

به نام پروردگار مهربان

فیزیک

ریاضی تجربی

پازدهم

نصراله افاضل، حمیدرضا عارف پور

مدیر و ناظر علمی گروه فیزیک : نصراله افاضل



مهروماه

فهرست

۷	الکتریسیته ساکن	فصل ۱
۹۳	جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم	فصل ۲
۱۵۹	مغناطیس	فصل ۳
۲۰۵	القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب (ادامه فصل ۳ تجربی)	فصل ۴

لقمه آخر: فرمول نامه ۲۴۱

فصل ۱

الکتریسیته ساکن

- بار الکتریکی
 - پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی
 - قانون کولن
 - میدان الکتریکی
 - میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار
 - خطوط میدان الکتریکی
 - انرژی پتانسیل الکتریکی
 - پتانسیل الکتریکی
 - میدان الکتریکی در داخل رسانا
 - خازن
 - خازن با دی الکتریک
 - انرژی خازن
- الکتریسیته ساکن

نکاتی دربارهٔ میدان الکتریکی یکنواخت:



میدان یکنواخت
الکتریکی



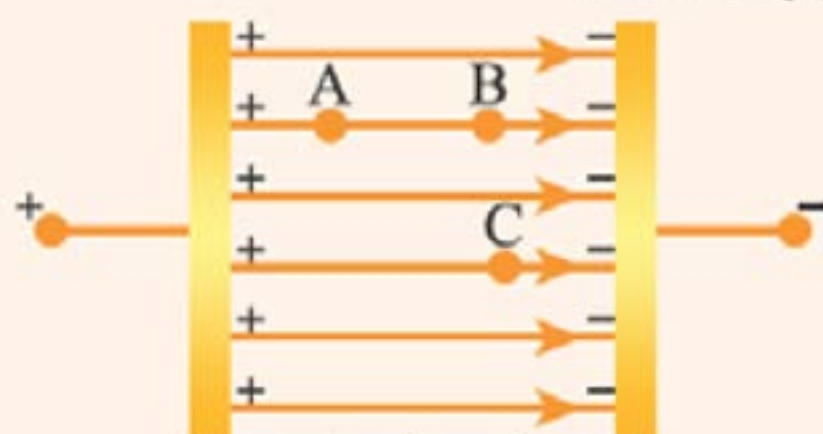
۱ در میدان یکنواخت، تراکم خطوط میدان همه جا یکسان است.

۲ در میدان یکنواخت خطوط میدان موازی اند.

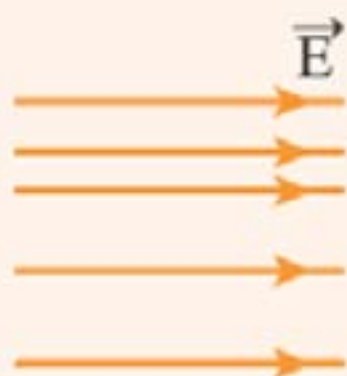
۳ در میدان یکنواخت خطوط میدان هم جهت اند.

۴ با دو صفحهٔ رسانای موازی که به دو قطب مثبت و منفی وصل است، می‌توان میدان یکنواخت بین دو صفحه ایجاد کرد.

۵ بردار میدان الکتریکی در همهٔ نقاط میدان الکتریکی یکنواخت هم‌اندازه و هم‌جهت است.



$$\vec{E}_A = \vec{E}_B = \vec{E}_C$$

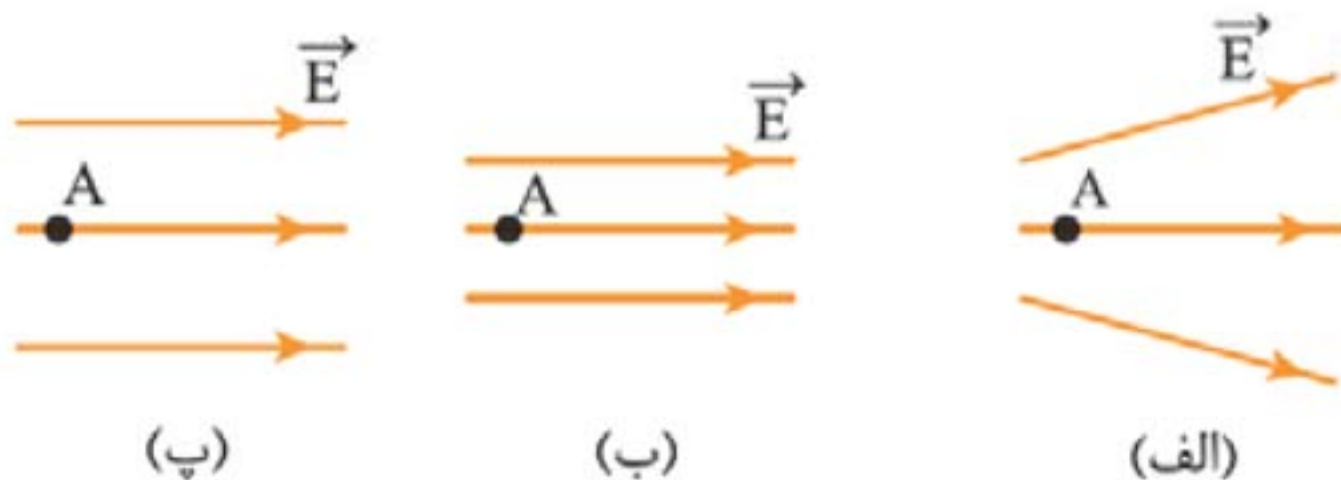


میدان الکتریکی غیریکنواخت:
تراکم یکسان نیست، هر چند جهت میدان در همهٔ نقاط یکسان است.



میدان الکتریکی غیریکنواخت:
تراکم یکسان است، اما جهت میدان در همهٔ نقاط یکسان نیست.

مثال ۱۶ سه ذره‌ای به جرم m بار مثبت q می‌دهیم و آن را در هر یک از شکل‌های زیر از نقطه A بدون تندی اولیه رها می‌کنیم. شتاب ذره در نقطه A را با یکدیگر مقایسه کنید.



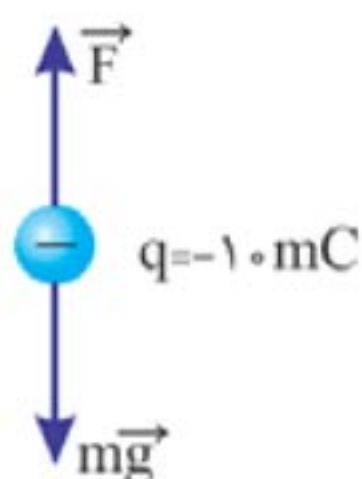
پاسخ بزرگی میدان در نقطه A در شکل (ب) بیش‌تر از (الف) و (پ) است، از این رو بنا بر $\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}$ شتاب ذره در (ب) بیش‌تر از (الف) و در (الف) بیش‌تر از (پ) است.

$$a_{(ب)} > a_{(الف)} > a_{(پ)}$$

بار در حال تعادل:

اگر ذره‌ای با بار q و جرم m فقط تحت تأثیر میدان الکتریکی و گرانشی بوده و در حال تعادل (معلق) باشد، داریم:

$$\left. \begin{array}{l} \vec{F} = q\vec{E} \\ W = mg \end{array} \right\} \xrightarrow{F=W} |q|E = mg$$



مثال ۱۷ ذره‌ای به جرم 20 g بار الکتریکی -1.0 mC دارد و در میدان الکتریکی یکنواخت،

معلق و ساکن است. اگر $g = 10\text{ m/s}^2$ باشد:

الف بزرگی و جهت میدان را به دست آورید.

ب اگر جهت میدان الکتریکی وارون شود،

بزرگی شتاب ذره را حساب کنید.

پاسخ الف بر ذره دو نیروی وزن و F_E از سوی میدان (میدان الکتریکی) وارد می شود:

چون mg رو به پایین است، پس F_E رو به بالا می باشد تا برآیند دو نیرو صفر شود و می توان نوشت:

$$F_E = mg \Rightarrow |q| E = mg \Rightarrow E = \frac{20 \times 10^{-3} \times 10}{10 \times 10^{-3}} \Rightarrow E = 20 \text{ N/C}$$

چون بار منفی است، نیروی F خلاف جهت میدان است. پس میدان رو به پایین است.

ب با وارون شدن جهت میدان، نیروی F_E به طرف پایین و هم جهت با mg می شود:

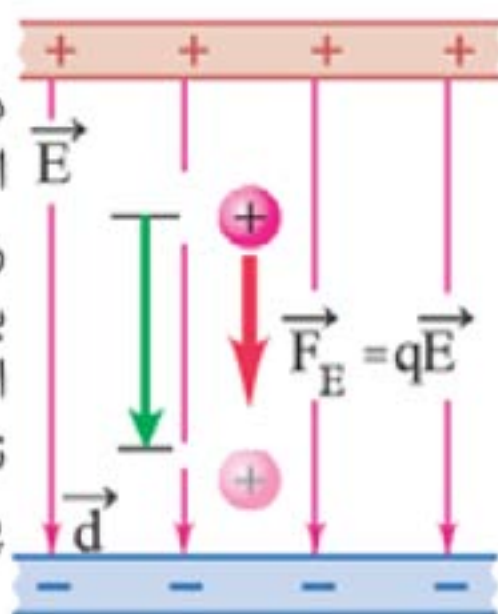
$$F + mg = ma \Rightarrow \underbrace{10 \times 10^{-3}}_{|q|} \times \underbrace{20}_{E} + \underbrace{20 \times 10^{-3}}_m \times \underbrace{10}_g = 20 \times 10^{-3} a$$

$$\Rightarrow 0.4 = 0.2a \Rightarrow a = 2.0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

۷-۱ انرژی پتانسیل الکتریکی

نوعی از انرژی است که بین دو یا چند ذره باردار و به سبب وجود بار ذرات پدید می آید.

ذره باردار $+q$ در میدان الکتریکی یکنواخت رها می شود و به تدریج بر انرژی جنبشی آن افزوده می شود (از نیروی گرانشی چشم پوشی شده است).



اگر ذره باردار $+q_2$ در میدان الکتریکی فضای اطراف بار $+q_1$ رها شود، شتاب می گیرد و بر انرژی جنبشی اش افزوده می شود.

نکات:

۱ اگر دو ذره باردار در فاصله معینی رها شوند و به طرف یکدیگر نزدیک و یا از هم دور شوند، انرژی پتانسیل الکتریکی آنها کاهش و انرژی جنبشی آنها افزایش می‌یابد.

۲

ذره‌ها به طرف یکدیگر حرکت می‌کنند (انرژی جنبشی یافته‌اند)، زیرا انرژی پتانسیل الکتریکی آنها کاهش یافته است.

ذره‌ها تحت اثر نیروی جاذبه قرار دارند، ثابت نگه داشته شده‌اند و انرژی پتانسیل الکتریکی دارند.

۳

۴ انرژی پتانسیل الکتریکی را با U_E و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی را با ΔU_E نشان می‌دهیم.

رابطه کار میدان الکتریکی با تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی:

$$W_E = -\Delta U_E$$

↓
کار میدان الکتریکی

برای هر میدان الکتریکی داریم:

نکات:

۱ اگر بار الکتریکی هم‌جهت با نیروی الکتریکی جابه‌جا شود، کار میدان (W_E) مثبت و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی (ΔU_E) منفی است.

۲ اگر بار الکتریکی q (مثبت و منفی) را در یک میدان الکتریکی رها کنیم تا بار آزادانه و فقط تحت اثر نیروی میدان حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی اش کاهش می‌یابد.

فصل ۲

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

جریان الکتریکی

مقاومت الکتریکی و قانون اهم

عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی



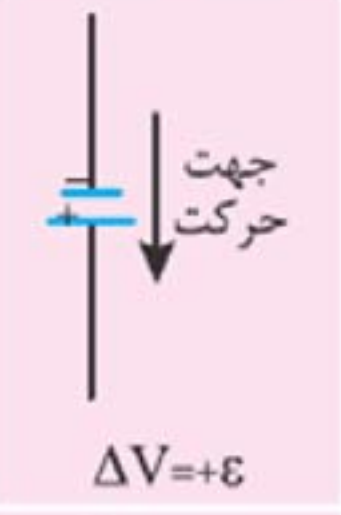

نیروی محرکه الکتریکی و مدارها

توان در مدارهای الکتریکی

ترکیب مقاومت‌ها

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

جدول قرارداد تعیین علامت اختلاف پتانسیل‌ها در یک مدار تک‌حلقه‌ای، شامل مقاومت و منبع نیروی محرکه الکتریکی

عنصر مدار	جهت حرکت	تغییر پتانسیل	
مقاومت	در جهت جریان	$-IR$	 <p>$\Delta V = -IR$</p>
مقاومت	در خلاف جهت جریان	$+IR$	 <p>$\Delta V = +IR$</p>
منبع نیروی محرکه	از پایانه منفی به پایانه مثبت	$+\mathcal{E}$	 <p>$\Delta V = +\mathcal{E}$</p>
منبع نیروی محرکه	از پایانه مثبت به پایانه منفی	$-\mathcal{E}$	 <p>$\Delta V = -\mathcal{E}$</p>

توان در مدارهای الکتریکی ۵-۲

یادآوری: توان، آهنگ مصرف یا تولید انرژی یا انجام کار است.

$$(W) \leftarrow P = \frac{W}{t} = \frac{\Delta u}{t}$$

نکته: یکای توان ژول بر ثانیه است و به آن وات می‌گویند.

نکاتی درباره توان الکتریکی:

- ۱ توان مصرفی: توان مصرفی مربوط به آهنگ مصرف انرژی در اجزایی است که از مدار انرژی می‌گیرند. مانند مقاومت.
- ۲ توان خروجی (مفید) مولد: توان خروجی مربوط به آهنگ تولید انرژی در اجزایی است که به مدار انرژی می‌دهند. مانند باتری

نکته: در یک جزء مدار (مانند مقاومت و باتری) می‌توان نمودار نقشه مفهومی زیر را در نظر گرفت:

$$P = \frac{\Delta U}{t} = \frac{q\Delta V}{t} \Rightarrow (توان الکتریکی) P = I\Delta V$$

$$\Rightarrow P = I(V_b - V_a) \quad \text{با حرکت از هر جزء مدار در جهت جریان}$$

این جزء از مدار انرژی می‌گیرد. $\rightarrow P < 0 \rightarrow$ اگر $V_b < V_a$ باشد
 این جزء به مدار انرژی می‌دهد. $\rightarrow P > 0 \rightarrow$ اگر $V_b > V_a$ باشد

از رابطه $P = I\Delta V$ می‌توان برای منبع نیروی محرکه (مانند باتری) یا جزء مصرف کننده (مانند مقاومت الکتریکی دستگاه الکتریکی) و ... استفاده کرد.

توان الکتریکی مصرفی در یک مقاومت:

$$P_{\text{مصرفی}} = |P| = |IV| \xrightarrow{V=IR} P_{\text{(مصرفی)}} = RI^2$$


$$P_{\text{مصرفی}} = |IV| \xrightarrow{I=V/R} P_{\text{(مصرفی)}} = \frac{V^2}{R}$$

نکته: انرژی مصرفی در یک جزء مصرف کننده با توان مصرفی P

$$U = Pt \text{ برابر است با:}$$

نکاتی درباره توان مصرفی:

روی همه وسایل الکتریکی دو ویژگی درج می شود که مربوط به کارکرد وسیله است:

۱ ولتاژی که وسیله با آن کار می کند.

۲ توان مصرفی وسیله هنگامی که به ولتاژ مورد نظر وصل است.

مثال ۱۲ در اتوی برقی $220\text{V} - 2200\text{W}$ ، هنگامی که روشن است:

الف چه جریانی از آن عبور می کند؟

ب مقاومت اتو در حالت روشن چند اهم است؟

پاسخ الف

$$P = IV \Rightarrow I = \frac{P}{V} \Rightarrow I = \frac{2200}{220} = 10\text{ A}$$

ب

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow R = \frac{V^2}{P} \Rightarrow R = \frac{(220)^2}{2200} \Rightarrow R = 22\Omega$$

نکته: در لامپ های رشته ای، هر قدر توان مصرفی لامپ بیش تر

باشد، روشنایی وسیله نیز بیش تر است.

بهای برق مصرفی:

برای محاسبه بهای برق مصرفی می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$\text{بهای برق مصرفی} = \frac{P(\text{توان مصرفی}) \times h(\text{ساعت‌های یک روز}) \times d(\text{تعداد روزهای ماه}) \times m(\text{تعداد ماه‌های مصرف})}{1000} \times \text{بهای یک کیلووات ساعت}$$

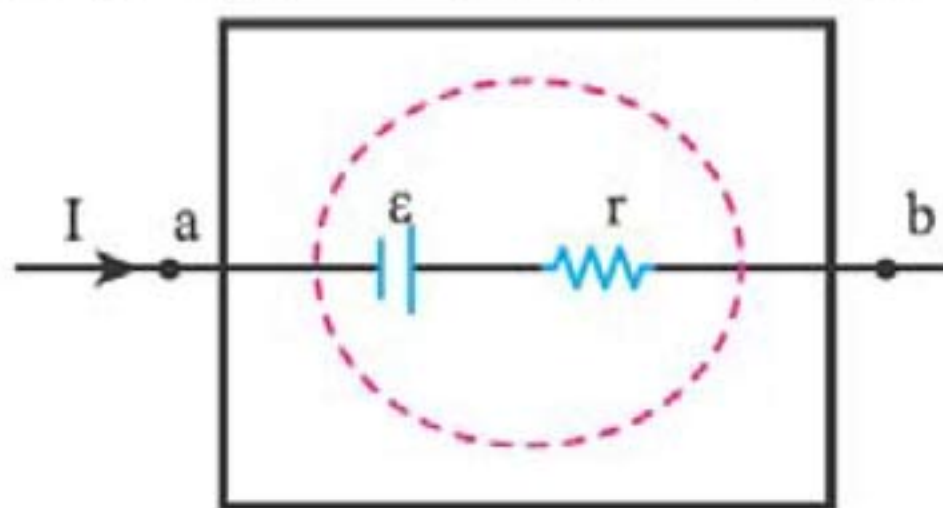
مثال ۱۳ اگر یک اتوی برقی ۱۵۰۰ وات و ۵ لامپ ۲۰ وات هر روز به مدت ۵ ساعت روشن باشند و بهای هر کیلووات ساعت انرژی برق برابر ۵۰ تومان باشد، بهای برق مصرفی این وسیله‌ها در مدت سه ماه چند تومان خواهد شد؟

پاسخ

$$\begin{aligned} \text{بهای برق مصرفی} &= \frac{[1500 + (5 \times 20)] \times 5(h) \times 30(d) \times 3(m)}{1000} \times 50 \\ &= 36000 \text{ تومان} \end{aligned}$$

توان خروجی یک منبع نیروی محرکه واقعی:

مطابق شکل اگر در جهت جریان از مولد عبور کنیم داریم:



توان خروجی از باتری شکل، از رابطه $P = (V_b - V_a)I$ به دست می‌آید.

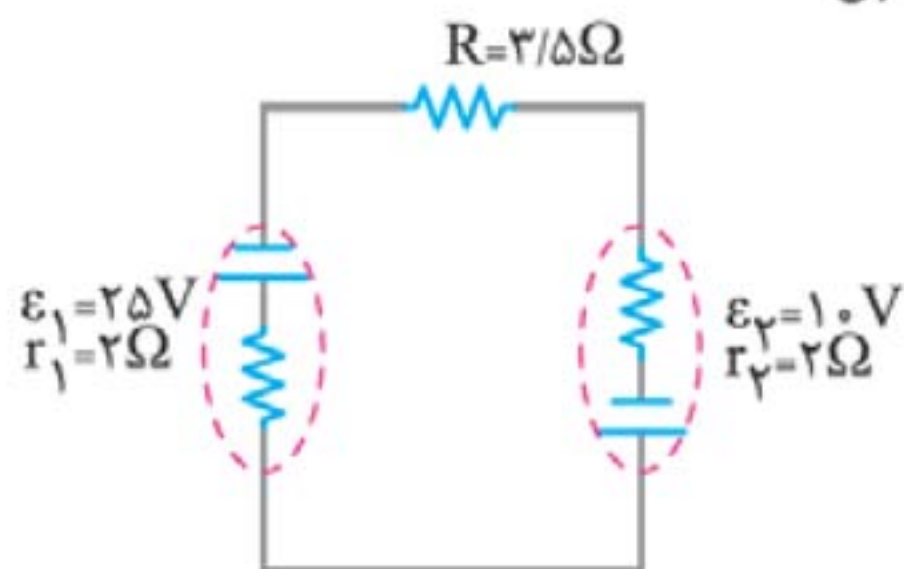
$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - Ir$$

$$P = IV \Rightarrow P_{\text{(خروجی)}} = \varepsilon I - I^2 r$$

نکاتی درباره توان باتری واقعی:

- ۱ (خروجی) P مقداری مثبت است و این باتری به مدار انرژی می‌دهد.
- ۲ به مقدار $\mathcal{E}I$ ، توان تولیدی مولد می‌گویند.
- ۳ به مقدار rI^2 ، توان مصرفی در مقاومت داخلی باتری می‌گویند.
- ۴ برای باتری آرمانی داریم: $r=0 \Rightarrow P \text{ (خروجی آرمانی)} = \mathcal{E}I$

مثال ۱۴ در مدار شکل مقابل



الف کدام باتری به مدار

انرژی می‌دهد؟ توان خروجی آن را به دست آورید.

ب توان مصرفی و انرژی

مصرفی در مقاومت R را

در مدت ۱ دقیقه به دست

آورید.

پ توان باتری \mathcal{E}_2 را حساب کنید.

پاسخ الف چون $\mathcal{E}_1 > \mathcal{E}_2$ است، جریان پادساعتگرد (در جهت \mathcal{E}_1)

است و این باتری به مدار انرژی می‌دهد و اگر جریان را به دست آوریم

سپس از مولد عبور کنیم داریم:

$$I = \frac{25 - 10}{3/5 + 2 + 2} = 2 \text{ A (پادساعتگرد)}$$

$$P_{\text{خروجی}} = I\Delta V \Rightarrow P_1 = 2 \times (+25 - (2 \times 2)) \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = +42 \text{ W}$$

$$P_{\text{مصرفی}} = RI^2 = 3/5 \times 2^2 = 14 \text{ W}$$

ب

$$U_{\text{مصرفی}} = P_{\text{مصرفی}} \times t = 14 \times 60 = 840 \text{ J}$$

فصل دوم □ جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم **مهروماه**

پ در جهت جریان از \mathcal{E}_2 عبور می‌کنیم و توان آن را از رابطه $P = I\Delta V$ به دست می‌آوریم:

$$P_2 = I(-\mathcal{E}_2 - Ir_2) \Rightarrow P = -2(10 + 2 \times 2) = -28 \text{ W}$$

ملاحظه می‌شود که باتری \mathcal{E}_2 ، ضد محرکه است و از مدار انرژی می‌گیرد (مصرف می‌کند) زیرا $P_2 < 0$ است.

تذکره: در مثال فوق باتری \mathcal{E}_1 علاوه بر مقاومت R به باتری \mathcal{E}_2 نیز انرژی می‌دهد. گویی \mathcal{E}_1 باتری \mathcal{E}_2 را شارژ می‌کند و بنابراین پایستگی انرژی در این مثال داریم:

$$P_{\text{مصرفی } P_2} + P_{\text{مصرفی } P_R} = P_{\text{خروجی } P_1}$$

۶-۲ ترکیب مقاومت‌ها

مقاومت‌ها را می‌توان به دو صورت بررسی کرد:

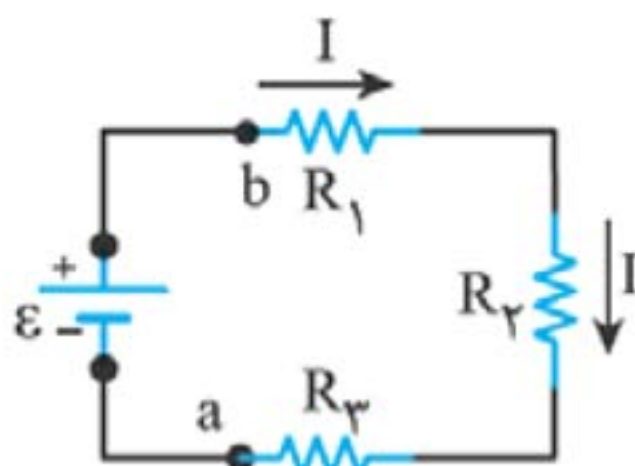
۱ مقاومت‌های متوالی **۲** مقاومت‌های موازی

به هم بستن متوالی مقاومت‌ها:

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

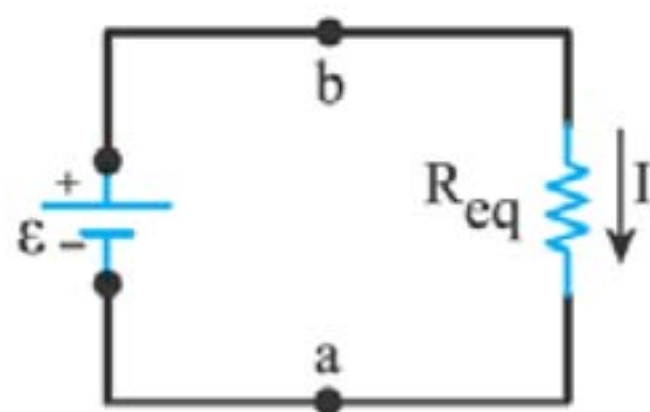
$$V = \mathcal{E} = V_1 + V_2 + V_3$$

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3$$



(الف)

سه مقاومت که به طور متوالی به یک باتری متصل شده‌اند.



(ب)

مدار معادل شکل (الف) که در آن سه مقاومت با R_{eq} جایگزین شده است.

فعالیت ۱-۲

سرعت سوق الکترون‌های آزاد در یک رسانا می‌تواند به کندی سرعت حرکت یک حلزون باشد. چرا وقتی کلید برق را می‌زنیم، چراغ‌های خانه به سرعت روشن می‌شوند؟

پاسخ الکترون‌های آزاد در سرتاسر سیم حضور دارند. با زدن کلید، میدان الکتریکی با سرعتی نزدیک به سرعت نور برقرار می‌شود و باعث انتقال سریع انرژی توسط الکترون‌ها و روشن شدن لامپ می‌شود.

تمرین ۱-۲

در رابطه $\Delta q = I(\Delta t)$ ، اگر I بر حسب آمپر و Δt بر حسب ساعت باشد، یکای Δq ، آمپر ساعت می‌شود. باتری خودروها با آمپر-ساعت (Ah) و باتری گوشی‌های همراه با میلی‌آمپر-ساعت (mAh) مشخص می‌شود. هر چه آمپر-ساعت یک باتری بیش‌تر باشد، حداکثر باری که می‌تواند از مدار عبور دهد تا به طور ایمن تخلیه شود، بیش‌تر است.



الف باتری استاندارد خودرویی، 50 Ah است. اگر این باتری جریان متوسط 5 A را فراهم سازد، چقدر طول می‌کشد تا خالی شود؟

ب آمپر-ساعت نوعی از باتری‌های قلمی (AA)، برابر 1000 mAh است. اگر این باتری جریان متوسط $100 \mu\text{A}$ را فراهم سازد، چه مدت طول می‌کشد تا خالی شود؟

انرژی الکتریکی مصرفی به دست می‌آید که مقدار آن تقریباً با Q که در بالا گفته شد برابر است.

فعالیت ۲-۸ (ریاضی) و ۲-۵ (تجربی)



الف همانند شکل با یک اهم متر، مقاومت رشته داخل سیم داخل لامپ ۱۰۰ واتی را اندازه‌گیری کنید. سپس با استفاده از رابطه $R = \frac{V^2}{P}$ و با داشتن مشخصات روی لامپ، مقاومت

آن را در حالت روشن محاسبه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

ب با استفاده از نتیجه قسمت الف، دمای رشته سیم داخل لامپ را در حالت روشن برآورد کنید. $(\alpha = 4/5 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} = \text{تنگستن})$

پاسخ الف عددی که اهم متر نشان می‌دهد، مقاومت لامپ در حالت خاموش و عددی که رابطه $R = \frac{V^2}{P}$ نشان می‌دهد، مقاومت لامپ در حالت روشن است. چون مقاومت رسانا با زیاد شدن دما، افزایش می‌یابد، پس مقدار $R = \frac{V^2}{P}$ بیش‌تر از عدد اهم متر خواهد بود.

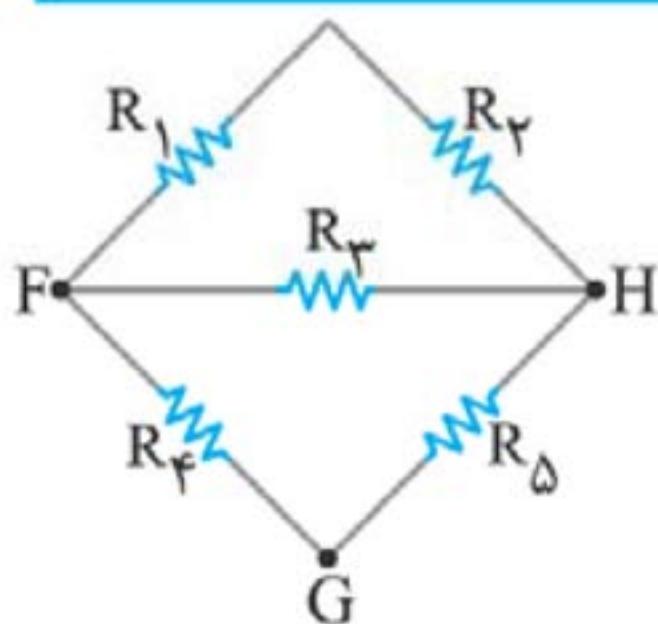
ب فرض می‌کنیم آزمایش در دمای اتاق که تقریباً 20°C است انجام می‌شود. $(\theta_0 = 20^\circ\text{C})$. اهم‌متر که به دو سر لامپ خاموش وصل می‌شود، عدد تقریبی 40Ω را نشان می‌دهد. $(R_0 = 40\Omega)$ مقاومت لامپ در حالت روشن برابر است با:

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{220^2}{100} = 484\Omega$$

$$R = R_0(1 + \alpha\Delta\theta) \Rightarrow 484 = 40(1 + 4/5 \times 10^{-3}(\theta - 20)) \Rightarrow$$

$$\theta = 250.0^\circ\text{C}$$

تمرین ۲-۷ (ویژه رشته ریاضی)

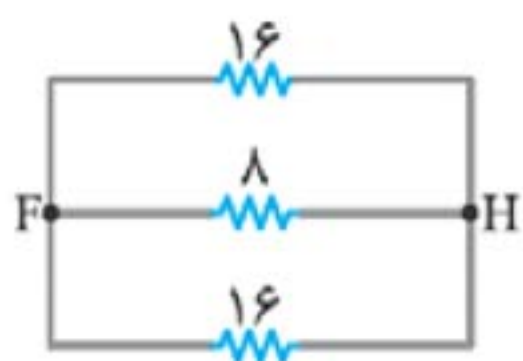


شکل روبه‌رو پنج مقاومت ۸ اهمی را نشان می‌دهد.

الف مقاومت معادل بین نقطه‌های F و H چقدر است؟

ب مقاومت معادل بین نقطه‌های F و G چقدر است؟

پاسخ الف $R_1, R_2 \Rightarrow R_{1,2} = R_1 + R_2 = 8 + 8 = 16\Omega$ سری



$$R_4, R_5 \Rightarrow R_{4,5} = R_4 + R_5 = 8 + 8 = 16\Omega$$

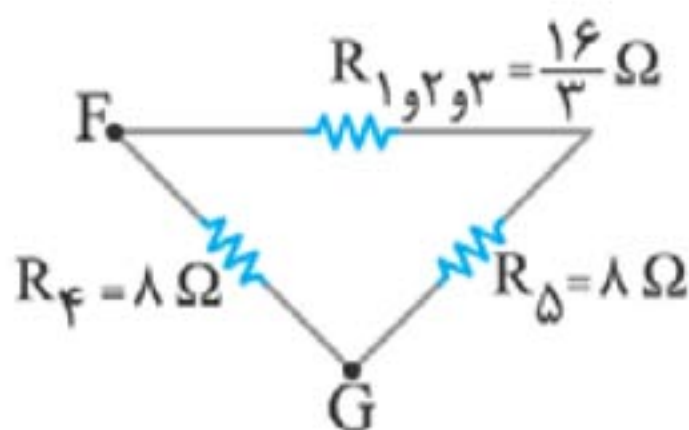
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{16} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} \Rightarrow R_{eq} = 4\Omega$$

ب $R_1, R_2 \Rightarrow R_{1,2} = R_1 + R_2 = 8 + 8 = 16\Omega$ سری

$$R_{1,2}, R_3 \Rightarrow R_{1,2,3} = \frac{16 \times 8}{16 + 8} = \frac{16}{3}\Omega$$
 موازی

$$R_{1,2,3}, R_5 \Rightarrow R_{1,2,3,5} = 8 + \frac{16}{3} = \frac{40}{3}\Omega$$
 سری

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{\frac{40}{3}} + \frac{1}{8} \Rightarrow R_{eq} = 5\Omega$$



فصل ٤

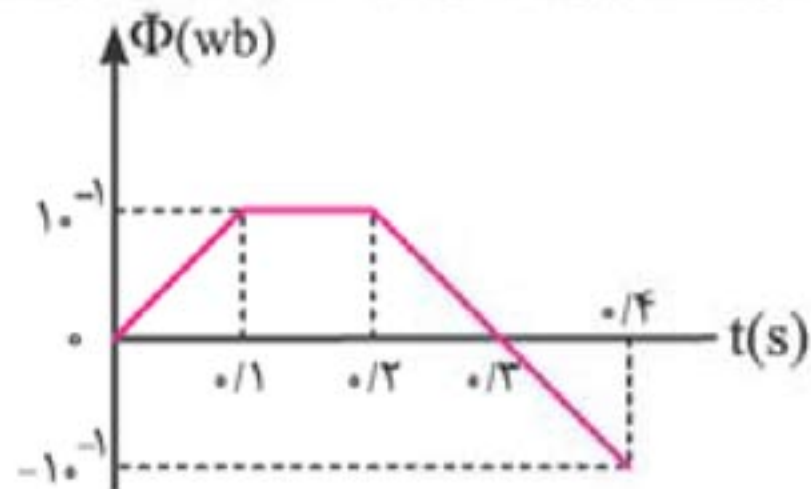
القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب

(ادامه فصل ٣ تجربی)

پدیده القای الکترومغناطیسی
قانون القای الکترومغناطیسی فاراده
قانون لنز
القاگراها
جریان متناوب

القای الکترومغناطیسی
و جریان متناوب

مثال ۴ در شکل زیر نمودار تغییرات شار مغناطیسی که از یک پیچه با ۱۰ حلقه و مقاومت ۲ اهم می‌گذرد، بر حسب زمان رسم شده است. نمودار نیروی محرکه القایی و جریان القایی بر حسب زمان آن را رسم کنید.



پاسخ

$$\bar{\varepsilon}_1 = -10 \times \frac{10^{-1} - 0}{0.1} = -10 \text{ V} \quad \text{در قسمت اول نمودار:}$$

$$\bar{\varepsilon}_2 = -10 \times \frac{10^{-1} - 10^{-1}}{0.1} = 0 \quad \text{در قسمت دوم نمودار:}$$

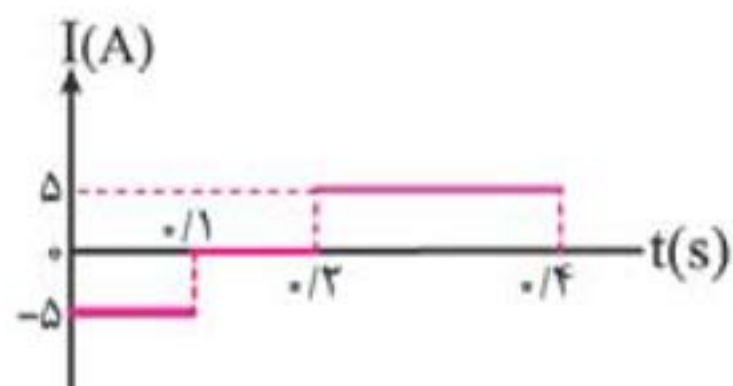
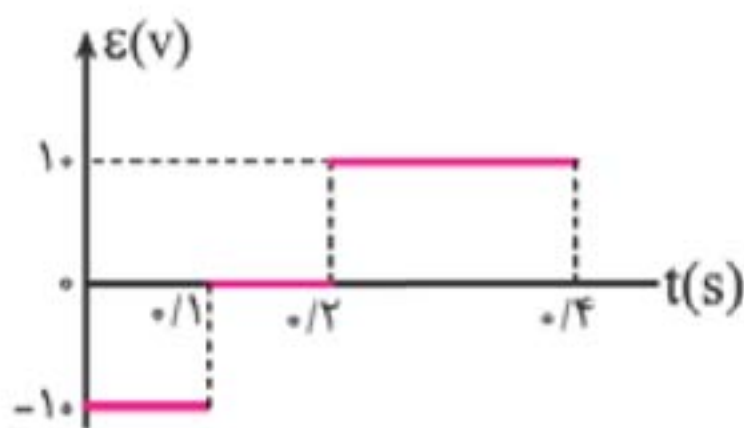
$$\bar{\varepsilon}_3 = -10 \times \frac{-10^{-1} - 10^{-1}}{0.2} = 10 \text{ V} \quad \text{در قسمت سوم نمودار:}$$

جریان القایی در هر قسمت برابر است با:

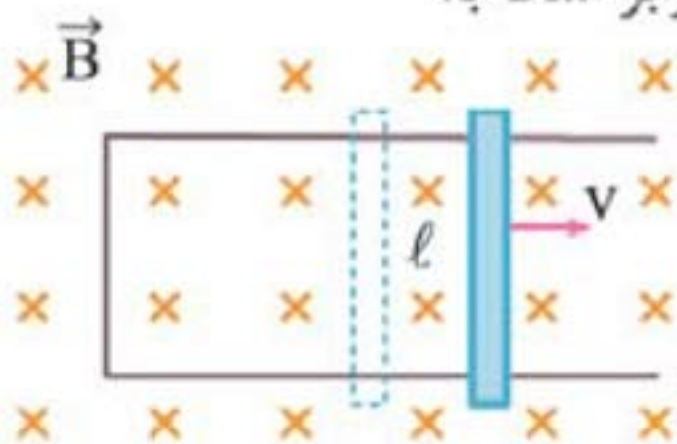
$$\bar{I}_1 = \frac{\varepsilon_1}{R} = \frac{-10}{2} = -5 \text{ A}$$

$$\bar{I}_2 = 0$$

$$\bar{I}_3 = \frac{10}{2} = 5 \text{ A}$$



نیروی محرکه دو سر میله رسانای متحرک در میدان مغناطیسی: اگر میله رسانایی به طول l با تندی ثابت v روی قاب رسانای U شکل عمود بر میدان مغناطیسی حرکت کند، در دو سر میله نیروی محرکه القایی متوسط $\bar{\varepsilon}$ به وجود می‌آید و مقدار آن برابر است با:



$$\bar{\varepsilon} = -B v l$$

(m/s)
 \uparrow
 (V) (T) (m)

نکته‌ها:

- ۱ میله رسانا هنگام حرکت، مانند یک باتری مولد جریان مستقیم عمل می‌کند.
- ۲ چون تندی میله ثابت است، نیروی محرکه‌ای که تولید می‌شود، نیز ثابت است.
- ۳ اگر حرکت میله شتابدار باشد، نیروی محرکه القایی ثابت نخواهد بود.

۳-۴ قانون لنز ۳-۳ (تجربی)

از قانون لنز برای تعیین جهت جریان القایی استفاده می‌شود و این قانون به صورت زیر بیان می‌شود: «جریان حاصل از نیروی محرکه القایی در یک مدار یا پیچ در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن، با عامل به وجود آورنده جریان القایی، یعنی تغییر شار مغناطیسی مخالفت می‌کند.»

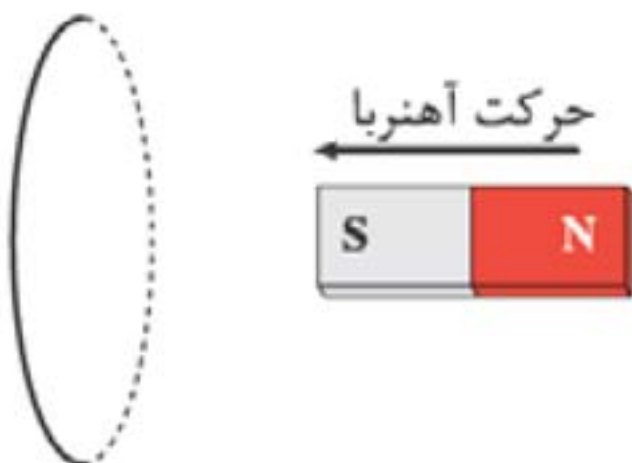
نکته: در رابطه $\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ، علامت منفی بیان‌گر قانون لنز

است.

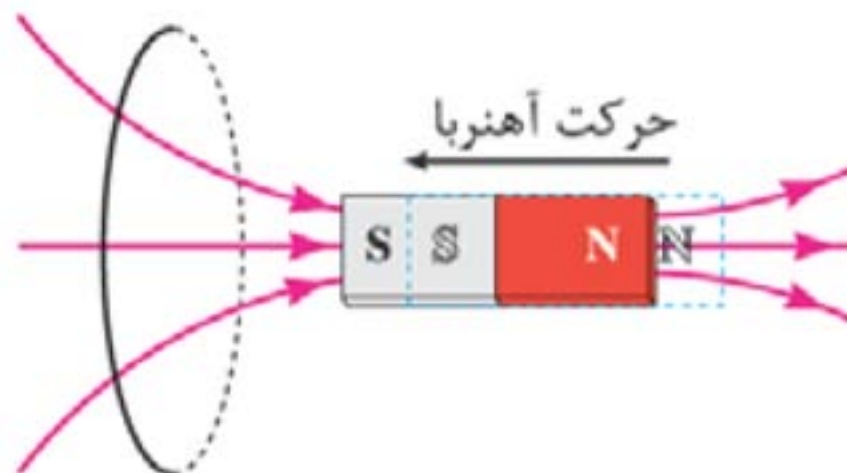
چگونگی استفاده از قانون لنز در تعیین جهت جریان القایی:

- ۱ ابتدا جهت میدان مغناطیسی خارجی را که در مدار بسته (حلقه) وجود دارد، تعیین می‌کنیم.
- ۲ چگونگی کم یا زیاد شدن شار مغناطیسی را با توجه به رابطه $\Phi = BA \cos \theta$ ، تعیین می‌کنیم.
- ۳ اگر شار مغناطیسی کاهش یابد، میدان مغناطیسی القایی (که در اثر جریان القایی پدید می‌آید) هم جهت میدان خارجی است. اگر شار مغناطیسی افزایش یابد، میدان مغناطیسی القایی، خلاف جهت میدان خارجی است.
- ۴ با استفاده از قاعده دست راست (مشابه تعیین میدان مغناطیسی سیم حامل جریان)، چهار انگشت را در جهت میدان مغناطیسی القایی که درون حلقه پدید می‌آید قرار می‌دهیم و در این حالت شست جهت جریان حلقه را نشان می‌دهد.

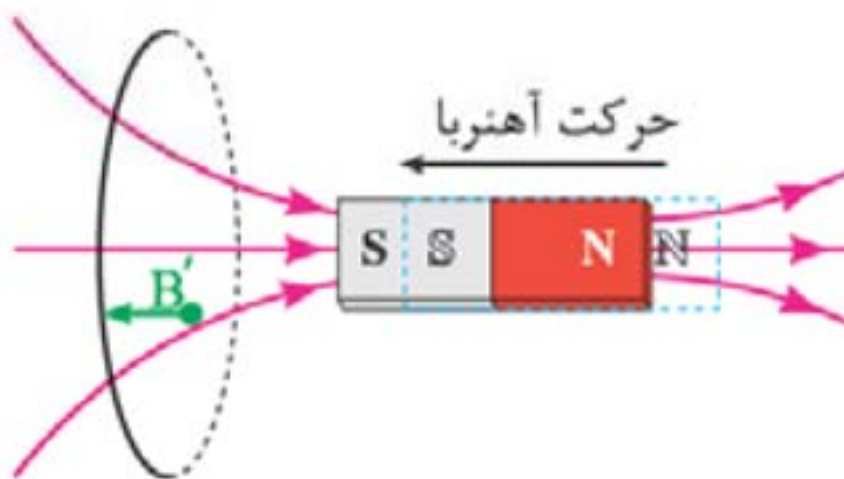
مثال ۵ در شکل روبه‌رو اگر آهنربا به طرف حلقه حرکت کند، جهت جریان القایی را تعیین کنید.



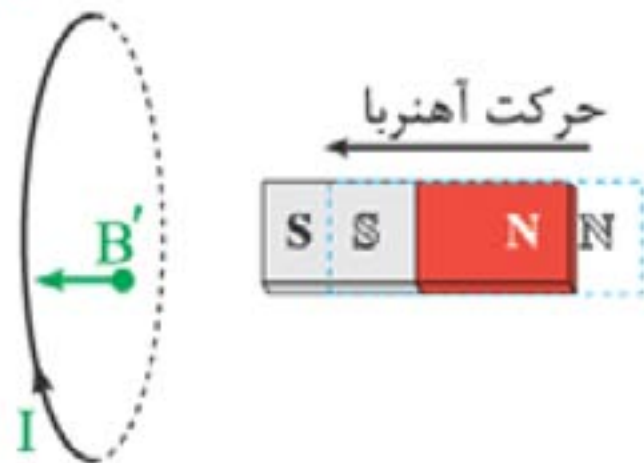
- پاسخ** طی ۴ مرحله که پیش از این ذکر کردیم پاسخ را دنبال می‌کنیم.
- ۱ میدان مغناطیسی خارجی گذرنده از حلقه به طرف راست است.



۲ چون آهنربا به سمت حلقه حرکت می‌کند، میدان مغناطیسی و در نتیجه شار مغناطیسی گذرنده از حلقه زیاد می‌شود.

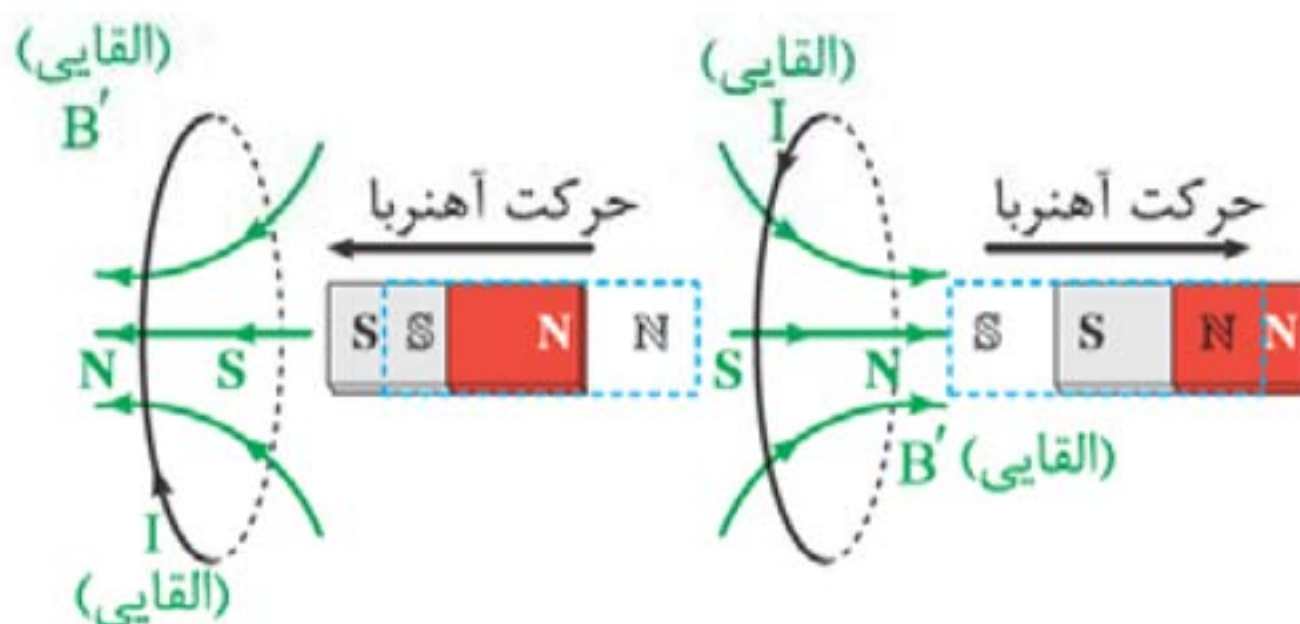


۳ میدان مغناطیسی القایی (B') که در اثر جریان القایی، در حلقه پدید می‌آید مخالف میدان مغناطیسی خارجی گذرنده از حلقه است.

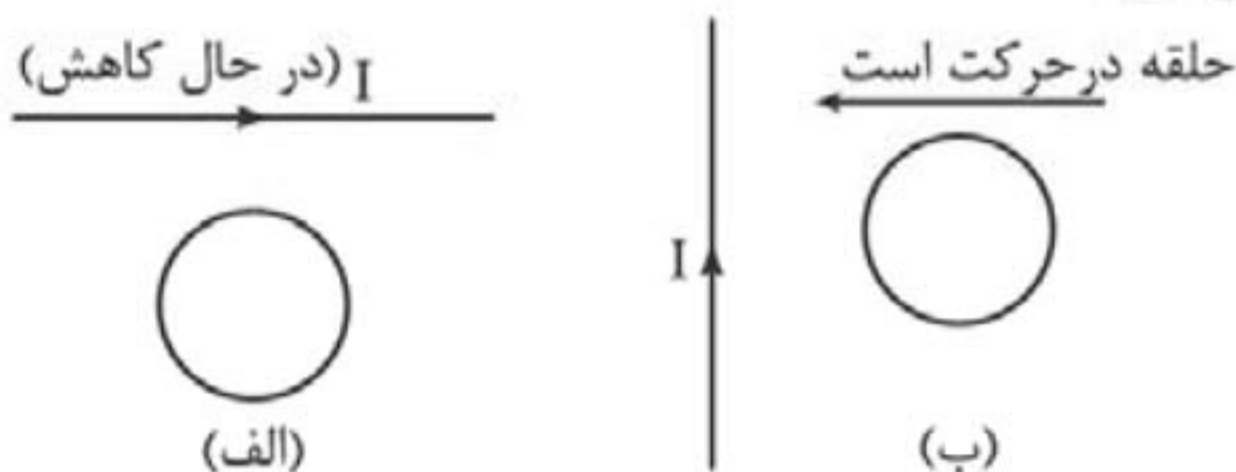


۴ با استفاده از قاعده دست راست جهت جریان القایی را مشخص می‌کنیم.

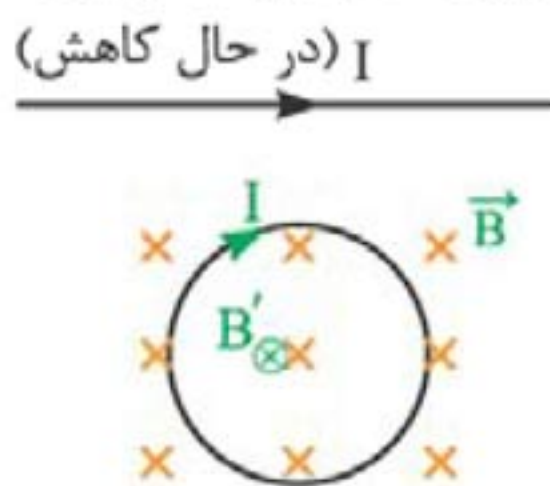
نکته: جریان القایی در جهتی ایجاد می‌شود که با حرکت آهنربا یا دوران پیچه یا تغییر سطح پیچه مخالفت کند. هرگاه آهنربا با هر قطبی به پیچه نزدیک شود، در سطح پیچه که مقابل آهنربا است، قطب مخالف با قطب نزدیک‌شونده آهنربا پدید می‌آید و اگر آهنربا از پیچه دور شود، این قطب موافق با قطب آهنربا می‌شود.



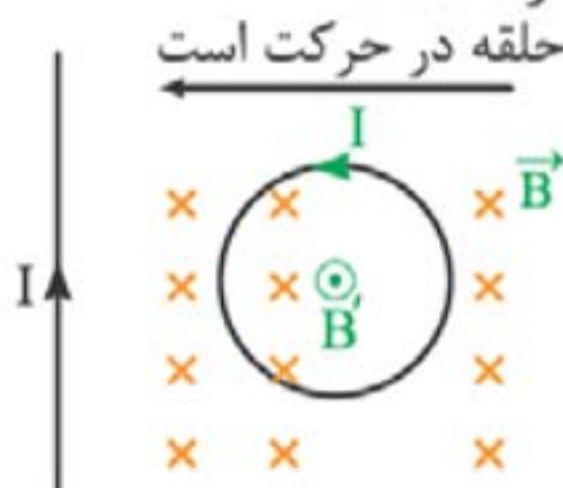
مثال ۶ جهت جریان القایی را در شکل‌های زیر در حلقه‌ی رسانا، مشخص کنید.



پاسخ الف جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم (\vec{B}) به طرف داخل صفحه (داخل حلقه) است و جریان سیم در حال کاهش می‌باشد. پس میدان مغناطیسی و شار گذرنده از درون حلقه در حال کاهش است و میدان القایی (\vec{B}') نیز درون سیم و جهت جریان، ساعتگرد است.

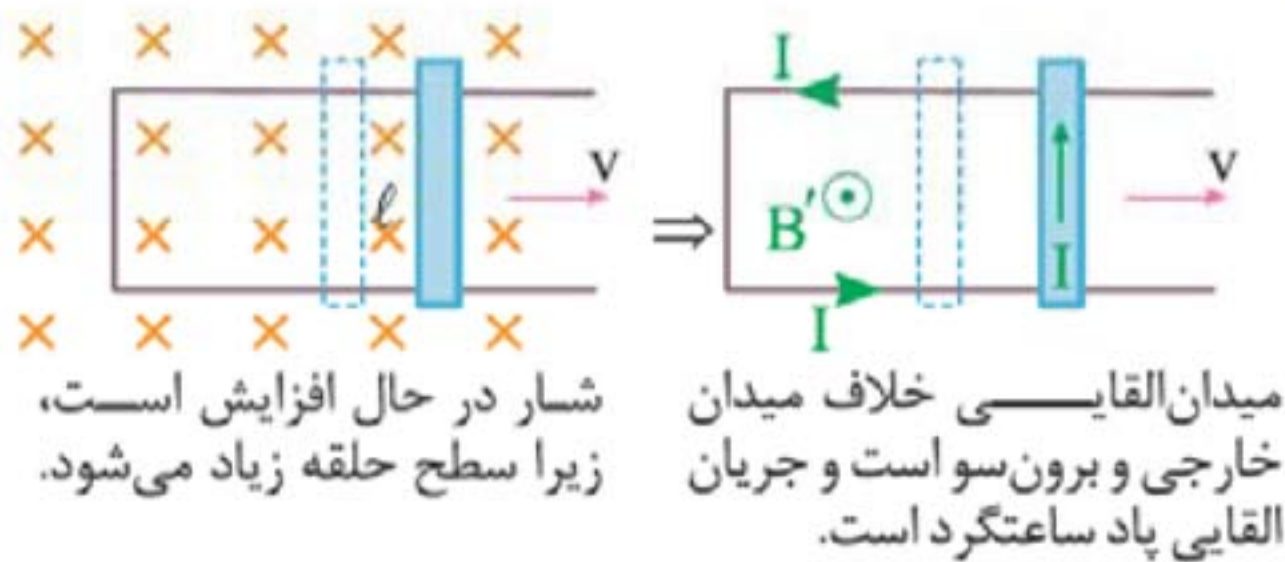


ب جهت میدان مغناطیسی ناشی از سیم \vec{B} درون سیم است و حلقه به طرف سیم نزدیک می‌شود. پس شار مغناطیسی افزایش می‌یابد. در نتیجه میدان القایی خلاف جهت میدان مغناطیسی و برون سیم است. پس جریان القایی پاد ساعتگرد است.

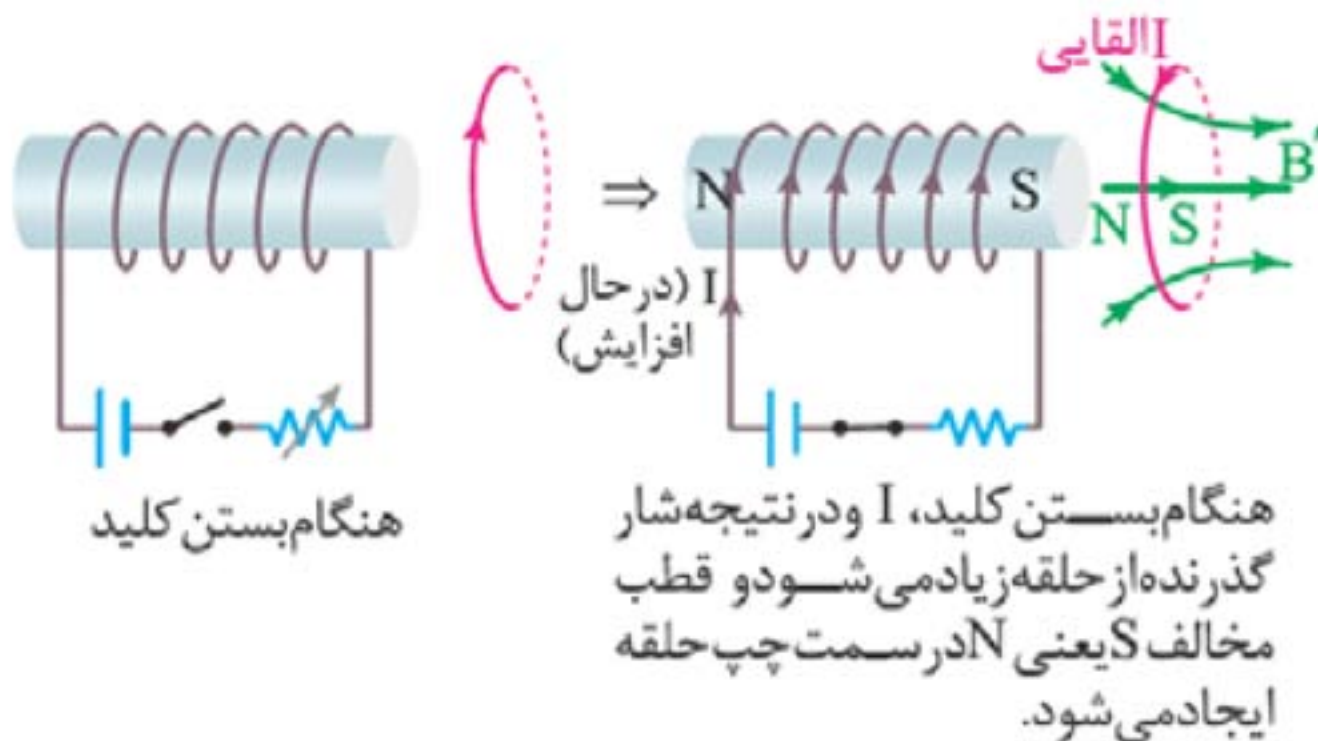


مثال ۷ در شکل‌های زیر جهت جریان القایی در پیچه یا حلقه را بیابید.

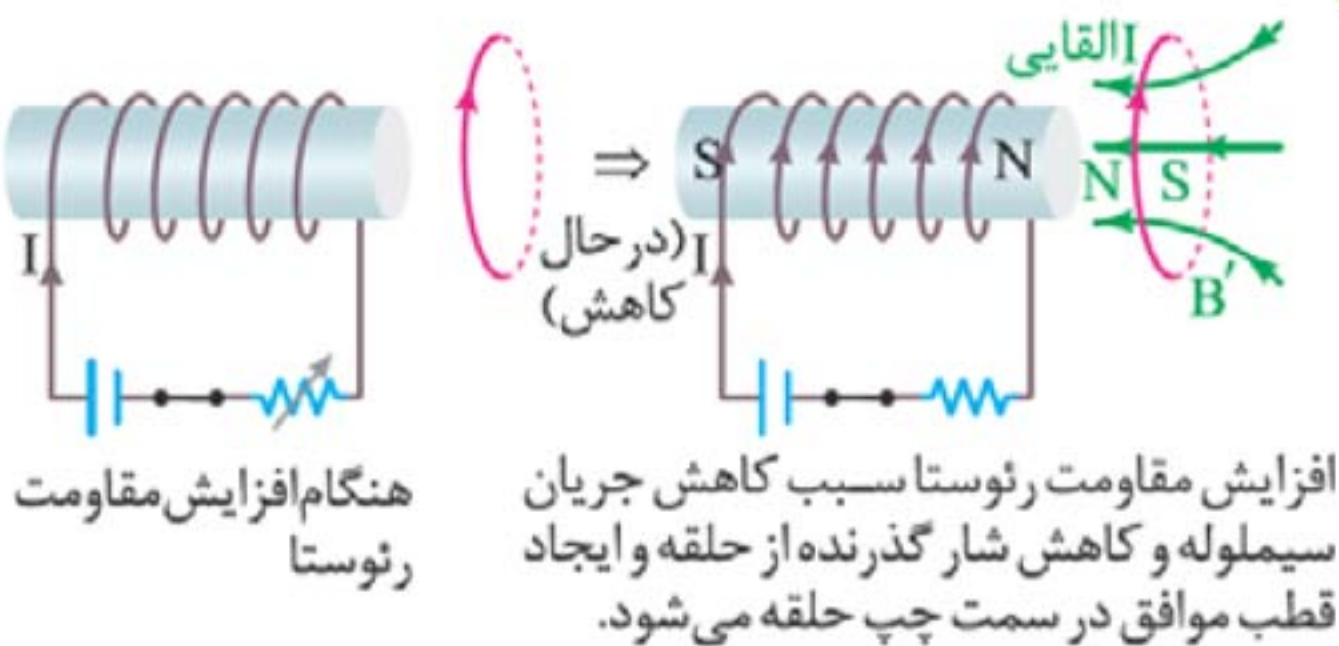
الف



ب



ج

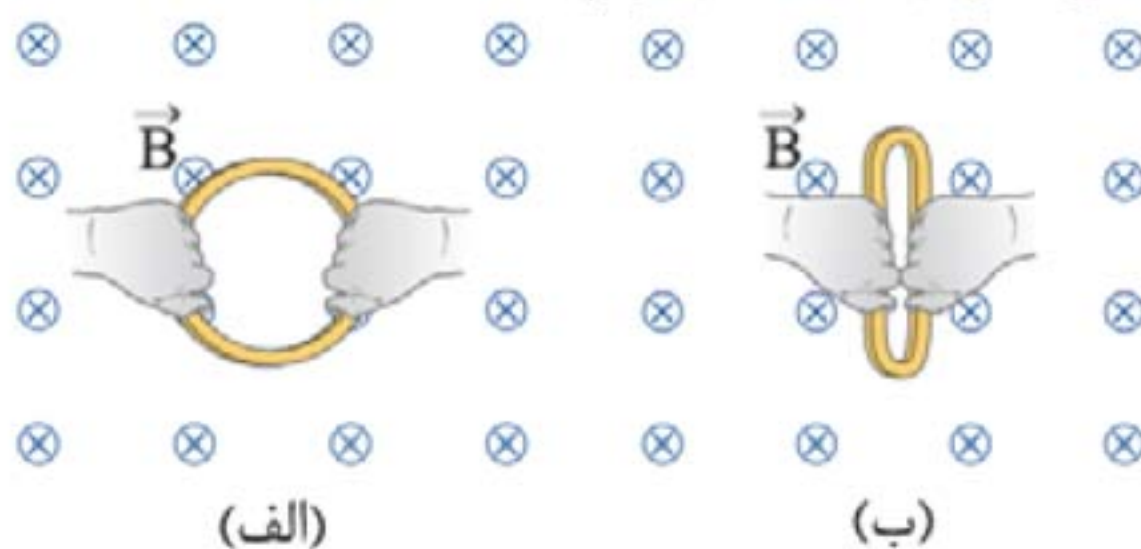


تمرین ۱-۴ (ریاضی) و ۳-۴ (تجربی)

الف حلقه‌ای به مساحت 25 cm^2 درون میدان مغناطیسی یکنواخت درون سویی به اندازه 0.3 T قرار دارد (شکل الف). شار مغناطیسی عبوری از حلقه را به دست آورید.

ب اگر مطابق شکل (ب) و بدون تغییر \vec{B} ، مساحت سطح حلقه را به 10 cm^2 برسانیم، شار مغناطیسی عبوری از حلقه را در این وضعیت به دست آورید.

پ اگر این تغییر شار در بازه زمانی $\Delta t = 0.2 \text{ s}$ رخ داده باشد، آهنگ تغییر شار $(\Delta\Phi / \Delta t)$ را پیدا کنید.



پاسخ الف

$$\Phi = BA \cos \theta = 0.3 \times 25 \times 10^{-4} \times \underbrace{\cos 0^\circ}_1$$

$$= 7.5 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$\Phi' = BA' \cos \theta = 0.3 \times 10 \times 10^{-4} \times 1 = 3 \times 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi' - \Phi}{\Delta t} = \frac{3 \times 10^{-5} - 7.5 \times 10^{-5}}{0.2}$$

$$= 2.25 \times 10^{-4} \text{ Wb/s}$$

پرسش ۱-۴ (ریاضی) و ۳-۱۱ (تجربی)

کدام یک از یكاهای زیر معادل يكای وبر بر ثانيه (Wb/s) است؟

Ω A V V/A

$$\frac{\text{Wb}}{\text{s}} = \frac{\text{T} \cdot \text{m}^2}{\text{s}} \xrightarrow{F = |q|vB \sin \theta} \frac{\frac{\text{N}}{\text{C} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}} \cdot \text{m}^2}{\frac{\text{N}}{\text{C} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{C}} = \frac{\text{J}}{\text{C}} = \text{V}$$

تمرین ۲-۴ (ریاضی) و ۳-۵ (تجربی)



میدان مغناطیسی بین قطب‌های آهنربای الکتریکی شکل روبه‌رو که بر سطح حلقه عمود است با زمان تغییر می‌کند و در مدت ۰/۴۵ s از ۰/۲۸ T رو به بالا، به ۰/۱۷ T رو به پایین می‌رسد. در این مدت:

الف نیروی محرکه‌القایی متوسط در حلقه را به دست آورید.

ب اگر مقاومت حلقه ۱۰ Ω باشد، جریان القایی متوسط در حلقه را پیدا کنید.

پاسخ **الف**

$$\bar{\varepsilon} = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -NA \frac{\Delta B}{\Delta t} = -1 \times 100 \times 10^{-4} \times \frac{-0/17 - 0/28}{0/45} = 1 \times 10^{-2} \text{ V}$$

$$\bar{I} = \frac{\bar{\varepsilon}}{R} = \frac{1 \times 10^{-2}}{10} = 1 \times 10^{-3} \text{ A}$$

ب

لقمه آخر

تعريف و روابط (فرمولها)

مواد مغناطیسی: موادی که اتم یا مولکول‌های آن دارای خاصیت مغناطیسی باشند.

انواع مواد از لحاظ خاصیت مغناطیسی:

(۱) **مواد پارامغناطیسی:** دو قطبی‌های مغناطیسی جهت‌گیری مشخصی ندارند و در جهت‌های کاتوره‌ای قرار دارند. اگر در میدان مغناطیسی قوی قرار گیرند تا حدودی خاصیت مغناطیسی موقت پیدا می‌کنند.

(۲) **مواد دیامغناطیسی:** اتم‌های این مواد، به‌طور ذاتی فاقد خاصیت مغناطیسی‌اند. حضور میدان مغناطیسی خارجی می‌تواند سبب القای دو قطبی‌های مغناطیسی در خلاف سوی میدان خارجی در این مواد شود.

(۳) **مواد فرومغناطیس:** اتم‌های این مواد، به‌طور ذاتی دارای دو قطبی مغناطیسی هستند.

حوزه مغناطیسی: بخش‌های کوچکی در ماده فرومغناطیس که جهت‌گیری دو قطبی‌های مغناطیسی در آن ناحیه هم‌جهت است.

مواد فرومغناطیس نرم: به سهولت آهنربا می‌شوند و با حذف میدان خارجی خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهند.

مواد فرومغناطیس سخت: به سختی و در مجاورت میدان خارجی قوی آهنربا می‌شوند و با حذف میدان خارجی خاصیت مغناطیسی خود را به سهولت از دست نمی‌دهند.

مقدار اشباع یا بیشینه: وقتی یک ماده فرومغناطیس در یک میدان بسیار قوی قرار بگیرد، حجم حوزه‌هایی که با میدان مغناطیسی خارجی همسو هستند به بیش‌ترین مقدار خود می‌رسد.

۲ روابط

نیروی وارد بر سیم حامل جریان از طرف میدان مغناطیسی:

$$F = I\ell B \sin \theta$$

۲ روابط

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

شار مغناطیسی:

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

نیروی محرکه القایی متوسط:

$$\varepsilon = -B \ell v$$

عبور میله از روی رسانای ℓ شکل (ویژه رشته ریاضی):

$$L = k \mu_0 \frac{N^2 A}{\ell}$$

ضریب خودالقایی سیملوله (ویژه رشته ریاضی):

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

انرژی القاگر:

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

نیروی محرکه القایی در جریان متناوب:

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

جریان القایی متناوب:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

مبدل (ویژه رشته ریاضی):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....