فیزیک ۲

پاورتست PowerTest یازدهم تجربی

• نصرالله افاضل • مصطفی کیانی
• رامین شادلویی • محمدرضا معدنی • آبتین عابد
• همکار تألیف: علیرضا عبداللهی

مهروماه

سخن نخست

بیا تا گل برافشانیم و می در ساغر اندازیم فلک را سقف بشکافیم و طرحی نو دراندازیم

«حضرت حافظ»

انتشارات مهروماه به لطف خدا و حمایت صمیمانهٔ اساتید فرهیخته در سراسر میهن و دانش‌آموزان شایسته و کوشا، افق‌های نویی در عرصهٔ آموزش و کنکور کشورمان گشوده است.

طی بیش از یک دههٔ اخیر، انتشارات مهروماه حقیقتاً پرچمدار خلاقیت و نوآوری در عرصهٔ کتاب‌های آموزشی و کنکور بوده است و کتاب‌هایی در اختیار دانش‌آموزان عزیز و اساتید گرامی قرار داده است، همچون ماه!

کتاب‌هایی که برازندهٔ نام وزین «مهروماه»اند.

شاید مناسب باشد که تعدادی از مهمترین سری کتاب‌های کمک آموزشی مهروماه را معرفی کنیم و اطمینان می‌دهیم که با استفاده از این منابع و تلاش و پشتکاری که قطعاً دارید، نتایج مطلوبی در امتحانات مختلف و به‌ویژه کنکور برایتان رقم خواهد خورد.

کتاب‌های جامع

- بانک تست کامل برای پوشش کامل کنکور در هر درس
- درسنامه‌های راهبردی، مختصر و مفید امّا کامل در ابتدای هر مبحث
- نکات ویژهٔ تستی و کنکوری در پاسخ‌های تشریحی

کتاب‌های لقمه

این کتاب‌های جذاب که یکی از ابتکارات انتشـــارات مهروماه به‌شمار می‌آیند، ویژگی‌های منحصر به فردی دارند، از جمله:

- نوع و چیدمان مطالب و قطع کوچک آن، که امکان استفاده از کتاب را در هر شرایطی فراهم می‌کند.
- بسیار جذاب و بانمک و در عین حال، مفیدند و از مطالعهٔ آن‌ها خسته نمی‌شوید.

کتاب‌های پاورتست (کتاب‌های تست هریک از پایه‌ها)

- درسنامهٔ آموزشی کامل و مفید
- تست‌های مفهومی همراه با پاسخ‌های کامل
- تقویت بنیهٔ آموزشی و ایجاد پایهٔ محکم و استوار در درس و پایهٔ مربوطه

کتاب‌های امتحانوفن

- طراحی شده برای هفته‌های آخر قبل از امتحان ترم و شب امتحان
- خلاصه درس کپسولی منحصر به فرد
- امتحان‌های بارم‌بندی شده کاملاً مطابق با امتحان ترم همراه با پاسخ کامل

کتاب‌های آزمونیوم

- مجموعه‌ای از آزمون‌های مبحث‌بندی شده + آزمون‌های جامع
- شامل استانداردترین آزمون‌هایی که همانند کنکورهای ۹۹ و ۱۴۰۰، تست‌های خلاقیت‌آمیز و چالش‌برانگیزی را در بردارند.

کتاب‌های جمع‌بندی

- در طول سال پس از آموزش و تست‌زنی از هر مبحث، با استفاده از این کتاب می‌توانید به جمع‌بندی آن مبحث بپردازید.
- در چند ماه انتهایی قبل از کنکور، برای آماده شدن جهت استفاده از مجموعهٔ کنکوریوم، می‌تواند برای جمع‌بندی مطالب و آمادگی جهت برگزاری کنکور در خانه، معجزه کند.

مجموعهٔ «کنکوریوم»

- کامل‌ترین بستهٔ آزمون‌های کنکور برای دوران جمع‌بندی است و تنها مجموعه‌ای است که علاوه بر دفترچه‌های کنکور و کتاب پاسخ‌نامه و ...، اپلیکیشن بسیار مفید و کاربردی هم به همراه دارد تا با استفاده از آن، کارنامهٔ هوشمند و مشاوره‌ای منحصر به فرد نیز برای شما صادر شود.

غیر از هفت سری کتاب نامبرده، کتاب‌های دیگری مانند کتاب‌های موضوعی و کتاب‌های کار نیز در لیست کتاب‌های مفید و کاربردی مهروماه وجود دارد. اطلاعات لازم در مورد این کتاب‌ها را می‌توانید از طریق سایت مهروماه به آدرس mehromah.ir ملاحظه کنید.

اطلاعات لازم در مورد این کتاب‌های آکنده از «مهر» و مثل «ماه» را می‌توانید در سایت وزین مهروماه به آدرس mehromah.ir ملاحظه کنید.

با آرزوی توفیق روزافزون همهٔ دانش‌آموزان

مدیر مسئول انتشارات: احمد اختیاری

مدیر شورای تألیف: محمدحسین انوشه

مقدمه

در یادگیری و تسلط بر مفاهیم درسی و آموزشی، داشتن پشتکار و تلاش منظم، مهم‌ترین عامل موفقیت است. ممکن است برخی دانش‌آموزان از قدرت تمرکز یا به اصطلاح هوش بیشتری بهره‌مند باشند، اما باور ما بر این است که این ویژگی‌ها مهم‌ترین عامل موفقیت نیستند. این کتاب ویرایش کاملاً جدیدی از نسخهٔ قبلی آن است. درسنامه‌های این کتاب بسیار کامل شده‌اند. نکته‌ها و یادآوری‌ها و تذکرات بسیاری به آن افزوده شده است. مثال‌های متنوع و فراوانی در درسنامه‌ها آورده‌ایم تا درک مفاهیم درسی برایتان آسان‌تر باشد. در بخش پرسش‌های چهارگزینه‌ای و بانک سؤالات بسیار کوشیده‌ایم که تست‌هایی متنوع از ساده تا دشوار، و در برگیرندهٔ همهٔ مفاهیم و نکته‌های درسی را برای شما دانش‌آموزان سخت‌کوش ، منظم و دقیق فراهم کنیم تا زمینه‌ساز موفقیت شما در کنکور سراسری باشد.

برخی از ویژگی‌های این کتاب

۱ ساختار منطقی آموزشی و متناسب با آخرین تغییرات کتاب درسی به طوری که شما بتوانید پس از تدریس دبیر محترم و یادگیری مفاهیم هر بخش، تست‌های مربوط به جلسهٔ تدریس را پاسخ دهید.

۲ درسنامه‌های جامع و روان همراه با مثال‌های متنوع که به منظور درک عمیق‌تر مفاهیم برای شما نگاشته شده است.

۳ سؤال‌های کنکور سراسری و تست‌های تالیفی شبیه‌سازی شده با کنکور که حاصل خرد جمعی مؤلفان است.

۴ تست‌ها تیپ‌بندی شده‌اند و در هر بخش بر اساس روند آموزشی و از تست‌های ساده به دشوار چیده شده‌اند تا یادگیری برایتان لذت‌بخش و آسان‌تر باشد و قوت قلب بیشتری بیابید.

۵ پوشش صددرصدی و نعل به نعل تمرین‌ها، فعالیت‌ها، مسئله‌ها و تصویرهای کتاب درسی که در قالب تست آورده شده‌اند.

۶ پاسخ‌های ابرتشریحی مفهومی همراه با ارائهٔ روش‌های تستی متنوع

۷ آزمون‌های‌مبحثی و پایان فصل برای محک زدن و اطمینان از تلاش و زحمتی که به کار بردید.

راهنمای استفاده از کتاب

مرحلهٔ اول: پیش از شروع در هر بخش، باید مطمئن باشید که مفاهیم درسی را که دبیر گرامی تدریس کرده‌اند به‌خوبی یاد گرفته‌اید و تمرینات کتاب درسی و مثال‌های آن را کار کرده باشید.

مرحلهٔ دوم: درسنامه‌ای را که در بخش مورد نظر آورده‌ایم به دقت مطالعه و خلاصه‌نویسی کنید و مثال‌های آن را پاسخ دهید.

مرحلهٔ سوم: تست‌های هر بخش را به ترتیب (سعی کنید ترتیب را رعایت کنید) پاسخ دهید. کوشیده‌ایم ترتیب تست‌ها از ساده به دشوار باشد. پاسخ تشریحی تست ها را مطالعه کنید تا بر مفاهیم درسی مسلط شوید.(اگرچه گزینه درست را انتخاب کرده باشید،) بخشی از یادگیری و تسلط شما با مطالعهٔ پاسخ‌نامه انجام می‌شود.

مرحلهٔ چهارم: در هر قسمت، آزمون مبحثی و در پایان هر فصل، آزمون پایانی فصل را پاسخ دهید.

و اما قدردانی...

وظیفـهٔ خـود می‌دانیـم از همـهٔ همـکاران مهروماهـی عزیز که بـرای به ثمـر رسـاندن این کتـاب، مؤلفـان را یـاری نمودند سپاسگزاری کنیم:

- جناب آقای احمد اختیاری، مدیر فرزانهٔ انتشارات مهروماه که از هرگونه راهنمایی و حمایت ما فروگذاری نکردند؛
- جناب استاد محمدحسین انوشه که همواره ما را از تجربهٔ غنی خود بهره‌مند ساخته‌اند.
- همکاران ویراستار و تولید که بسیار کوشیدند تا کتاب به موقع آمادهٔ چاپ شود.
- همکاران بخش هنری که با طراحی زیبای جلد و صفحه‌های داخل کتاب بر ارزش آن افزوده‌اند.

در پایـان از شـما دبیـر محترم و دانش‌آمـوز گرامی تقاضـا می‌کنیم مـا را از پیشـنهادات خود دربـارهٔ ارتقاء کیفی کتـاب و رفع لغزش ها و کاستی‌های آن بهره‌مند سازید.

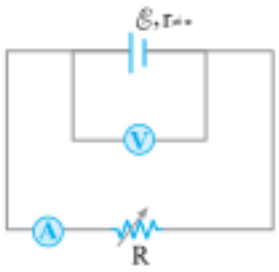
مؤلفان کتاب

فهرست

فصل اول الکتریسیتهٔ ساکن ۹

فصل دوم جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ۱۴۹

فصل سوم مغناطیس و القای الکترومغناطیسی ۲۷۷

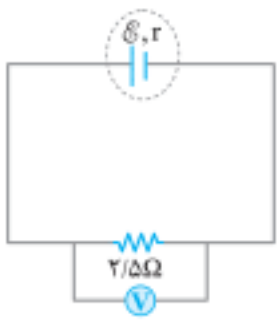


۵۷. در شکل مقابل، اگر مقاومت R را کاهش دهیم به ترتیب مقادیری که ولت‌سنج V و آمپرسنج A نشان می‌دهند نسبت به حالت اول چه تغییری می‌کنند؟

۱) افزایش می‌یابد، کاهش می‌یابد.
۲) کاهش می‌یابد، افزایش می‌یابد.
۳) تغییر نمی‌کند، افزایش می‌یابد.
۴) تغییر نمی‌کند، کاهش می‌یابد.

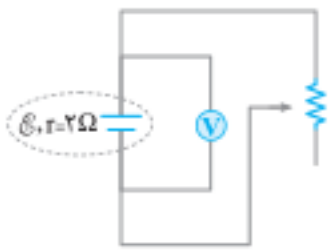
۵۸. دو قطب یک باتری به مقاومت درونی r را به دو سر سیمی به مقاومت $\frac{r}{2}$ می‌بندیم. اختلاف پتانسیل باتری در این حالت چند برابر نیروی محرکهٔ آن است؟ (ریاضی ۸۱)

۱) $\frac{1}{3}$
۲) $\frac{1}{2}$
۳) $\frac{2}{3}$
۴) $\frac{3}{4}$



۵۹. افت پتانسیل در مقاومت داخلی مولد شکل مقابل، ۰/۲۵ ولت و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۲/۵ اهمی برابر ۱/۲۵ ولت است. نیروی محرکه (بر حسب ولت) و مقاومت داخلی مولد (بر حسب اهم) از راست به چپ برابر است با:

۱) ۱/۵ ، ۰/۵
۲) ۲/۵ ، ۰/۵
۳) ۰/۵ ، ۱/۵
۴) ۱/۵ ، ۲/۵



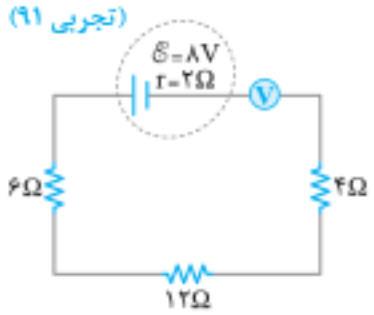
۶۰. در مدار مقابل، مقاومتی از رئوستا که در مدار است، برابر ۲۰Ω می‌باشد. مقاومت رئوستا را به چند اهم کاهش دهیم، تا ولت‌سنج $\frac{1}{2}$ مقدار اولیه را نشان دهد؟

۱) ۱/۶
۲) ۱۶
۳) ۰/۶
۴) ۶

۶۱. مداری شامل یک باتری با نیروی محرکهٔ ℰ و مقاومت درونی r و مقاومت خارجی R، بسته شده است. اگر $R = nr$ باشد، اختلاف پتانسیل دو سر باتری چه کسری از ℰ است؟ (ریاضی ۸۱)

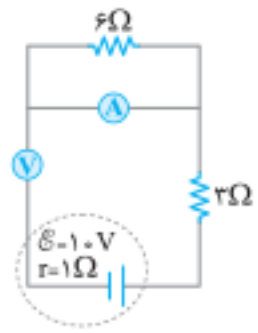
۱) $\frac{1}{n}$
۲) $\frac{n-1}{n+1}$
۳) $\frac{n}{n+1}$
۴) $\frac{2n}{2n+1}$

۶۲. در مدار روبه‌رو ولت‌سنج آرمانی، چند ولت را نشان می‌دهد؟ (تجربی ۹۱)



۱) ۸
۲) ۷/۳
۳) ۴
۴) صفر

۶۳. در مدار روبه‌رو، آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی چه اعدادی را به‌ترتیب نشان می‌دهند؟



۱) صفر ـ صفر
۲) صفر ـ ۱۰V
۳) ۹V ـ ۱A
۴) ۱۰V ـ ۱A

توان در مدار الکتریکی

می‌دانیم توان و انرژی الکتریکی که در مدار تولید و مصرف می‌شود، از ویژگی‌های مهم یک مدار است و از آن جا که توان الکتریکی آهنگ انجام کار برای جابه‌جایی بار الکتریکی (q) در اختلاف پتانسیل ΔV است، می‌توان نوشت:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{q\Delta V}{\Delta t} = (\frac{q}{\Delta t})\Delta V \Rightarrow P = I\Delta V$$

یک جزء مدار که اختلاف پتانسیلی بین دو سر آن برقرار است.

اگر مطابق شکل مقابل بین دو نقطهٔ a و b یک عنصر مداری (مانند باتری، مقاومت و یا هر چیز دیگری) تحت اختلاف پتانسیل $\Delta V = V_b - V_a$ قرار گیرد، جریان الکتریکی از نقطهٔ a وارد و از نقطهٔ b خارج می‌شود. در این حالت توان الکتریکی این جزء مدار برابر $P = I(V_b - V_a)$ است. در این رابطه، اگر $P > 0$ باشد، این جزء به بقیهٔ مدار انرژی می‌دهد و اگر $P < 0$ باشد، از بقیهٔ مدار انرژی می‌گیرد.

مهروماه

◄ برای محاسبهٔ توان مصرفی در مقاومت R از رابطهٔ $P = I\Delta V$ استفاده می‌کنیم که با توجه به قانون اهم می‌توان این رابطه را به صورت‌های زیر نوشت:

$$P = IV \Rightarrow \begin{cases} V = RI \Rightarrow P = RI^2 \\ I = \frac{V}{R} \Rightarrow P = \frac{V^2}{R} \end{cases} \quad , \quad U = Pt \Rightarrow \begin{cases} U = RI^2 t \\ U = VIt \\ U = \frac{V^2}{R} t \end{cases}$$

در این رابطه‌ها P توان الکتریکی مصرفی مقاومت بر حسب ژول بر ثانیه $(\frac{J}{s})$ یا وات (W) و U انرژی الکتریکی مصرفی در مقاومت بر حسب ژول (J) است.

◄ توان کمیتی نرده‌ای است.

◄ اگر یکای توان بر حسب kW و یکای زمان بر حسب ساعت (h) باشد، یکای انرژی بر حسب کیلووات ساعت (kWh) به‌دست می‌آید.

$$1kWh = 1\times 1000(W)\times 3600(s) \Rightarrow 1kWh = 36\times 10^5 W.s \text{ یا } J$$

مثال: برای ساخت یک بخاری از سیمی به طول $10m$، سطح مقطع $0/25mm^2$ و مقاومت ویژهٔ $2\times 10^{-7}\Omega\cdot m$ استفاده شده است. اگر این بخاری برقی را به اختلاف پتانسیل $120V$ وصل کنیم، توان مصرفی آن چند وات می‌شود؟

۱) ۱۴۴ ۲) ۱۴۴۰ ۳) ۱۸۰ ۴) ۱۸۰۰

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۴»

ابتدا مقاومت سیم را حساب می‌کنیم و سپس توان مصرفی آن را می‌یابیم:

$$R = \rho\frac{L}{A} = 2\times 10^{-7}\times \frac{10}{0/25\times 10^{-6}} \Rightarrow R = 8\Omega$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{120\times 120}{8} = 1800W$$

نکته

۱ معمولاً بر روی بیشتر دستگاه‌های الکتریکی، دو عدد، یکی بر حسب ولت و دیگری وات نوشته شده است. عدد اول مناسب‌ترین اختلاف پتانسیل الکتریکی که می‌توان به دو سر دستگاه اعمال کرد، بدون آن‌که دستگاه آسیب ببیند را بیان می‌کند و به آن اختلاف پتانسیل اسمی دستگاه گفته می‌شود و عدد دوم توان اسمی دستگاه را نشان می‌دهد.

در صورتی توان اسمی با توان مصرفی دستگاه برابر می‌شود که دستگاه به اختلاف پتانسیل اسمی آن وصل شود. به عنوان مثال لامپ $(100W, 220V)$ به اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت وصل شود.

۲ اگر دستگاهی با توان اسمی P و ولتاژ اسمی V را به ولتاژ جدید V' وصل کنیم، توان مصرفی دستگاه تغییر می‌کند. برای محاسبهٔ توان مصرفی جدید، ابتدا از رابطهٔ $P = \frac{V^2}{R}$ مقاومت الکتریکی دستگاه را محاسبه می‌کنیم و سپس از همان رابطه و با توجه به ولتاژ جدید، $(P' = \frac{V'^2}{R})$ توان مصرفی را به‌دست می‌آوریم.

۳ با داشتن ولتاژ و توان اسمی، بدون محاسبهٔ مقاومت الکتریکی می‌توان از رابطهٔ زیر توان مصرفی را محاسبه کرد:

$$P = \frac{V^2}{R} \xrightarrow{R=\text{ثابت}} \frac{P'}{P} = (\frac{V'}{V})^2$$

۴ در ولتاژ اسمی‌های برابر، هر چه توان الکتریکی اسمی یک دستگاه بیشتر باشد، مقاومت آن کمتر است.

مثال: روی یک لامپ عبارت $60W$ و $220V$ نوشته شده است. اگر این لامپ را به برق شهر با ولتاژ ۲۲۰ ولت وصل کنیم، در هر ۱۰ ساعت چند کیلووات ساعت انرژی مصرف می‌کنیم؟

۱) ۶ ۲) ۲/۲ ۳) ۱/۳۲ ۴) ۰/۶

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۴»

چون ولتاژ اسمی لامپ $(220V)$ با ولتاژ مصرفی آن $(220V)$ برابر است، توان مصرفی لامپ برابر توان اسمی آن $(60W)$ است. بنابراین با استفاده از رابطهٔ $U = Pt$ انرژی الکتریکی لامپ را می‌یابیم. دقت کنید، چون انرژی مصرفی برحسب kWh خواسته‌شده است، باید P را به kW تبدیل کنیم:

$$U = Pt \xrightarrow[t=10h]{P=60W=0/06kW} U = 0/06\times 10 \Rightarrow U = 0/6kWh$$

مثال: **یک لامپ (۲۰۰W و ۲۲۰V) را به برق ۱۱۰V وصل می‌کنیم. این لامپ در مدت ۴ ساعت، چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی مصرف می‌کند؟**

۱) ۰/۸ ۲) ۰/۲ ۳) ۰/۴ ۴) ۰/۶

● **پاسخ:** گزینهٔ «۲»

گام اول: توان اسمی لامپ ۲۰۰W و ولتاژ اسمی آن ۲۲۰V است. چون لامپ را به ولتاژ ۱۱۰V وصل کرده‌ایم، توان مصرفی آن از توان اسمی آن کمتر می‌شود. بنابراین ابتدا توان مصرفی را به‌دست می‌آوریم:

$$P=\frac{V^2}{R}\xrightarrow{R=\text{ثابت}}\frac{P'}{P}=(\frac{V'}{V})^2\xrightarrow[V'=110V]{P=200W,V=220V}\frac{P'}{200}=(\frac{110}{220})^2\Rightarrow P'=50W\xrightarrow{\div 1000}P'=0/05kW$$

گام دوم: انرژی الکتریکی مصرفی را حساب می‌کنیم:

$$U=P't\xrightarrow[P'=0/05kW]{t=4h}U=0/05\times 4\Rightarrow U=0/2kWh$$

نکته

۱ مقاومت الکتریکی لامپ در حالت روشن از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ و مقاومت الکتریکی لامپ در حالت خاموش به وسیلهٔ اهم‌سنج به‌دست می‌آید.

۲ مقاومت لامپ در حالت روشن بیشتر از مقاومت آن در حالت خاموش است.

مثال: **بر روی یک لامپ عددهای ۱۰۰W و ۲۲۰V نوشته شده است. به وسیله اهم‌سنج مقاومت رشته داخل لامپ را ۴۸/۴Ω اندازه‌گیری می‌کنیم. مقاومت لامپ در حالت روشن چند اهم بیشتر از مقاومت لامپ در حالت خاموش است؟**

۱) ۴۸۴ ۲) ۴۳۵/۶ ۳) ۲۸۴ ۴) ۳۵۶

● **پاسخ:** گزینهٔ «۲»

گام اول: می‌دانیم با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$، مقاومت لامپ در حالت روشن به‌دست می‌آید؛ بنابراین مقاومت لامپ در حالت روشن برابر است با:

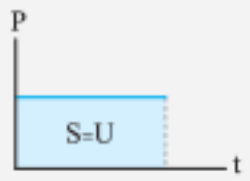
$$R=\frac{V^2}{P}\xrightarrow[P=100W]{V=220V}R=\frac{220\times 220}{100}\Rightarrow R=484\Omega$$

گام دوم: تغییر مقاومت را می‌یابیم:

$$\Delta R=484-48/4=435/6\Omega$$

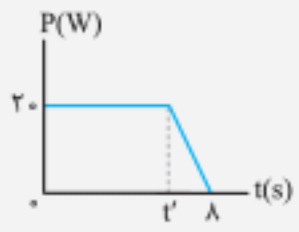
نکته

مساحت سطح محصور بین نمودار $P-t$ و محور زمان برابر انرژی الکتریکی است.



$U=$ مساحت سطح رنگی

مثال: **مطابق نمودار توان الکتریکی مصرف‌شده در یک مقاومت برحسب زمان نشان داده‌شده است. اگر متوسط توان الکتریکی مصرف‌شده در این رسانا در مدت ۸s برابر ۱۷/۵W باشد، t چند ثانیه است؟**



۱) ۷ ۲) ۴
۳) ۶ ۴) ۵

● **پاسخ:** گزینهٔ «۳»

گام اول: مقدار انرژی الکتریکی در مدت ۸s به‌دست می‌آوریم:

$$U=Pt\xrightarrow[t=8s]{P=17/5W}U=17/5\times 8\Rightarrow U=140W$$

گام دوم: می‌دانیم مساحت سطح محصور بین نمودار $P-t$ و محور زمان برابر انرژی الکتریکی مصرف شده است. بنابراین با محاسبهٔ مساحت ذوزنقه که برابر U است، به‌صورت زیر، t را می‌یابیم:

$$U=\text{مساحت ذوزنقه}\Rightarrow U=\frac{t'+8}{2}\times 20\xrightarrow{U=140W}140=(t'+8)\times 10\Rightarrow 14=t'+8\Rightarrow t'=6s$$

۶۴. **ولت آمپر معادل است با:**

۱) پاسکال ۲) ژول بر ثانیه ۳) نیوتون ۴) نیوتون متر

۶۵. **اگر توان الکتریکی لامپی با برق ۱۲ ولت برابر ۸ وات باشد، مقاومت الکتریکی آن لامپ موقع روشن بودن چند اهم است؟**

۱) ۴ ۲) ۹ ۳) ۱۵ ۴) ۱۸

۶۶. **توان الکتریکی یک سیم گرماده ۴۸۰W و جریانی که از آن می‌گذرد، ۴A است. مقاومت سیم گرماده چند اهم است؟**

۱) ۳۰ ۲) ۴۰ ۳) ۶۰ ۴) ۱۲۰

۶۷. در لامپ‌های معمولی خانگی(رشته‌ای) مقاومت الکتریکی لامپ ۱۰۰ واتی چند برابر مقاومت الکتریکی لامپ کوچک ۲۵ واتی است؟ (تجربی ۸۲)

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) $\frac{۱}{۴}$

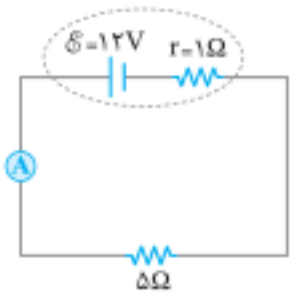
۶۸. اگر از یک مقاومت ۲۰ اهمی در مدت ۵ ثانیه ۱۰ کولن بار الکتریکی به طور یکنواخت عبور کرده باشد، انرژی الکتریکی مصرف شده در مقاومت چند ژول است؟

۱) ۸۰ ۲) ۴۰۰ ۳) ۱۶۰۰ ۴) ۲۰۰۰

۶۹. از یک مقاومت ۵ اهمی جریان الکتریکی ثابتی عبور کرده و در نتیجه با عبور ۲۰۰ کولن بار الکتریکی، ۴۰۰۰ ژول گرما تولید شده است. زمان عبور این مقدار الکتریسیته چند ثانیه است؟ (تجربی خارج ۸۵)

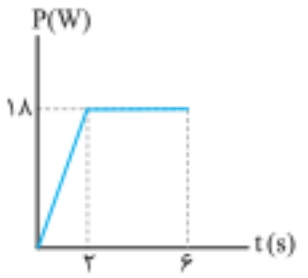
۱) ۲۰ ۲) ۲۵ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

۷۰. در شکل داده شده انرژی الکتریکی مصرف شده در مقاومت ۵ اهمی در مدت یک دقیقه چند ژول است؟(مقاومت آمپرسنج ناچیز است.)



۱) ۶۰۰
۲) ۱۲۰۰
۳) ۲۴۰۰
۴) ۱۸۰۰

۷۱. در شکل مقابل، نمودار توان الکتریکی مصرف شده در یک مقاومت بر حسب زمان رسم شده است. متوسط توان الکتریکی مصرف شده در این رسانا را در مدت ۶s چند وات است؟



۱) ۱۸
۲) ۱۵
۳) ۹
۴) ۱۲

۷۲. اگر یک لامپ ۲۲۰ ولت و ۲۰۰ واتی به مدت ۹۰ دقیقه به اختلاف پتانسیل الکتریکی ۲۲۰ ولت وصل باشد، چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی مصرف می‌کند؟ (ریاضی ۸۶)

۱) ۰/۲ ۲) ۳ ۳) ۲۰ ۴) ۲۰۰

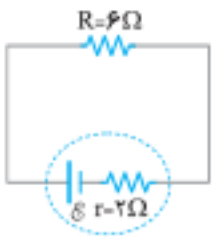
۷۳. مقاومت سیم گرمکن یک اتوی برقی ۶۰Ω و جریانی که از آن می‌گذرد ۴ آمپر است. در مدت ۲۵ دقیقه چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی در آن مصرف می‌شود؟

۱) ۰/۴ ۲) ۴ ۳) ۰/۶ ۴) ۶

۷۴. اگر در شهر تهران در هر خانه یک لامپ اضافی ۱۰۰ واتی به مدت ۵ ساعت در شب خاموش شود، در طول یک ماه چند میلیارد ریال در مصرف برق صرفه‌جویی می‌شود؟ (بهای برق مصرفی هر کیلووات ساعت ۱۰۰ ریال و تعداد خانه‌های شهر دو میلیون فرض شود.) (ریاضی خارج ۸۸)

۱) ۱ ۲) ۳ ۳) ۱۰ ۴) ۳۰

۷۵. در مدار شکل مقابل، اگر توان مصرفی در مقاومت R برابر با ۵۴ وات باشد، توان تولیدی مولد چند وات است؟



۱) ۸۴
۲) ۶۴
۳) ۷۲
۴) ۹۶

۷۶. انتقال انرژی الکتریکی با ولتاژ ..... و جریان ..... از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

۱) زیاد ـ زیاد ۲) زیاد ـ کم ۳) کم ـ زیاد ۴) کم ـ کم

۷۷. یک کتری برقی که با ولتاژ ۱۲۰V کار می‌کند، می‌تواند در مدت ۷ دقیقه مقدار ۰/۵ کیلوگرم آب را از ۲۰°C به ۱۰۰°C برساند. مقاومت سیم گرم‌کن کتری برقی چند اهم است؟ (اتلاف انرژی ناچیز است، $c_{آب} = ۴۲۰۰ \frac{J}{kg.°C}$)

۱) ۴۸ ۲) ۴۰ ۳) ۳۰ ۴) ۳۶

۷۸. لامپی با مشخصات ۱۲V و ۳۶W را به منبع برق ۸ ولت وصل می‌کنیم. اگر مقاومت الکتریکی لامپ ثابت بماند، توانش در این حالت چند وات می‌شود؟ (تجربی ۸۵)

۱) ۱۶ ۲) ۱۸ ۳) ۲۰ ۴) ۲۴

۷۹. یک لامپ روشنایی برای کار با اختلاف پتانسیل ۲۴۰ ولت ساخته شده است. اگر این لامپ را با اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت روشن کنیم، توان لامپ تقریباً چند درصد کم می‌شود؟

۱) ۲ ۲) ۸ ۳) ۱۶ ۴) ۴۰

۸۰. روی یک لامپ اعداد ۱۰۰ وات و ۲۰۰ ولت نوشته شده است و با همان ولتاژ روشن است. اگر به علت افت ولتاژ، توان مصرفی لامپ ۱۹ درصد کاهش پیدا کند، افت ولتاژ چند ولت خواهد بود؟ (تجربی ۹۶)

۱) ۱۲ ۲) ۱۹ ۳) ۲۰ ۴) ۸۸

۸۱. روی لامپی اعداد ۲۲۰ ولت و ۱۰۰ وات نوشته شده است. اگر آن را به مدت ۰/۵ ساعت به برق ۱۱۰ ولت وصل کنیم، انرژی الکتریکی مصرف شده چند کیلوژول می‌شود؟ (مقاومت الکتریکی لامپ ثابت فرض شده است.) (ریاضی خارج ۸۶)

۱) ۱۸۰ ۲) ۴۵ ۳) ۳۶۰ ۴) ۵۴

۸۲. روی یک لامپ عددهای $220V$ و $100W$ ثبت شده است. اگر این لامپ به اختلاف پتانسیل $200V$ وصل شود، با فرض ثابت ماندن مقاومت لامپ، در مدت ۱۱ ساعت چند کیلووات ساعت انرژی مصرف می‌کند؟ (ریاضی خارج ۹۸)

۱) $\frac{10}{121}$ ۲) $\frac{10}{11}$ ۳) ۱۰ ۴) ۱۱

۸۳. در دو سر یک سیم نیکروم(آلیاژ کروم و نیکل) به طول ۲ متر و سطح مقطع $0/2mm^2$، اختلاف پتانسیل ۲۰۰ ولت برقرار کرده‌ایم. در مدت ۲۰ دقیقه، چند کیلووات ساعت انرژی در این سیم مصرف می‌شود؟ (مقاومت ویژهٔ نیکروم $10^{-6}\Omega.m$ است.) (تجربی خارج ۸۶)

۱) ۲ ۲) ۲۰۰ ۳) $\frac{4}{3}$ ۴) $\frac{400}{3}$

۸۴. اختلاف پتانسیل $17V$ به دو سر یک سیم مسی به طول ۳۰ متر و شعاع مقطع $1mm$ اعمال می‌شود. آهنگ تولید انرژی گرمایی در سیم چند وات است؟ $(\rho = 1/7\times10^{-8}\ \Omega.m, \pi = 3)$ (تجربی خارج ۹۶)

۱) ۱۷۰۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۷۰ ۴) ۱۰

۸۵. رشتهٔ التهاب‌های دو لامپ L_1 و L_2 هر دو تنگستن و هم طول‌اند. فقط سیم تنگستن مربوط به L_1 ضخیم‌تر است. اگر هر دو را به طور جداگانه به برق ۲۲۰ ولت وصل کنیم، لامپ ..... با نور بیشتری روشن می‌شود، چون مقاومت الکتریکی آن ..... است. (ریاضی خارج ۸۵)

۱) L_1 ـ بیشتر ۲) L_1 ـ کمتر ۳) L_2 ـ کمتر ۴) L_2 ـ بیشتر

توان خروجی یک منبع نیروی محرکهٔ واقعی

برای مولدی که به مدار انرژی می‌دهد (مولدی که جریان از پایانهٔ مثبت آن خارج می‌شود)، با قرار دادن رابطهٔ $V = \mathcal{E} - rI$ در رابطهٔ $P = VI$ رابطهٔ توان خروجی مولد به صورت روبه‌رو به‌دست می‌آید: $P = \mathcal{E}I - rI^2$

در این رابطه، rI^2 توان مصرف شده در مقاومت درونی مولد و $\mathcal{E}I$ توان تولیدی مولد است.

دقت کنید، چون توان خروجی مولد در کل مدار مصرف می‌شود، می‌توان از رابطه‌های $P = RI^2$ یا $P = \frac{V^2}{R}$ نیز توان خروجی مولد را به‌دست آورد. البته به شرطی که V اختلاف پتانسیل دو سر باتری و I جریان عبوری از مولد باشد.

بنابراین رابطه‌های توان خروجی، توان تولیدی و توان مصرف شده در مقاومت درونی مولد به‌صورت زیر است:

توان خروجی مولد: $P = \mathcal{E}I - rI^2$

توان تولیدی مولد: $P = \mathcal{E}I$

توان مصرفی(تلف شده) در مقاومت درونی مولد: $P = rI^2$

مثال: در مدار شکل زیر، توان تولیدی، توان تلف شده در مقاومت درونی و توان خروجی مولد را حساب کنید.

● **پاسخ: گام اول:** با استفاده از رابطهٔ $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$، جریان مدار را به‌دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} = \frac{18}{5+1} = 3A$$

گام دوم: توان تولیدی، توان خروجی و توان تلف شده در مقاومت درونی مولد را به‌دست می‌آوریم:

$$P_{\text{تولیدی}} = \mathcal{E}I = 18\times3 = 54W$$

$$P_{\text{خروجی}} = \mathcal{E}I - rI^2 = 18\times3 - 1\times9 \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = 45W$$

$$P_{\text{تلف‌شده در مولد}} = rI^2 = 1\times9 = 9W$$

دقت کنید که اگر توان خروجی و توان تلف شده در مولد را با هم جمع کنیم، توان تولیدی به‌دست می‌آید $(9+45=54)$.

۵۲. ۱ ۲ ۳ ۴

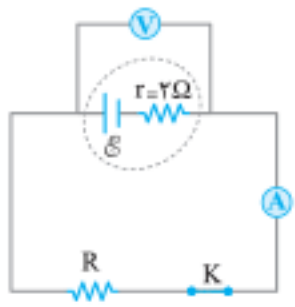
گام اول: چون مقاومت R مجهول است، با استفاده از رابطهٔ $V=\mathscr{E}-rI$، نیروی محرکهٔ مولد را به دست می‌آوریم. برای حالت اول می‌توان نوشت:

$$V_1=\mathscr{E}-rI_1 \xrightarrow[r=2\Omega]{V_1=40V,I_1=4A} 40=\mathscr{E}-2\times4\Rightarrow\mathscr{E}=48V$$

گام دوم: جریان الکتریکی را برای حالت دوم به‌دست می‌آوریم:

$$V=\mathscr{E}-rI_2 \xrightarrow[r=2\Omega]{V_2=36V,\mathscr{E}=48V} 36=48-2I_2$$
$$\Rightarrow 2I_2=12\Rightarrow I_2=6A$$

۵۳. ۱ ۲ ۳ ۴



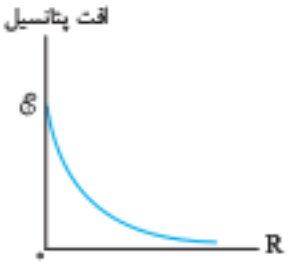
اگر کلید K را باز کنیم، جریان الکتریکی مدار صفر می‌شود، در نتیجه طبق رابطهٔ $V=\mathscr{E}-rI$، ولتسنج نیروی محرکهٔ مولد را نشان می‌دهد. پس سؤال نیروی محرکهٔ مولد را از ما می‌خواهد.

به همین منظور با استفاده از رابطهٔ $V=\mathscr{E}-rI$ و با توجه به این که $\frac{V}{\mathscr{E}}=0/8$ است، $\mathscr{E}$ را حساب می‌کنیم.

$$V=\mathscr{E}-rI \xrightarrow[r=2\Omega]{V=0/8\mathscr{E}\text{ و }I=0/8A} 0/8\mathscr{E}=\mathscr{E}-2\times0/8$$
$$\Rightarrow 1/6=0/2\mathscr{E}\Rightarrow\mathscr{E}=8V$$

۵۴. ۱ ۲ ۳ ۴

می‌دانیم افت پتانسیل درون مولد برابر $V'=rI$ و جریان الکتریکی مدار برابر $I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}$ است. بنابراین، افت پتانسیل مولد بر حسب مقاومت خارجی مدار (R) برابر است با:



$$V'=rI\Rightarrow V'=\frac{r\mathscr{E}}{R+r}$$
$$\Rightarrow\begin{cases}R=0\Rightarrow V'=\mathscr{E}\\ R=\infty\Rightarrow V'=0\end{cases}$$

این رابطه نشان می‌دهد، با افزایش مقاومت R افت پتانسیل درون مولد کاهش می‌یابد، اما رابطهٔ V با R به صورت خطی نیست، بلکه یک تابع هموگرافیک است.

۵۵. ۱ ۲ ۳

گام اول: باید مشخص کنیم وقتی مقاومت متغیر R از $2r$ به r کاهش می‌یابد جریان الکتریکی چند برابر می‌شود.

$$I_1=\frac{\mathscr{E}}{R_1+r}\xrightarrow{R_1=2r}I_1=\frac{\mathscr{E}}{2r+r}\Rightarrow I_1=\frac{\mathscr{E}}{3r}$$
$$I_2=\frac{\mathscr{E}}{R_2+r}\xrightarrow{R_2=r}I_2=\frac{\mathscr{E}}{r+r}\Rightarrow I_2=\frac{\mathscr{E}}{2r}$$

گام دوم: افت پتانسیل درون باتری برابر $V'=rI$ است، بنابراین می‌توان نوشت:

$$V'=rI\xrightarrow{r=\text{ثابت}}\frac{V'_2}{V'_1}=\frac{I_2}{I_1}\Rightarrow\frac{V'_2}{V'_1}=\frac{\frac{\mathscr{E}}{2r}}{\frac{\mathscr{E}}{3r}}\Rightarrow\frac{V'_2}{V'_1}=\frac{3}{2}$$

۵۶. ۱ ۲ ۳ ۴

با افزایش مقاومت R، طبق رابطهٔ $I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}$ و با توجه به این‌که $\mathscr{E}$ و r مقادیر ثابتی هستند، جریان الکتریکی مدار (مقداری که آمپرسنج نشان می‌دهد) کاهش می‌یابد. با کاهش جریان الکتریکی، افت پتانسیل درون مولد (Ir) نیز کاهش می‌یابد. درنتیجه طبق رابطهٔ $V=\mathscr{E}-rI$، اختلاف پتانسیل دو سر مولد (مقداری که ولتسنج نشان می‌دهد) افزایش خواهد یافت.

توجه: تغییرات ولتسنج دو سر مولد، مشابه تغییرات مقاومت کل مدار است. برای مثال، اگر مقاومت کل مدار کاهش یابد، عدد ولتسنج دو سر مولد نیز کاهش خواهد یافت.

۵۷. ۱ ۳ ۴

با کاهش مقاومت R، طبق رابطهٔ $I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}$ و با توجه به این‌که $\mathscr{E}$ و r مقدارهای ثابتی‌اند، جریان الکتریکی مدار(مقداری که آمپرسنج نشان می‌دهد) افزایش می‌یابد.

با افزایش جریان الکتریکی، افت پتانسیل درون مولد (Ir) نیز افزایش می‌یابد، در نتیجه طبق رابطهٔ $V=\mathscr{E}-rI$، اختلاف پتانسیل دو سر مولد(مقداری که ولتسنج نشان می‌دهد) کاهش خواهد یافت.

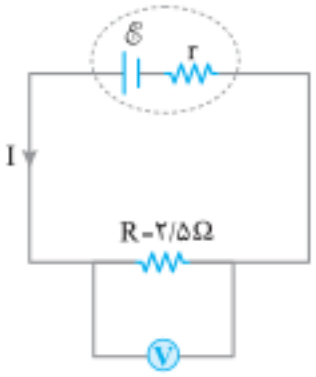
توجه: همیشه تغییرات ولتسنج دو سر مولد مشابه تغییرات مقاومت کل مدار است.

۵۸. ۱ ۲ ۳ ۴

با استفاده از رابطهٔ $V=\frac{R\mathscr{E}}{R+r}$، می‌توان نوشت:

$$V=\frac{R\mathscr{E}}{R+r}\Rightarrow V=\frac{r}{2}\times\frac{\mathscr{E}}{\frac{r}{2}+r}\Rightarrow V=\frac{r\mathscr{E}}{r+2r}$$
$$\Rightarrow V=\frac{r\mathscr{E}}{3r}\Rightarrow V=\frac{1}{3}\mathscr{E}$$

۵۹. ۱ ۲ ۳ ۴



گام اول: چون مولد به دو سر مقاومت بسته شده است، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت برابر اختلاف پتانسیل دو سر مولد است. بنابراین با توجه به این‌که افت پتانسیل درون مولد $V'=rI=0/25V$ است، می‌توان نوشت:

$$V=\mathscr{E}-rI\xrightarrow{rI=0/25V,\ V=1/25V}1/25=\mathscr{E}-0/25\Rightarrow\mathscr{E}=1/5V$$

گام دوم: با داشتن V و $\mathscr{E}$ به صورت زیر، r را به‌دست می‌آوریم:

$$V=RI\xrightarrow{I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}}V=\frac{R\mathscr{E}}{R+r}\xrightarrow[V=1/25V]{R=2/5\Omega,\mathscr{E}=1/5V}$$
$$1/25=\frac{2/5\times1/5}{2/5+r}\Rightarrow1=\frac{3}{2/5+r}\Rightarrow r=0/5\Omega$$

۶۰. ۱ ۲ ۳ ۴

با استفاده از رابطهٔ $V=\frac{R\mathscr{E}}{R+r}$ و با توجه به این‌که در حالت دوم ولتسنج $\frac{1}{2}$ مقدار اولیه را نشان می‌دهد، می‌توان نوشت:

$$V_2=\frac{1}{2}V_1\xrightarrow{V=\frac{\mathscr{E}R}{R+r}}\frac{\mathscr{E}R_2}{R_2+r}=\frac{1}{2}\times\frac{\mathscr{E}R_1}{R_1+r}\xrightarrow{R_1=20\Omega,\ r=2\Omega}$$
$$\frac{R_2}{R_2+2}=\frac{1}{2}\times\frac{20}{20+2}\Rightarrow\frac{R_2}{R_2+2}=\frac{10}{22}\Rightarrow\frac{R_2}{R_2+2}=\frac{5}{11}$$
$$\Rightarrow11R_2=5R_2+10\Rightarrow6R_2=10\Rightarrow R_2=\frac{10}{6}\simeq1/6\Omega$$

۶۱. ۱ ۲ ۳ ۴

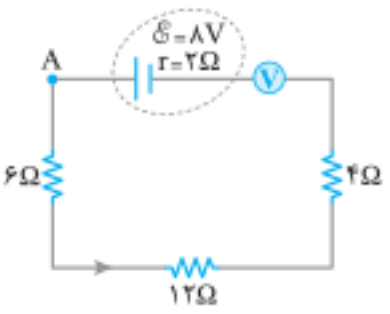
با استفاده از رابطهٔ $V=RI$ و $I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}$ می‌توان نوشت:

$$V=RI \xrightarrow{I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}} V=\frac{R\mathscr{E}}{R+r} \xrightarrow{R=nr} V=\frac{nr\mathscr{E}}{nr+r}$$
$$\Rightarrow V=\frac{nr\mathscr{E}}{r(n+1)} \Rightarrow V=(\frac{n}{n+1})\mathscr{E}$$

تذکر: در صورتی $V=RI$ برابر اختلاف پتانسیل دو سر مولد است که در مدار فقط یک مقاومت خارجی R وجود داشته باشد و یا این‌که R برابر مقاومت خارجی کل مدار باشد.

۶۲. ۱ ۲ ۳ ۴

چون ولت‌سنج ایده‌آل است، مقاومت آن بسیار زیاد است. بنابراین وقتی در شاخهٔ اصلی مدار قرار می‌گیرد، جریان در مدار صفر می‌شود. در این حالت ولت‌سنج نیروی محرکهٔ مولد را نشان می‌دهد.



$$V=\mathscr{E}-rI \xrightarrow{I=0,\ \mathscr{E}=8V} V=8-0 \Rightarrow V=8V$$

۶۳. ۱ ۳ ۴

چون مقاومت ولت‌سنج بسیار زیاد است و در شاخهٔ اصلی قرار دارد (با باتری متوالی بسته شده است) بنا به رابطهٔ $I=\frac{\mathscr{E}}{R_{eq}+r}$، جریان الکتریکی مدار صفر می‌شود، در نتیجه تمام آمپرسنج‌های موجود در مدار عدد صفر را نشان می‌دهند. در نتیجه اختلاف پتانسیل تمام مقاومت‌های مدار صفر می‌شود. در این حالت ولت‌سنج نیروی محرکهٔ مولد یعنی $V=\mathscr{E}=10V$ را نشان خواهد داد.

۶۴. ۱ ۳ ۴

طبق رابطهٔ $P=VI$ ولت آمپر یکای توان است. از طرف دیگر طبق رابطهٔ $P=\frac{U}{t}$ یکای توان، ژول بر ثانیه $(\frac{J}{s})$ است.

۶۵. ۱ ۲ ۳

چون V و P معلوم‌اند، R را به‌صورت زیر حساب می‌کنیم:

$$P=\frac{V^2}{R} \xrightarrow[V=12V]{P=8W} 8=\frac{12\times12}{R} \Rightarrow R=18\Omega$$

۶۶. ۲ ۳ ۴

چون P و I معلوم‌اند، با استفاده از رابطهٔ $P=RI^2$، مقاومت الکتریکی سیم گرماده را به‌دست می‌آوریم.

$$P=RI^2 \xrightarrow[I=4A]{P=480W} 480=R\times16 \Rightarrow R=30\Omega$$

۶۷. ۱ ۲ ۳

با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ و با توجه به این‌که V ثابت است، نسبت مقاومت الکتریکی لامپ‌ها را به‌دست می‌آوریم.

$$P=\frac{V^2}{R} \xrightarrow{V=\text{ثابت}} \frac{P_{25}}{P_{100}}=\frac{R_{100}}{R_{25}}$$
$$\Rightarrow \frac{25}{100}=\frac{R_{100}}{R_{25}} \Rightarrow \frac{R_{100}}{R_{25}}=\frac{1}{4}$$

۶۸. ۱ ۳ ۴

باید با استفاده از رابطهٔ $U=RI^2t$ انرژی الکتریکی مصرف شده در مقاومت را به‌دست آوریم. اما چون I مجهول است، ابتدا با استفاده از رابطهٔ $q=It$، مقدار I را حساب می‌کنیم:

$$I=\frac{q}{t} \xrightarrow{q=10C,\ t=5s} I=\frac{10}{5} \Rightarrow I=2A$$
$$U=RI^2t \xrightarrow[t=5s]{R=20\Omega,\ I=2A} U=20\times4\times5=400J$$

۶۹. ۱ ۲ ۳

چون R، q و V معلوم‌اند، به صورت زیر زمان عبور مقدار بار الکتریکی را به‌دست می‌آوریم:

$$\underset{\uparrow}{R}\ \underset{\uparrow}{I}\ \underset{\uparrow}{q}$$
$$U=VIt \Rightarrow U=RIq \xrightarrow[R=5\Omega]{U=400J,\ q=200C}$$
$$4000=5\times I\times200 \Rightarrow I=4A$$
$$q=It \xrightarrow[I=4A]{q=200C} 200=4t \Rightarrow t=50s$$

توجه: می‌توان از ترکیب رابطه‌های $I=\frac{q}{t}$ و $U=RI^2t$ به رابطهٔ $U=R\times\frac{q^2}{t}$ رسید و t را به‌دست آورد.

۷۰. ۱ ۳ ۴

گام اول: جریان الکتریکی مدار را به‌دست می‌آوریم:

$$I=\frac{\mathscr{E}}{R+r} \xrightarrow[R=5\Omega]{\mathscr{E}=12V,\ r=1\Omega} I=\frac{12}{5+1} \Rightarrow I=2A$$

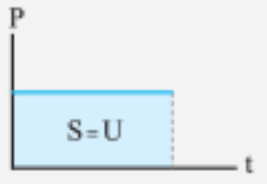
گام دوم: انرژی الکتریکی مصرف شده را به‌دست می‌آوریم:

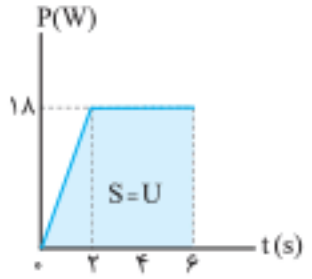
$$U=RI^2t \xrightarrow[I=2A]{t=1min=60s,\ R=5\Omega} U=5\times4\times60=1200J$$

۷۱. ۱ ۳ ۴

تذکر: مساحت سطح محصور بین نمودار $P-t$ و محور زمان برابر انرژی الکتریکی است.

$U=$ مساحت سطح رنگی





گام اول: مساحت سطح رنگی را به‌دست می‌آوریم، دقت کنید، مساحت سطح رنگی برابر مساحت ذوزنقه است.

$$U=S=\frac{6+4}{2}\times18 \Rightarrow U=90J$$

گام دوم: با استفاده از رابطهٔ $P_{av}=\frac{U}{t}$، متوسط توان الکتریکی را حساب می‌کنیم.

$$P_{av}=\frac{U}{t} \xrightarrow[t=6s]{U=90J} P_{av}=\frac{90}{6} \Rightarrow P_{av}=15W$$

۷۲. ۲ ۳ ۴

چون ولتاژ اسمی $(220V)$ و ولتاژ مصرفی لامپ با هم برابر است، توان مصرفی لامپ همان $200W$ می‌شود. برای محاسبهٔ انرژی الکتریکی مصرفی، ابتدا توان را به kW و زمان را به ساعت (h) تبدیل کرده و سپس از رابطهٔ $U=Pt$ استفاده می‌کنیم.

$$U=Pt=\frac{P=200W=0/2kW}{t=90min=1/5h} \rightarrow U=0/2\times1/5 \Rightarrow U=0/3kWh$$

۷۳. ۲ ۳ ۴

روش اول: گام اول: با استفاده از رابطهٔ $P=RI^2$ توان الکتریکی را بر حسب وات به‌دست می‌آوریم، سپس آن را به کیلووات تبدیل می‌کنیم:

$$P=RI^2 \xrightarrow[I=4A]{R=60\Omega} P=60\times16W=\frac{60\times16}{1000}kW$$

گام دوم: با استفاده از رابطهٔ $U=Pt$، انرژی الکتریکی مصرفی را حساب می‌کنیم:

$$U=Pt \xrightarrow{t=25min=\frac{25}{60}h} U=\frac{60\times16}{1000}\times\frac{25}{60} \Rightarrow U=0/4kWh$$

روش دوم: ابتدا با استفاده از رابطهٔ $U=RI^2t$ انرژی الکتریکی را برحسب ژول به‌دست می‌آوریم:

$$U=RI^2t \xrightarrow[t=25min=25\times60s]{R=60\Omega,I=4A} U=60\times16\times25\times60J$$

چون $1kWh=36\times10^5J$ است، می‌توان نوشت:

$$U=\frac{60\times16\times25\times60}{36\times10^5}\Rightarrow U=\frac{400}{1000}\Rightarrow U=0/4kWh$$

۷۴. ۱ ۲ ۳ ۴

گام اول: انرژی مصرفی هر خانه را در مدت یک ماه به‌دست می‌آوریم: (دقت کنید، چون هر خانه ۵ ساعت در شب خاموش می‌شود، در مدت یک ماه، ۱۵۰ ساعت خاموش خواهد شد.)

$$\text{مقدار برق مصرفی اضافی یک خانه در یک ماه}\quad U=Pt \xrightarrow[t=30\times5=150h]{P=100W=0/1kW}$$

$$U=0/1\times150=15kWh$$

گام دوم: انرژی مصرفی کل خانه‌های شهر را حساب می‌کنیم:

$$\text{مقدار برق مصرفی اضافی کل خانه‌های شهر در یک ماه}=15\times2\times10^6=3\times10^7kWh$$

گام سوم: چون بهای هر کیلووات ساعت برق مصرفی ۱۰۰ ریال است، کل بهای برق مصرفی برابر است با:

$$\text{بهای برق مصرفی اضافی کل شهر در یک ماه}=3\times10^7\times100=3\times10^9=\text{میلیارد ریال }3$$

۷۵. ۱ ۲ ۳ ۴

گام اول: با داشتن R و P، به کمک رابطهٔ $P=RI^2$، جریان الکتریکی مقاومت R که همان جریان الکتریکی مدار است را می‌یابیم:

$$P=RI^2 \xrightarrow[P=36W]{R=4\Omega} 54=6I^2\Rightarrow I^2=9\Rightarrow I=3A$$

گام دوم: با داشتن r، R و I به‌صورت زیر نیروی محرکهٔ مولد را پیدا می‌کنیم:

$$I=\frac{\mathscr{E}}{R+r} \xrightarrow[R=4\Omega]{r=2\Omega,I=3A} 3=\frac{\mathscr{E}}{6+2}\Rightarrow \mathscr{E}=24V$$

گام سوم: توان تولیدی مولد برابر است با: $P=\mathscr{E}I=24\times3=72W$

۷۶. ۱ ۲ ۳ ۴

طبق رابطهٔ $P=RI^2$، چون مقاومت سیم‌های انتقال انرژی الکتریکی ثابت است، هرچه مقدار جریان کمتر باشد توان تلف‌شده در سیم‌های انتقال انرژی کمتر می‌شود.

از طرف دیگر، جریانی که نیروگاه با توان تولیدی P' در سیم‌های انتقال انرژی الکتریکی می‌فرستد برابر $I=\frac{P'}{V}$ است. در این‌جا V اختلاف پتانسیل دو سر نیروگاه است که می‌توان به وسیلهٔ مبدل، آن را افزایش داد. بنابراین، توان مصرف‌شده در سیم‌های انتقال انرژی الکتریکی برابر $P=R\times\frac{P'^2}{V^2}$ است. این رابطه نشان می‌دهد چون R و P' ثابت‌اند، هرچه اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر نیروگاه بیشتر باشد، توان تلف شده در سیم‌های انتقال انرژی الکتریکی کمتر می‌شود.

۷۷. ۱ ۲ ۳ ۴

با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ و با توجه به این‌که $P=\frac{U}{t}$ (در این‌جا $U=Q=mc\Delta T$) است، به راحتی مقاومت سیم‌گرم‌کن به‌دست می‌آید:

$$P=\frac{V^2}{R} \xrightarrow{P=\frac{U}{t}} \frac{U}{t}=\frac{V^2}{R} \xrightarrow{U=mc\Delta T}$$

$$\frac{mc\Delta T}{t}=\frac{V^2}{R} \xrightarrow[t=7min=420s,\ \Delta T=100-20=80^\circ C]{V=120V,\ m=0/5kg,\ c=4200\frac{J}{kg.^\circ C}}$$

$$\frac{0/5\times4200\times80}{420}=\frac{120\times120}{R}\Rightarrow400=\frac{120\times120}{R}$$

$$\Rightarrow R=\frac{120\times120}{400}\Rightarrow R=36\Omega$$

۷۸. ۱ ۲ ۳ ۴

چون مقاومت الکتریکی لامپ ثابت است، با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ توان لامپ با ولتاژ $8V$ را به‌دست می‌آوریم:

$$P=\frac{V^2}{R} \xrightarrow{R=\text{ثابت}} \frac{P_2}{P_1}=\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \xrightarrow[V_2=8V]{V_1=12V,P_1=36W}$$

$$\frac{P_2}{36}=\left(\frac{8}{12}\right)^2\Rightarrow\frac{P_2}{36}=\frac{4}{9}\Rightarrow P_2=16W$$

۷۹. ۱ ۲ ۳ ۴

اگر مقاومت لامپ را ثابت فرض کنیم، با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ می‌توان نوشت:

$$P=\frac{V^2}{R} \xrightarrow{R=\text{ثابت}} \frac{P_2}{P_1}=\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \xrightarrow[V_1=240V]{V_2=220V}$$

$$\frac{P_2}{P_1}=\left(\frac{220}{240}\right)^2=\left(\frac{11}{12}\right)^2$$

$$\frac{P_2}{P_1}=\frac{121}{144}\Rightarrow P_2=\frac{121}{144}P_1$$

$$\text{درصد تغییر توان}=\frac{P_2-P_1}{P_1}\times100=\frac{\frac{121}{144}P_1-P_1}{P_1}\times100$$

$$=\frac{-23}{144}\times100\Rightarrow\text{درصد تغییر توان}\simeq-16\%$$

۸۰. ۱ ۲ ۳ ۴

با فرض این‌که مقاومت ثابت باشد، ابتدا با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ ولتاژ لامپ برای توان مصرفی در حالت دوم را به دست می‌آوریم و سپس تغییر ولتاژ آن را حساب می‌کنیم.

حالت اول: $P=100W$ و $V=200V$

حالت دوم: $P'=81W$ و $V'=?$

$$P=\frac{V^2}{R} \xrightarrow{R=\text{ثابت}} \frac{P'}{P}=\frac{V'^2}{V^2}\Rightarrow\frac{81}{100}=\frac{V'^2}{200^2}$$

$$\Rightarrow\frac{9}{10}=\frac{V'}{200}\Rightarrow V'=180V$$

$$\Delta V=180-200=-20V$$

۸۱. ۱ ۲ ۳ ۴

گام اول: چون ولتاژ اسمی لامپ برابر $220V$ و ولتاژ مصرفی آن $110V$ است، توان مصرفی لامپ با توان اسمی آن $(100W)$ برابر نمی‌شود. بنابراین ابتدا توان مصرفی لامپ را به‌دست می‌آوریم:

$$P=\frac{V^2}{R} \xrightarrow{R=\text{ثابت}} \frac{P_2}{P_1}=\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \xrightarrow[V_2=110V]{P_1=100W,V_1=220V}$$

$$\frac{P_2}{100}=\left(\frac{110}{220}\right)^2\Rightarrow\frac{P_2}{100}=\frac{1}{4}\Rightarrow P_2=25W$$

گام دوم: با استفاده از رابطهٔ $U=Pt$ انرژی الکتریکی مصرف شده را حساب می‌کنیم:

$$U=P_2t \xrightarrow[P_2=25W]{t=0/5h=1800s} U=25\times1800=45000J\Rightarrow U=45kJ$$

۸۲. ۱ ۲ ۳ ۴

گام اول: چون لامپ ۲۲۰V و ۱۰۰W به اختلاف پتانسیل ۲۰۰V وصل شده است، توان مصرفی لامپ از ۱۰۰W کمتر می‌شود. بنابراین چون مقاومت لامپ ثابت فرض شده است، ابتدا با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$، توان مصرفی لامپ را می‌یابیم:

$$P=\frac{V^2}{R}\xrightarrow{R=\text{ثابت}}\frac{P'}{P}=(\frac{V'}{V})^2\xrightarrow[V'=200V]{P=100W,V=220V}$$

$$\frac{P'}{100}=(\frac{200}{220})^2\Rightarrow\frac{P'}{100}=\frac{100}{121}\Rightarrow P'=\frac{10000}{121}W=\frac{10}{121}kW$$

گام دوم: با استفاده از رابطهٔ $E=Pt$، انرژی مصرفی را می‌یابیم:

$$E=Pt\xrightarrow{t=11h}E=\frac{10}{121}\times11\Rightarrow E=\frac{10}{11}kWh$$

۸۳. ۱ ۲ ۳ ۴

گام اول: مقاومت الکتریکی سیم را با استفاده از رابطهٔ $R=\rho\frac{L}{A}$ حساب می‌کنیم:

$$R=\rho\frac{L}{A}\xrightarrow[A=2\times10^{-6}m^2]{\rho=10^{-6}\Omega.m,\,L=2m}$$

$$R=10^{-6}\times\frac{2}{2\times10^{-6}}=10\Omega$$

گام دوم: با استفاده از رابطهٔ $U=Pt=\frac{V^2}{R}t$، انرژی الکتریکی مصرفی را بر حسب ژول به‌دست می‌آوریم و سپس آن را به kWh تبدیل می‌کنیم:

$$U=\frac{V^2}{R}t\xrightarrow[t=20min=20\times60s]{V=200V,R=10\Omega}U=\frac{200\times200}{10}\times20\times60$$

$$\Rightarrow U=4\times12\times10^5J\xrightarrow{1kWh=36\times10^5J}$$

$$U=\frac{4\times12\times10^5}{36\times10^5}\Rightarrow U=\frac{4}{3}kWh$$

۸۴. ۲ ۳ ۴

گام اول: مساحت سطح مقطع سیم و سپس با استفاده از رابطهٔ $R=\rho\frac{L}{A}$، مقاومت آن را حساب می‌کنیم:

$$A=\pi r^2\xrightarrow{r=1mm=10^{-3}m}A=3\times10^{-6}m^2$$

$$R=\rho\frac{L}{A}\xrightarrow[A=3\times10^{-6}m^2]{\rho=1/7\times10^{-8}\Omega.m,\,L=30m}$$

$$R=1/7\times10^{-8}\times\frac{30}{3\times10^{-6}}=1/7\times10^{-1}\Omega$$

گام دوم: با استفاده از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$، آهنگ تولید انرژی گرمایی (توان گرمایی) را به دست می‌آوریم:

$$P=\frac{V^2}{R}\xrightarrow[R=1/7\times10^{-1}\Omega]{V=17V}P=\frac{(17)^2}{1/7\times10^{-1}}=1700W$$

۸۵. ۱ ۳ ۴

طبق رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$، چون اختلاف پتانسیل الکتریکی هر دو لامپ یکسان است، لامپی که مقاومت الکتریکی آن کمتر باشد، توان آن بیشتر، در نتیجه نور آن نیز بیشتر خواهد بود.

از طرف دیگر، طبق رابطهٔ $R=\rho\frac{L}{A}$، چون طول و جنس رشته سیم درون لامپ‌ها یکسان است، سیمی که سطح مقطع آن بزرگ‌تر(ضخیم‌تر) باشد، مقاومت الکتریکی آن کمتر است. بنابراین لامپ L_1 که رشته سیم درون آن ضخیم‌تر است، دارای مقاومت الکتریکی کمتر و توان بیشتری خواهد بود و در نتیجه با نور بیشتری روشن می‌شود.

۸۶. ۱ ۲ ۴

با افزایش مقاومت R، طبق رابطهٔ $I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}$، چون $\mathscr{E}$ و r ثابت‌اند، جریان الکتریکی کاهش می‌یابد. با کاهش I، افت پتانسیل درون باتری (Ir) کاهش یافته، در نتیجه طبق رابطهٔ $V=\mathscr{E}-rI$، اختلاف پتانسیل دو سر باتری افزایش می‌یابد. همچنین با کاهش I طبق رابطهٔ $P=rI^2$، توانی که باتری از دست می‌دهد نیز کاهش خواهد یافت.

۸۷. ۲ ۳ ۴

گام اول: با توجه به رابطهٔ اختلاف پتانسیل دو سر مولد اندازهٔ شیب خط برابر با مقاومت درونی مولد است. بنابراین داریم:

$$V=\mathscr{E}-rI\xrightarrow{|\text{شیب خط B}|>|\text{شیب خط C}|>|\text{شیب خط A}|}r_A>r_C>r_B$$

گام دوم: با توجه به رابطهٔ جریان عبوری از مولد داریم:

$$I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}\xrightarrow[r_A>r_C>r_B,\mathscr{E}_A=\mathscr{E}_B=\mathscr{E}_C]{R_A=R_B=R_C}I_B>I_C>I_A$$

گام سوم: با توجه به این‌که توان خروجی باتری با توان مصرفی مقاومت برابر است، داریم:

$$P=RI^2\xrightarrow[I_B>I_C>I_A]{R_A=R_B=R_C}P_B>P_C>P_A$$

۸۸. ۱ ۲ ۴

چون R،I و r معلوم‌اند، نیروی محرکه و توان تلف شده در مقاومت درونی مولد را به صورت زیر به‌دست می‌آوریم.

$$I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}\xrightarrow[I=0/5A]{R=14\Omega,r=1\Omega}0/5=\frac{\mathscr{E}}{14+1}\Rightarrow\mathscr{E}=7/5V$$

$$P=rI^2\Rightarrow P=1\times(0/5)^2\Rightarrow P=0/25W$$

۸۹. ۱ ۳ ۴

گام اول: با استفاده از رابطه $P=rI^2$، جریان الکتریکی مدار را حساب می‌کنیم:

$$P=rI^2\xrightarrow[r=2\Omega]{P=8W}8=2\times I^2\Rightarrow I=2A$$

گام دوم: سپس با استفاده از رابطهٔ $I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}$، مقاومت الکتریکی R را به‌دست می‌آوریم.

$$I=\frac{\mathscr{E}}{R+r}\xrightarrow[r=2\Omega]{\mathscr{E}=12V,I=2A}2=\frac{12}{R+2}\Rightarrow R=4\Omega$$

۹۰. ۲ ۳ ۴

گام اول: با استفاده از رابطهٔ $P=rI^2$، جریان الکتریکی عبوری از مولد را به‌دست می‌آوریم:

$$P=rI^2\xrightarrow[r=0/1\Omega]{P=10W}10=0/1\times I^2\Rightarrow I=10A$$

گام دوم: سپس با استفاده از رابطهٔ $P=\mathscr{E}I-rI^2$، توان خروجی مولد را حساب می‌کنیم.

$$P=\mathscr{E}I-rI^2\xrightarrow[r=0/1\Omega]{\mathscr{E}=12V,I=10A}P=12\times10-0/1\times100\Rightarrow P=110W$$

۹۱. ۲ ۳ ۴

گام اول: با استفاده از رابطهٔ $P=rI^2$، مقاومت درونی مولد را به‌دست می‌آوریم:

$$P=rI^2\xrightarrow[I=2A]{P=4W}4=r\times4\Rightarrow r=1\Omega$$

گام دوم: با استفاده از رابطهٔ $V=\mathscr{E}-rI$، نیروی محرکهٔ مولد را حساب می‌کنیم:

$$V=\mathscr{E}-rI\xrightarrow[r=1\Omega]{V=7V,I=2A}7=\mathscr{E}-1\times2\Rightarrow\mathscr{E}=9V$$

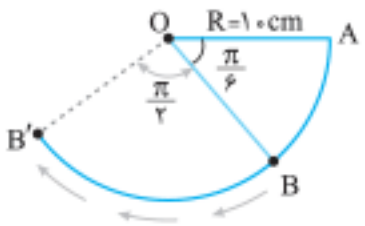
۹۲. ۱ ۲ ۳

با استفاده از رابطه‌های $U=Pt$ و $P=\mathscr{E}I$ انرژی ذخیره شده در مولد را به‌دست می‌آوریم:

$$U=Pt\xrightarrow{P=\mathscr{E}I}U=\mathscr{E}It\xrightarrow[t=10h=10\times3600s]{\mathscr{E}=2/2V,I=4A}$$

$$U=2/2\times4\times10\times3600\Rightarrow U=31680J$$

۲۱۰.مطابق شکل، میدان عمود بر صفحه به شدت $1/5T$ در فضا وجود دارد. اگر ضلع OB را بتوانیم از وضعیت نشان داده‌شده تا نقطهٔ B' حول O بچرخانیم، شار مغناطیسی گذرنده از سطح OAB چند وبر تغییر می‌کند؟



۱) $\frac{3\pi}{800}$
۲) $\frac{\pi}{200}$
۳) $\frac{\pi}{800}$
۴) $\frac{\pi}{160}$

قانون القای الکترومغناطیس فاراده

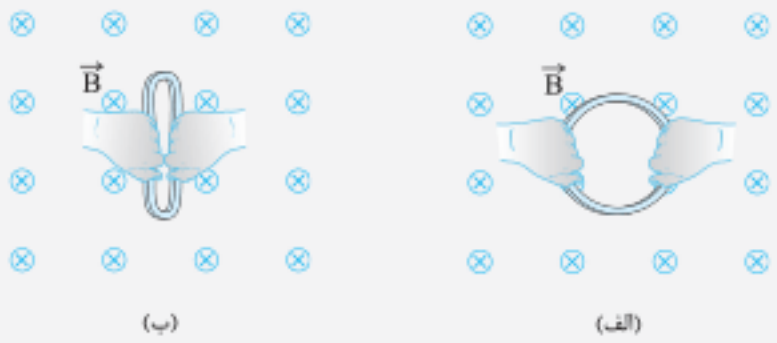
آهنگ تغییر شار مغناطیسی

با توجه به تعریف شار مغناطیسی ($\Phi = BA\cos\theta$) و اینکه از تغییر هر یک از اجزای تشکیل‌دهندهٔ شار مغناطیسی، جریان القایی پدید می‌آید، می‌توان نتیجه گرفت هرگاه شار مغناطیسی تغییر کند، جریان القایی پدید می‌آید. از این رو آهنگ تغییر شار مغناطیسی را به صورت زیر تعریف می‌کنند:

$$\text{آهنگ تغییر شار مغناطیسی} = \frac{\text{تغییر شار مغناطیسی}}{\text{مدت زمان تغییر شار}} \Rightarrow \text{آهنگ تغییر شار مغناطیسی} = \frac{\Delta\Phi(Wb)}{\Delta t(s)}$$

تذکر: تغییر شار مغناطیسی می‌تواند به سبب تغییر هر یک از کمیت‌های میدان مغناطیسی (B) یا مساحت حلقه (A) یا $\cos\theta$ و همچنین تغییر همزمان دو یا هر سه کمیت فوق باشد.

مثال: در شکل (الف) مساحت حلقه $25cm^2$ و بزرگی میدان مغناطیسی یکنواخت درون‌سو $0/6T$ است. اگر در مدت $0/2$ ثانیه مساحت حلقه به $10cm^2$ برسد شکل (ب)، آهنگ تغییر شار مغناطیسی چند وبر بر ثانیه است؟



● **پاسخ:** در این سؤال تغییر شار مغناطیسی به دلیل تغییر مساحت حلقه ایجاد می‌شود، پس می‌توان تغییر شار را به صورت زیر حساب کرد:

$$\Phi = BA\cos\theta \begin{cases} \Phi_1 = BA_1\cos\theta \\ \Phi_2 = BA_2\cos\theta \end{cases} \xrightarrow[\cos 0^\circ = 1]{\theta = 0^\circ} \Phi_2 - \Phi_1 = B(A_2 - A_1)$$

$$\Rightarrow \Delta\Phi = 0/6 \times (10 - 25) \times 10^{-4} \Rightarrow \Delta\Phi = -9 \times 10^{-4}\,Wb$$

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{-9\times10^{-4}}{0/2} = -4/5\times10^{-3}\,\frac{Wb}{s}$$

اکنون آهنگ تغییر شار را حساب می‌کنیم:

قانون القای الکترومغناطیسی فاراده

می‌دانیم که اگر در مدار یا حلقه‌ای جریان الکتریکی پدید آید، باید اختلاف پتانسیل الکتریکی در آن مدار برقرار باشد. این قاعده دربارهٔ جریان الکتریکی القایی نیز صدق می‌کند. به اختلاف پتانسیل الکتریکی که جریان القایی را پدید می‌آورد، نیروی محرکهٔ القایی (و به اختصار ولتاژ القایی) می‌گویند. قانون القای الکترومغناطیسی فاراده دربارهٔ رابطهٔ نیروی محرکهٔ القایی است و به صورت زیر بیان می‌شود:

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

اگر پیچه‌ای دارای N حلقه باشد قانون فاراده را به صورت زیر می‌نویسند:

$$\text{نیروی محرکهٔ القایی متوسط (V)}\ \overline{\mathcal{E}} = -\ \underbrace{N}_{\substack{\text{تعداد}\\ \text{حلقه‌های پیچه}}}\ \frac{\overbrace{\Delta\Phi}^{\substack{\text{تغییر شار}\\ \text{مغناطیسی (Wb)}}}}{\underbrace{\Delta t}_{\substack{\text{مدت‌زمان تغییر}\\ \text{شار (s)}}}}$$

مثال: **پیچه‌ای که ۵۰ حلقه دارد درون یک میدان مغناطیسی یکنواخت است و شار مغناطیسی گذرنده از پیچه ۰/۰۴Wb است. اگر در مدت ۰/۲ ثانیه جهت میدان وارونه شود، نیروی محرکهٔ القایی متوسطی که در پیچه ایجاد می‌شود چند ولت است؟**

■ **پاسخ:** چون بردار میدان مغناطیسی در خلاف جهت اولیه تغییر می‌کند می‌توان نتیجه گرفت شار مغناطیسی از Φ_1 به $\Phi_2 = -\Phi_1$ می‌رسد.

$$\Phi_1 = BA\cos\theta \qquad \Phi_2 = BA\cos(180-\theta)$$

$$\xrightarrow{-\cos\theta=\cos(180-\theta)} \Phi_2 = -\Phi_1$$

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 \Rightarrow \Delta\Phi = -0/04 - 0/04 = -0/08Wb$$

اکنون نیروی محرکهٔ القایی متوسط را حساب می‌کنیم:

$$\bar{\mathcal{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -50\times\frac{-0/08}{0/2} \Rightarrow \bar{\mathcal{E}} = 20V$$

تذکر: هر قدر تغییر شار مغناطیسی در مدت زمانی کمتر (سریع‌تر) انجام شود، نیروی محرکهٔ القایی متوسط بزرگتری ایجاد می‌شود.

تذکر: علامت منفی در قانون قاراده مربوط به قانون لنز و تعیین جهت جریان القایی است که در بخش‌های بعدی به آن می‌پردازیم. فعلاً شما علامت منفی را در رابطه قرار بده و کاری به آن نداشته باش اون هم کاری به شما نداره!

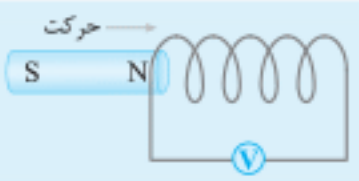
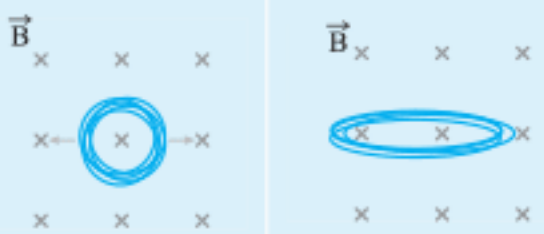
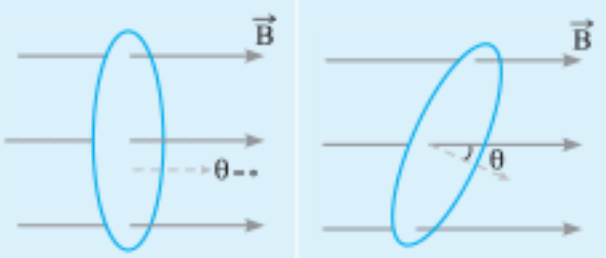
مثال: **میدان مغناطیسی به‌شدت 0/5T بر سطح حلقه‌ای به مساحت $4m^2$ عمود است. اگر حلقه را در مدت 0/1s نسبت به‌خطوط میدان بچرخانیم به‌طوری که زاویهٔ میدان با حلقه به 30° برسد. بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط چند ولت خواهد بود؟**

■ **پاسخ:** در این مثال علت تغییر شار، تغییر زاویهٔ میدان با حلقه است. باز هم تاکید می‌کنیم باید زاویهٔ میدان با نیم‌خط عمود برصفحه را تعیین کنید.

در ابتدا زاویهٔ میدان با خط عمود بر صفحه صفر بوده و در نهایت با توجه به زاویهٔ بیان‌شده (یعنی 30° با صفحه) زاویهٔ میدان با خط عمود بر صفحه به 60° رسیده است و برای بزرگی نیروی محرکهٔ القایی می‌توان نوشت:

$$|\bar{\mathcal{E}}| = N\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = NAB\left|\frac{\cos\theta_2-\cos\theta_1}{\Delta t}\right| = 1\times4\times0/5\times\left|\frac{\cos60^\circ-\cos0^\circ}{0/1}\right| = 10V$$

با توجه به رابطهٔ شار مغناطیسی ($\Phi = BA\cos\theta$)، برای تغییرات شار مغناطیسی لازم است حداقل یکی از پارامترهای B یا A یا $\cos\theta$ تغییر کند.

عامل تغییر شار مغناطیسی	شکل نهایی رابطهٔ $\lvert\bar{\mathcal{E}}\rvert = N\lvert\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\rvert$	
میدان مغناطیسی (B) تغییر کند. (آهنگ تغییر میدان $= \frac{\Delta B}{\Delta t}$) $(\frac{T}{s})$	$\lvert\bar{\mathcal{E}}\rvert = NA\cos\theta\lvert\frac{\Delta B}{\Delta t}\rvert$	
مساحت حلقه (A) تغییر کند. (آهنگ تغییر سطح $= \frac{\Delta A}{\Delta t}$) $(\frac{m^2}{s})$	$\lvert\bar{\mathcal{E}}\rvert = NB\cos\theta\lvert\frac{\Delta A}{\Delta t}\rvert$	
زاویهٔ نیم‌خط عمود بر سطح با میدان (θ) تغییر کند.	$\lvert\bar{\mathcal{E}}\rvert = NBA\lvert\frac{\Delta\cos\theta}{\Delta t}\rvert$	

جریان القایی متوسط

هنگامی که در مدار بستهٔ یک پیچه، نیروی محرکهٔ القایی پدید می‌آید، این پدیده سبب ایجاد جریان القایی می‌شود. اگر مقاومت مدار (پیچه) برابر R باشد، جریان القایی متوسط آن از رابطهٔ زیر حساب می‌شود:

$$\bar{I} = \frac{\bar{\mathcal{E}}}{R} \xrightarrow{\bar{\mathcal{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}} \underbrace{\bar{I}}_{\substack{\text{جریان القایی}\\ \text{متوسط (A)}}} = -\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi(Wb)}{\Delta t(s)}$$

مثال: پیچه‌ای با مساحت $۳۰cm^۲$، شامل ۲۰۰ دور سیم است و عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت یک آهنربای الکتریکی قرار دارد. اگر در مدت $۰/۰۲s$ میدان مغناطیسی آهنربا از $۱۰^۲G$ به ۲×۱۰^۲G برسد و مقاومت پیچه ۵Ω باشد، بزرگی جریان القایی متوسط پیچه چند میلی‌آمپر خواهد شد؟

۱) ۰/۱۲ ۲) ۱۲۰ ۳) ۰/۰۶ ۴) ۶۰

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۲»

از رابطهٔ جریان القایی متوسط استفاده می‌کنیم. توجه کنید که در این سؤال تغییر شار مغناطیسی به سبب تغییر میدان مغناطیسی ایجاد شده است.

$$\bar{I}=-\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\xrightarrow[\cos\theta=۱]{\Delta\Phi=A\cos\theta\Delta B}\bar{I}=-\frac{NA\Delta B}{R\Delta t}$$

$$\bar{I}=-\frac{۲۰۰\times۳۰\times۱۰^{-۴}\times(۳\times۱۰^۲-۱۰^۲)۱۰^{-۴}}{۵\times۰/۰۲}\Rightarrow\bar{I}=-۰/۱۲A=-۱۲۰mA\Rightarrow|\bar{I}|=۱۲۰mA$$

مثال: سطح حلقه‌ای را عمود بر میدان مغناطیسی یکنواخت $۱۰G$ قرار می‌دهیم و در یک لحظهٔ کوتاه حلقه را از دو طرف می‌کشیم تا مساحت آن کم شود. اگر آهنگ تغییر سطح حلقه $۱۰^۳\frac{cm^۲}{s}$ و مقاومت حلقه $۰/۵$ اهم باشد، جریان القایی متوسط حلقه چند آمپر می‌شود؟

۱) $\frac{۱}{۲}\times۱۰^۳$ ۲) ۲×۱۰^۳ ۳) $-\frac{۱}{۲}\times۱۰^{-۳}$ ۴) -۲×۱۰^{-۳}

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۴»

در این سؤال تغییر سطح سبب ایجاد تغییر شار شده است و آهنگ تغییر سطح یعنی $\frac{\Delta A}{\Delta t}$ برابر $۱۰^۳\frac{cm^۲}{s}$ است و آن را به $\frac{m^۲}{s}$ تبدیل می‌کنیم:

$$\frac{\Delta A}{\Delta t}=۱۰^۳\times۱۰^{-۴}=۰/۱\frac{m^۲}{s}$$

اکنون جریان القایی متوسط را حساب می‌کنیم. توجه داریم که $\theta=۰$ و $\cos\theta=۱$ است.

$$\bar{I}=-\frac{NB}{R}\frac{\Delta A}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow\bar{I}=-\frac{۱\times۱۰۰\times۱۰^{-۴}}{۰/۵}\times۰/۱\Rightarrow\bar{I}=-۲\times۱۰^{-۳}A$$

بار شارش شده در جریان القایی

با توجه به تعریف جریان الکتریکی متوسط یعنی $\bar{I}=\frac{\Delta q}{\Delta t}$ و رابطهٔ جریان القایی متوسط می‌توان رابطه‌ای را برای محاسبهٔ بار شارش‌شده در جریان القایی به صورت زیر به دست آورد:

$$\left.\begin{matrix}\bar{I}=\frac{\Delta q}{\Delta t}\\ \bar{I}=-\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\end{matrix}\right\}\Rightarrow\frac{\Delta q}{\Delta t}=-\frac{N}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\Rightarrow\underbrace{\Delta q}_{\text{بارشار شده (C)}}=-\frac{N}{R}\Delta\Phi$$

تذکر: نیروی محرکهٔ القایی و جریان القایی متوسط تابع آهنگ تغییر شار مغناطیسی‌اند؛ اما بار شارش شده فقط تابع تغییر شار مغناطیسی است.

مثال: معادلهٔ شار مغناطیسی گذرنده از پیچه‌ای که ۱۰۰ حلقه دارد در SI به صورت $\Phi=۳t^۲-۵t+۱۰$ است. اگر مقاومت پیچه $۰/۲\Omega$ باشد در یک ثانیهٔ دوم چه تعداد بار الکتریکی شارش می‌یابد؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C)$

۱) $۱/۲۵\times۱۰^{۱۹}$ ۲) $۶/۲۵\times۱۰^{۱۹}$ ۳) $۱/۲۵\times۱۰^{۲۲}$ ۴) $۶/۲۵\times۱۰^{۲۲}$

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۳»

گام اول: یک ثانیه دوم بازهٔ زمانی $t=۱s$ تا $t_۲=۲s$ است با جایگذاری آن‌ها در معادله شار، می‌توانیم تغییر شار مغناطیسی را حساب کنیم:

$$\Phi_{t=۱s}=۳\times۱^۲-۵\times۱+۱۰=۸Wb\,,\,\Phi_{t=۲s}=۳\times۲^۲-۵\times۲+۱۰=۱۲Wb$$

$$\Delta\Phi=\Phi_{t=۲s}-\Phi_{t=۱s}=۱۲-۸=۴Wb$$

گام دوم: از رابطهٔ $\Delta q=|-\frac{N}{R}\Delta\Phi|$، تعداد بار شارش شده را حساب می‌کنیم:

$$\Delta q=|-\frac{۱۰۰}{۰/۲}\times(۴)|=۲۰۰۰C$$

گام سوم: از رابطه $\Delta q=ne$ استفاده می‌کنیم و تعداد بار شارش شده را به دست می‌آوریم:

$$ne=۲۰۰۰\Rightarrow n=\frac{۲۰۰۰}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۱/۲۵\times۱۰^{۲۲}$$

۲۱۱. «ولت ثانیه» معادل با کدام است؟ (تجربی ۹۸)

۱) وبر ۲) تسلا ۳) وات ۴) ژول

۲۱۲. تغییر شار مغناطیسی در واحد زمان در SI برابر است با:

۱) انرژی الکتریکی ۲) بار الکتریکی ۳) شدت جریان القایی ۴) نیروی محرکهٔ القایی

۲۱۳. وبر بر ثانیه معادل کدام یکا است؟ (تجربی خارج ۹۸)

۱) ولت ۲) تسلا ۳) اهم ۴) کولن

۲۱۴. شدت جریان القایی که در یک سیم‌پیچ ایجاد می‌شود با تغییر شار مغناطیسی و مقاومت الکتریکی سیم‌پیچ از راست به چپ چه نسبتی دارد؟

۱) معکوس، معکوس ۲) مستقیم، مستقیم ۳) مستقیم، معکوس ۴) معکوس، مستقیم

۲۱۵. پیچه‌ای دارای ۲۰۰ حلقه است و شار مغناطیسی آن در مدت ۰/۱s به طور منظم از ۰/۰۲ وبر به ۰/۰۴− وبر تغییر می‌کند. نیروی محرکهٔ القایی در آن چند ولت است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ۴ ۲) ۶۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۲۰

۲۱۶. پیچه‌ای دارای ۵۰ حلقه است و شار مغناطیسی ۰/۰۴ وبر از آن می‌گذرد. این شار مغناطیسی به طور منظم کاهش پیداکرده و درمدت Δt به صفر می‌رسد. اگر مقاومت الکتریکی این مدار ۵Ω باشد، چند کولن الکتریسیتهٔ القایی در این مدت در مدار شارش پیدا می‌کند؟ (تجربی ۸۴)

۱) ۰/۰۲ ۲) ۰/۴ ۳) ۲ ۴) ۴

۲۱۷. سطح حلقه‌های پیچه‌ای که دارای ۱۰۰۰ حلقه است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی که اندازهٔ آن 0/04 T است، قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت 0/1s تغییر می‌کند و به 0/04 T در خلاف جهت اولیه می‌رسد. اگر مساحت هر حلقهٔ پیچه $50\,cm^2$ باشد، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه، چند ولت است؟ (تجربی ۹۸)

۱) صفر ۲) ۰/۴ ۳) ۴ ۴) ۴۰

۲۱۸. در شکل مقابل، میدان مغناطیسی بین قطب‌های یک آهنربای الکتریکی که بر سطح حلقه عمود است، با زمان تغییر می‌کند و در مدت 0/25s از 0/1 تسلا روبه بالا به 0/1 تسلا رو به پایین می‌رسد. بزرگی نیرو محرکه القایی متوسط در حلقه در این مدت چند میلی‌ولت است؟ (ریاضی خارج ۹۹)

۱) صفر
۲) ۲
۳) ۴
۴) ۸

۲۱۹. سیملوله‌ای شامل ۵۰۰ دور و مقاومت الکتریکی ۲Ω و مساحت سطح مقطع ۲۰ سانتی‌متر مربع، عمود بر میدان مغناطیسی متغیری است که آهنگ تغییر آن $8\times10^{-3}\ \frac{T}{s}$ می‌باشد. شدت جریان القایی در سیملوله چند میلی‌آمپر است؟ (ریاضی ۸۵)

۱) ۰/۴ ۲) ۴ ۳) ۰/۰۴ ۴) ۴۰

۲۲۰. حلقه‌ای به مساحت ۲۰۰ سانتی‌متر مربع عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. اگر در مدت 0/2 ثانیه میدان مغناطیسی بدون تغییر جهت به اندازهٔ 0/8 تسلا کاهش یابد، نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه چند ولت می‌شود؟ (ریاضی خارج ۸۷)

۱) ۰/۰۴ ۲) ۰/۰۸ ۳) ۰/۱۲ ۴) ۰/۱۶

۲۲۱. حلقه‌ای به قطر ۲۰cm در یک میدان مغناطیسی یکنواخت طوری قرار دارد که خطوط میدان بر سطح حلقه عمود است. اگر مقاومت الکتریکی حلقه 0/3Ω باشد، میدان مغناطیسی با آهنگ چند تسلا بر ثانیه تغییر کند، تا جریان 0/2A در حلقه القا شود؟ ($\pi=3$) (ریاضی۹۴)

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۸ ۳) ۲ ۴) ۸

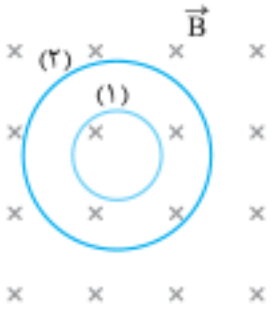
۲۲۲. حلقه‌ای به شعاع ۲ سانتی‌متر، عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد. این حلقه از سیمی مسی به شعاع مقطع ۲mm و مقاومت ویژهٔ $1/7\times10^{-8}\Omega.m$ تشکیل شده است. میدان مغناطیسی با چه آهنگی در SI تغییر کند تا جریانی برابر 0/2 آمپر در حلقه القا شود؟ ($\pi=3$) (تجربی ۸۸)

۱) ۰/۰۲۸ ۲) ۰/۲۸۰ ۳) ۰/۰۸۲ ۴) ۰/۸۲۰

۲۲۳. سیملوله‌ای با ۵۰۰ دور سیم و مقاومت 1Ω و سطح مقطع $25\,cm^2$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت قرار دارد. برای این‌که جریانی به شدت $10^{-3}\,A$ در سیملوله القا شود، آهنگ تغییر میدان مغناطیسی باید چند میلی تسلا بر ثانیه باشد؟ (سطح مقطع سیملوله بر میدان مغناطیسی عمود است.) (تجربی خارج ۸۷)

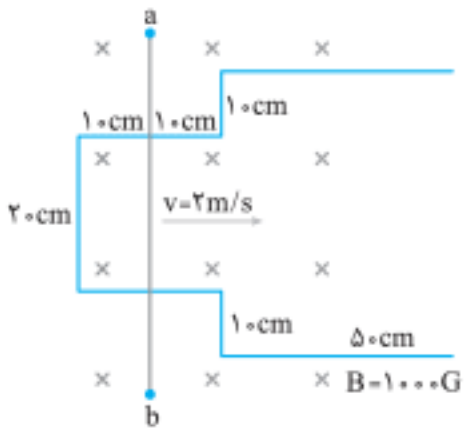
۱) ۰/۸ ۲) ۸ ۳) 8×10^{-2} ۴) 8×10^{-3}

۲۲۴. از دو سیم کاملاً مشابه دو حلقهٔ (۱) و (۲) را ساخته‌ایم، به طوری که شعاع حلقهٔ (۲) دو برابر شعاع حلقهٔ (۱) است. هر دو حلقه مطابق شکل در میدانی به شدت $\vec{B}$ قرار گرفته‌اند. اگر در مدت زمان ۵ ثانیه بزرگی این میدان به صفر برسد، متوسط جریان الکتریکی جاری شده در حلقهٔ (۲) چند برابر حلقهٔ (۱) است؟



۱) $\frac{1}{2}$ ۲) ۱
۳) ۲ ۴) ۴

۲۲۵. مطابق شکل، میلهٔ رسانای بلند ab می‌تواند به راحتی روی مدار بلغزد. اگر میله را با سرعت ثابت به سمت راست بلغزانیم، اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در مدت ۰/۲s پس از این لحظه چند ولت خواهد شد؟



۱) ۰/۱۱
۲) ۰/۰۵
۳) ۰/۰۹
۴) ۰/۰۷

۲۲۶. یک حلقهٔ فلزی در یک میدان مغناطیسی به بزرگی ۰/۵T که بر سطح حلقه عمود است، قرار دارد. اگر سطح حلقه با آهنگ $40cm^2 \cdot s^{-1}$ کاهش یابد، در ۰/۵ ثانیهٔ اول تغییر شعاع حلقه، بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه چند ولت است؟

۱) ۰/۰۴ ۲) ۰/۰۲ ۳) ۰/۰۰۴ ۴) ۰/۰۰۲

۲۲۷. یک قاب فلزی به ابعاد ۱۰cm×۲۰cm عمود بر خطوط میدان مغناطیسی یکنواختی به شدت ۵mT قرار گرفته است. این قاب در مدت ۰/۱ ثانیه به اندازهٔ $\frac{\pi}{2}$ نسبت به خطوط میدان می‌چرخد. متوسط نیروی محرکهٔ القایی درآن چند ولت خواهد شد؟

۱) ۰/۰۱ ۲) ۰/۱ ۳) ۰/۲ ۴) صفر

۲۲۸. شار مغناطیسی گذرنده از حلقه‌ای در SI به صورت $\Phi = (2t^2 - 2t + 2)$ است. بزرگی نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه، در ثانیهٔ اول چند ولت است؟ (تجربی ۸۹)

۱) ۱ ۲) ۳ ۳) ۷ ۴) ۹

۲۲۹. معادلهٔ شار مغناطیسی گذرنده از پیچه‌ای در SI به صورت $\Phi = t^2 + 8t - 4$ است. نیروی محرکهٔ القایی متوسط در ثانیهٔ دوم چند برابر نیروی محرکهٔ القایی در ثانیهٔ اول است؟ (N = ۵۰)

۱) ۱ ۲) ۳ ۳) $\frac{1}{4}$ ۴) $\frac{11}{9}$

۲۳۰. معادلهٔ شار مغناطیسی عبوری از یک پیچه که شامل ۶۰ حلقه است، در SI به‌صورت $\Phi = 4\times10^{-3}\cos100\pi t$ است. اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه در بازهٔ زمانی $t_1 = \frac{1}{200}s$ تا $t_2 = \frac{1}{100}s$ چند ولت است؟ (ریاضی ۹۸)

۱) ۲/۴ ۲) ۴/۸ ۳) ۲۴ ۴) ۴۸

۲۳۱. کدام گزینه نادرست است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) تندی‌سنج دوچرخه‌ها شامل یک آهنربای کوچک است که به یک پرهٔ دوچرخه وصل شده و از مقابل پیچهٔ ثابت می‌گذرد.
۲) اساس کار سامانهٔ تنظیم حد تندی موتور، مشابه تندی‌سنج دوچرخه‌ها است.
۳) در نوار مغناطیسی پشت کارت‌های اعتباری تعدادی ذرهٔ فرومغناطیسی کوچک قرار دارد که قطب‌های مغناطیسی آن‌ها نقش ۰ و ۱ را بازی می‌کنند.
۴) اگر از دو سیملوله که مساحت حلقه‌های آن‌ها با هم برابر است دو آهنربای مشابه با سرعت یکسانی عبور کنند اندازهٔ ولتاژ القایی آن‌ها با هم برابر خواهد بود.

قانون لنز

قانونی است که جهت جریان القایی در مدار بستهٔ رسانا را با آن می‌توان تعیین کرد.

بنابر قانون لنز جریان حاصل از نیروی محرکهٔ القایی در مدار یا پیچه در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن، با عامل به وجود آورندهٔ جریان القایی، یعنی تغییر شار مغناطیسی، مخالفت می‌کند.

در رابطهٔ $\bar{\mathcal{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ علامت منفی به دلیل ماهیت قانون لنز است و چنانچه در مسئله‌ای اندازهٔ ولتاژ یا جریان القایی خواسته شود، نیاز به در نظر گرفتن علامت منفی ناشی از قانون لنز نیست. $|\bar{\mathcal{E}}| = N\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right|$

تعیین جهت جریان القایی

در این بحث سه روش برای تعیین جهت جریان القایی مطرح می‌کنیم.

از قانون لنز می‌توان دریافت که جهت جریان القایی به گونه‌ای است که با عامل تغییر شار مغناطیسی مخالفت می‌کند.

۱ روش استفاده از تغییر شار:

برای به کار بردن قانون لنز و تعیین جهت جریان القایی، مطابق مراحل زیر عمل می‌کنیم:

۱ جهت میدانی که عامل تولید شار مغناطیسی در مدار بسته است، یعنی $\vec{B}$ را مشخص می‌کنیم. (این میدان را میدان اصلی یا خارجی نیز می‌نامیم.)

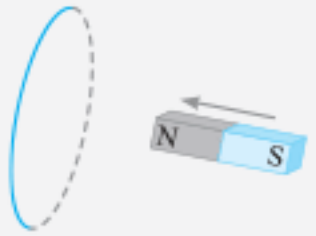
۲ تغییر شار مغناطیسی مدار، یعنی افزایش یا کاهش آن را مشخص می‌کنیم.

۳ اگر شار مغناطیسی زیاد شود، میدان القایی $(\vec{B'})$ که ناشی از جریان القایی مدار است، در خلاف جهت $\vec{B}$ خواهد بود.

۴ اگر شار مغناطیسی کم شود، میدان القایی $(\vec{B'})$ هم‌جهت با $\vec{B}$ خواهد بود.

۵ با استفاده از قاعده دست راست (یعنی خم انگشتان در جهت B' و شست در جهت جریان القایی) جهت جریان را مشخص می‌کنیم.

مثال: اگر مطابق شکل آهنربایی از سمت قطب N به حلقه‌ای نزدیک شود، جهت جریان القایی کدام سو است؟

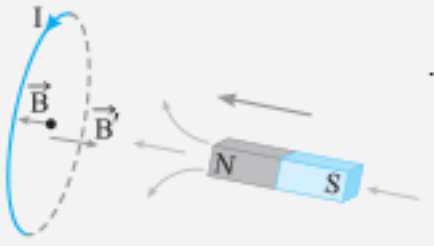


● **پاسخ:**

گام اول: جهت میدان مغناطیسی اصلی، (میدان آهنربا) را در حلقه نشان می‌دهیم $(\vec{B})$.

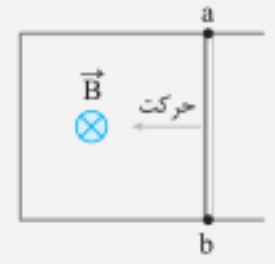
گام دوم: چون آهنربا به حلقه نزدیک شده است، میدان و شار مغناطیسی در حال افزایش است.

گام سوم: چون شار در حال افزایش است، جهت میدان القایی $\vec{B'}$ در خلاف جهت $\vec{B}$ است. آن را رسم می‌کنیم.



گام چهارم: $\vec{B'}$ ناشی از جریان القایی در حلقه است و با توجه به قاعدهٔ دست راست جهت جریان القایی را تعیین می‌کنیم. یعنی چهار انگشت را در جهت $\vec{B'}$ که از درون حلقه می‌گذرد قرار می‌دهیم و شست جهت جریان حلقه را نشان می‌دهد.

مثال: در قاب رسانای نشان‌داده‌شده می‌توانیم ضلع ab را حرکت دهیم. اگر مطابق شکل، ضلع ab به‌سمت چپ حرکت کند، جهت جریان القایی در مدار به‌کدام سمت خواهد بود؟ (میدان بر قاب عمود و یکنواخت و درون‌سو است.)

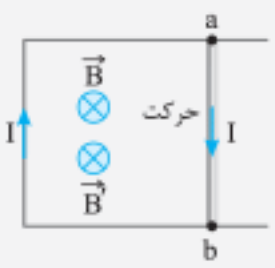


● **پاسخ:**

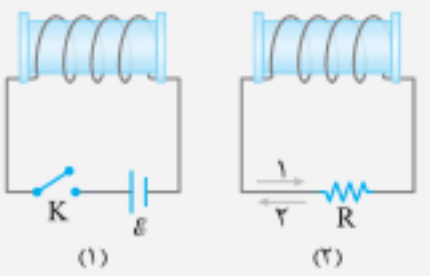
گام اول: جهت میدان اصلی $(\vec{B})$ مشخص است. با حرکت سیم لغزنده در جهت نشان‌داده‌شده سطح حلقه کوچک‌تر شده و در نتیجه شار گذرنده از آن کم می‌شود.

$$(\Phi = BA\cos\theta \xrightarrow{A\downarrow} \Phi\downarrow)$$

گام دوم: بنابراین میدان القایی $(\vec{B'})$ هم‌جهت میدان اصلی ایجاد می‌شود. باتوجه به قاعدهٔ دست راست، این میدان حاصل جریانی ساعتگرد در قاب رسانا است و در میله از a به b است.



مثال: مطابق شکل، اگر کلید K را وصل و سپس قطع کنیم، جریان ایجاد شده در مقاومت R به‌ترتیب در کدام جهت ایجاد می‌شود؟ (برگرفته از کتاب درسی)



۱) ۱ و ۱

۲) ۱ و ۲

۳) ۲ و ۱

۴) ۲ و ۲

● **پاسخ: گزینهٔ «۲»**

۱) هنگام بستن کلید K در سیملولهٔ (۱) جریان برقرار می‌شود و میدان مغناطیسی به طرف چپ در هر دو سیملوله پدید می‌آید و شار مغناطیسی در سیملولهٔ دوم افزایش می‌یابد.

۲) بنابر قانون لنز در سیملولهٔ دوم جریان القایی به گونه‌ای به‌وجود می‌آید که با تغییر شار مخالفت کند.

۳) یعنی میدان القایی سیملولهٔ دوم خلاف جهت میدان سیملولهٔ اول ایجاد می‌شود و چون جهت میدان سیملولهٔ اول به طرف چپ است، میدان القایی سیملولهٔ دوم به طرف راست ایجاد می‌شود.

۴) با استفاده از قاعدهٔ دست راست جهت جریان آن در مقاومت R به طرف راست (جهت ۱) است. هنگام باز کردن کلید، جریان و شار سیملولهٔ اول کاهش می‌یابد و جهت جریان القایی در مقاومت R سیلولهٔ دوم به طرف چپ یعنی جهت (۲) می‌باشد.

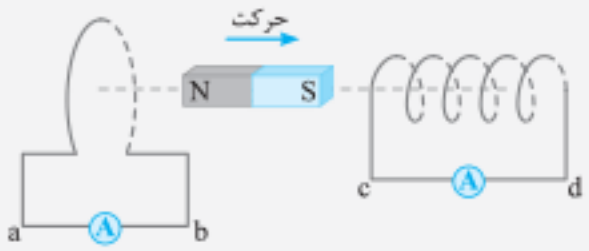
۲ روش آهنربای فرضی:

۱ هرگاه دلیل تغییر شار مغناطیسی، دور و نزدیک شدن یک آهنربا یا پیچهٔ مدار نسبت به هم باشد، می‌توانید بگویید مدار تبدیل به آهنربایی می‌گردد که با دور شدن یا نزدیک شدن آهنربای اصلی مخالفت می‌کند.

یعنی اگر آهنربای اصلی در حال دور شدن است، باید قطب ناهمنام در ناحیه‌ای از مدار یا پیچه که مجاور آهنربا است ایجاد شود تا با دور شدن آن مخالفت کند و اگر آهنربای اصلی در حال نزدیک شدن باشد، باید قطب همنام با آن در ناحیهٔ مجاور مدار یا پیچه ایجاد شود تا با نزدیک شدن آن مخالفت کند.

۲ در دو پیچه یا سیملولهٔ هم‌محور، اگر جریان یکی زیاد شود، جریان القایی دومی مخالف اولی می‌شود و برعکس.

مثال: **چنانچه مطابق شکل، آهنربا را از حلقه دور و به سیملوله نزدیک کنیم، جهت جریان عبوری از آمپرسنج‌ها در کدام گزینه درست بیان شده است؟** (برگرفته از کتاب درسی)

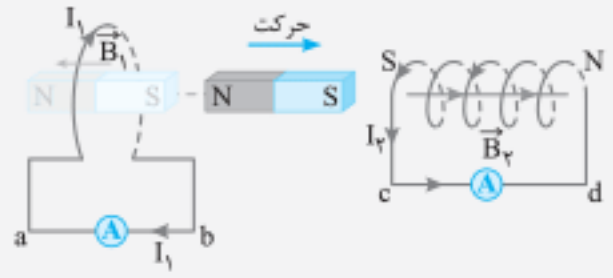


۱) a به b ـ c به d
۲) b به a ـ c به d
۳) a به b ـ d به c
۴) b به a ـ d به c

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۲»

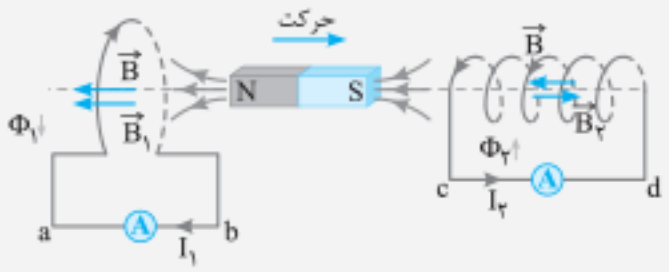
روش اول: آهنربای فرضی: با دور شدن قطب N آهنربا از حلقه، حلقه برای مخالفت با حرکت آهنربا در سطح مجاور با آهنربا به قطب S تبدیل می‌شود. با توجه به محل قطب S، جهت میدان حلقه به سمت چپ است. با استفاده از قاعدهٔ درست راست، جریان از b به a به دست می‌آید.

وقتی قطب S آهنربا به سیملوله نزدیک می‌شود، باید در این سر سیملوله قطب همنام آهنربا یعنی قطب S ایجاد شود، تا با نزدیک شدن آهنربا مخالفت کند. جهت جریان استفاده از قانون دست راست از c به d به دست می‌آید.



روش دوم: استفاده از تغییر شار: میدان اصلی که ناشی از آهنرباست را در فضا نشان داده‌ایم. با توجه به نحوهٔ حرکت آهنربا، شار مغناطیسی گذرنده از حلقه کم می‌شود و شار مغناطیسی گذرنده از سیملوله زیاد می‌شود.

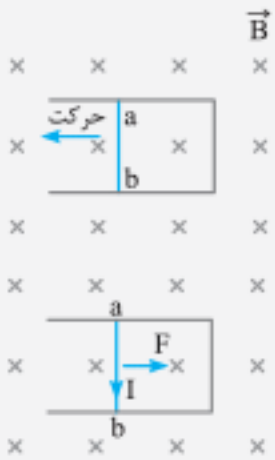
در حلقه، میدان القایی $(\vec{B}_1)$ باید هم‌جهت با میدان اصلی باشد. در نتیجه جهت جریان در آمپرسنج از b به a است. در سیملوله، میدان القایی $(\vec{B}_2)$ باید در خلاف جهت میدان اصلی باشد. در نتیجه جهت جریان در آمپرسنج از c به d است.



۳ روش نیروی القایی:

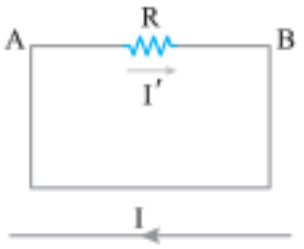
اگر مساحت مدار یا حلقه یا پیچه‌ای تغییر کند، بنابر قانون لنز بر قسمتی از سیم مدار که متحرک است، نیرویی مخالف جهت حرکت وارد می‌شود و با استفاده از قاعدهٔ دست راست برای تعیین جهت نیروی مغناطیسی وارد بر سیم می‌توان جهت جریان القایی را مشخص کرد. در این حالت باید شست را در خلاف جهت حرکت سیم و کف دست را در جهت میدان خارجی قرار دهیم تا چهار انگشت جهت جریان القایی را نشان دهد.

مثال: **در شکل مقابل میلهٔ رسانا را به طرف چپ حرکت می‌دهیم. جهت جریان القایی در میله را مشخص کنید؟**



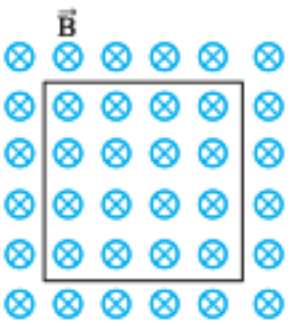
■ **پاسخ:**

از روش نیروی القایی استفاده می‌کنیم. چون میله به طرف چپ حرکت می‌کند نیروی القایی وارد بر میله به طرف راست وارد می‌شود و از قاعدهٔ دست راست استفاده می‌کنیم و کف دست را به گونه‌ای در جهت میدان درون‌سوی B قرار می‌دهیم تا شست به طرف راست قرار گیرد. در این حالت چهار انگشت به طرف پایین خواهد بود پس جریان القایی در میله از a به b خواهد بود.



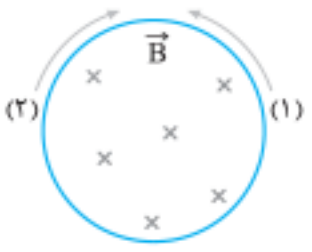
۲۳۲. مطابق شکل برای آن‌که در مقاومت R جریانی از A به B (در جهت نشان داده شده) القا شود باید جریان I ..... (برگرفته از کتاب درسی)

۱) در حال کاهش باشد.
۲) در حال افزایش باشد.
۳) ثابت بماند.
۴) به‌طور متناوب تغییر جهت دهد.



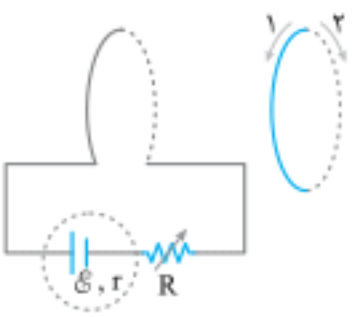
۲۳۳. در شکل مقابل، حلقهٔ رسانایی به مساحت $۶۰۰\,cm^۲$ عمود بر میدان مغناطیسی قرار دارد و میدان مغناطیسی بدون تغییر جهت، در یک میلی ثانیه ۲۰۰ گاوس کاهش می‌یابد. در این مدت، نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه چند ولت است و جهت جریان القایی چگونه است؟ (تجربی خارج ۱۴۰۰)

۱) ۱/۲، پادساعتگرد
۲) ۰/۶، پادساعتگرد
۳) ۰/۶، ساعتگرد
۴) ۱/۲، ساعتگرد



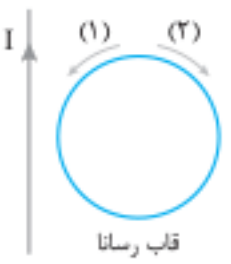
۲۳۴. حلقه‌ای مطابق شکل عمود بر میدان مغناطیسی B که جهت آن به سمت داخل صفحه است، قرار دارد. اگر میدان به طور یکنواخت در بازهٔ زمانی Δt از $\vec{B}$ به $-\vec{B}$ تغییر کند، شدت جریان القایی در حلقه در کدام جهت خواهد بود؟

۱) (۱)
۲) ابتدا (۲) و سپس (۱)
۳) ابتدا (۱) و سپس (۲)
۴) (۲)



۲۳۵. مطابق شکل اگر مقاومت رئوستا را به تدریج زیاد کنیم جهت جریان القا شده در حلقهٔ نشان داده شده به کدام سمت است و اگر مقاومت رئوستا ثابت بود با چه حرکتی جریان القایی به همین جهت می‌شد؟

۱) (۱) و دو حلقه به هم نزدیک شوند.
۲) (۲) و دو حلقه به هم نزدیک شوند.
۳) (۱) و دو حلقه از هم دور شوند.
۴) (۲) و دو حلقه از هم دور شوند.

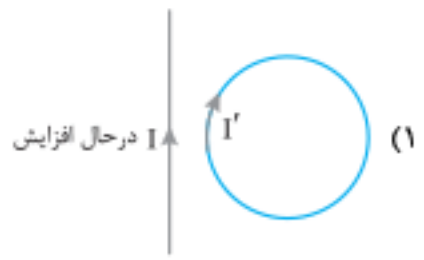


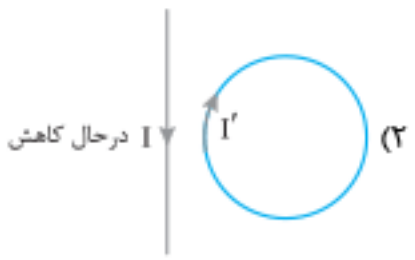
(برگرفته از کتاب درسی)

۲۳۶. مطابق شکل جریان در سیم راست به تدریج کم شده تا به صفر رسیده و سپس در جهت مخالف تولید شده و زیاد می‌شود. جهت جریان القایی در قاب دایره‌ای‌شکل نشان داده‌شده، چگونه است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

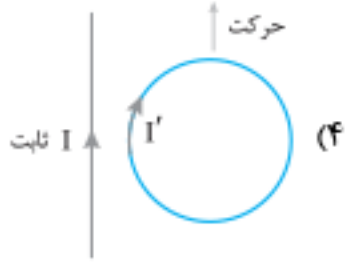
۱) همواره در جهت (۱)
۲) همواره در جهت (۲)
۳) ابتدا در جهت (۱)، سپس در جهت (۲)
۴) ابتدا در جهت (۲)، سپس در جهت (۱)

۲۳۷. در کدام شکل جهت جریان القایی در قاب درست نشان داده شده است؟

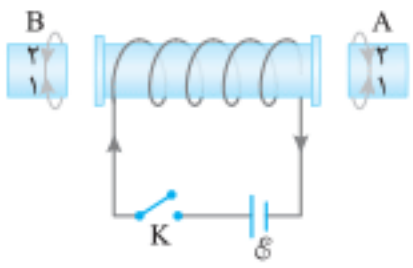
۱)


۲)


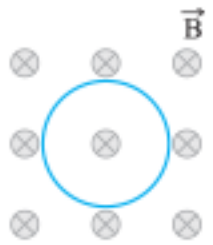
۳)

۴)


۲۳۸. مطابق شکل در لحظهٔ وصل کلید K، جریان‌های القایی در حلقه‌های A و B به ترتیب از راست به چپ در کدام جهت نشان داده شده، خواهند بود؟

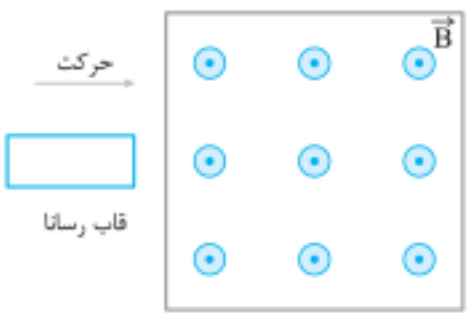


۱) (۱) و (۱)
۲) (۲) و (۱)
۳) (۱) و (۲)
۴) (۲) و (۲)



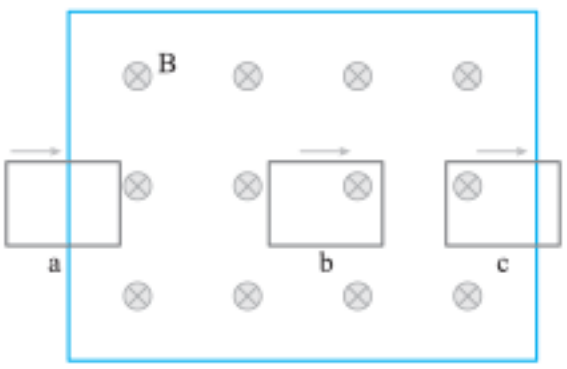
۲۳۹. چنانچه در شکل نشان داده‌شده، حلقه را از دو طرف بکشیم، جهت جریان القایی در حلقه در کدام جهت خواهد بود؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ساعتگرد
۲) پادساعتگرد
۳) ابتدا ساعتگرد سپس پادساعتگرد
۴) ابتدا پادساعتگرد سپس ساعتگرد



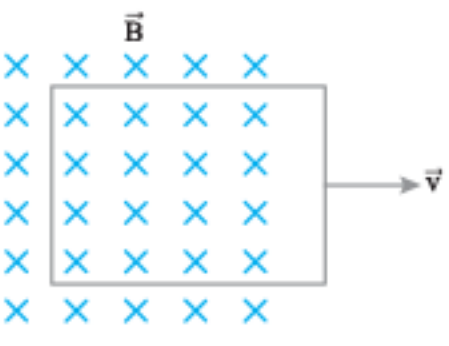
۲۴۰. مطابق شکل قاب رسانای نشان داده شده به تدریج وارد میدان شده و در نهایت از آن خارج می‌شود. جهت جریان القایی در زمان ورود قاب به میدان و درحالت خروج قاب از میدان به کدام سمت است؟

۱) ساعتگرد ـ ساعتگرد
۲) پادساعتگرد ـ پادساعتگرد
۳) ساعتگرد ـ پادساعتگرد
۴) پادساعتگرد ـ ساعتگرد



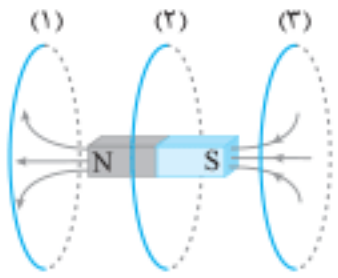
۲۴۱. مطابق شکل قاب رسانایی به تدریج وارد یک میدان مغناطیسی شده و از سمت دیگر میدان خارج می‌شود. جهت جریان القایی قاب در زمانی که قاب در وضعیت a، b و c قرار دارد به کدام سمت است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) ساعتگرد ـ بدون جریان ـ پادساعتگرد
۲) پادساعتگرد ـ بدون جریان ـ ساعتگرد
۳) ساعتگرد ـ ساعتگرد ـ ساعتگرد
۴) پادساعتگرد ـ پادساعتگرد ـ پادساعتگرد



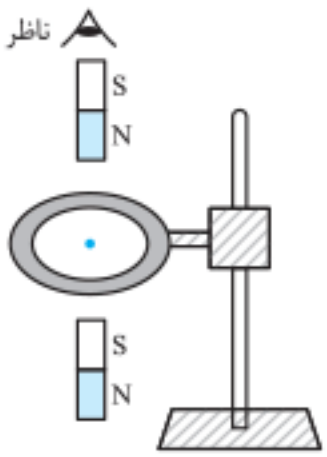
۲۴۲. در شکل مقابل، یک حلقهٔ رسانا با تندی ثابت از یک میدان مغناطیسی خارج می‌شود و شار مغناطیسی در هر میلی ثانیه ۰/۲ وبر کاهش می‌یابد. جریان الکتریکی القایی در کدام جهت است و نیروی محرکهٔ القایی متوسط چند ولت است؟ (تجربی ۱۴۰۰)

۱) ساعتگرد، ۰/۲
۲) ساعتگرد، ۲۰
۳) پادساعتگرد، ۰/۲
۴) پادساعتگرد، ۲۰



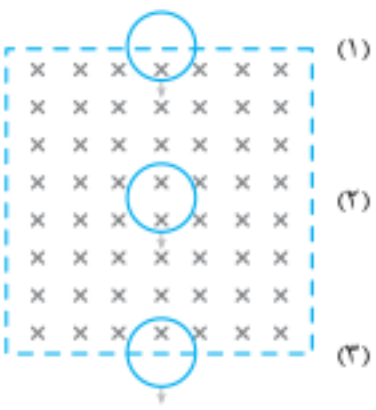
۲۴۳. حلقهٔ رسانایی به طرف یک آهنربای میله‌ای حرکت کرده و مطابق شکل به‌ترتیب در سه وضعیت (۱)، (۲) و (۳) نسبت به آهنربا قرار می‌گیرد. جهت جریان القایی در حلقه‌ها به ترتیب از راست به چپ در کدام گزینه درست است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

۱) پادساعتگرد – صفر - ساعتگرد
۲) ساعتگرد - صفر – پادساعتگرد
۳) ساعتگرد – ساعتگرد – ساعتگرد
۴) پادساعتگرد – پادساعتگرد - پادساعتگرد



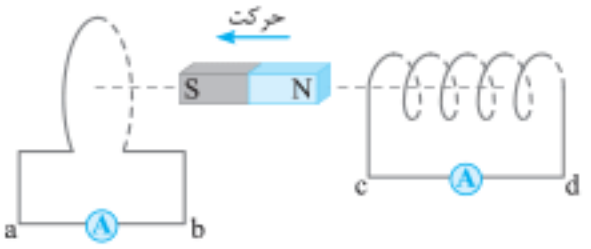
۲۴۴. یک حلقهٔ مسی به‌صورت افقی، توسط گیره‌ای عایق به یک میلهٔ قائم بسته شده است. اگر یک آهنربا را مطابق شکل مقابل از بالای حلقه رها کنیم، جهت جریان القا شده در حلقهٔ مسی قبل از ورود به حلقه و پس از عبور از آن از دید ناظری که از بالا نگاه می‌کند، کدام است؟ (ریاضی خارج ۹۸)

۱) ساعتگرد ـ ساعتگرد
۲) ساعتگرد ـ پادساعتگرد
۳) پادساعتگرد ـ ساعتگرد
۴) پادساعتگرد ـ پادساعتگرد



۲۴۵. یک حلقهٔ مسی با سرعت ثابت از موقعیت (۱) تا موقعیت (۳) از یک میدان مغناطیسی یکنواخت مطابق شکل مقابل عبور می‌کند. اگر جریان القاء شده در حلقه در موقعیت (۱) تا (۳) به ترتیب I_1 ، I_2 و I_3 باشد، کدام‌یک از موارد زیر درست است؟ (تجربی خارج ۹۶)

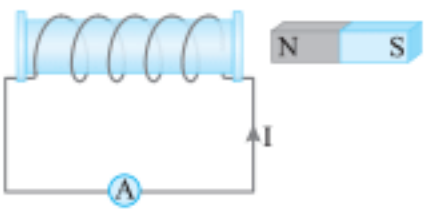
۱) $I_2 = 0$ و I_3 ساعتگرد
۲) $I_2 = 0$ و I_1 ساعتگرد
۳) I_1 ساعتگرد و I_3 ساعتگرد
۴) I_1 ساعتگرد و I_3 پادساعتگرد



۲۴۶. چنانچه مطابق شکل، آهنربا را از سیملوله دور و به حلقه نزدیک کنیم، جهت جریان عبوری از آمپرسنج‌ها در کدام گزینه درست بیان شده است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

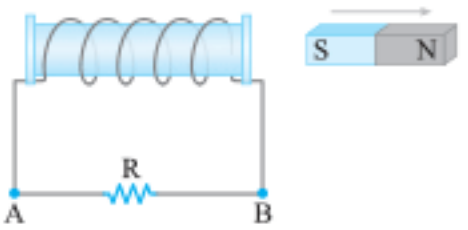
۱) a به b ـ c به d
۲) b به a ـ c به d
۳) a به b ـ d به c
۴) b به a ـ d به c

۲۴۷. در کدام حالت، جریان القایی در جهت نشان داده‌شده ایجاد می‌شود؟ (برگرفته از کتاب درسی)



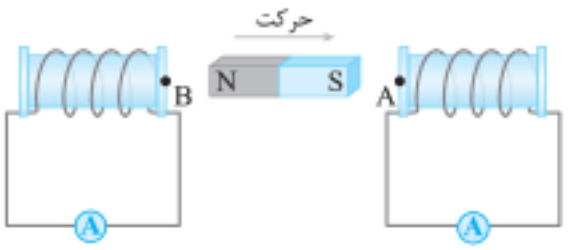
۱) آهنربا به چپ یا سیم‌پیچ به راست در حرکت باشد.
۲) آهنربا به راست یا سیم‌پیچ به چپ در حرکت باشد.
۳) آهنربا با سرعت v_1 و سیم‌پیچ با سرعت v_2 $(v_2 < v_1)$ هر دو به سمت راست در حرکت باشند.
۴) آهنربا با سرعت v_1 و سیم‌پیچ با سرعت v_2 $(v_2 > v_1)$ هر دو به سمت چپ در حرکت باشند.

۲۴۸. مطابق شکل، هنگام دور کردن آهنربا از سیم‌پیچ، جهت جریان القایی در مقاومت R چگونه است؟



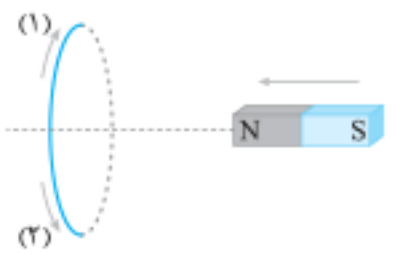
۱) از A به طرف B
۲) از B به طرف A
۳) متناوباً از A به B و بالعکس
۴) جریانی از مقاومت عبور نمی‌کند.

۲۴۹. مطابق شکل، اگر آهنربا در جهت نشان داده شده حرکت نماید، در نقاط A و B به ترتیب از راست به چپ چه قطب‌های مغناطیسی‌ای پدید می‌آید؟



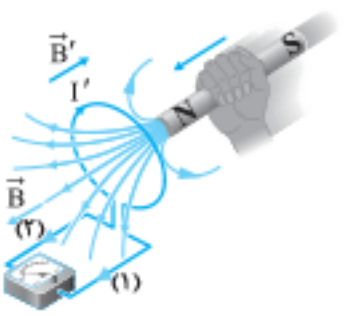
۱) S و N
۲) S و S
۳) N و N
۴) N و S

۲۵۰. مطابق شکل آهنربای نشان داده‌شده در ابتدا به حلقه نزدیک شده و از داخل آن عبور می‌کند. جهت جریان القایی در حلقه در کدام گزینه درست بیان شده است؟



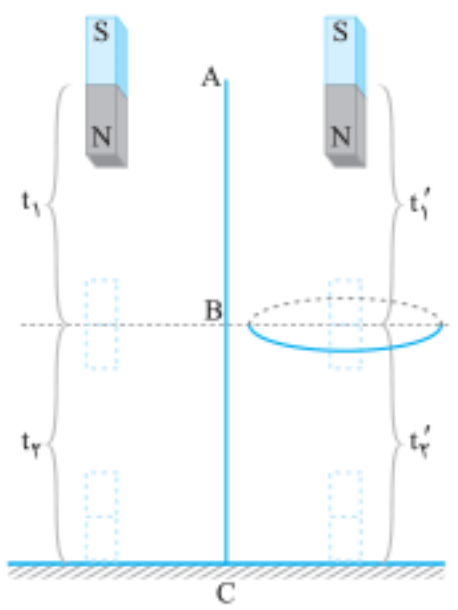
۱) ابتدا (۱) و سپس (۲)
۲) ابتدا (۲) و سپس (۱)
۳) همواره (۱)
۴) همواره (۲)

۲۵۱. با توجه به جهت حرکت آهنربا، جریان القایی در کدام جهت است و نیروی مغناطیسی که حلقه به آهنربا وارد می‌کند، چگونه است؟ (ریاضی خارج ۱۴۰۰)



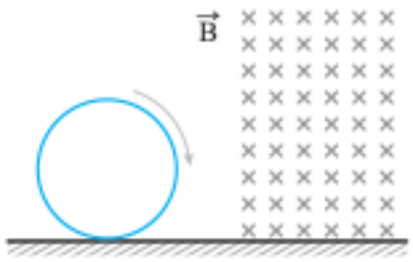
۱) (۱)، جاذبه
۲) (۱)، دافعه
۳) (۲)، جاذبه
۴) (۲)، دافعه

۲۵۲. مطابق شکل دو آهنربای میله‌ای که از هم فاصلهٔ زیادی دارند از یک نقطه رها می‌شوند. آهنربای اول به صورت آزاد سقوط کرده ولی دومی در حین سقوط از داخل یک حلقهٔ فلزی عبور می‌کند. با توجه به شکل، کدام گزینه در مورد زمان سقوط دو آهنربا درست است؟ (حلقهٔ فلزی در محل خود ثابت است.) (برگرفته از کتاب درسی)



۱) $t_2 = t_2'$ و $t_1 = t_1'$
۲) $t_2 < t_2'$ و $t_1 = t_1'$
۳) $t_2 > t_2'$ و $t_1 < t_1'$
۴) $t_2 < t_2'$ و $t_1 < t_1'$

۲۵۳. یک حلقهٔ مسی روی سطح افقی مطابق شکل از چپ به راست می‌غلتد. در ضمن این حرکت از میان دهانهٔ یک آهنربا که میدان مغناطیسی آن به سمت داخل صفحه است، رد می‌شود. به هنگام عبور از میان دهانهٔ آهنربا:

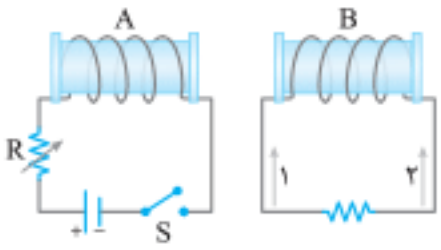


۱) سرعت آن کم می‌شود.
۲) سرعت آن افزایش می‌یابد.
۳) سرعت آن ثابت می‌ماند.
۴) سرعت آن ابتدا کم و سپس زیاد می‌شود.

۲۵۴. مطابق شکل، سیم و حلقه در یک صفحه‌اند. اگر حلقه با سرعت ثابت در جهت نشان داده شده از سیم دور شود، جهت جریان القایی حلقه ..... می‌شود و اندازهٔ شدت جریان با دور شدن حلقه .....

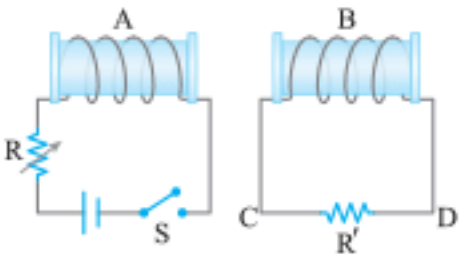
۱) ساعتگرد ـ ثابت می‌ماند.
۲) پادساعتگرد ـ ثابت می‌ماند.
۳) ساعتگرد ـ کم می‌شود.
۴) پادساعتگرد ـ کم می‌شود.

۲۵۵. در آزمایشی مطابق شکل، کلید را وصل می‌کنیم و بعد از چند ثانیه مقاومت R را به تدریج افزایش می‌دهیم. در لحظهٔ وصل کلید و در موقع افزایش مقاومت الکتریکی، جریان القایی در سیم‌پیچ B (به ترتیب از راست به چپ)، در چه جهتی است؟ (تجربی خارج ۸۴)



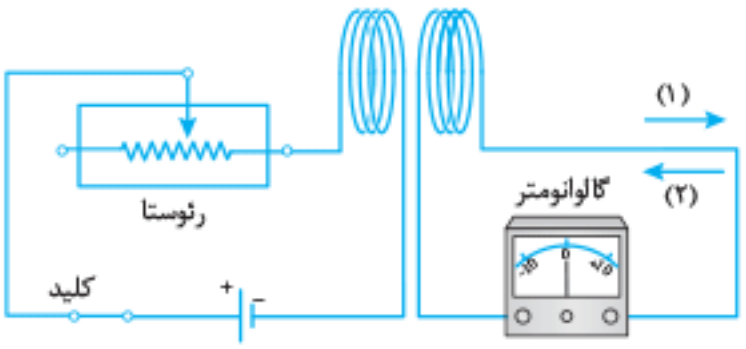
۱) ۱ و ۱
۲) ۱ و ۲
۳) ۲ و ۱
۴) ۲ و ۲

۲۵۶. دو سیملولهٔ A و B مقابل یکدیگر قرار دارند. در کدام‌یک از موارد زیر، جریان القاشده در مقاومت R' از C به طرف D خواهد بود؟ (ریاضی ۸۸)



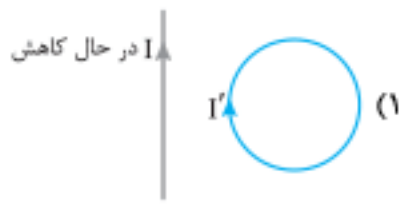
۱) با بسته بودن کلید، دو سیم‌پیچ را به هم نزدیک کنیم.
۲) لحظهٔ وصل کلید
۳) لحظهٔ قطع کلید
۴) با بسته بودن کلید مقاومت R را کم کنیم.

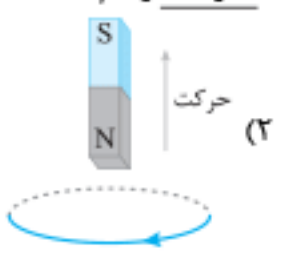
۲۵۷. در شکل روبه‌رو، در لحظهٔ وصل کلید، جهت جریان القایی کدام است و در حالتی که کلید وصل است، اگر مقاومت رئوستا را به تدریج کاهش دهیم، در این حالت جهت جریان القایی، کدام است؟ (ریاضی ۱۴۰۰)

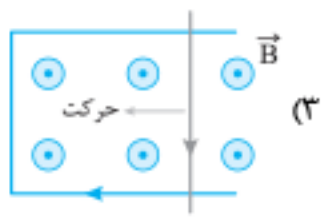


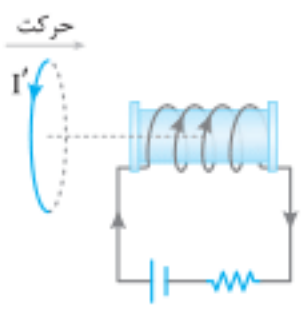
۱) (۱) و (۱)
۲) (۱) و (۲)
۳) (۲) و (۱)
۴) (۲) و (۲)

۲۵۸. در کدام‌یک از شکل‌های زیر جهت جریان القایی در قاب و حلقه نادرست رسم شده است؟

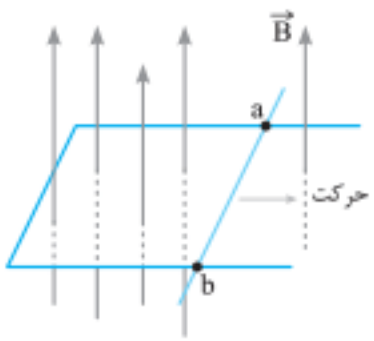
۱)


۲)


۳)


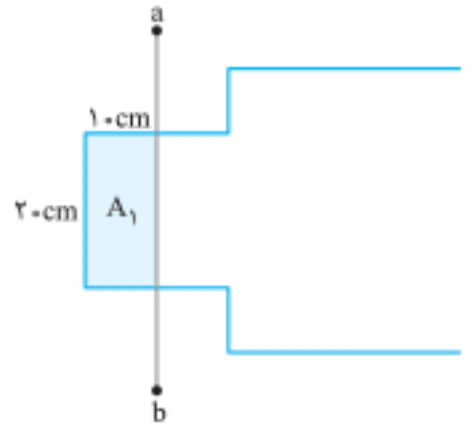
۴)


۲۵۹. بر روی یک ریل فلزی، سیم ab می‌تواند آزادانه بلغزد. سطح قاب ایجادشده بر یک میدان مغناطیسی عمود است و مطابق شکل، سیم به سمت راست می‌لغزد. در این صورت جهت جریان در سیم ab چگونه است و علامت $V_a - V_b$ کدام است؟

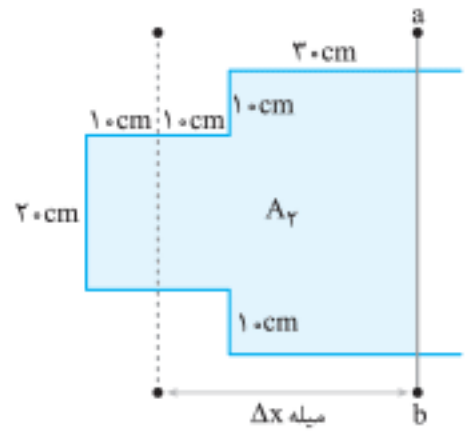


۱) از a به سمت b ـ مثبت
۲) از b به سمت a ـ مثبت
۳) از a به سمت b ـ منفی
۴) از b به سمت a ـ منفی

$$\Delta x = v \times \Delta t = ۲ \times ۰/۲ = ۰/۴m = ۴۰cm$$



$$A_۱ = ۰/۲ \times ۰/۱ = ۰/۰۲m^۲$$



$$A_۲ = (۰/۲ \times ۰/۲) + (۰/۴ \times ۰/۳) = ۰/۱۶m^۲$$

توجه کنید در این مسئله علت تغییر شار مغناطیسی، تغییر سطح قاب است. ($B = ۱۰۰۰G = ۰/۱T$ و $N = ۱$)

$$|\bar{\mathcal{E}}| = N\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = NB\cos\theta\left|\frac{\Delta A}{\Delta t}\right|$$

$$= ۱ \times ۰/۱ \times ۱ \times \frac{۰/۱۶ - ۰/۰۲}{۰/۲} = ۰/۰۷V$$

۲۲۶. ۱ ۲ ۳ ۴

در این مسئله به آهنگ تغییر مساحت اشاره شده است:

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = -۴۰\frac{cm^۲}{s} = -۴ \times ۱۰^{-۳}\frac{m^۲}{s}$$

با تغییر سطح در حلقه نیروی محرکه در آن القا می‌شود.

($\cos\theta = ۱$ و $B = ۰/۵T$ ، $N = ۱$)

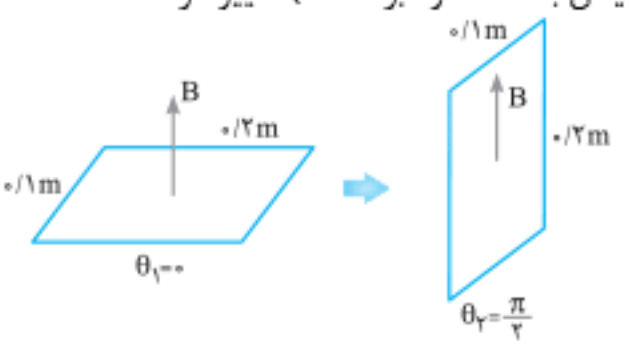
$$|\bar{\mathcal{E}}| = N\left|\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right| = NB\cos\theta\left|\frac{\Delta A}{\Delta t}\right|$$

$$\Rightarrow |\bar{\mathcal{E}}| = ۱ \times ۰/۵ \times ۱ \times |-۴ \times ۱۰^{-۳}| = ۲ \times ۱۰^{-۳}V = ۰/۰۰۲V$$

۲۲۷. ۱ ۲ ۳ ۴

با توجه به شکل، شار مغناطیسی گذرنده از قاب تغییر کرده است.

در این مسئله، میدان مغناطیسی و مساحت قاب ثابت بوده و فقط θ (زاویهٔ میدان با خط عمود بر صفحه) تغییر کرده است.



$$\bar{\mathcal{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -NBA\frac{\cos\theta_۲ - \cos\theta_۱}{\Delta t}$$

$$= -۱ \times ۵ \times ۱۰^{-۳} \times ۰/۰۲ \times \frac{۰ - ۱}{۰/۰۱} = ۰/۰۱V$$

۲۲۸. ۱ ۲ ۳ ۴

با توجه به قانون القای الکترومغناطیسی داریم:

$$\bar{\mathcal{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow[N=۱]{\Phi = ۳t^۲ - ۲t + ۲}$$

$$\bar{\mathcal{E}} = -۱ \times \frac{\Phi_۱ - \Phi_۰}{۱ - ۰} = -۱ \times \frac{۳ - ۲}{۱} = -۱V \Rightarrow |\bar{\mathcal{E}}| = ۱V$$

۲۲۹. ۱ ۲ ۳ ۱

با توجه به قوانین القا، برای محاسبهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط، داریم:

$$\Phi = t^۲ + ۸t - ۴ \Rightarrow \begin{cases} \Phi_۰ = -۴Wb \\ \Phi_۱ = ۵Wb \\ \Phi_۲ = ۱۶Wb \end{cases}$$

$$\bar{\mathcal{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow{N=۵۰} \begin{cases} \bar{\mathcal{E}}_{۱ت۰} = \frac{-۵۰(۵-(-۴))}{۱} = -۴۵۰V \\ \bar{\mathcal{E}}_{۲ت۱} = \frac{-۵۰(۱۶-۵)}{۱} = -۵۵۰V \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{\bar{\mathcal{E}}_{۲ت۱}}{\bar{\mathcal{E}}_{۱ت۰}} = \frac{۵۵۰}{۴۵۰} = \frac{۱۱}{۹}$$

۲۳۰. ۱ ۲ ۳ ۱

ابتدا $\Delta\Phi$ را می‌یابیم و سپس $\bar{\mathcal{E}}$ را حساب می‌کنیم:

$$\Phi = ۴ \times ۱۰^{-۳}\cos ۱۰۰\pi t$$

$$\Phi_۱ = ۴ \times ۱۰^{-۳}\cos(۱۰۰\pi(\frac{۱}{۲۰۰})) = ۰\,Wb$$

$$\Phi_۲ = ۴ \times ۱۰^{-۳}\cos(۱۰۰\pi(\frac{۱}{۱۰۰})) = -۴ \times ۱۰^{-۳}Wb$$

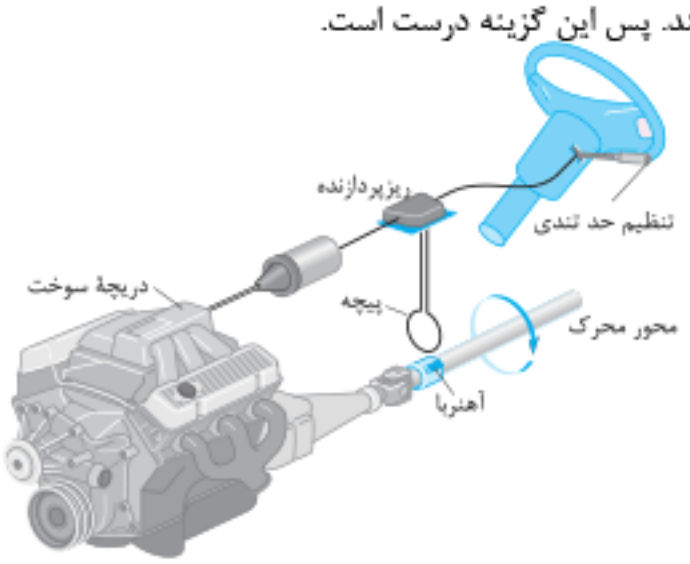
$$\bar{\mathcal{E}} = |-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| \Rightarrow \bar{\mathcal{E}} = |-۶۰ \times \frac{-۴ \times ۱۰^{-۳}}{\frac{۱}{۲۰۰}}| = ۴۸V$$

۲۳۱. ۱ ۲ ۳ ۱

بررسی گزینه‌ها:

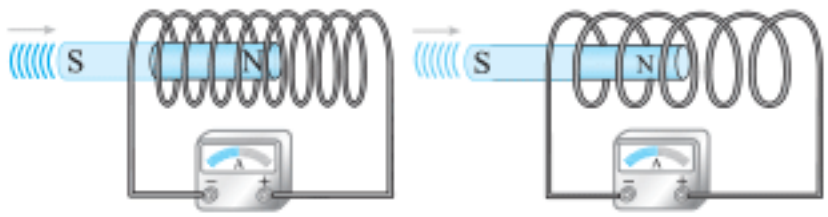
گزینهٔ ۱: اساس کار تندی‌سنج همان است که در **گزینهٔ ۱**، ذکر شده، هرچه سرعت دوچرخه بیشتر باشد آهنربا سریع‌تر از مقابل پیچهٔ ثابت عبور کرده و باعث می‌شود آهنگ تغییر شار سریع‌تر شده و ولتاژ و جریان القایی بزرگتری ایجاد شود.

گزینهٔ ۲: در سامانهٔ تنظیم حد تندی موتور، آهنربا روی محور محرک خودرو قرار گرفته و بر اساس سرعت گردش آن سامانه میزان سرعت لازم برای ایجاد سرعت تنظیم شده توسط راننده را به خودرو تزریق می‌کند. پس این گزینه درست است.



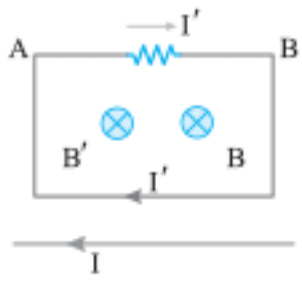
گزینهٔ ۳: در نوار مغناطیسی پشت کارت‌های اعتباری، هر ذرهٔ قرومغناطیسی دارای دو قطب (N) و (S) است که کار صفر و یک را انجام می‌دهند و خواندن این اطلاعات توسط یک پیچه روی دستگاه کارت‌خوان صورت می‌گیرد. پس این گزینه هم درست است.

گزینهٔ ۴: در صورت سؤال قید شده آهنرباها مشابه هستند (یعنی B یکسان) همچنین سطح حلقه‌ها یکسان (یعنی A یکسان) و سرعت حرکت آهنرباها یکسان (یعنی آهنگ تغییر شار برای هر حلقه یکسان) اما ممکن است تعداد دورهای سیملوله‌ها یعنی N با هم فرق کند.



۲۳۲. ۱ ۲ ۳ ۴

هر مداری (صرف نظر از شکل ظاهری‌اش) را می‌توان یک قاب فرض کرد. چون مدار باتری ندارد تنها به دلیل القای الکترومغناطیسی و تغییر شار مغناطیسی می‌تواند جریان داشته باشد. با توجه به جهت جریان در قاب، میدان القایی (B') درون‌سو است. در عین حال میدان سیم (اصلی) در محل مدار درون‌سو است (B)، چون B' و B هم‌سو هستند باید شار مغناطیسی در حال کاهش باشد. بنابراین باید جریان عبوری از سیم (I) در حال کاهش باشد.



۲۳۳. ۱ ۲ ۳

گام اول: نیروی محرکه القایی متوسط را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta B = -۲۰۰G = -۲۰۰\times۱۰^{-۴}T\ ,\ \alpha = ۰\ ,\ \Delta t = ۱ms = ۱۰^{-۳}s$$

$$\bar{\mathcal{E}} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{NA\Delta B\cos\alpha}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\bar{\mathcal{E}} = \frac{-۱\times۶۰۰\times۱۰^{-۴}\times(-۲۰۰\times۱۰^{-۴})\times۱}{۱۰^{-۳}} \Rightarrow \bar{\mathcal{E}} = ۱/۲V$$

گام دوم: با توجه به این که اندازهٔ میدان مغناطیسی درون‌سو کاهش می‌یابد و با در نظر گرفتن قانون لنز، جهت جریان القایی ساعتگرد می‌شود.

$$\downarrow B \Rightarrow \downarrow \Phi$$

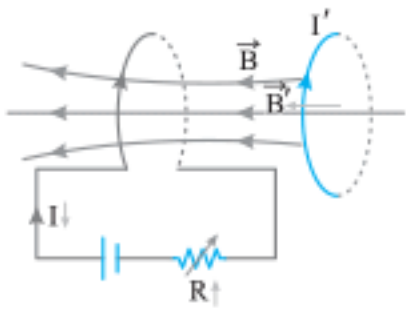
$\Rightarrow$ میدان القایی $\vec{B'}$ و میدان اصلی $\vec{B}$ هم‌جهت‌اند.

۲۳۴. ۱ ۲ ۳

وقتی میدان درون‌سوی B شروع به کاهش می‌کند شار مغناطیسی گذرنده از مدار کم شده (B') هم‌جهت با B خواهد شد تا جلوی تغییر شار مغناطیسی را بگیرد. بنابراین جریان در جهت (۲) خواهد بود.

وقتی میدان درون‌سو به صفر رسید و در جهت مخالف تولید شد یعنی B برون‌سو شده و در حال افزایش است. این بار B' درون‌سو شده تا جلوی افزایش شار مغناطیسی را بگیرد و باز جریان در جهت (۲) خواهد بود.

۲۳۵. ۱ ۲ ۳



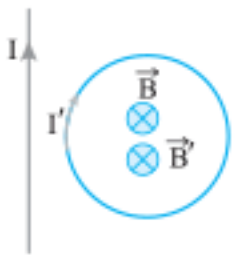
با افزایش مقاومت رئوستا، جریان در مدار کاهش پیدا کرده، میدان مغناطیسی اصلی (B) در قضا کم شده و باعث کاهش شار مغناطیسی گذرنده از حلقهٔ بسته می‌شود.

با کاهش شار مغناطیسی، میدان القایی (B') باید هم‌جهت (B) در قاب تولید شود. طبق قانون دست راست، جهت جریان در جهت (۲) خواهد بود.

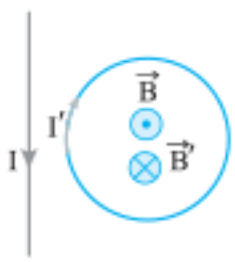
چون میدان اصلی در قضا درحال کاهش است می‌توانیم رئوستا را ثابت کرده و دو حلقه را از هم دور کنیم که همین شرایط روی دهد.

۲۳۶. ۱ ۳ ۴

الف: جریان I کم شده تا به صفر برسد: با کاهش جریان سیم، میدان گذرندهٔ سیم از قاب (B) کمتر شده به دلیل تغییر شار مغناطیسی، در قاب القا رخ می‌دهد. در این حالت B' (میدان القایی) باید هم‌جهت با B باشد به همین دلیل طبق قاعدهٔ دست راست، جریان در جهت (۲) خواهد بود.



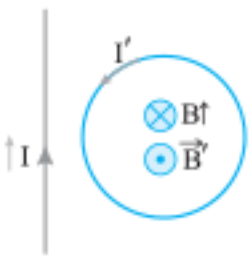
ب: جریان در جهت مخالف زیاد شود: با تغییر جهت جریان، جهت میدان اصلی در قضا تغییر کرده (برون‌سو می‌شود) چون میدان اصلی B درحال بزرگ شدن است باید میدان القایی (B') درخلاف جهت آن یعنی درون‌سو بوده و در نتیجه جهت جریان القایی طبق قاعدهٔ دست راست، در جهت (۲) خواهد بود.



۲۳۷. ۱ ۲ ۴

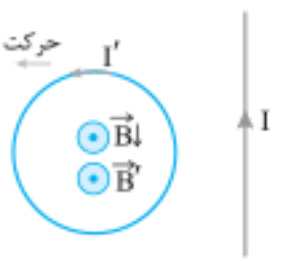
بررسی گزینه‌ها:

گزینهٔ ۱: با افزایش جریان I، میدان سیم در قضا یعنی B بزرگ‌تر شده، در قاب باید میدان القایی یعنی B' در خلاف جهت B باشد. در نتیجه جریان حلقه باید پادساعتگرد باشد. (گزینهٔ ۱ نادرست است)



گزینهٔ ۲: با کاهش جریان I میدان سیم در قضا یعنی B کوچک‌تر شده، در قاب شار تغییر کرده و میدان القایی حاصل یعنی B' باید با B هم‌جهت باشد. در نتیجه جریان حلقه باید پادساعتگرد باشد. (**گزینهٔ ۲** نادرست است)

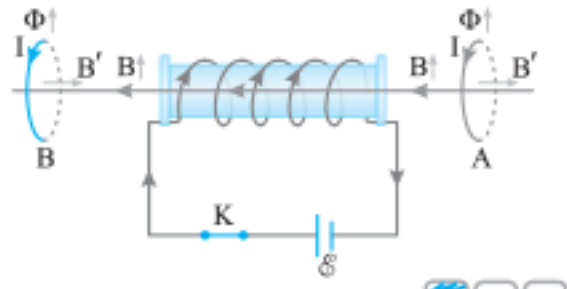
گزینهٔ ۳: با دور شدن حلقه از مولد میدان مغناطیسی یعنی سیم راست، میدان کوچک‌تر شده و شار حلقه کم می‌شود. در نتیجه باید B' هم‌جهت B باشد، جریان باید در قاب ساعتگرد باشد. (**گزینهٔ ۳** درست است)



گزینهٔ ۴: با حرکت قاب به موازات سیم، میدان و شار گذرنده از قاب تغییر نکرده و در قاب جریان القایی تولید نمی‌شود. (**گزینهٔ ۴** نادرست است)

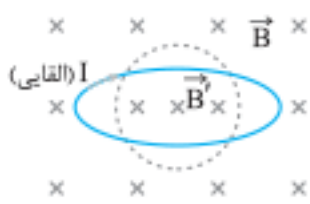
۲۳۸. ۱ ۲ ۳ ۴

با بستن کلید در مدار جریانی ایجاد می‌شود که با عبور از سیملوله، میدان در قضا ایجاد می‌شود. در لحظهٔ بستن کلید این میدان از صفر شروع به افزایش می‌کند. جهت این میدان بر روی شکل نشان داده شده، شار مغناطیسی هر دو حلقهٔ A و B شروع به افزایش کرده، میدان القایی (B') در خلاف جهت B در هر دو حلقه ایجاد می‌شود. با توجه به قانون (قاعدهٔ) دست راست در هر دو حلقه جهت جریان به سمت (۲) است.



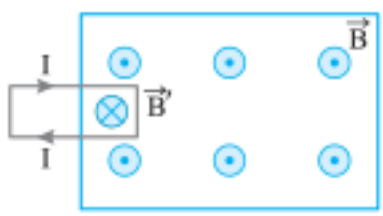
۲۳۹. ۱ ۲ ۳ ۴

این را باید بدانید بین اشکال هندسی مسطحی که محیط ثابتی دارند، دایره بیشترین مساحت را دارد. یعنی با کشیدن دایره سطح قاب کوچک‌تر شده و میدان القایی (B') هم‌جهت میدان اصلی (B) خواهد بود (قانون لنز). با توجه به قاعدهٔ دست راست، جهت جریان ساعتگرد می‌شود.

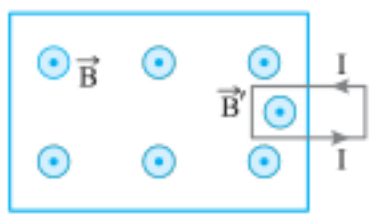


۲۴۰. ۱ ۲ ۳ ۴

الف: در حال ورود: با افزایش شار مغناطیسی به دلیل افزایش سطح در قاب، القا رخ می‌دهد میدان القایی (B') باید در خلاف جهت میدان اصلی (B) باشد. با توجه به قاعدهٔ دست راست، جریان در قاب باید ساعتگرد باشد.

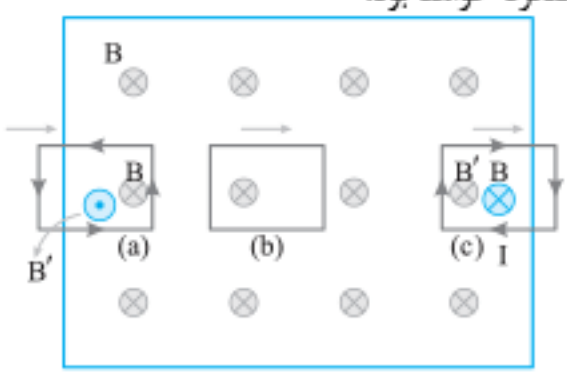


ب: در حال خروج: با کاهش شار مغناطیسی، باید در قاب، میدان القایی هم جهت میدان اصلی ایجاد شود(B' هم‌جهت B) که با توجه به قاعدهٔ دست راست، جریان در این حالت پادساعتگرد می‌شود.



۲۴۱. ۱ ۳ ۴

در وضعیت a: سطحی از مدار که از آن میدان می‌گذرد در حال افزایش است پس شار مغناطیسی زیاد شده در نتیجه میدان القایی (B') در خلاف جهت میدان اصلی (B) است و جریان در قاب پادساعتگرد خواهد بود.



در وضعیت b: با جابه‌جایی مدار، شار مغناطیسی گذرنده از مدار تغییر نمی‌کند بنابراین ولتاژ و جریان القایی نداریم.

در وضعیت c: مدار به تدریج از محدودهٔ میدان خارج می‌شود پس شار مغناطیسی درحال کاهش بوده و B' هم‌جهت B خواهد بود. در این صورت جریان در قاب (مدار) ساعتگرد می‌شود.

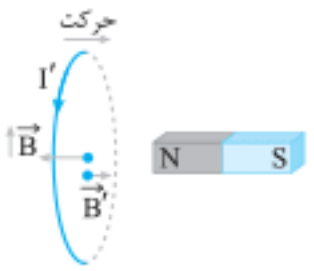
۲۴۲. ۱ ۳ ۴

به کمک قانون لنز جهت جریان القایی را مشخص می‌کنیم. سطح حلقهٔ A کاهش می‌یابد: پس شار مغناطیسی عبوری از حلقه کاهش یافته و باعث می‌شود میدان مغناطیسی القایی حاصل از جریان القایی $(\vec{B'})$ در جهت میدان مغناطیسی اصلی باشد $(\vec{B})$. با توجه به قاعدهٔ دست راست، جهت جریان القایی (I') ساعتگرد است.

$$\bar{\mathcal{E}} = |-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}| = |-1\times\frac{(-0/02)}{10^{-3}}| = 20V$$

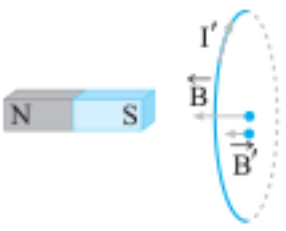
۲۴۳. ۲ ۳ ۴

در وضعیت (۱) با نزدیک شدن حلقه به قطب N میدان در محل حلقه قوی‌تر شده (خطوط میدان متراکم‌ترند) پس شار گذرنده از حلقهٔ (۱) در حال افزایش است. بنابراین $\vec{B'}$ باید در خلاف جهت میدان اصلی $\vec{B}$ بوده و جریان حلقه پادساعتگرد است.



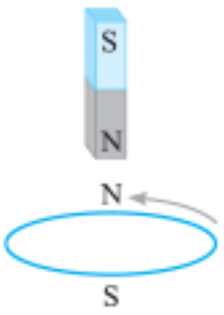
در وضعیت (۲) شار گذرنده از حلقه (همان خطوط میدان مغناطیسی گذرنده از حلقه) تغییر نکرده و در حلقه آثار القایی نداریم یعنی جریان صفر است.

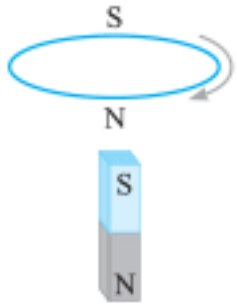
در وضعیت (۳) با دور شدن از قطب S آهنربا شار گذرنده از حلقه کمتر شده در نتیجه باید میدان القایی B' هم‌جهت با میدان اصلی B در حلقه ایجاد شود یعنی جریان حلقه باید ساعتگرد باشد.



۲۴۴. ۱ ۲ ۴

۱ هنگامی که آهنربا به حلقهٔ مسی نزدیک می‌شود، باید بالای حلقه تبدیل به قطب N شود (براساس قانون لنز) و با قاعدهٔ دست راست جریان در حلقه از دید ناظر پادساعتگرد است.

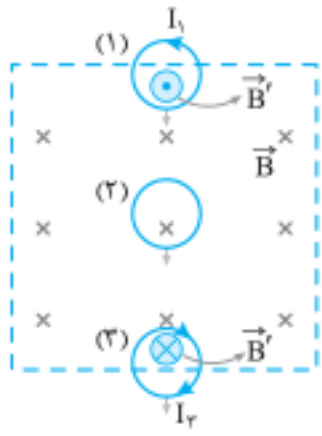




۲ هنگامی که آهنربا از حلقه دور می‌شود طبق قانون لنز باید قطب N در پایین حلقه باشد تا از دور شدن آهنربا جلوگیری کند و جهت جریان القایی از دید ناظر عکس حالت قبل یعنی ساعتگرد خواهد بود.

۲۴۵. ۱ ۲ ۳ ۴

در وضعیت (۱)، سطح قاب که از آن میدان می‌گذرد بزرگ‌تر شده شار زیاد می‌شود. میدان القایی (B') باید خلاف جهت میدان اصلی (B) باشد. در این صورت با توجه به قاعدهٔ دست راست جهت جریان در قاب پادساعتگرد خواهد بود.



در وضعیت (۲) ، شار گذرنده از قاب ثابت بوده در نتیجه ولتاژ و جریان القایی صفر است.

در وضعیت (۳)، سطح قاب کمتر شده با کاهش شار باید B' (میدان القایی)، هم‌جهت B (میدان اصلی) بوده و در نتیجه جریان ساعتگرد خواهد بود.

۲۴۶. ۱ ۲ ۳ ۴

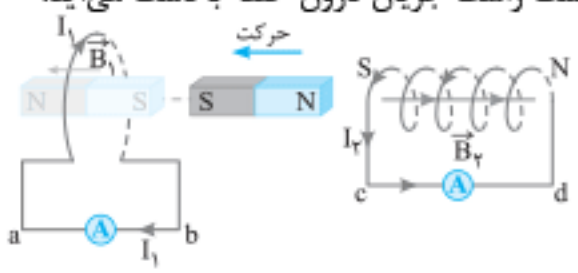
نکته: روش کلی به‌دست آوردن جهت جریان القایی را در درسنامهٔ مربوط دیده‌اید، یعنی نحوهٔ اثر B(میدان اصلی) و B' (میدان القایی) بعضی از مسائل را می‌توانیم از روش‌های دیگری هم حل کنیم و بدیهی است تمام این روش‌ها هم ارزند.

روش آهنربای فرضی: هرگاه دلیل تغییر شار مغناطیسی دور و نزدیک شدن یک آهنربا یا مدار نسبت به هم باشد، می‌توانید بگویید مدار تبدیل به آهنربایی می‌گردد که با دور شدن یا نزدیک شدن آهنربای اصلی مخالفت می‌کند.

یعنی اگر آهنربای اصلی در حال دور شدن است باید قطب ناهمنام در ناحیه‌ای از مدار که مجاور آهنربا است ایجاد شود تا با جذب آن مانع دور شدن شود و اگر آهنربای اصلی درحال نزدیک شدن است باید قطب همنام با آن در ناحیهٔ مجاور مدار ایجاد شود تا با دفع آهنربای اصلی مانع نزدیک شدن آن شود.

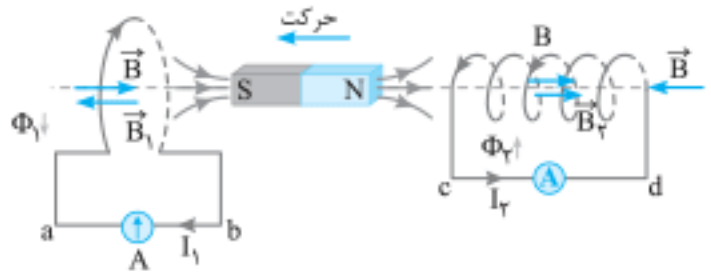
روش اول:

با نزدیک شدن قطب S آهنربا به حلقه، حلقه برای مخالفت با حرکت آهنربا در سطح مجاور با آهنربا، به‌قطب S تبدیل شده است. با توجه به محل قطب S، جهت میدان حلقه به سمت چپ است. با استفاده از قاعدهٔ دست راست جریان درون حلقه به‌دست می‌آید.



وقتی قطب N آهنربا از سیملوله دور می‌شود، باید در این سر سیملوله قطب ناهمنام با آهنربا یعنی قطب S ایجاد شود تا با دور شدن آهنربا مخالفت کند. براساس محل قطب‌های سیملوله جهت جریان را با قاعدهٔ دست راست در آن تعیین کرده‌ایم.

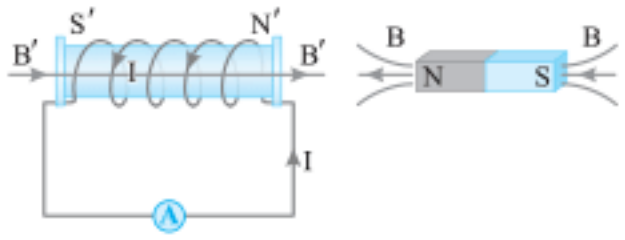
روش دوم: میدان اصلی که ناشی از آهنرباست را در فضا نشان داده‌ایم. با توجه به نحوهٔ حرکت آهنربا شار مغناطیسی گذرنده از حلقه زیاد می‌شود و شار مغناطیسی گذرنده از سیملوله کم می‌شود.



در حلقه میدان القایی ($B_۱$) باید خلاف جهت با میدان اصلی باشد در نتیجه جهت جریان در آمپرسنج از b به a است. در سیملوله میدان القایی ($B_۲$) باید هم‌جهت با میدان اصلی باشد. در نتیجه جهت جریان در آمپرسنج از c به d است.

۲۴۷. ۱ ۲ ۳ ۴

روش اول: با توجه به جهت جریان القایی، جهت میدان القایی (B') در خلاف جهت میدان اصلی آهنربا (B) است. پس باید شار مغناطیسی در حال افزایش باشد و زمانی این اتفاق می‌افتد که آهنربا یا سیملوله به هم نزدیک‌تر شده باشند.

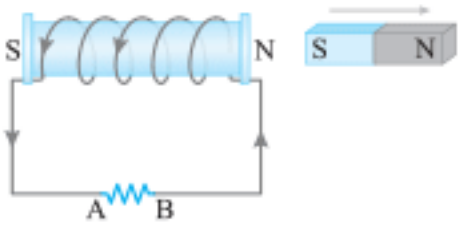


روش دوم: با توجه به جهت جریان القایی، قطب‌های سیملوله را تعیین می‌کنیم، قطب‌های همنام روبه‌روی هم قرار گرفته‌اند (منظور قطب‌های آهنربا و سیملوله هستند). چون بین سیملوله و آهنربا داقعه روی داده معنایش این است که این مجموعه باید به هم نزدیک شده باشند که نیروی القایی در خلاف جهت حرکت به آن‌ها اثر کرده باشد. بنابراین یا آهنربا باید به سمت چپ حرکت کرده باشد یا سیملوله به سمت راست یا اگر هر دو حرکت می‌کنند به گونه‌ای باشد که به هم نزدیک شده باشند که این موضوع تنها در **گزینهٔ ۱** دیده می‌شود.

۲۴۸. ۱ ۲ ۳ ۴

این تست را از راه آهنربای قرضی حل می‌کنیم.

با حرکت آهنربا شار مغناطیسی گذرنده از سیم‌پیچ تغییر می‌کند و در آن ولتاژ و جریان القایی ایجاد می‌شود. طبق قانون لنز چون علت تغییر شار مغناطیسی، دور شدن آهنربا است، در سر سیم‌پیچ که نزدیک قطب S است قطب N تولید می‌شود که با دور شدن آهنربا مخالفت کند.

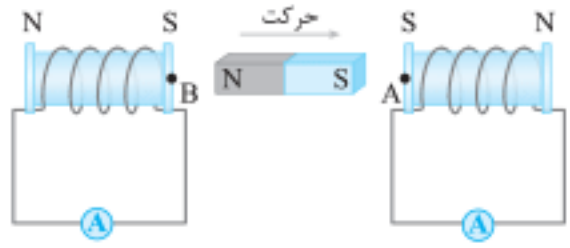


و با توجه به قاعدهٔ دست راست، جهت جریان در سیم‌پیچ از نقطهٔ A به B است. این جریان در سمت راست از سر A به سمت سر B است.

۲۴۹. ۱ ۲ ۳ ۴

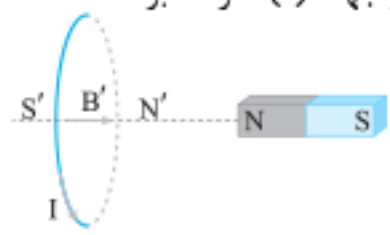
تست بسیار ساده‌ای است. با حرکت آهنربا در هر دو سیم‌پیچ به دلیل تغییر شار مغناطیسی جریان القایی به‌وجود می‌آید و طبق قانون لنز سیم‌پیچ‌ها با عامل تغییر شار مغناطیسی مخالفت می‌کنند. در نقطهٔ B باید قطب S ایجاد شود که با دور شدن قطب N مخالفت

کند و در نقطهٔ A باید قطب S ایجاد شود که با نزدیک شدن قطب S مخالفت نماید.

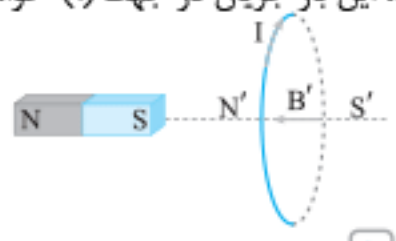


۲۵۰. ۱ ۲ ۳ ۴

الف: در حالی که آهنربا به حلقه نزدیک می‌شود، باید حلقه طبق قانون لنز با نزدیک شدن آهنربا مخالفت کند، یعنی در سمت آهنربا قطب N در حلقه ایجاد شود. با توجه به قاعدهٔ دست راست، جهت جریان در حلقه در جهت (۲) خواهد بود.

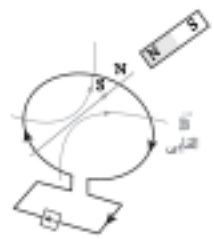


ب: در حالی که آهنربا پس از عبور از حلقه از آن دور می‌شود باید طبق قانون لنز، حلقه با دور شدن قطب S آهنربا مخالفت کند، یعنی در سمت قطب S آهنربا در حلقه، قطب N ایجاد شود. با توجه به قاعدهٔ دست راست، این بار جریان در جهت (۱) خواهد بود.



۲۵۱. ۱ ۲ ۳ ۴

با نزدیک شدن آهنربا به حلقه، شار مغناطیسی عبوری از حلقه افزایش می‌یابد. با توجه به قانون لنز و قاعدهٔ دست راست، جریان القایی در جهت (۱) در حلقه القاء خواهد شد تا اثر مغناطیسی حاصل، با آثار مغناطیسی نزدیک شدن آهنربا مخالفت کند. بنابراین به آهنربا نیروی دافعه وارد می‌شود.



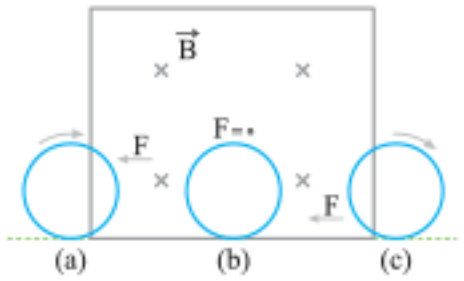
۲۵۲. ۱ ۲ ۳ ۴

آهنربای اول در حال سقوط آزاد است اما آهنربای دوم چون در ابتدا به یک حلقه نزدیک می‌شود و باعث تغییر شار مغناطیسی حلقهٔ رسانا می‌گردد، حلقه نیروی مخالفی به آن وارد می‌کند (نیرویی که خلاف جهت حرکت آهنربا و رو به بالا است). این نیرو باعث می‌شود آهنربای (۲) فاصلهٔ A تا B را در زمان بیشتری طی کند: $t'_1 > t_1$

پس از عبور آهنربا از درون حلقه، باز هم به دلیل دور شدن آهنربا از حلقه، شار مغناطیسی حلقه تغییر کرده و به دلیل قانون لنز باز هم نیرویی خلاف جهت حرکت آهنربا، به آن وارد می‌شود یعنی نیرویی به سمت بالا که این نیرو هم باعث می‌شود آهنربای (۲) فاصلهٔ B تا C را در زمان بیشتری طی کند. $t'_2 > t_2$

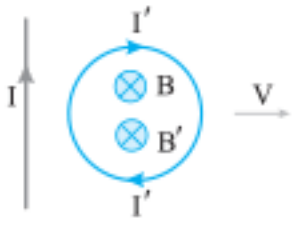
۲۵۳. ۱ ۲ ۳ ۴

قرض کنید عرض ناحیهٔ میدان در شکل بیشتر از قطر حلقهٔ مسی باشد. در ناحیهٔ (a) که حلقه می‌خواهد وارد ناحیهٔ میدان شود، چون شار مغناطیسی در حال افزایش است از طرف میدان نیرویی خلاف جهت حرکت به حلقه اثر کرده که سرعت را کم می‌کند. در ناحیهٔ (b) با جابه‌جایی حلقه شار مغناطیسی تغییر نکرده در نتیجه نیرویی هم به حلقه اثر نخواهد کرد. در ناحیهٔ (c) با خروج حلقه از میدان دوباره شار مغناطیسی تغییر کرده و در نتیجه این بار نیرو می‌خواهد جلوی خروج حلقه از میدان را بگیرد یعنی باز نیرویی خلاف جهت حرکت به آن اثر می‌کند که باعث کاهش سرعت می‌شود.



پس در دو ناحیه سرعت کم می‌شود، ناحیهٔ (a) و ناحیهٔ (c) یعنی سرعت ورود و خروج حلقه به ناحیهٔ میدان از سرعت اولیهٔ حلقه کمتر است.

۲۵۴. ۱ ۲ ۳ ۴



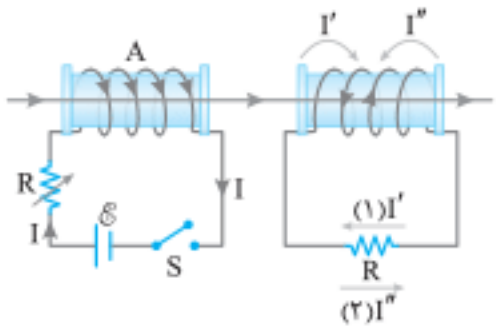
هرچه حلقه از سیم دورتر شود، میدان سیم در محل حلقه کوچک‌تر خواهد شد. با کوچک شدن میدان، شار مغناطیسی گذرنده از حلقه کمتر شده، پس میدان القایی B' هم‌جهت میدان اصلی بوده و در نتیجه جریان در حلقه ساعتگرد خواهد بود (I').

حالا می‌رسیم به قسمت زیبای مسئله، درست است سرعت حلقه ثابت است، اما هرچه دورتر شویم میدان کوچک‌تر و تغییرات آن هم کمتر می‌شود (مثلاً، در فاصلهٔ بسیار دور از سیم میدان و شار مغناطیسی تقریباً صفر است و تغییر شار مغناطیسی هم صفر است.) پس با حرکت حلقه به تدریج ولتاژ و جریان القایی کمتر می‌شود.

۲۵۵. ۱ ۲ ۳ ۴

در هنگام وصل کلید جریان اصلی I افزایش می‌یابد در نتیجه میدان مغناطیسی سیملوله A در حال افزایش است. بنابراین میدان مغناطیسی سیملولهٔ B باید آن را کاهش دهد. در نتیجه یک میدان در خلاف جهت آن ایجاد می‌کند که قطب N آن در سمت آهنربای A قرار می‌گیرد پس باید جریان در جهت (۱) باشد.

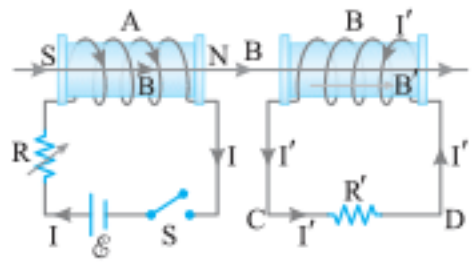
در هنگام افزایش مقاومت جریان I کاهش می‌یابد. بنابراین میدان مغناطیسی سیملولهٔ A ضعیف شده و سیملولهٔ B میدانی هم‌جهت با آن ایجاد می‌کند تا با کاهش آن مخالفت کند. در نتیجه قطب S آن در سمت سیملولهٔ A ایجاد شده که طبق قاعدهٔ دست راست باید جریان در جهت (۲) باشد.



۲۵۶. ۱ ۲ ۳ ۴

A مدار القا کننده (که جریان آن از طریق باتری تامین می‌شود) و B مدار القاپذیر است (که تنها به دلیل القا و تغییر شار مغناطیسی می‌تواند دارای جریان شود). جریان در مدار A(I) و میدان ایجاد شده در فضا را ترسیم کرده‌ایم. با توجه به فرض مطرح شده در

صورت مسئله جریان I' در مدار B معلوم بوده و میدان القایی B' هم با توجه به قاعدهٔ دست راست تعیین می‌شود. چون B' و B با هم هم‌جهت شده‌اند باید شار مغناطیسی گذرنده از مدار B کمتر شده باشد و با توجه به این‌که میدان سیملولهٔ A تابع شدت جریان I است، باید جریان در مدار A کم شده باشد.

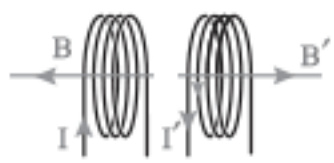


جریان در مدار A زمانی کم می‌شود که کلید را بازکنیم (جریان از I به صفر برسد) یا مقاومت متغیر (R) را زیاد کنیم یا در حال کار مدارها، دو سیملوله را از هم دور کنیم که باعث کاهش میدان و شار مغناطیسی شود.

که تنها گزینهٔ درست، **گزینهٔ ۳** است.

۲۵۷. ۱ ۲ ۳ ۴

گام اول: در هنگام وصل کلید جریان اقزایش می‌یابد: در نتیجه شار عبوری از حلقه‌های سیملوله افزایش می‌یابد. با توجه به قانون لنز و قاعدهٔ دست راست جهت جریان القایی در جهت (۲) است.



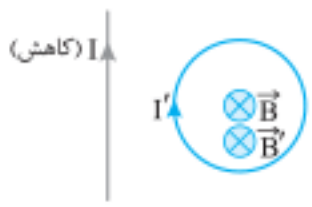
گام دوم: اگر مقاومت رئوستا به تدریج کاهش یابد، با توجه به رابطهٔ $I=\frac{\mathscr{E}}{R_{eq}+r}$ جریان افزایش می‌یابد و مانند حالت قبل می‌شود: بنابراین باز هم جهت جریان القایی در جهت (۲) می‌شود.

۲۵۸. ۱ ۲ ۴ ۴

بررسی گزینه‌ها:

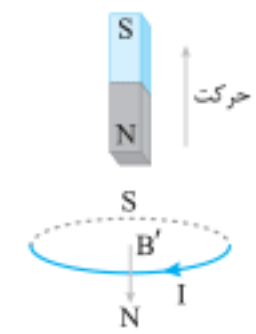
گزینهٔ ۱:

I کاهش $\Leftarrow$ B کاهش $\Leftarrow$ B'



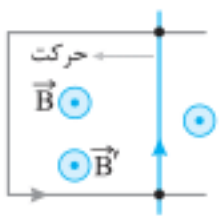
هم‌جهت B $\xleftarrow[\text{دست راست}]{\text{قاعدهٔ}}$ جریان ساعتگرد

گزینهٔ ۲: آهنربا دور می‌شود $\Leftarrow$ حلقه آهنربایی می‌شود که با دور شدن آهنربا مخالفت می‌کند. (در سمت قطب N آهنربا در حلقه قطب S تولید می‌شود.)

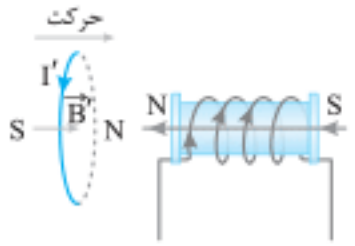


$\xleftarrow{\text{قاعدهٔ دست راست}}$ جریان در جهت نشان داده شده خواهد بود.

گزینهٔ ۳: با توجه به جهت حرکت سیم سطح قاب کوچک‌تر شده و شار مغناطیسی کم می‌شود $\Leftarrow$ B' هم‌جهت B $\Leftarrow$ جریان القایی باید پادساعتگرد باشد اما ساعتگرد نشان داده شده است.

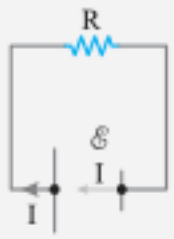


گزینهٔ ۴: حلقه به آهنربا نزدیک می‌شود $\Leftarrow$ در سمت قطب N سیملوله، در حلقه باید قطب N ایجاد شود تا جلوی نزدیک شدن را بگیرد $\xleftarrow{\text{قاعدهٔ دست راست}}$ جریان در جهت نشان داده شده خواهد بود.



۲۵۹. ۱ ۲ ۴ ۴

تذکر: از فصل جریان الکتریکی به خاطر دارید که جهت جریان در مدار را چگونه تعیین می‌کردیم. باید دقت کرد که مدار دو قسمت دارد:

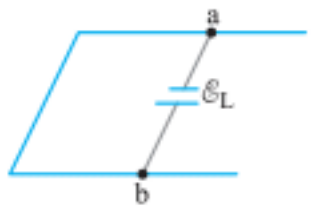


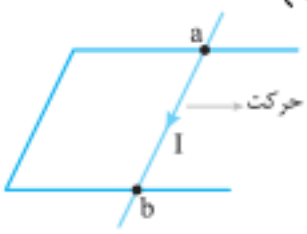
۱ **در بیرون مولد (باتری):** جریان از پتانسیل بیشتر به کمتر است.

۲ **درون باتری یا مولد:** جریان از پتانسیل کمتر به بیشتر است.

با توجه به جهت میدان اصلی و حرکت میله، شار در حال زیادشدن است و B' به سمت پایین و جریان القایی در میله از a به b است.

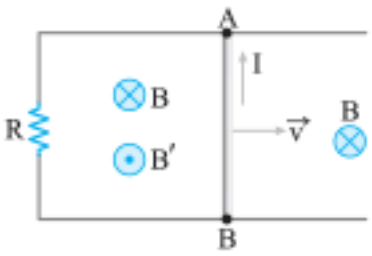
باید توجه کنید در این مسئله علت شارش جریان، حرکت سیم است. درواقع سیم لغزنده در حکم باتری مدار است. (سیم لغزنده، مولد القایی است.) پس جریان در آن مثل هر مدار دیگری از قطب منفی به سمت قطب مثبت است. $(V_a < V_b)$





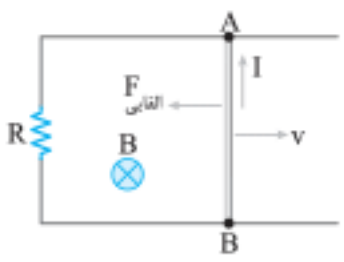
۲۶۰. ۱ ۲ ۳ ۴

می‌دانیم این مسائل را می‌توانیم از دو راه حل کنیم.



روش اول: با توجه به افزایش سطح مدار در اثر حرکت سیم لغزنده و با توجه به قانون لنز B' (میدان مغناطیسی القایی) خلاف جهت B، میدان مغناطیسی اصلی است.

B' برون‌سو است و با توجه به قاعدهٔ دست راست، جریان در مدار باید از B به سمت A باشد.



روش دوم: طبق قانون لنز چون سیم به سمت راست حرکت می‌کند از طرف میدان اصلی نیرویی به سمت چپ به آن اثر خواهد کرد. ($F_{\text{القایی}}$).

با دانستن جهت $\vec{F}$ و $\vec{B}$ و قاعدهٔ دست راست، جهت جریان در سیم از B به سمت A خواهد شد.

۲۶۱. ۱ ۳ ۴ ۴

طبق قانون لنز چون شار مغناطیسی گذرنده از قاب در حال تغییر است، توسط میدان اصلی نیرویی خلاف جهت حرکت سیم به آن اثر می‌کند،