گروه آزمایشی علوم تجربی

آزمون دوپینگ ماز | پایهٔ دوازدهم

دفترچه سؤال

شنبه ۱۹ اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۵

فیزیک

ویژهٔ کنکوری‌های ۱۴۰۵

ماده امتحانی	تعداد سؤال	شماره سؤال		مدت‌زمان پاسخ‌گویی
		از	تا	
فیزیک	۲۵	۱	۲۵	۳۵ دقیقه

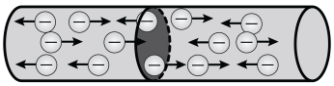
فصل‌های ۱و۲ دهم	فصل‌های ۳و۴ دهم	فصل ۱ یازدهم	فصل ۲ یازدهم	فصل ۳ یازدهم	فصل ۱ دوازدهم	فصل ۲ دوازدهم	فصل ۳ دوازدهم	فصل ۴ دوازدهم

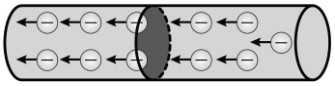
مسیر حرفه‌ای جمع‌بندی تا کنکور ۱۴۰۵

برای شباهت حداکثری به کنکور، صفحه‌آرایی، فونت و حتی اندازهٔ متن در تمامی آزمون‌های ماز، کاملاً یکسان با استاندارد دفترچه‌های کنکور درنظر گرفته می‌شود.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱- در شکل‌های زیر، حرکت الکترون‌های آزاد داخل یک رسانای فلزی نشان داده شده است. چه تعداد از عبارت‌های زیر در مورد آن‌ها صحیح است؟


شکل (۱)


شکل (۲)

الف ـ در هر دو شکل، شارش خالص بار الکتریکی وجود داشته و جریان الکتریکی برقرار شده است.

ب ـ در شکل (۲)، جهت میدان الکتریکی درون رسانا، هم‌جهت با جهت جریان الکتریکی و به سمت راست است.

ج ـ اگر دمای این اجسام را افزایش دهیم، مقاومت الکتریکی آن‌ها افزایش می‌یابد.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

۲- نیمی از باتری استاندارد خودرویی پس از مدت $10h$ با فراهم کردن جریان متوسط $2/5A$ تخلیه می‌شود. ظرفیت باتری این خودرو چند آمپر ـ ساعت است؟

۱) ۲۵ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۸۰

۳- در یک آذرخش نوعی، $1GJ$ انرژی تحت اختلاف پتانسیل الکتریکی $40MV$ در مدت‌زمان $50ms$ آزاد می‌شود. جریان الکتریکی متوسط در این یورش آذرخش چند آمپر است؟

۱) ۲۰۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۵۰۰

۴- دو رسانای فلزی از یک ماده ساخته شده‌اند و طول یکسانی دارند. رسانای A سیم توپری به قطر D و رسانای B لوله‌ای توخالی به شعاع خارجی $2mm$ و شعاع داخلی $1mm$ است. اگر مقاومت الکتریکی رسانای A، ۳ برابر مقاومت الکتریکی رسانای B باشد، D چند میلی‌متر است؟

۱) ۰/۵ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۴

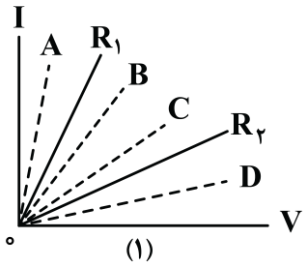
۵- سیمی رسانا به طول $40m$، چگالی $2500\frac{kg}{m^3}$ و مقاومت ویژهٔ $3\times10^{-6}\Omega.m$ را درنظر بگیرید. با قرار گرفتن این سیم تحت اختلاف پتانسیل الکتریکی $40V$، جریان $2A$ از آن عبور می‌کند. جرم این سیم چند کیلوگرم است؟ (دمای سیم را ثابت درنظر بگیرید.)

۱) ۰/۶ ۲) ۰/۴ ۳) ۰/۲ ۴) ۰/۵

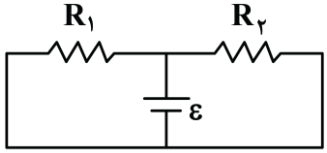
محل انجام محاسبات

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۶- نمودار تغییرات شدت جریان عبوری از مقاومت‌های R_1 و R_2 برحسب اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن‌ها مطابق شکل (۱) است. با بستن مقاومت‌ها مطابق شکل (۲)، کدام‌یک از نمودارها می‌تواند تغییرات شدت جریان برحسب اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت معادل در این شکل باشد؟



(۱)

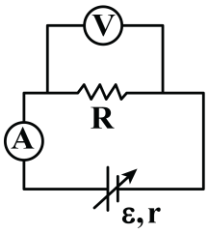


(۲)

۱) A
۲) B
۳) C
۴) D

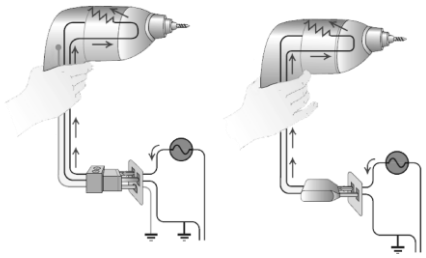
۷- در یک آزمایش که برای تحقیق قانون اُهم انجام شده است، نتایج جدول زیر به‌دست آمده است. با فرض ثابت بودن دما، به‌ازای کدام‌یک از ولتاژهای زیر برحسب ولت که به دو سر مقاومت اعمال می‌شود، این مقاومت به‌طور واضح از قانون اهم پیروی نمی‌کند؟ (ولت‌سنج و آمپرسنج را آرمانی درنظر بگیرید.)

شمارهٔ آزمایش	عدد ولت‌سنج (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



۱) ۱
۲) ۳/۵
۳) ۵
۴) ۹/۵

۸- اگر متهٔ برقی (دریل) معیوب شکل‌های زیر را با دو شاخه (شکل «الف») یا سه شاخه (شکل «ب») به پریز وصل کنیم، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟

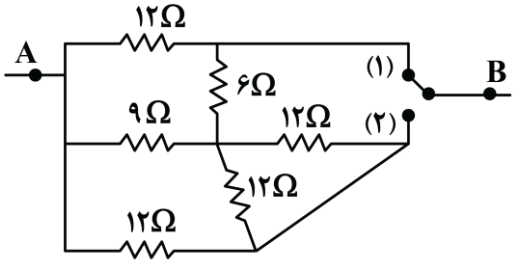

«ب» «الف»

۱) در شکل «الف» احتمالاً برق‌گرفتگی رخ می‌دهد و در شکل «ب» برق‌گرفتگی رخ نمی‌دهد.
۲) در شکل «الف» برق‌گرفتگی رخ نمی‌دهد و در شکل «ب» احتمالاً برق‌گرفتگی رخ می‌دهد.
۳) در هر دو شکل، دریل روشن نمی‌شود.
۴) در شکل «الف» دریل روشن نمی‌شود و در شکل «ب» احتمالاً برق‌گرفتگی رخ می‌دهد.

محل انجام محاسبات

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۹- در مدار شکل زیر، با تغییر وضعیت کلید از حالت (۱) به حالت (۲)، مقاومت معادل بین نقاط A و B چگونه تغییر می‌کند؟



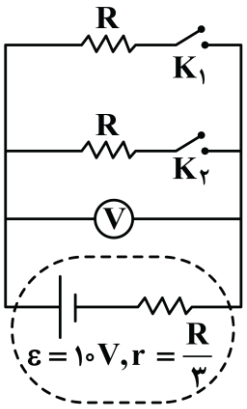
۱) تغییر نمی‌کند.

۲) ۳Ω کاهش می‌یابد.

۳) ۶Ω کاهش می‌یابد.

۴) ۳Ω افزایش می‌یابد.

۱۰- در مدار شکل زیر، ابتدا هر دو کلید K_1 و K_2 باز هستند. با بستن هر دو کلید، عددی که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد، چند ولت و چگونه تغییر می‌کند؟



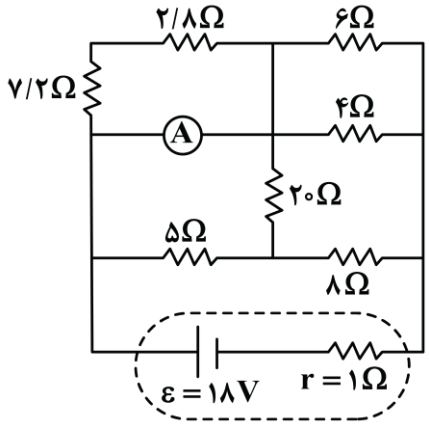
۱) ۴ و کاهش

۲) ۴ و افزایش

۳) ۱۵ و افزایش

۴) ۱۵ و کاهش

۱۱- در مدار شکل مقابل، آمپرسنج آرمانی چند آمپر را نشان می‌دهد؟



۱) ۶/۸

۲) ۵/۲

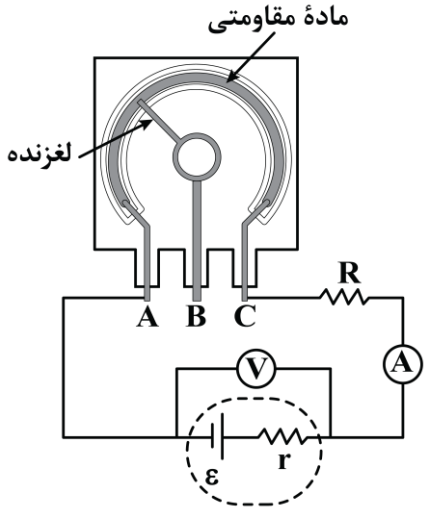
۳) ۰/۸

۴) ۶

محل انجام محاسبات

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۱۲- شکل زیر، یک پتانسیومتر را نشان می‌دهد. با حرکت لغزنده به سمت راست، عددی که ولت‌سنج آرمانی و آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهند، به‌ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟



۱) کاهش می‌یابد، افزایش می‌یابد

۲) کاهش می‌یابد، ثابت می‌ماند

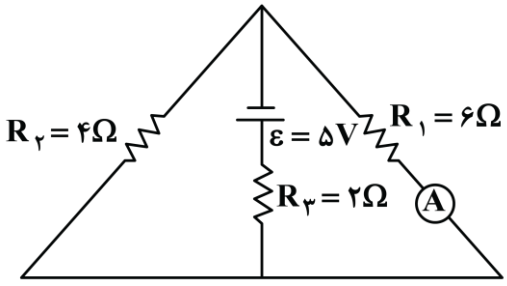
۳) ثابت می‌ماند، کاهش می‌یابد

۴) ثابت می‌ماند، ثابت می‌ماند

۱۳- تعداد پنج مقاومت الکتریکی مشابه به طول L و سطح مقطع A به‌صورت موازی به‌هم متصل هستند. چه کسری از طول هر مقاومت را کم کنیم تا وقتی به‌طور متوالی به‌هم متصل می‌شوند، مقاومت معادل در هر دو حالت، یکسان باشد؟

۱) $\frac{۲۴}{۲۵}$ ۲) $\frac{۱}{۲۵}$ ۳) $\frac{۱}{۵}$ ۴) $\frac{۴}{۵}$

۱۴- در مدار شکل زیر، آمپرسنج آرمانی مقدار $I_۱$ را نشان می‌دهد. اگر جای آمپرسنج و باتری را عوض کنیم، آمپرسنج مقدار $I_۲$ را نشان می‌دهد. نسبت $\frac{I_۱}{I_۲}$ در کدام گزینه به‌درستی آمده است؟ (باتری را آرمانی درنظر بگیرید.)



۱) ۲

۲) $\frac{۱}{۲}$

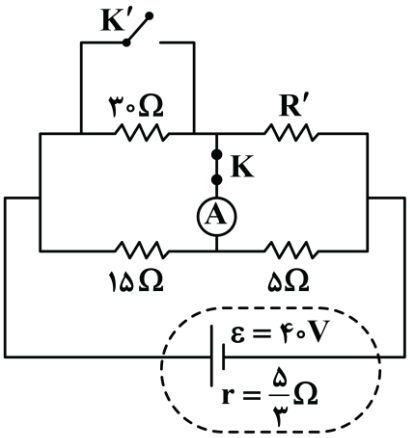
۳) ۱

۴) $\frac{۳}{۲}$

محل انجام محاسبات

SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۵- در مدار شکل زیر، آمپرسنج ایده‌آل، صفر را نشان می‌دهد. اگر کلید K را باز کرده و کلید K' را ببندیم، افت پتانسیل در باتری نسبت به حالت اول، چند ولت تغییر می‌کند؟



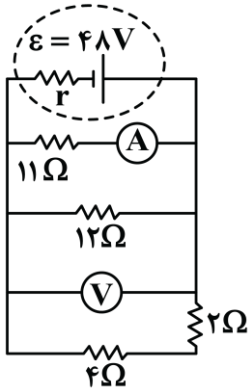
۱) $\frac{۲۸}{۳}$

۲) $\frac{۲۸}{۹}$

۳) $\frac{۳۲}{۳}$

۴) $\frac{۳۲}{۹}$

۱۶- در مدار شکل زیر، ولت‌سنج آرمانی ۳۶V و آمپرسنج غیرآرمانی جریان ۳A را نشان می‌دهد. مقاومت داخلی آمپرسنج و مقاومت داخلی باتری به‌ترتیب از راست به چپ چند اهم می‌باشند؟



۱) ۱ و ۲

۲) ۲ و ۲

۳) ۲ و ۱

۴) ۱ و ۱

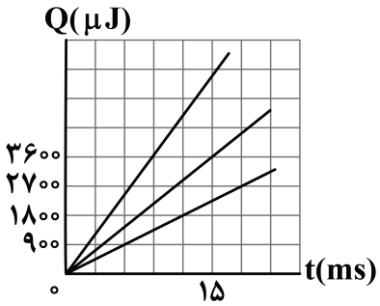
۱۷- دو سر یک بخاری‌برقی را به اختلاف پتانسیل الکتریکی ۲۲۰V وصل می‌کنیم و جریان ۱۰A از آن می‌گذرد. اگر هزینهٔ یک ماه (۳۰ روز) مصرف این بخاری برابر با ۱۶۵۰۰ تومان باشد، این بخاری به‌طور متوسط روزانه چند ساعت روشن بوده است؟ (بهای برق مصرفی به‌ازای هر کیلووات‌ساعت، ۵۰ تومان است.)

۱) ۲/۵ ۲) ۳ ۳) ۵ ۴) ۶

محل انجام محاسبات

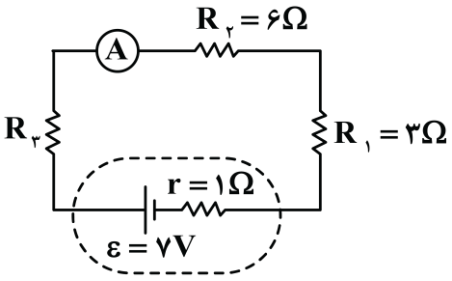
SanjeshCloud www.SanjeshCloud.ir

۱۸- سه مقاومت الکتریکی به‌صورت موازی به یک باتری آرمانی بسته شده‌اند. با فرض این‌که در هر سه مقاومت، همهٔ انرژی الکتریکی به انرژی گرمایی (Q) تبدیل شود، نمودار تغییرات انرژی گرمایی آن‌ها برحسب زمان رسم شده است. توان خروجی این باتری چند وات است؟



۱) ۰/۷۹
۲) ۰/۸۱
۳) ۷/۹
۴) ۸/۱

۱۹- در شکل زیر، سه مقاومت به همراه یک آمپرسنج آرمانی به‌صورت متوالی به یک باتری وصل شده‌اند. اگر توان خروجی باتری برابر با ۳/۲۵W باشد، مقاومت R_3 چند اهم است؟

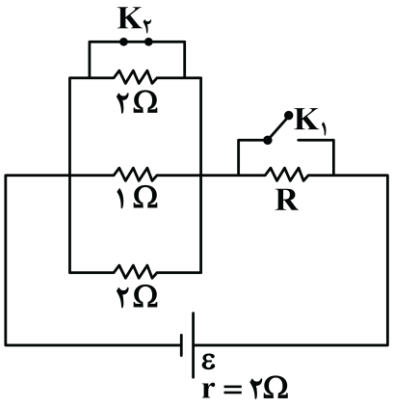


۱) ۱/۵
۲) ۳
۳) ۲
۴) ۴

محل انجام محاسبات

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۰- در مدار زیر، توان خروجی باتری P' است. اگر کلید K_1 بسته و کلید K_2 باز شود، توان خروجی باتری، دوباره P' می‌شود. R چند اهم است؟



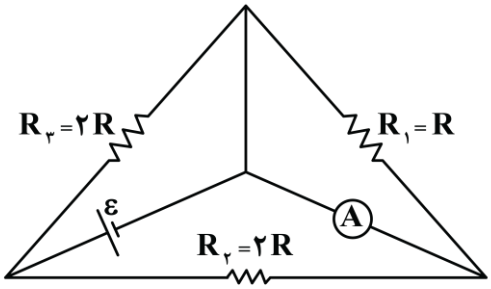
۱) ۱

۲) ۲

۳) ۴

۴) ۸

۲۱- در مدار شکل زیر، با کاهش ۵۰ درصدی مقاومت R_1، توان مصرفی در مقاومت R_2 چگونه تغییر می‌کند؟ (آمپرسنج و باتری، آرمانی هستند.)



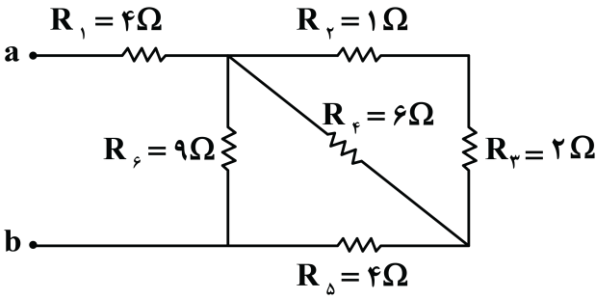
۱) افزایش می‌یابد.

۲) کاهش می‌یابد.

۳) ثابت می‌ماند.

۴) نمی‌توان اظهارنظر قطعی کرد.

۲۲- در مدار شکل زیر، اگر حداکثر ولتاژ قابل‌تحمل هر یک از مقاومت‌ها ۲۰V باشد، حداکثر توانی که مدار می‌تواند مصرف کند بدون این‌که مقاومتی آسیب ببیند، چند وات است؟



۱) ۱۲۰

۲) ۱۹۰

۳) ۲۳۰

۴) ۲۴۰

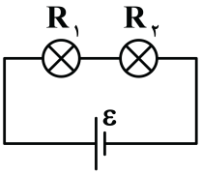
محل انجام محاسبات

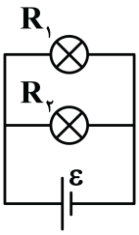
SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

۲۳- یک بخاری‌برقی ۲۰۰۰W، یک دستگاه پخش صوت ۲۵۰W، یک سشوار ۲۲۰۰W و تعداد n لامپ رشته‌ای ۱۰۰W به پریزهای یک مدار سیم‌کشی خانگی ۲۲۰V وصل شده‌اند. اگر همهٔ این مجموعه به یک فیوز ۳۰A متصل باشند و با روشن کردن یک لامپ دیگر، فیوز بپرد، n کدام است؟

۱) ۲۰ ۲) ۲۱ ۳) ۲۲ ۴) ۳۳

۲۴- مطابق شکل زیر، دو لامپ با مقاومت‌های الکتریکی R_1 و R_2 را یک‌بار به‌طور متوالی و بار دیگر به‌طور موازی به یک باتری آرمانی متصل می‌کنیم. اگر توان مصرفی مقاومت R_1 در حالت موازی، ۹ برابر توان مصرفی مقاومت R_1 در حالت متوالی باشد، توان مصرفی مقاومت R_2 در حالت موازی چند برابر توان مصرفی آن در حالت متوالی است؟

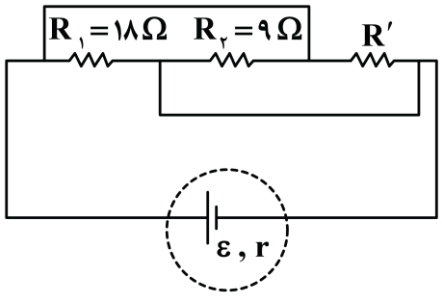


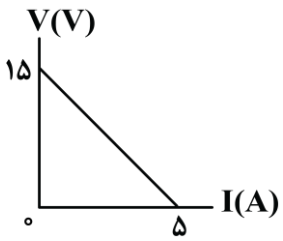


۱) ۳ ۲) ۹

۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) $\frac{۹}{۴}$

۲۵- نمودار تغییرات ولتاژ دو سر باتری مدار شکل زیر برحسب جریان عبوری از آن به شکل زیر است. به‌ازای کدام مقدار R' برحسب اهم، مجموع توان‌های مصرفی مقاومت‌های R_1، R_2 و R' بیشینه می‌شود؟





۱) ۳
۲) ۶
۳) ۱۲
۴) ۲۴

محل انجام محاسبات

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

دوست مـازی من! سلام به جمع دوپینگی‌های کنکور ۱۴۰۵ خوش اومدی!
قراره کل نکات دروس اختصاصی رو به شکل تست و نکات پـرتکـــرار در کمتریـــن حجم با صـــرف کمتریـــن زمـــان و انـرژی مـــرور کنیم.
می‌خوام براتـــون توضیح بدم که چطـــوری از این دوره اســـتفاده کنید:

۱
قبل از شرکت در آزمون هر روز، با خوندن سریع کتاب درســـی (و جزوه) یک دور اون فصل رو مرور کنید.

۲
ســـپس در آزمون هر درس دوپینگ با شـــرایط شبیه‌ساز کنکور شرکت کنید.

۳
بلافاصله پـــس از ثبت گزینه‌های هر درس در سایت، فایل پاسخنامه + نکات پرتکرار فصل در اختیارتون قرار میگیره.

صرف کمترین زمان ممکن

۴
حالا سوالات آزمون رو چک کنید و ببینید کدوم سوالات رو اشتباه جواب دادید.

مرور سریع همه نکات

۵
برای ســـوالاتی که اشـــتباه جواب دادید یا شک داشـــتید، پاسخنامه سوال رو به دقت بخونیـــد و بعـــدش اون قســـمت از کتاب درسی رو هم دقیق مطالعه کنید.

۶
برای ســـوالاتی که درست جواب دادید، حتماً بـه بـررسـی سایـر گزینـــه‌ها هم دقت کنید.

صرف کمترین انرژی ممکن

۷
در برنامه دوپینگ، هم بـــرای دروس عمومی و هم برای دروس تخصصی، امتحانات شبیه ساز نهایی دارید، و برای مطالعه تشریحی هـم برنامـه‌ریزی می کنید.

در دوره دوپینگ:

- در آزمون هر یک از دروس اختصاصی می‌توانید به صورت جداگانه شرکت کنید و بلافاصله پس از وارد کردن پاسخ‌های کلیدی در سایت، دفترچه پاسخ اون درس در اختیارتون قرار می‌گیره.
- محدودیت زمان برای شرکت در آزمون ندارید و از ۸ صبح تا ۸ شب می‌تونید در آزمون شرکت کنید.
- تمرکز بر روی پوشش همه نکات هر مبحث در یک آزمون [illegible] تستهای تالیفی ماز

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

گروه آزمایشی علوم تجربی

آزمون دوپینگ ماز | پایهٔ دوازدهم

دفتـــــرچه پـــاسخ

شنبه ۱۹ اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۵

فیزیک

ویژهٔ کنکوری‌های ۱۴۰۵

درس	مسئول درس	طراحان	ویراستاران
فیزیک	سجاد صادقی‌زاده سعید احمدی	سعید احمدی - سجاد صادقی‌زاده محمدجواد سورچی - غلامرضا محبی مهدی پارسا - زهره آقامحمدی مجید رجبی وندچالی - حسین عبدوی‌نژاد محسن قندچلر - سارا قانع - کامران ابراهیمی	مروارید شاه‌حسینی حنا خلعتبری

فصل‌های ۱و۲ دهم	فصل‌های ۳و۴ دهم	فصل ۱ یازدهم	فصل ۲ یازدهم	فصل ۳ یازدهم	فصل ۱ دوازدهم	فصل ۲ دوازدهم	فصل ۳ دوازدهم	فصل ۴ دوازدهم

مسیر حرفه‌ای جمع‌بندی تا کنکور ۱۴۰۵

برای شباهت حداکثری به کنکور، صفحه‌آرایی، فونت و حتی اندازهٔ متن در تمامی آزمون‌های ماز، کاملاً یکسان با استاندارد دفترچه‌های کنکور درنظر گرفته می‌شود.

SanjeshCloud
www.SanjeshCloud.ir

راهنمای پاسخنامه آزمون ها

زمان پاسخگویی:
سریع (زیر ۱ دقیقه) | استاندارد (۱-۲ دقیقه) | زمان‌بر (بیشتر از ۲ دقیقه).

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ خط به خط ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۳ تا ۶ ـ ۱۰۰۱)

سطح سؤال:
آسان (اعتمادبه‌نفس) | متوسط (محک جدی) دشوار (چالش رشد).

هشتگ سوال:
شماره درس + شماره پایه دسته‌بندی راحت‌تر سؤالات

سبک سؤال:
خط به خط (متن کتاب) | ترکیبی (چند مبحث) | محاسباتی (فرمول و دقت) | مفهومی (درک عمیق).

شماره صفحه:
منبع اصلی رو راحت پیدا کنید.

ویژگی های آزمون دوپینگ

بررسی سریع

«با یک نگاه حرفه‌ای، دلیلِ درست بودن یا نبودن گزینه‌ها را در لحظه ببینید و بدون اتلاف وقت، پرونده هر سؤال را با یادگیری کامل ببندید!»

پاسخ‌نامه کامل

«یک نقشهٔ راهِ دقیق و گام‌به‌گام که پیچیده‌ترین مسائل موضوع را باز می‌کند تا هیچ ابهامی در مسیر موفقیت‌تان باقی نماند.»

نکات و دام‌های کنکوری

«در دام سوالات نیفتید! ما ترفندهای طراحان سوال و مفاهیم کلیدی رو جهتون یادمی‌دیم تا با آمادگی کامل، همه سوالات رو جواب بدید.»

کپسول دوپینگ

آمادهٔ یک انفجار یادگیری باشید!
«با "کپسول دوپینگ" کلید موفقیت در دستان شماست! با مرور سریع و کاربردی نکات، از پس هر سوالی برآیید و در آزمون‌ها بدرخشید!»

داشبورد دوپینگ

مبحث	وضعیت این آزمون	سطح دشواری این آزمون	آخرین وضعیت کنکور ۱۴۰۴
مفهوم جریان الکتریکی	پوشش متن، شکل‌ها، مثال‌ها و تمرین‌های کتاب درسی	☀ ☀	عدم طرح تست
قانون اهم و عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی	ترکیبی از تست‌های مشابه کنکور و تست‌های جدید	☀ ☀ ☀	۲ تست از ترکیب رابطهٔ ساختمانی مقاومت و چگالی
مقاومت معادل و محاسبهٔ جریان و ولتاژ در مدارهای الکتریکی	تست‌های جدید و خلاقانه برای ایجاد تسلط بیش‌تر	☀ ☀ ☀ ☀	۳ تست از محاسبهٔ جریان الکتریکی در مدارها
توان در مدارهای الکتریکی	ترکیبی از تست‌های مشابه کنکور و تست‌های جدید	☀ ☀ ☀	۱ تست از محاسبهٔ توان مصرفی مقاومت + ۱ تست از توان خروجی باتری

توصیه‌های دوپینگ

اگر زمان کمی دارید...

با توجه به پیوستگی مطالب این فصل، بهتر است اگر زمان کمی دارید، این فصل را از برنامهٔ خود حذف کنید و وقت خود را به فصل‌های دیگر بدهید.

اگر دنبال درس‌های آسان‌تر هستید...

مدارهایی که دارای چند مقاومت هستند رو حذف کنید و فقط به فرمول‌های محاسبه‌ای و مدارهای با یک مقاومت بپردازید.

پیش‌بینی طراح...

۱- یک سؤال نموداری از قانون اهم

۲- محاسبهٔ توان وسایل الکتریکی و انرژی مصرفی آن‌ها بر حسب kW.h

۳- مقایسهٔ جریان الکتریکی مدار قبل و بعد از بستن کلید

سخن مسئول درس

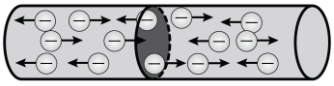
سلام به دانش‌آموزان پرتلاشِ تجربی

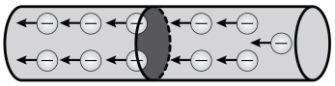
این فصل یکی از فصل‌های بسیار مهم و دشوار فیزیک محسوب می‌شود که ۳ یا ۴ تست در کنکور از آن مطرح می‌شود. مباحث این فصل به‌گونه‌ای است که برای پاسخ دادن به سؤالات آن، باید روی همهٔ قسمت‌های این فصل تسلط کامل داشته باشید، به همین دلیل حتماً این فصل را کامل و جامع بخوانید. (اگر نصفه و نیمه بخونیدش، سؤالاتش رو نمی‌تونین حل کنید.)

درنهایت به این نکته توجه کنید که چون بسیاری از دانش‌آموزان به سؤالات این فصل پاسخ نمی‌دهند، شما می‌توانید با پاسخ دادن به تست‌های این فصل، یک گام از دیگران جلو بیفتید.

سجاد صادقی‌زاده - سعید احمدی

۱- در شکل‌های زیر، حرکت الکترون‌های آزاد داخل یک رسانای فلزی نشان داده شده است. چه تعداد از عبارت‌های زیر در مورد آن‌ها صحیح است؟


شکل (۱)


شکل (۲)

الف ـ در هر دو شکل، شارش خالص بار الکتریکی وجود داشته و جریان الکتریکی برقرار شده است.

ب ـ در شکل (۲)، جهت میدان الکتریکی درون رسانا، هم‌جهت با جهت جریان الکتریکی و به سمت راست است.

ج ـ اگر دمای این اجسام را افزایش دهیم، مقاومت الکتریکی آن‌ها افزایش می‌یابد.

۱) صفر ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ خط‌به‌خط ـ سریع ـ صفحهٔ ۴۵ ـ ۱۱۰۲)

بررسی موارد:

الف) در شکل (۱)، الکترون‌ها کاتوره‌ای در داخل رسانا درحال حرکت بوده و شارش بار خالصی از یک مقطع رسانا نداریم؛ بنابراین جریان الکتریکی خالص در رسانای شکل (۱) صفر است. (✗)

ب) در شکل (۲)، الکترون‌ها به سمت چپ درحال حرکت هستند؛ بنابراین پتانسیل الکتریکی سمت چپ رسانا بیش‌تر از سمت راست آن بوده و درنتیجه میدان الکتریکی به سمت راست است. از طرفی جهت جریان الکتریکی در خلاف جهت حرکت الکترون‌ها درنظر گرفته می‌شود؛ بنابراین جهت جریان الکتریکی نیز به سمت راست است. (✓)

ج) با افزایش دمای رسانا، مقاومت الکتریکی آن افزایش می‌یابد. (✓)

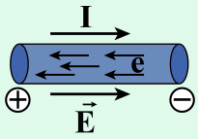
بنابراین عبارت‌های «ب» و «ج» درست هستند.

نکته

۱- جهت جریان الکتریکی با میدان الکتریکی هم‌سو است.

۲- جهت حرکت الکترون‌ها یا همان سرعت سوق الکترون‌ها در خلاف جریان الکتریکی است.

۳- میدان و جریان الکتریکی همیشه از پتانسیل الکتریکی بیش‌تر به کم‌تر جاری می‌شود.



۲- نیمی از باتری استاندارد خودرویی پس از مدت $10h$ با فراهم کردن جریان متوسط $2/5A$ تخلیه می‌شود. ظرفیت باتری این خودرو چند آمپر ـ ساعت است؟

۱) ۲۵ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۸۰

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ محاسباتی ـ سریع ـ صفحهٔ ۴۲ ـ ۱۱۰۲)

گام اول

با توجه به این‌که در مدت $10h$، با فراهم کردن جریان متوسط $2/5A$، نیمی از باتری خودرو تخلیه شده است، درمی‌یابیم برای این‌که باتری به‌طور کامل تخلیه شود، باید $20h$ همین جریان متوسط $2/5A$ را فراهم کند.

گام آخر

ظرفیت این باتری برابر است با:

$$I_{av} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow 2/5 = \frac{\Delta q}{20} \Rightarrow \Delta q = 50Ah$$

بنابراین ظرفیت باتری این خودرو ۵۰ آمپر ـ ساعت است.

کپسول دوپینگ | آمپر ـ ساعت

یکای تجاری میزان بار ذخیره‌شده در باتری، آمپر ـ ساعت (Ah) می‌باشد. اصولاً مقدار بار باتری اتومبیل را برحسب آمپر ـ ساعت (Ah) و حداکثر بار باتری گوشی‌های همراه را با میلی‌آمپر ـ ساعت (mAh) مشخص می‌کنند. درواقع آمپر ـ ساعت یک باتری، حداکثر باری است که باتری می‌تواند از مدار عبور دهد تا به‌طور ایمن تخلیه شود.

نکته

در رابطهٔ $\Delta q = I\Delta t$، اگر I برحسب آمپر (A) و Δt برحسب ساعت (h) باشد، یکای Δq برابر آمپر ـ ساعت (Ah) می‌شود:

$$\underset{\downarrow}{\Delta q} = \underset{\downarrow}{I} \times \underset{\downarrow}{\Delta t} \Rightarrow 1C = 1A \times 1s$$
$$\quad\ \ Ah \quad A \quad h$$

پس یک آمپر ـ ساعت مقدار باری است که دراثر عبور جریان یک آمپر در مدت یک ساعت از هر سطح مقطع رسانا می‌گذرد.

$$1Ah = 1A \times 3600s = 3600As = 3600C \qquad Ah \underset{\div 3600}{\overset{\times 3600}{\rightleftarrows}} C$$

یک آمپر ـ ساعت معادل ۳۶۰۰ کولن است.

۳- در یک آذرخش نوعی، ۱GJ انرژی تحت اختلاف پتانسیل الکتریکی ۴۰MV در مدت‌زمان ۵۰ms آزاد می‌شود. جریان الکتریکی متوسط در این یورش آذرخش چند آمپر است؟

۱) ۲۰۰ ۲) ۲۵۰ ۳) ۴۰۰ ۴) ۵۰۰

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۴۱ ـ ۱۱۰۲)

گام اول

بار الکتریکی تخلیه‌شده را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{\Delta q} \Rightarrow 40 \times 10^6 = \frac{10^9}{\Delta q} \Rightarrow \Delta q = 25C$$

گام آخر

جریان الکتریکی متوسط را حساب می‌کنیم:

$$I_{av} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I_{av} = \frac{25}{50 \times 10^{-3}} = 500A$$

کپسول دوپینگ | جریان الکتریکی چیست؟

آهنگ شارش بار الکتریکی را جریان الکتریکی گویند.

جریان الکتریکی متوسط ← نسبت بار خالص عبوری به مدت‌زمان

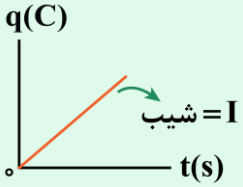
$$I_{av} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

I_{av} : جریان متوسط (A) $\quad \Delta q$: بار خالص عبوری (C) $\quad \Delta t$: مدت‌زمان (s)

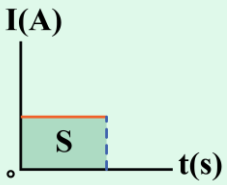
جریان الکتریکی کمیتی اصلی و نرده‌ای است که یکای آن در SI، آمپر (A) است.

دو نمودار مهم

نمودار بار برحسب زمان برای جریان مستقیم:



نمودار جریان برحسب زمان برای جریان مستقیم:



$$\Delta q = S$$

۴- دو رسانای فلزی از یک ماده ساخته شده‌اند و طول یکسانی دارند. رسانای A سیم توپری به قطر D و رسانای B لوله‌ای توخالی به شعاع خارجی ۲mm و شعاع داخلی ۱mm است. اگر مقاومت الکتریکی رسانای A، ۳ برابر مقاومت الکتریکی رسانای B باشد، D چند میلی‌متر است؟

۱) ۰/۵ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ⏱ ـ صفحهٔ ۴۵ ـ ۱۱۰۲)

کام اول

با توجه به رابطهٔ $R = \rho \frac{L}{A}$ داریم:

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A} \xrightarrow{R_A = 3R_B, L_A = L_B, \rho_A = \rho_B} 3 = 1 \times 1 \times \frac{A_B}{A_A} \Rightarrow \frac{A_B}{A_A} = 3$$

کام آخر

مقدار D را به‌دست می‌آوریم.

$$\begin{cases} A_A = \pi r_A^2 = \pi (\frac{D}{2})^2 = \frac{\pi D^2}{4} \\ A_B = \pi (r_{\text{خارجی}}^2 - r_{\text{داخلی}}^2) = \pi (2^2 - 1^2) = 3\pi (mm^2) \end{cases}$$

$$\frac{A_B}{A_A} = 3 \Rightarrow \frac{3\pi}{\frac{\pi D^2}{4}} = 3 \Rightarrow D^2 = 4 \Rightarrow D = 2mm$$

کپسول دوپینگ | عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی

۱- مقدار مقاومت الکتریکی یک سیم به ویژگی‌های ساختمانی و دمای آن وابسته است و ربطی به ولتاژ و جریان آن ندارد. مقدار مقاومت یک سیم برحسب ویژگی‌های ساختمانی آن را می‌توانیم از رابطهٔ زیر به‌دست آوریم:

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

R : مقدار مقاومت الکتریکی با یکای اُهم (Ω)

ρ : مقاومت ویژهٔ سیم با یکای اُهم × متر $(\Omega.m)$

L : طول سیم با یکای متر (m)

A : سطح مقطع سیم با یکای مترمربع (m^2)

۲- با توجه به رابطهٔ $R = \rho \frac{L}{A}$، برای مقایسهٔ مقاومت الکتریکی دو سیم به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} \xrightarrow[\text{D: قطر مقطع}]{A \propto D^2} \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times (\frac{D_1}{D_2})^2$$

۵- سیمی رسانا به طول $۴۰m$، چگالی $۲۵۰۰\frac{kg}{m^۳}$ و مقاومت ویژهٔ $۳\times۱۰^{-۶}\Omega.m$ را درنظر بگیرید. با قرار گرفتن این سیم تحت اختلاف پتانسیل الکتریکی $۴۰V$، جریان $۲A$ از آن عبور می‌کند. جرم این سیم چند کیلوگرم است؟ (دمای سیم را ثابت درنظر بگیرید.)

۱) ۰/۶ ۲) ۰/۴ ۳) ۰/۲ ۴) ۰/۵

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۴۵ ـ ۱۱۰۲)

گام اول

مقاومت الکتریکی سیم را به کمک قانون اهم به‌دست می‌آوریم:

$$R=\frac{V}{I}=\frac{۴۰}{۲}=۲۰\Omega$$

گام دوم

حجم سیم را محاسبه می‌کنیم:

$$R=\rho\frac{L}{A}\xrightarrow{V=AL}R=\rho\frac{L}{\frac{V}{L}}=\rho\frac{L^۲}{V}$$

$$\Rightarrow V=\frac{\rho L^۲}{R}=\frac{۳\times۱۰^{-۶}\times۴۰^۲}{۲۰}=۲/۴\times۱۰^{-۴}m^۳$$

گام آخر

با دانستن حجم سیم و چگالی (ρ') آن به محاسبهٔ جرم می‌پردازیم:

$$m=\rho' V=۲۵۰۰\times۲/۴\times۱۰^{-۴}=۰/۶kg$$

کپسول دوپینگ | این فرمول‌ها رو برای محاسبهٔ مقاومت الکتریکی براساس ویژگی‌های ساختمانی آن به خاطر بسپر!

۱- محاسبهٔ مقاومت الکتریکی رسانا به کمک **طول** و **سطح مقطع**:

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

۲- محاسبهٔ مقاومت الکتریکی رسانا به کمک **طول** و **حجم**:

$$R=\frac{\rho L^۲}{V}$$

۳- محاسبهٔ مقاومت الکتریکی رسانا به کمک **سطح مقطع** و **حجم**:

$$R=\frac{\rho V}{A^۲}$$

۴- محاسبهٔ مقاومت الکتریکی رسانا به کمک **طول**، **جرم** و **چگالی**:

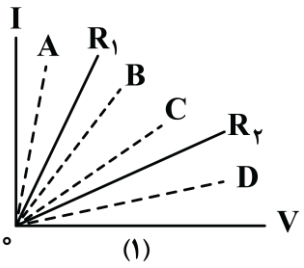
$$R=\frac{\rho\rho' L^۲}{m}$$

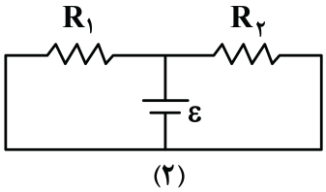
۵- محاسبهٔ مقاومت الکتریکی رسانا به کمک **سطح مقطع**، **جرم** و **چگالی**:

$$R=\frac{\rho m}{\rho' A^۲}$$

SanjeshCloud

۶- نمودار تغییرات شدت جریان عبوری از مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ برحسب اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن‌ها مطابق شکل (۱) است. با بستن مقاومت‌ها مطابق شکل (۲)، کدام‌یک از نمودارها می‌تواند تغییرات شدت جریان برحسب اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت معادل در این شکل باشد؟





۱) A
۲) B
۳) C
۴) D

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ استدلالی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۸ ـ ۱۱۰۲)

کام اول

بنابر رابطهٔ $I=\frac{V}{R}$، شیب نمودار $I-V$ برابر $\frac{۱}{R}$ است. با توجه به نمودار، شیب $R_۱$ بزرگ‌تر از شیب $R_۲$ است؛ بنابراین:

$$\frac{۱}{R_۱}>\frac{۱}{R_۲}\Rightarrow R_۱<R_۲$$

کام دوم

با بستن دو مقاومت به‌صورت موازی (شکل (۲))، مقاومت معادل از هر دو مقاومت، کوچک‌تر می‌شود؛ بنابراین باید مقاومت معادل از مقاومت $R_۱$ کوچک‌تر باشد، لذا می‌توان نوشت:

$$R_{eq}<R_۱\Rightarrow\frac{۱}{R_{eq}}>\frac{۱}{R_۱}\Rightarrow$$ شیب نمودار مقاومت معادل > شیب نمودار مقاومت $R_۱$

کام آخر

شیب نمودار A بزرگ‌تر از شیب نمودار $R_۱$ است. لذا **پاسخ نمودار A است.**

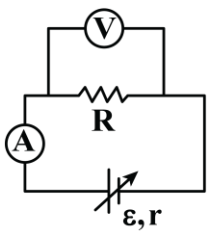
نکات

۱- در چند مقاومت که به‌صورت متوالی به‌هم بسته شده‌اند، مقاومت معادل از بزرگ‌ترین مقاومت موجود در آن مجموعه بزرگ‌تر است.

۲- در چند مقاومت که به‌صورت موازی بسته شده‌اند، مقاومت معادل از کوچک‌ترین مقاومت موجود در آن مجموعه کوچک‌تر است.

۷- در یک آزمایش که برای تحقیق قانون اُهم انجام شده است، نتایج جدول زیر به‌دست آمده است. با فرض ثابت بودن دما، به‌ازای کدام‌یک از ولتاژهای زیر برحسب ولت که به دو سر مقاومت اعمال می‌شود، این مقاومت به‌طور واضح از قانون اهم پیروی نمی‌کند؟ (ولت‌سنج و آمپرسنج را آرمانی درنظر بگیرید.)

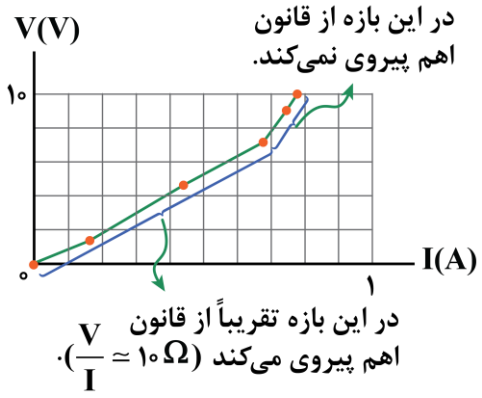
شمارهٔ آزمایش	عدد ولت‌سنج (V)	عدد آمپرسنج (A)
۱	صفر	صفر
۲	۱/۶	۰/۱۶
۳	۴/۴	۰/۴۳
۴	۷/۰	۰/۶۸
۵	۹/۰	۰/۷۲
۶	۱۰/۰	۰/۷۵



۱) ۱
۲) ۳/۵
۳) ۵
۴) ۹/۵

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ استدلالی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۴۳ ـ ۱۱۰۲)

با رسم تقریبی نمودار $V-I$، درمی‌یابیم که تقریباً تا ولتاژ $7V$، نمودار $V-I$ به‌صورت خطی است. به عبارتی، رابطهٔ بین I و V به‌صورت $V=RI$ است و رفتار مقاومت از قانون اهم پیروی می‌کند؛ اما از ولتاژ $7V$ تا $10V$، نمودار $V-I$ از حالت خطی خارج می‌شود و رفتار مقاومت در این محدوده، از قانون اهم پیروی نمی‌کند؛ بنابراین **به‌ازای ولتاژ $9/5V$ نمی‌توان جریان را با استفاده از قانون اهم به‌دست آوریم.**



کپسول دوپینگ | قانون اُهم

۱- اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر یک رسانا برابر با V و جریان عبوری از آن برابر با I باشد، در این صورت مقاومت الکتریکی رسانا مطابق رابطهٔ زیر تعریف می‌شود:

$V=RI \rightarrow$ قانون اُهم

V: اختلاف پتانسیل الکتریکی با یکای ولت (V) I: جریان الکتریکی با یکای آمپر (A) R: مقاومت الکتریکی با یکای اُهم

تذکر

قانون اُهم برای فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی در دمای ثابت برقرار است.

نکته

مقدار مقاومت الکتریکی به ساختمان و دمای رسانا وابسته است و با تغییر ولتاژ یا جریان تغییر نمی‌کند.

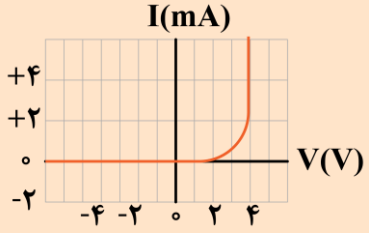
۲- رساناهای الکتریکی به دو دستهٔ اُهمی و غیراُهمی تقسیم می‌شوند. اگر مقاومت الکتریکی یک رسانا در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت)، مقدار ثابتی باشد، گفته می‌شود که آن وسیله از قانون اهم پیروی می‌کند و آن وسیله را مقاومت یا رسانای اُهمی می‌نامند.

نکته

جریان عبوری از یک مقاومت اُهمی همواره با اختلاف پتانسیل الکتریکی اعمال‌شده به دو سر آن رابطهٔ مستقیم دارد.

۳- مطابق قانون اُهم، برای یک مقاومت الکتریکی، نمودار تغییرات ولتاژ برحسب جریان الکتریکی و نمودار تغییرات جریان الکتریکی برحسب ولتاژ، مطابق شکل زیر به‌صورت یک خط راست صعودی است.

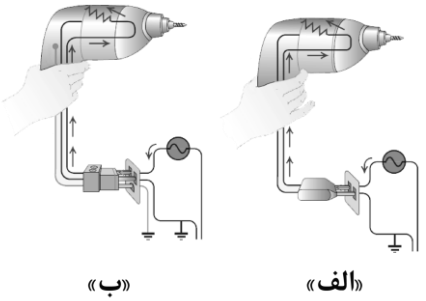
۴- برخلاف مقاومت‌های اُهمی که در آن‌ها ولتاژ و جریان باهم رابطهٔ مستقیم و خطی دارند، ولتاژ و جریان مقاومت‌های غیراُهمی دارای رابطهٔ غیرخطی با یکدیگر هستند، مثلاً شکل زیر، نمودار جریان ـ ولتاژ برای یک دیود نورگسیل (LED) را نشان می‌دهد که یک مقاومت غیراُهمی است.



دقت کنید که در دمای ثابت، نسبت ولتاژ به جریان $(\frac{V}{I})$ در مقاومت‌های اُهمی همواره ثابت است، درحالی‌که این نسبت در مقاومت‌های غیراُهمی متغیر می‌باشد.

SanjeshCloud

۸- **اگر متهٔ برقی (دریل) معیوب شکل‌های زیر را با دو شاخه (شکل «الف») یا سه شاخه (شکل «ب») به پریز وصل کنیم، چه اتفاقی رخ می‌دهد؟**


«الف» «ب»

۱) در شکل «الف» احتمالاً برق‌گرفتگی رخ می‌دهد و در شکل «ب» برق‌گرفتگی رخ نمی‌دهد.

۲) در شکل «الف» برق‌گرفتگی رخ نمی‌دهد و در شکل «ب» احتمالاً برق‌گرفتگی رخ می‌دهد.

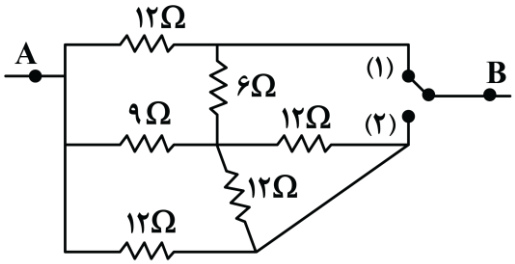
۳) در هر دو شکل، دریل روشن نمی‌شود.

۴) در شکل «الف» دریل روشن نمی‌شود و در شکل «ب» احتمالاً برق‌گرفتگی رخ می‌دهد.

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ مفهومی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۴۰ ـ ۱۱۰۲)

با توجه به معیوب بودن دریل در **وضعیت شکل «الف»** جریان از طریق بدن عبور می‌کند و درصورتی‌که شخص به طریقی به زمین متصل باشد، **دچار شوک و احتمالاً برق‌گرفتگی می‌شود**. درحالی‌که در وضعیت شکل «ب»، جریان از طریق سیم اتصال زمین، به زمین می‌رود. به عبارتی، علاوه بر سیم‌های موسوم به فاز و نول، سیم متصل به زمینی نیز وجود دارد؛ بنابراین در **وضعیت شکل «ب» برخلاف شکل «الف» دچار شوک و احتمالاً برق‌گرفتگی نمی‌شویم**، زیرا سیم اتصال به زمین یک مسیر کم‌مقاومت بین سطح خارجی وسیله و زمین ایجاد می‌کند.

۹- **در مدار شکل زیر، با تغییر وضعیت کلید از حالت (۱) به حالت (۲)، مقاومت معادل بین نقاط A و B چگونه تغییر می‌کند؟**



۱) تغییر نمی‌کند.

۲) ۳Ω کاهش می‌یابد.

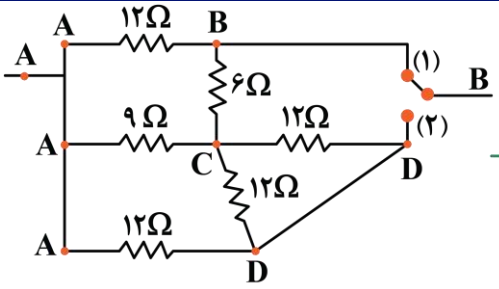
۳) ۶Ω کاهش می‌یابد.

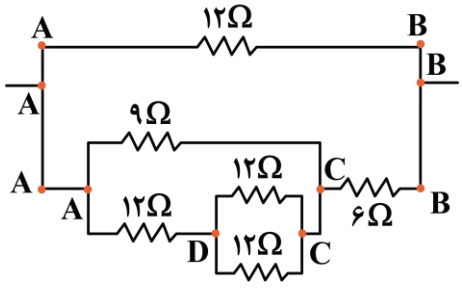
۴) ۳Ω افزایش می‌یابد.

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۵۸ ـ ۱۱۰۲)

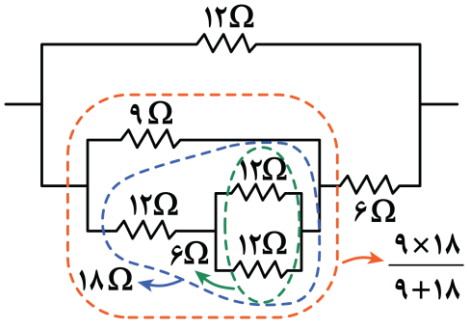
حالت اول

کلید در وضعیت (۱) است:





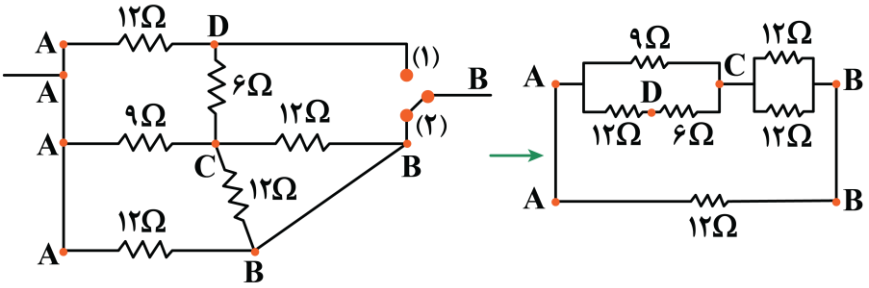
اکنون مقاومت معادل مدار را به‌دست می‌آوریم.



مقاومت شاخهٔ پایین برابر با $۶+۶=۱۲\Omega$ است. درنتیجه مقاومت معادل مدار برابر است با:

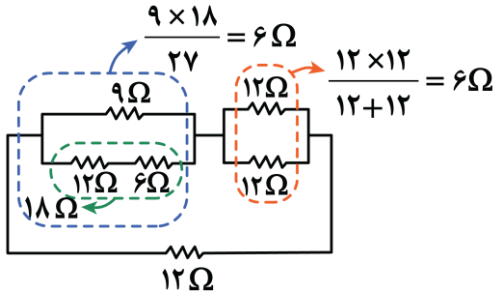
$$R_{eq}=\frac{۱۲\times۱۲}{۱۲+۱۲}=۶\Omega$$

حالت دوم کلید در وضعیت (۲) است:



اکنون مقاومت معادل را به‌دست می‌آوریم.

مقاومت شاخهٔ بالا برابر با $۶+۶=۱۲\Omega$ است. درنتیجه:

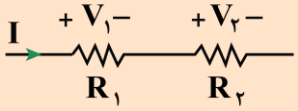


$$R_{eq}=\frac{۱۲\times۱۲}{۱۲+۱۲}=۶\Omega$$

همان‌طور که مشاهده شد، مقاومت معادل در هر دو وضعیت کلید، برابر با ۶Ω است، پس **تغییری ایجاد نشده است.**

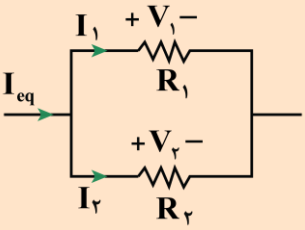
کپسول دوپینگ | مقاومت معادل

۱- هنگامی‌که دو مقاومت بدون هیچ انشعابی با یک سیم به‌هم بسته شده باشند، به اتصال آن‌ها سری یا متوالی می‌گوییم. در مقاومت‌های متوالی روابط زیر برقرار هستند:



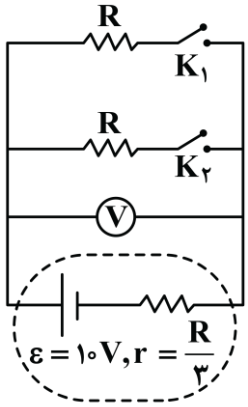
$$R_{eq}=R_۱+R_۲$$
$$I_{eq}=I_۱=I_۲=I$$
$$V_{eq}=V_۱+V_۲$$

۲- هنگامی‌که دو سر دو مقاومت با سیم رسانا به‌هم متصل باشد، این دو مقاومت به‌صورت موازی به‌هم متصل شده‌اند. در مقاومت‌های موازی روابط زیر برقرار هستند:



$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}\Rightarrow R_{eq}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}$$
$$I_{eq}=I_۱+I_۲$$
$$V_{eq}=V_۱=V_۲$$

۱۰- در مدار شکل زیر، ابتدا هر دو کلید $K_۱$ و $K_۲$ باز هستند. با بستن هر دو کلید، عددی که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد، چند ولت و چگونه تغییر می‌کند؟



۱) ۴ و کاهش

۲) ۴ و افزایش

۳) ۱۵ و افزایش

۴) ۱۵ و کاهش

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۹ ـ ۱۱۰۲)

حالت اول

در ابتدا که کلیدها باز هستند، مقاومت‌های R در مدار نیستند و چون ولت‌سنج، آرمانی است، مقاومت داخلی آن بسیار زیاد (بی‌نهایت) است و جریان عبوری از باتری برابر صفر است، درنتیجه ولت‌سنج آرمانی، نیروی محرکهٔ باتری را نشان می‌دهد:

$$V = \varepsilon - Ir \xrightarrow[\varepsilon=10V]{I=0} V = \varepsilon = 10V$$

حالت دوم

گام اول

با بستن کلیدها، مقاومت‌های R به‌طور موازی در مدار قرار می‌گیرند و مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$R_{eq} = \frac{R}{2}$$

گام دوم

عددی که ولت‌سنج آرمانی نشان می‌دهد، برابر است با:

$$V' = IR_{eq} \xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{r+R_{eq}}} V' = \frac{\varepsilon R_{eq}}{r+R_{eq}} \xrightarrow[r=\frac{R}{3}\ ,\ \varepsilon=10V]{R_{eq}=\frac{R}{2}} V' = \frac{10\times\frac{R}{2}}{\frac{R}{3}+\frac{R}{2}} = 6V$$

گام آخر

درنتیجه تغییر عدد ولت‌سنج برابر است با:

$$V' - V = 6 - 10 = -4V$$

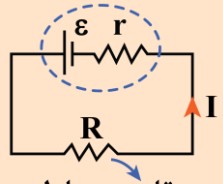
بنابراین عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد، **۴V کاهش** می‌یابد.

اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری

اگر نیروی محرکهٔ باتری برابر با ε، مقاومت داخلی باتری برابر با r و جریان خروجی از باتری برابر با I باشد، در این صورت اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI$$

در یک مدار تک‌حلقه به شکل مقابل داریم:



مقاومت معادل مدار

۱- جریان خروجی از باتری برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{r+R}$$

۲- افت پتانسیل در باتری برابر است با:

$$\text{افت پتانسیل در باتری} = rI = r\times\frac{\varepsilon}{r+R} = \frac{\varepsilon r}{r+R}$$

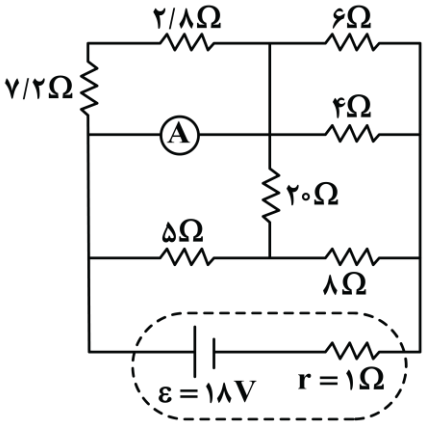
۳- اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری برابر است با:

$$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI = \varepsilon - r\times\frac{\varepsilon}{r+R} = \frac{\varepsilon R}{r+R}$$

تذکر

اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر باتری با اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت معادل R برابر است و هر دو برابر $\frac{\varepsilon R}{r+R}$ هستند.

۱۱- در مدار شکل مقابل، آمپرسنج آرمانی چند آمپر را نشان می‌دهد؟

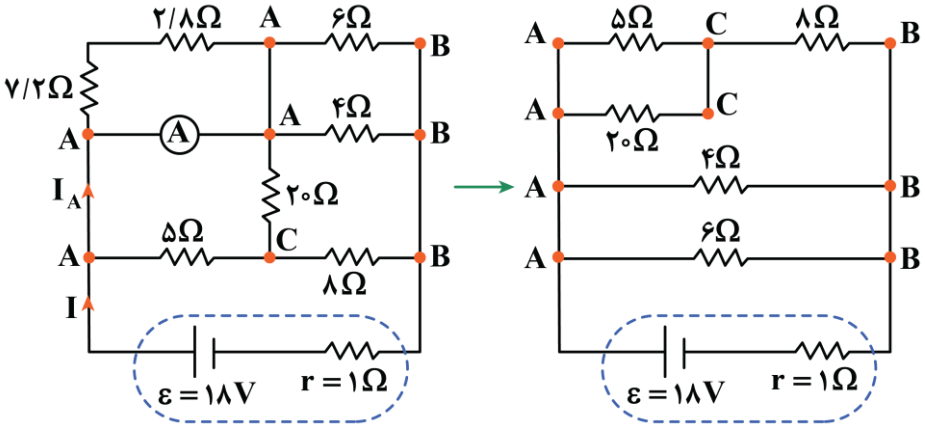


۱) ۶/۸
۲) ۵/۲
۳) ۰/۸
۴) ۶

پاسخ: گزینهٔ ۲ (سخت ـ محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۵۹ ـ ۱۱۰۲)

گام اول

ابتدا با نام‌گذاری نقاط هم‌پتانسیل مدار، مدار را به شکل مقابل ساده می‌کنیم:



گام دوم

توجه کنید که دو سر مقاومت‌های ۲/۸Ω و ۷/۲Ω اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شوند. مقاومت‌های ۵Ω و ۲۰Ω موازی هستند و مقاومت معادل آن‌ها با مقاومت ۸Ω متوالی است:

$$R_1 = \frac{5 \times 20}{5+20} = 4\Omega$$

$$R_2 = 4 + 8 = 12\Omega$$

و درنهایت مقاومت‌های ۱۲Ω، ۴Ω و ۶Ω موازی هستند:

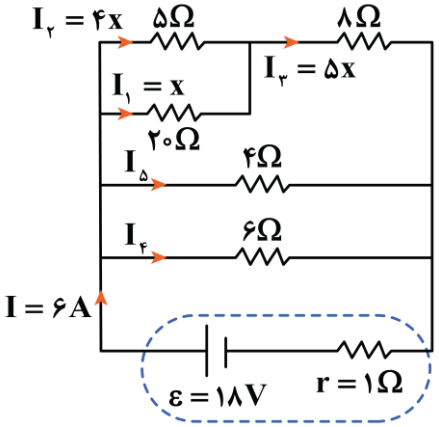
$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{12} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{1+3+2}{12} = \frac{6}{12} = \frac{1}{2} \Rightarrow R_{eq} = 2\Omega$$

گام سوم

درنتیجه جریان خروجی از باتری برابر است با:

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R_{eq}} \xrightarrow[r=1\Omega\ ,\ R_{eq}=2\Omega]{\varepsilon=18V} I = \frac{18}{3} = 6A$$

گام چهارم



اکنون جریان $6A$ را بین مقاومت‌ها تقسیم می‌کنیم:

اگر جریان عبوری از مقاومت 20Ω را x بگیریم، چون اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت‌های 20Ω و 5Ω برابر است، جریان عبوری از مقاومت 5Ω برابر $4x$ و جریان عبوری از مقاومت 8Ω برابر $5x$ خواهد شد:

$$5I_2 = 20I_1 \Rightarrow I_2 = 4I_1 = 4x$$

$$I_3 = I_1 + I_2 = 5x$$

اکنون چون شاخهٔ بالا با مقاومت $R_2 = 12\Omega$ و مقاومت‌های 4Ω و 6Ω نیز باهم موازی هستند، اختلاف پتانسیل الکتریکی برابر دارند و داریم:

$$12 \times 5x = 4I_5 \Rightarrow I_5 = 15x$$

$$12 \times 5x = 6I_4 \Rightarrow I_4 = 10x$$

بنابراین جریان عبوری از باتری برابر است با:

$$I = I_3 + I_4 + I_5 \Rightarrow 6 = 5x + 10x + 15x \Rightarrow x = 0/2A$$

گام آخر

درنتیجه جریان عبوری از آمپرسنج آرمانی برابر است با:

$$I = I_A + I_2 \Rightarrow 6 = I_A + 4x \xrightarrow{x=0/2A} I_A = 6 - 0/8 = 5/2A$$

نکته

اگر دو نقطه از مدار، توسط یک سیم بدون مقاومت به‌هم متصل شوند، آن دو نقطه هم‌پتانسیل می‌شوند و اتصال کوتاه رخ می‌دهد.

تذکر!

در تکنیک نام‌گذاری نقاط (گره‌ها) در یک مدار، هرگاه دو سر یک مقاومت با یک نام مشخص شوند، آن مقاومت اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شود.

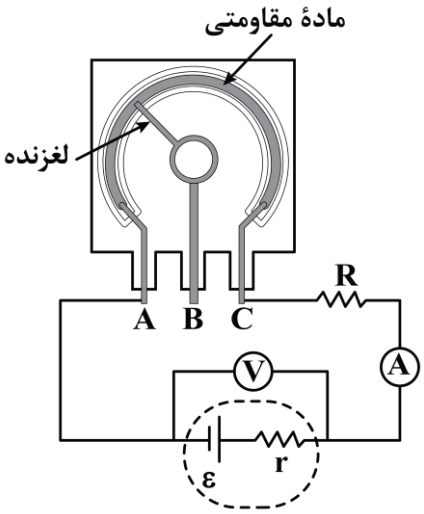
جرقهٔ ذهنی

نسبت جریان عبوری از دو مقاومت موازی برابر با نسبت عکس آن دو مقاومت است.

$$\begin{cases} \frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2} \\ \frac{I_{eq}}{I_1} = \frac{R_1}{R_{eq}} \end{cases}$$

طبق رابطهٔ $I = \frac{V}{R}$، با توجه به یکسان بودن اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت‌ها در حالت موازی، جریان عبوری از هر مقاومت با مقدار آن مقاومت، رابطهٔ عکس دارد، درنتیجه هرچه مقدار یک مقاومت، بیش‌تر باشد، جریان عبوری از آن کم‌تر است.

۱۲- شکل زیر، یک پتانسیومتر را نشان می‌دهد. با حرکت لغزنده به سمت راست، عددی که ولت‌سنج آرمانی و آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهند، به‌ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟



۱) کاهش می‌یابد، افزایش می‌یابد
۲) کاهش می‌یابد، ثابت می‌ماند
۳) ثابت می‌ماند، کاهش می‌یابد
۴) ثابت می‌ماند، ثابت می‌ماند

پاسخ: گزینهٔ ۴ (آسان ـ استدلالی ـ سریع ـ صفحهٔ ۴۷ ـ ۱۱۰۲)

درصورتی‌که رئوستا از پایه‌های A و B یا B و C به مدار وصل شود، مقاومت متغیر را خواهیم داشت. ولی در مدار داده‌شده مقاومت، متغیر نیست و حرکت لغزنده تأثیری روی مقاومت ندارد.

نکته

پتانسیومتر در مدارهای الکترونیکی نقش رئوستا را ایفا می‌کند. شکل سؤال، یک پتانسیومتر را نشان می‌دهد. اگر در این شکل، دو سر مدار را به نقاط A و B متصل کنیم با چرخاندن لغزندهٔ پتانسیومتر در جهت حرکت عقربه‌های ساعت (ساعتگرد)، طولی از مادهٔ مقاومتی که در مدار قرار می‌گیرد، افزایش یافته و مقاومت پتانسیومتر افزایش می‌یابد، ولی اگر دو سر مدار به نقاط A و C متصل شود، پتانسیومتر مانند مقاومت ثابت عمل می‌کند.

۱۳- تعداد پنج مقاومت الکتریکی مشابه به طول L و سطح مقطع A به‌صورت موازی به‌هم متصل هستند. چه کسری از طول هر مقاومت را کم کنیم تا وقتی به‌طور متوالی به‌هم متصل می‌شوند، مقاومت معادل در هر دو حالت، یکسان باشد؟

۱) $\frac{۲۴}{۲۵}$ ۲) $\frac{۱}{۲۵}$ ۳) $\frac{۱}{۵}$ ۴) $\frac{۴}{۵}$

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۸ ـ ۱۱۰۲)

کلام اول

مقاومت معادل در حالت موازی و متوالی برابر است با:

$$\begin{cases} \text{موازی: } R_{eq}=\frac{R}{n}=\frac{R}{۵} \\ \text{متوالی: } R'_{eq}=nR'=۵R' \end{cases} \xrightarrow{R_{eq}=R'_{eq}} \frac{R}{۵}=۵R' \Rightarrow \frac{R'}{R}=\frac{۱}{۲۵} \quad (*)$$

کلام دوم

از طرفی طبق رابطهٔ $R=\rho\frac{L}{A}$ و با توجه به ثابت ماندن ρ و A می‌توان نوشت:

$$\frac{R'}{R}=\frac{L'}{L} \xrightarrow{(*)} \frac{۱}{۲۵}=\frac{L'}{L} \Rightarrow L'=\frac{L}{۲۵}$$

کام آخر

برای محاسبهٔ کسر تغییرات L داریم:

$$\Delta L = L - L' = L - \frac{L}{۲۵} = \frac{۲۴}{۲۵}L$$

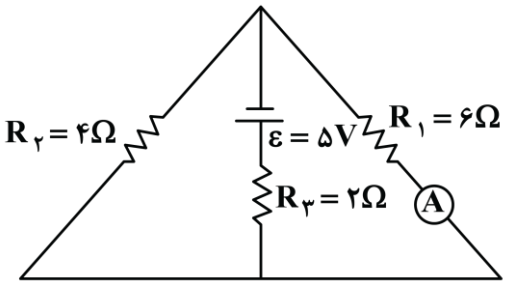
نکته

۱- اگر n مقاومت مشابه به‌صورت متوالی به یکدیگر بسته شده باشند، آن‌گاه مقاومت معادل آن‌ها از رابطهٔ $R_{eq} = nR$ به‌دست می‌آید.

۲- اگر n مقاومت مشابه به‌صورت موازی به یکدیگر بسته شده باشند، آن‌گاه مقاومت معادل آن‌ها از رابطهٔ $R_{eq} = \frac{R}{n}$ به‌دست می‌آید.

ماز

۱۴- در مدار شکل زیر، آمپرسنج آرمانی مقدار $I_۱$ را نشان می‌دهد. اگر جای آمپرسنج و باتری را عوض کنیم، آمپرسنج مقدار $I_۲$ را نشان می‌دهد. نسبت $\frac{I_۱}{I_۲}$ در کدام گزینه به‌درستی آمده است؟ (باتری را آرمانی درنظر بگیرید.)



۱) ۲

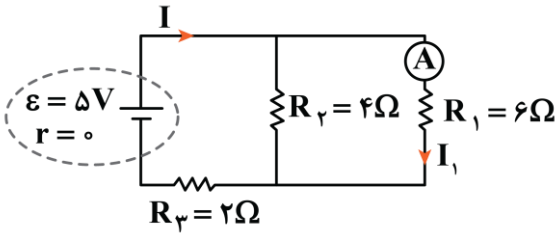
۲) $\frac{۱}{۲}$

۳) ۱

۴) $\frac{۳}{۲}$

پاسخ: گزینهٔ ۳ (متوسط ـ محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۵۹ ـ ۱۱۰۲)

کام اول



مقاومت معادل در حالت اول را می‌یابیم. در این حالت مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ موازی هستند و مقاومت معادل آن‌ها یعنی $R_{۱,۲}$ با مقاومت $R_۳$ متوالی است:

$$R_{eq} = \frac{R_۱R_۲}{R_۱ + R_۲} + R_۳ = \frac{۶ \times ۴}{۶ + ۴} + ۲ = ۴/۴\Omega$$

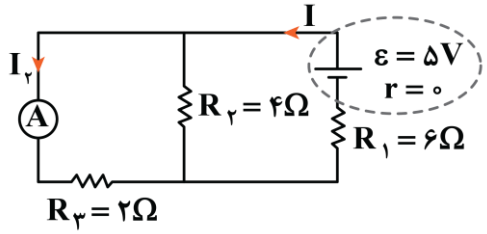
کام دوم

جریان خروجی از باتری را به‌دست می‌آوریم و سهم جریان عبوری از مقاومت ۶Ω را می‌یابیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} = \frac{۵}{۴/۴ + ۰} = \frac{۵}{۴/۴}A$$

$$I_۱ = \frac{R_۲}{R_۱ + R_۲}I = \frac{۴}{۱۰} \times \frac{۵}{۴/۴} = \frac{۵}{۱۱}A$$

کام سوم



حال جای آمپرسنج و باتری را عوض می‌کنیم. در این حالت مقاومت‌های $R_۲$ و $R_۳$ موازی هستند و مقاومت معادل آن‌ها با مقاومت $R_۱$ متوالی است:

$$R'_{eq} = \frac{۴ \times ۲}{۴ + ۲} + ۶ = \frac{۲۲}{۳}\Omega$$

گام چهارم

جریان خروجی از باتری و سهم جریان عبوری از مقاومت R_3 را به‌دست می‌آوریم:

$$I' = \frac{\varepsilon}{R'_{eq} + r} = \frac{۵}{\frac{۲۲}{۳}} = \frac{۱۵}{۲۲}A$$

$$I_۲ = \frac{R_۲}{R_۲ + R_۳} I' \Rightarrow I_۲ = \frac{۴}{۴+۲} \times \frac{۱۵}{۲۲} = \frac{۵}{۱۱}A$$

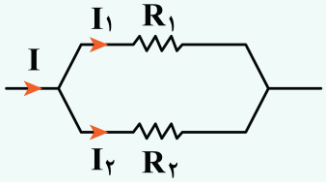
گام آخر

نسبت جریان $I_۱$ به $I_۲$ برابر است با:

$$\frac{I_۱}{I_۲} = ۱$$

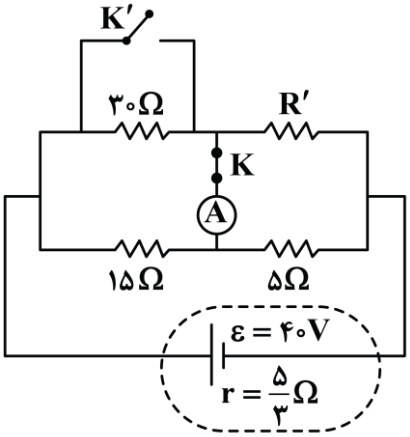
جرقهٔ ذهنی

تقسیم جریان در مقاومت‌های موازی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:



$$\Rightarrow \begin{cases} I_۱ = \frac{R_۲}{R_۲ + R_۱} \times I \\ I_۲ = \frac{R_۱}{R_۲ + R_۱} \times I \end{cases}$$

۱۵- در مدار شکل زیر، آمپرسنج ایده‌آل، صفر را نشان می‌دهد. اگر کلید K را باز کرده و کلید K′ را ببندیم، افت پتانسیل در باتری نسبت به حالت اول، چند ولت تغییر می‌کند؟



۱) $\frac{۲۸}{۳}$

۲) $\frac{۲۸}{۹}$

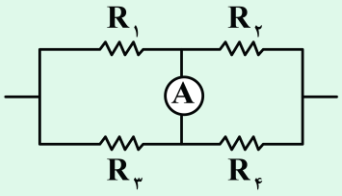
۳) $\frac{۳۲}{۳}$

۴) $\frac{۳۲}{۹}$

پاسخ: گزینهٔ ۴ (سخت ـ استدلالی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۵۹ ـ ۱۱۰۲)

نکته

در مدارهایی به شکل مقابل، اگر $R_۱R_۴ = R_۲R_۳$ باشد، آن‌گاه آمپرسنج، صفر را نشان می‌دهد.

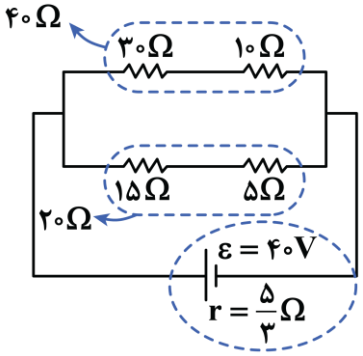


با توجه به نکتهٔ بالا، در مدار داده‌شده، برای این‌که جریانی از آمپرسنج عبور نکند، باید:

$$۳۰ \times ۵ = ۱۵ \times R' \Rightarrow R' = ۱۰\Omega$$

گام اول

در این حالت، مقاومت معادل و جریان عبوری از باتری به‌صورت زیر است:

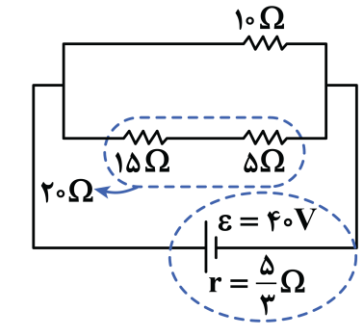


$$R_{eq}=\frac{۴۰\times۲۰}{۴۰+۲۰}=\frac{۴۰}{۳}\Omega$$

$$I_۱=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۴۰}{\frac{۴۰}{۳}+\frac{۵}{۳}}=\frac{۸}{۳}A$$

گام دوم

با باز کردن کلید K و بستن کلید K'، به دلیل اتصال کوتاه، مقاومت ۳۰Ω از مدار حذف می‌شود.



$$R'_{eq}=\frac{۱۰\times۲۰}{۱۰+۲۰}=\frac{۲۰}{۳}\Omega$$

$$I_۲=\frac{\varepsilon}{R'_{eq}+r}=\frac{۴۰}{\frac{۲۰}{۳}+\frac{۵}{۳}}=\frac{۲۴}{۵}A$$

گام آخر

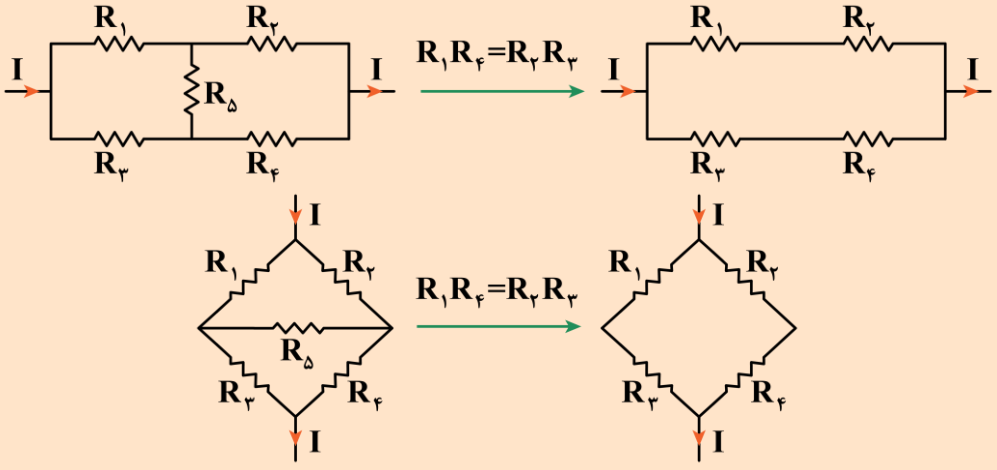
$$\text{افت پتانسیل درون باتری}=rI\Rightarrow rI_۲-rI_۱=r(I_۲-I_۱)=\frac{۵}{۳}\times(\frac{۲۴}{۵}-\frac{۸}{۳})=\frac{۳۲}{۹}V$$

تذکر!

اتصال کلید می‌تواند باعث اتصال کوتاهِ مقاومت و یا مقاومت‌ها شود و یا می‌تواند باعث اضافه شدن مقاومتی به مدار شود. با توجه به اثر کلید باید مدار را تحلیل کنید.

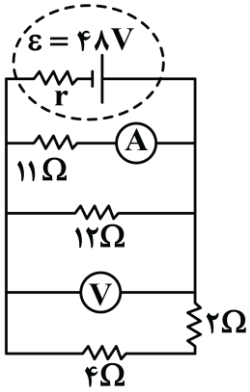
کپسول دوپینگ | پل وتستون

در مدارهایی به شکل زیر، هرگاه $R_۱R_۴=R_۲R_۳$ باشد، از مقاومت $R_۵$ جریان عبور نمی‌کند، یعنی بودن و نبودن مقاومت $R_۵$ هیچ فرقی به حال مدار نمی‌کند. پس مقاومت $R_۵$ را حذف می‌کنیم و سپس تحلیل مدار را انجام می‌دهیم.



اگر به‌جای مقاومت $R_۵$، ولت‌سنج، آمپرسنج یا حتی سیم هم داشته باشیم، درصورتی‌که شرایط پل وتستون $(R_۱R_۴=R_۲R_۳)$ برقرار باشد، می‌توانیم آن‌ها را نیز حذف کنیم.

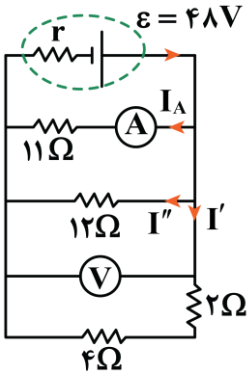
۱۶- در مدار شکل زیر، ولت‌سنج آرمانی $۳۶V$ و آمپرسنج غیرآرمانی جریان $۳A$ را نشان می‌دهد. مقاومت داخلی آمپرسنج و مقاومت داخلی باتری به‌ترتیب از راست به چپ چند اهم می‌باشند؟



۱) ۱ و ۲
۲) ۲ و ۲
۳) ۲ و ۱
۴) ۱ و ۱

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۹ ـ ۱۱۰۲)

گام اول



مقاومت آمپرسنج و مقاومت ۱۱Ω متوالی هستند و جریان عبوری از آن‌ها برابر $۳A$ است. از طرفی چون ولت‌سنج با آن‌ها موازی است، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن‌ها برابر $۳۶V$ است؛ بنابراین:

$$V_A + V_{۱۱\Omega} = ۳۶V$$

$$\Rightarrow I_A R_A + I_A R_{۱۱\Omega} = ۳۶V$$

$$\xrightarrow{I_A = ۳A} ۳ \times R_A + ۳ \times ۱۱ = ۳۶$$

$$\Rightarrow ۳R_A = ۳ \Rightarrow R_A = ۱\Omega$$

گام دوم

مقاومت معادل مدار برابر است با:

$$R = R_A + R_{۱۱\Omega} = ۱ + ۱۱ = ۱۲\Omega$$

$$R' = ۲ + ۴ = ۶\Omega$$

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

گام سوم

مقاومت ۱۲Ω موازی با ولت‌سنج قرار دارد؛ بنابراین اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن برابر با $۳۶V$ است، پس جریان عبوری از مقاومت ۱۲Ω برابر است با:

$$I'' = \frac{V}{R} \Rightarrow I'' = \frac{۳۶}{۱۲} = ۳A$$

از طرفی مقاومت‌های ۲Ω و ۴Ω متوالی هستند و مقاومت معادل آن‌ها برابر است با:

$$R' = ۲ + ۴ = ۶\Omega$$

اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت R' برابر با $۳۶V$ است؛ بنابراین:

$$I' = \frac{V}{R'} = \frac{۳۶}{۶} = ۶A$$

گام چهارم

از طرفی با توجه به این‌که جریان عبوری از آمپرسنج و مقاومت ۱۱Ω برابر با $۳A$ است؛ بنابراین جریان خروجی از باتری برابر است با:

$$I = I_A + I' + I'' \Rightarrow I = ۳ + ۶ + ۳ = ۱۲A$$

گام آخر

با توجه به رابطهٔ جریان خروجی از باتری داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow ۱۲ = \frac{۴۸}{۳ + r} \Rightarrow ۳ + r = ۴ \Rightarrow r = ۱\Omega$$

۱۷- دو سر یک بخاری‌برقی را به اختلاف پتانسیل الکتریکی $۲۲۰V$ وصل می‌کنیم و جریان $۱۰A$ از آن می‌گذرد. اگر هزینهٔ یک ماه (۳۰ روز) مصرف این بخاری برابر با ۱۶۵۰۰ تومان باشد، این بخاری به‌طور متوسط روزانه چند ساعت روشن بوده است؟ (بهای برق مصرفی به‌ازای هر کیلووات‌ساعت، ۵۰ تومان است.)

۱) ۲/۵ ۲) ۳ ۳) ۵ ۴) ۶

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۴ ـ ۱۱۰۲)

گام اول

توان مصرفی بخاری‌برقی برابر است با:

$$P = VI \Rightarrow P = ۲۲۰ \times ۱۰ = ۲۲۰۰W \Rightarrow P = ۲/۲kW$$

گام دوم

انرژی مصرفی بخاری‌برقی را در مدت‌زمان یک ماه به‌دست می‌آوریم:

بهای برق مصرفی $=$ بهای هر kWh $\times$ انرژی مصرفی برحسب kWh

$$\Rightarrow ۱۶۵۰۰ = U \times ۵۰ \Rightarrow U = ۳۳۰kWh$$

گام سوم

مدت‌زمان روشن بودن بخاری‌برقی طی یک ماه را حساب می‌کنیم:

$$U = Pt \Rightarrow ۳۳۰ = ۲/۲ \times t \Rightarrow t = \frac{۳۳۰}{۲/۲}h = ۱۵۰h$$

گام آخر

مدت‌زمان روشن بودن متوسط روزانهٔ بخاری‌برقی را حساب می‌کنیم:

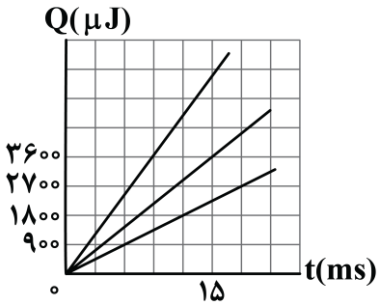
$$t = ۳۰t_{\text{متوسط روزانه}} \Rightarrow ۱۵۰ = ۳۰ \times t_{\text{متوسط روزانه}} \Rightarrow t_{\text{متوسط روزانه}} = ۵h$$

نکته

کیلووات‌ساعت، یکای فرعی انرژی می‌باشد، این عدد را روی قبض برق مصرفی می‌توانید مشاهده کنید؛ یعنی اگر در رابطهٔ $U = Pt$، توان برحسب کیلووات (kW) و زمان برحسب ساعت (h) باشد، انرژی مصرفی برحسب کیلووات‌ساعت (kWh) به‌دست می‌آید؛ بنابراین هر کیلووات‌ساعت معادل $۳/۶ \times ۱۰^۶ J$ می‌باشد:

$$۱kWh = ۳/۶ \times ۱۰^۶ J$$

۱۸- سه مقاومت الکتریکی به‌صورت موازی به یک باتری آرمانی بسته شده‌اند. با فرض این‌که در هر سه مقاومت، همهٔ انرژی الکتریکی به انرژی گرمایی (Q) تبدیل شود، نمودار تغییرات انرژی گرمایی آن‌ها برحسب زمان رسم شده است. توان خروجی این باتری چند وات است؟



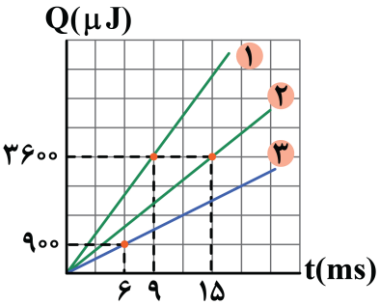
۱) ۰/۷۹
۲) ۰/۸۱
۳) ۷/۹
۴) ۸/۱

پاسخ: گزینهٔ ۱ (متوسط ـ استدلالی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۹ ـ ۱۱۰۲)

کام اول

شیب نمودار انرژی ـ زمان برابر با توان مصرفی مقاومت است. درنتیجه با توجه به مقادیر نمودار، توان مصرفی سه مقاومت را به‌دست می‌آوریم.

با توجه به مقیاس‌های نمودار، شیب‌ها را محاسبه می‌کنیم.



$$P_1 = \frac{۳۶۰۰\times۱۰^{-۶}}{۹\times۱۰^{-۳}} = ۰/۴W$$

$$P_2 = \frac{۳۶۰۰\times۱۰^{-۶}}{۱۵\times۱۰^{-۳}} = ۰/۲۴W$$

$$P_3 = \frac{۹۰۰\times۱۰^{-۶}}{۶\times۱۰^{-۳}} = ۰/۱۵W$$

کام آخر

مجموع توان مصرفی مقاومت‌ها در یک مدار برابر با توان خروجی باتری می‌باشد؛ بنابراین:

$$P_{\text{خروجی باتری}} = P_1 + P_2 + P_3 = ۰/۴ + ۰/۲۴ + ۰/۱۵ = ۰/۷۹W$$

نکته

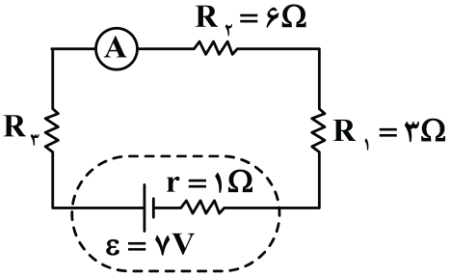
توان مصرفی مقاومت، همان آهنگ مصرف انرژی $(\frac{U}{\Delta t})$ توسط مقاومت است.

$$P = \frac{U}{\Delta t}$$

آنچه گذشت...

در یک مدار، مقاومت‌ها به هر شکلی به‌هم بسته شده‌اند، توان خروجی از باتری برابر با مجموع توان مصرفی همهٔ مقاومت‌هایی است که در مدار هستند.

۱۹- در شکل زیر، سه مقاومت به همراه یک آمپرسنج آرمانی به‌صورت متوالی به یک باتری وصل شده‌اند. اگر توان خروجی باتری برابر با ۳/۲۵W باشد، مقاومت R_3 چند اهم است؟



۱) ۱/۵
۲) ۳
۳) ۲
۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۹ ـ ۱۱۰۲)

کام اول

با استفاده از توان خروجی از باتری، جریان خروجی از باتری را به‌دست می‌آوریم:

$$P = \varepsilon I - rI^2 \Rightarrow ۳/۲۵ = ۷I - ۱\times I^2 \Rightarrow I^2 - ۷I + ۳/۲۵ = ۰$$

$$(I - ۶/۵)(I - ۰/۵) = ۰ \Rightarrow \begin{cases} I = ۰/۵A \\ I = ۶/۵A \ (\text{غ ق ق}) \end{cases}$$

کام آخر

مقاومت‌ها متوالی هستند. با توجه به رابطهٔ جریان اصلی مدار داریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow ۰/۵ = \frac{۷}{R_3 + ۶ + ۳ + ۱} \Rightarrow R_3 = ۴\Omega$$

تذکر!

با توجه به مقاومت‌های موجود، $I = ۶/۵A$ غیرممکن است.

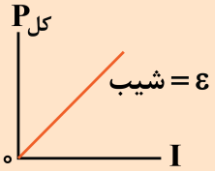
R_3 عددی منفی می‌شود که غیرقابل‌قبول است. $\Rightarrow \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow ۶/۵ = \frac{۷}{R_3 + ۶ + ۳ + ۱} \Rightarrow$

کپسول دوپینگ | انواع توان باتری

باتری، توان کل را تولید می‌کند. بخشی از این توان توسط مقاومت داخلی باتری مصرف می‌شود و به شکل حرارت و گرما تلف می‌شود و باقی‌ماندهٔ توان کل به نام توان مفید (توان خروجی) باتری به سایر اجزای مدار تحویل داده شده و توسط آن‌ها مصرف می‌شود؛ یعنی توان مفید باتری همان مجموع توان مصرفی سایر اجزای مدار است.

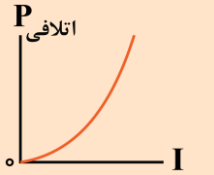
$$P_{\text{مفید یا خروجی باتری}} = P_{\text{مصرفی کل}}$$

توان کل یا توان تولیدی باتری



$$P_{\text{کل}} = \varepsilon I \xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{R+r}} P_{\text{کل}} = \frac{\varepsilon^2}{R + r}$$

توان اتلافی یا توان حرارتی یا توان مصرفی باتری یا توان غیرمفید



$$P_{\text{اتلافی}} = rI^2 \xrightarrow{I=\frac{\varepsilon}{R+r}} P_{\text{اتلافی}} = \frac{r\varepsilon^2}{(R + r)^2}$$

توان مفید یا توان خروجی باتری یا توان مصرفی سایر اجزای مدار

$$P_{\text{خروجی}} = P_{\text{کل}} - P_{\text{اتلافی}} \Rightarrow P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^2$$

$P_{\text{خروجی}} = ۰ \Rightarrow I(\varepsilon - rI) = ۰ \Rightarrow I = ۰$ یا $I = \frac{\varepsilon}{r}$

حال به بررسی چند حالت مهم می‌پردازیم:

$I = ۰$: یعنی جریان مدار، قطع باشد و از باتری، جریانی عبور نکند؛ بنابراین:

$P_{\text{خروجی}} = P_{\text{کل}} = P_{\text{اتلافی}} = ۰$

$I = \frac{\varepsilon}{r}$: این حالت زمانی رخ می‌دهد که دو سر باتری توسط یک سیم بدون مقاومت، به‌هم وصل شده باشد؛ یعنی باتری، اتصال کوتاه شده باشد $(R = ۰)$:

$P_{\text{خروجی}} = ۰ \ , \ P_{\text{کل}} = P_{\text{اتلافی}} = \frac{\varepsilon^۲}{r}$

در این حالت، باتری هرچه توان، تولید کند، همه را خودش تلف می‌کند. ضمناً در این حالت، $P_{\text{کل}}$ و $P_{\text{اتلافی}}$، بیشینه هستند.

$R = r$: در این حالت، $I = \frac{\varepsilon}{۲r}$ و توان مفید باتری، بیشینه و برابر $\frac{\varepsilon^۲}{۴r}$ است.

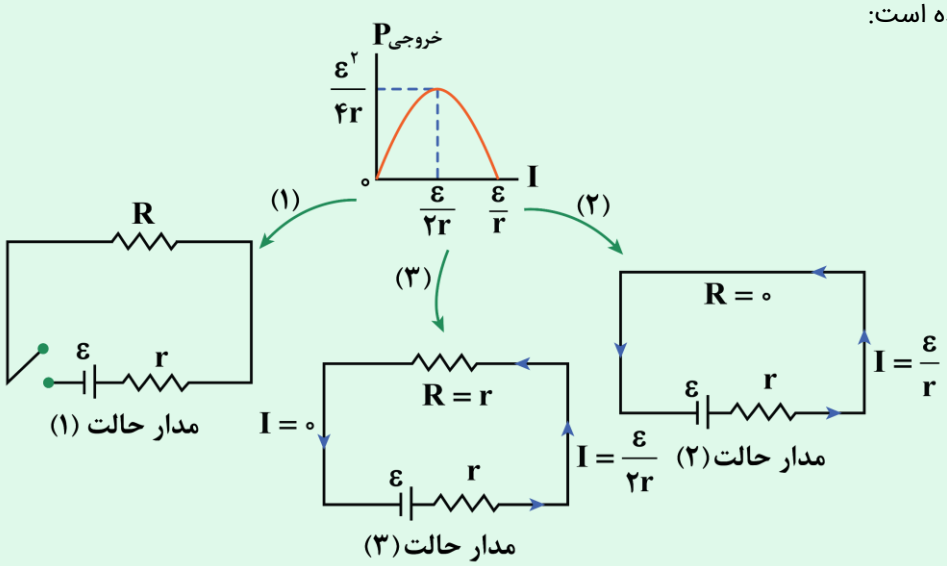
$R = r \Rightarrow I = \frac{\varepsilon}{۲r} \ , \ P_{\text{خروجی}\,max} = \frac{\varepsilon^۲}{۴r}$

$P_{\text{کل}} = \varepsilon I = \varepsilon(\frac{\varepsilon}{۲r}) = \frac{\varepsilon^۲}{۲r} \xrightarrow{P_{\text{خروجی}} = \frac{\varepsilon^۲}{۴r}} P_{\text{خروجی}} = \frac{۱}{۲} P_{\text{کل}}$

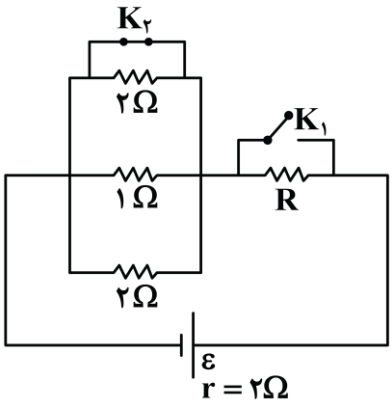
$P_{\text{اتلافی}} = rI^۲ = r(\frac{\varepsilon}{۲r})^۲ = r \times \frac{\varepsilon^۲}{۴r^۲} = \frac{\varepsilon^۲}{۴r} \Rightarrow P_{\text{اتلافی}} = P_{\text{خروجی}}$

نکته

نمودار توان خروجی باتری یا همان توان مصرفی مقاومت معادل مدار برحسب جریان مدار به‌صورت شکل زیر است. در نقاط سه‌گانهٔ مهم نیز، شکل مدار رسم شده است:



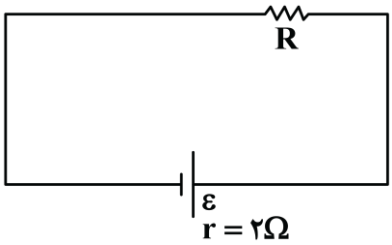
۲۰- در مدار زیر، توان خروجی باتری P' است. اگر کلید K_1 بسته و کلید K_2 باز شود، توان خروجی باتری، دوباره P' می‌شود. R چند اهم است؟



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۴
۴) ۸

پاسخ: گزینهٔ ۴ (سخت ـ استدلالی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۹ ـ ۱۱۰۲)

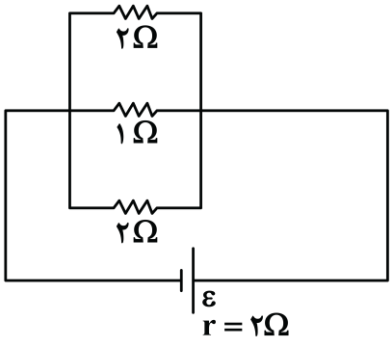
حالت اول



به‌دلیل بسته بودن کلید K_2، در دو سر مقاومت‌های ۲ اهمی و ۱ اهمی، اتصال کوتاه رخ می‌دهد و جریانی از آن‌ها عبور نمی‌کند؛ بنابراین مقاومت معادل مدار در این حالت برابر است با:

$$R_{eq_1} = R$$

حالت دوم



با باز شدن کلید K_2، مقاومت‌های ۲ اهمی و ۱ اهمی در مدار قرار می‌گیرند و از آن‌ها جریان عبور می‌کند؛ اما با بسته شدن کلید K_1، دو سر مقاومت R اتصال کوتاه شده و از مقاومت R جریانی عبور نمی‌کند.

$$\frac{۱}{R_{eq_۲}} = \frac{۱}{۲} + \frac{۱}{۲} + \frac{۱}{۱} \Rightarrow R_{eq_۲} = \frac{۱}{۲}\Omega$$

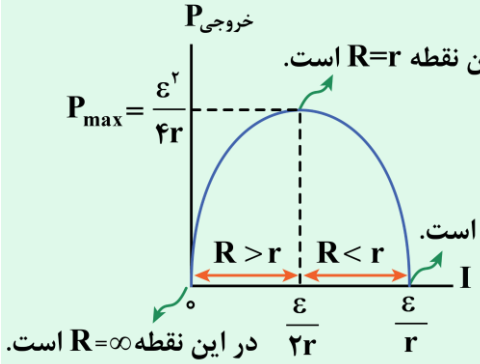
برای این‌که توان خروجی باتری، ثابت بماند، باید $r = \sqrt{R_{eq_۱} R_{eq_۲}}$ شود؛ بنابراین:

$$r = ۲ = \sqrt{(R)\frac{۱}{۲}} \Rightarrow R = ۸\Omega$$

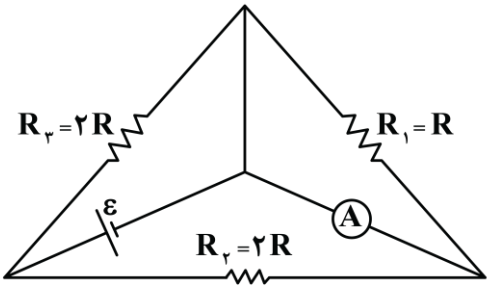
نکته

همان‌طور که به‌ازای یک مقدار توان خروجی، دو جریان I_1 و I_2 به‌دست می‌آید، می‌توانیم بگوییم که به‌ازای یک مقدار توان خروجی باتری، دو مقدار هم برای مقاومت خارجی (R_1 و R_2) وجود دارد که داریم:

$$r = \sqrt{R_1 R_2}$$



۲۱- در مدار شکل زیر، با کاهش ۵۰ درصدی مقاومت R_1، توان مصرفی در مقاومت R_2 چگونه تغییر می‌کند؟ (آمپرسنج و باتری، آرمانی هستند.)



۱) افزایش می‌یابد.

۲) کاهش می‌یابد.

۳) ثابت می‌ماند.

۴) نمی‌توان اظهارنظر قطعی کرد.

پاسخ: گزینهٔ ۳ (آسان ـ مفهومی ـ سریع ـ صفحهٔ ۵۹ ـ ۱۱۰۲)

در مدار نشان‌داده‌شده با نام‌گذاری گره‌ها و با توجه به آرمانی بودن آمپرسنج، مقاومت R_1 اتصال کوتاه شده؛ بنابراین این مقاومت تأثیری در مدار ندارد و توان مصرفی مقاومت R_2 ثابت می‌ماند.

کپسول دوپینگ | اتصال کوتاه

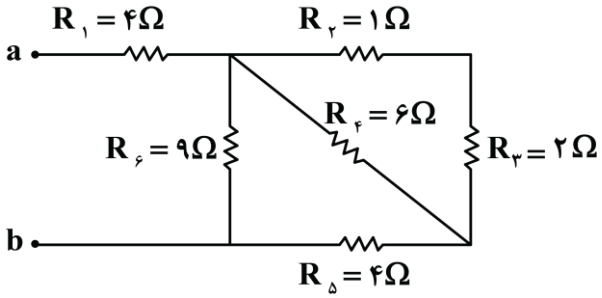
جریان الکتریکی تمایل دارد بیش‌تر از سیم‌هایی عبور کند که مقاومت الکتریکی کم‌تری دارند؛ بنابراین اگر یک سیم بدون مقاومت الکتریکی با یک مقاومت R به‌صورت موازی بسته شود، تمام جریان از سیم بدون مقاومت عبور می‌کند و می‌توان مقاومت R را از مدار حذف کرد.

به این حالت اتصال کوتاه گفته می‌شود. اگر دو نقطه از مدار توسط یک سیم بدون مقاومت الکتریکی به‌هم متصل شوند، آن دو نقطه هم‌پتانسیل می‌شوند و اتصال کوتاه رخ می‌دهد.

تذکر!

در تکنیک نام‌گذاری نقاط (گره‌ها)، هرگاه دو سر یک مقاومت، با یک نام مشخص شوند، آن دو نقطه هم‌پتانسیل می‌شوند و اتصال کوتاه رخ می‌دهد.

۲۲- در مدار شکل زیر، اگر حداکثر ولتاژ قابل‌تحمل هر یک از مقاومت‌ها ۲۰V باشد، حداکثر توانی که مدار می‌تواند مصرف کند بدون این‌که مقاومتی آسیب ببیند، چند وات است؟



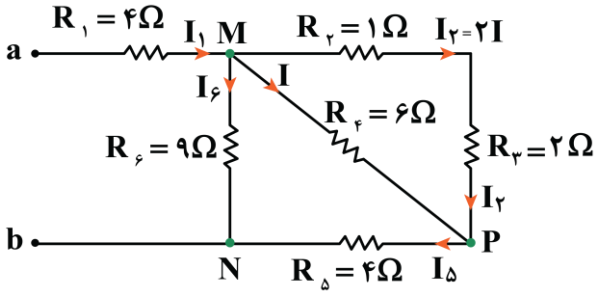
۱) ۱۲۰

۲) ۱۹۰

۳) ۲۳۰

۴) ۲۴۰

پاسخ: گزینهٔ ۲ (سخت ـ محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۵۹ ـ ۱۱۰۲)



مقاومت‌های R_2 و R_3 متوالی بوده و مقاومت معادل آن‌ها $R_{2,3}=3\Omega$ می‌شود. مقاومت $R_{2,3}$ با مقاومت R_4 موازی بوده و مقاومت آن نصف مقاومت R_4 است، درنتیجه جریان عبوری از آن ۲ برابر جریان عبوری از مقاومت R_4 خواهد بود و جریان عبوری از R_4 را I گرفته و حل مسئله را ادامه می‌دهیم.

طبق قاعدهٔ انشعاب در گرهٔ P داریم:

$$I_5 = I + I_2 = I + 2I = 3I$$

از طرفی مقاومت‌های $R_{۲,۳,۴}$ با مقاومت $R_۵$ متوالی بوده و مقاومت معادل آن برابر است با:

$$R_{۲,۳,۴,۵}=\frac{R_{۲,۳}\times R_۴}{R_{۲,۳}+R_۴}+R_۵=\frac{۳\times ۶}{۳+۶}+۴=۶\Omega$$

مقاومت‌های $R_{۲,۳,۴,۵}$ و $R_۶$ موازی بوده و با توجه به تقسیم جریان در مقاومت‌های موازی داریم:

$$\frac{I_۶}{I_۵}=\frac{R_{۲,۳,۴,۵}}{R_۶}\Rightarrow\frac{I_۶}{۳I}=\frac{۶}{۹}\Rightarrow I_۶=۲I$$

طبق قاعدهٔ انشعاب در گرهٔ M داریم:

$$I_۱=۲I+I+۲I=۵I$$

طبق قانون اهم $(V=RI)$ و با توجه به جریان عبوری از هر مقاومت مشاهده می‌شود که حداکثر ولتاژ دو سر مقاومت $R_۱$ افتاده است؛ بنابراین:

$$V_۱=۴\times ۵I=۲۰I\xrightarrow{V_۱=V_{max}=۲۰V}I=۱A$$

برای محاسبهٔ حداکثر توان مصرفی مدار (P_{max}) از رابطهٔ $P=R_{eq}I_t^۲$ استفاده می‌کنیم:

$$R_{MN}=\frac{۶\times ۹}{۶+۹}=۳/۶\Omega\Rightarrow R_{eq}=۴+۳/۶=۷/۶\Omega$$

$$P_{max}=R_{eq}(۵I)^۲=۷/۶\times(۵)^۲=۱۹۰W$$

۲۳- یک بخاری‌برقی ۲۰۰۰W، یک دستگاه پخش صوت ۲۵۰W، یک سشوار ۲۲۰۰W و تعداد n لامپ رشته‌ای ۱۰۰W به پریزهای یک مدار سیم‌کشی خانگی ۲۲۰V وصل شده‌اند. اگر همهٔ این مجموعه به یک فیوز ۳۰A متصل باشند و با روشن کردن یک لامپ دیگر، فیوز بپرد، n کدام است؟

۱) ۲۰ ۲) ۲۱ ۳) ۲۲ ۴) ۳۳

پاسخ: گزینهٔ ۲ (سخت ـ محاسباتی ـ زمان‌بَر ⏱ ـ صفحهٔ ۵۴ ـ ۱۱۰۲)

کام اول

حداکثر توان مصرفی کل وسایل متصل به فیوز را حساب می‌کنیم. با توجه به این‌که ولتاژ ۲۲۰V و حداکثر جریان عبوری از فیوز ۳۰A است، داریم:

$$P_{max}=VI_{max}\Rightarrow P_{max}=۲۲۰\times ۳۰=۶۶۰۰W$$

کام آخر

می‌دانیم توان مصرفی کل برابر است با مجموع توان مصرفی تک‌تک مصرف‌کننده‌ها؛ بنابراین برای این‌که با روشن کردن یک لامپ دیگر، فیوز بپرد، داریم:

$$P_{\text{بخاری برقی}}+P_{\text{پخش صوت}}+P_{\text{سشوار}}+n(P_{\text{لامپ}})\le P_{max}<P_{\text{بخاری برقی}}+P_{\text{پخش صوت}}+P_{\text{سشوار}}+(n+۱)(P_{\text{لامپ}})$$

$$\Rightarrow ۲۰۰۰+۲۵۰+۲۲۰۰+۱۰۰n\le ۶۶۰۰<۲۰۰۰+۲۵۰+۲۲۰۰+۱۰۰(n+۱)$$

$$\Rightarrow ۴۴۵۰+۱۰۰n\le ۶۶۰۰<۴۴۵۰+۱۰۰n+۱۰۰$$

$$\Rightarrow ۱۰۰n<۲۱۵۰<۱۰۰n+۱۰۰\Rightarrow n\le ۲۱/۵<n+۱$$

$$\xrightarrow{n\in\mathbb{Z}}n=۲۱$$

نکته

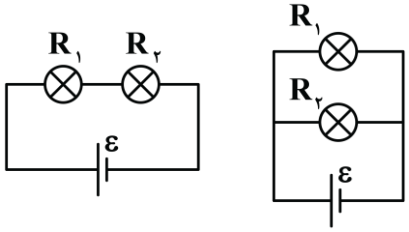
توان مصرفی در مقاومت معادل چند مقاومت موازی، مجموع توان مصرفی تک‌تک مقاومت‌ها است.

$$P_{eq} = P_1 + P_2 + \cdots + P_n$$

تذکر!

در سیم‌کشی منازل، همهٔ مصرف‌کننده‌ها به‌صورت موازی به یکدیگر متصل می‌شوند.

۲۴- مطابق شکل زیر، دو لامپ با مقاومت‌های الکتریکی R_1 و R_2 را یک‌بار به‌طور متوالی و بار دیگر به‌طور موازی به یک باتری آرمانی متصل می‌کنیم. اگر توان مصرفی مقاومت R_1 در حالت موازی، ۹ برابر توان مصرفی مقاومت R_1 در حالت متوالی باشد، توان مصرفی مقاومت R_2 در حالت موازی چند برابر توان مصرفی آن در حالت متوالی است؟



۱) ۳

۲) ۹

۳) $\frac{۳}{۲}$

۴) $\frac{۹}{۴}$

پاسخ: گزینهٔ ۴ (متوسط ـ محاسباتی ـ استاندارد ـ صفحهٔ ۵۸ ـ ۱۱۰۲)

گام اول

ابتدا توان مصرفی هریک از مقاومت‌ها را در دو حالت به‌دست می‌آوریم:

حالت متوالی: $I_1 = I_2 = I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2} \Rightarrow \begin{cases} P_1 = R_1 I_1^2 = \frac{R_1 \varepsilon^2}{(R_1 + R_2)^2} \\ P_2 = R_2 I_2^2 = \frac{R_2 \varepsilon^2}{(R_1 + R_2)^2} \end{cases}$

حالت موازی: $V_1 = V_2 = V = \varepsilon - Ir \xrightarrow{r=0} V_1 = V_2 = \varepsilon \Rightarrow \begin{cases} P_1 = \frac{V_1^2}{R_1} = \frac{\varepsilon^2}{R_1} \\ P_2 = \frac{V_2^2}{R_2} = \frac{\varepsilon^2}{R_2} \end{cases}$

گام دوم

توان مصرفی مقاومت R_1 در حالت موازی، ۹ برابر توان مصرفی آن در حالت متوالی است؛ بنابراین:

$$\frac{\cancel{\varepsilon^2}}{R_1} = ۹ \times \frac{R_1 \cancel{\varepsilon^2}}{(R_1 + R_2)^2} \Rightarrow ۹R_1^2 = (R_1 + R_2)^2 \Rightarrow ۳R_1 = R_1 + R_2 \Rightarrow R_2 = ۲R_1$$

نسبت خواسته‌شدهٔ سؤال را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{P_{۲\text{موازی}}}{P_{۲\text{متوالی}}}=\frac{\frac{\varcenter{\varepsilon^۲}}{R_۲}}{\frac{R_۲\varcenter{\varepsilon^۲}}{(R_۱+R_۲)^۲}}=\frac{(R_۱+R_۲)^۲}{R_۲^۲}=\frac{(R_۱+۲R_۱)^۲}{(۲R_۱)^۲}=\frac{۹}{۴}$$

جرقهٔ ذهنی

۱- اگر n مقاومت مشابه R به‌صورت متوالی بسته و در دو سر مجموعه اختلاف پتانسیل الکتریکی V اعمال کنیم، در این صورت داریم:

$$\text{توان مصرفی هر مقاومت}=P=\frac{V^۲}{n^۲R}$$

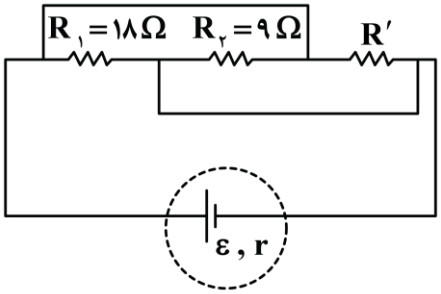
$$\text{توان مصرفی کل مجموعه}=P_{\text{کل}}=\frac{V^۲}{nR}$$

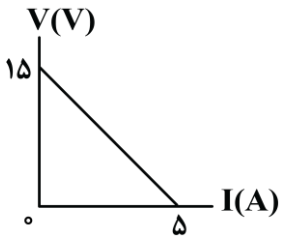
۲- اگر n مقاومت مشابه را به‌صورت موازی بسته و دو سر مجموعه را به اختلاف پتانسیل الکتریکی V متصل کنیم، در این صورت داریم:

$$\text{توان مصرفی هر مقاومت}=P=\frac{V^۲}{R}$$

$$\text{توان مصرفی کل مجموعه}=P_{\text{کل}}=\frac{nV^۲}{R}$$

۲۵- نمودار تغییرات ولتاژ دو سر باتری مدار شکل زیر برحسب جریان عبوری از آن به شکل زیر است. به‌ازای کدام مقدار R' برحسب اهم، مجموع توان‌های مصرفی مقاومت‌های $R_۱$، $R_۲$ و R' بیشینه می‌شود؟

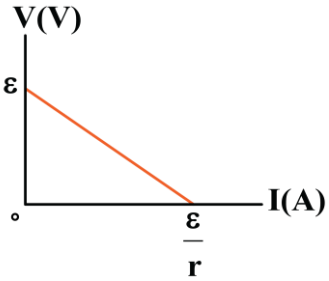




۱) ۳
۲) ۶
۳) ۱۲
۴) ۲۴

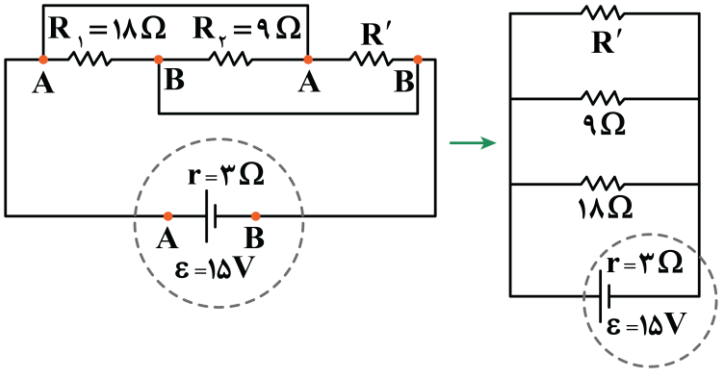
پاسخ: گزینهٔ ۲ (متوسط ـ محاسباتی ـ زمان‌بَر ـ صفحهٔ ۵۹ ـ ۱۱۰۲)

رابطهٔ اختلاف پتانسیل دو سر باتری به‌صورت $V=\varepsilon-rI$ است. درنتیجه نمودار $V-I$ برای یک باتری به‌صورت مقابل می‌باشد. درنتیجه با توجه به مقادیر داده‌شده، خواهیم داشت:



$$\varepsilon=۱۵V \qquad \frac{\varepsilon}{r}=۵\Rightarrow r=۳\Omega$$

اگر پتانسیل دو سر باتری را A و B نام‌گذاری کنیم، مشخص می‌شود که سه مقاومت با یکدیگر موازی هستند.



به‌جای مقاومت‌های ۹ اهمی و ۱۸ اهمی، می‌توانیم یک مقاومت معادل $\frac{۹\times ۱۸}{۹+۱۸}=۶\Omega$ قرار دهیم، پس برای این‌که مجموع توان مصرفی مقاومت‌ها (توان خروجی از باتری)، بیشینه شود، داریم:

$$R_{eq}=r\Rightarrow\frac{۶R'}{۶+R'}=۳\Rightarrow R'=۶\Omega$$

نکته

به‌ازای $R_{eq}=r$ توان خروجی باتری (مجموع توان مصرفی مقاومت‌ها)، بیشینه می‌شود.