پودمان دوم

مدارهای الکتریکی DC

واحد یادگیری۵ : کسب شایستگی در حل مسائل مدارهای سری، موازی، «سری موازی».

واحد یادگیری۶ : 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 یادگیری۷ : کسب شایستگی در اتصال پیل‌ها و باتری‌ها و اجرای محاسبات مربوطه.

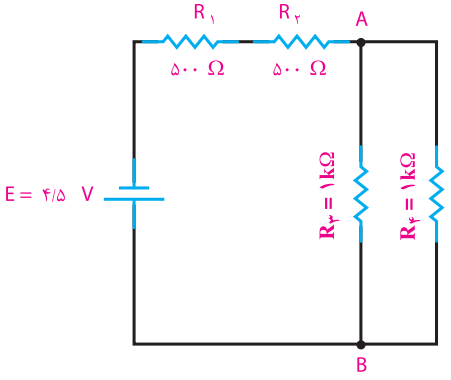
واحد یادگیری۸ : کسب شایستگی در تحلیل رفتار سلف و خازن در جریان مستقیم و انجام محاسبات مربوطه.

واحد یادگیری ۵

مدارهای سری ــ موازی و ترکیبی

۱ــ۵ــ مدارهای ترکیبی (سری ــ موازی)

مدار ترکیبی «سری موازی» به مداری گفته می‌شود که در آن ترکیبی از مقاومت‌های سری و موازی وجود داشته باشد. در شکل ۱ــ۵ نقشه فنی مدار «سری ــ موازی» اهمی را مشاهده می‌کنید.



شکل ۱ــ۵ــ مدار مختلط (سری ــ موازی)

مدارهای «سری ــ موازی» از قوانین مربوط به مدار سری و موازی تبعیت می‌کنند. مثلاً در شکل ۱ــ۵ مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ به طور سری و مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ به طور موازی بسته شده‌اند.

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

$$R_x=R_۱+R_۲$$

$$R_x=۵۰۰+۵۰۰=۱۰۰۰\Omega=۱K\Omega$$

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

$$R_y=R_۳||R_۴$$

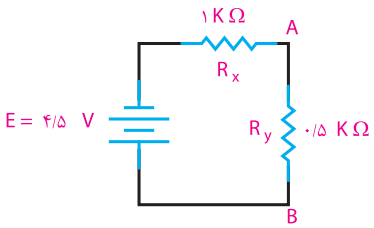
$$R_y=\frac{۱۰۰۰}{۲}=۵۰۰\Omega=۰/۵\,k\Omega$$

مقاومت R_x، (معادل مقاومت‌های سری $R_۱$ و $R_۲$) و R_y، (معادل مقاومت‌های موازی $R_۳$ و $R_۴$) با هم به صورت سری بسته شده‌اند، لذا معادل آن دو، یعنی R_t، برابر است با :

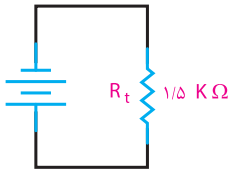
$$R_t=R_x+R_y$$

$$R_t=۱+۰/۵=۱/۵\,k\Omega$$

در شکل‌های ۲ــ۵ و ۳ــ۵ مدارهای هر یک از مراحل رسم شده است.



شکل ۲ــ۵ــ مدار اصلی معادل R_x و R_y



شکل ۳ــ۵ــ مدار معادل نهایی

جریان کل از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$I=\frac{E}{R_t}=\frac{۴/۵V}{۱/۵k\Omega}=۳mA$$

در شکل ۲ــ۵ 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.

$$U_{Rx}=I.R_x$$

$$U_{Rx}=۳mA\times۱k\Omega=۳V$$

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

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

$U_{AB}=U_{Ry}=۴/۵V-۳V=۱/۵V$

جریان کل، بعد از عبور از مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ در نقطه A تقسیم می‌شود. جریان هر شاخه را محاسبه می‌کنیم.

$$I_{R_۳}=\frac{U_{AB}}{R_۳}=\frac{۱/۵V}{۱kΩ}=۱/۵mA$$

$$I_{R_۴}=\frac{U_{AB}}{R_۴}=\frac{۱/۵V}{۱kΩ}=۱/۵mA$$

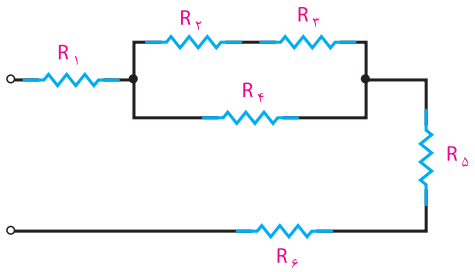
نکته

برای حل مدارهای ترکیبی معمولاً R_x و R_y را به صورت $R_{۱۲}$ و $R_{۳۴}$ نشان می‌دهند، که منظور از $R_{۱۲}$ مجموعه سری مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ و منظور از $R_{۳۴}$ مجموعه موازی مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ است.

پاسخ‌دهید

آیا روش دیگری برای محاسبه جریان‌های $I_{R۳}$ و $I_{R۴}$ وجود دارد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، جریان‌ها را با روش پیشنهادی خود محاسبه کنید.

مثال۱ : در مدار شکل ۴ــ۵ مشخص کنید کدام مقاومت‌ها با هم سری و کدام مقاومت‌ها با هم موازی هستند؟

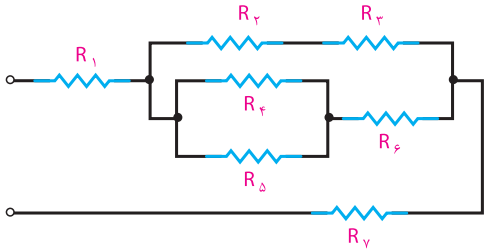


شکل ۴ــ۵ مدار مثال ۱

حل : $R_۲$ و $R_۳$ با هم سری، $R_{۲,۳}$ با $R_۴$ موازی و $R_۱$ و $(R_{۲,۳,۴})$ و $R_۵$ و $R_۶$ با هم سری‌اند. خلاصه این توضیح را به صورت زیر می‌توان نوشت :

$R_t=R_۱+[(R_۲+R_۳)||R_۴]+R_۵+R_۶$

مثال۲ : در مدار شکل ۵ــ۵ مقاومت‌های سری و موازی را با استفاده از نمادهای تعریف شده بنویسید.



شکل ۵ــ۵ــ مدار مثال ۲

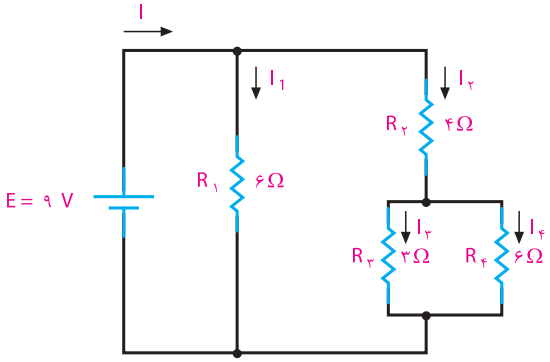
حل :

$R_t=R_۱+\{(R_۲+R_۳)||[(R_۴||R_۵)+R_۶]\}+R_۷$

بارش فکری

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

مثال۳ : مقاومت معادل، جریان کل و جریان هر شاخه از مدار شکل ۶ــ۵ را به دست آورید.



شکل ۶ــ۵ مدار مثال ۳

حل :

$$R_{۳,۴}=R_۴\|R_۳=\frac{۳\times۶}{۳+۶}=۲\,Ω$$

$$R_{۳,۴}+R_۲=۲\,Ω+۴\,Ω=۶\,Ω$$

مقاومت کل

$$R_t=R_۱\|R_{۲,۳,۴}=\frac{۶\,Ω}{۲}=۳\,Ω$$

شدّت جریان کل

$$I=\frac{E}{R_t}=\frac{۹V}{۳\,Ω}=۳A$$

بحث گروهی

بررسی کنید چرا مقاومت R_T برابر $\frac{۶}{۲}$ یعنی ۳ اهم به دست آمده است؟ نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

شدت جریان $I_۱$ از تقسیم کردن ولتاژ منبع بر $R_۱$ به دست می‌آید.

$$I=\frac{E}{R_۱}=\frac{۹V}{۶\Omega}=۱/۵A$$

شدت جریان $I_۲$ پس از عبور از $R_۲$ به $I_۳$ و $I_۴$ تقسیم می‌شود؛ بنابراین، جریان $I_۲$ برابر است با :

$$I=I_{۲,۳,۴}=\frac{E}{R_{۲,۳,۴}}=\frac{۹V}{۶\Omega}=۱/۵A$$

شدت جریان $I_۳$ را از طریق تقسیم جریان $I_۲$ بین $R_۳$ و $R_۴$ محاسبه می‌کنیم.

$$I_۳=I_۲\frac{R_۴}{R_۴+R_۳}$$

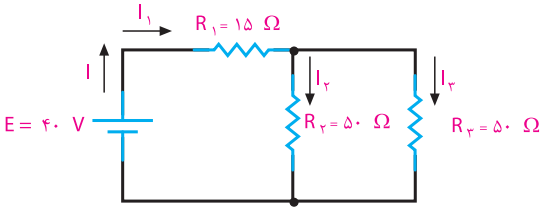
$$I_۳=\frac{۱/۵A\times۶\Omega}{(۶+۳)\Omega}=۱A$$

جریان $I_۴$ از تفاضل شدت جریان‌های $I_۲$ و $I_۳$ به‌دست می‌آید. چرا؟

$$I_۴=I_۲-I_۳$$

$$I_۴=۱/۵A-۱A=۰/۵A$$

مثال ۴ : افت ولتاژ دوسر $R_۲$ و $R_۱$ را در مدار شکل ۷ــ۵ حساب کنید.



شکل ۷ــ۵ مدار مثال ۴

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

$$R_۲ \,||\, R_۳=\frac{۵۰\Omega}{۲}=۲۵\Omega$$

$$R_t=R_۱+R_{۲,۳}$$

$$R_t=۱۵\Omega+۲۵\Omega=۴۰\Omega$$

$$I=\frac{E}{R_t}=\frac{۴۰V}{۴۰\Omega}$$

$$I=۱\ A$$

افت ولتاژ دو سر $R_۱$ از حاصل ضرب شدت جریان عبوری از آن در مقدار $R_۱$ به دست می‌آید.

$$U_{R_۱}=R_۱I_۱$$

$$I=I_۱=۱\ A$$

$$U_{R_۱}=۱۵\Omega\times۱A=۱۵V$$

یا

$$U_{R_{۲,۳}}=U_{R_۲}=U_{R_۳}=E-U_{R_۱}=۴۰-۱۵=۲۵V$$

فکر کنید

آیا روش دیگری برای محاسبه افت ولتاژ $V_{R_{۲۳}}$ وجود دارد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، مسئله را با روش‌های پیشنهادی خود حل کنید.

چون $R_۲$ و $R_۳$ با هم مساوی‌اند، شدت جریان کل به نسبت مساوی بین آن دو تقسیم می‌شود، یعنی :

$$I_۲=\frac{I}{۲}=\frac{۱A}{۲}=۰/۵A$$

$$U_{R_۲}=I_۲R_۲$$

$$U_{R_۲}=۰/۵A\times۵۰\Omega=۲۵V$$

نرم افزار

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

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

۱ چرا مقاومت‌ها را موازی می‌بندند؟

۲ مقاومت معادل مدار موازی را تعریف کنید.

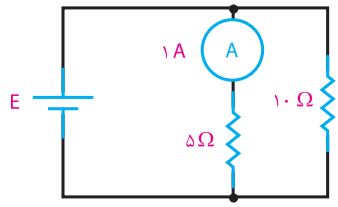
۳ حالت‌های خاص را در محاسبه مقاومت معادل توضیح دهید.

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

۵ مدار ترکیبی از چه قوانینی پیروی می‌کند؟

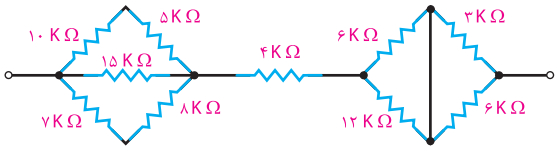
۶ مصرف‌کننده‌های برقی به چه صورت به شبکه بسته می‌شوند؟

۷ در شکل ۸ــ۵ ولتاژ باتری (E) و جریان کل را محاسبه کنید.



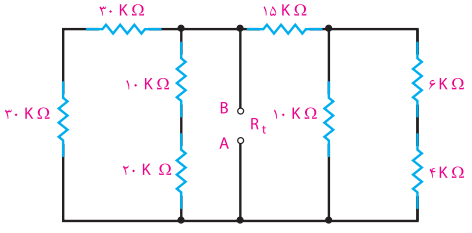
شکل ۸ــ۵ مدار سؤال ۷

۸ مقاومت معادل مدار شکل ۹ــ۵ را محاسبه کنید.



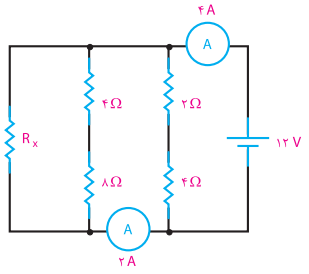
شکل ۹ــ۵ مدار سؤال ۸

۹ مقاومت معادل مدار R_t بین دو نقطه A و B در مدار شکل ۱۰ــ۵ را محاسبه کنید. اگر بین دو نقطه A و B منبع ولتاژ ۱۰۰ ولتی وصل شود، جریان کل عبوری از مدار چند میلی‌آمپر است؟



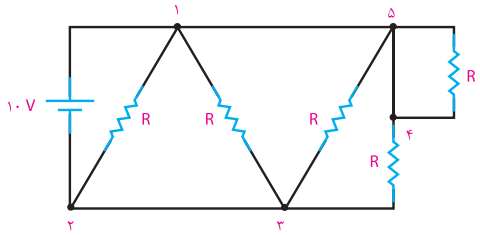
شکل ۱۰ــ۵ ــ مدار سؤال ۹

۱۰ مقدار مقاومت R_X در مدار شکل ۱۱ــ۵ را محاسبه کنید.



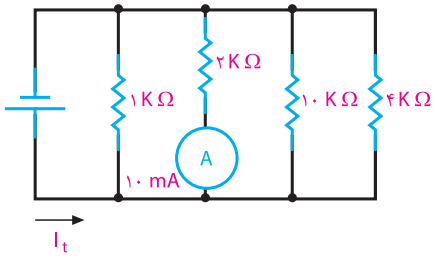
شکل ۱۱ــ۵ ــ مدار سؤال ۱۰

۱۱ در شکل ۱۲ــ۵ اختلاف پتانسیل‌های $U_{۱۲}$، $U_{۱۳}$، $U_{۵۳}$، $U_{۵۴}$، $U_{۴۳}$، $U_{۲۳}$ و $U_{۱۵}$ را محاسبه کنید.



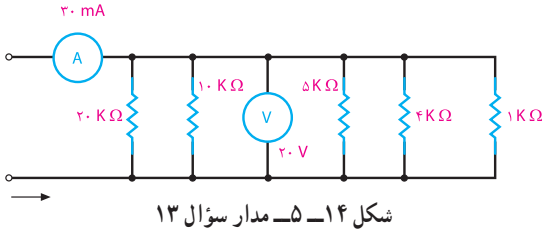
شکل ۱۲ــ۵ــ مدار سؤال ۱۱

۱۲ در مدار شکل ۱۳ــ۵، جریان کل I_t را محاسبه کنید.



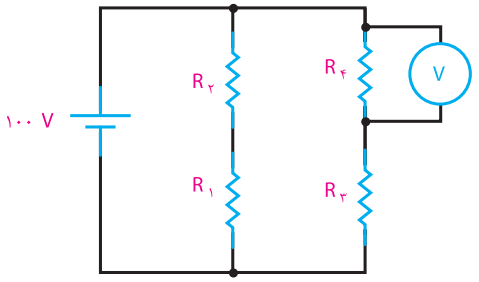
شکل ۱۳ــ۵ــ مدار سؤال ۱۲

۱۳ در مدار شکل ۱۴ــ۵ 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.



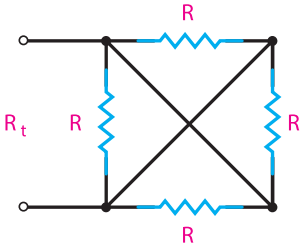
شکل ۱۴ــ۵ــ مدار سؤال ۱۳

۱۴ در مدار شکل ۱۵ــ۵ در چه صورت ولت‌متر عدد صفر را نشان می‌دهد؟ فرایند محاسبات را با ذکر دلیل بنویسید.



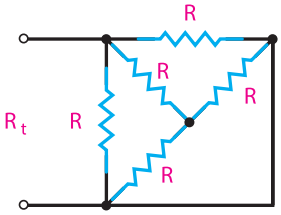
شکل ۱۵ــ۵ ــ مدار سؤال ۱۴

۱۵ در شکل ۱۶ــ۵ مقدار R_t را محاسبه کنید.



شکل ۱۶ــ۵ــ مدار سؤال ۱۵

۱۶ مقاومت معادل شکل ۱۷ــ۵ را محاسبه کنید.



شکل ۱۷ــ۵ــ مدار سؤال ۱۶

نرم افزار

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

واحد یادگیری ۶

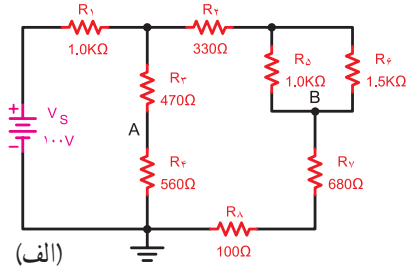
قوانین حاکم بر مدارهای الکتریکی

۱ــ۶ــ قوانین کیرشهف

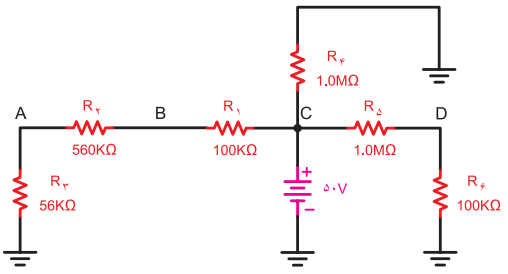
در برخی موارد برای حل مدارهای الکتریکی پیچیده‌ای مانند شکل ۱ــ۶ استفاده از قانون اهم به تنهایی کافی نیست و به کارگیری روش‌ها و قانون دیگر مربوط به الکتریسیته نیز لازم است.

در سال ۱۸۷۵ میلادی کیرشهف براساس آزمایش‌ها و تحقیقاتی که انجام داد نظریات خود را درقالب دو قانون بیان داشت.

پیش از بررسی قوانین کیرشهف باید با تعاریف شاخه، گره و حلقه آشنا شویم.



(الف)



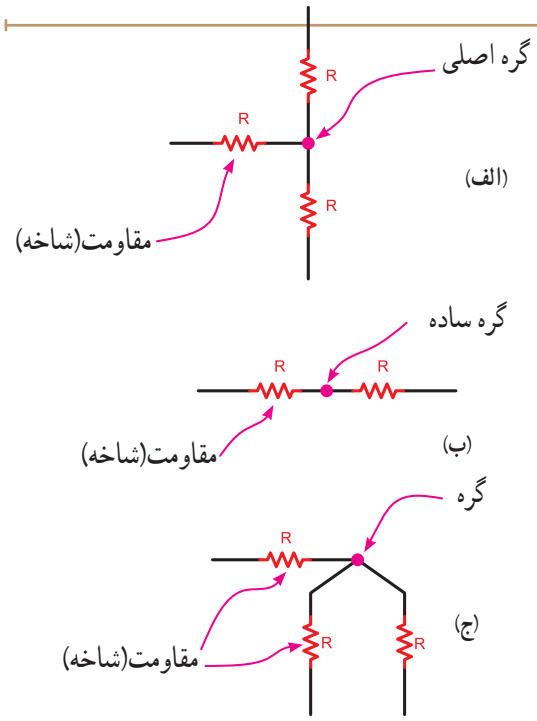
(ب)

شکل ۱ــ۶ــ نمونه‌هایی از مدارهای پیچیده

فیلم مربوط به قوانین کیرشهف را ببینید.

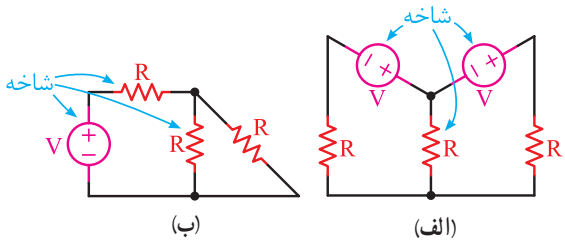
فیلم

● **تعریف گره :** محل اتصال بیش از دو شاخه در یک مدار الکتریکی را «گره اصلی» می‌نامند. شکل ۲ــ۶ نمونه‌هایی از گره‌های مختلف را نشان می‌دهد. درصورتی که دو قطعه به هم وصل شوند، نقطه اتصال آنها می‌تواند یک گره ساده (فرعی) فرض شود.



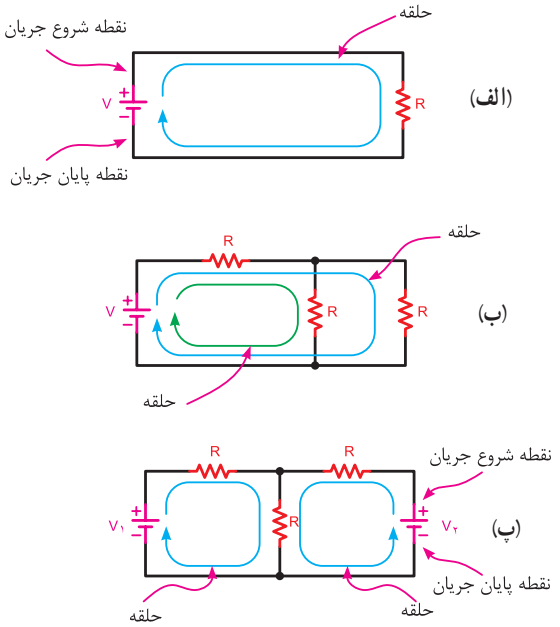
شکل ۲ــ۶ــ گره در مدارهای الکتریکی

● **تعریف شاخه :** اصطلاحاً در مدارهای الکتریکی مسیری که بین دو گره قرار می‌گیرد را یک «شاخه» می‌نامند، شکل ۳ــ۶. معمولاً در هر شاخه یک قطعه یا چند قطعه به صورت سری قرار می‌گیرد.



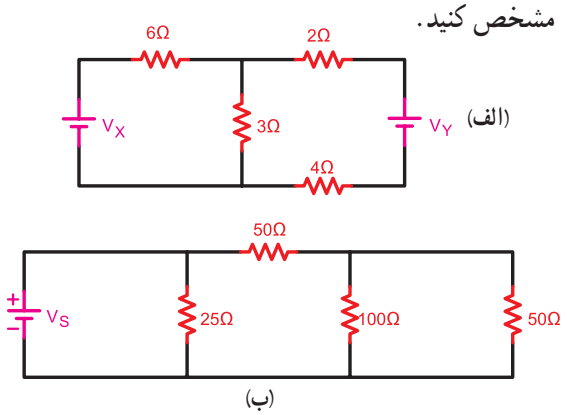
شکل ۳ــ۶ــ شاخه در مدارهای الکتریکی

● **تعریف حلقه :** هرگاه در مداری از نقطه‌ای در مسیر جریان شروع به حرکت کنیم و دوباره به آن نقطه برسیم، مسیر طی شده را «مدار کامل» یا «حلقه» می‌نامند. در شکل ۴ــ۶ سه نمونه از انواع حلقه‌های مختلف را مشاهده می‌کنید.



شکل ۴ــ۶ــ نمونه‌هایی از حلقه در مدارهای الکتریکی

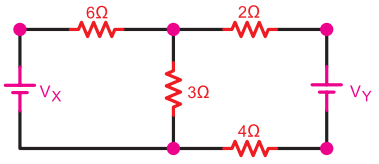
مثال ۱ : تعداد گره‌های موجود در تصاویر شکل ۵ــ۶ را مشخص کنید.



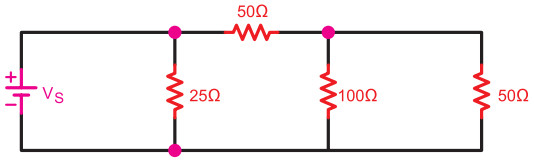
شکل ۵ــ۶ــ مدارهای مثال ۱

حل : با توجه به تعریف گره می‌توان گره‌های موجود در مدارهای الف و ب را مطابق شکل ۶ــ۶ مشخص کرد.

تعداد گره‌های مدار الف ۵ گره و مدار ب برابر ۳ گره است.



الف) تعداد گره‌های مدار ۵ گره است



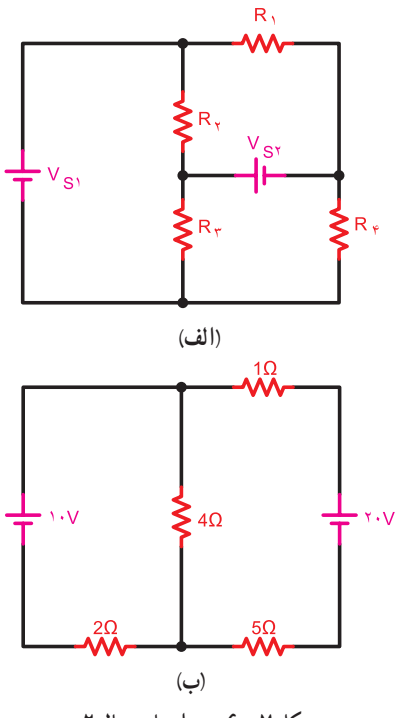
ب) تعداد گره‌های مدار ۳ گره است

شکل ۶ــ۶ ــ حل مدارهای مثال ۱

نکته

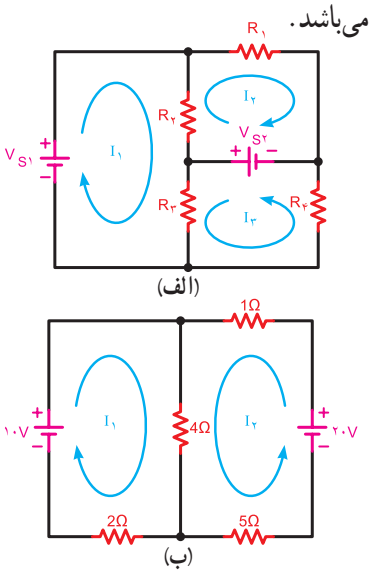
توجه داشته باشید که محل اتصال منبع به مدار یا قطعه یک گره محسوب می‌شود.

مثال ۲ : تعداد (حلقه) مسیرهای عبور جریان در تصاویر ۷ــ۶ را مشخص کنید.



شکل ۷ــ۶ــ مدارهای مثال ۲

حل : برای مشخص کردن تعداد حلقه‌های هر مداری باید از تعریف حلقه متوجه شویم که در این صورت و مطابق شکل ۸ــ۶ تعداد حلقه‌های مدار الف برابر ۶ و مدار ب معادل ۳ می‌باشد.



شکل ۸ــ۶ــ حل مدارهای مثال ۲

با توجه به تعریف حلقه، در هر مدار می‌توانیم تعدادی حلقه اصلی و تعدادی حلقه مرتبط داشته باشیم. در شکل ۸ــ۶ الف و ب تعداد حلقه‌های اصلی را نشان داده‌ایم.

کار گروهی

در مدارهای شکل ۸ــ۶ سایر حلقه‌ها را مشخص و در باره آن بحث کنید. نتایج را به کلاس درس ارائه دهید.

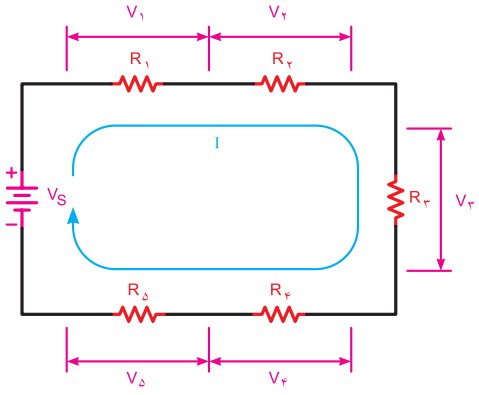
۲ــ۶ــ قانون ولتاژها (KVL) [۱]

براساس این قانون در یک حلقه بسته مجموع افت ولتاژها برابر با مجموع نیروهای محرکه (ولتاژها) موجود در حلقه است، (شکل ۹ــ۶).

$$\Sigma V = \Sigma RI \quad [۲]$$

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

$$\Sigma V - \Sigma RI = ۰$$

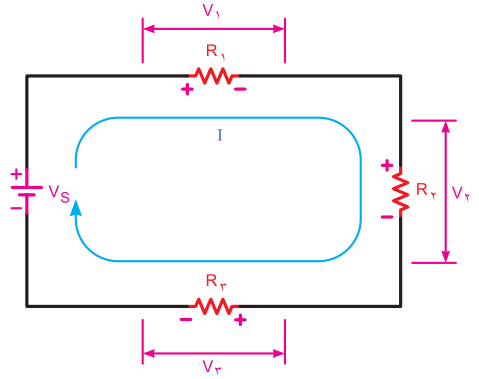


شکل ۹ــ۶ــ قانون ولتاژها

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 ۱۰ــ۶ــ یک مدار الکتریکی با سه مقاومت را نشان می‌دهد. در این مدار معادله KVL را می‌نویسیم :



شکل ۱۰ــ۶ــ مداری با سه مقاومت

$$\Sigma V = \Sigma RI$$

$$V = R_۱I + R_۲I + R_۳I$$

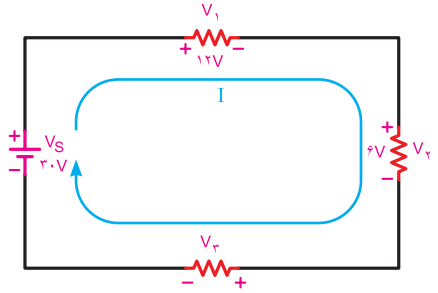
یا

$$+R_۱I + R_۲I + R_۳I - V = ۰$$

۱ــ KVL ــ Kirchhoff's Voltage Law

۲ــ Σ(زیگما) به معنی مجموع است.

مثال۳ : مقدار ولتاژ $V_۳$ شکل ۱۱ــ۶ چند ولت است.



شکل ۱۱ــ۶ــ مدار مثال ۳

حل :

$$V_۱ + V_۲ + V_۳ - V_s = ۰$$

$$V_۱ + V_۲ + V_۳ = V_s$$

$$V_۳ = V_s - (V_۱ + V_۲)$$

$$V_۳ = ۳۰ - (۶+۱۲)$$

$$V_۳ = ۱۲V$$

کار گروهی

بررسی کنید آیا رابطه :

$$V_۱ + V_۲ + V_۳ - V_s = ۰$$

و رابطه :

$$V_s - V_۱ - V_۲ - V_۳ = ۰$$

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

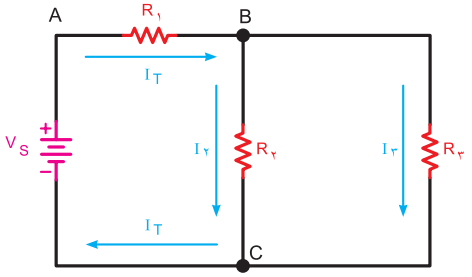
۳ــ۶ــ قانون جریان‌ها (KCL)[۱]

براساس قانون جریان‌ها در هر یک از گره‌های موجود در هر مدارالکتریکی، مجموع جریان‌های وارد شده به گره با مجموع جریان‌های خارج شده از گره برابر است، (شکل ۱۲ــ۶).

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

به عبارت دیگر مجموع جبری جریان‌های وارد شده به گره و جریان‌های خارج شده از آن برابر با صفر است. (شکل ۱۳ــ۶).

$$\Sigma I = ۰$$

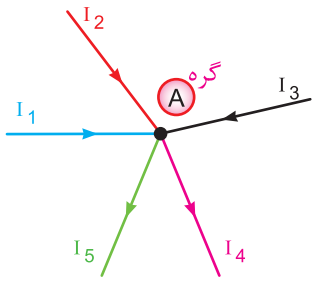


شکل ۱۲ــ۶ــ قانون جریان‌ها برای گره‌های B و C

در شکل ۱۳ــ۶ وضعیت گره A از نظر جریان‌های ورودی و خروجی مشخص شده‌است. معادله KCL برای گره A به صورت زیر نوشته می‌شود.

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

مجموع جریان‌های خروجی = مجموع جریان‌های ورودی



شکل ۱۳ــ۶ــ قانون جریان‌ها برای گره

$$I_۱ + I_۲ + I_۳ = I_۴ + I_۵$$

$$\Sigma I = ۰$$

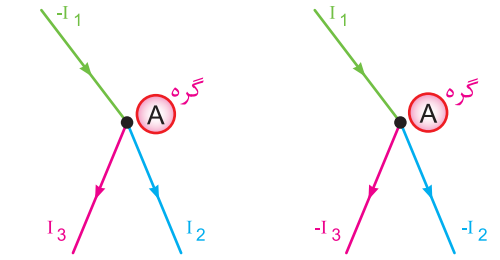
یا

$$I_۱ + I_۲ + I_۳ - I_۴ - I_۵ = ۰$$

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 ۱۴ــ۶ الف و ب هر دو حالت نشان داده شده است.

۱ــ KCL ــ Kirchhoff's Current Law



الف) جریان‌های ورودی مثبت جریان‌های خروجی منفی

$I_1 - I_2 - I_3 = 0$

ب) جریان‌های ورودی منفی و جریان‌های خروجی مثبت

$I_3 + I_2 - I_1 = 0$

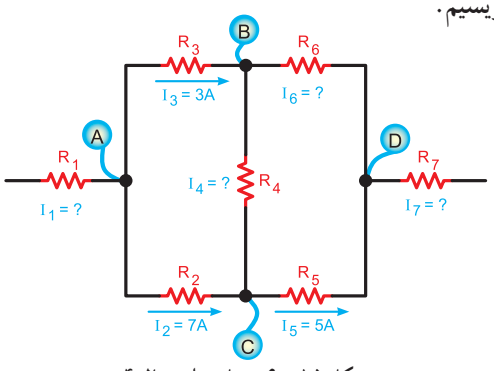
شکل ۱۴ــ۶ــ انتخاب علامت برای جهت جریان‌ها در یک گره

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 ۱۵ــ۶ را به دست آورید.

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

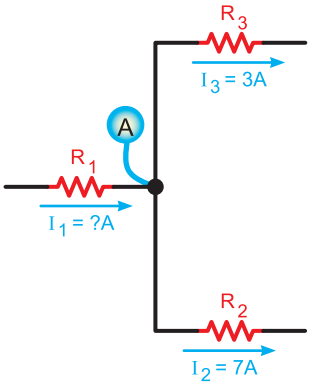


شکل ۱۵ــ۶ــ حل مدار مثال ۴

در گره A دو جریان I_2 و I_3 خارج می‌شود. لذا جریان I_1 بر آن وارد می‌شود در شکل ۱۶ــ۶ با نوشتن معادله KCL جریان I_1 قابل محاسبه است :

$I_1 = I_2 + I_3 = 7 + 3$

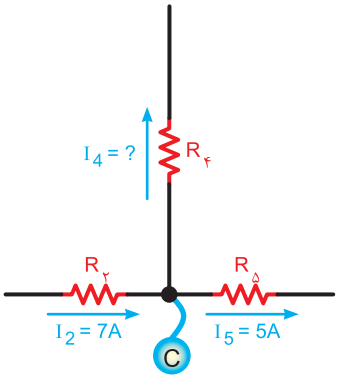
$I_1 = 10\ A$



شکل ۱۶ــ۶ــ جریان‌های گره A

شکل ۱۷ــ۶ جهت جریان‌ها را برای گره C نشان می‌دهد، پس معادله KCL را فقط برای حالتی در گره می‌توان نوشت که جریان I_4 از گره خارج می‌شود.

$I_2 = I_4 + I_5 \Rightarrow I_4 = I_2 - I_5 = 7 - 5 = 2\ A$

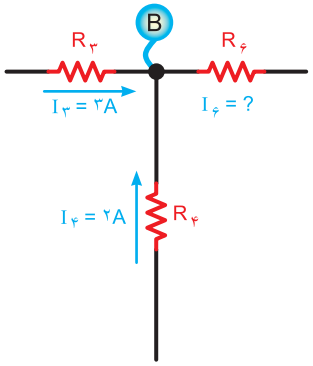


شکل ۱۷ــ۶ــ جریان‌های گره C

در گره B شکل ۱۸ــ۶ چون جریان‌های I_3 و I_4 وارد می‌شوند. بنابر قاعده KCL جریان I_6 باید از نقطه B خارج شود. پس مقدار I_6 برابر است با :

$I_6 = I_3 + I_4 = 3 + 2 = 5\ A$

$I_6 = 5\ A$

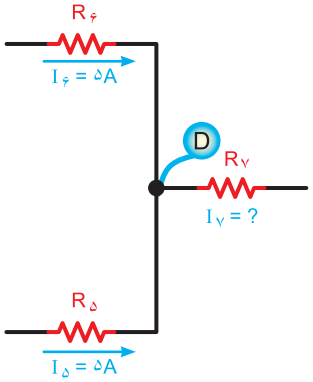


شکل ۱۸ــ۶ــ جریان‌های گره B

همان‌طوری که در شکل ۱۹ــ۶ مشاهده می‌شود، جریان‌های $I_۶$ و $I_۵$ به گره D وارد می‌شوند. بنابراین با نوشتن KCL برای گره D معلوم می‌شود که جهت جریان $I_۷$ باید به گونه‌ای باشد که از گره خارج شود، بنابراین داریم :

$I_۷ = I_۵ + I_۶ = ۵+۵=۱۰\ A$

$I_۷ = ۱۰\ A$



شکل ۱۹ــ۶ــ جریان‌های گره D

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

نرم افزار

مثال ۵ : جریان مقاومت $R_۲$ در شکل ۲۰ــ۶ چند میلی‌آمپر به دست می‌آید :

با نوشتن معادله KCL در گره A مقدار جریان $I_۲$ محاسبه می‌شود.

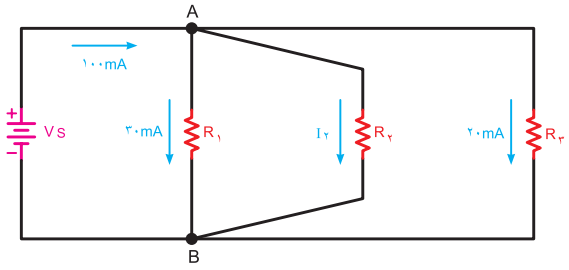
$\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$

$I_T = I_۱ + I_۲ + I_۳$

$I_۲ = I_T - (I_۱ + I_۳)$

$I_۲ = ۱۰۰ - (۳۰ + ۲۰)$

$I_۲ = ۵۰\ mA$



شکل ۲۰ــ۶ مدار مثال ۵

الگوی پرسش(ارزشیابی واحد یادگیری ۶ از فصل دوم) :

۱ــ کدام گزینه تعیین‌کننده اجزای اصلی یک مدار است؟

الف) منبع تغذیه، فیوز، سیم‌های رابط

ب) منبع تغذیه، کلید، فیوز

پ) سیم‌های رابط، بار، منبع تغذیه

ت) سیم‌های رابط، کلید، بار

۲ــ 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

۳ــ 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) ساده‌تر رسم کردن مدار

۴ــ با توجه به قانون اهم، ولتاژ یک مدار با جریان مدار رابطه. ..... دارد.

الف) معکوس

ب) مجذوری

پ) مستقیم

ت) نمایی

۵ــ اگر ولتاژ ۵۰ ولت به دو سر یک مقاومت ۵ kΩ اتصال داده شود، چه جریانی از آن می‌گذرد؟

الف) ۷۵ mA

ب) ۱۵ A

پ) ۲ A

ت) ۱۰ mA

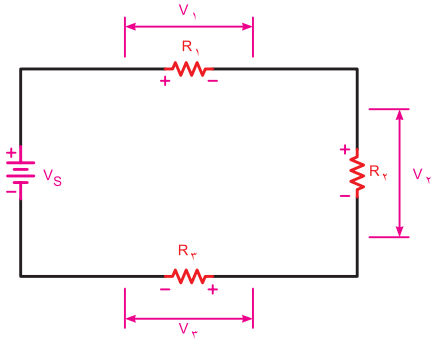
۶ــ کدام یک از معادلات زیر برای شکل ۲۱ــ۶ صحیح است؟

الف) $V_1 - V_2 - V_3 - V_s = 0$

ب) $V_1 + V_2 = V_s + V_3$

پ) $-V_s + V_1 + V_2 + V_3 = 0$

ت) $-V_1 - V_2 + V_3 + V_s = 0$



شکل ۲۱ــ۶ ــ مدار سؤال ۶

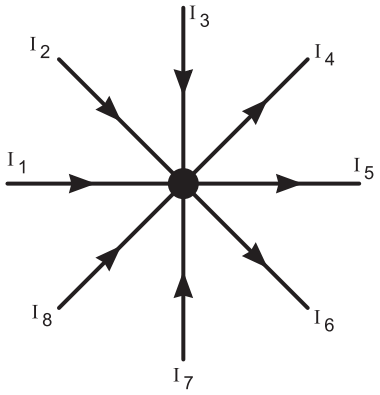
۷ــ کدام معادله برای شکل ۲۲ــ۶ صحیح است؟

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

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

پ) $I_1+I_2+I_3+I_7+I_8=I_4+I_5+I_6$

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



شکل ۲۲ــ۶ ــ مدار سؤال ۷

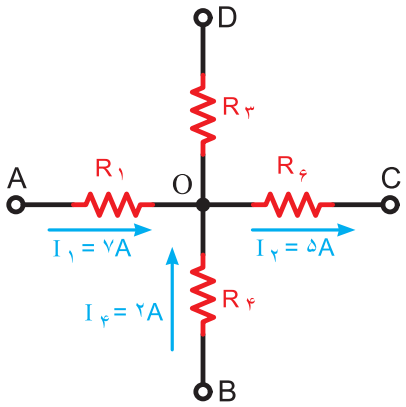
۸ــ کدام گزینه در مورد مقدار و جهت جریان در مقاومت R_3 شکل ۲۳ــ۶ صحیح است؟

الف) ۴A ــ از O به D

ب) ۱۰A ــ از D به O

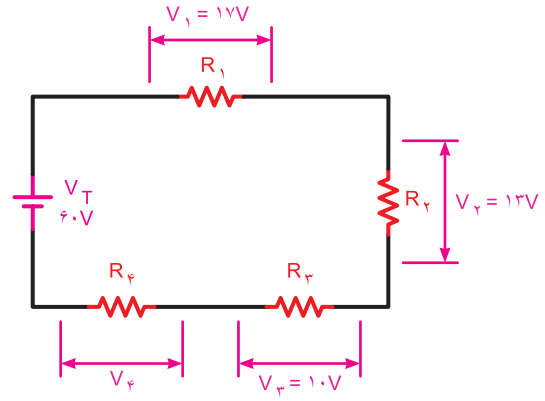
پ) ۴A ــ از D به O

ت) ۱۰A ــ از O به D



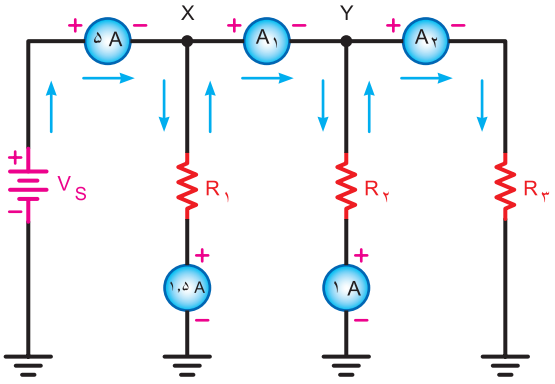
شکل ۲۳ــ۶ ــ مدار سؤال ۸

۹ــ با توجه به شکل ۲۴ــ۶ ولتاژ دو سر مقاومت $R_۴$ چند ولت است؟



شکل ۲۴ــ۶ــ مدار سؤال ۹

۱۰ــ در مدار شکل ۲۵ــ۶ آمپرمترهای $A_۱$ و $A_۲$ چند آمپر را نشان می‌دهد؟



شکل ۲۵ــ۶ــ مدار سؤال ۱۰

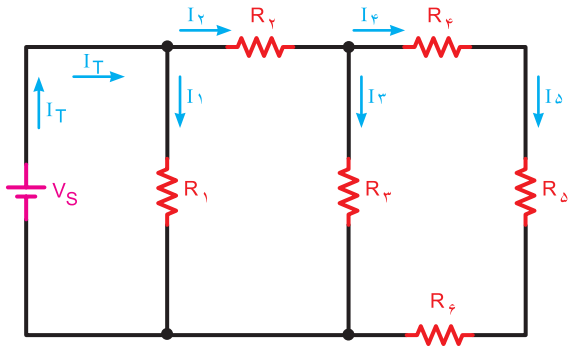
۱۱ــ با توجه به شکل ۲۶ــ۶ کدامیک از روابط زیر صحیح است؟

الف) $I_۱+I_۳+I_۵=I_۲+I_۴$

ب) $I_۱+I_۲=I_۳$

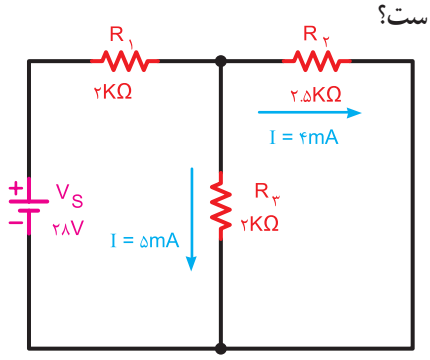
پ) $I_۲+I_۳=I_۴+I_۵$

ت) $I_۲-I_۳=I_۴$



شکل ۲۶ــ۶ــ مدار سؤال ۱۱

۱۲ــ افت ولتاژ دو سر مقاومت $R_۱$ در شکل ۲۷ــ۶ چند ولت است؟

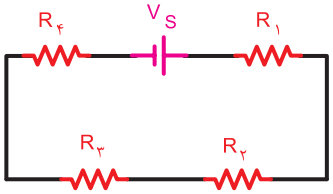


شکل ۲۷ــ۶ــ مدار سؤال ۱۲

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

۱۴ــ طرف دوم معادله نوشته شده برای شکل ۲۸ــ۶ را تکمیل کنید.

$V_s-R_۱I-R_۲I$ = ...



شکل ۲۸ــ۶ــ مدار سؤال ۱۴

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

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

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

۱۸ــ در حالت اتصال کوتاه شدن مقاومت، جریان در مدار الکتریکی افزایش پیدا می‌کند.

درست ☐ نادرست ☐

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

درست ☐ نادرست ☐

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

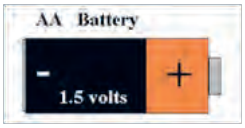
درست ☐ نادرست ☐

نرم افزار

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

واحد یادگیری ۷

پیل و باتری (Battery ــ Cell)



فیلم

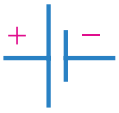
فیلم مربوط به پیل‌ها و باتری‌ها را ببینید.

۱ــ۷ــ 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.

واژه‌ی 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 ۱ــ۷).



شکل ۱ــ۷ــ نمای فنی یک پیل

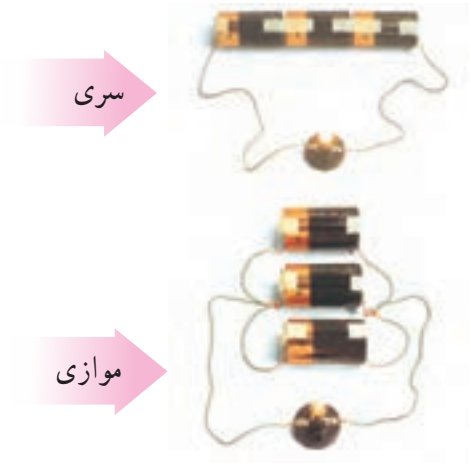
جست‌و جو

واژه IEC را در فضای مجازی جست‌وجو 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 ۲ــ۷ اتصال سری و موازی چند پیل را مشاهده می‌کنید.

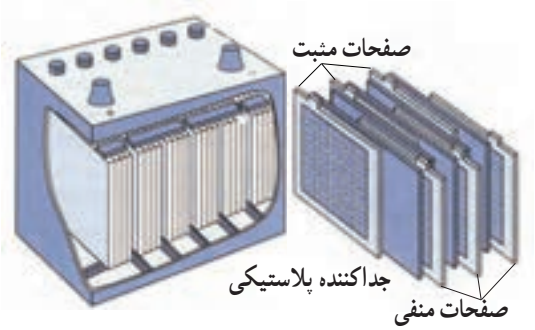
پژوهش

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



شکل ۲ــ۷ــ اتصال سری و موازی پیل‌ها

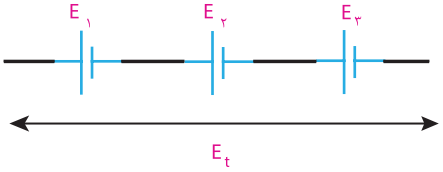
پیل‌های خشک در دو نوع قابل شارژ و غیرقابل شارژ تولید می‌شوند که مشخصه آنها را روی آن درج می‌کنند. یادآور می‌شود که معمولاً پیل‌های تر قابل شارژ هستند. در شکل ۳ــ۷ یک نمونه پیل تر و ساختمان داخلی آن را مشاهده می‌کنید.



شکل ۳ــ۷ــ یک نمونه باتری تر

۲ــ۷ــ اتصال پیل‌ها

برای به دست آوردن ولتاژهای بیشتر، چند پیل را با هم سری می‌کنند. برای سری کردن پیل‌ها 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 پیل‌های سری شده است، شکل ۴ــ۷.



شکل ۴ــ ۷ ــ سه پیل به‌صورت سری

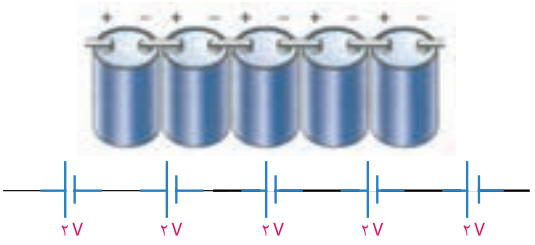
$$E_t = E_1 + E_2 + E_3$$

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

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

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

در شکل ۵ــ۷ اتصال سری چند پیل را می‌بینید.



شکل ۵ــ۷ــ اتصال سری پیل‌ها با شکل واقعی

پژوهش کنید

اگر دو پیل را به صورت سری مخالف به هم ببندیم چه اتفاقی می‌افتد؟ با ذکرمثال عملی تشریح کنید.

بررسی کنید

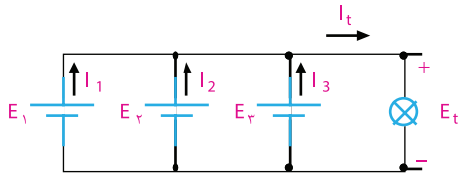
با مراجعه به سایت رشد و یا سایر فضاهای مجازی، مشخصات باتری‌های تلفن همراه را بیابید. در این باتری‌ها چند پیل با هم سری شده‌اند؟

برای بالا بردن جریان‌دهی باتری، پیل‌ها به طور موازی بسته می‌شوند. برای موازی کردن پیل‌ها باید قطب مثبت پیل‌ها را به یکدیگر و قطب منفی آنها را به یکدیگر اتصال دهیم. در شکل ۶ــ۷ نقشه فنی و شکل ظاهری چند پیل که به صورت موازی بسته شده‌اند را مشاهده می‌کنید.

یادآور می‌شود که در مدار شکل ۶ــ۷ ولتاژ دو سر پیل‌ها باید با هم برابر باشد تا ظرفیت جریان‌دهی باتری، متناسب با تعداد پیل‌ها افزایش یابد؛ یعنی :

$$E_t = E_1 = E_2 = E_3$$

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

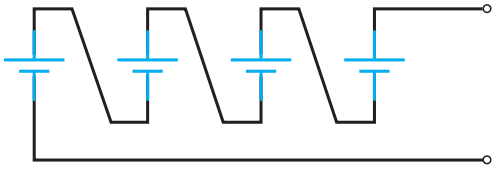


شکل ۶ــ۷ــ شکل ظاهری و نقشه فنی مدار چند پیل موازی

مثال۱ : پیل‌های شکل ۷ــ۷ را طوری وصل کنید که حداکثر ولتاژ از آنها به دست آید.

شکل ۷ــ۷ــ شکل مثال ۱

حل :

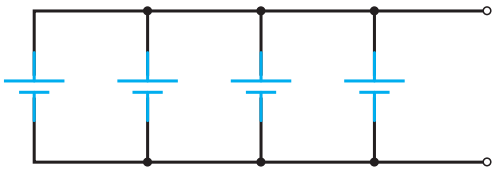


شکل ۸ــ۷ــ پاسخ مثال ۱

مثال۲ : در صورتی که ولتاژ پیل‌های شکل ۹ــ۷ با هم برابر باشد، آنها را طوری متصل کنید تا بتوان حداکثر ظرفیت جریان‌دهی را به دست آورد.

الف) شکل مثال ۲

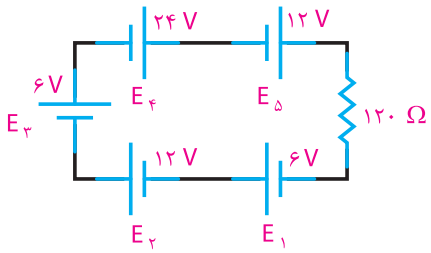
حل :



ب) حل مثال ۲

شکل ۹ــ۷ــ باتری‌های مثال ۲ و حل آن

مثال۳ : در مدار شکل ۱۰ــ۷ ولتاژ دو سر مقاومت مصرف‌کننده ۱۲۰ اهم و جریان عبوری از آن را محاسبه کنید.



شکل ۱۰ــ۷ مدار مثال ۳

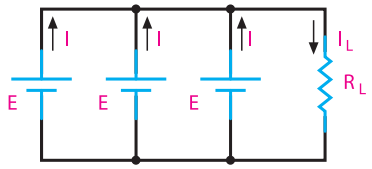
حل :

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

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

$$I = \frac{E_t}{120\Omega} = \frac{60V}{120\Omega} = 0/5A$$

مثال۴ : در مدار شکل ۱۱ــ۷ 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 ۱۱ــ۷ مدار مثال ۴

حل :

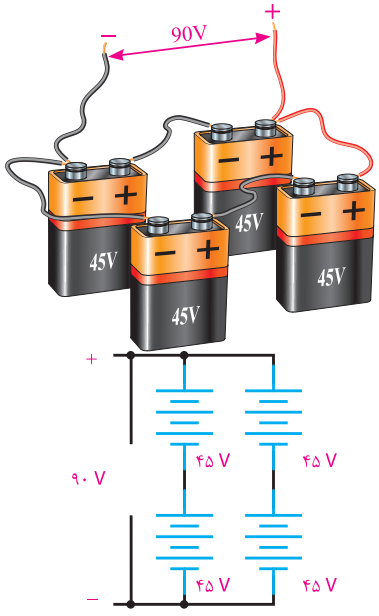
$$U_L = E_t = E$$

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

پژوهش

آیا می‌دانید همه باتری‌ها دارای برگه مشخصات هستند؟ یک نمونه برگه مشخصات باتری پاور بانک را بیابید 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 ۱۲ــ۷).



شکل ۱۲ــ۷ــ اتصال ترکیبی باتری‌ها

اگر بخواهیم باتری‌ها 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، باتری‌ها را به صورت سری می‌بندیم. در این حالت ولتاژ باتری‌ها می‌تواند مساوی یا نامساوی باشد، اما ظرفیت جریان‌دهی آنها باید با هم برابر باشد.

در صورتی که بخواهیم ظرفیت جریان‌دهی را بالا ببریم، باتری‌ها را موازی می‌بندیم. در این حالت باید ولتاژ باتری‌ها مساوی باشد تا هر باتری بتواند در افزایش ظرفیت جریان کل مشارکت کند. چنانچه ولتاژ یک یا چند باتری از ولتاژ سایر باتری‌ها کمتر باشد، این باتری‌ها مانند مصرف‌کننده عمل می‌کنند و نه تنها در تولید جریان همکاری ندارند، بلکه قسمتی از جریان را نیز تلف می‌کنند.

پژوهش‌کنید

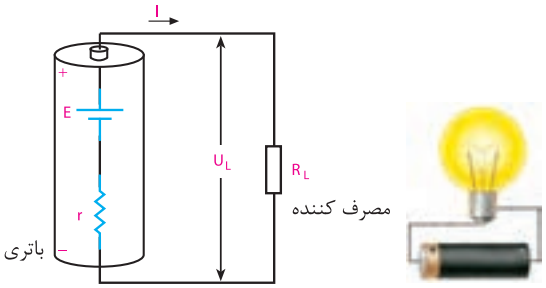
باتری‌های ترکیبی «سری ــ موازی» در لیفت‌تراک‌های برقی به‌کار می‌رود. در چه دستگاه‌های دیگری از اتصال ترکیبی «سری ــ موازی» پیل‌ها استفاده می‌شود؟ نتایج را به کلاس ارائه کنید.

۳ــ۷ــ مقاومت داخلی پیل‌ها (باتری)

ولتاژ دو سر یک مولد (باتری) را در شرایط زیر با ولت‌متر اندازه می‌گیریم. ولتاژ دو سر باتری را بدون اتصال به بار اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس یک مقاومت را به دو سر باتری می‌بندیم. در این حالت نیز ولتاژ دو سر آن را اندازه می‌گیریم. از مقایسه ولتاژها، متوجه می‌شویم که ولتاژ اندازه‌گیری شده در مرحله دوم از ولتاژ اندازه‌گیری شده در مرحله اول کمتر است، در حالی‌که انتظار ما این بود که ولتاژ اندازه‌گیری شده در هر دو مرحله باهم برابر باشند.

چرا این حالت اتفاق می‌افتد؟ چون ولتاژ اندازه‌گیری 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 می‌نامند.

مقاومت داخلی باتری از نظر مصرف انرژی مانند مقاومتی است که به عنوان مصرف‌کننده با باتری سری شده‌است. شکل ۱۳ــ۷ یک باتری را با مقاومت داخلی نشان می‌دهد. مقاومت داخلی باتری را با حرف r نمایش می‌دهند که همیشه با مصرف کننده سری می‌شود.



شکل ۱۳ــ۷ــ مقاومت داخلی باتری

هر قدر مقاومت داخلی باتری کوچک‌تر باشد، افت ولتاژ دو سر آن کمتر است و می‌توان در شرایط معمولی آن را نادیده گرفت. با ضعیف شدن باتری، مقاومت داخلی آن زیاد می‌شود. در این حالت ولتاژ و شدت جریان تولیدی به وسیله باتری کاهش می‌یابد.

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 می‌شود، شدت جریان را نیز کم می‌کند.

با توجه به موارد ذکر شده برای مدار شکل ۱۳ــ۷ می‌توانیم روابط مربوط به ولتاژ و جریانی که به مصرف‌کننده می‌رسد را به دست آوریم :

$$R_t = r + R_L$$

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

$$U_L = E - U_r = E - I.r$$

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

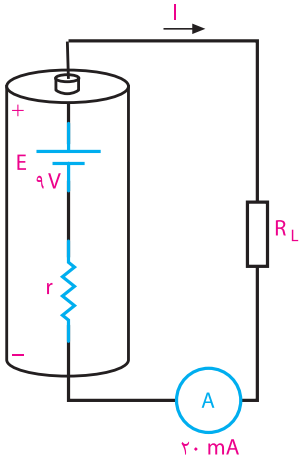
با توجه به روابط به دست آمده ولتاژی که به مصرف‌کننده می‌رسد، همیشه به اندازه افت ولتاژ دو سر مقاومت داخلی از ولتاژ باتری کمتر است.

بارش فکری

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

مثال۵ : در مدار شکل ۱۴ــ۷

الف) مقدار مقاومت داخلی r و ولتاژی که به دو سر بار $R_L=۳۰۰\Omega$ می‌رسد، را محاسبه کنید.



شکل ۱۴ــ۷ــ مدار مثال ۵

ب) اگر R_L را به ۳۴۵۰ اهم افزایش دهیم، ولتاژ دو سر بار و شدت جریان مدار را محاسبه کنید.

پ) ولتاژ دو سربار محاسبه شده در مرحله الف و ب را با هم مقایسه کنید و نتایج حاصل را بنویسید.

حل : الف) $R_L=۳۰۰\Omega$

$$R_t=\frac{۹}{۲۰mA}=۰/۴۵K\Omega=۴۵۰\Omega$$

$$R_t=r+R_L$$

$$r=R_t-R_L=۴۵۰-۳۰۰=۱۵۰\ \Omega$$

$$U_L=IR_L=۲۰mA\times۳۰۰\Omega=۶V$$

در بار $R_L=۳۰۰\ \Omega$ از ولتاژ باتری فقط ۶ ولت به بار می‌رسد و ۳ ولت دو سر مقاومت داخلی افت می‌کند.

ب) $R_L=۳۴۵۰\ \Omega$

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

$$R_t=r+R_L=۱۵۰+۳۴۵۰=۳۶۰۰\Omega$$

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

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

$$I=\frac{۹V}{۳۶۰۰\Omega}=۲/۵\ mA$$

$$U_L=I.R_L=۲/۵\ mA\times۳۴۵۰\Omega=۸/۶۲۵V$$

پ) 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.

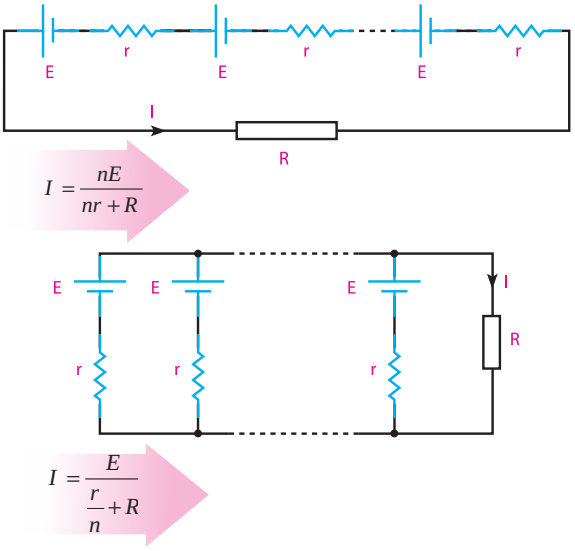
پاسخ دهید

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.

درصورتی‌که چند باتری کاملاً مشابه با مقاومت داخلی معین را با مصرف‌کننده مطابق شکل ۱۵ــ۷ به صورت سری یا موازی ببندیم، شدت جریان کل مدار به ترتیب از روابط نوشته شده در زیر شکل به دست می‌آید.



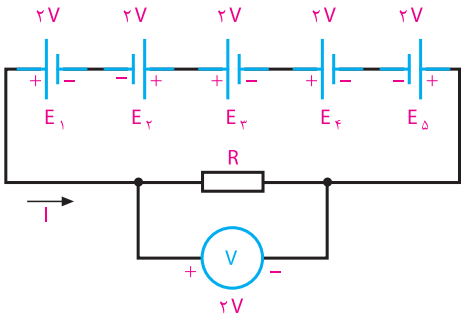
شکل ۱۵ــ۷ــ اتصال باتری‌ها با مقاومت داخلی به صورت سری و موازی

فکر کنید

چرا هنگامی‌که 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.

۴ــ۷ــ اتصال متقابل پیل‌ها

در صورتی که دو یا چند پیل، مطابق شکل۱۶ــ۷ 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 ۱۶ــ۷ــ اتصال متقابل پیل‌ها

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

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

نکته مهم

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 احدیادگیری۷از فصل دوم)

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.

پژوهش کنید

درصورتی‌که 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 تأمین ولتاژ مورد نیاز، پیل‌ها را چگونه اتصال می‌دهند؟ با رسم شکل نشان دهید.

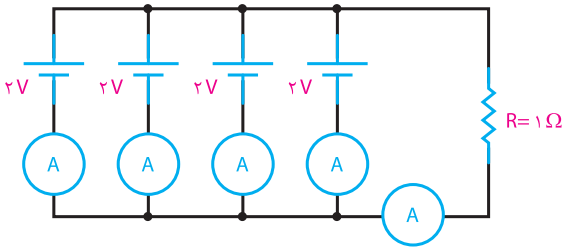
۷ مقاومت داخلی پیل را تعریف کنید، این مقاومت چه تأثیری در عملکرد مدار دارد؟

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؟

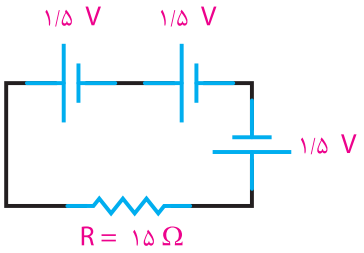
۱۰ برای افزایش میزان جریان‌دهی یک پیل به ۵ برابر، باید چند پیل مشابه را و به چه صورت اتصال دهیم؟ با رسم شکل شرح دهید.

۱۱ در مدار شکل ۱۷ــ۷ شدت جریانی که هر پیل به بار R_L می‌دهد و شدت جریان کل را محاسبه کنید.



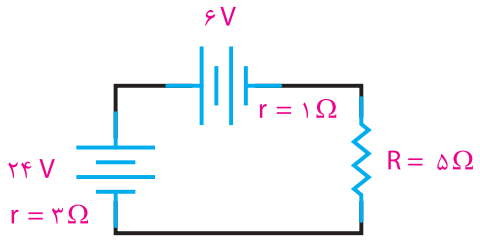
شکل ۱۷ــ۷ مدار سؤال ۱۱

۱۲ در مدار شکل ۱۸ــ۷ ولتاژ و جریان کل را محاسبه کنید. مقاومت‌های مربوط به هر پیل را صفر در نظر بگیرید.



شکل ۱۸ــ۷ مدار سؤال ۱۲

۱۳ در مدار شکل ۱۹ــ۷ شدت جریان عبوری از مدار را محاسبه کنید.



شکل ۱۹ــ۷ مدار سؤال ۱۳

پژوهش کنید

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

واحد یادگیری ۸

سلف و خازن در جریان مستقیم

۱ــ۸ ــ ذرات و میدان‌های مغناطیسی

درسال‌های گذشته درباره مغناطیس تا حدودی بحث کرده‌ایم. در این قسمت اشاراتی به تعاریف، مفاهیم وکاربرد مغناطیس خواهیم داشت.

میدان الکترومغناطیسی

نیروهای الکتریکی ومغناطیسی به یکدیگر مربوط‌اند ولی کاملاً با هم تفاوت دارند. نیروهای مغناطیسی و نیروهای الکترواستاتیک تا هنگامی که حرکتی وجود نداشته باشد بریکدیگر بی‌اثرند، ولی درصورتی‌که میدان نیروی هر یک از آنها متحرک باشد، اثرات متقابل برهم می‌گذارند. چون الکترون کوچک‌ترین بخش هر اتم است. برای تشریح رابطه بین الکتریسیته ومغناطیس 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

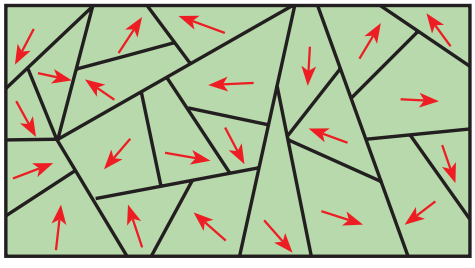
فیلم امواج الکترومغناطیسی و ذرات مغناطیسی را ببینید.

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 درشرایط 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 ۱ــ۸ مولکول‌های مغناطیسی یک فلز مغناطیس نشده را مشاهده می‌کنید.

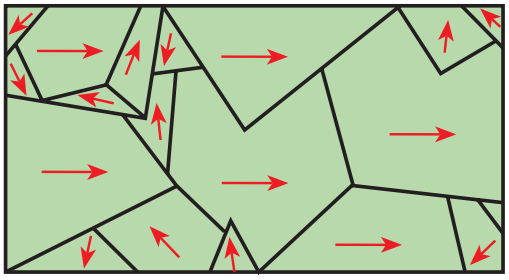


شکل ۱ــ۸ــ فلز مغناطیس نشده

اگر همه مولکول‌های مغناطیسی به‌طور هم‌جهت 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 ۲ــ۸ مولکول‌های مغناطیسی منظم شده در یک فلز مغناطیس شده را نشان می‌دهد.

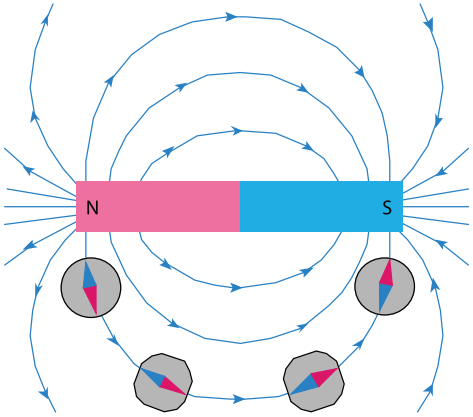


شکل ۲ــ۸ ــ فلز تقریباً مغناطیس شده

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

میدان مغناطیسی

با توجه به جذب و دفع قطب‌های مغناطیسی، می‌توان چنین نتیجه گرفت که نیروهای خارج‌شده از قطب‌های مغناطیسی باعث این اثر می‌شوند. البته این رویداد فقط در قطب‌ها اتفاق نمی‌افتد. بلکه نیروی مغناطیسی، آهن‌ربا را در یک میدان در بر می‌گیرند. این پدیده را طبق شکل ۳ــ۸ می‌توان هنگام حرکت قطب‌نما در اطراف یک آهن‌ربا مشاهده کرد. در هر موقعیت اطراف آهن‌ربا یک انتهای عقربه قطب‌نما در جهت قطب مخالف آهن‌ربا قرار می‌گیرد.



شکل ۳ــ۸ ــ میدان مغناطیسی آهن‌ربا

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

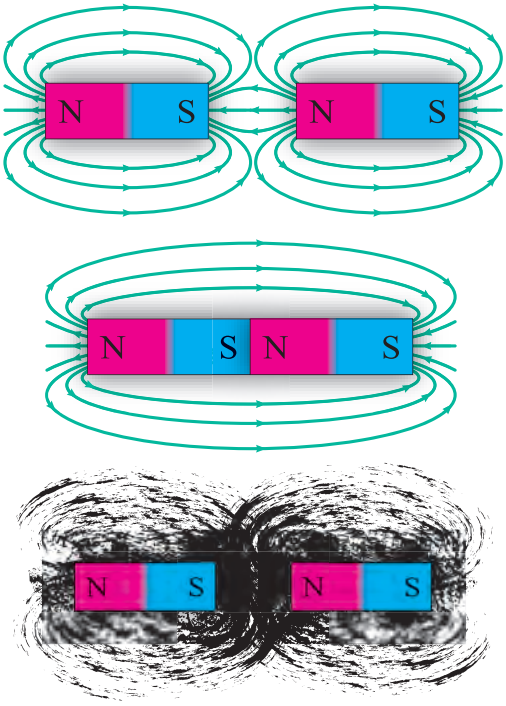
فضایی را که در آن آهن‌ربا بر اجسام مغناطیسی تأثیر می‌گذارد، میدان مغناطیسی می‌گویند.

با پاشیدن براده آهن بر یک سطح صاف و قراردادن آهن‌ربا 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.

■ 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 ۴ــ۸)



شکل ۴ــ۸ ــ نیروهای جاذبه بین دو قطب غیرهمنام

اگرخطوط 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 ۴ــ۸ میدان مربوط به دو قطب هم نام را رسم کنید.

۲ــ۸ــ 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 هرمولکول اثر کرده و همه آنها را در یک جهت منظم می‌کند. ساخت آهن‌ربای مصنوعی به دو روش امکان پذیر است :

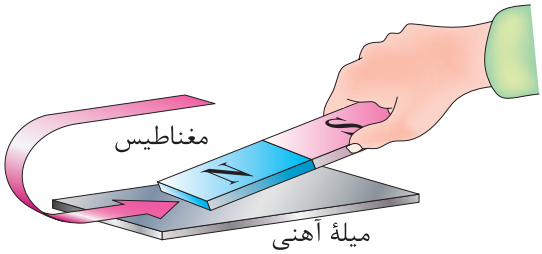
۱ــ مالش مغناطیسی

۲ــ جریان الکتریکی

۱ــ مالش مغناطیسی : هنگامی که جسم مغناطیس شده به سطح یک آهن مغناطیس نشده طبق شکل۵ــ۸ مالش داده شود، میدان مغناطیسی مولکول‌های آهن را مرتب می‌کند وآهن مغناطیس می‌شود.

فعالیت

مغناطیس شدن در اثر مالش را تجربه کنید.

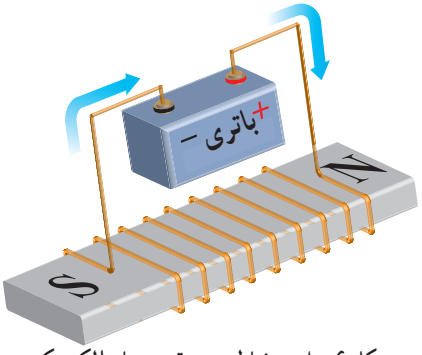


شکل ۵ــ۸ ــ مغناطیس کردن فلز در اثر مالش

۲ــ جریان الکتریکی : اگر سیمی را به دور یک قطعه آهن مغناطیس نشده 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 ۶ــ۸ 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

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



شکل ۶ــ۸ــ مغناطیس موقت جریان الکتریکی

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

۳ــ۸ــ روش‌های از بین بردن خاصیت مغناطیسی آهن‌ربا

برای از بین بردن خاصیت مغناطیسی یک آهن‌ربا 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 :

۱ــ ضربه سخت

۲ــ گرما

۳ــ جریان الکتریکی متناوب

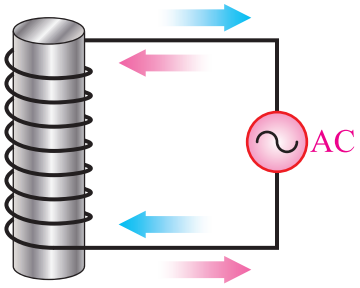
۱ــ ضربه سخت : اگر به یک آهن‌ربا ضربه سختی وارد کنیم، نیروی وارد شده مولکول‌ها را به شدّت تکان می‌دهد و باعث به هم خوردن نظم و ترتیب آنها می‌شود. گاهی اوقات لازم است ضربه را چند بار وارد کنیم. (شکل ۷ــ۸)

شکل ۷ــ ۸ ــ خنثی کردن اثر مغناطیس آهن‌ربا با زدن ضربه

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

شکل ۸ ــ ۸ ــ خنثی کردن اثر مغناطیسی یک آهن‌ربا به وسیله گرما

۳ــ جریان الکتریکی متناوب (AC) : اگر مغناطیس رادر 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 ۹ــ ۸)



شکل ۹ ــ ۸ ــ خنثی کردن اثرمغناطیسی توسط جریان متناوب (AC)

پژوهش

کاربرد مغناطیس‌زدایی درکجاست ؟

۴ــ ۸ ــ 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.

به این خاصیت (مقاومت دربرابر عبور خطوط نیرو) رلوکتانس می‌گویند. اجسام مغناطیسی در مقابل عبور خطوط نیرو رلوکتانس 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 به‌وسیله پوششی از ماده مغناطیسی در مقابل خطوط فلو محافظت کنیم. از این روش برای ساختن ساعت ضدمغناطیس استفاده می‌کنند.

پژوهش

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

۵ــ۸ــ میدان مغناطیسی زمین

زمین جرمی چرخنده است (حرکت وضعی دارد) و در اطراف خود میدان مغناطیسی تولید می‌کند. در واقع، درمرکز آن مغناطیسی قرارگرفته که قطب S آن در نزدیکی قطب شمال جغرافیایی و قطب N آن در نزدیکی قطب جنوب جغرافیایی است.(شکل ۱۰ــ۸)

شکل ۱۰ــ۸ــ میدان مغناطیسی زمین

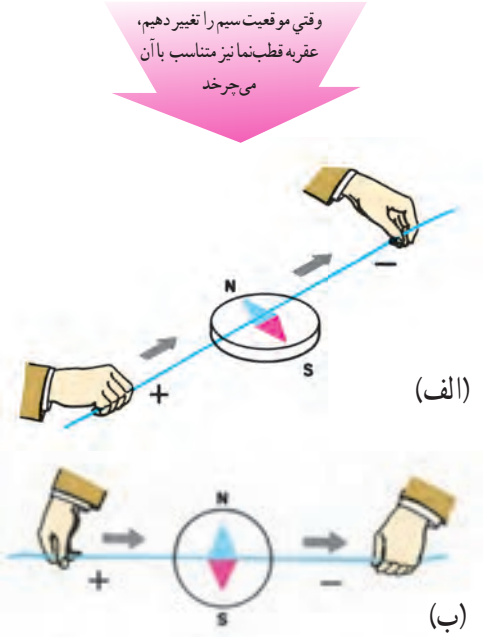
پژوهش

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

۶ــ۸ــ میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان

هنگامی‌که با اعمال ولتاژی به دو سرسیم‌ها جریان الکتریکی درآن برقرار می‌شود، الکترون‌ها همسو می‌شوند و همه دریک جهت حرکت می‌کنند به طوری که میدان‌های مغناطیسی آنها با هم جمع می‌شوند. در سال ۱۸۱۹، هانس کریستین ارستد کشف کرد که سیم حامل جریان در اطراف خود میدان مغناطیسی تولید می‌کند که این میدان بر عقربه‌های قطب‌نما اثر می‌گذارد. (شکل ۱۱ــ۸)

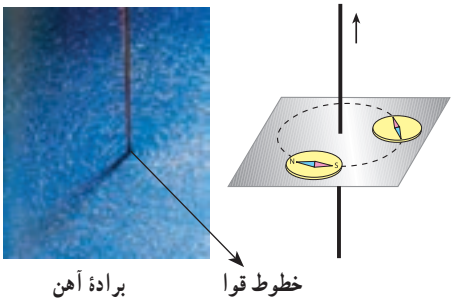
چون میدان مغناطیسی به دور یک الکترون حلقه‌ای را به وجود می‌آورد، میدان‌های مغناطیسی اطراف الکترون‌های جهت گرفته در یک سیم با یکدیگر تشکیل حلقه‌هایی به دور سیم می‌دهند. هریک از این حلقه‌ها را یک خط نیرو یا یک ماکسول می‌نامند. واحد بزرگ‌تر خط نیرو برابر با 10^8 خط نیرو است که یک وبر (wb) نامیده می‌شود.



شکل ۱۱ــ۸ــ میدان مغناطیسی ناشی از سیم حامل جریان

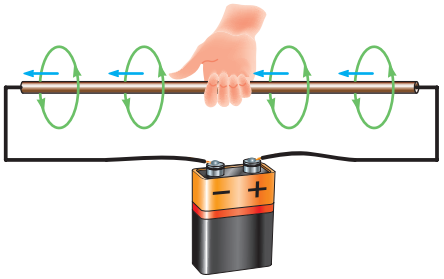
اثر الکترومغناطیس بر یک سیم

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 ۱۲ــ۸ چنانچه قطب‌نما را در اطراف سیم حرکت دهیم، همیشه قطب N عقربه قطب‌نما جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲ــ۸ــ 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 ۱۳ــ۸ انگشت‌های دست راست را به دور سیم بپیچیم، به طوری که انگشت شست در جهت جریان قرار بگیرد، بسته شدن بقیه انگشتان جهت میدان مغناطیسی را نشان می‌دهد.

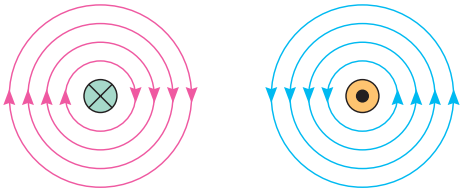


شکل ۱۳ــ۸ــ تعیین جهت میدان مغناطیسی با استفاده از قانون دست راست

فکر کنید

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

طبق شکل ۱۴ــ۸ 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 ⊗ و اگر از طرف مقطع سیم به طرف ناظر باشد، با علامت ⊙ نمایش داده می‌شود. طبق قانون دست راست جهت میدان در سیمی با علامت ⊗ درجهت موافق عقربه ساعت و در سیمی با علامت ⊙ در جهت مخالف حرکت عقربه ساعت خواهد بود.



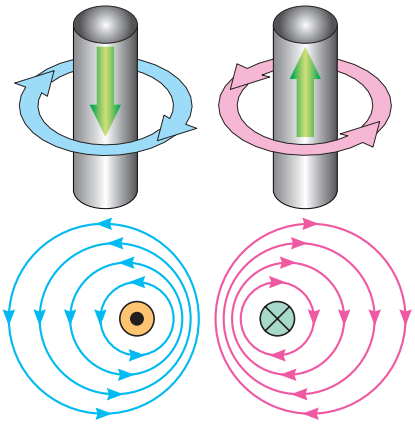
شکل ۱۴ــ۸ــ جهت میدان در سیم

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

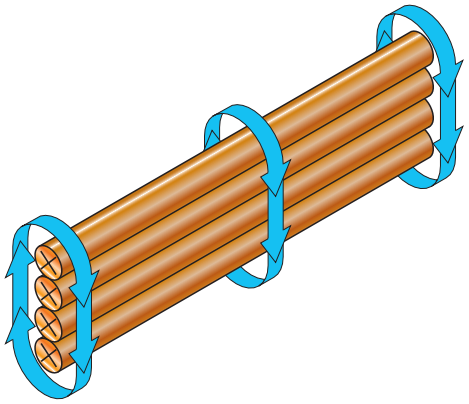
اگر دوسیم را که جریان‌هایی در جهت‌های عکس یکدیگر از آنها می‌گذرند به هم نزدیک کنیم، میدان‌های مغناطیسی آنها یکدیگر را دفع می‌کنند، زیرا جهت خطوط نیرویشان عکس یکدیگر است و نمی‌توانند یکدیگر را قطع کنند. بنابراین میدان‌ها باعث دور شدن سیم‌ها از هم می‌شوند. (شکل ۱۵ــ۸)



شکل ۱۵ــ ۸ ــ نیروی دافعه بین دو سیم جریان‌دار غیرهم جهت

فکر کنید

درصورتی‌که دو سیم راکه جریان‌های هم جهت دارند به یکدیگر نزدیک کنیم، چه تأثیری روی سیم می‌گذارد؟



شکل ۱۶ــ۸ــ قوی‌ترکردن 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 ۱۶ــ۸)

۷ــ۸ــ اثرالکترومغناطیسی در پیچه

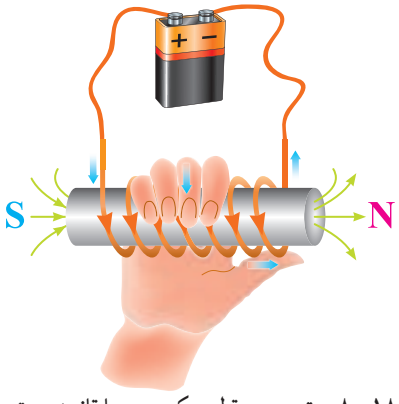
اثر الکترومغناطیسی در یک حلقه

اگر سیمی را به صورت حلقه در آوریم و از آن جریان الکتریکی عبوردهیم، تمام خطوط نیروی مغناطیسی اطراف سیم طوری مرتب می‌شود که خطوط نیرو در مرکز حلقه تجمع و درخارج حلقه از هم دور می‌شود. به این ترتیب یک مغناطیس دائمی شکل می‌گیرد. دراین مغناطیس 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 ۱۷ــ۸)

شکل ۱۷ــ ۸ ــ میدان مغناطیسی حاصل در یک حلقه

اثرالکترومغناطیس 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 ۱۸ــ۸ چنانچه انگشت‌هایتان را در جهت جریان و حلقه‌های بوبین به دور بوبین حلقه کنید انگشت شست در جهت قطب N قرار می‌گیرد.



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

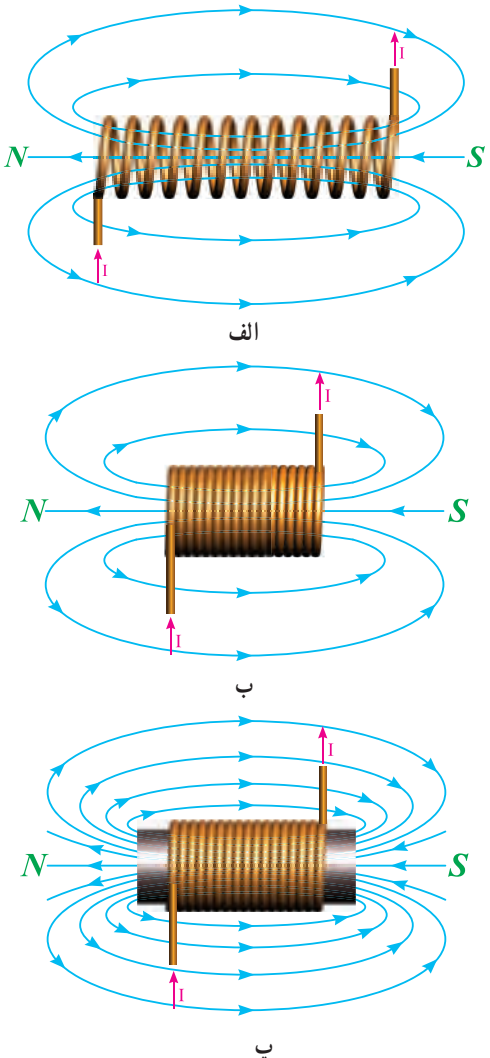
خطوط نیرو در مرکز بوبین به چهار عامل زیر بستگی دارد : (شکل ۱۹ــ۸)

۱ــ تعداد حلقه‌ها

۲ــ جریان عبوری از بوبین

۳ــ فاصله حلقه‌ها

۴ــ جنس هسته



شکل ۱۹ــ۸ــ 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

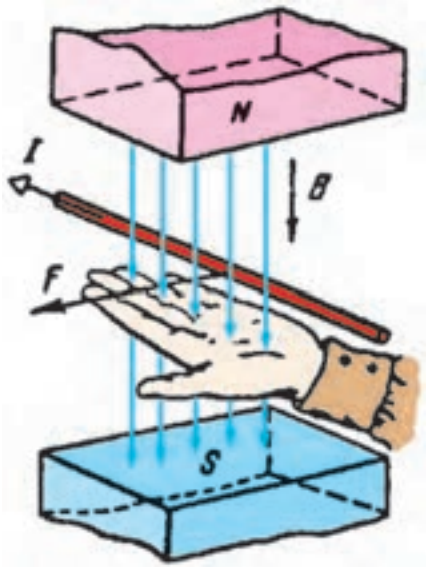
اگر یک سیم حامل جریان در داخل یک میدان مغناطیسی قرار گیرد، میدان مغناطیسی حاصل از سیم حامل جریان با میدان مغناطیسی موجود ترکیب شده و نیروی دافعه‌ای بر سیم وارد می‌کنند. بدین ترتیب، سیم به محلی که خطوط نیرو ضعیف است رانده می‌شود. جهت نیروی دافعه به جهت جریان و جهت خطوط نیرو بستگی دارد. در صورتی که هرکدام از کمیت‌ها تغییر جهت پیدا کنند، جهت نیروی دافعه نیز تغییر پیدا خواهد کرد. (شکل ۲۰ــ۸)

شکل ۲۰ــ۸ــ جهت نیروی دافعه

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

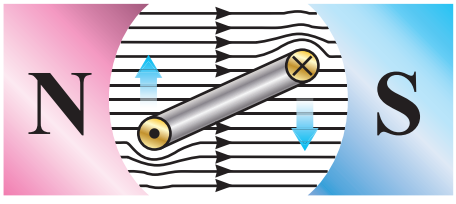
قانون دست چپ

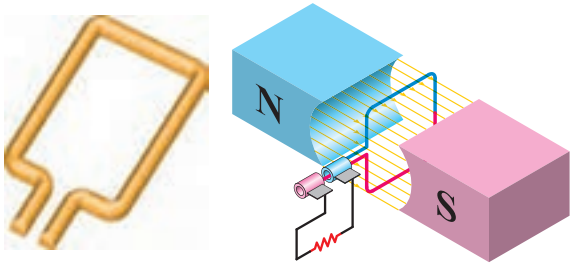
اگر دست چپ را طوری باز کنیم که خطوط نیرو به کف دست وارد شوند (B) و جهت جریان در سیم حامل جریان (I) در جهت سایر انگشتان باشد، جهت نیروی وارد شده (F) در جهت انگشت شست خواهد بود. (شکل ۲۱ــ۸)



شکل۲۱ــ۸ــ قانون دست چپ

اگرطبق شکل ۲۲ــ۸ سیم را به صورت کلاف درآوریم و آن را درون میدان مغناطیسی قرار دهیم، وقتی ازکلاف 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.

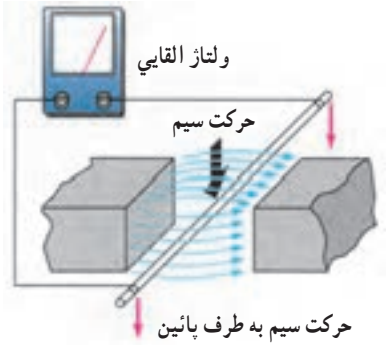


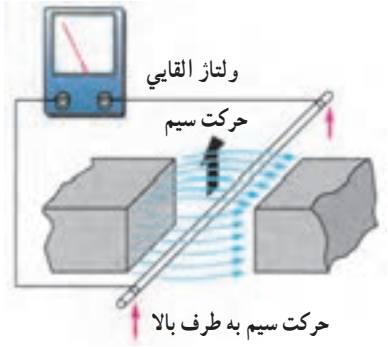


شکل۲۲ــ۸ــ تولید گشتاور در موتور الکتریکی

۸ــ۸ــ ژنراتور ساده

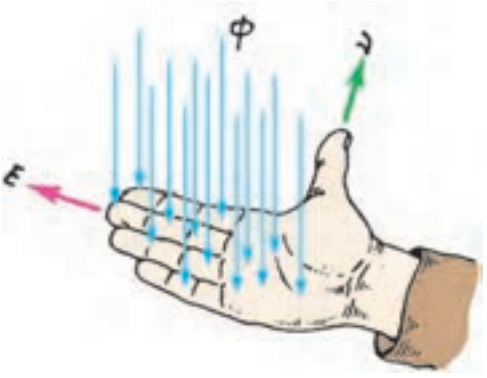
طبق شکل ۲۳ــ۸ اگر یک هادی را در داخل میدان مغناطیسی آهن‌ربا حرکت دهیم، انرژی مغناطیسی آهن‌ربا باعث حرکت الکترون‌ها در یک جهت و تجمع آنها در یک طرف هادی می‌شود. این روند را تولید نیروی محرکه القایی می‌گویند. حال اگر به دو سر سیم میلی‌ولت‌متری را وصل کنیم، مشاهده می‌شودکه با تغییر جهت حرکت سیم، جهت نیروی محرکه القایی تغییر می‌کند.





شکل ۲۳ــ۸ــ اساس کار یک ژنراتور ساده

برای به دست آوردن جهت نیروی محرکه القایی از قانون دست راست استفاده می‌شود. طبق شکل ۲۴ــ۸ 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.



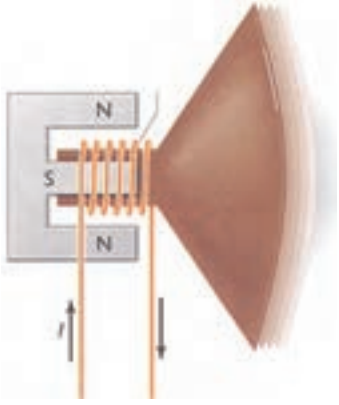
شکل ۲۴ــ۸ــ قانون دست راست

فیلم

فیلم ژنراتورها و موتورها را مشاهده کنید.

پژوهش

درمورد ساختمان بلندگو و طرز کار آن تحقیق کرده و نتیجه را به کلاس گزارش دهید. (شکل۲۵ــ ۸)



شکل ۲۵ــ ۸ ــ 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 دوم) :

۱ ذرات با مولکول‌های مغناطیسی را تعریف کنید.

۲ میدان الکترومغناطیسی از ترکیب میدان‌های ..... و ..... صورت می‌گیرد.

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.

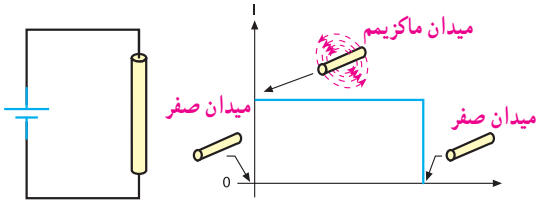
۱۱ تفاوت کلید قطع‌کننده مغناطیسی و فیوز ذوب‌شونده را شرح دهید.

فیلم

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

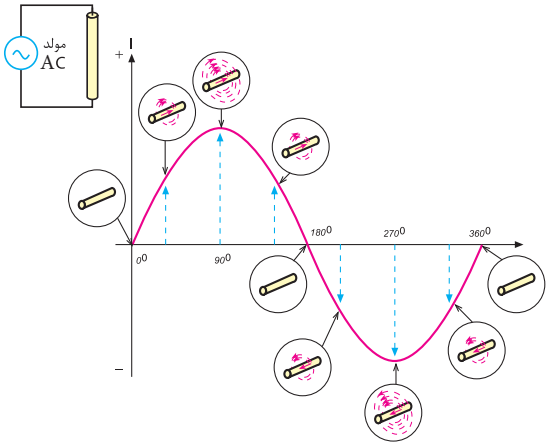
۹ــ ۸ ــ میدان مغناطیسی حاصل از یک جریان مستقیم و متناوب

اگر دو سر یک هادی را مطابق شکل ۲۶ــ۸ به جریان مستقیم وصل کنیم، شدّت 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 صفرکاهش می‌یابد.



شکل ۲۶ــ ۸ ــ میدان مغناطیسی ایجاد شده به وسیله جریان مستقیم

اگر دو سر یک هادی را مطابق شکل۲۷ــ۸ به یک جریان متناوب وصل کنیم، مقدار جریان و در نتیجه، شدّت 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 ۲۷ــ ۸ ــ میدان مغناطیسی ایجاد شده به وسیله جریان متناوب

فیلم

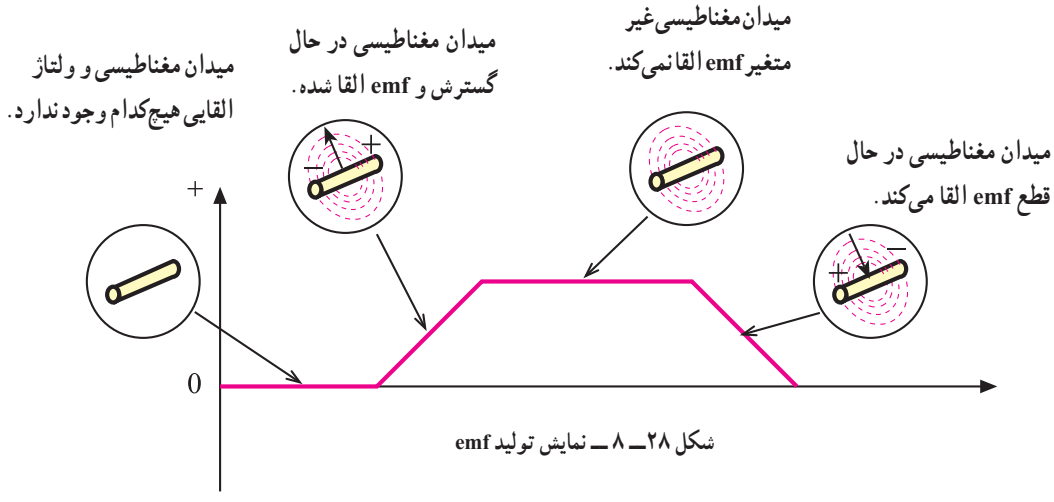
فیلم خودالقائی و قانون لنز را ببینید.

۱۰ــ ۸ ــ خودالقائی

با طی نیم پریود 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 می شود، بنابراین، افزایش یا کاهش جریان در هادی سبب گسترش یا فروکش کردن میدان مغناطیسی در اطراف آن می شود 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 ۲۸ــ ۸ القای نیروی محرکه را در زمان تغییر نشان می‌دهد.



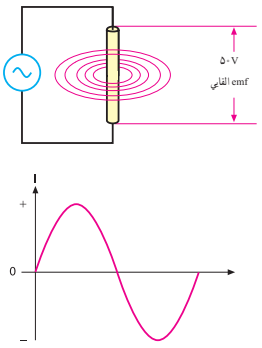
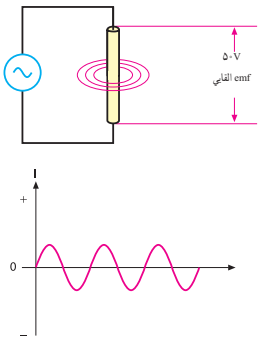
شکل ۲۸ــ ۸ ــ نمایش تولید emf

۱۱ــ۸ــ 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 شدّت میدان مغناطیسی است به طوری که می‌توان نوشت :

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

در این رابطه $\Delta\varphi$ تغییرات شار مغناطیسی و Δt تغییرات زمان را نشان می‌دهد. شدّت میدان مغناطیسی به سرعت تغییرات جریان یا تغییرات فرکانس بستگی دارد. بنابراین مقدار نیروی محرکه القاشده، با فرکانس جریان متناسب است. با افزایش فرکانس، نیروی محرکه القاشده افزایش و با کاهش فرکانس نیروی محرکه القاشده، کاهش می‌یابد. مقدار جریان نیز از عوامل دیگری است که مقدار نیروی محرکه القاشده را معین می‌کند. یعنی، هر چه شدّت‌جریان عبوری از هادی بیشتر باشد، میدان ایجادشده قوی‌تر و هر چه جریان کمتر باشد، میدان ایجادشده ضعیف‌تر می‌شود. پس به طورکلی می‌توان گفت که مقدار نیروی محرکه القاشده (خودالقا) به دامنه و فرکانس جریان عبوری از هادی بستگی دارد. شکل ۲۹ــ۸ عوامل ذکرشده را به خوبی نشان می‌دهد.

جریان با فرکانس پایین و دامنهٔ زیاد	جریان با فرکانس زیاد و دامنهٔ کم
	
جریان‌های فرکانس پایین اگر دامنه‌شان زیاد باشند، می‌توانندemf قوی ایجاد کنند	جریان‌های فرکانس بالا می‌توانندemf قوی ایجاد کنند علی‌رقم این که دامنه‌شان نسبتاً کم است.

شکل ۲۹ــ۸ــ تأثیر دامنه و فرکانس جریان بر مقدار emf القائی

۱۲ــ۸ــ جهت نیروی محرکه خودالقاء

شاید تصور شود که قطب‌ها یا جهت نیروی محرکه القائی 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 القائی می‌شود.

اگر نیروی محرکه القاشده در همان جهت جریان باشد، شدّت 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 القائی همیشه طوری است که اثر آن مخالف با تغییر جهت جریان به وجود آورنده آن است.

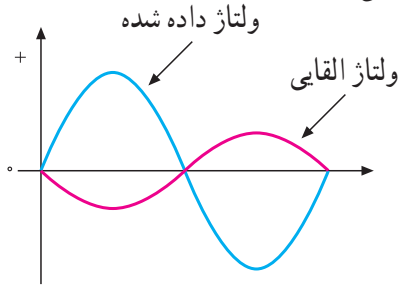
۱۳ــ۸ــ قانون لنز

در سال ۱۸۳۴ یک فیزیک‌دان آلمانی به نام لنز قانونی را به جهانیان ارائه داد که بیانگر جهت نیروی محرکه القائی 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 خودالقائی می‌شود که اثر آن با جهت تغییرات مخالفت می‌کند، به‌عبارت‌دیگر، هنگامی‌که جریان کاهش می‌یابد، نیروی محرکه القائی در جهتی است که با کاهش جریان مخالفت می‌کند و هنگامی که جریان افزایش می‌یابد، باز جهت نیروی محرکه خود القائی طوری است که با افزایش جریان مخالفت می‌کند.

شکل ۳۰ــ۸ رابطه بین ولتاژ یا نیروی محرکه القا شده را با ولتاژی که باعث ایجاد جریان می‌شود (ولتاژ داده شده)، با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه نشان می‌دهد. با زیاد یا کم شدن ولتاژ داده شده در یک جهت، نیروی محرکه القا شده درجهت مخالف آن زیاد یا کم می‌شود.

از آنجا که عمل نیروی محرکه القائی مخالف با ولتاژ داده شده است، آن را نیروی ضدمحرکه القائی می‌نامند و با Cemf نمایش می‌دهند، مقدار آن را از رابطه $\text{cemf}^{1} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ محاسبه می‌کنند.



شکل ۳۰ــ۸ــ نیروی محرکه القائی همیشه با ولتاژ داده شده مخالفت می‌کند.

علاوه بر دو عامل دامنه و فرکانس، عامل سومی که بر خودالقائی تأثیر می‌گذارد، شکل فیزیکی هادی است، اگر هادی به صورت سیم‌پیچ در آید، میزان خودالقائی بیشتر خواهد شد.

۱ــ Counter Electromotive force

به طوری که می‌توان نوشت : $\text{Cemf} = -N\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ که در این رابطه، N تعداد دور سیم‌پیچ است.

۱۴ــ۸ــ 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 :

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

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 سیم‌پیچ، بسیار قوی‌تر از نیروی محرکه القا شده در یک هادی است. اندوکتانس در حقیقت یکی از خصوصیات فیزیکی یک هادی یا سیم‌پیچ 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 شدّت جریان عبوری از آن است.

واحد اندوکتانس هانری[۲] است که از نام دانشمند کاشف آن گرفته شده است. اگر در یک سیم‌پیچ در اثر تغییر جریان یک آمپر در ثانیه نیروی ضدمحرکه‌ای 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 به‌دست آورد :

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

۲ــ ژوزف هانری نام فیزیک‌دان آمریکایی است که همراه با مایکل فارادی خاصیت القائی 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 شدّت جریان در یک ثانیه از ۵۰۰ میلی‌آمپر به ۱۰۰ میلی‌آمپر برسد و نیروی ضد محرکه‌ای مساوی یک ولت در آن تولید کند، مقدار ضریب خودالقاء (اندوکتانس) بوبین را به دست آورید.

راه حل :

$$U_{Cemf} = -L\frac{\Delta i}{\Delta t}^{1} = -L\frac{i_2 - i_1}{t_2 - t_1}$$

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

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

۱۵ــ۸ــ عوامل مؤثّر در ضریب خودالقاء یا (اندوکتانس)

عوامل مؤثّر در ضریب خودالقاء 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 می دهند، 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 درهسته است.

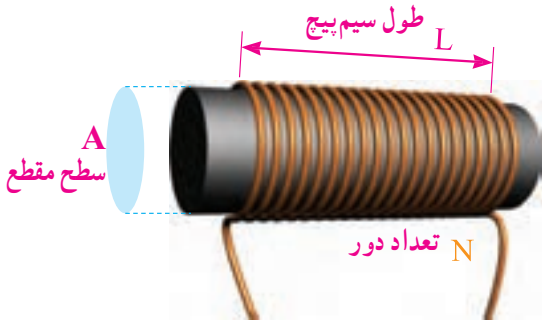
ضریب نفوذ مواد (μ) نسبت به ضریب نفوذ هوا (μ_0) سنجیده و به صورت $\mu=\mu_0\mu_r$ بیان می‌شود. در این رابطه $\mu_0 = 4\pi\times10^{-7}\frac{H}{m}$ و μ_r برای مواد فرومغناطیسی بزرگ‌تر از ۱۰۰ و برای مواد غیرمغناطیسی حدود ۱ است.

ب) عوامل فیزیکی : پارامترهای زیر، همان‌گونه که در شکل ۳۱ــ۸ نشان داده شده است، بر اندوکتانس سلف مؤثّراند.

۱ــ تعداد دور سیم‌پیچ

۲ــ طول سیم‌پیچ

۳ــ سطح مقطع هسته



شکل ۳۱ــ۸ــ پارامترهای مهم در یک سلف

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

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

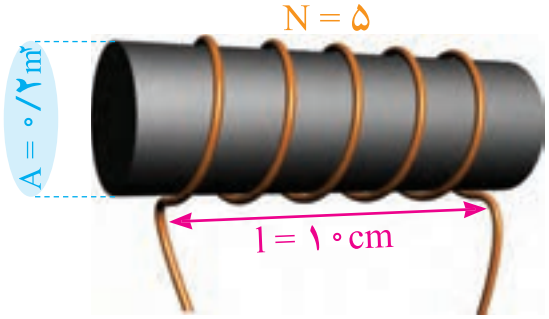
L اندوکتانس بر حسب هانری، μ ضریب نفوذ هسته بر حسب هانری برمتر، A سطح مقطع هسته برحسب مترمربع و l طول سیم‌پیچ برحسب متر است.

مثال ۲ : با توجه به شکل ۳۲ــ۸ مقدار اندوکتانس بوبین چقدر است؟ هسته از جنس هوا است.

۱ــ Δt و Δi که دلتا آی و دلتا تی تلفظ می‌شود، همان تغییرات شدّت جریان و تغییرات زمان است.

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

$$L=\frac{\mu_{\circ}.A.N^{2}}{l}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times0/2\times5^{2}}{10\times10^{-2}}=62/8\,\mu H$$



شکل ۳۲ــ۸ ــ بوبین مثال ۲

کارگروهی

در مثال ۲ اگر تعداد دور سیم به ۱۰۰ 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.

۱۶ــ۸ــ ثابت زمانی

در یک مدار مقاومتی جریان مستقیم، شدّت جریان به‌طور لحظه‌ای تغییر می‌کند، یعنی با بستن کلید، جریان به‌طور 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 می‌شود که جریان در فرآیند شارژ در یک سلف به ۶۳/۲ 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.

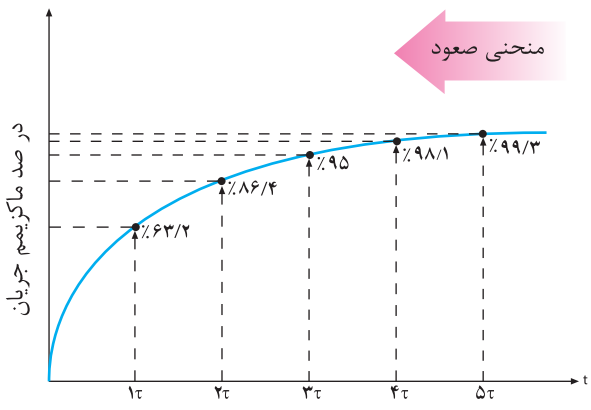
$$\tau=\frac{L}{R}$$

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 شدّت جریان را در ثابت‌های زمانی مختلف در منحنی شکل ۳۳ــ۸ در حالت شارژ (صعود) ملاحظه می‌کنید.

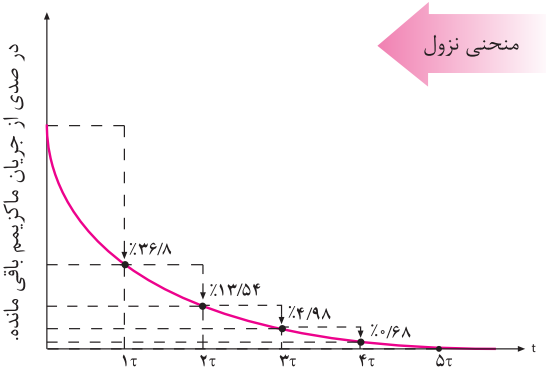
در ثابت زمانی اول جریانی به اندازه ۶۳/۲ درصد کل جریان نهایی از سیم‌پیچ می‌گذرد. در ثابت زمانی دوم، جریان به ۸۶/۴ درصد می‌رسد. در ثابت‌های زمانی سوم، چهارم و پنجم این روند ادامه می‌یابد. به طوری که در ثابت زمانی پنجم مقدار جریان تقریباً به حداکثر خود می‌رسد.

منحنی ۳۳ــ۸ روند افزایش جریان و مقدار هر ثابت زمانی را نشان می‌دهد.



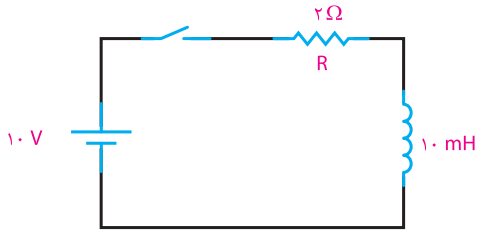
شکل ۳۳ــ ۸ ــ منحنی شارژ سیم‌پیچ

با قطع جریان در مدار، سیم‌پیچ شروع به تخلیه می‌کند. همان‌گونه که در منحنی شکل ۳۴ــ۸ 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، به‌طوری‌که در ثابت زمانی پنجم تقریباً مقدار جریان مدار به صفر می‌رسد. یعنی بعد از ۵ ثابت زمانی،جریان به کمتر از ۱٪ مقدار ماکزیمم سقوط می‌کند. که عملاً همان صفر است.



شکل ۳۴ــ۸ــ منحنی نزول شدت جریان در مدار سلفی (دشارژ سیم‌پیچ)

مثال ۳ : درمدار شکل ۳۵ــ۸ پس از بستن کلید، مدت زمانی را که شدّت جریان به مقدار ماکزیمم خود می‌رسد، محاسبه کنید.



شکل ۳۵ــ۸ــ مدار مثال ۳

راه‌حل :

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{۱۰\times۱۰^{-۳}(H)}{۲(\Omega)} = ۵\,(ms)$$

$$۵\tau = ۵\times۵\ ms = ۲۵\ ms$$

درطول 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 بوبینی با اندوکتانس ۲۰mH به جای بوبین ۱۰ mH قرار گیرد، ثابت زمانی را محاسبه کنید. پس از چه مدت جریان ماکزیمم می‌شود؟

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

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 مؤثّر 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 میلی‌هانری است؟ ثانیاً اگر بخواهیم ضریب خودالقاء دو برابر شود، تعداد دور سیم‌پیچ باید چند دورشود؟ (جواب ۵۰mH و ۱۴۱۰دور)

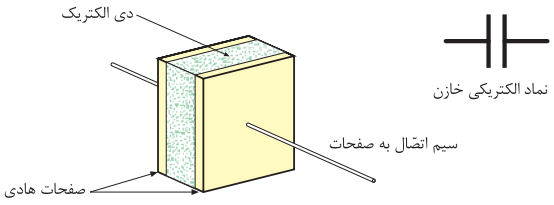
۷ دریک بوبین با ضریب خودالقائی ۳ میلی‌هانری، جریان در مدت دو ثانیه از یک آمپر به ۷ آمپر افزایش می‌یابد ولتاژ خودالقائی در بوبین چند میلی‌ولت است؟ اگر ضریب خودالقائی ۳ هانری باشد، ولتاژ القائی چند میلی‌ولت می‌شود؟ (جواب ۹- و ۹۰۰۰-)

۸ یک بوبین با ضریب خودالقائی ۲ هانری و مقاومت اهمی ۰/۵ اهمی در دست است. اگر این بوبین 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)

۱۷ــ۸ــ خازن

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 (دی‌الکتریک) قرار دارد، تشکیل می‌شوند.

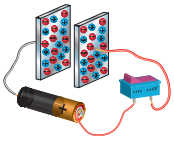
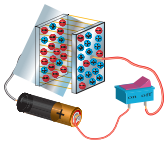
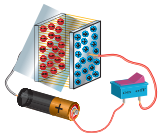
شکل ۳۶ــ۸ طرح ساده یک خازن مسطح و نماد الکتریکی آن را نشان می‌دهد. صفحات هادی نسبتاً بزرگ‌اند و در فاصله بسیار نزدیک به هم قرار می‌گیرند. دی‌الکتریک انواع مختلفی دارد و با ضریب مخصوصی که نسبت به هوا سنجیده می‌شود، معرفی می‌گردد. این ضریب را ضریب دی‌الکتریک می‌گویند و آن را با حرف ε (اپسیلون) نمایش می‌دهند.



شکل ۳۶ــ۸ ــ طرح ساده یک خازن مسطح و نماد الکتریکی

۱۸ــ۸ ــ میدان الکتریکی

هنگامی‌که 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 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 ۳۷ــ۸ میدان الکتریکی بین صفحات خازن را نشان می‌دهد.

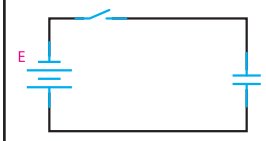
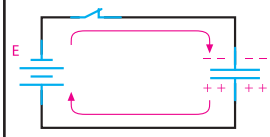
خازن شارژ نشده بدون میدان الکتریکی	
خازن تا حدودی شارژ شده میدان الکتریکی متوسط	
خازن کاملاً شارژ شده میدان الکتریکی قوی	

شکل ۳۷ــ۸ــ نمایش میدان الکتریکی بین صفحات خازن در حالت‌های مختلف

۱۹ــ۸ ــ شارژ خازن با ولتاژ DC

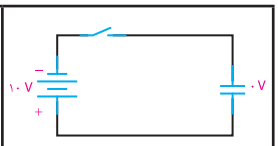
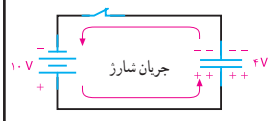
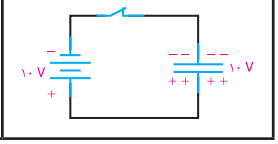
برای این که خازن شارژ شود، یعنی انرژی الکتریکی را ذخیره کند، باید آن را به یک اختلاف‌پتانسیل (ولتاژ) وصل کرد. این ولتاژ به وسیله یک باتری تأمین می‌شود. قطب مثبت باتری، به یک طرف و قطب منفی آن به طرف دیگر خازن، مانند شکل ۳۸ــ۸ وصل می‌شود. قبل از بستن کلید، صفحات خازن خنثی است و هیچ انرژی الکتریکی در آن ذخیره نخواهد شد.

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

وقتی کلید باز است. هیچ جریانی از مدار نمی‌گذرد و خازن شارژ نمی‌شود.	
وقتی کلید بسته است. جریان از مدار می گذرد و خازن را شارژ می‌کند.	

شکل ۳۸ــ ۸ ــ 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، شدّت جریان کاهش می‌یابد. وقتی ولتاژ خازن به مقدار ماکزیمم خود می‌رسد، جریان صفر می‌شود. شکل ۳۹ــ۸ این مطلب را به روشنی نمایش می‌دهد.

مدار باز بوده و جریان نمی‌گذرد.	
خازن در حال شارژ	
خازن کاملاً شارژ شده و جریان نمی‌گذرد	

شکل ۳۹ــ۸ ــ شارژ شدن خازن به اندازه ولتاژ باتری

۲۰ــ۸ ــ دشارژ (تخلیه) خازن

یک خازن شارژ شده باید شارژ خود را به مدت نامحدودی نگه دارد، درحالی‌که 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 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.

۲۱ــ۸ ــ 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[1] 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 ظرفیّت خازن بر حسب فاراد (F)، Q بار یک صفحه برحسب کولن (C) و V ولتاژ دو سرخازن است. فاراد واحد بزرگی است و در کارهای عملی مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. در عمل از واحدهای کوچک‌تری مثل میلی‌فاراد

۱ــ کولن (coulomb) واحد بار الکتریکی است و مقدار آن بار $۶/۲۸\times۱۰^{۱۸}$ الکترون می‌باشد.

(mF)، میکروفاراد (μF) و نانو فاراد (nF) استفاده می‌کنند.

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

راه‌حل :

$$C=\frac{Q}{V} \qquad C=\frac{۸۰(C)}{۲۰(V)}=۴(F)$$

تمرین : خازنی با ظرفیّت ۴۰ μF را به ولتاژ ۵۰ ولت اتصال می‌دهیم، مقدار بار ذخیره شده چقدر است؟

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

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

$$V=\frac{۱۰\times۱۰^{-۶}(C)}{۱۰\times۱۰^{-۶}(F)}=۱V$$

۸ــ۲۲ــ عوامل مؤثّر بر ظرفیّت خازن

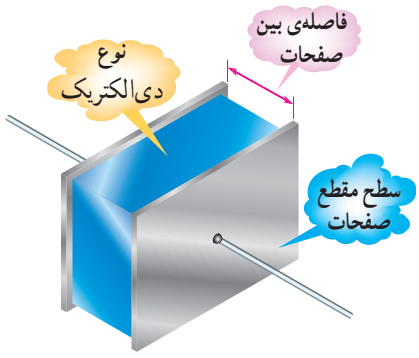
مهم‌ترین عوامل مؤثّر بر ظرفیّت خازن عبارت‌اند از :

۱ــ مساحت صفحات

۲ــ فاصله بین صفحات

۳ــ دی‌الکتریک به کار رفته بین صفحات

ظرفیّت یک خازن فقط[1] به ابعاد و نوع عایق آن بستگی دارد، نه به مقدار ولتاژ و بار ذخیره شده درآن. شکل ۸ــ۴۰ عوامل مؤثّر در ظرفیّت را نشان می‌دهد.



شکل ۸ــ۴۰ عوامل مؤثّر بر ظرفیّت خازن

ظرفیّت خازن نسبت مستقیم با سطح مشترک خازن و نسبت معکوس با فاصله صفحات دارد. هم‌چنین جنس دی‌الکتریک در میزان ظرفیّت مؤثّر است. مقدار ظرفیّت خازن از رابطه : $C=\frac{\varepsilon_{\circ}\varepsilon_{r}A}{d}$ 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 $\varepsilon_{\circ}$ برحسب فاراد برمتر است(F/m).

$\varepsilon_{\circ}=۸/۸۵\times۱۰^{-۱۲}\ F/m$

تمرین : ظرفیّت خازنی با سطح مقطع ۰/۰۲ مترمربع و ضخامت دی‌الکتریک ۰/۱سانتی‌متر و ε_r (ضریب دی‌الکتریک) برابر ۴ را محاسبه کنید.

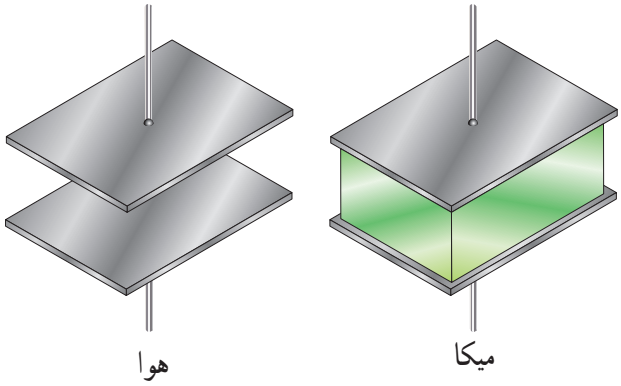
همان‌طور که ذکر شد ماده عایق مورد استفاده بین صفحات خازن را دی‌الکتریک گویند. دی‌الکتریک به کار رفته در خازن‌ها می‌تواند هوا، خلأ، کاغذ، شیشه، میکا و. . . باشد.

بعضی از دی‌الکتریک‌ها به علت اینکه ظرفیّت خازنی بزرگی تولید می‌کنند، دی‌الکتریک‌های خوبی هستند. در حالی که برخی دیگر ظرفیّت 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 ۸ــ۴۱ تأثیر دی‌الکتریک را بر ظرفیّت خازن نشان می‌دهد.

۱ــ 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.



شکل ۴۱ــ۸ــ ظرفیّت خازن سمت راست، ۵ برابر ظرفیّت خازن سمت چپ است.

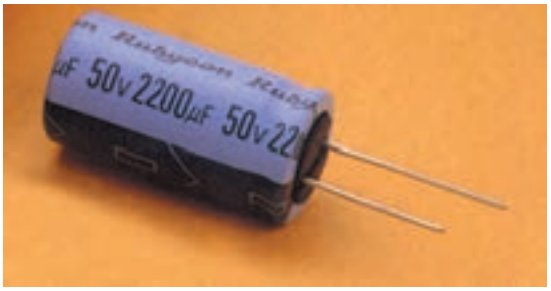
مقدار ضرایب دی‌الکتریک را در جداول خاص مشخص می‌کنند.

پژوهش

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.

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

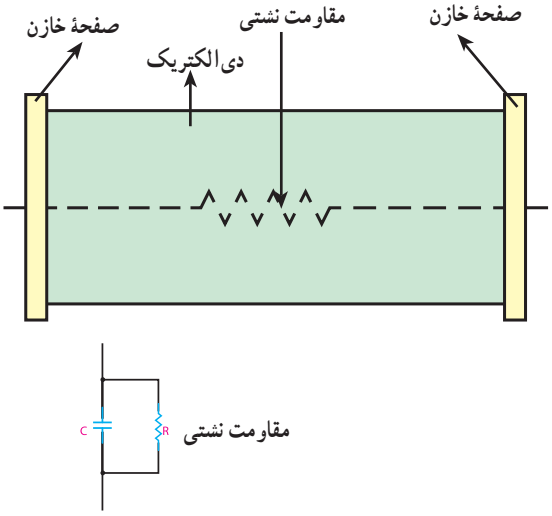
ولتاژ کار خازن حداکثر ولتاژ DC است که خازن می‌تواند در آن ولتاژ، کار عادی خود را انجام دهد، مثلاً خازن شکل ۴۲ــ۸ که روی آن ۲۲۰۰μF/۵۰V نوشته شده است، می‌تواند تا ۵۰ ولت DC را تحمل کند و به کار خود ادامه دهد.



شکل ۴۲ ــ ۸ ــ خازن الکترولیتی

۲۳ــ۸ ــ 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 صددرصد 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 ۴۳ــ۸ 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 ۴۳ــ ۸ ــ مقاومت نشتی و مدار معادل آن

۲۴ــ۸ ــ ثابت زمانی خازن

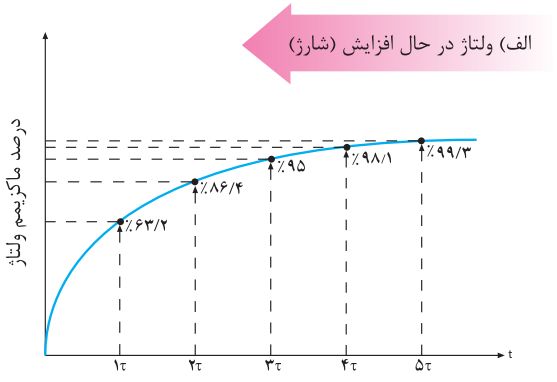
چنانچه خازنی به تنهایی در یک مدار DC قرار گیرد، به سرعت شارژ می‌شود. شارژ سریع خازن به این دلیل اتفاق می‌افتد که در مسیر شارژ هیچ‌گونه مقاومتی وجود ندارد. حال اگر مقاومتی را به مدار اضافه کنیم، وجود آن در مسیر شارژ، زمان شارژ را طولانی‌تر می‌کند. مقدار دقیق زمان شارژ به مقدار مقاومت قرار گرفته در مسیرشارژ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

و ظرفیّت خازن (C) بستگی دارد و به کمک رابطه زیر مشخص می‌شود :

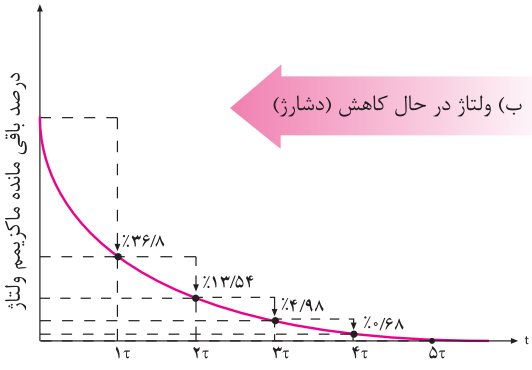
$\tau = RC$

τ را ثابت زمانی خازن گویند وآن، مدت زمانی است که ولتاژ خازن به ۶۳/۲ درصد ولتاژ کل آن برسد.

منحنی شارژ و دشارژ در خازن مشابه شارژ و دشارژ بوبین است. در شکل ۴۴ــ۸ منحنی‌های شارژ و دشارژ خازن را ملاحظه می‌کنید.



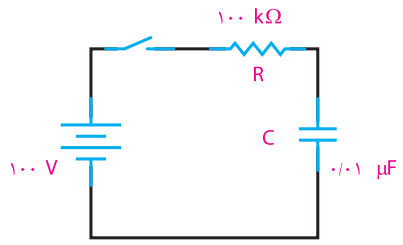
در ۵ ثابت زمانی، ولتاژ به بیش از ۹۹٪ ماکزیمم می‌رسد که این مقدار عملاً ۱۰۰٪ است.



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

شکل ۴۴ــ۸ــ منحنی شارژ و دشارژ خازن

مثال ۶ : مدار شکل ۴۵ــ۸ را در نظر می‌گیریم. پس از بستن کلید چه مدت طول می‌کشد تا خازن شارژ شود؟



شکل ۴۵ــ۸ــ مدار RC

راه‌حل : ثابت زمانی مدار

$\tau = RC = ۱۰۰ \times ۱۰^{۳} \times ۰/۰۱ \times ۱۰^{-۶} = ۱ \text{ m sec}$

$۵\tau = ۵ \times ۱ \text{ ms} = ۵ \text{ ms}$

پنج میلی‌ثانیه طول می‌کشد تا خازن شارژ شود.

تمرین : درشکل ۴۵ــ۸ اگر مقدار ظرفیّت خازن را به سه برابر و مقدار مقاومت را به $\frac{۱}{۴}$ کاهش دهیم، میزان زمان شارژ را در این حالت محاسبه کنید.

۲۵ــ۸ــ 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 می‌شود. 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 می‌آید.

$$W = \frac{۱}{۲} CV^{۲}$$

C ظرفیّت خازن برحسب فاراد، V ولتاژ دو سر خازن برحسب ولت و W مقدار انرژی ذخیره شده برحسب ژول است.

مثال ۷ : مقدار انرژی یک خازن $۱\mu F$ که با ولتاژ ۴۰۰ ولت شارژ شده را محاسبه کنید.

راه‌حل :

$$W = \frac{۱}{۲} CV^{۲}$$

$$W = \frac{۱}{۲} \times ۱ \times ۱۰^{-۶} \times (۴۰۰)^{۲}$$

$W = ۰/۰۸$ ژول

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 درکلاس ارائه نمائید.

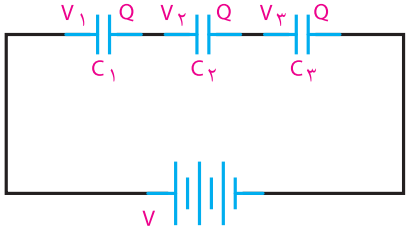
۲۶ــ۸ــ اتصال خازن‌ها

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

الف ــ اتصال سری خازن‌ها : در شکل ۴۶ــ۸ طرز به هم بستن سری خازن‌ها را مشاهده می‌کنید. در اتصال سری، فاصله مؤثّر بین صفحات بیشتر می‌شود و ظرفیّت معادل مجموعه خازنی کاهش می‌یابد. همان‌گونه که در شکل می‌بینید، تنها دو صفحه ابتدا و انتهای مجموعه خازنی که به مولّد بسته شده است، از مولّد، 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 :

$Q=Q_۱=Q_۲=Q_۳$ (۱)

$V=V_۱+V_۲+V_۳$ (۲)



شکل ۴۶ــ۸ ــ چگونگی اتصال سری خازن‌ها

مقدار ظرفیّت خازن سری از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$\frac{۱}{C_t}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}+\frac{۱}{C_۳}$$

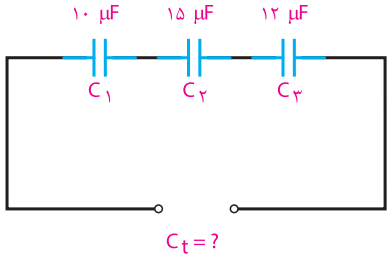
در صورتی که خازن‌ها با هم مساوی باشند، رابطه ظرفیّت خازن معادل برای n خازن چنین است :

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

پژوهش

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

مثال ۸ : ظرفیّت معادل مدار شکل‌های ۴۷ــ۸ را به دست آورید.



شکل ۴۷ــ۸ــ مدار اتصال سری سه خازن

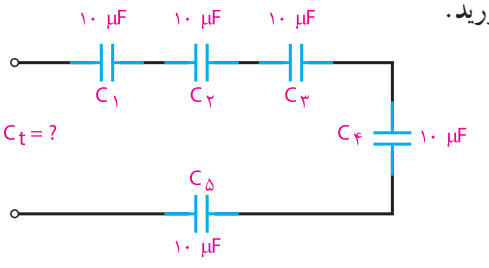
راه‌حل :

$$\frac{۱}{C_t}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}+\frac{۱}{C_۳}$$

$$\frac{۱}{C_t}=\frac{۱}{۱۰}+\frac{۱}{۱۵}+\frac{۱}{۱۲}=\frac{۶+۴+۵}{۶۰}=\frac{۱۵}{۶۰}$$

$$C_t=\frac{۶۰}{۱۵}=۴\mu F$$

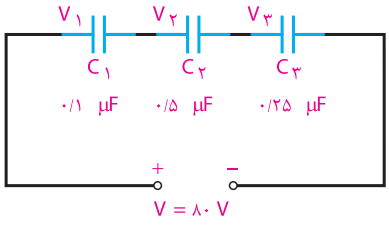
تمرین : ظرفیّت معادل مدار شکل‌های ۴۸ــ۸ را به دست آورید.



شکل ۴۸ــ۸ــ مدار اتصال سری پنج خازن

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

مثال ۹ : در مدار شکل ۴۹ــ۸ در صورتی که همه خازن‌ها شارژ کامل باشند، ولتاژ دو سر خازن را محاسبه کنید.



شکل ۴۹ــ۸ــ مدار مثال ۹

راه‌حل :

$$\frac{۱}{C_t}=\frac{۱}{۰/۱}+\frac{۱}{۰/۵}+\frac{۱}{۰/۲۵}=\frac{۵+۱+۲}{۰/۵}=\frac{۸}{۰/۵}$$

$$C_t=\frac{۰/۵}{۸}\mu F$$

در مدارسری مقدار بار خازن‌ها یکسان برابر است با

$$Q=Q_۱=Q_۲=Q_۳=Q_t$$

$$Q_t=\frac{۰/۵\times ۸۰}{۸}=۵C$$

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

$$V_۱=\frac{Q_۱}{C_۱}=\frac{۵}{۰/۱}=۵۰V$$

$$V_۱=\frac{Q_۲}{C_۲}=\frac{۵}{۰/۵}=۱۰V$$

$$V_۱=\frac{Q_۳}{C_۳}=\frac{۵}{۰/۲۵}=۲۰V$$

$$V=V_۱+V_۲+V_۳$$

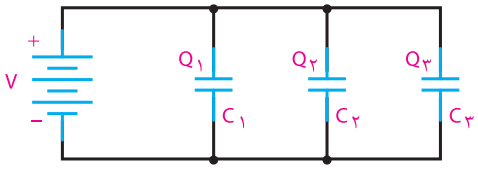
$$V=۵۰+۱۰+۲۰=۸۰V$$

نتیجه

خازن $C_۱$ که ظرفیّت کمتری دارد، شارژ (ولتاژ) بیشتری را به خود گرفته است (۵۰ ولت).

تمرین : در مدارهای شکل ۴۸ــ۸ و ۴۹ــ۸ اگر ولتاژ تغذیه ۶۰ ولت باشد، مقدار ولتاژ در هر یک از خازن‌ها را محاسبه کنید.

ب) اتصال موازی خازن‌ها : شکل ۵۰ــ۸ اتّصال چند خازن را به طور موازی نشان می‌دهد. در اتصال موازی خازن‌ها سطح مؤثّر صفحات زیادتر می‌شود و ظرفیّت معادل افزایش می‌یابد و اختلاف پتانسیل بین دو صفحه همه آنها برابر ولتاژ منبع است ولی بار الکتریکی ذخیره شده در هر خازن با ظرفیّت آن متناسب است :



شکل ۵۰ــ۸ــ اتصال موازی خازن‌ها

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

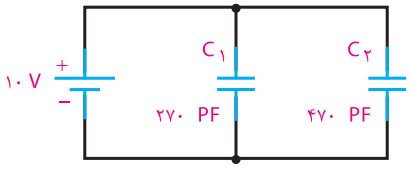
$$Q=Q_۱+Q_۲+Q_۳$$

$$C_T=C_۱+C_۲+C_۳$$

پژوهش

رابطه ظرفیّت خازن معادل در مدار موازی را اثبات کنید.

مثال ۱۰ : در مدار شکل ۵۱ــ۸ ظرفیّت کل، ولتاژ و بار دو سر هر خازن را محاسبه کنید.



شکل ۵۱ــ۸ــ مدار مثال ۱۰

راه‌حل : ظرفیّت معادل برابر است با

$C_T=C_1+C_2=۲۷۰+۴۷۰=۷۴۰\ PF$

$V=V_1=V_2=۱۰V$

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

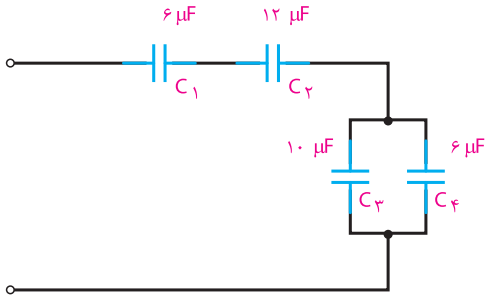
کولن $Q_1= C_1V=۲۷۰\times۱۰^{-۱۲}\times۱۰=۲/۷\times۱۰^{-۹}$

کولن $Q_2= C_2V=۴۷۰\times۱۰^{-۱۲}\times۱۰=۴/۷\times۱۰^{-۹}$

تمرین : ظرفیّت معادل ۱۵ خازن ۱۰۰۰ میکروفارادی را که به طور موازی بسته شده‌اند، محاسبه کنید.

ج) اتّصال مختلط خازن‌ها : در اتّصال مختلط خازن‌ها از قوانین مربوط به اتصال سری و موازی متناسب با روش انجام شده استفاده می‌کنیم. یعنی، ابتدا کل مجموعه را به مجموعه‌های جزء سری و موازی تقسیم می‌کنیم، آن‌گاه معادل مجموعه‌های جزء را به دست می‌آوریم و سپس قوانین سری و موازی را درباره آنها اجرا می‌کنیم.

مثال ۱۱ : ظرفیّت کل مدار شکل ۸ــ۵۲ را محاسبه کنید.



شکل ۸ــ۵۲ ــ مدار مثال ۱۱

راه‌حل : در این مدار C_1 و C_2 سری است که روابط سری را درباره این دو عمل می‌کنیم. در نهایت، مجموعه C_1 و C_2 با مجموعه C_3 و C_4 سری هستند و از قوانین سری پیروی می‌کنند. بنابراین، می‌توان نوشت :

$$C_{1,2}=\frac{C_1.C_2}{C_1+C_2}=\frac{۶\times۱۲}{۶+۱۲}=۴\mu F$$

$C_{3,4}=C_3+C_4=۱۰+۶=۱۶\mu F$

$$C_t=\frac{۴\times۱۶}{۴+۱۶}=\frac{۱۶}{۵}=۳/۲\mu F$$

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

۲۷ــ۸ــ جمع‌بندی ویژگی‌ها و قوانین سری و موازی در مدارهای DC

مدار سری	ــ بار ذخیره شده در هر خازن با بار کل برابر است. ــ ولتاژ کل با مجموع ولتاژهای جزء برابر است. ــ ظرفیّت کل کاهش می‌یابد.
مدار موازی	ــ ولتاژ کل با ولتاژ دو سر هر خازن برابر است. ــ بار کل با مجموع بارهای جزء برابر است. ــ ظرفیّت کل افزایش می‌یابد.

الگوی پرسش (ارزشیابی و احیادگیری ۸ از فصل دوم) :

۱ شارژ و دشارژ در خازن را تعریف کنید.

۲ میدان الکترواستاتیکی چگونه پدید می‌آید؟

۳ ظرفیّت خازن به چه عواملی بستگی دارد؟

۴ چرا دی‌الکتریک را در خازن به کار می‌بریم؟

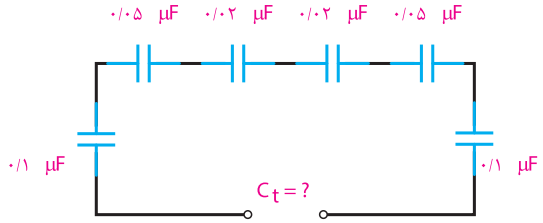
۵ منظور از قابلیت تحمّل دی‌الکتریک یک ماده را توضیح دهید.

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

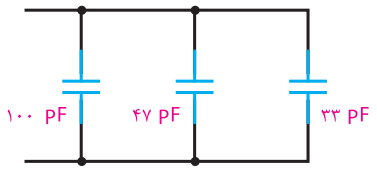
۷ ویژگی‌های مدار سری و موازی را با یکدیگر مقایسه کنید.

۸ در مدار شکل ۸ــ۵۳ مقدار C_t را حساب کنید

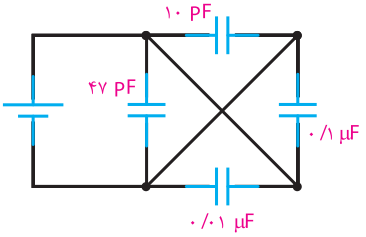
(جواب : پ) ۵۷PF ۱۱۰۰ ب) ۱۸۰pF الف) ۲۵/۶ nF)



الف



ب

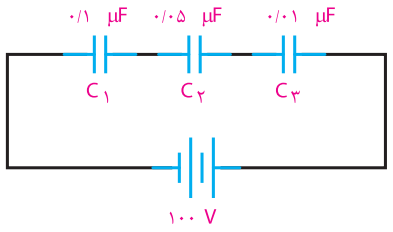


پ

شکل ۸ــ۵۳ــ مدار سؤال ۸

۹ ولتاژ دو سر هر خازن مدار شکل ۸ــ۵۴ در صورت شارژبودن همه آنها چه قدر است؟

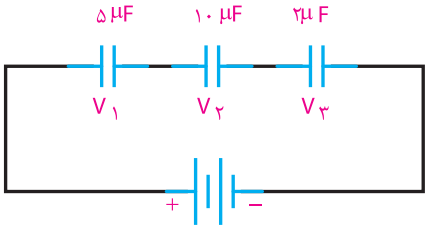
(جواب: $V_1=\frac{۱۰۰}{۱۳}V , V_2=\frac{۱۰۰۰}{۶۵}V , V_3=\frac{۱۰۰۰}{۱۳}V$)



شکل ۸ــ۵۴ــ مدار سؤال ۹

۱۰ در مدار شکل ۸ــ۵۵ اگر مقدار بار ذخیره شده در مجموعه خازن‌ها ۱۰۰میکروکولن باشد، ولتاژ دو سر هر خازن را محاسبه کنید.

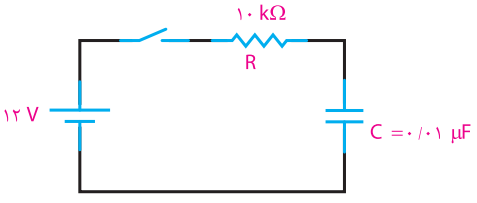
(جواب : $V_1=۲۰V , V_2=۱۰V , V_3=۵۰V$)



شکل ۸ــ۵۵ــ مدار سؤال ۱۰

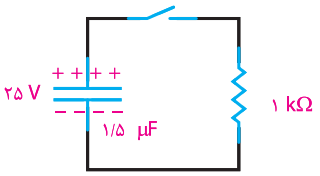
۱۱ در مدار شکل ۸ــ۵۶ اگر خازن خالی باشد و کلید را به مدت ۲۰ میلی‌ثانیه ببندیم، خازن چه قدر شارژ می‌شود؟

(جواب : شارژ کامل ۱۲ ولت)



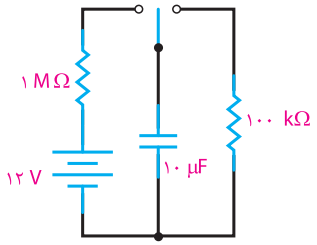
شکل ۸ــ۵۶ــ مدار سؤال ۱۱

۱۲ در مدار شکل ۵۷ــ۸ خازن دارای شارژ کامل است. کلید را به مدّت ۳ میلی‌ثانیه می‌بندیم. چه ولتاژی از خازن خالی می‌شود؟
(جواب : ۲۱/۶ ولت)



شکل ۵۷ــ۸ــ مدار سؤال ۱۲

۱۳ در مدار شکل ۵۸ــ۸ با بستن کلید، خازن پس از چه مدت شارژ می‌شود؟ پس از شارژ خازن در صورت جابه‌جایی کلید و اتصال آن به دوسر مقاومت ۱۰۰ kΩ، خازن پس از چه مدت تخلیه خواهد شد؟



شکل ۵۸ــ۸ مدار سؤال ۱۳

ارزشیابی شایستگی پودمان ۲ : مدارهای الکتریکی DC

رشته تحصیلی : الکترونیک		پایه : دهم			سال تحصیلی : ۹۷ــ۱۳۹۶	
کد رشته : ۷۱۴۱۰		کد درس :			کد کتاب : ۲۱۰۲۷۵	
عنوان پودمان	تکالیف عملکردی (واحدهای یادگیری)	استاندارد عملکرد		شاخص تحقق		نمره
پودمان۲ :مدارهای الکتریکی DC	۱ــ مدارهای سری و موازی و مقاومت‌ها و پیل‌ها	۱ــ محاسبه مقاومت معادل در مدارهای سری و موازی و ترکیبی	نتایج ممکن	بالاتر از حد انتظار	اجرای کلیه بندها و حل مسائل ترکیبی پیچیده مقاومتی و دو حلقه‌ای	۳
		۲ــ به‌کارگیری قوانین کیرشهف در حل مدارهای ساده مقاومتی		در حد انتظار	اجرای بندهای ۱، ۲، ۴ و ۵	۲
	۲ــ سلف و خازن در جریان مستقیم	۳ــ اتصال پیل‌ها				
		۴ــ تعاریف، مفاهیم و کاربرد مغناطیس		پایین‌تر از حد انتظار	اجرای بند ۲	۱
		۵ــ خازن و اتصال سری و موازی آن				
نمره مستمر از ۵						
نمره شایستگی پودمان						
نمره پودمان از ۲۰						

ــ نمره شایستگی پودمان منحصراً شامل نمرات ۱، ۲ یا ۳ است.

ــ زمانی هنرجو شایستگی کسب می‌کند که در ارزشیابی پودمان حداقل نمره شایستگی ۲ را اخذ کند.

ــ حداقل نمره قبولی پودمان ۱۲ از ۲۰ است.

ــ نمره کلی درس زمانی لحاظ می شود که هنرجو در کلیه پودمان‌ها، شایستگی مورد نیاز را کسب نماید.