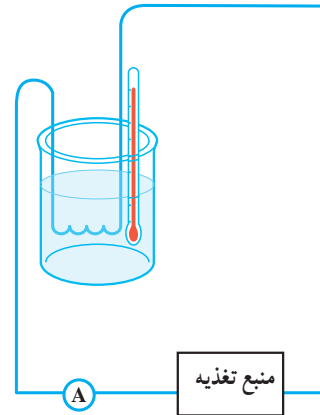


جرم آب را با ترازو اندازه می‌گیریم و در گرماسنج می‌ریزیم. مقاومت رشته سیم ملتهب را نیز با اهم‌سنج اندازه می‌گیریم. در گرماسنج را می‌بندیم دمای اولیه آب را یادداشت و مدار را مطابق شکل (۲۸) آماده می‌کنیم. همزمان با برقرار کردن جریان زمان‌سنج را روشن می‌کنیم و جریان را با آمپرسنج اندازه می‌گیریم، لحظه‌ای که دمای آب به اندازه‌ی مطلوب رسید عدد



شکل (۲۸)

زمان‌سنج را یادداشت می‌کنیم حالا می‌توانیم مقدار گرمای تولید شده را با رابطه‌ی $U = mc\Delta\theta + A\Delta\theta$ محاسبه و مقدار آن را با I^2Rt مقایسه کنیم. (A معرف ظرفیت گرمایی گرماسنج است) از دانش‌آموزان می‌خواهیم تمرین ۲-۳ را در گروه‌های خود انجام

دهند.

پاسخ:

$$l = 5\text{m} \quad R = \rho \frac{l}{A}$$

$$A = 0.4\text{mm}^2 \quad R = 1 \times 10^{-6} \times \frac{5}{0.4 \times 10^{-6}} = 12.5 \Omega$$

$$\Delta V = 200\text{V} \quad I = \frac{\Delta V}{R} = \frac{200}{12.5} = 16\text{A}$$

$$t = \frac{1}{4}\text{h} = 1800\text{s} \quad U = RI^2t$$

$$\rho = 1 \times 10^{-6} \Omega\text{m} \quad U = 12.5 \times (16)^2 \times 1800 = 576000\text{J}$$

$$U = ? \quad U = 576\text{kJ}$$

توان الکتریکی مصرف شده در یک مقاومت

دانسته‌های قبلی: دانش‌آموزان با کمیت توان در دوره‌ی راهنمایی و اول و دوم دبیرستان آشنا شده‌اند.

ایجاد/نگیزه: از دانش‌آموزان می‌پرسیم که برای خرید یک وسیله‌ی برقی (مثلاً لامپ) به چه عامل‌هایی توجه می‌کنند؟ دانش‌آموزان با بحث‌های گروهی عامل‌های متعددی را مطرح می‌کنند که در آن میان می‌توانیم به اعداد ولتاژ و توان ثبت شده روی وسیله اشاره کنیم و بپرسیم تفاوت لامپ ۶۰ وات و ۱۰۰ وات در چیست؟

فعالیت ۲۱



برای خرید کتری برقی به مغازه‌ای مراجعه می‌کنیم. فرض کنید در مغازه‌ی مورد نظر دو نوع کتری برقی موجود است و صاحب مغازه در مورد آن‌ها اینطور توضیح می‌دهد:

گنجایش هر دو کتری یکسان و به اندازه‌ی دو لیوان آب است. هر دو با برق ۲۲۰ ولت کار می‌کنند ولی کتری A در مدت ۵ دقیقه می‌تواند آب حدود 20°C را به جوش بیاورد در حالی که کتری B همین عمل را در مدت ۳ دقیقه انجام می‌دهد.

(الف) کدام کتری برای جوش آوردن ۲ لیوان آب 20°C انرژی بیشتری مصرف می‌کند؟
 (ب) کدام کتری را برای خرید انتخاب می‌کنید؟ توضیح دهید.
 (پ) کدام کمیت فیزیکی در این دو کتری متفاوت است؟
 پاسخ:

(الف) انرژی مصرفی هر دو یکسان است (چون $mc\Delta\theta$ برای هر دو یکسان است)

(ب) نظرهای مختلفی مطرح می‌شود و برای کسانی که تمایل دارند در زمان کوتاه‌تر به نتیجه‌ی مطلوب برسند

کتری B مناسب است.

(ب) با دید اولیه بعضی دانش‌آموزان فقط به زمان صرف شده اشاره می‌کنند که می‌توانیم آن‌ها را به تعریف توان هدایت کنیم. و نتیجه بگیریم که توان مصرفی دو کتری متفاوت است.

پس می‌توانیم از $P' = I'^2 R$ نیز استفاده کنیم و باز هم $P' = 4P$ به دست می‌آید.
(ب)

$$R' = 2R \quad P' = \frac{V'^2}{R'} = \frac{V^2}{2R} = \frac{1}{2} \left(\frac{V^2}{R} \right)$$

$$V' = V \quad P' = \frac{1}{2} P$$

مثال: دو لامپ یکی با مشخصات $100W$ و $220V$ و دیگری $200W$ و $220V$ داریم.

(الف) مقاومت کدام لامپ بیشتر است؟

(ب) اگر لامپ 100 وات را به اختلاف پتانسیل $167V$ وصل کنیم توان مصرفی آن چقدر خواهد شد؟

پاسخ: (الف)

$$P_1 = 100W \quad R_1 = \frac{V_1^2}{P_1} \Rightarrow R_1 = \frac{V_1^2}{P_1}$$

$$V_1 = 220V \quad R_1 = \frac{(220)^2}{100} = 484 \Omega$$

$$R_1 = ?$$

$$P_2 = 200W \quad \frac{R_2}{R_1} = \frac{P_1}{P_2}$$

$$V_2 = 220V \quad \frac{R_2}{484} = \frac{100}{200} \Rightarrow R_2 = 242 \Omega$$

$$R_2 = ?$$

(ب) اگر اختلاف پتانسیل دو سر لامپ تغییر کند، جریان گذرنده و در نتیجه توان مصرفی تغییر می‌کند اما مقاومت آن تغییری نمی‌کند.

$$R_1 = 484 \Omega \quad P'_1 = \frac{V_1'^2}{R_1} = \frac{(167)^2}{484} = 57.62W$$

$$V_1' = 167V \quad P'_1 = ?$$

از دانش‌آموزان می‌خواهیم در گروه‌های خود آنچه در مورد توان از سال‌های قبل آموخته‌اند بیان کنند و رابطه‌ی ریاضی آن را بنویسند. (یادآور می‌شویم که توان مصرفی همان آهنگ مصرف انرژی است)

دانش‌آموزان را هدایت می‌کنیم تا با جایگزینی مقدار انرژی

مصرفی از رابطه‌ی $\Delta U = q\Delta V$ و سپس $\frac{q}{t} = I$ رابطه‌ی $P = VI$ را به دست آورند و نیز با جایگزینی‌های I و V در هر مرحله به رابطه‌های دیگر توان دست پیدا کنند. ($P = I^2 R$ و $P = \frac{V^2}{R}$).

توجه: دانش‌آموزان معمولاً از تعداد رابطه‌های به دست آمده برای توان مصرفی دچار سردرگمی می‌شوند لذا با ذکر مثال‌هایی نحوه‌ی استفاده از هر رابطه را یادآور می‌شویم.

مثال: به دو سر یک قطعه‌ی مداری با مقاومت R ، اختلاف پتانسیل V وصل کرده‌ایم و از آن جریان I می‌گذرد و در آن انرژی الکتریکی به انرژی درونی تبدیل می‌شود. تعیین کنید که هر یک از تغییرات زیر چه تأثیری بر توان مصرفی مدار دارد؟ (الف) در حالی که مقاومت الکتریکی قطعه ثابت است اختلاف پتانسیل دو سر آن را دو برابر کنیم (با توجه به اینکه اختلاف پتانسیل از مقدار اسمی آن و در نتیجه جریان گذرنده از سیم از حد مجاز آن بیشتر نشود).

(ب) اگر قطعه‌ی دیگری با مقاومت $2R$ را به همان اختلاف پتانسیل اولیه وصل کنیم.

پاسخ:

(الف)

$$V' = 2V \quad P' = \frac{V'^2}{R'} = \frac{(2V)^2}{(R)} = \frac{4V^2}{R} = 4P$$

$$R' = R$$

توجه کنید که با ثابت ماندن مقاومت اگر اختلاف پتانسیل دو سر قطعه دو برابر شود حتماً جریان گذرنده نیز دو برابر می‌شود

مثال: قسمتی از سیم یکنواخت گرمکن از آلیاژ نیکل، کروم و آهن (نام آن نیکروم است) با مقاومت 72Ω در دست است. در هر یک از حالت‌های زیر تبدیل انرژی با چه آهنگی انجام می‌شود؟

الف) اختلاف پتانسیل $120V$ به دو سر سیم اعمال شود.

ب) سیم را از وسط ببریم و اختلاف پتانسیل $120V$ را به

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{(120)^2}{72} = 200W$$

$$P' = \frac{V^2}{R'} = \frac{(120)^2}{36} = 400W$$

پاسخ:
(الف)

(ب)

فعالیت ۲۲



در رابطه‌های $P = I^2 R$ و $P = \frac{V^2}{R}$ چنین به نظر می‌رسد که توان مصرفی در یک مورد به عکس مقاومت و دیگری با خود مقاومت بستگی دارد. این تفاوت ظاهری را چگونه می‌توان توجیه کرد؟

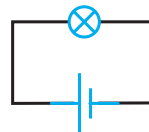
پاسخ: رابطه‌ی $P = \frac{V^2}{R}$ در مواقعی کاربرد دارد که بخواهیم توان مصرفی مقاومت‌های متعدد را هنگامی که هر یک به اختلاف پتانسیل ثابت و یکسانی وصل شوند پیدا کنیم (مثل بیشتر به هم‌بندی‌های مصرف‌کننده‌ها که به صورت موازی هستند) که در این حالت توان مصرفی با مقاومت جسم نسبت عکس دارد. رابطه‌ی $P = I^2 R$ وقتی به کار می‌رود که جریان برای مصرف‌کنندگان یکسان باشد (مثل وقتی که چند مصرف‌کننده با مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 هم به طور متوالی وصل هستند). و در این حالت هرچه مقاومت قطعه بیشتر باشد توان مصرفی آن هم بیشتر است.

مثال: یک لامپ با سیم‌های رابط به باتری وصل شده است. چرا توان الکتریکی رشته‌ی لامپ بیشتر از سیم‌های رابط است.

پاسخ: جریان در رشته‌ی لامپ و سیم‌های رابط یکسان است. با توجه به $P = I^2 R$ ، چون مقاومت رشته‌ی فیلامان لامپ بیشتر است پس توان مصرفی آن نیز بزرگتر است.

مثال: لامپ‌هایی که در خانه مورد استفاده قرار می‌گیرند معمولاً به برق $220V$ ولت وصل می‌شوند. تعیین کنید مقاومت الکتریکی لامپ $60W$ واتی بیشتر است یا لامپ $100W$ واتی؟

پاسخ: چون هر دو لامپ به اختلاف پتانسیل یکسان $220V$ ولت وصل می‌شوند طبق رابطه‌ی $P = \frac{V^2}{R}$ ، توان با مقاومت نسبت عکس دارد. پس مقاومت لامپ $60W$ واتی بیشتر است.



شکل (۲۹)

فعالیت ۲۳



جدول ۴ را کامل کنید. (در ردیف‌های پایانی هر وسیله‌ای که می‌خواهید هم اضافه کنید)

جدول (۴)

کمیت / نوع وسیله	توان مصرفی P (W)	مقاومت R (Ω)	جریان عبوری I (A)	اختلاف پتانسیل ΔV (V)
رایانه	?	۹۲	۱/۲	?
ضبط صوت دستی	۱۲/۰	?	?	۳/۰
نمایشگرهای Lcd	۱۳۰/۰	?	۰/۶	?
ماشین حساب	?	?	$۲۶/۲ \times ۱۰^{-۳}$	۶/۰
بخاری برقی	$۴/۴ \times ۱۰^۲$	۱۱	?	?

پاسخ: رایانه: $P=۱۳۰\text{ W}$ و $\Delta V=۱۱۰\text{ V}$ ، ضبط صوت: $R=۰/۷۵\Omega$ و $I=۴/۰\text{ A}$ ، نمایشگرهای Lcd $R=۳۷۲\Omega$

و $\Delta V=۲۲۰\text{ V}$ ، ماشین حساب: $P=۰/۱۶\text{ W}$ و $R=۲۳۰\Omega$ ، بخاری برقی: $I=۲۰\text{ A}$ و $\Delta V=۲۲۰\text{ V}$.

فعالیت ۳-۴

تعمیم فعالیت: می‌توانیم فعالیت ۳-۴ را برای انواع

لامپ‌ها انجام دهیم. جدول (۵) نتیجه‌ی این کار است:
اعداد ثبت شده در ستون چهارم جدول به نوع و کارخانه‌ی تولید لامپ بستگی دارد اما همانطور که دیده می‌شود اعداد اندازه‌گیری شده بسیار کمتر از اعداد محاسبه شده در ستون پنجم است.
دانش‌آموزان با بحث گروهی و در صورت لزوم راهنمایی معلم متوجه نقش دمای رشته‌ی ملتهب لامپ هنگام خاموش یا روشن بودن می‌شوند.

هدف: تأکید بر اینکه بارابطه‌ی $R = \frac{V^2}{P}$ مقاومت الکتریکی وسیله در دمایی محاسبه می‌شود که دستگاه به ولتاژ اسمی خود متصل شده باشد.

تذکر: به دانش‌آموزان یادآوری می‌کنیم ۱- که هنگام استفاده از اُهم‌سنج ابتدا باید دستگاه را روی حداکثر مقاومت قابل اندازه‌گیری تنظیم کنیم و ۲- اُهم‌سنج را نباید هرگز به دوسر وسیله‌ای وصل کرد که جریان از آن می‌گذرد.

جدول (۵)

توان اسمی (W)	ولتاژ اسمی (V)	مقاومت اندازه‌گیری شده (Ω)	$R = \frac{V^2}{P}$ (Ω)
۰/۷۵	۲/۵	۱	۸/۳
۲۵	۲۲۰	۱۶۰	۱۹۳۶
۴۰	۲۲۰	۱۰۵	۱۲۱۰
۶۰	۲۲۰	۶۳	۸۰۶/۷
۱۰۰	۲۲۰	۴۰	۴۸۴

فعالیت ۲۴



آزمایشی طراحی کنید و به کمک آن دمای رشته‌ی ملتهب لامپ را به دست آورید؟

فعالیت ۲۵



اگر دو سر لامپی را به ولتاژ 110V وصل کنیم چگونه می‌توانیم مصرفی لامپ را در این حالت به دست آوریم؟

پاسخ: ابتدا با ولت‌سنج و آمپر‌سنج مقاومت لامپ روشن را اندازه‌گیری می‌کنیم و با استفاده از رابطه‌ی $P = \frac{V^2}{R}$ می‌توانیم توان مصرفی را محاسبه کنیم.

پاسخ: پاسخ این فعالیت در واقع فعالیت ۵-۳ کتاب است که انجام آن قبل از مطالعه‌ی فعالیت ۵-۳ می‌تواند برای دانش‌آموزان تفکر برانگیز باشد.

مطالعه‌ی آزاد

آثار تخریبی الکتریسیته بر بدن انسان

بررسی آثار الکتریسیته بر بدن انسان از دو جنبه اهمیت دارد. نخست آن که در بسیاری از موارد در اثر بی‌احتیاطی و یا حادثه‌های پیش‌بینی نشده، افرادی در معرض شوک الکتریکی قرار می‌گیرند، و دیگر اینکه برای برخی از بیماری‌ها می‌توان از شوک الکتریکی به‌عنوان یکی از راه‌های معالجه بهره جست.

تجربه نشان داده است که آثار تخریبی با شدت جریان الکتریکی متناسب است نه با ولتاژ. می‌دانیم که شدت جریان الکتریکی با ولتاژ نسبت مستقیم و با مقاومت الکتریکی نسبت عکس دارد.

در بیشتر موارد در حوادث برق‌گرفتگی، تماس بدن با منبع ولتاژ کامل نیست، و مقاومت الکتریکی زیاد منطقی تماس باعث می‌شود که شدت جریانی که شارش می‌کند بسیار کوچک باشد. ولی اگر شخصی بر زمین خیس و یا در آب ایستاده باشد و بین نقطه‌ای از بدن او با منبع ولتاژ تماس خوبی برقرار شود، جریان نسبتاً زیادی از بدن وی عبور خواهد کرد. در این صورت حتی اگر ولتاژ کم هم باشد، جریان می‌تواند آنقدر زیاد باشد که موجب مرگ شود. از سوی دیگر اگر مقاومت الکتریکی منطقی تماس زیاد باشد و مثلاً شخصی بر پایه‌های عایق ایستاده باشد، این خطر وجود ندارد. حتی در ولتاژ زیاد هم که جریان مقدار قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کند تنها در محل تماس که مقاومت الکتریکی زیاد است گرمای زیادی ایجاد می‌شود و سوختگی‌های سطحی پوستی روی خواهد داد.

دستگاه مرکزی اعصاب انسان در مقابل حادثه‌های الکتریکی بسیار آسیب‌پذیر است. اگر جریانی که در یک شوک الکتریکی از مغز می‌گذرد بزرگ باشد، حتی ممکن است منجر به بهیوشی کامل و حتی در برخی موارد موجب قراموشی می‌شود. به طوری که بیمار زمان‌های قبل از وقوع حادثه را نیز به یاد نمی‌آورد. مرگ در اثر شوک الکتریکی معمولاً در اثر ایست قلبی یا تنفسی روی می‌دهد.

بسیار با استفاده از رابطه‌ی ۱۴-۳ و با دانستن مشخصات روی لامپ مقاومت آن را محاسبه کنید. نتیجه‌ی محاسبه را با مقدار اندازه‌گیری مقایسه کنید و نتیجه را پس از بحث گروهی گزارش دهید.

فعالیت ۵-۳

با استفاده از نتیجه‌ی به دست آمده از فعالیت ۴-۳، دمای رشته‌ی سیم داخل لامپ را در حال روشن برآورد کنید (رشته سیم لامپ از جنس تنگستن است، ضریب دمایی آن را با مراجعه به جدول ۱۳-۳ به دست آورید).

مثال ۵-۳

بر روی یک بخاری برقی رقم‌های 220V و 1500W ثبت شده است. الف - این بخاری هنگامی که به ولتاژ 220V وصل است، در هر دقیقه چه مقدار انرژی الکتریکی برحسب کیلووات ساعت مصرف می‌کند؟ ب - مقاومت سیم گرم‌کن آن چند اهم است؟

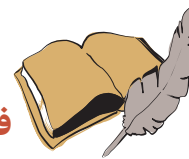
حل: الف - بنا به رابطه ۱۴-۳ داریم:

$$U = P \Rightarrow U = 1500 \times 60 = 9 \times 10^4 \text{ J}$$

$$U = \frac{q \times 10^{-7}}{3/6 \times 10^{-7}} = \frac{9}{3/6 \times 10^{-7}} = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ kWh}$$

$$P = \frac{V^2}{R} \Rightarrow 1500 = \frac{220 \times 220}{R}$$

$$R = \frac{220 \times 220}{1500} = 32/3 \approx 32 \Omega$$



فعالیت خارج از کلاس

با توجه به وسایل برقی که در خانه دارید (بخصوص وسایل تولید گرما مثل قوری یا بخاری برقی) مقاومت آن‌ها را هنگام عبور جریان برآورد کنید.

فعالیت ۳-۵

حدود 240°C به دست می‌آید.

از دانش‌آموزان می‌خواهیم مثال ۳-۵ را به همراه اعضای گروه خود بررسی کنند.

پاسخ: با این تقریب که ضریب دمایی برای لامپ‌های التهابی که به برق شهر وصل می‌شوند ثابت باشد، دمای رشته

دانستنی



تأثیر زیان بخش الکتریسیته بر بدن انسان

در این دانستنی اطلاعاتی در مورد اثرها و آسیب‌های ناشی از عبور مقدارهای مختلف جریان از بدن انسان داده می‌شود.

توجه: می‌دانیم روی هر وسیله‌ای برقی دو عدد ثبت می‌شود که یکی معرف ولتاژ اسمی (یعنی اختلاف پتانسیل مطلوب در دو سر وسیله) و دیگری توان اسمی (یعنی آهنگ مصرف یا تبدیل انرژی دستگاه در شرایطی که به ولتاژ اسمی وصل شده باشد) دستگاه است.

می‌دانیم نوری که لامپ 100 ولتی تولید می‌کند بیشتر از لامپ 60 واتی است. اما این به شرطی است که هر دوی آن‌ها به ولتاژ اسمی خود یعنی 220 ولت وصل شده باشند. در بعضی از مناطق شهری در زمان اوج مصرف عمومی برق، نور لامپ‌ها در حد مطلوب نیست و این به دلیل افت ولتاژ در آن منطقه است، یعنی اختلاف پتانسیل دو سر لامپ کمتر از 220 ولت خواهد بود. لامپ‌های التهابی در این شرایط با توانی کمتر از توان اسمی خود، کار می‌کنند و شدت نورشان کاهش می‌یابد. اما بعضی وسایل برقی دیگر مانند کولر، یخچال، ... که دارای موتورهای حرکتی هستند دچار صدمه‌های جدی می‌شوند.

تمرین ۳-۳

روی یک لامپ الکتریکی رقم‌های 220V و 10W ثبت شده است. الف) انرژی الکتریکی مصرفی این لامپ هنگامی که به ولتاژ 220 ولت متصل است، در مدت 10 ساعت چند کیلووات ساعت است؟ ب) اگر این لامپ به اختلاف پتانسیل 180 ولت وصل شود، با فرض ثابت ماندن مقاومت توان مصرفی آن چه قدر می‌شود؟

۴-۳-۶ نیروی محرکه‌ی مولد

پارهای الکتریکی ضمن شارش در مدار، انرژی جنبشی‌ای را که به دست آورده‌اند از دست می‌دهند. کارمولد این است که این انرژی را دوباره تأمین کند. همان‌طور که دیدیم، پارهای الکتریکی در رسانا از پتانسیل بالاتر به پتانسیل پایین‌تر شارش می‌کنند و وارد مولد می‌شوند. مولد با مصرف انرژی، پارهای الکتریکی را از پتانسیل پایین‌تر به پتانسیل بالاتر سوق می‌دهد و جیب شارش آن‌ها در مدار می‌شود. پارهای الکتریکی هنگام شارش در رسانا، انرژی خود را از دست می‌دهند. برای این که شارش بار در مدار تداوم یابد، این انرژی باید به وسیله‌ی مولد تأمین شود. همان‌طور که در فیزیک ۱ و آزمایشگاه خواندید، کار مولد در این مورد نظیر کار تقطیع‌ای است که آب را از سطح زمین با عنق جبه (پتانسیل گرانشی پایین‌تر) تا ارتفاع معینی (پتانسیل گرانشی بالاتر) بالا می‌برد. با این کار، آب انرژی پتانسیل لازم را برای جریان یافتن و به کار انداختن یک پروانه (توربین) کسب می‌کند. تا زمانی که مولد بتواند انرژی لازم را به پارهای الکتریکی بدهد، شارش و در نتیجه، جریان الکتریکی در مدار ادامه می‌یابد.

انرژی‌ای را که مولد به واحد بار الکتریکی (یعنی یک کولن) می‌دهد تا در مدار شارش کند، نیروی محرکه‌ی مولد نامیده می‌شود. اگر مولد انرژی 1J را به بار 1C بدهد تا آنرا از پتانسیل متفی به پتانسیل مثبت منتقل کند، بنا به تعریف نیروی محرکه‌ی مولد به کار آنرا یا پتانسیل 1V نشان می‌دهیم. می‌توان نوشت:

$$(1\text{V}=1\text{J})$$

یکای نیروی محرکه‌ی ژول بر کولن $(\frac{\text{J}}{\text{C}})$ است یا ولت^۱ نامیده می‌شود. در نتیجه، انرژی‌ای که مولد به بار 1C می‌دهد، برابر 1J است.

۱- ولتاژ ولت به افتخار الکساندر ولتا، جالبه‌ی ایتالیایی، نامیده شده است.

تمرین ۳-۳ نمونه‌ی مناسبی از این بحث است. از دانش‌آموزان می‌خواهیم همراه گروه خود به تمرین پاسخ دهند.
پاسخ:

الف) وقتی به ولتاژ ۲۲۰ ولت متصل باشد توان مصرفی آن ۱۰۰ وات است:

$$U = Pt$$

$$U = \frac{100}{1000} \times 10 = 1 \text{ kWh}$$

ب) ابتدا باید توان مصرفی لامپ را در این شرایط به دست

$$R = \text{cte} \Rightarrow \frac{P'}{P} = \left(\frac{V'}{V} \right)^2 \quad \text{آوریم:}$$

$$\frac{P'}{100} = \left(\frac{180}{220} \right)^2 \Rightarrow P' \approx 67 \text{ W}$$

یعنی شدت نور لامپ ۱۰۰ واتی تقریباً برابر با لامپ ۶۰ واتی خواهد شد.

$$U' = P't$$

$$U' = \frac{67}{1000} \times 10 = 0.67 \text{ kWh}$$

۳-۶- نیروی محرکه‌ی مولد

دانسته‌های قبلی: دانش‌آموزان با تعریف نیروی محرکه مولد در کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه آشنا شده‌اند.

ایجاد انگیزه: سنگی در شرایط خلاء در مجاورت کره‌ی زمین رها می‌شود. بار مثبتی در میدان الکتریکی یکنواختی رها می‌شود. تغییرات انرژی را برای سنگ و ذره‌ی باردار مقایسه کنید و در هر مورد توضیح دهید که چگونه می‌توان دستگاه را به وضع اولیه برگرداند؟

با سقوط سنگ هرچه ارتفاعش کمتر می‌شود از انرژی پتانسیل گرانشی آن کم می‌شود اما سرعت سنگ لحظه به لحظه بیشتر می‌شود.

برای بردن سنگ به محل اولیه باید انرژی مصرف کنیم و کار انجام دهیم. وقتی بار مثبت در میدان الکتریکی رها می‌شود در جهت میدان حرکت شتابدار پیدا می‌کند برای آن نیز با کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی، سرعت ذره لحظه به لحظه بیشتر می‌شود. برای جابه‌جا کردن بار مثبت در خلاف جهت میدان باید کار انجام دهیم که کار انجام شده دوباره به شکل انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره می‌شود.

پرسش: هر سنگی که درون آب سقوط می‌کند علاوه بر نیروی وزن، نیروی مقاوم آب نیز اثر می‌کند که با افزایش سرعت سنگ نیروی مقاوم نیز افزایش می‌یابد. تا جایی که نیروی مقاوم با نیروی وزن سنگ برابر می‌شود و حرکت سنگ یکنواخت می‌شود. سقوط سنگ درون آب و جابه‌جا شدن بار مثبت در رسانا از پتانسیل بیشتر به کمتر را با هم مقایسه کنید و توضیح دهید که در هر کدام چگونه می‌توان دستگاه را به وضع اولیه برگرداند.

پاسخ: آب در برابر حرکت سنگ ایجاد نیروی اصطکاک و مقاومت می‌کند و سنگ در حین سقوط به سرعت ثابت حد می‌رسد. پس با ثابت ماندن انرژی جنبشی، کاهش انرژی پتانسیل گرانشی سنگ برابر با افزایش انرژی درونی آب و سنگ خواهد شد. انرژی پتانسیل الکتریکی بار مثبت ضمن حرکت با سرعت ثابت، در رسانا کاهش پیدا می‌کند. و این کاهش انرژی برابر با انرژی مصرفی مدار رساناست.

باز هم اگر بخواهیم سنگ را با سرعت ثابت به بالای بلندی در آب برسانیم و یا بار مثبت را به نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی بیشتر در رسانا ببریم باید انرژی صرف کنیم. انرژی لازم برای بردن بار مثبت از نقطه‌ای با پتانسیل کمتر به بیشتر را مولد تأمین می‌کند.

انرژی می‌دهد تا با سرعت ثابت حرکت کنند. یعنی باتری مولد انرژی است نه بار!

۲- گاهی نام نیروی محرکه دانش‌آموزان را گمراه می‌کند پس از آن‌ها می‌خواهیم تا به تعریف این کمیت توجه کنند و آن را با تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی مقایسه کنند و نتیجه بگیرند که نیروی محرکه از جنس اختلاف پتانسیل الکتریکی است و یکای ولت دارد.

از دانش‌آموزان می‌خواهیم تعریف نیروی محرکه‌ی مولد را، که در کتاب فیزیک ۱ آزمایشگاه است، بیان و ماهیت آن را با توجه به تعریف آن مشخص کنند. ضمن بیان تعریف نیروی محرکه و معرفی یکای آن تأکید می‌کنیم که نیروی محرکه از جنس اختلاف پتانسیل الکتریکی است.

اشتباهات رایج:

۱- گاهی دانش‌آموزان تصور می‌کنند که باتری، مولد بار الکتریکی است، در حالی که باتری به زنجیره‌ی بارها در مدار

دانشتنی



پمپ کردن بارهای الکتریکی، نیروی محرکه‌ی مولد

در این دانشتنی؛ بعضی از منبع‌های نیروی محرکه‌ی الکتریکی (مانند سلول‌های خورشیدی، پیل سوختی و ...) معرفی می‌شوند و در مورد اساس کار یکسان آن‌ها توضیحاتی داده می‌شود.

آزمایش پیشنهادی

وسایل: باتری و یک تکه سیم

برای مدت کوتاهی دو سر باتری را با سیم رابط به هم وصل کنید. بدنه‌ی باتری را لمس کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ چرا؟
پاسخ: گرم می‌شود. علت آن در توضیح درس بیان می‌شود.

گفتم باتری مولد انرژی است. اما آزمایش اخیر نشان می‌دهد که ضمن عبور جریان از باتری دمای آن افزایش یافته است یعنی در باتری مانند یک مصرف‌کننده مقداری از انرژی به انرژی درونی تبدیل شده است. پس می‌توانیم درون باتری یک مقاومت کوچک فرض کنیم که به آن مقاومت درونی می‌گوییم.

با معرفی مقاومت درونی باتری و صحبت از انرژی‌ای که مولد تولید کرده اما در خودش مصرف شده است می‌توانیم توضیح دهیم که چرا نیروی محرکه‌ی مولد را با اینکه از جنس اختلاف پتانسیل الکتریکی است با \mathcal{E} نشان می‌دهیم.

تذکر: ۱- مقاومت درونی در باتری‌های مختلف متفاوت است و به نوع مواد باتری بستگی دارد اما مقدار آن در یک باتری هم ثابت نمی‌ماند و با فرسوده شدن باتری مقدار آن افزایش می‌یابد.

۲- برای درک اثر وجود مقاومت درونی مولد در مدار می‌توانیم تمرین ۸ پایان فصل را پس از به هم بندی موازی مقاومت‌ها به شکل یک آزمایش پیشنهادی طرح کنیم.

پرسش: گاهی وقتی باتری نویی را که مدت‌ها بدون استفاده باقی مانده به ولت‌سنج وصل می‌کنیم، ولت‌سنج عدد نیروی محرکه‌ی آن را کامل نشان می‌دهد اما این باتری نمی‌تواند لامپی با ولتاژ اسمی برابر با نیروی محرکه‌ی خود را روشن کند، علت چیست؟

پاسخ: وقتی باتری‌ها مدت طولانی بدون استفاده می‌مانند مقاومت درونیشان افزایش می‌یابد و دیگر قادر به برقراری جریان نیستند. پس برای آن که بفهمیم باتری سالم است استفاده از ولت‌سنج کافی نیست.

۷-۳- مدارهای تک حلقه

دانسته‌های قبلی : دانش‌آموزان در فیزیک ۱ و آزمایشگاه

با مدارهایی ابتدایی از این نوع آشنا شده‌اند.

ایجاد انگیزه : از دانش‌آموزان می‌خواهیم به نقش جریان

الکتریکی در زندگی امروزی فکر کنند از آن‌ها می‌خواهیم وسایل

برقی‌ای که زندگیشان وابسته به آن‌هاست را نام ببرند. توضیح

می‌دهیم که :

امروزه با مدارهای الکتریکی احاطه شده‌ایم و در زندگی با

وسایل برقی زیادی کار می‌کنیم. هر یک از این وسایل و هم چنین

برقی که از شبکه به منزل شما می‌آید وابسته به مهندسی برق نوین

است. اکنون رادیوها به جای تنظیم دستی به‌طور الکترونیکی

تنظیم می‌شوند، پیام‌ها به جای ارسال با پست معمولی توسط

پست الکترونیکی فرستاده می‌شوند و مقاله‌های پژوهشی به‌جای

نگهداری در قفسه‌ها به‌طور الکترونیکی نگهداری می‌شوند.

فیزیک علم بنیادی مهندسی برق است و فیزیک مدارهای

الکتریکی (که در این بخش می‌خواهیم به مطالعه‌ی آن بپردازیم)

پایه و اساس علم الکترونیک. در اینجا بحث ما محدود به

مدارهایی است که بار در یک جهت در آن‌ها جریان دارد.

الف) محاسبه‌ی اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از

مدار

راهنمای تدریس : برای تأکید بر اینکه جریان الکتریکی

وقتی برقرار است که حداقل یک حلقه‌ی کامل بسته در مدار

داشته باشیم و برقراری جریان یعنی به حرکت درآمدن زنجیره‌ی

الکترون‌ها در حلقه، تدریس را با طرح پرسش‌هایی شروع می‌کنیم :

۱- چرا وقتی کلید برق را می‌زنیم لامپ در هر فاصله‌ای

از کلید باشد به‌طور آنی روشن می‌شود؟

۲- به شکل روبه‌رو توجه کنید، سعی کنید مسیر شارش

الکترون‌ها را تعیین کنید و مدار معادل آن را رسم کنید.

۳- ساده‌تر و کوتاه‌ترین مدار تک حلقه را با یک لامپ و

یک باتری و فقط یک قطعه سیم رابط طراحی کنید :

۷-۳- مدارهای تک حلقه

یک مدار الکتریکی ساده‌ی تک حلقه از یک یا چند مولد و یک یا چند مقاومت تشکیل شده است که یکی پس از دیگری به کمک سیم‌های رابط (که بدون مقاومت الکتریکی فرض می‌شوند) به دنبال هم بسته شده‌اند. شدت جریان در تمام قسمت‌های مدار یکسان است.

تمرین ۴-۳

با استفاده از قانون پاستگی بار، توضیح دهید چرا در مدار تک حلقه شدت جریان در همه‌ی قسمت‌های مدار یکسان است؟

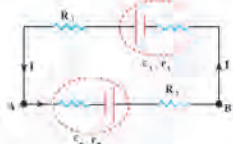
در این بخش، قاعده‌ی کلی برای محاسبه‌ی اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از مدار و محاسبه‌ی شدت جریان مدار را شرح می‌دهیم.

هر مولد دارای مقاومتی است که آن را با نماد (r) نشان می‌دهیم و آن را مقاومت درونی مولد می‌نامیم. در شکل ۱۲-۳ یک مولد به نیروی محرکه‌ی E و مقاومت درونی r نشان داده شده است.



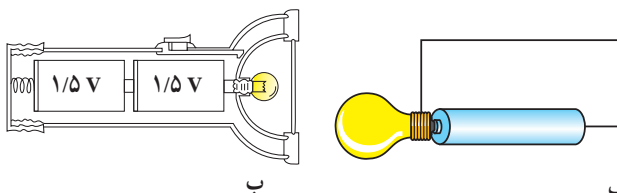
شکل ۱۲-۳

الف- محاسبه‌ی اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از مدار؛ شکل ۱۳-۳ یک مدار تک حلقه را نشان می‌دهد. مدار شامل مقاومت‌های R_1 و R_2 و مولدهای E_1 و E_2 است.



شکل ۱۳-۳

۱۱۶



ب

شکل (۳۰)

الف

پاسخ : بیشتر مدارهایی که در آن‌ها یک مصرف‌کننده به

باتری وصل می‌شود مدارهای تک حلقه هستند.

برای یادآوری تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بارها حین حرکت

در میدان الکتریکی درون رسانا با توجه به نوع بار و جهت میدان و

جهت حرکت به همراه دانش‌آموزان جدول زیر را کامل می‌کنیم.

جدول (۶)

بار منفی	بار مثبت	
انرژی الکتریکی به‌دست می‌آورد.	انرژی الکتریکی از دست می‌دهد.	حرکت در جهت میدان
انرژی الکتریکی از دست می‌دهد.	انرژی الکتریکی به‌دست می‌آورد.	حرکت در خلاف جهت میدان

فعالیت ۲۶



۱- در هر یک از شکل‌های (۳۱) ضمن بررسی و مقایسه‌ی پتانسیل الکتریکی نقاط A و B، تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار مثبتی را که در شکل الف از A به B و در شکل ب از B به A می‌رود مشخص کنید.



شکل (۳۱)

۲- با الحاق دوباره مدار فوق و در نظر گرفتن مقاومت درونی باتری یک مدار تک حلقه‌ی ساده به دست می‌آید. مدار را رسم کنید و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار مثبتی را که از یک نقطه در جهت جریان حرکت می‌کند و پس از طی دور کامل به همان نقطه می‌رسد، بررسی کنید.

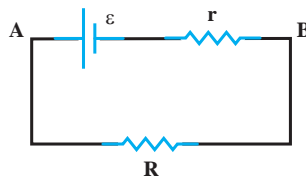
پاسخ: ۱- الف) $V_A > V_B$ و جهت جریان از A به B است و انرژی پتانسیل الکتریکی بار به اندازه‌ی $q(IR)$ کاهش می‌یابد.

$$U_A - IRq = U_B$$

ب) باز هم $V_A > V_B$ اما جهت جریان از B به A است و بار الکتریکی مثبت در خلاف جهت میدان جابه‌جا می‌شود و انرژی پتانسیل آن افزایش می‌یابد:

$$U_B + q\varepsilon = U_A$$

۲- در این مدار جریان پادساعتگرد است. اگر انرژی بار را در نقطه‌ی A برابر U_A انتخاب کنیم با توجه به پاسخ‌های قسمت ۱ داریم:



شکل (۳۲)

$$U_A - IRq - Irq - \varepsilon q = U_A$$

پس از آن که گروه‌ها به این رابطه رسیدند، از آن‌ها می‌خواهیم طرفین رابطه را بر q بخش کنند تا معادله‌ی اختلاف پتانسیل را به دست آورند. آن‌گاه می‌توانند دستورالعمل‌های ۱ و ۲ را نتیجه‌گیری و بیان کنند.

از دانش‌آموزان می‌خواهیم تغییر انرژی بار مثبت را در مدار ۱۳-۳ بررسی کنند تا تغییر انرژی بار ضمن عبور از پایانه‌ی مثبت به منفی باتری را نیز تجربه کنند و بعد معادله‌ی ولتاژها را نیز بنویسند.

با توجه به آن‌چه در بخش‌های قبل توضیح داده شده، معلوم می‌شود که تغییر پتانسیل (یعنی کاهش یا افزایش پتانسیل) بین دو نقطه از مدار به جهت جریان و اجزای که بین آن دو نقطه قرار دارند، بستگی دارد.

در مداری که در شکل ۱۳-۳ می‌بینید، اگر بار الکتریکی q از نقطه‌ی A در جهت نشان‌دادند حرکت کند، انرژی پتانسیل آن هنگام عبور از باتری به اندازه‌ی εq افزایش و به اندازه‌ی $Ir_1 q$ کاهش می‌یابد، در عبور از مقاومت R_1 انرژی پتانسیل آن به اندازه‌ی $IR_1 q$ کاهش می‌یابد. به همین ترتیب، هنگام عبور از باتری εq افزایش انرژی و εq کاهش انرژی را خواهیم داشت. در R_2 انرژی پتانسیل بار q به اندازه‌ی $IR_2 q$ کاهش می‌یابد. هنگامی که بار q به نقطه‌ی A برمی‌گردد، چون تمام انرژی از دست‌رفته‌ی آن توسط باتری‌ها تأمین شده است، بنا به اصل پایستگی انرژی، باید بار q در این نقطه همان انرژی اولیه را داشته باشد؛ بنابراین:

$$U_A + \varepsilon q - Ir_1 q - IR_1 q - Ir_2 q + \varepsilon q - IR_2 q = U_A$$

اگر طبق این رابطه را بر q تقسیم کنیم، رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$V_A + \varepsilon - Ir_1 - IR_1 - Ir_2 + \varepsilon - IR_2 = V_A \quad (۱۵-۳)$$

با توجه به رابطه‌ی ۱۵-۳ دستورالعمل زیر به دست می‌آید.

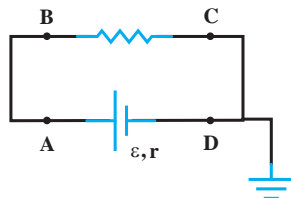
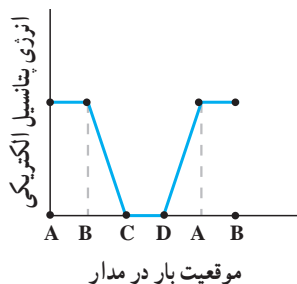
۱- هرگاه روی مدار در جهت جریان از مقاومت R یا r بگذریم، پتانسیل به اندازه‌ی IR یا Ir کاهش می‌یابد و اگر در خلاف جهت جریان از مقاومت‌ها بگذریم، پتانسیل به اندازه‌ی IR یا Ir افزایش می‌یابد.

۲- هرگاه برای گذر از مولد (بدون توجه به جهت جریان) از پایانه‌ی منفی به طرف پایانه‌ی مثبت بگذریم، پتانسیل به اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی مولد افزایش می‌یابد. اگر ضمن گذر از مولد (بدون توجه به جهت جریان) از پایانه‌ی مثبت به پایانه‌ی منفی برویم، پتانسیل به اندازه‌ی نیروی محرکه‌ی مولد کاهش می‌یابد.

بنابراین، برای محاسبه‌ی اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از مدار، ابتدا پتانسیل نقطه‌ی اول (مثلاً V_A) را می‌نویسیم. آن‌گاه از این نقطه روی مدار در جهت دلخواه به طرف نقطه‌ی دوم می‌رویم و ضمن گذر از هر جزء، تغییر پتانسیل آن جزء را اضافه می‌کنیم تا به نقطه‌ی دوم برسیم. حاصل، برابر پتانسیل نقطه‌ی دوم است.

نتیجه: با معلوم بودن جریان مدار می‌توان بین هر دو نقطه‌ی دلخواه حرکت کرد و با نوشتن معادله‌ی اختلاف پتانسیل‌ها، اختلاف پتانسیل آن دو نقطه‌ی دلخواه را محاسبه کرد.

رسم نمودار انرژی پتانسیل الکتریکی بار مثبت به ازای موقعیت و محل بار در مدار می‌تواند به درک مطلب کمک کند.



شکل (۳۳)

آزمایش پیشنهادی

وسایل : دو باتری، دو لامپ، سیم رابط.

۱- همراه با گروه خود مدار ساده‌ای شامل یک باتری و یک لامپ ببندید و به نور لامپ توجه کنید (شکل ۳۴- الف).

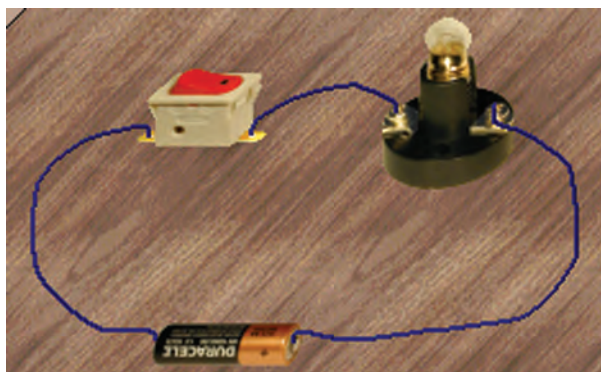
۲- یک لامپ دیگر به مدار اضافه کنید و در مورد تغییر نور لامپ و علت آن بحث کنید (شکل ۳۴- ب).

۳- یک باتری دیگر به مدار اضافه کنید و در مورد تغییر نور لامپ‌ها و علت آن بحث کنید (شکل ۳۴- پ).

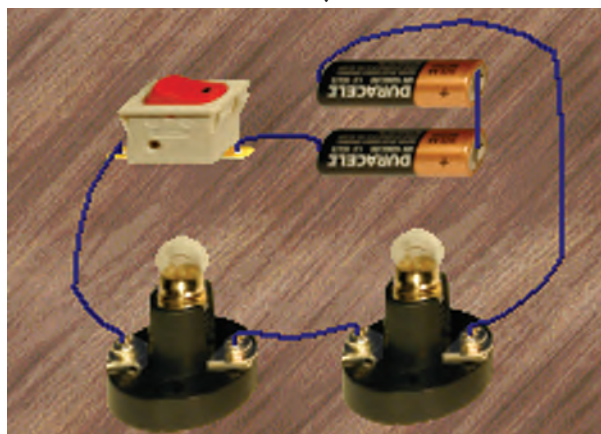
۴- یکی از باتری‌ها را از مدار جدا کنید و با عوض کردن محل قطب‌ها آن را دوباره به مدار وصل کنید. در مورد تغییر نور لامپ‌ها و علت آن بحث کنید (شکل ۳۴- ت).



(ب)



(الف)

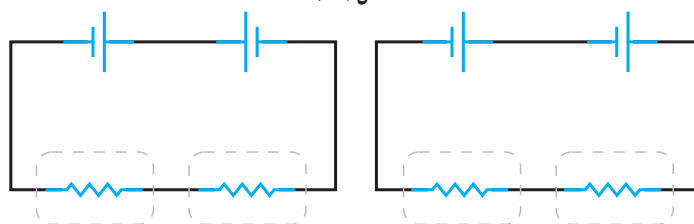


(ت)



(پ)

شکل (۳۴)



شکل (۳۵)

پاسخ :

۱- بارها ضمن عبور از مقاومت انرژی از دست می‌دهند.

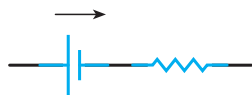
پس با ثابت ماندن تعداد باتری اگر تعداد لامپ‌ها بیشتر شود سهم انرژی هر لامپ کم می‌شود و نور آن نیز کم می‌شود.

۲- بارها ضمن عبور از باتری انرژی می‌گیرند. پس هرچه

تعداد باتری‌ها بیشتر باشد انرژی بارهای عبوری بیشتر می‌شود و می‌توانند در لامپ انرژی بیشتری را به نور تبدیل کنند.

۳- اگر بارها ضمن حرکت از پایانه‌ی مثبت باتری به منفی بروند (یعنی در جهت میدان حرکت کنند) نه تنها انرژی کسب نمی‌کنند بلکه انرژی خود را از دست می‌دهند و اگر باتری‌ها

پاسخ: هنگام پرشدن باتری جهت جریان در آن مطابق شکل بالا.



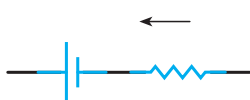
شکل (۳۷)

$$V = \mathcal{E} + Ir \Rightarrow V = 12 + 5 \times 0.4 = 14 \text{ V} \quad (\text{الف})$$

$$P = I^2 r = 5^2 \times 0.4 = 100 \text{ W} \quad (\text{ب})$$

$$P = \mathcal{E} I = 12 \times 5 = 600 \text{ W} \quad (\text{پ})$$

هنگام استفاده از باتری جهت جریان در آن مطابق شکل زیر است.



شکل (۳۸)

$$V = \mathcal{E} - Ir \Rightarrow V = 12 - 5 \times 0.4 = 10 \text{ V} \quad (\text{ت})$$

$$P = I^2 r \Rightarrow P = 5^2 \times 0.4 = 100 \text{ W} \quad (\text{ث})$$

پس از بررسی مثال ۳-۶ از دانش‌آموزان می‌خواهیم نمودار انرژی پتانسیل الکتریکی را وقتی بار از نقطه‌ی A یک دور کامل می‌زند رسم کنند.

مثال ۳-۳
در یک مدار یک حلقه مطابق شکل ۳-۳ شدت جریان در جهت نشان داده‌شده $5/0$ آمپر است. اختلاف پتانسیل بین دو نقطه‌ی A و B (یعنی $V_B - V_A$) چه اندازه است؟
 $\mathcal{E}_1 = 12 \text{ V}$, $r_1 = 1 \Omega$, $R_1 = 2 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 5 \Omega$, $r_2 = 1 \Omega$, $\mathcal{E}_2 = 4 \text{ V}$

شکل ۳-۳

حل: اگر در جهت جریان از نقطه‌ی A به سمت نقطه‌ی B جلو رویم، می‌توانیم بنویسیم:

$$V_A - Ir_1 + \mathcal{E}_1 - IR_1 - IR_2 = V_B$$

$$\Rightarrow 12 \times 5/0 + 12 - 5 \times 2 - 5 \times 3 = V_B - V_A$$

ولت $V_B - V_A = 9$

مثال ۳-۳
در مدار شکل ۳-۳ اختلاف پتانسیل دو سر مولد را در دو حالت زیر حساب کنید.
الف) کلید K باز است.
ب) کلید K بسته است و جریان I از مدار می‌گذرد.

شکل ۳-۳

مشابه باشند هر قدر یکی انرژی بدهد دیگری می‌گیرد. پس انرژی‌ای برای روشن شدن لامپ‌ها باقی نمی‌ماند.

توجه: اگر در مدرسه یا کلاس امکان انجام آزمایش و بستن مدارها وجود ندارد آزمایش پیشنهادی را تبدیل به یک فعالیت می‌کنیم و عکس‌های واقعی از مدار را به دانش‌آموزان نشان می‌دهیم و از آن‌ها می‌خواهیم که نماد مداری برای هر کدام رسم کنند و در مورد نور لامپ‌ها پیشگویی کنند.

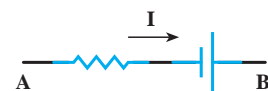
مثال: باتری‌ای با نیروی محرکه‌ی 12 V و مقاومت درونی 2Ω داریم. اگر جریان در باتری (الف) از پایانه‌ی منفی به مثبت (ب) از پایانه‌ی مثبت به منفی و (پ) صفر باشد، آیا اختلاف پتانسیل میان پایانه‌های باتری بزرگتر از، کوچکتر از یا مساوی 12 V است؟

پاسخ:
(الف)

$$V_A - Ir + \mathcal{E} = V_B$$

$$V_B - V_A = \mathcal{E} - Ir$$

$$V_B - V_A < \mathcal{E}$$

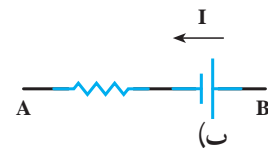


(ب)

$$V_A + Ir + \mathcal{E} = V_B$$

$$V_B - V_A = \mathcal{E} + Ir$$

$$V_B - V_A > \mathcal{E}$$



(پ)

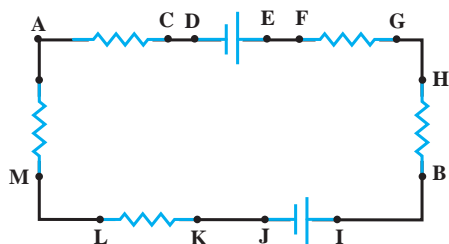
$$I = 0$$

$$V_B - V_A = \mathcal{E}$$

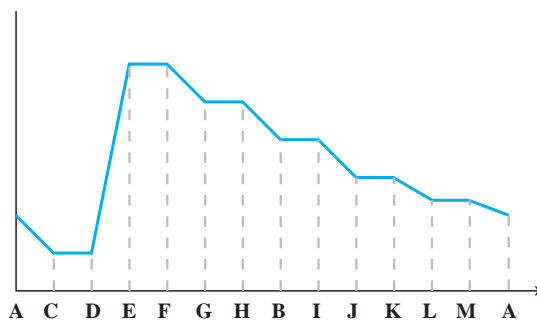


شکل (۳۶)

مثال: باتری خودرویی با نیروی محرکه‌ی 12 V و مقاومت درونی $4/0 \Omega$ با جریان 5 A پر می‌شود. هنگام پرشدن (الف) اختلاف پتانسیل V دو سر پایانه‌ها و (ب) آهنگ اتلاف انرژی در درون باتری P_1 و (پ) آهنگ تبدیل انرژی به صورت شیمیایی چقدر است؟ هرگاه این باتری برای استارت خودرو با جریان 50 A کار کند (ت) اختلاف پتانسیل دو سر آن V و (ث) آهنگ اتلاف انرژی در درون باتری P_1 چقدر است؟



(الف)



(ب)

شکل (۳۹)

دافستنی



الکتریسیته در خانه و سیم اتصال به زمین

در این دانستنی در مورد ضرورت وجود اتصال به زمین در سیم‌کشی ساختمان‌ها و چگونگی اجرای آن و خطرهای عدم استفاده از آن بحث و بررسی می‌شود.

پاسخ:

$$\left. \begin{array}{l} V_A + IR_3 = V_C \\ V_C = 0 \end{array} \right\} V_A + 0/5 \times 5 = 0 \Rightarrow V_A = -2/5 V$$

$$\left. \begin{array}{l} V_B - \varepsilon_1 - IR_1 = V_C \\ V_C = 0 \end{array} \right\} V_B - 6 - (0/5 \times 1) = 0 \Rightarrow V_B = 6/5 V$$

$$V_B - V_A = 6/5 - (-2/5) = 9V$$

یعنی پتانسیل هر نقطه از مدار به انتخاب نقطه‌ی اتصال به زمین بستگی دارد ولی اختلاف پتانسیل بین هر دو نقطه هیچ بستگی به نقطه‌ی اتصال به زمین ندارد.

مثال:

الف) هر گاه در مدار شکل ۱۴-۳ (مربوط به مثال ۳-۶) نقطه‌ی B اتصال به زمین باشد پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی A را تعیین کنید.

پاسخ: اگر نقطه‌ی B اتصال به زمین باشد یعنی پتانسیل نقطه‌ی B صفر فرض می‌شود:

$$\left. \begin{array}{l} V_B - V_A = 9V \\ V_B = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow V_A = -9V$$

ب) در همان مدار اگر نقطه‌ی C بین R_3 و باتری ε_1 نقطه‌ی اتصال به زمین انتخاب شود پتانسیل نقطه‌های A و B و اختلاف پتانسیل بین A و B را تعیین کنید.

آزمایش

وسایل : لامپ، باتری، ولت‌سنج و سیم رابط.

۱- ولت‌سنج را به دو سر باتری وصل و عدد را یادداشت کنید.

۲- باتری را به لامپ و ولت‌سنج را به دو سر باتری وصل کنید عدد ولت‌سنج را یادداشت کنید.

علت اختلاف عددی که ولت‌سنج در دو حالت نشان می‌دهد چیست؟

از دانش‌آموزان می‌خواهیم مثال ۷-۳ را در گروه‌های خود بررسی و دوباره نتایج این آزمایش را تحلیل کنند.

حل: الف) در حالتی که کلید باز است، $I = 0$ داریم:

$$V_A - I r + E = V_B$$

$$V_B = V_A$$

ب) اگر از نقطه‌ی A در جهت جریان به سمت B جلو برویم، می‌توانیم بنویسیم:

$$V_A - I r + E = V_B$$

$$V_B = V_A - I r$$

اختلاف پتانسیل دو سر مولد

همان‌طور که در بند الف مثال ۷-۳ دیدیم، در حالتی که جریان از مولد نگذرد ($I = 0$) اختلاف پتانسیل دو سر مولد با نیروی محرکه مولد برابر است؛ بنابراین، نیروی محرکه‌ی مولد برابر اختلاف پتانسیل دو سر مولد است وقتی که جریانی از آن نگذرد.

می‌دانیم که ولت‌سنج وسیله‌ای است با مقاومت زیاد؛ بنابراین، اگر پایانه‌های یک مولد را فقط به دو سر یک ولت‌سنج ببندیم، چون عملاً جریانی برقرار نمی‌شود، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، برابر نیروی محرکه‌ی مولد است. از طرفی، در بند ب مثال ۷-۳ دیدیم که وقتی جریان I از مولد می‌گذرد، اختلاف پتانسیل دو سر مولد به اندازه‌ی $I r$ از نیروی محرکه‌ی مولد کم‌تر است. $I r$ افت پتانسیل در مولد است.

فعالیت ۷-۳

وقتی باتری اتومبیل فرسوده می‌شود، مقاومت درونی آن افزایش می‌یابد. چرا این باتری نمی‌تواند اتومبیل را روشن کند.

فعالیت ۷-۳

می‌دانیم که نیروی محرکه‌ی یک باتری اتومبیل ۱۲ ولت و نیروی محرکه‌ی هر باتری قلمی ۱/۵ ولت است. به نظر شما، اگر ۸ باتری قلمی را به‌طور متوالی به هم وصل کنیم (یعنی پایانه‌ی مثبت یکی را به‌طور بی‌دری به پایانه‌ی منفی دیگری وصل کنیم) تا نیروی محرکه‌ی کل آن‌ها ۱۲ ولت شود، آیا با این مجموعه می‌توان اتومبیل را روشن کرد؟ چرا؟

پرسش : اختلاف دو عددی که ولت‌سنج در دو حالت نشان می‌دهد به چه عواملی بستگی دارد؟

پاسخ : ۱- نوع باتری و مقدار مقاومت درونی آن ۲- مقاومت مصرف‌کننده و نیروی محرکه‌ی باتری که در مقدار جریان مدار تأثیر دارند، هر چه جریان مدار بیشتر باشد اختلاف دو عدد بیشتر می‌شود.

فعالیت ۶-۳

با افزایش مقاومت درونی باتری جریان عبوری کاهش می‌یابد و استارتر خودرو نیاز به جریان کافی دارد. (جالب است بدانید جریان عبوری از موتور استارتر هنگام روشن کردن خودرو حدود ۵۰ آمپر است)

فعالیت ۷-۳

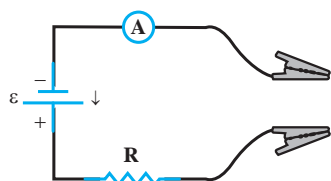
پاسخ : با توجه به فعالیت قبل متوجه شده‌ایم که توجه به

نیروی محرکه‌ی مولد کافی نیست بلکه جریانی که می‌تواند برقرار کند نیز اهمیت دارد که آن نیز به مقاومت درونی مولد بستگی دارد. باتری‌های قلمی نمی‌توانند خودرو را روشن کنند زیرا استارتر خودرو نیاز به جریان زیاد دارد مقاومت درونی باتری‌های قلمی اجازه‌ی برقراری جریان لازم را نمی‌دهند، با اینکه نیروی محرکه‌ی مجموعه‌ی آن‌ها همان ۱۲ ولت است.

فعالیت ۲۷



اهم سنج بسازیم



شکل (۴۰)

مطابق شکل (۳۷) می‌توانیم با یک باتری ۱/۵ ولتی و آمپرسنجی که می‌تواند از صفر تا ۱ mA را بخواند، اهم‌سنج ساده‌ای بسازیم. مقاومت R طوری تنظیم می‌شود که هرگاه گیره‌ها به هم وصل شوند، آمپرسنج حداکثر انحراف خود را داشته باشد. اندازه‌ی مقاومت خارجی که بین گیره‌ها قرار می‌گیرد چقدر باشد تا انحراف عقربه الف) ۱۰٪ ب) ۵۰٪ پ) ۹۰٪ تمام مقیاس باشد؟
ت) اگر مقاومت آمپرسنج $2\ \Omega$ و مقاومت درونی باتری ناچیز باشد، مقدار R را تعیین کنید.

الف) ابتدا با معلوم بودن جریان و نیروی محرکه‌ی باتری مقاومت کل مدار را حساب می‌کنیم:

$$I = 10^{-3} \text{ A}$$

$$\varepsilon = 1.5 \text{ V}$$

$$R_T = ?$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_T} \Rightarrow R_T = \frac{1.5}{10^{-3}} = 1500\ \Omega$$

در قسمت‌های بعدی هر بار که مقاومتی بین گیره‌ها قرار گیرد با مقاومت کل مدار به طور متوالی خواهد شد و جریان‌های عبوری داده شده‌اند:

$$I_1 = 10\% I = 10^{-4} \text{ A}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{(R_T + R_{\text{ext}})} \Rightarrow 10^{-4} = \frac{1.5}{(1500 + R_{\text{ext}})}$$

$$R_{\text{ext}} = 1350\ \Omega$$

$$I_2 = 50\% I = 5 \times 10^{-4} \text{ A}$$

$$5 \times 10^{-4} = \frac{1.5}{(1500 + R_{\text{ext}})} \quad \text{ب)}$$

$$R_{\text{ext}} = 1500\ \Omega$$

$$I_3 = 90\% I = 9 \times 10^{-4} \text{ A}$$

$$9 \times 10^{-4} = \frac{1.5}{(1500 + R_{\text{ext}})} \quad \text{پ)}$$

$$R_{\text{ext}} = 167\ \Omega$$

ت) به این ترتیب مقاومت کل مدار در حالتی که بین گیره‌ها هیچ مقاومتی نباشد شامل مقاومت آمپرسنج و R است که متوالی بسته شده‌اند:

$$R_T = R + R_A$$

$$1500 = R + 2 \Rightarrow R = 1498\ \Omega$$

معلوم باشد جریان در آن مدار محاسبه می‌شود، اما پاسخ ساده‌تر این است:

اختلاف پتانسیل الکتریکی هر نقطه با خودش صفر است پس کافیت از یک نقطه‌ی مدار شروع کنیم، تغییرات پتانسیل را بنویسیم تا دوباره به همان نقطه برسیم و به این ترتیب تنها مجهول

ب) محاسبه‌ی شدت جریان: به دانش‌آموزان یادآور می‌شویم که برای تعیین اختلاف پتانسیل بین هر دو نقطه از مدار باید جریان در آن مدار را بدانیم و حالا این سؤال مطرح است که جریان در هر مدار را چگونه می‌توان به دست آورد؟ با یک دور تسلسل می‌توان گفت اگر اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از مدار

محركه‌ها دقت کافی داشت.

آزمایش ۳-۳

توجه: مقدار مقاومت درونی باتری‌ها به کارخانه‌ی سازنده و نوا می‌زان فرسودگی باتری بستگی دارد و مقدار ثابتی ندارد. بهتر است در این آزمایش از میلی آمپرسنج استفاده شود. توان مولد: در مورد توان مصرفی مصرف کننده‌ها صحبت کرده‌ایم برای باتری نیز باید از توان تولید صحبت کنیم گفتیم بار رگذر از پایانه‌ی منفی به مثبت باتری به اندازه‌ی $\Delta V = q\varepsilon$ انرژی پتانسیل الکتریکی به دست می‌آورد. این انرژی را باتری به‌بار می‌دهد پس با جایگزینی مقدار q و با استفاده از تعریف توان می‌توانیم توان تولید باتری را به دست آوریم:

$$P = \frac{U}{t} = \frac{(It)\varepsilon}{t} = I\varepsilon$$

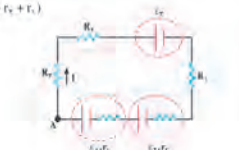
توجه: در هر باتری فقط عدد نیروی محرکه از مشخصه‌های باتری است و قابل اندازه‌گیری می‌باشد، به دلیل این که مقاومت درونی ثابت نیست بنابراین، افت پتانسیل و اختلاف پتانسیل دو سر آن هم، هم به جریان و هم به مقاومت درونی بستگی دارد و مقدار ثابتی نیستند.

ب- محاسبه‌ی شدت جریان: برای محاسبه‌ی شدت جریان در یک مدار تک حلقه، ابتدا برای جریان جهت دلخواهی انتخاب می‌کنیم و سپس با توجه به دو قاعده‌ای که برای اختلاف پتانسیل گفته شد، از یک نقطه روی مدار شروع می‌کنیم و تغییر پتانسیل دوسر حرکت از اجزای مدار را می‌نویسیم تا دوباره به نقطه‌ی شروع برسیم. از رابطه‌ای که به این ترتیب به دست می‌آید، می‌توان شدت جریان را محاسبه کرد. برای مثال، در مدار شکل ۱۶-۳ برای محاسبه‌ی جریان، ابتدا جریان را در جهت نشان داده شده انتخاب می‌کنیم و سپس از نقطه‌ی A روی مدار در جهت جریان جلو می‌رویم، به این ترتیب، خواهیم داشت:

$$V_A - IR_r - IR_r = V_B - IR_l - IR_l + \varepsilon_r + \varepsilon_l = V_B$$

$$\varepsilon_r + \varepsilon_l = 2\varepsilon = I(R_r + R_r + R_l + R_l + r_r + r_l)$$

$$I = \frac{\varepsilon_r + \varepsilon_l}{R_r + R_r + R_l + R_l + r_r + r_l}$$



شکل ۱۶-۳

با این روش، اگر جریان به دست آمده مثبت باشد، معلوم می‌شود که جهت انتخاب شده درست است و اگر جرابی که به دست می‌آید منفی باشد، معلوم می‌شود جهت جریان در مدار خلاف جهت انتخاب شده است.

آزمایش ۳-۳
اندازه‌گیری مقاومت درونی مولد
وسایلهای آزمایش: باتری ۴ ولت، ولتسنج، آمپرسنج و یک مقاومت، کلید قطع و وصل.
۱- مدار را مطابق شکل ۱۷-۳ پندید.
شکل ۱۷-۳

۱۲۰

در رابطه‌ی به دست آمده جریان مدار است.

توجه: گاهی برای سادگی در مدارهای تک حلقه برای محاسبه‌ی جریان می‌گوییم نسبت جمع جبری نیروی محرکه‌های تمام مولدهای مدار به مجموع کلیه مقاومت‌های مدار مقدار جریان را به دست می‌دهد. فقط باید در تعیین علامت نیروی

۲- در حالتی که کلید باز است، اختلاف پتانسیل دوسر باتری را با ولتسنج اندازه بگیرید.
۳- کلید را وصل کنید و در این حالت، شدت جریان و اختلاف پتانسیل دوسر باتری را بخوانید. به کمک این دو آزمایش، با استفاده از رابطه‌ای که در مثال ۷-۳ برای اختلاف پتانسیل دوسر مولد به دست آمده، مقاومت درونی باتری را محاسبه کنید.
توان مولد: با توجه به رابطه‌ی ۱۴-۳ در بخش ۳-۳ اگر جرابی که از مولد می‌گذرد ۱ باشد، داریم:
$$U = I\varepsilon \quad (16-3)$$

از آن‌جا توان تولیدشده به وسیله‌ی مولد از رابطه‌ی ۱۷-۳ به دست می‌آید.
$$P = \frac{U}{t} = I\varepsilon \quad (17-3)$$

بخشی از این توان تولیدی به دلیل مقاومت درونی مولد، در درون مولد مصرف می‌شود، که بنا به آن چه در مورد توان مصرفی در یک مقاومت دیدیم، این مقدار برابر $I^2 r$ است؛ بنابراین، توان مفید مولد (با توان خروجی) از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.
$$P = I(\varepsilon - I r)$$

مثال ۸-۳
دوسر مقاومت $3/5$ اهمی را به یک باتری به نیروی محرکه‌ی ε و مقاومت درونی $1/5$ سته‌ایم. شدت جریان در مدار ۲۸۸ شده است.
الف) اختلاف پتانسیل دوسر مقاومت و توان مصرف شده در آن را حساب کنید.
شکل ۱۸-۳

ب) نیروی محرکه‌ی مولد و توان تولیدی آن چه اندازه است؟
حل: الف) با توجه به شکل ۱۸-۳ می‌توان نوشت:
اختلاف پتانسیل دوسر مقاومت
$$V_A - IR = V_B = V_A - V_B = IR = 2 \times 3/5 = 12V$$

توان مصرفی در مقاومت
$$P = R I^2 \Rightarrow P = 3/5 \times 2^2 = 12W$$

ب) $V_A - IR - Ir = V_B$
$$-2 \times 3/5 - 2 \times 1/5 = -2 \times 1/5 = -0.8V$$

نیروی محرکه‌ی مولد
$$P = I\varepsilon \Rightarrow P = 2 \times 2 = 4W$$

توان تولیدی مولد

تمرین ۵-۳
در مدار شکل ۱۹-۳ آمپرسنج ۵۸/۵- و ولتسنج ۴ ولت را نشان می‌دهد. الف) مقاومت R را محاسبه کنید. ب) توان مصرف شده در مقاومت R و توان تولیدی مولد را محاسبه کنید. پ) افت پتانسیل در مولد را محاسبه کنید. ت) مقاومت درونی مولد را محاسبه کنید.
شکل ۱۹-۳

چون باتری مقاومت درونی دارد و مقاومت درونی نیز انرژی مصرف می‌کند، پس برای هر باتری می‌توانیم توان تلف شده و نیز توان مفید باتری را تعریف کنیم و رابطه‌ی آن را به‌دست آوریم.

پس از حل و بررسی گروهی مثال ۸-۳ از گروه‌ها می‌خواهیم تمرین ۵-۳ را حل کنند.

پاسخ:

$$\text{الف)} \quad R = \frac{\Delta V}{I} = \frac{4}{0.5} = 8 \, \Omega$$

$$\text{ب)} \quad P = RI^2 = 8 \times (0.5)^2 = 2 \, W$$

$$\rho = \varepsilon I = 4/5 \times 0.5 = 2/25 \, W$$

$$\text{پ)} \quad Ir = \varepsilon - IR = 4/5 - 0.5 \times 8 = 0.5 \, V$$

$$\text{ت)} \quad Ir = 0.5 \Rightarrow r = \frac{0.5}{0.5} = 1 \, \Omega$$

۸-۳- به هم بستن مقاومت‌ها

ایجاد انگیزه: برای چراغانی جشن‌ها معمولاً از یک

رشته سیم که لامپ‌های زیادی به آن وصل است، استفاده می‌شود. گاهی دیده می‌شود که یکی از لامپ‌ها خاموش است ولی بقیه‌ی لامپ‌ها روشن هستند، علت این پدیده در نحوه‌ی به هم بستن لامپ‌ها (مقاومت‌ها) است. پس از مطالعه‌ی این فصل، می‌توانیم در مورد چگونگی به هم بستن مقاومت‌ها بحث و اظهارنظر کنیم.



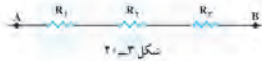
شکل (۴۱)

راهنمای تدریس: قبل از شروع تدریس به هم بستن مقاومت‌ها (که غالباً تنها از روابط ریاضی استفاده می‌شود) به‌منظور درگیرکردن ذهن دانش‌آموزان با فوائد این بحث به تعدادی از کاربردهای این درس اشاره می‌کنیم. به‌عنوان مثال در زندگی روزمره از مصرف‌کننده‌های

۸-۳- به هم بستن مقاومت‌ها

در مدارهای الکتریکی متداول معمولاً مقاومت‌ها به صورت‌های متفاوت به هم متصل می‌شوند. برخی از این مدارها می‌توانند بسیار پیچیده باشند. در ادامه به بررسی دو نوع ساده‌ی به هم بستن مقاومت‌ها می‌پردازیم. اکثر مدارهای پیچیده را می‌توانیم با استفاده از روابطی که برای دو نوع به هم بستن ساده‌ی زیر به‌دست می‌آوریم، بررسی کنیم.

الف- به هم بستن متوالی مقاومت‌ها: در این روش، مقاومت‌ها مطابق شکل ۲-۳-۳ به هم بسته می‌شوند و در مدار قرار می‌گیرند.



شکل ۲-۳-۳

در به هم بستن مقاومت‌ها به‌طور متوالی، هر مقاومت با مقاومت بعدی در یک سر مشترک است. اگر دو سر A و B را به اختلاف پتانسیل ثابتی ببندیم، جریان I از هر یک از مقاومت‌ها می‌گذرد، یا توجه به شکل ۲-۳-۳ و روش محاسبه‌ی اختلاف پتانسیل بین دو نقطه در مدار یک حلقه می‌توان نوشت:

$$V_A - IR_1 - IR_2 - IR_3 = V_B \quad (1-3)$$

و از آن‌جا خواهیم داشت:

$$V_A - V_B = IR_1 + IR_2 + IR_3 \quad (2-3)$$

مقاومت معادل هر مجموعه از این مقاومت‌ها مقاومتی است که اگر به‌جای آن‌ها به همان اختلاف پتانسیل $V_A - V_B$ وصل شود، همان شدت جریان از آن عبور کند؛ بنابراین، اگر مقاومت معادل این مجموعه را R بگیریم، خواهیم داشت:

$$V_A - V_B = IR \quad (2-3)$$

$$IR_1 + IR_2 + IR_3 = IR \quad (2-3)$$

یا:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (2-3)$$

بدیهی است که اگر به‌جای سه مقاومت، n مقاومت متوالی داشته باشیم، مقاومت معادل آن‌ها از رابطه‌ی ۲-۳-۳ به‌دست می‌آید.

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (2-3)$$

۱۲۳

انرژی الکتریکی (به عنوان مقاومت الکتریکی) و نحوه‌ی اتصال آن‌ها به برق شهر سؤال‌هایی می‌پرسیم.

- تعدادی از مصرف‌کننده‌های الکتریکی در خانه را نام ببرید، درخانه‌ها منبع تولیدکننده انرژی الکتریکی چیست و اتصال مصرف‌کننده‌ها به آن‌ها از چه طریق است؟

- در حالت عادی برای قطع جریان برق در یک مصرف‌کننده از چه وسیله‌ای استفاده می‌کنیم؟ (پاسخ: کلید)

- موردی را بیان کنید که قطع کردن کلید به خاموش شدن (قطع جریان الکتریکی) همزمان در چند مصرف‌کننده الکتریکی بینجامد. (پاسخ: شعله‌های یک لوستر خانگی)

- موردی را بیان کنید که قطع کردن کلید به خاموش شدن همزمان چند مصرف‌کننده الکتریکی نینجامد. (پاسخ: لامپ روشنایی اتاق و تلویزیون)

- تفاوت عملکرد مصرف‌کننده‌های الکتریکی در دو مورد اخیر در چیست؟ (دربه هم بستن مصرف‌کننده‌ها).

بر روی این نکته تأکید می‌کنیم که به هم بستن مقاومت‌ها نقش مهمی در کاربرد آن‌ها دارد و بسته به نوع استفاده‌ای که از مصرف‌کننده‌های جریان الکتریکی می‌کنیم، به هم بستن آن‌ها متفاوت است.

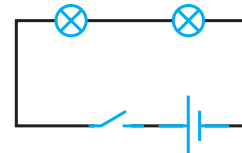
به هم بستن مقاومت‌ها

(۱) متوالی: قبل از معرفی به هم بستن مقاومت‌ها با روش متوالی آزمایش زیر پیشنهاد می‌شود.

آزمایش پیشنهادی

وسایلهای مورد نیاز:

۲ لامپ کوچک یکسان، منبع تغذیه با ولتاژ متغیر، کلید، سیم رابط، گیره، آمپرسنج (الف) مداری مطابق شکل (۳۹) ببندید.



شکل (۴۲)

(ب) با بستن کلید و اعمال ولتاژ مناسب لامپ‌ها را روشن کنید.

(پ) یکی از لامپ‌ها را از مدار خارج کنید. (می‌توانید لامپ را از سریچ جدا کنید)

(ت) آنچه را مشاهده می‌کنید بیان کنید.

(ث) با قطع کردن کلید چه اتفاقی برای نور هر یک از لامپ‌ها می‌افتد؟

(ج) مطابق دانسته‌های قبلی‌تان (در کتاب‌های علوم دوره‌ی راهنمایی)، چگونگی اتصال این دو لامپ در مدار چه نامیده

می‌شود؟

(چ) از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
پاسخ:

(ب) ولتاژ را روی حداقل قرار می‌دهیم و پس از بستن کلید، به تدریج آن را زیاد می‌کنیم تا جایی که لامپ‌ها روشن شوند.

(ت) لامپ دیگر خاموش می‌شود.

(ث) هر دو لامپ خاموش می‌شوند.

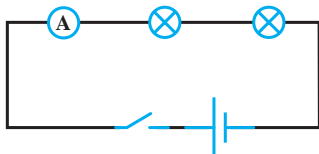
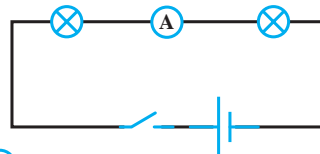
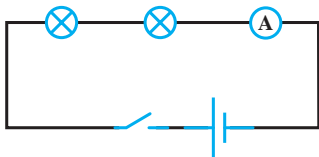
(ج) متوالی

(چ) در به هم بستن متوالی لامپ‌ها، با جدا کردن و یا سوختن یکی از لامپ‌ها لامپ دیگر نیز خاموش می‌شود. یعنی با قطع جریان الکتریکی در یکی از لامپ‌ها، جریان الکتریکی در کل مدار قطع خواهد شد. این آزمایش را برای سه لامپ تکرار کنید.

آزمایش پیشنهادی

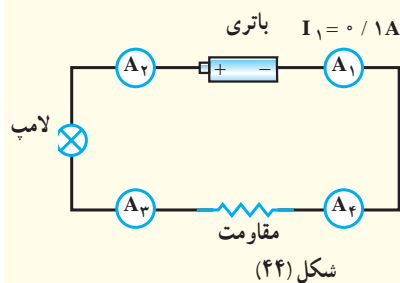
در آزمایش قبل با در دست داشتن یک آمپرسنج، مقدار شدت جریانی را که از قسمت‌های مختلف سیم‌های رابط عبور می‌کند تعیین کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

راهنمایی: آمپرسنج را در قسمت‌های مختلف سیم رابط قرار می‌دهیم.



شکل (۴۳)

پاسخ: عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد، در همه‌ی حالت‌ها مساوی است. در به هم بستن متوالی دو لامپ، شدت جریان الکتریکی برای همه‌ی قسمت‌های مدار و لامپ‌ها مساوی است.



شکل (۴۴)

جدول (۷)

دو مقاومت متوالی	
شدت جریان	اختلاف پتانسیل
$I_1 = \dots\dots\dots$	$V_1 = \dots\dots\dots$
$I_2 = \dots\dots\dots$	$V_2 = \dots\dots\dots$
$I = \dots\dots\dots$	$V = \dots\dots\dots$

توجه: معمولاً اندازه‌گیری مقدارهایی که از روی آمپرسنج و ولت‌سنج تعیین می‌شوند با خطا همراه است، از این رو مناسب‌تر است آزمایش چندین بار انجام شده و میان عددهای به‌دست آمده میانگین بگیریم.

ب) مقدار شدت جریانی را که از مقاومت‌ها می‌گذرد را با مقدار شدت جریان از کل مدار (I کل) مقایسه کنید و رابطه‌ای میان آن‌ها بنویسید.

پاسخ: $I_{\text{کل}} = I_1 = I_2$

پ) اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت، چه رابطه‌ای با اختلاف پتانسیل دو سر مولد (دو سر مقاومت‌ها) دارد؟

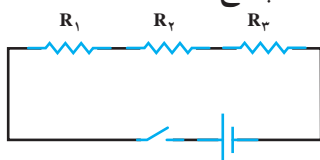
پاسخ: $V_{\text{کل}} = V_1 + V_2$

ت) مداری که از سه مقاومت متوالی تشکیل شده است رسم کنید و رابطه‌ی بین شدت جریان‌های الکتریکی و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها را برای سه مقاومت بنویسید.

پاسخ: $I_{\text{کل}} = I_1 = I_2 = I_3$

$V_{\text{کل}} = V_1 + V_2 + V_3$

شکل (۴۶)



سپس از دانش‌آموزان می‌خواهیم شکل مدار (۲-۳) کتاب درسی را با بستن مجموعه‌ی مقاومت‌ها به دو سر یک مولد تکمیل کنند.

پرسش: در مدار شکل (۴۴) مقدار شدت جریانی را که هر یک از آمپرسنج‌ها نشان می‌دهد پیش‌بینی کنید.

پاسخ: $I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 0.1 \text{ A}$

همه‌ی آمپرسنج‌ها عدد 0.1 A را نشان می‌دهند. (البته در انجام آزمایش‌ها، مقداری خطا وجود دارد)

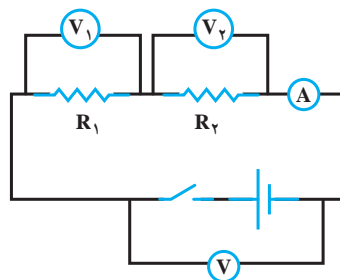
آزمایش

هدف: یافتن رابطه‌ی بین مقدار کمیت‌های جریان الکتریکی و اختلاف پتانسیل‌ها در به هم بستن مقاومت‌ها به‌طور متوالی.

توجه: قبل از انجام عملی آزمایش می‌توانیم مدار را در نرم‌افزار ادیسون تنظیم کنیم و پس از تعیین مقدارهای ولتاژ و مقاومت جریان‌های الکتریکی جدول را پر کنیم.

وسایله‌های مورد نیاز: دو مقاومت $R_1 = 33 \Omega$ و $R_2 = 120 \Omega$ ، سه عدد ولت‌سنج، یک آمپرسنج، منبع تغذیه، سیم‌های رابط، کلید.

الف) مدار شکل (۴۵) را ببندید و سپس با استفاده از ولت‌سنج و آمپرسنج مقدار کمیت‌های خواسته شده در جدول را تعیین کنید.



شکل (۴۵)

I_1 = شدت جریان در مقاومت R_1

I_2 = شدت جریان در مقاومت R_2

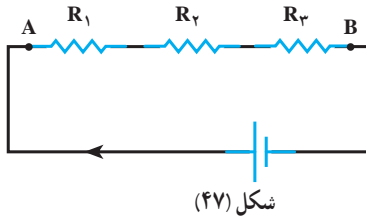
I = شدت جریان کل در مدار

V_1 = اختلاف پتانسیل دو سر R_1

V_2 = اختلاف پتانسیل دو سر R_2

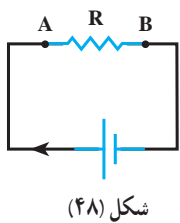
V = اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها

فعالیت ۲۸



پس از تکمیل شکل (۳-۲) کتاب و تشکیل یک مدار الکتریکی،
 - کاهش پتانسیل الکتریکی (به دلیل عبور جریان از سه مقاومت R_1 ، R_2 و R_3) را در نقطه‌ی A اعمال کنید تا به پتانسیل در نقطه‌ی B برسید.
 - اختلاف پتانسیل $V_A - V_B$ را به دست آورید.

- به دنبال مقاومتی هستیم که جایگزین سه مقاومت R_1 ، R_2 ، R_3 در شکل بالا شود و از نظر کاهش پتانسیل از



نقطه‌ی A به B همان نقش را داشته باشد اگر نام آن را R (مقاومت معادل) بنامیم، شکل مدار جایگزین را رسم کنید.

- رابطه‌ی $V_A - V_B$ را در مدار جایگزین شده به دست آورید مقدارهای V_{AB} در دو حالت را مساوی یکدیگر قرار دهید و رابطه‌ی مقاومت معادل (R) را برحسب مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 در به هم بستن متوالی مقاومت‌ها به دست آورید.

- به بیان خود، رابطه‌ای بین مقاومت معادل و سایر مقاومت‌ها در به هم بستن متوالی ارائه کنید.

فعالیت ۲۹



با توجه به جدول (۷) به هم بستن مقاومت‌ها که در فعالیت (تکمیل نمودار) کامل شد، رابطه‌ی اختلاف پتانسیل‌ها را در به هم بستن متوالی سه مقاومت R_1 ، R_2 و R_3 بنویسید.

(پاسخ: $V = V_1 + V_2 + V_3$)

- رابطه‌ی شدت جریان‌ها را در همین نوع به هم بستن بنویسید.

(پاسخ: $I = I_1 = I_2 = I_3$)

- با استفاده از قانون اهم $V = IR$ مقدارهای V_1 و V_2 و V_3 را برای مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 بنویسید و در رابطه‌ی اختلاف پتانسیل‌ها جایگزین کنید. (مقاومت معادل R را جایگزین مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 فرض کنید)
 - رابطه‌ی مقاومت معادل بر حسب مقاومت‌های مدار در به هم بستن متوالی را به دست آورید.

در دو فعالیت قبل با دو روش به ظاهر متفاوت که در واقع بستن متوالی مقاومت‌ها رسیدیم. ناشی از یک نگرش بود به رابطه‌ای برای مقاومت معادل در به هم

پرسش: مقدار مقاومت معادل در به هم بستن متوالی مقاومت‌ها را با اندازه‌ی تک تک مقاومت‌ها مقایسه کنید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
 (با طرح این پرسش دانش‌آموزان را در رسیدن به نتیجه‌ی مطرح شده در کتاب کمک می‌کنیم.)