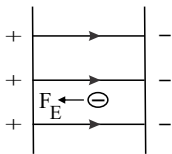
ذره (۱): منفی است. طبق قانون دست راست V ، ولی انحراف خلاف جهت F است.

ذره (۲): مثبت است. طبق قانون دست راست که انحراف با F منطبق است.

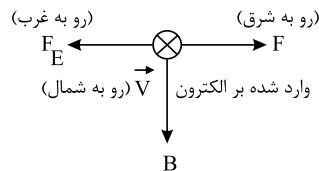
ذره (۳): منحرف نشده پس خنثی است.

ذره (۴): منفی است چون F با انحراف انطباق ندارد. اگر مثبت باشد باید به صورت شکل منحرف می شد.

۵۶



نیروی وارد شده به الکترون در میدان الکتریکی در خلاف جهت میدان الکتریکی است، یعنی F_E به سمت چپ خواهد بود:



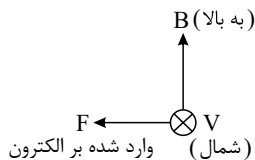
و برای میدان مغناطیسی داریم:

بنابراین F_E و F_B درست در خلاف جهت هم هستند که اگر $F_E = F_B$ باشد الکترون بدون انحراف در جهت شمال به حرکت ادامه می دهد. اگر $F_E > F_B$ باشد الکترون به سمت غرب منحرف می شود و اگر $F_E < F_B$ باشد الکترون به سمت شرق منحرف خواهد شد.

۵۷

$$F = qvB \sin \theta = 1.6 \times 10^{-19} \times 3 \times 10^6 \times 5 \times 10^{-3} \times \sin 90^\circ = 2.4 \times 10^{-16} \text{ N}$$

بر اساس قانون دست راست نیروی وارد شده به بار مثبت در چنین میدانی به سمت راست خواهد بود؛ بنابراین نیروی وارد بر الکترون مذکور، به سمت چپ می باشد.



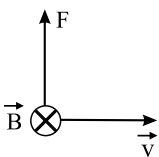
۵۸

$$\text{الف) } F = qvB \sin \theta = 1.6 \times 10^{-19} \times 2 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-4} \times \sin 90^\circ \Rightarrow F = 6.4 \times 10^{-16} \text{ N}$$

$$\text{ب) } F = E \cdot q \Rightarrow 6.4 \times 10^{-16} = E \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow E = 4 \times 10^3 \frac{\text{N}}{\text{C}}$$

۵۹

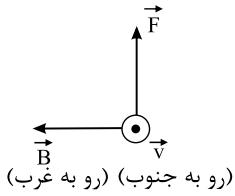
طبق قانون دست راست، نیروی مغناطیسی وارد شده بر بار مثبت q به سمت بالا خواهد بود. همچنین به بار مثبت درون میدان الکتریکی یکنواخت، نیرویی در جهت میدان وارد می شود که رو به پایین است.



پس (با چشم پوشی از نیروی وزن) در صورتی که اندازه این دو نیرو برابر باشد، بار می تواند بدون انحراف به مسیر خود ادامه دهد:

$$F_{\text{الکتریکی}} = F_{\text{مغناطیسی}} \Rightarrow Eq = qvB \sin \alpha \Rightarrow 450 = v \times 0.18 \times 1 \Rightarrow v = \frac{450}{0.18} = 2500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

۶۰ الف) برای پیدا کردن جهت میدان از قاعده دست راست استفاده می کنیم و چون ذره مورد نظر، الکترون است، جهت میدان به دست آمده را برعکس می کنیم.



$$F = qvB \sin \alpha$$

$$\Rightarrow 6,8 \times 10^{-14} = 1,6 \times 10^{-19} \times 2,4 \times 10^5 \times B \times \sin 90^\circ$$

$$\Rightarrow B = \frac{6,8 \times 10^{-14}}{3,84 \times 10^{-14}} = 1,77 T$$

(ب) از رابطه $F = Eq$ می توان نوشت:

$$F = Eq \Rightarrow 6,8 \times 10^{-14} = E \times 1,6 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow E = \frac{6,8 \times 10^{-14}}{1,6 \times 10^{-19}} = 4,25 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

۶۱ برای پاسخ دادن به چنین سوالاتی از قانون دست راست استفاده می شود. بار الکتریکی همیشه به سمتی منحرف می شود که نیروی مغناطیسی بر آن وارد شده است. بنابراین، کف دست را رو به کاغذ قرار می دهیم (طوری که بردار عمودی خارج شده از کف دست، به سمت کاغذ یعنی درون سو باشد). چهار انگشت دست راست را در جهت سرعت بار (در هر نقطه دلخواه از مسیرهای نشان داده شده) قرار می دهیم و به این ترتیب، انگشت شست دست راست جهت منحرف شدن بار مثبت را نشان می دهد. اگر جهت انحراف نشان داده شده در شکل با جهت شست دست راست هم خوانی داشت، معلوم می شود بار مثبت بوده و اگر خلاف آن بود، بار منفی است. همچنین اگر انحرافی رخ نداده باشد، بار خنثی است. پس بار (۱) مثبت، بار (۲) و (۴) منفی است و بار (۳) خنثی است.

۶۲ الف

$$F = qvB \sin \alpha \Rightarrow F = 1,6 \times 10^{-19} \times 3,2 \times 10^7 \times 1,2 \times 10^{-3} \times 1$$

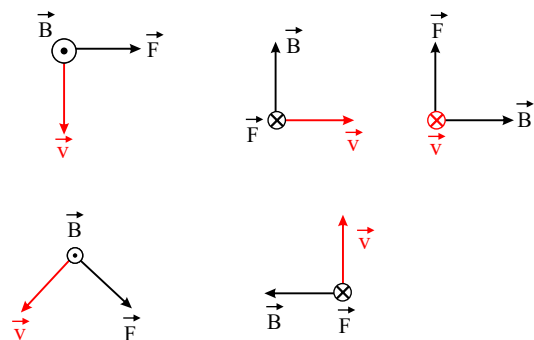
$$F = 6,144 \times 10^{-15} N$$

(ب) به سمت بالا

۶۳ ۱- برای بار منفی از قاعده دست چپ می توان استفاده کرد. اگر چهار انگشت دست چپ را طوری در جهت حرکت ذره قرار دهیم که شست دست در جهت نیرو باشد، میدان مغناطیسی از کف دست خارج می شود. بنابراین، میدان مغناطیسی درون سو است.

۲- باید توجه کرد که اگر برای بار منفی از قانون دست راست استفاده می کنیم، باید در نهایت جهت هر چیزی که پیدا می کنیم را برعکس بیان کنیم. به عنوان مثال در شکل $\vec{B} \otimes$ ، دستان را طوری قرار می دهیم که کف دست رو به بیرون باشد و شست دست راست به سمت راست قرار گیرد، در این صورت چهار

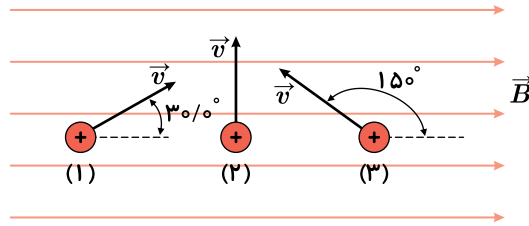
انگشت بالای کاغذ را نشان می دهد که این جهت حرکت بار مثبت است؛ پس باید جهت حرکت رو به پایین را برای بار منفی بیان کنیم؛ به همین ترتیب داریم:



۶۴ ۱-

$$\theta = 30^\circ, B = 320 G = 320 \times 10^{-4} T, F = 5,12 \times 10^{-14} N, |q| = 1,6 \times 10^{-19} C, v = ?$$

$$F = |q|vB \sin \theta \Rightarrow v = \frac{F}{|q|B \sin \theta} = \frac{5,12 \times 10^{-14}}{1,6 \times 10^{-19} \times 320 \times 10^{-4} \times 0,5} = 2 \times 10^5 \frac{m}{s}$$



$$\theta_1 = 30^\circ \Rightarrow F_1 = |q|vB \sin \theta_1 = 6,15 \times 10^{-6} \times 46 \times 0,165 \times \sin 30^\circ \simeq 22,34 \times 10^{-6} N$$

$$\theta_2 = 90^\circ \Rightarrow F_2 = |q|vB \sin 90^\circ = 6,15 \times 10^{-6} \times 46 \times 0,165 \times 1 \simeq 46,67 \times 10^{-6} N$$

$$\theta_3 = 150^\circ \Rightarrow F_3 = |q|vB \sin \theta_3 = 6,15 \times 10^{-6} \times 46 \times 0,165 \times \sin 150^\circ \simeq 22,34 \times 10^{-6} N$$

۳- الف) برای پیدا کردن جهت میدان از قاعده دست راست استفاده می‌کنیم و چون ذره مورد نظر، الکترون است، جهت میدان به دست آمده را برعکس می‌کنیم.

$$F = qvB \sin \alpha$$

$$\Rightarrow 6,8 \times 10^{-14} = 1,6 \times 10^{-19} \times 2,4 \times 10^5 \times B \times \sin 90^\circ$$

$$\Rightarrow B = \frac{6,8 \times 10^{-14}}{3,84 \times 10^{-14}} = 1,77 T$$

(رو به جنوب) (رو به غرب)

(ب) از رابطه $F = Eq$ می‌توان نوشت:

$$F = Eq \Rightarrow 6,8 \times 10^{-14} = E \times 1,6 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow E = \frac{6,8 \times 10^{-14}}{1,6 \times 10^{-19}} = 4,25 \times 10^5 \frac{N}{C}$$

۶۵

$$AB \text{ بر } F = BI\ell \sin \alpha = 4 \times 2 \times 0,2 \times \sin 30^\circ = 0,8 N \otimes$$

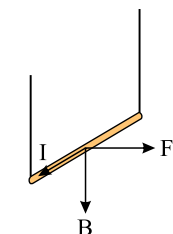
$$BC \text{ بر } F = BI\ell \sin \alpha = 4 \times 2 \times 0,15 \times \sin 90^\circ = 1,2 N \odot$$

$$CD \text{ بر } F = BI\ell \sin \alpha = 4 \times 2 \times 0,15 \times \sin (0^\circ) = 0 N$$

۶۶

با بسته شدن کلید K ، جریان الکتریکی از قطب مثبت باتری در مدار جاری می‌شود و به این ترتیب، جهت جریان الکتریکی در فضای بین قطب‌های آهنربا برون‌سو خواهد بود. طبق قانون دست راست، داریم:

به این ترتیب به محض بسته شدن کلید، نیروی F در جهت خارج کردن سیم از آهنربا به سمت راست به آن وارد می‌شود و سیم به سمت خارج از آهنربا پرتاب می‌شود.

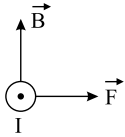


۶۷ الف) وزن سیم

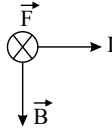
(ب) کاهش - با بستن کلید با توجه به جهت جریان در سیم نیرویی رو به بالا، خلاف جهت نیروی وزن به سیم وارد می‌شود، بنابراین عدد نیروسنج کاهش می‌یابد.

۶۸

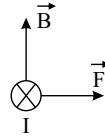
طبق قانون دست راست ۴ انگشت در جهت جریان طوری قرار می‌گیرد که کف دست جهت میدان را نشان دهد، در این صورت شست دست جهت نیرو را نشان خواهد داد. بر این اساس:



(الف) (جهت میدان از N به S است.)



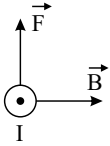
(ب)



(ج)

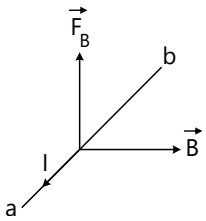
۶۹

الف) چون سیم معلق مانده است پس جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم در خلاف جهت وزن سیم یعنی رو به بالاست، بنابراین جهت جریان باید از b به a (برون سو) باشد:



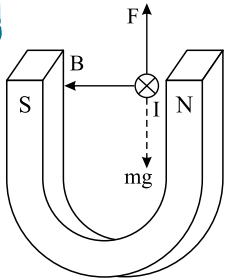
ب) سیم معلق است:

$$F = BIl \sin \alpha = mg \Rightarrow (400 \times 10^{-4})(10) \times (0.2) \times (1) = m \times 10 \Rightarrow m = 0.008 \text{ kg} = 8 \text{ g}$$



۷۰ الف) برای معلق ماندن سیم باید F_B خلاف جهت mg باشد و با آن برابر باشد.

در ضمن جهت جریان از A به B یعنی درون سو (مثلاً رو به شمال) است. پس B باید به سمت چپ (یا مثلاً غرب باشد یعنی قطب N سمت راست و قطب S سمت چپ قرار دارد).



ب) ابتدا جریان عبوری از سیم و پس از آن با استفاده از قانون اهم، مقاومت الکتریکی اش را محاسبه می کنیم.

$$F_B = mg \Rightarrow BIl \sin \theta = mg$$

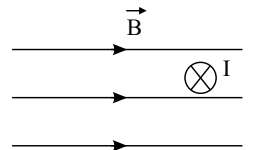
$$\Rightarrow 2 \times 10^{-3} \times I \times 0.2 \times 1 = (0.20 \times 10^{-3}) \times 10 \Rightarrow I = 5 \text{ A}$$

براساس قانون اهم:

$$v = RI$$

$$\Rightarrow 40 = R \times 5 \Rightarrow R = 8 \Omega$$

۷۱ با توجه به جهت های مشخص شده در مسأله می توان شکل ذیل را رسم نمود:

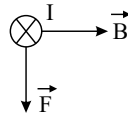


$$F = BIl \sin \alpha$$

$$F = (0.4 \times 10^{-3}) \times 5 \times 1 \times 1$$

$$F = 2 \times 10^{-4} \text{ N}$$

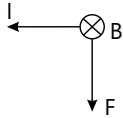
طبق قانون دست راست برای جهت نیرو داریم:



پس نیروی وارد بر سیم روبه پایین است.

۷۲

$$F = BIl \sin \alpha \Rightarrow 0.2 = 0.2 \times I \times 1 \times \sin 90^\circ \Rightarrow I = 1 A$$



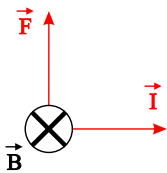
با توجه به قانون دست راست جریان در سیم باید از B به طرف A باشد.

۷۳ الف) می توان نوشت:

$$F = BIl \sin \alpha$$

$$F = (0.05 \times 10^{-3}) \times 1.6 \times 1 \times \sin 90^\circ = 0.08 \times 10^{-3} = 8 \times 10^{-5} N$$

ب) برای اینکه نیرو سنج ها عدد صفر را نشان دهند، باید نیروی مغناطیسی وارد بر هر متر از سیم رو به بالا و هم اندازه وزن آن باشد:



$$F_B = mg$$

$$BIl \sin \alpha = mg$$

$$0.05 \times 10^{-3} \times I \times 1 \times 1 = (8 \times 10^{-3}) \times 9.8$$

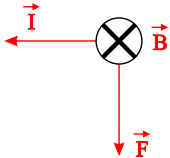
$$\Rightarrow I = \frac{8 \times 9.8 \times 10^{-3}}{5 \times 10^{-5}} = 1568 A$$

بنابراین جریان باید به سمت راست و برابر ۱۵۶۸ A باشد.

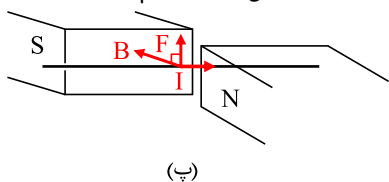
۷۴ براساس قانون دست راست جهت جریان را تعیین می کنیم که از D به C است.

$$F = BIl \sin \alpha$$

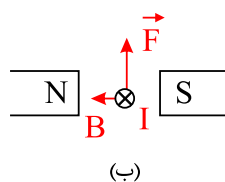
$$\Rightarrow 1 = 0.5 \times I \times 2 \times \sin 90^\circ \Rightarrow I = 1 A$$



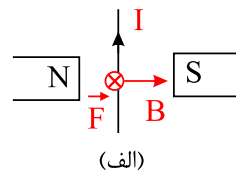
۷۵ طبق قانون دست راست، اگر چهار انگشت دست راست طوری در جهت جریان قرار بگیرد که بردار میدان از کف دست خارج شود (یعنی خطوط میدان از کف دست خارج شوند، یا کف دست به سمت قطب S آهنربا قرار گیرد)، انگشت شست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان را نشان می دهد:



(پ)



(ب)



(الف)

در شکل (پ) باید توجه کرد که شکل فضایی است و سه بردار F ، I و B برهم عمودند.

۷۶

$$F = BIl \sin \alpha \Rightarrow 0.2 = 4 \times 10^{-2} \times 2 \times l \times \frac{1}{2} \Rightarrow l = 0.5 m$$

$$BIl \sin \theta = mg \Rightarrow B \times 6 \times 0.8 = 24 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow B = 0.5 T$$

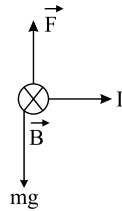
۷۸ سیم باید در راستای خطوط میدان قرار گرفته باشد. در این شرایط ($\theta = 0^\circ$) یا ($\theta = 180^\circ$) می شود و طبق رابطه $F = ILB \sin \theta$ ، مقدار نیروی مغناطیسی وارد بر سیم صفر خواهد شد.

۷۹

$$F = BIl \sin \alpha = 400 \times 10^{-2} \times 5 \times 0.2 \times \frac{1}{2} = 0.2 N$$

با توجه به قانون دست راست، جهت نیرو درون سیم است.

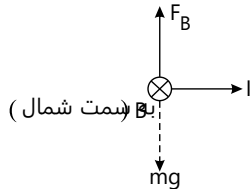
۸۰ سیمی را در فضای دهانه آهنربای C شکلی بر روی یک ترازوی رقمی قرار داده و نیروی وزن آهنربا را اندازه می گیریم. سپس از این سیم جریان معینی را عبور می دهیم. تغییر عدد ترازو برابر با نیروی مغناطیسی وارد بر سیم است.



۸۱ چون سیم معلق مانده پس باید نیروی مغناطیسی وارد بر سیم روبه بالا و هم اندازه نیروی وزن سیم باشد، پس:

یعنی جریان از C به D خواهد بود.

$$F = BIl \sin \alpha = mg \Rightarrow 0,5 \times I \times (0,4) \times 1 = (40 \times 10^{-3}) \times 10 \Rightarrow I = 2A$$

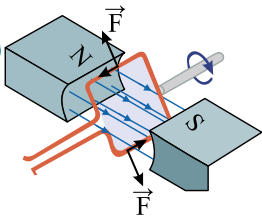


۸۲ طبق قانون دست راست باید به سمت شرق (راست) باشد:

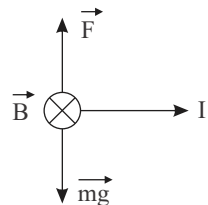
$$F_B = mg \Rightarrow BIl \sin \alpha = mg$$

$$0,2 \times I \times 1 \times 1 = (10 \times 10^{-3}) \times 10 \Rightarrow I = 0,5A$$

$$F = BIl \sin \alpha \Rightarrow F = 0,4 \times 2 \times 0,25 \times \sin 90^\circ = 0,2N$$



۸۳ چرخش حلقه به دلیل نیرویی است که از طرف میدان مغناطیسی، به سیم‌های افقی حلقه وارد می‌شوند که عمود بر خطوط میدان مغناطیسی قرار دارند؛ بنابراین با توجه به جهت نیروهای وارد شده، جریان در حلقه پادساعتگرد است.



$$F = T = mg \Rightarrow BIl \sin \alpha = mg \Rightarrow B = \frac{6 \times 10^{-3} \times 10}{1 \times 1,2 \times 1} \rightarrow B = 0,05T$$

جهت میدان درون سو است.

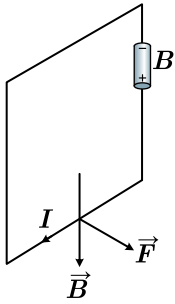
۸۷ الف نادرست؛ اگر میدان مغناطیسی و جهت جریان در یک راستا باشند، نیرویی بر سیم وارد نمی‌شود.

ب درست

پ نادرست؛ نسبت $\frac{N}{l}$ در محاسبه میدان مهم است و تنها از روی N نمی‌توان قضاوت کرد.

۸۸

الف



باتری B ، جهت میدان مغناطیسی (از N به S) و جهت نیروی F مشخص است. بنابر قاعده دست راست، جهت جریان باید به شکل نشان داده شده در تصویر مقابل باشد. این جریان را باتری B تولید می کند.

ب نیروی وارد بر میله حامل جریان از رابطه $F = BIl \sin \theta$ به دست می آید. بیشترین مقدار این نیرو هنگامی است که $\theta = 90^\circ$ و در نتیجه $\sin \theta = 1$ باشد. این حالت وقتی اتفاق می افتد که میله بر خطوط میدان مغناطیسی آهنربا عمود باشد.

۸۹ گام اول: اندازه میدان مغناطیسی را تعیین می کنیم:

$$B = \sqrt{(-0.6)^2 + (-0.8)^2} = 1T$$

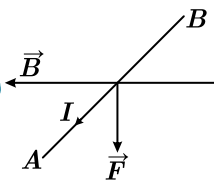
گام دوم: داده های مسئله را در رابطه نیرو قرار می دهیم:

$$F = BIl \sin \theta$$

$$\Rightarrow F = (1T) \times (400 \times 10^{-3}A) \times (0.3m) \times \sin 90^\circ = 0.12N$$

۹۰ الف) آهنربا به سیم حامل جریان، نیرو وارد می کند. عکس العمل این نیرو روی آهنربا باعث می شود تا ترازو عدد کمتری را نشان دهد. نیروهای عمل و عکس العمل با هم برابرند؛ بنابراین، جهت نیروی وارد بر سیم برابر است با:

$$5 - 4.5 = 0.5N$$

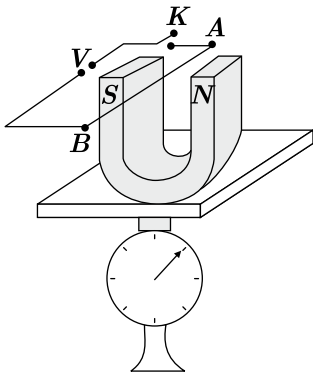


ب) از اینکه ترازو عدد کمتری را نشان می دهد، می فهمیم که نیروی وارد شده بر آهنربا رو به بالا است؛ بنابراین، جهت نیروی وارد بر سیم باید برعکس آن، یعنی رو به پایین باشد؛ چون، این دو نیرو، عمل و عکس العمل هستند و جهت های متفاوتی دارند. با توجه به جهت نیروی وارد بر سیم و جهت میدان مغناطیسی (از N به S)، بنابر قاعده دست راست، جریان باید از B به A باشد.

۹۱

$$F = BIl \sin \theta \xrightarrow{\sin 30^\circ = 0.5} 10^{-4}N = (0.4 \times 10^{-4}T) \times I \times (1m) \times 0.5 \Rightarrow I = \frac{10^{-4}}{0.4 \times 10^{-4} \times 1 \times 0.5} = 5A$$

۹۲

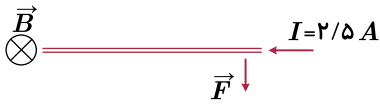


ابتدا آهنربای نعلی شکل را مطابق شکل روبه رو، روی یک ترازوی حساس گذاشته و سیم راست AB را که در مدار شامل یک باتری و کلید K قرار دارد، از میان قطب های آهنربا می گذرانیم. قبل از بستن کلید عدد ترازو را می خوانیم. حالا کلید را می بندیم و مجدداً عدد ترازو را می خوانیم. اختلاف عدد ترازو در این دو حالت با نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان های مغناطیسی برابر است.

۹۳ -۱

$$l = 2.4m, I = 2.5A, \theta = 90^\circ, B = 0.45G = 0.45 \times 10^{-4}T, F = ?$$

$$F = IlB \sin \theta = 2.5 \times 2.4 \times 0.45 \times 10^{-4} \times \sin 90^\circ = 2.7 \times 10^{-4}N \Rightarrow F = 2.7 \times 10^{-4}N$$

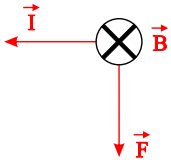


طبق قاعده دست راست جهت نیروی وارد بر سیم به سمت پایین است.

۲- براساس قانون دست راست جهت جریان را تعیین می‌کنیم که از D به C است.

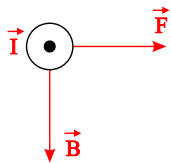
$$F = BIl \sin \alpha$$

$$\Rightarrow 1 = 0.5 \times I \times 2 \times \sin 90^\circ \Rightarrow I = 1A$$



۹۴- ۱- اگر سیم حامل جریان در امتداد میدان مغناطیسی قرار گیرد ($\theta = 180^\circ$ یا $\theta = 0^\circ$) نیروی وارد بر آن صفر و اگر عمود بر میدان مغناطیسی قرار

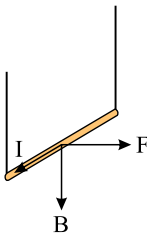
گیرد ($\theta = 90^\circ$) نیروی وارد بر آن بیشینه خواهد بود.



۲- با بسته شدن کلید K ، جریان الکتریکی از قطب مثبت باتری در مدار جاری می‌شود و به این ترتیب، جهت جریان الکتریکی در فضای

بین قطب‌های آهنربا برون‌سو خواهد بود. طبق قانون دست راست، داریم:

به این ترتیب به محض بسته شدن کلید، نیروی F در جهت خارج کردن سیم از آهنربا به سمت راست به آن وارد می‌شود و سیم به سمت خارج از آهنربا پرتاب می‌شود.



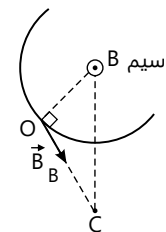
۹۵- الف) به سیم مسی حامل جریان در میدان مغناطیسی آهنربا، نیرو وارد شده و سیم مسی از آهنربا دور می‌شود.

ب) با تغییر جهت جریان، جهت نیروی وارد بر سیم نیز تغییر کرده و سیم به سمت آهنربا منحرف می‌شود.

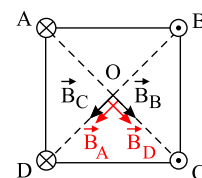
پ) به سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی نیرو وارد می‌شود. جهت این نیرو با تغییر جهت جریان تغییر می‌کند (معکوس می‌شود).

۹۶- الف) جهت جریان هریک از سیم‌های A, B, C, D در نقطه O براساس قانون دست راست تعیین می‌شود، فقط باید توجه کرد که مثلاً برای سیم B ، بردار

میدان بر OC منطبق است و جهت آن به سمت C است چون بردار میدان بر دایره‌ای که به مرکز B و به شعاع نصف قطر زده شده باشد مماس است:

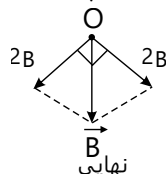


بنابراین داریم:



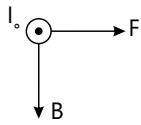
یعنی میدان‌های ناشی از سیم A و C هم جهت و هم اندازه و میدان‌های ناشی از سیم B و D نیز هم جهت و هم اندازه خواهند بود.

به این ترتیب در نقطه O داریم:

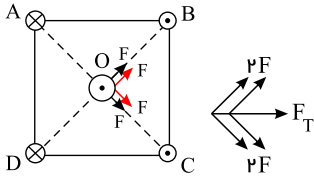


پس میدان خالص در نقطه O رو به پایین خواهد بود.

ب) برای به دست آوردن جهت نیروی وارد شده به سیم O از قانون دست راست استفاده می‌کنیم: پس نیرو به سمت راست یا شرق خواهد بود.



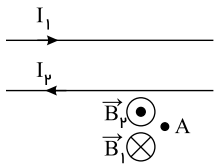
روش دوم: می‌دانیم که سیم‌های موازی و طویل حامل جریان‌های هم‌سو یکدیگر را می‌ربایند (جذب می‌کنند). سیم‌های حامل جریان‌های غیر هم‌سو یکدیگر را می‌رانند (دفع می‌کنند)؛ بنابراین برای سیم O داریم:



۹۷ شرط لازم برای صفر شدن میدان مغناطیسی برآیند در نقطه A این است که میدان‌های حاصل از جریان دو سیم در نقطه A در خلاف جهت یکدیگر باشند.

جهت میدان مغناطیسی ناشی از جریان I_1 در نقطه A (یعنی B_1) درون‌سو می‌باشد؛ بنابراین باید جریان سیم شماره (۲) یعنی I_2

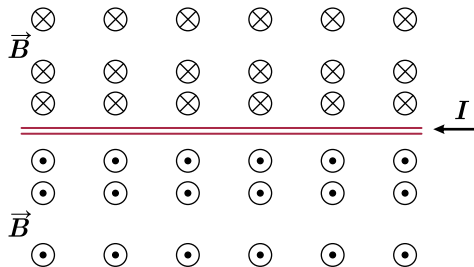
به سمت چپ باشد، تا میدان مغناطیسی ناشی از آن (یعنی B_2) برون‌سو و در خلاف جهت B_1 شود، تا امکان خنثی شدن میدان‌ها در نقطه A ایجاد گردد: $B_1 = B_2$



۹۸ زیرا هر سیم تحت تأثیر میدان مغناطیسی سیم دیگر است و بر سیم‌های حامل جریان در یک میدان مغناطیسی خارجی نیرو وارد می‌کند.

۹۹ برای آنکه عقربه در جهت خواسته شده (به سمت چپ) بچرخد، باید میدان مغناطیسی در محل عقربه مغناطیسی به سمت چپ باشد. چون عقربه روی سیم قرار دارد، باید جریان عبوری از سیم زیر عقربه مغناطیسی رو به پایین باشد؛ تا طبق قانون دست راست، جهت میدان مغناطیسی بالای سیم (در محل عقربه) از راست به چپ باشد. پس باتری A باید در مدار قرار گیرد، تا با جاری شدن جریان از سر مثبت آن در مدار، جریانی ساعتگرد ایجاد شود.

۱۰۰

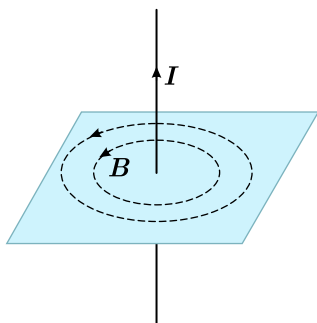


می‌دانیم میدان مغناطیسی در اطراف سیم راست دایره‌هایی هم‌مرکز هستند. این خطوط میدان در بالای سیم راست درون‌سو و پایین سیم راست برون‌سو است. پس طبق قاعده دست راست، جهت جریان در سیم از راست به چپ است.

۱۰۱ الف) عقربه مغناطیسی در جهت شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد و با وصل کردن مدار، نسبت به حالت اولیه منحرف می‌شود.

اگر عقربه مغناطیسی را در اطراف سیم جابه‌جا کنیم، جهت عقربه در نقاط مختلف، دایره‌های هم‌مرکز با سیم تشکیل می‌دهد که نشان دهنده این است که خطوط میدان مغناطیسی در اطراف سیم، دایره‌هایی هم‌مرکز با سیم هستند.

ب)



ب) با تغییر جهت جریان، جهت عقربه نیز در نقاط مختلف معکوس می‌شود.

ت) برای جریان‌های کم، عقربه مغناطیسی باید در فاصله کمی از سیم قرار گیرد تا جهت میدان مغناطیسی را در اطراف سیم نشان دهد. ولی برای جریان‌های زیاد، عقربه مغناطیسی می‌تواند در فاصله دورتری از سیم، جهت میدان مغناطیسی را به دور سیم نشان دهد.

ث) با عبور جریان از سیم، میدان مغناطیسی در اطراف سیم ایجاد می‌شود که خطوط این میدان به صورت دایره‌هایی هم‌مرکز با سیم هستند. با نزدیک‌تر شدن به

سیم، میدان مغناطیسی آن افزایش و با دور شدن از آن میدان مغناطیسی کاهش می‌یابد. همچنین افزایش جریان عبوری از سیم، میدان مغناطیسی آن را افزایش و کاهش جریان، میدان مغناطیسی را کاهش می‌دهد.

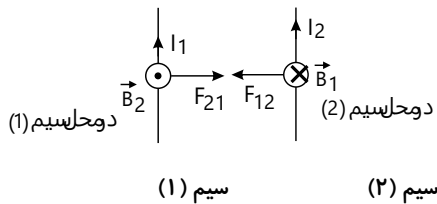
۱۰۲ نقطه A: میدان ناشی از I_1 در نقطه A برون سو و میدان ناشی از I_2 در A درون سو است ولی چون $I_1 > I_2$ و A به I_1 نیز نزدیک تر است پس قطعاً $|B_{2A}| < |B_{1A}|$ پس میدان خالص برون سو خواهد بود.

نقطه B: هر دو میدان ناشی از I_1 و I_2 در نقطه B درون سو هستند پس میدان خالص در B درون سو خواهد بود.

نقطه C: میدان ناشی از I_1 در C درون سو و میدان ناشی از I_2 در C برون سو است. و باید توجه کرد که اگرچه جریان $I_1 > I_2$ است ولی فاصله C به I_2 کمتر از فاصله نسبت به I_1 است بنابراین ممکن است $B_{2C} < B_{1C}$ شود یا $B_{1C} = B_{2C}$ گردد و یا $B_{2C} > B_{1C}$ شود. پس ممکن است میدان خالص درون سو، صفر یا برون سو گردد.

۱۰۳ برای این دو سیم داریم:

میدان سیم (۱) در محل سیم (۲) درون سو است و میدان سیم (۲) در محل سیم (۱) برون سو است، پس نیروی بین آنها جاذبه است.



و البته نیروها طبق قانون سوم نیوتون هم اندازه‌اند، یعنی: $F_{21} = F_{12} = F$

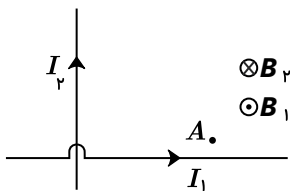
بنابراین، در چنین حالتی سیم‌ها یکدیگر را جذب می‌کنند.

۱۰۴ الف) سیم‌های حامل جریان بر یکدیگر نیرو وارد می‌کنند.

ب) سیم‌ها به یکدیگر نزدیک می‌شوند. (یا نیروی بین دو سیم از نوع جاذبه است یا سیم‌ها برهم نیرو وارد می‌کنند.)

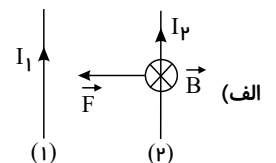
ج) خیر. در این حالت سیم‌ها حامل جریان هم‌سو هستند و نیروی وارد بر سیم‌ها از نوع جاذبه است. (صفحه ۹۸)

۱۰۵ ابتدا میدان حاصل از هر سیم را مشخص می‌کنیم. چون نقطه A به سیم (۱) نزدیک تر است، $B_1 > B_2$ و میدان برآیند برون سو خواهد بود.

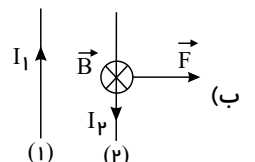


۱۰۶ طبق قانون دست راست جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم (۱) در محل سیم شماره (۲) درون سو می‌باشد؛ پس داریم:

یعنی در حالت اول سیم شماره (۲) جذب سیم (۱) می‌شود (طبق قانون سوم نیوتون سیم ۱ هم جذب ۲ می‌شود).

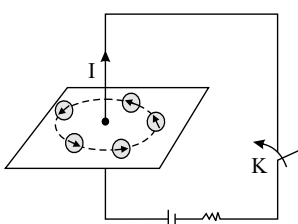


در این حالت سیم اول سیم (۲) را دفع می‌کند که البته طبق قانون سوم نیوتون سیم (۲) هم سیم (۱) را دفع خواهد کرد.



۱۰۷

به کمک یک مقوای سوراخ‌دار مداری مطابق شکل می‌بندیم. با بستن کلید جریان الکتریکی در سیم عبورکننده از مقوا به سمت بالا عبور خواهد کرد.



با قرار دادن چندین عقربه مغناطیسی روی مقوا مشخص می‌شود که خطوط میدان مغناطیسی در اطراف این سیم به صورت دایره‌های متحدالمرکز خواهند بود و جهت

این خطوط طوری است که اگر سیم حامل جریان در مشت دست راست طوری گرفته شود که شست دست راست در جهت جریان باشد جهت چرخش ۴ انگشت به دور سیم جهت میدان را نشان می‌دهد. این خطوط را می‌توان به کمک پاشیدن براده آهن روی مقوا هم مشاهده کرد.

۱۰۸ الف) جهت جریان در این سیم به سمت بالا است.

ب) اطراف سیم حامل جریان میدان مغناطیسی وجود دارد.

۱۰۹

الف) ربایشی

۱۱۰

الف) نقطه a

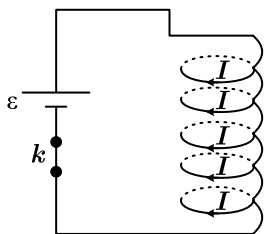
ب) نقطه b

پ) جاذبه

۱۱۱

الف) نادرست

۱۱۲

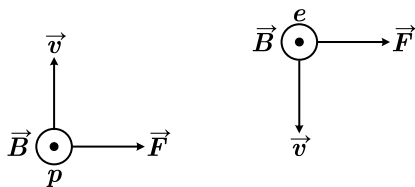


فتر فشرده شده و طول آن کاهش می‌یابد. با وصل کلید و برقراری جریان الکتریکی در فتر، مطابق شکل روبه‌رو جریانی که از حلقه‌های فتر می‌گذرد، هم‌جهت هستند.

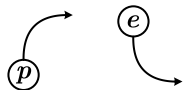
عبور جریان‌های هم‌جهت در سیم‌های موازی باعث ایجاد نیروی جاذبه بین آنها می‌شود. حلقه‌ها یکدیگر را جذب می‌کنند و طول فتر کاهش می‌یابد.

۱۱۳ الف) فاصله الکتران از سیم حامل جریان، بیشتر از فاصله پروتون از سیم است؛ بنابراین، میدان حاصل از سیم در محل الکتران ضعیف‌تر از میدان مغناطیسی در مکان پروتون است. بار الکتریکی پروتون و الکتران، برابر و تندی آنها نیز یکسان است. در نتیجه، بنابر رابطه $F = qvB \sin \theta$ ، چون میدان B در مکان الکتران ضعیف‌تر است، نیروی وارد بر آن هم ضعیف‌تر است: $F_e < F_p$.

ب) بنابر قاعده دست راست، میدان مغناطیسی سیم حامل جریان در مکان پروتون و الکتران، برون‌سو است؛ بنابراین، نیروی وارد بر هر کدام از آنها به‌صورت روبه‌رو رسم می‌شود.



در نتیجه، مسیر تقریبی حرکت آنها چنین است:



۱۱۴ بنابر قاعده دست راست، میدان حاصل از I_1 در نقطه M برون‌سو و میدان حاصل از I_2 درون‌سو است. با توجه به فاصله یکسان M از هر دو سیم و از آنجایی که $I_2 < I_1$ ، میدان حاصل از I_1 بزرگ‌تر از میدان حاصل از I_2 است. میدان‌ها در خلاف جهت هم هستند و جهت برآیند را میدان بزرگ‌تر تعیین می‌کند؛ بنابراین، میدان برآیند در نقطه M برون‌سو است.

۱۱۵ بنابر قاعده دست راست، جهت میدان حاصل از I_1 و I_2 در نقطه A درون‌سو است. با توجه به اینکه هر دو میدان در نقطه A درون‌سو هستند، جهت میدان مغناطیسی برآیند هم در این نقطه درون‌سو است. اندازه میدان مغناطیسی برآیند از جمع اندازه‌های دو میدان به دست می‌آید؛ زیرا، دو بردار هم‌جهت هستند.

$$B_A = (4 \times 10^{-6} T) + (8 \times 10^{-6} T) = 12 \times 10^{-6} T$$

$$T = 1.2 \times 10^{-5} T$$

۱۱۶ ۱- شکل الف): بردار میدان مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان، در هر نقطه مماس بر خطوط میدان مغناطیسی در آن نقطه است. همچنین در فاصله‌های نزدیک‌تر به سیم حامل جریان، اندازه میدان مغناطیسی بزرگ‌تر است.

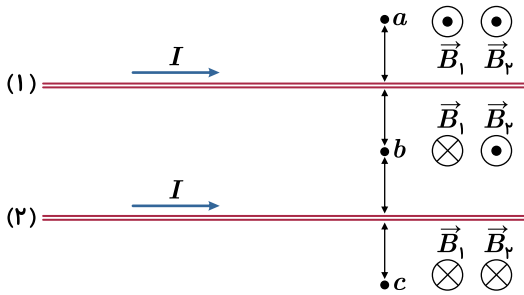
شکل ب): هر قدر به سیم حامل جریان نزدیک‌تر شویم، خطوط میدان مغناطیسی متراکم‌تر و در نتیجه میدان مغناطیسی قوی‌تر است.

۲- برای آنکه عقربه در جهت خواسته شده (به سمت چپ) بچرخد، باید میدان مغناطیسی در محل عقربه مغناطیسی به سمت چپ باشد. چون عقربه روی سیم قرار دارد، باید جریان عبوری از سیم زیر عقربه مغناطیسی روبه پایین باشد؛ تا طبق قانون دست راست، جهت میدان مغناطیسی بالای سیم (در محل عقربه) از راست به چپ باشد. پس باتری A باید در مدار قرار گیرد، تا با جاری شدن جریان از سر مثبت آن در مدار، جریانی ساعتگرد ایجاد شود.

۳- در نقطه a میدان مغناطیسی برون سو $\odot$ است.

- در نقطه b چون جریان هر دو سیم با هم برابر و فاصله نقطه b از هر دو سیم هم یکسان است، پس میدان مغناطیسی هر دو سیم برابر و در خلاف جهت هم هستند. از این رو میدان برآیند در نقطه b صفر است.

- در نقطه c میدان مغناطیسی درون سو $\otimes$ است.



۱۱۷ الف

$$B = \mu_0 n I \rightarrow 2.00\pi \times 10^{-4} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 400 \times I}{4 \times 10^{-2}} \rightarrow I = 5A$$

ب) راستای حرکت ذره با راستای میدان مغناطیسی موازی است، پس نیرویی به آن وارد نمی‌شود.

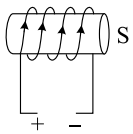
$$F = qvB \sin \theta \quad F = 0$$

۱۱۸

$$\text{تعداد دور سیملوله} = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط حلقه}} \Rightarrow N = \frac{L}{2\pi r} = \frac{62.8}{2 \times 3.14 \times 0.1} \Rightarrow N = 100 \text{ دور}$$

$$B = \frac{\mu_0 N I}{\ell} \Rightarrow 2 \times 10^{-3} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 100 \times 5}{\ell} \Rightarrow \ell = 0.314m = 31.4cm$$

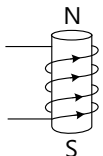
۱۱۹ باتری A برای دور شدن آهنربا از سیملوله باید میدان مغناطیسی درون سیملوله از راست به چپ باشد. (قطب‌های هم‌نام میدان مغناطیسی سیملوله و آهنربا در مقابل یکدیگر قرار گیرند)، بنابراین جهت جریان عبوری از سیملوله با جهت جریان ناشی از باتری A مطابقت دارد.



۱۲۰ اگر یک سیملوله حامل جریان مستقیم با تعداد دور زیاد داشته باشیم و درون آن یک استوانه آهنی (هسته آهنی) قرار دهیم یک آهنربای الکتریکی به دست آمده است. هر چه تعداد دورهای آن بیشتر و جریان عبوری از آن نیز بیشتر باشد، آهنربای قویتری در اختیار خواهیم داشت.

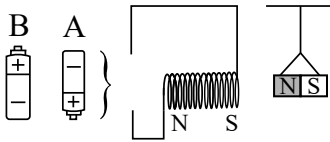
۱۲۱ الف) با بستن کلید قطب N میدان مغناطیسی سیملوله مجاور قطب S آهنربای میله‌ای قرار می‌گیرد. نیروی ربایش بین این دو قطب ناهمنام سبب افزایش نیروی وارد بر نیروسنج می‌شود؛ در نتیجه نیروسنج عدد بیشتری را نشان می‌دهد.

ب) کاهش مقاومت رثوستا و قرار دادن هسته آهنی درون سیملوله یا هر مورد صحیح دیگر.



۱۲۲ الف) باتری B در نزدیک قطب N آهنربا باید قطب S در سیملوله به وجود آید تا یکدیگر را جذب کنند. بنابراین با در نظر گرفتن جهت میدان داخل سیملوله (از S به N) و استفاده از قاعده دست راست، جهت جریان در سیملوله و مدار، و همچنین نوع باتری تعیین می‌شود.

ب) بیشتر



۱۲۳

الف گام اول: جهت میدان مغناطیسی حاصل از جریان I_1 را در نقطه O به دست می‌آوریم. انگشت شست در جهت جریان و جهت خم شدن چهار انگشت، جهت میدان را نشان می‌دهد؛ بنابراین، میدان I_1 در محل O درون‌سو است.

گام دوم: برای صفر شدن میدان در نقطه O ، باید میدان حاصل از I_2 برون‌سو باشد تا میدان درون‌سوی حاصل از I_1 را خنثی کند. اگر چهار انگشت دست راست را در جهت برون‌سو قرار دهیم، انگشت شست نشان‌دهنده جهت جریان I_2 در جهت پادساعتگرد است.

۱۲۴ ذره باردار در میدان سیم‌لوله قرار می‌گیرد؛ بنابراین ابتدا میدان سیم‌لوله را به دست می‌آوریم:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{I} \Rightarrow B = \frac{12 \times 10^{-7} \times 500 \times 2}{0.2} = 6 \times 10^{-3} T$$

$$F = |q|vB \sin \theta \Rightarrow F = 4 \times 10^{-6} \times 3 \times 10^4 \times 6 \times 10^{-3} \times 0.5 = 36 \times 10^{-5} N$$

۱۲۵ برای جذب قطب N آهنربا، باید قسمت بالای سیم‌لوله قطب S باشد. با استفاده از قاعده دست راست، جهت جریان روی سیم‌لوله به سمت چپ است؛ در نتیجه باتری B مناسب است. (زیرا جریان از قطب مثبت باتری خارج می‌شود).

۱۲۶ (الف)

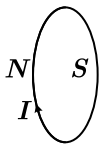
$$B = \frac{\mu_0 NI}{I} \rightarrow 40 \times 10^{-4} = \frac{12 \times 10^{-7} \times N \times 800 \times 10^{-3}}{12 \times 10^{-2}} \rightarrow N = 500$$

(ب) اضافه کردن هسته آهنی به سیم‌لوله - افزایش تعداد دورهای سیم‌لوله، کاهش طول سیم‌لوله (فشرده کردن حلقه‌های سیم‌لوله)

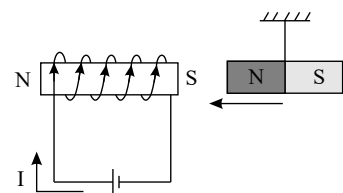
۱۲۷

$$B = \frac{\mu_0 NI}{L} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 500 \times 0.4}{0.2} = 12 \times 10^{-4} T$$

۱۲۸ با توجه به قانون دست راست، سمت چپ حلقه قطب N و سمت راست آن قطب S خواهد بود. بنابراین حلقه و آهنربا یکدیگر را دفع می‌کنند و نیروی واردشده به آهنربا به سمت چپ است.



۱۲۹



با بسته شدن کلید و عبور جریان از حلقه‌های سیم‌لوله، سیم‌لوله تبدیل به آهنربا شده و سمت راست آن قطب S خواهد شد و به این ترتیب آهنربای آویخته به سمت سیم‌لوله (به سمت چپ) جذب خواهد شد.

۱۳۰

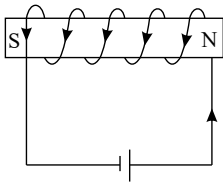
اندازه میدان مغناطیسی در اطراف سیم حامل جریان، هم وابسته است به جریانی که از سیم می‌گذرد و هم به فاصله نقطه موردنظر تا سیم مرتبط است. هر چه جریان سیم بیشتر و فاصله نقطه موردنظر تا سیم کمتر باشد میدان مغناطیسی قوی‌تر خواهد بود.

میدان ناشی از I_1 در محل O درون‌سو است و میدان ناشی از I_2 در O برون‌سو است که چون $B_1 < B_2$ است (به دلایل بالا) تا اینجا برآیند، برون‌سو است. از طرفی میدان ناشی از I_3 نیز برون‌سو است، پس میدان مغناطیسی خالص در نقطه O برون‌سو خواهد شد.

۱۳۱

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} = \frac{12 \times 10^{-7} \times (200) \times (3)}{6 \times 10^{-2}} \Rightarrow B = 12 \times 10^{-3} T = 120 \times 10^{-4} T = 120 G$$

۱۳۲



الف) با توجه به جهت جریان سیم‌های سیملوله و قانون دست راست، سمت راست سیملوله قطب N و سمت چپ آن قطب S خواهد بود.

ب) با توجه به قسمت الف خط‌های میدان از سمت راست سیملوله خارج می‌شوند و در نقطه A خطوط میدان به سمت راست بوده به این ترتیب عقربه مغناطیسی به صورت $\text{S} \rightarrow \text{N}$ خواهد بود.

۱۳۳ الف) با توجه به آنکه جهت جریان عبوری از حلقه ساعتگرد است میدان مغناطیسی در نقطه O درون‌سو خواهد بود.

ب) با افزایش مقدار مقاومت متغیر، جریان مدار کاهش می‌یابد و با کاهش جریان مقدار B در مرکز حلقه کاهش خواهد یافت.

۱۳۴ باید توجه کرد در رابطه $B = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$ مقدار $\frac{N}{\ell}$ به معنای تعداد دور در واحد طول است. اگر حلقه‌های سیملوله به هم چسبیده باشند و قطر سیم هم

1mm باشد بنابراین می‌توان مطمئن بود که هر هزار حلقه کنار هم، طولی معادل 1000 میلی‌متر یا 1m خواهند داشت؛ به عبارتی تعداد دورهای سیملوله در یک

متر (واحد طول) که همان $\frac{N}{\ell}$ خواهد شد برابر با 1000 است، یعنی: (D قطر مقطع سیم است) $\frac{N}{\ell} = \frac{1}{D} = \frac{1}{10^{-3}}$

$$B = \mu_0 \frac{N}{\ell} \cdot I = 4\pi \times 10^{-7} \times (1000) \times 0.1 \Rightarrow B = 1.26 \times 10^{-4} \text{ T} = 1.26 \text{ G}$$

۱۳۵ می‌دانیم میدان مغناطیسی درون سیملوله و دور از لبه‌های آن مقدار ثابتی است و از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times (1000) \times 0.5}{0.3} \Rightarrow B = 2 \times 10^{-3} \text{ T} = 2 \text{ mT} = 20 \text{ G}$$

۱۳۶

$$\text{تعداد دور سیملوله} = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط حلقه}} \Rightarrow N = \frac{L}{2\pi r} = \frac{200}{2\pi \times (\frac{5}{4} \times 10^{-2})} = \frac{4000}{\pi}$$

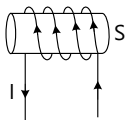
$$B_{\text{در سیملوله}} = \frac{\mu_0 NI}{\ell} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times \frac{4000}{\pi} \times 0.5}{0.314} \simeq 2.54 \times 10^{-3} \text{ T}$$

۱۳۷

$$B = \frac{\mu_0 NI}{\ell} \Rightarrow 4 \times 10^{-4} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 200 \times I}{31.4 \times 10^{-2}} \Rightarrow I = 0.5 \text{ A}$$

۱۳۸ با بسته شدن کلید جهت جریان در حلقه‌های سیملوله رو به بالا خواهد بود و سمت راست سیملوله تبدیل به قطب S و سمت چپ آن قطب N خواهد شد.

به این ترتیب آهنربا از سمت N آن به سمت سیملوله کشیده می‌شود و جذب آن می‌شود.



۱۳۹ براساس قانون دست راست و شکل داده‌شده، میدان مغناطیسی ناشی از سیملوله Q در داخل آن به سمت راست و میدان مغناطیسی ناشی از P در داخل

آن به سمت چپ می‌باشد. چون برآیند میدان مغناطیسی در مرکز صفر است، پس $B_Q = B_P$ بوده است:

$$B_Q = B_P$$

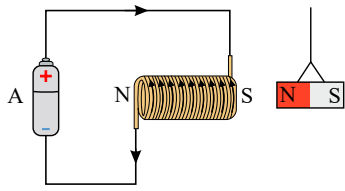
$$\frac{\mu_0 N_Q I_Q}{\ell_Q} = \frac{\mu_0 N_P I_P}{\ell_P} \Rightarrow 300 \times 1 = 200 \times I_P \Rightarrow I_P = \frac{3}{2} = 1.5 \text{ A}$$

۱۴۰ باید توجه کرد که در رابطه $B_{\text{سیملوله}} = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$ ، N تعداد دورهای سیملوله یا تعداد حلقه‌های آن است و ℓ در این رابطه طول سیملوله است:

$$B_{\text{سیملوله}} = \frac{\mu_0 NI}{\ell}$$

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 250 \times 0.8}{0.14} \simeq 1.79 \times 10^{-3} T = 1.79 mT$$

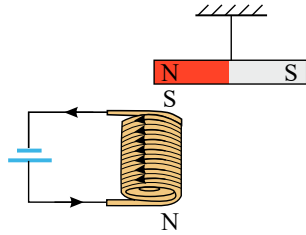
۱۴۱



برای جذب شدن آهنربای میله‌ای نشان داده شده در شکل، باید سمت راست سیملوله، پس از عبور جریان تبدیل به قطب S یک آهنربا شود. به این ترتیب اگر جریان عبوری از حلقه‌های روی سیملوله روبه بالا باشند، سمت راست سیملوله قطب S و سمت چپ آن قطب N خواهد شد و جذب صورت می‌گیرد؛ بنابراین باتری A باید در مدار قرار گیرد.

۱۴۲

با بسته شدن کلید، جریان الکتریکی از سر پایینی باتری در مدار جاری می‌شود.



پایین سیملوله به قطب N و بالای آن به قطب S تبدیل می‌شود؛ به این ترتیب آهنربای آویخته شده جذب سیملوله می‌شود، یعنی قطب N آن به پایین منحرف می‌شود.

۱۴۳ الف) ن (ب) د (پ) ن (ت) ن (ث) د

۱۴۴

یک سیملوله را از یک صفحه مقوایی یا پلاستیکی عبور می‌دهیم و هنگامی که از سیملوله جریان الکتریکی می‌گذرد، بر روی مقوا براده آهن می‌پاشیم و به آهستگی به مقوا ضربه می‌زنیم، طرحی از خط‌های میدان مغناطیسی حاصل از جریان در سیملوله روی مقوا تشکیل می‌شود.

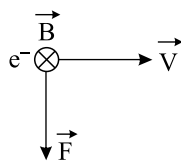
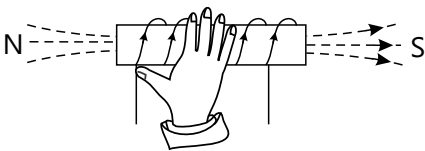
۱۴۵

الف) اگر یک میله آهنی را درون یک سیملوله حامل جریان قرار دهیم میدان مغناطیسی درون سیملوله، باعث القای خاصیت مغناطیسی در میله آهنی می‌شود و آن را تبدیل به آهنربا می‌کند. به چنین آهنربایی، آهنربای الکتریکی گویند.

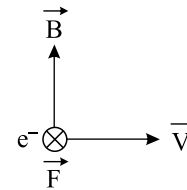
ب) ۱- فرومغناطیس ۲- آهن

۱۴۶

۲K. زیرا در این حالت جهت جریان در حلقه‌های سیملوله به سمت بالا خواهد بود. طبق قانون دست راست جهت میدان مغناطیسی مشخص می‌شود.



۲- نیرو در راستای قائم رو به پایین



۱۴۷ الف) ۱- نیرو درون سو

ب) نقطه A (چپ) نقطه B (راست) نقطه C (پایین)

۱۴۸

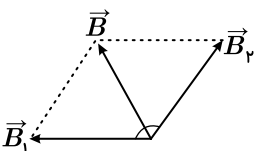
الف

$$N = 100, l = 1 \text{ cm} = 1 \times 10^{-2} \text{ m}, I_1 = 0.2 \text{ A}$$

$$B = \frac{\mu_0 N I}{l}$$

$$\Rightarrow B_1 = \frac{(4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}) \times 100 \times (0.2 \text{ A})}{(1 \times 10^{-2} \text{ m})} = 3 \times 10^{-3} T$$

ب) چهار انگشت دست راست را در جهت جریان روی سیملوله می‌گذاریم. انگشت شست نشان دهنده جهت میدان مغناطیسی داخل سیملوله است.



میدان سیملوله (B_1) به سمت چپ است. میدان سیم حامل جریان در نقطه A را نیز با قاعده دست راست تعیین می‌کنیم. این میدان (B_2) درون سو است.

دو میدان برهم عمودند؛ بنابراین برای به دست آوردن برآیند آنها از قضیه فیثاغورس استفاده می‌کنیم:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2} = \sqrt{(3 \times 10^{-4} T)^2 + (4 \times 10^{-4} T)^2} = 5 \times 10^{-4} T$$

۱۴۹

الف نادرست

ب نادرست

۱۵۰

الف داخل

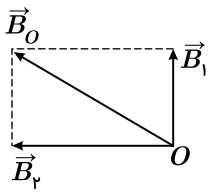
ب بیشتر

۱۵۱ الف عکس

ب) سیملوله

پ) طول سیملوله

۱۵۲ الف) بنابر قاعده دست راست، میدان $\vec{B}_1$ به سمت بالا و میدان $\vec{B}_2$ به سمت چپ است.



$$\vec{B}_0 = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 = (-8 \times 10^{-5})\vec{i} + (6 \times 10^{-5})\vec{j}$$

ب)

$$|\vec{B}_0| = \sqrt{(-8 \times 10^{-5} T)^2 + (6 \times 10^{-5} T)^2} = 10 \times 10^{-5} T = 10^{-4} T$$

۱۵۳ الف) با افزایش جریان تعداد گیره‌های فلزی که جذب آهنربای الکتریکی می‌شوند، افزایش می‌یابد.

ب) اگر تعداد دورهای سیم دو برابر شود، تعداد گیره‌های جذب‌شده نیز تقریباً دو برابر می‌شود.

۱۵۴ سیم بلند، حلقه دایره‌ای و سیملوله را از ورق مقوایی عبور داده و دو سر هر یک از سیم‌ها را به باتری وصل می‌کنیم و مدار ساده‌ای تشکیل می‌دهیم. پس از وصل کردن کلید مدار، براده‌های آهن را بر روی ورق مقوایی می‌پاشیم، ذرات براده آهن در هر مورد در راستای خطوط میدان مغناطیسی قرار می‌گیرند.

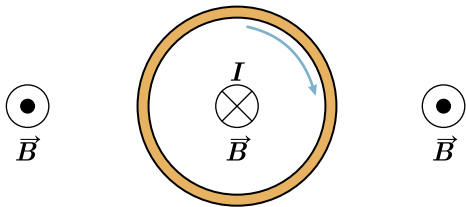
۱۵۵

$$I = 1.2 A, B = 270 G = 270 \times 10^{-4} T, l = 0.4 m, \mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}, N = ?$$

$$B = \frac{\mu_0 N I}{l} \Rightarrow N = \frac{B l}{\mu_0 I} = \frac{270 \times 10^{-4} \times 0.4}{4\pi \times 10^{-7} \times 1.2} \approx 7.2 \times 10^3 = 7200 \text{ دور}$$

۱۵۶

با توجه به قاعده دست راست جهت جریان ساعتگرد است.



۱۵۷ برای خاصیت آهنربایی هر ماده فرومغناطیسی مقدار اشباع یا بیشینه‌ای وجود دارد که زمانی رخ می‌دهد که ماده فرومغناطیسی در یک میدان مغناطیسی خارجی بسیار قوی قرار گیرد طوری که حجم حوزه‌هایی که با میدان مغناطیسی خارجی همسو هستند به بیشترین مقدار خود برسد.

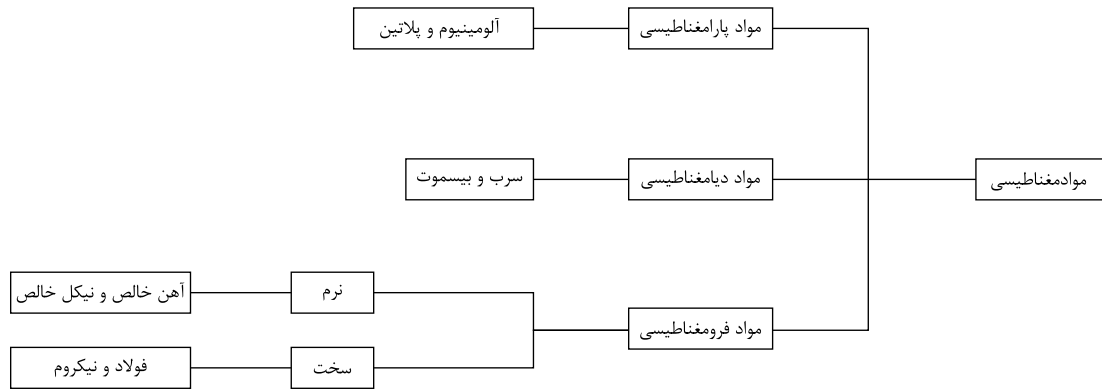
۱۵۸ چون در مولکول‌های هوا، اکسیژن که یک ماده پارامغناطیس است، وجود دارد. پس تحت تأثیر میدان مغناطیسی آهنربا، خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کنند و با حرکت آهنربا، حباب هوا و در نتیجه الکل درون لوله حرکت می‌کنند.

۱۵۹

الف نرم

ب جریان الکتریکی

۱۶۰



۱۶۱ الف) مواد فرومغناطیسی دو دسته هستند: ۱- مواد فرومغناطیسی نرم مانند آهن و نیکل و کبالت خالص که در میدان خارجی به راحتی آهنربا شده و با خروج از میدان خارجی به سرعت خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند.

۲- مواد فرومغناطیسی سخت مانند فولاد و نیکروم (آلیاژ نیکل - کروم) که در میدان خارجی به سختی آهنربا می‌شوند ولی خاصیت خود را هم به سختی از دست می‌دهند.

ب) ناحیه‌هایی از مواد فرومغناطیسی هستند که برهم‌کنش‌های قوی بین دوقطبی‌های مغناطیسی در این مواد سبب شده است حتی در نبود میدان خارجی، دوقطبی‌های مغناطیسی در این ناحیه‌ها همسو شوند.

۱۶۲ موادی که اتم‌های آنها به‌طور ذاتی دارای خاصیت مغناطیسی نیستند ولی با قرارگیری در میدان مغناطیسی خارجی خاصیت مغناطیسی در خلاف جهت میدان خارجی در دوقطبی‌های آنها القا می‌شود و به این ترتیب مواد دیامغناطیسی از میدان مغناطیسی خارجی می‌گریزند. نقره، مس، سرب و بیسموت از این دسته‌اند.

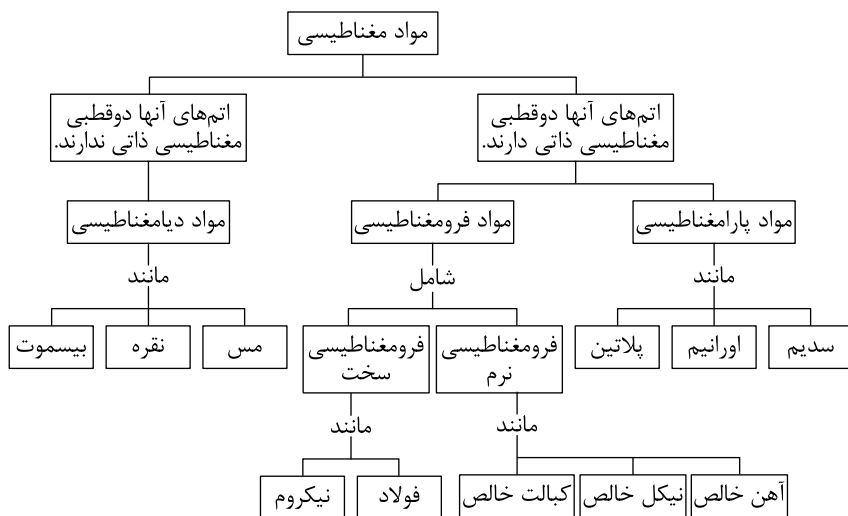
۱۶۳ در این مواد، اتم‌ها خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی‌های مغناطیسی در این مواد به‌صورت کاتوره‌ای و کاملاً نامنظم در کل ماده پخش شده‌اند و هیچ حوزه مغناطیسی مشاهده نمی‌شود. بنابراین این مواد در حضور میدان خارجی قوی خاصیت آهنربایی پیدا کرده و با حذف میدان خارجی، خاصیت خود را از دست می‌دهند.

اورانیوم، پلاتین، آلومینیم و سدیم از این دسته هستند.

۱۶۴ الف) از مواد فرومغناطیسی سخت مانند فولاد یا آلیاژهای نیکل و کروم استفاده می‌شود چون پس از تبدیل شدن به آهنربا، به سختی خاصیت خود را از دست می‌دهند و حوزه‌های آنها، خارج از میدان بیرون به آسانی تغییر جهت نمی‌دهند.

ب) باید از نوع مواد فرومغناطیسی نرم باشد مانند آهن خالص چرا که این نوع مواد با برقراری جریان و قرارگیری درون میدان مغناطیسی به سرعت تبدیل به آهنربای قوی شده و با قطع جریان فوراً خاصیت خود را از دست می‌دهند.

۱۶۵



۱۶۶ این ماده از نوع فرومغناطیسی نرم است (مانند آهن و نیکل و کبالت خالص)؛ زیرا پس از خارج کردن آن از میدان خارجی، حوزه‌های مغناطیسی درون ماده به حالت نامنظم بازگشته‌اند، در حالی که با وجود میدان خارجی، این حوزه‌ها در جهت میدان مغناطیسی خارجی مرتب شده بودند.

پ) پارامغناطیس

ب) فرومغناطیس سخت

۱۶۷ الف) فرومغناطیس نرم

۱۶۸ الف) پارامغناطیس ب) فرومغناطیس سخت پ) فرومغناطیس نرم

۱۶۹ الف) تیغه آهنی براده‌های بیشتری جذب می‌کند.

ب) تمام براده‌های چسبیده به تیغه آهنی فرو می‌ریزند ولی براده‌های چسبیده به تیغه فولادی به‌طور کامل فرو نمی‌ریزند. (یا تمام براده‌های چسبیده به تیغه آهنی زودتر از براده‌های چسبیده به تیغه فولادی فرو می‌ریزند)، زیرا تیغه آهنی از جنس فرومغناطیس نرم است و زودتر از فولاد، خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهد.

۱۷۰

آهن‌رباهای الکتریکی (غیر دائم) $B =$ سخت $A =$

۱۷۱ الف) ربایش سوزن فولادی توسط آهن‌ربا ب) پلاتین ج) چرخش الکترون به دور هسته و خودش

د) نیروی ربایشی ه) خط‌های راست و موازی و هم‌فاصله

۱۷۲

الف) نرم

ب) سخت

۱۷۳

الف) پارامغناطیسی

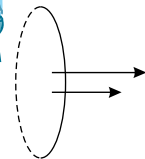
ب) فرومغناطیسی نرم

۱۷۴ الف) وقتی جریان در سیم‌لوله برقرار می‌شود، میدان مغناطیسی سیم‌لوله خاصیت مغناطیسی را در میله‌ها القا کرده و میله‌ها آهنربا می‌شوند. چون در دو سر ابتدایی و انتهایی میله‌ها قطب‌های همنام ایجاد می‌شود، میله‌ها از هم دور می‌شوند.

ب) چون میله‌ها تحت تأثیر یک میدان مغناطیسی خارجی به سادگی آهنربا شده، و با حذف میدان خارجی به آسانی خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهند، فرومغناطیس نرم هستند.

۱۷۵

توجه کنید که تعداد دور سیم‌پیچ در شار عبوری از آن بی‌تأثیر است.



$$\Phi = BA \cos \theta = 5 \times 10^{-2} \times \pi (0.1)^2 \times (1) = 5\pi \times 10^{-4}$$

شار عبوری از هر حلقه

۱۷۶ می‌دانیم که شار مغناطیسی گذرنده از یک سطح، از رابطه $\Phi = BA \cos \theta$ محاسبه می‌شود که در آن زاویه θ بین نیم‌خط عمود بر سطح و بردار میدان مغناطیسی است. بنابراین با توجه به جهت بردار میدان مغناطیسی داده‌شده، شار مغناطیسی عبوری از هر سطح را محاسبه کرده و با یکدیگر مقایسه می‌کنیم.

(میدان مغناطیسی در صفحه xy است و بردار عمود بر سطح (۱) در امتداد محور z است)

$$\Phi_1 = BA_1 \cos \theta_1 \xrightarrow{\theta=90^\circ} \Phi_1 = 0$$

$$\Phi_2 = BA_2 \cos \theta_2 \xrightarrow[\theta_2=0, A_2=200 \text{ cm}^2]{B=B_x=10 \text{ T}} \Phi_2 = 10 \times 200 \times 10^{-4} \times (1) = 0.2 \text{ Wb}$$

$$\Phi_3 = BA_3 \cos \theta_3 \xrightarrow[\theta_3=0, A_3=400 \text{ cm}^2]{B=B_y=20 \text{ T}} \Phi_3 = 20 \times 400 \times 10^{-4} \times (1) = 0.8 \text{ Wb}$$

با مقایسه مقادیر به‌دست‌آمده، $\Phi_3 > \Phi_2$ است

۱۷۷

چون در حالت دوم زاویه حلقه با خطوط میدان کمتر شده، پس زاویه حلقه با خط عمود بر میدان (θ) بیشتر می‌شود. با توجه به اینکه شار بیشینه از رابطه $\Phi_{max} = AB$ به دست می‌آید، داریم:

$$\begin{aligned} \text{حالت اول: } \Phi_1 &= \frac{1}{2} \Phi_{max} \Rightarrow BA \cos \theta = \frac{1}{2} BA \Rightarrow \cos \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 60^\circ \\ \text{حالت دوم: } \Phi_2 &= AB \cos 75^\circ = AB \cos \left(\frac{\pi}{4} - 15^\circ \right) = AB \sin 15^\circ = 0.2 \times AB \\ \frac{\Phi_2}{\Phi_1} &= \frac{0.2 AB}{\frac{1}{2} AB} = 0.4 \rightarrow \frac{\Delta \Phi}{\Phi} \times 100 = \frac{0.4 \Phi_1 - \Phi_1}{\Phi_1} \times 100 = -60\% \end{aligned}$$

یعنی شار عبوری ۶۰ درصد کاهش می‌یابد.

۱۷۸ در لحظه $t = 0$ زاویه بین میدان و نیم‌خط عمود بر حلقه (θ) برابر صفر است.

در مدت $2s$ حلقه ۶۰ درجه می‌چرخد و این زاویه به ۶۰ درجه می‌رسد. بنابراین در لحظه $t = 2s$ شار مغناطیسی برابر است با:

$$\Phi = AB \cos \theta \xrightarrow[\theta=60^\circ]{\Phi_{max}=AB=\Delta Wb} \theta = 5 \times 1,2 = 2,5 Wb$$

۱۷۹ خیر. برای ایجاد جریان القایی شار عبوری از حلقه باید تغییر کند به دلیل آنکه شار عبوری از حلقه دچار تغییر نمی‌شود می‌توان نتیجه گرفت که جریان القایی در حلقه به وجود نمی‌آید.

۱۸۰

الف حرکت آهن‌ربا باعث تغییر میدان مغناطیسی اطراف پیچه می‌شود و می‌دانیم که این تغییر، یکی از عوامل ایجاد جریان القایی است.

ب این آزمایش نشان می‌دهد که با تغییر میدان مغناطیسی در اطراف پیچه (یا سیم‌لوله) جریان القایی در آن پیچه ایجاد می‌شود.

۱ تغییر مساحت پیچه

۲ چرخاندن پیچه یا آهن‌ربا

۱۸۱

الف

$$A = (40 \text{ cm}) \times (50 \text{ cm}) = 2000 \text{ cm}^2 = 2000 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 0,2 \text{ m}^2$$

$$\Phi = BA \cos 53^\circ \Rightarrow \Phi = (250 \times 10^{-4} \text{ T}) \times (0,2 \text{ m}^2) \times 0,6 = 30 \times 10^{-4} \text{ Wb} = 3 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

ب

$$\Delta \Phi = BA(\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \Rightarrow \Delta \Phi = BA(\cos 37^\circ - \cos 53^\circ)$$

$$\Rightarrow \Delta \Phi = (250 \times 10^{-4} \text{ T}) \times (0,2 \text{ m}^2) \times (0,8 - 0,6) = 10^{-3} \text{ Wb}$$

حواسمان باشد در اینجا باید تغییرات $\cos \theta$ را در نظر بگیریم؛ نه تغییرات θ را:

$$\cos \theta \text{ تغییرات: } \Delta(\cos \theta) = \cos \theta_2 - \cos \theta_1 \neq \cos \Delta \theta$$

۱۸۲

الف

$$\theta = 0 \Rightarrow \cos \theta = 1$$

$$\Phi_1 = BA_1 \cos \theta \Rightarrow \Phi_1 = (150 \times 10^{-4} \text{ T}) \times (40 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \times 1 = 6 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

ب

$$\Phi_2 = BA_2 \cos \theta \Rightarrow \Phi_2 = (150 \times 10^{-4} \text{ T}) \times (20 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \times 1 = 3 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

۱۸۳

الف

بزرگی بردار میدان مغناطیسی در مکان حلقه به صورت زیر محاسبه می‌شود:

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

ب

چون حلقه موازی محور x و عمود بر محور y است، تنها مؤلفه‌ای از میدان که در جهت y (عمود بر صفحه) است، شار مغناطیسی ایجاد می‌کند؛ بنابراین:

$$\Phi = BA \cos \theta$$

$$\xrightarrow[\theta=0^\circ \Rightarrow \cos 0^\circ=1]{\theta=0^\circ} \Phi = BA = (0,4 \text{ T}) \times (300 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = 120 \times 10^{-4} \text{ Wb} = 1,2 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

۱۸۴

الف از چهار وجه $ADHE$ ، $BCGF$ ، $ABCD$ و $EFGH$ شاری عبور نمی‌کند؛ زیرا، این وجوه در راستای خطوط میدان هستند و بردار عمود بر آنها با

خطوط میدان زاویه 90° درجه می‌سازد.

$$\Phi = BA \cos 90^\circ \xrightarrow{\cos 90^\circ=0} \Phi = 0$$

بردار عمود بر هر سطح را به سمت بیرون مکعب در نظر می‌گیریم:

$$A = (2cm) \times (2cm) = 4cm^2 = 4 \times 10^{-4}m^2$$

$$\Phi_{ABFE} = BA \cos 180^\circ = (0.1T) \times (4 \times 10^{-4}m^2) \times (-1) = -4 \times 10^{-5}Wb$$

$$\Phi_{CDHG} = BA \cos 0^\circ = (0.1T) \times (4 \times 10^{-4}m^2) \times 1 = 4 \times 10^{-5}Wb$$

ب) شار کل گذرنده از مکعب برابر صفر است.

$$\Phi_{ABFE} + \Phi_{CDHG} = 0$$

۱۸۵) وقتی آهن‌ربا نزدیک پیچه است، شار مغناطیسی از پیچه می‌گذرد؛ اما، چون پیچه و آهن‌ربا نسبت به هم تغییری نمی‌کنند. جریان القایی در پیچه به وجود نمی‌آید. شرط ایجاد جریان القایی، تغییر شار مغناطیسی است.

۱۸۶) گام اول: میدان مغناطیسی داخل سیم‌لوله را (که شار مغناطیسی را ایجاد می‌کند) به دست می‌آوریم:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell}$$

$$\frac{NI}{\ell} = 1000 \rightarrow B = (12 \times 10^{-3} \frac{T \cdot m}{A}) \times (1000 \frac{1}{m}) \times (2A) = 2.4 \times 10^{-3}T$$

گام دوم: وقتی سیم ۴۰ سانتی‌متری را به شکل مربع درمی‌آوریم، طول هر ضلع آن ۱۰ cm می‌شود. مساحت مربع برابر است با:

$$A = (10cm) \times (10cm) = 100cm^2 = 100 \times 10^{-4}m^2 = 10^{-2}m^2$$

گام سوم: محاسبه شار:

$$\Phi = BA \cos 0^\circ \Rightarrow \Phi = (2.4 \times 10^{-3}T) \times (10^{-2}m^2) \times 1 = 2.4 \times 10^{-5}Wb$$

۱۸۷) گام اول: محاسبه θ : خطوط میدان مغناطیسی در راستای محور x هستند.

$$\theta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ : \text{زاویه بین خطوط میدان و خط عمود بر سطح} \Rightarrow \alpha = 30^\circ : \text{زاویه بین خطوط میدان و سطح قاب}$$

گام دوم: محاسبه A :

$$A = 15cm \times 30cm = 450cm^2 = 450 \times 10^{-4}m^2 = 4.5 \times 10^{-2}m^2$$

گام سوم: محاسبه Φ :

$$\Phi = BA \cos \theta = (0.4T) \times (4.5 \times 10^{-2}m^2) \times \cos 60^\circ \xrightarrow{\cos 60^\circ = \frac{1}{2}} \Phi = 9 \times 10^{-3}Wb$$

۱۸۸) شار بیشینه هنگامی از حلقه عبور می‌کند که زاویه بین خط عمود بر حلقه و خطوط میدان صفر درجه باشد؛ یعنی:

$$\theta = 0^\circ \Rightarrow \cos \theta = 1$$

$$\Phi = BA \cos \theta \Rightarrow \Phi_{max} = BA$$

برای اینکه شار مغناطیسی نصف مقدار بیشینه شود، باید داشته باشیم:

$$\Phi = BA \left(\frac{1}{2}\right) \Rightarrow \cos \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 60^\circ$$

۱۸۹)

$$\Phi = BA \cos \theta$$

$$\Rightarrow 6.28 \times 10^{-4}Wb = (0.4T) \times (314 \times 10^{-4}m^2) \times \cos \theta \Rightarrow \cos \theta = \frac{6.28 \times 10^{-4}}{0.4 \times 314 \times 10^{-4}}$$

$$\Rightarrow \cos \theta = \frac{\cancel{6.28} \times \cancel{10^{-4}}}{4 \times \cancel{314}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 60^\circ$$

۱۹۰) شار مغناطیسی گذرنده از سیم‌لوله همیشه به خاطر وجود میدان مغناطیسی خارجی نیست. میدان مغناطیسی خود سیم‌لوله نیز، در آن شار ایجاد می‌کند؛ بنابراین، ابتدا باید میدان مغناطیسی داخل سیم‌لوله را حساب کنیم و سپس با استفاده از آن، شار را به دست آوریم.

گام اول: محاسبه میدان مغناطیسی داخل سیم‌لوله:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{\ell} \Rightarrow B = (4\pi \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}) \times \left(\frac{200}{20 \times 10^{-2}m}\right) \times (5A) = 20\pi \times 10^{-4}T = 20 \times 3 \times 10^{-4}T = 6 \times 10^{-3}T$$

محاسبه شار: خطوط میدان سیملوله بر سطح مقطع آن عمود است؛ بنابراین، $\theta = 0$ و داریم:

$$\Phi = BA \cos \theta \xrightarrow{\theta=0 \Rightarrow \cos 0=1} \Phi = (6 \times 10^{-3} T) \times (15 \times 10^{-4} m^2) \times 1 = 90 \times 10^{-7} Wb = 9 \times 10^{-6} Wb$$

(۱) دور یا نزدیک کردن آهنربا؛ تغییر فاصله بین پیچه و آهنربا باعث تغییر میدان مغناطیسی و ایجاد جریان القایی می‌شود.

(۲) سیم‌های پیچه انعطاف پذیر است؛ پس، می‌توانیم با کشیدن یا جمع کردن، مساحت پیچه را تغییر دهیم. این تغییر مساحت هم جریان القایی ایجاد می‌کند.

(الف) ۱۹۲

$$A_1 = 25 cm^2 = 25 \times 10^{-4} m^2, B = 0.3 T = 3 \times 10^{-2} T, \theta = 0^\circ, \Phi = ?$$

$$\Phi_1 = BA_1 \cos \theta = 25 \times 10^{-4} \times 3 \times 10^{-2} \times \cos 0^\circ = 75 \times 10^{-6} Wb$$

(ب)

$$A_2 = 10 cm^2 = 10 \times 10^{-4} m^2, B = 3 \times 10^{-2} T, \theta = 0^\circ, \Phi = ?$$

$$\Phi_2 = BA_2 \cos \theta = 10 \times 10^{-4} \times 3 \times 10^{-2} \times \cos 0^\circ = 30 \times 10^{-6} Wb$$

(پ)

$$\Delta \Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = 30 \times 10^{-6} - 75 \times 10^{-6} = -45 \times 10^{-6} Wb$$

$$\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{-45 \times 10^{-6}}{0.2} = -2.25 \times 10^{-4} \frac{Wb}{s}$$

(الف) ۱۹۳ با وارد کردن آهنربا به سیملوله، عقربه گالوانومتر به یک سمت منحرف می‌شود.

(ب) با خارج کردن آهنربا از سیملوله، عقربه گالوانومتر در جهت مخالف حالت قبل منحرف می‌شود.

(ج) با داخل یا خارج کردن قطب دیگر آهنربا به سیملوله، عقربه گالوانومتر مانند حالت‌های قبل حرکت می‌کند و عبور جریان را نشان می‌دهد.

(د) اگر سیملوله یا پیچه را از آهنربا دور یا به آن نزدیک کنیم، نتیجه آزمایش تغییری نکرده و دوباره انحراف عقربه گالوانومتر مشاهده می‌شود.

(الف) ۱۹۴ گام اول: از روی نمودار می‌توانیم T را حساب کنیم. فاصله دو صفر متوالی روی نمودار، $0.2s$ است؛ بنابراین:

$$\frac{T}{2} = 0.2s \Rightarrow T = 0.4s$$

گام دوم: معادله نیروی محرکه القایی را به دست می‌آوریم:

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

$$\varepsilon_m = NAB \left(\frac{2\pi}{T} \right) \xrightarrow{\Phi_m = AB} \varepsilon_m = N \Phi_m \left(\frac{2\pi}{T} \right)$$

Φ_m را از روی نمودار می‌خوانیم.

$$\Phi_m = 4 \times 10^{-3} Wb \Rightarrow \Phi_m = 200 \times 4 \times 10^{-3} \times \left(\frac{2\pi}{0.4} \right) = 40\pi \Rightarrow \varepsilon = 40\pi \sin \frac{2\pi}{0.4} t \Rightarrow \varepsilon = 40\pi \sin 5\pi t$$

گام سوم: زمان $t = \frac{1}{10} s$ را در رابطه بالا قرار می‌دهیم تا نیروی محرکه القایی در آن لحظه به دست آید:

$$\varepsilon = 40\pi \sin \left(5\pi \times \frac{1}{10} \right) = 40\pi \sin 5\pi = 0$$

گام چهارم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{0}{2\pi} = 0$$

(الف) هنگامی که باد می‌وزد و کاسه‌های پلاستیکی می‌چرخند، یک آهنربا در مجاورت یک سیملوله که روی هسته آهنی پیچیده شده است شروع به

چرخش می‌کند و شار مغناطیسی عبورکننده از این سیملوله با زمان تغییر می‌کند و طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده یعنی $\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ در سیم پیچ

نیروی محرکه القا می‌شود و عقربه ولت‌سنج منحرف می‌شود.

(ب) بله. با افزایش تندی باد، سرعت چرخش آهنربا و در نتیجه $\frac{\Delta \phi}{\Delta t}$ افزایش می‌یابد، پس $\bar{\varepsilon}$ زیاد شده و عقربه بیشتر منحرف می‌شود.

(پ) برای بهبود کارایی و دقت دستگاه می‌توان: (۱) تعداد دورهای سیم پیچ را افزایش داد تا $\bar{\varepsilon}$ بزرگ‌تر شود، (۲) می‌توان به جای یک آهنربا از دو آهنربای عمود بر

هم و یا از یک آهنربای قوی‌تر استفاده کرد.

۱۹۶

$$I = \left| -\frac{N}{R} \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| \rightarrow I = \left| -\frac{NA}{R} \frac{\Delta B}{\Delta t} \right|$$

$$2 \times 10^{-3} \times 50 = 100 \times 25 \times 10^{-4} \times \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = 0.4 \frac{T}{s}$$

۱۹۷ الف) ۵ (ب) ۲ (پ) ۳ (ت) ۴

۱۹۸ الف) القای الکتریکی

(ب) القای الکترومغناطیسی

(پ) مقاومت نوری

(ت) القای مغناطیسی

۱۹۹

$$\varphi_1 = AB \cos 0^\circ = 40 \times 10^{-4} \times 0.2 = 8 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$\varphi_2 = AB \cos 180^\circ = 40 \times 10^{-4} \times 0.2 \times (-1) = -8 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$\Delta\varphi = -16 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

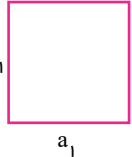
$$|\bar{\varepsilon}| = \left| \frac{-N\Delta\varphi}{\Delta t} \right| = \frac{16 \times 10^{-5}}{5 \times 10^{-3}} = 3.2 \times 10^{-2} \text{ V}$$

۲۰۰

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \rightarrow |\bar{\varepsilon}| = \left| -NA \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| \rightarrow 12 = N \times 20 \times 10^{-4} \times 1 \times \left(\frac{0.4 - 0.2}{20 \times 10^{-3}} \right) \Rightarrow N = 200$$

۲۰۱

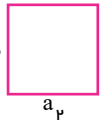
ابتدا طول ضلع مربع اولیه بزرگ و مربع های کوچک را به دست می آوریم:



$$\ell = 4a_1 \Rightarrow a_1 = \frac{\ell}{4} \Rightarrow A_1 = a_1^2 = \frac{\ell^2}{16}$$

$$\frac{\ell}{n} = 4a_2 \Rightarrow a_2 = \frac{\ell}{4n} \Rightarrow A_2 = a_2^2 = \frac{\ell^2}{16n^2}$$

حال با استفاده از رابطه شار مغناطیسی داریم:



$$\frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{nBA_2 \cos 0^\circ}{BA_1 \cos 0^\circ} = \frac{nA_2}{A_1} = \frac{\frac{n\ell^2}{16n^2}}{\frac{\ell^2}{16}} = \frac{1}{n}$$

۲۰۲ با توجه به اینکه خط عمود بر صفحه در راستای محور y ها قرار دارد، بنابراین تنها مؤلفه B_y می تواند شار در حلقه ایجاد کند و شار B_x به علت عمود بودن بر خط عمود بر سطح حلقه ($\theta = 90^\circ \Leftarrow \cos \theta = 0$) صفر خواهد بود.

$$\Phi_{B_x} = AB_x \cos 90^\circ = 0$$

$$\Phi_{B_y} = AB_y \cos 0 = \pi r^2 \times B_y = 3 \times 1 \times 10^{-4} \times 4 = 12 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

۲۰۳ نیم خط عمود بر حلقه ابتدا زاویه $\theta_1 = 0^\circ$ با $\vec{B}$ می سازد، ولی پس از دوران 180° ، زاویه $\theta_2 = 180^\circ$ خواهد ساخت:

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

$$\Rightarrow \Delta\Phi = 3 \times 20 \times 10^{-4} (\cos 180^\circ - \cos 0^\circ)$$

$$= 6 \times 10^{-3} (-1 - 1) = -12 \times 10^{-3}$$

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

۲۰۴ ابتدا شعاع دایره و سپس محیط دایره را به دست می‌آوریم که همان طول سیم سازنده پیچه است.

$$\pi r^2 = 64\pi \Rightarrow r = 8$$

$$\text{محیط دایره} : 2\pi r = 16\pi$$

محیط دایره و مربع با هم برابر هستند. در نتیجه ضلع و مساحت مربع را محاسبه می‌کنیم. (ضلع مربع را a در نظر می‌گیریم):

$$\text{محیط دایره} = \text{محیط مربع} \Rightarrow 16\pi = 4a \Rightarrow a = 4\pi$$

$$a^2 = 16\pi^2 : \text{مساحت مربع}$$

حال رابطه شار را به صورت مقایسه‌ای می‌نویسیم ($\Phi = AB \cos \theta$):

$$\frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{A_2}{A_1} \Rightarrow \frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{16\pi^2}{64\pi} \Rightarrow \Phi_2 = \frac{\pi}{4} \Phi \Rightarrow \frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{\pi}{4}$$

۲۰۵ چون سطح حلقه بر محور y عمود است، تنها خط‌های میدان که در جهت $\vec{j}$ هستند از داخل حلقه عبور می‌کنند.

$$\Phi = B_y A = 2 \times \pi \times 1^2 = 2\pi \text{ Wb}$$

۲۰۶ جریان ایجادشده در مدار برابر است با:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{20}{9 + 1} = 2 \text{ A}$$

بزرگی میدان مغناطیسی ایجادشده در سیملوله برابر است با:

$$B = \mu_0 \frac{N}{\ell} I = 12 \times 10^{-7} \times \frac{2000}{1} \times 2 = 48 \times 10^{-4} \text{ T}$$

میدان ایجادشده در سیملوله بر سطح حلقه‌های آن عمود است، پس شار عبوری از هر حلقه برابر است با:

$$\Phi = BA \cos 0 = 48 \times 10^{-4} \times 10 \times 10^{-4} \times 1 = 4.8 \times 10^{-6} \text{ Wb} = 4.8 \mu\text{Wb}$$

۲۰۷ وقتی سیم را به شکل تعدادی حلقه مربعی شکل در می‌آوریم، محیط هر حلقه برابر $4a$ می‌شود و اگر تعداد حلقه‌ها را در محیط یک حلقه ضرب کنیم باید

برابر با طول سیم شود. بنابراین تعداد حلقه‌ها برابر است با:

$$N = \frac{\text{طول سیم}}{\text{محیط یک حلقه}}$$

$$\Rightarrow \frac{60}{4a} = 150$$

$$\Rightarrow a = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm} \quad (a \text{ ضلع حلقه است})$$

از طرفی در رابطه $\Phi = AB \cos \theta$ ، θ زاویه بین میدان و خط عمود بر حلقه است. داریم:

$$\text{حلقه‌ها} \quad A = a^2 = 10^{-2} \text{ m}^2 \quad \Phi = BA \cos \theta$$

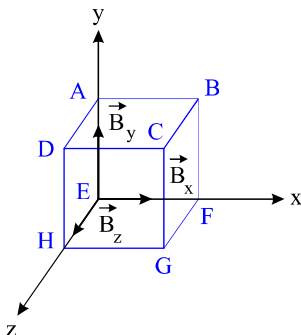
$$\theta = 90^\circ - (\text{زاویه بین میدان و سطح حلقه}) = 90^\circ - 53^\circ = 37^\circ \rightarrow \Phi = 0.4 \times 10^{-2} \times \cos 37^\circ = 3.2 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

۲۰۸

وقتی حلقه عمود بر محور y قرار داشته باشد، مطابق شکل فقط مؤلفه قائم میدان مغناطیسی از آن عبور می‌کند و باعث ایجاد شار می‌شود.

$$\phi = BA \cos \theta \Rightarrow \phi = (1000)(10^{-4})(50 \times 10^{-4}) = 5 \times 10^{-4} \text{ Wb} \Rightarrow \phi = 500 \mu\text{Wb}$$

۲۰۹ در شکل زیر مؤلفه‌های میدان مغناطیسی مشخص شده‌اند. به شکل زیر دقت کنید:



همان‌طور که در شکل بالا می‌بینید مؤلفه‌های $\vec{B}_x$ و $\vec{B}_z$ موازی سطح $ABCD$ هستند و از این سطح عبور نمی‌کنند و فقط $\vec{B}_y$ از این سطح عبور می‌کند. بنابراین

داریم:

$$\Phi_{ABCD} = B_y A = 4A$$

همین طور که اگر به سطح $CBFG$ دقت کنید، متوجه می شوید که فقط مؤلفه $\vec{B}_x$ از این سطح عبور می کند و برای به دست آوردن شار مغناطیسی گذرنده از این سطح داریم:

$$\Phi_{CBFG} = B_x A = 6A$$

$$\frac{\Phi_{ABCD}}{\Phi_{CBFG}} = \frac{4A}{6A} = \frac{2}{3}$$

۲۱۰

دقت کنید: در هر حالت، باید زاویه خطهای میدان با خط عمود بر صفحه را در نظر بگیریم.

$$\theta_1 = 0^\circ, \theta_2 = 53^\circ$$

$$\Phi_1 = AB, \Phi_2 = AB \cos 53^\circ = 0.6AB$$

$$\frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{0.6AB}{AB} = 0.6$$

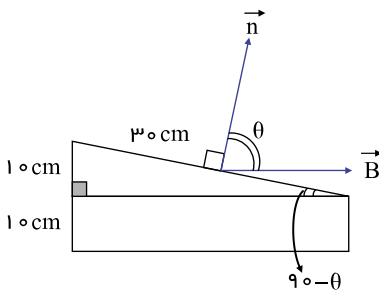
۲۱۱ شار عبوری از یک سطح از رابطه $\Phi = BA \cos \theta$ به دست می آید که θ زاویه نیم خط عمود بر سطح با میدان است در اینجا میدان در راستای محور x و میدان در راستای محور y را داریم $B_y = 3 \text{ mT}$, $B_x = 4 \text{ mT}$ چون سطح با محور x موازی است زاویه θ بین میدان B_x و نیم خط عمود بر سطح برابر 90° می شود و زاویه θ بین نیم خط عمود بر سطح با میدان B_y برابر صفر است و چون $\cos 90^\circ = 0$ و $\cos 0^\circ = 1$ یعنی شار عبوری از سطح فقط ناشی از میدان B_y می شود و داریم:

$$\Phi_x = B_x A \cos \theta_x = 40 \times 10^{-3} \times 40 \times 10 \times 0 = 0$$

$$\Phi_y = B_y A \cos \theta_y = 30 \times 10^{-3} \times 40 \times 10^{-2} \times 1 = 1.2 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

۲۱۲

روش اول: برای محاسبه شاری که از صفحه $ABCD$ می گذرد می توانیم از شکل زیر کمک بگیریم. حال باید کسینوس زاویه بین میدان مغناطیسی و بردار $\vec{n}$ که عمود بر صفحه مذکور است را بیابیم:



$$\cos \theta = \sin(90^\circ - \theta) = \frac{10}{30} = \frac{1}{3}$$

$$\sin(90^\circ - \theta) = \frac{10}{30} = \frac{1}{3} = \cos \theta$$

$$\Phi_{ABCD} = BA \cos \theta = 0.5(40 \times 30 \times 10^{-3}) \cos \theta = 2 \times 3 \times 10^{-2} \times \frac{1}{3} = 2 \times 10^{-2} \text{ Wb} = 20 \text{ mWb}$$

۲۱۳

می دانیم اگر از سیملوله جریان بگذرد میدان مغناطیسی در آن ایجاد می شود.

تغییر جریان در سیملوله موجب تغییر میدان مغناطیسی و تغییر شار می شود بنابراین:

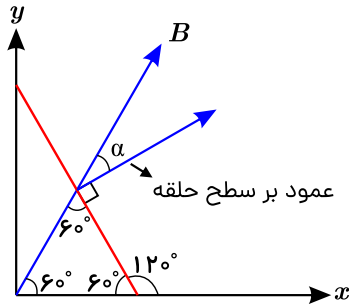
$$B = \mu_0 \left(\frac{N}{\ell} \right) I$$

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

$$\Delta\Phi = \Delta B \cdot A \cos\alpha \xrightarrow{\alpha=0} \Delta\Phi = \mu_0 \left(\frac{N}{\ell}\right)(I_2 - I_1) \times A = 4\pi \times 10^{-7} \times \left(\frac{100}{100 \times 10^{-2}}\right) \times \pi(5 \times 10^{-2})^2 \times 8$$

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

۲۱۴ می‌دانیم شار عبوری از حلقه $(\phi = BA \cos \alpha)$ است. ابتدا باید زاویه بین نیم خط عمود بر حلقه و میدان مغناطیسی را محاسبه کنیم. به همین منظور از دستگاه مختصات استفاده می‌کنیم.



$$\vec{B} = 3\vec{i} + 3\sqrt{3}\vec{j} \rightarrow \tan \theta = \sqrt{3} \Rightarrow \theta = 60^\circ$$

$$\rightarrow \alpha = 180 - 60 - 90 = 30^\circ$$

اندازه میدان مغناطیسی $|\vec{B}| = \sqrt{(3)^2 + (3\sqrt{3})^2} = 6 T$

$$\phi = BA \cos \alpha = 6 \times 2 \times \cos(30^\circ) = 6\sqrt{3} Wb$$

۲۱۵ الف) هرگاه شار مغناطیسی گذرنده از یک مدار بسته تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است.

ب) خیر، حرکت حلقه با تندی ثابت و یکنواخت بودن میدان مغناطیسی، نشان می‌دهد که شار مغناطیسی گذرنده از حلقه تغییر نمی‌کند. ثابت بودن شار مغناطیسی به معنای نبودن جریان القایی است.

۲۱۶ شیب نمودار شار - زمان (یعنی $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$)، متناسب با نیروی محرکه القایی است. اگر شیب خط واصل بین دو نقطه روی نمودار محاسبه شود و در $-N$ ضرب شود، نیروی محرکه القایی متوسط به دست آمده است.

۲۱۷ در ابتدا که سطح پیچه بر میدان مغناطیسی زمین عمود است زاویه بین بردار عمود بر سطح پیچه با خطوط میدان مغناطیسی صفر است ($\theta_1 = 0$) و در حالت دوم که سطح حلقه موازی با میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، $\theta_2 = 90$ خواهد شد. به این ترتیب داریم:

$$\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\epsilon} = -N \frac{BA(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \bar{\epsilon} = -1000 \times \frac{(0.5 \times 10^{-4})(30 \times 10^{-4})(0 - 1)}{0.02} \Rightarrow \bar{\epsilon} = 7.5 \times 10^5 \times 10^{-8} = 7.5 mV$$

۲۱۸ با استفاده از رابطه نیروی محرکه القایی فاراده داریم:

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

$$|\bar{\epsilon}| = \left| -N \frac{A \cos \alpha \Delta B}{\Delta t} \right|$$

$$|\bar{\epsilon}| = \left| -1000 \times \frac{(50 \times 10^{-4})(1)(-0.04 - 0.04)}{0.01} \right| \Rightarrow |\bar{\epsilon}| = 40 V$$

البته با دید دیگری می‌توان فرض کرد که میدان مغناطیسی ثابت است و زاویه θ از $\theta_1 = 0^\circ$ به $\theta_2 = 180^\circ$ تغییر می‌کند و مسئله را به صورت زیر حل کرد:

$$|\bar{\epsilon}| = \left| \frac{-NBA(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{\Delta t} \right| = \left| \frac{-1000 \times 0.04 \times 50 \times 10^{-4}(-1 - 1)}{0.01} \right| = 40 V$$

۲۱۹ طبق قانون القای الکترومغناطیسی فاراده ($\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$)، نیروی محرکه القایی، متناسب با تعداد دور سیم پیچ و نیز متناسب با آهنگ تغییرات شار و یا به عبارتی سرعت جلو و عقب رفتن آهنربا است.

در این شکل‌ها تعداد دورهای سیم‌بسته برابر است، ولی چون تندی حرکت آهنربا در شکل (ب) بیشتر است، $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ در حالت (ب) از $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ در حالت (الف) بیشتر است؛ پس $\bar{\epsilon}_{(ب)} > \bar{\epsilon}_{(الف)}$ می‌باشد.

۲۲۰ بر اساس قانون القای الکترومغناطیسی فاراده، یعنی رابطه $\bar{\epsilon} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ ، نیروی محرکه القایی هم به N (تعداد دورهای سیم پیچ) و هم به آهنگ تغییر

شار $(\frac{\Delta\phi}{\Delta t})$ یا به عبارتی سرعت جلو و عقب بردن آهنربا وابسته است.

در شکل (الف) تعداد دورهای سیملوله کمتر از شکل (ب) است و با وجود آنکه $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ و یا به عبارتی سرعت حرکت آهنربا یکسان است، $\bar{\varepsilon}_b < \bar{\varepsilon}_a$ است؛ چون $N_b < N_a$ است.

۲۲۱ ابتدا شار مغناطیسی در لحظات $t = 0$ ، $t = 2$ را به دست می‌آوریم و سپس به کمک قانون القای فاراده نیروی محرکه القایی را می‌یابیم:

$$t_1 = 0 \rightarrow \phi_1 = (0 + 0 + 3) \times 10^{-2} = 3 \times 10^{-2}$$

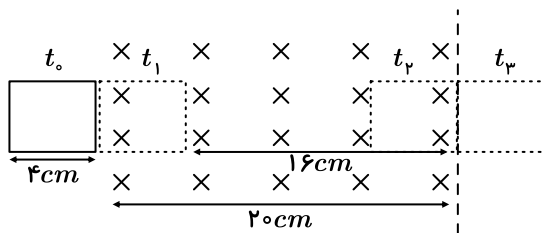
$$t_2 = 2 \rightarrow \phi_2 = (-1 + 4 + 3) \times 10^{-2} = -1 \times 10^{-2}$$

$$\bar{\varepsilon}_0 = \left| -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| = \left| - \frac{(-1) - (3)}{2 - 0} \times 10^{-2} \right| = 0.02V$$

۲۲۲

الف

نحوه ورود و خروج قاب مستطیلی به میدان مغناطیسی مطابق شکل زیر است. ابتدا زمان‌های مشخص شده در شکل را محاسبه می‌کنیم:

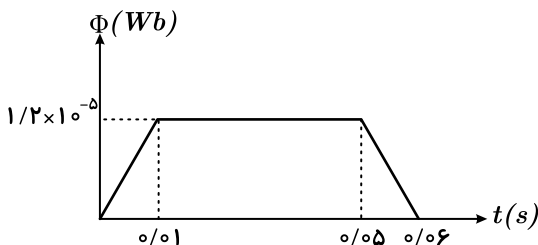


در این بازه زمانی، شار از صفر تا مقدار بیشینه زیاد می‌شود. $0.01s = \frac{4cm}{4 \frac{m}{s}} = \frac{x(\text{طول قاب})}{v(\text{تندی قاب})}$ (از t_0 تا t_1) ورود کامل قاب به میدان

شار ثابت و در بیشترین مقدار است. $0.04s = \frac{12cm}{4 \frac{m}{s}} = \frac{x(\text{طول باقی‌مانده از میدان})}{v(\text{تندی قاب})}$ (از t_1 تا t_2) حرکت قاب داخل میدان

شار از مقدار بیشینه تا صفر کاهش می‌یابد. $0.01s = \frac{4cm}{4 \frac{m}{s}} = \frac{x(\text{طول قاب})}{v(\text{تندی قاب})}$ (از t_2 تا t_3) خروج کامل قاب از میدان

$$\Phi_m = BA = 0.01T \times (4cm \times 3cm) = 0.01 \times 12 \times 10^{-4} Wb = 1.2 \times 10^{-5} Wb$$

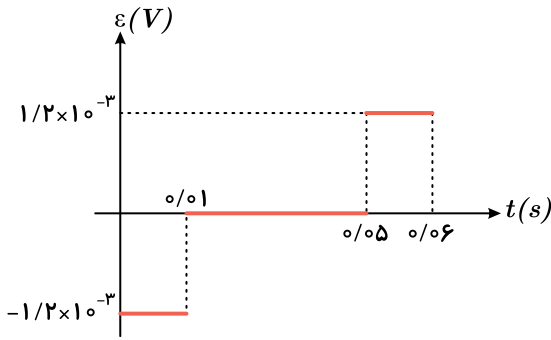


ب

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon}_{(t_1 \text{ تا } t_0)} = \frac{-(1.2 \times 10^{-5} - 0) Wb}{0.01s} = -1.2 \times 10^{-3} V$$

$$\bar{\varepsilon}_{(t_2 \text{ تا } t_1)} = 0$$

$$\bar{\varepsilon}_{(t_3 \text{ تا } t_2)} = \frac{-(0 - 1.2 \times 10^{-5}) Wb}{0.01s} = +1.2 \times 10^{-3} V$$



گام اول: شار گذرنده از پیچه را در هر دو حالت میدان حساب می‌کنیم: **۲۲۳**

$$d = 2 \text{ cm} \Rightarrow r = 1 \text{ cm} \Rightarrow A = \pi r^2 = 3 \times (1 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Phi_1 = BA \cos 0^\circ = (0.5 \text{ T}) \times (3 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \times 1 = 1.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\Phi_2 = BA \cos 180^\circ = (0.5 \text{ T}) \times (3 \times 10^{-4} \text{ m}^2) \times (-1) = -1.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

گام دوم: یکای نیروی محرکه القایی ولت است؛ پس، می‌توانیم آن را در رابطه قانون اهم جای گذاری کنیم:

$$V = IR \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = IR \Rightarrow N |\Delta \Phi| = \underbrace{I(\Delta t)R}_q \Rightarrow q = \frac{N |\Delta \Phi|}{R}$$

$$= \frac{240 \times |(-1.5 \times 10^{-4} \text{ Wb}) - (1.5 \times 10^{-4} \text{ Wb})|}{(3 \Omega)} = 24 \times 10^{-4} \text{ C} = 2.4 \times 10^{-3} \text{ C}$$

گام اول: با قرار دادن زمان‌های داده‌شده در معادله B ، اندازه میدان مغناطیسی را در ابتدا و انتهای بازه زمانی داده‌شده به دست می‌آوریم و بعد از آن ΔB را می‌نویسیم: **۲۲۴**

$$t_1 = 1 \text{ s} \Rightarrow B_1 = 0.06(1)^2 = 0.06 \text{ T}$$

$$t_2 = 3 \text{ s} \Rightarrow B_2 = 0.06(3)^2 = 0.54 \text{ T}$$

$$\Rightarrow \Delta B = B_2 - B_1 = 0.54 \text{ T} - 0.06 \text{ T} = 0.48 \text{ T}$$

گام دوم: تغییرات شار را حساب می‌کنیم:

$$\Delta \Phi = \Delta(BA \cos \theta) = A(\cos 0^\circ) \Delta B \Rightarrow \Delta \Phi = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 1 \times 0.48 \text{ T} = 12 \times 10^{-4} = 1.2 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

گام سوم: با توجه به بازه زمانی داده‌شده و $\Delta \Phi$ به دست آمده، می‌توان بزرگی نیروی محرکه القایی متوسط را محاسبه کرد:

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = 1 \times \frac{1.2 \times 10^{-3} \text{ Wb}}{(3-1) \text{ s}} = 0.6 \times 10^{-3} \text{ V} = 6 \times 10^{-4} \text{ V}$$

فقط مساحت پیچه در حال تغییر است و می‌توان نوشت: **۲۲۵**

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N B \cos \theta \frac{\Delta A}{\Delta t} \right| \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = \left| -1000 \times (0.1 \text{ T}) \times (\cos 0^\circ) \times \left(5.7 \times 10^{-2} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \right| = 5.7 \text{ V}$$

گام اول: تغییرات شار را با استفاده از توضیحات داده‌شده به دست می‌آوریم. پیچه در ابتدا با خط‌های میدان موازی است؛ یعنی نیم‌خط عمود بر آن، عمود $(\theta_1 = 90^\circ)$ است. وقتی پیچه عمود بر خطوط میدان قرار می‌گیرد، زاویه نیم‌خط عمود بر آن و خطوط میدان برابر صفر می‌شود. $(\theta_2 = 0^\circ)$

بر خطوط میدان است $(\theta_1 = 90^\circ)$. وقتی پیچه عمود بر خطوط میدان قرار می‌گیرد، زاویه نیم‌خط عمود بر آن و خطوط میدان برابر صفر می‌شود. $(\theta_2 = 0^\circ)$

$$\Delta \Phi = \Delta(BA \cos \theta) = BA \Delta(\cos \theta) = BA(\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \Rightarrow \Delta \Phi = 5 \times 10^{-4} \text{ T} \times 50 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times (\cos 0^\circ - \cos 90^\circ)$$

$$\Delta \Phi = 250 \times 10^{-8} \times (1 - 0) = 2.5 \times 10^{-6} \text{ Wb}$$

گام دوم: $\Delta \Phi$ را در رابطه نیروی محرکه القایی متوسط قرار می‌دهیم:

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = 1000 \times \frac{2.5 \times 10^{-6} \text{ Wb}}{0.05 \text{ s}} = 5 \times 10^{-2} \text{ V}$$

گام اول: مساحت حلقه دایره‌ای شکل را به دست می‌آوریم: **۲۲۷**

$$d = 0.2 \text{ m} \Rightarrow r = 0.1 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2 = 3 \times (0.1)^2 = 0.03 \text{ m}^2$$

گام دوم: تغییر شار $(\Delta \Phi)$ را حساب می‌کنیم:

$$\Delta \Phi = \Delta(BA \cos \theta) = A \cos 0^\circ (\Delta B) \Rightarrow \Delta \Phi = (0.03 \text{ m}^2) \times 1 \times (0.78 - 0.28) \text{ T} = 0.15 \text{ Wb}$$

گام سوم: $\Delta \Phi$ را در رابطه نیروی محرکه القایی متوسط می‌گذاریم:

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -1 \times \frac{0.015}{0.5} = -0.03V$$

گام اول: با استفاده از رابطه جریان القایی متوسط، اندازه نیروی محرکه القایی متوسط را می‌یابیم. (۲۲۸)

$$|\bar{I}| = \frac{|\bar{\varepsilon}|}{R} \Rightarrow 2 \times 10^{-3} A = \frac{|\bar{\varepsilon}|}{5 \Omega} \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = (5 \Omega) \times (2 \times 10^{-3}) A = 10^{-2} V$$

گام دوم: با توجه به رابطه زیر داریم:

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| -NA \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = NA \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow 10^{-2} V = 100 \times (8 \times 10^{-3} m^2) \times 1 \times \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{10^{-2}}{100 \times 8 \times 10^{-3}} \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = 1.25 \times 10^{-2} \frac{T}{s}$$

(۲۲۹)

$$|\bar{I}| = \frac{|\bar{\varepsilon}|}{R} = \left| -\frac{N \Delta \Phi}{R \Delta t} \right| = \frac{N}{R} A (\cos 0^\circ) \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow |\bar{I}| = \frac{200}{10} \times 25 \times 10^{-4} \times 1 \times 0.1 = 5 \times 10^{-3} A$$

(۲۳۰)

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = NA \cos \theta \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow 0.1 = 100 \times 0.005 \times 1 \times \frac{\Delta B}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{0.1}{0.5} = \frac{1}{5} = 0.2 \frac{T}{s}$$

گام اول: تغییرات شار $(\Delta \Phi)$ را به دست می‌آوریم: (۲۳۱)

$$\Delta \Phi = \Delta(BA \cos \theta) = A \cos 0^\circ \Delta B \Rightarrow \Delta \Phi = (5 \times 10^{-3} m^2) \times 1 \times (0.3 T) = 1.5 \times 10^{-3} Wb$$

گام دوم: $\Delta \Phi$ به دست آمده را در رابطه نیروی محرکه القایی متوسط قرار می‌دهیم:

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = 1 \times \frac{1.5 \times 10^{-3} Wb}{0.01 s} = 0.15 V$$

چون بزرگی نیروی محرکه القایی را می‌خواهد، رابطه را در قدرمطلق قرار می‌دهیم: (۲۳۲)

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = 1000 \times (5 \times 10^{-4} \frac{Wb}{s}) = 5 \times 10^{-1} V = 0.5 V$$

(۲۳۳)

$$|\bar{\varepsilon}| = Blv = (0.1 T) \times (25 \times 10^{-2} m) \times (4 \frac{m}{s}) = 0.1 V$$

(۲۳۴)

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right| = \left| -NBA \frac{\cos \theta_2 - \cos \theta_1}{\Delta t} \right| = \left| -1 \times (0.4 T) \times (600 \times 10^{-4} m^2) \times \frac{\cos 60^\circ - \cos 0^\circ}{3 \times 10^{-3} s} \right|$$

$$\Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = \left| -8 \times \left(\frac{1}{2} - 1 \right) \right| = 4 V$$

در این محاسبات توجه داریم که عمود بودن میدان بر قاب به این معنا است که زاویه بین خطوط میدان و نیم‌خط عمود بر قاب، صفر درجه است ($\theta = 0^\circ \Rightarrow \cos 0^\circ = 1$)

(۲۳۵)

در ابتدا که سطح پیچه بر میدان مغناطیسی زمین عمود است زاویه بین بردار عمود بر سطح پیچه با خطوط میدان مغناطیسی صفر است ($\theta_1 = 0$) و در حالت دوم که سطح حلقه‌ها موازی با میدان مغناطیسی قرار می‌گیرد، $\theta_2 = 90$ خواهد شد. به این ترتیب داریم:

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

$$\Rightarrow \bar{\varepsilon} = -1000 \times \frac{(0.5 \times 10^{-4})(30 \times 10^{-4})(0 - 1)}{0.02} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = 7.5 \times 10^5 \times 10^{-8} = 7.5 mV$$

در حین چرخش چرخ، فاصله آهنربا از پیچه، تغییر می‌کند، بنابراین میدان مغناطیسی و در نتیجه شار مغناطیسی عبوری از پیچه تغییر و جریان القایی در آن ایجاد می‌شود. هر قدر تندی چرخ بیشتر باشد، جریان القایی بزرگ‌تر است. تندی سنج با پردازش این جریان القایی، تندی حرکت دوچرخه را برآورد می‌کند. (۲۳۶)

(۲۳۷) الف

$$A = 100 \text{ cm}^2 = 100 \times 10^{-4} \text{ m}^2 = 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 0.45 \text{ s}, B_1 = 0.28 \text{ T}, B_2 = -0.17 \text{ T}, \bar{\varepsilon} = ?$$

$$\Delta \Phi = A(\Delta B) \cos \theta = 10^{-2} \times (-0.17 - 0.28) \times \cos 0^\circ = -45 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

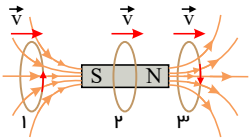
$$\bar{\varepsilon} = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| -1 \times \frac{(-45 \times 10^{-4})}{45 \times 10^{-2}} \right| \Rightarrow \bar{\varepsilon} = 0.01 \text{ V}$$

(ب)

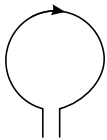
$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{0.01}{10} \Rightarrow \bar{I} = 0.001 \text{ A}$$

(۲۳۸) در رابطه $\varepsilon_{av} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ، یکای ε_{av} ولت (V)، یکای $\Delta \Phi$ وبر (Wb) و یکای Δt ثانیه (s) است. بنابراین وبر بر ثانیه ($\frac{\text{Wb}}{\text{s}}$) برابر با یکای ولت (V) است.

(۲۳۹) در حالت (۱) جریان القایی در جلوی حلقه روبه بالا است؛ چون با نزدیک کردن حلقه به قطب S آهنربا، میدان مغناطیسی چپ به راست آهنربا در محل حلقه در حال افزایش است و باید با ایجاد میدان القایی راست به چپ، با افزایش شار مخالفت شود. (یا به عبارتی باید قطب S حلقه در سمت راست آن باشد) در حالت (۲) میدان مغناطیسی از چپ به راست و ثابت است؛ پس شار مغناطیسی تغییر نمی‌کند و جریان القایی نداریم. در حالت (۳) جهت جریان القایی در جلوی حلقه روبه پایین است؛ چون میدان مغناطیسی چپ به راست در محل حلقه در حال کاهش است، پس باید با ایجاد میدان مغناطیسی القایی چپ به راست با کاهش شار مخالفت شود. (یا به عبارتی قطب S حلقه باید سمت چپ آن قرار گیرد)



(۲۴۰) طبق قانون لنز، جهت جریان القایی در پیچه به گونه‌ای است که با تغییرات به وجود آمده در شار گذرنده از پیچه مخالفت کند. در این سؤال، قطب N آهنربا به پیچه نزدیک شده است؛ پس باید پیچه به آهنربایی تبدیل شود که قطب N آن در سمت راست، یعنی سمت آهنربای در حال نزدیک شدن قرار گیرد تا از جلو آمدن قطب N آهنربا جلوگیری کند. به این ترتیب جهت جریان القایی در حلقه ساعتگرد خواهد بود. (از روبه روی قطب N و به طور عمود به حلقه نگاه می‌کنیم).



(۲۴۱) میدان مغناطیسی القایی درون حلقه درونسو است که در خلاف جهت میدان حاصل از سیم است. بنابراین حلقه در حال نزدیک شدن به سیم بوده است. (۲۴۲) با کاهش مساحت حلقه، میدان مغناطیسی درونسوی درون حلقه نیز کاهش می‌یابد؛ بنابراین طبق قانون لنز، میدان القایی درونسو و با توجه به قانون دست راست، جهت جریان در حلقه ساعتگرد است.

(۲۴۳) بدون حضور حلقه، تندی توپ بیشتر است؛ زیرا طبق قانون لنز، وجود حلقه با حرکت آهنربا مخالفت می‌کند و تندی برخورد آن به توپ را کاهش می‌دهد. توضیح: با توجه به اینکه در کتاب درسی همواره حلقه رسانا است، پاسخ به صورت بالا خواهد بود. اما اگر با فرض نارسا بودن حلقه، پاسخ را به صورت زیر بنویسید نیز درست است: اگر حلقه نارسا باشد، تندی توپ در دو شکل یکسان است.

(۲۴۴) میدان مغناطیسی حاصل از سیم راست، در داخل حلقه، درونسو و میدان القایی درون حلقه، برونسو است؛ بنابراین حلقه در حال نزدیک شدن به سیم است، زیرا طبق قانون لنز، میدان القایی با افزایش میدان اصلی مخالفت کرده و در خلاف جهت آن ایجاد شده است.

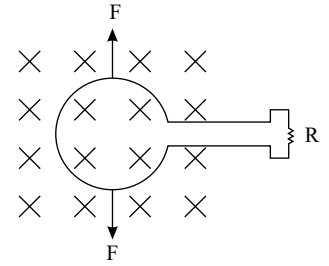
(۲۴۵) میدان ناشی از سیم راست درون حلقه، درونسو است. با توجه به جهت جریان القایی، میدان القایی درون حلقه برونسو (خلاف جهت میدان اصلی) است؛ بنابراین جریان سیم در حال افزایش بوده است.

(۲۴۶) میدان آهنربا در حلقه در حال افزایش است. بنابراین طبق قانون لنز، میدان القایی در حلقه به سمت راست (در خلاف جهت میدان آهنربا) و جهت جریان القایی طبق قانون دست راست، ساعتگرد است.

(۲۴۷) الف) هنگام وصل کلید در مقاومت R جریان از D به C خواهد بود. زیرا با افزایش جریان و به تبع آن میدان مغناطیسی سیم‌لوله A شار مغناطیسی عبوری از سیم‌لوله B نیز افزایش می‌یابد و طبق قانون لنز، آثار مغناطیسی جریان القایی باید مانع افزایش شار مغناطیسی شود (یعنی میدان مغناطیسی حاصل از جریان القایی در سیم‌لوله B باید در خلاف جهت میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله A باشد) و در این موقع دو سیم‌لوله یکدیگر را دفع می‌کنند زیرا جریان در دو سیم خلاف جهت یکدیگر است. بنابراین جریان در مقاومت R از D به C می‌باشد.

ب) هنگام قطع کلید، دو سیم‌پیچ یکدیگر را جذب می‌کنند زیرا جریان‌ها در دو سیم‌لوله هم‌جهت هستند.

(۲۴۸) ابتدا مساحت اولیه هر حلقه را به دست می‌آوریم و سپس با استفاده از قانون القای فاراده، نیروی محرکه القایی و در نهایت به کمک قانون اهم، شدت جریان القایی را می‌یابیم.



$$A_1 = \pi r_1^2 = \pi (0.05)^2 = 25\pi \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_2 = 0$$

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = \frac{0 - 25\pi \times 10^{-4}}{10^{-1}\pi} = -25 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

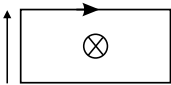
$$|\bar{\mathcal{E}}| = \left| -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} \right| = \left| -NB \cos \alpha \frac{\Delta A}{\Delta t} \right|$$

$$\Rightarrow |\bar{\mathcal{E}}| = 10 \times 1200 \times 10^{-4} \cos(0) \times 25 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-2} \text{ V}$$

$$\bar{I} = \frac{|\bar{\mathcal{E}}|}{R} = \frac{3 \times 10^{-2}}{10} = 3 \times 10^{-3} \text{ A} = 3 \text{ mA}$$

جهت جریان در حلقه ساعتگرد خواهد بود تا میدان مغناطیسی که ایجاد می کند درون سو باشد.

۲۴۹



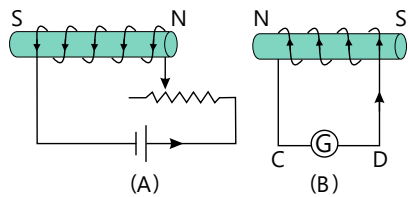
پیچ در حال دور شدن از سیم است، پس در محل پیچ میدان درون سویی از طرف سیم حامل جریان ایجاد شده است که در حال کاهش است.

بنابراین طبق قانون لنز جریان طوری القا می شود که از کاهش شار جلوگیری کند یعنی جریان القایی در پیچ به صورت ساعت گرد خواهد بود تا میدان القایی هم جهت با میدان اولیه سیم باشد.

۲۵۰

چون جهت جریان القایی در سیم لوله در جهتی است که سمت راست سیم لوله تبدیل به قطب N آهن ربا شده است، پس جهت حرکت آهن ربا به سمت چپ بوده است. زیرا طبق قانون لنز باید جهت جریان القایی به گونه ای باشد که آثار مغناطیسی آن با تغییرات شار به وجود آمده مخالفت کند. (قطب N آهن ربا در حال نزدیک شدن به سیم لوله بوده پس جریان القایی طوری ایجاد شده که از جلو آمدن قطب N آهن ربا جلوگیری کرده باشد)

۲۵۱



از آنجا که با توجه به جهت جریان عبوری از مدار (A) ، سمت راست سیم لوله A قطب N بوده است و جریان داده شده از سیم لوله (B) نیز طوری است که سمت چپ آن هم قطب N شده، معلوم می شود که جریان در سیم لوله (A) در حال افزایش بوده که جریان القایی در (B) اثری مخالف آن ایجاد کرده است. پس مقاومت رتوستا در حال کاهش است. یعنی لغزنده به سمت راست حرکت کرده است.

۲۵۲

بر اساس مثال کتاب درسی می توان برای محاسبه $\bar{\mathcal{E}}$ در هنگام حرکت حلقه یا سیم با سرعت v در میدان مغناطیسی B از رابطه $\bar{\mathcal{E}} = -Blv$ استفاده کرد و حالا که N حلقه است داریم:

$$|\bar{\mathcal{E}}| = |-NBlv| = |-60 \times B \times 0.1 \times 6| \xrightarrow{\bar{\mathcal{E}}=RI} RI = 60 \times B \times 0.1 \times 6$$

$$\Rightarrow 60 \times B \times 0.1 \times 6 = 2 \times 0.2 \Rightarrow B = \frac{1}{90} \text{ T}$$

(ب) چون شار مغناطیسی عبوری از سیم پیچ در حال کاهش است، پس میدان مغناطیسی حاصل از جریان القایی باید هم جهت با میدان اصلی باشد تا با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند بنابراین جریان القایی باید ساعت گرد باشد.

۲۵۳

باید توجه کرد که اگر طول میله ℓ باشد مساحت حلقه $\ell \times \Delta x$ خواهد بود که $\Delta x = v \cdot \Delta t$ است (در واقع Δx طولی است که AB در هر لحظه طی خواهد کرد)

$$\bar{\varepsilon} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(BA) \cos \theta}{\Delta t} \Rightarrow -B \frac{\Delta A}{\Delta t} = -B \frac{\ell \cdot v \Delta t}{\Delta t} \Rightarrow \bar{\varepsilon} = -Blv$$

$$I = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} \Rightarrow |I| = \left| \frac{-Blv}{R} \right| = \left| \frac{0.5 \times 0.3 \times 4}{6} \right| = \frac{0.6}{6} = 0.1 A$$

با حرکت میله شار مغناطیسی در حال کاهش است پس جهت میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی طبق قانون لنز باید برون سو باشد تا با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند پس جریان پادساعت گرد است و در میله از B به A است.

۲۵۴

$$\text{الف)} \quad r = 0.1 m \Rightarrow A = \pi r^2 = \pi \times 10^{-2} m^2$$

$$|\bar{\varepsilon}| = \left| -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| = \left| -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta \right| = \left| -1 \times \pi \times 10^{-2} \times \frac{0.9 - 0.3}{0.2} \times 1 \right| \Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = 3\pi \times 10^{-2} V$$

ب) چون میدان درون سو در حلقه افزایش یافته است پس طبق قانون لنز باید میدان مغناطیسی حاصل از جریان القایی به گونه ای باشد که میدان برون سو ایجاد کند تا با افزایش میدان درون سو اولیه مخالفت کند پس جریان باید پادساعت گرد باشد.

۲۵۵

$$\text{الف)} \quad \bar{\varepsilon} = RI = 0.5 \times 2 = 1 V$$

$$\bar{\varepsilon} = \left| -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow 1 = \left| -100 \times \frac{\Delta\phi}{0.2} \right| \Rightarrow |\Delta\phi| = \frac{1}{500} \Rightarrow |\Delta\phi| = 2 \times 10^{-3} Wb$$

$$|\Delta\phi| = |B\Delta A \cos \theta| \Rightarrow 2 \times 10^{-3} = 400 \times 10^{-4} \times B \times \cos(0) \Rightarrow B = \frac{2}{40} = 0.05 T$$

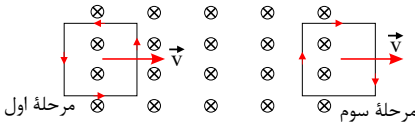
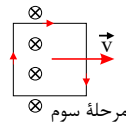
ب) چون با خارج شدن حلقه از میدان مغناطیسی شار مغناطیسی کاهش می یابد، پس میدان مغناطیسی حاصل از جریان القایی باید درون سو باشد تا با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند بنابراین جهت جریان القایی ساعت گرد خواهد بود.

۲۵۶ الف) در مرحله دوم بیشتر است. مرحله اول ورود حلقه به میدان و مرحله سوم خروج حلقه از میدان است. ولی در مرحله دوم تمام حلقه در میدان قرار می گیرد و شار عبوری از آن ثابت و ماکزیمم است.

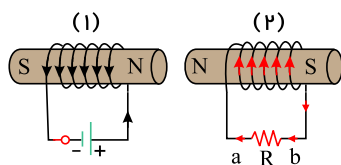
$$\phi = BA \cos \theta$$

$$\phi_2 = \phi_{\max} = BA = (20 \times 10^{-3}) \times (10 \times 10^{-2})^2 = 2 \times 10^{-4} Wb$$

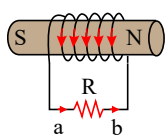
ب) در مرحله اول و سوم، شار عبوری از حلقه تغییر می کند؛ زیرا با ورود حلقه به میدان یا خروج از آن، مساحتی از حلقه که داخل میدان قرار می گیرد تغییر می کند.

	
مرحله اول: با ورود حلقه به میدان، شار مغناطیسی در حال افزایش است؛ پس با جریان القایی پادساعتگرد میدان مغناطیسی برون سو ایجاد خواهد شد تا با افزایش شار مغناطیسی مخالفت کند.	مرحله سوم: با خروج حلقه از میدان، شار مغناطیسی در حال کاهش است؛ پس با جریان القایی ساعتگرد میدان مغناطیسی درون سو ایجاد می شود تا با کاهش شار مغناطیسی مخالفت کند.

۲۵۷



الف) در لحظه بستن کلید K، جریان در سیملوله (۱) افزایش می یابد؛ بنابراین میدان مغناطیسی آن در محل سیملوله (۲) زیاد می شود و شار عبوری از سیملوله (۲) نیز زیاد می شود، پس طبق قانون لنز باید میدان القایی در سیملوله (۲) در خلاف جهت میدان مغناطیسی سیملوله (۱) باشد، تا با افزایش شار مخالفت کند. یعنی جریان در مقاومت R از b به a است.

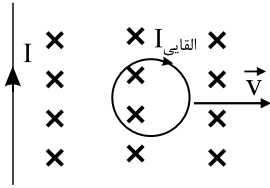


ب) هنگامی که کلید باز می شود، جریان در سیملوله (۱) کاهش می یابد؛ بنابراین میدان مغناطیسی و شار عبوری در محل سیملوله (۲) کم می شود و طبق قانون لنز، باید میدان القایی در سیملوله (۲) هم جهت با میدان مغناطیسی سیملوله (۱) باشد، تا با کاهش شار مخالفت کند. در نتیجه جریان القایی در مقاومت R از a به b است.

۲۵۸ شار عبوری از حلقه با افزایش مساحت آن، در حال افزایش است؛ پس باید میدان القایی ایجاد شده در حلقه، در خلاف جهت میدان اولیه باشد تا با افزایش شار مخالفت کند. یعنی جریان در حلقه پادساعتگرد است (جهت جریان در سیم عمودی از D به C است)، تا با ایجاد میدان برون سو با افزایش شار مخالفت کند.

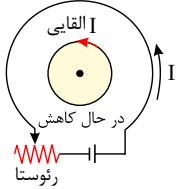
۲۵۹ حلقه سمت چپ به موازات سیم حامل جریان در حرکت است؛ بنابراین فاصله آن با سیم تغییر نمی کند و به این ترتیب شار مغناطیسی گذرنده از این حلقه

نیز ثابت می‌ماند و جریانی در آن القا نمی‌شود.



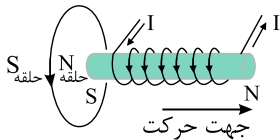
میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان در محل حلقه سمت راست درون سو است و با دور شدن حلقه از سیم، میدان مغناطیسی درون سو در حال کاهش خواهد بود پس طبق قانون لنز باید جریان الکتریکی القایی ساعتگرد در حلقه ایجاد شود تا با ایجاد میدان مغناطیسی درون سو، با کاهش شار عبوری مخالفت کند.

۲۶۰ طبق قانون دست راست، جهت میدان مغناطیسی ناشی از عبور جریان از حلقه بیرونی (مدار الکتریکی) در داخل آن به صورت برون سو است. مقاومت رتوستا افزایش و جریان الکتریکی کاهش می‌یابد؛ بنابراین این میدان برون سو در حال کاهش است.



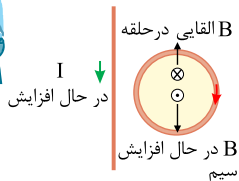
طبق قانون لنز، جهت جریان القایی در حلقه داخلی باید پادساعتگرد باشد، تا میدان مغناطیسی برون سویی ایجاد کند که با کاهش شار مغناطیسی عبوری از آن مخالفت کرده باشد.

۲۶۱ جهت جریان در سیملوله به شکلی است که در سمت چپ آن، قطب S ایجاد می‌شود و این قطب S در حال دور شدن از حلقه است؛ بنابراین طبق قانون لنز جریان القایی حلقه باید به گونه‌ای باشد که سمت راست حلقه قطب N ایجاد شود، تا مانع از دور شدن قطب S سیملوله گردد پس جریان در بخش جلویی حلقه روبه پایین خواهد بود.

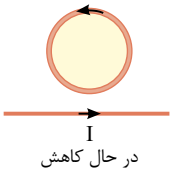


۲۶۲

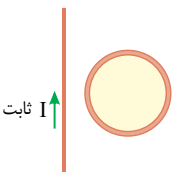
الف) در این شکل میدان مغناطیسی ناشی از سیم در محل حلقه برون سو و در حال افزایش است، پس جهت جریان القایی باید طوری باشد B القایی در حلقه که با افزایش این میدان برون سو مخالفت کند، یعنی باید میدان درون سو در حلقه ایجاد کند؛ پس جریان حلقه باید ساعتگرد باشد.



ب) میدان ناشی از سیم در محل حلقه برون سو و در حال کاهش است. پس باید جریان حلقه پادساعتگرد باشد و میدان القایی برون سو ایجاد کند که با کاهش شار مخالفت کرده باشد.

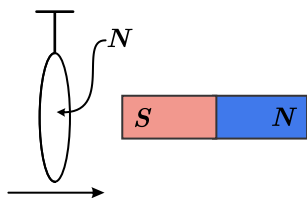


پ) چون جریان ثابت است، میدانی که در محل حلقه ایجاد می‌کند، تغییر نمی‌کند؛ در نتیجه شار عبوری از حلقه تغییر نمی‌کند و جریانی در آن القا نمی‌شود.



۲۶۳ هنگام ورود آهنربا به حلقه، شار مغناطیسی داخل حلقه افزایش می‌یابد و میدان مغناطیسی القایی در خلاف جهت میدان اصلی آهنربا تولید می‌شود تا با افزایش شار مخالفت کند؛ بنابراین نیرویی روبه بالا به آهنربا وارد می‌شود. در هنگام خروج آهنربا از حلقه نیز شار مغناطیسی در حلقه کاهش می‌یابد و میدان مغناطیسی القایی هم جهت با میدان اصلی آهنربا در حلقه ایجاد می‌شود تا با کاهش شار مخالفت کند؛ بنابراین در این حالت نیز نیرویی روبه بالا به آهنربا وارد می‌شود و نسبت به حالتی که آهنربا از حلقه عبور نمی‌کند، این آهنربا با سرعت کمتری به زمین می‌خورد و فرورفتگی کمتری در سطح زمین ایجاد می‌شود.

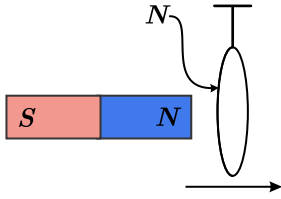
۲۶۴



راست. هنگام ورود، حرکت حلقه به راست است چون سمت چپ حلقه قطب N شده و آهنربا آن را دفع می‌کند.

ب

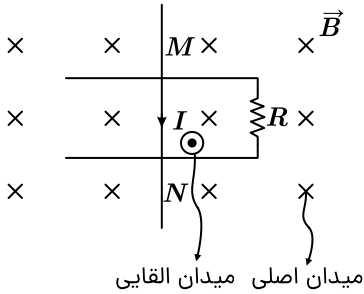
راست. هنگام خروج، حرکت حلقه به راست است چون سمت راست حلقه قطب N شده و جذب آهن ربا می شود.



۲۶۵ الف) قطب مغناطیسی N (ب) فاراده

پ) از b به a (ت) رانشی

۲۶۶



گام اول: تعیین جهت حرکت میله MN بنابر قانون لنز جهت جریان القایی مخالف تغییر شار است. با توجه به جهت جریان القایی و قاعده دست راست، جهت میدان القایی برون سو است؛ یعنی، میدان القایی دارد با زیاد شدن شار مخالفت می کند. حرکت میله MN به سمت چپ، باعث زیاد شدن شار و ایجاد میدان القایی در جهت نشان داده شده است.

گام دوم: نیروی محرکه القایی را با کمک قانون اهم به دست می آوریم:

$$|\varepsilon| = IR = (0.5A) \times (3\Omega) = 1.5V$$

گام سوم: از رابطه القای الکترومغناطیسی فاراده داریم:

$$|\varepsilon| = \left| - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = B \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

تغییر مساحت قاب در زمان Δt برابر است با:

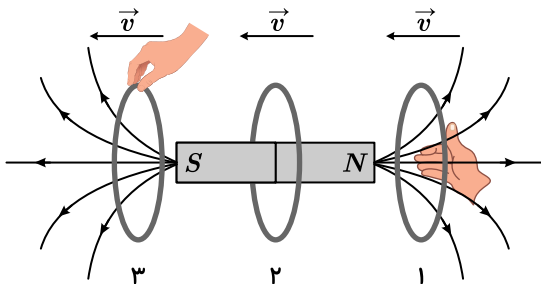
$$\Delta A = l \underbrace{v\Delta t}_{\text{مسافت پیموده شده در زمان } \Delta t} \Rightarrow |\varepsilon| = Blv \frac{\Delta t}{\Delta t} = Blv \Rightarrow 1.5V = (0.5T) \times (1.0 \times 10^{-2}m) \times v$$

$$\Rightarrow v = \frac{1.5V}{(0.5T) \times (1.0 \times 10^{-2}m)} = 3.0 \frac{m}{s}$$

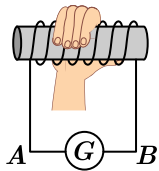
۲۶۷ حالت اول: حلقه در حال نزدیک شدن به آهن ربا است و جریان القایی در حلقه به گونه ای است که با نزدیک شدن حلقه به آهن ربا مخالفت کند. برای این مخالفت، سمت چپ حلقه باید تبدیل به قطب N شود تا قطب های هم نام یکدیگر را برانند؛ بنابراین، اگر از چپ به راست نگاه کنیم، جهت جریان القایی در حالت (۱) پادساعتگرد است.

حالت دوم: لحظه عوض شدن جهت جریان القایی است. در این لحظه جریان در حلقه صفر است.

حالت سوم: حلقه در حال دور شدن از آهن ربا است و جریان القایی در حلقه به گونه ای است که با این دور شدن مخالفت کند. برای این منظور، سمت راست حلقه باید تبدیل به قطب N شود تا قطب های نا هم نام یکدیگر را برابند؛ بنابراین، مطابق شکل زیر و با توجه به مکان بیننده، جهت جریان القایی ساعتگرد است.

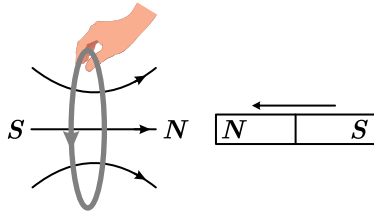


۲۶۸



جریان القایی از A به B است. بنابر قانون لنز، میدان مغناطیسی القایی در سیملوله باید در جهتی باشد که با نزدیک شدن آهن ربا مخالفت کند، یعنی سمت راست سیملوله باید قطب N باشد. با قاعده دست راست، جریان سیملوله را به گونه‌ای تعیین می‌کنیم که قطب N سمت راست و قطب S سمت چپ باشد. در چنین حالتی جریان از A به B است.

۲۶۹

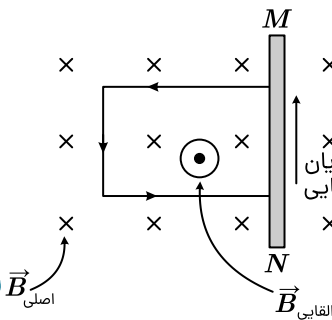


همان‌طور که در شکل روبه‌رو می‌بینید، طبق قانون لنز، میدان القایی حلقه با نزدیک شدن آهن ربا مخالفت می‌کند. میدان القایی را با قاعده دست راست و جریان القایی داده شده رسم کرده‌ایم.

۲۷۰

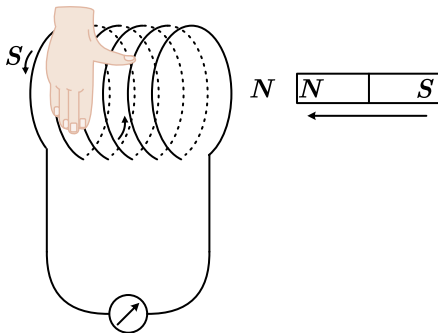
جهت جریان القایی در یک پیچه به گونه‌ای است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل به وجود آورنده آن مخالفت می‌کند.

۲۷۱



با حرکت میله به سمت راست، شار مغناطیسی گذرنده از قاب مستطیلی تغییر می‌کند. تغییر شار سبب ایجاد نیروی محرکه القایی و جریان القایی در مدار شده و لامپ روشن می‌شود. بنابر قانون لنز، جهت جریان القایی به گونه‌ای است که با تغییر شار مخالفت کند. با حرکت میله به سمت راست، شار در حال زیاد شدن است. جهت جریان در قاب باید به گونه‌ای باشد که میدان مغناطیسی القایی ناشی از آن، با زیاد شدن شار مخالفت کند؛ یعنی جهت میدان مغناطیسی القایی باید برعکس میدان جریان مغناطیسی اصلی باشد. بنابراین، بنابر قاعده دست راست، جریان القایی باید از N به M باشد.

۲۷۲



اگر دست راست را در جهت جریان روی پیچه قرار دهیم، انگشت شست قطب N را نشان می‌دهد، بنابراین قطب‌های هم‌نام در کنار هم قرار گرفته‌اند و یکدیگر را می‌رانند؛ یعنی قطب N پیچه، دارد با نزدیک شدن آهن ربا مخالفت می‌کند. آهن ربا در حال نزدیک شدن به پیچه است و پیچه طبق قانون لنز با نزدیک شدن آن مخالفت می‌کند.

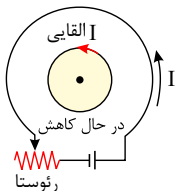
۲۷۳

(۱) با توجه به جهت جریان القایی، میدان مغناطیسی ناشی از جریان القایی، هم‌جهت با میدان مغناطیسی آهن ربا است، بنابراین، طبق قانون لنز آهن ربا از حلقه دور شده و رو به پایین حرکت می‌کند.

(۲) با افزایش جریان در سیم، میدان مغناطیسی برون‌سوی سیم در حلقه افزایش می‌یابد، بنابراین جریان القایی در حلقه، به گونه‌ای خواهد بود که میدان مغناطیسی ناشی از آن در خلاف جهت میدان عبوری از حلقه باشد (یعنی درون‌سو). برای شکل‌گیری چنین میدانی در حلقه، جریان القایی باید ساعتگرد باشد.

(۳) طبق قانون دست راست، جهت میدان مغناطیسی ناشی از عبور جریان از حلقه بیرونی (مدار الکتریکی) در داخل آن به صورت برون‌سو است. مقاومت رنوستا افزایش و جریان الکتریکی کاهش می‌یابد؛ بنابراین این میدان برون‌سو در حال کاهش است.

طبق قانون لنز، جهت جریان القایی در حلقه داخلی باید پادساعتگرد باشد، تا میدان مغناطیسی برون‌سویی ایجاد کند که با کاهش شار مغناطیسی عبوری از آن مخالفت کرده باشد.



۴) با حرکت حلقه به سمت راست و خروج از میدان درون سو، شار درون سوی عبوری از حلقه کاهش می‌یابد؛ پس طبق قانون لنز، باید یک جریان القایی ساعتگرد در حلقه ایجاد شود، تا با تولید میدان القایی درون سو، با کاهش شار مخالفت کند.

۲۷۴) با حرکت حلقه به سمت راست و خروج از میدان درون سو، شار درون سوی عبوری از حلقه کاهش می‌یابد؛ پس طبق قانون لنز، باید یک جریان القایی ساعتگرد در حلقه ایجاد شود، تا با تولید میدان القایی درون سو، با کاهش شار مخالفت کند.

۲۷۵

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{V_{\text{ش}}}{10+2} = \frac{V_{\text{ش}}}{12} = 0.6A$$

$$U = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2} \times 10^{-2} \times (6 \times 10^{-1})^2 = 1.8 \times 10^{-3} J$$

۲۷۶

الف

نادرست

ب درست

پ درست

۲۷۷) خیر. مقداری از آن در مقاومت مدار متصل به سیم‌لوله به صورت انرژی گرمایی تلف می‌شود و بقیه در میدان مغناطیسی سیم‌لوله ذخیره می‌شود.

۲۷۸) بر اساس رابطه $U = \frac{1}{2}LI^2$ ، انرژی ذخیره شده در القاگر وابسته به جریان عبوری از سیم‌لوله و نیز ضریب القاوری آن است؛ بنابراین با کم کردن مقاومت رثوستا می‌توان جریان عبوری از القاگر را افزایش داد و به این ترتیب U زیاد می‌شود. البته می‌توان برای افزایش ضریب القاوری (L) القاگر، یک هسته آهنی وارد آن کرد و به این ترتیب با افزایش L ، انرژی ذخیره شده در آن نیز افزایش خواهد یافت.

۲۷۹

الف نادرست

ب درست

پ درست

۲۸۰

الف و بر

ب هانری

پ می‌چرخد، ثابت

۲۸۱

الف) در لحظه وصل کلید، القاگر با ورود جریان به شاخه خودش مخالفت می‌کند؛ به همین دلیل، تمام جریان برای یک لحظه از لامپ گذشته و لامپ یک لحظه روشن می‌شود؛ اما، بعد از زمان کوتاهی، جریان از القاگر عبور می‌کند و چون مقاومت القاگر را ناچیز فرض می‌کنیم، تمام جریان از آن می‌گذرد و لامپ خاموش است.

ب) با قطع کلید، القاگر با کاهش جریان مخالفت می‌کند و انرژی ذخیره شده در آن وارد مدار می‌شود. در این حالت نیز لامپ برای یک لحظه روشن و سپس خاموش می‌شود.

۲۸۲

الف) لامپ برای یک لحظه پرنور شده و سپس خاموش می‌شود.

ب) بنابر قانون لنز، القاگر با تغییر جریان عبوری از مدار مخالفت می‌کند. در هنگام قطع کلید، انرژی ذخیره شده در القاگر تخلیه شده و باعث می‌شود لامپ برای مدت کوتاهی پرنورتر به نظر برسد.

۲۸۳

الف) ثابت (ضریب القاوری به جریان وابسته نیست).

ب) انرژی افزایش می‌یابد.

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

$$R \downarrow \rightarrow I \uparrow \rightarrow U \uparrow$$

۲۸۴ گام اول: از رابطه انرژی القاگر، اندازه جریان را در لحظه موردنظر به دست می آوریم:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow 3,2J = \frac{1}{2} \times (100 \times 10^{-3}H) \times I^2 \Rightarrow I^2 = 64 \Rightarrow I = 8A$$

گام دوم: جریان به دست آمده را در رابطه $I - t$ می گذاریم و t را حساب می کنیم:

$$I = t^2 - 8 \Rightarrow 8 = t^2 - 8 \Rightarrow t^2 = 16 \Rightarrow t = 4s$$

۲۸۵ گام اول: جریان سیملوله را در لحظه $t = 4s$ به دست می آوریم:

$$I = (1,5 \times 4) + 4 = 10A$$

گام دوم: اعداد داده شده را در رابطه انرژی قرار می دهیم:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow 0,25J = \frac{1}{2} \times L \times (10A)^2 \Rightarrow L = \frac{0,25}{\frac{1}{2} \times 100} = 5 \times 10^{-3}H = 5mH$$

۲۸۶ گام اول: با قرار دادن $t = 2s$ در معادله داده شده برای I ، جریان را در آن لحظه به دست می آوریم:

$$I = 2^2 + \sin 2\pi \Rightarrow I_{(t=2s)} = 4A$$

گام دوم: جریان به دست آمده را در رابطه U قرار می دهیم:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow U_{(t=2s)} = \frac{1}{2} \times (0,02H) \times (4A)^2 = 0,16J$$

۲۸۷ الف) کاهش ب) فاراده پ) موافق

۲۸۸ پدیده ای که در آن، تغییر جریان الکتریکی عبوری از یک القاگر، باعث ایجاد نیروی محرکه القایی در همان مدار شود را خود - القاوری می نامند.

۲۸۹ گام اول: از قانون اهم استفاده کرده و جریان عبوری از القاگر را به دست می آوریم:

$$I = \frac{V}{R} \rightarrow I = \frac{12}{6} = 2A$$

گام دوم: با دانستن جریان (I) و ضریب القاوری (L) می توان انرژی ذخیره شده در القاگر را حساب کرد:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times (0,4H) \times (2A)^2 = 0,8J$$

۲۹۰

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow 2J = \frac{1}{2} \times (10 \times 10^{-3}H) \times I^2 \Rightarrow I^2 = \frac{4}{10^{-2}} = 400 \Rightarrow I = 20A$$

۲۹۱ افزایش، فاراده، خود - القاوری

۲۹۲ • بله، با بستن کلید لامپ روشن می شود، فاصله زمانی کوتاهی بین قطع کلید و خاموش شدن لامپ دیده می شود.

علت این پدیده اثر خود - القاوری القاگر است. در زمان قطع کلید، جریان مدار کاهش می یابد. بنابراین طبق قانون لنز، القاگر جریانی هم جهت با جریان مدار ایجاد کرده تا مانع از کاهش آن شود، در اینجا القاگر همانند یک مولد عمل می کند که برای مدت زمان کوتاهی لامپ را روشن نگه می دارد. یادتان باشد که القاگرها، توانایی ذخیره انرژی الکتریکی را دارند.

۲۹۳

$$I_m = \frac{\varepsilon_m}{R} = 2,5A, \quad \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,02} = 100\pi$$

$$I = I_m \sin \frac{2\pi}{T}t = 2,5 \sin 100\pi t$$

۲۹۴ ابتدا به کمک نمودار داده شده دوره تناوب (T) و بیشینه نیروی محرکه را می نویسیم. داریم:

$$\varepsilon_{\max} = 40V \quad T = \frac{1}{10}$$

$$I_{\max} = \frac{\varepsilon_{\max}}{R} = \frac{40}{8} = 5A$$

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \rightarrow I = 5 \sin\left(\frac{2\pi}{\frac{1}{10}}t\right) \Rightarrow I = 5 \sin 20\pi t$$

۲۹۵ خیر. در مدارهای با جریان الکتریکی مستقیم یا dc جریان و ولتاژ تغییر نمی کند بنابراین با عبور این جریان از یک سیم پیچ تغییر شاری به وجود نمی آید.

اساس کار مبدل‌ها، بر پایه القای نیرو محرکه الکتریکی که به خاطر تغییر در شار مغناطیسی عبورکننده از دو سیم‌پیچ ایجاد می‌گردد، بنا نهاده شده است. هنگامی که جریان عبوری از سیم‌پیچ اولیه تغییر می‌کند شار ایجادشده در آن از طریق هسته مشترک، از سیم‌پیچ ثانویه عبور کرده و در آن نیرو محرکه القایی پدید می‌آید. بنابراین مبدل‌ها ویژه جریان متناوب یا ac هستند.

۲۹۶ برای محاسبه دوره تناوب چرخش قاب یک تناسب ساده کافی است. پیچه در هر دقیقه ۱۲۰۰ دور می‌چرخد حالا باید ببینیم در چند ثانیه یک دور می‌چرخد. داریم:

$$60s \quad 1200 \text{ دور}$$

$$T = ? \quad 1 \text{ دور}$$

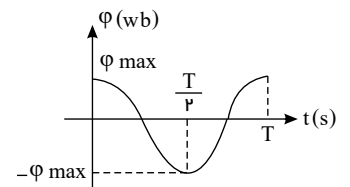
$$T = \frac{t}{n} = \frac{60}{1200} = 0.05s$$

$$\frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.05} = 40\pi \frac{rad}{s}$$

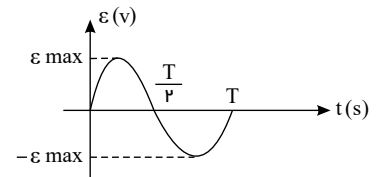
$$I = I_{max} \sin \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow I = 4 \sin(40\pi t)$$

$$\begin{cases} \phi = BA \cos \theta \Rightarrow \phi = BA \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right) \\ \phi_{max} = BA \end{cases}$$

۲۹۷ الف) $\frac{2\pi}{T}$ را با ω نشان می‌دهند:



(ب)



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

۲۹۸ الف) به کمک نمودار، دوره تناوب و بیشینه جریان را می‌نویسیم. داریم:

$$I_{max} = 2A$$

$$\frac{T}{4} = 0.01s \quad T = 0.04 \quad I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t \rightarrow I = 2 \sin 50\pi t$$

$$U_m = \frac{1}{2} L I_m^2 \rightarrow U_m = \frac{1}{2} \times 200 \times 10^{-3} \times 2^2 \rightarrow U_m = 0.4J \quad (ب)$$

۲۹۹ الف) با مقایسه معادله داده‌شده با فرم کلی معادله جریان متناوب ($I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$) داریم:

$$\frac{2\pi}{T} = 200\pi \Rightarrow \frac{2}{T} = 200 \Rightarrow \frac{1}{T} = 100 \Rightarrow T = \frac{1}{100}s$$

(ب) بیشترین جریانی که از مقاومت R می‌گذرد، بنابر معادله جریان برابر است با:

$$I_m = 2A$$

بنابر قانون اهم، بیشینه ولتاژ دو سر مقاومت را حساب می‌کنیم.

$$V_r = I_m R = (2A) \times (3\Omega) = 6V$$

حالا با رابطه مبدل‌ها، بیشینه ولتاژ دو سر مولد را به دست می‌آوریم:

$$\frac{V_r}{V_1} = \frac{N_r}{N_1} \Rightarrow \frac{6}{V_1} = \frac{1800}{1200} \Rightarrow V_1 = 4V$$

۳۰۰ ابتدا معادله جریان متناوب را می‌نویسیم و سپس زمان داده‌شده را در معادله جای‌گذاری می‌کنیم تا جریان در آن لحظه به دست بیاید. سپس از قانون اهم، نیرو محرکه را به دست می‌آوریم:

$$\frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.01} = 200\pi \frac{rad}{s}$$

$$I = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow I = 5 \sin 200\pi t$$

$$t = \frac{1}{1200} s \Rightarrow I = 5 \sin \frac{200\pi}{1200} = 5 \sin \frac{\pi}{6} = \frac{5}{2} \Rightarrow I = 2.5 A$$

$$\mathcal{E} = RI \Rightarrow \mathcal{E} = 15 \times 2.5 = 37.5 V$$

۳۰۱ الف

$$\frac{2\pi}{T} = 100\pi \Rightarrow T = 0.02 s$$

ب

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

$$I = 5 \sin 100\pi \left(\frac{1}{200}\right) = 5 \sin \frac{\pi}{2} \Rightarrow I = 5 A$$

۳۰۲ با توجه به نمودار، ۱۰۰ ثانیه برابر با نصف دوره تناوب است:

$$\frac{T}{2} = 0.1 s \Rightarrow T = 0.2 s$$

$$I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t \xrightarrow{I_{\max}=8A} I = 8 \sin 100\pi t$$

۳۰۳ با توجه به نمودار، ۲۰ ms برابر نصف دوره تناوب و $I_{\max} = 4 A$ است:

$$\frac{T}{2} = 20 \times 10^{-3} \rightarrow T = 40 \times 10^{-3} s$$

$$I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t \rightarrow I = 4 \sin \frac{2\pi}{40 \times 10^{-3}} t \rightarrow I = 4 \sin 50\pi t$$

۳۰۴

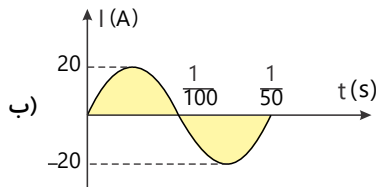
$$\phi = \phi_{\max} \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right) \Rightarrow \frac{1}{2} \phi_{\max} = \phi_{\max} \cos \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow \cos \frac{2\pi}{T} t = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{2\pi}{T} t = \frac{\pi}{3}$$

$$I = I_{\max} \sin \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow I = I_{\max} \sin \frac{\pi}{3} \Rightarrow \frac{I}{I_{\max}} = \sin \frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

۳۰۵

$$\text{الف) } I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow I = 20 \sin \frac{2\pi}{\frac{1}{50}} t \Rightarrow I = 20 \sin 100\pi t$$

$$\mathcal{E} = RI \Rightarrow \mathcal{E} = 10 \times 20 \sin 100\pi t = 200 \sin 100\pi t$$



ب

۳۰۶ الف

$$T = 0.02 s, I_{\max} = 2 A$$

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

$$I = 2 \sin \frac{2\pi}{0.02} t = 2 \sin 100\pi t$$

برای آنکه جریان بیشینه باشد، $\sin 100\pi t$ باید برابر ۱ باشد. پس داریم:

$$\sin 100\pi t = 1 \Rightarrow \sin 100\pi t = \sin \frac{\pi}{2}$$

$$100\pi t = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t = \frac{1}{200} s$$

در این لحظه داریم:

$$\varepsilon_m = I_m R = 2 \times 5 = 10 V$$

(ب)

$$I = 2 \sin 100\pi t \xrightarrow{t=\frac{1}{400}} I = 2 \sin 100\pi \times \frac{1}{400} \Rightarrow I = 2 \sin \frac{\pi}{4} = \sqrt{2} A$$

(الف) ۳۰۷

$$I_{\max} = 3 A \quad \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.02} = 100\pi$$

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \Rightarrow I = 3 \sin 100\pi t$$

(ب)

$$U_m = \frac{1}{2} L I_m^2 \Rightarrow U_m = \frac{1}{2} \times 2 \times 10^{-2} \times 3^2 = 9 \times 10^{-2} J$$

۳۰۸ در نمودار، دوره تناوب (T) و بیشینه جریان ($I_{\max}$) داده شده است. داریم:

$$I_{\max} = 5 A, T = 0.02 \rightarrow I_m = \frac{\varepsilon_m}{R} \Rightarrow 5 = \frac{\varepsilon_m}{8} \Rightarrow \varepsilon_m = 40 V$$

۳۰۹ ابتدا با استفاده از اطلاعات نمودار بیشینه جریان ($I_{\max}$) و دوره تناوب (T) را می‌یابیم. داریم:

$$I_{\max} = 3 A, \frac{T}{2} = 10 ms \rightarrow T = 20 ms = 20 \times 10^{-3} s = 0.02 s$$

$$I = I_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \Rightarrow I = 3 \sin\left(\frac{2\pi}{0.02}t\right) \Rightarrow I = 3 \sin(100\pi t)$$

(الف) ۳۱۰

$$\frac{2\pi}{T} = 100\pi \rightarrow T = \frac{2\pi}{100\pi} = 0.02 s$$

(ب)

$$U = \frac{1}{2} L I^2, U_{\max} = \frac{1}{2} L I_{\max}^2$$

$$I_{\max} = 5 A \rightarrow U_{\max} = \frac{1}{2} \times 0.2 \times 5^2 = 2.5 J$$

۳۱۱

$$(الف) \frac{2\pi}{T} = 200\pi \rightarrow T = 0.01 s$$

$$(ب) \varepsilon_{\max} = I_{\max} \times R \rightarrow \varepsilon_{\max} = 5 \times 10 = 50 V$$

۳۱۲ با استفاده از نمودار دوره تناوب و بیشینه جریان را به دست می‌آوریم. داریم:

$$I_{\max} = 5 A, \frac{T}{2} = 0.1 \Rightarrow T = 0.2 s \rightarrow \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0.2} = 10\pi \frac{rad}{s}$$

$$\varepsilon_m = R I_m = 4 \times 5 = 20 V$$

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \frac{2\pi}{T} t \rightarrow \varepsilon = 20 \sin 10\pi t$$

۳۱۳

الف درست

۳۱۴

الف درست

۳۱۵

الف) نادرست؛ یکی از عوامل پر کاربرد ایجاد جریان الکتریکی القایی، تغییر زاویه بین حلقه و راستای میدان مغناطیسی است.

ب) درست

پ) نادرست. شار مغناطیسی با $\cos\theta$ نسبت مستقیم دارد.

ت) نادرست. در صورت تغییر زاویه داریم: $\Delta\Phi = AB\Delta(\cos\theta) \neq \cos\Delta\theta$ و می‌دانیم

ث) نادرست. متداول‌ترین روش، تغییر زاویه θ است.

۳۱۶) الف) گام اول: معادله جریان متناوب را براساس داده‌های مسئله می‌نویسیم:

$$I = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow I = 5 \sin \frac{2\pi}{0.04} t \Rightarrow I = 5 \sin 50\pi t$$

گام دوم: بیشینه جریان هنگامی اتفاق می‌افتد که $\sin \frac{2\pi}{T} t = 1$ باشد.

$$\sin 50\pi t = 1 \Rightarrow 50\pi t = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t = \frac{1}{100} s$$

ب) نیروی محرکه القایی در این لحظه بیشینه است و از رابطه اهم تعیین می‌شود:

$$\varepsilon_m = I_m R = (5A) \times (10\Omega) = 50V$$

۳۱۷) در مبدل نشان داده شده، تعداد دورهای پیچۀ ثانویه (متصل به مقاومت R) بیشتر از تعداد دورهای پیچۀ اولیه (متصل به منبع جریان متناوب) است؛ بنابراین

مبدل افزایش دهنده بوده و برای افزایش ولتاژ، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳۱۸)

الف)

$$\frac{2\pi}{T} = 100\pi \Rightarrow \frac{2}{T} = 100 \Rightarrow T = \frac{2}{100} = \frac{1}{50} s$$

ب) زمان داده شده را در معادله جریان قرار می‌دهیم:

$$I = 4 \sin 100\pi \left(\frac{1}{200} \right) \Rightarrow I = 4 \sin \frac{\pi}{2} = 4A$$

۳۱۹)

$$\varepsilon = \varepsilon_m \sin \frac{2\pi}{T} t \Rightarrow \varepsilon = 6 \sin \frac{2\pi}{0.1} t \Rightarrow \varepsilon = 6 \sin 20\pi t$$

۳۲۰) الف)

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

$$(4 \times 10^{-3}) \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = 4 \times 10^{-3} A$$

$$t_2 = 4ms = 4 \times 10^{-3} s \Rightarrow I = 4 \times 10^{-3} \sin(250\pi \times 4 \times 10^{-3}) =$$

$$(4 \times 10^{-3}) \sin \pi = 0$$

ب) نمودار جریان متناوب، یک نمودار سینوسی است.

$$\frac{2\pi}{T} = 250\pi \Rightarrow T = \frac{2\pi}{250\pi} = 0.008$$

