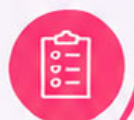


با ایران توشه
یک قدم جلوتر
باش!



ایران توشه، مرجع دانلود فایل های کمک آموزشی دانش آموزان و کنکوری ها



دانلود رایگان آزمون های آزمایشی
قلمچی، خیلی سبز، گاج و ...



دانلود رایگان گام به گام تمامی دروس



دانلود رایگان نمونه سوالات امتحانی
(نوبت اول و دوم) و امتحانات نهایی



دانلود رایگان جزوه های کمک آموزشی
و شب امتحانی

همه چیز
برای موفقیت
تو!

Google

دانلود گام به گام دوازدهم تجربی ایران توشه

دانلود گام به گام دوازدهم تجربی ایران توشه

کافیست هر فایلی که نیاز دارید
را در گوگل به این صورت جستجو کنید:

فایل مورد نیاز + ایران توشه

مثال:

دانلود گام به گام دوازدهم تجربی ایران توشه



irantooshe.ir



t.me/irantooshe



فیزیک ۲ یازدهم - فصل دوم

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

فهرست

۱	صفحه ۴۷ فعالیت — فعالیت ۱-۲: سرعت سوق و روشن شدن فوری لامپ	۴	...
۲	صفحه ۴۸ تمرین — تمرین ۱-۲: آمپر - ساعت باتری	۴	...
۳	صفحه ۵۱ فعالیت — فعالیت ۲-۲: عوامل مؤثر بر مقاومت سیم	۵	...
۴	صفحه ۵۸ تمرین — تمرین ۲-۲: کد رنگی مقاومت	۶	...
۵	صفحه ۵۹ فعالیت — فعالیت ۳-۲: ترمیستورهای [[NTC]] و [[PTC]]	۶	...
۶	صفحه ۶۱ پرسش — پرسش ۱-۲: روشن شدن [[LED]]	۷	...
۷	صفحه ۶۲ فعالیت — فعالیت ۴-۲: عدد ولت سنج با کلید باز و بسته	۷	...
۸	صفحه ۶۲ فعالیت — فعالیت ۵-۲: پتانسیل درون باتری	۸	...
۹	صفحه ۶۵ تمرین — تمرین ۳-۲: حل مثال ۶-۲ در خلاف جهت جریان	۸	...
۱۰	صفحه ۶۶ کار در کلاس — فعالیت ۶-۲: اندازه گیری مقاومت درونی باتری	۹	...
۱۱	صفحه ۶۸ فعالیت — فعالیت ۷-۲: بررسی قانون ژول با گرماسنج	۹	...
۱۲	صفحه ۶۸ فعالیت — فعالیت ۸-۲: مقاومت و دمای رشته لامپ	۱۰	...
۱۳	صفحه ۶۸ پرسش — پرسش ۲-۲: مصرف انرژی لامپ رشته ای و [[LED]]	۱۰	...
۱۴	صفحه ۷۰ تمرین — تمرین ۴-۲: قاعده حلقه و پایستگی انرژی	۱۱	...
۱۵	صفحه ۷۱ تمرین — تمرین ۵-۲: سه مقاومت متوالی با آمپرسنج	۱۱	...
۱۶	صفحه ۷۲ پرسش — پرسش ۳-۲: قاعده انشعاب	۱۲	...
۱۷	صفحه ۷۳ فعالیت — فعالیت ۹-۲: بررسی جریان در مقاومت های موازی	۱۲	...
۱۸	صفحه ۷۴ تمرین — تمرین ۶-۲: سه مقاومت موازی با آمپرسنج	۱۳	...
۱۹	صفحه ۷۶ تمرین — تمرین ۷-۲: پنج مقاومت ۸ اهمی	۱۴	...
۲۰	صفحه ۷۹ مسئله — مسئله ۱: روشن شدن لامپ	۱۴	...
۲۱	صفحه ۷۹ مسئله — مسئله ۲: تعداد الکترون های عبوری از لامپ	۱۵	...
۲۲	صفحه ۷۹ مسئله — مسئله ۳: دریل معیوب با دوشاخه و سه شاخه	۱۶	...
۲۳	صفحه ۷۹ مسئله — مسئله ۴: آذرخش	۱۶	...
۲۴	صفحه ۷۹ مسئله — مسئله ۵: آزمایش قانون اهم	۱۷	...
۲۵	صفحه ۷۹ مسئله — مسئله ۶: نمودار [[I-V]] دو رسانا	۱۸	...
۲۶	صفحه ۷۹ مسئله — مسئله ۷: مقایسه مقاومت سیم توپر و ولوله توخالی	۱۸	...
۲۷	صفحه ۷۹ مسئله — مسئله ۸: سیم ماشین چمن زنی	۱۹	...
۲۸	صفحه ۸۰ مسئله — مسئله ۹: رشته برشته کن نیکرومی	۱۹	...
۲۹	صفحه ۸۰ مسئله — مسئله ۱۰: مشابه سازی مکانیکی نیروی محرکه	۲۰	...

۴۱	صفحه ۸۱ · مسئله — مسئله ۲۲: مقاومت آمپرسنج ۲۶	۳۰	صفحه ۸۰ · مسئله — مسئله ۱۱: باتری خودرو و هشت باتری قلمی ... ۲۰
۴۲	صفحه ۸۱ · مسئله — مسئله ۲۳: جریان در یک بخش از مدار ... ۲۷	۳۱	صفحه ۸۰ · مسئله — مسئله ۱۲: مقاومت داخلی باتری ... ۲۱
۴۳	صفحه ۸۱ · مسئله — مسئله ۲۴: بسته شدن متوالی کلیدها ... ۲۸	۳۲	صفحه ۸۰ · مسئله — مسئله ۱۳: مدار تک حلقه‌ای با چند باتری ... ۲۱
۴۴	صفحه ۸۱ · مسئله — مسئله ۲۵: دو لامپ متوالی و موازی ... ۲۸	۳۳	صفحه ۸۰ · مسئله — مسئله ۱۴: دو باتری و پتانسیل نقطه $[[A]]$... ۲۲
۴۵	صفحه ۸۱ · مسئله — مسئله ۲۶: متوالی یا موازی در شکل‌های ص ۸۲ ... ۲۹	۳۴	صفحه ۸۰ · مسئله — مسئله ۱۵: دو لامپ با رشته ضخیم و نازک ... ۲۳
۴۶	صفحه ۸۲ · مسئله — مسئله ۲۷: مدار تک حلقه‌ای با $[[\epsilon_2]]$ مجهول ... ۲۹	۳۵	صفحه ۸۰ · مسئله — مسئله ۱۶: جریان و مقاومت کتری و اتو ... ۲۳
۴۷	صفحه ۸۲ · مسئله — مسئله ۲۸: سه مقاومت ۱۲ اهمی متوالی و موازی ... ۳۰	۳۶	صفحه ۸۱ · مسئله — مسئله ۱۷: دمای رشته لامپ چراغ قوه ... ۲۴
۴۸	صفحه ۸۲ · مسئله — مسئله ۲۹: ترکیب مقاومت‌ها و توان مصرفی ... ۳۰	۳۷	صفحه ۸۱ · مسئله — مسئله ۱۸: مدار با باتری ناشناخته $[[B]]$... ۲۴
۴۹	صفحه ۸۲ · مسئله — مسئله ۳۰: جریان لامپ‌ها پس از بستن کلید ... ۳۱	۳۸	صفحه ۸۱ · مسئله — مسئله ۱۹: مصرف انرژی تلویزیون و لامپ خانه ... ۲۵
۵۰	صفحه ۸۲ · مسئله — مسئله ۳۱: جریان در مدار با حلقه‌های مقاومتی ... ۳۲	۳۹	صفحه ۸۱ · مسئله — مسئله ۲۰: نیروی محرکه و مقاومت داخلی از توان خروجی ... ۲۵
۵۱	صفحه ۸۲ · مسئله — مسئله ۳۲: سه لامپ همسان و کلید ... ۳۳	۴۰	صفحه ۸۱ · مسئله — مسئله ۲۱: موازی بودن چراغ‌های خودرو ... ۲۶
۵۲	صفحه ۸۲ · مسئله — مسئله ۳۳: فیوز سیم‌کشی خانه ... ۳۳		

سرعت سوق الکترون‌های آزاد در یک رسانا به قدری کم است. اگر سرعت سوق الکترون‌ها این قدر کم است، پس چرا وقتی کلید برق را می‌زنیم چراغ‌های خانه به سرعت روشن می‌شوند؟ (راهنمایی: شیلنگ شغافی را در نظر بگیرید. وقتی شیر را باز می‌کنید، هنگامی که شیلنگ پر از آب است، آب بلافاصله از سر دیگر شیلنگ جاری می‌شود؛ ولی اگر لکه‌ای رنگی را درون آب چکانده باشیم، می‌بینیم این لکه رنگی به آهستگی در شیلنگ حرکت می‌کند.)

الکترون‌های آزاد در سراسر سیم و رشته لامپ از قبل وجود دارند (مانند آبی که از قبل شیلنگ را پر کرده است). با بستن کلید، میدان الکتریکی در تمام طول مدار تقریباً با سرعت نور ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$) برقرار می‌شود و همه الکترون‌های آزاد، هم‌زمان و در همه نقطه‌های مدار، شروع به حرکت (سوق) می‌کنند؛ پس الکترون‌های درون رشته لامپ بلافاصله به حرکت درمی‌آیند و لامپ روشن می‌شود.

آنچه با سرعت زیاد منتقل می‌شود «میدان الکتریکی» (و در نتیجه انرژی) است، نه خود الکترون‌ها. الکترون‌ها فقط با سرعت بسیار کم (حدود 10^{-4} m/s) در جهت خلاف میدان سوق پیدا می‌کنند؛ درست مانند لکه رنگی که آهسته جابه‌جا می‌شود، در حالی که فشار آب در سراسر شیلنگ تقریباً بلافاصله منتقل می‌شود.

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

الف) باتری استاندارد خودرویی، 50Ah است. اگر این باتری جریان متوسط 5.0A را فراهم سازد، چقدر طول می‌کشد تا خالی شود؟

ب) روی یک باتری قلمی مقدار 1000mAh نوشته شده است. اگر این باتری جریان متوسط $100\mu\text{A}$ را فراهم سازد، چه مدت طول می‌کشد تا خالی شود؟

$$\Delta q = I \cdot \Delta t \text{ از نتیجه می‌شود } \Delta q = I \cdot \Delta t$$

$$\Delta t = 50 \text{ Ah} \div 5.0 \text{ A} = 10 \text{ h} \text{ (الف)؛ باتری خودرو پس از ۱۰ ساعت خالی می‌شود.}$$

ب) ظرفیت باتری قلمی: $1000 \text{ mAh} = 1.0 \text{ Ah}$ و جریان: $100 \mu\text{A} = 1.0 \times 10^{-4} \text{ A}$ ؛ بنابراین $\Delta t = 1.0 \text{ Ah} \div 1.0 \times 10^{-4} \text{ A} = 1.0 \times 10^4 \text{ h}$ این زمان تقریباً ۴۱۷ روز (حدود ۱٫۱ سال) است.

فعالیت

صفحه ۵۱

۳

اسباب آزمایشی را شامل یک منبع تغذیه، آمپرسنج، ولت‌سنج، سیم‌های رابط و قطعه سیم‌هایی که می‌خواهیم مقاومت آنها را به دست آوریم، مطابق شکل داده‌شده سوار کنید. آزمایش شامل سه مرحله است.

۱- قطعه سیم‌هایی از جنس یکسان، مثلاً کنستانتان (یا نیکروم) با قطر برابر ولی طول‌های متفاوت را در مدار قرار دهید و با استفاده از تعریف مقاومت، مقاومت هر کدام از سیم‌ها را با استفاده از عددی که آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند محاسبه و نتایج خود را در جدولی ثبت کنید. به نظر شما چه رابطه‌ای بین مقاومت سیم‌ها و طول آنها وجود دارد؟

۲- آزمایش را با سیم‌هایی از جنس یکسان با طول برابر، ولی قطرهای متفاوت انجام دهید و نتایج خود را در جدول ثبت کنید. به نظر شما چه رابطه‌ای بین مقاومت سیم‌ها و سطح مقطع آنها وجود دارد؟
۳- آزمایش را با دو قطعه سیم هم‌طول و با قطر یکسان انجام دهید که این بار یکی از آنها کنستانتان و دیگری نیکروم است و نتایج خود را یادداشت کنید. از این فعالیت چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

با استفاده از $R = V / I$ مقاومت هر سیم از روی عددهای ولت‌سنج و آمپرسنج به دست می‌آید. نتایج نمونه (دمای ثابت):

مرحله ۱: سیم‌هایی با جنس و قطر یکسان

$R = V/I (\Omega)$	$I (A)$	$V (V)$	طول $L (m)$
۲/۰	۰/۵۰	۱/۰	۰/۵
۴/۰	۰/۵۰	۲/۰	۱/۰
۸/۰	۰/۵۰	۴/۰	۲/۰

مرحله ۱: با دو برابر شدن طول، مقاومت دو برابر می‌شود؛ مقاومت با طول سیم رابطه مستقیم ($R \propto L$) دارد.

مرحله ۲: سیم‌هایی با جنس و طول یکسان

$R (\Omega)$	سطح مقطع A	قطر $d (mm)$
۸/۰	A	۰/۵۰
۲/۰	$4A$	۱/۰۰

مرحله ۲: با دو برابر شدن قطر، سطح مقطع $A = \pi d^2/4$ چهار برابر و مقاومت یک‌چهارم می‌شود؛ مقاومت با سطح مقطع رابطه وارونه ($R \propto 1/A$) دارد.

مرحله ۳: با طول و قطر یکسان، مقاومت سیم نیکروم بیشتر از کنستانتان است (ρ نیکروم $1.7 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ و ρ کنستانتان $0.44 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$ ، یعنی حدود ۲٫۳ برابر)؛ پس مقاومت به جنس ماده نیز بستگی دارد.

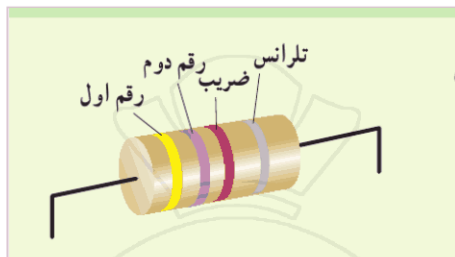
نتیجه: $R = \rho L / A$ که در آن ρ مقاومت ویژه (وابسته به جنس و دما) است.

تمرین

صفحه ۵۸

۴

مقدار مقاومت نشان داده شده در شکل، و مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق مقاومت، بر حسب اهم چقدر است؟



بنا بر جدول ۲-۳ (کد رنگی)، حلقه‌ها از سمت راست‌تر سر مقاومت (نزدیک‌تر به یک سر) به این صورت‌اند: حلقه اول زرد $\leftarrow$ رقم ۴، حلقه دوم بنفش $\leftarrow$ رقم ۷، حلقه سوم (ضریب) قرمز $\leftarrow 10^2$ ، حلقه چهارم (تولرانس) نقره‌ای $\leftarrow 1\%$.

$$R = 47 \times 10^2 \Omega = 4700 \Omega = 4.7 \text{ k}\Omega$$

مقدار مجاز انحراف: $\Delta R = 10\% \times 4700 \Omega = 470 \Omega$ ؛ یعنی مقاومت دقیق بین 4230Ω و 5170Ω است ($R = 4700 \Omega \pm 470 \Omega$).

فعالیت

صفحه ۵۹

۵

ترمیستورها به دو نوع NTC و PTC تقسیم‌بندی می‌شوند. در مورد ساختار و کارکرد آنها تحقیق کرده و به کلاس گزارش دهید.

- NTC (ضریب دمایی منفی): از اکسیدهای نیم‌رسانا (مانند اکسید منگنز، نیکل و کبالت) ساخته می‌شود. با افزایش دما، تعداد حامل‌های بار بیشتر می‌شود و مقاومت آن کاهش می‌یابد. ($\alpha < 0$) کاربرد: حسگر دما در دماسنج‌ها، کولر و یخچال، محدودکننده جریان لحظه روشن شدن دستگاه‌ها.
- PTC (ضریب دمایی مثبت): معمولاً از سرامیک‌هایی مانند باریوم تیتانات ساخته می‌شود. تا دمای معینی مقاومت آن کم و تقریباً ثابت است و بالاتر از آن دما به شدت افزایش می‌یابد. ($\alpha > 0$) کاربرد: فیوز خودبازیاب، گرم‌کن‌های خودتنظیم (سشوار، بخاری)، راه‌اندازی موتور یخچال.

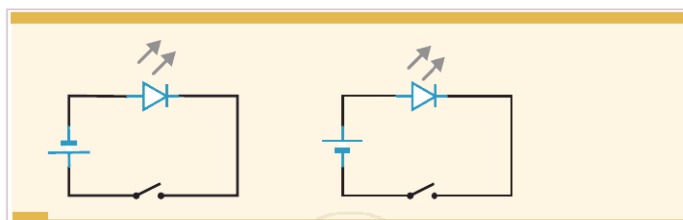
- هر دو نوع به شکل دیسکی، مهره‌ای یا میله‌ای ساخته می‌شوند و با دو پایه به مدار وصل می‌گردند؛ تغییر مقاومت آنها را با اهم‌متر یا مدارهای ساده (مثلاً با باتری و آمپرسنج) می‌توان به تغییر دما ربط داد.

پرسش

صفحه ۶۱

۶

در کدام شکل با بستن کلید، LED روشن می‌شود؟



دیود نورگسیل فقط در یک جهت جریان را عبور می‌دهد؛ جریان قراردادی باید در جهت پیکان نماد (از آند به کاتد) بگذرد. در هر دو مدار پیکان LED به سمت راست است.

- شکل سمت چپ: پایانه مثبت باتری (خط بلندتر) پایین است؛ جریان از پایین، از طریق کلید و سیم سمت راست بالا می‌رود و از راست به چپ از LED می‌گذرد، یعنی در خلاف جهت پیکان؛ LED روشن نمی‌شود.
- شکل سمت راست: پایانه مثبت باتری بالاست؛ جریان از چپ به راست و در جهت پیکان از LED می‌گذرد؛ با بستن کلید LED روشن می‌شود.

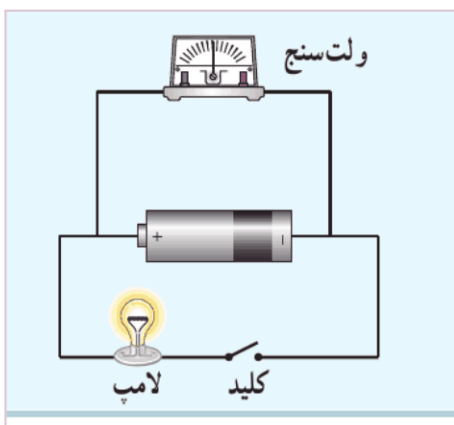
پاسخ: شکل سمت راست.

فعالیت

صفحه ۶۲

۷

به کمک یک باتری، سیم‌های رابط، لامپ کوچک، ولت‌سنج و کلید، مداري همانند شکل روبه‌رو درست کنید. قبل از بستن کلید عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. سپس کلید را ببندید و دوباره عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. در کدام حالت ولت‌سنج عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد؟ چرا؟



وقتی کلید باز است جریانی از باتری نمی‌گذرد و ولت‌سنج (با مقاومت بسیار زیاد) نیروی محرکه باتری $\mathcal{E}$ را نشان می‌دهد. وقتی کلید بسته می‌شود جریان I در مدار برقرار می‌شود و چون باتری مقاومت درونی r دارد، بخشی از اختلاف پتانسیل در درون باتری افت می‌کند: $V = \mathcal{E} - Ir$.

پاسخ: ولت‌سنج در حالت کلید باز (قبل از بستن کلید) عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد؛ زیرا پس از بستن کلید، به دلیل افت پتانسیل Ir در مقاومت درونی باتری، اختلاف پتانسیل دو سر آن کمتر از $\mathcal{E}$ می‌شود.

فعالیت

صفحه ۶۲

۸

میدان الکتریکی درون باتری از پایانه مثبت به سمت پایانه منفی است. توضیح دهید چرا وقتی از پایانه مثبت باتری به سمت پایانه منفی آن می‌رویم، پتانسیل کاهش می‌یابد و بالعکس.

در هر میدان الکتریکی، حرکت در جهت میدان همراه با کاهش پتانسیل است ($\Delta V = -E \cdot d$)؛ میدان همواره از پتانسیل زیاد به پتانسیل کم است. چون درون باتری میدان از پایانه مثبت به منفی است، حرکت از پایانه مثبت به منفی در جهت میدان است و پتانسیل کم می‌شود. برعکس، حرکت از پایانه منفی به مثبت در خلاف جهت میدان است و پتانسیل به اندازه $\mathcal{E}$ افزایش می‌یابد؛ به همین دلیل $V_+ - V_- = \mathcal{E}$ (برای باتری آرمانی).

تمرین

صفحه ۶۵

۹

مثال بالا را با حرکت در خلاف جهت جریان نشان داده شده، حل و نتیجه را با پاسخ مثال مقایسه کنید.

داده‌ها: $\mathcal{E} = 12 \text{ V}$ ، $r = 2.0 \Omega$ ، $R = 4.0 \Omega$ جریان در مدار ساعت‌گرد است؛ پس خلاف جهت جریان یعنی پادساعت‌گرد. از نقطه a (پایانه منفی) به سمت راست و بالا می‌رویم؛ با حرکت در خلاف جهت جریان از مقاومت R پتانسیل به اندازه IR افزایش می‌یابد، سپس از پایانه مثبت به منفی می‌رسیم (پتانسیل $\mathcal{E}$ کم می‌شود) و در مقاومت درونی r (باز هم خلاف جهت جریان) پتانسیل Ir افزایش می‌یابد:

$$V_a + IR - \mathcal{E} + Ir = V_a \Rightarrow \mathcal{E} - IR - Ir = 0$$

$$I = \mathcal{E} / (R + r) = 12 \text{ V} / (4.0 \Omega + 2.0 \Omega) = 2.0 \text{ A}$$

$$V_b - V_a = \mathcal{E} - Ir = 12 - (2.0)(2.0) = 8 \text{ V. اختلاف پتانسیل دو سر باتری:}$$

مقایسه: نتیجه دقیقاً همان پاسخ مثال است ($I = 2.0 \text{ A}$) و ($V_b - V_a = 8 \text{ V}$)؛ یعنی جهت دور زدن حلقه روی پاسخ تأثیری ندارد.

تفاوت یک باتری نو و فرسوده عمدتاً در مقدار مقاومت داخلی آن است که می‌تواند از یک اهم برای یک باتری نو تا چند هزار اهم برای یک باتری فرسوده باشد. برای اندازه‌گیری مقاومت داخلی یک باتری مدار ساده‌ای متشکل از یک باتری، یک کلید قطع و وصل، و یک مقاومت یا لامپ کوچک سوار کنید. نخست درحالی‌که کلید قطع است، ولتاژ دو سر باتری را با یک ولت‌سنج اندازه بگیرید و آن‌گاه پس از بستن کلید، دوباره ولتاژ دو سر باتری را اندازه بگیرید. همچنین در این حالت، جریان عبوری از مدار را نیز باید به کمک یک آمپرسنج اندازه بگیرید. اکنون با استفاده از رابطه $V_2 - V_1$ مقاومت داخلی باتری را محاسبه کنید (البته در یک اندازه‌گیری دقیق‌تر معمولاً از یک مقاومت متغیر استفاده می‌شود و مقاومت داخلی پس از چندین اندازه‌گیری محاسبه می‌شود). آزمایش را یک بار برای باتری نو و یک بار برای باتری فرسوده انجام دهید.

با کلید باز، ولت‌سنج مقدار $\mathcal{E}$ را نشان می‌دهد. با کلید بسته، ولت‌سنج $V = \mathcal{E} - Ir$ و آمپرسنج I را نشان می‌دهد؛ بنابراین $r = (\mathcal{E} - V) / I$.

نتایج نمونه

باتری	$\mathcal{E}$ (V)	(V) با کلید بسته V	I (A)	$r = (\mathcal{E} - V) / I$ (Ω)
نو	۱/۵۵	۱/۵۰	۰/۵۰	۰/۱۰
فرسوده	۱/۴۰	۱/۰۰	۰/۱۰	۴/۰

نتیجه: مقاومت داخلی باتری فرسوده بسیار بزرگ‌تر از باتری نو است؛ به همین دلیل افت پتانسیل Ir در آن زیاد و ولتاژ دو سر آن هنگام عبور جریان به شدت کم می‌شود. (عددها نمونه‌اند؛ در آزمایش واقعی مقادیرهای اندازه‌گیری شده را جایگزین کنید).

قانون ژول بیان می‌دارد گرمای تولید شده توسط جریان I عبوری از یک مقاومت R در مدت زمان t برابر با RI^2t است. این قانون را می‌توان به روش گرماسنجی با یک گرماسنج که در فیزیک دهم با آن آشنا شدید تحقیق کرد. اسباب این آزمایش در شکل نشان داده شده است. درباره چگونگی این آزمایش تحقیق کنید.

۱. مقدار مشخصی آب به جرم m را در گرماسنج می‌ریزیم و دمای اولیه آن (θ_1) را اندازه می‌گیریم.
۲. مقاومت R (گرمکن) را درون آب قرار داده و به منبع تغذیه، آمپرسنج و ولت‌سنج وصل می‌کنیم؛ جریان I را با آمپرسنج می‌خوانیم و مقاومت را با $R = V/I$ به دست می‌آوریم.
۳. جریان را در مدت t (مثلاً چند دقیقه) برقرار می‌کنیم و آب را هم می‌زنیم، سپس دمای نهایی (θ_2) را می‌خوانیم.
۴. گرمای دریافت شده توسط آب (و گرماسنج): $Q = (mc + C)(\theta_2 - \theta_1)$ را حساب می‌کنیم.

۵. آن را با انرژی الکتریکی مصرف شده $RI^2t (= VIt)$ مقایسه می‌کنیم. تا حد خطای آزمایش (تلفات گرما به محیط) $Q \approx RI^2t$ به دست می‌آید؛ این نتیجه قانون ژول را تأیید می‌کند. با تغییر I یا t می‌توان نشان داد Q با I^2 و با t متناسب است.

فعالیت

صفحه ۶۸

۱۲

الف) همانند شکل با یک اهم‌متر، مقاومت رشته سیم داخل لامپ ۱۰۰ وات را اندازه‌گیری کنید. سپس با استفاده از رابطه ۱۰-۲ و با داشتن مشخصات روی لامپ، مقاومت آن را در حالت روشن محاسبه کنید. نتیجه محاسبه را با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید و نتیجه را پس از گفتگوی گروهی گزارش دهید.
ب) اکنون با استفاده از نتیجه بدست آمده، دمای رشته سیم داخل لامپ را در حال روشن برآورد کنید (رشته سیم لامپ از جنس تنگستن و ضریب دمایی مقاومت ویژه آن $4.5 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ است^۱).

الف) مشخصات روی لامپ: ۱۰۰ W و ۲۲۰ V مقاومت در حالت روشن: $R = V^2/P = (220 \text{ V})^2 \div 100 \text{ W} = 484 \text{ } \Omega$. اهم‌متر مقاومت رشته سرد را (مثلاً حدود $40 \text{ } \Omega$ ؛ عدد نمونه) نشان می‌دهد، که چند برابر کوچک‌تر از مقدار حالت روشن است؛ زیرا مقاومت فلز با دما افزایش می‌یابد.

ب) با $R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$ و $T_0 = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ ، $R_0 \approx 40 \text{ } \Omega$ ؛

$$484 = 40[1 + 4.5 \times 10^{-3}(T - 20)] \Rightarrow T - 20 = (12.1 - 1) \div 4.5 \times 10^{-3} \approx 2470 \Rightarrow T \approx 2.5 \times 10^3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

دمای رشته لامپ روشن حدود ۲۵۰۰ درجه سلسیوس برآورد می‌شود (عدد دقیق به مقدار اندازه‌گیری شده مقاومت سرد بستگی دارد).

پرسش

صفحه ۶۸

۱۳

اگر لامپ‌های رشته‌ای (التهابی) را با لامپ‌های LED جایگزین کنیم، درخواهیم یافت تفاوت چشمگیری در مصرف انرژی حاصل می‌شود. مثلاً درحالی‌که لامپ هالوژن یک کلاه ایمنی چند باتری را در ۳ ساعت مصرف می‌کند، نوع LED همان لامپ، آن باتری‌ها را در ۳۰ ساعت به مصرف می‌رساند. دلیل این اختلاف را بیان کنید.

در لامپ رشته‌ای بیشتر انرژی الکتریکی (بیش از ۹۰٪) به گرما (تابش فروسرخ) تبدیل می‌شود و فقط کسر کوچکی نور مرئی تولید می‌کند. در LED بخش بسیار بیشتری از انرژی الکتریکی مستقیماً به نور تبدیل می‌شود و گرمای کمی تولید می‌شود؛ پس برای تولید نور یکسان توان مصرفی P بسیار کمتری لازم است (در این مثال حدود یک‌دهم).

انرژی باتری‌ها ثابت است $(U = Pt)$ ؛ پس $t = U/P$ و وقتی توان مصرفی ۱۰ برابر کمتر باشد، زمان کارکرد ۱۰ برابر (۳۰ ساعت به جای ۳ ساعت) می‌شود.

با توجه به قانون ژول (فعالیت ۷-۲) و تعریف نیروی محرکه الکتریکی، برای یک حلقه ساده، شامل یک باتری و یک مقاومت نشان دهید که قاعده حلقه یا قانون ولتاژها چیزی جز پایستگی انرژی نیست.

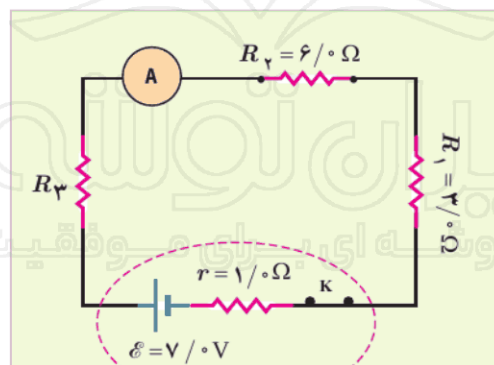
در بازه زمانی Δt بار $\Delta q = I\Delta t$ از باتری می‌گذرد. طبق تعریف نیروی محرکه $(\mathcal{E} = \Delta W / \Delta q)$ ، باتری روی این بار کار $\Delta W = \mathcal{E}\Delta q = \mathcal{E}I\Delta t$ انجام می‌دهد؛ یعنی انرژی تأمین شده توسط باتری.

طبق قانون ژول، انرژی تلف شده (گرمای تولیدشده) در مقاومت R برابر $RI^2\Delta t$ است.

پایستگی انرژی: انرژی داده شده به مدار = انرژی مصرف شده در مدار $\mathcal{E} - IR \Rightarrow \mathcal{E}I\Delta t = RI^2\Delta t \Rightarrow \mathcal{E} = IR \Rightarrow \mathcal{E} - IR = 0$.

این همان قاعده حلقه است (جمع جبری اختلاف پتانسیل‌ها در یک دور کامل برابر صفر است). اگر باتری مقاومت درونی r هم داشته باشد: $\mathcal{E}I\Delta t = (R + r)I^2\Delta t \Rightarrow \mathcal{E} - Ir - IR = 0$.

در شکل روبه‌رو، سه مقاومت به همراه یک آمپرسنج به صورت متوالی به یک باتری وصل شده‌اند و مقاومت آمپرسنج صفر است (آمپرسنج آرمانی). اگر مقاومت معادل مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 برابر با 13.0Ω باشد، الف) مقاومت R_3 چقدر است؟ ب) جریانی را که آمپرسنج نشان می‌دهد به دست آورید. پ) نشان دهید توان خروجی باتری با مجموع توان‌های مصرفی مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 در مدار برابر است.



داده‌ها (از شکل): $r = 1.0\Omega$ ، $\mathcal{E} = 7.0\text{ V}$ ، $R_2 = 6.0\Omega$ ، $R_1 = 3.0\Omega$

الف) $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow 13.0 = 3.0 + 6.0 + R_3 \Rightarrow R_3 = 4.0\Omega$

ب) با قاعده حلقه: $I = \mathcal{E} / (R_{eq} + r) = 7.0\text{ V} / (13.0\Omega + 1.0\Omega) = 0.50\text{ A}$

پ) توان خروجی باتری: $P = \mathcal{E}I - rI^2 = (7.0)(0.50) - (1.0)(0.50)^2 = 3.5 - 0.25 = 3.25\text{ W}$

مجموع توان‌های مصرفی: $R_1I^2 + R_2I^2 + R_3I^2 = (3.0 + 6.0 + 4.0)(0.50)^2 = 13.0 \times 0.25 = 3.25\text{ W}$

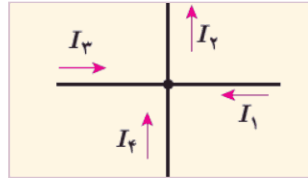
دو مقدار برابرند؛ یعنی P _ خروجی $P_1 + P_2 + P_3 = 3.25 \text{ W}$

پرسش

صفحه ۷۲

۱۶

برای نقطه انشعاب نشان داده شده در شکل، رابطه بین جریان‌ها را بنویسید.



بنا بر قاعده انشعاب، مجموع جریان‌های وارد شونده به نقطه انشعاب برابر مجموع جریان‌های خارج شونده از آن است. در شکل، I_1 و I_2 (پیکان‌های صورتی) به سمت نقطه وارد می‌شوند و I_3 و I_4 از آن خارج می‌شوند؛ بنابراین:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

فعالیت

صفحه ۷۳

۱۷

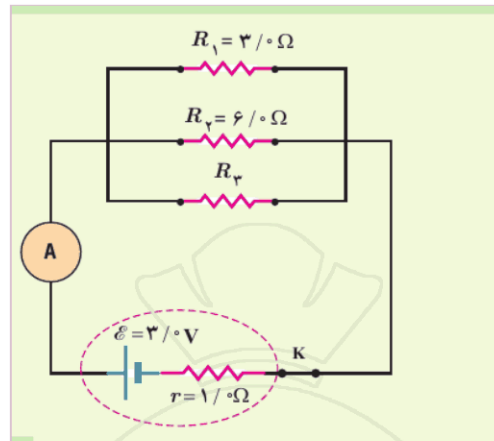
مداری مانند مدار مثال ۱۲-۲ ببندید و در هر شاخه آن، یک آمپرسنج قرار دهید. با خواندن آمپرسنج‌ها، رابطه بین جریان‌ها را بررسی کنید.

اگر آمپرسنج‌ها جریان I (جریان کل، در شاخه اصلی)، I_1 (در R_1) و I_2 (در R_2) را نشان دهند، خواهیم دید که عدد آمپرسنج شاخه اصلی برابر مجموع عددهای آمپرسنج‌های دو شاخه دیگر است:

$$I = I_1 + I_2$$

نمونه (مثال ۱۲-۲، $I_1 = 3.0 \text{ A}$ ، $I_2 = 2.0 \text{ A}$ ، $\mathcal{E} = 12 \text{ V}$ ، $I = 5.0 \text{ A}$ ، این نتیجه همان قاعده انشعاب (پایستگی بار) است. همچنین چون ولتاژ دو سر هر دو مقاومت یکسان (برابر $\mathcal{E}$) است، جریان در مقاومت کوچک‌تر بیشتر است. $(I_1 R_1 = I_2 R_2)$ است.

در شکل روبه‌رو سه مقاومت موازی به همراه یک آمپرسنج آرمانی به دو سر یک باتری وصل شده‌اند. اگر مقاومت معادل این ترکیب 1.6Ω باشد، الف) مقاومت R_3 چقدر است؟ ب) جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد را به دست آورید. پ) نشان دهید توان خروجی باتری با مجموع توان‌های مصرفی مقاومت‌های R_1 ، R_2 و R_3 برابر است.



داده‌ها (از شکل): $R_{eq} = 1.6\Omega$ ، $r = 1.0\Omega$ ، $\varepsilon = 3.0\text{ V}$ ، $R_2 = 6.0\Omega$ ، $R_1 = 3.0\Omega$

الف) $1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \Rightarrow 1/1.6 = 1/3.0 + 1/6.0 + 1/R_3 \Rightarrow 1/R_3 = 0.625 - 0.333 - 0.167 = 0.125\Omega^{-1} \Rightarrow R_3 = 8.0\Omega$

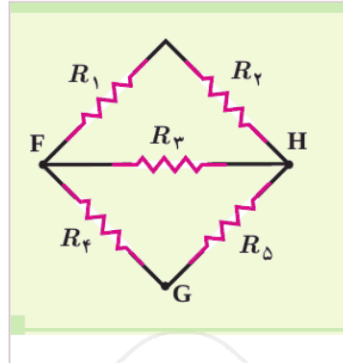
ب) $I = \varepsilon / (R_{eq} + r) = 3.0\text{ V} / (1.6\Omega + 1.0\Omega) \approx 1.15\text{ A}$

پ) توان خروجی باتری: $P = \varepsilon I - rI^2 = (3.0)(1.154) - (1.0)(1.154)^2 \approx 3.46 - 1.33 = 2.13\text{ W}$

ولتاژ دو سر ترکیب: $V = I \cdot R_{eq} = (1.154)(1.6) = 1.846\text{ V}$ ؛ جریانی‌ها: $I_1 = 0.615\text{ A}$ ، $I_2 = 0.308\text{ A}$ ، $I_3 = 0.231\text{ A}$
توان‌های مصرفی: $V^2/R_1 + V^2/R_2 + V^2/R_3 = 1.136 + 0.568 + 0.426 \approx 2.13\text{ W}$

دو مقدار برابرند: $P_{خروجی} = P_1 + P_2 + P_3 \approx 2.13\text{ W}$

شکل روبه‌رو پنج مقاومت ۸/۰۰ اهمی را نشان می‌دهد. الف) مقاومت معادل بین نقطه‌های F و H چقدر است؟ ب) مقاومت معادل بین نقطه‌های F و G چقدر است؟



الف) بین F و H سه شاخه موازی وجود دارد: $R_3 = 8 \Omega$ ، شاخه $R_1 + R_2 = 16 \Omega$ و شاخه $R_4 + R_5 = 16 \Omega$

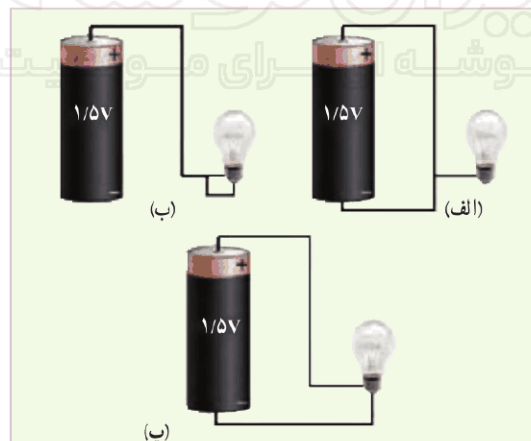
$$1/R_{FH} = 1/8 + 1/16 + 1/16 = 4/16 \Rightarrow R_{FH} = 4.00 \Omega$$

ب) بین F و G، مقاومت $R_4 = 8 \Omega$ مستقیماً وصل است و شاخه دیگر چنین است: $[R_1 + R_2 = 16 \Omega]$ موازی با $R_3 = 8 \Omega$ (بین F و H)، که با $R_5 = 8 \Omega$ (بین H و G) متوالی است:

$$R_{12} \parallel R_3 = (16 \times 8) / (16 + 8) = 5.33 \Omega \Rightarrow$$

$$1/R_{FG} = 1/8 + 1/13.33 = 0.125 + 0.075 = 0.200 \Omega^{-1} \Rightarrow R_{FG} = 5.00 \Omega$$

در کدام یک از شکل‌های زیر، لامپ روشن می‌شود؟



برای روشن شدن لامپ باید مداری کامل از پایانه مثبت باتری به یک تماس لامپ (ته یا پیچ کناری) و از تماس دیگر لامپ به پایانه منفی باتری وجود داشته باشد.

- شکل (الف): سیم پایانه مثبت را مستقیماً به پایانه منفی وصل کرده است (اتصال کوتاه) و لامپ فقط به یک سیم متصل است؛ مدار لامپ کامل نیست و روشن نمی‌شود.
- شکل (ب): هر دو تماس لامپ به یک سیم (پایانه مثبت) وصل شده‌اند و پایانه منفی به جایی وصل نیست؛ جریانی برقرار نمی‌شود.
- شکل (پ): یک سیم پایانه مثبت را به پیچ کنار لامپ و سیم دیگر ته لامپ را به پایانه منفی وصل کرده است؛ مدار بسته می‌شود.

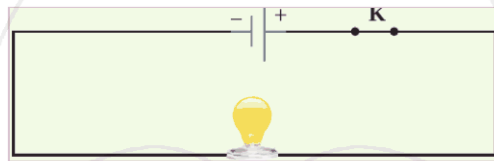
پاسخ: فقط در شکل (پ) لامپ روشن می‌شود.

مسئله

صفحه ۷۹

۲۱

در مدار شکل زیر اختلاف پتانسیل دو سر لامپ 4.0V و مقاومت آن 5.0Ω است. در مدت ۵ دقیقه چه تعداد الکترون از لامپ می‌گذرد؟



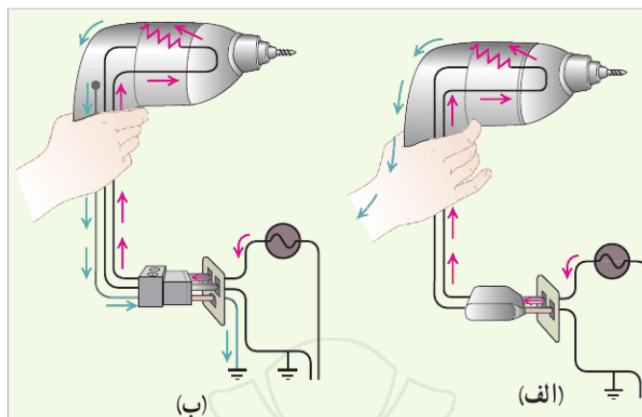
$$I = V / R = 4.0\text{V} \div 5.0\Omega = 0.80\text{A}$$

$$\Delta t = 5\text{min} = 300\text{s} \Rightarrow \Delta q = I \cdot \Delta t = (0.80\text{A})(300\text{s}) = 240\text{C}$$

$$N = \Delta q / e = 240\text{C} \div (1.6 \times 10^{-19}\text{C}) = 1.5 \times 10^{21}$$

تعداد الکترون‌ها $1.5 \times 10^{21} \approx$ است.

بررسی کنید اگر متۀ برقی (دریل) معیوب شکل‌های زیر را با دوشاخه (شکل الف) یا سه‌شاخه (شکل ب) به پریز وصل کنیم، چه رخ می‌دهد؟



فرض کنیم عیب دریل این است که سیم فاز (سیم حامل ولتاژ) از عایق خارج شده و با بدنه فلزی دریل تماس پیدا کرده است.

- شکل (الف) دوشاخه: سیم اتصال زمین وجود ندارد. بدنه فلزی دریل هم‌پتانسیل با سیم فاز (حدود ۲۲۰ V نسبت به زمین) می‌شود و راه فرار جریانی نیست. اگر شخصی که روی زمین ایستاده بدنه را لمس کند، جریان از بدن او به زمین می‌گذرد و دچار برق‌گرفتگی (شوک الکتریکی خطرناک) می‌شود.
- شکل (ب) سه‌شاخه: بدنه از طریق سیم سبز (ارت) به زمین وصل است. مقاومت این مسیر بسیار کم است؛ جریان زیادی از سیم فاز به زمین می‌گذرد و فیوز یا کلید خودکار را قطع می‌کند. همچنین بدنه تقریباً هم‌پتانسیل با زمین می‌ماند، پس لمس آن خطری ندارد.

آذرخش مثالی جالب از جریان در پدیده‌های طبیعی است. در یک آذرخش نوعی $1.0 \times 10^9 \text{ J}$ انرژی تحت اختلاف پتانسیل $5.0 \times 10^7 \text{ V}$ در بازۀ زمانی 0.20 s آزاد می‌شود. با استفاده از این اطلاعات الف) مقدار بار کل منتقل‌شده بین ابر و زمین، ب) جریان متوسط در یک بورش آذرخش و پ) توان الکتریکی آزادشده در 0.20 s را به‌دست آورید.

$$W = q\Delta V \Rightarrow q = W / \Delta V = 1.0 \times 10^9 \text{ J} \div 5.0 \times 10^7 \text{ V} = 20 \text{ C} \quad \text{الف)}$$

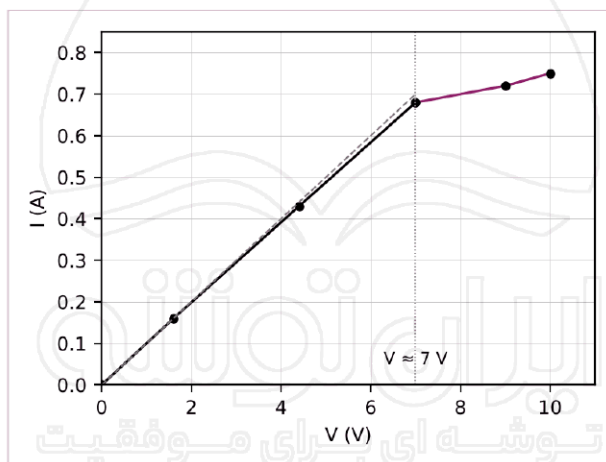
$$I = \Delta q / \Delta t = 20 \text{ C} \div 0.20 \text{ s} = 1.0 \times 10^2 \text{ A} \quad \text{ب) (۱۰۰ آمپر)}$$

$$P = I\Delta V = (100 \text{ A})(5.0 \times 10^7 \text{ V}) = 5.0 \times 10^9 \text{ W} \quad \text{یا} \quad P = W / \Delta t = 1.0 \times 10^9 \text{ J} \div 0.20 \text{ s} = 5.0 \times 10^9 \text{ W} \quad \text{پ)}$$

در آزمایش تحقیق قانون اهم، نتایج جدول زیر به دست آمده است.
نمودار ولتاژ بر حسب جریان را رسم کنید و با فرض ثابت ماندن دما تعیین کنید در چه محدوده‌ای رفتار این مقاومت از قانون اهم پیروی می‌کند.

داده‌های آزمایش و مقاومت محاسبه شده

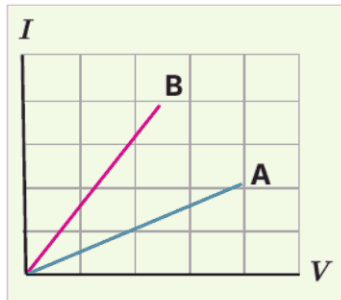
شماره آزمایش	عدد ولت سنج (V)	عدد آمپرسنج (A)	$R = V/I (\Omega)$
۱	۰	۰	—
۲	۱/۶	۰/۱۶	۱۰/۰
۳	۴/۴	۰/۴۳	۱۰/۲
۴	۷/۰	۰/۶۸	۱۰/۳
۵	۹/۰	۰/۷۲	۱۲/۵
۶	۱۰/۰	۰/۷۵	۱۳/۳



(برای نمایش نمودار ولتاژ بر حسب جریان، محورها را جابه‌جا کنید؛ شیب نمودار $V-I$ برابر R است).
تا حدود $V = 7 \text{ V}$ ($I \approx 0.68 \text{ A}$) نقطه‌ها تقریباً روی یک خط راست از مبدأ قرار دارند و $R \approx 10 \Omega$ ثابت است؛ یعنی مقاومت از قانون اهم پیروی می‌کند. پس از آن، نمودار خمیده می‌شود (R از 10 تا 13.3Ω افزایش می‌یابد؛ مثلاً به علت گرم شدن رسانا) و قانون اهم دیگر برقرار نیست.

محدوده رفتار اهمی: از ۰ تا حدود ۷ V (جریان تا حدود ۰.۷ A).

شکل زیر نمودار $I-V$ را برای دو رسانای A و B نشان می‌دهد. مقاومت کدام یک بیشتر است؟ چرا؟



در نمودار I بر حسب V ، شیب خط برابر $I/V = 1/R$ است. شیب خط B بیشتر از شیب خط A است؛ پس مقاومت B کمتر است.

مقاومت رسانای A بیشتر است؛ زیرا به ازای یک ولتاژ یکسان جریان کمتری از آن می‌گذرد. ($R = V/I$)

دو رسانای فلزی از یک ماده ساخته شده‌اند و طول یکسانی دارند. رسانای A سیم توپری به قطر 1.0 mm است. رسانای B لوله توخالی به شعاع خارجی 2.0 mm و شعاع داخلی 1.0 mm است. مقاومت رسانای A چند برابر مقاومت رسانای B است؟

$R = \rho L / A$ و ρ و L یکسان‌اند؛ پس $R_A / R_B = A_B / A_A$.

$A_A = \pi (0.50 \text{ mm})^2 = 0.25\pi \text{ mm}^2$ (شعاع A برابر 0.50 mm است)

$A_B = \pi (r_2^2 - r_1^2) = \pi [(2.0)^2 - (1.0)^2] \text{ mm}^2 = 3.0\pi \text{ mm}^2$

$R_A / R_B = 3.0\pi \div 0.25\pi = 12$

مقاومت رسانای A، ۱۲ برابر مقاومت رسانای B است.

این فایل توسط سایت ایران توشه تهیه شده است.

irantooshe.ir



در ماشین‌های چمن‌زنی برقی برای مسافت‌های حداکثر تا 35 m از سیم‌های مسی نمره ۲۰ (قطر 0.08 cm) و برای مسافت‌های طولانی‌تر از سیم‌های ضخیم‌تر نمره ۱۶ (قطر 0.13 cm) استفاده می‌کنند تا بدین ترتیب مقاومت سیم را تا آنجا که ممکن است کوچک نگه دارند. الف) مقاومت یک سیم ۳۰ متری ماشین چمن‌زنی چقدر است؟ ب) مقاومت یک سیم ۷۰ متری ماشین چمن‌زنی چقدر است؟ (دمای سیم‌ها را 20°C در نظر بگیرید.)

مقاومت ویژه مس در 20°C (جدول ۲۲-): $\rho = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ و $R = \rho L/A$ ؛ $A = \pi d^2/4$.

$$d = 0.08 \text{ cm} = 8 \times 10^{-4} \text{ m} \Rightarrow A = \pi(8 \times 10^{-4})^2/4 = 5.03 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ (الف)}$$

$$R = (1.7 \times 10^{-8})(30) \div (5.03 \times 10^{-7}) \approx 1.0 \Omega$$

$$d = 0.13 \text{ cm} = 1.3 \times 10^{-3} \text{ m} \Rightarrow A = \pi(1.3 \times 10^{-3})^2/4 = 1.33 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ (ب)}$$

$$R = (1.7 \times 10^{-8})(70) \div (1.33 \times 10^{-6}) \approx 0.90 \Omega$$

مقاومت رشته درونی یک برشته‌کن که از جنس نیکروم است، در حالت روشن (دمای 1200°C) برابر 44Ω است. مقاومت این رشته در دمای 20°C چقدر است؟ (از تغییر طول و قطر رشته در اثر تغییر دما چشم‌پوشی شود.)

ضریب دمایی مقاومت ویژه نیکروم (جدول ۲۲-): $\alpha = 4.0 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ با $R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)]$ و $\Delta T = 1200 - 20 = 1180^{\circ}\text{C}$:

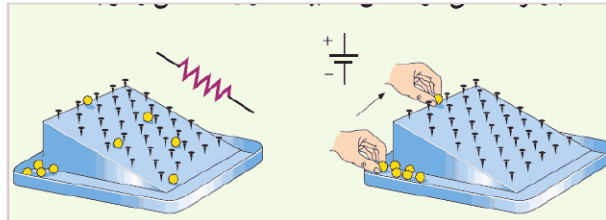
$$20 = 1180^{\circ}\text{C}:$$

$$44 = R_0[1 + (4.0 \times 10^{-4})(1180)] = R_0(1.472)$$

$$R_0 = 44 \Omega \div 1.472 \approx 29.9 \Omega$$

مقاومت رشته در 20°C حدود 30Ω است.

شکل زیر یک مشابهت‌سازی مکانیکی برای درک مقاومت و نیروی محرکه را نشان می‌دهد که در آن بر سطح شیب‌داری میخ‌هایی تعبیه شده و تپه‌ها از ارتفاع بالای سطح شیب‌دار رها می‌شوند و سپس دوباره به بالای سطح شیب‌دار بازگردانده می‌شوند. این مشابهت‌سازی مکانیکی را توجیه کنید.



- سطح شیب‌دار ← مقاومت: تپه‌ها هنگام پایین آمدن به میخ‌ها برخورد می‌کنند و بخشی از انرژی پتانسیل گرانشی خود را به گرما (و صوت) تبدیل می‌کنند؛ همچون حامل‌های بار که در برخورد با اتم‌های مقاومت انرژی خود را از دست می‌دهند و پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد (افت پتانسیل، IR).
- دست (شخصی که تپه‌ها را بالا می‌برد) ← باتری (نیروی محرکه): کار انجام می‌دهد و تپه‌ها را از پایین به بالای سطح بازمی‌گرداند؛ همچون باتری که به هر بار الکتریکی انرژی می‌دهد و آن را از پایانه با پتانسیل کم به پایانه با پتانسیل زیاد می‌برد. $(\mathcal{E} = \Delta W / \Delta q)$
- ارتفاع ← اختلاف پتانسیل؛ شارش تپه‌ها (تعداد در ثانیه) ← جریان الکتریکی؛ مسیر بسته ← مدار بسته. در حالت پایا، انرژی داده‌شده توسط دست (باتری) برابر انرژی تلف‌شده در برخورد با میخ‌ها (مقاومت) است؛ این همان پایستگی انرژی و قاعده حلقه است.

اختلاف پتانسیل دو سر باتری خودروهای سواری برابر ۱۲ ولت است. اگر هشت باتری قلمی ۱/۵ ولتی را به طور متوالی به یکدیگر وصل کنیم، اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه آنها نیز برابر ۱۲ ولت می‌شود. توضیح دهید چرا در خودروها به جای باتری خودرو از هشت باتری قلمی استفاده نمی‌شود.

- نیروی محرکه هشت باتری متوالی $12\text{ V} = 8 \times 1.5$ می‌شود، ولی راه‌اندازی موتور استارت خودرو به جریان بسیار زیاد (صدها آمپر) نیاز دارد. باتری‌های قلمی:
- مقاومت درونی بزرگ (حدود چند دهم تا یک اهم برای هر کدام) دارند؛ مقاومت درونی مجموعه‌ی متوالی $r = r_1 + \dots + r_8$ جمع می‌شود و افت ولتاژ Ir در آنها بسیار زیاد می‌شود، به طوری که ولتاژ مفید دو سر موتور بسیار کم می‌شود و جریان کافی نمی‌گذرد؛
- ظرفیت (آمپر - ساعت) بسیار کمی دارند (حدود ۱ تا ۲ Ah در برابر ۵۰ Ah یا بیشتر) و در جریان زیاد به سرعت تخلیه یا داغ می‌شوند.

باتری خودرو مقاومت درونی بسیار کوچک (حدود چند میلی‌اُهم) و ظرفیت بالا دارد و می‌تواند جریان‌های بزرگ را بدون افت ولتاژ قابل‌توجه فراهم کند.

مسئله

صفحه ۸۰

۳۱

یک باتری را در نظر بگیرید که وقتی به مدار بسته نیست اختلاف پتانسیل دو سرش برابر ۱۲.۰V است. وقتی یک مقاومت 10.0Ω به این باتری بسته شود، اختلاف پتانسیل دو سر باتری به ۱۰.۹V کاهش می‌یابد. مقاومت داخلی باتری چقدر است؟

وقتی مدار باز است: $\mathcal{E} = 12.0\text{ V}$ با بسته شدن مقاومت $V = 10.9\text{ V}$; $R = 10.0\Omega$; پس جریان:

$$I = V / R = 10.9\text{ V} \div 10.0\Omega = 1.09\text{ A}$$

$$V = \mathcal{E} - Ir \Rightarrow r = (\mathcal{E} - V) / I = (12.0 - 10.9)\text{ V} \div 1.09\text{ A} \approx 1.0\Omega$$

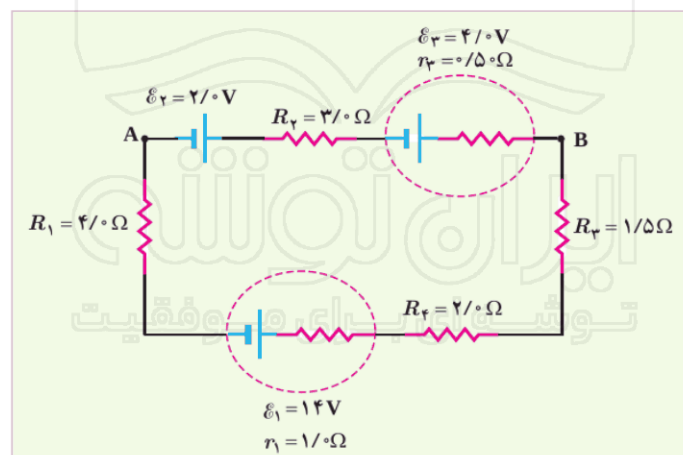
مقاومت داخلی باتری $1.0\Omega \approx$ است.

مسئله

صفحه ۸۰

۳۲

در مدار شکل زیر جریان در مدار و اختلاف پتانسیل بین دو نقطه A و B ($V_B - V_A$) را محاسبه کنید.



از شکل: $R_4, R_3 = 1.5\Omega, R_2 = 3.0\Omega, R_1 = 4.0\Omega, \mathcal{E}_3 = 4.0\text{ V} (r_3 = 0.50\Omega), \mathcal{E}_2 = 2.0\text{ V}, \mathcal{E}_1 = 14\text{ V} (r_1 = 1.0\Omega)$. پایانه مثبت هر سه باتری (خط بلندتر) سمت راست آنهاست.

جهت ساعت‌گرد را در نظر می‌گیریم. در بالا (از A به B) باتری‌های $\mathcal{E}_2$ و $\mathcal{E}_3$ از پایانه منفی به مثبت پیموده می‌شوند ($+$ و $+$) و در پایین (از راست به چپ) باتری $\mathcal{E}_1$ از مثبت به منفی ($-$). مجموع $\mathcal{E} = 2.0 + 4.0 - 14$ (-14). علامت منفی یعنی جریان پادساعت‌گرد است ($\mathcal{E}_1$ غالب است).

$$\text{قاعده حلقه (پادساعت‌گرد): } 14 - 2.0 - 4.0 - I(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + r_1 + r_3) = 0$$

به A) $I = 8.0 \text{ V} \div (4.0 + 3.0 + 1.5 + 2.0 + 1.0 + 0.50) \Omega = 8.0 \div 12 \approx 0.67 \text{ A}$ (پادساعت‌گرد: در شاخهٔ بالا از B به

$V_B - V_A$ از A به B در شاخهٔ بالا حرکت می‌کنیم (خلاف جهت جریان، پس افت‌ها به صورت افزایش‌اند):

$$V_B - V_A = \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + I(R_2 + r_3) = 2.0 + 4.0 + (0.667)(3.0 + 0.50) = 6.0 + 2.33 \approx 8.3 \text{ V}$$

(راستی‌آزمایی از مسیر پایین: $-IR_1 - IR_4 + \varepsilon_1 - Ir_1 - IR_3 = -2.67 - 1.33 + 14 - 0.67 - 1.0 = 8.33 \text{ V} \checkmark$)

$$V_B - V_A \approx 8.3 \text{ V. و } I \approx 0.67 \text{ A}$$

مسئله

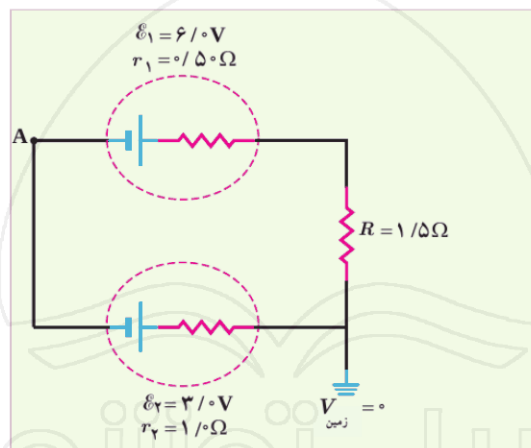
صفحه ۸۰

۳۳

در شکل زیر

الف) اختلاف پتانسیل دو سر منابع نیروی محرکه را بدست آورید.

ب) پتانسیل نقطه A را تعیین کنید.



از شکل: $R = 1.5 \Omega$ ، $\varepsilon_2 = 3.0 \text{ V}$ ($r_2 = 1.0 \Omega$)، $\varepsilon_1 = 6.0 \text{ V}$ ($r_1 = 0.50 \Omega$)؛ پایانه مثبت هر دو باتری سمت راست است. مدار یک حلقه است: $A \leftarrow \varepsilon_1 \leftarrow R \leftarrow \varepsilon_2 \leftarrow A$ (زمین). ε_1 باتری ε_2 را از A به سمت R می‌راند و ε_2 در خلاف جهت آن قرار دارد.

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 - I(r_1 + R + r_2) = 0 \Rightarrow I = (6.0 - 3.0) \div (0.50 + 1.5 + 1.0) = 3.0 \div 3.0 = 1.0 \text{ A}$$

$$\Delta V_1 = \varepsilon_1 - Ir_1 = 6.0 - (1.0)(0.50) = 5.5 \text{ V}$$

الف) ε_1 (جریان از پایانه مثبت خارج می‌شود):

$$\Delta V_2 = \varepsilon_2 + Ir_2 = 3.0 + (1.0)(1.0) = 4.0 \text{ V}$$

ب) پتانسیل زمین صفر است. در شاخهٔ پایین، $V_{\text{زمین}} = 0$ ؛ بنابراین $V_A = 0 - 4.0 = -4.0 \text{ V}$.

(راستی‌آزمایی: $V_R = IR = 1.5 \text{ V}$ بالای R نسبت به زمین؛ $V_A = 1.5 - 5.5 = -4.0 \text{ V} \checkmark$)

دو لامپ رشته‌ای در اختیار داریم که جنس و طول رشته آنها یکسان است، ولی رشته لامپ B ضخیم‌تر از رشته لامپ A است. وقتی لامپ‌ها به ولتاژ یکسانی وصل شوند، کدام لامپ پرنورتر خواهد بود و چرا؟

$R = \rho L/A$ با ρ و L یکسان، رشته ضخیم‌تر سطح مقطع بزرگ‌تر و مقاومت کمتری دارد؛ پس $R_B < R_A$.

توان مصرفی در ولتاژ یکسان $P = V^2/R$ است؛ پس $P_B > P_A$.

لامپ B (با رشته ضخیم‌تر) پرنورتر است؛ چون مقاومت کمتر، جریان و توان مصرفی بیشتری دارد.

بر روی وسیله‌های الکتریکی، اعداد مربوط به ولتاژ و توان نوشته می‌شود. برای دو وسیله زیر، الف) سیم‌های اتصال به برق آنها باید بتواند حداقل چه جریانی را از خود عبور دهد؟ ب) مقاومت الکتریکی هر وسیله در حالت روشن چقدر است؟



از شکل: اتو برقی ۲۲۰ V، ۸۵۰ W و کتری برقی ۲۲۰ V، ۲۴۰۰ W. از $P = IV$ و $P = V^2/R$:

وسيله	الف) $I = P/V$	ب) $R = V^2/P$
اتو برقی	$850 \div 220 \approx 3.9 \text{ A}$	$(220)^2 \div 850 \approx 57 \Omega$
کتری برقی	$2400 \div 220 \approx 10.9 \text{ A}$	$(220)^2 \div 2400 \approx 20 \Omega$

بنابراین سیم اتو باید دست‌کم ۳.۹ A و سیم کتری دست‌کم ۱۰.۹ A (حدود ۱۱ آمپر) را تحمل کند.

لامپ یک چراغ قوه معمولی با ولتاژ ۲.۹۷V کار می‌کند و در این حالت توان مصرفی آن ۰.۸۷W می‌شود. اگر مقاومت رشته تنگستنی این لامپ در دمای اتاق (۲۰°C) برابر ۱.۱Ω باشد، دمای این رشته وقتی که لامپ روشن است، چقدر می‌شود؟

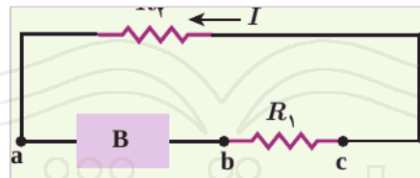
$$R = V^2/P = (2.97)^2 \div 0.87 \approx 10.1 \Omega \text{ : مقاومت در حالت روشن}$$

$$R = R_0[1 + \alpha(T - T_0)] \text{ : از ۲۲-}: \alpha = 4.5 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1} \text{ (جدول)}$$

$$10.1 = 1.1[1 + 4.5 \times 10^{-3}(T - 20)] \Rightarrow T - 20 = (9.22 - 1) \div 4.5 \times 10^{-3} \approx 1.83 \times 10^3$$

$$T \approx 1.85 \times 10^3 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (حدود } 1850 \text{ درجه سلسیوس)}$$

شکل زیر جریان را در یک مدار تک حلقه‌ای با باتری B و مقاومت‌های R_1 و R_2 (و سیم‌هایی با مقاومت ناچیز) نشان می‌دهد. الف) علامت پایانه‌های باتری B را مشخص کنید. در نقاط a، b و c، بزرگی جریان، پتانسیل الکتریکی و ت) انرژی پتانسیل الکتریکی حامل‌های بار مثبت را به گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.



جریان در شاخه بالا از راست به چپ است؛ پس در مدار پادساعت‌گرد است و از باتری از نقطه a به سمت نقطه b می‌گذرد، سپس از b به c از R_1 و از c از بالا از R_2 به a برمی‌گردد.

الف) درون باتری جریان از پایانه منفی به مثبت می‌رود؛ جریان از a وارد و از b خارج می‌شود. پس پایانه a منفی (-) و پایانه b مثبت (+) است.

ب) مدار تک حلقه‌ای است و در همه نقطه‌ها جریان یکسان است: $I_a = I_b = I_c$.

پ) جریان در مقاومت‌ها از پتانسیل بیشتر به کمتر است: b (پایانه مثبت)، سپس با گذشتن از R_1 به c و بعد

با گذشتن از R_2 به a. بنابراین $V_b > V_c > V_a$.

ت) $U = qV$ و q مثبت است؛ پس ترتیب انرژی پتانسیل همان ترتیب پتانسیل است: $U_b > U_c > U_a$.

تلویزیون و یکی از لامپ‌های خانه خود را در نظر بگیرید و فرض کنید که هرکدام روزی ۸ ساعت با اختلاف پتانسیل ۲۲۰ ولت روشن باشد.

الف) انرژی الکتریکی مصرفی هرکدام در یک دوره یک ماهه (۳۰ روز) چند kWh است؟ (توان مصرفی هر وسیله را از روی آن بخوانید.)

ب) بهای برق مصرفی هر کدام از قرار هر کیلووات ساعت ۵۰ تومان در یک دوره یک ماهه چقدر می‌شود؟

پ) اگر در شهر شما هر خانه یک لامپ ۱۰۰ وات اضافی را به مدت ۳ ساعت در شب روشن کند، در طول یک ماه تقریباً چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی اضافی مصرف می‌شود؟

فرض (نمونه): توان تلویزیون روی برچسب ۱۰۰ W و توان لامپ ۶۰ W. انرژی $U = Pt$.

$$U = (0.100 \text{ kW})(8 \text{ h} \times 30) = 0.100 \times 240 = 24 \text{ kWh} \quad \text{الف) تلویزیون:}$$

$$U = (0.060 \text{ kW})(240 \text{ h}) = 14.4 \text{ kWh} \quad \text{لامپ:}$$

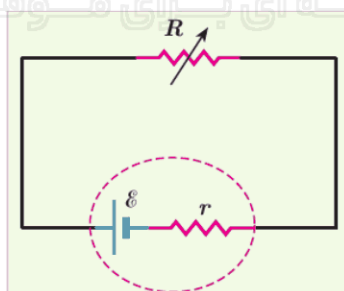
ب) تلویزیون: $24 \text{ kWh} \times 50 = 1200$ تومان؛ لامپ: $14.4 \times 50 = 720$ تومان.

پ) برای هر خانه: $U = (0.100 \text{ kW})(3 \text{ h} \times 30) = 9.0 \text{ kWh}$. اگر شهر مثلاً ۱ میلیون خانه داشته باشد: $9.0 \times 10^6 \text{ kWh}$ (حدود ۹ میلیون کیلووات ساعت) انرژی اضافی در ماه مصرف می‌شود.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

در شکل زیر، الف) نیروی محرکه منبع را و مقاومت داخلی آن که توان خروجی آن به ازای $I_1 = 5.00 \text{ A}$ برابر 9.50 W و به ازای $I_2 = 7.00 \text{ A}$ برابر 12.6 W است، محاسبه کنید.

ب) نمودار اختلاف پتانسیل دو سر باتری برحسب جریان گذرنده از آن را رسم کنید.



$$\text{الف) } P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^2 =$$

$$(1) \quad 9.50 = \varepsilon(5.00) - r(25.0) \quad \text{و} \quad (2) \quad 12.6 = \varepsilon(7.00) - r(49.0)$$

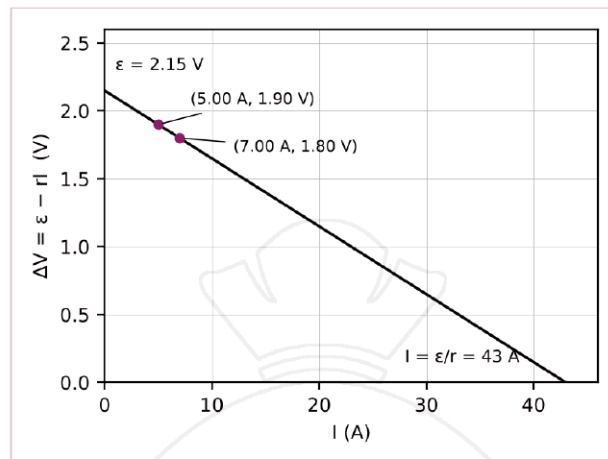
$$\text{از} \quad 5.00r. \quad + \quad 1.90 \quad = \quad \varepsilon \quad (1): \quad \text{جایگزینی} \quad \text{در}$$

$$(2): \quad 12.6 = 7.00(1.90 + 5.00r) - 49.0r = 13.3 - 14.0r \Rightarrow r = 0.050 \, \Omega$$

$$\varepsilon = 1.90 + 5.00(0.050) = 2.15 \text{ V}$$

$$r = 0.050 \, \Omega \text{ و } \varepsilon = 2.15 \text{ V}$$

ب) اختلاف پتانسیل دو سر باتری $\Delta V = \varepsilon - rI = 2.15 - 0.050 I$ است؛ نمودار یک خط راست با عرض از مبدأ 2.15 V و شیب $-r = -0.050 \text{ V/A}$ است (در $I = \varepsilon/r = 43 \text{ A}$ به صفر می‌رسد). مثلاً $\Delta V = 1.90 \text{ V}$ به ازای 5.00 A و 1.80 V به ازای 7.00 A .



مسئله

صفحه ۸۱

۴۰

به نظر شما چرا چراغ‌های خودرو (چراغ‌های جلو، عقب و ...)، به طور موازی بسته می‌شوند؟

در اتصال موازی دو سر هر چراغ مستقیماً به دو پایانه باتری (۱۲ ولت) وصل است و همه ولتاژ کامل را دریافت می‌کنند؛ پس هر چراغ با توان و روشنایی مشخص خودش کار می‌کند. همچنین هر چراغ مسیر مستقل دارد و با کلید جداگانه روشن و خاموش می‌شود و سوختن یا قطع یکی از چراغ‌ها باعث خاموش شدن بقیه نمی‌شود (در اتصال متوالی با قطع یکی، جریان در همه قطع می‌شد و ولتاژ ۱۲ V بین چراغ‌ها تقسیم می‌شد).

مسئله

صفحه ۸۱

۴۱

مقاومت یک آمپرسنج برای اندازه‌گیری جریان در یک مدار باید چگونه باشد تا جریان اندازه‌گیری شده توسط آمپرسنج با جریان قبل از قرار دادن آمپرسنج، نزدیک به هم باشد؟

آمپرسنج به صورت متوالی در مدار قرار می‌گیرد و مقاومت معادل مدار را به اندازه R_A افزایش می‌دهد: $I' = \varepsilon / (R_{eq} + R_A + r)$. برای آنکه I' تقریباً برابر $I = \varepsilon / (R_{eq} + r)$ بماند، باید R_A در برابر مقاومت مدار بسیار کوچک باشد.

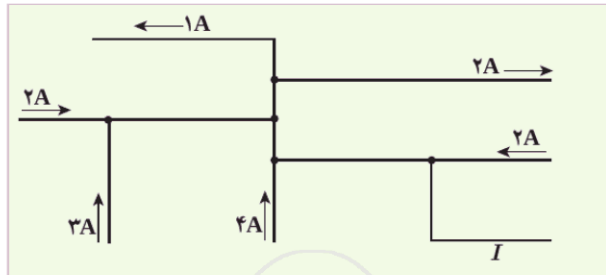
مقاومت آمپرسنج باید بسیار کوچک (در حالت آرمانی صفر) و ناچیز نسبت به مقاومت‌های مدار باشد.

مسئله

صفحه ۸۱

۴۲

شکل زیر بخشی از یک مدار را نشان می‌دهد. بزرگی و جهت جریان I در سیم پایین سمت راست چیست؟



قاعدهٔ انشعاب را برای کل بخش مدار به کار می‌بریم: مجموع جریان‌های واردشونده برابر مجموع جریان‌های خارج‌شونده است.

○ واردشونده: $2A$ (از چپ) $+ 3A$ (از پایین، سمت چپ) $+ 4A$ (از پایین، وسط) $+ 2A$ (از راست، رو به چپ) $= 11A$

○ خارج‌شونده: $1A$ (بالا، رو به چپ) $+ 2A$ (بالا، رو به راست) $+ I$

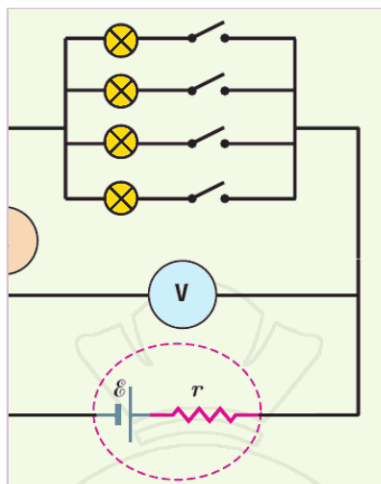
$$11 = 1 + 2 + I \Rightarrow I = 8A$$

(با بررسی گره‌ها: از گرهٔ بالایی $2A$ به راست و $1A$ به چپ خارج می‌شود؛ گرهٔ میانی و گرهٔ پایینی نشان می‌دهد $6A$ از وسط به سمت راست می‌رود و در گرهٔ سمت راست با $2A$ ورودی جمع می‌شود.)

$I = 8A$ و جهت آن به سمت راست (خروج از مدار) است.

ایران توئین
توشه ای برای موفقیت

در شکل زیر، تعدادی لامپ مشابه به طور موازی به هم متصل شده‌اند و هر لامپ با کلیدی همراه است. بررسی کنید که با بستن کلیدها یکی پس از دیگری، عده‌هایی که آمپرسنج و ولت سنج نشان می‌دهند، چه تغییری می‌کند؟



- با بستن هر کلید، یک لامپ دیگر به طور موازی به مدار اضافه می‌شود؛ مقاومت معادل لامپ‌ها $(1/R_{eq} = \Sigma)$ کاهش می‌یابد و مقاومت کل مدار $(R_{eq} + r)$ کمتر می‌شود.
- آمپرسنج (جریان کل): $I = \varepsilon / (R_{eq} + r)$ افزایش می‌یابد.
 - ولت سنج (اختلاف پتانسیل دو سر باتری): $V = \varepsilon - Ir$ چون جریان بیشتر می‌شود، افت پتانسیل Ir در مقاومت درونی باتری بیشتر و عدد ولت سنج کمی کاهش می‌یابد.
- (اگر باتری آرمانی بود، $r = 0$ و عدد ولت سنج تغییر نمی‌کرد.)

دو لامپ با مقاومت مساوی R را یک بار به طور متوالی و بار دیگر به طور موازی به هم می‌بندیم و آنها را هر بار به ولتاژ V وصل می‌کنیم. نسبت توان مصرف شده در حالت موازی به توان مصرف شده در حالت متوالی چقدر است؟

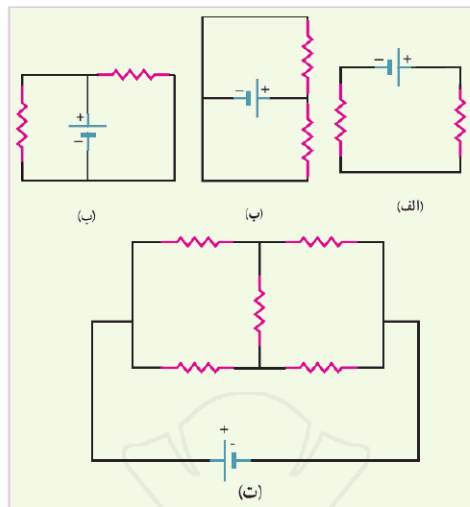
$$\text{متوالی: } R_s = 2R \Rightarrow P_s = V^2 / (2R)$$

$$\text{موازی: } R_p = R/2 \Rightarrow P_p = V^2 / (R/2) = 2V^2 / R$$

$$P_p / P_s = (2V^2 / R) \div (V^2 / 2R) = 4$$

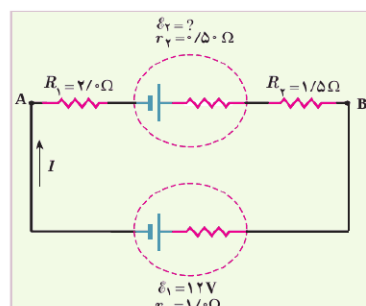
نسبت توان در حالت موازی به توان در حالت متوالی برابر ۴ است.

در شکل‌های صفحه بعد، آیا مقاومت‌ها به طور متوالی بسته شده‌اند یا موازی و یا هیچ کدام؟



- شکل (الف): مقاومت‌ها در یک حلقه ساده پشت سر هم قرار دارند و جریان یکسانی از هر دو می‌گذرد ← متوالی.
- شکل (ب): دو مقاومت یک سرشان به یک گره (پایانه راست باتری) و سر دیگرشان به سیم سمت چپ (پایانه چپ باتری) وصل است؛ ولتاژ دو سر هر دو یکسان است ← موازی.
- شکل (پ): هر دو مقاومت (سمت چپ و بالا-راست) مستقیماً به دو سر باتری وصل‌اند و ولتاژ یکسان دارند ← موازی.
- شکل (ت): پنج مقاومت به صورت پل (چهار مقاومت کناری و یک مقاومت وسط) بسته شده‌اند؛ هیچ دو مقاومتی دقیقاً متوالی یا موازی نیستند ← هیچ کدام (نه متوالی و نه موازی؛ ترکیب پیچیده‌تر).

در مدار شکل زیر جریان در جهت نشان داده شده $1.2A$ است. الف) نیروی محرکه $\mathcal{E}_2$ و $V_A - V_B$ چقدر است؟ ب) انرژی مصرف شده در R_1 و R_2 در مدت $5/0$ ثانیه چقدر است؟



از شکل: $R_1 = 2.0 \Omega$, $R_2 = 1.5 \Omega$, $r_2 = 0.50 \Omega$, $\epsilon_1 = 12 \text{ V}$, $r_1 = 1.0 \Omega$ جریان ساعت گرد است؛ پایانه مثبت هر دو باتری سمت راست است. در بالا (در جهت جریان) از ϵ_2 به + عبور می‌کنیم ($+\epsilon_2$) و در پایین، ϵ_1 از + به - پیموده می‌شود. ($-\epsilon_1$)

الف) قاعده حلقه (در جهت جریان): $\epsilon_2 - \epsilon_1 - I(R_1 + r_2 + R_2 + r_1) = 0$

$$\epsilon_2 = 12 + (1.2)(2.0 + 0.50 + 1.5 + 1.0) = 12 + 6.0 = 18 \text{ V}$$

$$V_B - V_A = -IR_1 + \epsilon_2 - Ir_2 - IR_2 = -2.4 + 18 - 0.6 - 1.8 = 13.2 \text{ V} \text{ در شاخه بالا: } V_A - V_B:$$

$$V_A - V_B = -\epsilon_1 - Ir_1 = -12 - 1.2 = -13.2 \text{ V} \checkmark \text{ (راستی آزمایی از مسیر پایین)}$$

$V_A - V_B = -13.2 \text{ V}$ و $\epsilon_2 = 18 \text{ V}$ (یعنی نقطه B به اندازه 13.2 V پتانسیل بیشتری دارد).

$$U_1 = R_1 I^2 t = (2.0)(1.2)^2(5.0) = 14.4 \text{ J} \text{ (ب)}$$

$$U_2 = R_2 I^2 t = (1.5)(1.2)^2(5.0) = 10.8 \text{ J} \text{ (انرژی کل } \approx 25.2 \text{ J)}$$

مسئله

صفحه ۸۲

۴۷

سه مقاومت مشابه ۱۲ اهمی را یک بار به طور متوالی و بار دیگر به طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و به اختلاف پتانسیل ۱۲ ولت وصل می‌کنیم. در هر بار، چه جریانی از هر مقاومت می‌گذرد؟

حالت متوالی: $R_{eq} = 3 \times 12 = 36 \Omega \Rightarrow I = V / R_{eq} = 12 / 36 \approx 0.33 \text{ A}$ ؛ این جریان یکسان از هر سه مقاومت می‌گذرد.

حالت موازی: ولتاژ دو سر هر مقاومت ۱۲ V است؛ $I = V / R = 12 / 12 = 1.0 \text{ A}$ ؛ از هر مقاومت (جریان کل ۳.۰ A).

متوالی: 0.33 A از هر مقاومت؛ موازی: 1.0 A از هر مقاومت.

مسئله

صفحه ۸۲

۴۸

دو مقاومت موازی ۶/۰ اهمی و ۱۲ اهمی به طور متوالی به یک مقاومت ۲/۰ اهمی وصل شده است. اکنون، مجموعه مقاومت‌ها را به دو سر یک باتری آرمانی ۳۶ ولتی می‌بندیم. توان مصرفی در مقاومت ۶/۰ اهمی را محاسبه کنید.

$$R_p = (6.0 \times 12) / (6.0 + 12) = 4.0 \Omega \text{ دو مقاومت موازی:}$$

$$R_{eq} = 4.0 + 2.0 = 6.0 \Omega \Rightarrow I = 36 / 6.0 = 6.0 \text{ A} \text{ (متوالی با)}$$

$$V_p = I R_p = (6.0)(4.0) = 24 \text{ V} \text{ ولتاژ دو سر ترکیب موازی:}$$

$$P = V_p^2 / R = (24)^2 \div 6.0 = 96 \text{ W}$$

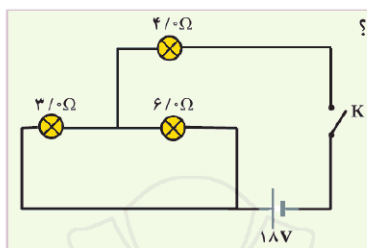
توان مصرفی در مقاومت ۶/۰ اهمی برابر 96 W است.

مسئله

صفحه ۸۲

۴۹

در شکل زیر، وقتی کلید بسته شود چه جریانی از هر لامپ رشته‌ای می‌گذرد؟



از شکل: لامپ 4.0 Ω (بالا) با کلید و باتری 18 V متوالی است؛ دو لامپ 3.0 Ω و 6.0 Ω با هم موازی‌اند و این ترکیب با لامپ 4.0 Ω متوالی است.

$$R_p = (3.0 \times 6.0) \div (3.0 + 6.0) = 2.0 \Omega \Rightarrow R_{eq} = 4.0 + 2.0 = 6.0 \Omega$$

$$\text{جریان کل (و جریان لامپ } 4.0 \Omega): I = 18 \text{ V} \div 6.0 \Omega = 3.0 \text{ A}$$

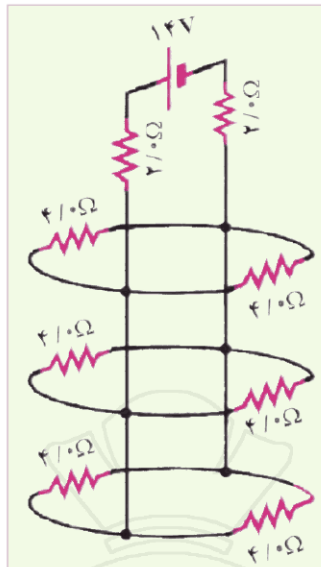
$$\text{ولتاژ دو سر ترکیب موازی: } V = (3.0 \text{ A})(2.0 \Omega) = 6.0 \text{ V؛ بنابراین } I_3 = 6.0 \div 3.0 = 2.0 \text{ A و } I_6 = 6.0 \div 6.0 = 1.0 \text{ A}$$

A.

لامپ 3.0 A: 4.0 Ω؛ لامپ 2.0 A: 3.0 Ω؛ لامپ 1.0 A: 6.0 Ω

ایران توئشه
توشه‌ای برای موفقیت

جریانی که از منبع نیروی محرکه آرمانی و هر یک از مقاومت‌های شکل زیر می‌گذرد، چقدر است؟



در شکل، دو سیم قائم (چپ و راست) از پایین به باتری 14 V (از طریق مقاومت‌های 2.0Ω می‌رسند. هر یک از سه حلقه (دایره‌ای) دو سیم قائم را با یک تکه سیم بدون مقاومت به هم وصل کرده است، و هر مقاومت 4.0Ω دو سرش روی یک سیم قائم (هم‌پتانسیل) قرار دارد.

○ هر مقاومت 4.0Ω بین دو نقطه از یک سیم رسانا (بدون مقاومت) قرار دارد؛ اختلاف پتانسیل دو سر آن صفر است $\leftarrow$ جریان صفر (اتصال کوتاه شده‌اند).

○ دو سیم قائم با سیم‌های افقی حلقه‌ها به هم وصل‌اند $\leftarrow$ فقط دو مقاومت 2.0Ω در مدار مؤثرند و با هم متوالی‌اند.

$$R_{eq} = 2.0 + 2.0 = 4.0 \Omega \Rightarrow I = \mathcal{E} / R_{eq} = 14 \text{ V} \div 4.0 \Omega = 3.5 \text{ A}$$

جریان باتری و هر یک از دو مقاومت 2.0Ω برابر 3.5 A است؛ از هر یک از مقاومت‌های 4.0Ω جریانی نمی‌گذرد. (0 A)

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

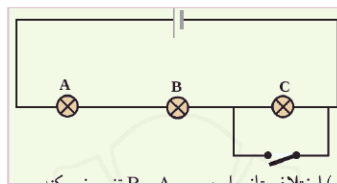
لامپ‌های A، B و C در شکل زیر همگی یکسان‌اند. با بستن کلید، کدام یک از تغییرات زیر در اختلاف پتانسیل رخ می‌دهد؟ (ممکن است بیش از یک پاسخ درست باشد).

الف) اختلاف پتانسیل دو سر A و B تغییر نمی‌کند.

ب) اختلاف پتانسیل دو سر C به اندازه ۵۰٪ کاهش می‌یابد.

پ) هر یک از اختلاف پتانسیل‌های دو سر A و B به اندازه ۵۰٪ افزایش می‌یابد.

ت) اختلاف پتانسیل دو سر C به صفر کاهش می‌یابد.



- سه لامپ همسان (R) متوالی‌اند؛ پیش از بستن کلید: $I = \epsilon/3R$ و $V_A = V_B = V_C = \epsilon/3$. با بستن کلید، لامپ C اتصال کوتاه می‌شود: $R_{eq} = 2R$ ، $I' = \epsilon/2R$ و $V_A' = V_B' = \epsilon/2$ و $V_C' = 0$.
- الف) نادرست است؛ V_A از $\epsilon/3$ به $\epsilon/2$ تغییر می‌کند.
 - ب) نادرست است؛ V_C به اندازه ۱۰۰٪ کم می‌شود (نه ۵۰٪).
 - پ) درست است؛ $1.5 = (\epsilon/2) \div (\epsilon/3)$ ، یعنی ۵۰٪ افزایش برای هر یک از V_A و V_B .
 - ت) درست است؛ دو سر C با سیم کلید به هم وصل شده است.

پاسخ: گزینه‌های (پ) و (ت).

در سیم‌کشی منازل، همه مصرف‌کننده‌ها به‌طور موازی متصل می‌شوند. یک اتوی ۱۱۰۰W، یک نان برشته‌کن (توستر) ۱۸۰۰W، پنج لامپ رشته‌ای ۱۰۰W و یک بخاری ۱۱۰۰W به یک مدار سیم‌کشی خانگی ۲۲۰V که فیوز آن حداکثر می‌تواند جریان ۱۵A را تحمل کند وصل شده‌اند. آیا این ترکیب مصرف‌کننده‌ها باعث پریدن این فیوز می‌شود یا خیر؟

مصرف‌کننده‌ها موازی‌اند؛ جریان کل برابر مجموع جریان‌ها یا $I_{P_کل} = P_{کل} / V$ است. $P_{کل} = 1100 + 1800 + 5 \times 100 + 1100 = 4500 \text{ W}$

$I = P / V = 4500 \text{ W} \div 220 \text{ V} \approx 20.5 \text{ A}$ ؛ چون $20.5 \text{ A} > 15 \text{ A}$ است، فیوز می‌پرد.