



چهارشنبه
۱۴۰۴/۰۱/۰۶

دفترچه پاسخ

مغناطیس و
القای الکترومغناطیسی
(فصل ۳ یازدهم)

دوبینگ‌ماز

گروه آزمایشی علوم تجربی
فیزیک

دیراستاران	طراحان	مسئول درس	درس
محمدجواد سورچی پویا هدایتی	مجید رجبی وندچالی - سجاد صادقی‌زاده حامد نبی‌منصور - رشاد براتی آروین صالحی	سجاد صادقی‌زاده سعید احمدی	فیزیک

دوازدهم ۴	دوازدهم ۳	دوازدهم ۲	دوازدهم ۱	یازدهم ۳	یازدهم ۲	یازدهم ۱	دهم ۳ و ۴	دهم ۱ و ۲
هفته ششم	هفته پنجم	هفته چهارم	هفته سوم	هفته دوم	هفته اول			

۵۵ روز جمع‌بندی تا کنکور اردیبهشت

حق چاپ و تکثیر سؤالات به هر روش (الکترونیکی و ...) پس از برگزاری آزمون برای تمامی اشخاص حقیقی و حقوقی تنها با مجوز «گروه ماز» مجاز می‌باشد و با متخلفین برابر مقررات رفتار می‌شود.

به دلیل عدم رضایت تیم ماز، هر گونه استفاده غیرقانونی از دفترچه سؤالات و پاسخنامه ماز برای تمامی اشخاص، شرعاً حرام است.



اهمیت مباحث این آزمون در کنکور...

رسیدیم به مباحث مربوط به «مغناطیس» و «القای الکترومغناطیسی» که در یک فصل از کتاب درسی قرار گرفته. کلی تست خوب که منتظرمنه! بچه‌ها با توجه به روند سؤالات کنکور توی چند سال گذشته، تصمیم گرفتیم بیش‌تر تمرکزمون رو توی سؤالات این فصل روی حل مدار و سؤالات متنوع مربوط به اونا بذاریم.

فصل ۳ فیزیک یازدهم

۱- مباحث اصلی این فصل چیا هستن؟

توی نمودارهای زیر سرفصل‌های مهم این مبحث رو براتون آوردیم:



توی این آزمون سعی کردیم از همه سرفصل‌های بالا، تست‌های متنوعی رو براتون آماده کنیم.

۲- چرا این فصل مهمه؟

جواب دادن به سؤالاتی کنکور از این مباحث خیلی کار سختی نیست، چون تست‌های اونا معمولاً تیپ‌های تکراری و مشخصی داره که توی کنکورهای اخیر همیشه داره تکرار می‌شه و ما هم سعی کردیم توی آزمون‌هامون بیش‌تر این تیپ سؤالات رو براتون پوشش بدیم. پس یادتون باشه اگه سؤالاتی کنکور چند سال اخیر و سؤالاتی دوبینگ رو خوب بررسی کنین، شانس خیلی خوبی برای جواب دادن به تست‌های این فصل دارین!

۳- توی کنکورهای اخیر چند سؤال از این فصل اومده؟

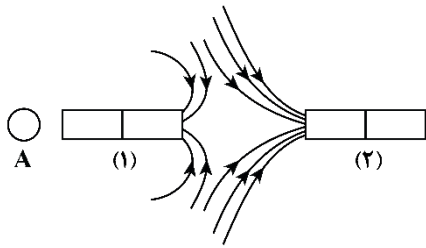
قبل از این‌که بریم سراغ سؤالاتی آزمون خودمون، می‌تونین توی جدول زیر تعداد تست‌هایی که از «مغناطیس» و «القای الکترومغناطیسی» در کنکورهای اخیر اومده رو ببینین!

سال	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲ (نوبت اول)	۱۴۰۲ (نوبت دوم)	۱۴۰۳ (نوبت اول)	۱۴۰۳ (نوبت دوم)
رشته							
تجربی	۲	۲	۳	۳	۳	۳	۳
ریاضی	۴	۵	۴	۴	۴	۵	۴



۱- مطابق شکل زیر، خطوط میدان مغناطیسی اطراف دو آهنربای میله‌ای که در مجاورت یکدیگر هستند، رسم شده است. کدام آهنربا قوی‌تر است و جهت

قرارگیری عقربه قطب‌نمای A به چه سمتی است؟



- (۱) (۱) ←
- (۲) (۲) ←
- (۳) (۱) →
- (۴) (۲) →

(آسان - مفهومی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

گام اول:

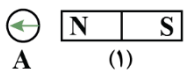
خطوط میدان در شکل به سمت دو قطب مجاور است در نتیجه هر دو قطب S هستند.

گام دوم:

تراکم خطوط اطراف آهنربای (۲) بیش‌تر است، پس آهنربای (۲) قوی‌تر است.

گام آخر:

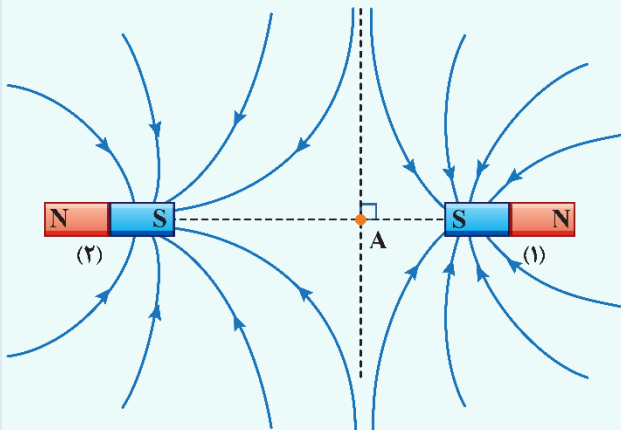
عقربه قطب‌نما، هم‌جهت با بردار میدان مغناطیسی آهنربای (۱) در آن نقطه است، پس داریم:



نکته

۱- جهت‌گیری عقربه مغناطیسی در یک نقطه همواره مماس بر خط میدان مغناطیسی در آن نقطه و در جهت آن است.

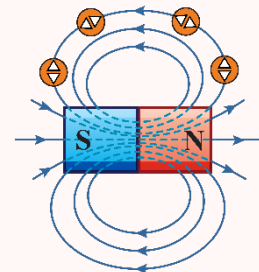
۲- هنگامی که قطب‌های هم‌نام دو آهنربا در مجاور هم قرار می‌گیرند، خطوط میدان مغناطیسی یکدیگر را دفع می‌کنند و در نقطه‌ای نزدیک‌تر به آهنربای ضعیف‌تر، میدان خالص، صفر می‌شود.



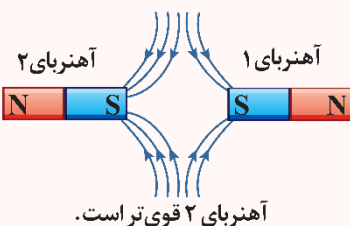
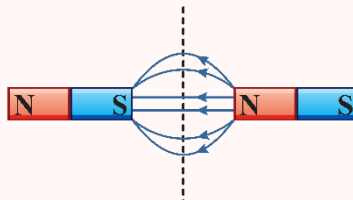
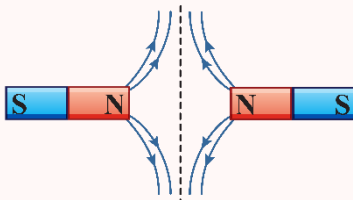
میدان خالص در نقطه A، صفر است و این نقطه نزدیک‌تر به آهنربای (۱) است. بنابراین، آهنربای (۲) قوی‌تر از آهنربای (۱) است.

خطوط میدان اطراف آهنربا به صورت زیر است

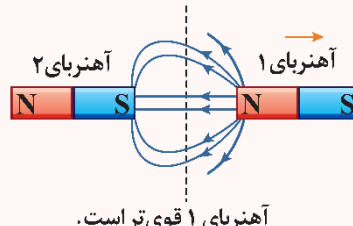
الف) خطوط میدان اطراف دو آهنربای مشابه:



ب) خطوط میدان اطراف دو آهنربای غیرمشابه (آهنرباهایی با قدرت متفاوت):



آهنربای ۲ قوی‌تر است.

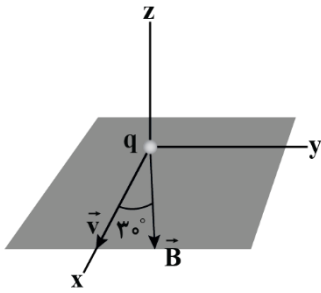


آهنربای ۱ قوی‌تر است.

گروه آموزشی ماز



۲- مطابق شکل زیر، ذره‌ای با بار $6\mu\text{C}$ و با تندی $500 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ در جهتی حرکت می‌کند که با میدان مغناطیسی یکنواخت به بزرگی 120G زاویه 30° می‌سازد. اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر این ذره چند نیوتون و جهت آن چگونه است؟



- (۱) $3/6 \times 10^{-5}$ در جهت محور Z
- (۲) $3/6 \times 10^{-5}$ در خلاف جهت محور Z
- (۳) $1/8 \times 10^{-5}$ در جهت محور Z
- (۴) $1/8 \times 10^{-5}$ در خلاف جهت محور Z

(آسان - مفهومی/محاسباتی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۳

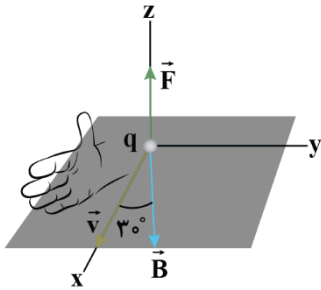
گام اول:

اندازه نیروی مغناطیسی برابر است با:

$$F = |q|vB \sin \theta \Rightarrow F = 6 \times 10^{-6} \times 500 \times 120 \times 10^{-4} \times \sin 30^\circ = 180 \times 10^{-7} \text{ N} = 1/8 \times 10^{-5} \text{ N}$$

گام آخر:

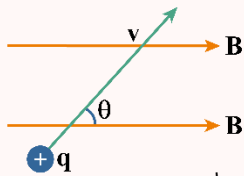
اگر چهار انگشت دست راست را در جهت \vec{v} قرار دهیم به گونه‌ای که \vec{B} از کف دست خارج شود، انگشت شست دست راست، جهت نیروی وارد بر بار مثبت را نشان می‌دهد.



نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی

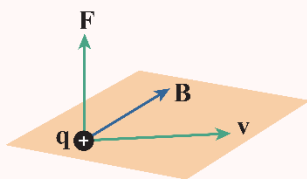
اگر ذره باردار با سرعت v در میدان مغناطیسی B حرکت کند، از طرف میدان مغناطیسی بر آن نیروی F وارد خواهد شد که این نیرو را نیروی مغناطیسی می‌نامند.

الف) محاسبه اندازه نیروی مغناطیسی:



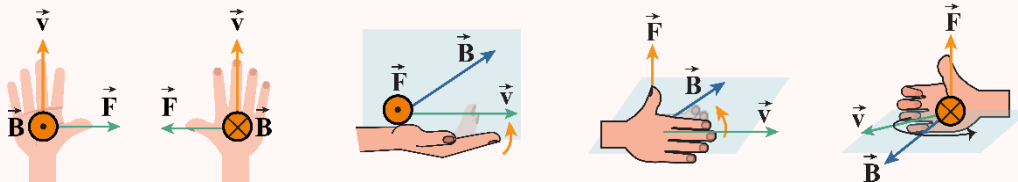
$$F_B = qvB \sin \theta$$

نیروی F بر هر دو بردار v و B عمود است؛ یعنی نیروی مغناطیسی بر صفحه‌ای که توسط سرعت و میدان مغناطیسی تشکیل می‌شود، عمود است.



ب) تعیین جهت نیروی مغناطیسی:

دست راست خود را طوری نگه داریم که انگشتان باز شده ما در جهت سرعت (v) باشد به گونه‌ای که وقتی آن‌ها را در جهت چرخش طبیعی انگشتان خم کنیم در جهت B قرار گیرد. در این حالت انگشت شست ما در جهت نیروی (F) وارد بر ذره باردار مثبت خواهد بود.



تذکره!

دقت کنید اگر بار الکتریکی ذره منفی بود، پس از استفاده از قاعده دست راست و به دست آوردن جهت نیروی F ، باید آن را قرینه کنیم (یا می‌توانیم از همان ابتدا چون بار ذره منفی است، از قاعده دست چپ استفاده کنیم).



مثال

بار الکتریکی q با سرعت \vec{v} وارد میدان مغناطیسی \vec{B} می‌شود و نیروی مغناطیسی \vec{F} به آن وارد می‌شود. چه تعداد از گزاره‌های زیر الزاماً صحیح است؟
الف: بردار \vec{F} بر بردار \vec{v} عمود است.
ب: بردار \vec{B} بر بردار \vec{v} عمود است.
پ: بردار \vec{B} بر بردار \vec{F} عمود است.
ت: اگر \vec{v} بر \vec{B} عمود باشد، اندازه \vec{F} بیشینه می‌شود.

پاسخ تشریحی:

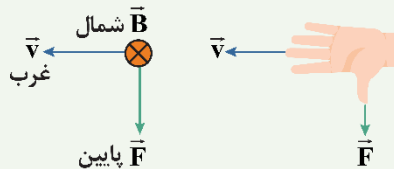
مطابق درس‌نامه فوق، عبارت‌های «الف»، «پ» و «ت» الزاماً صحیح هستند، ولی عبارت «ب» می‌تواند صحیح باشد یا نباشد؛ بنابراین ۳ تا از عبارت‌های داده شده الزاماً صحیح هستند.

مثال

بار الکتریکی $q = +10 \mu\text{C}$ با تندی $\frac{m}{s}$ به سمت غرب پرتاب می‌شود و از میدان مغناطیسی یکنواختی به شدت 4 T که جهت آن به سمت شمال است می‌گذرد. نیروی مغناطیسی وارد بر این بار چند نیوتون است و جهت آن به کدام سو می‌باشد؟

پاسخ تشریحی:

برای تعیین جهت نیرو مطابق قاعده دست راست می‌توان فهمید جهت نیروی مغناطیسی به سمت پایین است. به شکل زیر دقت کنید.

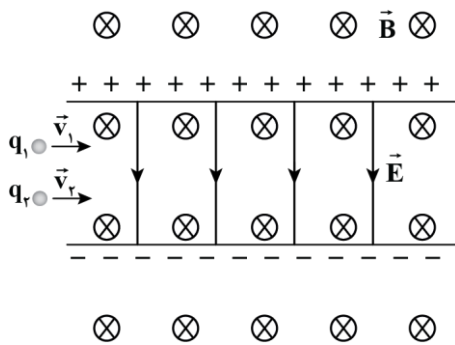


برای محاسبه اندازه نیرو هم می‌توان نوشت:

$$F = qvB \sin \alpha = 10 \times 10^{-6} \times 500 \times 0 / 4 \times \sin 90^\circ = 2 \times 10^{-3} \text{ N}$$

گروه آموزشی ماز

۳- مطابق شکل زیر، دو ذره باردار با جرم‌های ناچیز و با تندی‌های v_1 و v_2 در جهت‌های نشان داده شده که عمود بر میدان‌های یکنواخت \vec{B} و \vec{E} است، وارد فضای این میدان‌ها می‌شوند. اگر هر دو ذره در همان جهت‌ها و بدون انحراف به حرکت خود ادامه دهند، چه تعداد از موارد زیر الزاماً درست است؟ (از نیرویی که بارهای q_1 و q_2 به یکدیگر وارد می‌کنند، صرف نظر کنید.)

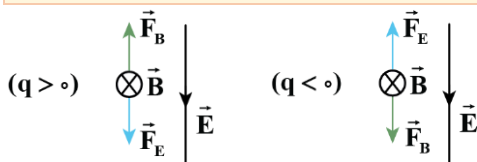


الف: بار ذره‌ها، هم‌نام است.
ب: اندازه بار هر دو ذره، یکسان است.
پ: تندی هر دو ذره، یکسان است.

- ۱) صفر
- ۲) ۱
- ۳) ۲
- ۴) ۳

(متوسط - مفهومی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۲



ابتدا مسئله را برای یک ذره بررسی می‌کنیم. سپس، به مقایسه دو ذره می‌پردازیم. اگر ذره‌ای در مسیر مستقیم و بدون انحراف از بین میدان‌های فوق عبور کند، باید نیروی مغناطیسی (\vec{F}_B) و نیروی الکتریکی (\vec{F}_E) وارد بر ذره، قرینه یکدیگر باشند تا نیروی خالص وارد بر ذره، صفر شود. همان‌طور که پیداست، در هر دو حالت ($q < 0$ ، $q > 0$) نیروهای \vec{F}_E و \vec{F}_B خلاف جهت یکدیگرند؛ بنابراین، بارهای q_1 و q_2 می‌توانند هم‌نام یا ناهم‌نام باشند (نادرستی مورد «الف»).

$$F_B = F_E \Rightarrow |q|vB \sin 90^\circ = |q|E \Rightarrow v = \frac{E}{B}$$

بنابراین، تندی ذره به اندازه بار الکتریکی آن بستگی ندارد (نادرستی مورد «ب») و فقط به اندازه دو میدان بستگی دارد (درستی مورد «پ»).

$$v_1 = v_2 = \frac{E}{B}$$



نکته

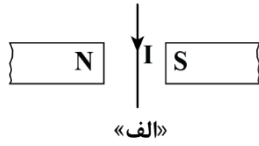
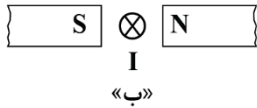
اگر ذره‌ای با جرم ناچیز، عمود بر دو میدان الکتریکی و مغناطیسی حرکت کند و از مسیر خود منحرف نشود، می‌توان نوشت:

$$F_B = F_E$$

$$\Rightarrow |q|vB = |q|E \Rightarrow E = vB$$

گروه آموزشی ماز

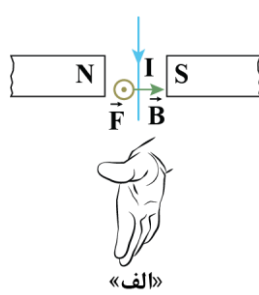
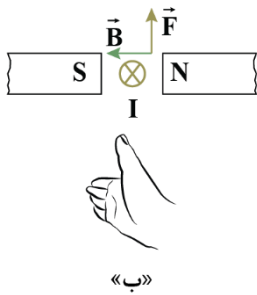
۴- جهت نیروی وارد بر سیم‌های حامل جریان در شکل‌های «الف» و «ب» به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



- (۱) \uparrow, \odot
- (۲) \uparrow, \leftarrow
- (۳) \downarrow, \odot
- (۴) \downarrow, \leftarrow

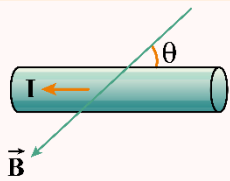
(آسان - مفهومی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۱



طبق قاعده دست راست، چهار انگشت دست راست را در جهت جریان سیم قرار می‌دهیم، طوری که میدان مغناطیسی از کف دست خارج شود. در این حالت، انگشت شست دست راست جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم را نشان می‌دهد.

اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان



$$F_B = ILB \sin \theta$$

I: جریان عبوری از سیم

B: اندازه میدان مغناطیسی یکنواخت

F: اندازه نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

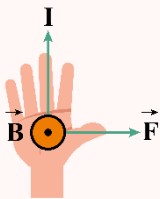
L: طول بخشی از سیم رسانا که در میدان مغناطیسی قرار دارد.

θ : زاویه‌ای که امتداد سیم با خطوط میدان مغناطیسی می‌سازد.

جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

قاعده دست راست

دست راست خود را طوری نگه داریم که انگشتان باز شده ما در جهت جریان الکتریکی باشد به گونه‌ای که وقتی آن‌ها را در جهت چرخش طبیعی انگشتان خم کنیم در جهت میدان مغناطیسی قرار بگیرد. در این حالت انگشت شست ما در جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم خواهد بود.

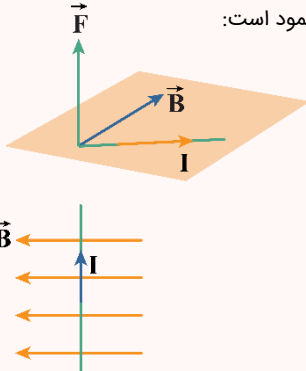


B: کف دست راست در جهت میدان مغناطیسی

I: چهار انگشت دست راست در جهت جریان الکتریکی

F: شست دست راست در جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم

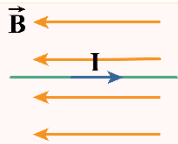
نیرویی که در میدان مغناطیسی بر سیم حامل جریان الکتریکی وارد می‌شود، بر راستای سیم و نیز بر راستای میدان مغناطیسی، عمود است:



یعنی نیروی مغناطیسی بر صفحه‌ای که توسط جریان و میدان مغناطیسی تشکیل می‌شود، عمود است.

اگر سیم حامل جریان در راستای عمود بر میدان مغناطیسی قرار بگیرد، حداکثر نیروی مغناطیسی به آن وارد می‌شود.

$$\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin \theta = 1 \Rightarrow F_m = ILB$$



اگر سیم حامل جریان در راستای میدان مغناطیسی قرار بگیرد، از طرف میدان مغناطیسی به آن نیرو وارد نمی‌شود.

$$\theta = 0 \Rightarrow \sin \theta = 0 \Rightarrow F_B = 0$$

گروه آموزشی ماز

۵- درون میدان مغناطیسی یکنواخت $\vec{B} = (1/2T)\vec{i} - (0/5T)\vec{j}$ ، سیمی حامل جریان الکتریکی $2A$ بر روی محور x قرار دارد. بر هر متر از این سیم، چند نیوتون نیروی مغناطیسی وارد می‌شود؟

۲/۶ (۴)

۲/۴ (۳)

۱/۲ (۲)

۱ (۱)

(آسان - محاسباتی - ۱۱۰۳)

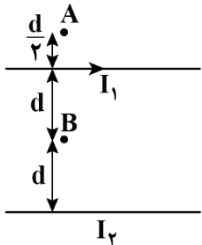
پاسخ: گزینه ۱

چون سیم در راستای محور x قرار دارد، فقط مؤلفه \vec{j} میدان باعث وارد شدن نیروی مغناطیسی بر آن می‌شود؛ بنابراین داریم:

$$F = B_y I L \sin 90^\circ = 0/5 \times 2 \times 1 \times 1 = 1N$$

گروه آموزشی ماز

۶- در شکل زیر، دو میله بلند، موازی و حامل جریان در کنار هم قرار دارند. اگر میدان مغناطیسی خالص در نقطه A صفر باشد، جریان کدام سیم، قوی‌تر است و جهت میدان مغناطیسی خالص در نقطه B به کدام سمت است؟



- ⊗، I_1 (۱)
- ⊙، I_1 (۲)
- ⊗، I_2 (۳)
- ⊙، I_2 (۴)

(متوسط - مفهومی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۳

گام اول:

میدان مغناطیسی خالص در نقطه A صفر و جهت میدان حاصل از میله (۱) در نقطه A ، برون سو است. پس میدان B_2 باید درون سو باشد. در نتیجه جهت جریان I_2 به سمت چپ است.

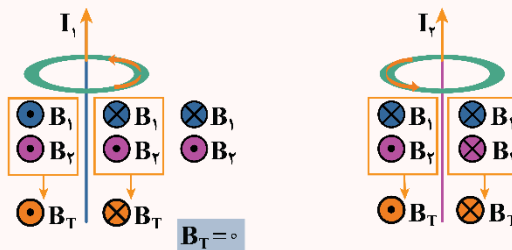
گام دوم:

جریان I_2 گرچه فاصله بیشتری با نقطه A دارد ولی میدان آن هم اندازه با میدان I_1 است؛ در نتیجه $I_2 > I_1$ است.

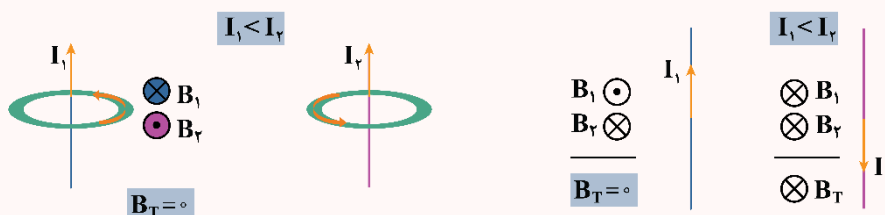
گام آخر:

فاصله نقطه B تا هر دو میله به یک اندازه است و هر دو جریان، میدانی درون سو دارند. در نتیجه برایند میدان‌ها درون سو (\otimes) است.

محاسبه میدان خالص در فضای بین و اطراف دو سیم حامل جریان



اگر جریان دو سیم هم جهت باشند، اگر خلاف جهت باشند، خارج دو سیم و در هر دو حالت نزدیک به سیم با جریان کمتر میدان مغناطیسی خالص صفر است.





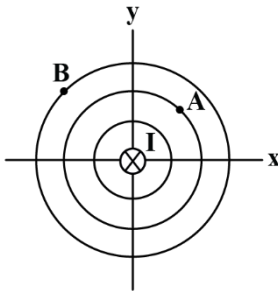
نیروی بین سیم‌های موازی حامل جریان

اگر جریان‌ها در یک جهت از دو سیم موازی بگذرند، نیروی بین آن‌ها **ربایشی** است. همچنین اگر جریان‌ها در دو جهت مخالف از دو سیم موازی بگذرند، نیروی بین آن‌ها **رانشی** است.



گروه آموزشی ماز

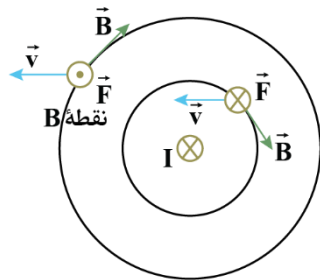
۷- شکل زیر، یک سیم راست و بلند حامل جریان **I** را نشان می‌دهد، که عمود بر صفحه به سمت داخل صفحه است. دایره‌های هم‌مرکز خطوط میدان مغناطیسی در اطراف سیم را نشان می‌دهد. دو الکترون در خلاف جهت محور **x** از نقاط **A** و **B** عبور می‌کنند. بردار نیروی مغناطیسی وارد بر این دو الکترون در نقطه‌های **A** و **B**، به ترتیب از راست به چپ، کدام‌اند؟



- (۱) ↗ و ↖
- (۲) ⊗ و ⊙
- (۳) ⊙ و ⊗
- (۴) ↘ و ↙

(متوسط - مفهومی - ۱۱۰۳)

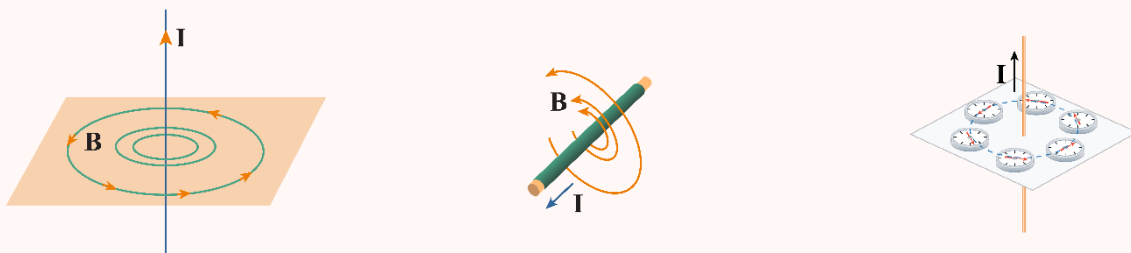
پاسخ: گزینه ۲



طبق قاعده دست راست، جهت میدان مغناطیسی و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر الکترون در نقاط **A** و **B** به صورت مقابل است:
توجه کنید که بار الکترون، منفی است و جهت‌های به‌دست‌آمده برای نیروی \vec{F} با استفاده از قاعده دست راست، باید برعکس شوند.

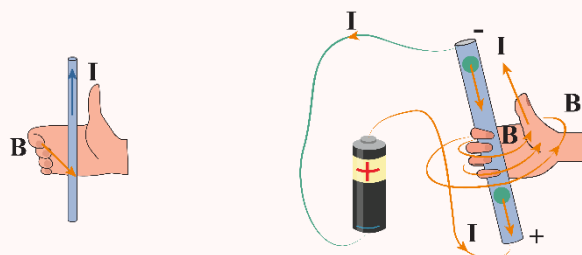
آزمایش اورستد

عبور جریان الکتریکی از یک سیم رسانا در اطراف آن یک میدان مغناطیسی به‌وجود می‌آورد. خط‌های میدان مغناطیسی حاصل از یک سیم حامل جریان به صورت دایره‌های هم‌مرکز در اطراف سیم حامل جریان هستند.



تعیین جهت میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی به کمک قاعده دست راست

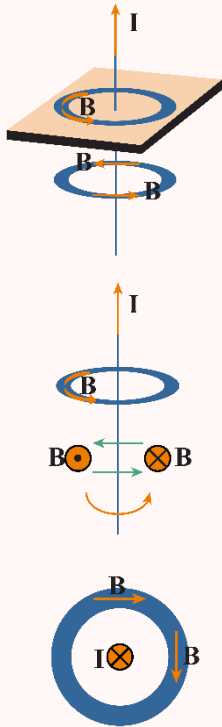
اگر سیم را در دست راست خود بگیرید به‌گونه‌ای که انگشت شست در جهت جریان الکتریکی باشد، جهت خم شدن چهار انگشت شما، جهت خط‌های میدان مغناطیسی را در اطراف سیم نشان می‌دهد.





حالت اول: سیم حامل جریان درون صفحه باشد.

اگر سیم حامل جریان درون صفحه باشد، خطوط میدان مغناطیسی آن عمود بر صفحه خواهد شد.



در این حالت در چهار نقطه، میدان مغناطیسی حائز اهمیت است:

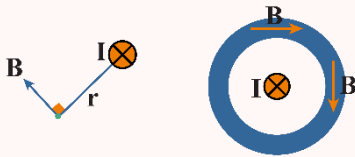
- ۱- زیر سیم
- ۲- روی سیم
- ۳- سمت راست سیم
- ۴- سمت چپ سیم

حالت دوم: سیم حامل جریان عمود بر صفحه باشد.

اگر سیم حامل جریان عمود بر صفحه باشد، خطوط میدان مغناطیسی آن درون صفحه قرار می‌گیرد.

پیدا کردن جهت میدان مغناطیسی در یک نقطه

ابتدا از نقطه موردنظر به سیم وصل کنید (r)، میدان مغناطیسی در این نقطه الزاماً بر r عمود است. پس در نقطه موردنظر یک خط عمود بر r رسم کنید و با قاعده دست راست یکی از جهت‌ها را برای میدان مغناطیسی انتخاب کنید.



عوامل مؤثر بر میدان سیم حامل جریان:

هرچقدر جریان سیم بزرگ‌تر باشد میدان مغناطیسی آن قوی‌تر است.

$$\uparrow B \propto I \uparrow$$

هرچقدر به سیم حامل جریان نزدیک‌تر شویم میدان مغناطیسی قوی‌تر خواهد شد.

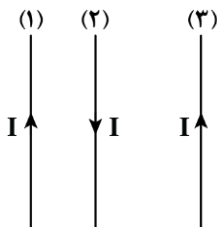
$$\uparrow B \propto \frac{1}{r} \downarrow$$

میدان مغناطیسی در نقاطی که به یک فاصله از سیم قرار دارند یکسان است.

$$r_1 = r_2 \Rightarrow B_1 = B_2$$

گروه آموزشی ماز

۸- مطابق شکل، سه سیم راست و بلند حامل جریان الکتریکی برابر، موازی یکدیگر قرار دارند. جهت نیروی خالص مغناطیسی وارد بر سیم‌های (۱) و (۲) به ترتیب از راست به چپ کدام است؟



(۱) ←، →

(۲) ←، ←

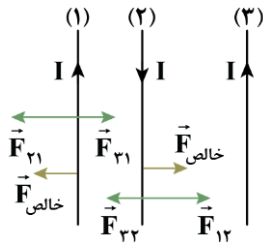
(۳) ←، →

(۴) →، →



(متوسط - مفهومی - ۱۱۰۳)

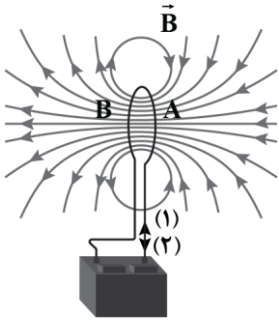
پاسخ: گزینه ۱



اگر جریان سیم‌ها هم‌جهت باشد، نیروی بین آن‌ها جاذبه و اگر جریان آن‌ها در خلاف جهت هم باشد، نیروی بین آن‌ها دافعه است. با توجه به این موضوع بردار نیروهای وارد بر سیم‌ها را رسم می‌کنیم. دقت کنید با توجه به برابر بودن جریان‌ها، هرچه فاصله بین سیم‌ها بیشتر باشد، نیروی بین آن‌ها ضعیف‌تر است.

گروه آموزشی ماز

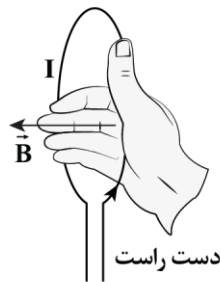
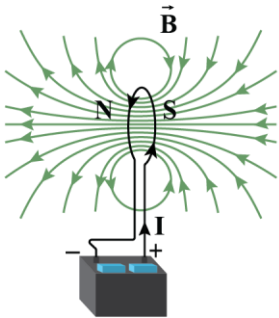
۹- شکل زیر، خطوط میدان مغناطیسی اطراف یک حلقه حامل جریان را نشان می‌دهد. جریان الکتریکی در سیم در جهت است و قطب A آهنربای ایجادشده، قطب مغناطیسی است.



- N, (۱) (۱)
- N, (۲) (۲)
- S, (۱) (۳)
- S, (۲) (۴)

(آسان - مفهومی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۳



با توجه به این‌که خطوط میدان درون حلقه از S به N است، قطب A همان قطب S مغناطیسی است. برای یافتن جهت جریان از قاعده دست راست کمک می‌گیریم:

گروه آموزشی ماز

۱۰- سیم‌لوله‌ای آرمانی به طول ۲۰cm دارای ۵۰۰ حلقه نزدیک به هم است. تعداد حلقه‌های سیم‌لوله را ۲ برابر می‌کنیم و جریان گذرنده از سیم‌لوله را ۴۰۰mA افزایش می‌دهیم. در نتیجه، میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله و دور از لبه‌های آن، ۳ برابر می‌شود. میدان مغناطیسی اولیه درون سیم‌لوله چند

گوس بوده است؟ $(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T.m}{A})$

- ۱۲ (۴)
- ۱/۲ (۳)
- ۰/۶ (۲)
- ۶ (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۱

نکته

طول یک سیم‌لوله (L) برابر است با تعداد دور سیم‌لوله (N) ضربدر فاصله بین دو حلقه متوالی (d); بنابراین، با افزایش تعداد دور سیم‌لوله، طول سیم‌لوله نیز به همان نسبت افزایش می‌یابد. در نتیجه، میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله، تغییر نمی‌کند $(B \propto \frac{N}{l})$.

گام اول:

با ۲ برابر شدن تعداد دور سیم‌لوله، طول سیم‌لوله نیز ۲ برابر می‌شود؛ بنابراین:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{l} \Rightarrow \frac{B_2}{B_1} = \frac{N_2}{N_1} \times \frac{l_1}{l_2} \times \frac{I_2}{I_1} = \frac{2N_1}{N_1} \times \frac{l_1}{2l_1} \times \frac{I_1 + 0/4}{I_1}$$

$$\Rightarrow \frac{3B_1}{B_1} = \frac{I_1 + 0/4}{I_1} \Rightarrow 3I_1 = I_1 + 0/4 \Rightarrow I_1 = 0/2A$$

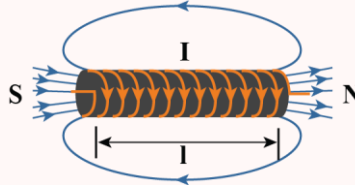


گام آخر:

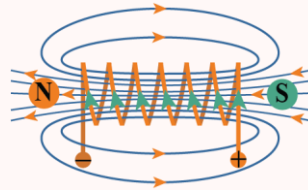
$$B_1 = \frac{\mu_0 N I_1}{l_1} = \frac{12 \times 10^{-7} \times 500 \times 0.2}{0.2} = 6 \times 10^{-4} \text{ T} = 6 \text{ G}$$

میدان مغناطیسی حاصل از سیمولوله حامل جریان

سیمولوله، سیم درازی است که به صورت مارپیچی بلند، پیچیده شده است. با عبور جریان الکتریکی از سیمولوله در فضای اطراف آن میدان مغناطیسی به وجود می‌آید.



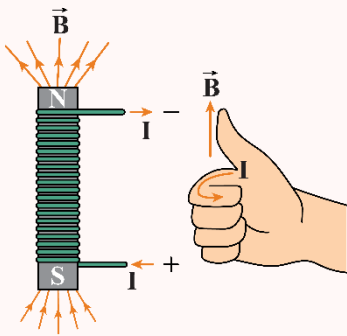
خط‌های میدان در داخل سیمولوله، به‌ویژه در نقطه‌های نسبتاً دور از لبه‌های آن، تقریباً موازی و هم‌فاصله‌اند و این، نشانگر یکنواخت بودن میدان مغناطیسی درون سیمولوله است.



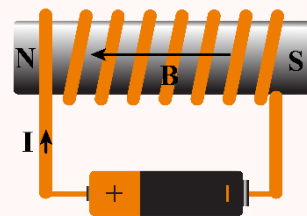
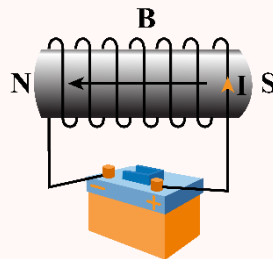
خط‌های میدان داخل سیمولوله بسیار متراکم‌تر از خط‌های میدان در خارج آن است و این نشانگر بزرگ‌تر بودن میدان در داخل سیمولوله است.

تعیین جهت میدان مغناطیسی سیمولوله:

جهت میدان مغناطیسی سیمولوله به کمک قاعده دست راست که در شکل نشان داده شده است تعیین می‌شود:



مثال: تعیین جهت میدان مغناطیسی سیمولوله:



سیمولوله آرمانی

اگر قطر حلقه‌های سیمولوله در مقایسه با طول آن، بسیار کوچک و حلقه‌های آن، خیلی به هم نزدیک باشند، به این سیمولوله، **سیمولوله آرمانی** گفته می‌شود.



میدان مغناطیسی سیمولوله آرمانی:

میدان مغناطیسی داخل یک سیمولوله آرمانی در نقطه‌های دور از لبه‌ها یکنواخت است و اندازه آن از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

μ_0 : تراوایی مغناطیسی خلأ $(\frac{T \cdot m}{A})$

N : تعداد دورهای سیمولوله

L : طول سیمولوله

I : جریان عبوری از سیمولوله

صورت دوم میدان مغناطیسی سیمولوله آرمانی:

$$n = \frac{N}{L} \Rightarrow B = \mu_0 n I$$

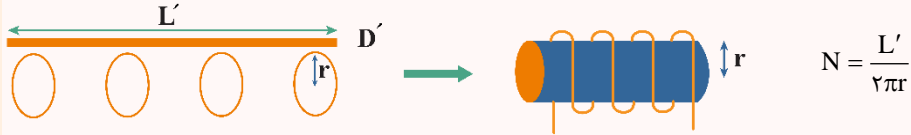
N : تعداد دورهای سیمولوله

n : تعداد دورها در واحد طول سیمولوله

L : طول سیمولوله



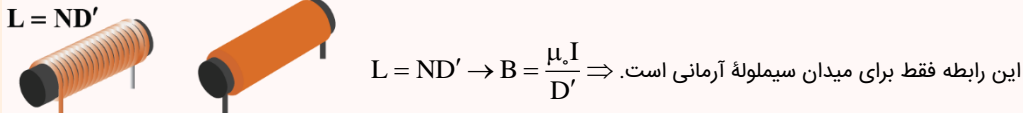
محاسبه تعداد حلقه‌های سیمولوله:



$N = \frac{L'}{\pi D'}$
 تعداد دورهای سیمولوله: N
 شعاع سیمولوله (حلقه‌ها): r
 L' : طول سیم
 D' : قطر (ضخامت) سیم

صورت دیگر میدان مغناطیسی سیمولوله منظم:

سیمولوله آرمانی: سیمولوله‌ای که بین حلقه‌ها هیچ فاصله‌ای نباشد و حلقه‌ها روی هم قرار نگرفته باشند.



این رابطه فقط برای میدان سیمولوله آرمانی است. $B = \frac{\mu_0 I}{D'}$
 $L = ND'$
 D' : قطر (ضخامت) سیم
 I: جریان عبوری از سیمولوله

عوامل مؤثر بر میدان مغناطیسی سیمولوله:

جریان عبوری از سیمولوله: هرچه قدر جریان بیش‌تری از سیمولوله عبور کند، میدان مغناطیسی آن قوی‌تر است.

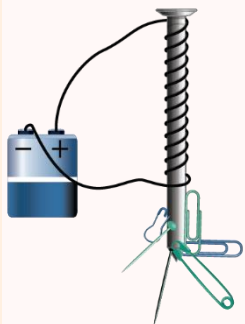
$B \propto I$

تعداد دور در واحد طول سیمولوله: هرچه قدر تعداد دورها در واحد طول سیمولوله بیش‌تر باشد، میدان مغناطیسی سیمولوله قوی‌تر خواهد شد.

$B \propto n$

میدان مغناطیسی سیمولوله به تعداد حلقه‌ها و طول سیمولوله به‌تنهایی بستگی ندارد و با نسبت آن‌ها، یعنی $\frac{N}{L}$ رابطه مستقیم دارد.

وجود هسته آهنی باعث تقویت میدان مغناطیسی سیمولوله می‌شود. میدان مغناطیسی سیمولوله بدون هسته آهنی به قدری ضعیف است که در عمل کاربردهای کمی دارد.



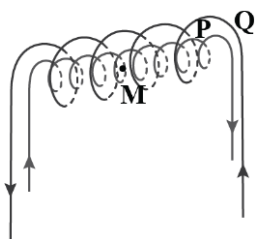
آهنربای الکتریکی سیمولوله با هسته آهنی:

وقتی جریانی در سیمولوله برقرار می‌شود، میدان مغناطیسی سیمولوله، در هسته آهنی خاصیت مغناطیسی القا می‌کند و هسته آهنی، آهنربا می‌شود. این آهنربا را آهنربای الکتریکی می‌نامند.

آهنربای الکتریکی صنعتی شامل پیچهای حامل جریان است که تعداد دور سیم زیادی دارد و میدان مغناطیسی حاصل از آن قادر است مقدار زیادی میله‌های فولادی و دیگر قراضه‌های آهنی را بلند کند.

گروه آموزشی ماز

۱۱- در شکل زیر، دو سیمولوله P و Q هم‌محورند و طول برابر ۲۰cm دارند. تعداد دور سیمولوله P برابر ۲۰۰ و تعداد دور سیمولوله Q برابر ۳۰۰ است. اگر جریان ۱A از سیمولوله Q و جریان ۱/۵A از سیمولوله P عبور کند، میدان مغناطیسی خالص در نقطه M بر روی محور دو سیمولوله چند گاوس است؟



- $(\mu_0 = 12 \times 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A})$
- ۱۸ (۱)
 - ۳۶ (۲)
 - ۹ (۳)
 - صفر (۴)

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۴

میدان مغناطیسی دو سیمولوله هم‌اندازه است:

$$B = \mu_0 \frac{NI}{l} \Rightarrow \begin{cases} B_P = \mu_0 \frac{200 \times 1/5}{l} \\ B_Q = \mu_0 \frac{300 \times 1}{l} \end{cases} \Rightarrow B_P = B_Q$$

با توجه به در خلاف بودن جهت جریان سیمولوله‌ها، جهت میدان آن‌ها نیز در خلاف جهت یکدیگر است و میدان آن‌ها یکدیگر را خنثی می‌کند؛ بنابراین میدان مغناطیسی خالص برابر صفر است.

گروه آموزشی ماز



۱۲- چه تعداد از موارد زیر، درست است؟

الف: اتم‌های آلومینیوم خاصیت مغناطیسی ندارند.

ب: حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در نقره شود.

پ: در مواد فرومغناطیس، برخی حوزه‌های مغناطیسی در حضور میدان مغناطیسی خارجی، با آن هم‌سو می‌شوند، اما مرز بین حوزه‌ها جابه‌جا نمی‌شود.

ت: مواد پارامغناطیس برای ساختن آهنرباهای الکتریکی (آهنرباهای غیردائم) مناسب‌اند.

۳ (۴)

۲ (۳)

۱ (۲)

صفر (۱)

(آسان - خطبه‌خط کتاب درسی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

الف) آلومینیوم جزو مواد پارامغناطیسی است. اتم‌های این مواد، خاصیت مغناطیسی دارند اما دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آن‌ها، به‌طور کاتوره‌ای

سمت‌گیری کرده‌اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی‌کنند. (*)

ب) ویژگی ذکر شده مربوط به مواد دیامغناطیس، نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت است. (✓)

پ) در مواد فرومغناطیس، حوزه‌هایی که نسبت به میدان خارجی هم‌سو هستند، رشد می‌کنند و حجمشان زیاد می‌شود. از سوی دیگر، حجم حوزه‌هایی که

سمت‌گیری آن‌ها در راستای میدان نیست، کم می‌شود. در این فرایند، مرز بین بیشتر حوزه‌ها جابه‌جا می‌شود. (*)

ت) مواد فرومغناطیس نرم برای ساختن آهنرباهای الکتریکی مناسب‌اند. (*)

گروه آموزشی ماز

۱۳- اگر حلقه‌ای دایره‌ای که سطح آن عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت \vec{B} قرار دارد را به‌صورت قابی مربعی درآوریم و دوباره سطح آن را عمود

بر خطوط همان میدان قرار دهیم، شار مغناطیسی گذرنده از حلقه چه تغییری خواهد کرد؟ ($\pi = 3$)

۱) ۵۶ درصد کاهش می‌یابد. ۲) ۲۵ درصد کاهش می‌یابد. ۳) ۱۲۵ درصد افزایش می‌یابد. ۴) ۳۳ درصد افزایش می‌یابد.

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

گام اول:

وقتی حلقه به مربع تبدیل شود مساحت آن تغییر می‌کند اما محیط آن ثابت است.

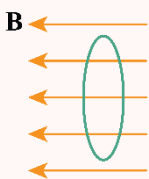
$$4a = 2\pi r \Rightarrow a = \frac{r}{2}$$

گام آخر:

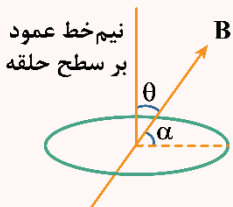
$$\frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{a^2}{\pi r^2} \Rightarrow \frac{\Phi_2}{\Phi_1} = \frac{(\frac{r}{2})^2}{\pi r^2} = \frac{r^2}{4\pi r^2} = \frac{1}{4\pi} \Rightarrow \frac{\Delta\Phi}{\Phi_1} \times 100 = \frac{-\frac{1}{4}\Phi_1}{\Phi_1} \times 100 = -25\%$$

شار مغناطیسی

مجموعه خطوط میدان مغناطیسی که از یک سطح بسته می‌گذرد را شار مغناطیسی می‌گویند.



شار مغناطیسی، کمیتی نرده‌ای است و برای میدان مغناطیسی یکنواخت B که از بیچه‌ای با مساحت معین A می‌گذرد به‌صورت زیر تعریف می‌شود:



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

A : مساحت بیچه (m^2)

B : میدان مغناطیسی (تسلا T)

Φ : شار مغناطیسی (وبر Wb)

θ : زاویه بین بردار میدان مغناطیسی و نیم‌خط عمود بر سطح حلقه

اگر در سؤالی زاویه میدان و سطح حلقه (یعنی α) داده شد، باید ابتدا آن را از 90° کم کنید و در رابطه قرار دهید:

$$\cos \theta = \sin \alpha \quad \text{یا} \quad \theta = 90^\circ - \alpha$$

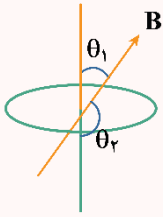
یکای شار مغناطیسی در SI وبر (Wb) است.

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

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \times 1 \text{ m}^2$$

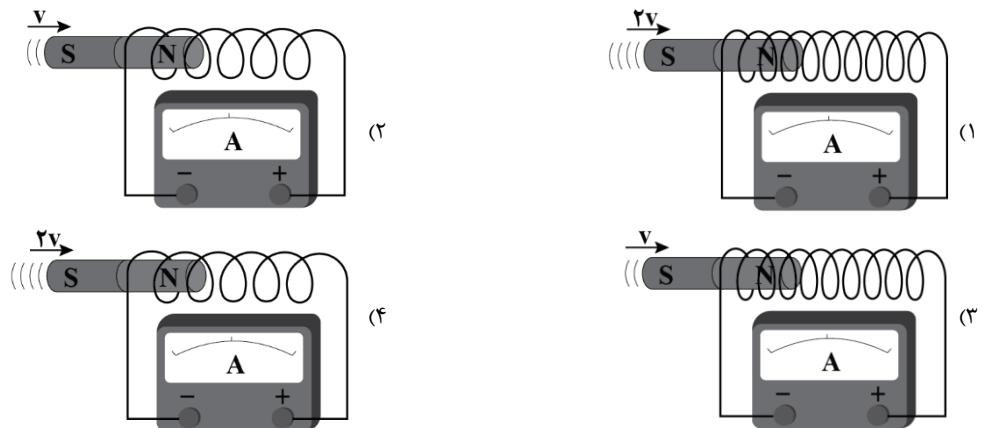


همواره دو جهت برای رسم نیم‌خط عمود بر سطح معین وجود دارد که علامت شار مغناطیسی عبوری از این سطح نیز به انتخاب این جهت بستگی دارد؛ یعنی برحسب انتخاب زاویه θ ، شار عبوری از سطح ممکن است مثبت یا منفی شود. پس در انتخاب این زاویه دقت کنید که در حل یک مسئله، نیم‌خط عمود بر سطح را در هر جهتی در نظر گرفتید تا پایان آن را تغییر ندهید.



گروه آموزشی ماز

۱۴- مطابق شکل‌های زیر، یک آهنربا را با تندی‌های مختلف وارد سیم‌لوله‌های متفاوت می‌کنیم. در کدام گزینه جریان اندازه‌گیری شده توسط گالوانومتر بزرگ‌تر است؟



(آسان - مفهومی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۱

طبق رابطه قانون القای فاراده، بزرگی نیروی محرکه القایی با تعداد حلقه‌ها رابطه مستقیم و با زمان تغییرات رابطه عکس دارد. در شکل گزینه (۱)، سرعت آهنربای میله‌ای بیش‌تر است، در نتیجه سریع‌تر حرکت می‌کند و بازه زمانی، کوچک‌تر می‌شود، از طرف دیگر تعداد حلقه‌های سیم‌لوله شکل گزینه (۱) نیز بیش‌تر است؛ بنابراین در این گزینه گالوانومتر عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد.

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

هرگاه شار مغناطیسی‌ای که از مدار بسته‌ای می‌گذرد تغییر کند، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که بزرگی آن با آهنگ تغییر شار مغناطیسی متناسب است؛ یعنی هرچه آهنگ تغییر شار مغناطیسی بیش‌تر باشد، نیروی محرکه القایی و در نتیجه جریان القایی تولیدشده در مدار بیش‌تر خواهد بود. قانون فاراده برای پیچه یا سیم‌لوله‌ای که از N دور مشابه تشکیل شده باشد طبق رابطه زیر بیان می‌شود:

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

$\bar{\varepsilon}$: نیروی محرکه القایی متوسط برحسب ولت N : تعداد حلقه‌ها Δt : زمان تغییر شار

$\Delta\Phi$: تغییر شار مغناطیسی $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$: آهنگ تغییر شار مغناطیسی برحسب وبر بر ثانیه

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{\varepsilon} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} \cos \theta : \text{اگر فقط میدان مغناطیسی تغییر کند.} \\ \bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta A}{\Delta t} B \cos \theta : \text{اگر فقط مساحت تغییر کند.} \\ \varepsilon = -NAB \frac{(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{\Delta t} : \text{اگر فقط زاویه تغییر کند.} \end{array} \right.$$

اگر مقاومت پیچه یا سیم‌لوله برابر R باشد، جریان القایی متوسط در آن از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$$

$\bar{\varepsilon}$: نیروی محرکه القایی متوسط برحسب ولت R : مقاومت پیچه یا سیم‌لوله

هرچه مقاومت پیچه یا مداری که در آن شار مغناطیسی تغییر می‌کند بیش‌تر باشد، جریان کوچک‌تری در آن القا می‌شود.

گروه آموزشی ماز



۱۵- پیچۀ مسطحی که دارای ۲۰ حلقه و مساحت هر حلقه آن 5 cm^2 است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی 400 G قرار دارد. اگر در مدت 0.2 s میدان مغناطیسی به صفر برسد، جریان متوسط القایی در پیچه چند آمپر خواهد بود؟ (مقاومت کل پیچه 4Ω است.)

- (۱) ۲۰ (۲) ۵ (۳) 5×10^{-3} (۴) 2×10^{-2}

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۳

بنابر قانون القای فاراده داریم:

$$|\varepsilon_{av}| = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow \left| -N \frac{B_1 A_1 \cos \theta_1 - B_2 A_2 \cos \theta_2}{\Delta t} \right| \Rightarrow \left| 20 \times \frac{(400 \times 10^{-4}) (5 \times 10^{-4}) (1) - 0}{0.2} \right| = 2 \times 10^{-2} \text{ V}$$

$$\Rightarrow |I_{av}| = \frac{|\varepsilon_{av}|}{R} = \frac{2 \times 10^{-2}}{4} = 5 \times 10^{-3} \text{ A}$$

گروه آموزشی ماز

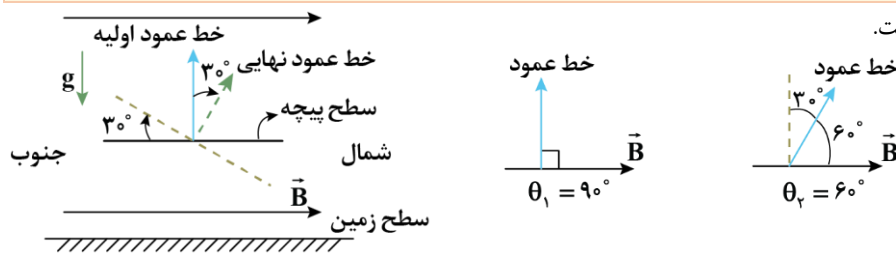
۱۶- مساحت هر حلقه پیچه‌ای 4 cm^2 و پیچه متشکل از ۵۰۰ حلقه است. در ابتدا سطح پیچه موازی با سطح زمین است. اگر پیچه در مدت 0.2 s حول قطری که در امتداد شرق - غرب است، به اندازه 30° بچرخد، اندازه نیروی محرکه متوسط القایی در آن چند ولت است؟ (اندازه میدان زمین را 4 G در نظر بگیرید و از شیب مغناطیسی صرف نظر کنید.)

- (۱) 0.02 (۲) $0.02\sqrt{3}$ (۳) ۲۰ (۴) $20\sqrt{3}$

(سخت - محاسباتی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۱

نحوه چرخش پیچه در درون میدان، مطابق شکل زیر است.



طبق قانون القای فاراده داریم:

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

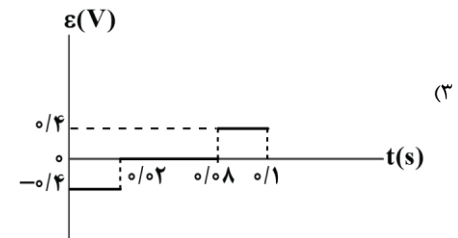
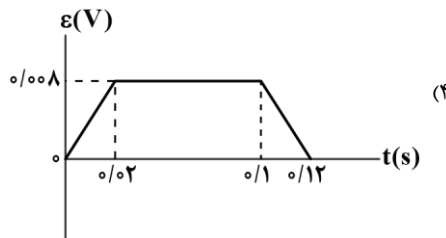
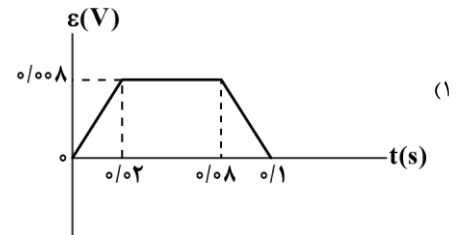
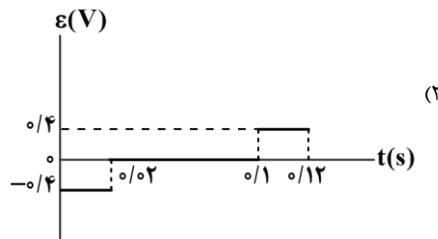
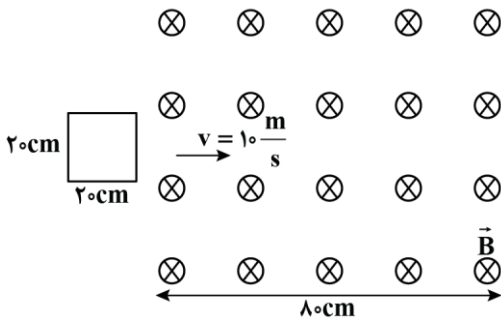
$$\Rightarrow \bar{\varepsilon} = -500 \times (0.4 \times 10^{-4}) \times (4 \times 10^{-4}) \times \frac{\cos 60^\circ - \cos 90^\circ}{0.2} = -0.02 \text{ V}$$

$$\Rightarrow |\bar{\varepsilon}| = 0.02 \text{ V}$$

گروه آموزشی ماز

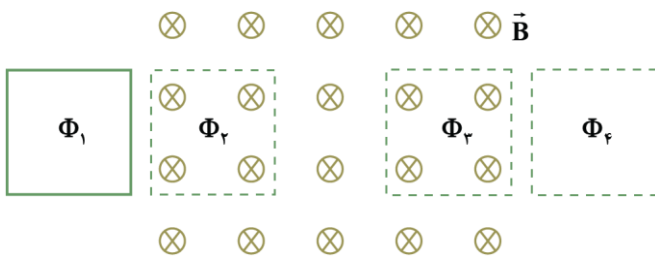


۱۷- مطابق شکل زیر، حلقهٔ رسانای مربع شکلی به ضلع 20cm در لحظه $t=0$ با تندی ثابت $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ وارد میدان مغناطیسی درون سوی \vec{B} به بزرگی 0.2T می‌شود. کدام گزینه، نمودار نیروی محرکه القایی در حلقه را بر حسب زمان به درستی نشان می‌دهد؟ (بردار عمود بر سطح حلقه را درون سو در نظر بگیرد.)



(متوسط - نموداری - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۳



ابتدا شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در هریک از وضعیت‌های زیر به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \Phi_1 = \Phi_4 = 0 \text{ Wb} \\ \Phi_2 = \Phi_3 = BA \cos \theta = 0.2 \times 0.2 \times \cos 0 = 0.008 \text{ Wb} \end{cases}$$

به علت ثابت بودن تندی حلقه، نیروی محرکه القایی در حین ورود حلقه به میدان و نیز خروج حلقه از میدان، ثابت و برابر با نیروی محرکه القایی متوسط است.

گام اول:

(ورود حلقه به میدان)

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{0.2}{10} = 0.02 \text{ s} \Rightarrow \varepsilon_{av} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = -1 \times \frac{0.008 - 0}{0.02} = -0.4 \text{ V}$$

گام دوم:

(مدت زمانی که حلقه به طور کامل درون میدان قرار دارد.)

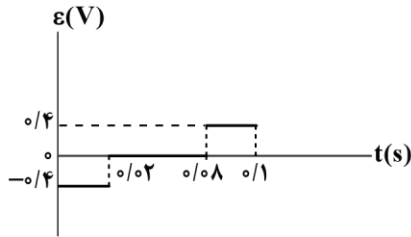
$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{0.6}{10} = 0.06 \text{ s}$$

در این مرحله، شار عبوری از حلقه، تغییر نمی‌کند؛ بنابراین، نیروی محرکه القایی، صفر است.

گام آخر:

(خروج حلقه از میدان)

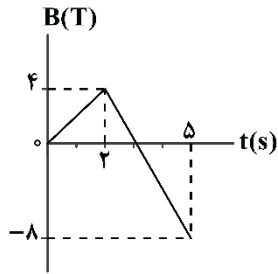
$$\Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{0.2}{10} = 0.02 \text{ s} \Rightarrow \varepsilon_{av} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -N \frac{\Phi_4 - \Phi_3}{\Delta t} = -1 \times \frac{0 - 0.008}{0.02} = 0.4 \text{ V}$$



بنابراین نمودار گزینه (۳)، نیروی محرکه القایی را به درستی نشان می‌دهد.

گروه آموزشی ماز

۱۸- نمودار تغییرات میدان مغناطیسی گذرنده از یک پیچه دارای ۱۰۰ حلقه به مساحت 200 cm^2 مطابق شکل زیر است. اگر میدان با سطح پیچه زاویه 60° بسازد، اندازه بار الکتریکی شارش شده در پیچه از $t = 1 \text{ s}$ تا $t = 4 \text{ s}$ چند کولن است؟ (مقاومت هر حلقه 0.03Ω است.)



- (۱) ۲
- (۲) $2\sqrt{3}$
- (۳) ۴
- (۴) $4\sqrt{3}$

(متوسط - نموداری - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

به کمک معادله خط، اندازه میدان مغناطیسی در $t = 1 \text{ s}$ و $t = 4 \text{ s}$ را می‌یابیم.

$$t = 2 \text{ s تا } t = 0 \Rightarrow B = 2t \xrightarrow{t=1\text{s}} B = 2 \text{ T}$$

$$t = 5 \text{ s تا } t = 2 \text{ s} \Rightarrow B = -4t + 12 \xrightarrow{t=4\text{s}} B = -4 \text{ T}$$

$$|\Delta q| = \left| -N \frac{\Delta \Phi}{R} \right| = \left| -N \frac{A \Delta B \cos \theta}{R} \right| = \left| -100 \times \frac{200 \times 10^{-4} \times (-4 - 2) \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{0.03} \right| = 2\sqrt{3} \text{ C}$$

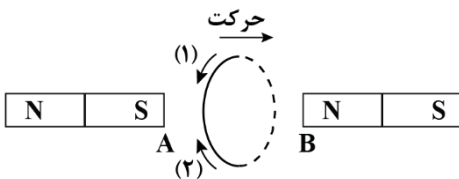


تذکر!

زاویه بین میدان و سطح پیچه 60° است؛ بنابراین زاویه بین میدان و نیم‌خط عمود بر سطح پیچه 30° است (این زاویه در فرمول شار استفاده می‌شود).

گروه آموزشی ماز

۱۹- مطابق شکل، یک حلقه رسانا را در فضای بین دو آهنربای میله‌ای مشابه، از نقطه A تا نقطه B بر روی مسیر مستقیم جابه‌جا می‌کنیم. جهت جریان القایی در حلقه به چه صورت است؟

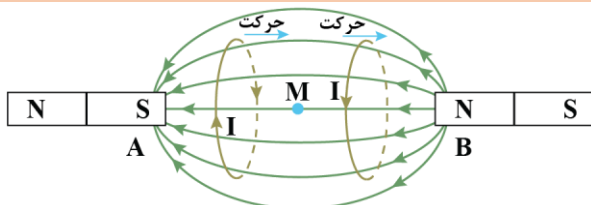


- (۱) ابتدا در جهت (۱) و سپس در جهت (۲)
- (۲) همواره در جهت (۲)
- (۳) همواره در جهت (۱)
- (۴) ابتدا در جهت (۲) و سپس در جهت (۱)

(سخت - مفهومی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۴

آرایش خطوط میدان مغناطیسی بین دو آهنربای نشان داده شده، مطابق شکل مقابل است:



M: نقطه وسط AB

در حرکت حلقه از A تا M، شار عبوری از آن در حال کاهش است؛ بنابراین، طبق قانون لنز، جریان القایی در جهت (۲) به وجود می‌آید تا با این کاهش شار، مخالفت کند؛ اما در حرکت حلقه از M تا B، شار عبوری از آن در حال افزایش است؛ بنابراین، طبق قانون لنز، جریان القایی در جهت (۱) به وجود می‌آید تا با این افزایش شار مخالفت کند.

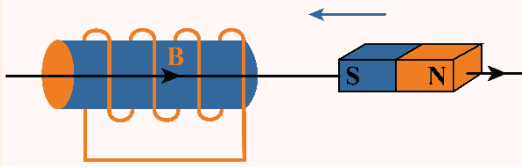
قانون لنز

جریان حاصل از نیروی محرکه القایی در یک مدار یا پیچه در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن با عامل به وجود آورنده جریان القایی، یعنی تغییر شار مغناطیسی مخالفت می‌کند. علامت منفی در فرمول لنز - فاراده نشان دهنده همین مخالفت است.



روش تعیین جهت جریان القایی در یک پیچه یا در هر مدار بسته دیگر

گام اول: ابتدا جهت میدان مغناطیسی‌ای که توسط یک عامل خارجی ایجاد شده است را در مرکز حلقه یا سیمولوه تعیین کنید.



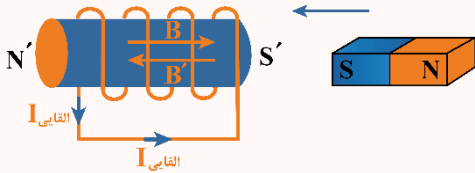
گام دوم: مشخص کنید شار مغناطیسی در حال افزایش است یا کاهش $\Phi = A \uparrow B \cos \theta$

گام سوم:

۱- اگر شار مغناطیسی در حال افزایش بود، میدان مغناطیسی القایی در خلاف جهت میدان مغناطیسی اصلی به وجود می‌آید تا با افزایش شار مخالفت کند.

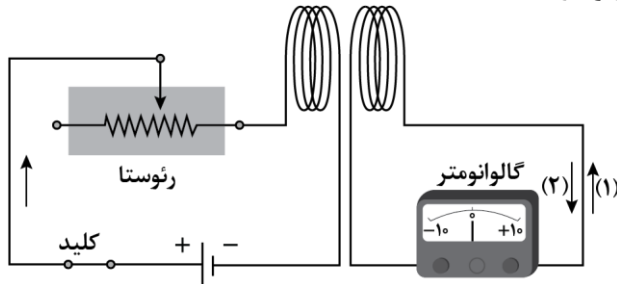
۲- اگر شار مغناطیسی در حال کاهش بود، میدان مغناطیسی القایی هم‌جهت با میدان اصلی به وجود می‌آید تا با کاهش شار مخالفت کند.

گام آخر: با توجه به جهت میدان مغناطیسی القایی به کمک قاعده دست راست جهت جریان القایی را در حلقه یا سیمولوه مشخص کنید.



گروه آموزشی ماز

۲۰- در شکل زیر، لغزنده رئوستا را به سمت چپ حرکت می‌دهیم. چه تعداد از موارد زیر، درست است؟



الف: جریان الکتریکی گذرنده از پیچه سمت چپ کاهش می‌یابد.

ب: شار گذرنده از پیچه سمت راست، کاهش می‌یابد.

پ: در پیچه سمت راست، جریان القایی در جهت (۲) به وجود می‌آید.

- (۱) صفر
(۲) ۱
(۳) ۲
(۴) ۳

(متوسط - مفهومی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۴

الف) با حرکت لغزنده رئوستا به سمت چپ، مقاومت رئوستا افزایش یافته و جریان گذرنده از مدار، کاهش می‌یابد. (✓)

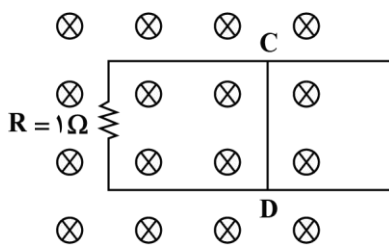
ب) با کاهش جریان گذرنده از مدار سمت چپ، میدان مغناطیسی پیچه سمت چپ و در نتیجه، شار عبوری از پیچه سمت راست کاهش می‌یابد. (✓)

پ) با کاهش شار در پیچه سمت راست، طبق قانون لنز، جریان القایی در جهت (۲) به وجود می‌آید تا با کاهش شار مخالفت کند. (✓)

گروه آموزشی ماز

۲۱- شکل زیر، رسانای U شکلی را درون میدان مغناطیسی یکنواخت $0.2T$ که عمود بر صفحه و درون سو است، نشان می‌دهد. اگر میله CD به طول $2m$ با

سرعت $5 \frac{m}{s}$ به سمت راست حرکت کند، اندازه و جهت جریان القایی در میله کدام است؟ (به جز مقاومت R، مقاومت سایر اجزا صفر است).



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

(متوسط - مفهومی/محاسباتی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۳

با حرکت میله به سمت راست، سطح مدار افزایش می‌یابد. با افزایش مساحت مدار، شار گذرنده از سطح مدار افزایش می‌یابد. بنابر قانون لنز جهت جریان باید با تغییر شار مخالفت کند؛ بنابراین باید میدان مغناطیسی برون سو در حلقه القا شود. طبق قاعده دست راست جهت جریان القایی از D به C است.



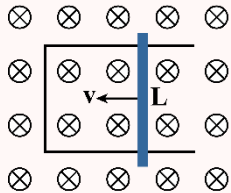
$$|\varepsilon| = \left| -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| \Rightarrow |\varepsilon| = \left| -N \frac{\Delta AB}{\Delta t} \right| \xrightarrow{\Delta A = L\Delta d} |\varepsilon| = \left| -N \frac{L\Delta dB}{\Delta t} \right|$$

$$\xrightarrow{\frac{\Delta d}{\Delta t} = v} |\varepsilon| = | -NLvB | \Rightarrow \varepsilon = 1 \times 2 \times 5 \times 0 / 2 = 2V$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{2}{1} = 2A$$

نیروی محرکه القایی در میله متحرک در میدان مغناطیسی

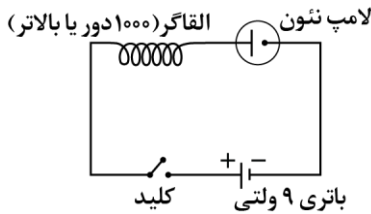
هرگاه مطابق شکل، میله‌ای به طول L در میدان مغناطیسی یکنواخت B با تندی ثابت v حرکت کند، شار عبوری از آن تغییر کرده و اندازه نیروی محرکه القایی در دو سر میله از رابطه زیر به دست می‌آید:



$$\varepsilon = BvL$$

گروه آموزشی ماز

۲۲- در مدار نشان داده شده، با وصل کلید، لامپ روشن می‌شود و با قطع کلید، لامپ خاموش می‌شود.



- ۱) به تدریج - به سرعت
- ۲) به سرعت - به تدریج
- ۳) به سرعت - به سرعت
- ۴) به تدریج - به تدریج

(آسان - مفهومی - ۱۱۰۳)

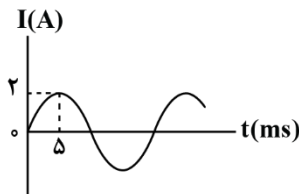
پاسخ: گزینه ۱

با وصل کلید، در القاگر، جریان برقرار می‌شود و شار عبوری از آن افزایش می‌یابد. در نتیجه، طبق اثر خود - القاوری، نیروی محرکه‌ای در آن القا می‌شود که با افزایش جریان، مخالفت می‌کند؛ بنابراین، جریان مدار به سرعت به مقدار پایایی $\frac{\varepsilon}{R+r}$ نمی‌رسد. با گذشت زمان، این مخالفت، کاهش یافته و جریان مدار به تدریج به مقدار پایایی می‌رسد؛ بنابراین نور لامپ، به تدریج زیاد می‌شود.

لامپ و القاگر به طور متوالی در مدار قرار دارند؛ بنابراین، با قطع کلید، مدار بسته‌ای بین لامپ و القاگر وجود ندارد تا انرژی القاگر را در لامپ، تخلیه کند؛ بنابراین، لامپ، به سرعت خاموش می‌شود. توجه کنید، اگر لامپ به طور موازی به القاگر بسته شده بود، با قطع کلید، انرژی القاگر به تدریج در لامپ، تخلیه شده و لامپ به تدریج خاموش می‌شد.

گروه آموزشی ماز

۲۳- شکل زیر، نمودار جریان متناوب سینوسی را نشان می‌دهد که یک مولد جریان متناوب تولید کرده است. در لحظه $t = 2 / \Delta ms$ جریان گذرنده از پیچه برابر است و در لحظه $t = 20ms$ شار گذرنده از پیچه، است.



- ۱) ۱A، صفر
- ۲) $\sqrt{2}A$ ، بیشینه
- ۳) $\sqrt{2}A$ ، صفر
- ۴) ۱A، بیشینه

(متوسط - نموداری - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۲

ابتدا از روی نمودار، دوره تناوب (T) را به دست می‌آوریم:

$$\frac{1}{4}T = \Delta ms \Rightarrow T = 20ms = 0.02s$$

معادله جریان متناوب سینوسی به صورت زیر است:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = 2 \sin\left(\frac{2\pi}{0.02}t\right) = 2 \sin(100\pi t)$$



بنابراین، در لحظه $t = 2/5 \text{ ms}$ داریم:

$$I = 2 \sin(10 \cdot \pi \times 2/5 \times 10^{-3}) = 2 \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = 2 \times \frac{\sqrt{2}}{2} = \sqrt{2} \text{ A}$$

در تولید جریان متناوب، معادله شار گذرنده از پیچه به صورت $\Phi = \Phi_m \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right)$ است؛ بنابراین:

$$\Phi = \Phi_m \cos\left(\frac{2\pi}{T} t\right) = \Phi_m \cos(10 \cdot \pi t)$$

در نتیجه، در لحظه $t = 20 \text{ ms}$ داریم:

$$\Phi = \Phi_m \cos(10 \cdot \pi \times 20 \times 10^{-3}) = \Phi_m \cos(2\pi) = \Phi_m$$

انواع جریان

جریان مستقیم

جریانی که با گذشت زمان تغییر نمی‌کند.

جریان متناوب

جریانی که در آن ولتاژ و جریان با گذشت زمان به طور سینوسی تغییر می‌کند.

تمامی نیروگاه‌های تولید برق در دنیا و از جمله ایران، جریان متناوب تولید می‌کنند که تابعی سینوسی از زمان است و به همین دلیل جریان متناوب سینوسی نامیده می‌شود.

جهت جریان در مدار جریان مستقیم معین است ولی در مدار جریان متناوب، به دلیل تغییر جهت جریان با گذشت زمان، نمی‌توان جهت معینی را برای آن در نظر گرفت. جریان متناوب سینوسی متداول‌ترین نوع جریان متناوب است.

دوره (زمان تناوب)

زمان یک دور چرخش کامل پیچه را دوره یا زمان تناوب می‌نامند. با تغییر شار مغناطیسی، جریانی که در پیچه القا می‌شود از رابطه زیر به دست می‌آید:

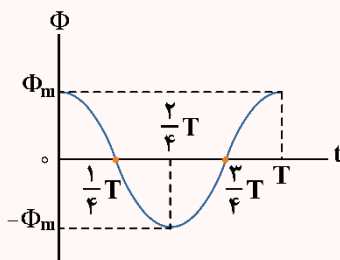
معادله جریان برحسب زمان:

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

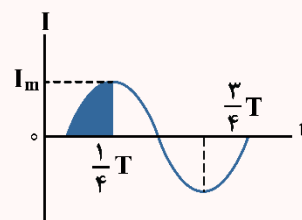
معادله شار برحسب زمان:

$$\Phi = BA \cos \frac{2\pi}{T} t$$

نمودار شار برحسب زمان در یک دوره



نمودار جریان متناوب سینوسی در یک دوره



گروه آموزشی ماز

۲۴- در انتقال توان الکتریکی از نیروگاه به محل مصرف، دلیل افزایش ولتاژ در ابتدای مسیر و کاهش ولتاژ در انتهای مسیر، به ترتیب از راست به چپ، کدام است؟

- ۱) کاهش اتلاف توان در طول مسیر، افزایش امنیت در محل مصرف
- ۲) افزایش سرعت انتقال انرژی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی
- ۳) افزایش سرعت انتقال انرژی، افزایش امنیت در محل مصرف
- ۴) کاهش اتلاف توان در طول مسیر، صرفه‌جویی در مصرف انرژی

(آسان - خطبه‌خط کتاب درسی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۱

برای انتقال توان الکتریکی در فاصله‌های دور، تا جایی که امکان دارد باید از ولتاژهای بالا و جریان‌های کم استفاده کنیم. این کار، اتلاف توان را در خط‌های انتقال کاهش می‌دهد. همچنین، با توجه به کاهش جریان می‌توان از سیم‌های نازک‌تری استفاده در مصرف مواد اولیه ساخت سیم صرفه‌جویی کرد. از طرف دیگر، ملاحظات ایمنی و الزامات عایق‌بندی در ساخت وسایل خانگی و صنعتی، ولتاژهای به نسبت پایین‌تری را در محل مصرف انرژی ضروری می‌کند.

گروه آموزشی ماز



۲۵- جریان متناوبی که بیشینه آن $2/0\text{A}$ و دوره آن $0/02\text{s}$ است از یک القاگر با ضریب القاوری $200\mu\text{H}$ می‌گذرد. در لحظه $t = \frac{1}{400}\text{s}$ ، انرژی

ذخیره شده در القاگر چند میلی ژول است؟

۴ (۴)

۰/۴ (۳)

۲ (۲)

۰/۲ (۱)

(متوسط - محاسباتی - ۱۱۰۳)

پاسخ: گزینه ۱

گام اول:

معادله جریان متناوب را می‌نویسیم:

$$I = I_m \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \Rightarrow I = 2 \sin\left(\frac{2\pi}{0/02}t\right) = 2 \sin(100\pi t)$$

گام دوم:

جریان در لحظه $t = \frac{1}{400}\text{s}$ برابر است با:

$$I = 2 \sin\left(100\pi \times \frac{1}{400}\right) = 2 \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = \sqrt{2}\text{A}$$

گام آخر:

انرژی ذخیره شده در سیملوله برابر است با:

$$U = \frac{1}{2}LI^2 \Rightarrow U = \frac{1}{2} \times 200 \times 10^{-6} \times (\sqrt{2})^2 = 2 \times 10^{-4}\text{J} = 0/2\text{mJ}$$

انرژی ذخیره شده در القاگر

هرگاه از سیملوله‌ای با ضریب القاوری L ، جریان I عبور کند، برای محاسبه انرژی ذخیره شده در القاگر، می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

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

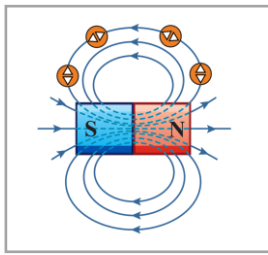
L : ضریب القاوری برحسب هانری (H) I : جریان عبوری از القاگر یا سیملوله برحسب آمپر U : انرژی ذخیره شده در القاگر برحسب ژول

گروه آموزشی ماز



«جمع بندی فشرده»

فصل ۳ فیزیک یازدهم



میدان مغناطیسی در خارج آهنربا، از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شود. به شکل مقابل دقت کنید:

معرفی مغناطیس، قطب‌های مغناطیسی و میدان مغناطیسی

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

نیروی مغناطیسی وارد بر بار الکتریکی متحرک مطابق رابطه مقابل محاسبه می‌شود:

نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک

- ۱- بردار \vec{F} الزاماً بر بردارهای \vec{v} و \vec{B} عمود است.
- ۲- بردار \vec{v} و \vec{B} هر زاویه‌ای می‌توانند باهم داشته باشند.
- ۳- هنگامی که \vec{v} و \vec{B} بر هم عمودند، نیروی مغناطیسی بیشینه می‌شود.
- ۴- هنگامی که \vec{v} و \vec{B} هم‌راستا باشند، نیروی مغناطیسی صفر می‌شود.

در رابطه زیر، B ، I و L به ترتیب اندازه میدان، شدت جریان و طول سیم هستند و θ زاویه بین جهت جریان سیم و جهت بردار میدان مغناطیسی است.

نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان از طرف میدان مغناطیسی مطابق رابطه مقابل به دست می‌آید:

نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان

$$F = BIL \sin \theta$$

- ۱- اگر سیم راست حامل جریان موازی میدان مغناطیسی باشد نیروی وارد بر آن کمینه (صفر) خواهد شد و اگر سیم عمود بر میدان مغناطیسی باشد، نیروی مغناطیسی وارد بر آن بیشینه خواهد شد.
- ۲- بردار نیروی وارد بر سیم حتماً بر بردار میدان مغناطیسی و جهت جریان در سیم عمود است.

مغناطیس

در اطراف سیم راست حامل جریان الکتریکی، میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود. جهت این میدان مطابق با قاعده دست راست تعیین می‌شود. برای این کار کافی است انگشت شست دست راست را در جهت جریان سیم قرار دهیم و چهار انگشت دست راست را حول آن بچرخانیم، در این صورت جهت میدان مغناطیسی در همان جهت چرخش چهار انگشت خواهد بود.

میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی

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

میدان مغناطیسی درون سیم‌لوله از رابطه مقابل به دست می‌آید:

سیم‌لوله

پیچه

اتم‌های مواد پارامغناطیسی، خاصیت مغناطیسی دارند؛ اما دوقطبی‌های مغناطیسی وابسته به آن‌ها، به‌طور کاتوره‌ای سمت‌گیری کرده‌اند و میدان مغناطیسی خالصی ایجاد نمی‌کنند. مواد پارامغناطیسی در حضور میدان‌های مغناطیسی قوی، خاصیت مغناطیسی ضعیف و موقت پیدا می‌کنند. اورانیم، پلاتین، آلومینیم، سدیم، اکسیژن و اکسید نیتروژن از جمله مواد پارامغناطیسی‌اند.

مواد پارامغناطیسی

اتم‌های مواد دیامغناطیس نظیر مس، نقره، سرب و بیسموت به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند؛ به عبارت دیگر، هیچ‌یک از اتم‌های این مواد، دارای دوقطبی مغناطیسی خالصی نیستند. با وجود این، حضور میدان مغناطیسی خارجی، می‌تواند سبب القای دوقطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی، در مواد دیامغناطیسی شود. (توسط آهنربا دفع می‌شوند.)

مواد دیامغناطیسی

ویژگی‌های مغناطیسی مواد

در میدان مغناطیسی، سریعاً آهنربا می‌شوند و در غیاب آن سریعاً خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهند.

فرومغناطیس نرم

به‌سختی آهنربا می‌شوند و به‌سختی خاصیت آهنربایی خود را از دست می‌دهند. مثل فولاد (آهن) به‌اضافه ۲ درصد کربن، آلیاژهای آهن، کبالت و نیکل.

فرومغناطیس سخت

مواد فرومغناطیسی



در حدود سال ۱۸۳۱ میلادی، دانشمندی انگلیسی به نام مایکل فاراده با انجام آزمایشی دریافت که با دور و نزدیک کردن یک آهنربا به یک پیچه متصل به گالوانومتر (آمپرسنج حساس)، عقربه آن تغییر می‌کند؛ یعنی در پیچه (سیم‌پیچ) متصل به گالوانومتر جریان الکتریکی ایجاد یا به عبارتی القا می‌شود.

پدیده القای الکترومغناطیسی

دو نکته مهم:
۱- فاراده به هنگام این کشف، به جای آهنربای دائمی، از آهنربای الکتریکی استفاده کرد.
۲- باتری به پیچه و گالوانومتر متصل نبود.

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

شار مغناطیسی

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

نیروی محرکه القایی

$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R}$$

جریان

$$P = \frac{\varepsilon^2}{R}$$

توان

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

اگر شار عبوری از حلقه در حال افزایش باشد، جهت جریان القایی در حلقه به گونه‌ای خواهد بود که در قسمتی از حلقه که نزدیک سیم است، جهت آن با جهت جریان سیم مخالف باشد (به عبارت دیگر میدان القایی در خلاف جهت میدان اصلی ایجاد می‌شود).

اگر شار عبوری از حلقه در حال کاهش باشد، جهت جریان القایی در آن به گونه‌ای خواهد بود که در قسمتی از حلقه که نزدیک سیم راست است، جهت آن با جهت جریان سیم موافق باشد. (به عبارت دیگر میدان القایی در جهت میدان اصلی ایجاد می‌شود).

مطابق قانون لنز، جهت جریان القایی به گونه‌ای است که با تغییر شار مغناطیسی مخالفت کند.

قانون لنز

القاگر آرمانی یک سیم‌لوله با مقاومت الکتریکی ناچیز است که با عبور جریان الکتریکی از آن، درون آن انرژی ذخیره می‌شود. القاگر آرمانی فقط می‌تواند انرژی را در خود ذخیره کند یا آن را آزاد کند ولی انرژی را مصرف نمی‌کند.

خود - القاوری

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

انرژی ذخیره شده در القاگر

$$I = I_m \sin\left(\frac{\gamma\pi}{T} t\right) \quad \text{و} \quad \Phi = BA \cos\left(\frac{\gamma\pi}{T} t\right)$$

جریان متناوب

مبدل

القاگر

القا