فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

جریان الکتریکی ـ مقاومت الکتریکی و قانون اهم ۱
عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی، انواع مقاومت‌ها و کدگذاری ۵
نیروی محرکه الکتریکی و مدار ها – مدار تک حلقه ای و افت پتانسیل در مقاومت ۸
توان و انرژی ۱۱
توان در مدار های الکتریکی – توان مصرفی مقاومت ها ۱۱
توان منبع نیروی محرکه‌ی واقعی ۱۳
ترکیب مقاومت ها – به هم بستن متوالی – به هم بستن موازی یا ترکیبی ۱۵

فصل دوم : جریان الکتریکی و مدار های جریان مستقیم

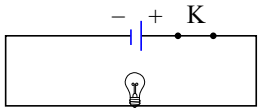
جریان الکتریکی ـ مقاومت الکتریکی و قانون اهم

۱ جریانی به شدت $۵A$ به مدت ۴ دقیقه در یک مقاومت الکتریکی برقرار می‌شود. آسان

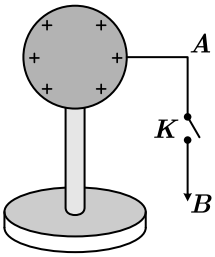
الف) در این مدت چند کولن بار الکتریکی از مقاومت می‌گذرد؟

ب) تعداد الکترون‌های عبوری از مقاومت چقدر می‌باشد؟ $\left(e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹} C\right)$

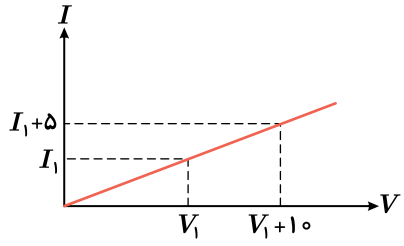
۲ در مدار شکل زیر اختلاف پتانسیل دو سر لامپ $۴٫۰V$ و مقاومت آن $۵٫۰\Omega$ است. در مدت ۵ دقیقه چه تعداد الکترون از لامپ می‌گذرد؟ متوسط



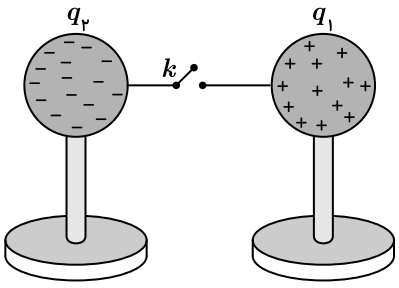
۳ بار الکتریکی کرهٔ رسانا در شکل مقابل، $۰٫۵C$ است. با بستن کلید، در مدت $۰٫۰۲s$ بار کُره تخلیه می‌شود. شدت جریان متوسط در سیم AB را محاسبه کنید و جهت آن را مشخص کنید. آسان



۴ در نمودار $I - V$ شکل مقابل، مقاومت رسانای اهمی، چند اهم است؟ متوسط

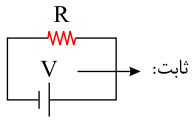


۵ دو کرهٔ رسانای فلزی کاملاً مشابه، اولی دارای بار $q_۱ = ۸\mu C$ و دومی دارای بار $q_۲ = -۱۰\mu C$ بر روی پایه‌های عایقی قرار دارند. این دو کره را با بستن کلید توسط سیم فلزی با مقاومت R به یکدیگر وصل می‌کنیم و $۰٫۰۰۱s$ طول می‌کشد تا دو کره هم‌پتانسیل شوند. جریان متوسطی که در این مدت از سیم می‌گذرد، چقدر است؟ متوسط



۶ معادلهٔ بار الکتریکی عبوری از مقطع یک رسانا در SI به‌صورت $q = ۴t^۲ + ۱$ است. شدت جریان متوسط در بازهٔ زمانی $t_۱ = ۰s$ تا $t_۲ = ۲s$ چند آمپر است؟ متوسط

۷ در شکل زیر در هر ثانیه $۱٫۴ \times ۱۰^{۱۹}$ الکترون از مقاومت R عبور می‌کند. اگر مقاومت R برداشته شود و به جای آن مقاومتی به بزرگی $۳R$ جایگزین شود، چند الکترون در هر ثانیه از آن عبور می‌کند؟ $\left(e = ۱٫۶ \times ۱۰^{-۱۹}\ C\right)$ متوسط



۸ یک باتری $۶۰Ah$ چند ساعت می‌تواند جریان $۵A$ را از خود عبور دهد. در چنین حالتی چند کولن بار جابه‌جا شده است؟ آسان

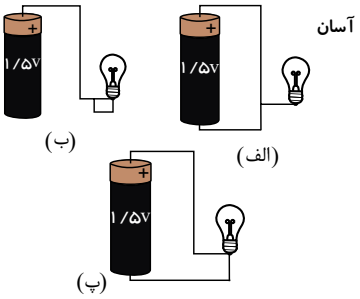
۹ روی باتری یک اتومبیل اعداد $۷۵Ah$ و $۱۲V$ نوشته شده است. آسان

الف) عدد $۷۵Ah$ به چه معنی است؟

ب) برای استارت اتومبیل جریان $۲۰۰A$ مورد نیاز است. به نظر شما این باتری چه مدت می‌تواند بطور مداوم استارت بزند؟

۱۰ فرض کنید از هر مقطع یک مدار در مدت زمان $۵۰\ s$ مقدار $۲۵۰\ C$ بار الکتریکی عبور کند. با فرض ثابت بودن آهنگ عبور بار، جریان متوسط را محاسبه کنید. آسان

۱۱ در کدام یک از شکل‌های زیر، لامپ روشن می شود؟ آسان



۱۲ در جاهای خالی عبارت مناسب بنویسید:

الف) اگر در تمام بازه‌های زمانی شدت جریان متوسط ثابت بماند، جریان را ..... می‌نامند. آسان

ب) نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به شدت جریانی که از آن می‌گذرد، ..... رسانا نامیده می‌شود.

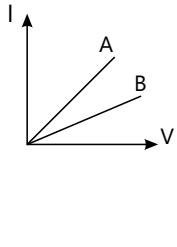
پ) اگر جریانی از مولّد نگذرد، اختلاف پتانسیل دو سر مولّد با ..... مولّد برابر است.

ت) مقاومت معادل در به هم پیوستن مقاومت‌ها به طور ..... ، برابر مجموع مقاومت‌ها است.

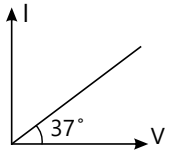
۱۳ اگر در دمای ثابت جریان عبورکننده از یک مقاومت دو برابر شود مقاومت الکتریکی و ولتاژ دو سر مقاومت چگونه تغییر می‌کنند؟ آسان

۱۴ اگر فرض کنیم سرعت سوق الکترون‌ها در یک رسانا $۱\ \frac{mm}{s}$ باشد، به نظر شما با بسته شدن کلیدی که از لامپ $۲m$ فاصله دارد، چقدر طول می‌کشد تا لامپ روشن شود؟ سرعت سوق در پاسخ شما چه تأثیری دارد؟ آسان

۱۵ الف) شکل مقابل نمودار $I - V$ دو رسانای A و B را نشان می‌دهد با محاسبه نشان دهید که مقاومت الکتریکی کدامیک بیشتر است؟ متوسط



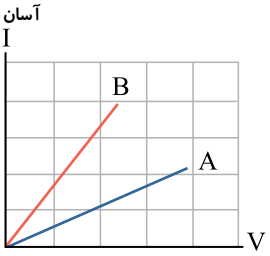
ب) در شکل مقابل اگر شدت جریان $۳A$ از مقاومت مربوطه بگذرد، ولتاژ دو سر آن چقدر است؟



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

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

آسان



۱۸ در آزمایش تحقیق قانون اهم، نتایج جدول زیر به دست آمده است.

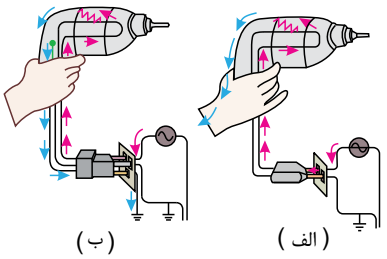
متوسط

شماره آزمایش	عدد ولت سنج (V)	عدد آمپرسنج (A)
۱	صفر	صفر
۲	۱٫۶	۰٫۱۶
۳	۴٫۴	۰٫۴۳
۴	۷٫۰	۰٫۶۸
۵	۹٫۰	۰٫۷۲
۶	۱۰٫۰	۰٫۷۵

نمودار ولتاژ برحسب جریان را رسم کنید و با فرض ثابت ماندن دما تعیین کنید در چه محدوده‌ای رفتار این مقاومت از قانون اهم پیروی می‌کند.

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

متوسط



۲۰ جاهای خالی را با عبارت‌های مناسب پر کنید:

الف) در حضور میدان الکتریکی بر اثر نیروی الکتریکی وارد از طرف میدان بر الکترون‌های آزاد، الکترون‌ها در ..... میدان الکتریکی شارش می‌کنند.

آسان

ب) آمپر ساعت یکای ..... است.

پ) برای استفاده از رئوستا ابتدا آن را با ..... مقدار مقاومت در مدار قرار می‌دهند.

ت) هرگاه چند مقاومت به طور موازی به هم بسته شوند، مقاومت معادل آن‌ها از هر یک از مقاومت‌های موجود در مدار ..... است.

۲۱ شارش بار الکتریکی در هر مقطع رسانا را هنگام اعمال میدان الکتریکی در دو سر رسانا و موقع عدم حضور میدان مقایسه کنید.

متوسط

۲۲ در جملهٔ زیر، گزینهٔ درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

آسان

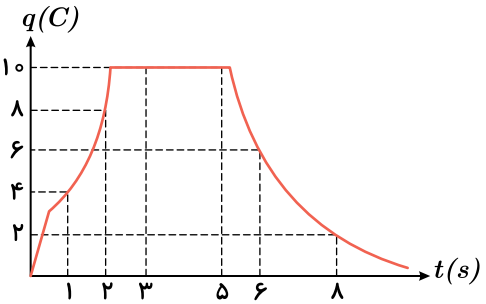
الف آمپر ساعت، یکای (بارالکتریکی - جریان الکتریکی) می‌باشد.

آسان

۲۳ نمودار مقدار بار کل عبوری از سطح مقطعی مشخص برحسب زمان به‌صورت مقابل است.

جریان متوسط در بازه‌های زمانی زیر را به دست آورید:

متوسط



الف $t_1 = 1s$ تا $t_2 = 2s$

متوسط

ب $t_۳ = ۳s$ تا $t_۴ = ۵s$ متوسط

پ $t_۵ = ۶s$ تا $t_۶ = ۸s$ متوسط

۲۴ در جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید. متوسط

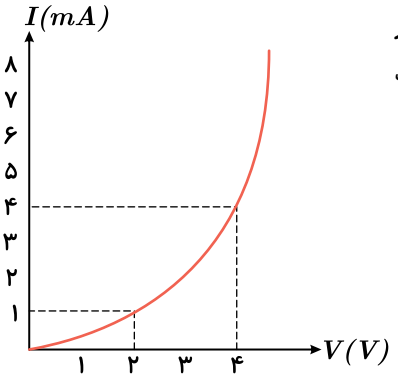
الف آمپرساعت، یکای (جریان الکتریکی - بار الکتریکی) است. آسان

ب در سیم حامل جریان، حرکت کاتوره‌ای الکترون‌ها با سرعت متوسطی به نام سرعتِ سوق در (جهت - خلاف جهت) میدان الکتریکی انجام می‌شود. آسان

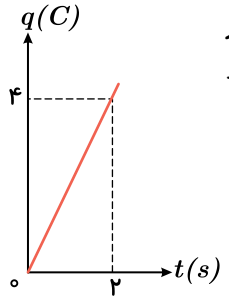
۲۵ درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را با واژه‌های «درست» یا «نادرست» مشخص کنید. آسان

الف همهٔ بارهای محرک، جریان الکتریکی ایجاد می‌کنند. آسان

۲۶ با توجه به شکل روبه‌رو که جریان برحسب ولتاژ را برای یک دیود نوری نشان می‌دهد، مقاومت در اختلاف پتانسیل $۴V$ چند برابر مقاومت در اختلاف پتانسیل $۲V$ است؟ سخت

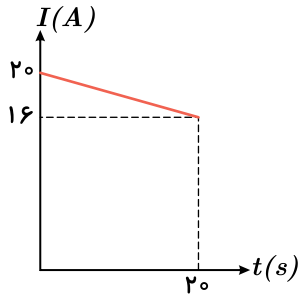


۲۷ شکل روبه‌رو، نمودار بار کل عبوری از سطح مقطعی مشخص را نمایش می‌دهد. جریان متوسط عبوری از سطح مقطع در بازهٔ $t_۱ = ۱s$ تا $t_۲ = ۴s$ چند آمپر است؟ متوسط



۲۸ سرعت سوق چیست؟ آسان

۲۹ نمودار جریان عبوری از مقطع یک سیم برحسب زمان، مطابق شکل روبه‌رو است. طی $۲۰s$، چند آمپر - ساعت بار از مقطع این سیم عبور می‌کند؟ متوسط



۳۰ اگر یک باتری ۴۰۰ میلی‌آمپر - ساعتی، با جریان یکنواخت $۲A$ یک لامپ را روشن کند. پس از چند دقیقه لامپ خاموش می‌شود؟ متوسط

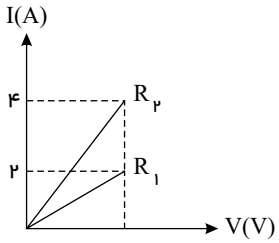
۳۱ در رابطهٔ $\Delta q = I(\Delta t)$ اگر I برحسب آمپر و Δt برحسب ساعت باشد، یکای Δq، آمپر - ساعت می‌شود. باتری خودروها با آمپر - ساعت (Ah) و باتری گوشی‌های همراه با میلی‌آمپر - ساعت (mAh) مشخص می‌شود. هرچه آمپر - ساعتِ یک باتری بیشتر باشد حداکثر باری که باتری می‌تواند از مدار عبور دهد تا به‌طور ایمن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

الف) باتری استاندارد خودرویی، $۵۰Ah$ است. اگر این باتری جریان متوسط $۵٫۰A$ را فراهم سازد، چقدر طول می‌کشد تا خالی شود؟

ب) روی یک باتری قلمی مقدار $۱۰۰۰mAh$ نوشته شده است. اگر این باتری جریان متوسط $۱۰۰\mu A$ را فراهم سازد، چه مدت طول می‌کشد تا خالی شود؟

۳۲ سرعت سوق الکترون‌های آزاد در یک رسانا می‌تواند به کندیِ سرعت حرکت یک حلزون باشد. اگر سرعت سوق الکترون‌ها این‌قدر کم است، پس چرا وقتی کلید برق را می‌زنیم چراغ‌های خانه به سرعت روشن می‌شوند؟ (راهنمایی: شیلنگ شفافی 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 لکهٔ رنگی به آهستگی در آب حرکت می‌کند.) متوسط

۳۳ نمودار تغییرات جریان برحسب تغییرات ولتاژ دو مقاومت R_1 و R_2 مطابق شکل روی یک دستگاه مختصات رسم شده است. نسبت $\frac{R_1}{R_2}$ چقدر است؟ متوسط



عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی، انواع مقاومت‌ها و کدگذاری

۳۴ مقاومت یک سیم فلزی به طول $2m$ و قطر $4mm$ برابر 2Ω است. آسان

الف) مقاومت ویژهٔ فلز را تعیین کنید.

ب) شعاع همین طول از سیم مذکور چقدر باشد تا مقاومت آن برابر یک اهم شود؟

۳۵ یک سیم مسی با مقاومت ویژهٔ $1/7 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot m$ دارای طول $10m$ و مساحت سطح مقطع $1mm^2$ است. متوسط

الف) مقاومت الکتریکی این سیم چقدر است؟

ب) اگر این سیم را از وسط نصف کنیم و دو قطعه را کنار هم قرار دهیم مقاومت مجموعه به‌دست آمده چقدر خواهد شد؟

۳۶ در نقشهٔ مفهومی زیر به جای حروف (الف)، (ب) و (پ) عبارت مناسب بنویسید: متوسط

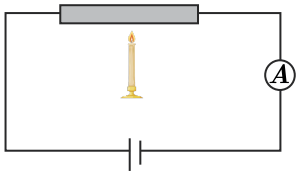
عامل‌های مؤثر بر رساناهای فلزی در دمای ثابت		
طول رسانا	(ب)	سطح مقطع رسانا
نوع نسبت	نوع نسبت	نوع نسبت
(الف)	مستقیم	(پ)

۳۷ دو رسانای فلزی از یک ماده ساخته شده‌اند و طول یکسانی دارند. رسانای A سیم توپری به قطر $1/0\ mm$ است. رسانای B لوله‌ای توخالی به شعاع خارجی $2/0\ mm$ و شعاع داخلی $1/0\ mm$ است. مقاومت رسانای A چند برابر مقاومت رسانای B است؟ متوسط

۳۸ در جملهٔ زیر گزینهٔ درست را از داخل پرانتز انتخاب کرده و در پاسخ‌برگ بنویسید. آسان

الف در نیم‌رساناها، افزایش دما سبب (کاهش - افزایش) مقاومت ویژهٔ آن‌ها می‌شود. آسان

۳۹ در مدار روبه‌رو توسط شمع به میله حرارت می‌دهیم، در نتیجه عدد آمپرسنج افزایش می‌یابد، با ذکر دلیل رسانا یا نیم‌رسانا بودن میله را تعیین کنید.



سخت

۴۰ الف) نیم‌رساناها با تغییر دما چه رفتاری از خود نشان می‌دهند؟

ب) به نظر شما چرا وسایلی مانند بُرد اصلی کامپیوترها که از نیم‌رساناها ساخته شده‌اند هنگام کار کردن نیاز به فن برای خنک شدن دارند؟ متوسط

۴۱ یک سیم فلزی به طول $1m$ و قطر $4mm$ و مقاومت ویژهٔ $2\pi \times 10^{-5}\ \Omega \cdot m$ مفروض است. اگر دو سر این سیم را به ولتاژ $20V$ وصل کنیم در هر دقیقه چه مقدار بار و چه تعداد الکترون از هر مقطع آن عبور می‌کند؟ آسان

۴۲ در ماشین‌های چمن‌زنی برقی برای مسافت‌های حداکثر تا $۳۵\,m$ از سیم‌های مسی نمرهٔ ۲۰ (قطر $۰/۰۸\,cm$) و برای مسافت‌های طولانی‌تر از سیم‌های ضخیم‌تر نمرهٔ ۱۶ (قطر $۰/۱۳cm$) استفاده می‌کنند تا بدین ترتیب مقاومت سیم را تا آنجا که ممکن است کوچک نگه دارند. متوسط

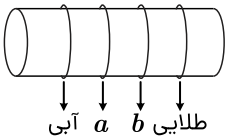
الف) مقاومت یک سیم ۳۰ متری ماشین چمن‌زنی چقدر است؟

ب) مقاومت یک سیم ۷۰ متری ماشین چمن‌زنی چقدر است؟

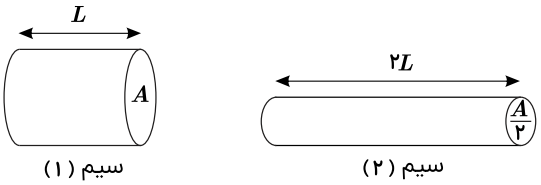
(دمای سیم‌ها را $۲۰^\circ C$ در نظر بگیرید و $\rho = ۱/۷ \times ۱۰^{-۸}\,\Omega \cdot m$)

۴۳ الف) مقاومت قطعه کربنی زیر $۱۰^{۴} \times ۶۵$ اهم است. باتوجه به کدهای رنگی در جدول زیر، رنگ حلقه‌های a و b را تعیین کنید. آسان

رنگ	آبی	سبز	زرد	نارنجی
کد	۶	۵	۴	۳



ب) شکل زیر، دو سیم مسی استوانه‌ای را در یک دما نشان می‌دهد. سطح مقطع سیم (۲) نصف سیم (۱) و طول آن دو برابر سیم (۱) است. نسبت مقاومت سیم (۲) به مقاومت سیم (۱) چقدر است؟



۴۴ دو سیم رسانا از جنس نقره و آلیاژ کرم و نیکل در دمای ثابت با سطح مقطع یکسان وجود دارند. اگر در دمای ثابت، مقاومت دو سیم با هم برابر باشد، کدام یک، طول بیشتری دارد؟ چرا؟

آلیاژ کرم و نیکل $\rho = ۱۰۰ \times ۱۰^{-۸}\Omega m$ نقره $\rho = ۱/۵۹ \times ۱۰^{-۸}\Omega m$ متوسط

۴۵ با وسایل زیر آزمایشی طراحی کنید که نشان دهد مقاومت رسانای اهمی در دمای ثابت به جنس رسانا بستگی دارد. (شکل مدار - شرح) متوسط

وسایل: منبع تغذیه - سیم رابط - سیم‌هایی از جنس تنگستن و نیکروم با طول و سطح مقطع مشخص و یکسان - آمپرسنج - ولت‌سنج - کلید

۴۶ درستی یا نادرستی جملهٔ زیر را تعیین کنید. آسان

الف) رئوستا یک مقاومت ترکیبی است. آسان

۴۷ در جمله‌های زیر کلمهٔ مناسب را از پرانتز انتخاب نموده و در پاسخ‌برگ بنویسید. متوسط

الف) با ثابت نگه‌داشتن دما و طول یک سیم رسانای اهمی، اگر شعاع مقطع آن $\sqrt{۲}$ برابر شود، مقاومتش (دو برابر - نصف) می‌شود. متوسط

۴۸ درستی یا نادرستی هر یک از جمله‌های زیر را تعیین کنید: آسان

الف) وقتی میدان الکتریکی را به فلز اعمال می‌کنیم، الکترون‌ها به‌طور بسیار آهسته‌ای در جهت میدان الکتریکی سوق پیدا می‌کنند. آسان

ب) از رئوستا به منظور تنظیم شدت جریان در مدار استفاده می‌شود. آسان

پ) مقاومت لامپ روشن، به کمک اهم‌سنج قابل اندازه‌گیری است. آسان

۴۹ کلمهٔ مناسب را از داخل پرانتز انتخاب کنید. آسان

الف) مقاومت الکتریکی یک رسانا، با طول آن نسبت (وارون / مستقیم) دارد. آسان

ب) آمپرسنج غیر ایده‌آل، همواره عددی (کمتر / بیشتر) از جریان واقعی مدار را نشان می‌دهد. آسان

پ) مناسب‌ترین ولت‌سنج برای اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل به مدار، ولت‌سنجی است که مقاومت آن (کم / زیاد) باشد. آسان

۵۰ درست یا نادرست بودن هریک از موارد زیر را مشخص نمایید. آسان

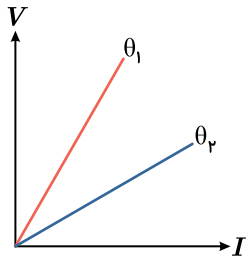
الف) سرعت سوق الکترون‌های آزاد درون رسانا هم‌جهت با میدان الکتریکی است. آسان

ب) مقاومت ویژهٔ ابررساناها در دمای پایین به صفر می‌رسد. آسان

پ) اختلاف پتانسیل پایانه‌های یک منبع آرمانی برابر با نیروی محرکهٔ الکتریکی آن است. آسان

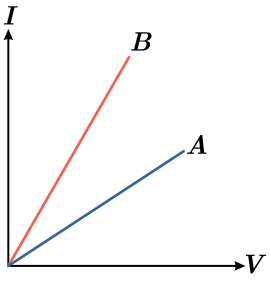
۵۱ شکل روبه‌رو نمودار $V-I$ را برای یک رسانا در دو دمای θ_1 و θ_2 نشان می‌دهد. با ذکر دلیل معلوم کنید کدام یک از دماها بیشتر است؟

متوسط



۵۲ شکل روبه‌رو، نمودار $I-V$ را برای دو رسانای A و B نشان می‌دهد. اگر طول و جنس این دو رسانا یکسان باشند، با ذکر دلیل توضیح دهید سطح مقطع کدام رسانا بزرگ‌تر است؟

متوسط

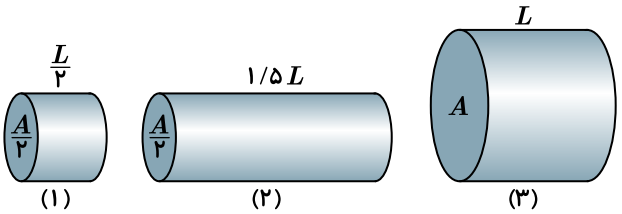


۵۳ نمودار $V-I$ (در یک دمای معین) برای دو رسانای مسی A و B که دارای طول‌های یکسان هستند، داده شده است. با ذکر دلیل معین کنید کدام‌یک از رساناها سطح مقطع بزرگ‌تری دارند؟

متوسط

۵۴ شکل روبه‌رو سه رسانای فولادی استوانه‌ای را نشان می‌دهد. با توجه به طول و مساحت مقطع، این رساناها را برحسب جریانی که با اعمال اختلاف پتانسیل V یکسانی به دو سر آنها ایجاد می‌شود، به گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.

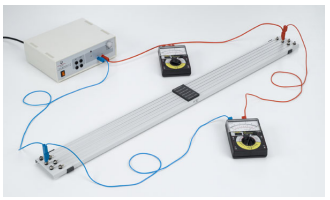
متوسط



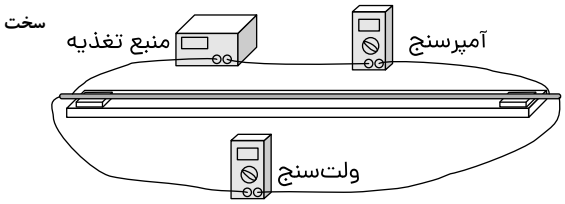
۵۵ دو رسانا از یک ماده ساخته شده‌اند و طول یکسانی دارند. رسانای A سیم توپری به قطر $۲۰mm$ است. رسانای B لوله‌ای توخالی به شعاع خارجی $۴mm$ و شعاع داخلی $۲mm$ است. مقاومت دو سر رسانای A چند برابر مقاومت دو سر رسانای B است؟

متوسط

۵۶ 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.



الف) اسباب آزمایش اندازه‌گیری مقاومت یک سیم رسانا



ب) طرحی از مدار این آزمایش

۱ – قطعهٔ 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 جدولی 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 جنس یکی از آنها کنستانتان و دیگری نیکروم است و نتایج خود را یادداشت کنید. از این فعالیت چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۵۷ سیم‌کشی خانه‌ها معمولاً با سیم‌های مسی‌ای صورت می‌گیرد که قطری برابر با $۲/۰۳۲mm$ دارد. مقاومت $۱۰۰m$ از این سیم‌ها در دمای اتاق چقدر است؟ $(\rho_{\text{مس}} = ۱/۷ \times ۱۰^{-۸}\Omega \cdot m)$

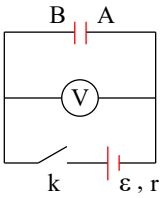
متوسط

۵۸ طول سیم مسی هم‌دمای A دو برابر طول سیم مسی B و قطر سیم A، $\frac{\sqrt{۲}}{۲}$ برابر سیم B است. در این صورت، نسبت $\frac{R_A}{R_B}$ چقدر است؟

۵۹ طول و سطح مقطع رسانای A دو برابر طول و سطح مقطع رسانای B است. اگر جنس و دمای هر دو یکسان باشد، مقاومت A چند برابر مقاومت B است؟ متوسط

نیروی محرکه الکتریکی و مدار ها – مدار تک حلقه ای و افت پتانسیل در مقاومت

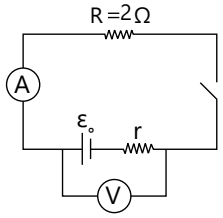
۶۰ در مدار شکل زیر، پس از بسته شدن کلید k: (ولت‌سنج ایده‌آل است.) سخت



الف) عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد را با اندازهٔ نیروی محرکهٔ مولد، مقایسه کنید.

ب) با قرار دادن دی‌الکتریک با ضریب κ بین دو صفحهٔ خازن، ظرفیت خازن و میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن چگونه تغییر می‌کنند؟

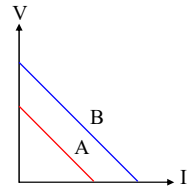
۶۱ در مدار شکل مقابل اگر کلید باز باشد ولت‌سنج عدد $6V$ را نشان می‌دهد و اگر کلید بسته شود آمپر سنج $2A$ را نشان می‌دهد. متوسط



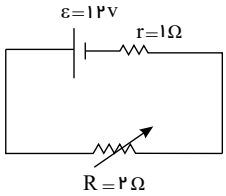
الف) مقاومت درونی مولد چقدر است؟

ب) پس از بستن کلید، ولت‌سنج چه عددی را نشان می‌دهد؟

۶۲ نمودار تغییرات ولتاژ دو سر مولدهای A و B برحسب جریان، مطابق شکل مقابل است، نیروی محرکه و مقاومت درونی دو مولد را با هم مقایسه کنید. (دو خط A و B موازی هستند.) متوسط



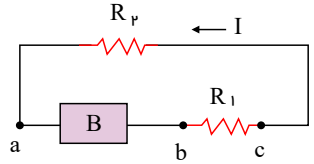
۶۳ در مدار مقابل: الف) جریان عبوری از مقاومت R چقدر است؟ متوسط



ب) اختلاف پتانسیل دو سر مولد را به‌دست آورید.

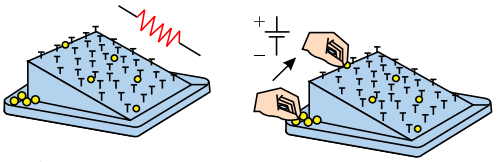
ج) با فرض آن که مقاومت متغیر را در مقادیر مختلف تغییر دهیم، نمودار $V-I$ را برای مولد رسم کنید.

۶۴ شکل زیر جریان I را در یک مدار تک‌حلقه‌ای با باتری B و مقاومت‌های R_1 و R_2 (و سیم‌هایی با مقاومت ناچیز) نشان می‌دهد. متوسط



الف) قطب‌های پایانه‌های B را مشخص کنید. در نقاط a، b و c، ب) بزرگی جریان، پ) پتانسیل الکتریکی و ت) انرژی پتانسیل الکتریکی حامل‌های بار مثبت را به گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.

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



۶۶ درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را تعیین کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید. آسان

الف) وقتی باتری اتومبیل فرسوده می‌شود مقاومت درونی آن افزایش می‌یابد. آسان

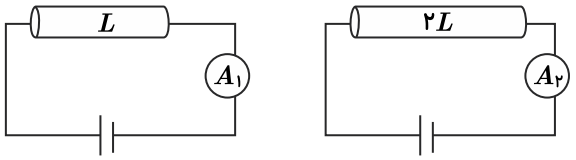
۶۷ درستی یا نادرستی جملهٔ زیر را تعیین کنید و در پاسخ‌برگ بنویسید. آسان

الف هرگاه از مولد جریان عبور نکند، اختلاف پتانسیل دو سر آن، کمتر از نیروی محرکه مولد است. متوسط

ب وقتی دو مقاومت به طور موازی به هم وصل می‌شوند، نسبت شدت جریان‌های آن‌ها به نسبت وارون مقاومت‌ها است. متوسط

۶۸ مداری طراحی کنید و توضیح دهید چگونه می‌توان مقاومت داخلی یک باتری را به دست آورد. متوسط

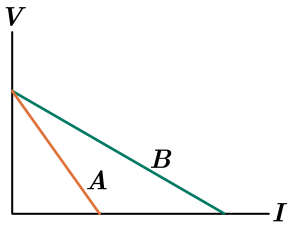
۶۹ مطابق شکل دو قطعه سیم هم‌جنس و هم‌دما با طول‌های متفاوت و سطح مقطع یکسان، به دو باتری مشابه وصل کرده‌ایم. سخت



الف) کدام آمپرسنج عدد بیشتری را نشان می‌دهد؟ چرا؟

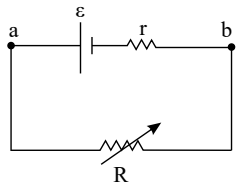
ب) این آزمایش برای بررسی چه موضوعی طراحی شده است؟

۷۰ شکل مقابل نمودار $V-I$ دو باتری فرسوده و نو را نشان می‌دهد. کدام‌یک مربوط به باتری نو و کدام‌یک مربوط به باتری فرسوده است؟ سخت



۷۱ آزمایشی برای اندازه‌گیری مقاومت داخلی باتری طراحی نمایید. سخت

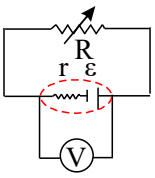
۷۲ در مدار مقابل با تغییر مقاومت متغیر جریان مدار نمودار $V-I$ را رسم کنید و توضیح دهید محل برخورد نمودار با محور I چه جریانی را نشان می‌دهد؟ سخت



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

۷۴ یک باتری را در نظر بگیرید که وقتی به مدار بسته نیست پتانسیل دو سرش برابر $۱۲٫۰V$ است. وقتی یک مقاومت $۱۰٫۰\Omega$ به این باتری بسته شود، اختلاف پتانسیل دو سر باتری به $۱۰٫۹V$ کاهش می‌یابد. مقاومت داخلی باتری چقدر است؟ متوسط

۷۵ در مدار روبه‌رو، اگر مقاومت متغیر R را افزایش دهیم، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد چه تغییری می‌کند؟ (با ذکر دلیل) متوسط



۷۶ به سؤالات زیر پاسخ کوتاه دهید.

الف تفاوت یک باتری نو و فرسوده در چیست؟ آسان

ب جریان الکتریکی متوسط را تعریف کنید. آسان

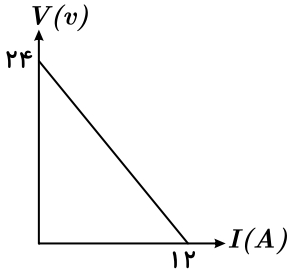
۷۷ درستی یا نادرستی عبارت‌های زیر را تعیین کنید. آسان

الف سرعت سوق در یک رسانای فلزی معمولاً از مرتبهٔ $۱۰^{-۴}\ \frac{m}{s}$ یا $۱۰^{-۵}\ \frac{m}{s}$ است. آسان

ب با افزایش جریان عبوری از باتری، نیروی محرکهٔ الکتریکی آن کاهش می‌یابد. آسان

پ قاعدهٔ حلقه چیزی به جز پایستگی بار الکتریکی نیست. آسان

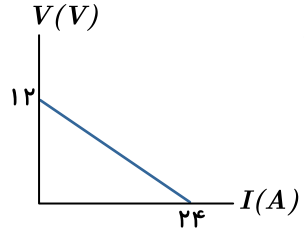
۷۸ شکل روبه‌رو نمودار اختلاف پتانسیل دو سر یک مولد برحسب جریان گذرنده از آن را نشان می‌دهد. متوسط



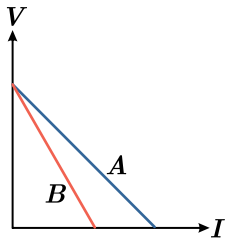
الف مقاومت درونی این مولد چند اهم است؟ متوسط

ب اگر یک مقاومت $R = ۱۰\Omega$ را به دو سر این مولد وصل کنیم، توان مصرفی مقاومت چند وات می‌شود؟ سخت

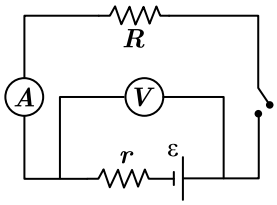
۷۹ نمودار تغییرات ولتاژ نسبت به جریان یک مولد، مطابق شکل است. نیروی محرکه و مقاومت درونی مولد چقدر است؟ متوسط



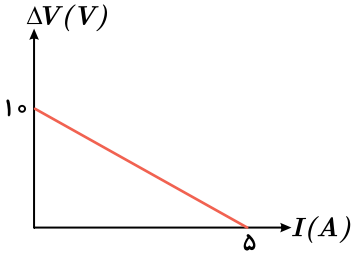
۸۰ شکل روبه‌رو تغییرات ولتاژ دو سر مولد برحسب شدت جریان را برای دو مولد A و B نشان می‌دهد. یک مورد شباهت و یک مورد تفاوت برای دو مولد بنویسید. متوسط



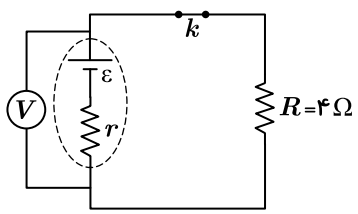
۸۱ در یک آزمایش مداری مطابق شکل بسته می‌شود. هنگامی که کلید باز است، ولت‌سنج عدد $۹V$ را نشان می‌دهد و زمانی که کلید بسته است. مقادیری که توسط ولت‌سنج و آمپرسنج خوانده می‌شود، به‌ترتیب $۸V$ و $۱A$ است. مقاومت درونی این باتری چند اهم است؟ متوسط



۸۲ نمودار روبه‌رو، نمودار اختلاف پتانسیل دو سر یک باتری است. اختلاف پتانسیل دو سر این باتری زمانی که جریان $۲A$ است، چقدر است؟ متوسط

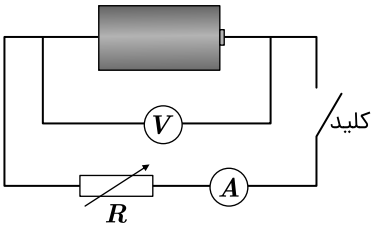


۸۳ در شکل روبه‌رو اگر کلید باز باشد، ولت‌سنج $۱۰V$ را نشان می‌دهد و اگر بسته باشد، $۸V$ را نشان می‌دهد. مقاومت درونی منبع چند اهم است؟ متوسط



۸۴ نیروی محرکهٔ مولدی آرمانی برابر $۱۲V$ است. برای اینکه این مولد $۴\mu C$ را در مدار شارش دهد، چند ژول کار باید روی آن انجام دهد؟ آسان

۸۵ تفاوت یک باتری نو و فرسوده عمدتاً در مقدار مقاومت داخلی آن است که می‌تواند کمتر از یک اُهم برای باتری نو تا چند هزار اُهم برای 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 را سوار کنید. نخست درحالی که 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.



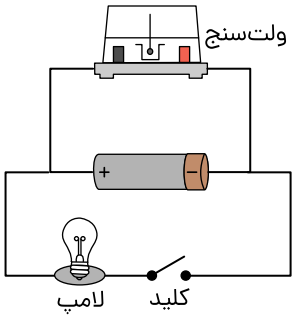
متوسط

همچنین در این حالت، جریان عبوری از مدار را نیز باید به کمک یک آمپرسنج اندازه بگیرید. اکنون با استفاده از رابطهٔ $V = \varepsilon - I_r$ 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.

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

آسان

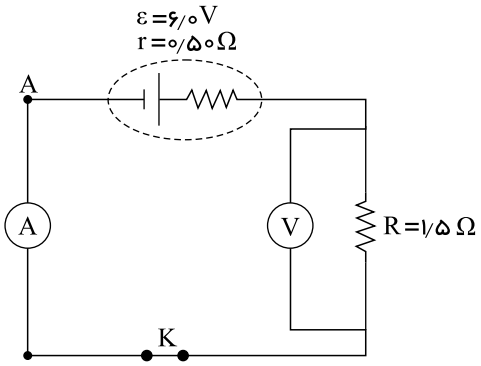
۸۷ به کمک یک باتری، سیم‌های رابط، لامپ کوچک، ولت‌سنج و کلید، مداری همانند شکل روبه‌رو درست کنید. قبل از بستن کلید عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. سپس کلید را ببندید و دوباره عددی را که ولت‌سنج نشان می‌دهد بخوانید. در کدام حالت ولت‌سنج عدد بزرگ‌تری را نشان می‌دهد؟ چرا؟



متوسط

۸۸ در شکل زیر آمپرسنج و ولت‌سنج چه عددهایی را نشان می‌دهند؟

متوسط



توان و انرژی — توان در مدار های الکتریکی - توان مصرفی مقاومت ها

۸۹ روی یک لامپ اعداد $۱۰۰W$ و $۲۲۰V$ نوشته شده است. اگر این لامپ را به ولتاژ $۱۱۰V$ متصل کنیم توان مصرفی این لامپ چند وات خواهد شد؟ (از افزایش مقاومت به ازای افزایش دما صرف نظر کنید)

متوسط

۹۰ بر روی وسیله‌های الکتریکی، اعداد مربوط به ولتاژ و توان نوشته می‌شود. برای دو وسیلهٔ 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؟

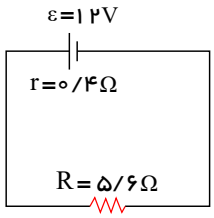
متوسط

اتوی برقی، ۲۲۰V، ۸۵۰W

کتری برقی، ۲۲۰V، ۲۴۰۰W

۹۱ توان تولیدی در کل مدار شکل مقابل چند وات است؟

آسان



۹۲ مقاومت یک سیم گرمکن بخاری ۱۰۰Ω و شدت جریان عبوری از آن $۱۲A$ است. در مدت $۲۰min$ چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی در آن مصرف می‌شود؟ متوسط

۹۳ روی یک کتری برقی دو عدد $۲۲۰V$ و $۲٫۲KW$ نوشته شده است. آن را به اختلاف پتانسیل $۲۲۰V$ متصل می‌کنیم. متوسط

الف) مقاومت الکتریکی این کتری چند اهم است؟

ب) اگر قیمت هر کیلووات ساعت برق مصرفی ۱۰۰ تومان باشد بهای برق مصرفی این کتری در مدت ۱٫۵ ساعت چقدر است؟

۹۴ می‌خواهیم دمای یک لیتر آب را توسط سیم پلاتینی که داخل آن قرار دارد در مدت ۷ دقیقه از $۲۰^\circ C$ به $۶۰^\circ C$ برسانیم اگر اختلاف پتانسیل بین دو سر آن $۱۰۰V$ باشد و تغییر مقاومت بر اثر تغییر دما ناچیز باشد: سخت

الف) طول سیم چقدر است؟

ب) چه مقدار بار الکتریکی از مدار عبور می‌کند؟ (سطح مقطع سیم ۰٫۸ میلی‌متر مربع و مقاومت ویژهٔ آن $۱۰^{-۷}\Omega\cdot m$ است. $c_{آب}=۴۲۰۰\frac{J}{kg^\circ C}$)

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

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

ب) بهای برق مصرفی هر کدام از قرار هر کیلووات ساعت ۵۰ تومان در یک دورهٔ 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؟

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

۹۷ آذرخش مثالی جالب از جریان الکتریکی در پدیده‌های طبیعی است. در یک آذرخش نوعی $۱٫۰\times۱۰^۹J$ انرژی تحت اختلاف پتانسیل $۵٫۰\times۱۰^۷V$ در بازهٔ زمانی $۰٫۲۰s$ آزاد می‌شود. با استفاده از این اطلاعات متوسط

الف) مقدار بار کل منتقل‌شده بین ابر و زمین، ب) جریان متوسط در یک یورش آذرخش و پ) توان الکتریکی آزاد شده در $۰٫۲۰s$ را به دست آورید.

۹۸ در جمله‌های زیر، جاهای خالی را با کلمه یا عبارت مناسب کامل کنید. متوسط

الف عامل شارش بار الکتریکی بین دو نقطه، وجود ..... بین آن دو نقطه است. آسان

ب شیب نمودار جریان برحسب اختلاف پتانسیل برای یک رسانای اهمی، بیانگر ..... است. آسان

پ در آزمایشگاه برای اندازه‌گیری مقاومت لامپ خاموش از ..... استفاده می‌کنند. آسان

۹۹ روی یک لامپ روشنایی، دو عبارت $۲۲۰V$ و $۱۰۰W$ ثبت شده است. متوسط

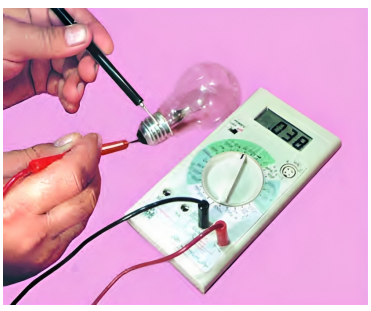
الف اگر این لامپ را به اختلاف پتانسیل $۲۲۰V$ وصل کنیم، چه شدت جریانی از لامپ می‌گذرد؟ متوسط

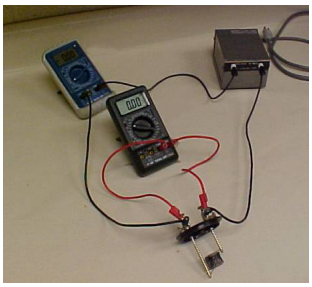
ب اگر این لامپ ۱۰۰۰ ساعت روشن باشد، چند کیلووات ساعت انرژی مصرف می‌کند؟ متوسط

پ اگر بهای برق مصرفی به‌ازای هر کیلووات ساعت، ۵۰ تومان باشد، هزینهٔ برق مصرفی در این ۱۰۰۰ ساعت چقدر است؟ متوسط

۱۰۰ در دو سر یک سیم نیکروم (آلیاژ کروم و نیکل) به طول $۲m$ و سطح مقطع $۰٫۲mm^۲$، اختلاف پتانسیل $۲۰۰V$ برقرار کرده‌ایم. در مدت $۲۰min$، چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی در این سیم مصرف می‌شود؟ (مقاومت ویژه نیکروم $۱۰^{-۶}\Omega\cdot m$ است.) سخت

۱۰۱ همانند شکل با یک اهم متر، مقاومت رشتهٔ سیم داخل لامپ ۱۰۰ واتی را اندازه‌گیری کنید. سپس با استفاده از رابطهٔ $P_{مصرفی}=\frac{V^۲}{R}$ و با داشتن مشخصات روی لامپ، مقاومت آن را در حالت روشن محاسبه کنید. نتیجهٔ محاسبه را با مقدار اندازه‌گیری شده مقایسه کنید. متوسط

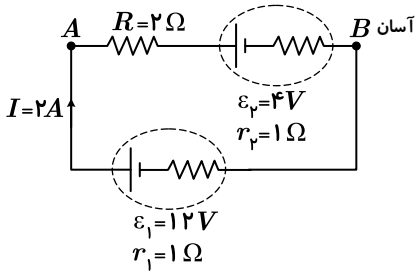




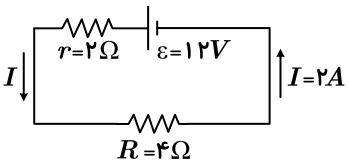
۱۰۲ قانون ژول بیان می‌دارد گرمای تولیدشده توسط جریان I عبوری از یک مقاومت R در مدت زمان t برابر با $RI^{۲}t$ است. این قانون را می‌توان به روش گرماسنجی با یک گرماسنج که در فیزیک دهم با آن آشنا شدید تحقیق کرد. اسباب این آزمایش در شکل نشان داده شده است. دربارهٔ چگونگی این آزمایش تحقیق کنید. متوسط

توان منبع نیروی محرکه‌ی واقعی

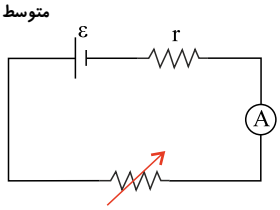
۱۰۳ با توجه به جهت جریان در مدار شکل مقابل، توان تلف‌شده در باتری $\varepsilon_{۱}$ را حساب کنید. آسان



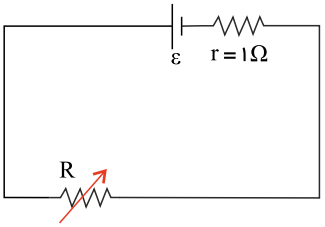
۱۰۴ برای مدار شکل داده‌شده، توان خروجی باتری و توان مصرفی در مقاومت را محاسبه کنید. متوسط



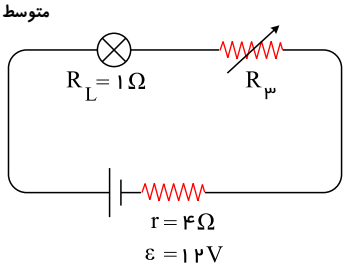
۱۰۵ در شکل روبه‌رو با تغییر مقاومت رئوستا، جریان را از $۴A$ به $۳A$ می‌رسانیم. توان خروجی باتری $۲W$ افزایش و توان تلف‌شده در داخل باتری $۱۴W$ کاهش می‌یابد. نیروی محرکهٔ مولد چند ولت است؟ متوسط



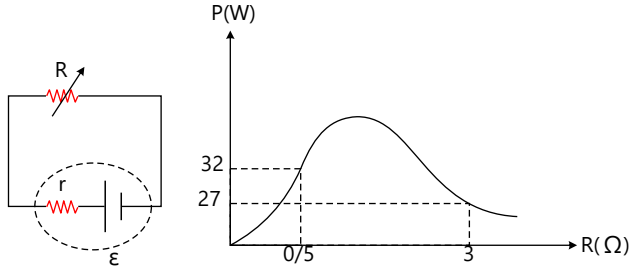
۱۰۶ در مدار شکل روبه‌رو، اگر مقاومت متغیر R را از ۲Ω به ۳Ω افزایش دهیم، توان خروجی مولد چگونه تغییر می‌کند؟ سخت



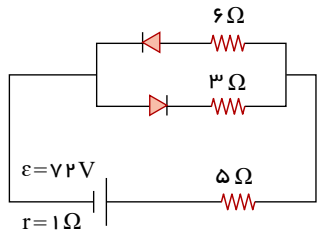
۱۰۷ در مدار شکل روبه‌رو، یک لامپ و یک رئوستا متوالی بسته شده‌اند. اگر مقاومت رئوستا را از ۱Ω به ۷Ω برسانیم، توان مصرفی الکتریکی رئوستا و توان خروجی باتری، چند وات تغییر می‌کند؟ متوسط



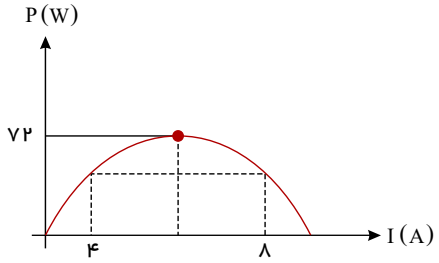
۱۰۸ در مدار زیر، نمودار توان خروجی مولد برحسب مقدار مقاومت الکتریکی متغیر R، مطابق نمودار زیر است. حداکثر توان خروجی مولد چند وات است؟ سخت



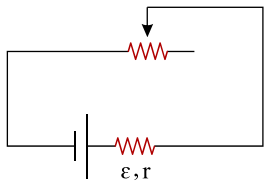
۱۰۹ در مدار شکل روبه‌رو، توان خروجی منبع تقریباً چند وات است؟ متوسط



۱۱۰ شکل زیر نمودار توان مفید مولد برحسب جریان را نشان می‌دهد. مقادیر ε و r چقدر است؟ متوسط

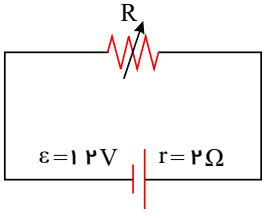


۱۱۱ در مدار شکل مقابل، مقاومت رئوستا 4Ω و توان خروجی باتری بیشینه و برابر ۱۰۰ وات است. اگر مقاومت رئوستا به 6Ω برسد، توان خروجی باتری چند درصد کاهش می‌یابد؟ متوسط

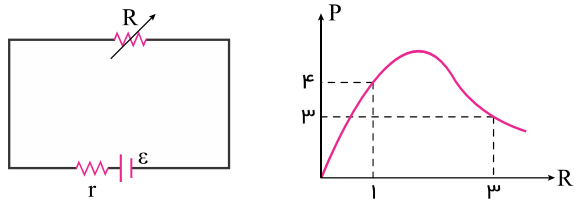


۱۱۲ نیروی محرکهٔ یک باتری ۲۰ ولت است. وقتی دو سر باتری را به دو سر یک مقاومت ۳۶ اهمی متصل می‌کنیم، اختلاف پتانسیل دو سر این مقاومت ۱۸ ولت می‌شود. در این حالت توان تلف‌شده در مقاومت درونی باتری چند وات است؟ متوسط

۱۱۳ در مدار شکل روبه‌رو، مقاومت متغیر طوری تنظیم شده که توان مصرفی آن بیشترین مقدار ممکن باشد. در این وضعیت، انرژی الکتریکی مصرف‌شده در آن در هر دقیقه چند ژول است؟ متوسط



۱۱۴ نمودار تغییرات توان مفید یک مولد برحسب مقاومت متغیر متصل به آن مطابق شکل است. نیروی محرکهٔ مولد چند ولت است؟ سخت



۱۱۵ مقاومت متغیر R به دو سر یک مولد با مقاومت درونی r و نیروی محرکهٔ ε بسته شده است. حال اگر مقاومت R را دو برابر کنیم، چه تغییری در توان مفید مولد مدار حاصل می شود؟

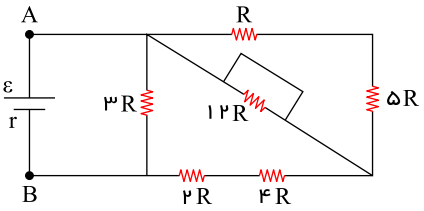
سخت

۱۱۶ اگر یک مقاومت ۶Ω را به دو سر یک باتری با مقاومت درونی ۴Ω ببندیم، توان خروجی (مفید) باتری چند درصد توان تولیدی باتری می‌شود؟

سخت

۱۱۷ در شکل زیر اگر توان مصرفی مقاومت $۴R$ برابر $۸W$ باشد، توان خروجی مولد چند وات است؟

متوسط



۱۱۸ معادلهٔ جریان عبوری برحسب اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر یک مولد به‌صورت $I = \frac{-۲}{۳}V + \frac{۱}{۶}$ است. اگر بخواهیم با بستن یک مقاومت دلخواه بیشترین توان را از مولد بگیریم، آن توان چند وات خواهد بود؟

متوسط

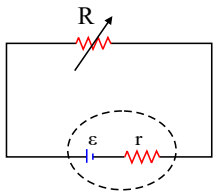
۱۱۹ سیمی به طول L و مقاومت R به یک باتری با مقاومت درونی r وصل می‌باشد. اگر سیم را به ۳ قسمت مساوی تقسیم کرده و آنها را به‌طور موازی به یکدیگر وصل کرده و سپس مجموعه را با همان باتری موازی می‌کنیم، در این حالت توان تولیدی باتری $\frac{۹}{۵}$ توان تولیدی حالت قبل می‌شود. r چند اهم است؟

سخت

۱۲۰ نیروی محرکه مولدی ۲۴ ولت و بیشترین توان خروجی ممکن برای آن ۳۶ وات است. اگر مقاومت $R = ۸\Omega$ را به دو سر این مولد ببندیم. اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مولد چند ولت خواهد شد؟

سخت

۱۲۱ در شکل زیر،



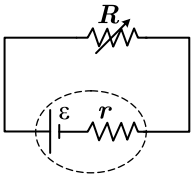
الف) نیروی محرکهٔ الکتریکی و مقاومت داخلی منبع را که توان خروجی آن به ازای $I_۱ = ۵٫۰۰A$ برابر $۹٫۵۰W$ و به‌ازای $I_۲ = ۷٫۰۰A$ برابر $۱۲٫۶W$ است، محاسبه کنید.

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

متوسط

۱۲۲ در مدار روبه‌رو، نیروی محرکهٔ الکتریکی و مقاومت داخلی منبع را که توان خروجی آن به‌ازای $I_۱ = ۵A$ برابر $۹٫۵W$ و به‌ازای $I_۲ = ۷A$ برابر $۱۲٫۶W$ است، محاسبه کنید.

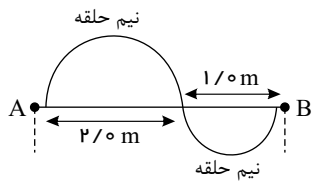
سخت



ترکیب مقاومت ها – به هم بستن متوالی – به هم بستن موازی یا ترکیبی

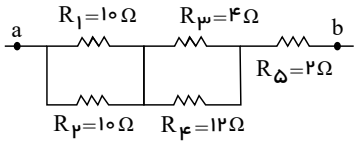
۱۲۳ با یک سیم فلزی یکنواخت که مقاومت هر متر آن ۲۰ اهم است، مداری مانند شکل مقابل می‌بندیم، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B را حساب کنید.

متوسط

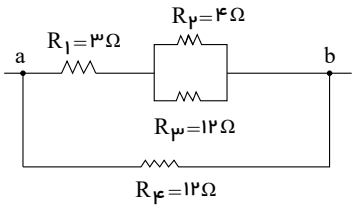


۱۲۴ مقاومت‌های معادل بین دو نقطهٔ a و b را در شکل‌های زیر به‌دست آورید. متوسط

(ب)

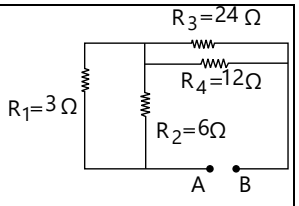


(الف)

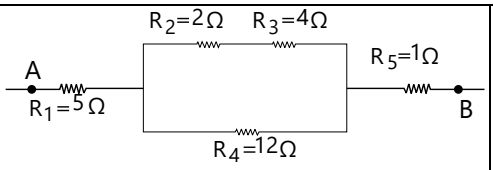


۱۲۵ در شکل‌های زیر مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چقدر است؟ متوسط

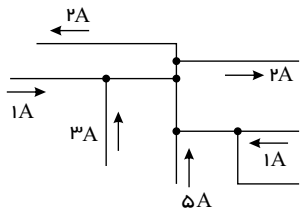
(ب)



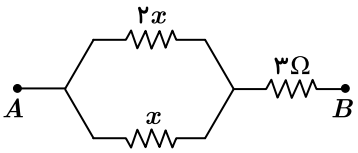
(الف)



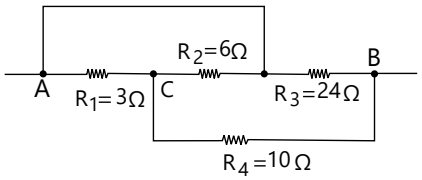
۱۲۶ در شکل مقابل جریان مجهول را بیابید. متوسط



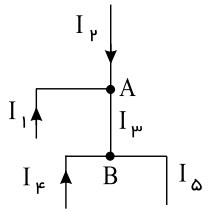
۱۲۷ اگر مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B، 7Ω باشد، x برابر چند اهم است؟ متوسط



۱۲۸ در شکل مقابل مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چقدر است؟ سخت



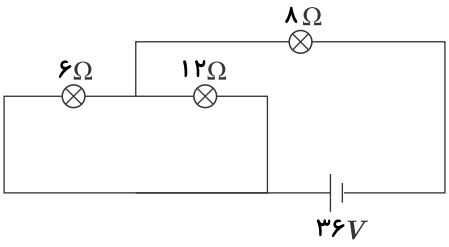
۱۲۹ شکل روبه‌رو قسمتی از یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد. باتوجه به شکل، توضیح دهید کدام‌یک از روابط زیر صحیح است؟الف) $I_1 = I_3 + I_2$ ب) $I_5 = I_3 + I_4$ آسان



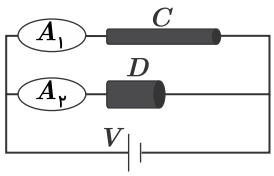
۱۳۰ برای سؤالات زیر پاسخ کوتاه بنویسید: متوسط

الف در سیم‌کشی منازل، مصرف‌کننده‌ها به چه صورتی در مدار قرار می‌گیرند؟ چرا؟ متوسط

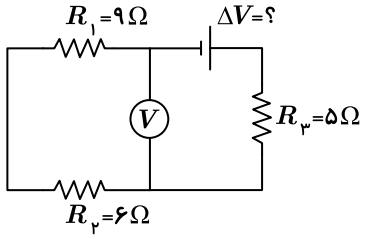
۱۳۱ در شکل روبه‌رو، چه جریانی از لامپ‌های ۶ اهمی و ۱۲ اهمی می‌گذرد؟ متوسط



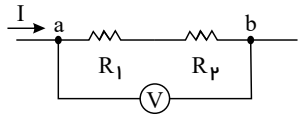
۱۳۲ دو سیم رسانای هم‌جنس مطابق شکل زیر به یک باتری متصل‌اند. طول سیم C، ۲ برابر طول سیم D و شعاع مقطع آن نصف شعاع مقطع سیم D است. جریان عبوری از آمپرسنج (۲) چند برابر جریان عبوری از آمپرسنج (۱) است؟ (آمپرسنج‌ها آرمانی هستند.) سخت



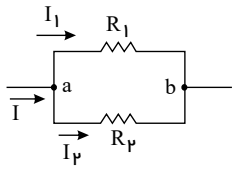
۱۳۳ در مدار روبه‌رو، ولت‌سنج $۱۵V$ را نشان می‌دهد. اختلاف پتانسیل دو سر مولد چند ولت است؟ سخت



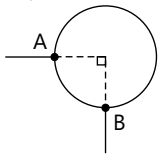
۱۳۴ در شکل مقابل، ولت‌سنج متصل به دو سر مجموعهٔ مقاومت‌های R_1 و R_2(که سری هستند) عدد V را نشان می‌دهد. سهم ولتاژ هر مقاومت چقدر است؟ (تقسیم ولتاژ بین دو مقاومت سری) متوسط



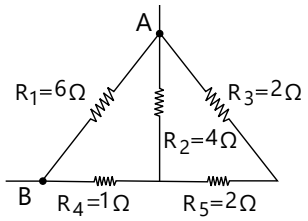
۱۳۵ در مدار شکل مقابل جریان I چگونه بین دو مقاومت R_1 و R_2 تقسیم می‌شود؟ (تقسیم جریان بین دو مقاومت موازی) متوسط



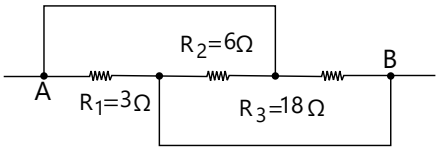
۱۳۶ سیمی به مقاومت R را به شکل حلقه‌ای دایره‌ای درآورده‌ایم و در نقطهٔ A , B اتصال برقرار می‌کنیم، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چقدر است؟ متوسط



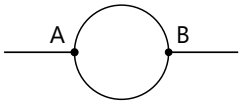
۱۳۷ مقاومت معادل بین نقاط A و B چقدر است؟ متوسط



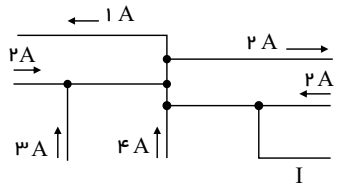
۱۳۸ مقاومت معادل را در شکل مقابل بیابید. سخت



۱۳۹ اگر در شکل زیر قطر دایره $0/5m$ و مقاومت واحد طول سیم 2Ω باشد، مقاومت بین نقاط A و B چقدر است؟ $(\pi \simeq 3)$ متوسط

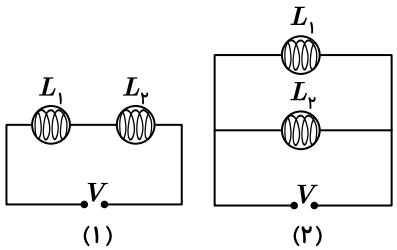


۱۴۰ شکل زیر بخشی از یک مدار را نشان می‌دهد. بزرگی و جهت جریان I در سیم پایین سمت راست چیست؟ متوسط



۱۴۱ لامپ‌های یک درخت زینتی، به‌طور متوالی متصل شده‌اند. اگر یکی از لامپ‌ها بسوزد، چه اتفاقی می‌افتد؟ به نظر شما چرا همهٔ چراغ‌های خودرو (چراغ‌های جلو، عقب و...) به‌طور موازی بسته می‌شوند؟ آسان

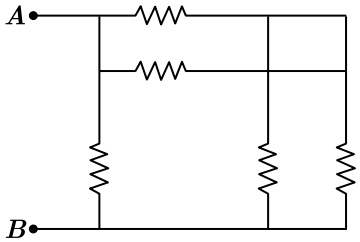
۱۴۲ در مدارهای شکل مقابل، لامپ‌ها یکسان و اختلاف پتانسیل‌ها مساوی‌اند. متوسط



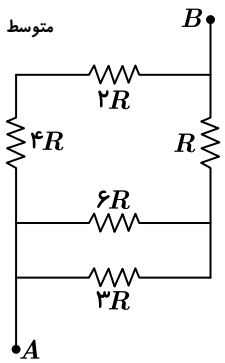
الف با ذکر دلیل بنویسید که نور لامپ‌ها در کدام مدار (موازی یا سری) بیشتر است؟ متوسط

ب اگر یکی از لامپ‌ها بسوزد، در کدام مدار لامپ دیگر هم خاموش می‌شود؟ سخت

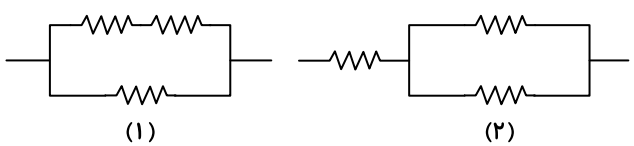
۱۴۳ در مدار شکل روبه‌رو، همهٔ مقاومت‌ها مشابه و مقدار هر یک 6Ω است. مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چند اهم است؟ متوسط



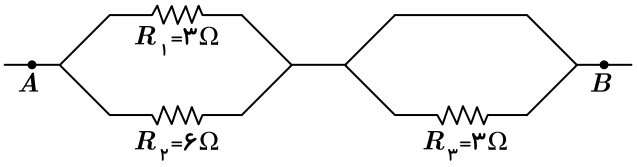
۱۴۴ در مدار مقابل، اگر $R = 30\Omega$ باشد، مقاومت معادل مدار بین دو نقطهٔ A و B چند اهم است؟ متوسط



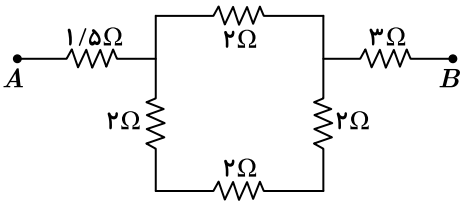
۱۴۵ سه مقاومت الکتریکی ۶ اهمی را یک بار مطابق شکل (۱) و بار دیگر مطابق شکل (۲) به هم می‌بندیم. نسبت مقاومت معادل شکل (۱) به مقاومت معادل شکل (۲) کدام است؟ متوسط



۱۴۶ در شکل مقابل، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چند اهم است؟ متوسط

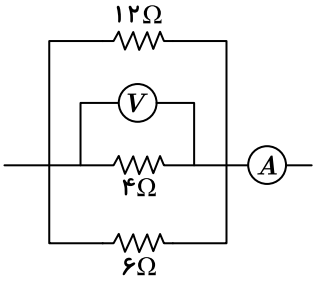


۱۴۷ مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چند اهم است؟ متوسط



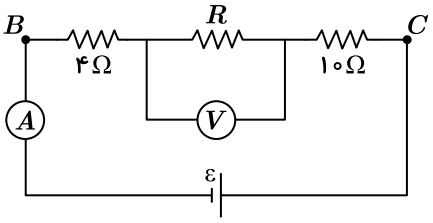
۱۴۸ سه مقاومت مساوی R را یک بار به‌طور متوالی و بار دیگر به‌صورت موازی به هم می‌بندیم و هر بار دو سر مجموعه را به مولدی با نیروی محرکهٔ ε و مقاومت درونی $r = R$ وصل می‌کنیم. نسبت جریان در مدار در حالت متوالی به حالت موازی چقدر است؟ سخت

۱۴۹ در شکل روبه‌رو، اگر ولت‌سنج ایده‌آل ۱۰ ولت را نشان دهد، آمپرسنج ایده‌آل چه جریانی را نشان می‌دهد؟ متوسط

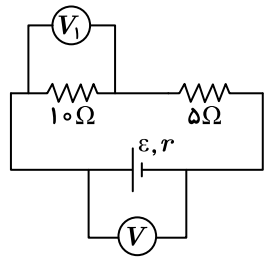


۱۵۰ دو سیم رسانای A و B با قطر مقطع و طول مساوی به‌طور موازی به هم وصل شده‌اند و از مجموعهٔ آنها، جریان ۱۲ آمپری عبور می‌کند. شدت جریان در سیم A چند آمپر است؟ $(\rho_A = ۲ \times ۱۰^{-۸}\Omega \cdot m\ ,\ \rho_B = ۴ \times ۱۰^{-۸}\Omega \cdot m)$ سخت

۱۵۱ اگر در شکل روبه‌رو، آمپرسنج و ولت‌سنج ایده‌آل به‌ترتیب $۱۲A$ و $۲۴V$ را نشان دهند، اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ B و C چند ولت خواهد بود؟ سخت



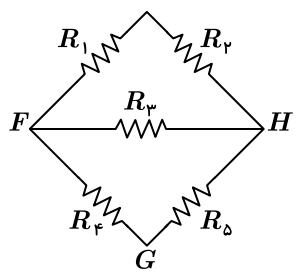
۱۵۲ در شکل مقابل، اگر $V_1 = ۲۰V$ باشد، ولت‌متر V، چند ولت را نشان می‌دهد؟ متوسط



۱۵۳ شکل روبه‌رو پنج مقاومت ۸/۰۰ اهمی را نشان می‌دهد. متوسط

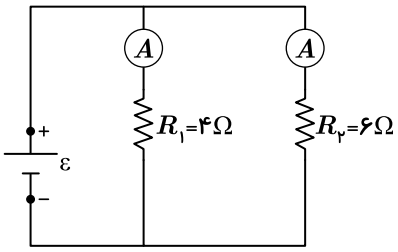
الف) مقاومت معادل بین نقطه‌های F و H چقدر است؟

ب) مقاومت معادل بین نقطه‌های F و G چقدر است؟



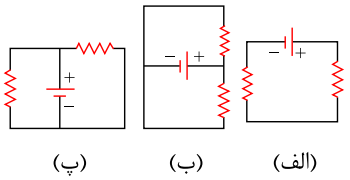
۱۵۴ مداری مانند مدار شکل مقابل ببندید و در هر شاخهٔ آن، یک آمپرسنج قرار دهید. با خواندن آمپرسنج‌ها، رابطهٔ بین جریان‌ها را بررسی کنید.

متوسط



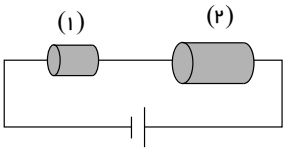
۱۵۵ در شکل‌های زیر، آیا مقاومت‌ها به طور متوالی بسته شده‌اند یا موازی و یا هیچ کدام؟

آسان



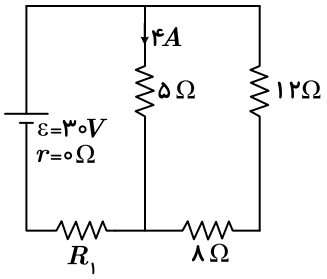
۱۵۶ در مدار شکل مقابل، طول و جنس دو رسانای (۱) و (۲) یکسان، ولی سطح مقطع آنها متفاوت است.با استدلال کافی توضیح دهید در یک مدت زمان مساوی در کدام‌یک از این دو رسانا انرژی الکتریکی بیش‌تری مصرف می‌شود؟

متوسط



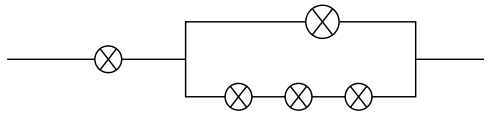
۱۵۷ در مدار شکل روبه‌رو، توان مصرفی مقاومت R_1 چند وات است؟

سخت



۱۵۸ در شکل مقابل لامپ‌ها مشابهند و حداکثر توان قابل تحمل هر لامپ $80W$ است. بیش‌ترین توانی که می توان به دو سر این مجموعه متصل کرد تا هیچ کدام از لامپ‌ها نسوزند چقدر است؟

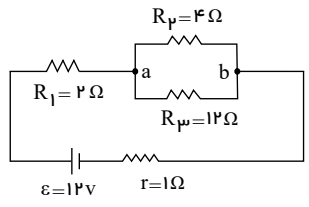
سخت



۱۵۹ در شکل مقابل:

جریان عبوری از هر یک مقاومت های مدار را به‌دست آورید.

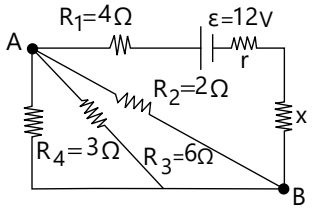
سخت



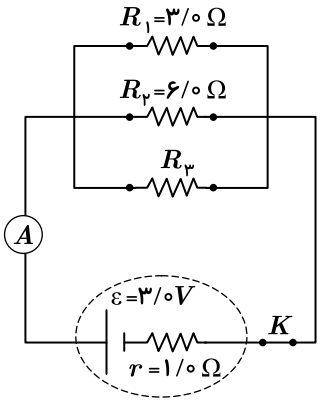
۱۶۰ الف) در مدار مقابل اگر جریان مقاومت R_4 برابر $0/5A$ باشد، جریان در بقیهٔ مقاومت‌ها را حساب کنید.

ب) اگر افت پتانسیل در مقاومت درونی مولد $1/5V$ باشد، مقاومت درونی مولد و مقاومت مجهول x را حساب کنید.

سخت



۱۶۱ در شکل روبه‌رو سه مقاومت موازی به همراه یک آمپرسنج آرمانی به دو سر یک باتری وصل شده‌اند. اگر مقاومت معادل این ترکیب $۱٫۶\Omega$ باشد، متوسط



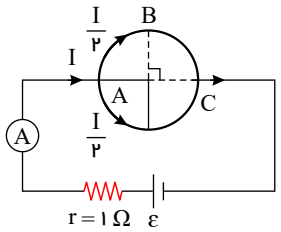
الف) مقاومت $R_۳$ چقدر است؟

ب) جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد را به دست آورید.

پ) نشان دهید توان خروجی باتری با مجموع توان‌های مصرفی مقاومت‌های $R_۱$، $R_۲$ و $R_۳$ برابر است.

۱۶۲ دو مقاومت موازی ۶٫۰ اُهمی و ۱۲ اُهمی به طور متوالی به یک مقاومت ۲٫۰ اُهمی وصل شده است. اکنون، مجموعهٔ مقاومت‌ها را به دو سر یک باتری آرمانی ۳۶ ولتی می‌بندیم. توان مصرفی در مقاومت ۶٫۰ اُهمی را محاسبه کنید. متوسط

۱۶۳ سیم یکنواختی به مقاومت ۲۰ اهم را مانند شکل به‌صورت یک حلقه درمی‌آوریم و دو سر قطر AC را به کمک سیم‌های رابط به دو پایانهٔ یک باتری متصل می‌کنیم. متوسط



الف مقاومت معادل میان دو نقطهٔ A و C چند اهم است؟ متوسط

ب اگر آمپرسنج ۲ آمپر را نشان دهد، نیروی محرکهٔ باتری چقدر است؟ متوسط

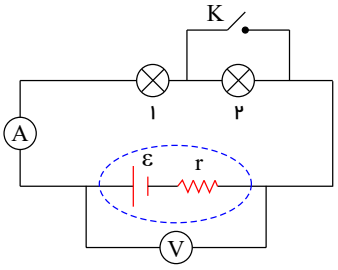
پ اختلاف پتانسیل دو نقطهٔ A و B، $V_A - V_B$ چند ولت است؟ متوسط

۱۶۴ برای هر یک از سؤالات زیر پاسخ کوتاه بنویسید: متوسط

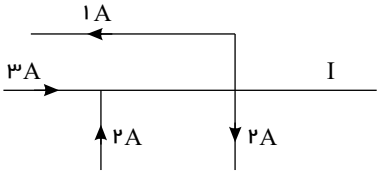
الف دو مقاومت مساوی R را یک‌بار به‌طور متوالی و یک‌بار به‌طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و آنها را هربار به ولتاژ V وصل می‌کنیم. نسبت توان مصرف شده در حالت موازی $(P_۱)$ به توان مصرف شده در حالت متوالی $(P_۲)$ چقدر است؟ (با نوشتن رابطه) متوسط

ب در مدار شکل مقابل، لامپ‌ها مشابه هستند. با استدلال کافی توضیح دهید پس از بستن کلید نور لامپ‌های (۱) و (۲) چه تغییری می‌کند؟ متوسط

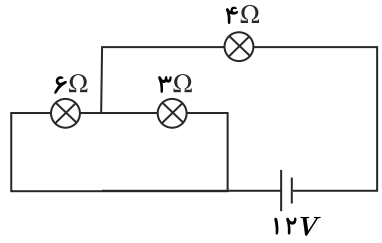
در این مدار با فرض ایده‌آل بودن آمپرسنج و ولت‌سنج، اگر جای این دو وسیله را با یکدیگر عوض کنیم، کدام یک از این وسیله‌ها ممکن است آسیب ببینند؟



پ شکل روبه‌رو، بخشی از یک مدار را نشان می‌دهد. بزرگی و جهت جریان (I) را تعیین کنید. آسان

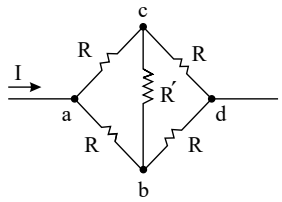


۱۶۵ در مدار شکل زیر سه مقاومت ۶ و ۳ و ۴ اهمی وجود دارد، توان مصرفی مقاومت ۴Ω را به دست آورید؟ متوسط

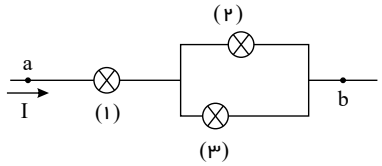


۱۶۶ الف) در شکل مقابل اگر دو سر مجموعه را به اختلاف پتانسیل V وصل کنیم، آیا از مقاومت R' جریانی عبور می‌کند؟ سخت

ب) مقاومت معادل مجموعه چقدر است؟

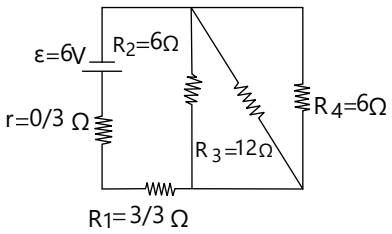


۱۶۷ در شکل مقابل مقاومت همهٔ لامپ‌ها برابر R است و حداکثر توان قابل تحمل هر لامپ $۶۰W$ است. حداکثر چه توانی به دو نقطهٔ b و a داده شود تا هیچ لامپی نسوزد؟ سخت



۱۶۸ دو لامپ را که روی آنها اعداد ($۴۰W$ و $۲۲۰V$) و ($۶۰W$ و $۲۲۰V$) نوشته شده است به‌صورت سری به هم بسته‌ایم و مجموعه را به ولتاژ $۲۲۰v$(برق شهر) وصل کرده‌ایم. توان مصرفی هر یک از لامپ‌ها و توان کل مجموعه چند وات می‌شود؟ سخت

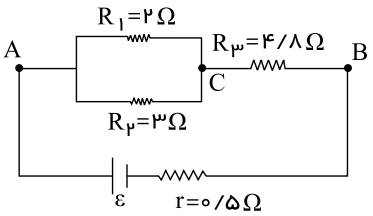
۱۶۹ در شکل مقابل جریان عبور کننده از $R_۱$ و اختلاف پتانسیل دو سر باتری را به‌دست آورید. متوسط



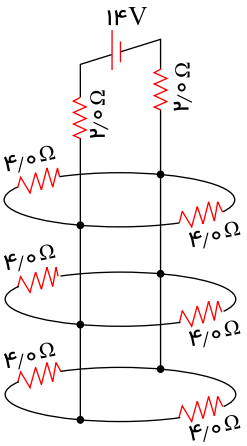
۱۷۰ در شکل مقابل اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A , B برابر با $۱۲V$ است. (اصلاحی: مقاومت ۲ اهمی $R_۱$ است) سخت

الف) جریان عبوری از مقاومت های $R_۱$ و $R_۳$ چقدر است؟

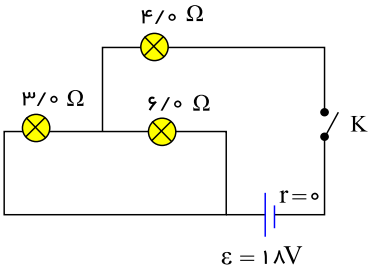
ب) نیرو محرکهٔ مولد چقدر است؟



۱۷۱ جریانی که از منبع نیروی محرکهٔ آرمانی و هر یک از مقاومت‌های شکل روبه‌رو می‌گذرد، چقدر است؟ سخت



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



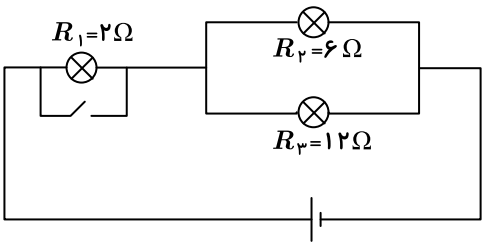
۱۷۳ سه مقاومت مشابه ۱۲ اُهمی را یک بار به طور متوالی و بار دیگر به طور موازی به یکدیگر می‌بندیم و به اختلاف پتانسیل ۱۲ ولت وصل می‌کنیم. در هر بار، چه جریانی از هر مقاومت می‌گذرد؟ متوسط

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

۱۷۵ درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با کلمات «درست» و «نادرست» مشخص کنید. متوسط

الف توان الکتریکی مصرفی مقاومت معادل در یک مدار، برابر با مجموع توان‌های مصرفی مقاومت‌های حاضر در مدار است. متوسط

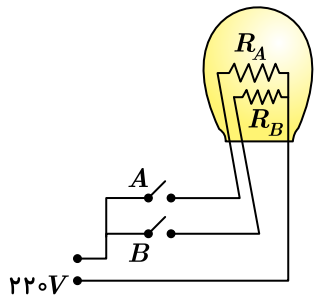
۱۷۶ سه لامپ مطابق شکل زیر به یک باتری متصل شده است: سخت



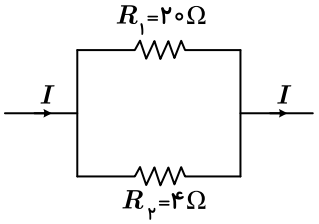
الف در حالتی که کلید باز است توان الکتریکی مصرفی در لامپ ۶ اهمی برابر $۹۶W$ است. اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری چند ولت است؟ سخت

ب اگر کلید را ببندیم روشنایی لامپ (۱) چه تغییری می‌یابد؟ سخت

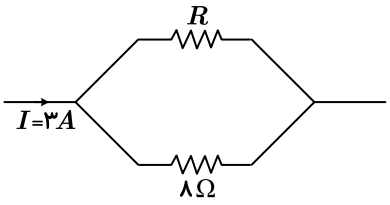
۱۷۷ مطابق شکل، یک لامپ سه‌راههٔ $۲۲۰V$ دوفیلامانه برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است. اگر کمترین و بیشترین توان مصرفی این لامپ به‌ترتیب $۱۰W$ و $۵۰W$ باشد، نسبت $\frac{R_A}{R_B}$ کدام است؟ $(R_A > R_B)$ سخت



۱۷۸ در شکل روبه‌رو، قسمتی از یک مدار را مشاهده می‌کنید. اگر توان مصرفی در مقاومت $R_۱$ برابر $۵W$ باشد، شدت جریان کل مدار را به دست آورید. سخت



۱۷۹ در شکل زیر، اگر در مقاومت ۸Ω در هر ثانیه $۳۲J$ و در مقاومت R در هر ثانیه $۱۶J$ گرما تولید شود، موارد زیر را به دست آورید. سخت

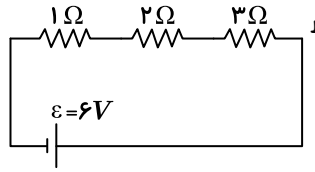


الف) مقدار مقاومت R

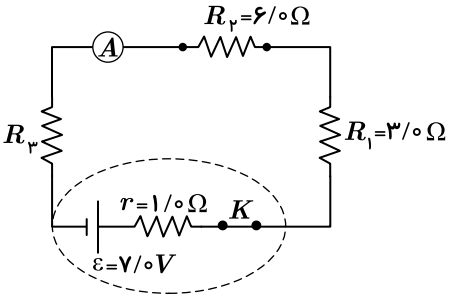
ب) جریان گذرنده از مقاومت ۸ اهمی

۱۸۰ اگر دو لامپ ۱۰۰ وات و ۲۲۰ ولتی را به‌طور متوالی به اختلاف پتانسیل $۲۲۰V$ وصل کنیم، توان مصرفی هر یک از آنها چند وات خواهد بود؟ (مقاومت‌ها ثابت می‌ماند.) متوسط

۱۸۱ در شکل روبه‌رو توان مصرفی در مقاومت یک‌اهمی چند وات است؟ متوسط



۱۸۲ در شکل روبه‌رو، سه مقاومت به همراه یک آمپرسنج به‌صورت متوالی به یک باتری وصل شده‌اند و مقاومت آمپرسنج صفر است (آمپرسنج آرمانی). اگر مقاومت معادل مقاومت‌های $R_۱$، $R_۲$ و $R_۳$ برابر $۱۳/۰\Omega$ باشد: متوسط



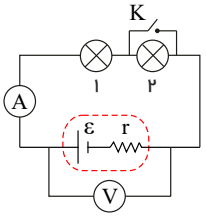
الف) مقاومت $R_۳$ چقدر است؟

ب) جریانی را که آمپرسنج نشان می‌دهد به دست آورید.

پ) نشان دهید توان خروجی باتری با مجموع توان‌های مصرفی مقاومت‌های $R_۱$، $R_۲$ و $R_۳$ در مدار برابر است.

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

۱۸۴ در مدار شکل مقابل، دو لامپ مشابه به دو سر یک مولد وصل شده است. متوسط

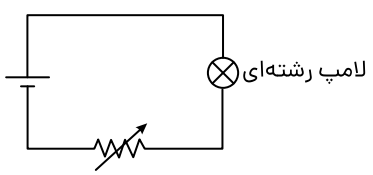


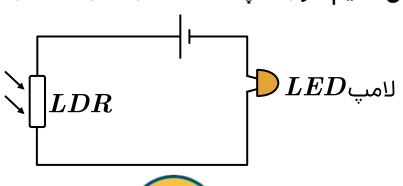
(آمپرسنج و ولت‌سنج ایده‌آل است.) با بستن کلید K پیش‌بینی کنید:

الف) روشنایی هر یک از لامپ‌ها چگونه تغییر می‌کند؟

ب) اعدادی که ولت‌سنج و آمپرسنج در این حالت نشان می‌دهد نسبت به حالت اول (کلید باز) کاهش می‌یابد یا افزایش؟ چرا؟

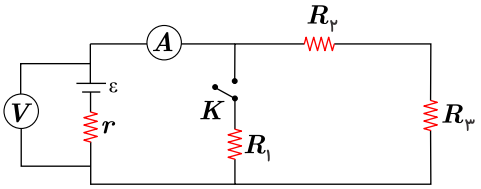
۱۸۵ اگر در مدار سمت چپ مقاومت رئوستا را کاهش دهیم، نور لامپ LED در مدار سمت راست افزایش می‌یابد یا کاهش؟ علت را توضیح دهید. سخت





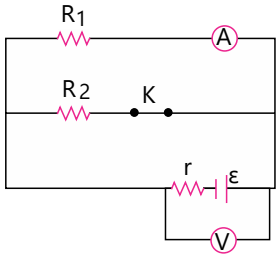
۱۸۶ سه مقاومت الکتریکی مطابق شکل، در یک مدار الکتریکی قرار دارند و ابتدا کلید k باز است. پس از بستن کلید K، عددی که ولت‌سنج آرمانی نمایش می‌دهد ..... و عدد آمپرسنج آرمانی ..... و مقاومت معادل مجموعه .....

متوسط



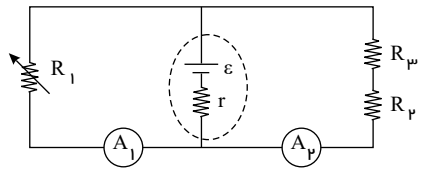
۱۸۷ در شکل زیر اگر کلید K باز شود، مقادیری که ولت‌سنج و آمپرسنج نشان می‌دهند چه تغییری می‌کند؟

متوسط



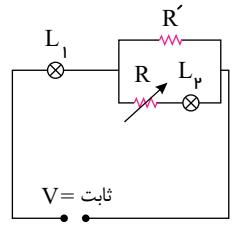
۱۸۸ در مدار شکل زیر، با افزایش مقاومت رئوستای R_1، اعدادی که آمپرسنج‌های A_1 و A_2 نشان می‌دهند، چگونه تغییر می‌کند؟

سخت



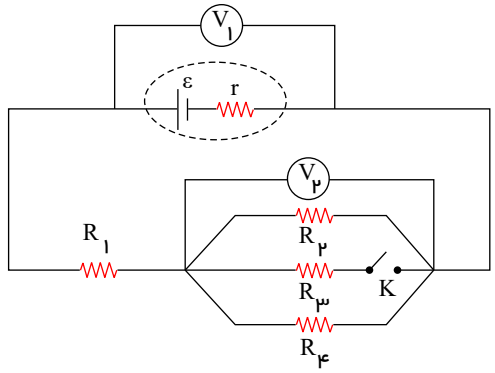
۱۸۹ در مدار شکل مقابل با کاهش تدریجی مقاومت R ، نور لامپ‌های L_1 و L_2 چگونه تغییر می‌کند؟

سخت



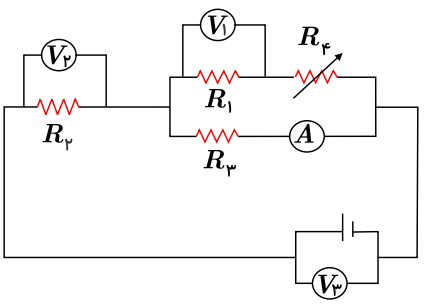
۱۹۰ در شکل مقابل اگر کلید K بسته شود، مقداری که ولت‌سنج‌های V_1 و V_2 نشان می‌دهند چگونه تغییر می‌کند؟

سخت



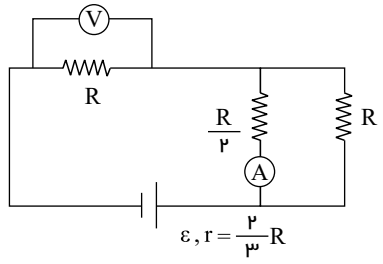
۱۹۱ در مدار شکل مقابل اگر مقدار R_4 را افزایش دهیم، مقادیری که آمپرسنج و ولت‌سنج‌ها نشان می‌دهند چه تغییری می‌کنند؟

متوسط



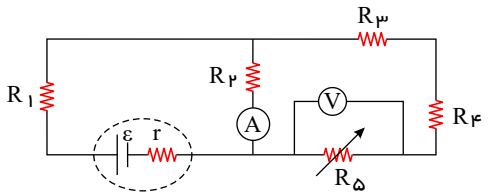
۱۹۲ در مدار شکل زیر، اگر جای ولت‌سنج و آمپرسنج را با هم عوض کنیم، عددی که ولت‌سنج (ایده‌آل) و آمپرسنج ایده‌آل نشان می‌دهند، چگونه تغییر خواهند کرد؟

سخت



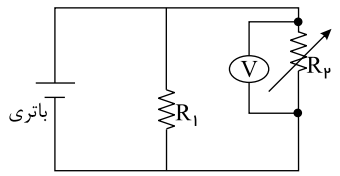
۱۹۳ در مدار شکل زیر، اگر مقاومت R_5 افزایش یابد، ولت‌سنج و آمپرسنج ایده‌آل چگونه تغییر می‌کنند؟

سخت



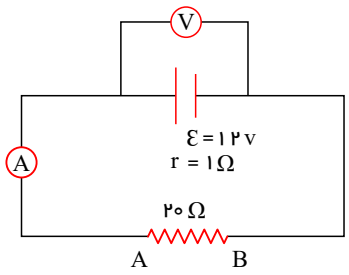
۱۹۴ در مدار شکل داده شده با افزایش تدریجی مقاومت R_2 از 3Ω تا 6Ω، عدد ولت‌سنج ایده‌آل تغییری نمی‌کند. توان خروجی باتری در حین تغییر مقاومت R_2 چه تغییری می‌کند؟

سخت



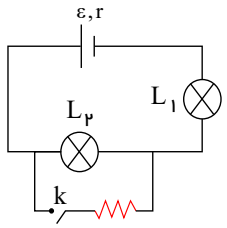
۱۹۵ در شکل زیر اگر به جای مقاومت 20Ω دو مقاومت 20Ω به‌طور موازی قرار گیرد، مقادیری که به ترتیب ولت‌سنج و آمپرسنج نشان خواهند داد، نسبت به وضع کنونی چگونه تغییر می‌کند؟

آسان



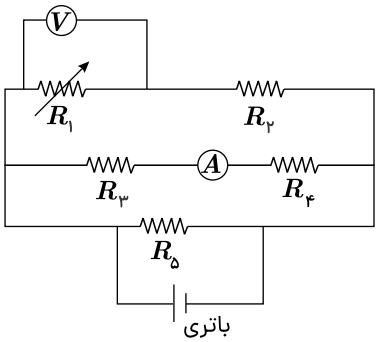
۱۹۶ در مدار داده‌شده با وصل کلید K نور لامپ‌های L_1 و L_2 چگونه تغییر می‌کند؟

متوسط



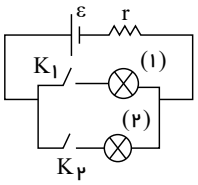
۱۹۷ در مدار شکل زیر با افزایش مقاومت R_1، عدد آمپرسنج ایده‌آل تغییر نمی‌کند. عدد ولت‌سنج (ایده‌آل) چگونه تغییر می‌کند؟

سخت



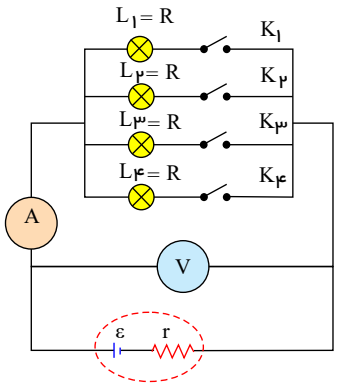
۱۹۸ در شکل مقابل لامپ‌ها مشابه‌اند. ابتدا کلید k_1 بسته می‌شود و سپس کلید k_2 نیز بسته می‌شود. در دو حالت جریان عبوری از هر لامپ را محاسبه کنید و نور لامپ (1) را در حالت اول و دوم مقایسه کنید.

سخت



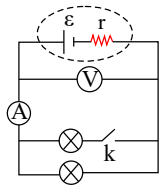
۱۹۹ در شکل زیر، تعدادی لامپ مشابه به‌طور موازی به هم متصل شده‌اند و هر لامپ با کلیدی همراه است. بررسی کنید که با بستن کلیدها یکی پس از دیگری، عددهایی که آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند، چه تغییری می‌کند؟

سخت



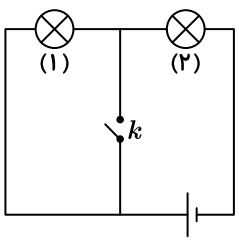
۲۰۰ در شکل روبه‌رو، لامپ‌ها مشابه، آمپرسنج و ولت‌سنج، ایده‌آل و سیم‌های رابط بدون مقاومت فرض می‌شوند. با ذکر دلیل، پیش‌بینی کنید با بستن کلید K، عددهایی که ولت‌سنج و آمپرسنج نشان می‌دهند چه تغییری می‌کند؟

متوسط



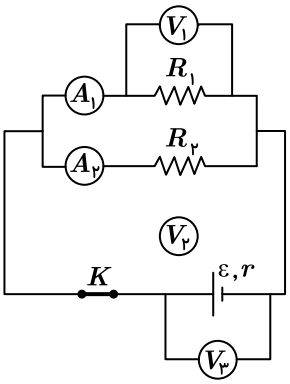
۲۰۱ در مدار روبه‌رو، اگر کلید k بسته شود، نور لامپ‌ها چگونه تغییر می‌کند؟

متوسط



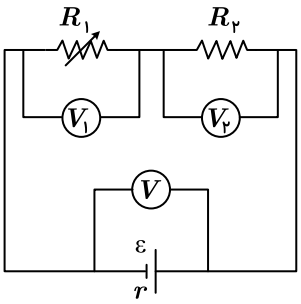
۲۰۲ در مدار شکل روبه‌رو، $R_۱ < R_۲$ است و ولت‌سنج‌ها و آمپرسنج‌ها مشابه‌اند. با توضیح کامل بنویسید کدام آمپرسنج و کدام ولت‌سنج به‌ترتیب جریان و اختلاف پتانسیل بیشتری را نشان می‌دهند؟

سخت



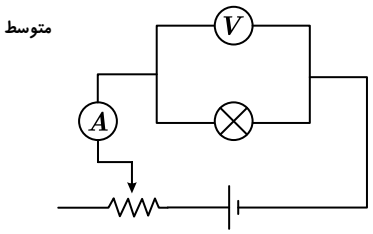
۲۰۳ در شکل روبه‌رو، مقاومت متغیر $R_۱$ را به تدریج کاهش می‌دهیم. مقداری که V، $V_۱$ و $V_۲$ نشان می‌دهند، به‌ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟

سخت



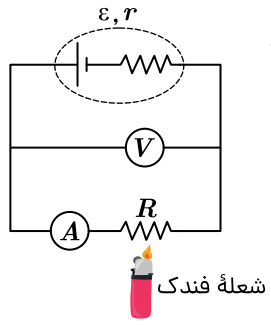
۲۰۴ در مدار شکل روبه‌رو، اگر به‌تدریج مقاومت رئوستا را افزایش دهیم، روشنایی لامپ و عددی که ولت‌سنج ایده‌آل نشان می‌دهد، چه تغییری خواهد کرد؟

متوسط



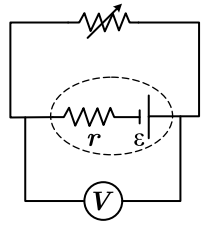
۲۰۵ در شکل زیر، مقاومت R یک رشتهٔ تنگستن (رشتهٔ داخل لامپ) است. اگر شعلهٔ فندک را زیر این رشته قرار دهیم، اعدادی که آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند، چگونه تغییر می‌کنند؟

سخت



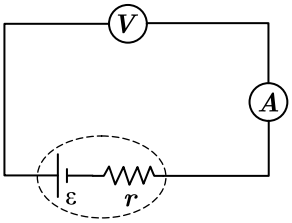
۲۰۶ در مدار روبه‌رو، اگر مقاومت متغیر R را افزایش دهیم، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، چه تغییری می‌کند؟ (با ذکر دلیل)

متوسط

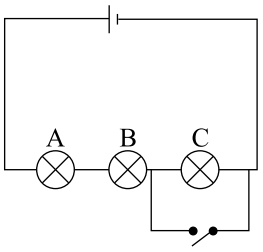


۲۰۷ در مدار زیر آمپرسنج و ولت‌سنج چه عددهایی را نشان می دهند؟ استدلال کنید. (آمپرسنج و ولت‌سنج ایده‌آل هستند.)

متوسط



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



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

ب) اختلاف پتانسیل دو سر C به اندازهٔ 50% کاهش می‌یابد.

پ) هریک از اختلاف پتانسیل‌های دو سر A و B به اندازهٔ 50% افزایش می‌یابد.

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

پاسخ‌نامه تشریحی

۱ الف)

$$q = I \cdot t \Rightarrow q = ۵ \times ۴ \times ۶۰ = ۱۲۰۰C$$

ب)

$$q = \pm ne \Rightarrow ۱۲۰۰ = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = \frac{۱۲۰۰}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۷/۵ \times ۱۰^{۲۱}$$ عدد الکترون

۲ ابتدا جریان الکتریکی را محاسبه می‌کنیم:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{۴}{۵} = ۰/۸A$$

اکنون می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} q = ne \\ I = \frac{q}{t} \end{cases} \Rightarrow It = ne$$

$$۰/۸ \times ۵ \times ۶۰ = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$$

$$n = \frac{۲۴۰}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۱/۵ \times ۱۰^{۲۱} = ۱/۵ \times ۱۰^{۲۱}$$ تعداد الکترون

۳ کره بار مثبت دارد؛ بنابراین، پتانسیل الکتریکی بیشتری نسبت به زمین دارد. گفتیم جهت جریان از پتانسیل الکتریکی بیشتر به پتانسیل الکتریکی کمتر است؛ پس، جریان از طرف A به سمت B است.

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{۰/۵}{۰/۰۲} = ۲۵A$$

۴ می‌دانیم شیب نمودار I برحسب V برابر $\frac{۱}{R}$ است؛ پس، شیب را محاسبه می کنیم:

$$\frac{۱}{R} = \text{شیب} = \frac{(I_۱ + ۵) - I_۱}{(V_۱ + ۱۰) - V_۱} = \frac{۵}{۱۰} = \frac{۱}{۲} \Rightarrow \frac{۱}{R} = \frac{۱}{۲} \Rightarrow R = ۲\Omega$$

۵ با توجه به مشابه بودن کره‌ها، پس از بسته شدن کلید، بار الکتریکی هر یک از دو کره برابر خواهد شد با:

$$q = \frac{q_۱ + q_۲}{۲} = \frac{۸ - ۱۰}{۲} = -۱\mu C$$

یعنی از کرهٔ با بار $-۱۰\mu C$ به مقدار $-۱۰ - (-۱) = -۹\mu C$ بار به کرهٔ دیگر منتقل می‌شود:

$$|\Delta q| = ۹\mu C$$

$$|\bar{I}| = \frac{|\Delta q|}{\Delta t} = \frac{۹ \times ۱۰^{-۶}}{۰/۰۰۱} = ۹ \times ۱۰^{-۳}A$$

۶ گام اول: بار عبوری در لحظه‌های $t_۱$ و $t_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$$t_۱ = ۰s \Rightarrow q_۱ = ۴(۰)^۲ + ۱ = ۱C$$

$$t_۲ = ۲s \Rightarrow q_۲ = ۴(۲)^۲ + ۱ = ۱۷C$$

گام دوم: به کمک رابطهٔ $\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ داریم:

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{۱۷C - ۱C}{۲s - ۰s} = \frac{۱۶C}{۲s} = ۸A$$

۷

$$I_۱ = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I = \frac{n_۱ e}{t}$$

$$\Rightarrow I_۱ = \frac{۱/۴ \times ۱۰^{۱۹} \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C}{۱s} \simeq ۲/۲A$$

$$\frac{R_۱}{R_۲}=\frac{V_۱}{V_۲}\times\frac{I_۲}{I_۱}\Rightarrow\frac{R}{۳R}=۱\times\frac{I_۲}{۲٫۲A}\Rightarrow I_۲\simeq ۷٫۳\times ۱۰^{-۱}A$$

$$I_۲=\frac{n_۲e}{t}\Rightarrow ۷٫۳\times ۱۰^{-۱}A=\frac{n_۲\times ۱٫۶\times ۱۰^{-۱۹}C}{۱s}\Rightarrow n_۲\simeq ۴٫۶\times ۱۰^{۱۸}$$

۸

$$\Delta q=I\cdot\Delta t\Rightarrow ۶۰=۵\times\Delta t\Rightarrow\Delta t=۱۲h$$

هر Ah معادل $۳۶۰۰\,C$ است بنابراین می‌توان نوشت:

$$q=۶۰\times ۳۶۰۰=۲۱۶۰۰\,C$$

۹ الف) بر اساس رابطهٔ $\Delta q=I\cdot\Delta t$ ، Ah در واقع نشان‌دهندهٔ مقدار باری است که باتری می‌تواند قبل از اتصال مجدد به شارژر، تحت ولتاژ ۱۲ ولت در مدار به گردش در بیاورد. به عبارت دیگر چنین باتری ای می‌تواند مقدار ۷۵×۳۶۰۰ کولن بار را تحت ولتاژ $۱۲V$ در مدار به گردش درآورد و پس از آن لازم است دوباره شارژ شود.

ب) ظاهراً به کمک رابطهٔ $q=It$ باید بتوان این زمان را محاسبه کرد.

$$q=It\Rightarrow ۷۵=۲۰۰t\Rightarrow t=\frac{۷۵}{۲۰۰}=\frac{۳}{۸}=۰٫۳۷۵\,h$$

$\frac{۳}{۸}$ ساعت یعنی $۶۰\times\frac{۳}{۸}$ دقیقه یعنی ۲۲٫۵ دقیقه. ولی خوب است بدانید که باتری نمی‌تواند بطور مدام در مدت ۲۲٫۵ دقیقه چنین جریانی را از خود بگذراند و قطعاً در صورت چنین کاری به شدت آسیب می‌بیند و در زمانی بسیار کمتر، کاملاً از کار می‌افتد.

۱۰ در مورد جریان الکتریکی متوسط داریم:

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{۲۵۰}{۵۰}=۵A$$

جریان عبوری $۵A$ است.

۱۱ فقط در شکل (پ) لامپ روشن می‌شود. در حالت کلی، زمانی جریان الکتریکی از یک مقاومت عبور می‌کند که دو سر آن اختلاف پتانسیلی وجود داشته باشد. می‌دانیم که رساناهای به‌هم متصل هم‌پتانسیل‌اند؛ بنابراین در شکل‌های (الف) و (ب) لامپ به یک نقطه از مدار و در نتیجه به یک پتانسیل متصل است.

۱۲ الف) مستقیم و ثابت ب) مقاومت الکتریکی پ) نیروی محرکه ت) متوالی

۱۳ مقاومت الکتریکی ثابت می‌ماند و ولتاژ دو سر مقاومت دو برابر می‌شود چون مقاومت الکتریکی فقط به دما و ویژگی‌های ساخت مقاومت (یعنی جنس، طول و مساحت سطح مقطع) وابستگی دارد ولی طبق قانون اهم $V\propto I$ یعنی ولتاژ دو سر مقاومت با جریان عبوری از آن متناسب است.

۱۴ بلافاصله پس از بستن کلید لامپ روشن می‌شود و این موضوع ربطی به سرعت سوق ندارد (مانند شلنگی که پر از آب است و بلافاصله پس از باز کردن شیر آب، از سر دیگر آن آب خارج می‌شود). سرعت سوق نشان می‌دهد که الکترونی که با بستن کلید از پشت آن شروع به حرکت می کند چقدر طول می‌کشد تا به لامپ برسد که البته محاسبهٔ آن بسیار ساده است.

$$\Delta x=vt\Rightarrow ۲۰۰۰=۱\Delta t\Rightarrow\Delta t=۲۰۰۰\,s\simeq ۳۳\ \min$$

که البته این موضوع ربطی به زمان روشن شدن لامپ ندارد.

۱۵ الف) بر اساس قانون اهم می‌دانیم $R=\frac{V}{I}$ است بنابراین در نمودار $I-V$ شیب خط یعنی $\frac{I}{V}$ نشاندهندهٔ $\frac{۱}{R}$ می‌باشد:

$$\frac{۱}{R}=\frac{I}{V}=\text{شیب خط}$$

پس هر چه شیب خط بیشتر باشد مقاومت مربوط به آن کمتر است. یعنی:

$$\begin{cases}R_A<R_B\\ A_{\text{شیب}}>B_{\text{شیب}}\end{cases}$$

ب)

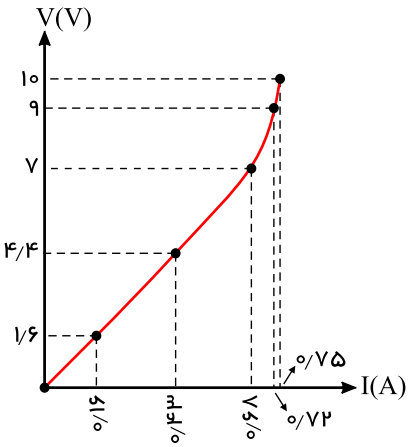
$$\frac{۱}{R}=\frac{I}{V}=\text{شیب خط}\qquad\Rightarrow\frac{I}{V}=\tan ۳۷^\circ\Rightarrow\frac{۳}{V}=\frac{۳}{۴}\Rightarrow V=۴V$$

۱۶ باتری‌های قلمی آمپرساعت پایینی دارند؛ یعنی مقدار بار الکتریکی که می‌توانند تحت ولتاژ $۱٫۵V$ در مدار به گردش درآورند، معمولاً در حد میلی آمپرساعت است. بنابراین اگرچه هشت باتری قلمی متوالی، ولتاژی معادل $۱۲V$ در اختیار ما قرار می‌دهند، ولی نمی‌توانند جریان مورد نیاز برای استارت اتومبیل (چیزی در حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ آمپر) را تأمین کنند.

۱۷ همان‌طور که می‌دانیم $R = \frac{V}{I}$ است. پس شیب نمودار $V - I$ نشان‌دهندهٔ R می‌باشد. ولی در این حالت نمودار I برحسب V رسم شده است؛ بنابراین شیب این نمودار برابر $\frac{I}{V}$ یعنی $\frac{۱}{R}$ است. پس هرچه شیب خط کمتر باشد، اندازهٔ مقاومت بیشتر است.

$$B \text{ شیب خط} > A \text{ شیب خط} \Rightarrow R_A > R_B$$

۱۸ ابتدا نمودار مورد نظر را رسم می‌کنیم:



در محدودهٔ خطی یعنی در محدوده‌ای که نسبت $\frac{V}{I}$ برابر عدد ثابتی باشد، رفتار این مقاومت از قانون اهم پیروی می‌کند؛ بنابراین به‌طور تقریبی از صفر تا حدود $۷V$ این مقاومت از قانون اهم پیروی می‌کند.

۱۹ در شکل (الف) پس از اتصال دریل معیوب به پریز برق، جریان الکتریکی از طریق بدنهٔ دریل به دست شخص منتقل شده و مسیر خود را با عبور از بدن شخص و زمین می‌بندد و به این ترتیب شخص دچار برق‌گرفتگی می‌شود.

در شکل (ب) بدنهٔ دریل با یک سیم جداگانه به زمین متصل شده است. در این وضعیت جریان الکتریکی از مسیر به‌وجودآمده با سیم سوم که اصطلاحاً سیم زمین نامیده می‌شود، بسته می‌شود و شخص استفاده‌کننده آسیبی نمی‌بیند.

۲۰ الف) خلاف جهت ب) بار الکتریکی پ) بیش‌ترین ت) کم‌تر

۲۱ در عدم حضور میدان الکتریکی شارش بار خالص از هر مقطع رسانا صفر است و با اعمال میدان الکتریکی شارش بار خالص از هر مقطع رسانا صفر نیست.

۲۲

الف) بارالکتریکی

۲۳

الف) از $t_۱$ تا $t_۲$ جریان متوسط برابر است با:

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{۸C - ۴C}{۲s - ۱s} = \frac{۴C}{۱s} = ۴A$$

ب)

از $t_۳ = ۳s$ تا $t_۴ = ۵s$ مقدار بار کل عبوری از سطح مقطع سیم ثابت مانده است؛ پس، جریان عبوری از سیم صفر است:

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{۱۰C - ۱۰C}{۵s - ۳s} = \frac{۰}{۲s} = ۰$$

پ) از $t_۵ = ۶s$ تا $t_۶ = ۸s$ مقدار بار کل عبوری از سطح مقطع رسانا کاهش یافته است؛ پس، جهت جریان الکتریکی تغییر کرده است:

$$\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{۶C - ۲C}{۸s - ۶s} = \frac{۴C}{۲s} = ۲A$$

۲۴

الف) بار الکتریکی

ب) خلاف جهت

۲۵

الف) نادرست

۲۶ برای به دست آوردن مقاومت در هر ولتاژ باید از رابطهٔ $R=\frac{V}{I}$ استفاده کنیم:

$$\left.\begin{array}{l} R=\frac{V}{I}\Rightarrow R_{۴}=\frac{۴V}{۴mA}=\frac{۴V}{۴\times ۱۰^{-۳}A}=۱۰۰۰\Omega \\ R=\frac{V}{I}\Rightarrow R_{۲}=\frac{۲V}{۱mA}=\frac{۲V}{۱\times ۱۰^{-۳}A}=۲۰۰۰\Omega \end{array}\right\}\Rightarrow \frac{R_{۴}}{R_{۲}}=\frac{۱۰۰۰\Omega}{۲۰۰۰\Omega}=\frac{۱}{۲}$$

همان‌طور که می‌بینید، مقاومت برای یک دیود نوری ثابت نیست و با تغییر ولتاژ، تغییر کرده است.

۲۷ با توجه به اینکه نمودار یک خط راست است، جریان مستقیم است و در تمام بازه‌های زمانی جریان متوسط ثابت است:

$$\bar{I}=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{۴C-۰}{۲s-۰}=\frac{۴C}{۲s}=۲A$$

۲۸ هنگامی که اختلاف پتانسیل الکتریکی را در دو سر یک سیم رسانا اعمال می‌کنیم، درون آن میدان الکتریکی ایجاد می‌شود. به خاطر این میدان، الکترون‌ها حرکت کاتوره‌ای خود را قدری تغییر می‌دهند و با سرعتی موسوم به سرعت سوق برخلاف جهت میدان به‌طور آهسته سوق پیدا می‌کنند.

۲۹ ۲۰ ثانیه را برحسب ساعت به دست می‌آوریم:

$$۲۰s=۲۰s\times\frac{۱h}{۳۶۰۰s}=\frac{۱}{۱۸۰}h$$

$$\Delta q=\text{مساحت زیر نمودار}=\frac{۱}{۲}\times(۲۰+۱۶)\times\frac{۱}{۱۸۰}=۰/۱Ah$$

۳۰ بار کل باتری برابر $۴۰۰mAh$ است؛ پس داریم:

$$q=\bar{I}\times\Delta t\Rightarrow ۴۰۰\times ۱۰^{-۳}Ah=۲A\times\Delta t\Rightarrow\Delta t=\frac{۴۰۰\times ۱۰^{-۳}Ah}{۲A}=۰/۲h$$

اما زمان برحسب دقیقه خواسته شده است؛ پس، این زمان برحسب دقیقه برابر است با:

$$۰/۲\cancel{h}\times\frac{۶۰min}{۱\cancel{h}}=۱۲min$$

پس از این زمان چون باتری تخلیه می‌شود، لامپ خاموش می‌شود.

۳۱

الف)

$$\Delta q=۵۰Ah\quad,\quad I=۵A\quad,\quad \Delta t=?$$

$$\Delta q=I\Delta t\Rightarrow\Delta t=\frac{۵۰}{۵}\Rightarrow\Delta t=۱۰h$$

ب)

$$\Delta q=۱۰۰۰mAh=۱Ah\quad,\quad\quad,\quad I=۱۰۰\mu A=۱۰۰\times ۱۰^{-۶}A=۱۰^{-۴}A\quad,\quad\Delta t=?$$

$$\Delta t=\frac{\Delta q}{I}=\frac{۱}{۱۰^{-۴}}\Rightarrow\Delta t=۱۰^{۴}h$$

خوب است بدانید ۱۰۰۰۰ ساعت زمانی در حدود یک سال است. یعنی یک سال طول می‌کشد تا باتری خالی شود.

۳۲ وقتی کلید را می‌زنیم، با اعمال اختلاف پتانسیل به دو سر سیم، میدان الکتریکی با تندی بسیار زیاد (نزدیک به تندی نور) در سراسر سیم برقرار شده و همهٔ الکترون‌ها در تمامی بخش‌های سیم و چراغ، در خلاف جهت میدان الکتریکی حرکت کرده و با ورود الکترون‌ها از یک سو، بقیهٔ الکترون‌ها از سوی دیگر خارج می‌شوند، بنابراین جریان الکتریکی به‌سرعت ایجاد می‌شود.

۳۳

$$\frac{R_{۱}}{R_{۲}}=\frac{\frac{V_{۱}}{I_{۱}}}{\frac{V_{۲}}{I_{۲}}}\Rightarrow\frac{R_{۱}}{R_{۲}}=\frac{V_{۱}}{V_{۲}}\times\frac{I_{۲}}{I_{۱}}\Rightarrow\frac{R_{۱}}{R_{۲}}=۱\times\frac{۴}{۲}=۲$$

۳۴

الف) $A=\pi r^{۲}=۴\pi\,mm^{۲}=۴\pi\times ۱۰^{-۶}m^{۲}$

$$R=\rho\frac{L}{A}\Rightarrow\rho=\frac{RA}{L}=\frac{۲\times۴\pi\times۱۰^{-۶}}{۲}=۴\pi\times۱۰^{-۶}\simeq۱۲\times۱۰^{-۶}\Omega\cdot m$$

ب) $\frac{R_۲}{R_۱}=(\frac{r_۱}{r_۲})^۲\Rightarrow\frac{۱}{۲}=(\frac{۲}{r_۲})^۲\Rightarrow r_۲=۲\sqrt{۲}\,mm$

۳۵

الف)

$$R=\rho\frac{L}{A}=۱٫۷\times۱۰^{-۸}\times\frac{۱۰}{۱\times(۱۰^{-۳})^۲}\Rightarrow R=۰٫۱۷\,\Omega$$

ب) با توجه به این که دو قطعهٔ سیم کنار هم قرار دارند سطح مقطع نسبت به حالت اول دو برابر شده و طول سیم هم نصف می شود:

$$R=\rho\frac{L}{A}=۱٫۷\times۱۰^{-۸}\times\frac{۵}{۲\times۱\times(۱۰^{-۳})^۲}=۰٫۰۴۲۵\ \Omega$$

روش دیگر: با توجه به جواب قسمت الف و نصف شدن طول سیم و دو برابر شدن مساحت می‌توان گفت که مقاومت در حالت دوم $\frac{۱}{۴}$ حالت اول است:

$$R=\frac{۰٫۱۷}{۴}=۰٫۰۴۲۵\,\Omega$$

۳۶ الف) مستقیم

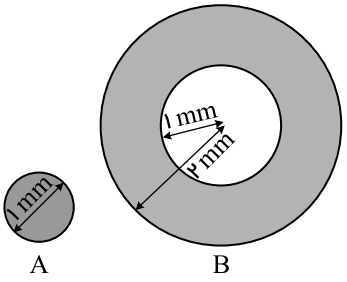
ب) مقاومت ویژه یا جنس رسانا

پ) وارون

۳۷ با فرض ثابت بودن دما، داریم:

$$R=\rho\frac{L}{A}$$

بنابراین برای دو مقاومت A و B می‌توان نوشت:



$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{\frac{L_A}{A_A}}{\frac{L_B}{A_B}}=\frac{A_B}{A_A}\cdot\frac{L_A}{L_B}=\frac{\pi r^۲_{\text{خارجی}}-\pi r^۲_{\text{داخلی}}}{\pi r^۲_A}$$

$$\Rightarrow\frac{R_A}{R_B}=\frac{(۲)^۲-(۱)^۲}{(\frac{۱}{۲})^۲}=\frac{۴-۱}{\frac{۱}{۴}}=۱۲$$

توجه: چون شعاع‌ها همگی برحسب میلی‌متر هستند و در صورت و مخرج قرار دارند، نیازی به تبدیل واحد نیست.

۳۸

الف کاهش

۳۹ میله نیم‌رسانا است، چون در نیم‌رساناها با افزایش دما، به دلیل افزایش حامل‌های بار، مقاومت الکتریکی کاهش می‌یابد؛ بنابراین جریان در مدار افزایش می‌یابد.

۴۰ الف) در دماهای پایین تعداد حامل‌های بار ناچیز است و نیم‌رسانا مانند یک نارسانا رفتار می‌کند. با افزایش دما بر تعداد این حامل‌های بار افزوده می‌شود و به این ترتیب مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد.

ب) هنگام عبور جریان از یک نیم‌رسانا که سبب گرم شدن آن می‌شود، مقاومت الکتریکی آن کاهش می‌یابد.

کم شدن مقاومت (با توجه به ثابت ماندن ولتاژ) سبب افزایش جریان عبوری از نیم‌رسانا می‌شود که خود سبب گرم‌تر شدن نیم رسانا و در نتیجه کاهش بیشتر مقاومت می‌شود. این سیکل می‌تواند با ادامه یافتن سبب سوختن وسیله شود مگر آن‌که آن را با فن خنک کنیم.

۴۱ ابتدا مساحت سطح مقطع سیم را محاسبه می‌کنیم:

$$A=\pi r^۲=\pi(۲\times۱۰^{-۳})^۲=۴\pi\times۱۰^{-۶}m^۲$$

$$R=\rho\frac{L}{A}\Rightarrow R=۲\pi\times۱۰^{-۵}\times\frac{۱}{۴\pi\times۱۰^{-۶}}\Rightarrow R=۵\Omega$$

$$V=RI\Rightarrow I=\frac{V}{R}=\frac{۲۰}{۵}=۴A$$

مقدار بار عبور کننده: $q=It\Rightarrow q=۴\times۶۰=۲۴۰C$

$$q = \pm ne \Rightarrow ۲۴۰ = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = \frac{۲۴۰}{۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}} = ۱/۵ \times ۱۰^{۲۱}$$

پس تعداد الکترون‌های عبور کننده $۱/۵ \times ۱۰^{۲۱}$ عدد خواهد بود.

۴۲ الف) در این حالت که مسیر کوتاه‌تر است، از سیم نمرهٔ ۲۰ استفاده می‌شود؛ یعنی قطر سیم $۰/۰۸\,cm$ است و داریم:

$$R = \rho\frac{L}{A} = ۱/۷ \times ۱۰^{-۸} \times \frac{۳۰}{\pi(۰/۰۴ \times ۱۰^{-۲})^{۲}} \simeq ۱/۰۱\Omega$$

$$\rho_{\text{مس}} = ۱/۷ \times ۱۰^{-۸}\Omega \cdot m$$

ب) در این حالت که طول سیم ۷۰ متر است، از سیم ۱۶ با قطر $۰/۱۳\,cm$ استفاده می‌شود:

$$R = \rho\frac{L}{A} = ۱/۷ \times ۱۰^{-۸} \times \frac{۷۰}{\pi(۰/۰۶۵ \times ۱۰^{-۲})^{۲}} \simeq ۰/۹\Omega$$

۴۳ الف) سبز $a =$ زرد $b =$

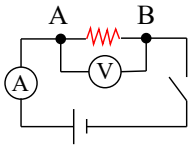
ب) سیم‌ها همجنس و هم‌دما هستند، پس مقاومت ویژهٔ آنها یکسان است. بنابراین داریم:

$$R = \rho\frac{L}{A}$$

$$\frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱} \times \frac{A_۱}{A_۲} \times \frac{L_۲}{L_۱} \Rightarrow \frac{R_۲}{R_۱} = \frac{A}{\frac{A}{۲}} \times \frac{۲L}{L} \Rightarrow \frac{R_۲}{R_۱} = ۴$$

۴۴ نقره: $\frac{L_۲}{L_۱} = \frac{\rho_۱}{\rho_۲} \leftarrow \frac{R_۱}{R_۲} = \frac{\rho_۱}{\rho_۲} \times \frac{L_۱}{L_۲} \times \frac{A_۲}{A_۱}$ بنابراین نقره که مقاومت ویژه‌ی کم‌تری دارد طول بیشتری دارد.

۴۵



در مداری مطابق شکل، قطعه‌ای از سیم تنگستن را بین نقاط A و B قرار داده با بستن کلید و با استفاده از عددهای ولت‌سنج و آمپرسنج، اختلاف پتانسیل دو سر سیم (برحسب ولت) و جریانی که از مدار می‌گذرد (برحسب آمپر) را اندازه می‌گیریم. سپس با استفاده از قانون اهم $(R = \frac{V}{I})$، مقاومت قطعه سیم را (برحسب اهم) به‌دست می‌آوریم.

سپس همین کار را برای قطعه سیم نیکروم انجام می‌دهیم و مقاومت قطعه سیم را تعیین می‌کنیم با مقایسهٔ دو مقاومت به‌دست آمده نتیجه می‌گیریم که مقاومت رسانا در دمای ثابت، به جنس رسانا بستگی دارد.

۴۶

الف) نادرست

۴۷

الف) نصف

۴۸

الف) نادرست

ب) درست

پ) نادرست

۴۹

الف) مستقیم

ب) کمتر

پ) زیاد

۵۰

الف) نادرست

ب) درست

پ درست

۵۱ شیب نمودار $V-I$ طبق رابطهٔ $V=RI$، مقاومت سیم را نشان می‌دهد. چون شیب در حالت (۱) بیشتر است، مقاومت رسانا در دمای $\theta_۱$ بیشتر است. با توجه به این، هر چه دما بالاتر باشد، مقاومت بیشتر است. بنابراین $\theta_۱$ باید بیشتر از $\theta_۲$ باشد:

شیب نمودار (۲) $>$ شیب نمودار (۱): در نمودار V برحسب I

$$\rightarrow R_۱ > R_۲ \Rightarrow \theta_۱ > \theta_۲$$

۵۲ شیب نمودار جریان برحسب ولتاژ $(I-V)$ برابر $\frac{۱}{R}$ است؛ پس، رسانای A که نمودار آن شیب کمتری دارد، دارای مقاومت بیشتری است:

$$R_A > R_B$$

از طرفی طول و جنس دو رسانا یکسان است؛ پس:

$$R_A > R_B \Rightarrow \rho\frac{L}{A_A} > \rho\frac{L}{A_B} \Rightarrow \frac{۱}{A_A} > \frac{۱}{A_B} \Rightarrow A_A < A_B$$

پس سطح مقطع رسانای B بزرگ‌تر است.

۵۳ هر چقدر شیب نمودار $V-I$ بیشتر باشد، مقاومت بیشتر است؛ بنابراین، $R_A > R_B$ است و داریم:

$$R_A > R_B \Rightarrow \rho_A\frac{L_A}{A_A} > \rho_B\frac{L_B}{A_B}$$

۵۴ وقتی اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها یکسان باشد، هرچه مقاومت کمتر باشد، جریان بیشتری از رسانا می‌گذرد؛ پس باید به دنبال کوچک‌ترین مقاومت بگردیم. برای این کار به کمک رابطهٔ $R=\rho\frac{L}{A}$ مقاومت این سه سیم را محاسبه می‌کنیم:

$$\left.\begin{aligned} R_۱ &= \frac{\rho_۱ L_۱}{A_۱} = \frac{\rho\frac{L}{۲}}{\frac{A}{۲}} = \frac{\rho L}{A} \\ R_۲ &= \frac{\rho_۲ L_۲}{A_۲} = \frac{\rho_۲ \times (۱/۵L)}{\frac{A}{۲}} = \frac{۳\rho L}{A} \\ R_۳ &= \frac{\rho_۳ L_۳}{A_۳} = \frac{\rho L}{A} \end{aligned}\right\} \Rightarrow R_۲ > R_۱ = R_۳$$

با توجه به رابطهٔ $I=\frac{V}{R}$ داریم:

$$R_۲ > R_۱ = R_۳ \Rightarrow I_۲ < I_۳ = I_۱$$

۵۵ دو رسانا از یک ماده ساخته شده‌اند و طول یکسانی دارند؛ پس، $\rho_A=\rho_B$ و $L_A=L_B$ است. رسانای A یک استوانهٔ توپر است، پس مساحت مقطع آن برابر $\pi r_A^۲$ است. رسانای B لوله‌ای توخالی به شعاع خارجی $r_{B۱}$ و شعاع داخلی $r_{B۲}$ است؛ پس مساحت مقطع این سیم $\pi(r_{B۱}^۲ - r_{B۲}^۲)$ است و داریم:

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A} = ۱ \times ۱ \times \frac{\pi((r_{B۱})^۲ - (r_{B۲})^۲)}{\pi r_A^۲}$$

$$= \frac{(۴)^۲ - (۲)^۲}{۱۰^۲} = \frac{۱۶-۴}{۱۰۰} = \frac{۱۲}{۱۰۰} = ۰/۱۲$$

پس مقاومت A، ۰/۱۲ برابر مقاومت B است. به این نکته دقت کنید که چون نسبت مقاومت‌ها را می‌خواستیم، لازم نبود تبدیل واحد را انجام دهیم.

۵۶ ۱-

جنس سیم	طول سیم	قطر سیم	اختلاف پتانسیل (V)	جریان (I)	مقاومت $(R=\frac{V}{I})$
نیکروم	$۰/۵m$	$۱/۶mm$	$۵V$	$۲۰A$	$۰/۲۵\Omega$
نیکروم	$۱m$	$۱/۶mm$	$۵V$	$۱۰A$	$۰/۵\Omega$
نیکروم	$۲m$	$۱/۶mm$	$۵V$	$۵A$	۱Ω

با افزایش طول سیم، مقاومت آن نیز به همان نسبت افزایش می‌یابد. بنابراین مقاومت سیم با طول آن رابطهٔ مستقیم دارد.

۲-

جنس سیم	طول سیم	قطر سیم	اختلاف پتانسیل (V)	جریان (I)	مقاومت ($R=\frac{V}{I}$)
نیکروم	$۵m$	$۳mm$	$۵V$	$۷A$	$۰/۷\Omega$
نیکروم	$۵m$	$۲mm$	$۵V$	$۳A$	$۱/۶\Omega$
نیکروم	$۵m$	$۱mm$	$۵V$	$۰/۸A$	$۶/۲۵\Omega$

با کاهش سطح مقطع سیم، مقاومت آن افزایش می‌یابد. بنابراین مقاومت سیم با سطح مقطع آن رابطهٔ وارون دارد.

۳-

جنس سیم	طول سیم	قطر سیم	اختلاف پتانسیل (V)	جریان (I)	مقاومت ($R=\frac{V}{I}$)
کنستانتان	$۲m$	$۱/۶mm$	$۵V$	$۱۱A$	$۰/۴۵\Omega$
نیکروم	$۲m$	$۱/۶mm$	$۵V$	$۵A$	۱Ω

مقاومت یک رسانا در دمای ثابت به طول، سطح مقطع و جنس رسانا بستگی دارد.

۵۷

$$R=\frac{\rho L}{A}\rightarrow R=۱/۷\times ۱۰^{-۸}\times\frac{۱۰۰}{\pi(\frac{۲/۰۳۲}{۲}\times ۱۰^{-۳})^{۲}}\simeq ۰/۵۲\Omega$$

۵۸

$$\rho_A=\rho_B\ ,\ L_a=۲L_B\ ,\ r_A=\frac{\sqrt{۲}}{۲}r_B$$

چون هر دو سیم مسی و در دمای یکسان هستند، داریم:

$$\Rightarrow A_A=(\frac{\sqrt{۲}}{۲})^{۲}A_B\Rightarrow A_A=\frac{۱}{۲}A_B$$

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{L_A}{L_B}\times\frac{A_B}{A_A}=۱\times ۲\times ۲=۴$$

۵۹

$$\rho_A=\rho_B\ ,\ L_A=۲L_B\ ,\ A_A=۲A_B$$

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{L_A}{L_B}\times\frac{A_B}{A_A}\Rightarrow\frac{R_A}{R_B}=۱\times ۲\times\frac{۱}{۲}=۱$$

۶۰ الف) برابر نیروی محرکهٔ مولد است. ب) ظرفیت افزایش می‌یابد، میدان الکتریکی ثابت می‌ماند.

۶۱ الف) هنگامی‌که کلید باز است جریانی از مولد نمی‌گذرد بنابراین rI صفر است.

بنابراین: $V=\varepsilon-\cancel{rI}_{۰}\Rightarrow V=\varepsilon$

یعنی ولتاژ اندازه‌گیری شده از دو سر مولد همان نیرو محرکه مولد می‌باشد پس: $\varepsilon=۶V$

با بسته شدن کلید جریان مدار $۲A$ خواهد شد و ولت‌سنج هم با مولد و هم با R موازی است پس ولتاژ دو سر مقاومت R را هم نشان می‌دهد:

$$V=\varepsilon-rI=RI\Rightarrow ۶-r\times ۲=۲\times ۲\Rightarrow ۲r=۲\Rightarrow r=۱\Omega$$

ب) همانطور که گفته شد با بستن کلید، ولت سنج RI را نشان می‌دهد:

$$V=RI=۲\times ۲=۴V$$

۶۲ شیب نمودار برابر $-r$ است، چون خط ها موازی اند، مقاومت درونی مولد ها یکسان است.

$$r_A=r_B\qquad \varepsilon_A<\varepsilon_B$$

۶۳

الف)

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{۱۲}{۲+۱}=\frac{۱۲}{۳}=۴A$$

ب) $V=\varepsilon-rI=۱۲-۱\times ۴=۱۲-۴=۸v$

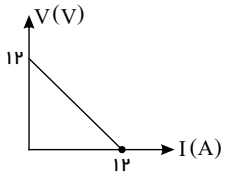
راه دیگر آن است که بدانیم ولتاژ دو سر مولد همان ولتاژ دو سر R است یعنی:

$$V=RI=۲\times ۴=۸V$$

ج) با توجه به آن‌که مقدارهای ε و r ثابت هستند می‌توان رابطهٔ مربوط به ولتاژ دو سر مولد را به‌صورت کلی روبرو نوشت:

$$V = \varepsilon - rI \Rightarrow V = ۱۲ - I \Rightarrow V = -I + ۱۲$$

این رابطه نشان می‌دهد که نمودار $V - I$ خطی با شیب (-۱) و عرض از مبدأ ۱۲ است:



۶۴ الف) مطابق شکل، جریان از پایانهٔ b خارج شده و به پایانهٔ a وارد شده است، پس پایانهٔ b قطب مثبت و پایانهٔ a قطب منفی باتری است.

ب) بزرگی جریان در نقاط a ، b و c یکسان است.

پ) جهت جریان در مدار از پتانسیل الکتریکی بیشتر به کمتر است؛ بنابراین داریم:

$$V_b > V_c > V_a$$

ت) $U = q \cdot V$ است؛ بنابراین چون q مثبت است، علامت U هم‌علامت با V خواهد بود. یعنی:

$$U_b > U_c > U_a$$

۶۵ در این مشابهت‌سازی، دست شخص جایگزین منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی شده است و انرژی پتانسیل لازم برای حرکت روبه‌پایین تیله‌ها را فراهم می‌کند. میخ‌ها نیز جایگزین اتم‌ها و مولکول‌های قرارگرفته سر راه حرکت الکترون‌های آزاد شده‌اند.

به این ترتیب تیله‌ها با رها شدن از بالای سطح شیبدار، به‌خاطر وجود اختلاف ارتفاع رو به پایین حرکت می‌کنند، ولی در بین راه با برخورد به میخ‌ها بخشی از انرژی خود را از دست می‌دهند و این کاملاً مشابه وضعیت حرکت الکترون‌های آزاد درون یک سیم، تحت تأثیر اختلاف پتانسیل الکتریکی است.

۶۶

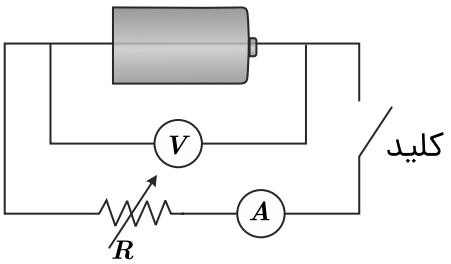
الف درست

۶۷

الف نادرست

ب درست

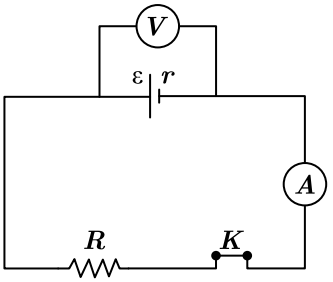
۶۸ مداری مطابق شکل می‌سازیم. در حالتی که کلید باز است، عدد ولت‌سنج همان نیروی محرکهٔ مولد را نشان می‌دهد. وقتی کلید را می‌بندیم، عدد ولت‌سنج و آمپرسنج را می‌خوانیم و در رابطهٔ $V = \varepsilon - Ir$ قرار می‌دهیم؛ با داشتن ε از مرحلهٔ اول، و مقدار مقاومت داخلی مولد را حساب می‌کنیم.



۶۹ الف) آمپرسنج $A_۱$؛ زیرا هرچه طول رسانا کمتر باشد مقدار مقاومت آن کمتر و در نتیجه جریان بیشتر است (باتری‌ها مشابه هستند؛ در نتیجه جریان با مقاومت رابطهٔ عکس دارد.)

ب) ارتباط مستقیم مقاومت الکتریکی با طول رسانا $(R \propto L)$

۷۰ A باتری فرسوده است و B باتری نو؛ زیرا مقاومت درونی باتری A (که برابر با اندازهٔ شیب نمودار است) بزرگ‌تر است.



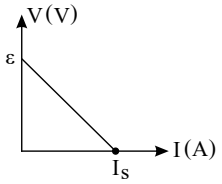
۷۱ مداری مطابق شکل می‌بندیم.

در حالتی که کلید باز است، عدد ولت‌سنج را می‌خوانیم که نشان‌دهندهٔ نیروی محرکهٔ باتری است. پس از بسته شدن کلید، اعداد آمپرسنج و ولت‌سنج به ترتیب I و V را نشان می‌دهند.

اعداد به‌دست‌آمده را در رابطه $V = \varepsilon - Ir$ قرار داده و مقدار r را محاسبه می‌کنیم.

۷۲ در حالت کلی برای ولتاژ دو سر مولد در چنین مداری می‌توان نوشت: $\begin{cases} V = \varepsilon - rI \\ V = RI \end{cases}$

واضح است که ε و r ثابت هستند پس نمودار $V - I$ خطی با شیب $(-r)$ و عرض از مبدأ ε خواهد بود.



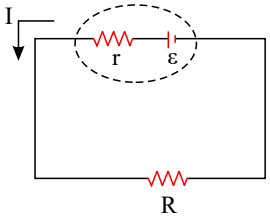
محل تقاطع این خط با محور I در واقع نشان‌دهندهٔ جریان در حالتی است که ولتاژ دو سر مولد یا بعبارتی V_{ab} برابر با صفر شده است یعنی مقاومت متغیر مدار دارای مقدار صفر بوده است: $V = \cancel{R}^{\text{صفر}} I = ۰$

بعبارت دیگر این جریان که با I_s نشان داده شده است جریان اتصال کوتاه یا بیش‌ترین جریان عبوری از مولد است:

$$۰ = \varepsilon - rI \Rightarrow I_s = \frac{\varepsilon}{r}$$

۷۳ چون آمپرسنج به‌صورت سری در مدار قرار می‌گیرد، باید در حالت ایده‌آل دارای مقاومت صفر باشد و در حالت واقعی، کمترین مقدار ممکن را داشته باشد. زیرا اگر آمپرسنج دارای مقاومت زیاد باشد، چون به‌صورت سری در مدار قرار گرفته، مقاومت آن با سایر مقاومت‌ها جمع شده و سبب کاهش جریان عبوری از مدار می‌شود و خطا در اندازه‌گیری به شدت افزایش می‌یابد.

۷۴ اختلاف پتانسیل دو سر یک باتری وقتی به مدار بسته نیست، همان نیروی محرکهٔ الکتریکی آن است. بنابراین: $\varepsilon = ۱۲V$



اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت و مولد یکسان هستند:

$$V = RI \Rightarrow ۱۰/۹ = ۱۰\, I \Rightarrow I = \frac{۱۰/۹}{۱۰} = ۱/۰۹A$$

اکنون می‌توان نوشت:

$$V = \varepsilon - rI$$

$$۱/۰۹ = ۱۲ - r \times ۱/۰۹ \Rightarrow ۱/۰۹r = ۱/۱ = ۱/۰۰۹ \Rightarrow r \simeq ۱\,\Omega$$

۷۵ با افزایش مقاومت جریان کاهش می‌یابد. طبق رابطه‌ی $V = \varepsilon - Ir$ اختلاف پتانسیل دو سر مولد افزایش می‌یابد و ولت‌سنج عدد بیش‌تری را نشان می‌دهد.

۷۶

الف در مقدار مقاومت درونی باتری‌ها است؛ به گونه ای که مقاومت درونی باتریِ فرسوده، بیشتر از باتری نو است.

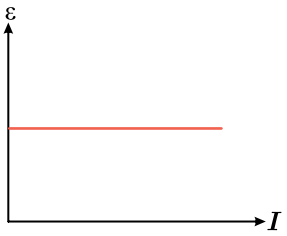
ب نسبت بار الکتریکی خالص Δq به بازه‌ی زمانی Δt در یک رسانا را جریان الکتریکی متوسط گویند.

۷۷

الف درست

ب

نادرست؛ نیروی محرکهٔ الکتریکی با تغییر جریان تغییر نمی‌کند. نمودار ε برحسب I به‌صورت روبه‌رو است:



پ نادرست؛ قاعدهٔ حلقه چیزی جز پایستگی انرژی نیست.

۷۸

الف $I=\frac{\varepsilon}{r}\rightarrow ۱۲=\frac{۲۴}{r}\Rightarrow r=۲\Omega$

ب

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}\rightarrow I=\frac{۲۴}{۱۰+۲}=۲A \qquad P=RI^{۲}\Rightarrow P=۱۰\times ۲^{۲}=۴۰W$$

۷۹ زمانی که $I=۰$ است، نمودار ε و وقتی $\Delta V=۰$ باشد، نمودار $\frac{\varepsilon}{r}$ را مشخص می‌کند؛ پس:

$$I=۰\Rightarrow \Delta V=\varepsilon=۱۲V$$

$$\Delta V=۰\Rightarrow r=\frac{\varepsilon}{I_{max}}=\frac{۱۲V}{۲۴A}=۰/۵\Omega$$

۸۰ شباهت: $\varepsilon_A=\varepsilon_B$ (چون عرض از مبدأهای یکسان دارند)

تفاوت: $r_A\neq r_B$ (چون شیب دو نمودار با هم برابر نیست.)

۸۱ هنگامی که کلید باز است، اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر با نیروی محرکهٔ الکتریکی است، پس:

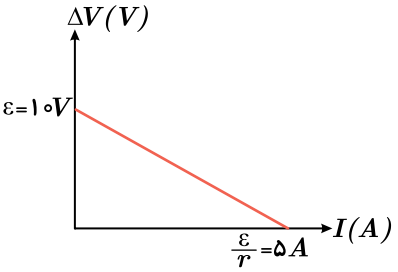
$$\varepsilon=۹V$$

وقتی کلید بسته است، اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر با $\varepsilon-Ir$ می‌شود و داریم:

$$\Delta V=\varepsilon-Ir\Rightarrow ۸V=۹V-(۱A)r$$

$$\Rightarrow r=\frac{۹V-۸V}{۱A}=\frac{۱V}{۱A}=۱\Omega$$

۸۲ همان‌طور که خواندید، عرض از مبدأ در نمودار ΔV برحسب I برابر با ε است؛ پس، $\varepsilon=۱۰V$ است. محل برخورد نمودار با محور I هم برابر $\frac{\varepsilon}{r}$ است؛ بنابراین، $\frac{\varepsilon}{r}=۵A$ است و مطابق شکل روبه‌رو برای مقاومت درونی داریم:



$$\left.\begin{matrix}\varepsilon=۱۰V\\ \frac{\varepsilon}{r}=۵A\end{matrix}\right\}\Rightarrow r=\frac{\varepsilon}{\frac{\varepsilon}{r}}=\frac{۱۰V}{۵A}=۲\Omega$$

از طرفی می‌دانیم $\Delta V=\varepsilon-Ir$ است؛ پس، اختلاف پتانسیل دو سر باتری وقتی جریان $I=۲A$ از آن می‌گذرد، به‌صورت زیر است:

$$\Delta V=\varepsilon-Ir=۱۰V-(۲A)\times(۲\Omega)=۱۰V-۴V=۶V$$

۸۳ وقتی کلید قطع است، ولت‌سنج مقدار ε را نشان می‌دهد؛ پس:

کلید قطع $\Rightarrow \Delta V=\varepsilon=۱۰V$

وقتی کلید بسته است، ولت‌سنج مقدار $\varepsilon-Ir$ را نشان می‌دهد:

کلید بسته $\Rightarrow \Delta V=\varepsilon-Ir\Rightarrow ۸V=۱۰V-Ir\ \ (I)$

خب الان یک معادله داریم ۲مجهول!!! به یک معادلهٔ دیگر نیاز داریم. این معادله همان رابطهٔ محاسبهٔ جریان در مدار تک‌حلقه است:

$$I=\frac{\varepsilon}{r+R}\Rightarrow I=\frac{۱۰V}{r+۴\Omega}\ \ (II)$$

حالا دو معادله و دو مجهول داریم. به‌جای (I) در رابطهٔ ال قرار می‌دهیم $\frac{۱۰}{r+۴}$ و مقدار درونی منبع را به دست می‌آوریم:

$$\left.\begin{array}{l} ۸V = ۱۰V - Ir \\ I = \dfrac{۱۰V}{r+۴\Omega} \end{array}\right\} \Rightarrow ۸V = ۱۰V - (\frac{۱۰V}{r+۴\Omega})r \Rightarrow (\frac{۱۰V}{r+۴\Omega})r = ۲V \Rightarrow \frac{۱۰V}{r+۴\Omega} = ۲ \Rightarrow \frac{۵r}{r+۴\Omega} = ۱$$

$$\Rightarrow ۵r = r + ۴\Omega \Rightarrow ۴r = ۴\Omega \Rightarrow r = ۱\Omega$$

۸۴ با توجه به تعریف نیروی محرکهٔ الکتریکی داریم:

$$\varepsilon = \frac{\Delta W}{\Delta q} \Rightarrow ۱۲V = \frac{\Delta W}{۴\mu C}$$

$$\Rightarrow \Delta W = (۱۲V)(۴\mu C) = ۴۸\mu J = ۴۸ \times ۱۰^{-۶} J$$

۸۵ مقادیر به‌دست‌آمده برای باتری نو به‌صورت زیر است:

$$\varepsilon = ۱/۲V \ , \ V_b - V_a = ۱V \ , \ I = ۰/۵A$$

مقاومت باتری نو:

$$V_b - V_a = \varepsilon - Ir \Rightarrow ۱ = ۱/۲ - ۰/۵r \Rightarrow r = ۰/۴\Omega$$

مقادیر به‌دست‌آمده برای باتری فرسوده نیز برابر است با:

$$\varepsilon = ۱/۲V \ , \ V_b - V_a = ۰/۸V \ , \ I = ۰/۲A$$

مقاومت داخلی باتری فرسوده:

$$V_b - V_a = \varepsilon - Ir \Rightarrow ۰/۸ = ۱/۲ - ۰/۲r \Rightarrow ۰/۲r = ۰/۴ \Rightarrow r = ۲\Omega$$

یعنی نیروی محرکه برای باتری نو و فرسوده، یکسان است. درحالی که باتری فرسوده، مقاومت داخلی بسیار بزرگ‌تری نسبت به باتری نو دارد.

۸۶ زیرا با حرکت در جهت خط‌های میدان الکتریکی، پتانسیل الکتریکی کاهش و با حرکت در خلاف جهت میدان، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

۸۷ از رابطهٔ $V = \varepsilon - rI$ کمک می‌گیریم. وقتی کلید باز است، یعنی $I = ۰$ است و ولت‌سنج همان ε را نشان می‌دهد، ولی اگر کلید بسته شود و جریان برقرار شود، آنگاه به اندازه rl از مقدار ε کم می‌شود و ولت‌سنج مقدار V را که از ε کوچک‌تر است، نشان می‌دهد.

۸۸ ابتدا جریان مدار را به دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I = \frac{۶}{۱/۵ + ۰/۵} = ۳A$$

بنابراین آمپرسنج $۳A$ را نشان می‌دهد.

ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت را نشان می‌دهد که برابر است با:

$$V = IR \Rightarrow V = ۳ \times ۱/۵ = ۴/۵V$$

۸۹ باید توجه کرد که چون مقاومت لامپ ثابت فرض شده است می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{array}{l} P_۱ = \dfrac{V_۱^۲}{R} \\ P_۲ = \dfrac{V_۲^۲}{R} \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{P_۱}{P_۲} = \frac{\frac{V_۱^۲}{R}}{\frac{V_۲^۲}{R}} = (\frac{V_۱}{V_۲})^۲ \Rightarrow \frac{۱۰۰}{P_۲} = (\frac{۲۲۰}{۱۱۰})^۲ = ۴ \Rightarrow P_۲ = \frac{۱۰۰}{۴} = ۲۵W$$

به عبارت دیگر با نصف کردن ولتاژ دو سر لامپ، نور آن $\frac{۱}{۴}$ خواهد شد.

۹۰ الف) با توجه به اطلاعات اسمی نوشته‌شده روی وسیله‌ها:

$$P_{\text{کتری}} = VI_{\text{کتری}} \Rightarrow I_{\text{کتری}} = \frac{۲۴۰۰}{۲۲۰} = ۱۰/۹۱A$$

$$P_{\text{اتو}} = VI_{\text{اتو}} \Rightarrow I_{\text{اتو}} = \frac{۸۵۰}{۲۲۰} = ۳/۸۶A$$

ب) به کمک رابطهٔ $P = \frac{V^۲}{R}$ می‌توان مقاومت‌ها را در حالت روشن محاسبه کرد:

$$P_{\text{کتری}} = \frac{V^۲}{R_{\text{کتری}}} \Rightarrow R_{\text{کتری}} = \frac{(۲۲۰)^۲}{۲۴۰۰} = ۲۰/۱۷\Omega$$

$$P_{\text{اتو}} = \frac{V^۲}{R_{\text{اتو}}} \Rightarrow R_{\text{اتو}} = \frac{(۲۲۰)^۲}{۸۵۰} = ۵۶/۹۴\Omega$$

۹۱

طبق رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R+r}$ ابتدا جریان مدار را محاسبه می‌کنیم، سپس توان تولیدی مولد را می‌یابیم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{۱۲}{۵٫۶+۰٫۴}=۲A$$

$$\text{توان تولیدی مولد}=P=\varepsilon I=۱۲\times ۲=۲۴W$$

۹۲ از رابطهٔ $U=RI^{۲}$ استفاده می‌کنیم:

$$U=RI^{۲}t=(۱۰۰\Omega)\times(۱۲A)^{۲}\times(\frac{۲۰}{۶۰}h)$$

$$=۴۸۰۰Wh=۴٫۸kWh$$

۹۳ الف)

$$P=\frac{V^{۲}}{R}\rightarrow ۲۲۰۰=\frac{۲۲۰^{۲}}{R}\Rightarrow R=۲۲\Omega$$

ب)

$$U=P\cdot t\Rightarrow U=۲٫۲\times ۱٫۵=۳٫۳kWh\Rightarrow \text{بهای برق}=۳٫۳\times ۱۰۰=۳۳۰\ \text{تومان}$$

۹۴ الف) به یاد داریم که $Q=mc\Delta\theta$ و ضمناً داریم:

$$W=P\cdot t=Q\Rightarrow Pt=mc\Delta T\Rightarrow P\times ۷\times ۶۰=۱\times ۴۲۰۰\times(۶۰-۲۰)\Rightarrow P=۴۰۰W$$

$$P=\frac{V^{۲}}{R}\Rightarrow R=\frac{V^{۲}}{P}=\frac{۱۰۰^{۲}}{۴۰۰}=۲۵\Omega$$

$$R=\rho\frac{L}{A}\Rightarrow L=\frac{RA}{\rho}=\frac{۲۵\times ۰٫۸\times ۱۰^{-۶}}{۱۰^{-۷}}\Rightarrow L=۲۰۰m$$

ب)
$$q=It\Rightarrow q=\frac{V}{R}t=\frac{۱۰۰}{۲۵}\times ۷\times ۶۰=۱۶۸۰C$$

۹۵ الف) با فرض آنکه توان مصرفی تلویزیون $۱۵۰W$ و توان مصرفی لامپ $۲۰W$ باشد، داریم:

$$U_{\text{تلویزیون}}=P_{\text{تلویزیون}}t\Rightarrow U_{\text{تلویزیون}}=\frac{۱۵۰}{۱۰۰۰}\times(۳۰\times ۸)=۳۶kWh$$

$$U_{\text{لامپ}}=P_{\text{لامپ}}t\Rightarrow U_{\text{لامپ}}=\frac{۲۰}{۱۰۰۰}\times(۳۰\times ۸)=۴٫۸kWh$$

ب)

$$\text{بهای برق مصرفی تلویزیون}=۳۶\times ۵۰=۱۸۰۰\ \text{تومان}$$

$$\text{بهای برق مصرفی لامپ}=۴٫۸\times ۵۰=۲۴۰\ \text{تومان}$$

پ) برای یک خانه:

$$U=Pt\Rightarrow U=\frac{۱۰۰}{۱۰۰۰}\times(۳\times ۳۰)\Rightarrow U=۹kWh$$

فرض می‌کنیم در تهران حدود ۳ میلیون خانه وجود دارد:

$$U=۹\times ۳\times ۱۰^{۶}=۲۷\times ۱۰^{۶}kWh$$

۹۶ می‌دانیم که $R=\rho\frac{L}{A}$ است. چون طول و جنس رشته‌ها یکسان است، لامپی که رشتهٔ آن ضخیم‌تر باشد، سطح مقطع سیم آن بزرگ‌تر است و مقاومت کمتری دارد. پس:

$$A_B>A_A\Rightarrow R_B<R_A$$

به‌ازای اختلاف پتانسیل یکسان، از مقاومت کوچک‌تر جریان بزرگ‌تری عبور می‌کند. جریان بزرگ‌تر به معنی توان بزرگ‌تر و در نتیجه نور بیشتر است (با توجه به رابطهٔ $P=VI$):

$$\left.\begin{array}{l}V_A=V_B\\R_B<R_A\\V=RI\end{array}\right\}\Rightarrow I_B>I_A\Rightarrow P_B>P_A$$

از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ نیز می‌توان استفاده کرد. پس توان لامپی بیشتر است که مقاومت کمتری دارد. در نتیجه نور لامپ B بیشتر است.

۹۷ الف)

$$\Delta U = q \cdot \Delta V$$

$$۱ \times ۱۰^۹ = q \times ۵ \times ۱۰^۷ \Rightarrow q = \frac{۱۰^۹}{۵ \times ۱۰^۷} = ۲۰\,C$$

ب)

$$I = \frac{q}{t} = \frac{۲۰}{۰/۲} = ۱۰۰\,A$$

پ)

$$P = \frac{U}{t} = \frac{۱ \times ۱۰^۹}{۰/۲} = ۵ \times ۱۰^۹ W$$

۹۸

الف اختلاف پتانسیل

ب معکوس مقاومت الکتریکی $(\frac{۱}{R})$

پ اهم‌سنج

۹۹

الف این اعداد به این معنا هستند که اگر لامپ به اختلاف پتانسیل $۲۲۰V$ وصل شود، توان مصرفی لامپ $۱۰۰W$ می‌شود؛ پس:

$$P = I\Delta V \Rightarrow I = \frac{P}{\Delta V} = \frac{۱۰۰W}{۲۲۰V} = \frac{۵}{۱۱}A$$

ب برای به دست آوردن انرژی مصرفی هم از رابطهٔ $U = P\Delta t$ استفاده می‌کنیم:

$$U = P\Delta t = (۱۰۰W)(۱۰۰۰h) = ۱۰^۵ Wh = ۱۰^۲ kWh = ۱۰۰kWh$$

پ هزینهٔ برق مصرفی برابر است با:

مقدار برق مصرفی برحسب kWh $\times$ بهای $۱kWh$ = هزینهٔ برق مصرفی $= ۵۰ \times ۱۰۰ = ۵۰۰۰$

پس بهای برق مصرفی این لامپ در ۱۰۰۰ ساعت ۵۰۰۰ تومان است.

۱۰۰ گام اول: ابتدا مقاومت این قطعه سیم را با استفاده از رابطهٔ $R = \rho\frac{L}{A}$ به دست می‌آوریم:

$$R = \rho\frac{L}{A} = ۱۰^{-۶}\Omega \cdot m \times \frac{۲m}{۰/۲ \times ۱۰^{-۶} m^۲} = ۱۰\Omega$$

گام دوم: حالا توان مصرفی را به دست می‌آوریم:

$$P = \frac{(\Delta V)^۲}{R} = \frac{(۲۰۰V)^۲}{۱۰\Omega} = ۴۰۰۰W = ۴kW$$

گام سوم: توجه کنید که چون توان را برحسب کیلووات داریم، اگر زمان را برحسب ساعت به دست آوریم، به راحتی می‌توانیم انرژی مصرفی را برحسب کیلووات ساعت حساب کنیم:

$$\Delta t = ۲۰min = \frac{۱}{۳}h$$

بنابراین انرژی مصرفی برحسب کیلووات ساعت برابر است با:

$$U = P\Delta t = ۴kW \times \frac{۱}{۳}h = \frac{۴}{۳}kWh$$

۱۰۱ مقاومت لامپ خاموش ۴۰Ω اندازه‌گیری می‌شود: $R_{\text{خاموش}} = ۴۰\Omega$

اگر توان لامپ $P = ۱۰۰W$ و ولتاژ اعمال‌شده به آن $V = ۲۲۰V$ باشد، مقاومت لامپ روشن به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{V^۲}{R} \Rightarrow R = \frac{V^۲}{P} = \frac{۲۲۰ \times ۲۲۰}{۱۰۰} \Rightarrow R_{\text{روشن}} = ۴۸۴\Omega$$

از آنجایی که با افزایش دما، مقاومت رسانا افزایش می‌یابد، مقاومت لامپ روشن به دلیل دمای بالای آن بسیار بیشتر از مقاومت لامپ خاموش است.

۱۰۲ مقداری آب به جرم m و دمای $\theta_۱$ را درون یک گرماسنج قرار می‌دهیم. مداری شامل یک گرمکن الکتریکی، آمپرسنج و منبع تغذیه با ولتاژ معین تشکیل

داده و گرمکن را داخل گرماسنج می‌گذاریم. گرمکن را برای مدت زمان مشخصی روشن و جریان عبوری و ولتاژ اعمال شده به مدار را اندازه‌گیری می‌کنیم. سپس با کمک دماسنج تغییر دمای آب را اندازه‌گیری می‌کنیم. مشاهده می‌شود که گرمای لازم برای تغییر دمای آب ($Q = mc\Delta\theta$) با انرژی مصرفی گرمکن ($U_{\text{مصرفی}} = P_{\text{مصرفی}}\, t = VIt$) برابر است.

۱۰۳ کافی است که مقدارهای داده‌شده را در رابطهٔ $P_{\text{تلف‌شده}} = r_1 I^2$ قرار دهیم:

$$P_{\text{تلف‌شده}} = r_1 I^2 = 1\Omega \times (2A)^2 = 4W$$

۱۰۴ برای به دست آوردن توان خروجی اصلاً کار سختی نداریم:

$$P_{\text{خروجی باتری}} = \varepsilon I - rI^2 = (12V)(2A) - (2\Omega)(2A)^2 = 24W - 8W = 16W$$

برای به دست آوردن توان مصرفی در مقاومت هم کار سختی نداریم:

$$P_{\text{مصرفی مقاومت}} = RI^2 = (4\Omega)(2A)^2 = 16W$$

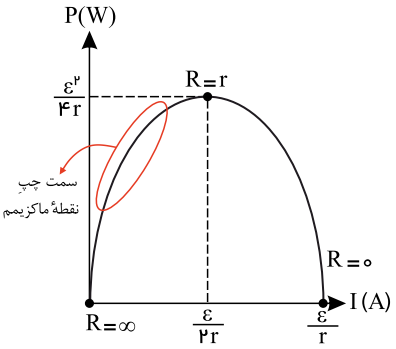
همان‌طور که براساس پایستگی انرژی انتظار داریم، توان مصرفی در مقاومت برابر توان خروجی در باتری است. این به معنای این است که انرژی تولیدشده در باتری در مقاومت مصرف می‌شود.

۱۰۵ توان تلف‌شده در باتری از رابطهٔ rI^2 محاسبه می‌شود:

$$rI_2^2 - rI_1^2 = -14 \Rightarrow r(9 - 16) = -14 \Rightarrow r = 2\Omega$$
$$I_1 = 4A \rightarrow P_1 = \varepsilon I_1 - rI_1^2 = 4\varepsilon - 2 \times 16$$
$$I_2 = 3A \rightarrow P_2 = \varepsilon I_2 - rI_2^2 = 3\varepsilon - 2 \times 9$$
$$P_2 - P_1 = 2W \Rightarrow 3\varepsilon - 18 - (4\varepsilon - 32) = 2 \Rightarrow \varepsilon = 12V$$

۱۰۶ نمودار تابع $P = \varepsilon I - rI^2$ برحسب I مطابق شکل روبه‌رو است.

با توجه به نمودار درمی‌یابیم اگر $R > r$ باشد، در سمت چپ نقطهٔ ماکزیمم قرار داریم و با افزایش R و کاهش I واضح است توان خروجی کاهش می‌یابد.



۱۰۷ در هر مرحله، مقاومت معادل و جریان مدار و پس از آن توان را محاسبه می‌کنیم.

در ابتدا داریم:

$$R_{r_i} = 1\Omega \rightarrow R_{eq} = R_L + R_{r_i} = 1 + 1 = 2\Omega, I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{12}{2 + 4} = \frac{12}{6} = 2A$$
$$P_{r_i} = R_{r_i} I^2 = 1 \times (2)^2 = 4W$$
$$P_{\text{خروجی مولد}} = R_{eq} I^2 = 2 \times (2)^2 = 8(W)$$

و در حالت دوم داریم:

$$R_{r_f} = 7\Omega \rightarrow R'_{eq} = 1 + 7 = 8\Omega, I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{12}{8 + 4} = \frac{12}{12} = 1(A)$$
$$P'_{r_f} = R_{r_f} I'^2 = 7 \times (1)^2 = 7W$$
$$P'_{\text{خروجی مولد}} = R'_{eq}(I')^2 = 8 \times 1^2 = 8W \rightarrow \Delta P_r = 7 - 4 = 3W$$
$$\Delta P_{\text{خروجی مولد}} = 0$$

(دقت کنید که در هر مرحله، توان خروجی مولد را با استفاده از توان مصرفی مقاومت خارجی مدار محاسبه کرده‌ایم!!)

۱۰۸ برای توان مولد داریم:

$$P = \varepsilon I - rI^2 = \varepsilon\left(\frac{\varepsilon}{R + r}\right) - 2\left(\frac{\varepsilon}{R + r}\right)^2 = \frac{R\varepsilon^2}{(R + r)^2}$$

$$R=۰/۵ \Rightarrow P=۳۲ \Rightarrow ۳۲=\frac{۰/۵\times\varepsilon^۲}{(۰/۵+r)^۲} \quad (I)$$

$$R=۳ \Rightarrow P=۲۷ \Rightarrow ۲۷=\frac{۳\times\varepsilon^۲}{(۳+r)^۲} \quad (II)$$

$$\xrightarrow{\text{دو رابطه را بر هم تقسیم می‌کنیم}} \frac{۳۲}{۲۷^{۹}}=\frac{۰/۵\times(۳+r)^۲}{۱^{۱}\times(۰/۵+r)^۲} \Rightarrow \frac{۶۴}{۹}=\frac{(۳+r)^۲}{(۰/۵+r)^۲} \Rightarrow \frac{۸}{۳}=\frac{۳+r}{۰/۵+r}$$

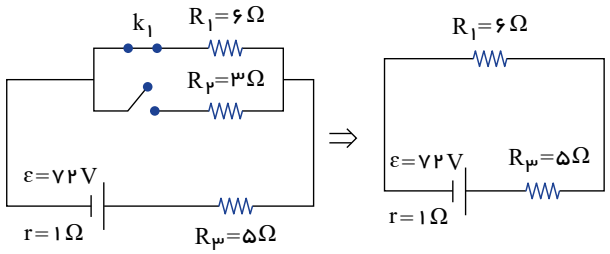
$$\Rightarrow ۴+۸r=۹+۳r \Rightarrow ۵r=۵ \Rightarrow r=۱\Omega$$

$$II)\ ۲۷^{۹}=\frac{۱^{۱}\times\varepsilon^۲}{(۳+۱)^۲} \Rightarrow \varepsilon^۲=۹\times۱۶ \Rightarrow \varepsilon=۳\times۴=۱۲V$$

می‌دانیم هنگامی که $R=r$ شود، توان خروجی مولد بیشینه می‌شود. بنابراین داریم:

$$P=\frac{R\varepsilon^۲}{(R+r)^۲} \xrightarrow{R=r} P_{max}=\frac{r\varepsilon^۲}{(r+r)^۲}=\frac{r\varepsilon^۲}{(r+r)^۲} \Rightarrow P_{max}=\frac{\varepsilon^۲}{۴r}=\frac{۱۲^۲}{۴\times۱}=۳۶W$$

۱۰۹ جهت جریان تولیدی منبع در مدار به گونه‌ای است که جریان احتمالی در شاخه‌های شامل دیود از راست به چپ است؛ ولی این احتمال فقط در شاخهٔ بالایی مدار که دیود آن موافق جهت یادشده بسته شده و تقریباً مانند کلید بسته عمل می‌کند، اتفاق می‌افتد و عبور از شاخهٔ پایین جلوی جریان را تقریباً سد می‌کند (مانند کلید باز عمل می کند) بنابراین ابتدا مدار را ساده می‌کنیم.



روش اول:

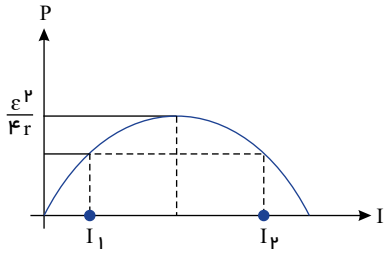
$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{\varepsilon}{R_۱+R_۳+r}=\frac{۷۲}{۶+۵+۱}=\frac{۷۲}{۱۲}=۶A$$

$$V=\varepsilon-rI=۷۲-۱\times۶=۶۶V \Rightarrow P_{\text{خروجی}}=VI=۶۶\times۶ \Rightarrow P_{\text{خروجی}}=۳۹۶W$$

روش دوم:

$$P_{\text{خروجی}}=R_{eq}I^۲ \xrightarrow{R_{eq}=R_۱+R_۳=۱۱\Omega} P=۱۱\times۶^۲=۳۹۶W$$

۱۱۰



$$I=\frac{I_۱+I_۲}{۲}=\frac{۴+۸}{۲}=۶$$

$$I=۶A$$

شدت جریانی که توان مفید به‌ازای آن ماکزیمم است، برابراست با: $I=\frac{\varepsilon}{۲r}$

$$P=\varepsilon I-rI^۲ \xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{۲r}} P_{max}=\frac{\varepsilon^۲}{۴r}$$

$$\begin{cases} ۶ = \frac{\varepsilon}{۲r} \\ \frac{\varepsilon^۲}{۴r} = ۷۲ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} r = ۲\Omega \\ \varepsilon = ۲۴ \text{ ولت} \end{cases}$$

(۱۱۱) نکته: وقتی توان خروجی بیشینه است که $R = r$ باشد.

در حالت اول که مقاومت رئوستا ۴Ω است و توان خروجی بیشینه است می‌توان نتیجه گرفت:

P_O بیشینه است $\Rightarrow R_۱ = r = ۴\Omega$

با توجه به رابطهٔ توان خروجی بیشینه و مقادیر داده‌شده خواهیم داشت:

(توان خروجی بیشینه از یکی از رابطه‌های $rI^۲$ یا $\frac{\varepsilon^۲}{۴R}$ یا $\frac{\varepsilon^۲}{۴r}$ به دست می‌آید.)

$$P_{O_{max}} = \frac{\varepsilon^۲}{۴r} = \frac{\varepsilon^۲}{۴R} \Rightarrow ۱۰۰ = \frac{\varepsilon^۲}{۴ \times ۴} \Rightarrow \varepsilon^۲ = ۱۶۰۰ \Rightarrow \varepsilon = ۴۰V$$

اگر مقاومت رئوستا به ۶Ω برسد، شدت جریان عبوری در مدار برابر خواهد بود با:

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I = \frac{۴۰}{۶+۴} = \frac{۴۰}{۱۰} = ۴A$$

و توان خروجی با تغییر مقاومت رئوستا برابر است با:

$$P_O = RI^۲ = ۶ \times ۱۶ = ۹۶W$$

درصد تغییرات توان خروجی را به‌صورت مقابل به دست می‌آوریم:

$$\frac{\Delta P_O}{P_{O_{max}}} \times ۱۰۰ = \frac{(۹۶ - ۱۰۰)}{۱۰۰} = -۴\%$$

علامت منفی، کاهش تغییرات را نشان می‌دهد.

(۱۱۲) ابتدا با توجه به اختلاف پتانسیل دو سر باتری، مقاومت درونی را محاسبه می‌کنیم، سپس توان تلف‌شده توسط مقاومت درونی مولد را می‌یابیم:

$$V = \varepsilon - rI \rightarrow ۱۸ = ۲۰ - rI \rightarrow rI = ۲ \rightarrow \frac{۲۰r}{۳۶+r} = ۲ \rightarrow r = ۴\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \rightarrow I = \frac{۲۰}{۳۶+r} = \frac{۲۰}{۳۶+۴} = ۰/۵A$$

تلف‌شده $P = rI^۲ = ۴ \times (\frac{۱}{۲})^۲ = ۱W$

(۱۱۳) نکته: توان مفید مولد برابر با توان مصرفی مقاومت خارجی است. ماکزیمم توان مفید مولد یعنی بیشترین توان مصرفی مقاومت خارجی و این در حالتی است که $R = r$ باشد.

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I = \frac{۱۲}{۲+۲} = ۳A$$

$$U = RI^۲t \Rightarrow U = ۲ \times (۳)^۲ \times ۶۰ = ۱۰۸۰J$$

(۱۱۴)

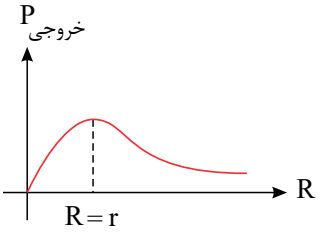
$$P = \varepsilon I - rI^۲ = \varepsilon(\frac{\varepsilon}{R+r}) - r(\frac{\varepsilon}{R+r})^۲ = \frac{R\varepsilon^۲}{(R+r)^۲}$$

$$\begin{matrix} R = ۱ \Rightarrow P = ۴ \\ R = ۳ \Rightarrow P = ۳ \end{matrix} \Rightarrow \begin{cases} ۴ = \frac{۱ \times \varepsilon^۲}{(۱+r)^۲} \\ ۳ = \frac{۳\varepsilon^۲}{(۳+r)^۲} \end{cases} \Rightarrow \frac{۴}{۳} = \frac{(۳+r)^۲}{(۱+r)^۲ \times ۳} \Rightarrow ۲ = \frac{۳+r}{۱+r} \Rightarrow r = ۱\Omega$$

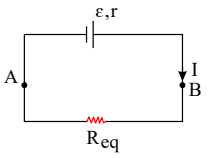
$$\Rightarrow ۳ = \frac{۳\varepsilon^۲}{(۳+۱)^۲} \Rightarrow \varepsilon = ۴V$$

(۱۱۵) مطابق نمودار رسم‌شده توان مصرف‌شده در مقاومت R و یا توان مفید مولد زمانی بیشینه است که $R = r$ باشد، حال اگر با افزایش R اندازهٔ آن به r نزدیک شود، توان مفید مولد هم افزایش می‌یابد. در غیر این صورت توان مفید کاهش می‌یابد. بنابراین در این شرایط، توان خروجی (مفید) ممکن است افزایش یا

کاهش بیابد و یا حتی ثابت بماند.



۱۱۶



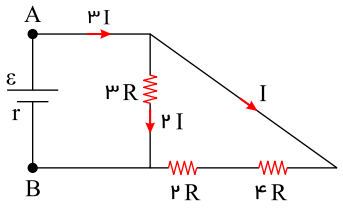
$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} \rightarrow \varepsilon = I(r + R_{eq})$$

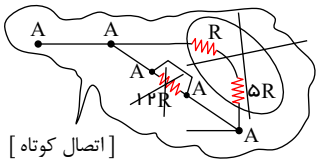
$$\frac{P_{\text{خروجی}}}{P_{\text{تولیدی}}} = \frac{\varepsilon I - rI^{۲}}{\varepsilon I} = \frac{\varepsilon - rI}{\varepsilon} = \frac{V_{AB}}{\varepsilon} = \frac{R_{eq}I}{I(r + R_{eq})}$$

$$= \frac{R_{eq}}{r + R_{eq}} = \frac{۶}{۴ + ۶} = \frac{۶}{۱۰} = ۶۰\%$$

۱۱۷

گام اول: مقاومت‌های $۱۲R$ و R و $۵R$ اتصال کوتاه شده، از مدار حذف می‌شوند:





گام دوم: فرض کنید جریان گذرنده از مقاومت $۴R$ برابر I باشد. آن‌گاه:

$$۴R \text{ توان مصرفی} \rightarrow P = (۴R)I^{۲} = ۸W \rightarrow \boxed{RI^{۲} = ۲W}$$

گام سوم: مقاومت معادل مدار:

$$R_{eq} = \frac{۳R \times ۶R}{۳R + ۶R} = ۲R$$

حال می‌دانیم که توان خروجی (مفید) مولد برابر با توان مصرفی کل مقاومتهای خارجی مدار است، یعنی:

$$P_T = R_{eq}(۳I)^{۲} = (۲R)(۹I^{۲}) \rightarrow P_T = ۱۸(RI^{۲}) = ۱۸ \times ۲ = ۳۶W \rightarrow P_T = ۳۶W$$

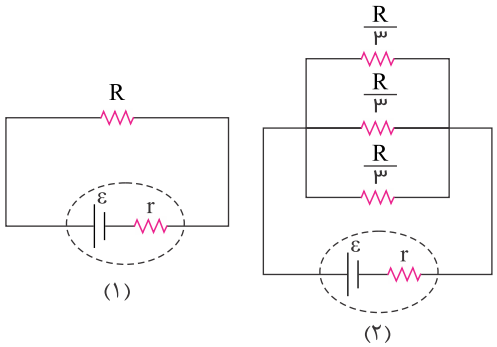
۱۱۸ ابتدا معادله را به‌صورت استاندارد $V = \varepsilon - rI$ در می‌آوریم:

$$I = \frac{-۲}{۳}V + \frac{۱}{۶} \Rightarrow \frac{۲}{۳}V = -I + \frac{۱}{۶} \Rightarrow V = \frac{۱}{۴} - \frac{۳}{۲}I \Rightarrow \varepsilon = \frac{۱}{۴}V \ , \ r = \frac{۳}{۲}\Omega$$

بیشترین توان مولد در حالتی است که $R = r$ باشد:

$$P_{max} = \frac{\varepsilon^{۲}}{۴r} = \frac{(\frac{۱}{۴})^{۲}}{۴ \times \frac{۳}{۲}} = \frac{۱}{۹۶}W$$

۱۱۹



$$R'_T = \frac{\frac{R}{۳}}{۳} = \frac{R}{۹}$$

$$P = \varepsilon I \Rightarrow P' = \frac{۹}{۵}P \Rightarrow \not{\varepsilon}\, I' = \frac{۹}{۵}\not{\varepsilon}\, I$$

$$\Rightarrow \frac{\varepsilon}{\frac{R}{۹}+r} = \frac{۹}{۵} \times \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow R + ۹r = ۵R + ۵r \Rightarrow ۴r = ۴R \Rightarrow r = R$$

۱۲۰ نکته: بیشینهٔ توان مفید مولد (توان خروجی) در حالتی است که $R = r$ باشد. در این‌صورت به‌ازای جریان $I = \frac{\varepsilon}{۲r}$ بیشترین توان خروجی برابر $P_{max} = \frac{\varepsilon^۲}{۴r}$ خواهد شد.

$$P = \varepsilon I - rI^۲ \xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{۲r}} P_{max} = \frac{\varepsilon^۲}{۴r}$$

$$P_{max} = \frac{\varepsilon^۲}{۴r} \Rightarrow ۳۶ = \frac{۲۴^۲}{۴r} \Rightarrow r = ۴\Omega$$

حال اگر مقاومت $R = ۸\Omega$ را به دو سر مولد ببندیم داریم:

$$V = IR \Rightarrow V = \frac{\varepsilon R}{R+r} = \frac{۲۴ \times ۸}{۸+۴} = ۱۶\ V$$

۱۲۱ الف) در حالت کلی داریم:

$$P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^۲$$

برای دو حالت می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} ۹٫۵ = \varepsilon \times ۵ - r \times (۵)^۲ \\ ۱۲٫۶ = \varepsilon \times ۷ - r(۷)^۲ \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} -۷\times \\ ۵\times \end{matrix} \begin{cases} ۵\varepsilon - ۲۵r = ۹٫۵ \\ ۷\varepsilon - ۴۹r = ۱۲٫۶ \end{cases}$$

با حل دستگاه معادلات فوق داریم:

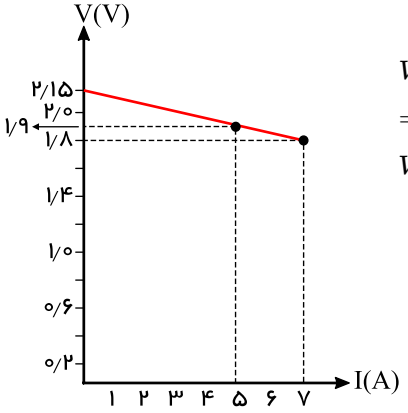
$$۱۷۵r - ۲۴۵r = -۶۶٫۵ + ۶۳ \Rightarrow ۷۰\, r = ۳٫۵ \Rightarrow r = ۰٫۰۵۰$$

با جاگذاری $r = ۰٫۰۵\Omega$ در یکی از معادلات:

$$۵\varepsilon - ۲۵ \times ۰٫۰۵ = ۹٫۵ \Rightarrow \varepsilon = ۲٫۱۵V$$

ب) برای رسم نمودار، ابتدا اختلاف پتانسیل را در هر حالت محاسبه می‌کنیم:

$$V_۱ = \varepsilon - rI_۱ = ۲٫۱۵ - ۰٫۰۵ \times ۵$$
$$\Rightarrow V_۱ = ۱٫۹V$$
$$V_۲ = \varepsilon - rI_۲ = ۲٫۱۵ - ۰٫۰۵ \times ۷ = ۱٫۸V$$



۱۲۲ دو معادله و دو مجهول داریم. مجهول‌های ما ε و r در رابطه‌های زیر هستند:

$$I_۱ = ۵A \Rightarrow P_۱ = \varepsilon I_۱ - rI_۱^۲ \Rightarrow ۹٫۵W = \varepsilon(۵) - r(۵A)^۲ \Rightarrow ۹٫۵ = ۵\varepsilon - ۲۵r \quad (I)$$

$$I_۲ = ۷A \Rightarrow P_۲ = \varepsilon I_۲ - rI_۲^۲ \Rightarrow ۱۲٫۶W = \varepsilon(۷) - r(۷)^۲ \Rightarrow ۱۲٫۶ = ۷\varepsilon - ۴۹r \quad (II)$$

به کمک روش حذفی، دستگاه معادلهٔ زیر را حل می‌کنیم و مقدار مقاومت درونی و نیروی محرکه را به دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} ۹٫۵ = ۵\varepsilon - ۲۵r \xrightarrow{\times ۷} ۶۶٫۵ = ۳۵\varepsilon - ۱۷۵r \\ ۱۲٫۶ = ۷\varepsilon - ۴۹r \xrightarrow{\times ۵} ۶۳ = ۳۵\varepsilon - ۲۴۵r \end{cases} \downarrow - \quad \Rightarrow ۳٫۵ = ۷۰r \Rightarrow r = ۰٫۰۵\Omega$$

$$\xrightarrow{(I)} ۹٫۵ = ۵\varepsilon - ۲۵ \times ۰٫۰۵ \Rightarrow \varepsilon = ۲٫۱۵V$$

۱۲۳ ابتدا محیط نیم‌حلقه‌ها را حساب می‌کنیم:

$$\text{محیط نیم‌حلقهٔ بزرگ} = \pi r_۱ = ۳٫۱۴ \times (۱٫۰m) \approx ۳٫۱m$$

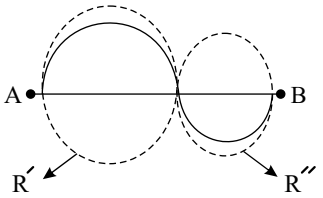
$$\text{محیط نیم‌حلقهٔ کوچک} = \pi r_۲ = ۳٫۱۴ \times (۰٫۵m) \approx ۱٫۸m$$

سپس مقاومت هر نیم‌حلقه را حساب می‌کنیم:

$$R_۱ = \text{محیط} \times \text{مقاومت هر متر} = (۳٫۱m)(۲۰\frac{\Omega}{m}) = ۶۲\Omega$$

$$R_۲ = \text{محیط} \times \text{مقاومت هر متر} = (۱٫۸m)(۲۰\frac{\Omega}{m}) = ۳۶\Omega$$

از سیم‌های راست غافل نشویم:



$$R_۳ = (۲٫۰m)(۲۰\frac{\Omega}{m}) = ۴۰\Omega$$

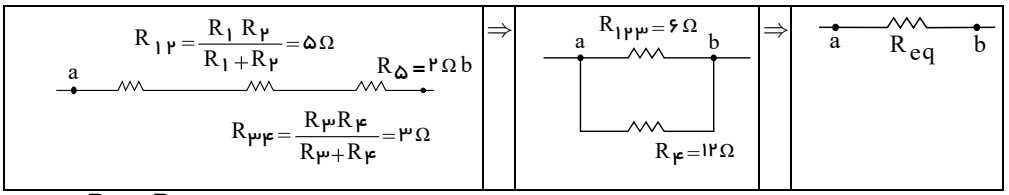
$$R_۴ = (۱٫۰m)(۲۰\frac{\Omega}{m}) = ۲۰\Omega$$

$$R' = \frac{R_۱R_۳}{R_۱ + R_۲} = \frac{(۶۲\Omega)(۴۰\Omega)}{(۶۲\Omega) + (۴۰\Omega)} \approx ۲۴\Omega$$

$$R'' = \frac{R_۲R_۴}{R_۲ + R_۴} = \frac{(۳۶\Omega)(۲۰\Omega)}{(۳۶\Omega) + (۲۰\Omega)} \approx ۱۳\Omega$$

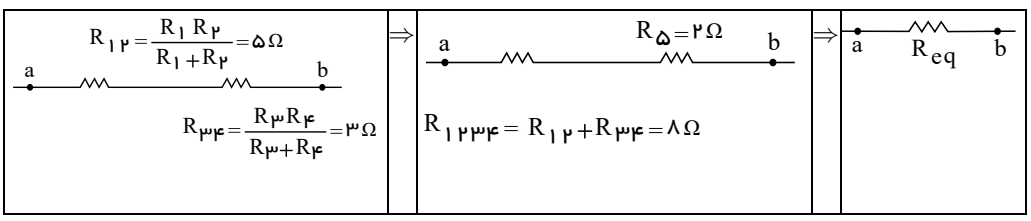
$$R_{eq} = R' + R'' = (۲۴\Omega) + (۱۳\Omega) = ۳۷\Omega$$

۱۲۴ الف)



$$R_{eq} = \frac{R_۴ \times R_{۱۲۳}}{R_۴ + R_{۱۲۳}} = ۴\Omega$$

ب)



$$R_{eq} = R_{۱۲۳۴} + R_۵ = ۱۰\Omega$$

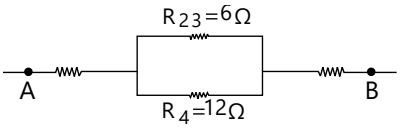
توضیح: برای دو مقاومت موازی:

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}=\frac{R_۱+R_۲}{R_۱R_۲}\Rightarrow R_{eq}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}$$

۱۲۵ در چنین مسایلی از یک گوشهٔ شکل که بتوانیم ۲ مقاومت سری یا موازی پیدا کنیم، شروع به ساده کردن شکل می‌کنیم تا آخر:

الف) مقاومت‌های $R_۲$ و $R_۳$ سری‌اند:

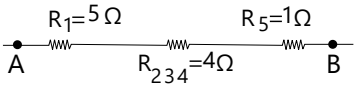
$$R_{۲۳}=R_۲+R_۳=۶\Omega$$



$R_{۲۳}$, $R_۴$ موازی هستند : $\frac{۱}{R_{۲۳۴}}=\frac{۱}{R_{۲۳}}+\frac{۱}{R_۴}$

$$=\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۱۲}=\frac{۳}{۱۲}\Rightarrow R_{۲۳۴}=۴\Omega$$

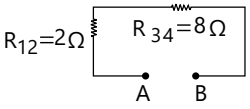
همهٔ مقاومت‌ها سری‌اند : $R_{eq}=۵+۴+۱=۱۰\Omega$



ب) مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ با هم موازی‌اند و مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ هم با هم موازی‌اند:

$$\frac{۱}{R_{۱۲}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}=\frac{۱}{۳}+\frac{۱}{۶}\Rightarrow R_{۱۲}=۲\Omega\ ,\ \frac{۱}{R_{۳۴}}=\frac{۱}{R_۳}+\frac{۱}{R_۴}=\frac{۱}{۲۴}+\frac{۱}{۱۲}\Rightarrow R_{۳۴}=۸\Omega$$

این دو مقاومت سری‌اند : $R_{eq}=R_{۱۲}+R_{۳۴}=۲+۸\Rightarrow R_{eq}=۱۰\Omega$

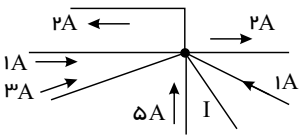


۱۲۶ باید به دو نکته توجه کرد. اول آن‌که رساناهای به هم متصل هم‌پتانسیل هستند یعنی تمام محل‌های اتصال نشان داده شده در شکل را می توان یک نقطه فرض کرد و دوم آن‌که طبق قاعدهٔ انشعاب جمع جریان‌های وارد شده به یک گره یا انشعاب با جمع جریان‌های خارج شده از آن برابر است:

بدون توجه به I می‌توان نوشت:

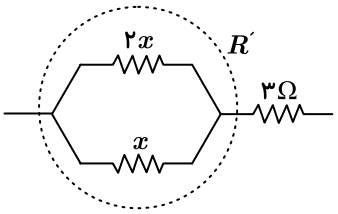
جمع جریان‌های ورودی $= ۱+۳+۵+۱=۱۰A$

جمع جریان‌های خروجی $= ۲+۲=۴A$



بنابراین جریان I باید برابر با $۶A$ و به سمت خروج از گره باشد. $I=۶A$

۱۲۷ دو مقاومت $۲x$ و x با هم موازی و مجموعهٔ آنها با مقاومت ۳ اهمی متوالی است؛ بنابراین، با توجه به شکل زیر داریم:



$$R'=\frac{۲x\times x}{۲x+۲x}=\frac{۲x^۲}{۳x}=\frac{۲}{۳}x\Rightarrow R_{eq}=R'+۳\Omega$$
$$\Rightarrow ۷\Omega=R'+۳\Omega\Rightarrow R'=۷\Omega-۳\Omega=۴\Omega$$
$$\Rightarrow \frac{۲}{۳}x=۴\Omega\Rightarrow x=\frac{۴\Omega}{\frac{۲}{۳}}=۶\Omega$$

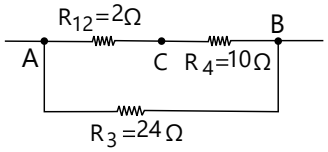
۱۲۸ با دقت در شکل متوجه می‌شویم که

دو سر مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ به هم وصل هستند پس این دو موازی‌اند:

$$\frac{۱}{R_{۱۲}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}=\frac{۱}{۳}+\frac{۱}{۶}=\frac{۳}{۶}$$
$$\Rightarrow R_{۱۲}=۲\Omega$$

و دو سر $R_{۱۲}$ همان نقاط A و C هستند.

دو سر مقاومت $R_۴$ همان نقاط B و C هستند و دو سر مقاومت $R_۳$ نقاط A و B هستند و شکل جدید بدست می‌آید.

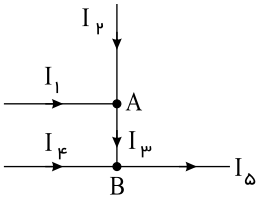


حالا مشاهده می‌شود که $R_{۱۲}$ با $R_۴$ سری است و حاصل آنها با $R_۳$ موازی است:

$$R_{۱۲۴}=R_{۱۲}+R_{۴}=۲+۱۰=۱۲\Omega \Rightarrow \frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_{۱۲۴}}+\frac{۱}{R_{۳}}=\frac{۱}{۱۲}+\frac{۱}{۲۴}=\frac{۳}{۲۴} \Rightarrow R_{eq}=۸\Omega$$

تکنیک اسم‌گذاری دو سر مقاومت‌ها کمک می‌کند که بهتر بتوانیم شکل‌های جدید را رسم کنیم.

۱۲۹ گزینهٔ ب درست است. بنابر قاعدهٔ گره، مجموع جریان‌هایی که به هر نقطهٔ انشعاب (گره) در مدار وارد می‌شود برابر با مجموع جریان‌هایی است که از آن نقطهٔ انشعاب (گره) خارج می‌شود. بدیهی است که با توجه به شکل در گرهٔ A، جریان $I_۳$ خروجی، یعنی $I_۳=I_۱+I_۲$ است و در گرهٔ B: $I_۵=I_۳+I_۴$



۱۳۰

الف موازی زیرا اگر یکی از مصرف‌کننده‌ها در مدار مشکلی پیدا کرد یا جریان عبوری از آن قطع شد بقیهٔ قسمت‌های مدار (مصرف‌کننده‌ها) آسیب نبینند.

۱۳۱

$$R_{۱۲}=\frac{۶\times ۱۲}{۶+۱۲}=۴\Omega \Rightarrow R_{eq}=۴+۸=۱۲\Omega$$

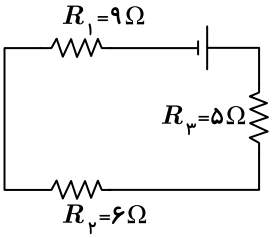
$$I=\frac{V}{R} \Rightarrow I=\frac{۳۶}{۱۲}=۳A \xrightarrow[\frac{I_۱}{I_۲}=\frac{۱۲}{۶}=۲]{I_۱=\text{جریان مقاومت ۶ اهمی}} I_۲+۲I_۲=۳A \Rightarrow I_۲=۱A \quad , \quad I_۱=۲A$$

۱۳۲

$$\frac{I_۲}{I_۱}=\frac{R_C}{R_D} \xrightarrow[A=\pi r^۲]{R=\frac{\rho L}{A}} \frac{R_C}{R_D}=\frac{L_C}{L_D}\times(\frac{r_D}{r_C})^۲ \xrightarrow[r_C=\frac{۱}{۲}r_D]{L_C=۲L_D} \frac{I_۲}{I_۱}=۲\times(۲)^۲=۸$$

۱۳۳ شاید اول بگوییم که این مدار اصلاً تک‌حلقه نیست. اگر این را با خودتان گفته‌اید، به این نکته توجه نکرده‌اید که سیمی که ولت‌سنج در آن قرار دارد، مثل یک سیم قطع‌شده است و تأثیری در مدار ندارد؛ پس، مدار ما به شکل روبه‌رو است و ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت معادل $R_۱$ و $R_۲$ را اندازه می‌گیرد.

با توجه به شکل بالا $R_۱$، $R_۲$ و $R_۳$ با هم متوالی‌اند و اختلاف پتانسیل دو سر مولد هم، اختلاف پتانسیل دو سر مجموعهٔ این مقاومت‌ها است؛ پس:



$$R_{۱۲}=R_۱+R_۲=۹\Omega+۶\Omega=۱۵\Omega$$
$$R_{۱۲۳}=R_۱+R_۲+R_۳=۹\Omega+۶\Omega+۵\Omega=۲۰\Omega$$

ولتاژ دو سر $R_{۱۲}$ طبق فرض مسئله $۱۵V$ است؛ پس:

$$\frac{R_{۱۲}}{R_{eq}}=\frac{۱۵V}{\Delta V} \Rightarrow \frac{۱۵\Omega}{۲۰\Omega}=\frac{۱۵V}{\Delta V} \Rightarrow \Delta V=۲۰V$$

۱۳۴ دو مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ سری‌اند پس دارای یک جریان هستند:

$$R_{eq}=R_۱+R_۲ \Rightarrow V_{ab}=V=(R_۱+R_۲)I \Rightarrow I=\frac{V}{R_۱+R_۲}$$

اکنون می‌توان نوشت:

$$V_۱=R_۱I \Rightarrow V_۱=\frac{R_۱}{R_۱+R_۲}V \quad , \quad V_۲=R_۲I \Rightarrow V_۲=\frac{R_۲}{R_۱+R_۲}V$$

در حالت کلی می‌توان برای تقسیم ولتاژ بین دو مقاومت سری ابتدا $\frac{V}{R_۱+R_۲}$ را محاسبه کرد سپس برای محاسبهٔ $V_۱$ عدد فوق را در خود $R_۱$ ضرب کرد و برای محاسبهٔ $V_۲$ باید $\frac{V}{R_۱+R_۲}$ را در خود مقاومت $R_۲$ ضرب نمود.

۱۳۵ دو مقاومت $R_۱$ و $R_۲$ با هم موازی‌اند پس:

$$R_{eq}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}\Rightarrow V_{ab}=R_{eq}\cdot I=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}I$$

با داشتن V_{ab} که مربوط به دو سر هر یک از $R_۱$ و $R_۲$ است می توان جریان هر یک را محاسبه کرد:

$$V_{ab}=R_۱I_۱\Rightarrow I_۱=\frac{V_{ab}}{R_۱}=\frac{R_۲}{R_۱+R_۲}I$$

$$V_{ab}=R_۲I_۲\Rightarrow I_۲=\frac{V_{ab}}{R_۲}=\frac{R_۱}{R_۱+R_۲}I$$

(در حالت کلی برای دو مقاومت موازی ابتدا $\frac{I}{R_۱+R_۲}$ را پیدا می‌کنیم سپس برای پیدا کردن جریانِ عبوری از $R_۱$، عبارت $\frac{I}{R_۱+R_۲}$ را در $R_۲$ (دیگری) ضرب می‌کنیم و برای پیدا کردن جریان عبوری از $R_۱$، عبارت $\frac{I}{R_۱+R_۲}$ را در $R_۱$(مقاومت دیگر) ضرب می‌کنیم.)

۱۳۶

$$R_۱=\frac{۳}{۴}R\ ,\ \ R_۲=\frac{۱}{۴}R$$

$$\frac{۱}{R_{AB}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}\Rightarrow\frac{۱}{R_{AB}}=\frac{۱}{\frac{۳}{۴}R}+\frac{۱}{\frac{۱}{۴}R}=\frac{۴}{۳R}+\frac{۴}{R}$$

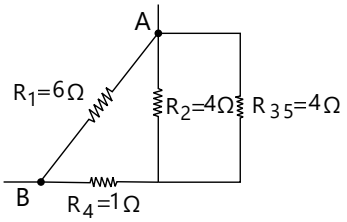
$$\Rightarrow\frac{۱}{R_{AB}}=\frac{۴+۱۲}{۳R}=\frac{۱۶}{۳R}\Rightarrow R_{AB}=\frac{۳}{۱۶}R$$

۱۳۷ با دقت در شکل می‌بینیم که مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۵$ با هم سری هستند چون انشعابی بین آنها نیست:

$$R_{۳۵}=R_۳+R_۵=۲+۲=۴\Omega$$

اکنون مشاهده می‌شود $R_۲$ با $R_{۳۵}$ موازی هستند:

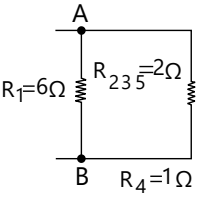
$$\frac{۱}{R_{۲۳۵}}=\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_{۳۵}}=\frac{۱}{۴}+\frac{۱}{۴}=\frac{۲}{۴}\Rightarrow R_{۲۳۵}=۲\Omega$$



مقاومت‌های $R_۴$ و $R_{۲۳۵}$ با هم سری هستند و حاصل در نهایت با $R_۱$ موازی است:

$$R_{۴۲۳۵}=R_۴+R_{۲۳۵}=۱+۲=۳\Omega$$

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_{۴۲۳۵}}=\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۳}=\frac{۳}{۶}\Rightarrow R_{eq}=۲\Omega$$



۱۳۸ با کمی دقت در شکل و توجه به این نکته که «رساناهای به هم متصل، هم‌پتانسیل هستند» متوجه می‌شویم که یک سر هر سه مقاومت $R_۱$, $R_۲$, $R_۳$ به نقطهٔ A متصل هستند (و هم‌پتانسیل با آن) و سر دیگر همهٔ آنها به نقطهٔ B متصل هستند (و هم‌پتانسیل با آن) و این تعریف موازی بودن مقاومت‌هاست. پس:

سه مقاومت موازیند : $\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}=\frac{۱}{۳}+\frac{۱}{۶}+\frac{۱}{۱۸}$

$$\Rightarrow\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۶+۳+۱}{۱۸}=\frac{۱۰}{۱۸}\Rightarrow R_{eq}=۱٫۸\Omega$$

۱۳۹ باید توجه کرد که مقاومت الکتریکی یک سیم به طول آن وابسته است پس ابتدا محیط حلقه را پیدا می‌کنیم:

محیط حلقه $=۲\pi r=۲\times۳\times۰٫۲۵=۱٫۵m$

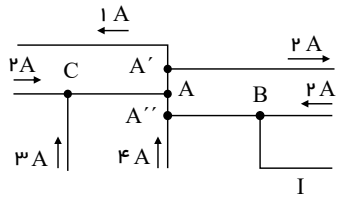
در این شکل دو نیم دایره از سیم با هم موازی شده‌اند و چون محیط حلقه ۱٫۵ متر شده است پس هر نیم حلقه دارای طول ۰٫۷۵m است:

هر نیم‌حلقه $R=\left(\text{مقاومت واحد طول}\right)\times\left(\text{طول هر نیم‌حلقه}\right)=۲\times۰٫۷۵=۱٫۵\Omega$

ضمناً دو نیم حلقه با هم موازی‌اند:

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}=\frac{۱}{R}+\frac{۱}{R}=\frac{۲}{R}\Rightarrow R_{eq}=\frac{R}{۲}=\frac{۱٫۵}{۲}=۰٫۷۵\Omega$$

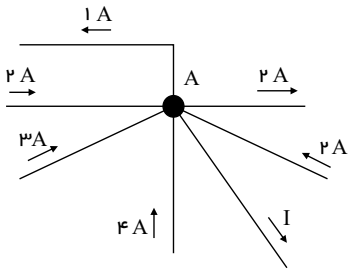
۱۴۰ از آنجا که رساناهای به‌هم‌متصل هم‌پتانسیل هستند، می‌توان نقطه‌های A ، B ، C ، A' و A'' را یک نقطه در نظر گرفت و همگی را همان گرهٔ A فرض کرد.



A جریان‌های وارد شده به گرهٔ $= ۲+۲+۳+۴=۱۱A$

A جریان‌های خارج شده از گرهٔ $= ۲+۱=۳A$

پس I هم باید از A خارج شده باشد: $I+۳=۱۱\Rightarrow I=۸A$



۱۴۱ اگر یکی از لامپ‌های متوالی بسوزد، در واقع مسیر عبور جریان قطع می‌شود؛ یعنی دیگر جریان نمی‌تواند از بقیهٔ لامپ‌ها عبور کند و همگی خاموش می‌شوند. به همین دلیل در خودروها وسایل به‌صورت موازی به منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی متصل می‌شوند، تا با از کار افتادن یکی، بقیه از کار نیفتند.

۱۴۲

الف اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از لامپ‌ها در حالت موازی (مدار ۲) برابر V است؛ بنابراین، توان مصرفی این لامپ‌ها در این حالت $P_۱=\frac{V^۲}{R_۱}$ و $P_۲=\frac{V^۲}{R_۲}$ است؛ اما، در حالت متوالی (مدار ۱) اختلاف پتانسیل دو سر لامپ $L_۱$ برابر $V_۱$ و اختلاف پتانسیل دو سر لامپ $L_۲$ برابر $V_۲$ است؛ پس، توان لامپ‌های $L_۱$ و $L_۲$ به‌ترتیب $P'_۱=\frac{V_۱^۲}{R_۱}$ و $P'_۲=\frac{V_۲^۲}{R_۲}$ است. می‌دانیم $V_۱$ و $V_۲$ کوچک‌تر از V هستند؛ پس داریم:

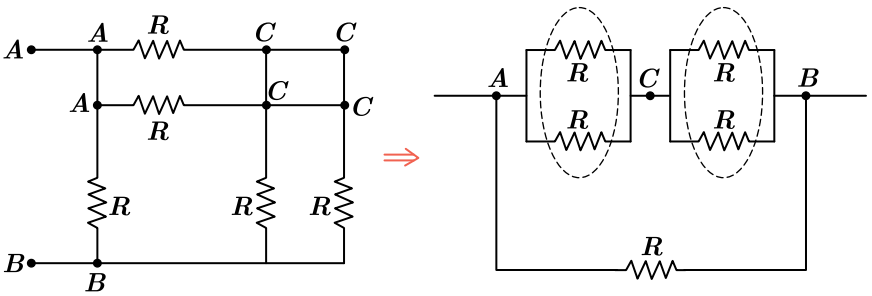
$$V_۱<V\Rightarrow \frac{V_۱^۲}{R_۱}<\frac{V^۲}{R_۱}\Rightarrow P'_۱<P_۱$$

بنابراین، نور لامپ $L_۱$ در حالت موازی بیشتر از حالت سری است؛ چون، توان مصرفی لامپ در حالت موازی بیشتر است.

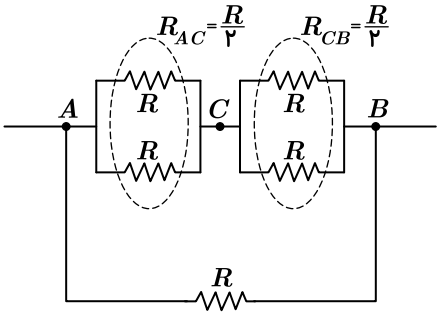
به همین ترتیب نور لامپ $L_۲$ در حالت موازی بیشتر از حالت سری است؛ چون، توان مصرفی لامپ در حالت موازی بیشتر است.

ب سری؛ چون با سوختن یکی از لامپ‌ها، جریان در مدار قطع می‌شود و در نتیجه لامپ دیگر خاموش می‌شود.

۱۴۳ گام اول: ابتدا باید با تاکتیک نام‌گذاری مدار را ساده‌تر کنیم.

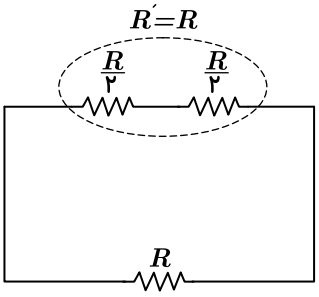


گام دوم: مقاومت معادل‌های بین AC و CB برابر است با:



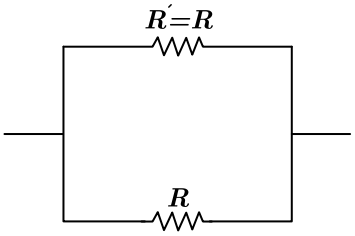
$$R_{AC}=\frac{R}{n}\xrightarrow{n=۲}\frac{R}{۲}$$
$$R_{CB}=\frac{R}{n}\xrightarrow{n=۲}\frac{R}{۲}$$

گام سوم: R_{AC} و R_{CB} با هم متوالی‌اند؛ پس، مقاومت معادل آنها برابر است با:



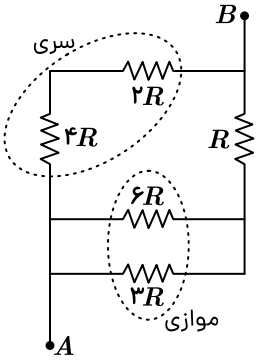
$$R'=R_{AC}+R_{CB}=\frac{R}{۲}+\frac{R}{۲}=R$$

گام آخر: R' و R با هم موازی‌اند و $R=۶\Omega$؛ بنابراین:



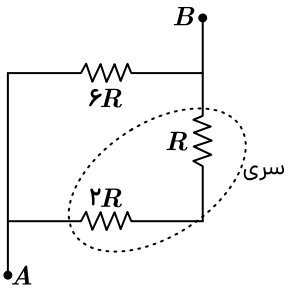
$$R_{eq}=\frac{R}{۲}=\frac{۶}{۲}=۳\Omega$$

۱۴۴ مدار داده‌شده در شکل را به‌صورت زیر در چند مرحله ساده می‌کنیم:



$۲R$, $۴R$: $۲R+۴R=۶R$ سری هستند.

$۳R$, $۶R$: $\frac{۳R\times ۶R}{۳R+۶R}=۲R$ موازی هستند.

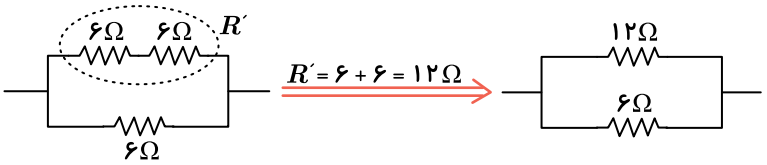


$۲R$, R : $۲R+R=۳R$ سری هستند.

$۳R$, $۶R$: $\frac{۶R\times ۳R}{۶R+۳R}=۲R$ موازی هستند.

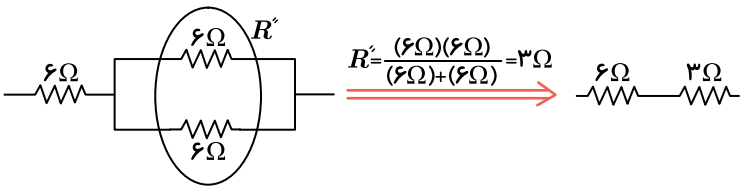
بنابراین $R_T=۲R=۶۰\Omega$ خواهد بود.

۱۴۵ در شکل (۱) دو مقاومت شاخهٔ بالایی با هم متوالی و معادل آنها با مقاومت شاخهٔ پایینی موازی است.



$$R_{eq}^{(۱)} = \frac{(۱۲\Omega)(۶\Omega)}{۱۲\Omega + ۶\Omega} = ۴\Omega$$

در شکل (۲) ابتدا دو مقاومت موازی را تبدیل به یک مقاومت می‌کنیم. با این کار، مقاومت معادل آنها با مقاومت سمت چپ متوالی می‌شود:

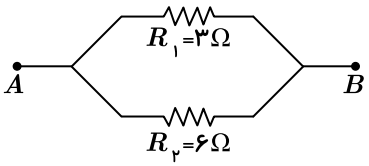


$$R_{eq}^{(۲)} = ۶\Omega + ۳\Omega = ۹\Omega$$

بنابراین $\frac{R_{eq}^{(۱)}}{R_{eq}^{(۲)}}$ برابر است با:

$$\frac{R_{eq}^{(۱)}}{R_{eq}^{(۲)}} = \frac{۴\Omega}{۹\Omega} = \frac{۴}{۹}$$

۱۴۶ دو سر مقاومت $R_۳$ با یک سیم به هم وصل شده است؛ بنابراین، دو سر آن اتصال کوتاه شده و مطابق شکل روبه‌رو از مدار حذف می‌شود؛ به این ترتیب، فقط مقاومت‌های موازی $R_۱$ و $R_۲$ در مدار هستند و مقاومت معادل آنها برابر است با:



$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} = \frac{۱}{۳\Omega} + \frac{۱}{۶\Omega} = \frac{۲}{۶\Omega} + \frac{۱}{۶\Omega} = \frac{۳}{۶\Omega} \Rightarrow R_{eq} = \frac{۶\Omega}{۳} = ۲\Omega$$

۱۴۷ سه مقاومتی که در شکل زیر مشخص کرده‌ایم، متوالی‌اند. مقاومت معادل این سه مقاومت را به دست می‌آوریم و مدار را دوباره با استفاده از این مقاومت معادل رسم می‌کنیم:

$$R_۱ = ۲\Omega + ۲\Omega + ۲\Omega = ۶\Omega$$

۱۴۸ جریان به‌صورت $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$ به دست می‌آید؛ پس، ما تنها کافی است به دنبال مقاومت معادل در دو حالت متوالی و موازی بگردیم. مقاومت‌ها با هم مساوی‌اند؛ بنابراین داریم:

متوالی: $R_{eq} = nR \overset{n=۳}{=\!=} ۳R$

موازی: $R'_{eq} = \frac{R}{n} \overset{n=۳}{=\!=} \frac{R}{۳}$

حالا برای حل سوال، همه چیز را داریم:

$$\frac{I_{\text{متوالی}}}{I_{\text{موازی}}} = \frac{\frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}}{\frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r}} = \frac{\frac{۱}{۳R + R}}{\frac{۱}{\frac{R}{۳} + R}} = \frac{\frac{۱}{۴R}}{\frac{۱}{\frac{۴}{۳}R}} = \frac{\frac{۴}{۳}R}{۴R} = \frac{۱}{۳}$$

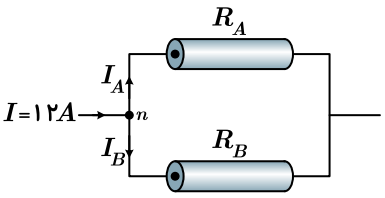
۱۴۹ در مقاومت‌های موازی، اختلاف پتانسیل دو سر هر مقاومت با اختلاف پتانسیل دو سر مجموعه یکسان است؛ پس، ابتدا مقاومت معادل دو سر مجموعه را به دست می‌آوریم:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{۱۲\Omega} + \frac{۱}{۴\Omega} + \frac{۱}{۶\Omega} = \frac{۱ + ۳ + ۲}{۱۲\Omega} = \frac{۶}{۱۲\Omega} \Rightarrow R_{eq} = \frac{۱۲\Omega}{۶} = ۲\Omega$$

حالا عددی را که آمپرسنج نشان می‌دهد، محاسبه می‌کنیم:

$$V_{\text{کل}} = R_{eq} I \Rightarrow (۱۰V) = (۲\Omega) I \Rightarrow I = ۵A$$

۱۵۰ ابتدا شکل سوال را رسم می‌کنیم تا بفهمیم با چه مسئله‌ای سر و کار داریم:



جریان I وقتی به گرهٔ n می‌رسد، به نسبت عکس مقاومت‌ها بین آنها تقسیم می‌شود:

$$\frac{I_A}{I_B}=\frac{R_B}{R_A}=\frac{\rho_B\frac{l_B}{A_B}}{\rho_A\frac{l_A}{A_A}}\xrightarrow{l_A=l_B\ ,A_A=A_B}\frac{I_A}{I_B}=\frac{\rho_B}{\rho_A}=\frac{۴\times۱۰^{-۸}\Omega\cdot m}{۲\times۱۰^{-۸}\Omega\cdot m}=۲$$

پس $\frac{I_A}{۲}=I_B$ است. از طرفی می دانیم $I=I_A+I_B$ است؛ بنابراین:

$$I=I_A+I_B=I_A+\frac{۱}{۲}I_A=\frac{۳}{۲}I_A\Rightarrow ۱۲A=\frac{۳}{۲}I_A\Rightarrow I_A=۸A$$

۱۵۱ گام اول: ابتدا مقاومت R را به دست می‌آوریم:

$$R=\frac{V}{I}=\frac{۲۴V}{۱۲V}=۲\Omega$$

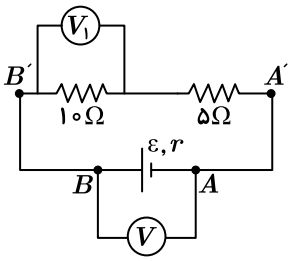
گام دوم: مقاومت معادل بین دو نقطهٔ B و C را به دست می‌آوریم:

$$R_{eq}^{BC}=۴\Omega+۲\Omega+۱۰\Omega=۱۶\Omega$$

گام سوم: حالا اختلاف پتانسیل بین این دو نقطه را با استفاده از رابطهٔ $V_{BC}=IR_{eq}^{BC}$ محاسبه می‌کنیم:

$$V_{BC}=IR_{eq}^{BC}=(۱۲A)(۱۶\Omega)=۱۹۲V$$

۱۵۲ با توجه به شکل روبه‌رو می‌بینید که ولت‌متر V، اختلاف پتانسیل دو سر مجموعهٔ مقاومت‌ها را نشان می‌دهد؛ چون، مطابق شکل، از نقطهٔ A تا نقطهٔ A' و از نقطهٔ B تا نقطهٔ B' هیچ مقاومت یا مولدی نیست و در بین این نقاط فقط سیم وجود دارد که اختلاف پتانسیلی ایجاد نمی‌کند:



$$\frac{V_۱}{V}=\frac{R_۱}{R_{eq}}=\frac{R_۱}{R_۱+R_۲}=\frac{۱۰\Omega}{۱۰\Omega+۵\Omega}=\frac{۱۰\Omega}{۱۵\Omega}=\frac{۲}{۳}\Rightarrow\frac{۲۰}{V}=\frac{۲}{۳}\Rightarrow V=\frac{۶۰}{۲}=۳۰V$$

۱۵۳ الف) مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ متوالی و مقاومت معادل آنها با مقاومت $R_۳$ موازی است. همچنین مقاومت‌های $R_۴$ و $R_۵$ متوالی و مقاومت معادل آنها با مقاومت معادل سه مقاومت بالا موازی است. بنابراین:

$$R_{۱۲}=R_۱+R_۲=۸+۸=۱۶\Omega\ ,\ R_{۴۵}=R_۴+R_۵=۸+۸=۱۶\Omega$$

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_{۱۲}}+\frac{۱}{R_۳}+\frac{۱}{R_{۴۵}}=\frac{۱}{۱۶}+\frac{۱}{۸}+\frac{۱}{۱۶}=\frac{۴}{۱۶}\Rightarrow R_{eq}=\frac{۱۶}{۴}=۴\Omega$$

ب) مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ متوالی و مقاومت معادل آنها با $R_۳$ موازی و همچنین مقاومت معادل این سه مقاومت با مقاومت $R_۵$ متوالی و مقاومت معادل کل آنها، با مقاومت $R_۴$ موازی است. بنابراین:

$$R_{۱۲}=R_۱+R_۲=۸+۸=۱۶\Omega$$

$$\frac{۱}{R_{۱۲۳}}=\frac{۱}{R_{۱۲}}+\frac{۱}{R_۳}=\frac{۱}{۱۶}+\frac{۱}{۸}=\frac{۳}{۱۶}\Rightarrow R_{۱۲۳}=\frac{۱۶}{۳}\Omega$$

$$R_{۱۲۳۵}=R_{۱۲۳}+R_۵=\frac{۱۶}{۳}+۸=\frac{۴۰}{۳}\Omega$$

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_{۱۲۳۵}}+\frac{۱}{R_۴}=\frac{۳}{۴۰}+\frac{۱}{۸}=\frac{۸}{۴۰}\Rightarrow R_{eq}=\frac{۴۰}{۸}\Rightarrow R_{eq}=۵\Omega$$

۱۵۴ جریان و مقاومت در هر شاخه نسبت وارون دارند ($\frac{I_۱}{I_۲}=\frac{R_۲}{R_۱}$)، یعنی شاخه‌ای که مقاومت کمتری دارد، جریان بیشتری از خود عبور می‌دهد.

۱۵۵ در شکل (الف) مقاومت‌ها پشت سر هم و دارای یک جریان هستند، پس متوالی‌اند.

در شکل (ب) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها یکسان است به عبارتی سر اول هر دو مقاومت به یک پتانسیل و سر دوم هر دو هم به یک پتانسیل متصل است، پس موازی‌اند.

در شکل (پ) نیز شبیه شکل (ب)، سرهای متناظر هم‌پتانسیل هستند. پس این دو مقاومت نیز موازی‌اند.

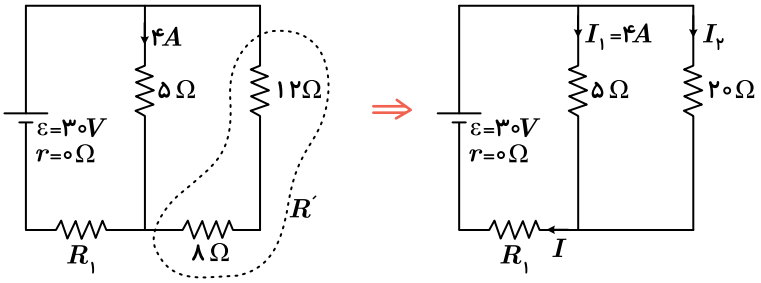
در شکل (ت) اگر مقاومت‌ها مشابه نباشند، نه حالت موازی داریم و نه حالت سری ولی اگر مشابه باشند، از مقاومت وسط جریانی عبور نمی‌کند و قابل حذف است (چون شکل کاملاً متقارن است و پتانسیل سر بالایی و پائینی آن حتماً یکسان خواهد شد). به این ترتیب دو مقاومت بالایی با هم و دو مقاومت پایینی هم با هم متوالی‌اند و مقاومت حاصل در شاخهٔ بالایی و پایینی موازی خواهند بود. (یا دو مقاومت سمت چپ موازی، دو مقاومت سمت راست موازی و در نهایت معادل آنها با هم متوالی است.)

۱۵۶ طول و جنس دو رسانا یکسان ولی سطح مقطع رسانای (۱) کم‌تر است بنابراین مقاومت آن بیش‌تر است و از طرفی دو رسانا به صورت متوالی قرار دارند. شدت جریان عبوری از آن‌ها برابر است. بنابر رابطه‌ی $U = RI^۲t$ انرژی الکتریکی در رسانای (۱) بیش‌تر مصرف می‌شود.

۱۵۷ برای اینکه توان مصرفی در $R_۱$ را به دست بیاوریم، باید $R_۱$ و جریان عبوری از آن را داشته باشیم که هیچ‌کدام را نداریم. به همین خاطر اول به سراغ به دست آوردن این دو مقدار می‌رویم.

مقاومت‌های ۱۲ و ۸ اهمی با هم متوالی‌اند؛ پس، به‌جای آنها مقاومت معادلشان را قرار می‌دهیم:

$$R' = ۱۲\Omega + ۸\Omega = ۲۰\Omega$$



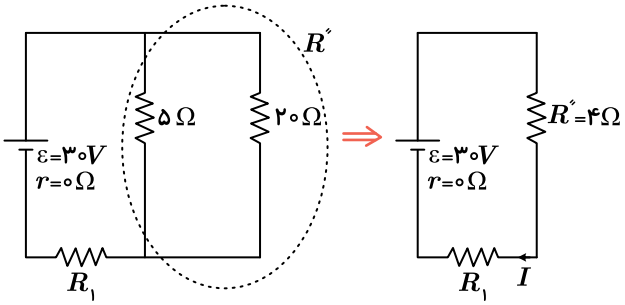
حالا جریان عبوری از مقاومت ۲۰ اهمی را به دست می آوریم:

$$\frac{۲۰\Omega}{۵\Omega} = \frac{I_۱}{I_۲} \Rightarrow ۴ = \frac{۴A}{I_۲} \Rightarrow I_۲ = ۱A$$

حالا جریان کل عبوری از مدار را به دست می‌آوریم که همان جریان عبوری از $R_۱$ است:

$$I = I_۱ + I_۲ = ۴A + ۱A = ۵A$$

برای به دست آوردن مقدار $R_۱$، از مقدار جریان عبوری از مدار تک‌حلقه یعنی $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$ کمک می‌گیریم. ε، I و r را داریم، R_{eq} به دست می‌آید. با محاسبهٔ R_{eq} به‌راحتی $R_۱$ به دست می‌آید؛ چون، طبق شکل زیر $R_۱$ با مجموعه مقاومت‌های ۲۰ و ۵ اهمی متوالی است. مقاومت‌های ۲۰ و ۵ اهمی با هم موازی هستند و معادل آنها $R'' = \frac{۲۰ \times ۵}{۲۰ + ۵} = ۴\Omega$ است:

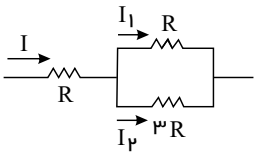


$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow ۵A = \frac{۳۰V}{(۴\Omega + R_۱) + ۰} \Rightarrow ۴\Omega + R_۱ = ۶\Omega \Rightarrow R_۱ = ۲\Omega$$

حالا می‌توانیم توان مصرفی $R_۱$ را به دست آوریم:

$$P_۱ = R_۱ I^۲ \Rightarrow P_۱ = (۲\Omega)(۵A)^۲ = ۲ \times ۲۵ = ۵۰W$$

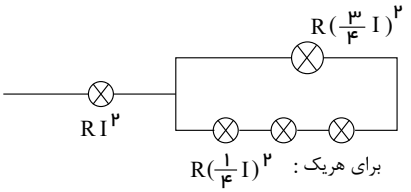
۱۵۸ با استفاده از روش تقسیم جریان، $I_۱$ و $I_۲$ را محاسبه می‌کنیم.



$$I_۱ = \frac{۳R}{R+۳R} \times I = \frac{۳}{۴}I$$

$$I_۲ = \frac{R}{R+۳R} \times I = \frac{۱}{۴}I$$

پس توان مصرفی هر یک از مجموعه‌ها:



بنابراین بیش‌ترین توان مصرفی متعلق به همان لامپ اول است یعنی $RI^۲ = ۸۰W$

پس:

$$R(\frac{۳}{۴}I)^۲ = \frac{۹}{۱۶}RI^۲ = \frac{۹}{۱۶} \times ۸۰ = ۴۵W$$

$$R(\frac{۱}{۴}I)^۲ = \frac{۱}{۱۶}RI^۲ = \frac{۱}{۱۶} \times ۸۰ = ۵W$$

پس توان کل:

$$P_{\text{کل}} = ۸۰ + ۴۵ + (۵+۵+۵) = ۱۴۰W$$

۱۵۹ ابتدا مقاومت معادل مدار را محاسبه می‌کنیم:

$$R_{۲۳} = \frac{R_۲R_۳}{R_۲+R_۳} = \frac{۴ \times ۱۲}{۴+۱۲} = ۳\,\Omega$$

$$R_{eq} = R_۱ + R_{۲۳} = ۲ + ۳ = ۵\,\Omega$$

$$I_{\text{کل مدار}} = I_۱ = \frac{\varepsilon}{r+R_{eq}} = \frac{۱۲}{۱+۵} = ۲A$$

این جریان $R_۱$ هم هست.

برای محاسبهٔ جریان عبوری از $R_۲$ و $R_۳$ دو راه داریم:

راه اول: محاسبهٔ V_{ab} : $V_{ab} = R_{۲۳}I = ۳ \times ۲ = ۶V$

$$V_{ab} = R_۲I_۲ \Rightarrow I_۲ = \frac{۶}{۴} = ۱/۵A$$

$$V_{ab} = R_۳I_۳ \Rightarrow I_۳ = \frac{۶}{۱۲} = ۰/۵A$$

راه دوم تقسیم جریان است:

$$I_۲ = \frac{R_۳}{R_۲+R_۳}I = \frac{۱۲}{۴+۱۲} \times ۲ = ۱/۵A$$

$$I_۳ = \frac{R_۲}{R_۲+R_۳}I = \frac{۴}{۴+۱۲} \times ۲ = ۰/۵A$$

۱۶۰ الف) مقاومت‌های $R_۴$, $R_۳$, $R_۲$ با هم موازیند یعنی ولتاژ دو سر $R_۴$ با ولتاژ دو سر $R_۳$ و $R_۲$ برابر است:

$$V_{R_۴} = R_۴I_۴ = ۳ \times ۰/۵ = ۱/۵V$$

$$V_{R_۳} = ۱/۵V \Rightarrow V_{R_۳} = R_۳I_۳ \Rightarrow ۱/۵ = ۶I_۳ \Rightarrow I_۳ = ۰/۲۵A$$

$$V_{R_۲} = ۱/۵ \Rightarrow V_{R_۲} = R_۲I_۲ \Rightarrow ۱/۵ = ۲I_۲ \Rightarrow I_۲ = ۰/۷۵A$$

بر اساس قانون جریان گره، جریان عبوری از مقاومت $R_۱$ برابر با مجموع جریان‌های عبوری از $R_۲$, $R_۳$, $R_۴$:

$$I_۱ = I_۲ + I_۳ + I_۴ \Rightarrow I_۱ = ۰/۷۵ + ۰/۲۵ + ۰/۵ = ۱/۵A$$

ب) طبق دادهٔ مسأله:

$$rI_۱ = ۱/۵V \Rightarrow r_۱ \times ۱/۵ = ۱/۵ \Rightarrow r_۱ = ۱\Omega$$

ضمناً ولتاژ دو سر B و A برابر است با اختلاف پتانسیل دو سر $R_۲$, $R_۳$, $R_۴$:

$$V_{AB} = V_{R_۴} = ۱٫۵V$$

با چرخش از نقطهٔ B به A در جهت جریان $I_۱$:

$$V_B - xI_۱ - rI + \varepsilon - R_۱I_۱ = V_A \Rightarrow \varepsilon - I_۱\left(x + r + R_۱\right) = V_A - V_B$$

$$۱۲ - ۱٫۵\left(x + ۱ + ۴\right) = ۱٫۵ \Rightarrow ۱٫۵\left(۵ + x\right) = ۱۰٫۵ \Rightarrow ۵ + x = ۷ \Rightarrow x = ۲\Omega$$

۱۶۱ الف)

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} \Rightarrow \frac{۱}{۱٫۶} = \frac{۱}{۳} + \frac{۱}{۶} + \frac{۱}{R_۳} \Rightarrow \frac{۱۰}{۱۶} = \frac{۱}{۲} + \frac{۱}{R_۳}$$

$$\Rightarrow \frac{۱}{R_۳} = \frac{۱۰}{۱۶} - \frac{۱}{۲} = \frac{۱}{۸} \Rightarrow R_۳ = ۸\Omega$$

ب) با نوشتن قاعدهٔ حلقه برای این مدار و با در نظر گرفتن مقاومت معادل R_{eq} داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۳}{۱٫۶ + ۱} = \frac{۳}{۲٫۶} = \frac{۳۰}{۲۶} \Rightarrow I = \frac{۱۵}{۱۳}A$$

پ)

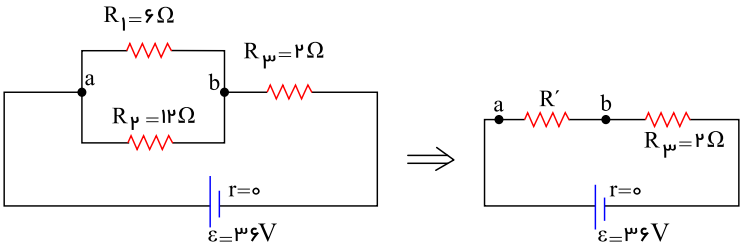
$$P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^۲ = ۳ \times \frac{۱۵}{۱۳} - ۱ \times (\frac{۱۵}{۱۳})^۲ \Rightarrow P_{\text{خروجی}} \simeq ۲٫۱۳W$$

از آنجا که توان مصرفی مقاومت معادل با مجموع توان‌های مصرفی تک‌تک مقاومت‌ها برابر است می‌توان نوشت:

$$P_{\text{مصرفی}} = R_{eq}I^۲ = ۱٫۶ \times (\frac{۱۵}{۱۳})^۲ \Rightarrow P_{\text{مصرفی}} \simeq ۲٫۱۳W$$

۱۶۲

ابتدا مدار را ساده می‌کنیم:



$R_۱$ و $R_۲$ موازی هستند:

$$\frac{۱}{R'} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} \Rightarrow \frac{۱}{R'} = \frac{۱}{۶} + \frac{۱}{۱۲} = \frac{۳}{۱۲} \Rightarrow R' = ۴\Omega$$

مقاومت کل مدار برابر است با:

$$R_{eq} = R' + R_۳ = ۴ + ۲ = ۶\Omega$$

$$I_{\text{مدار}} = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{۳۶}{۶} = ۶A$$

مقاومت‌های R' و $R_۳$ سری هستند و جریان عبوری از آن‌ها یکسان است. پس برای اختلاف پتانسیل دو سر R' داریم:

$$V_{ab} = V_{R'} = R'I \Rightarrow V_{R'} = ۴ \times ۶ = ۲۴V$$

که این V_{ab} در واقع اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۶ اهمی نیز می‌باشد. پس داریم:

$$P = \frac{V^۲}{R_۱} \Rightarrow P = \frac{(۲۴)^۲}{۶} = ۹۶W$$

۱۶۳

الف مقاومت هر نیم حلقه برابر است با ۱۰Ω و این دو نیم‌حلقه باهم موازی‌اند:

$$R_{eq} = \frac{R_۱R_۲}{R_۱ + R_۲} = \frac{۱۰ \times ۱۰}{۱۰ + ۱۰} = ۵\Omega$$

ب

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\Rightarrow (۲A)=\frac{\varepsilon}{(۵\Omega)+(۱\Omega)}\Rightarrow \varepsilon=۱۲V$$

پ

$$V_A-\frac{I}{۲}\times\frac{R}{۴}=V_B\Rightarrow V_A-(۱A)(۵\Omega)=V_B\Rightarrow V_A-V_B=۵V$$

۱۶۴

الف

چون مقاومت‌ها در دو حالت به یک ولتاژ وصل شده‌اند نسبت توانها برابر با عکس نسبت مقاومت‌ها خواهد شد:

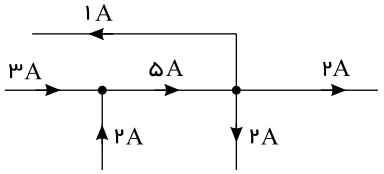
$$\left.\begin{array}{l}P=\frac{V^۲}{R}\\ R_{T_{۱\,\text{سری}}}\\ R_{T_{۲\,\text{موازی}}}\end{array}\right\}\Rightarrow\frac{P_۱}{P_۲}=\frac{R_{T_۲}}{R_{T_۱}}\qquad \frac{P_۱}{P_۲}=\frac{۲R}{\frac{R}{۲}}=۴$$

ب با بستن کلید لامپ (۲) از مدار خارج می‌شود. مقاومت مدار در این حالت کاهش و نور لامپ (۱) افزایش می‌یابد. آمپرسنج

پ

جهت به سمت راست

$$۳+۲=۲+۱+I\Rightarrow I=۲A$$



۱۶۵

$$R'=\frac{۶\times۳}{۶+۳}=۲\ ,\ R_{eq}=۲+۴=۶\Omega$$

$$I_{(۴\Omega)}=I_{eq}\rightarrow I_{eq}=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}=\frac{۱۲}{۶}=۲A$$

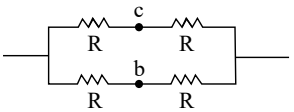
$$P=I^۲R\rightarrow P=۴\times(۲)^۲=۱۶$$

۱۶۶ الف) اگر مجموعه به ولتاژ V وصل شود و فرض کنیم جریان I وارد نقطهٔ a می‌شود، چون مدار کاملاً متقارن است. جریان به دو قسمت مساوی تقسیم می‌شود و از هر کدام از دو مقاومت بالا و پایین می‌گذرد. بنابراین اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R در بالا و مقاومت R در پایین یکسان خواهد بود و چون سر اول هر دو به نقطهٔ a وصل است می توان گفت:

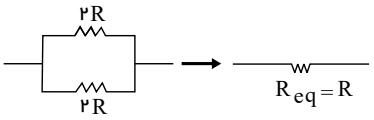
$$V_c-V_a=V_b-V_a\Rightarrow V_b=V_c$$

یعنی جریانی از مقاومت R' نمی‌گذرد و می‌توان آن را حذف کرد.

ب) با توجه به قسمت الف شکل مدار تبدیل می‌شود به:



پس داریم:



۱۶۷ باید توجه کرد که تمام جریان، مدار ابتدا باید از لامپ (۱) بگذرد و این جریان I بین بقیهٔ لامپ‌ها تقسیم خواهد شد (و چون دو لامپ (۲) و (۳) موازی و یکسان هستند جریان آن‌ها یکسان و برابر $\frac{I}{۲}$ خواهد بود.)

$$P_۱=RI^۲\quad ,\quad P_۲=P_۳=R(\frac{I}{۲})^۲=\frac{RI^۲}{۴}$$

بنابراین باید حداکثر توان قابل تحمل یعنی $۶۰W$ را به لامپ (۱) نسبت دهیم به این ترتیب داریم:

$P_۱ = RI^۲ = ۶۰W$

$P_۲ = P_۳ = \frac{RI^۲}{۴} = \frac{۶۰}{۴} = ۱۵W$

در نتیجه: $P_{کل} = ۶۰ + ۱۵ + ۱۵ = ۹۰W$

یعنی می توان $۹۰W$ به دو سر b و a توان منتقل نمود.

۱۶۸ توجه کنید که اگر دو لامپ به ولتاژ اسمی که روی آن نوشته وصل شود، همان توان اسمی که رویش نوشته را ایجاد می‌کند. در حالت کلی آنچه ثابت می‌ماند مقاومت لامپ است (با فرض آنکه محاسبات مربوط به دما را دخالت ندهیم):

$$P_۱ = \frac{V^۲}{R_۱} \Rightarrow R_۱ = \frac{V^۲}{P_۱} = \frac{(۲۲۰)^۲}{۴۰} \quad , \quad P_۲ = \frac{V^۲}{R_۲} \Rightarrow R_۲ = \frac{V^۲}{P_۲} = \frac{(۲۲۰)^۲}{۶۰}$$

$$R_{eq} = R_۱ + R_۲ = \frac{(۲۲۰)^۲}{۴۰} + \frac{(۲۲۰)^۲}{۶۰} = \frac{(۲۲۰)^۲}{۲۴}$$

این جریان از هر دوی آنها می‌گذرد پس: $I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{۲۲۰}{\frac{(۲۲۰)^۲}{۲۴}} = \frac{۲۴}{۲۲۰} = \frac{۶}{۵۵}A$

$$P_{۱\ جدید} = R_۱ I^۲ = \frac{(۲۲۰)^۲}{۴۰} \times (\frac{۶}{۵۵})^۲ = ۱۴٫۴W \quad , \quad P_{۲\ جدید} = R_۲ I^۲ = \frac{(۲۲۰)^۲}{۶۰} \times (\frac{۶}{۵۵})^۲ = ۹٫۶W$$

$$P_t = P_{۱\ جدید} + P_{۲\ جدید} = ۱۴٫۴ + ۹٫۶ = ۲۴W$$

تذکر: به طور کلی در این گونه سؤال‌ها که لامپ ها با برق شهر کار می کنند، آنها را به صورت متوالی به همان برق شهر متصل می کنیم، توان مصرفی کل آنها به صورت زیر محاسبه می شود:

$$P_t = \frac{P_۱ P_۲}{P_۱ + P_۲} \xrightarrow{\text{در اینجا}} P_t = \frac{۶۰ \times ۴۰}{۱۰۰} = ۲۴W$$

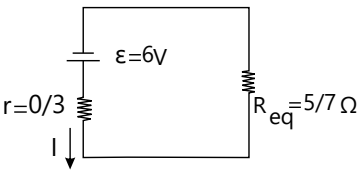
۱۶۹ ابتدا مقاومت معادل مدار را بدست می‌آوریم:

$$\frac{۱}{R_{۳۴}} = \frac{۱}{R_۳} + \frac{۱}{R_۴} = \frac{۱}{۱۲} + \frac{۱}{۶} \Rightarrow R_{۳۴} = ۴\Omega$$

$$\frac{۱}{R_{۲۳۴}} = \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_{۳۴}} = \frac{۱}{۶} + \frac{۱}{۴} \Rightarrow R_{۲۳۴} = \frac{۲۴}{۱۰} = ۲٫۴\Omega$$

$$R_{eq} = R_۱ + R_{۲۳۴} = ۳٫۳ + ۲٫۴ = ۵٫۷\Omega$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۶}{۵٫۷ + ۰٫۳} = ۱A$$



چون $R_۱$ یا مولد سری است جریان $I = ۱A$ از $R_۱$ هم می‌گذرد.

$$V_{\text{دو سر مولد}} = \varepsilon - rI = ۶ - ۰٫۳ \times ۱ = ۵٫۷V$$

۱۷۰

$R_۲$, $R_۱$ موازیند $: R_{۱۲} = \frac{R_۱ R_۲}{R_۱ + R_۳} = \frac{۶}{۵} = ۱٫۲\Omega$

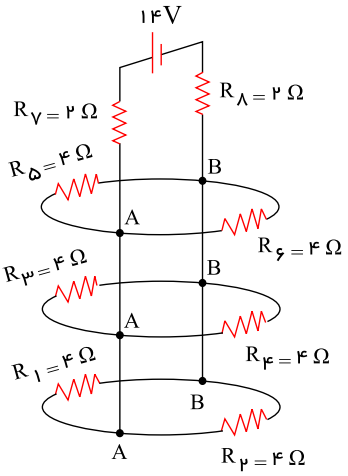
$$R_{eq} = R_{۱۲} + R_۳ = ۱٫۲ + ۴٫۸ = ۶\Omega \Rightarrow I = \frac{V_{AB}}{R_{eq}} \Rightarrow I = \frac{۱۲}{۶} = ۲A$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت که بین دو نقطهٔ A و C قرار دارد، همان اختلاف پتانسیل دو سر $R_۱$ است:

$$V_{R_۱} = V_{AC} = R_{۱۲} I = ۱٫۲ \times ۲ = ۲٫۴A \Rightarrow V_{R_۱} = R_۱ I_۱ \Rightarrow ۲٫۴ = ۲ \times I_۱ \Rightarrow I_۱ = ۱٫۲A$$

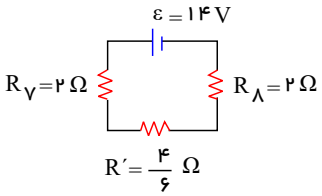
ب) $I_{\text{مدار}} = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow ۲ = \frac{\varepsilon}{۶ + ۰٫۵} \Rightarrow \varepsilon = ۱۳V$

۱۷۱ با کمی دقت در شکل فضایی مسأله مشاهده می‌شود که مقاومت‌های $R_۱$ تا $R_۶$ همگی بین دو نقطهٔ A و B بسته شده‌اند و با هم موازی‌اند:



$$\frac{۱}{R'}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}+\frac{۱}{R_۴}+\frac{۱}{R_۵}+\frac{۱}{R_۶}$$
$$\Rightarrow \frac{۱}{R'}=\frac{۶}{R}\Rightarrow R'=\frac{۴}{۶}\Omega$$

مدار ساده‌شده به شکل زیر خواهد بود:



$$R_{eq}=R_۷+R_۸+R'$$
$$R_{eq}=\frac{۲۸}{۶}\Omega=\frac{۱۴}{۳}\Omega$$
$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}=\frac{۱۴}{\frac{۱۴}{۳}}=۳A$$

این جریان $۳A$ از $R_۷$ ، $R_۸$ و R' می‌گذرد. پس:

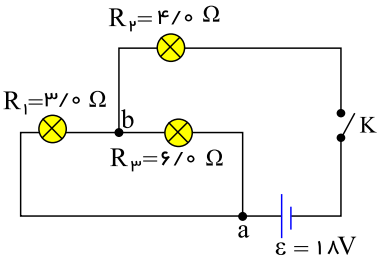
$$V_{AB}=V_{R'}=R'I=\frac{۴}{۶}\times ۳=۲V$$

چون همهٔ مقاومت‌های $R_۱$ تا $R_۶$ با هم موازی‌اند، ولتاژ همگی $۲V$ است و جریان عبوری از هر یک از آنها برابر است با:

$$I=\frac{V_{AB}}{R}=\frac{۲}{۴}=۰/۵A$$

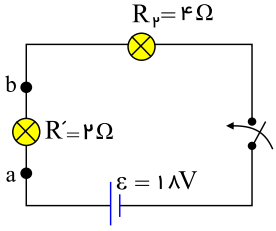
۱۷۲

همانطور که از شکل پیداست، دو مقاومت $R_۱$ و $R_۳$ با هم موازی‌اند:



$$R'=\frac{R_۱R_۳}{R_۱+R_۳}=\frac{۳\times ۶}{۳+۶}=۲\Omega$$

و در شکل جدید مشاهده می‌کنیم که R' و $R_۲$ سری‌اند:



حال جریان کل مدار را محاسبه می‌کنیم:

$$R_{eq}=R'+R_۲=۲+۴=۶\Omega$$
$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}}=\frac{۱۸}{۶}=۳A$$

که این جریان هم از $R_۲$ و هم از R' می‌گذرد. پس داریم:

$$V_{ab}=V_{R'}=R'I=۲\times ۳=۶V$$

چون $R_۱$ و $R_۳$ موازی هستند، V_{ab} هم اختلاف پتانسیل دو سر $R_۱$ است و هم اختلاف پتانسیل دو سر $R_۳$:

$$I_۱=\frac{V_{ab}}{R_۱}=\frac{۶}{۳}=۲A$$

$$I_۳ = \frac{V_{ab}}{R_۳} = \frac{۶}{۶} = ۱A$$

۱۷۳ ابتدا حالت متوالی را بررسی می‌کنیم:

$$R_{eq} = R + R + R = ۳R = ۳ \times ۱۲ = ۳۶\Omega$$

$$V = R_{\text{سری}} I \Rightarrow ۱۲ = ۳۶I \Rightarrow I = \frac{۱}{۳}A = ۰/۳۳A$$

چون مقاومت‌ها با هم سری هستند، جریان عبوری از هر یک از آنها همان $\frac{۱}{۳}A$ است. اکنون حالت موازی را بررسی می‌کنیم:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} = \frac{۳}{R} = \frac{۳}{۱۲} \Rightarrow R_{eq} = ۴\Omega$$

$$V = R_{\text{موازی}} I \Rightarrow ۱۲ = ۴I \Rightarrow I = ۳A$$

این جریان کل مدار است و چون هر سه مقاومت هم‌اندازه‌اند، جریان عبوری از هر یک از آنها برابر $\frac{I_{\text{کل}}}{۳} = ۱A$ می‌باشد.

البته برای محاسبهٔ جریان هر یک از مقاومت‌های موازی، چون اختلاف پتانسیل دو سر همهٔ آنها یکسان است، می‌توان مستقیم برای هر مقاومت نوشت:

$$V = RI \Rightarrow ۱۲ = ۱۲ \times I \Rightarrow I = ۱A$$

۱۷۴ حالت اول، موازی:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} = \frac{۲}{R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{۲}$$

$$P = \frac{V^۲}{R_{eq}} = \frac{V^۲}{\frac{R}{۲}} = ۲\frac{V^۲}{R}$$

حالت دوم، سری:

$$R'_{eq} = R + R \Rightarrow R'_{eq} = ۲R$$

$$P' = \frac{V^۲}{R'_{eq}} = \frac{V^۲}{۲R}$$

اکنون نسبت توان‌ها را می‌نویسیم:

$$\frac{P_{\text{موازی}}}{P_{\text{سری}}} = \frac{P}{P'} = \frac{۲\frac{V^۲}{R}}{\frac{۱}{۲}\frac{V^۲}{R}} = ۴$$

۱۷۵

الف درست

۱۷۶

الف ابتدا جریان عبوری از مقاومت $R_۲$ را به دست می‌آوریم:

$$P_۲ = R_۲ I_۲^۲ \rightarrow ۹۶ = ۶I_۲^۲ \rightarrow I_۲ = ۴A$$

با توجه به موازی بودن $R_۲$ و $R_۳$، جریان عبوری از $R_۳$ و سپس جریان کل مدار را به دست می‌آوریم:

$$\frac{I_۳}{I_۲} = \frac{R_۲}{R_۳} \rightarrow \frac{I_۳}{۴} = \frac{۶}{۱۲} \rightarrow I_۳ = ۲A \rightarrow I_{eq} = ۲ + ۴ = ۶A$$

اختلاف پتانسیل دو سر مولد با اختلاف پتانسیل دو سر مجموعهٔ مقاومت‌ها یکسان است.

$$R_{۲۳} = ۴\Omega \quad R_{eq} = ۲ + ۴ = ۶\Omega$$

$$V = IR = ۶ \times ۶ = ۳۶$$

ب لامپ (۱) اتصال کوتاه و خاموش می‌شود.

۱۷۷ گام اول: شکل سوال را به دقت ببینید. اگر کلید A را ببندیم، مقاومت R_A و اگر کلید B را ببندیم، مقاومت R_B و اگر هر دو کلید را ببندیم، هر دو مقاومت به ولتاژ $۲۲۰V$ وصل می‌شوند؛ پس، وقتی هر دو کلید بسته است، توان مصرفی لامپ، بیشینه خواهد شد:

$$P_{max} = P_A + P_B = ۵۰W \quad (۱)$$

گام دوم: طبق رابطهٔ $P_n = \frac{V_n^۲}{R}$ ، P_n و R با هم رابطهٔ عکس دارند؛ پس، کمترین توان متعلق به بزرگ‌ترین مقاومت (یعنی R_A) است:

$$P_{min} = P_A = ۱۰W \quad (۲)$$

از رابطه‌های (۱) و (۲) نتیجه می‌گیریم:

$$P_B = P_{max} - P_A = ۵۰ - ۱۰ = ۴۰W$$

گام سوم: باید نسبت $\frac{R_A}{R_B}$ را حساب کنیم:

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{P_B}{P_A} = \frac{۴۰}{۱۰} = ۴$$

۱۷۸ گام اول: در این گام، جریان عبوری از مقاومت ۱۲۰ اهمی را به دست می‌آوریم:

$$P_= R_۱ I_۱^۲ \Rightarrow ۵W = (۲۰\Omega) I_۱^۲ \Rightarrow I_۱^۲ = \frac{۵}{۲۰} = \frac{۱}{۴}$$

$$\Rightarrow I_۱ = \frac{۱}{۲} A$$

گام دوم: حالا با توجه به رابطهٔ $\frac{I_۲}{I_۱} = \frac{R_۱}{R_۲}$ مقدار جریان عبوری از $R_۲$ را حساب می‌کنیم:

$$\frac{I_۲}{I_۱} = \frac{R_۱}{R_۲} \Rightarrow \frac{I_۲}{\frac{۱}{۲}A} = \frac{۲۰\Omega}{۴\Omega} \Rightarrow I_۲ = ۵ \times (\frac{۱}{۲}A) = \frac{۵}{۲}A$$

گام سوم: با جمع کردن $I_۱$ و $I_۲$ نسخهٔ این سؤال را می‌پیچیم!

$$I = I_۱ + I_۲ \Rightarrow \bar{I} = (\frac{۱}{۲}A) + (\frac{۵}{۲}A) = (\frac{۶}{۲}A) = ۳A$$

۱۷۹ الف) با توجه به رابطهٔ $\frac{P_۲}{P_۱} = \frac{R_۱}{R_۲}$ داریم:

$$\frac{P_۲}{P_۱} = \frac{R_۱}{R_۲} \xrightarrow{\text{صورت و مخرج طرف چپ ضرب در } t} \frac{P_۲ t}{P_۱ t} = \frac{E_۲}{E_۱} = \frac{R_۱}{R_۲} \Rightarrow \frac{۳۲}{۱۶} = \frac{R}{۸\Omega} \Rightarrow ۲ = \frac{R}{۸\Omega} \Rightarrow R = ۱۶\Omega$$

ب) جریان گذرنده از مقاومت ۸ اهمی را می‌توانیم از $U_۲ = R_۲ I_۲^۲ t$ به دست آوریم:

$$U_۲ = R_۲ I_۲^۲ t \Rightarrow ۳۲J = (۸\Omega) \times I^۲ \times (۱s) \Rightarrow I^۲ = \frac{۳۲}{۸} = ۴ \Rightarrow I = ۲A$$

۱۸۰ ابتدا مقاومت لامپ‌ها را حساب می‌کنیم:

$$R = \frac{V^۲}{P} = \frac{(۲۲۰)^۲}{۱۰۰} = ۴۸۴\Omega$$

وقتی دو لامپ مشابه را متوالی به هم وصل می‌کنیم، اختلاف پتانسیلی که دو سر هر کدام نشان می‌دهد، برابر است با نصف اختلاف پتانسیل کل؛ بنابراین اختلاف پتانسیل در دو سر هر کدام از لامپ‌ها، ۱۱۰ ولت است.

$$P_۲ = \frac{V'^۲}{R} = \frac{(۱۱۰)^۲}{۴۸۴} = ۲۵W$$

۱۸۱ ابتدا مقاومت معادل را به دست می‌آوریم:

$$R_{eq} = ۱\Omega + ۲\Omega + ۳\Omega = ۶\Omega$$

حالا توان مصرفی کل را محاسبه می‌کنیم:

$$P_T = \frac{\Delta V^۲}{R_{eq}} = \frac{(۶V)^۲}{۶\Omega} = ۶W$$

در نهایت با استفاده از رابطهٔ $\frac{P_۱}{P_T} = \frac{R_۱}{R_{eq}}$ توان مصرفی مقاومت ۱ اهمی را به دست می آوریم:

$$\frac{P_۱}{P_T} = \frac{R_۱}{R_{eq}} \Rightarrow \frac{P_۱}{۶W} = \frac{۱\Omega}{۶\Omega} \Rightarrow P_۱ = \frac{۶W}{۶} = ۱W$$

۱۸۲ الف)

$$R_{eq} = R_۱ + R_۲ + R_۳ \Rightarrow ۱۳ = ۳ + ۶ + R_۳ \Rightarrow R_۳ = ۴\Omega$$

ب) با نوشتن قاعدهٔ حلقه برای این مدار داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_۱ + R_۲ + R_۳ + r} = \frac{۷}{۱۴} \Rightarrow I = ۰/۵A$$

پ)

$$\left.\begin{array}{l} P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^{۲} = ۷ \times ۰/۵ - ۱ \times ۰/۵^{۲} \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = ۳/۲۵W \\ P_{\text{مصرفی}} = R_۱I^{۲} + R_۲I^{۲} + R_۳I^{۲} = (R_۱ + R_۲ + R_۳)I^{۲} \Rightarrow P_{\text{مصرفی}} = R_{eq}I^{۲} = ۱۳ \times ۰/۵^{۲} \end{array}\right\} P_{\text{مصرفی مدار}} = P_{\text{خروجی باتری}}$$

۱۸۳ ابتدا توان کل مصرف‌کننده‌های این خانه را به دست می‌آوریم:

$$P_{\text{کل}} = P_{\text{اتو}} + P_{\text{توستر}} + ۵ \times P_{\text{لامپ}} + P_{\text{بخاری}} \Rightarrow P_{\text{کل}} = ۱۱۰۰ + ۱۸۰۰ + ۵۰۰ + ۱۱۰۰ = ۴۵۰۰W$$

حالا جریان کل مدار را به دست می‌آوریم:

$$P_{\text{کل}} = VI_{\text{کل}} \Rightarrow I_{\text{کل}} = \frac{۴۵۰۰}{۲۲۰} = ۲۰/۴۵A$$

چون جریان کل مدار از حداکثر جریان قابل‌تحمل فیوز بیشتر است، فیوز می‌پرد.

۱۸۴ الف) لامپ (۲) خاموش و لامپ (۱) پر نورتر می‌شود.

ب) با بستن کلید مقاومت مدار کاهش می‌یابد بنا بر رابطه‌ی $I = \frac{\varepsilon}{R + r}$ جریان مدار افزایش یافته و آمپرسنج عدد بیش‌تری را نشان می‌دهد. با توجه به رابطهٔ $V = \varepsilon - Ir$ عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد در این حالت کاهش می‌یابد.

۱۸۵ با کاهش مقاومت رئوستا، نور لامپ رشته‌ای افزایش می‌یابد. در نتیجه مقاومت LDR کاهش می‌یابد. پس جریان در مدار سمت راست افزایش و نور لامپ LED نیز زیاد می‌شود.

۱۸۶ با بستن کلید K، چون مقاومت $R_۱$ به‌صورت موازی به مجموعه اضافه می‌شود، مقاومت معادل مجموعه کاهش می‌یابد. پس جریان کل مدار (عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد) افزایش یافته و در نتیجه ولتاژ دو سر مولد واقعی، کاهش می‌یابد.

$$k \text{ بعد از بستن کلید } R_{eq} \downarrow \xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}} I \uparrow \xrightarrow{V=\varepsilon - rI \uparrow} V \downarrow$$

۱۸۷ مقاومت $R_۲$ به‌طور موازی به $R_۱$ وصل است. اگر کلید K باز شود، مقاومت کل افزایش می‌یابد.

$$R_{eq} \uparrow \Rightarrow I_T = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I_T \downarrow \Rightarrow V_T = \varepsilon - rI_T \Rightarrow V_T \uparrow$$

ولت‌سنج، ولتاژ دو سر باتری یا همان V_T را نمایش می‌دهد که افزایش می‌یابد.

$$\left.\begin{array}{l} I_۱ = \frac{V_۱}{R_۱} = \frac{V_T}{R_۱} \\ V_T \uparrow \end{array}\right\} \Rightarrow I_۱ \uparrow \text{ عدد آمپرسنج افزایش می‌یابد.}$$

۱۸۸ با افزایش مقاومت $R_۱$، مقاومت معادل در مدار افزایش می‌یابد. با افزایش مقاومت معادل طبق رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$، جریان کاهش می‌یابد.

طبق رابطهٔ $V = \varepsilon - Ir$، با کاهش جریان اختلاف پتانسیل دو سر مولد و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت معادل $R_{۲,۳}$ افزایش می‌یابد. پس با افزایش اختلاف پتانسیل جریان گذرنده از مقاومت $R_{۲,۳}$ نیز افزایش می‌یابد (طبق رابطهٔ $V = RI$) پس $A_۲$ عدد بیشتری را ثبت می‌کند.

جریان اصلی بین دو مقاومت $R_۱$ و $R_{۲,۳}$ تقسیم می‌شود و بنابر قانون جریان $I = I_۱ + I_۲$ چون I کاهش یافته است و $I_۲$ افزایش یافته است پس جریان $I_۱$ کاهش می‌یابد و عددی که $A_۱$ نشان می‌دهد کاهش می‌یابد.

۱۸۹

با کاهش مقاومت متغیر R، مقاومت کل کاهش می‌یابد، از این رو جریان کل (که همان جریان عبوری از لامپ $L_۱$ است) افزایش می‌یابد. یعنی:

$$R \downarrow \Rightarrow R_{eq} \downarrow \Rightarrow I_T \uparrow \Rightarrow I_۱ = I_T \uparrow \Rightarrow V_۱ = R_۱I_۱ \uparrow$$

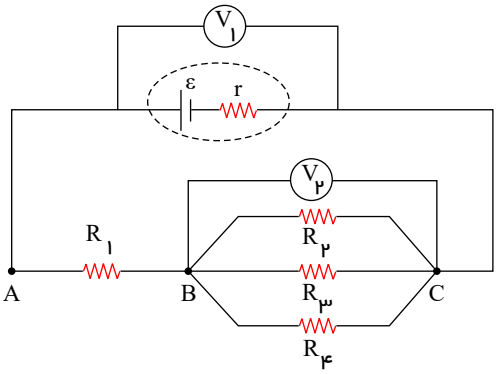
$$\underset{\text{افزایش}}{V_۱} + \underset{\text{ثابت}}{V_۲} = V_T \Rightarrow V_۲ \downarrow$$

$$\left.\begin{array}{l} I_۲ = I_{R'} + I_{L_۲} \\ I_{R'} = \frac{V_۲}{R'} \xrightarrow{\text{کاهش } V_۲'} I_{R'} \end{array}\right\} \xrightarrow{I_T \uparrow} I_{L_۲} \uparrow$$

بنابراین نور لامپ $L_۲$ زیاد می‌شود.

افزایش جریان $I_۱$ یعنی افزایش جریان عبوری از لامپ $L_۱$، درنتیجه افزایش نور لامپ $L_۱$.

۱۹۰ وقتی کلید K بسته می‌شود مقاومت $R_۴$ به صورت موازی به شاخه اضافه می‌شود. مقاومت معادل کاهش می‌یابد پس طبق رابطه $I=\frac{\varepsilon}{R+r}$ چون مقاومت معادل کاهش می‌یابد پس شدت جریان در مدار افزایش می‌یابد. طبق رابطه $V_۱=\varepsilon-Ir$ چون افت پتانسیل افزایش می‌یابد، اختلاف پتانسیل مدار کاهش می‌یابد پس $V_۱$ کم می‌شود.



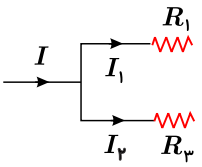
طبق رابطه $V_{AB}=R_۱\times I$ چون جریان در مدار افزایش یافته است پس V_{AB} نیز افزایش می‌یابد از طرفی می‌دانیم $V_T=V_{AB}+V_{BC}$ و با توجه به اینکه اختلاف پتانسیل مدار کاهش یافته است و V_{AB} افزایش یافته است پس V_{BC} نیز باید کاهش یابد تا تساوی برقرار شود.

پس $V_۱$ و $V_۲$ هر دو کاهش می‌یابد.

۱۹۱

$$R_۴\uparrow\rightarrow R_{eq}\uparrow\rightarrow\downarrow I=\frac{\varepsilon}{\uparrow R_{eq}+r}\rightarrow V_۳=\varepsilon-rI\downarrow\rightarrow\uparrow V_۳\uparrow$$

عددی که ولت‌سنج $V_۳$ نشان می‌دهد افزایش می‌یابد.$\rightarrow$



$$\downarrow V_۲=R_۲I\downarrow$$
$$R_۴\uparrow\rightarrow I_۱\downarrow\rightarrow V_۱\downarrow$$

عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد افزایش می‌یابد. $R_۴\uparrow\rightarrow I_۲\uparrow\rightarrow$

۱۹۲

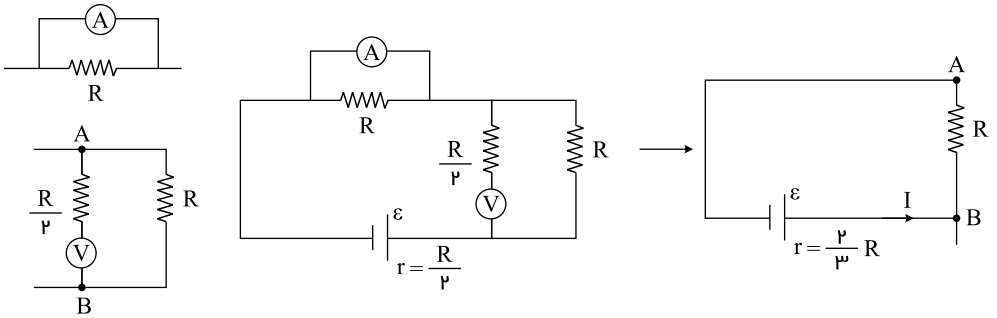
در حال اول $\Rightarrow$ گام ۱ :

$$\begin{cases} I=\dfrac{\varepsilon}{r+\frac{۴}{۳R}}\rightarrow I=\dfrac{\varepsilon}{\frac{۲}{۳}R+\frac{۴}{۳}R}=\dfrac{\varepsilon}{۲R} \\ R_{eq}=R+\dfrac{R\times\frac{R}{۲}}{R+\frac{R}{۲}}=R+\dfrac{\frac{R^۲}{۲}}{\frac{۳}{۲}R}=R+\dfrac{R}{۳}=\dfrac{۴}{۳}R \end{cases}$$

گام ۲ $\Rightarrow$

$$\begin{cases} \text{عدد آمپرسنج}=(\dfrac{R}{\frac{R}{۲}+R})(\dfrac{\varepsilon}{۲R})=\dfrac{۲}{۳}\dfrac{\varepsilon}{۲R}=\dfrac{\varepsilon}{۳R}\rightarrow I_۱=\dfrac{\varepsilon}{۳R} \\ \text{عدد ولت‌سنج}=RI=R(\dfrac{\varepsilon}{۲R})=\dfrac{\varepsilon}{۲}\rightarrow V_۱=\dfrac{\varepsilon}{۲} \end{cases}$$

گام ۳ $\Rightarrow$ تعویض جای ولت‌سنج و آمپرسنج



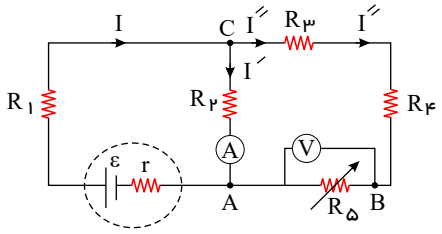
$\Rightarrow$ هم از مدار حذف می‌شود. $\frac{R}{۲}$ مقاومت R اتصال کوتاه و حذف می‌شود. $I=\dfrac{\varepsilon}{R+\frac{۲}{۳}R}=\dfrac{\varepsilon}{\frac{۵}{۳}R}=\dfrac{۳}{۵}\dfrac{\varepsilon}{R}$

$\Rightarrow$ (از ولت سنج جریانی عبور نمی‌کند.) عدد ولت سنج $= V_{AB} = R \times I \Rightarrow V_۲ = R(\frac{۳}{۵}\frac{\varepsilon}{R}) = \frac{۳}{۵}\varepsilon$

گام ۴ $\Rightarrow \begin{cases} V_۱ = \frac{\varepsilon}{۲} \\ V_۲ \frac{۳}{۴}\varepsilon \end{cases} \Rightarrow V_۲ > V_۱$

$\begin{cases} I_۱ = \frac{\varepsilon}{۳R} \\ I_۲ = \frac{۳}{۵}\frac{\varepsilon}{R} \end{cases} \Rightarrow I_۲ > I_۱$

۱۹۳ گام اول: با افزایش مقاومت $R_۵$، مقاومت کل مدار افزایش می‌یابد.



$\uparrow R_۵ \rightarrow R_{eq} \uparrow$

گام دوم: با افزایش مقاومت کل مدار، جریان کل مدار کاهش می‌یابد.

$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq} \uparrow} \rightarrow I \downarrow$ گذرنده از باتری

گام سوم: برای تعیین تکلیف V_{AC} در حلقهٔ چپ از A به طرف C حرکت می‌کنیم:

$\rightarrow V_A + \varepsilon - rI - R_۱ I = V_C \rightarrow V_C - V_A = V_{CA} = \varepsilon - (r + R_۱)I \downarrow \rightarrow V_{AC} \uparrow$

گام چهارم:

$\uparrow V_{AC} = V_{R_۲} \uparrow = \underbrace{R_۲}_{\text{ثابت}} I' \rightarrow (I') \uparrow$ آمپرسنج افزایش می‌یابد.

گام پنجم:

$I = I' + I'' \xrightarrow[I' \uparrow]{I \downarrow} I'' \downarrow$

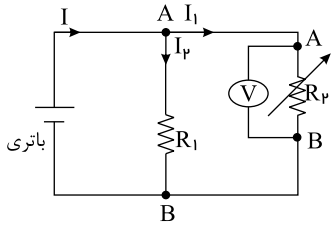
گام ششم:

$R_۳ : V_{CB} = (R_۳ + R_۴)I'' \downarrow \rightarrow V_{CB} \downarrow$

گام هفتم:

$\downarrow V_{CB} + V_{BA} = V_{CA} \uparrow \rightarrow (V_{BA}) \uparrow$ ولت‌سنج افزایش می‌یابد

۱۹۴ گام اول:اختلاف پتانسیل دو سر باتری با اختلاف پتانسیل هریک از مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ برابر است.



گام دوم: با افزایش R_{eq}، $R_۲$ هم افزایش می‌یابد پس I کل کاهش می‌یابد. اما عدد ولت‌سنج تغییری نکرده است از این موضوع نتیجه می‌گیریم:

اختلاف پتانسیل دو سر باتری $\underbrace{V}_{\text{ثابت}} = \varepsilon - rI \downarrow \rightarrow r = ۰$

گام سوم:

توان خروجی باتری $P = V \cdot I = \varepsilon I - \cancel{r I^۲}^{۰} = \varepsilon I \downarrow \Rightarrow P \downarrow$

۱۹۵ اگر دو مقاومت ۲۰ اهمی موازی قرار گیرند مقاومت معادل برابر $R=\frac{۲۰}{۲}=۱۰$ اهم می‌شود یعنی با موازی بستن مقاومت جدید، مقاومت معادل کاهش یافته، بنابراین جریان کل مدار (که آمپرسنج نشان می‌دهد) افزایش یافته، از این رو ولتاژ دو سر مولد کاهش می‌یابد. در نتیجه:

$$R_{T_۱}=۲۰\Rightarrow R_{T_۲}=۱۰\Rightarrow R_T\downarrow$$

$$\uparrow I_T=\frac{\varepsilon}{\downarrow R_T+r}$$ عدد آمپرسنج افزایش

$$\downarrow V=\varepsilon-rI_T\uparrow$$ عدد ولتسنج کاهش

۱۹۶ با وصل کلید، به دلیل موازی شدن مقاومت R با لامپ $L_۲$، مقاومت معادل کاهش یافته، پس جریان کل مدار زیاد می‌شود. از این رو اختلاف پتانسیل دو سر لامپ $L_۱$ زیاد و اختلاف پتانسیل دو سر لامپ $L_۲$ کم می‌شود.

$$R_{eq}\downarrow\Rightarrow I\uparrow=\frac{\varepsilon}{R_{eq}\downarrow+r}\Rightarrow$$ نور لامپ $L_۱$ افزایش می‌یابد

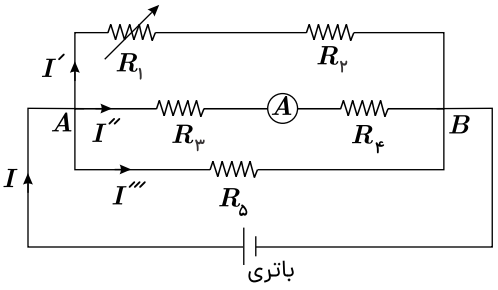
در ادامه داریم:

$$\downarrow V_{L۲}=R_{L۲}I_{L۲}\downarrow$$

یعنی جریان عبوری از لامپ $L_۲$ و بر همین اساس نور لامپ $L_۲$ کم می‌شود.

۱۹۷

گام ۱: مدار را به این شکل در نظر می‌گیریم:



گام ۲: از این که عدد آمپرسنج (با توجه به ثابت ماندن اعداد $R_۳$ و $R_۴$) تغییر نکرده می‌توان فهمید که مقاومت درونی باتری صفر بوده است:

$$V_{AB}=V_{\text{باتری}}=\varepsilon-r\underbrace{I}_{\text{کاهش}}=\text{ثابت}\Rightarrow r=۰\Rightarrow V_{AB}=\varepsilon\rightarrow I''=\frac{V_{AB}}{R_{۳,۴}}=\text{ثابت}\ I'''=\frac{V_{AB}}{R_۵}=\text{ثابت}$$

$$R_۱\uparrow\Rightarrow R_{eq}\uparrow\Rightarrow I\downarrow\ \Rightarrow\downarrow I=I'+\underbrace{I''+I'''}_{\text{ثابت}}\Rightarrow\downarrow I=I'+\text{عدد ثابت}\Rightarrow I'\downarrow\Rightarrow V_{R_۲}=\underbrace{R_۲}_{\text{ثابت}}I'\downarrow\Rightarrow V_{R_۲}\downarrow$$

$$\text{گام ۳}\rightarrow\underbrace{V_{AB}}_{\text{ثابت}}=V_{R_۱}+\underbrace{V_{R_۲}}_{\text{کاهش}}\Rightarrow V_{R_۱}\uparrow$$

۱۹۸ با بسته شدن کلید $k_۱$ داریم:

$$I_۱=\frac{\varepsilon}{r+R}$$

(۱) برای هر دو سر لامپ: $V_۱=R_۱I_۱=\varepsilon-rI_۱$

ولتاژ بالا برای هر دو لامپ است اما چون کلید $k_۲$ بسته است، از لامپ (۲) جریانی نمی گذرد.

وقتی کلید $k_۲$ را ببندیم دو لامپ با هم موازی می‌شوند.

$$\frac{۱}{R_{eq\ \text{کل}}}=\frac{۱}{R}+\frac{۱}{R}=\frac{۲}{R}\Rightarrow R_{eq}=\frac{R}{۲}$$

$$I_{۲\ \text{کل مدار}}=\frac{\varepsilon}{r+\frac{R}{۲}}\longrightarrow I_{\text{عبوری از هر لامپ}}=\frac{I_۲}{۲}=\frac{۱}{۲}\left(\frac{\varepsilon}{r+\frac{R}{۲}}\right)=\frac{\varepsilon}{۲r+R}$$

لامپ‌ها یکسان هستند

همانطور که مشاهده می‌شود جریان عبوری از لامپ (۱) در حالت دوم، کوچک‌تر از جریان عبوری از آن در حالت اول است، بنابراین نور لامپ (۱) پس از بسته شدن هر دو کلید، کم‌تر از حالتی است که به تنهایی روشن است.

۱۹۹ با بستن $K_۱$:

$$I_۱=\frac{\varepsilon}{R+r}$$

$$V_۱ = \varepsilon - rI_۱ = RI$$

وقتی کلید $K_۲$ هم بسته شود مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ با هم موازی می‌شوند:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{۲}$$
$$I_۲ = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I_۲ = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{۲} + r}$$
$$V_۲ = \varepsilon - rI_۲$$

در این حالت چون مخرج کسری که مقدار $I_۲$ را تعیین می‌کند، کاهش یافته است، پس $I_۱ < I_۲$ خواهد بود و به همین دلیل $V_۲ < V_۱$ خواهد شد.

توجه: درست است که در این حالت جریان $I_۲$ از حالت اول یعنی $I_۱$ بزرگ‌تر است، ولی ۲ برابر نشده است. چون جریان عبوری از لامپ‌های $L_۱$ و $L_۲$ با هم برابر و معادل $\frac{I_۲}{۲}$ است، پس نور لامپ‌ها نسبت به حالتی که فقط یک لامپ روشن بود، کمتر شده است.

اکنون با بسته شدن کلید $K_۳$ داریم:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{۳}$$
$$I_۳ = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{۳} + r} \quad , \quad V_۳ = \varepsilon - r\,I_۳$$

در این حالت نیز $I_۱ < I_۲ < I_۳$ و به همین ترتیب $V_۱ > V_۲ > V_۳$ خواهد بود و به طریق مشابه می‌توان گفت که نور لامپ‌ها کمتر از حالتی است که فقط لامپ $L_۱$ به تنهایی روشن بود. با بستن کلید $K_۴$ داریم:

$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} + \frac{۱}{R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{R}{۴}$$
$$I_۴ = \frac{\varepsilon}{\frac{R}{۴} + r} \quad , \quad V_۴ = \varepsilon - rI_۴$$

و می‌توان گفت $I_۱ < I_۲ < I_۳ < I_۴$ و همچنین به طریق مشابه $V_۱ > V_۲ > V_۳ > V_۴$ است. پس اگر بعد از بستن کلید $K_۱$، کلیدها را یک به یک پشت سر هم ببندیم، عدد آمپرسنج افزایش و عدد ولت‌سنج و نور لامپ‌ها کاهش می یابد.

۲۰۰ با بستن کلید باتوجه به رابطه‌ی $(I = \frac{\varepsilon}{R + r})$ با کاهش مقاومت معادل مدار، عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد افزایش می‌یابد و باتوجه به رابطه‌ی $V = \varepsilon - Ir$ ولت‌سنج عدد کم‌تری را نشان می‌دهد.

۲۰۱ با بستن کلید k، دو سر لامپ (۱) اتصال کوتاه می‌شود و هیچ جریانی از آن عبور نمی‌کند. خب؛ اگر جریانی در کار نباشد، لامپ چطوری روشن شود؟ پس لامپ (۱) خاموش می‌شود. اما با حذف لامپ (۱) از مدار، مقاومت معادل خارجی مدار کاهش و شدت جریان کلی مدار افزایش می‌یابد که این موضوع باعث افزایش شدت روشنایی لامپ (۲) می‌شود.

۲۰۲ همان‌طور که می‌دانید، اگر دو یا چند مقاومت به‌طور موازی با هم بسته شوند، جریان عبوری از کوچک‌ترین مقاومت بیشترین مقدار است. پس داریم:

$$R_< R_۲ \Rightarrow I_۱ > I_۲$$

در مورد ولت‌سنج‌ها هم باید بگوییم که هر سه ولت‌سنج، یک مقدار نشان می‌دهند. ولت‌سنج ۱ و ۲ اختلاف پتانسیل دو سر دو مقاومت موازی را نشان می‌دهند که می‌دانیم با هم برابر است. ولت‌سنج ۳ هم اختلاف پتانسیل دو سر مدار را نشان می‌دهد که در این سوال همان اختلاف پتانسیل دو سر $R_۱$ و $R_۲$ است.

۲۰۳ با کاهش مقاومت $R_۱$، مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد؛ زیرا:

$$R_{eq} = R_۱ + R_۲ = r$$

بنابراین با توجه به این که جریان مدار برابر است با $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq}}$، جریان افزایش می‌یابد. با افزایش جریان، مقدار $V_۲$ افزایش می‌یابد:

$$I \uparrow \Rightarrow V_۲ = R_۲ I \Rightarrow V_۲ \uparrow$$

اما با افزایش جریان، ولتاژ دو سر مولد کاهش می‌یابد؛ چون:

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow I \uparrow \Rightarrow Ir \uparrow \Rightarrow (\varepsilon - Ir) \downarrow \Rightarrow V \downarrow$$

از طرفی می‌دانیم:

$$V = V_۱ + V_۲ \Rightarrow V_۱ = V - V_۲$$

چون $V_۲$ افزایش یافته و V کاهش یافته است، $V - V_۲$ که همان $V_۱$ است، کاهش می‌یابد.

۲۰۴ اول بگوییم که برخلاف ظاهر مدار، رئوستا و لامپ با هم به‌صورت متوالی بسته شده‌اند. این موضوع به این خاطر است که از ولت‌سنج ایده‌آل جریانی عبور

نمی‌کند و مدار به‌صورت روبه‌رو است:

با توجه به این موضوع، با افزایش مقاومت رئوستا، مقاومت معادل مدار افزایش می‌یابد و با توجه به رابطهٔ $I = \frac{V}{R}$، جریان عبوری از مدار کاهش می‌یابد. با کاهش جریان عبوری از لامپ، توان مصرفی لامپ براساس رابطهٔ $P = RI^2$ کاهش می‌یابد. لامپ انرژی الکتریکی را مصرف می‌کند تا نور تولید کند. در نتیجه با کاهش توان مصرفی، نور لامپ کاهش می‌یابد. عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، ولتاژ دو سر لامپ است که با کاهش جریان و با توجه به رابطهٔ $V_{\text{لامپ}} = R_{\text{لامپ}} I$ این مقدار کاهش می‌یابد.

۲۰۵ با افزایش دمای رساناهای فلزی، مقاومت آنها افزایش می‌یابد؛ در نتیجه، طبق رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$، با افزایش R، جریان مدار یعنی عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد، کاهش می‌یابد. از طرفی طبق رابطهٔ $\Delta V = \varepsilon - Ir$، با کاهش جریان، ولتاژ دو سر مولد؛ یعنی، همان عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، افزایش می‌یابد.

۲۰۶ با افزایش مقاومت رئوستا طبق رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$، جریان کاهش می‌یابد؛ بنابراین با توجه به رابطهٔ $\Delta V = \varepsilon - Ir$ اختلاف پتانسیل دو سر مولد افزایش می‌یابد و ولت‌سنج عدد بیشتری را نشان می‌دهد.

۲۰۷ آمپرسنج صفر را نشان می‌دهد؛ زیرا، مقاومت ولت‌سنج بسیار زیاد است و این‌گونه بسته شدن ولت‌سنج باعث می‌شود جریانی از مدار عبور نکند. ولت‌سنج نیروی محرکه (ε) را نشان می‌دهد، چون طبق رابطهٔ $V = \varepsilon - Ir$ با صفر شدن جریان، افت پتانسیل در مولد برابر صفر است.

۲۰۸ قبل از بستن کلید، ولتاژ باتری به‌صورت برابر بین سه لامپ تقسیم می‌شود (چون لامپ‌ها مشابه هستند). با فرض اینکه مقاومت درونی باتری صفر است، داریم:

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - \cancel{rI} = \varepsilon$$

$$V_A = V_B = V_C = \frac{\varepsilon}{۳}$$

بعد از بسته شدن کلید، دو سر لامپ C اتصال کوتاه شده و این لامپ از مدار حذف می‌شود. بنابراین ولتاژ باتری در این حالت بین لامپ‌های A و B به‌صورت برابر تقسیم می‌شود:

$$V'_C = ۰ \ , \ V'_A = V'_B = \frac{\varepsilon}{۲}$$

بنابراین عبارت‌های (الف) و (ب) نادرست و عبارت‌های (پ) و (ت) درست هستند.