



فصل سوم

مدارهای الکتریکی DC

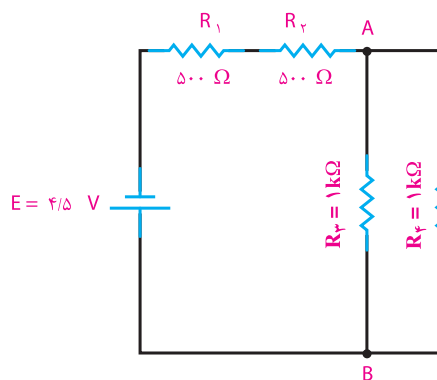
- واحد یادگیری ۵: کسب شایستگی در حل مسائل مدارهای سری، موازی، «سری موازی».
- واحد یادگیری ۶: کسب شایستگی در استفاده از قوانین کلیدی حاکم بر مدارهای الکتریکی در حل مسائل مرتبط با مدارهای الکتریکی با توجه به استاندارد عملکرد در دنیای کار.
- واحد یادگیری ۷: کسب شایستگی در اتصال پیل‌ها و باتری‌ها و اجرای محاسبات مربوطه.
- واحد یادگیری ۸: کسب شایستگی در تحلیل رفتار سلف و خازن در جریان مستقیم و انجام محاسبات مربوطه.

واحد یادگیری ۵

مدارهای سری-موازی و ترکیبی

۵-۱ مدارهای ترکیبی (سری-موازی)

مدار ترکیبی «سری موازی» به مداری گفته می‌شود که در آن ترکیبی از مقاومت‌های سری و موازی وجود داشته باشد. در شکل ۵-۱ نقشه فنی مدار «سری-موازی» اهمی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۵-۱ مدار مختلط (سری-موازی)

مدارهای «سری-موازی» از قوانین مربوط به مدار سری و موازی تبعیت می‌کنند. مثلاً در شکل ۵-۱ مقاومت‌های R_1 و R_2 به طور سری و مقاومت‌های R_3 و R_4 به طور موازی بسته شده‌اند.

مقاومت معادل قسمت سری را R_x می‌نامیم. مقدار R_x برابر است با:

$$R_x = R_1 + R_2$$

$$R_x = 500 + 500 = 1000 \Omega = 1 \text{ k}\Omega$$

مقاومت معادل قسمت موازی را R_y می‌نامیم. مقدار R_y برابر است با:

$$R_y = R_3 || R_4$$

$$R_y = \frac{1000}{2} = 500 \Omega = 0.5 \text{ k}\Omega$$

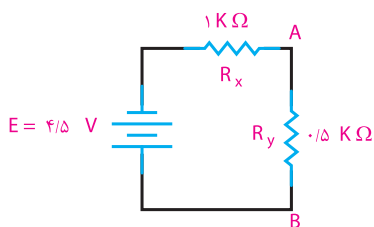
مقاومت R_x (معادل مقاومت‌های سری R_1 و R_2) و R_y

(معادل مقاومت‌های موازی R_3 و R_4) با هم به صورت سری بسته شده‌اند، لذا معادل آن دو، یعنی R_t ، برابر است با:

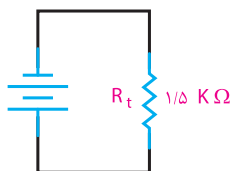
$$R_t = R_x + R_y$$

$$R_t = 1 + 0.5 = 1.5 \text{ k}\Omega$$

در شکل‌های ۵-۲ و ۵-۳ مدارهای هر یک از مراحل رسم شده است.



شکل ۵-۲ مدار اصلی معادل R_t و R_y



شکل ۵-۳ مدار معادل نهایی

جریان کل از رابطه زیر به دست می‌آید.

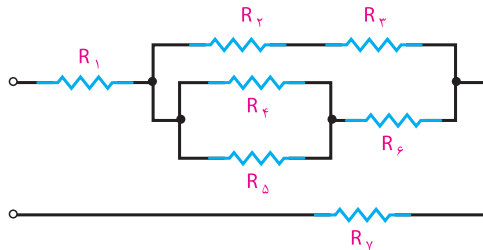
$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{4/5 \text{ V}}{1.5 \text{ k}\Omega} = 3 \text{ mA}$$

در شکل ۵-۲ شدت جریان کل از مقاومت معادل R_x عبور می‌کند. با داشتن جریان عبوری از R_x می‌توان افت ولتاژ دو سر آن را حساب کرد.

$$U_{R_x} = I \cdot R_x$$

$$U_{R_x} = 3 \text{ mA} \times 1 \text{ k}\Omega = 3 \text{ V}$$

مثال ۲: در مدار شکل ۵-۵ مقاومت‌های سری و موازی را با استفاده از نمادهای تعریف شده بنویسید.



شکل ۵-۵ مدار مثال ۲

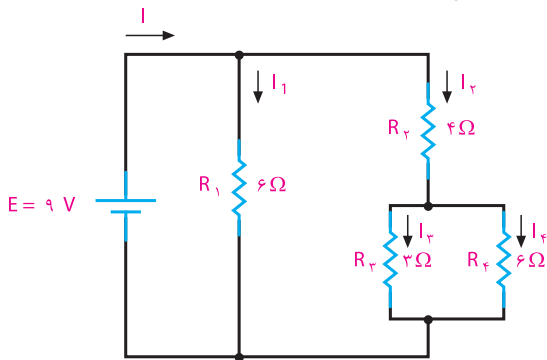
حل:

$$R_t = R_1 + \{(R_2 + R_3) \parallel [(R_4 \parallel R_5) + R_6]\} + R_9$$



از طریق بارش فکری، موارد کاربرد مدارهای ترکیبی را در دستگاه‌های الکترونیکی بیابید و نتیجه‌گیری کنید.

مثال ۳: مقاومت معادل، جریان کل و جریان هر شاخه از مدار شکل ۵-۶ را به دست آورید.



شکل ۵-۶ مدار مثال ۳

حل:

$$R_{3,4} = R_4 \parallel R_3 = \frac{3 \times 6}{3 + 6} = 2 \Omega$$

$$R_{3,4} + R_2 = 2 \Omega + 4 \Omega = 6 \Omega$$

$$R_t = R_1 \parallel R_{2,3,4} = \frac{6 \Omega}{\frac{1}{6} + \frac{1}{6}} = 3 \Omega \quad \text{مقاومت کل}$$

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{9V}{3 \Omega} = 3A \quad \text{شدت جریان کل}$$

ولتاژ دو سر بخش موازی (R_2) یعنی U_{AB} برابر است با:

$$U_{AB} = E - U_{R_1}$$

$$U_{AB} = U_{R_2} = 4/5V - 3V = 1/5V$$

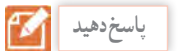
جریان کل، بعد از عبور از مقاومت‌های R_1 و R_2 در نقطه A تقسیم می‌شود. جریان هر شاخه را محاسبه می‌کنیم.

$$I_{R_3} = \frac{U_{AB}}{R_3} = \frac{1/5V}{1k\Omega} = 1/5mA$$

$$I_{R_4} = \frac{U_{AB}}{R_4} = \frac{1/5V}{1k\Omega} = 1/5mA$$

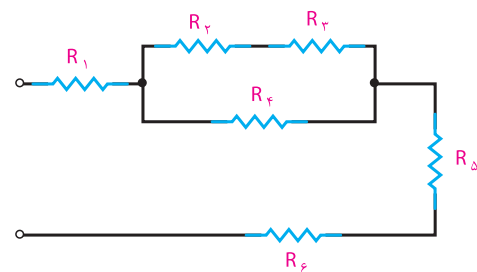


برای حل مدارهای ترکیبی معمولاً R_x و R_y را به صورت R_{12} و R_{34} نشان می‌دهند، که منظور از R_{12} مجموعه سری مقاومت R_1 و R_2 و منظور از R_{34} مجموعه موازی مقاومت‌های R_3 و R_4 است.



آیا روش دیگری برای محاسبه جریان‌های I_{R_3} و I_{R_4} وجود دارد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، جریان‌ها را با روش پیشنهادی خود محاسبه کنید.

مثال ۱: در مدار شکل ۵-۴ مشخص کنید کدام مقاومت‌ها با هم سری و کدام مقاومت‌ها با هم موازی هستند؟



شکل ۵-۴ مدار مثال ۱

حل: R_2 و R_3 با هم سری، $R_{2,3}$ با R_4 موازی و R_1 و $(R_{2,3,4})$ و R_5 و R_6 با هم سری‌اند. خلاصه این توضیح را به صورت زیر می‌توان نوشت:

$$R_t = R_1 + [(R_2 + R_3) \parallel R_4] + R_5 + R_6$$

حل: با محاسبه مقاومت معادل، شدت جریان کل را به دست می‌آوریم.

$$R_2 \parallel R_3 = \frac{50 \Omega}{2} = 25 \Omega$$

$$R_t = R_1 + R_{2,3}$$

$$R_t = 15 \Omega + 25 \Omega = 40 \Omega$$

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{40V}{40 \Omega}$$

$$I = 1 \text{ A}$$

افت ولتاژ دو سر R_1 از حاصل ضرب شدت جریان عبوری از آن در مقدار R_1 به دست می‌آید.

$$U_{R_1} = R_1 I_1$$

$$I = I_1 = 1 \text{ A}$$

$$U_{R_1} = 15 \Omega \times 1 \text{ A} = 15 \text{ V}$$

یا

$$U_{R_{2,3}} = U_{R_2} = U_{R_3} = E - U_{R_1} = 40 - 15 = 25 \text{ V}$$



فکر کنید

آیا روش دیگری برای محاسبه افت ولتاژ $V_{R_{2,3}}$ وجود دارد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، مسئله را با روش‌های پیشنهادی خود حل کنید.

چون R_2 و R_3 با هم مساوی‌اند، شدت جریان کل به نسبت مساوی بین آن دو تقسیم می‌شود، یعنی:

$$I_2 = \frac{I}{2} = \frac{1 \text{ A}}{2} = 0.5 \text{ A}$$

$$U_{R_2} = I_2 R_2$$

$$U_{R_2} = 0.5 \text{ A} \times 50 \Omega = 25 \text{ V}$$



نرم افزار

با استفاده از نرم‌افزاری که در اختیار دارید، مدارهای ترکیبی، سری و موازی را تمرین کنید.

بررسی کنید چرا مقاومت R_T برابر $\frac{6}{3}$ یعنی ۳ اهم به دست آمده است؟ نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

شدت جریان I_1 از تقسیم کردن ولتاژ منبع بر R_1 به دست می‌آید.

$$I = \frac{E}{R_1} = \frac{40 \text{ V}}{40 \Omega} = 1 \text{ A}$$

شدت جریان I_2 پس از عبور از R_2 به I_3 و I_4 تقسیم می‌شود؛ بنابراین، جریان I_2 برابر است با:

$$I = I_{2,3,4} = \frac{E}{R_{2,3,4}} = \frac{40 \text{ V}}{40 \Omega} = 1 \text{ A}$$

شدت جریان I_3 را از طریق تقسیم جریان I_2 بین R_3 و R_4 محاسبه می‌کنیم.

$$I_3 = I_2 \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

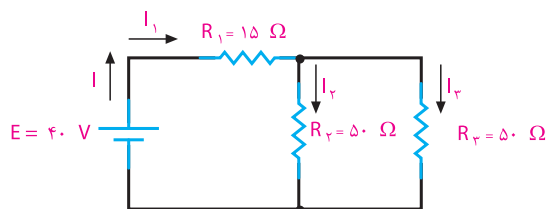
$$I_3 = \frac{1 \text{ A} \times 6 \Omega}{(6 + 3) \Omega} = 0.67 \text{ A}$$

جریان I_4 از تفاضل شدت جریان‌های I_2 و I_3 به دست می‌آید. چرا؟

$$I_4 = I_2 - I_3$$

$$I_4 = 1 \text{ A} - 0.67 \text{ A} = 0.33 \text{ A}$$

مثال ۴: افت ولتاژ دو سر R_1 و R_2 را در مدار شکل ۵-۷ حساب کنید.



شکل ۵-۷ مدار مثال ۴

الگوی پرسش (ارزشیابی واحد یادگیری ۵ از فصل سوم):

۱ چرا مقاومت‌ها را موازی می‌بندند؟

۲ مقاومت معادل مدار موازی را تعریف کنید.

۳ حالت‌های خاص را در محاسبه مقاومت معادل توضیح دهید.

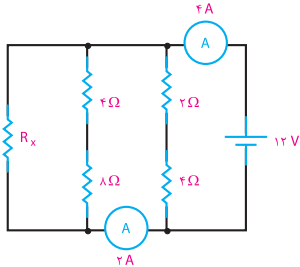
۴ در مدار موازی، جریان کل چگونه بین شاخه‌ها تقسیم می‌شود؟

۵ مدار ترکیبی از چه قوانینی پیروی می‌کند؟

۶ مصرف‌کننده‌های برقی به چه صورت به شبکه بسته می‌شوند؟

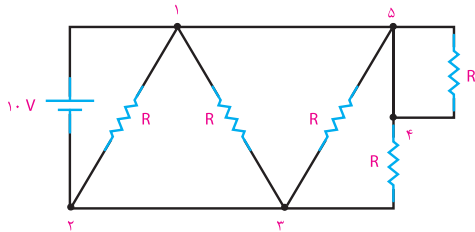
۷ در شکل ۵-۸ ولتاژ باتری (E) و جریان کل را محاسبه کنید.

۱۰ مقدار مقاومت R_x در مدار شکل ۵-۱۱ را محاسبه کنید.



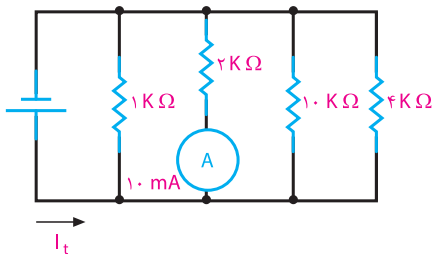
شکل ۵-۱۱ مدار سؤال ۱۰

۱۱ در شکل ۵-۱۲ اختلاف پتانسیل‌های U_{13} ، U_{12} ، U_{13} ، U_{54} ، U_{23} ، U_{43} و U_{15} را محاسبه کنید.



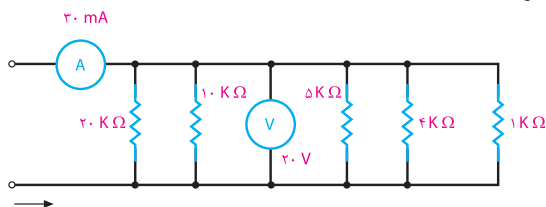
شکل ۵-۱۲ مدار سؤال ۱۱

۱۲ در مدار شکل ۵-۱۳، جریان کل I_t را محاسبه کنید.

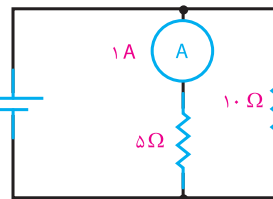


شکل ۵-۱۳ مدار سؤال ۱۲

۱۳ در مدار شکل ۵-۱۴ کدام مقاومت باز شود (از مدار جدا شود) تا دستگاه‌های اندازه‌گیری مقدار داده شده در شکل را نشان دهند؟ فرایند محاسبات را با ذکر دلیل بنویسید.

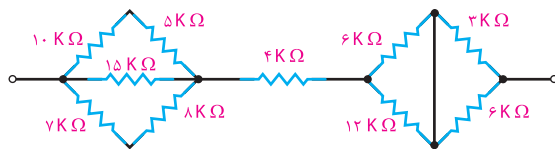


شکل ۵-۱۴ مدار سؤال ۱۳



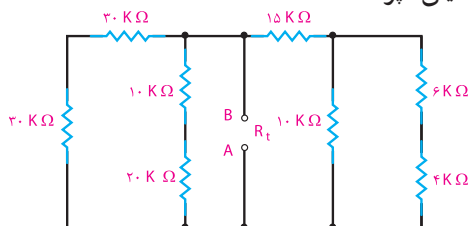
شکل ۵-۸ مدار سؤال ۷

۸ مقاومت معادل مدار شکل ۵-۹ را محاسبه کنید.



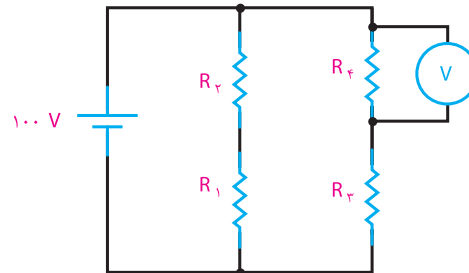
شکل ۵-۹ مدار سؤال ۸

۹ مقاومت معادل مدار R_t بین دو نقطه A و B در مدار شکل ۵-۱۰ را محاسبه کنید. اگر بین دو نقطه A و B منبع ولتاژ ۱۰۰ ولتی وصل شود، جریان کل عبوری از مدار چند میلی‌آمپر است؟



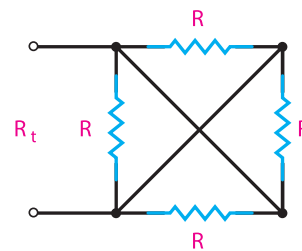
شکل ۵-۱۰ مدار سؤال ۹

۱۴ در مدار شکل ۵-۱۵ در چه صورت ولت‌متر عدد صفر را نشان می‌دهد؟ فرایند محاسبات را با ذکر دلیل بنویسید.



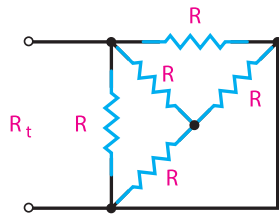
شکل ۵-۱۵ مدار سؤال ۱۴

۱۵ در شکل ۵-۱۶ مقدار R_t را محاسبه کنید.

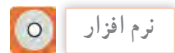


شکل ۵-۱۶ مدار سؤال ۱۵

۱۶ مقاومت معادل شکل ۵-۱۷ را محاسبه کنید.



شکل ۵-۱۷ مدار سؤال ۱۶



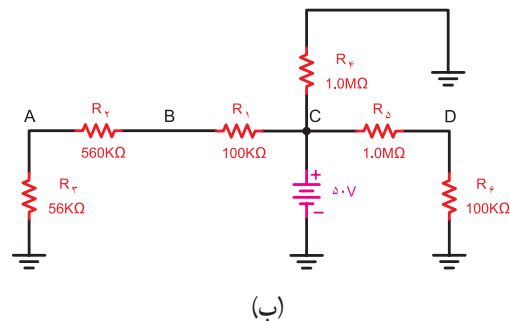
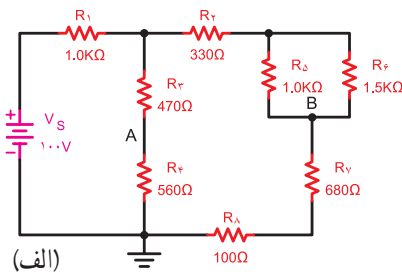
هریک از مدارهای مربوط به این الگوی پرسش را به صورت نرم‌افزاری ببینید و صحت نتایج را با پاسخ‌های خود مقایسه کنید.

واحد یادگیری ۶

قوانین حاکم بر مدارهای الکتریکی

۶-۱- قوانین کیرشهف

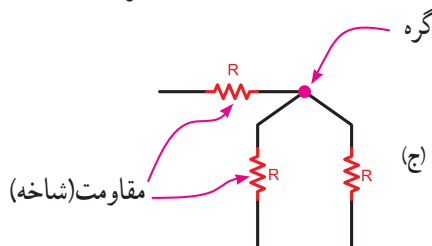
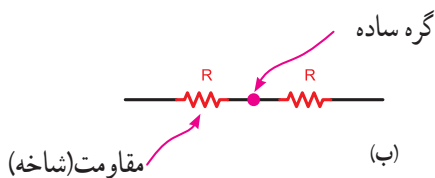
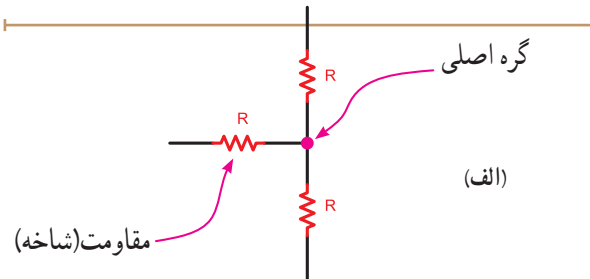
در برخی موارد برای حل مدارهای الکتریکی پیچیده‌ای مانند شکل ۶-۱ استفاده از قانون اهم به تنهایی کافی نیست و به کارگیری روش‌ها و قانون دیگر مربوط به الکتریسیته نیز لازم است. در سال ۱۸۷۵ میلادی کیرشهف براساس آزمایش‌ها و تحقیقاتی که انجام داد نظریات خود را در قالب دو قانون بیان داشت. پیش از بررسی قوانین کیرشهف باید با تعاریف شاخه، گره و حلقه آشنا شویم.



شکل ۶-۱- نمونه‌هایی از مدارهای پیچیده

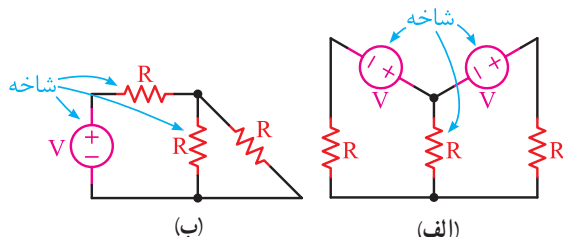
فیلم مربوط به قوانین کیرشهف را ببینید.

● **تعریف گره:** محل اتصال بیش از دو شاخه در یک مدار الکتریکی را «گره اصلی» می‌نامند. شکل ۶-۲ نمونه‌هایی از گره‌های مختلف را نشان می‌دهد. در صورتی که دو قطعه به هم وصل شوند، نقطه اتصال آنها می‌تواند یک گره ساده (فرعی) فرض شود.

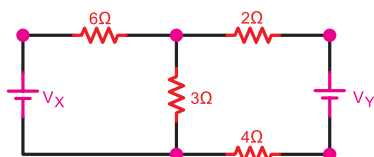


شکل ۶-۲- گره در مدارهای الکتریکی

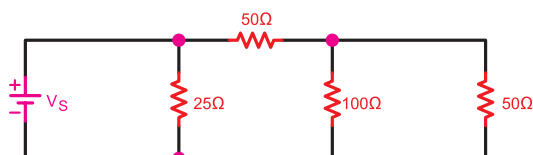
● **تعریف شاخه:** اصطلاحاً در مدارهای الکتریکی مسیری که بین دو گره قرار می‌گیرد را یک «شاخه» می‌نامند، شکل ۶-۳. معمولاً در هر شاخه یک قطعه یا چند قطعه به صورت سری قرار می‌گیرد.



شکل ۶-۳- شاخه در مدارهای الکتریکی



الف) تعداد گره‌های مدار ۵ گره است



ب) تعداد گره‌های مدار ۳ گره است

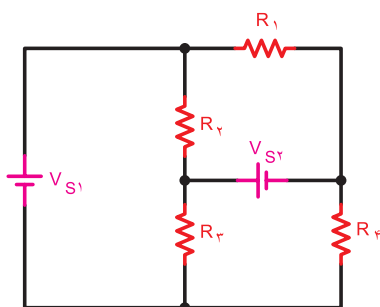
شکل ۶-۶ - حل مدارهای مثال ۱



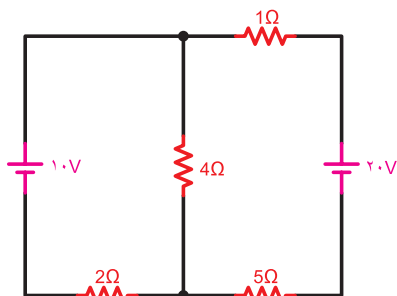
نکته

توجه داشته باشید که محل اتصال منبع به مدار یا قطعه یک گره محسوب می‌شود.

مثال ۲: تعداد (حلقه) مسیرهای عبور جریان در تصاویر ۶-۷ را مشخص کنید.



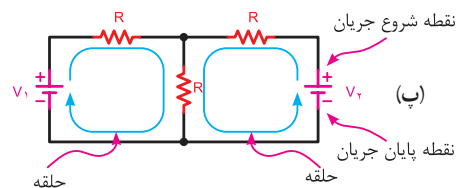
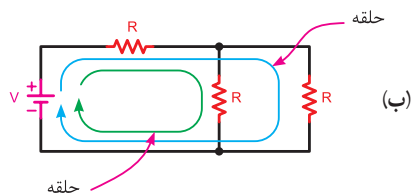
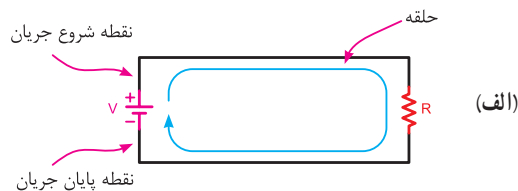
الف) (الف)



ب) (ب)

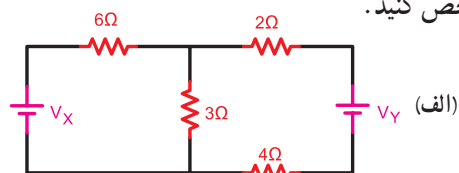
شکل ۶-۷ - مدارهای مثال ۲

● **تعریف حلقه:** هرگاه در مداری از نقطه‌ای در مسیر جریان شروع به حرکت کنیم و دوباره به آن نقطه برسیم، مسیری طی شده را «مدار کامل» یا «حلقه» می‌نامند. در شکل ۶-۴ سه نمونه از انواع حلقه‌های مختلف را مشاهده می‌کنید.

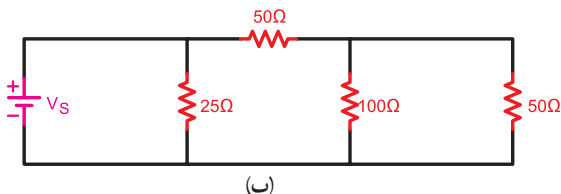


شکل ۶-۴ - نمونه‌هایی از حلقه در مدارهای الکتریکی

مثال ۱: تعداد گره‌های موجود در تصاویر شکل ۶-۵ را مشخص کنید.



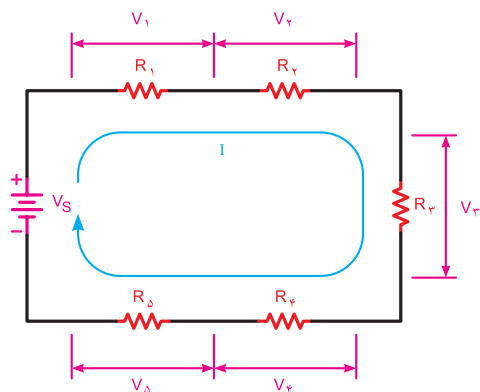
الف) (الف)



ب) (ب)

شکل ۶-۵ - مدارهای مثال ۱

حل: با توجه به تعریف گره می‌توان گره‌های موجود در مدارهای الف و ب را مطابق شکل ۶-۶ مشخص کرد. تعداد گره‌های مدار الف ۵ گره و مدار ب برابر ۳ گره است.



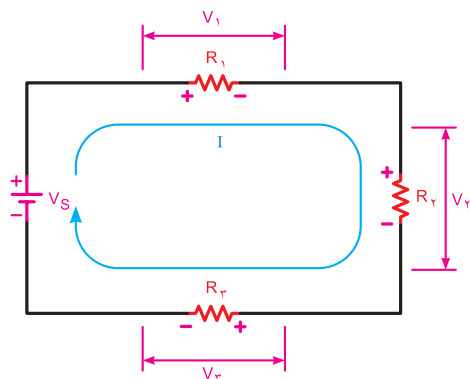
شکل ۹-۶- قانون ولتاژها



توجه

در مدارهای الکتریکی منابع تغذیه (باتری‌ها) را نیروی محرکه و ولتاژ دو سر مقاومت‌ها و سایر مصرف‌کننده‌ها را افت ولتاژ در نظر می‌گیرند. در ضمن در صورتی که منابع تغذیه به صورت مخالف بسته شده باشند، باید جمع جبری آن در نظر گرفته شود.

شکل ۱۰-۶- یک مدار الکتریکی با سه مقاومت را نشان می‌دهد. در این مدار معادله KVL را می‌نویسیم:



شکل ۱۰-۶- مداری با سه مقاومت

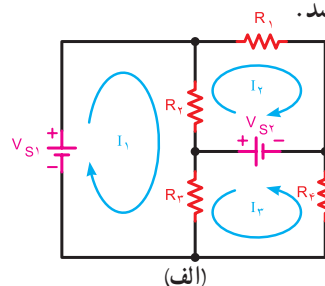
$$\sum V = \sum RI$$

$$V = R_1 I + R_2 I + R_3 I$$

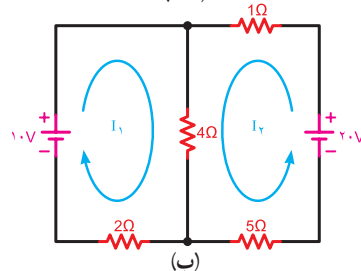
یا

$$+R_1 I + R_2 I + R_3 I - V = 0$$

حل: برای مشخص کردن تعداد حلقه‌های هر مداری باید از تعریف حلقه متوجه شویم که در این صورت و مطابق شکل ۸-۶ تعداد حلقه‌های مدار الف برابر ۶ و مدار ب معادل ۳ می‌باشد.



(الف)



(ب)

شکل ۸-۶- حل مدارهای مثال ۲

با توجه به تعریف حلقه، در هر مدار می‌توانیم تعدادی حلقه اصلی و تعدادی حلقه مرتبط داشته باشیم. در شکل ۸-۶ الف و ب تعداد حلقه‌های اصلی را نشان داده‌ایم.



کارگروهی

در مدارهای شکل ۸-۶ سایر حلقه‌ها را مشخص و در باره آن بحث کنید. نتایج را به کلاس درس ارائه دهید.

۲-۶- قانون ولتاژها (KVL)^۱

براساس این قانون در یک حلقه بسته مجموع افت ولتاژها برابر با مجموع نیروهای محرکه (ولتاژها) موجود در حلقه است، (شکل ۹-۶).

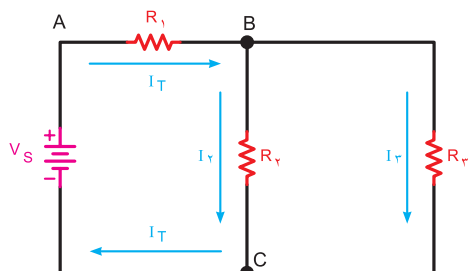
$$\sum V = \sum RI$$

به عبارت دیگر مجموع جبری نیروهای محرکه و افت ولتاژهای موجود در هر حلقه بسته مساوی با صفر است.

$$\sum V - \sum RI = 0$$

^۱ KVL- Kirchhoff's Voltage Law

۲- \sum (زیگما) به معنی مجموع است.

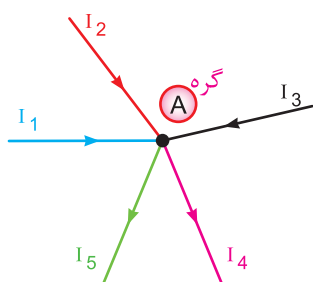


شکل ۱۲-۶ قانون جریان‌ها برای گره‌های B و C

در شکل ۱۳-۶ وضعیت گره A از نظر جریان‌های ورودی و خروجی مشخص شده است. معادله KCL برای گره A به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$$

مجموع جریان‌های خروجی = مجموع جریان‌های ورودی



شکل ۱۳-۶ قانون جریان‌ها برای گره

$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5$$

$$\Sigma I = 0$$

یا

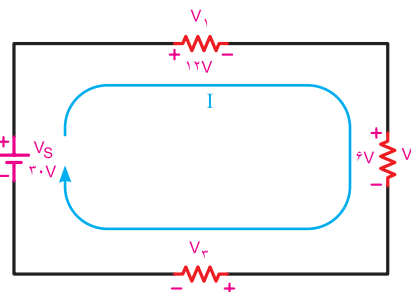
$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$



توجه

انتخاب علامت مثبت یا منفی برای جریان‌های وارد شده و خارج شده به یک گره، قراردادی است و هیچ‌گونه محدودیتی ندارد. اما باید توجه داشته باشید برای یک گره جریان، باید از یک قانون تبعیت کنید. یعنی همه جریان‌های ورودی مثبت یا منفی باشد، نمی‌توانید یکی از جریان‌های ورودی به گره را مثبت و دیگری را منفی بگیرید. در شکل ۱۴-۶ الف و ب هر دو حالت نشان داده شده است.

مثال ۳: مقدار ولتاژ V_r شکل ۱۱-۶ چند ولت است.



شکل ۱۱-۶ مدار مثال ۳

حل:

$$V_1 + V_r + V_r - V_s = 0$$

$$V_1 + V_r + V_r = V_s$$

$$V_r = V_s - (V_1 + V_r)$$

$$V_r = 30 - (6 + 12)$$

$$V_r = 12V$$



کار گروهی

بررسی کنید آیا رابطه :

$$V_1 + V_r + V_r - V_s = 0$$

و رابطه :

$$V_s - V_1 - V_r - V_r = 0$$

مشابه است؟ با ذکر دلیل در کلاس درس توضیح دهید.

۳-۶ قانون جریان‌ها (KCL)^۱

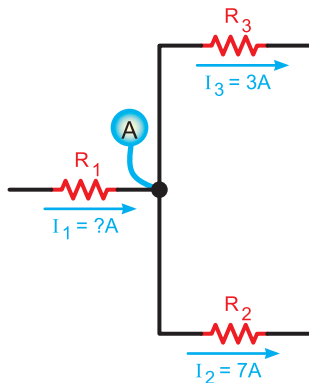
براساس قانون جریان‌ها در هر یک از گره‌های موجود در هر مدار الکتریکی، مجموع جریان‌های وارد شده به گره با مجموع جریان‌های خارج شده از گره برابر است، (شکل ۱۲-۶).

$$\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$$

به عبارت دیگر مجموع جبری جریان‌های وارد شده به گره و جریان‌های خارج شده از آن برابر با صفر است. (شکل ۱۳-۶).

$$\Sigma I = 0$$

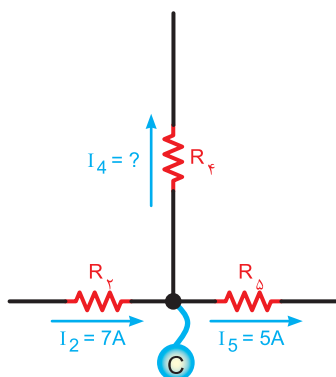
^۱ KCL— Kirchhoff's Current Law



شکل ۱۶-۶- جریان‌های گره A

شکل ۱۷-۶ جهت جریان‌ها را برای گره C نشان می‌دهد، پس معادله KCL را فقط برای حالتی در گره می‌توان نوشت که جریان I_f از گره خارج می‌شود.

$$I_f = I_f + I_d \Rightarrow I_f = I_f - I_d = 7 - 5 = 2 \text{ A}$$

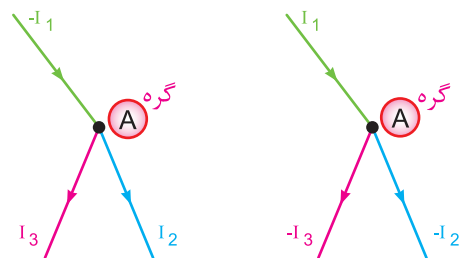


شکل ۱۷-۶- جریان‌های گره C

در گره B شکل ۱۸-۶ چون جریان‌های I_f و I_d وارد می‌شوند. بنابر قاعده KCL جریان I_e باید از نقطه B خارج شود. پس مقدار I_e برابر است با:

$$I_e = I_f + I_d = 3 + 2 = 5 \text{ A}$$

$$I_e = 5 \text{ A}$$



(ب) جریان‌های ورودی منفی و جریان‌های خروجی مثبت

$$I_f + I_d - I_1 = 0$$

(الف) جریان‌های ورودی مثبت و جریان‌های خروجی منفی

$$I_1 - I_f - I_d = 0$$

شکل ۱۴-۶- انتخاب علامت برای جهت جریان‌ها در یک گره

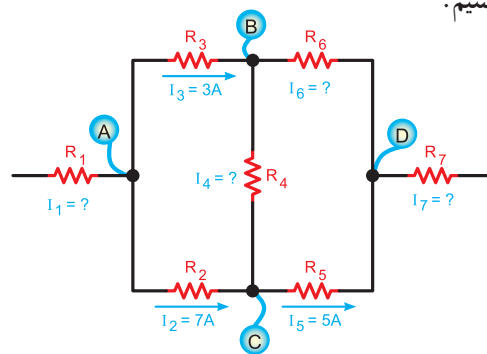


بحث کنید

آیا در یک گره جریان، همه جریان‌ها می‌توانند وارد گره شوند؟ نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

مثال ۴: مقدار و جهت جریان در هریک از مقاومت‌های شکل ۱۵-۶ را به دست آورید.

حل: برای مشخص شدن مقدار و جهت جریان‌ها باید معادله KCL را برای هریک از گره‌های A، B، C، D بنویسیم.



شکل ۱۵-۶- حل مدار مثال ۴

در گره A دو جریان I_f و I_d خارج می‌شود. لذا جریان I_1 بر آن وارد می‌شود در شکل ۱۶-۶ با نوشتن معادله KCL جریان I_1 قابل محاسبه است:

$$I_1 = I_f + I_d = 7 + 3$$

$$I_1 = 10 \text{ A}$$

مثال ۵: جریان مقاومت R_7 در شکل ۶-۲۰ چند میلی آمپر به دست می آید:

با نوشتن معادله KCL در گره A مقدار جریان I_7 محاسبه می شود.

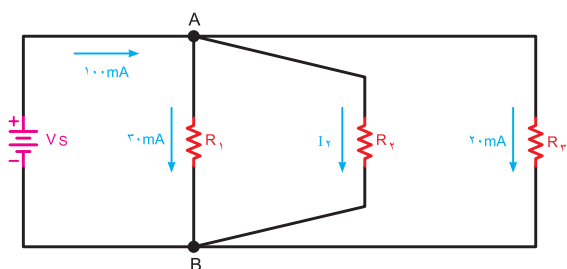
$$\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$$

$$I_T = I_1 + I_7 + I_7$$

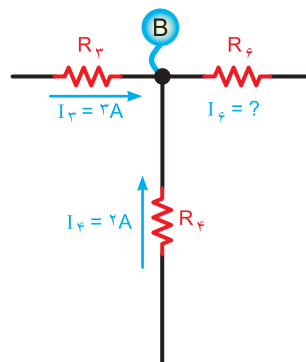
$$I_7 = I_T - (I_1 + I_7)$$

$$I_7 = 100 - (30 + 20)$$

$$I_7 = 50 \text{ mA}$$



شکل ۶-۲۰ مدار مثال ۵

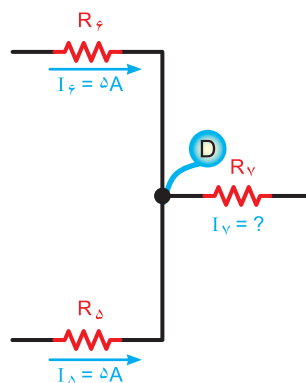


شکل ۶-۱۸ جریان های گره B

همان طوری که در شکل ۶-۱۹ مشاهده می شود، جریان های I_D و I_E به گره D وارد می شوند. بنابراین با نوشتن KCL برای گره D معلوم می شود که جهت جریان I_V باید به گونه ای باشد که از گره خارج شود، بنابراین داریم:

$$I_V = I_D + I_E = 5 + 5 = 10 \text{ A}$$

$$I_V = 10 \text{ A}$$



شکل ۶-۱۹ جریان های گره D

الگوی پرسش (ارزشیابی و احیای یادگیری ۶ از فصل سوم):

۱- کدام گزینه تعیین کننده اجزای اصلی یک مدار است؟

الف) منبع تغذیه، فیوز، سیم های رابط

ب) منبع تغذیه، کلید، فیوز

پ) سیم های رابط، بار، منبع تغذیه

ت) سیم های رابط، کلید، بار

۲- نقش اصلی فیوز در مدارهای الکتریکی است.

الف) حفاظت مدار در مقابل قطع برق

ب) حفاظت مدار در مقابل اتصال کوتاه

پ) هدایت جریان الکتریکی

ت) برقراری تعادل بین اجزای مدار

با استفاده از نرم افزاری که در اختیار دارید، مدارهای مربوط به قوانین کیرشهف را ببینید و صحت آن را بررسی کنید.

۳- نقش اتصال زمین (مشترک) در مدارهای الکتریکی

کدام است؟

الف) ایجاد حفاظت در مدار

ب) برقراری مسیر اتصال کوتاه

پ) کنترل و محدود کردن جریان مدار

ت) ساده تر رسم کردن مدار

۴- با توجه به قانون اهم، ولتاژ یک مدار با جریان مدار

رابطه دارد.

الف) معکوس

ب) مجذوری

پ) مستقیم

ت) نمایی

۵- اگر ولتاژ ۵۰ ولت به دو سری یک مقاومت ۵ kΩ اتصال

داده شود، چه جریانی از آن می گذرد؟

الف) ۷۵ mA

ب) ۱۵ A

پ) ۲ A

ت) ۱۰ mA

۶- کدام یک از معادلات زیر برای شکل ۶-۲۱ صحیح

است؟

الف) $V_1 - V_r - V_r - V_s = 0$

ب) $V_1 + V_r = V_s + V_r$

پ) $-V_s + V_1 + V_r + V_r = 0$

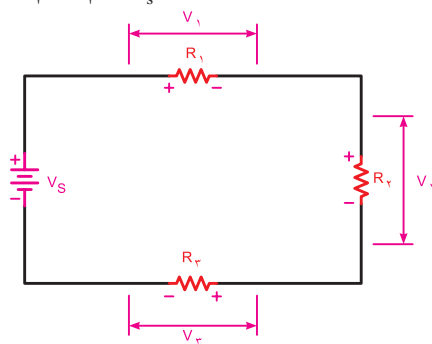
ت) $-V_1 - V_r + V_r + V_s = 0$

الف)

ب)

پ)

ت)



شکل ۶-۲۱- مدار سؤال ۶

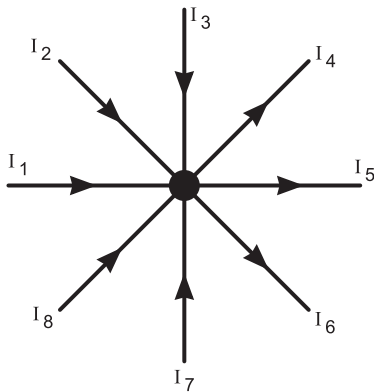
۷- کدام معادله برای شکل ۶-۲۲ صحیح است؟

الف) $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I_5 + I_6 + I_7 + I_8$

ب) $I_1 - I_2 + I_3 - I_4 + I_5 - I_6 + I_7 - I_8 = 0$

پ) $I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = I_5 + I_6 + I_7$

ت) $-I_1 - I_2 - I_3 - I_4 - I_5 + I_6 + I_7 + I_8 = 0$



شکل ۶-۲۲- مدار سؤال ۷

۸- کدام گزینه در مورد مقدار و جهت جریان در مقاومت

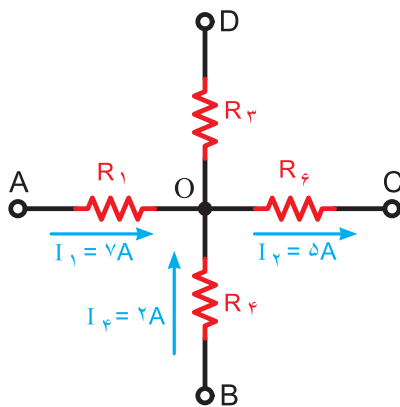
R_r شکل ۶-۲۳ صحیح است؟

الف) ۴ A - از O به D

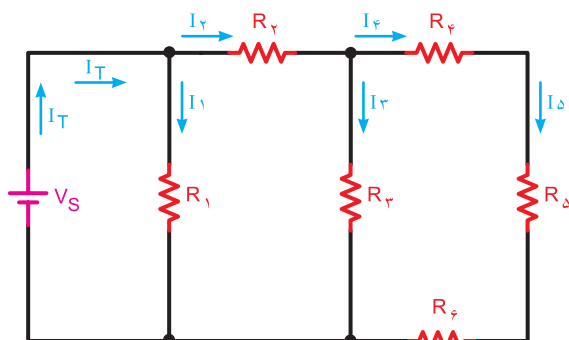
ب) ۱۰ A - از D به O

پ) ۴ A - از D به O

ت) ۱۰ A - از O به D

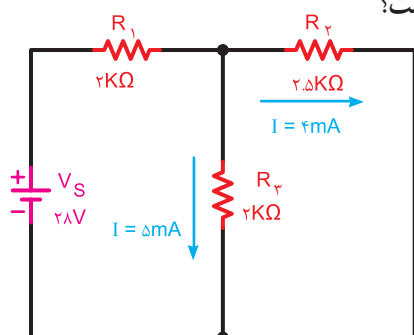


شکل ۶-۲۳- مدار سؤال ۸



شکل ۶-۲۶ مدار سؤال ۱۱

۱۲- افت ولتاژ دو سر مقاومت R_1 در شکل ۶-۲۷ چند ولت است؟

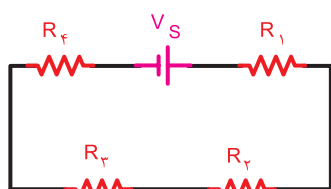


شکل ۶-۲۷ مدار سؤال ۱۲

۱۳- در مدارهای الکتریکی نیروی محرکه لازم توسط تأمین می‌شود.

۱۴- طرف دوم معادله نوشته شده برای شکل ۶-۲۸ را تکمیل کنید.

$$V_s - R_1 I - R_2 I = \dots\dots\dots$$

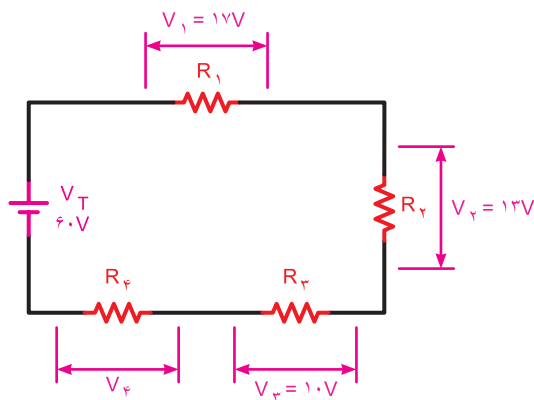


شکل ۶-۲۸ مدار سؤال ۱۴

۱۵- بر اساس قانون مجموع جبری افت ولتاژها و نیروهای محرکه موجود در هر حلقه بسته مساوی صفر است.

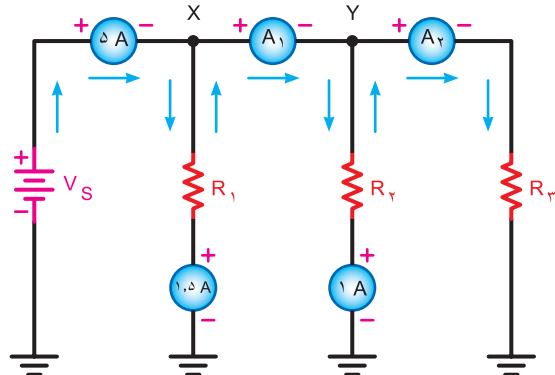
۱۶- برای حفاظت مدارها در مقابل اتصال کوتاه از وسیله‌ای به نام استفاده می‌شود.

۹- با توجه به شکل ۶-۲۴ ولتاژ دو سر مقاومت R_4 چند ولت است؟



شکل ۶-۲۴ مدار سؤال ۹

۱۰- در مدار شکل ۶-۲۵ آمپرمترهای A_1 و A_2 چند آمپر را نشان می‌دهد؟



شکل ۶-۲۵ مدار سؤال ۱۰

۱۱- با توجه به شکل ۶-۲۶ کدامیک از روابط زیر صحیح است؟

- (الف) $I_1 + I_2 + I_5 = I_2 + I_4$
- (ب) $I_1 + I_2 = I_3$
- (پ) $I_2 + I_3 = I_4 + I_5$
- (ت) $I_2 - I_3 = I_4$

۲۰- در یک مدار الکتریکی ساده برای محاسبه جریان از رابطه: $I = \frac{V}{R}$ استفاده می‌شود.

☐ درست ☐ نادرست



نرم افزار

مدارهای مربوط به این آزمون را با استفاده از نرم‌افزاری که در اختیار دارید ببینید و صحت پاسخ‌های خود را مورد سنجش قرار دهید و نتیجه را در کلاس به بحث بگذارید.

۱۷- اگر مقاومت یک مدار ثابت باشد، تغییرات جریان با تغییرات ولتاژ منبع رابطه دارد.

۱۸- در حالت اتصال کوتاه مقاومت جریان در مدار الکتریکی افزایش پیدا می‌کند.

☐ درست ☐ نادرست

۱۹- انتقال جریان الکتریکی از منبع تغذیه به مصرف‌کننده در هنگام قطع کلید وجود دارد.

☐ درست ☐ نادرست

واحد یادگیری ۷

پیل و باتری (Battery – Cell)

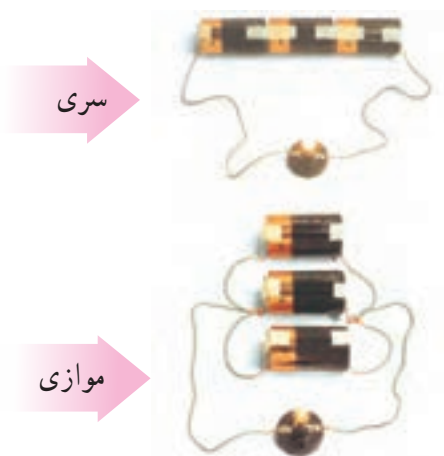


واژه IEC را در فضای مجازی جست و جو کنید و بررسی کنید مخفف چه واژه‌هایی است، سپس مفهوم آن را بیابید و به کلاس ارائه دهید.

خط بزرگ‌تر را معمولاً قطب مثبت و خط کوچک‌تر را قطب منفی در نظر می‌گیرند. در شکل ۷-۲ اتصال سری و موازی چند پیل را مشاهده می‌کنید.



با مراجعه به فضای مجازی انواع پیل‌های خشک را بیابید و گزارش خود را به کلاس ارائه دهید.



شکل ۷-۲ اتصال سری و موازی پیل‌ها

پیل‌های خشک در دو نوع قابل شارژ و غیرقابل شارژ تولید می‌شوند که مشخصه آنها را روی آن درج می‌کنند. یادآور می‌شود که معمولاً پیل‌های تر قابل شارژ هستند. در شکل ۷-۳ یک نمونه پیل تر و ساختمان داخلی آن را مشاهده می‌کنید.



فیلم مربوط به پیل‌ها و باتری‌ها را ببینید.



۷-۱- تعریف پیل و باتری

یکی از منابع تامین انرژی الکتریکی باتری‌ها هستند. باتری‌ها انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند. نمونه‌ای از باتری ترکیبی، پیل‌های خشک و تر هستند که در چراغ قوه و خودرو به کار می‌روند. واژه باتری و پیل را معمولاً به جای یکدیگر به کار می‌برند اما این دو از نظر مفهوم با هم تفاوت دارند. باتری از دو یا چند پیل تشکیل می‌شود که به طور سری یا موازی به هم وصل شده‌اند. به عبارت دیگر، پیل‌ها واحد تشکیل دهنده باتری‌ها هستند. نماد فنی یک پیل در استاندارد IEC به صورت دو خط موازی است که یکی بزرگ‌تر و دیگری کوچک‌تر رسم می‌شود (شکل ۷-۱).



شکل ۷-۱ نماد فنی یک پیل



پژوهش کنید

اگر دو پیل را به صورت سری مخالف به هم ببندیم چه اتفاقی می افتد؟ با ذکر مثال عملی تشریح کنید.



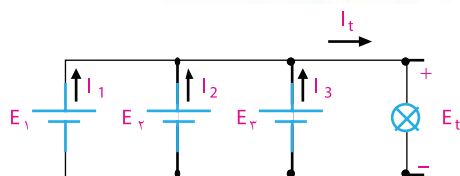
بررسی کنید

با مراجعه به سایت رشد و یا سایر فضاهای مجازی، مشخصات باتری های تلفن همراه را بیابید. در این باتری ها چند پیل با هم سری شده اند؟

برای بالا بردن جریان دهی باتری، پیل ها به طور موازی بسته می شوند. برای موازی کردن پیل ها باید قطب مثبت پیل ها را به یکدیگر و قطب منفی آنها را به یکدیگر اتصال دهیم. در شکل ۷-۶ نقشه فنی و شکل ظاهری چند پیل که به صورت موازی بسته شده اند را مشاهده می کنید. یادآور می شود که در مدار شکل ۷-۶ ولتاژ دو سر پیل ها باید با هم برابر باشد تا ظرفیت جریان دهی باتری، متناسب با تعداد پیل ها افزایش یابد؛ یعنی:

$$E_t = E_1 = E_2 = E_3$$

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

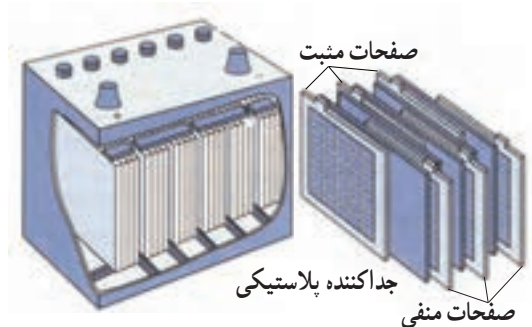


شکل ۷-۶- شکل ظاهری و نقشه فنی مدار چند پیل موازی

مثال ۱: پیل های شکل ۷-۷ را طوری وصل کنید که حداکثر ولتاژ از آنها به دست آید.



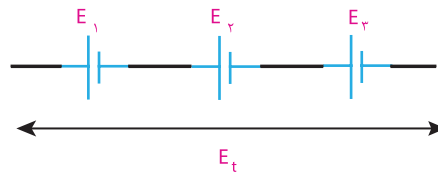
شکل ۷-۷- شکل مثال ۱



شکل ۷-۳- یک نمونه باتری تر

۷-۲- اتصال پیل ها

برای به دست آوردن ولتاژهای بیشتر، چند پیل را با هم سری می کنند. برای سری کردن پیل ها باید قطب مثبت هر پیل به قطب منفی پیل دیگر اتصال یابد. ولتاژ کل یک باتری در صورت اتصال صحیح در مدار سری برابر با مجموع ولتاژ تک تک پیل های سری شده است، شکل ۷-۴.



شکل ۷-۴- سه پیل به صورت سری

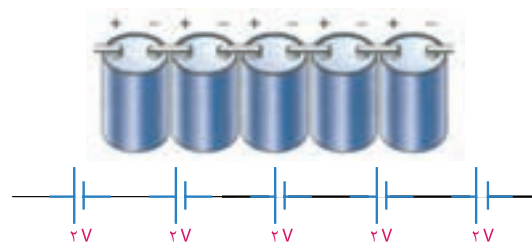
$$E_t = E_1 + E_2 + E_3$$

اگر تعدادی پیل (n پیل) با هم سری شود، ولتاژ کل از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$E_t = E_1 + E_2 + \dots + E_n$$

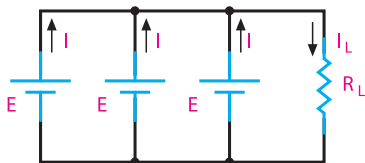
لازم به ذکر است در اتصال سری پیل ها جریان عبوری از مدار یکسان است.

در شکل ۷-۵ اتصال سری چند پیل را می بینید.



شکل ۷-۵- اتصال سری پیل ها با شکل واقعی

مثال ۴: در مدار شکل ۷-۱۱ در صورتی که پیل‌ها مشابه باشند، رابطه ولتاژ دو سر مقاومت R_L و حداکثر جریانی که پیل‌ها می‌توانند به مدار بدهند، را بنویسید.



شکل ۷-۱۱ مدار مثال ۴

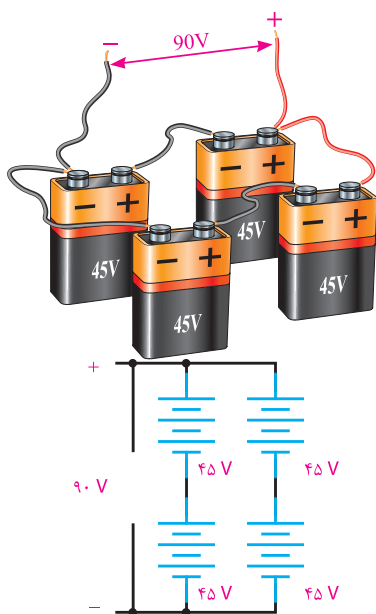
$$U_L = E_t = E$$

$$I_L = I + I + I = 3I$$



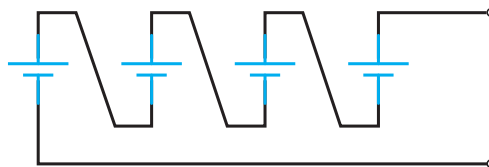
آیا می‌دانید همه باتری‌ها دارای برگه مشخصات هستند؟ یک نمونه برگه مشخصات باتری پاور بانک را ببینید و آن را با کمک دوستان خود ترجمه کنید و به کلاس ارائه دهید.

اگر بخواهند ولتاژ باتری و جریان‌دهی آن را افزایش دهند، پیل‌های تشکیل‌دهنده باتری را به صورت ترکیبی سری موازی به هم وصل می‌کنند (شکل ۷-۱۲).



شکل ۷-۱۲ اتصال ترکیبی باتری‌ها

حل:



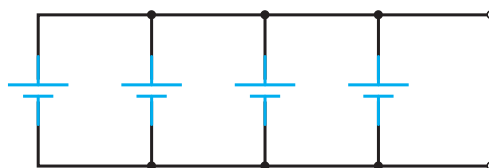
شکل ۷-۸ پاسخ مثال ۱

مثال ۲: در صورتی که ولتاژ پیل‌های شکل ۷-۹ با هم برابر باشد، آنها را طوری متصل کنید تا بتوان حداکثر ظرفیت جریان‌دهی را به دست آورد.



الف) شکل مثال ۲

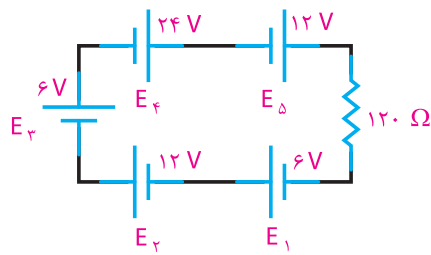
حل:



ب) حل مثال ۲

شکل ۷-۹ باتری‌های مثال ۲ و حل آن

مثال ۳: در مدار شکل ۷-۱۰ ولتاژ دو سر مقاومت مصرف‌کننده 120Ω اهم و جریان عبوری از آن را محاسبه کنید.



شکل ۷-۱۰ مدار مثال ۳

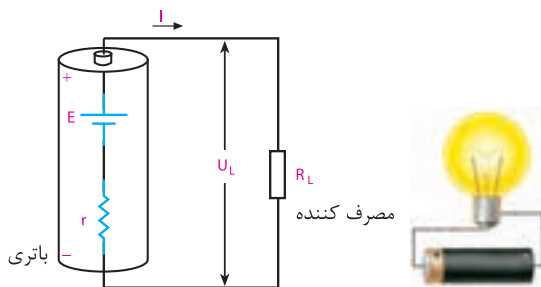
حل:

$$E_t = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5$$

$$E_t = 6V + 12V + 6V + 24V + 12V = 60V$$

$$I = \frac{E_t}{120\Omega} = \frac{60V}{120\Omega} = 0.5A$$

مقاومت داخلی باتری از نظر مصرف انرژی مانند مقاومتی است که به عنوان مصرف کننده با باتری سری شده است. شکل ۷-۱۳ یک باتری را با مقاومت داخلی نشان می دهد. مقاومت داخلی باتری را با حرف r نمایش می دهند که همیشه با مصرف کننده سری می شود.



شکل ۷-۱۳- مقاومت داخلی باتری

هر قدر مقاومت داخلی باتری کوچک تر باشد، افت ولتاژ دو سر آن کمتر است و می توان در شرایط معمولی آن را نادیده گرفت. با ضعیف شدن باتری، مقاومت داخلی آن زیاد می شود. در این حالت ولتاژ و شدت جریان تولیدی به وسیله باتری کاهش می یابد.

علت کاهش ولتاژ دو سر باتری، افت مقداری از ولتاژ باتری در دو سر مقاومت داخلی آن است. از طرفی چون مقاومت داخلی باتری به مقاومت کل مدار اضافه می شود، شدت جریان را نیز کم می کند.

با توجه به موارد ذکر شده برای مدار شکل ۷-۱۳ می توانیم روابط مربوط به ولتاژ و جریانی که به مصرف کننده می رسد را به دست آوریم:

$$R_t = r + R_L$$

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{E}{r + R_L}$$

$$U_L = E - U_r = E - I \cdot r$$

E ولتاژ باتری، U_r افت ولتاژ دو سر مقاومت داخلی و U_L افت ولتاژ دو سر بار یا مصرف کننده است.

اگر بخواهیم باتری ها را به صورت سری، موازی یا ترکیبی به هم ببندیم، باید نکاتی را رعایت کنیم تا نتیجه مطلوب حاصل شود. چنانچه بخواهیم ولتاژ کل را بالا ببریم، باتری ها را به صورت سری می بندیم. در این حالت ولتاژ باتری ها می تواند مساوی یا نامساوی باشد، اما ظرفیت جریان دهی آنها باید با هم برابر باشد.

در صورتی که بخواهیم ظرفیت جریان دهی را بالا ببریم، باتری ها را موازی می بندیم. در این حالت باید ولتاژ باتری ها مساوی باشد تا هر باتری بتواند در افزایش ظرفیت جریان کل مشارکت کند. چنانچه ولتاژ یک یا چند باتری از ولتاژ سایر باتری ها کمتر باشد، این باتری ها مانند مصرف کننده عمل می کنند و نه تنها در تولید جریان همکاری ندارند، بلکه قسمتی از جریان را نیز تلف می کنند.

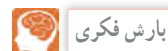
باتری های ترکیبی «سری- موازی» در لیفت تراک های برقی به کار می رود. در چه دستگاه های دیگری از اتصال ترکیبی «سری- موازی» پیل ها استفاده می شود؟ نتایج را به کلاس ارائه کنید.



۷-۳- مقاومت داخلی پیل ها (باتری)

ولتاژ دو سر یک مولد (باتری) را در شرایط زیر با ولت متر اندازه می گیریم. ولتاژ دو سر باتری را بدون اتصال به بار اندازه گیری می کنیم. سپس یک مقاومت را به دو سر باتری می بندیم. در این حالت نیز ولتاژ دو سر آن را اندازه می گیریم. از مقایسه ولتاژها، متوجه می شویم که ولتاژ اندازه گیری شده در مرحله دوم از ولتاژ اندازه گیری شده در مرحله اول کمتر است، در حالی که انتظار ما این بود که ولتاژ اندازه گیری شده در هر دو مرحله با هم برابر باشند.

چرا این حالت اتفاق می افتد؟ چون ولتاژ اندازه گیری شده در مرحله دوم کمتر است، قسمتی از ولتاژ در داخل باتری افت کرده است. بنابراین باید در داخل باتری مقاومتی وجود داشته باشد تا باعث کاهش ولتاژ شود. این مقاومت را مقاومت داخلی باتری می نامند.



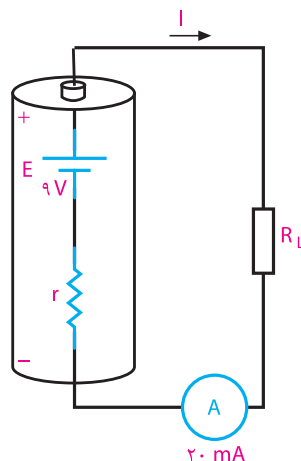
بارش فکری

با توجه به روابط به دست آمده ولتاژی که به مصرف‌کننده می‌رسد، همیشه به اندازه افت ولتاژ دو سر مقاومت داخلی از ولتاژ باتری کمتر است.

آیا با استفاده از اهم‌متر می‌توانیم مقاومت داخلی باتری را اندازه بگیریم؟ از طریق بارش فکری پاسخ صحیح را به دست آورید.

مثال ۵: در مدار شکل ۷-۱۴

الف) مقدار مقاومت داخلی r و ولتاژی که به دو سر بار $R_L = 300 \Omega$ می‌رسد، را محاسبه کنید.



شکل ۷-۱۴ مدار مثال ۵

ب) اگر R_L را به 345Ω اهم افزایش دهیم، ولتاژ دو سر بار و شدت جریان مدار را محاسبه کنید.
پ) ولتاژ دو سر بار محاسبه شده در مرحله الف و ب را با هم مقایسه کنید و نتایج حاصل را بنویسید.

حل: الف) $R_L = 300 \Omega$

$$R_t = \frac{9}{20 \text{ mA}} = 0.45 \text{ K}\Omega = 450 \Omega$$

$$R_t = r + R_L$$

$$r = R_t - R_L = 450 - 300 = 150 \Omega$$

$$U_L = IR_L = 20 \text{ mA} \times 300 \Omega = 6 \text{ V}$$

در بار $R_L = 300 \Omega$ از ولتاژ باتری فقط ۶ ولت به بار می‌رسد و ۳ ولت دو سر مقاومت داخلی افت می‌کند.

$$R_L = 345 \Omega \text{ (ب)}$$

با معلوم شدن مقاومت داخلی، مقاومت کل برابر است با:

$$R_t = r + R_L = 150 + 345 = 360 \Omega$$

با داشتن R_t مقدار شدت جریان و ولتاژ قابل محاسبه است.

$$I = \frac{E}{R_t}$$

$$I = \frac{9 \text{ V}}{360 \Omega} = 25 \text{ mA}$$

$$U_L = I \cdot R_L = 25 \text{ mA} \times 345 \Omega = 8.625 \text{ V}$$

ب) با مقایسه مراحل الف و ب می‌توانیم نتیجه بگیریم که در مرحله ب ولتاژ بیشتری به بار می‌رسد و ولتاژ کمتری در دو سر مقاومت داخلی افت می‌کند.



پاسخ دهید

مقدار تفاوت افت ولتاژ در داخل باتری در مراحل الف و ب را به دست آورید.



نتیجه

اگر مقاومت مصرف‌کننده نسبت به مقاومت داخلی مولد خیلی بزرگ باشد، از مقاومت داخلی آن می‌توان صرف‌نظر کرد.

در صورتی که چند باتری کاملاً مشابه با مقاومت داخلی معین را با مصرف‌کننده مطابق شکل ۷-۱۵ به صورت سری یا موازی ببندیم، شدت جریان کل مدار به ترتیب از روابط نوشته شده در زیر شکل به دست می‌آید.

$$E_t = E_1 - E_2 + E_3 + E_4 - E_5$$

$$E_t = 2 - 2 + 2 + 2 - 2 = 2V$$



هرگز نباید پیل‌هایی که ولتاژ متفاوت دارند را به صورت موازی و متقابل به یک‌دیگر اتصال داد، زیرا انرژی الکتریکی پیل‌های با ولتاژ بالاتر در پیل‌های با ولتاژ کمتر تخلیه می‌شوند. اگر باتری‌ها قابل شارژ باشند باتری ضعیف‌تر شارژ می‌شود و اگر باتری‌ها غیرقابل شارژ باشند، انرژی الکتریکی در باتری ضعیف‌تر به حرارت تبدیل می‌شود.

الگوی پرسش (ارزشیابی و احیادگیری ۷ از فصل سوم)

- ۱ پیل را تعریف کنید.
- ۲ باتری را تعریف کنید.
- ۳ چند نوع پیل تر و خشک را نام ببرید.
- ۴ اتصال چند پیل سری در یک باتری را از لحاظ پلاریته (قطب‌های منفی و مثبت) بررسی کنید و نقشه فنی آن را رسم کنید.

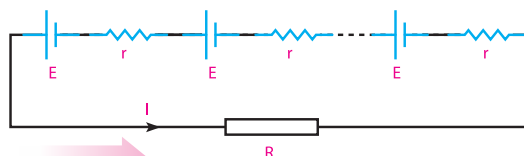


در صورتی که دو پیل با مقاومت داخلی و ولتاژ مساوی را به صورت موازی ببندیم، چه اتفاقی می‌افتد؟ با ذکر دلیل مستندسازی کنید و به کلاس ارائه دهید.

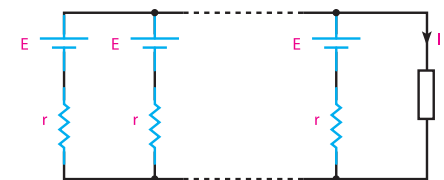
- ۵ در اتصال پیل‌ها به صورت موازی، رابطه شدت جریان کل با شدت جریان تولیدی توسط هر پیل را با رسم شکل بنویسید.

- ۶ برای افزایش ولتاژ و تامین ولتاژ مورد نیاز، پیل‌ها را چگونه اتصال می‌دهند؟ با رسم شکل نشان دهید.

- ۷ مقاومت داخلی پیل را تعریف کنید، این مقاومت چه تاثیری در عملکرد مدار دارد؟



$$I = \frac{nE}{nr + R}$$



$$I = \frac{E}{\frac{r}{n} + R}$$

شکل ۱۵-۷ اتصال باتری‌ها با مقاومت داخلی به صورت سری و موازی

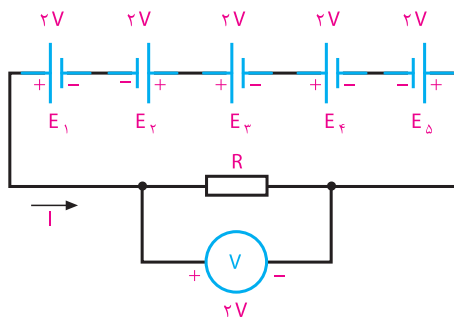


فکر کنید

چرا هنگامی که در یک دستگاه با تغذیه ۴ پیل ۱/۵ ولتی، یکی از پیل‌ها ضعیف شود، می‌گویند باید هر چهار پیل را جایگزین کنیم؟ با ذکر دلیل توضیح دهید.

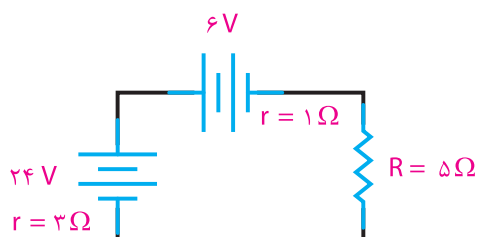
۷-۴ اتصال متقابل پیل‌ها

در صورتی که دو یا چند پیل، مطابق شکل ۷-۱۶ به هم اتصال داده شوند، به آن **اتصال متقابل** می‌گویند. در این حالت، ولتاژ کل کاهش می‌یابد، زیرا پیل‌هایی که قطب‌هایشان به صورت مخالف با بقیه بسته شده است، مانند مصرف‌کننده عمل می‌کنند. رابطه ولتاژ کل در این مدار برابر با تفاوت بین ولتاژهای مخالف و موافق است:



شکل ۱۶-۷ اتصال متقابل پیل‌ها

۱۳ در مدار شکل ۷-۱۹ شدت جریان عبوری از مدار را محاسبه کنید.



شکل ۷-۱۹- مدار سؤال ۱۳



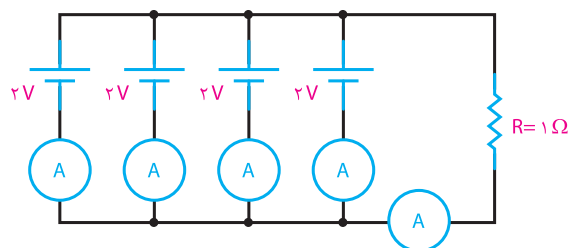
آیا باتری‌های غیرقابل شارژ را می‌توان شارژ کرد؟ نتایج پژوهش را در کلاس به بحث بگذارید.

۸ اتصال متقابل پیل‌ها را با ذکر مثال شرح دهید.

۹ برای تأمین ولتاژ ۹ ولت حداقل از چند پیل ۱/۵ ولتی و به چه صورت استفاده می‌کنیم؟

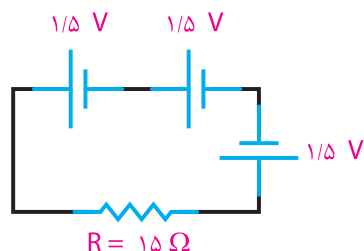
۱۰ برای افزایش میزان جریان‌دهی یک پیل به ۵ برابر، باید چند پیل مشابه را و به چه صورت اتصال دهیم؟ با رسم شکل شرح دهید.

۱۱ در مدار شکل ۷-۱۷ شدت جریانی که هر پیل به بار R_L می‌دهد و شدت جریان کل را محاسبه کنید.



شکل ۷-۱۷- مدار سؤال ۱۱

۱۲ در مدار شکل ۷-۱۸ ولتاژ و جریان کل را محاسبه کنید. مقاومت‌های مربوط به هر پیل را صفر در نظر بگیرید.



شکل ۷-۱۸- مدار سؤال ۱۲

۸-۱- ذرات و میدان‌های مغناطیسی

در سال‌های گذشته درباره مغناطیس تا حدودی بحث کرده‌ایم. در این قسمت اشاراتی به تعاریف، مفاهیم و کاربرد مغناطیس خواهیم داشت.

■ میدان الکترومغناطیسی

نیروهای الکتریکی و مغناطیسی به یکدیگر مربوطند ولی کاملاً با هم تفاوت دارند. نیروهای مغناطیسی و نیروهای الکترواستاتیک تا هنگامی که حرکتی وجود نداشته باشد بر یکدیگر بی‌اثرند، ولی در صورتی که میدان نیروی هر یک از آنها متحرک باشد، اثرات متقابل برهم می‌گذارند. چون الکترون کوچک‌ترین بخش هراتم است. برای تشریح رابطه بین الکتریسته و مغناطیس نظریه‌ای به وجود آمده است که به آن نظریه الکترومغناطیس می‌گویند. به ترکیب دو میدان الکتریکی و مغناطیسی میدان الکترومغناطیسی می‌گویند که کاربرد گسترده‌ای در صنعت برق و الکترونیک دارد. امواجی که از آنتن پخش می‌شود، امواج الکترومغناطیس نام دارد.

■ مولکول مغناطیسی

عناصر آهن، نیکل، کبالت و کادمیم تنها انواع فلزات مغناطیسی طبیعی هستند که در خود، ذرات مغناطیسی یا مولکول‌های مغناطیسی دارند.

مولکول‌های مغناطیسی عیناً مانند مغناطیس‌های کوچک عمل می‌کنند. اگر چه آهن، نیکل و کبالت تنها اجسام مغناطیسی طبیعی هستند، ولی با به کارگیری روش‌های مخصوص می‌توان ترکیباتی ساخت و به آنها خاصیت آهن‌ربایی داد.



فیلم

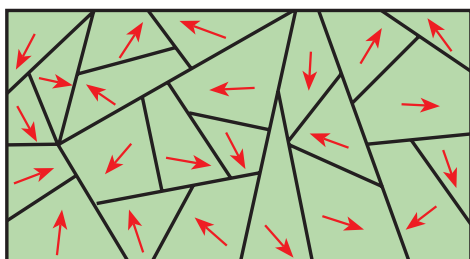
فیلم امواج الکترومغناطیسی و ذرات مغناطیسی را ببینید.

■ خواص مغناطیسی اجسام

اجسام در طبیعت از نظر خواص مغناطیسی به دو دسته تقسیم می‌شوند: الف) اجسام مغناطیسی، ب) اجسام غیرمغناطیسی.

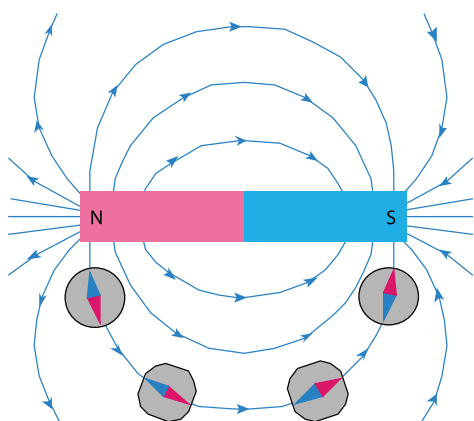
اجسام مغناطیسی: اجسامی که خواص آهن‌ربایی از خود نشان می‌دهند، دارای خاصیت مغناطیسی یا آهن‌ربایی هستند. از جمله این مواد آهن و آلیاژهای آهن هستند که به آنها مواد فرومغناطیسی می‌گویند. فرو در یونانی به معنی آهن است.

اجسام مغناطیسی مولکول‌های مغناطیسی دارند. پس ظاهراً باید همیشه مانند مغناطیس عمل کنند ولی چنین نیست. این بدان علت است که در شرایط عادی، مولکول‌های مغناطیسی به طور پراکنده و نامرتب در جسم قرار دارند و در نتیجه، میدان‌های مغناطیسی مولکول‌ها یکدیگر را خنثی می‌کنند، بنابراین، فلز خاصیت مغناطیسی ندارد. در شکل ۸-۱ مولکول‌های مغناطیسی یک فلز مغناطیس نشده را مشاهده می‌کنید.



شکل ۸-۱- فلز مغناطیس نشده

نتیجه گرفت که نیروهای خارج شده از قطب‌های مغناطیسی باعث این اثر می‌شوند. البته این رویداد فقط در قطب‌ها اتفاق نمی‌افتد. بلکه نیروی مغناطیسی، آهن‌ریا را در یک میدان در بر می‌گیرند. این پدیده را طبق شکل ۸-۳ می‌توان هنگام حرکت قطب‌نما در اطراف یک آهن‌ریا مشاهده کرد. در هر موقعیت اطراف آهن‌ریا یک انتهای عقربه قطب‌نما در جهت قطب مخالف آهن‌ریا قرار می‌گیرد.



شکل ۸-۳ - میدان مغناطیسی آهن‌ریا

همچنین، با قرار دادن قطب‌نما در فاصله‌های دورتر از آهن‌ریا می‌توان مشاهده کرد که این میدان مغناطیسی دورتر از آهن‌ریا نیز وجود دارد. چنانچه قطب‌نما را به آرامی از آهن‌ریا دور کنیم، به نقطه‌ای خواهیم رسید که عقربه قطب‌نما دیگر تحت تأثیر میدان مغناطیسی آهن‌ریا نیست و دوباره به طرف قطب شمال زمین جذب می‌شود.

فضایی را که در آن آهن‌ریا بر اجسام مغناطیسی تأثیر می‌گذارد، میدان مغناطیسی می‌گویند.

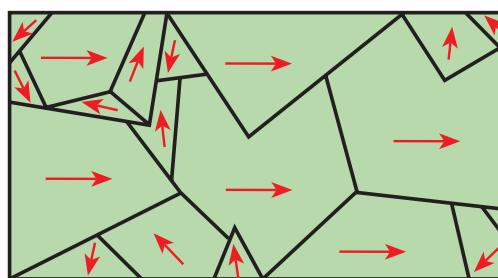
با پاشیدن براده آهن بر یک سطح صاف و قراردادن آهن‌ریا در زیر آن، براده‌های آهن به طور مرتب در طول خطوط نیرو قرار می‌گیرند و جهت‌گیری میدان مغناطیسی را نشان می‌دهند.

به این خطوط نیرو فلو نیز می‌گویند.

اگر همه مولکول‌های مغناطیسی به طور هم جهت قرار بگیرند. میدان مغناطیسی آنها با یکدیگر جمع شده، در این صورت فلز دارای خاصیت مغناطیسی می‌شود.

اگر فقط بعضی از مولکول‌ها هم جهت باشند، میدان مغناطیسی ضعیفی تولید می‌شود. بنابراین، میزان مغناطیس شدن یک جسم مغناطیسی را می‌توان کم یا زیاد کرد.

شکل ۸-۲ مولکول‌های مغناطیسی منظم شده در یک فلز مغناطیس شده را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۲ - فلز تقریباً مغناطیس شده

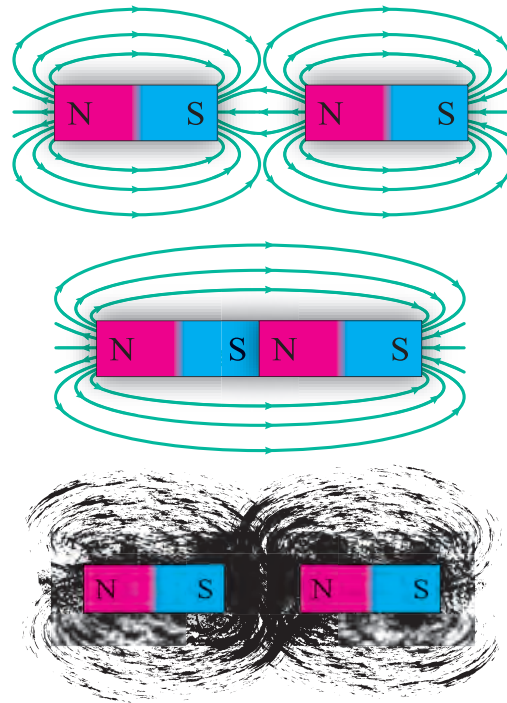
اجسام غیر مغناطیسی: برخی از اجسام تقریباً خاصیت مغناطیس ندارند، این اجسام را اجسام غیر مغناطیسی می‌نامند، مانند روی و چوب، اجسام غیر مغناطیس به دو گروه پارامغناطیس و دیامغناطیس تقسیم می‌شوند. هرگاه چند ماده غیر مغناطیسی را به یک آهن‌ریای بسیار قوی نزدیک کنیم. برخی از آنها به آرامی جذب و برخی دیگر به آرامی دفع می‌شوند. البته این جذب و دفع‌ها ممکن است آن قدر ضعیف و کند باشد که به چشم دیده نشود. موادی که فقط به مقدار خیلی جزئی جذب آهن‌ریا می‌شوند به مواد پارامغناطیس موسوم‌اند، مانند چوب، اکسیژن، آلومینیوم و پلاتین. موادی که فقط به مقدار خیلی جزئی از آهن‌ریا دفع می‌شوند، مواد دیامغناطیس نامیده می‌شوند: مانند روی، نمک، طلا و جیوه.

■ میدان مغناطیسی

با توجه به جذب و دفع قطب‌های مغناطیسی، می‌توان چنین

■ اثر متقابل میدان‌های مغناطیسی

هنگامی که دو مغناطیس در مجاورت هم قرار می‌گیرند، میدان‌های مغناطیس آنها بر یکدیگر اثر می‌کنند. اگر خطوط نیرو هر دو در یک جهت باشند، یکدیگر را جذب می‌کنند، و به هم می‌رسند. به همین دلیل است که قطب‌های ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند. (شکل ۸-۴)



شکل ۸-۴ - نیروهای جاذبه بین دو قطب غیرهمنام

اگر خطوط نیرو در جهت‌های مخالف باشند، نمی‌توانند با هم ترکیب شوند و چون نمی‌توانند یکدیگر را قطع کنند، نیروهای مخالف بر یکدیگر وارد می‌کنند، به همین دلیل است که قطب‌های هم‌نام یکدیگر را دفع می‌کنند. این اثر متقابل خطوط نیرو را به وسیله براده‌های آهن نیز می‌توان نشان داد.



رسم کنید

با توجه به شکل ۸-۴ میدان مربوط به دو قطب هم‌نام را رسم کنید.

۲-۸- روش‌های به وجود آوردن خاصیت مغناطیسی

آهن‌ربا (آهن‌ربای مصنوعی)

جسم آهنی (فرومغناطیسی) را می‌توان با منظم کردن مولکول‌های مغناطیسی‌اش، مغناطیس کرد، بهترین راه انجام این عمل، وارد کردن نیروی مغناطیسی است. این نیرو بر میدان مغناطیسی هر مولکول اثر کرده و همه آنها را در یک جهت منظم می‌کند. ساخت آهن‌ربای مصنوعی به دو روش امکان پذیر است:

۱- مالش مغناطیسی

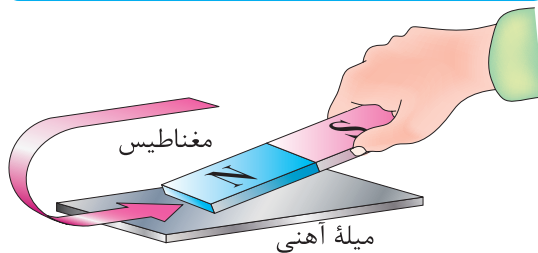
۲- جریان الکتریکی

۱- مالش مغناطیسی: هنگامی که جسم مغناطیس شده به سطح یک آهن مغناطیس نشده طبق شکل ۵-۸ مالش داده شود، میدان مغناطیسی مولکول‌های آهن را مرتب می‌کند و آهن مغناطیس می‌شود.



فعالیت

مغناطیس شدن در اثر مالش را تجربه کنید.



شکل ۵-۸ - مغناطیس کردن فلز در اثر مالش

۲- جریان الکتریکی: اگر سیمی را به دور یک قطعه آهن مغناطیس شده بپیچیم و دو سر آن را به یک منبع ولتاژ DC وصل کنیم، جریان الکتریکی میدان مغناطیسی تولید می‌کند و باعث منظم شدن مولکول‌های مغناطیسی آهن می‌شود. شکل ۶-۸ چگونگی تولید قطعه مغناطیسی به وسیله جریان الکتریکی DC را نمایش می‌دهد.

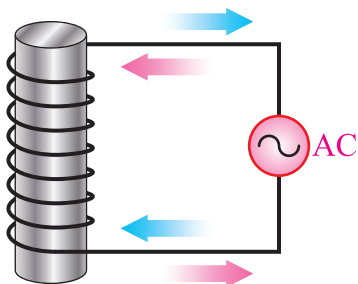
اگر یک جسم مغناطیس شده خاصیت مغناطیسی خود را برای مدت طولانی حفظ کند، به آن مغناطیس دائمی می‌گویند و اگر خاصیت مغناطیسی خود را به سرعت از

۲- گرما: اگر آهن‌ریا را گرم کنیم، انرژی حرارتی باعث نوسان مولکول‌های مغناطیسی می‌شود و ترتیبشان را به هم می‌زند. (شکل ۸-۸)



شکل ۸-۸ - خنثی کردن اثر مغناطیسی یک آهن‌ریا به وسیله گرما

۳- جریان الکتریکی متناوب (AC): اگر مغناطیس را در میدان مغناطیسی قرار دهیم، جهت آن به سرعت تغییر می‌کند، نظم مولکول‌ها بهم می‌خورد، زیرا مولکول‌ها می‌خواهند از میدان پیروی کنند. میدان مغناطیسی متغیر را می‌توان به وسیله یک جریان متناوب تولید کرد. این مطلب را در آینده توضیح خواهیم داد. (شکل ۸-۹)



شکل ۸-۹ - خنثی کردن اثر مغناطیسی توسط جریان متناوب (AC)



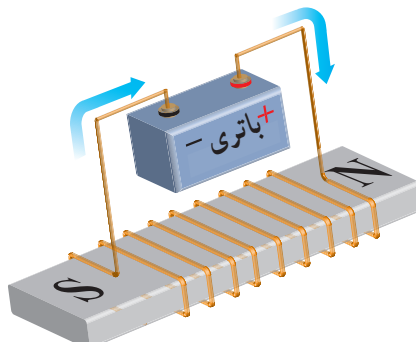
پژوهش

کاربرد مغناطیس‌زدایی در کجاست؟

۴-۸ پوشش مغناطیسی

خطوط نیروی مغناطیسی می‌توانند از اجسام، حتی آنهایی که خواص مغناطیسی نیز ندارند، بگذرند. البته بعضی از اجسام در مقابل عبور خطوط نیرو (فلو) مقاومت می‌کنند.

دست بدهد، مغناطیس موقتی نام دارد. آهن سخت و فولاد مغناطیس‌های دائمی خوبی هستند. آهن نرم برای مغناطیس‌های موقتی به کار برده می‌شود.



شکل ۸-۶ - مغناطیس موقت جریان الکتریکی

تجربه مغناطیس کردن اجسام با استفاده از جریان الکتریکی را در سال‌های قبل انجام داده‌اید. در صورت تمایل می‌توانید آن را تکرار کنید.

۳-۸ روش‌های از بین بردن خاصیت مغناطیسی آهن‌ریا

برای از بین بردن خاصیت مغناطیسی یک آهن‌ریا باید مولکول‌های مغناطیسی آن را دوباره به صورت نامرتب در بیاوریم تا میدان‌هایشان در خلاف جهت یکدیگر قرار گیرد. این عمل به سه روش انجام می‌گیرد:

۱- ضربه سخت

۲- گرما

۳- جریان الکتریکی متناوب

۱- ضربه سخت: اگر به یک آهن‌ریا ضربه سختی وارد کنیم، نیروی وارد شده مولکول‌ها را به شدت تکان می‌دهد و باعث به هم خوردن نظم و ترتیب آنها می‌شود. گاهی اوقات لازم است ضربه را چند بار وارد کنیم. (شکل ۸-۷)



شکل ۸-۷ - خنثی کردن اثر مغناطیس آهن‌ریا با زدن ضربه



پژوهش

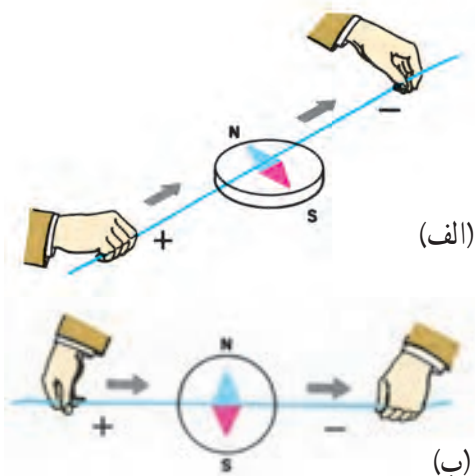
درباره کاربرد مغناطیس در حوزه پزشکی جست‌وجو کنید و دستگاه‌هایی را بیابید که با مغناطیس کار می‌کنند.

۸-۶- میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان

هنگامی که با اعمال ولتاژی به دو سرسیم‌ها جریان الکتریکی در آن برقرار می‌شود، الکترون‌ها همسو می‌شوند و همه در یک جهت حرکت می‌کنند به طوری که میدان‌های مغناطیسی آنها با هم جمع می‌شوند. در سال ۱۸۱۹، هانس کریستین ارسند کشف کرد که سیم حامل جریان در اطراف خود میدان مغناطیسی تولید می‌کند که این میدان بر عقربه‌های قطب‌نما اثر می‌گذارد. (شکل ۸-۱۱)

چون میدان مغناطیسی به دور یک الکترون حلقه‌ای را به وجود می‌آورد، میدان‌های مغناطیسی اطراف الکترون‌های جهت گرفته در یک سیم با یکدیگر تشکیل حلقه‌هایی به دور سیم می‌دهند. هریک از این حلقه‌ها را یک خط نیرو با یک ماکسول می‌نامند. واحد بزرگ‌تر خط نیرو برابر با 10^{-8} خط نیرو است که یک وبر (wb) نامیده می‌شود.

وقتی موقعیت سیم را تغییر دهیم،
عقربه قطب‌نما نیز متناسب با آن
می‌چرخد



شکل ۸-۱۱- میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان

به این خاصیت (مقاومت در برابر عبور خطوط نیرو) رلوکنانس می‌گویند. اجسام مغناطیسی در مقابل عبور خطوط نیرو رلوکنانس خیلی کمی دارند. در نتیجه، خطوط فلو به وسیله یک جسم مغناطیسی حتی با طی کردن مسیری طولانی جذب می‌شوند. این خاصیت باعث می‌شود که بتوانیم اجسام را به وسیله پوششی از ماده مغناطیسی در مقابل خطوط فلو محافظت کنیم. از این روش برای ساختن ساعت ضد مغناطیس استفاده می‌کنند.



پژوهش

درباره ساعت‌های ضد مغناطیس پژوهش کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

۸-۵- میدان مغناطیسی زمین

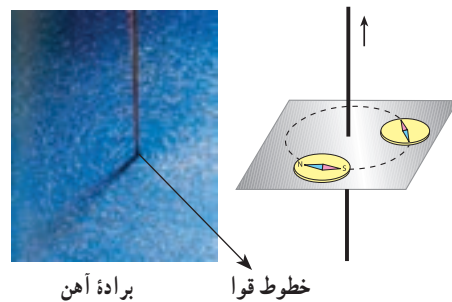
زمین جرمی چرخنده است (حرکت وضعی دارد) و در اطراف خود میدان مغناطیسی تولید می‌کند. در واقع، در مرکز آن مغناطیسی قرار گرفته که قطب S آن در نزدیکی قطب شمال جغرافیایی و قطب N آن در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی است. (شکل ۸-۱۰)



شکل ۸-۱۰- میدان مغناطیسی زمین

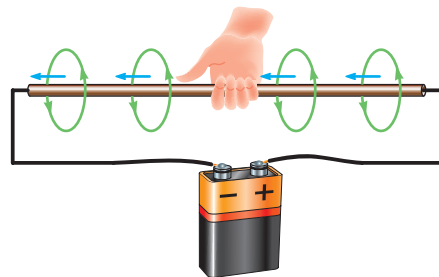
■ اثر الکترومغناطیس بر یک سیم

جهت میدان مغناطیسی همواره به جهت جریانی که از سیم می‌گذرد، بستگی دارد. برای تعیین جهت میدان مغناطیسی، می‌توان از قطب‌نما و قانون دست راست استفاده کرد. طبق شکل ۸-۱۲ چنانچه قطب‌نما را در اطراف سیم حرکت دهیم، همیشه قطب N عقربه قطب‌نما جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۱۲- تعیین جهت میدان مغناطیسی اطراف سیم با استفاده از قطب‌نما

برای تعیین جهت میدان مغناطیسی می‌توان از قانون دست راست نیز استفاده کرد. چنانچه طبق شکل ۸-۱۳ انگشت‌های دست راست را به دور سیم بیچیم، به طوری که انگشت شست در جهت جریان قرار بگیرد، بسته شدن بقیه انگشتان جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.



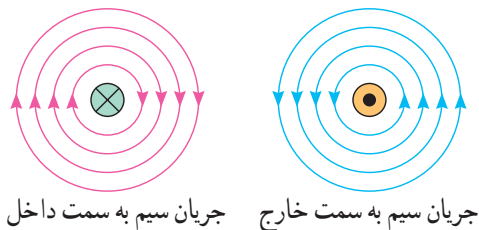
شکل ۸-۱۳- تعیین جهت میدان مغناطیسی با استفاده از قانون دست راست

جهت جریان به سمت داخل و خارج از سیم را چگونه می‌توان با جهت یک پیکان شبیه سازی کرد؟ بررسی کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.



فکر کنید

طبق شکل ۸-۱۴ از این پس برای تعیین جهت میدان مغناطیسی اطراف سیم حامل جریان، مقطع سیم را با دایره نشان می‌دهیم. در صورتی که جهت جریان در مقطع سیم از طرف ناظر به طرف صفحه کاغذ باشد، با علامت \otimes و اگر از طرف مقطع سیم به طرف ناظر باشد، با علامت \odot نمایش داده می‌شود. طبق قانون دست راست جهت میدان در سیمی با علامت \otimes در جهت موافق عقربه ساعت و در سیمی با علامت \odot در جهت مخالف حرکت عقربه ساعت خواهد بود.



شکل ۸-۱۴- جهت میدان در سیم

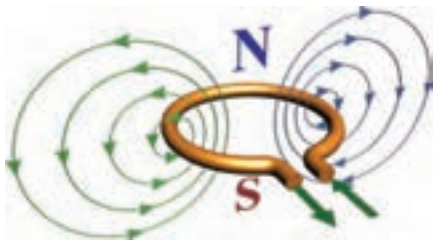
■ چگالی (تراکم) خطوط نیرو

چنانچه جریانی که از سیم می‌گذرد، بیشتر شود، میدان مغناطیسی حاصل از آن قوی‌تر خواهد شد، مانند خطوط میدان در آهن‌ربا، این خطوط نیرو در نزدیکی سیم نیز به هم نزدیک‌تر و قوی‌تر و هرچه از مرکز سیم دورتر شویم، تراکم خطوط میدان ضعیف‌تر می‌شود. خطوط میدان مغناطیسی در هر نقطه از اطراف سیم حامل جریان را، چگالی میدان مغناطیسی می‌نامند.

■ اثر متقابل میدان‌های مغناطیسی بر یکدیگر

اگر دو سیم را که جریان‌هایی در جهت‌های عکس یکدیگر از آنها می‌گذرند به هم نزدیک کنیم، میدان‌های مغناطیسی آنها یکدیگر را دفع می‌کنند، زیرا جهت خطوط نیرویشان عکس یکدیگر است و نمی‌توانند یکدیگر را قطع کنند. بنابراین میدان‌ها باعث دور شدن سیم‌ها از هم می‌شوند. (شکل ۸-۱۵)

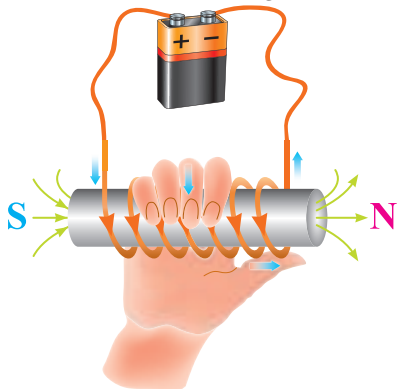
مصنوعی الکتریکی قطب شمال در طرفی از حلقه قرار دارد که خطوط نیرو از آن خارج می‌شوند و قطب جنوب در طرفی از حلقه قرار دارد که خطوط نیرو به آن وارد می‌شوند. توجه داشته باشید که چگالی میدان مغناطیسی در مرکز حلقه بیشتر است. (شکل ۱۷-۸)



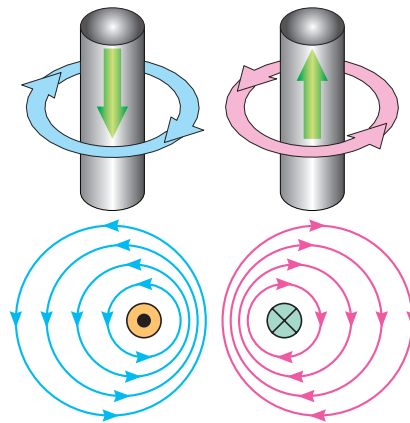
شکل ۱۷-۸ — میدان مغناطیسی حاصل در یک حلقه

■ اثر الکترومغناطیس در یک بوبین

اگر سیمی در یک جهت به صورت حلقوی پیچیده شود، یک بوبین تشکیل می‌شود. اگر از این بوبین جریانی عبور کند، میدان‌های مغناطیسی حلقه‌ها به یکدیگر اضافه می‌شوند و میدان مغناطیس بوبین قوی‌تر می‌شود. هرچه تعداد حلقه‌ها بیشتر باشد و حلقه‌ها به صورت فشرده کنار هم پیچیده شوند، میدان‌های مغناطیسی بیشتری به یکدیگر اضافه می‌شوند و در نتیجه، میدان مغناطیسی بوبین قوی‌تر خواهد بود. برای تعیین قطب‌های یک بوبین از قانون دست راست استفاده می‌شود. طبق شکل ۱۸-۸ چنانچه انگشت‌هایتان را در جهت جریان و حلقه‌های بوبین به دور بوبین حلقه کنید انگشت شست در جهت قطب N قرار می‌گیرد.

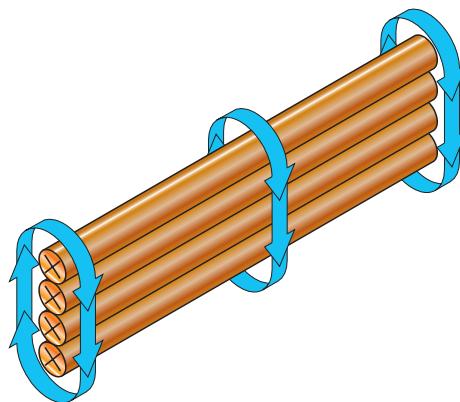


شکل ۱۸-۸ — تعیین دو قطب یک بوبین با قانون دست راست



شکل ۱۵-۸ — نیروی دافعه بین دو سیم جریان‌دار غیر هم جهت

در صورتی که دو سیم را که جریان‌های هم جهت دارند به یکدیگر نزدیک کنیم، چه تأثیری روی سیم می‌گذارد؟



شکل ۱۶-۸ — قوی‌تر کردن میدان مغناطیسی از طریق افزایش سیم‌ها چنانچه سه یا چهار سیم را طوری کنار هم قرار دهیم که جهت جریان در همه آنها یکسان باشد، میدان مغناطیسی قوی‌تر خواهد شد. (شکل ۱۶-۸)

۸-۷ — اثر الکترومغناطیسی در پیچه

■ اثر الکترومغناطیسی در یک حلقه

اگر سیمی را به صورت حلقه در آوریم و از آن جریان الکتریکی عبور دهیم، تمام خطوط نیروی مغناطیسی اطراف سیم طوری مرتب می‌شود که خطوط نیرو در مرکز حلقه تجمع و در خارج حلقه از هم دور می‌شود. به این ترتیب یک مغناطیس دائمی شکل می‌گیرد. در این مغناطیس

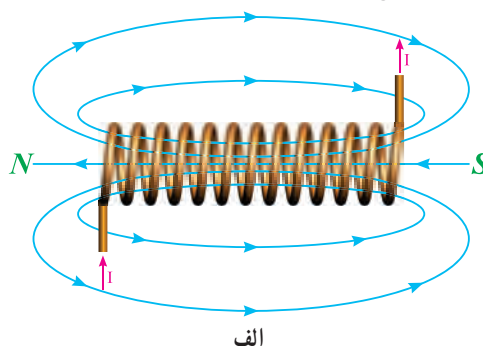
خطوط نیرو در مرکز بوبین به سه عامل زیر بستگی دارد :
(شکل ۱۹-۸)

۱- تعداد حلقه‌ها

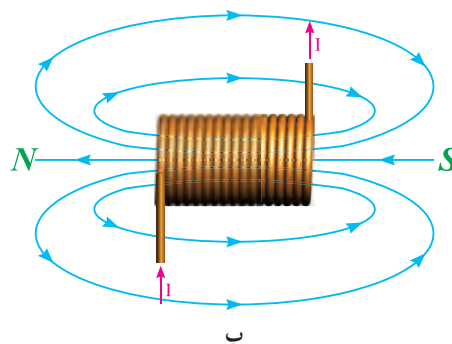
۲- جریان عبوری از بوبین

۳- فاصله حلقه‌ها

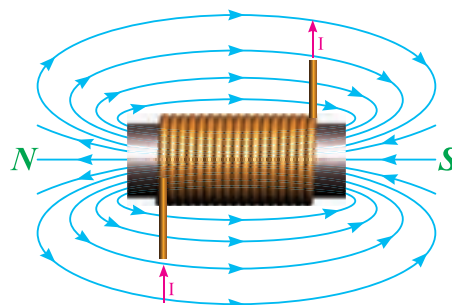
۴- جنس هسته



الف



ب



پ

شکل ۱۹-۸ اثر هسته آهنی بر چگالی میدان

■ کاربرد مغناطیس

مصرف‌کننده‌های الکتریکی از قبیل لامپ روشنایی و بخاری برقی توسط عبور جریان الکتریکی فعال می‌شوند و کار مفید انجام می‌دهند. اما مصرف‌کننده‌های دیگری مانند

زنگ اخبار و کلید قطع و وصل مغناطیسی وجود دارند که عبور جریان از آنها باعث خاصیت مغناطیسی می‌شود و نیروی حاصل از مغناطیس تولید کار می‌کند.

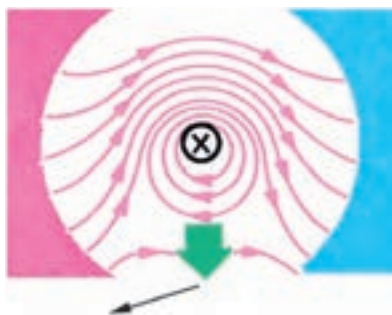


پژوهش

درباره رله‌های به کار رفته در صنعت برق و رله‌های مینیاتوری پژوهش کنید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

■ موتور الکتریکی ساده

اگر یک سیم حامل جریان در داخل یک میدان مغناطیسی قرار گیرد، میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان با میدان مغناطیسی موجود ترکیب شده و نیروی دافعه‌ای بر سیم وارد می‌کنند. بدین ترتیب، سیم به محلی که خطوط نیرو ضعیف است رانده می‌شود. جهت نیروی دافعه به جهت جریان و جهت خطوط نیرو بستگی دارد. در صورتی که هر کدام از کمیت‌ها تغییر جهت پیدا کنند، جهت نیروی دافعه نیز تغییر پیدا خواهد کرد. (شکل ۲۰-۸)



شکل ۲۰-۸ جهت نیروی دافعه

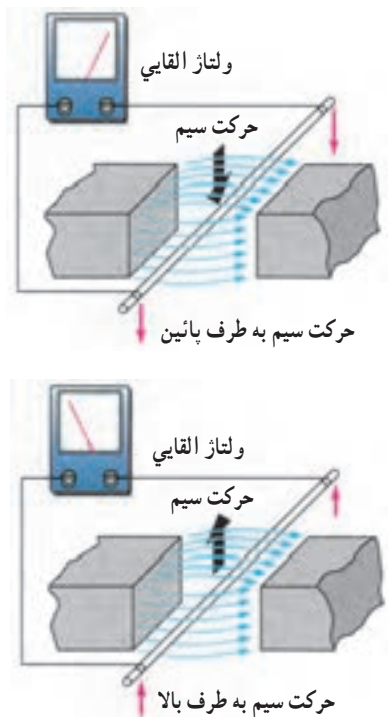
جهت نیروی دافعه را به سهولت می‌توان از قانون دست چپ پیدا کرد.

■ قانون دست چپ

اگر دست چپ را طوری باز کنیم که خطوط نیرو به کف دست وارد شوند (B) و جهت جریان در سیم جریان (I) در جهت سایر انگشتان باشد، جهت نیروی وارد شده (F) در جهت انگشت شست خواهد بود. (شکل ۲۱-۸)

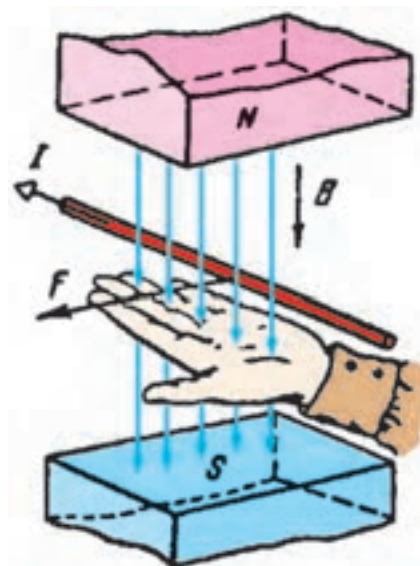
۸-۸- ژنراتور ساده

طبق شکل ۸-۲۳ اگر یک هادی را در داخل میدان مغناطیسی آهن‌ریا حرکت دهیم، انرژی مغناطیسی آهن‌ریا باعث حرکت الکترون‌ها در یک جهت و تجمع آنها در یک طرف هادی می‌شود. این روند را تولید نیروی محرکه القایی می‌گویند. حال اگر به دو سر سیم میلی‌ولت‌متری را وصل کنیم، مشاهده می‌شود که با تغییر جهت حرکت سیم، جهت نیروی محرکه القایی تغییر می‌کند.



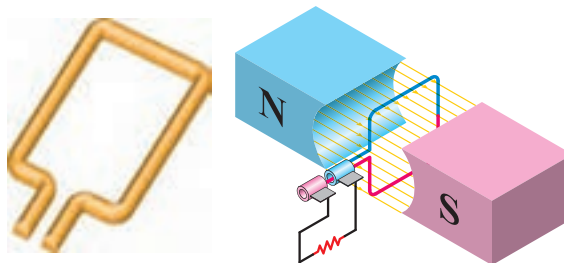
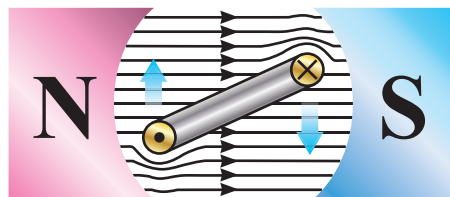
شکل ۸-۲۳- اساس کار یک ژنراتور ساده

برای به دست آوردن جهت نیروی محرکه القایی از قانون دست راست استفاده می‌شود. طبق شکل ۸-۲۴ اگر کف دست راست را طوری باز کنیم که خطوط نیرو به کف دست وارد شود، در صورتی که جهت حرکت سیم در جهت انگشت شست باشد، جهت حرکت نیروی محرکه القایی در جهت سایر انگشتان خواهد بود.



شکل ۸-۲۱- قانون دست چپ

اگر طبق شکل ۸-۲۲ سیم را به صورت کلاف درآوریم و آن را درون میدان مغناطیسی قرار دهیم، وقتی از کلاف جریان عبور کند، اثر متقابل میدان‌های مغناطیسی باعث می‌شود که یک سمت کلاف به طرف بالا و سمت دیگر به طرف پایین حرکت کند، به عبارت دیگر، به کلاف جفت نیرو وارد می‌شود و تولید گشتاور می‌کند. این فرآیند، اساس کار موتورهای الکتریکی است.



شکل ۸-۲۲- تولید گشتاور در موتور الکتریکی

۳ خطوط فلو میدان را تعریف کنید.

۴ تفاوت بین مغناطیس‌های دائمی و موقتی چیست؟

۵ جهت میدان مغناطیسی اطراف یک هادی حامل جریان

با کدام قانون تعیین می‌شود؟

۶ بوبین یا سلونوئید چه نوع قطعه‌ای است و چه کاربردی دارد؟

۷ قانون دست راست را برای سلونوئید تعریف کنید.

۸ چرا در الکترومغناطیس‌ها هسته به کار می‌برند؟ شرح دهید.

۹ قانون دست چپ در موتور را شرح دهید.

۱۰ قانون دست راست را در ژنراتور شرح دهید.

۱۱ تفاوت کلید قطع‌کننده مغناطیسی و فیوز ذوب‌شونده را شرح دهید.

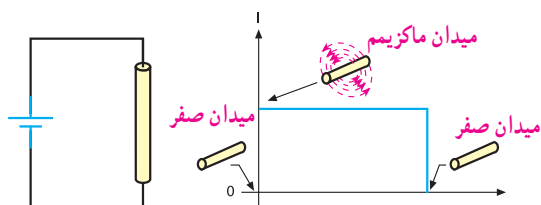


فیلم

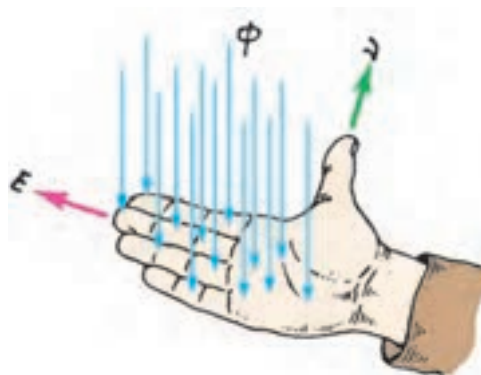
فیلم میدان مغناطیسی حاصل از جریان مستقیم و متناوب را ببینید.

۸-۸-۹ میدان مغناطیسی حاصل از یک جریان مستقیم و متناوب

اگر دو سر یک هادی را مطابق شکل ۸-۲۶ به جریان مستقیم وصل کنیم، شدت جریان به طور ناگهانی از صفر به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد و میدان مغناطیسی در اطراف هادی نیز به ناگاه از صفر به مقدار ماکزیمم خود افزایش می‌یابد. تا موقعی که جریان در هادی جاری است، میدان در ماکزیمم مقدار خود باقی می‌ماند. چنانچه مدار باز شود، جریان صفر شده و میدان نیز به صفر کاهش می‌یابد.



شکل ۸-۲۶ — میدان مغناطیسی ایجاد شده به وسیله جریان مستقیم



شکل ۸-۲۴ — قانون دست راست

فیلم ژنراتورها و موتورها را مشاهده کنید.

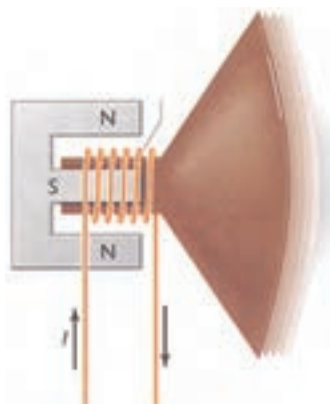
درمورد ساختمان بلندگو و طرز کار آن تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس گزارش دهید. (شکل ۸-۲۵)



فیلم



پژوهش



شکل ۸-۲۵ — ساختمان بلندگو

پاسخ دهید

آیا می‌توانیم با ثابت نگه داشتن سیم پیچ و حرکت میدان، ولتاژ الکتریکی تولید کنیم؟ نتایج فعالیت را به کلاس ارائه دهید.

الگوی پرسش (ارزشیابی واحد یادگیری ۸ از فصل سوم):

۱ ذرات با مولکول‌های مغناطیسی را تعریف کنید.

۲ میدان الکترومغناطیسی از ترکیب میدان‌های

..... و صورت می‌گیرد.

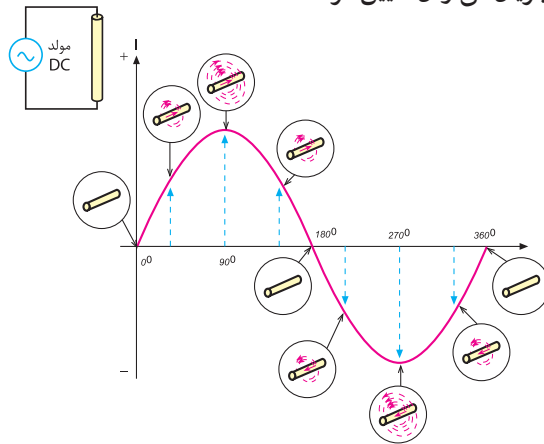
۱۰-۸- خودالقائی

با طی نیم پرپود از جریان متناوب عبوری از یک هادی، میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود و سپس به تدریج از بین می‌رود. در نیم سیکل بعدی نیز میدان در جهت مخالف ایجاد می‌شود و به تدریج از بین می‌رود.

زمانی که میدان مغناطیسی در حال ایجاد شدن است، خطوط قوای مغناطیسی از مرکز هادی به طرف خارج گسترش می‌یابند. میدان در حال گسترش به وسیله هادی قطع می‌شود و یک نیروی محرکه الکتریکی (emf) در هادی تولید می‌گردد. با کم شدن میدان و قطع خطوط قوا به وسیله هادی، باز هم یک نیروی محرکه الکتریکی در هادی القا می‌شود، بنابراین، افزایش یا کاهش جریان در هادی سبب گسترش یا فروکش کردن میدان مغناطیسی در اطراف آن می‌شود و نیروی محرکه‌ای متناسب با تغییرات میدان در هادی القا می‌گردد.

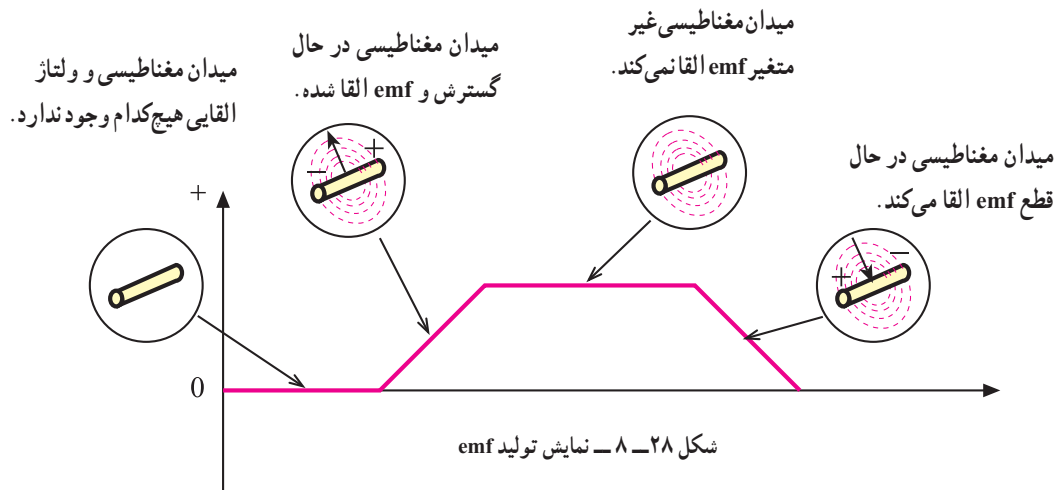
این خاصیت را خود القایی می‌گویند. توجه داشته باشید که اگر جریان عبوری از هادی ثابت باشد، میدان مغناطیسی ایجاد شده نیز ثابت خواهد بود، لذا نیروی محرکه‌ای در هادی القا نمی‌شود. شکل ۲۸-۸ القای نیروی محرکه را در زمان تغییر نشان می‌دهد.

اگر دو سر یک هادی را مطابق شکل ۲۷-۸ به یک جریان متناوب وصل کنیم، مقدار جریان و در نتیجه، شدت میدان مغناطیسی در اطراف هادی پیوسته تغییر می‌کند و با اضافه شدن تدریجی جریان، میدان حاصل از آن نیز قوی‌تر می‌شود و برعکس، با کم شدن جریان میدان نیز کمتر خواهد شد. از آنجا که جریان متناوب در هر سیکل تغییر جهت می‌دهد، جهت میدان نیز معکوس می‌شود. بنابراین، جهت میدان مغناطیسی را در هر لحظه با توجه به جهت جریان می‌توان تعیین کرد.



شکل ۲۷-۸- میدان مغناطیسی ایجاد شده به وسیله جریان متناوب

فیلم خودالقائی و قانون لنز را ببینید.



۸-۱۱- مقدار نیروی محرکه الکتریکی خود القاء

نیروی محرکه الکتریکی القا شده در یک هادی، مانند هر نیروی محرکه‌ای دارای مقدار و جهت است. از جمله عواملی که مقدار نیروی محرکه القا شده را معین می‌کند، میزان تغییرات شدت میدان مغناطیسی است. به طوری که می‌توان نوشت:

$$\text{مقدار } emf = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\text{تغییرات شار مغناطیسی}}{\text{تغییرات زمان}}$$

در این رابطه $\Delta\phi$ تغییرات شار مغناطیسی و Δt تغییرات زمان را نشان می‌دهد. شدت میدان مغناطیسی به سرعت تغییرات جریان یا تغییرات فرکانس بستگی دارد. بنابراین

مقدار نیروی محرکه القا شده، با فرکانس جریان متناسب است. با افزایش فرکانس، نیروی محرکه القا شده افزایش و با کاهش فرکانس نیروی محرکه القا شده، کاهش می‌یابد. مقدار جریان نیز از عوامل دیگری است که مقدار نیروی محرکه القا شده را معین می‌کند. یعنی، هر چه شدت جریان عبوری از هادی بیشتر باشد، میدان ایجاد شده قوی‌تر و هر چه جریان کمتر باشد، میدان ایجاد شده ضعیف‌تر می‌شود. پس به طور کلی می‌توان گفت که مقدار نیروی محرکه القا شده (خودالقا) به دامنه و فرکانس جریان عبوری از هادی بستگی دارد. شکل ۸-۲۹ عوامل ذکر شده را به خوبی نشان می‌دهد.

جریان با فرکانس زیاد و دامنه کم	جریان با فرکانس پایین و دامنه زیاد
جریان‌های فرکانس بالا می‌توانند emf قوی ایجاد کنند. علی‌رغم این که دامنه‌شان نسبتاً کم است.	جریان‌های فرکانس پایین اگر دامنه‌شان زیاد باشند، می‌توانند emf قوی ایجاد کنند.

شکل ۸-۲۹- تأثیر دامنه و فرکانس جریان بر مقدار emf القایی

۸-۱۲- جهت نیروی محرکه خودالقاء

شاید تصور شود که قطب‌ها یا جهت نیروی محرکه القایی همیشه باید در جهت جریان به وجود آورنده آن باشد. این تصور درست نیست. می‌دانیم که افزایش جریان هادی از صفر تا مقدار ماکزیمم، سبب افزایش میدان مغناطیسی نیروی محرکه القایی می‌شود.

اگر نیروی محرکه القا شده در همان جهت جریان باشد، شدت جریان را افزایش می‌دهد. افزایش جریان، نیروی

محرکه بیشتری را سبب می‌شود و افزایش نیروی محرکه نیز به نوبه خود افزایش جریان را به دنبال دارد. این دوره تناوب تکرار می‌شود تا جایی که عنصری را در مدار می‌سوزاند. اما می‌دانیم که چنین اتفاقی نمی‌افتد، یعنی جهت نیروی محرکه القایی همیشه طوری است که اثر آن مخالف با تغییر جهت جریان به وجود آورنده آن است.

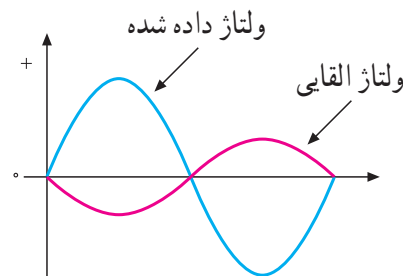
۱۳-۸- قانون لنز

در سال ۱۸۳۴ یک فیزیک‌دان آلمانی به نام لنز قانونی را به جهانیان ارائه داد که بیانگر جهت نیروی محرکه القایی در یک هادی بود و ما اکنون آن را به عنوان قانون لنز می‌شناسیم.

بر اساس قانون لنز، هر تغییر در جریان عبوری از یک هادی باعث ایجاد نیروی محرکه خودالقایی می‌شود که اثر آن با جهت تغییرات مخالفت می‌کند، به عبارت دیگر، هنگامی که جریان کاهش می‌یابد، نیروی محرکه القایی در جهتی است که با کاهش جریان مخالفت می‌کند و هنگامی که جریان افزایش می‌یابد، باز جهت نیروی محرکه خود القایی طوری است که با افزایش جریان مخالفت می‌کند.

شکل ۳-۸ رابطه بین ولتاژ یا نیروی محرکه القا شده را با ولتاژی که باعث ایجاد جریان می‌شود (ولتاژ داده شده)، با اختلاف فاز 180° درجه نشان می‌دهد. با زیاد یا کم شدن ولتاژ داده شده در یک جهت، نیروی محرکه القا شده در جهت مخالف آن زیاد یا کم می‌شود.

از آنجا که عمل نیروی محرکه القایی مخالف با ولتاژ داده شده است، آن را نیروی ضد محرکه القایی می‌نامند و با $\text{cemf} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ نمایش می‌دهند، مقدار آن را از رابطه محاسبه می‌کنند.



شکل ۳-۸- نیروی محرکه القایی همیشه با ولتاژ داده شده مخالفت می‌کند. علاوه بر دو عامل دامنه و فرکانس، عامل سومی که بر خودالقایی تأثیر می‌گذارد، شکل فیزیکی هادی است، اگر هادی به صورت سیم پیچ درآید، میزان خودالقایی بیشتر خواهد شد.

۱- Counter Electro Motive force

به طوری که می‌توان نوشت: $\text{cemf} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ که در این رابطه، N تعداد دور سیم پیچ است.

۱۴-۸- اندوکتانس یا ضریب خودالقاء

هرگاه تعداد خطوط قوای قطع شده توسط یک هادی در واحد زمان را در ضریبی که توسط شکل هادی تعیین می‌شود ضرب کنیم، مقدار نیروی ضد محرکه ایجاد شده در آن به دست می‌آید، یعنی:

$$U_{\text{Cemf}} = L \times \frac{\text{تغییرات جریان}}{\text{تغییرات زمان}}$$

ضریب مورد بحث یعنی L را که مقدار آن به شکل هادی بستگی دارد، ضریب خودالقاء یا اندوکتانس آن هادی می‌گویند.

قبلاً گفتیم که نیروی ضد محرکه القا شده در یک سیم پیچ، بسیار قوی‌تر از نیروی محرکه القا شده در یک هادی است. اندوکتانس در حقیقت یکی از خصوصیات فیزیکی یک هادی یا سیم پیچ است، اما اغلب آن را بر اساس تأثیری که بر عبور جریان دارد، تعریف می‌کنند. بنابراین، اندوکتانس عبارت از خاصیت هر هادی در مقابل هر تغییر در شدت جریان عبوری از آن است.

واحد اندوکتانس هانری^۲ است که از نام دانشمند کاشف آن گرفته شده است. اگر در یک سیم پیچ در اثر تغییر جریان یک آمپر در ثانیه نیروی ضد محرکه‌ای برابر با یک ولت ایجاد شود، اندوکتانس آن یک هانری است. واحدهای کوچک‌تر هانری، میلی‌هانری (10^{-3} H) و میکرو هانری (10^{-6} H) است. از آنجا که مقدار نیروی ضد محرکه ایجاد شده در هادی جزئی از تعریف‌های هانری است، مقدار نیروی محرکه را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$U_{\text{Cemf}} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

۲- ژوزف هانری نام فیزیک‌دان آمریکایی است که همراه با مایکل فارادی خاصیت القایی را کشف کرده است.

علامت منفی نشان می‌دهد که نیروی ضد محرکه ایجاد شده، با ولتاژ داده شده در فاز مخالف است.

مثال ۱: در یک بوبین اگر شدت جریان در یک ثانیه از ۵۰ میلی‌آمپر به ۱۰۰ میلی‌آمپر برسد و نیروی ضد محرکه‌ای مساوی یک ولت در آن تولید کند، مقدار ضریب خودالقائه (اندوکتانس) بوبین را به دست آورید.
راه حل:

$$U_{\text{Cemf}} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t} = -L \frac{i_2 - i_1}{t_2 - t_1}$$

$$1V = -L \frac{(0/1 - 0/5)A}{1\text{sec}}$$

$$L = \frac{1}{0/4} = 2/5H$$

۱۵-۸ عوامل مؤثر در ضریب خودالقائه یا (اندوکتانس)

عوامل مؤثر در ضریب خودالقائه یا اندوکتانس یک سلف را به دو دسته تقسیم می‌کنیم:

الف) جنس هسته

ب) عوامل فیزیکی

الف) جنس هسته: همان طور که می‌دانیم، اصولاً سلف از یک سیم‌پیچ درست شده است و ماده‌ای که سیم به دور آن پیچیده می‌شود، هسته نام دارد.

این هسته‌ها ممکن است از مواد مغناطیسی یا غیرمغناطیسی باشند. هسته‌های با مواد مغناطیسی، خطوط قوای مغناطیسی ایجاد شده توسط سیم‌پیچ را به راحتی از خود عبور می‌دهند، یعنی قابلیت نفوذپذیری (ضریب نفوذ) آنها زیاد است. این مواد را معمولاً مواد فرومغناطیسی می‌نامند.

ضریب نفوذ هسته را با حرف μ (مو) مشخص می‌کنند. ضریب نفوذ مغناطیسی هسته تعیین‌کننده ضعف میدان مغناطیسی در هسته است.

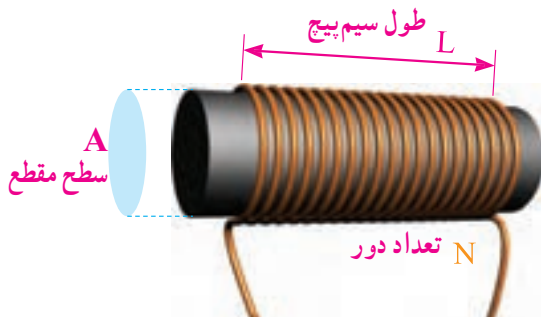
ضریب نفوذ مواد (μ) نسبت به ضریب نفوذ هوا (μ_0) سنجیده و به صورت $\mu = \mu_r \mu_0$ بیان می‌شود. در این رابطه $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{H}{m}$ و μ_r برای مواد فرومغناطیسی بزرگ‌تر از ۱۰۰ و برای مواد غیرمغناطیسی حدود ۱ است.

ب) عوامل فیزیکی: پارامترهای زیر، همان‌گونه که در شکل ۳۱-۸ نشان داده شده است، بر اندوکتانس سلف مؤثراند.

۱- تعداد دور سیم‌پیچ

۲- طول سیم‌پیچ

۳- سطح مقطع هسته



شکل ۳۱-۸ پارامترهای مهم در یک سلف

اندوکتانس با توجه به عوامل مؤثر در آن به صورت زیر نوشته می‌شود.

$$L = \frac{\mu N^2 A}{l}$$

L اندوکتانس بر حسب هانری، μ ضریب نفوذ هسته بر حسب هانری بر متر، A سطح مقطع هسته بر حسب مترمربع و l طول سیم‌پیچ بر حسب متر است.

مثال ۲: با توجه به شکل ۳۲-۸ مقدار اندوکتانس بوبین چقدر است؟ هسته از جنس هوا است.

۱- Δi و Δt که دلتای و دلتا تی تلفظ می‌شود، همان تغییرات شدت جریان و تغییرات زمان است.

۲- این رابطه در حالتی صادق است که l از قطر هسته بزرگ‌تر باشد.

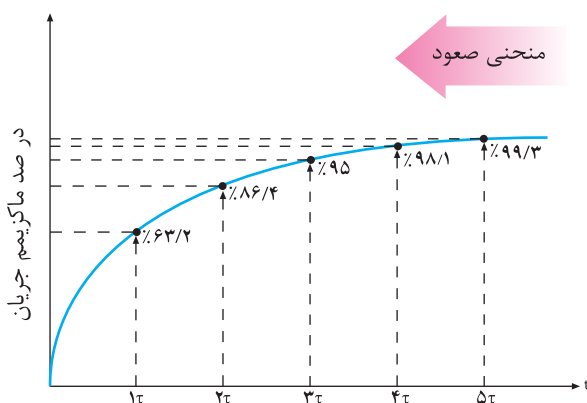
می‌شود که در فرآیند شارژ جریان در یک سلف به $63/2\%$ درصد مقدار ماکزیمم خود برسد. مقدار ثابت زمانی در یک مدار سلفی به مقدار مقاومت (R) و اندوکتانس (L) بستگی دارد و از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\tau = \frac{L}{R}$$

همان‌گونه که از رابطه گفته شده بر می‌آید، ثابت زمانی با اندوکتانس سیم‌پیچ نسبت مستقیم و با مقدار مقاومت اهمی سیم‌پیچ، نسبت عکس دارد. بنابراین، هرچه اندوکتانس بزرگ‌تر یا مقاومت کوچک‌تر باشد، ثابت زمانی طولانی‌تر خواهد شد. اگر اندوکتانس (L) برحسب هانری و مقاومت (R) برحسب اهم باشد، ثابت زمانی (τ) برحسب ثانیه به دست می‌آید.

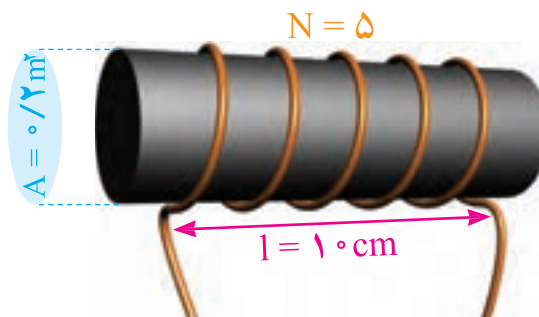
معمولاً ۵ ثابت زمانی طول می‌کشد تا جریان در یک سلف به مقدار ماکزیمم خود برسد. مقدار درصد افزایش شدت جریان را در ثابت‌های زمانی مختلف در منحنی شکل ۸-۳۳ در حالت شارژ (صعود) مشاهده می‌کنید.

در ثابت زمانی اول جریانی به اندازه $63/2\%$ درصد کل جریان نهایی از سیم‌پیچ می‌گذرد. در ثابت زمانی دوم، جریان به $86/4\%$ درصد می‌رسد. در ثابت‌های زمانی سوم، چهارم و پنجم این روند ادامه می‌یابد. به طوری که در ثابت زمانی پنجم مقدار جریان تقریباً به حداکثر خود می‌رسد. منحنی ۸-۳۳ روند افزایش جریان و مقدار هر ثابت زمانی را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۳۳ — منحنی شارژ سیم‌پیچ

$$L = \frac{\mu_0 \cdot A \cdot N^2}{l} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.02 \times 5^2}{10 \times 10^{-2}} = 62/8 \mu\text{H}$$



شکل ۸-۳۲ — بوبین مثال ۲

در مثال ۲ اگر تعداد دور سیم به 100° دور افزایش یابد، ضریب خودالقاء چند میلی‌هانری می‌شود و چند برابر ضریب خودالقاء به دست آمده در مثال ۲ است؟ آنها را با هم مقایسه کنید و نتیجه را به بحث بگذارید.



کارگروهی

۸-۱۶ — ثابت زمانی

در یک مدار مقاومتی جریان مستقیم، شدت جریان به طور لحظه‌ای تغییر می‌کند، یعنی با بستن کلید، جریان به طور ناگهانی از صفر به ماکزیمم و با قطع کلید، یکباره از ماکزیمم به صفر می‌رسد. در صورتی که اگر بوبینی به مدار اضافه شود، جریان دیگر نمی‌تواند به این صورت تغییر کند. بنابراین، با بستن کلید، جریان سعی دارد به طور آنی افزایش یابد اما نیروی ضد محرکه ایجاد شده با افزایش آنی جریان مخالفت می‌کند و در نتیجه، مدت زمانی طول می‌کشد تا جریان به مقدار ماکزیمم خود برسد. با قطع کلید نیز جریان به طور آنی به صفر نمی‌رسد، زیرا نیروی ضد محرکه تولید شده، با این تغییر سریع مخالفت می‌کند. لذا جریان به تدریج به صفر می‌رسد، این فرآیند را شارژ شدن سیم‌پیچ می‌نامند.

طی این تغییرات، رابطه‌ای بین جریان به دست آمده و مدت زمان رسیدن به این جریان، به وجود می‌آید که با کمیتی به نام ثابت زمانی بیان می‌شود و آن را با حرف τ (تاو) نمایش می‌دهند. بنابر تعریف، ثابت زمانی به مدت زمانی گفته

در طول پنج ثابت زمانی، جریان به ۹۹٪ مقدار ماکزیمم می‌رسد. این مقدار عملاً همان ۱۰۰٪ است.

نکته

سری و موازی کردن سیم‌پیچ‌ها مشابه سری و موازی کردن مقاومت‌ها است.

تمرین: در مثال ۳ اگر بویینی با اندوکتانس ۲۰ mH به جای بویین ۱۰ mH قرار گیرد، ثابت زمانی را محاسبه کنید. پس از چه مدت جریان ماکزیمم می‌شود؟

الگوی پرسش (ارزشیابی و احادیادگیری ۸ از فصل سوم):

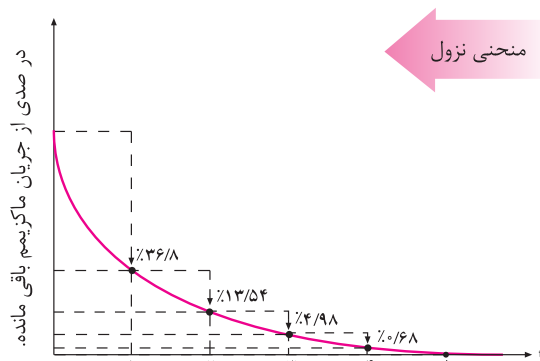
- ۱ خودالقائی و ضریب خودالقائی را تعریف کنید.
- ۲ تغییرات جریان چه اثراتی بر سیم‌پیچ می‌گذارد؟
- ۳ قانون لنز را با ذکر رابطه شرح دهید.
- ۴ فرق بین emf و Cemf را شرح دهید.
- ۵ عوامل مؤثر بر مقدار ضرایب القاء و خودالقاء را نام ببرید.
- ۶ سیم‌پیچی به طول ۵۰ سانتی‌متر و سطح مقطع ۰/۰۲ مترمربع با هسته هوا دارای ۱۰۰۰ دور است. اولاً ضریب خودالقائی آن تقریباً چند میلی‌هنری است؟ ثانیاً اگر بخواهیم ضریب خودالقاء دو برابر شود، تعداد دور سیم‌پیچ باید چند دور شود؟ (جواب ۵۰ mH و ۱۴۱۰ دور)

۷ در یک بویین با ضریب خودالقائی ۳ میلی‌هنری، جریان در مدت دو ثانیه از یک آمپر به ۷ آمپر افزایش می‌یابد و لذا ضریب خودالقائی در بویین چند میلی‌ولت است؟ اگر ضریب خودالقائی ۳ هنری باشد، و لذا ضریب القائی چند میلی‌ولت می‌شود؟ (جواب ۹- و ۹۰۰۰-)

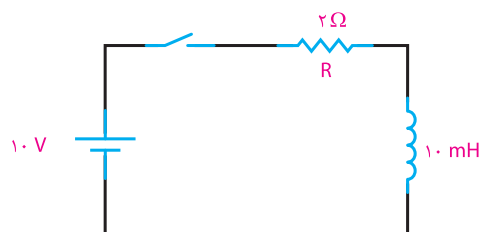
۸ یک بویین با ضریب خودالقائی ۲ هنری و مقاومت اهمی ۵/۰ اهمی در دست است. اگر این بویین را به ولتاژ ۱/۵ ولت مستقیم وصل کنیم، ماکزیمم جریان مدار چند آمپر می‌شود؟ چه مدت زمانی طول می‌کشد تا جریان ماکزیمم شود؟ (جواب ۳ آمپر و ۲۰ ثانیه)

با قطع جریان در مدار، سیم‌پیچ شروع به تخلیه می‌کند. همان‌گونه که در منحنی شکل ۸-۳۴ مشهود است، در ثابت زمانی اول جریان به اندازه ۶۳/۲ درصد از مقدار ماکزیمم کاهش پیدا می‌کند و به ۳۶/۸ درصد می‌رسد. در ثابت زمانی دوم به ۱۳/۶ درصد می‌رسد. این روند در ثابت‌های زمانی سوم، چهارم و پنجم ادامه می‌یابد، به طوری که در ثابت زمانی پنجم تقریباً مقدار جریان مدار به صفر می‌رسد.

در ۵ ثابت زمانی، به کمتر از ۱٪ مقدار ماکزیمم سقوط می‌کند. که عملاً همان صفر است.



شکل ۸-۳۴ - منحنی نزول شدت جریان در مدار سلفی (دشارژ سیم‌پیچ)
مثال ۳: در مدار شکل ۸-۳۵ پس از بستن کلید، مدت زمانی را که شدت جریان به مقدار ماکزیمم خود می‌رسد، محاسبه کنید.



شکل ۸-۳۵ - مدار مثال ۳

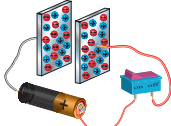
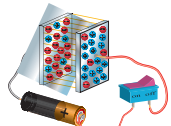
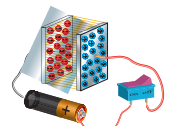
راه حل:

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{10 \times 10^{-3} \text{ (H)}}{2 \text{ (}\Omega\text{)}} = 5 \text{ (ms)}$$

$$5\tau = 5 \times 5 \text{ ms} = 25 \text{ ms}$$

۸-۱۷- خازن

بروند اما عایق بین صفحات، امکان این حرکت را نمی‌دهد. الکترون‌ها نمی‌توانند از طریق عایق به طرف صفحه مثبت بروند. لذا یک نیروی الکتریکی بین دو صفحه به وجود می‌آید که این نیرو را «میدان الکتریکی» می‌نامند. میدان الکتریکی را نمی‌توان دید اما می‌توان آن را به صورت خطوط نیروی الکتریکی فرضی بین دو صفحه خازن نشان داد. هرچه شارژ روی صفحات خازن بیشتر باشد، میدان الکتریکی ایجاد شده قوی‌تر خواهد بود. شکل ۸-۳۷ میدان الکتریکی بین صفحات خازن را نشان می‌دهد.

	خازن شارژ نشده بدون میدان الکتریکی
	خازن تا حدودی شارژ شده میدان الکتریکی متوسط
	خازن کاملاً شارژ شده میدان الکتریکی قوی

شکل ۸-۳۷- نمایش میدان الکتریکی بین صفحات خازن در حالت‌های مختلف

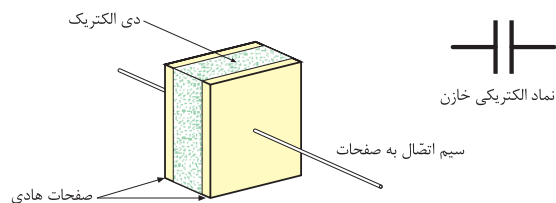
۸-۱۹- شارژ خازن با ولتاژ DC

برای این که خازن شارژ شود، یعنی انرژی الکتریکی را ذخیره کند، باید آن را به یک اختلاف پتانسیل (ولتاژ) وصل کرد. این ولتاژ به وسیله یک باتری تأمین می‌شود. قطب مثبت باتری، به یک طرف و قطب منفی آن به طرف دیگر خازن، مانند شکل ۸-۳۸ وصل می‌شود. قبل از بستن کلید، صفحات خازن خنثی است و هیچ انرژی الکتریکی در آن ذخیره نخواهد شد.

با بستن کلید، در لحظه اول خازن اتصال کوتاه است و مشابه سیم‌پیچ بعد از ۵ ثابت زمانی شارژ و ولتاژ دو سر آن به اندازه ولتاژ منبع می‌شود و جریان به صفر می‌رسد.

خازن وسیله‌ای الکتریکی است که در مدارهای الکتریکی اثر خازنی ایجاد می‌کند. اثر خازنی خاصیتی است که سبب می‌شود مقداری انرژی الکتریکی در یک میدان الکترواستاتیک ذخیره شود. به تعبیر دیگر، خازن‌ها عناصری هستند که می‌توانند مقداری الکتریسیته را به صورت یک میدان الکترواستاتیک در خود ذخیره کنند. همان‌گونه که یک مخزن آب برای ذخیره کردن مقداری آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. خازن‌ها به اشکال گوناگون ساخته می‌شوند و متداول‌ترین آنها خازن‌های مسطح هستند. این نوع خازن‌ها از دو صفحه هادی که بین آنها عایق (دی الکتریک) قرار دارد، تشکیل می‌شوند.

شکل ۸-۳۶ طرح ساده یک خازن مسطح و نماد الکتریکی آن را نشان می‌دهد. صفحات هادی نسبتاً بزرگ‌اند و در فاصله بسیار نزدیک به هم قرار می‌گیرند. دی الکتریک انواع مختلفی دارد و با ضریب مخصوصی که نسبت به هوا سنجیده می‌شود، معرفی می‌گردد. این ضریب را ضریب دی الکتریک می‌گویند و آن را با حرف ϵ (اپسیلون) نمایش می‌دهند.



شکل ۸-۳۶- طرح ساده یک خازن مسطح و نماد الکتریکی

۸-۱۸- میدان الکتریکی

هنگامی که یک خازن شارژ می‌گردد، یک صفحه آن دارای بار منفی و صفحه دیگر دارای بار مثبت می‌شود. چون بار منفی به وسیله یک بار مثبت جذب می‌شود، الکترون‌های صفحه منفی مایل‌اند به طرف صفحه مثبت

شود. با ایجاد مسیر، الکترون‌های صفحه منفی به طرف پتانسیل مثبت در صفحه مثبت جاری می‌شوند. تبادل الکترون بین صفحات آن قدر ادامه پیدا می‌کند تا صفحات خنثی شوند. در این موقع، خازن هیچ گونه ولتاژی ندارد و می‌گویند خازن دشارژ شده است. حرکت الکترون‌ها از مسیر ایجاد شده جریان دشارژ نامیده می‌شود.

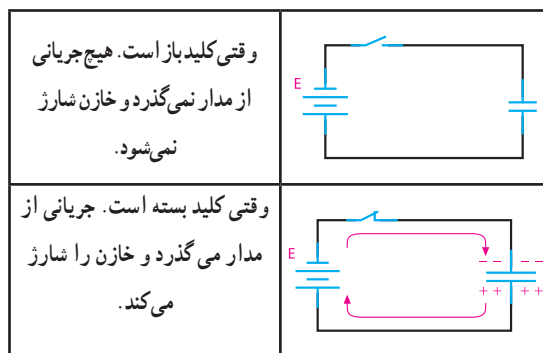
۸-۲۱- ظرفیت خازن

ظرفیت یک خازن، که آن را با حرف C نمایش می‌دهند، نمودار میزان توانایی ذخیره کردن شارژ (بار) الکتریکی است. بنا به تعریف، ظرفیت خازن برابر است با مقدار بار الکتریکی که روی یکی از صفحات خازن جمع شود تا پتانسیل آن نسبت به صفحه دیگر به اندازه یک ولت افزایش یابد. به عبارت دیگر، خارج قسمت بار الکتریکی (Q) ذخیره شده روی هر یک از صفحات خازن بر اختلاف پتانسیل (V) میان دو صفحه را ظرفیت آن خازن گویند. لذا می‌توان گفت که میزان ذخیره شدن شارژ الکتریکی به ظرفیت خازن‌ها بستگی دارد. در یک ولتاژ برابر خازنی که ظرفیت کمتری دارد، بار کم‌تر و خازنی که ظرفیت بیشتری دارد، بار بیشتری را در خود ذخیره می‌کند. واحد ظرفیت فاراد است که از نام مایکل فارادی گرفته شده است.

تعریف فاراد عبارت است از نسبت یک کولن^۱ بار ذخیره شده در هر یک از صفحات خازنی که به اختلاف پتانسیل یک ولت اتصال داده شده باشد. با توجه به تعریف ارائه شده ظرفیت خازن از رابطه زیر قابل محاسبه است.

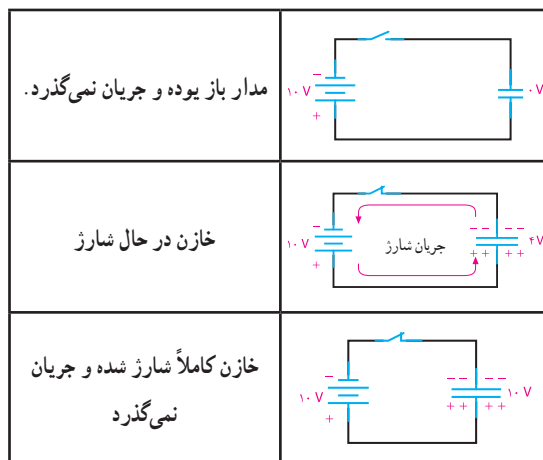
$$C = \frac{Q}{V}$$

C ظرفیت خازن بر حسب فاراد (F)، Q بار یک صفحه بر حسب کولن (C) و V ولتاژ دو سر خازن است. فاراد واحد بزرگی است و در کارهای عملی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. در عمل از واحدهای کوچک‌تری مثل میلی‌فاراد



شکل ۸-۳۸- اتصال باتری و شارژ شدن خازن

باید به این نکته توجه کرد که جریان شارژ و ولتاژ خازن مخالف یکدیگر عمل می‌کنند. یعنی در ابتدای شارژ جریان ماکزیمم و ولتاژ خازن صفر است. هر چه به ولتاژ خازن اضافه می‌شود، شدت جریان کاهش می‌یابد. وقتی ولتاژ خازن به مقدار ماکزیمم خود می‌رسد، جریان صفر می‌شود. شکل ۸-۳۹ این مطلب را به روشنی نمایش می‌دهد.



شکل ۸-۳۹- شارژ شدن خازن به اندازه ولتاژ باتری

۸-۲۰- دشارژ (تخلیه) خازن

یک خازن شارژ شده باید شارژ خود را به مدت نامحدودی نگه دارد، در حالی که این امر عملی نیست. با جدا شدن منبع شارژ از خازن، دیر یا زود خازن شارژ (بار) خود را از دست می‌دهد.

عمل از دست دادن شارژ را دشارژ می‌نامند. برای دشارژ خازن‌ها لازم است یک مسیر هادی بین دو صفحه ایجاد

۱- کولن (coulomb) واحد بار الکتریکی است و مقدار آن بار $10^{18} \times 6/28$ الکترون می‌باشد.

(mF)، میکروفاراد (μF) و نانوفاراد (nF) استفاده می‌کنند.

مثال ۴: یک خازن در اثر اعمال ۲۰ ولت به دوسر آن باری معادل ۸۰ کولن را ذخیره می‌کند. ظرفیت خازن چقدر است؟

راه حل:

$$C = \frac{Q}{V} \quad C = \frac{80(C)}{20(V)} = 4(F)$$

تمرین: خازنی با ظرفیت ۴ μF را به ولتاژ ۵۰ ولت اتصال می‌دهیم، مقدار بار ذخیره شده چقدر است؟

مثال ۵: به دوسر خازن ۱ μF چه ولتاژی بدهیم تا باری معادل ۱۰ μC در آن ذخیره شود؟

$$V = \frac{Q}{C} \\ V = \frac{10 \times 10^{-6}(C)}{1 \times 10^{-6}(F)} = 10V$$

۸-۲۲ عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن

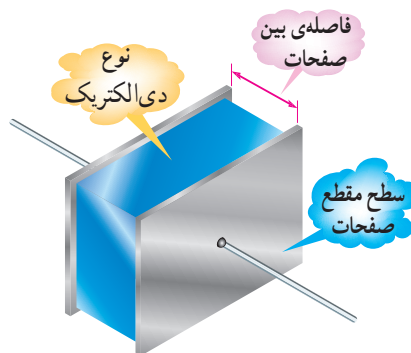
مهم‌ترین عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن عبارت‌اند از:

۱- مساحت صفحات

۲- فاصله بین صفحات

۳- دی‌الکتریک به کار رفته بین صفحات

ظرفیت یک خازن فقط^۱ به ابعاد و نوع عایق آن بستگی دارد، نه به مقدار ولتاژ و بار ذخیره شده در آن. شکل ۸-۴۰ عوامل مؤثر در ظرفیت را نشان می‌دهد.



شکل ۸-۴۰ عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن

۱- فرکانس ولتاژ دو سر خازن، درجه حرارت و مدت زمانی که خازن مورد استفاده قرار می‌گیرد از عوامل دیگری است که بر ظرفیت خازن تأثیر ناچیزی می‌گذارند، به طوری که می‌توان در بعضی مواقع از آنها صرف نظر کرد.

ظرفیت خازن نسبت مستقیم با سطح مشترک خازن و نسبت معکوس با فاصله صفحات دارد. همچنین جنس دی‌الکتریک در میزان ظرفیت مؤثر است. مقدار ظرفیت خازن از رابطه: $C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 A}{d}$ قابل محاسبه است.

در این رابطه A سطح مشترک صفحات خازن و d فاصله صفحات از هم یا ضخامت دی‌الکتریک است. ϵ_r ضریب دی‌الکتریک خازن یا قابلیت تحمل دی‌الکتریک (خاصیت عایقی) نسبت به هوا است. ضریب دی‌الکتریک عدد ثابتی است که نشان می‌دهد خاصیت دی‌الکتریک هر ماده چند برابر خاصیت دی‌الکتریک هوا است. در رابطه ظرفیت خازن، A برحسب مترمربع و d برحسب متر و ϵ_r برحسب فاراد برمتر است (F/m).

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

تمرین: ظرفیت خازنی با سطح مقطع ۲۰٪ مترمربع و ضخامت دی‌الکتریک ۱/۸ سانتی‌متر و ϵ_r (ضریب دی‌الکتریک) برابر ۴ را محاسبه کنید.

همان‌طور که ذکر شد ماده عایق مورد استفاده بین صفحات خازن را دی‌الکتریک گویند. دی‌الکتریک به کار رفته در خازن‌ها می‌تواند هوا، خلاء، کاغذ، شیشه، میکا و... باشد.

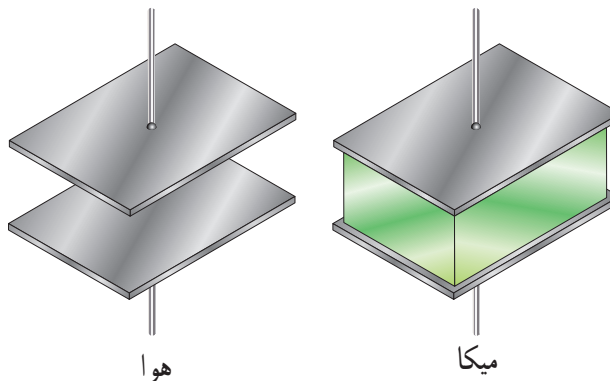
بعضی از دی‌الکتریک‌ها به علت اینکه ظرفیت خازنی بزرگی تولید می‌کنند، دی‌الکتریک‌های خوبی هستند. در حالی که برخی دیگر ظرفیت کوچکی تولید می‌کنند و در نتیجه، دی‌الکتریک‌های ضعیفی هستند.

تفاوت بین دی‌الکتریک‌های خوب و ضعیف، از چگونگی تأثیر نیروی الکترواستاتیکی بر مولکول‌های دی‌الکتریک مشخص می‌شود.

شکل ۸-۴۱ تأثیر دی‌الکتریک را بر ظرفیت خازن نشان می‌دهد.

۸-۲۳ - نشت در خازن‌ها

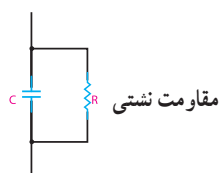
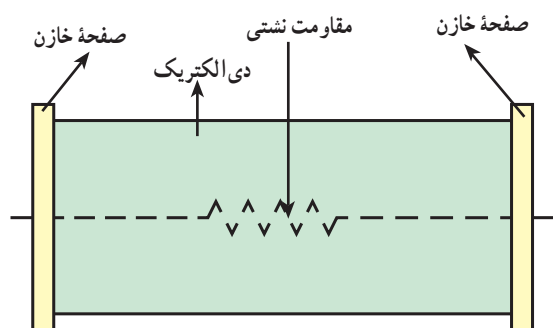
دی‌الکتریک مورد استفاده در خازن‌ها باید از عبور هرگونه جریانی بین صفحات خازن جلوگیری کند. مگر در مواقعی که به دلیل ولتاژ بسیار زیاد، مولکول‌های دی‌الکتریک شکسته شوند. در هر صورت، عملاً عایقی به معنای صددرد وجود ندارد. لذا دی‌الکتریک‌ها هم مقدار بسیار کمی جریان را از خود عبور می‌دهند. مقاومتی که هر دی‌الکتریک در مقابل عبور جریان از خود نشان می‌دهد، مقاومت نشتی خازن نامیده می‌شود. شکل ۸-۴۳ مقاومت نشتی و مدار معادل آن را نشان می‌دهد. مقاومت نشتی معمولاً حدود مگا اهم است. در اثر کارکرد زیاد خازن مقاومت نشتی آن به تدریج کاهش می‌یابد.



شکل ۸-۴۱ - ظرفیت خازن سمت راست، ۵ برابر ظرفیت خازن سمت چپ است. مقدار ضرایب دی‌الکتریک را در جداول خاص مشخص می‌کنند.



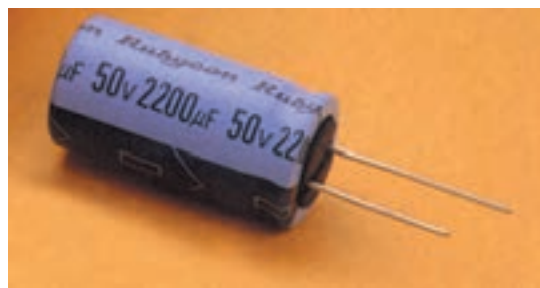
با مراجعه به فضای مجازی انواع جداول مربوط به ضریب دی‌الکتریک خازن را بیابید و درباره آن بحث کنید و نتایج را به کلاس ارائه دهید.



شکل ۸-۴۳ - مقاومت نشتی و مدار معادل آن

از جمله مشخصه‌های دیگر خازن ولتاژ کار آن است که همراه با ظرفیت روی بدنه خازن نوشته می‌شود و حتماً باید به آن توجه داشت.

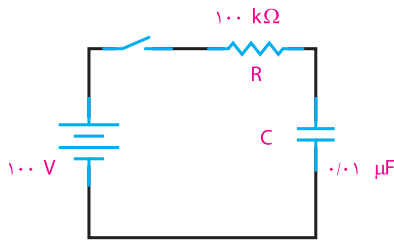
ولتاژ کار خازن حداکثر ولتاژ DC است که خازن می‌تواند در آن ولتاژ، کار عادی خود را انجام دهد، مثلاً خازن شکل ۸-۴۲ که روی آن $2200\mu F/50V$ نوشته شده است، می‌تواند تا $50V$ DC را تحمل کند و به کار خود ادامه دهد.



شکل ۸-۴۲ - خازن الکترولیتی

۸-۲۴ - ثابت زمانی خازن

چنانچه خازنی به تنهایی در یک مدار DC قرار گیرد، به سرعت شارژ می‌شود. شارژ سریع خازن به این دلیل اتفاق می‌افتد که در مسیر شارژ هیچ‌گونه مقاومتی وجود ندارد. حال اگر مقاومتی را به مدار اضافه کنیم، وجود آن در مسیر شارژ، زمان شارژ را طولانی‌تر می‌کند. مقدار دقیق زمان شارژ به مقدار مقاومت قرار گرفته در مسیر شارژ (R)



شکل ۴۵-۸ مدار RC

راه حل: ثابت زمانی مدار

$$\tau = RC = 100 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6} = 10 \text{ m sec}$$

$$5\tau = 5 \times 10 \text{ ms} = 50 \text{ ms}$$

پنج میلی ثانیه طول می کشد تا خازن شارژ شود.
تمرین: در شکل ۴۵-۸ اگر مقدار ظرفیت خازن را به سه برابر و مقدار مقاومت را به $\frac{1}{4}$ کاهش دهیم، میزان زمان شارژ را در این حالت محاسبه کنید.

۲۵-۸ انرژی ذخیره شده در خازن

میدان الکترواستاتیکی ذخیره شده در خازن، دارای انرژی است. این انرژی به وسیله ولتاژ منبع که خازن را شارژ کرده است، تأمین می شود. چنانچه منبع ولتاژ را از خازن قطع کنیم، خازن در مرحله دشارژ قادر به باز پس دادن این انرژی خواهد بود. مقدار انرژی الکتریکی ذخیره شده در یک خازن از رابطه زیر به دست می آید.

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

C ظرفیت خازن بر حسب فاراد، V ولتاژ دوسر خازن بر حسب ولت و W مقدار انرژی ذخیره شده بر حسب ژول است.

مثال ۷: مقدار انرژی یک خازن $1 \mu\text{F}$ که با ولتاژ ۴۰۰ ولت شارژ شده را محاسبه کنید.

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

راه حل:

$$W = \frac{1}{2} \times 1 \times 10^{-6} \times (400)^2$$

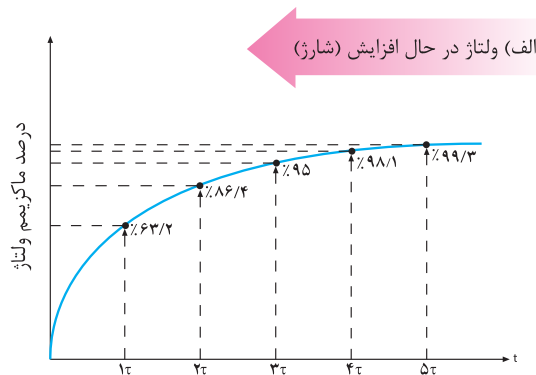
$$W = 0.08 \text{ ژول}$$

و ظرفیت خازن (C) بستگی دارد و به کمک رابطه زیر مشخص می شود.

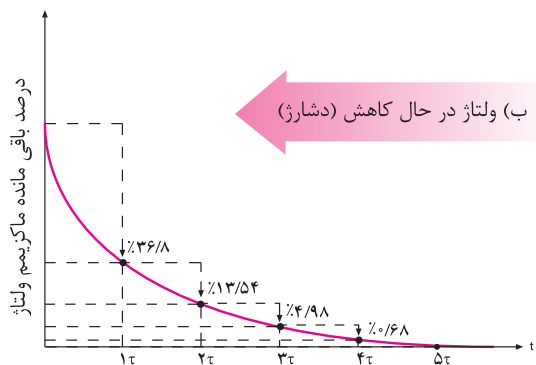
$$\tau = RC$$

τ را ثابت زمانی خازن گویند و آن، مدت زمانی است که ولتاژ خازن به $63/2\%$ درصد ولتاژ کل آن برسد.

منحنی شارژ و دشارژ در خازن مشابه شارژ و دشارژ بوبین است. در شکل ۴۴-۸ منحنی های شارژ و دشارژ خازن را ملاحظه می کنید.



در ۵ ثابت زمانی، ولتاژ به بیش از ۹۹٪ ماکزیمم می رسد که این مقدار عملاً ۱۰۰٪ است.



در ۵ ثابت زمانی، ولتاژ به کمتر از ۱٪ مقدار ماکزیمم می رسد که این مقدار عملاً صفر است.

شکل ۴۴-۸ منحنی شارژ و دشارژ خازن

مثال ۶: مدار شکل ۴۵-۸ را در نظر می گیریم. پس از بستن کلید چه مدت طول می کشد تا خازن شارژ شود؟

مقدار ظرفیت خازن سری از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

در صورتی که خازن‌ها با هم مساوی باشند، رابطه ظرفیت خازن معادل برای n خازن چنین است:

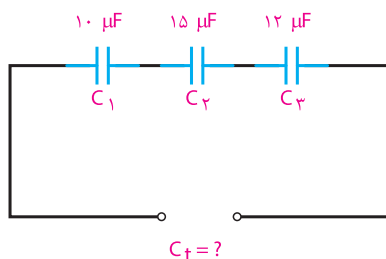
$$C_t = \frac{C}{n}$$



پژوهش

رابطه محاسبه ظرفیت معادل در خازن‌ها به صورت سری از چه رابطه‌ای به دست می‌آید؟

مثال ۸: ظرفیت معادل مدار شکل‌های ۸-۴۷ را به دست آورید.



شکل ۸-۴۷ مدار اتصال سری سه خازن

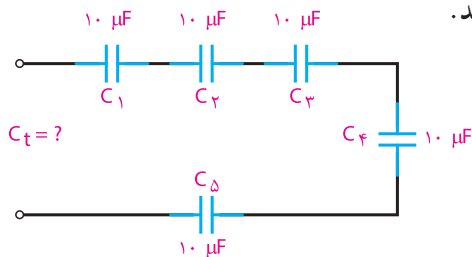
راه حل:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{12} = \frac{6+4+5}{60} = \frac{15}{60}$$

$$C_t = \frac{60}{15} = 4 \mu F$$

تمرین: ظرفیت معادل مدار شکل‌های ۸-۴۸ را به دست آورید.



شکل ۸-۴۸ مدار اتصال سری پنج خازن

انرژی ذخیره شده در خازن شارژ شده، حتی اگر به مداری متصل نباشد، می‌تواند ایجاد شوک الکتریکی کند. اگر دو سر یک خازن شارژ شده را با انگشتان دست بگیرید، ولتاژ دو سر آن در بدن پدیدار می‌شود که یک جریان تخلیه ایجاد می‌نماید. انرژی ذخیره شده بیشتر از یک ژول در خازن شارژ شده با ولتاژهای زیاد می‌تواند شوک الکتریکی خطرناکی را به وجود آورد و حتی موجب مرگ شود.



پژوهش

در مورد خازن و نقش آن در فلاشرهای عکاسی و دستگاه‌های شوک الکتریکی پژوهش کنید و نتیجه آن را در کلاس ارائه نمایید.

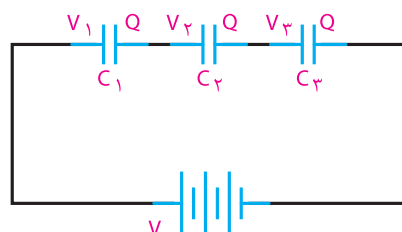
۸-۲۶ اتصال خازن‌ها

خازن را بسته به نوع استفاده از آنها می‌توان به سه طریق سری، موازی و مختلط به هم متصل کرد.

الف- اتصال سری خازن‌ها: در شکل ۸-۴۶ طرز به هم بستن سری خازن‌ها را مشاهده می‌کنید. در اتصال سری، فاصله مؤثر بین صفحات بیشتر می‌شود و ظرفیت معادل مجموعه خازنی کاهش می‌یابد. همان‌گونه که در شکل می‌بینید، تنها دو صفحه ابتدا و انتهای مجموعه خازنی که به مولد بسته شده است، از مولد، بار الکتریکی دریافت می‌کنند و صفحات دیگر از طریق القاء دارای بار الکتریکی می‌شوند. بنابراین، اندازه بار الکتریکی همه خازن‌ها یکی است ولی اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه برابر با حاصل جمع اختلاف پتانسیل‌های دوسر خازن‌هاست. یعنی:

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 \quad (1)$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \quad (2)$$



شکل ۸-۴۶ چگونگی اتصال سری خازن‌ها

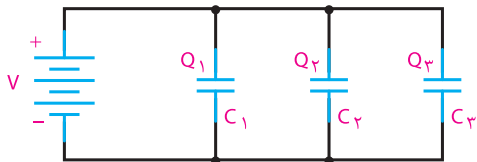


نتیجه

خازن C_1 که ظرفیت کمتری دارد، شارژ (ولتاژ) بیشتری را به خود گرفته است (50 ولت).

تمرین: در مدارهای شکل ۸-۴۸ و ۸-۴۹ اگر ولتاژ تغذیه 60 ولت باشد، مقدار ولتاژ در هر یک از خازن‌ها را محاسبه کنید.

(ب) اتصال موازی خازن‌ها: شکل ۸-۵۰ اتصال چند خازن را به طور موازی نشان می‌دهد. در اتصال موازی خازن‌ها سطح مؤثر صفحات زیادتر می‌شود و ظرفیت معادل افزایش می‌یابد و اختلاف پتانسیل بین دو صفحه همه آنها برابر ولتاژ منبع است ولی بار الکتریکی ذخیره شده در هر خازن با ظرفیت آن متناسب است:



۸-۵۰ اتصال موازی خازن‌ها

مقدار ظرفیت خازن معادل در مدار موازی از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

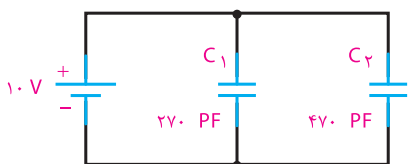
$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$



پژوهش

رابطه ظرفیت خازن معادل در مدار موازی را اثبات کنید.

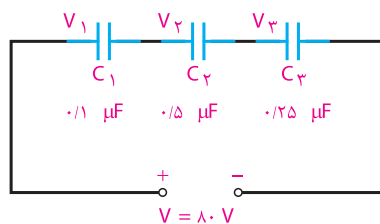
مثال ۱۰: در مدار شکل ۸-۵۱ ظرفیت کل، ولتاژ و بار دو سر هر خازن را محاسبه کنید.



۸-۵۱ مدار مثال ۱۰

افت ولتاژ دو سر خازن‌ها در مدار سری با ظرفیت هر خازن نسبت معکوس دارد. یعنی، هر چه ظرفیت خازن کمتر باشد، مقدار ولتاژ شارژ روی آن بیشتر خواهد بود. به تعبیر دیگر، در مدار سری، دو سرخازن‌های با ظرفیت کمتر، ولتاژ بیشتری نسبت به خازن‌های با ظرفیت بیشتر، افت می‌کند.

مثال ۹: در مدار شکل ۸-۴۹ در صورتی که همه خازن‌ها شارژ کامل باشند، ولتاژ دو سر خازن را محاسبه کنید.



۸-۴۹ مدار مثال ۹

راه‌حل:

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{0.1} + \frac{1}{0.5} + \frac{1}{0.25} = \frac{5+1+2}{0.5} = \frac{8}{0.5}$$

$$C_t = \frac{0.5}{8} \mu F$$

در مدار سری مقدار بار خازن‌ها یکسان برابر است با

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_t$$

$$Q_t = \frac{0.5 \times 8}{8} = 5C$$

با استفاده از رابطه $V = \frac{Q}{C}$ مقدار ولتاژ دو سر هر خازن را به دست می‌آوریم.

$$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{5}{0.1} = 50V$$

$$V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{5}{0.5} = 10V$$

$$V_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{5}{0.25} = 20V$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V = 50 + 10 + 20 = 80V$$

راه حل: ظرفیت معادل برابر است با

$$C_T = C_1 + C_2 = 270 + 470 = 740 \text{ PF}$$

$$V = V_1 = V_2 = 10 \text{ V}$$

مقدار بار هر خازن از رابطه $Q = CV$ محاسبه می شود.

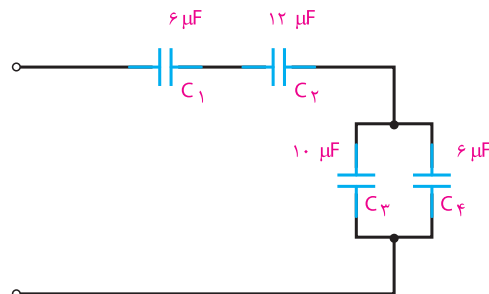
$$Q_1 = C_1 V = 270 \times 10^{-12} \times 10 = 2.7 \times 10^{-9} \text{ کولن}$$

$$Q_2 = C_2 V = 470 \times 10^{-12} \times 10 = 4.7 \times 10^{-9} \text{ کولن}$$

تمرین: ظرفیت معادل ۱۵ خازن ۱۰۰۰ میکروفارادی را که به طور موازی بسته شده اند، محاسبه کنید.

ج) اتصال مختلط خازن ها: در اتصال مختلط خازن ها از قوانین مربوط به اتصال سری و موازی متناسب با روش انجام شده استفاده می کنیم. یعنی، ابتدا کل مجموعه را به مجموعه های جزء سری و موازی تقسیم می کنیم، آنگاه معادل مجموعه های جزء را به دست می آوریم و سپس قوانین سری و موازی را درباره آنها اجرا می کنیم.

مثال ۱۱: ظرفیت کل مدار شکل ۸-۵۲ را محاسبه کنید.



شکل ۸-۵۲ مدار مثال ۱۱

راه حل: در این مدار C_1 و C_2 سری است که روابط سری را درباره این دو عمل می کنیم. در نهایت، مجموعه C_1 و C_2 با مجموعه C_3 و C_4 سری هستند و از قوانین سری پیروی می کنند. بنابراین، می توان نوشت:

$$C_{1,2} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} = \frac{6 \times 12}{6 + 12} = 4 \mu\text{F}$$

$$C_{3,4} = C_3 + C_4 = 10 + 6 = 16 \mu\text{F}$$

$$C_t = \frac{4 \times 16}{4 + 16} = \frac{16}{5} = 3.2 \mu\text{F}$$

البته می توانستیم ابتدا ظرفیت $C_{3,4}$ را حساب کنیم و سپس ظرفیت معادل را به صورت مجموعه سه خازن سری به دست آوریم.

۲۷-۸- جمع بندی ویژگی ها و قوانین سری و موازی در مدارهای DC

$\frac{Q}{V}$ - بار ذخیره شده در هر خازن با بار کل برابر است. - ولتاژ کل با مجموع ولتاژهای جزء برابر است. - ظرفیت کل کاهش می یابد.	$\frac{Q}{V}$ $\frac{Q}{V}$
$\frac{Q}{V}$ - ولتاژ کل با ولتاژ دو سر هر خازن برابر است. - بار کل با مجموع بارهای جزء برابر است. - ظرفیت کل افزایش می یابد.	$\frac{Q}{V}$ $\frac{Q}{V}$

الگوی پرسش (ارزشیابی و احیاءگیری ۸ از فصل سوم):

۱ شارژ و دشارژ در خازن را تعریف کنید.

۲ میدان الکترواستاتیکی چگونه پدید می‌آید؟

۳ ظرفیت خازن به چه عواملی بستگی دارد؟

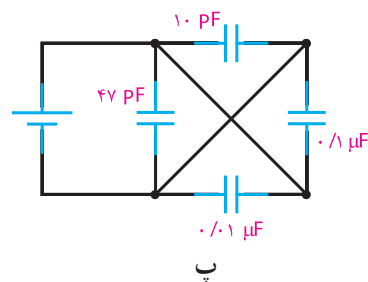
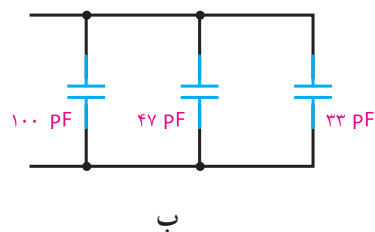
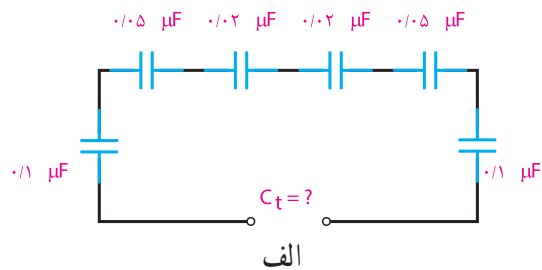
۴ چرا دی‌الکتریک را در خازن به کار می‌بریم؟

۵ منظور از قابلیت تحمل دی‌الکتریک یک ماده را توضیح دهید.

۶ ثابت زمانی یک مدار RC را توضیح دهید و رابطه آن را بنویسید.

۷ ویژگی‌های مدار سری و موازی را با یکدیگر مقایسه کنید.

۸ در مدار شکل ۸-۵۳ مقدار C_t را حساب کنید (جواب: پ) $110.57 \mu F$ (ب) 180 pF (الف) 25 nF

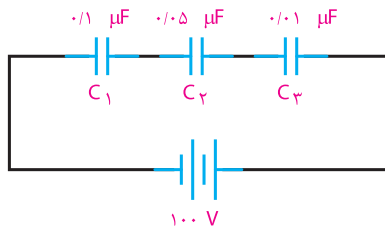


شکل ۸-۵۳ — مدار سؤال ۸

۹ ولتاژ دو سر هر خازن مدار شکل ۸-۵۴ در صورت

شارژ بودن همه آنها چه قدر است؟

(جواب: $V_1 = \frac{100}{13} \text{ V}$, $V_2 = \frac{100}{65} \text{ V}$, $V_3 = \frac{100}{13} \text{ V}$)

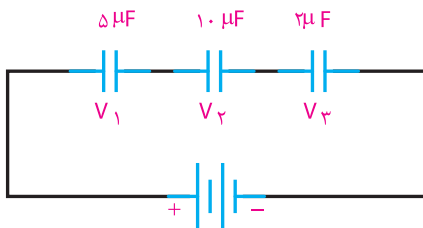


شکل ۸-۵۴ — مدار سؤال ۹

۱۰ در مدار شکل ۸-۵۵ اگر مقدار بار ذخیره شده در

مجموعه خازن‌ها 100 میکروکولن باشد، ولتاژ دو سر هر خازن را محاسبه کنید.

(جواب: $V_1 = 20 \text{ V}$, $V_2 = 10 \text{ V}$, $V_3 = 50 \text{ V}$)

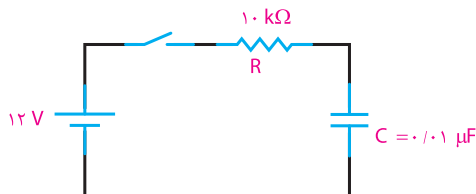


شکل ۸-۵۵ — مدار سؤال ۱۰

۱۱ در مدار شکل ۸-۵۶ اگر خازن خالی باشد و کلید را

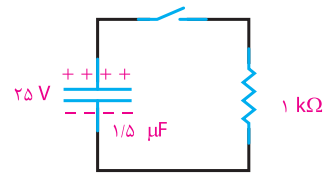
به مدت 20 میلی‌ثانیه ببندیم، خازن چه قدر شارژ می‌شود؟

(جواب: شارژ کامل 12 ولت)



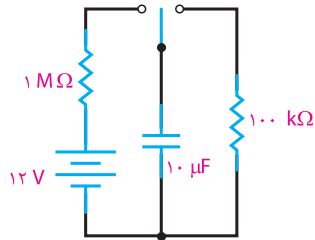
شکل ۸-۵۶ — مدار سؤال ۱۱

۱۲ در مدار شکل ۸-۵۷ خازن دارای شارژ کامل است. کلید را به مدت ۳ میلی ثانیه می‌بندیم. چه ولتاژی از خازن خالی می‌شود؟
(جواب: ۲۱/۶ ولت)



شکل ۸-۵۷ - مدار سؤال ۱۲

۱۳ در مدار شکل ۸-۵۸ با بستن کلید، خازن پس از چه مدت شارژ می‌شود؟ پس از شارژ خازن در صورت جابه‌جایی کلید و اتصال آن به دوسر مقاومت $100\text{ k}\Omega$ ، خازن پس از چه مدت تخلیه خواهد شد؟



شکل ۸-۵۸ - مدار سؤال ۱۳