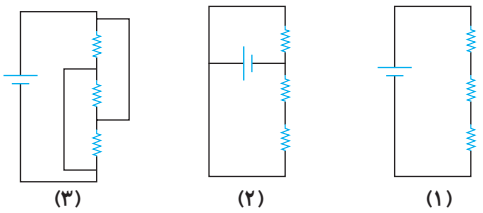
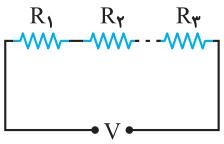
ترکیب مقاومت‌ها

صفحه‌های ۷۰ تا ۷۸ کتاب درسی

به هم بستن متوالی مقاومت‌ها: منظور از به‌هم بستن متوالی مقاومت‌ها، این است که مقاومت‌ها یکی پس از دیگری بسته شوند، به‌طوری که هیچ انشعاب جریان داری بین آن‌ها وجود نداشته باشد. دقت داشته باشید که واژهٔ متوالی ربط چندانی به چگونگی رسم مقاومت‌ها ندارد. مثلاً در سه مدار روبه‌رو، از نظر رسم شکل به ظاهر هر سه مقاومت متوالی‌اند، امّا طبق تعریف فوق، فقط مقاومت‌های مدار (۱) متوالی می‌باشند و مقاومت‌های مدارهای (۲) و (۳) به‌دلیل وجود انشعاب جریان‌دار بین مقاومت‌ها، متوالی نیستند.


(۱) (۲) (۳)

- با توجه به این‌که جریان عبوری از همهٔ مقاومت‌های متوالی یکسان بوده و ولتاژ کل اعمال شده به دو سر مجموعهٔ آن‌ها برابر با جمع ولتاژ دو سر هر یک از آن‌هاست، داریم:



$$V = V_۱ + V_۲ + \cdots + V_n \xrightarrow{\text{قانون اهم}} R_{eq} I = R_۱ I_۱ + R_۲ I_۲ + \cdots + R_n I_n$$

$$\xrightarrow[\text{حذف I ها از طرفین رابطه}]{I_۱ = I_۲ = \cdots = I_n = I} R_{eq} = R_۱ + R_۲ + \cdots + R_n$$

براساس این رابطه، می‌توان دریافت که وقتی مقاومت‌ها به‌طور متوالی بسته می‌شوند، مقاومت معادل آن‌ها بزرگ‌تر از مقاومت هر یک از آن‌هاست.

- در مقاومت‌های متوالی از برابری جریان در مقاومت‌ها می‌توان نتیجه گرفت که ولتاژ کل (ولتاژ دو سر مجموعه) به نسبت مقاومت‌ها بین آن‌ها تقسیم می‌شود.

مثال: تعدادی لامپ ۶۰ اهمی ۱۸ ولتی را به‌صورت متوالی به‌هم بسته و دو سر آن‌ها را به ولتاژ ۹۰ V وصل کرده‌ایم. حداقل تعداد لامپ‌ها و توان مصرفی مجموعه را در این حالت، حساب کنید.

حل: اگر حداقل تعداد لامپ‌ها را n در نظر بگیریم، با توجه به این‌که ولتاژ دو سر مجموعه $(V_t = ۹۰\ V)$ برابر با جمع ولتاژ دو سر هر یک از لامپ‌ها $(V = ۱۸\ V)$ است، داریم:

$$V_t = \overbrace{V + \cdots + V}^{n} \Rightarrow V_t = nV \Rightarrow ۹۰ = n \times ۱۸ \Rightarrow n = \frac{۹۰}{۱۸} = ۵$$

برای به‌دست آوردن توان مصرفی مجموعه، ابتدا باید R_{eq} را به‌دست آوریم:

$$R_{eq} = \overbrace{R + \cdots + R}^{n} \Rightarrow R_{eq} = nR \Rightarrow R_{eq} = ۵ \times ۶۰ = ۳۰۰\ \Omega$$

$$P_t = \frac{V_t^۲}{R_{eq}} \Rightarrow P_t = \frac{۹۰^۲}{۳۰۰} = ۲۷\ W$$

- هنگام بررسی کیفی نحوهٔ تغییرات جریان و ولتاژ در مقاومت‌های متوالی، به نکات زیر توجه کنید:

۱. اگر به تعدادی مقاومت متوالی، یک مقاومت اضافه کنیم، مقاومت معادل مدار افزایش می‌یابد و برعکس.

۲. اگر اندازهٔ یکی از مقاومت‌های متوالی افزایش یابد، مقاومت معادل مدار افزایش می‌یابد و برعکس.

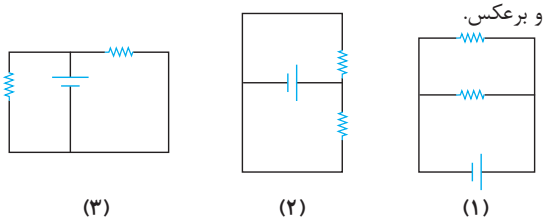
۳. طبق رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$، با افزایش مقاومت معادل مدار، I کاهش می‌یابد و برعکس.

۴. طبق رابطهٔ $V = \varepsilon - rI$، با افزایش I، ولتاژ دو سر باتری محرکه (مولد) کاهش می‌یابد و برعکس.

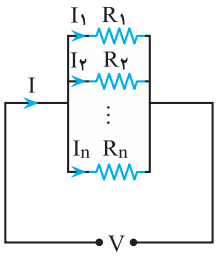
۵. طبق رابطهٔ $V = \varepsilon + rI$، با افزایش I، ولتاژ دو سر باتری مصرف‌کننده افزایش می‌یابد و برعکس.

به هم بستن موازی مقاومت‌ها: مقاومت‌هایی را موازی می‌گوییم که دو سر هر یک از آن‌ها، به وسیلهٔ سیم‌های رابط به دو سر سایر مقامت‌ها متصل شده باشند. در این حالت اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها یکسان است.

- توجه داشته باشید که واژهٔ موازی ارتباط چندانی به چگونگی رسم مقاومت‌ها ندارد. هر سه مدار روبه‌رو، از دو مقاومت موازی تشکیل شده‌اند.


(۱) (۲) (۳)

- می‌دانیم که ولتاژ دو سر مقاومت‌های موازی با هم برابر هستند.



از سوی دیگر، با توجه به قاعدهٔ انشعاب، داریم:

$$I = I_۱ + I_۲ + \cdots + I_n \xrightarrow{I = \frac{V}{R}} \frac{V}{R_{eq}} = \frac{V_۱}{R_۱} + \frac{V_۲}{R_۲} + \cdots + \frac{V_n}{R_n}$$

$$\xrightarrow{V_۱ = V_۲ = \cdots = V_n = V} \frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \cdots + \frac{۱}{R_n}$$

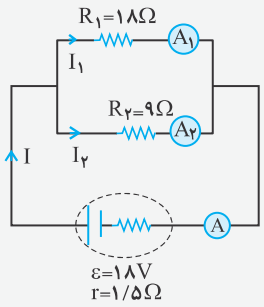
براساس این رابطه، می‌توان دریافت که وقتی مقاومت‌ها به‌صورت موازی بسته می‌شوند، مقاومت معادل آن‌ها کوچک‌تر از مقاومت هر یک از آن‌هاست. بدیهی است برای n مقاومت موازی و مشابه R، مقاومت معادل برابر $R_{eq}=\frac{R}{n}$ و برای دو مقاومت موازی R_1 و R_2 مقاومت معادل برابر $R_{eq}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$ است.

در مقاومت‌های موازی از برابری اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌ها می‌توان نتیجه گرفت که جریان کل (جریان شاخهٔ اصلی مدار) به نسبت عکس مقاومت‌ها بین آن‌ها تقسیم می‌شود.

مثال: در مدار شکل مقابل:

الف) آمپرسنج‌های A_1، A_2 و A چه اعدادی را برحسب آمپر نشان می‌دهند؟ (هر سه آمپرسنج ایده‌آل هستند.)

ب) توان مصرفی مقاومت‌های خارجی چند وات است؟



حل:

الف) ابتدا مقاومت معادل و سپس جریان در شاخهٔ اصلی (عدد آمپرسنج A) را به‌دست می‌آوریم:

$$R_{eq}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{18\times9}{18+9}=6\,\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{18}{6+1/5}=\frac{18}{7/5}=2/4\,A$$

اکنون با توجه به برابر بودن ولتاژ دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 داریم:

$$V_1=V_2\Rightarrow R_1I_1=R_2I_2\Rightarrow 18\times I_1=9\times I_2\Rightarrow I_2=2I_1 \quad (1)$$

$$I=I_1+I_2\xrightarrow{I_2=2I_1}2/4=I_1+2I_1\Rightarrow I_1=\frac{2/4}{3}=0/8\,A$$

$$I_2=2I_1=2\times0/8=1/6\,A$$

ب) با استفاده از R_{eq} محاسبه شده در قسمت «الف» و به کمک رابطهٔ توان مصرفی، داریم:

$$P_t=R_{eq}I^2\Rightarrow P_t=6\times(2/4)^2=34/56\,W$$

- هنگام بررسی کیفی نحوهٔ تغییرات جریان و ولتاژ در مقاومت‌های موازی، به نکات زیر توجه کنید:

۱. اگر به تعدادی مقاومت موازی، یک مقاومت اضافه کنیم، مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد و برعکس.

۲. اگر اندازهٔ یکی از مقاومت‌های موازی افزایش یابد، مقاومت معادل مدار افزایش می‌یابد و برعکس.

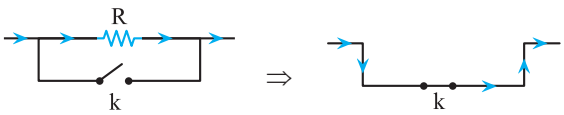
۳. طبق رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}$، با افزایش مقاومت معادل مدار، I کاهش می‌یابد و برعکس.

۴. طبق رابطهٔ $V=\varepsilon-rI$، با افزایش I، ولتاژ دو سر باتری محرکه (مولد) کاهش می‌یابد و برعکس.

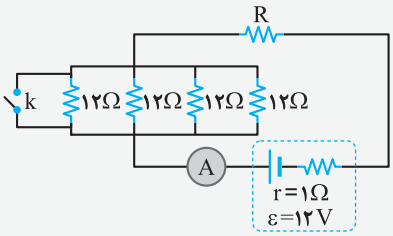
۵. طبق رابطهٔ $V=\varepsilon+rI$، با افزایش I، ولتاژ دو سر باتری مصرف‌کننده افزایش می‌یابد و برعکس.

- در سیم‌کشی منازل و خودروها، وسایل برقی به‌صورت موازی به مدار متصل می‌گردند.

اتصال کوتاه: هرگاه دو سر یک مقاومت، به وسیلهٔ یک سیم رابط (که مقاومت آن ناچیز است) به هم متصل شوند تمام جریان از درون آن سیم گذشته و از مقاومت هیچ جریانی نمی‌گذرد. در این حالت اصطلاحاً می‌گوییم که آن مقاومت اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌گردد. به عبارت دیگر، به‌جای آن مقاومت، یک قطعه سیم رابط قرار می‌گیرد.



مثال: در مدار شکل مقابل، زمانی که کلید بسته است، آمپرسنج آرمانی عدد $4A$ را نشان می‌دهد. اگر کلید باز شود، عددی که آمپرسنج آرمانی نشان می‌دهد، چند آمپر می‌شود؟



حل: وقتی کلید بسته است، هر چهار مقاومت 12Ω اتصال کوتاه شده از مدار حذف می‌شوند.

پس می‌توان نوشت:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_e+r}\xrightarrow{\varepsilon=12V,r=1\Omega}4=\frac{12}{R+1}$$

$$\Rightarrow 4R+4=12\Rightarrow 4R=8\Rightarrow R=2\Omega$$

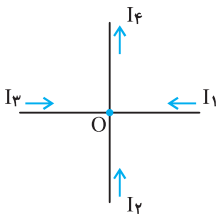
اگر کلید باز شود، مقاومت معادل مدار برابر خواهد بود با:

$$\xrightarrow{\text{اضافه شدن ۴ مقاومت موازی ۱۲ اهمی}}R'_e=\frac{12}{4}+2\Rightarrow R'_e=5\Omega$$

پس عددی که آمپرسنج ایده‌آل نشان می‌دهد برابر خواهد بود با:

$$I'=\frac{\varepsilon}{R'_e+r}\Rightarrow I'=\frac{12}{5+1}=2A$$

قاعدهٔ انشعاب



● **تعریف نقطهٔ انشعاب (گره):** نقطه‌ای است که در آن سه یا چند سیم به یکدیگر متصل شده‌اند.

● **تعریف شاخه:** هر اتصالی بین دو نقطهٔ انشعاب (گره) در مدار شاخه نامیده می‌شود. یک شاخه می‌تواند شامل هر تعدادی از اجزای مختلف مدار (مقاومت، باتری، کلید و ...) و سیم‌های بین آن‌ها باشد.

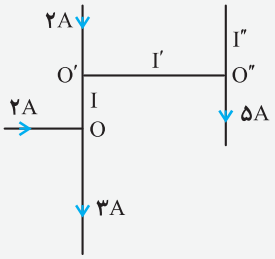
براساس تعاریف بالا، قاعدهٔ انشعاب که قاعده‌ای برای جریان‌های مدار است، به‌صورت زیر بیان می‌گردد:

«مجموع جریان‌هایی که به هر انشعاب وارد می‌شود برابر با مجموع جریان‌هایی است که از آن نقطهٔ انشعاب خارج می‌شود.»

مثلاً در گره O داریم: $I_1 + I_2 + I_3 = I_4 \Rightarrow$ مجموع جریان‌های خروجی = مجموع جریان‌های ورودی

● قاعدهٔ انشعاب مبتنی بر پایستگی بار الکتریکی است، یعنی هیچ باری نمی‌تواند در یک نقطهٔ انشعاب جمع گردد. به عبارت دیگر، مجموع بار وارد شده به هر نقطهٔ انشعاب در واحد زمان باید برابر با مجموع بار خارج شده از آن نقطه در واحد زمان باشد.

◗ **مثال:** در مدار روبه‌رو، بزرگی و جهت جریان I'' را به‌دست آورید.



◗ **حل:**

در گره O: $۲ + I = ۳ \Rightarrow I = ۱A$ (به سمت پایین)

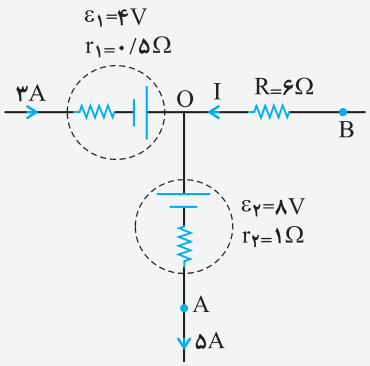
در گره O': $۲ = ۱ + I' \Rightarrow I' = ۱A$ (به سمت راست)

در گره O'': $۱ + I'' = ۵ \Rightarrow I'' = ۴A$ (به سمت پایین)

گاهی اوقات بخشی از یک مدار الکتریکی که در آن سه شاخه در یک نقطهٔ انشعاب به‌هم متصل شده‌اند، داده می‌شود، به‌طوری که جریان فقط در ۲ شاخه معلوم است. خواستهٔ مسئله نیز توان مصرفی، انرژی مصرفی یا اختلاف پتانسیل بین دو نقطه است.

در این مسائل، در گام نخست باید از قاعدهٔ انشعاب استفاده کنیم و جریان مجهول را محاسبه نماییم. سپس توان یا انرژی مصرفی را محاسبه نموده یا به کمک قاعدهٔ حلقه اختلاف پتانسیل بین دو نقطه را حساب می‌کنیم.

◗ **مثال:** در شکل مقابل که بخشی از یک مدار الکتریکی است، انرژی مصرفی در مقاومت R در مدت زمان یک دقیقه و $V_B - V_A$ را به‌دست آورید.



◗ **حل:** ابتدا با استفاده از قاعدهٔ انشعاب، در گره O داریم:

$$۳ + I = ۵ \Rightarrow I = ۲A$$

در مورد انرژی مصرفی در مقاومت R، به کمک I محاسبه شده در بالا داریم:

$$U = RI^۲t = ۶ \times ۲^۲ \times ۶۰ = ۱۴۴۰\ J$$

در نهایت با حرکت از نقطهٔ B به سمت نقطهٔ A می‌توان نوشت:

$$V_B - ۶ \times ۲ - ۸ - ۱ \times ۵ = V_A \Rightarrow V_B - V_A = ۱۲ + ۸ + ۵ \Rightarrow V_B - V_A = ۲۵\ V$$

ترکیب مقاومت‌ها | ۳۵ سؤال | ۷ پیمانه

تعیین مقاومت معادل

صفحه‌های ۷۰ تا ۷۸ کتاب درسی

مرجع

صفحه‌های ۷۰ تا ۷۳، مرتبط با متن درس
الف) تبریز- ثقة الاسلام- ۱۴۰۲
ب) کرمان- فرزانگان- ۱۴۰۲
پ) ساری- ۱۵ خرداد- ۱۴۰۲
ت) بیرجند- فرزانگان- ۱۴۰۲
ث) ارومیه- شاهد- ۱۴۰۲
ج) تهران- شهید رجایی- ۱۴۰۲
چ) تهران- دانشمند- ۱۴۰۱
ح) همدان- فجر شاهد- ۱۴۰۲
(میانگین ۳ بار تکرار)

۱۹۶. **جاهای خالی را در عبارت‌های زیر با پاسخ مناسب کامل کنید و یا از داخل پرانتز پاسخ درست را انتخاب کنید.**

الف) اگر تعداد مقاومت‌های موازی زیادتر شوند، مقاومت کل مدار ..... می‌یابد.

ب) در سیم‌کشی منازل همهٔ مصرف‌کننده‌ها به‌صورت ..... به هم متصل می‌شوند.

پ) در بین چند مقاومت موازی، هر مقاومتی که بزرگ‌تر باشد، توان مصرفی آن (کمتر- بیشتر) است.

ت) چراغ‌های جلو و عقب خودروها به‌صورت (موازی- متوالی) به هم بسته می‌شوند.

ث) در اتصال موازی مقاومت‌ها، مقدار مقاومت معادل از مقدار هر یک از مقاومت‌ها (بزرگ‌تر- کوچک‌تر) است.

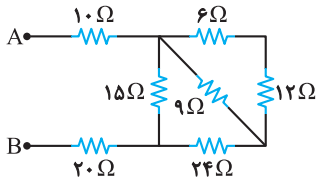
ج) لامپ‌های یک تابلوی تبلیغاتی به‌صورت موازی بسته شده‌اند. اگر یکی از این لامپ‌ها بسوزد، بقیهٔ لامپ‌ها خاموش (می‌شوند- نمی‌شوند).

چ) در بین چند مقاومت که به‌صورت‌های متوالی و موازی به یکدیگر بسته شده‌اند، اگر یک مقاومت را افزایش دهیم، مقاومت معادل آن‌ها ..... می‌یابد.

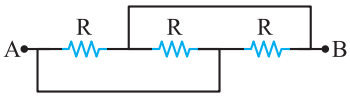
ح) در به هم بستن متوالی مقاومت‌ها، (اختلاف پتانسیل- جریان الکتریکی) همه مقاومت‌ها یکسان است.

مرجع

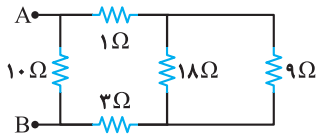
۱۹۷. در هر یک از شکل‌های زیر، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B را حساب کنید:



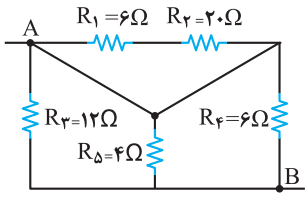
(الف)



(ب)



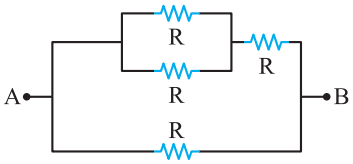
(پ)



(ت)

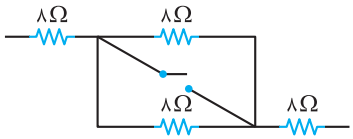
صفحهٔ ۸۱، مکمل تمرین ۲۶
الف) تهران- ادب- ۱۴۰۲
ب) اصفهان- خرد- ۱۴۰۲
پ) یزد- ملک ثابت- ۱۴۰۲
ت) یزد- ملک ثابت- ۱۴۰۲
(۱۰ بار تکرار)

۱۹۸. در شکل مقابل، اگر مقاومت الکتریکی بین دو نقطهٔ A و B برابر ۳Ω باشد، R چند اهم است؟



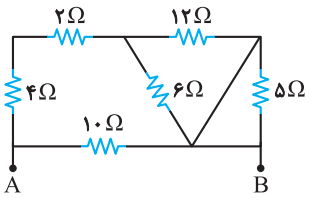
صفحهٔ ۸۱، مرتبط با تمرین ۲۶
زاهدان- امام صادق (ع)- ۱۴۰۱
(۴ بار تکرار)

۱۹۹. در مدار شکل زیر وقتی کلید بسته شود، مقاومت مدار چند اهم تغییر می‌کند؟



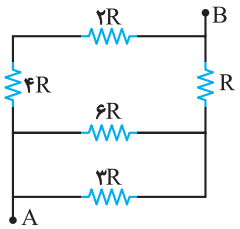
صفحهٔ ۸۱، مرتبط با تمرین ۲۶
رشت- اندیشه‌های شریف- ۱۴۰۰
(۳ بار تکرار)

۲۰۰. در شکل مقابل مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B را حساب کنید.



صفحهٔ ۸۱، مرتبط با تمرین ۲۶
تهران- ندای کوثر- ۱۴۰۲
(۳ بار تکرار)

۲۰۱. در مدار مقابل، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B چقدر است؟



صفحهٔ ۸۱، مرتبط با تمرین ۲۶
اراک- فرزانگان قلم‌چی- ۱۴۰۲
(۴ بار تکرار)

۲۰۲. دو مقاومت R_1 و R_2 را چنان تعیین کنید که وقتی به‌صورت متوالی بسته می‌شوند، مقاومت معادل آن‌ها ۲۴Ω و وقتی به‌صورت موازی بسته می‌شوند، مقاومت معادل آن‌ها ۵Ω / ۴ شود.

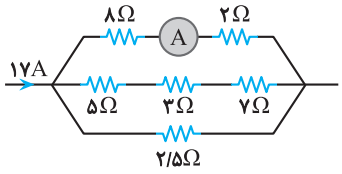
صفحهٔ ۸۱، مرتبط با تمرین ۲۶
تهران- رشد- ۱۴۰۲
(۳ بار تکرار)

۲۰۳. دو لامپ مشابه را یک بار به‌صورت متوالی بسته و به اختلاف پتانسیل V وصل می‌کنیم؛ بار دیگر به‌صورت موازی به هم می‌بندیم و دوباره به همان اختلاف پتانسیل وصل می‌کنیم. نسبت جریان عبوری از هر مقاومت در حالت متوالی به حالت موازی را به‌دست آورید.

صفحهٔ ۸۱، مرتبط با تمرین ۲۵
قم- فرزانگان- ۱۴۰۲
(۸ بار تکرار)

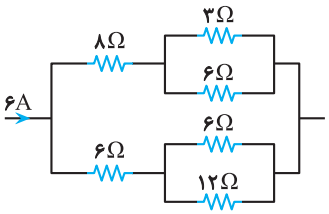
مرجع

۲۰۴. قسمتی از یک مدار به‌صورت زیر است. آمپرسنج آرمانی چه عددی را نشان می‌دهد؟



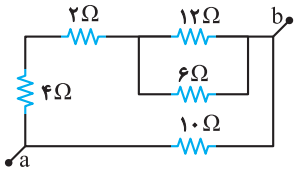
صفحهٔ ۸۱، مرتبط با تمرین ۲۶
یزد- ملک ثابت- ۱۴۰۲
(۲ بار تکرار)

۲۰۵. در مدار شکل زیر، جریان هر مقاومت چند آمپر می‌شود؟



صفحهٔ ۸۱، مرتبط با تمرین ۲۶
قم- فرزانگان ۲- ۱۴۰۲
(۱ بار تکرار)

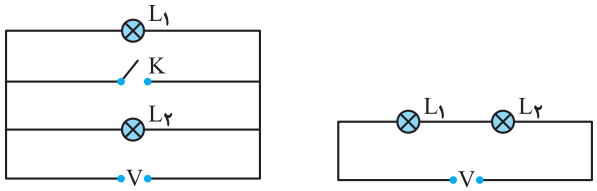
۲۰۶. در شکل مقابل، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت 2Ω، برابر $30V$ می‌باشد. اختلاف پتانسیل کل مدار (V_{ab}) و جریان مقاومت 10Ω را بیابید.



صفحهٔ ۸۱، مرتبط با تمرین ۲۶
شهر بابک- علامه حلی- ۱۴۰۲
(۴ بار تکرار)

۲۰۷. در مدارهای شکل‌های زیر، لامپ‌ها یکسان و اختلاف پتانسیل منبع‌ها مساوی هستند.

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



ب) اگر یکی از لامپ‌ها بسوزد در کدام مدار لامپ دیگر خاموش می‌شود؟

پ) اگر کلید K را ببندیم، چرا لامپ‌ها خاموش می‌شوند؟

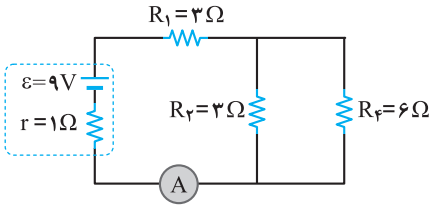
صفحهٔ ۸۱، مرتبط با تمرین ۲۴ و ۲۵
تهران- مکتب الاحرار- ۱۴۰۲
(۸ بار تکرار)

۲۰۸. در مدار شکل روبه‌رو محاسبه کنید:

الف) مقاومت معادل

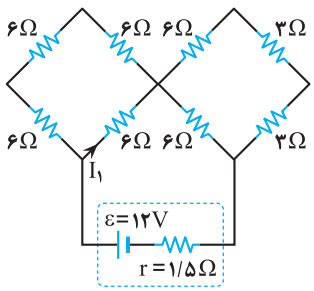
ب) جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد.

پ) جریان گذرنده از مقاومت‌های R_2 و R_3



صفحهٔ ۸۲، مرتبط با تمرین ۳۰
تهران- دانشمند- ۱۴۰۲
(۵ بار تکرار)

۲۰۹. در مدار شکل روبه‌رو، جریان I_1 چند آمپر است؟

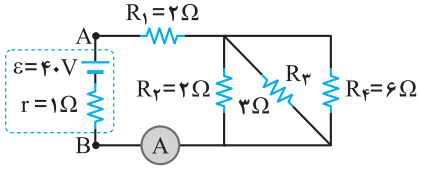


صفحهٔ ۸۲، مرتبط با تمرین ۳۱
اراک- علامه حلی- ۱۴۰۲
(۳ بار تکرار)

۲۱۰. در مدار مقابل:

الف) مقاومت معادل را بیابید.

ب) جریان عبوری از مقاومت R_3 را به‌دست آورید.

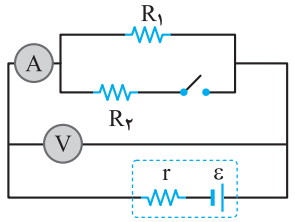


صفحهٔ ۸۲، مرتبط با تمرین ۳۱
تهران- فاطمه الزهرا- ۱۴۰۲
(۷ بار تکرار)

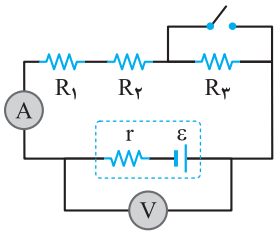
محاسبه و بررسی تغییرات جریان و ولتاژ با وجود کلید

۲۱۱. در هر یک از مدارهای زیر با ذکر دلیل توضیح دهید که با بستن کلید، اعداد آمپرسنج و ولت‌سنج چه تغییری می‌کند؟

الف)



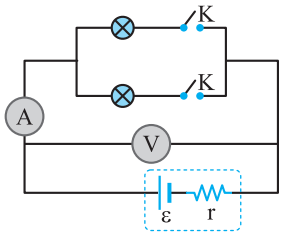
ب)



مرجع

صفحهٔ ۸۲، مرتبط با تمرین ۳۲
الف) کرمانشاه- شهید بهشتی- ۱۴۰۲
ب) تبریز- ثقة الاسلام- ۱۴۰۲
(۹ بار تکرار)

۲۱۲. در شکل مقابل، دو لامپ مشابه، به‌طور موازی به هم متصل شده‌اند. با بستن کلیدها یکی پس از دیگری عددهایی که آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند چه تغییری می‌کند؟ (با ذکر دلیل)



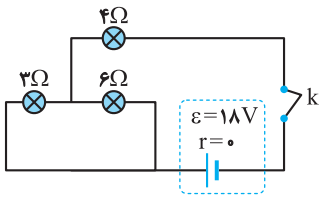
صفحهٔ ۸۱، مشابه تمرین ۲۴
تهران- سرای دانش واحد رسالت- ۱۴۰۰
(۸ بار تکرار)

۲۱۳. در مدار شکل روبه‌رو:

الف) مقاومت معادل مدار را محاسبه کنید.

ب) جریانی را که از لامپ ۶ اهمی می‌گذرد، محاسبه کنید.

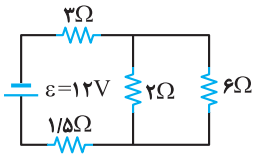
پ) اختلاف پتانسیل دو سر لامپ ۳ اهمی را به‌دست آورید.



صفحهٔ ۸۲، مشابه تمرین ۳۰
مریوان- فرزانگان- ۱۴۰۱
(۲ بار تکرار)

بررسی توان مصرفی مقاومت‌ها در مدارهای ترکیبی

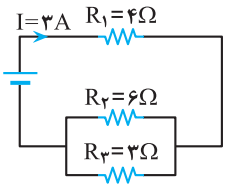
۲۱۴. در مدار شکل زیر، توان مصرفی در مقاومت ۳ اهمی چند برابر توان مصرفی در مقاومت ۶ اهمی است؟



مرجع

صفحهٔ ۷۶، مرتبط با مثال ۲-۱۵
بیرجند- فرزانگان- ۱۴۰۲
(۱۱ بار تکرار)

۲۱۵. در مدار شکل مقابل، توان مصرفی هر یک از مقاومت‌ها را به‌دست آورید.



صفحهٔ ۷۶، مرتبط با مثال ۲-۱۵
تهران- حسابی- ۱۴۰۲
(۶ بار تکرار)

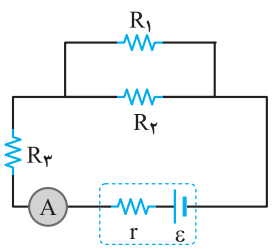
۲۱۶. در مدار شکل زیر، اگر آمپرسنج ۳A را نشان دهد:

$(R_1 = 3\Omega\ ,\ r = 1\Omega\ ,\ R_2 = 6\Omega\ ,\ \varepsilon = 21V)$

الف) مقدار R_3 چند اهم است؟

ب) توان مصرفی R_1 چند وات است؟

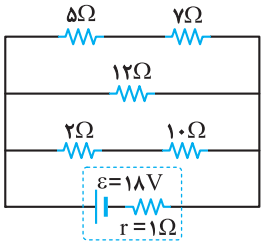
پ) توان تلف شده در باتری چند وات است؟



صفحهٔ ۷۶، مرتبط با مثال ۲-۱۵
ساری- ۱۵ خرداد- ۱۴۰۲
(۴ بار تکرار)

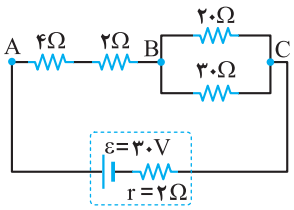
مرجع

۲۱۷. در مدار شکل مقابل، توان مصرفی در مقاومت‌های ۵ اُهمی و ۱۰ اُهمی را حساب کنید.



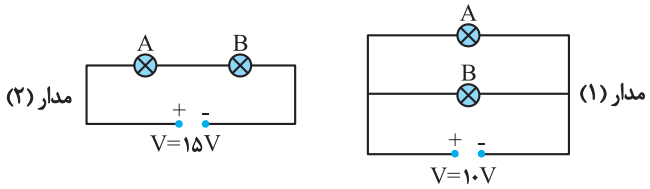
صفحهٔ ۷۶، مکمل مثال ۲-۱۵
زنجان- فرزانگان- ۱۴۰۲
(۲ بار تکرار)

۲۱۸. در شکل مقابل، توان مصرفی در قسمت‌های AB و BC از مدار را به‌دست آورید.



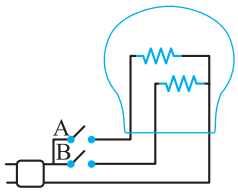
صفحهٔ ۷۶، مکمل مثال ۲-۱۵
کرج- فرزانگان- ۱۴۰۱
(۶ بار تکرار)

۲۱۹. دو لامپ A و B به‌ترتیب با مشخصات اسمی A(۱۰V,۱۰W) و B(۲۰V,۲۰W) در دو مدار مطابق شکل‌های زیر قرار دارند، توان مصرفی لامپ B در مدار (۲) چند وات با توان مصرفی لامپ B در مدار (۱) اختلاف دارد؟ (همهٔ لامپ‌ها در مدارها روشن می‌باشند.)



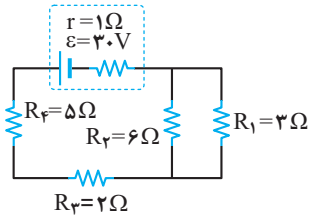
صفحهٔ ۷۶، مکمل مثال ۲-۱۵
تهران- روشنگران- ۱۴۰۲
(۴ بار تکرار)

۲۲۰. یک لامپ سه راههٔ ۲۰۰V که دو رشته فیلامان دارد، مطابق شکل برای کار در سه توان مختلف ساخته شده است. کمترین و بیشترین توان مصرفی لامپ به ترتیب ۴۰۰W و ۲۰۰۰W است. مقاومت هر یک از رشته‌ها را محاسبه کنید.



صفحهٔ ۷۶، مرتبط با مثال ۲-۱۵
تهران- پردیس- ۱۴۰۲
(۸ بار تکرار)

۲۲۱. در شکل مقابل:



الف) جریان عبوری از باتری را حساب کنید.

ب) اختلاف پتانسیل دو سر باتری چقدر می‌شود؟

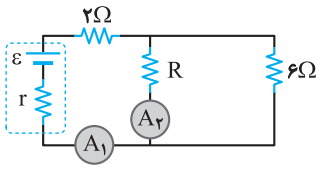
پ) انرژی الکتریکی مصرفی در مقاومت R_1 در مدت ۲ دقیقه را به‌دست آورید.

ت) توان تولید باتری را حساب کنید.

صفحهٔ ۸۲، مکمل تمرین ۲۷
بابل- فرزانگان- ۱۴۰۲
(۲ بار تکرار)

مرجع

۲۲۲. در مدار شکل مقابل آمپرسنج‌ها A_1 و A_2 به‌ترتیب اعداد $3A$ و $1A$ را نشان می‌دهند.



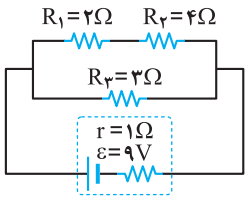
صفحهٔ ۸۲، مکمل تمرین ۲۷
کرمانشاه- شهید بهشتی- ۱۴۰۲
(۲ بار تکرار)

الف) مقاومت R چند اهم است؟

ب) انرژی مصرف شده در مقاومت 2Ω در مدت یک دقیقه چند ژول است؟

پ) توان خروجی باتری چند وات است؟

۲۲۳. در مدار شکل مقابل:



صفحهٔ ۸۲، مکمل تمرین ۲۷
تبریز- سمیه- ۱۴۰۲
(۶ بار تکرار)

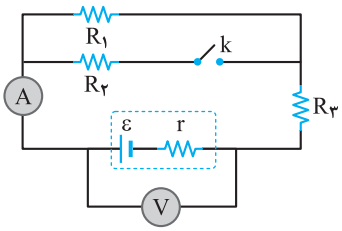
الف) مقاومت معادل مدار چند اهم است؟

ب) جریان الکتریکی عبوری از باتری چند آمپر است؟

پ) توان خروجی باتری چقدر است؟

ت) انرژی الکتریکی مصرف شده در مقاومت معادل مدار در مدت $20s$ چند ژول است؟

۲۲۴. در مدار شکل روبه‌رو، با ذکر دلیل شرح دهید که اگر کلید k را ببندیم:



صفحهٔ ۸۲، مکمل تمرین ۳۲
مشهد- فرزانگان ۲- ۱۴۰۲
(۱۲ بار تکرار)

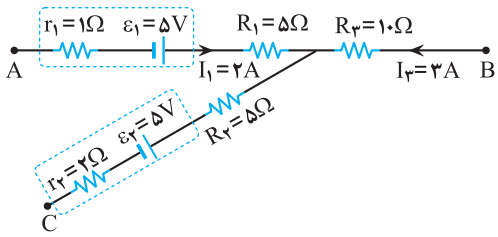
الف) انرژی مصرفی مقاومت R_3 در یک بازهٔ زمانی معین چه تغییری می‌کند؟

ب) اگر $\varepsilon = 12V$، $r = 1\Omega$، $R_1 = 6\Omega$، $R_2 = 3\Omega$ و $R_3 = 3\Omega$ باشد، هنگام بسته بودن کلید توان خروجی باتری را به‌دست آورید.

بررسی مدارهای ترکیبی دارای دو یا چند باتری

مرجع

۲۲۵. شکل مقابل، قسمتی از یک مدار الکتریکی است. به سؤالات مطرح شده پاسخ دهید:



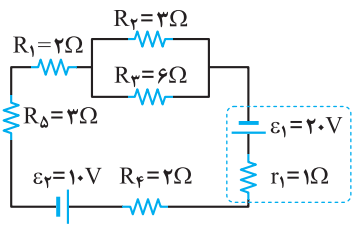
صفحهٔ ۸۱، مکمل تمرین ۲۳
تهران- مکتب الاحرار- ۱۴۰۲
(۷ بار تکرار)

الف) اختلاف پتانسیل میان نقاط A و B چقدر است؟ $(V_A - V_B)$

ب) توان ورودی باتری ۲ را به‌دست آورید.

پ) انرژی مصرفی توسط مقاومت R_3 در مدت یک دقیقه چند ژول است؟

۲۲۶. در مدار مقابل، هر یک از موارد زیر را به‌دست آورید:



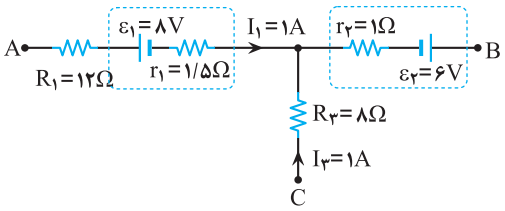
صفحهٔ ۸۲، مکمل تمرین ۳۱
تبریز- ثقة الاسلام- ۱۴۰۲
(۲ بار تکرار)

الف) جریان کل مدار

ب) جریان عبوری از مقاومت‌های R_2 و R_3

پ) توان خروجی (مفید) باتری ۱

۲۲۷. شکل زیر، قسمتی از یک مدار الکتریکی می‌باشد. مطلوب است:



الف) توان ورودی باتری ۱

ب) انرژی الکتریکی مصرفی در مقاومت ۸ اهمی در مدت یک دقیقه

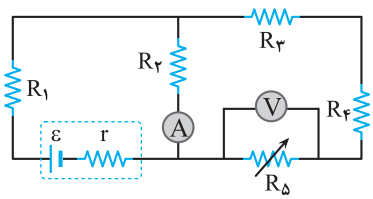
پ) اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A و C (V_C-V_A)

موضع

صفحهٔ ۸۱، مکمل تمرین ۲۴
تهران- پردیس- ۱۴۰۲
(۷ بار تکرار)

بررسی کیفی تغییرات جریان، ولتاژ و توان

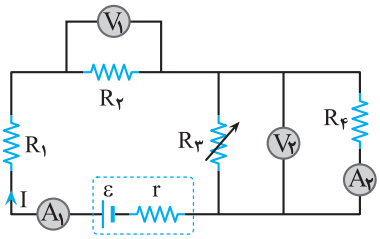
۲۲۸. در مدار شکل زیر اگر مقاومت R_5 افزایش یابد، اعداد آمپرسنج و ولت‌سنج چگونه تغییر می‌کنند؟ (با ذکر دلیل)



موضع

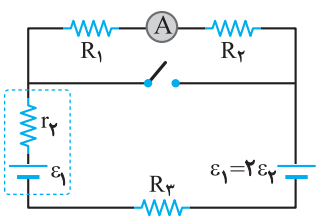
صفحهٔ ۸۱، مکمل تمرین ۲۰
تبریز- علامه طباطبایی- ۱۴۰۲
(۱۱ بار تکرار)

۲۲۹. در مدار شکل زیر، در صورت کاهش مقاومت رئوستا، عدد آمپرسنج‌های A_1، A_2 و عدد ولت‌سنج‌های V_1 و V_2 چگونه تغییر می‌کنند؟ (با ذکر دلیل)



صفحهٔ ۸۱، مکمل تمرین ۲۰
بجنورد- شهید بهشتی- ۱۴۰۲
(۲ بار تکرار)

۲۳۰. در مدار شکل زیر، بعد از وصل کلید هر یک از موارد زیر چه تغییر می‌کنند؟



الف) جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد.

ب) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_3

پ) توان خروجی باتری ۱

ت) توان ورودی باتری ۲

صفحهٔ ۸۱، مکمل تمرین ۲۰
تهران- رشد- ۱۴۰۱
(۴ بار تکرار)

سؤال‌های ویژهٔ برترها ۱۰ سوال ۲ پیمانه

۲۳۱. دو کرهٔ رسانای مشابه دارای بارهای $(4nC)$ و $(-8nC)$ هستند. دو کره را که روی پایه‌های عایق قرار گرفته‌اند، با یک سیم رسانای بدون مقاومت به هم وصل می‌کنیم. اگر در مدت $0/02s$ هر دو کره به تعادل برسند:

$(e=1/6\times10^{-19}C)$

الف) تعداد الکترون‌های مازاد هر کره را پس از تماس بیابید.

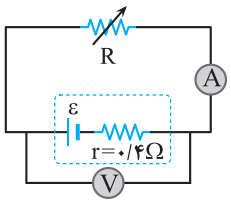
ب) اندازهٔ جریان الکتریکی متوسطی را که در مدت فوق از سیم رابط بین کره‌ها عبور می‌کند، حساب کنید.

مرجع

صفحهٔ ۴۷، مکمل و مرتبط با رابطهٔ ۲-۱

تهران- فدک- ۱۴۰۰

۲۳۲. در مدار مقابل در حالتی که توان خروجی باتری بیشینه است، آمپرسنج آیده‌آل ۱۰ آمپر را نشان می‌دهد. بیشینهٔ توان خروجی باتری چند وات است؟



صفحهٔ ۸۱، مکمل تمرین ۲۰

تبریز- علامه طباطبایی- ۱۴۰۲

۲۳۳. الف) سیمی فلزی به طول $300m$، قطر $2mm$ و مقاومت ویژهٔ $1/5\times10^{-8}\Omega.m$ را به اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابت ۲۴ ولت وصل می‌کنیم. در مدت زمان ۵ دقیقه، تعداد الکترون‌های عبوری از هر مقطع سیم چقدر است؟ $(\pi=3$ و $e=1/6\times10^{-19}C)$

ب) یک سیم به طول L و مقاومت R را به دو قسمت با طول‌های $L_1=\frac{1}{3}L$ و $L_2=\frac{2}{3}L$ تقسیم می‌کنیم و سپس هر قسمت را جداگانه از دستگاهی عبور می‌دهیم تا به‌طور یکنواخت باریک شوند و طول هر دو به $2L$ برسد. اگر مقاومت الکتریکی آن‌ها به‌ترتیب R_1 و R_2 شود، مقدار $\frac{R_1-R_2}{R}$ چقدر است؟

صفحهٔ ۷۹، مکمل و مرتبط با تمرین ۲

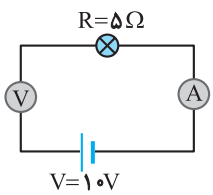
الف) قائم‌شهر- شهید بهشتی- ۱۴۰۰

صفحهٔ ۵۲، مکمل و مرتبط با رابطهٔ ۲-۳

ب) شیراز- شهید دستغیب- ۱۴۰۰

۲۳۴. الف) دو سیم رسانای A و B هم‌جنس و هم‌طول هستند. اگر سیم A توپر به قطر $4mm$ و سیم B توخالی به شعاع داخلی $2mm$ و شعاع خارجی $4mm$ باشد، $\frac{R_A}{R_B}$ را به دست آورید.

ب) برای محاسبهٔ عدد آمپرسنج در مدار شکل زیر، دانش‌آموزی راه‌حل زیر را نوشته است. آیا پاسخ او صحیح است؟ مختصر شرح دهید. (آمپرسنج و ولت‌سنج آرمانی هستند.)



$$R=\frac{V}{I}\Rightarrow 5=\frac{10}{I}\Rightarrow I=2A$$

صفحهٔ ۵۲، مکمل و مرتبط با رابطهٔ ۲-۳

الف) کرج- فرزانگان ۳- ۱۴۰۰

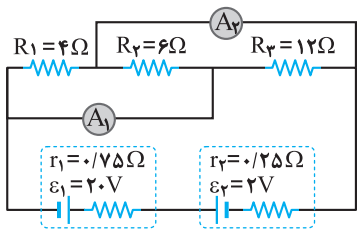
صفحهٔ ۶۶، مکمل و مرتبط با فعالیت ۲-۶

ب) کهنوج- فرزانگان- ۱۴۰۰

۲۳۵. در شکل مقابل، با توجه به اعداد روی شکل:

الف) عددی را که هر آمپرسنج نشان می‌دهد، به‌دست آورید.

ب) توان ورودی باتری ۲ را محاسبه کنید.



صفحهٔ ۸۲، مکمل تمرین ۲۷

تهران- امام مهدی- ۱۴۰۲

مرجع

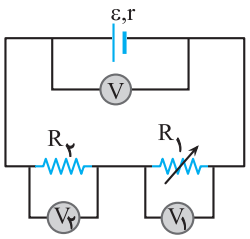
۲۳۶. در شکل زیر، مقاومت متغیر R_1 را به تدریج کاهش می‌دهیم. مقادیری را که ولت‌سنج‌های V، V_1 و V_2 نشان می‌دهند، به ترتیب از راست به چپ چگونه تغییر می‌کند؟ (با ذکر دلیل)

۱) کاهش- کاهش- افزایش

۲) کاهش- افزایش- کاهش

۳) افزایش- کاهش- افزایش

۴) افزایش- کاهش- کاهش

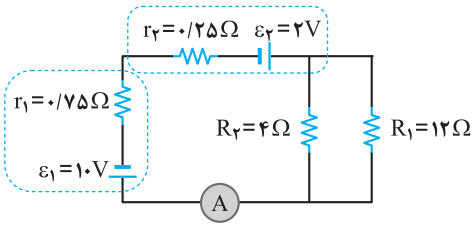


صفحهٔ ۸۲، مرتبط با تمرین ۳۲
شهرکرد- فرزانگان- ۱۴۰۱

۲۳۷. در شکل زیر:

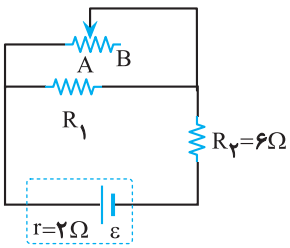
الف) جریانی را که آمپرسنج نشان می‌دهد، به‌دست آورید.

ب) توان خروجی باتری ε_1 را محاسبه کنید.



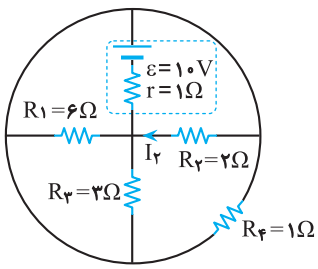
صفحهٔ ۶۹، مرتبط با مثال ۲-۱۰
زاهدان- امام هادی (ع)- ۱۴۰۱

۲۳۸. در مدار زیر، وقتی لغزندهٔ رئوستا از نقطهٔ A به نقطهٔ B برده شود، با ذکر دلیل بیان کنید، توان مصرفی مقاومت R_1 و توان خروجی باتری چه تغییری می‌کنند؟



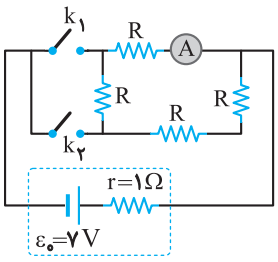
صفحهٔ ۸۱، مرتبط با تمرین ۲۰
شیراز- شهید دستغیب- ۱۴۰۱

۲۳۹. در مدار شکل زیر، I_2 چند آمپر است؟



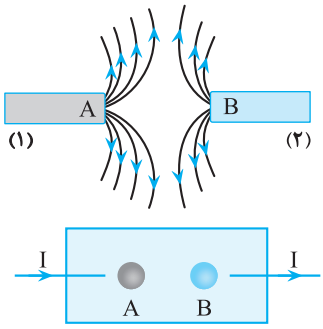
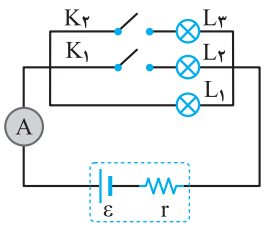
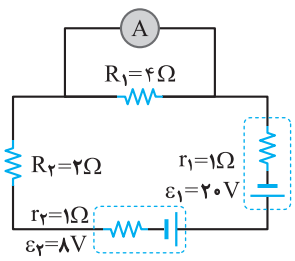
صفحهٔ ۸۲، مرتبط با تمرین ۳۱
کاشمر- شهید بهشتی- ۱۴۰۱

۲۴۰. در مدار شکل زیر، در صورتی که کلید k_1 بسته و کلید k_2 باز باشد، آمپرسنج $\frac{3}{4}A$ را نشان می‌دهد. اگر هر دو کلید بسته شوند، آمپرسنج چند آمپر را نشان می‌دهد؟

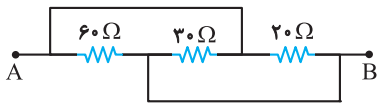
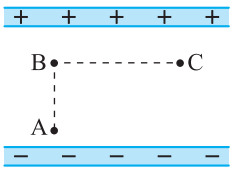
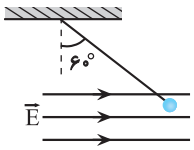
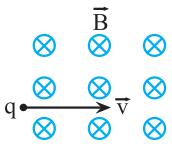
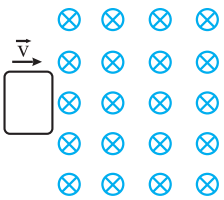
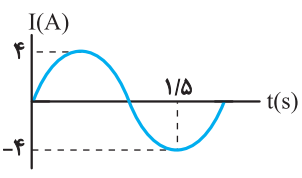


صفحهٔ ۸۲، مرتبط با تمرین‌های ۳۰ و ۳۲
شهرکرد- شهید بهشتی- ۱۴۰۰

پایان سال- خرداد ۱۴۰۲	رشته: ریاضی	آزمون (۴)	مدت امتحان: ۱۱۰ دقیقه
سؤالات امتحان درس فیزیک ۲ پایه یازدهم ریاضی			اداره آموزش و پرورش منطقه ۱۶ تهران دبیرستان علامه حلّی ۲

ردیف		سؤالات	نمره
۴۴۸.	(۱)	جاهای خالی را با عبارت مناسب کامل کنید: الف) هنگامی که یک میله با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم، بار تیغه‌های الکتروسکوپ ..... می‌شود. ب) در مولدهای صنعتی جریان متناوب ..... ساکن و ..... می‌چرخد. پ) برای انتقال توان الکتریکی در فاصله‌های دور تا جایی که امکان دارد از ولتاژ ..... استفاده می‌شود.	۱
۴۴۹.	(۲)	جملات درست و نادرست را مشخص کنید. الف) مقاومت یک لامپ رشته‌ای خاموش را با اهم‌متر اندازه‌گیری می‌کنند. ب) اگر فاصلهٔ بین صفحات خازن متصل به باتری را نصف کنیم، انرژی ذخیره شده در آن دو برابر می‌شود. پ) هریک از خط‌های میدان مغناطیسی یک حلقهٔ بسته را تشکیل می‌دهد. ت) در نیم‌رساناها، افزایش دما سبب افزایش مقاومت می‌شود.	۱
۴۵۰.	(۳)	مفاهیم زیر را تعریف کنید: الف) قانون لنز ب) دورهٔ تناوب	۱
۴۵۱.	(۴)	به سؤالات زیر پاسخ دهید. الف) رفتار مقاومت الکتریکی و القاگر غیرآرمانی (دارای مقاومت) را از لحاظ مصرف یا ذخیرهٔ انرژی بیان کنید. ب) دو میلهٔ کاملاً مشابه یکی از جنس آهن و دیگری آهنربا در اختیار دارید. روشی بیان کنید که با استفاده از آن و بدون استفاده از هیچ وسیلهٔ دیگری بتوان میله‌ای را که از جنس آهنرباست مشخص کرد. پ) در شکل مقابل، قطب‌ها A و B از دو آهنربای ۱ و ۲ را مشخص کرده و بگویید کدام آهنربای قویتری است؟ ت) شکل مقابل قسمتی از یک مدار را نشان می‌دهد که اختلاف پتانسیلی بین پایانه‌های آن برقرار است. اگر $V_A - V_B > 0$ باشد، این جزء به مدار انرژی می‌دهد یا از آن انرژی می‌گیرد؟ ث) یک دی‌الکتریک قطبی و یک دی‌الکتریک غیرقطبی نام ببرید. 	۱ ۱ ۰/۷۵ ۰/۷۵ ۰/۷۵
۴۵۲.	(۵)	مقاومت یک لامپ خاموش را با اهم‌متر اندازه می‌گیریم و مقدار آن را R_1 می‌نامیم. بار دیگر با توجه به مشخصات لامپ از رابطهٔ $P = \frac{V^2}{R}$، مقاومت R_2 را محاسبه می‌کنیم. الف) R_1 و R_2 را با هم مقایسه کنید. ب) علت این اختلاف را توضیح دهید.	۰/۷۵
۴۵۳.	(۶)	آزمایشی طراحی کنید که بتوان نیروی وارد بر سیم حامل جریان در میدان مغناطیسی را اندازه‌گیری کرد.	۱/۵
۴۵۴.	(۷)	در مدار شکل روبه‌رو، با بستن کلیدهای K_1 و K_2: الف) عدد آمپرسنج چگونه تغییر می‌کند؟ ب) نور لامپ L_1 چگونه تغییر می‌کند؟ 	۱
۴۵۵.	(۸)	در شکل مقابل، آمپرسنج آرمانی به‌طور موازی با مقاومت R_1 بسته شده است: الف) عدد آمپرسنج را بیابید. ب) اختلاف پتانسیل دو سر باتری ε_1 را محاسبه نمایید. پ) توان ورودی باتری ε_2 چند وات است؟ 	۱/۵

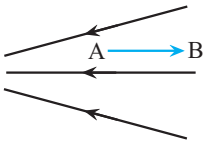
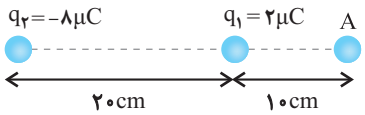
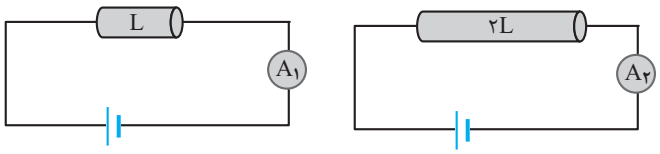
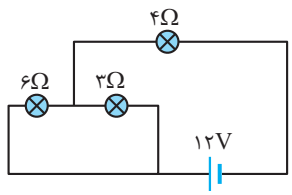
پایان سال- خرداد ۱۴۰۲	رشته: ریاضی	آزمون (۴)	مدت امتحان: ۱۱۰ دقیقه
سؤالات امتحان درس فیزیک ۲ پایه یازدهم ریاضی			اداره آموزش و پرورش منطقه ۱۶ تهران دبیرستان علامه حلّی ۲

ردیف		سؤالات	نمره
۴۵۶.	(۹)	در شکل روبه‌رو، مقاومت معادل بین دو نقطهٔ A و B را محاسبه کنید. 	۰/۵
۴۵۷.	(۱۰)	ذرهٔ بارداری با بار مثبت از نقطهٔ A تا B و سپس تا نقطهٔ C با تندی ثابت جابه‌جا می‌شود: الف) انرژی پتانسیل الکتریکی ذره را در نقاط A و C مقایسه کنید. ب) اگر فاصله دو صفحه از هم ۶cm و اختلاف پتانسیل بین دو صفحه برابر ۷۲V باشد، بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه چند N/C است؟ 	۱
۴۵۸.	(۱۱)	خازنی را که بین صفحات آن هوا وجود دارد، از باتری جدا می‌کنیم. میدان الکتریکی بین صفحات برابر ۳۰۰۰V/m است. الف) اگر بین صفحات را با تفلون ($\kappa = ۳$) پر کنیم، میدان الکتریکی بین صفحات به چند V/m می‌رسد؟ چرا؟ ب) اگر فاصلهٔ بین صفحات خازن را دو برابر کنیم، ولتاژ دو سرخازن چند برابر می‌شود؟ چرا؟	۱
۴۵۹.	(۱۲)	در شکل مقابل، گلوله‌ای به جرم $\sqrt{۳}$g به نخ سبکی متصل و در حال تعادل است. اگر بزرگی میدان الکتریکی ۳×۱۰^{۴} N/C باشد، نوع و اندازهٔ بار الکتریکی گلوله را به‌دست آورید. $(g = ۱۰N/kg, \tan ۶۰^\circ = \sqrt{۳})$ 	۱/۲۵
۴۶۰.	(۱۳)	یک سیملوله به طول ۲m از سیمی به قطر ۴mm ساخته شده است. اگر دورهای سیم بدون فاصله کنار هم چیده شده باشند، با عبور جریان ۱۰A از سیملوله میدان مغناطیسی درون آن چند گاوس می‌شود؟ $(\pi = ۳ , \mu_{۰} = ۴\pi\times۱۰^{-۷} SI)$	۱
۴۶۱.	(۱۴)	ذره‌ای باردار با بار $q = -۲\mu C$ و تندی ۲۰۰m/s وارد میدان مغناطیسی درون‌سو $B = ۰/۱T$ می‌شود. جهت و اندازهٔ نیروی وارد بر ذره را به‌دست آورید. 	۱
۴۶۲.	(۱۵)	یک حلقهٔ مربعی با ابعاد ۲۰cm با تندی $v = ۰/۲m/s$ وارد میدان مغناطیسی $B = ۰/۴T$ می‌شود: الف) اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در حلقه را در زمان ورد حلقه به میدان مغناطیسی به‌دست آورید. ب) جهت جریان القایی در حلقهٔ ساعتگرد است یا پادساعتگرد؟ 	۱
۴۶۳.	(۱۶)	شکل روبه‌رو نمودار جریان متناوب سینوسی را نشان می‌دهد: الف) معادلهٔ جریان را برحسب زمان بنویسید. ب) اگر این جریان از سیملوله‌ای با ضریب القاوری L = ۲۰۰mH عبور کند، بیشینهٔ انرژی ذخیره شده در القاگر را بیابید. 	۱/۲۵
		جمع نمرات	۲۰

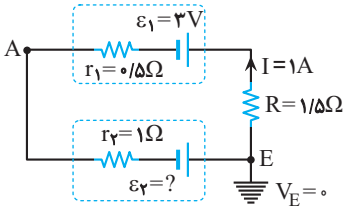
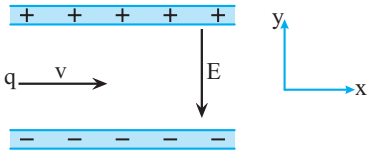
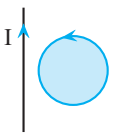
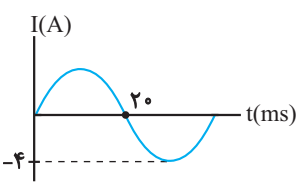
پایان سال- خرداد ۱۴۰۳	رشته: ریاضی و فیزیک	آزمون (۵)	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه
سؤالات امتحان نهایی درس فیزیک ۲ پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه			مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش

ردیف		سؤالات	نمره
۴۶۴.	(۱)	درستی یا نادرستی گزاره‌های زیر را با واژهٔ «درست» یا «نادرست» مشخص کنید. الف) بار الکتریکی یک جسم نمی‌تواند هر مقدار دلخواهی را داشته باشد. ب) همهٔ بارهای متحرک، جریان الکتریکی ایجاد می‌کنند. پ) دو سیم موازی با جریان‌های همسو، یکدیگر را دفع می‌کنند. ت) ضریب خودالقاوری سیملوله به جریان عبوری از آن وابسته است.	۱
۴۶۵.	(۲)	عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید. الف) برای تنظیم و کنترل جریان در مدار از (رئوستا- ترمیستور) استفاده می‌شود. ب) تراکم خطوط میدان مغناطیسی در (داخل- خارج) سیملوله بیشتر است. پ) قبل از انتقال توان الکتریکی از نیروگاه از مبدل‌هایی استفاده می‌شود که تعداد دورهای پیچهٔ ثانویه (کمتر- بیشتر) از تعداد دورهای پیچهٔ اولیه است.	۰/۷۵
۴۶۶.	(۳)	به سؤالات زیر پاسخ کوتاه دهید. الف) صفحات باردار یک خازن تخت که بین آن‌ها شیشه است، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با خارج کردن شیشه از بین صفحات خازن، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد چه تغییری می‌کند؟ چرا؟ ب) میلهٔ شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش می‌دهیم، سپس آن را به کلاهک الکتروسکوپی با بار مثبت نزدیک می‌کنیم. ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک‌تر می‌شوند یا دورتر؟ چرا؟ پ) 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. ت) سیم حامل جریانی در میدان مغناطیسی یکنواختی قرار دارد. نیروی مغناطیسی وارد بر سیم صفر است. علت آن را توضیح دهید.	۲/۲۵
۴۶۷.	(۴)	با توجه به کلمات داده شده جملات زیر را کامل کنید. (دو مورد اضافه است.) دیود- القای الکتریکی- پتانسیومتر- القای الکترومغناطیسی- مقاومت نوری- القای مغناطیسی الف) اساس رنگ‌پاشی اتومبیل مبتنی بر ..... است. ب) تندی‌سنج دوچرخه براساس ..... کار می‌کند. پ) در ساخت دزدگیرها از ..... استفاده می‌شود. ت) جذب شدن میخ آهنی به آهنربا به دلیل ..... اتفاق می‌افتد.	۱
۴۶۸.	(۵)	مطابق شکل دو آونگ فلزی خنثی در تماس با جسم فلزی دوکی‌شکل هستند، به کمک مولد واندوگراف به جسم دوکی‌شکل بار الکتریکی می‌دهیم: الف) چرا آونگ‌ها منحرف می‌شوند؟ ب) کدام آونگ بیشتر منحرف می‌شود؟ چرا؟	۰/۷۵

پایان سال- خرداد ۱۴۰۳	رشته: ریاضی و فیزیک	آزمون (۵)	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه
سؤالات امتحان نهایی درس فیزیک ۲ پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه			مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش

ردیف		سؤالات	نمره
۴۶۹.	(۶)	دو بار نقطه‌ای $q_1 = 4\mu C$ و $q_2 = 3\mu C$ در فاصلهٔ r از هم قرار دارند، اگر نیروی بین این دو بار $2/7N$ باشد، فاصلهٔ دو بار چند متر است؟ $(k = 9\times10^9 N.m^2/C^2)$	۱
۴۷۰.	(۷)	مطابق شکل، الکترونی را از نقطهٔ A تا B در میدان الکتریکی جابه‌جا می‌کنیم. به کمک کلمات (افزایش- کاهش- ثابت- مثبت- منفی) جدول را کامل کنید. اندازهٔ میدان الکتریکی: (الف) ..... پتانسیل الکتریکی: (ب) ..... انرژی پتانسیل الکتریکی: (پ) ..... کار میدان الکتریکی: (ت) ..... 	۱
۴۷۱.	(۸)	در شکل زیر اندازه و جهت میدان الکتریکی برایند را در نقطهٔ A به دست آورید. $(k = 9\times10^9 N.m^2/C^2)$ 	۱/۵
۴۷۲.	(۹)	در مدار فلاش دوربین عکاسی خازنی وجود دارد که با ولتاژ ۲۰۰ ولت شارژ شده است. اگر فلاش دوربین عکاسی روشن شود، تخلیهٔ انرژی در مدت $2\times10^{-3}s$ و با توان ۴۰۰۰ وات انجام می‌شود، ظرفیت خازن چند فاراد است؟	۱
۴۷۳.	(۱۰)	مطابق شکل، دو قطعه سیم هم‌جنس و هم‌دما با طول‌های متفاوت و سطح مقطع یکسان، به دو باتری مشابه وصل کرده‌ایم.  الف) کدام آمپرسنج عدد بیشتری را نشان می‌دهد؟ چرا؟ ب) این آزمایش برای بررسی چه موضوعی طراحی شده است؟	۱
۴۷۴.	(۱۱)	در مدار شکل زیر سه مقاومت ۶ و ۳ و ۴ اهمی وجود دارد، توان مصرفی مقاومت 4Ω را به دست آورید. 	۱/۵

پایان سال - خرداد ۱۴۰۳	رشته: ریاضی و فیزیک	آزمون (۵)	مدت امتحان: ۱۲۰ دقیقه
سؤالات امتحان نهایی درس فیزیک ۲ پایهٔ یازدهم دورهٔ دوم متوسطه			مرکز ارزشیابی و تضمین کیفیت نظام آموزش و پرورش

ردیف		سؤالات	نمره
۴۷۵.	(۱۲)	در مدار شکل زیر: الف) ε_2 چند ولت است؟ ب) پتانسیل نقطهٔ A را به دست آورید. پ) توان ورودی باتری ε_1 چند وات است؟ 	۱/۷۵
۴۷۶.	(۱۳)	از یک سیملولهٔ آرمانی به طول ۱۲cm جریان ۸۰۰mA عبور می‌کند. اگر بزرگی میدان مغناطیسی روی محور سیملوله و دور از لبه‌های آن ۴۰G باشد: الف) تعداد حلقه‌های سیملوله را تعیین کنید. $(\mu_0 = 12\times10^{-7}\,T.m/A)$ ب) با توجه به ثابت بودن جریان، دو راهکار برای افزایش بزرگی میدان مغناطیسی درون سیملوله پیشنهاد دهید.	۱/۲۵
۴۷۷.	(۱۴)	ذره‌ای با بار منفی و جرم ناچیز با تندی $3\times10^{3}\,m/s$ در امتداد محور x وارد فضایی می‌شود که میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی وجود دارند. اگر اندازه میدان الکتریکی $450\,N/C$ باشد، اندازه و جهت میدان مغناطیسی را چنان تعیین کنید که ذره در همان امتداد محور x به حرکت خود ادامه دهد. 	۱/۵
۴۷۸.	(۱۵)	حلقهٔ رسانایی در نزدیکی یک سیم دراز حامل جریان ثابت، در حرکت است. با توجه به جهت جریان القایی در حلقه، جهت حرکت آن را با ذکر دلیل تعیین کنید. 	۰/۷۵
۴۷۹.	(۱۶)	پیچه‌ای شامل ۱۰۰۰ دور که مساحت هر حلقهٔ آن $50\,cm^2$ است، عمود بر میدان مغناطیسی یکنواختی به بزرگی ۰/۰۴T قرار دارد. میدان مغناطیسی در مدت ۰/۰۱s تغییر می‌کند و بزرگی آن به ۰/۰۴T در خلاف جهت اولیه می‌رسد. اندازهٔ نیروی محرکهٔ القایی متوسط در پیچه چند ولت است؟	۱
۴۸۰.	(۱۷)	شکل روبه‌رو نمودار جریان سینوسی را نشان می‌دهد که یک مولد جریان متناوب تولید کرده است. معادلهٔ جریان را برحسب زمان بنویسید. 	۱
		موفق باشید	جمع نمره ۲۰

پاسخ‌های تشریحی

ب) با حرکت از نقطهٔ A به سمت نقطهٔ B (در خلاف جهت جریان) و نوشتن اختلاف پتانسیل دو سر هر جزء از مدار، داریم:

$$V_A+\varepsilon_2+R_2I+\varepsilon_3+r_3I=V_B$$

$$\Rightarrow V_B-V_A=\varepsilon_2+R_2I+\varepsilon_3+r_3I \xrightarrow[R_2=3\Omega\ ,\ r_3=0/5\Omega]{\varepsilon_2=2V\ ,\ \varepsilon_3=4V\ ,\ I=0/5A}$$

$$V_B-V_A=2+3\times0/5+4+0/5\times0/5=7/75\ V$$

پ) توان خروجی (مفید) باتری ε_1 برابر است با:

$$P_{\text{خروجی},1}=\varepsilon_1I-r_1I^2 \xrightarrow[r_1=1\Omega]{\varepsilon_1=12V\ ,\ I=0/5A}$$

$$P_{\text{خروجی},1}=12\times0/5-1\times0/5^2=5/75W$$

ت) جریان اصلی مدار از قطب مثبت باتری‌های ۲ و ۳ وارد شده و از قطب منفی آن‌ها خارج می‌گردد، یعنی این دو باتری در حال شارژ شدن (دریافت انرژی از مدار) هستند. با استفاده از رابطهٔ $P_{\text{ورودی}}=\varepsilon I+rI^2$، داریم:

$$P_{\text{ورودی},2}=\varepsilon_2I+r_2I^2 \xrightarrow[r_2=0]{\varepsilon_2=2V\ ,\ I=0/5A}$$

$$P_{\text{ورودی},2}=2\times0/5+0\times0/5^2=1W$$

$$P_{\text{ورودی},3}=\varepsilon_3I+r_3I^2 \xrightarrow[r_3=0/5\Omega]{\varepsilon_3=4V\ ,\ I=0/5A}$$

$$P_{\text{ورودی},3}=4\times0/5+0/5\times0/5^2=2/125W$$

---

۱۹۳. با استفاده از رابطهٔ توان خروجی باتری داریم:

$$P_{\text{خروجی مولد}}=\varepsilon I-rI^2 \xrightarrow[P_2=20W,\ I_2=10A]{P_1=15W,\ I_1=5A}$$

$$\begin{cases}15=\varepsilon\times5-r\times(5)^2\\20=\varepsilon\times10-r(10)^2\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}5\varepsilon-25r=15\\10\varepsilon-100r=20\end{cases}$$

$$\Rightarrow\begin{cases}\varepsilon-5r=3\\\varepsilon-10r=2\end{cases}\Rightarrow5r=1\Rightarrow r=\frac{1}{5}=0/2\Omega$$

$$\varepsilon-5r=3\Rightarrow\varepsilon-(5\times0/2)=3\Rightarrow\varepsilon=4V$$

---

۱۹۴. الف) باتری ۱ به عنوان مولد و باتری ۲ به عنوان مصرف‌کننده در این مدار عمل می‌کنند. زیرا $\varepsilon_1>\varepsilon_2$ است و جریان به صورت ساعتگرد در مدار برقرار می‌گردد.

با استفاده از قاعدهٔ حلقه، جریان مدار را به‌دست می‌آوریم:

$$V_B+\varepsilon_1-Ir_1-IR_2-\varepsilon_2-IR_1=V_B$$

$$\Rightarrow I=\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{R_1+R_2+r_1}=\frac{18-6}{2+3+1}=\frac{12}{6}=2A$$

ب) باتری ۱ مولد است و داریم:

$$V_1=\varepsilon_1-Ir_1 \xrightarrow[r_1=1\Omega]{\varepsilon_1=18V,I=2A} V_1=18-2\times1$$

$$\Rightarrow V_1=16V$$

پ) باتری ۲ مصرف‌کننده است پس توان ورودی دارد.

$$P_2=\varepsilon_2I+r_2I^2 \xrightarrow[I=2A,r_2=0]{\varepsilon_2=6V} P_2=6\times2=12W$$

---

۱۹۵. الف) با توجه به مقادیر داده شده برای نیروی محرکهٔ باتری‌ها داریم:

$$\varepsilon_1>\varepsilon_2+\varepsilon_3$$

بنابراین باتری ۱ به عنوان مولد و باتری‌های ۲ و ۳ به عنوان مصرف‌کننده عمل می‌کنند و جریان پادساعتگرد در این مدار برقرار می‌گردد.

با استفاده از قاعدهٔ حلقه، جریان مدار را به‌دست می‌آوریم:

$$V_A+\varepsilon_2+IR_2+\varepsilon_3+Ir_3+IR_3+IR_4+Ir_1-\varepsilon_1+IR_1=V_A$$

$$I=\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2-\varepsilon_3}{R_1+R_2+R_3+R_4+r_1+r_3}$$

$$=\frac{14-2-4}{8+3+1/5+2+1+0/5}=\frac{8}{16}=\frac{1}{2}A$$

اکنون می‌توانیم انرژی ورودی به باتری ۲ را در هر دقیقه به‌دست می‌آوریم:

$$U_2=\varepsilon_2It \xrightarrow[t=1min=60s]{\varepsilon_2=2V,I=\frac{1}{2}A} U_2=2\times\frac{1}{2}\times60=60J$$

ب)
$$P_1=\varepsilon_1I-r_1I^2 \xrightarrow[r_1=1\Omega]{\varepsilon_1=14V,I=\frac{1}{2}A}$$

$$P_1=14\times\frac{1}{2}-1\times(\frac{1}{2})^2=7-\frac{1}{4}=6/75W$$

پ)
$$P_3=\varepsilon_3I-r_3I^2 \xrightarrow[r_3=0/5\Omega]{\varepsilon_3=4V,I=\frac{1}{2}A}$$

$$P_3=4\times\frac{1}{2}+0/5(\frac{1}{2})^2=2+\frac{1}{8}\Rightarrow P_3=2/125W$$

---

۱۹۶. الف) کاهش ب) موازی پ) کمتر

ت) موازی ث) کوچکتر ج) نمی‌شوند

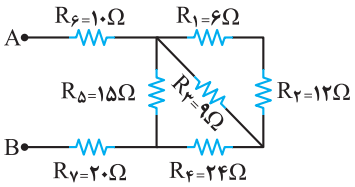
چ) افزایش ح) جریان الکتریکی

---

۱۹۷. الف)

متوالی $R_{1,2}=R_1+R_2=6+12=18\Omega$

موازی $R_{3\text{تا}1}=\frac{R_{1,2}\times R_3}{R_{1,2}+R_3}=\frac{18\times9}{18+9}=6\Omega$

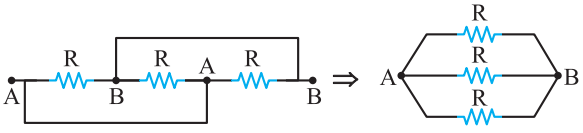


متوالی $R_{4\text{تا}1}=R_{3\text{تا}1}+R_4=6+24=30\Omega$

موازی $R_{5\text{تا}1}=\frac{R_{4\text{تا}1}\times R_5}{R_{4\text{تا}1}+R_5}=\frac{30\times15}{30+15}=\frac{450}{45}=10\Omega$

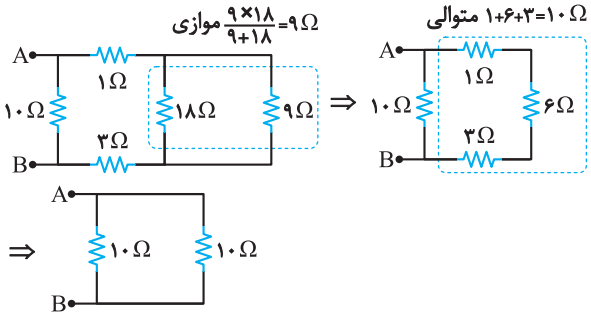
متوالی $R_{eq}=R_6+R_{5\text{تا}1}+R_7=10+10+20=40\Omega$

ب)



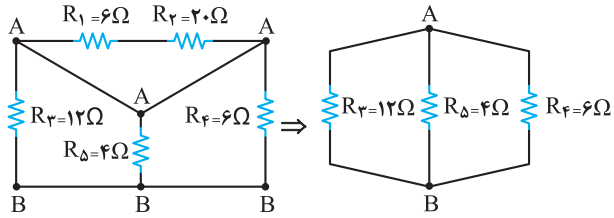
موازی $\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R}+\frac{1}{R}+\frac{1}{R}=\frac{3}{R}\Rightarrow R_{eq}=\frac{R}{3}$

پ)



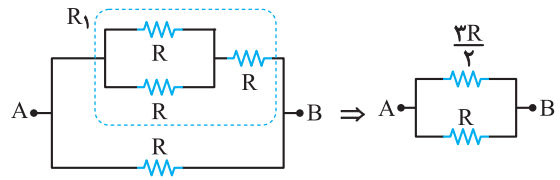
$$\text{موازی}\quad \frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{۱۰}+\frac{۱}{۱۰}=\frac{۲}{۱۰}\Rightarrow R_{eq}=\frac{۱۰}{۲}=۵\Omega$$

ت) $R_۱$ و $R_۲$ اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شوند.



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

۱۹۸. ابتدا مقاومت معادل شاخهٔ بالایی را برحسب R می‌یابیم. با توجه به شکل زیر داریم:



$$R_۱=\frac{R}{۲}+R=\frac{۳R}{۲}$$

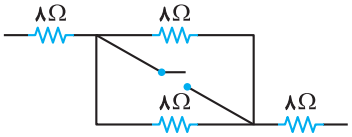
اکنون مقاومت کل مدار را برحسب R پیدا می‌کنیم:

$$R_{eq}=\frac{\frac{۳R}{۲}\times R}{\frac{۳R}{۲}+R}\Rightarrow R_{eq}=\frac{\frac{۳R^۲}{۲}}{\frac{۵R}{۲}}=\frac{۳R}{۵}$$

در آخر داریم: $\xrightarrow{R_{eq}=۳\Omega} ۳=\frac{۳R}{۵}\Rightarrow R=۵\Omega$

۱۹۹. کلید باز باشد:

$$R_{eq}=۸+\frac{۸}{۲}+۸=۸+۴+۸=۲۰\Omega$$



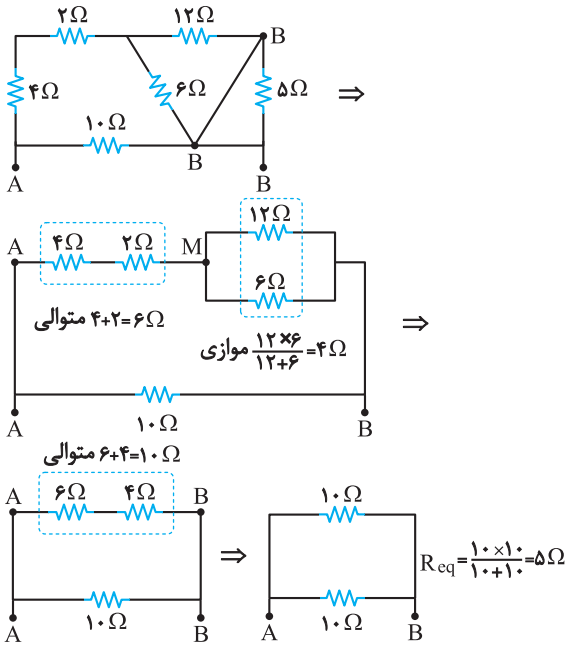
کلید بسته باشد: با بسته شدن کلید، دو مقاومت ۸ اهمی که موازی هستند، اتصال کوتاه شده و حذف می‌شوند. بنابراین داریم:

$$R'_{eq}=۸+۸=۱۶\Omega$$

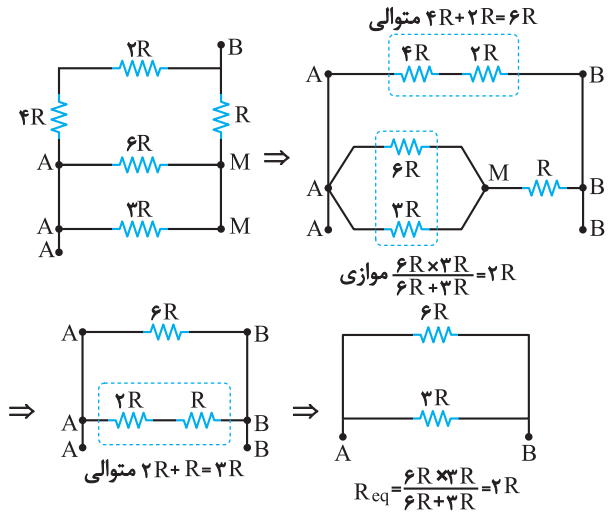
$$\Delta R_{eq}=R'_{eq}-R_{eq}=۱۶-۲۰=-۴\Omega$$

بنابراین، مقاومت معادل مدار، ۴Ω کاهش می‌یابد.

۲۰۰. مقاومت ۵Ω که دو سر آن با سیم رابط به یکدیگر متصل شده‌اند، اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌گردد.



۲۰۱.



۲۰۲.

$$\text{متوالی}\quad R_{eq}=R_۱+R_۲\xrightarrow{R_{eq}=۲۴\Omega}۲۴=R_۱+R_۲$$

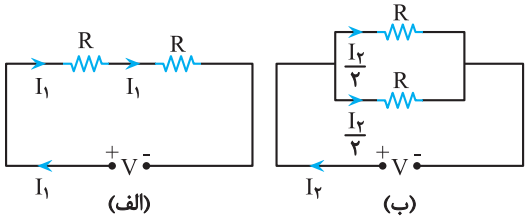
$$\text{موازی}\quad R'_{eq}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}\xrightarrow[R_۱+R_۲=۲۴\Omega]{R'_{eq}=۴/۵\Omega}۴/۵=\frac{R_۱R_۲}{۲۴}$$

$$\Rightarrow R_۱R_۲=۱۰۸\Omega^۲$$

با داشتن مجموع (s) و حاصل‌ضرب (p) دو عدد، می‌توانیم معادلهٔ $x^۲-sx+p=۰$ را تشکیل داده و با به‌دست آوردن ریشه‌های این معادله، دو عدد مورد نظر را پیدا کنیم. بنابراین می‌توان نوشت:

$$R^۲-۲۴R+۱۰۸=۰\Rightarrow(R-۶)(R-۱۸)\begin{cases}\nearrow R_۱=۶\Omega\\ \searrow R_۲=۱۸\Omega\end{cases}$$

۲۰۳.



در شکل (الف) دو لامپ به‌صورت متوالی بسته شده‌اند و جریان عبوری از آن‌ها با جریان مولد، برابر است. اما در شکل (ب) دو لامپ به‌صورت موازی بسته شده‌اند و جریان عبوری از مولد، به نسبت مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود.

$$I_1=\frac{V}{R_{eq,1}}\xrightarrow{R_{eq,1}=R+R=2R} I_1=\frac{V}{2R}$$

$$I_2=\frac{V}{R_{eq,2}}\xrightarrow{R_{eq,2}=\frac{R\times R}{R+R}=\frac{R}{2}} I_2=\frac{V}{\frac{R}{2}}=\frac{2V}{R}$$

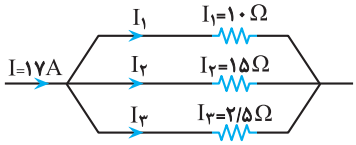
$$\Rightarrow \frac{I_2}{2}=\frac{V}{R}$$

بنابراین نسبت جریان عبوری از هر مقاومت در حالت متوالی به حالت موازی، برابر است با:

$$\frac{I_1}{\frac{I_2}{2}}=\frac{\frac{V}{2R}}{\frac{V}{R}}=\frac{1}{2}$$

---

۲۰۴. ابتدا شکل ساده‌تری از مدار را رسم می‌کنیم. به‌طوری که در هر شاخه، فقط یک مقاومت قرار گیرد. پس جریان عبوری از مقاومت R_2 را برابر با I_2 در نظر می‌گیریم و جریان شاخه‌های دیگر را برحسب آن به‌دست می‌آوریم:



$R_1=8+2=10\Omega$ (متوالی)

$R_2=5+3+7=15\Omega$ (متوالی)

اختلاف پتانسیل دو سر شاخه‌های موازی، با هم برابرند. بنابراین می‌توان نوشت:

$$V_1=V_2\Rightarrow I_1R_1=I_2R_2\Rightarrow I_1\times 10=I_2\times 15$$

$$\Rightarrow I_1=1/5I_2$$

$$V_2=V_3\Rightarrow I_2R_2=I_3R_3\Rightarrow I_2\times 15=I_3\times 2/5$$

$$\Rightarrow I_3=6I_2$$

اکنون با استفاده از قاعدهٔ انشعاب، جریان عبوری از هر شاخه به‌دست می‌آید:

$$I=I_1+I_2+I_3\Rightarrow 17=1/5I_2+I_2+6I_2$$

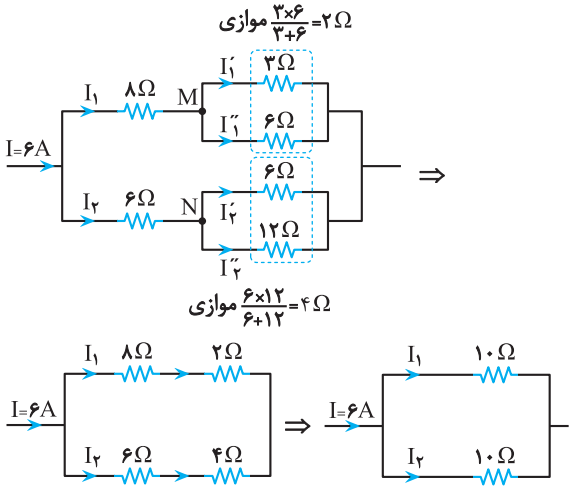
$$\Rightarrow 17=8/5I_2\Rightarrow I_2=2A$$

آمپرسنج، جریان I_1 را نشان می‌دهد.

$$I_1=1/5I_2=1/5\times 2=3A$$

---

۲۰۵. ابتدا شکل مدار را ساده‌تر می‌کنیم:



جریان $I=6A$ بین دو مقاومت موازی 10Ω به‌طور یکسان تقسیم می‌شود:

$$I_1=I_2=\frac{I}{2}=\frac{6}{2}=3A$$

جریان I_1 بین دو مقاومت موازی 3Ω و 6Ω تقسیم می‌شود:

$$3I'_1=6I''_1\Rightarrow I'_1=2I''$$

$$I_1=I'_1+I''_1\Rightarrow 3=I'_1+I''_1\Rightarrow 3=2I''_1+I''_1=3I''$$

$$\Rightarrow I''_1=1A\ ,\quad I'_1=2I''_1=2\times 1=2A$$

جریان I_2 بین دو مقاومت موازی 6Ω و 12Ω تقسیم می‌شود:

$$6I'_2=12I''_2\Rightarrow I'_2=2I''_2$$

$$I_2=I'_2+I''_2\Rightarrow 3=I'_2+I''_2\Rightarrow 3=2I''_2+I''_2=3I''_2$$

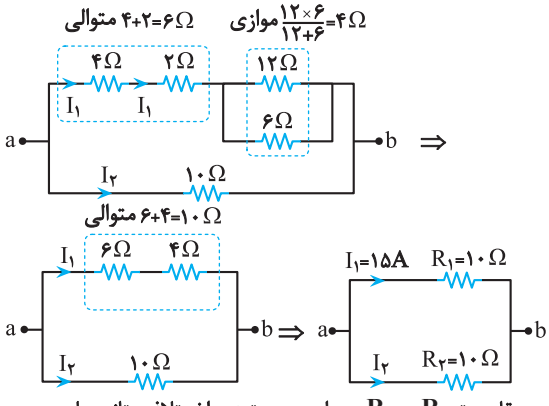
$$\Rightarrow I''_2=1A\ ,\quad I'_2=2I''_2=2\times 1=2A$$

---

۲۰۶. با استفاده از قانون اهم، جریان عبوری از مقاومت ۲ اُهمی را به‌دست می‌آوریم:

$$I=\frac{V}{R}\Rightarrow I_1=\frac{30}{2}=15A$$

اکنون مدار را ساده‌تر می‌کنیم:



دو مقاومت R_1 و R_2 موازی هستند و اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها (V_{ab}) یکسان است.

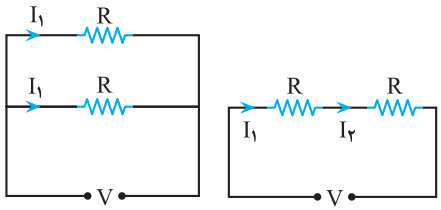
$$V_{ab}=I_1R_1=15\times 10=150V$$

جریان عبوری از مقاومت R_1 نیز به‌دست می‌آید:

$$V_{ab}=I_2R_2\Rightarrow 150=I_2\times 10\Rightarrow I_2=15A$$

---

۲۰۷. الف) مقاومت هر لامپ را برابر با R فرض می‌کنیم:



در مدار موازی، اختلاف پتانسیل دو سر هر لامپ، با اختلاف پتانسیل دو سر مولد (V) برابر است:

$$I_۱=\frac{V}{R}$$

اما در مدار متوالی، اختلاف پتانسیل دو سر هر لامپ $\frac{V}{۲}$ است:

$$I_۲=\frac{\frac{V}{۲}}{R}=\frac{V}{۲R}$$

بنابراین جریان عبوری از هر لامپ موازی، دو برابر جریان عبوری از هر لامپ متوالی است. یعنی نور لامپ‌های موازی بیشتر است.

ب) در مدار متوالی، اگر یکی از لامپ‌ها بسوزد، جریان عبوری از لامپ دیگر هم قطع شده و خاموش می‌شود. اما اگر یکی از لامپ‌های موازی بسوزد، لامپ دیگر، همچنان به اختلاف پتانسیل V وصل بوده و روشن است.

پ) اگر کلید K را ببندیم، اختلاف پتانسیل دو سر لامپ‌ها صفر شده و اصطلاحاً اتصال کوتاه می‌شوند.

---

۲۰۸. الف) مقاومت‌های $R_۲$ و $R_۳$ به‌صورت موازی به هم بسته شده‌اند:

$$R_{۲,۳}=\frac{R_۲R_۳}{R_۲+R_۳}=\frac{۳\times۶}{۳+۶}=۲\Omega$$

$R_{۲,۳}$ به‌طور متوالی با $R_۱$ بسته شده است:

$$R_{eq}=R_۱+R_{۲,۳}=۳+۲=۵\Omega$$

ب) آمپرسنج جریانی را که از باتری می‌گذرد، نشان می‌دهد:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow[R_{eq}=۵\Omega\ ,\ r=۱\Omega]{\varepsilon=۹V}I=\frac{۹}{۵+۱}=۱/۵A$$

ب) با توجه به قاعدهٔ انشعاب، جریان I بین دو مقاومت $R_۲$ و $R_۳$ تقسیم می‌شود:

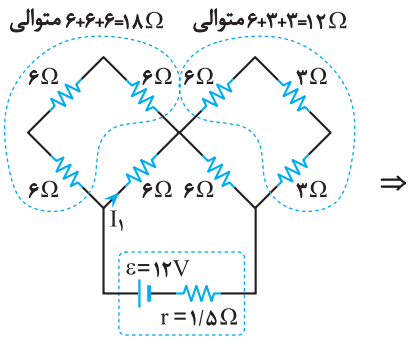
$$V_۲=V_۳\Rightarrow I_۲R_۲=I_۳R_۳\Rightarrow I_۲\times۳=I_۳\times۶\Rightarrow I_۲=۲I_۳$$

$$I=I_۲+I_۳\Rightarrow ۱/۵=۲I_۳+I_۳=۳I_۳\Rightarrow I_۳=\frac{۱/۵}{۳}=۰/۵A$$

$$I_۲=۲I_۳\Rightarrow I_۲=۲\times۰/۵=۱A$$

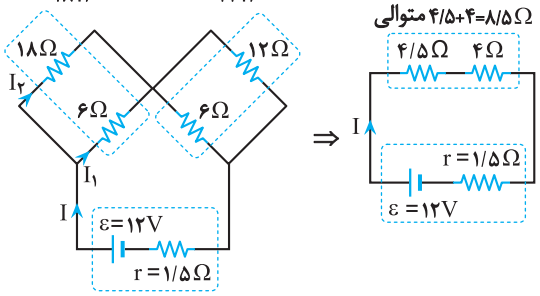
---

۲۰۹. ابتدا مقاومت معادل مدار را به‌دست می‌آوریم:



$\Rightarrow$

$۱۲\times۶\over۱۲+۶$=۴Ω موازی $۱۸\times۶\over۱۸+۶$=۴/۵Ω موازی



اکنون جریان گذرنده از باتری را حساب می‌کنیم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow[R_{eq}=۸/۵\Omega,r=۱/۵\Omega]{\varepsilon=۱۲V}$$

$$I=\frac{۱۲}{۸/۵+۱/۵}=۱/۲A$$

جریان I بین دو مقاومت موازی ۶Ω و ۱۸Ω تقسیم می‌شود:

$$V_۱=V_۲\Rightarrow I_۱R_۱=I_۲R_۲\xrightarrow[R_۲=۱۸\Omega]{R_۱=۶\Omega}۶I_۱=۱۸I_۲$$

$$\Rightarrow I_۱=۳I_۲$$

با توجه به قاعدهٔ انشعاب داریم:

$$I=I_۱+I_۲\Rightarrow ۱/۲=۳I_۲+I_۲=۴I_۲\Rightarrow I_۲=\frac{۱/۲}{۴}=۰/۳A$$

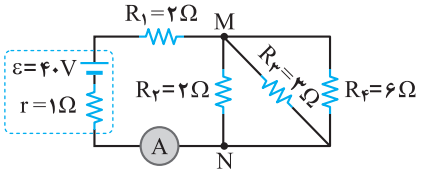
$$I_۱=۳I_۲=۳\times۰/۳=۰/۹A$$

---

۲۱۰. الف) مقاومت‌های $R_۲$، $R_۳$ و $R_۴$ به‌طور موازی به هم بسته شده‌اند. مقاومت معادل بین نقطهٔ M و N را R' می‌نامیم.

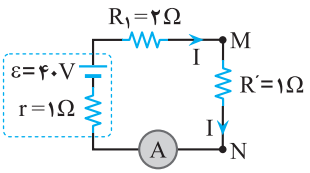
$$\frac{۱}{R'}=\frac{۱}{R_۲}+\frac{۱}{R_۳}+\frac{۱}{R_۴}=\frac{۱}{۲}+\frac{۱}{۳}+\frac{۱}{۶}=۱$$

$$\Rightarrow R'=۱\Omega$$



$R_۱$ و R' به‌طور متوالی قرار دارند:

$$R_{eq}=R'+R_۱=۱+۲=۳\Omega$$



ب) جریانی را که آمپرسنج نشان می‌دهد یعنی جریان گذرنده از باتری را به‌دست می‌آوریم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow[R_{eq}=۳\Omega,r=۱\Omega]{\varepsilon=۴۰V}I=\frac{۴۰}{۳+۱}=۱۰A$$

این جریان از مقاومت R' نیز می‌گذرد. بنابراین اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ M و N $(V_{N,M})$ به‌دست می‌آید:

$$V_{MN}=IR'=۱۰\times۱=۱۰V$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۳$ نیز V_{MN} است. بنابراین داریم:

$$I_۳=\frac{V_{MN}}{R_۳}\xrightarrow[R_۳=۳\Omega]{V_{MN}=۱۰V}I_۳=\frac{۱۰}{۳}A$$

---

۲۱۱. الف) با وصل کلید، مقاومت R_2 به عنوان یک شاخهٔ موازی به مدار اضافه می‌شود و مقاومت معادل مدار (R_{eq}) کاهش می‌یابد. با توجه به ثابت بودن مقادیر ε و r، جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد، افزایش می‌یابد.

$$\uparrow I = \frac{\varepsilon}{\downarrow R_{eq} + r}$$

ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر باتری (V) را نشان می‌دهد. بنابراین، با افزایش جریان، افت پتانسیل باتری (rI) زیاد شده و ولت‌سنج عدد کمتری را نشان می‌دهد.

$$\downarrow V = \varepsilon - rI \uparrow$$

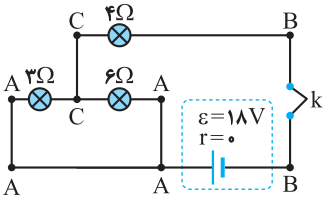
ب) با وصل کلید، مقاومت R_3 اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌گردد. با حذف یک مقاومت متوالی از مدار، مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد. بنابراین مشابه آنچه در قسمت الف گفته شد، آمپرسنج عدد بیشتر و ولت‌سنج عدد کمتری را نشان می‌دهند.

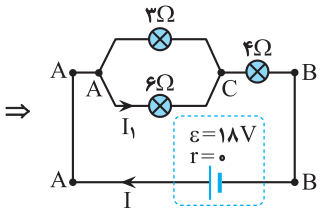
---

۲۱۲. وقتی کلید اول بسته می‌شود، یک لامپ وارد مدار می‌شود، لذا، آمپرسنج که در ابتدا عدد صفر را نشان می‌داد، عددی بیشتر از صفر را نمایش خواهد داد. همچنین ولت‌سنج که در ابتدا نیروی محرکهٔ باتری را نشان می‌داد (ε)، اکنون $(V = \varepsilon - rI)$ را نمایش می‌دهد که از ε کمتر است. بنابراین، با بسته شدن کلید اول، آمپرسنج عدد بزرگتر و ولت‌سنج عدد کوچکتر را نشان می‌دهد. بعد از بسته شدن کلید دوم، یک لامپ دیگر به‌طور موازی به مدار اضافه می‌شود، در نتیجه مقاومت معادل مدار کاهش یافته و باعث می‌شود طبق رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$، جریان در مدار افزایش یابد. بنابراین آمپرسنج عدد بزرگتری نسبت به حالت اول نشان داده و با افزایش افت پتانسیل درونی باتری، طبق رابطهٔ $V = \varepsilon - rI$، ولت‌سنج عدد کوچکتری نسبت به حالت اول را نشان خواهد داد.

---

۲۱۳. الف) ابتدا نقطه‌های هم‌پتانسیل را پیدا نموده و شکل ساده‌تری از مدار رسم می‌کنیم و سپس مقاومت معادل را می‌یابیم:





$$R_{eq} = \frac{۳\times۶}{۳+۶} + ۴ = ۶\Omega$$

ب) ابتدا جریان اصلی مدار را پیدا می‌کنیم و سپس اختلاف پتانسیل دو سر لامپ ۶ اهمی را (V_{AC}) را می‌یابیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \Rightarrow I = \frac{۱۸}{۶ + (۰)} = ۳A$$

$$V_{AC} = R_{AC} I = \left(\frac{۳\times۶}{۳+۶}\right)\times۳ = ۶V$$

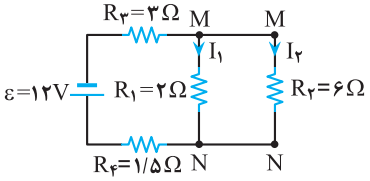
اکنون جریان I_1 را حساب می‌کنیم:

$$I_1 = \frac{V_{AC}}{R} \xrightarrow{R=۶\Omega} I_1 = \frac{۶}{۶} = ۱A$$

پ) اختلاف پتانسیل دو سر لامپ ۳ اُهمی، همان V_{AC}، یعنی ۶V است.

---

۲۱۴. ابتدا مقاومت معادل مدار را به‌دست می‌آوریم:



R_1 و R_2 موازی هستند: $R_{1,2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{۲\times۶}{۲+۶} = ۱/۵\Omega$

$R_{1,2}$، R_3 و R_4 متوالی هستند:

$$R_{eq} = R_3 + R_{1,2} + R_4 = ۳ + ۱/۵ + ۱/۵ = ۶\Omega$$

اکنون جریان گذرنده از باتری (I) را حساب می‌کنیم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r} \xrightarrow[R_{eq}=۶\Omega, r=۰]{\varepsilon=۱۲V} I = \frac{۱۲}{۶} = ۲A$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 (V_{MN}) را پیدا می‌کنیم:

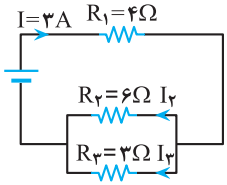
$$V_{MN} = R_{1,2} \times I \xrightarrow[I=۲A]{R_{1,2}=۱/۵\Omega} V_{MN} = ۱/۵\times۲ = ۳V$$

این اختلاف پتانسیل برای دو سر مقاومت R_2 نیز به‌کار می‌رود $(V_2 = V_{MN} = ۳V)$. در پایان می‌توانیم توان مصرفی در مقاومت R_3 به توان مصرفی در مقاومت R_2 را به‌دست آوریم:

$$\frac{P_{۳\Omega}}{P_{۶\Omega}} = \frac{P_3}{P_2} = \frac{R_3 I^2}{\frac{V_2^2}{R_{32}}} = \frac{۳\times۲^2}{\frac{۳^2}{۶}} = \frac{۱۲}{\frac{۳}{۲}} = ۸$$

---

۲۱۵. مقاومت‌های R_2 و R_3 موازی هستند. پس اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها یکسان است.



$$V_2 = V_3 \Rightarrow I_2 R_2 = I_3 R_3 \Rightarrow ۶I_2 = ۳I_3 \Rightarrow ۲I_2 = I_3$$

با توجه به قاعدهٔ انشعاب، جریان $I = ۳A$ را بین دو مقاومت R_2 و R_3 تقسیم می‌کنیم:

$$I = I_2 + I_3 \Rightarrow ۳ = I_2 + ۲I_2 = ۳I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{۳}{۳} = ۱A$$

$$I_3 = ۲I_2 = ۲\times۱ = ۲A$$

اکنون توان مصرفی هر مقاومت را به‌دست می‌آوریم:

$$P_1 = R_1 I^2 = ۴\times۳^2 = ۳۶W$$

$$P_2 = R_2 I_2^2 = ۶\times۱^2 = ۶W$$

$$P_3 = R_3 I_3^2 = ۳\times۲^2 = ۱۲W$$

---

۲۱۶. با معلوم بودن جریان مدار و مشخصات باتری، مقاومت معادل مدار را حساب می‌کنیم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow[r=1\Omega]{I=3A,\varepsilon=21V}3=\frac{21}{R_{eq}+1}\Rightarrow R_{eq}=6\Omega$$

مقاومت‌های R_1 و R_2 با هم موازی‌اند و مجموعهٔ آن‌ها با R_3 متوالی است:

$$R_{1,2}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{3\times6}{3+6}=2\Omega$$

$$R_{eq}=R_3+R_{1,2}\Rightarrow 6=R_3+2\Rightarrow R_3=4\Omega$$

ب) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های R_1 و R_2 را به‌دست می‌آوریم:

$$V_{1,2}=R_{1,2}\times I=2\times3=6V$$

اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_1 نیز ۶V است:

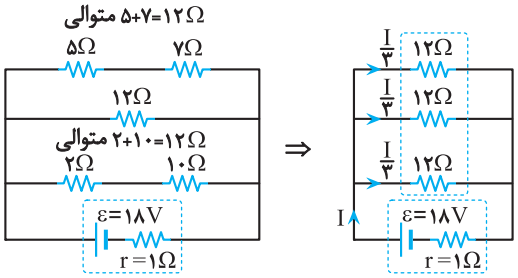
$$P_1=\frac{V_1^2}{R_1}\xrightarrow[R_1=3\Omega]{V_1=6V}P_1=\frac{6^2}{3}=12W$$

پ) توان تلف شده در باتری، برابر با rI^2 است.

$$\text{توان تلف شده در باتری}=rI^2=1\times3^2=9W$$

---

۲۱۷. ابتدا مقاومت معادل مدار را حساب می‌کنیم:



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

اکنون جریان گذرنده از باتری را به‌دست می‌آوریم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow[R_{eq}=4\Omega,r=1\Omega]{\varepsilon=18V}I=\frac{18}{4+1}=\frac{18}{5}=3/6A$$

بنابراین جریان گذرنده از هر شاخه $(\frac{I}{3})$ برابر است با:

$$I'=\frac{I}{3}=\frac{3/6}{3}=1/2A$$

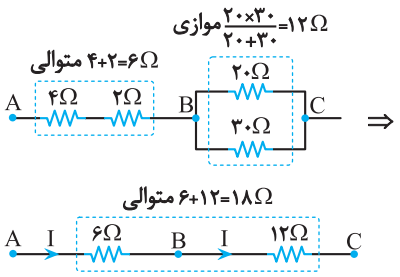
جریان گذرنده از مقاومت‌های ۵ اهمی و ۱۰ اهمی نیز $1/2A$ است.

بنابراین می‌توانیم توان مصرفی هر یک از آن‌ها را به‌دست آوریم:

$$P=RI^2\begin{cases}\nearrow P_{5\Omega}=5\times(1/2)^2=7/2W\\ \searrow P_{10\Omega}=10\times(1/2)^2=14/4W\end{cases}$$

---

۲۱۸. ابتدا مقاومت معادل مدار را حساب می‌کنیم:



سپس جریان گذرنده از باتری را به‌دست می‌آوریم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow[R_{eq}=18\Omega,r=2\Omega]{\varepsilon=30V}I=\frac{30}{20}=1/5A$$

جریان گذرنده از قسمت‌های AB و BC مدار نیز همین $1/5A$ است. بنابراین توان مصرفی هر قسمت را حساب می‌کنیم:

$$P_{AB}=R_{AB}\times I^2\xrightarrow[I=1/5A]{R_{AB}=6\Omega}$$

$$P_{AB}=6\times(1/5)^2=13/5W$$

$$P_{BC}=R_{BC}\times I^2\xrightarrow[I=1/5A]{R_{BC}=12\Omega}$$

$$P_{BC}=12\times(1/5)^2=27W$$

---

۲۱۹. ابتدا با استفاده از مشخصات اسمی هر لامپ، مقاومت الکتریکی آن را حساب می‌کنیم:

$$P_m=\frac{V_m^2}{R}\Rightarrow R=\frac{V_m^2}{P_m}\begin{cases}\nearrow R_A=\frac{10^2}{10}=10\Omega\\ \searrow R_B=\frac{20^2}{20}=20\Omega\end{cases}$$

اکنون توان مصرفی لامپ B را در مدار (۱) به‌دست می‌آوریم:

$$P_{B1}=\frac{V_{B1}^2}{R_B}\xrightarrow[R_B=20\Omega]{V_{B1}=10V}P_{B1}=\frac{10^2}{20}=5W$$

مقاومت معادل و جریان الکتریکی در مدار (۲) را محاسبه می‌کنیم:

$$R_{eq}=R_A+R_B=10+20=30\Omega$$

$$I=\frac{V}{R_{eq}}=\frac{15}{30}=\frac{1}{2}A$$

توان مصرفی لامپ B در مدار (۲) نیز به دست می‌آید:

$$P_{B2}=R_B\times I^2\xrightarrow[I=\frac{1}{2}A]{R_B=20\Omega}P_{B2}=20(\frac{1}{2})^2=5W$$

بنابراین توان مصرفی لامپ B در هر دو مدار برابر با ۵W بوده و هیچ فرقی با هم ندارد.

---

۲۲۰. توان الکتریکی مصرفی از رابطهٔ $P=\frac{V^2}{R}$ به دست می‌آید. بنابراین، بیشترین توان مربوط به کمترین مقاومت و کمترین توان مربوط به بیشترین مقاومت است. (V ثابت است)

در بستن موازی مقاومت‌ها، مقاومت معادل کوچکتر از هر یک از مقاومت‌هاست. بنابراین بیشترین توان مربوط به وقتی است که کلیدهای A و B هر دو بسته‌اند:

$$R_{eq}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\Rightarrow R_{eq}=R_{min}=\frac{V^2}{P_{max}}=\frac{(200)^2}{2000}$$

$$=\frac{40000}{2000}=20\Omega$$

از طرفی کمترین توان مربوط به وقتی است که کلید مربوط به رشتهٔ با مقاومت بیشتر بسته شده است. اگر این مقاومت را با R_1 نمایش دهیم، داریم:

$$R_1=R_{max}=\frac{V^2}{P_{min}}=\frac{(200)^2}{400}=\frac{40000}{400}=100\Omega$$

بنابراین مقاومت مجهول $R_۲$ از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\frac{۱}{R_{eq}}=\frac{۱}{R_۱}+\frac{۱}{R_۲}\xrightarrow[R_۱=۱۰۰\Omega]{R_{eq}=۲۰\Omega}\frac{۱}{۲۰}=\frac{۱}{۱۰۰}+\frac{۱}{R_۲}$$

$$\Rightarrow\frac{۱}{R_۲}=\frac{۱}{۲۰}-\frac{۱}{۱۰۰}=\frac{۴}{۱۰۰}\Rightarrow R_۲=\frac{۱۰۰}{۴}=۲۵\Omega$$

---

۲۲۱. الف) ابتدا مقاومت معادل مدار را حساب می‌کنیم. مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ موازی هستند:

$$R_{۱,۲}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}=\frac{۳\times۶}{۳+۶}=۲\Omega$$

مقاومت‌های $R_۳$ و $R_۴$ متوالی هستند:

$$R_{۳,۴}=R_۳+R_۴=۲+۵=۷\Omega$$

$R_{۱,۲}$ و $R_{۳,۴}$ متوالی بسته شده‌اند. بنابراین داریم:

$$R_{eq}=R_{۱,۲}+R_{۳,۴}=۲+۷=۹\Omega$$

اکنون جریان عبوری از باتری را حساب می‌کنیم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow[R_{eq}=۹\Omega,r=۱\Omega]{\varepsilon=۳۰V}I=\frac{۳۰}{۹+۱}=۳A$$

ب) $V=\varepsilon-rI\xrightarrow[I=۳A]{\varepsilon=۳۰V,r=۱\Omega}V=۳۰-۱\times۳=۲۷V$

پ) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_{۱,۲}$ را به‌دست می‌آوریم:

$$V_{۱,۲}=R_{۱,۲}\times I=۲\times۳=۶V$$

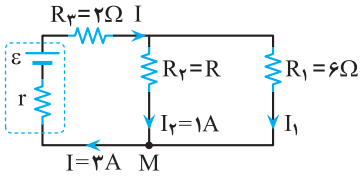
اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۱$ نیز $۶V$ است. بنابراین می‌توان نوشت:

$$U_۱=\frac{V_۱^۲}{R_۱}\times t\xrightarrow[t=۲min=۱۲۰s]{V_۱=۶V,R_۱=۳\Omega}U_۱=\frac{۶^۲}{۳}\times۱۲۰=۱۴۴۰J$$

ت) توان تولیدی باتری $=\varepsilon I=۳۰\times۳=۹۰W$

---

۲۲۲. الف) با استفاده از قاعدهٔ انشعاب در گره M می‌توان نوشت:



$$I=I_۱+I_۲\Rightarrow۳=I_۱+۱\Rightarrow I_۱=۲A$$

مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ موازی‌اند؛ پس اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها با هم برابر است:

$$V_۱=V_۲\Rightarrow I_۱R_۱=I_۲R_۲\Rightarrow۲\times۶=۱\times R\Rightarrow R=۱۲\Omega$$

ب) $U_۳=R_۳I^۲t\xrightarrow[t=۱min=۶۰s]{R_۳=۲\Omega,I=۳A}$

$$U_۳=۲\times۳^۲\times۶۰=۱۰۸۰J$$

پ) مقاومت معادل مدار را حساب می‌کنیم:

$R_۱$ و $R_۲$ موازی هستند:

$$R_{۱,۲}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}\xrightarrow[R_۲=۱۲\Omega]{R_۱=۶\Omega}R_{۱,۲}=\frac{۶\times۱۲}{۶+۱۲}=۴\Omega$$

$R_{۱,۲}$ و $R_۳$ متوالی هستند: $R_{eq}=R_{۱,۲}+R_۳=۴+۲=۶\Omega$

توان خروجی باتری، همان توان مصرفی مدار است. بنابراین توان مصرفی مدار را حساب می‌کنیم:

$$P=R_{eq}\times I^۲\xrightarrow[I=۳A]{R_{eq}=۶\Omega}P=۶\times۳^۲=۵۴W$$

---

۲۲۳. الف) $R_۱$ و $R_۲$ متوالی هستند:

$$R_{۱,۲}=R_۱+R_۲=۲+۴=۶\Omega$$

$R_{۱,۲}$ و $R_۳$ موازی هستند: $R_{eq}=\frac{R_{۱,۲}\times R_۳}{R_{۱,۲}+R_۳}=\frac{۶\times۳}{۶+۳}=۲\Omega$

ب) $I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow[R_{eq}=۲\Omega,r=۱\Omega]{\varepsilon=۹V}I=\frac{۹}{۲+۱}=۳A$

پ) $P=\varepsilon I-rI^۲=۹\times۳-۱\times۳^۲=۲۷-۹=۱۸W$

ت)

$$U=R_{eq}I^۲t\xrightarrow[t=۲۰s]{R_{eq}=۲\Omega,I=۳A}U=۲\times۳^۲\times۲۰=۳۶۰J$$

---

۲۲۴. الف) اگر کلید k را ببندیم، یک شاخهٔ موازی به مدار اضافه می‌شود که سبب می‌شود مقاومت معادل مدار (R_{eq}) کاهش یابد، در نتیجه با توجه به ثابت بودن مقادیر ε و r جریان عبوری از باتری افزایش پیدا می‌کند:

$$\uparrow I=\frac{\varepsilon}{\downarrow R_{eq}+r}$$

جریان عبوری از مقاومت $R_۳$ همان جریان عبوری از باتری (I) است. بنابراین با توجه به ثابت بودن مقادیر $R_۳$ و t، انرژی مصرفی مقاومت $R_۳$ افزایش می‌یابد: $\uparrow U_۳=R_۳\uparrow I^۲t$

ب) هنگام بسته بود کلید، مقاومت معادل مدار را حساب می‌کنیم. $R_۱$ و $R_۲$ موازی هستند:

$$R_{۱,۲}=\frac{R_۱R_۲}{R_۱+R_۲}=\frac{۶\times۳}{۶+۳}=۲\Omega$$

$R_{۱,۲}$ و $R_۳$ متوالی هستند. $R_{eq}=R_{۱,۲}+R_۳=۲+۳=۵\Omega$

جریان عبوری از باتری را حساب می‌کنیم:

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}=\frac{۱۲}{۵+۱}=۲A$$

در پایان توان خروجی باتری به‌دست می‌آید:

$$P=\varepsilon I-rI^۲=۱۲\times۲-۱\times۲^۲=۲۰W$$

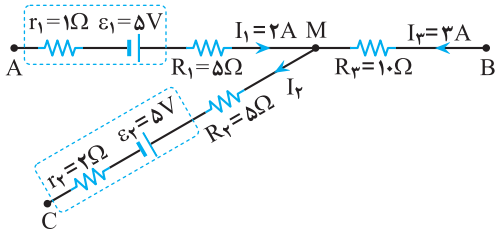
---

۲۲۵. الف) از نقطهٔ A روی مدار شروع کرده و به‌طور ذهنی به طرف نقطهٔ B می‌رویم و تغییر پتانسیل‌ها را می‌نویسیم تا به نقطهٔ B برسیم:

$$V_A-r_۱I_۱+\varepsilon_۱-R_۱I_۱+R_۳I_۳=V_B$$

$$\Rightarrow V_A-۱\times۲+۵-۵\times۲+۱۰\times۳=V_B$$

$$\Rightarrow V_A+۲۳=V_B\Rightarrow V_A-V_B=-۲۳V$$



ب) قاعدهٔ انشعاب در گره M را به‌کار می‌بریم و جریان $I_۲$ را به‌دست می‌آوریم: $I_۲=I_۱+I_۳=۲+۳=۵A$

باتری ۲ در اینجا به عنوان مصرف‌کننده عمل می‌کند و توان ورودی آن به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

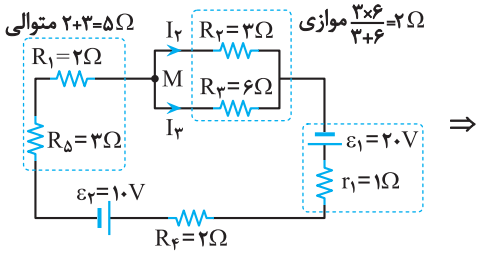
$$P_۲ = \varepsilon_۲ I_۲ + r_۲ I_۲^۲ = ۵\times۵ + ۲\times۵^۲ = ۷۵W$$

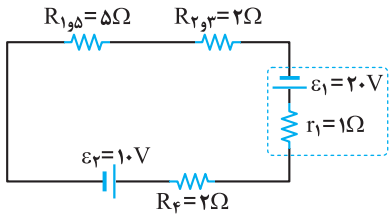
پ) $$U_۳ = R_۳ I_۳^۲ t \xrightarrow[t=۱min=۶۰s]{R_۳=۱۰\Omega, I_۳=۳A}$$

$$U_۳ = ۱۰\times۳^۲\times۶۰ = ۵۴۰۰J$$

---

۲۲۶. الف) ابتدا شکل مدار را ساده می‌کنیم:





در مدار تک حلقه‌ای که به دست آمده، $\varepsilon_۱ > \varepsilon_۲$ است. بنابراین باتری ۱ به عنوان مولد و باتری ۲ به عنوان مصرف‌کننده عمل می‌کنند. جریان الکتریکی در این مدار را به‌دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon_۱ - \varepsilon_۲}{R_{۱,۵} + R_{۲,۳} + R_۴ + r_۱} = \frac{۲۰-۱۰}{۵+۲+۲+۱} = \frac{۱۰}{۱۰} = ۱A$$

ب) مقاومت‌های $R_۲$ و $R_۳$ موازی‌اند. پس اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها یکسان است:

$$V_۲ = V_۳ \Rightarrow I_۲R_۲ = I_۳R_۳ \Rightarrow I_۲\times۳ = I_۳\times۶ \Rightarrow I_۲ = ۲I_۳$$

از طرفی با توجه به قاعدهٔ انشعاب در گره M می‌توان نوشت:

$$I = I_۲ + I_۳ \xrightarrow[I=۱A]{I_۲=۲I_۳} ۱ = ۲I_۳ + I_۳ \Rightarrow ۱ = ۳I_۳$$

$$\Rightarrow I_۳ = \frac{۱}{۳}A \quad , \quad I_۲ = ۲I_۳ \Rightarrow I_۲ = ۲\times\frac{۱}{۳} = \frac{۲}{۳}A$$

پ) $$P_۱ = \varepsilon_۱ I_۱ - r_۱ I_۱^۲ = ۲۰\times۱ - ۱\times۱^۲ = ۲۰-۱ = ۱۹W$$

---

۲۲۷. الف) باتری ۱ در این مدار به عنوان مصرف‌کننده عمل می‌کند و توان ورودی آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$P_۱ = \varepsilon_۱ I_۱ + r_۱ I_۱^۲ = ۸\times۱ + ۱/۵\times۱^۲ = ۸ + ۱/۵ = ۹/۵W$$

ب) $$U_۳ = R_۳ I_۳^۲ t \xrightarrow[t=۱min=۶۰s]{R_۳=۸\Omega, I_۳=۱A}$$

$$U_۳ = ۸\times۱^۲\times۶۰ = ۴۸۰J$$

پ) روی مدار و به طور ذهنی از نقطهٔ A به‌طرف نقطهٔ C می‌رویم و ضمن گذر از هر قسمت، تغییر پتانسیل آن را می‌نویسیم:

$$V_A - I_۱R_۱ - \varepsilon_۱ - I_۱r_۱ + I_۳R_۳ = V_C$$

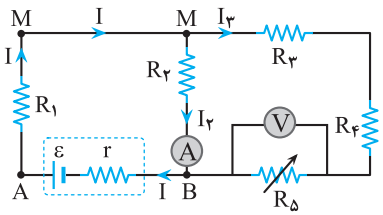
$$\Rightarrow V_A - ۱\times۱۲ - ۸ - ۱\times۱/۵ + ۱\times۸ = V_C$$

$$\Rightarrow V_A - ۱۳/۵ = V_C \Rightarrow V_C - V_A = -۱۳/۵V$$

---

۲۲۸. با افزایش مقاومت یک جزء از مدار، مقاومت معادل مدار (R_{eq}) نیز افزایش می‌یابد. با توجه به ثابت بودن مقادیر ε و r و با استفاده از رابطهٔ زیر، جریانی که از باتری می‌گذرد کاهش می‌یابد.

$$\downarrow I = \frac{\varepsilon}{\uparrow R_{eq} + r}$$



اختلاف پتانسیل میان دو نقطهٔ M و B را به‌دست می‌آوریم. برای این کار از نقطهٔ B و در جهت جریان به طرف نقطهٔ M می‌رویم:

$$V_B - Ir + \varepsilon - IR_۱ = V_M$$

$$\varepsilon - I(r+R_۱) = V_M - V_B \Rightarrow \varepsilon - \downarrow I(r+R_۱) = \uparrow V_{MB}$$

مقادیر ε، r و $R_۱$ ثابت هستند. بنابراین با کاهش جریان باتری، اختلاف پتانسیل میان دو نقطهٔ M و B افزایش می‌یابد، لذا عدد آمپرسنج که جریان $I_۲$ را نشان می‌دهد افزایش می‌یابد.

$$\uparrow V_{MB} = \uparrow I_۲R_۲$$

با توجه با قاعدهٔ انشعاب در گره M جریان $I_۳$ کاهش می‌یابد:

$$\downarrow I = \uparrow I_۲ + I_۳ \Rightarrow \downarrow I_۳$$

از طرفی در شاخهٔ سمت راست داریم:

$$\uparrow V_{MB} = V_۳ + V_۴ + V_۵ \xrightarrow[\downarrow V_۴ = \downarrow I_۴R_۴]{\downarrow V_۳ = \downarrow I_۳R_۳} \uparrow V_۵$$

یعنی عدد ولت‌سنج که مقدار $V_۵$ را نشان می‌دهد، افزایش می‌یابد.

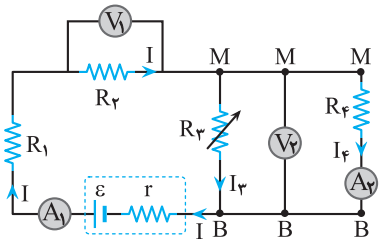
---

۲۲۹. با کاهش مقاومت یک جزء از مدار، مقاومت معادل مدار (R_{eq}) نیز کاهش می‌یابد. با توجه به ثابت بودن مقادیر ε و r، جریان I (عدد آمپرسنج $A_۱$) افزایش می‌یابد:

$$\uparrow I = \frac{\varepsilon}{\downarrow R_{eq} + r}$$

بنابراین ولت‌سنج $V_۱$ که اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت $R_۲$ را نشان می‌دهد، افزایش می‌یابد.

اکنون از نقطهٔ B و در جهت جریان به طرف نقطهٔ M حرکت می‌کنیم و اختلاف پتانسیل V_{MB} را به‌دست می‌آوریم:



$$V_B - Ir + \varepsilon - IR_۱ - IR_۲ = V_M$$

$$\Rightarrow \varepsilon - I(r+R_۱+R_۲) = V_M - V_B$$

با توجه به افزایش جریان I و ثابت بودن ε مقدار $V_M - V_B$ یعنی V_{MB} کاهش می‌یابد. بنابراین ولت‌سنج $V_۲$ عدد کوچک‌تری را نشان می‌دهد.

از طرفی برای مقاومت $R_۴$ داریم: $\downarrow V_۲ = R_۴I_۴ \downarrow$

یعنی آمپرسنج $A_۲$ عدد کمتری را نشان می‌دهد.

---

۲۳۰. الف) با وصل کلید، مقاومت‌های R_1 و R_2 اتصال کوتاه شده و از مدار حذف می‌شوند. بنابراین جریان آمپرسنج از یک مقدار معین به صفر می‌رسد. یعنی کاهش می‌یابد.

ب) با حذف مقاومت‌های R_1 و R_2، مقاومت معادل مدار (R_{eq}) کاهش یافته و جریانی که از باتری‌ها و مقاومت R_3 می‌گذرد (I) افزایش پیدا می‌کند:

$$\uparrow I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\downarrow R_{eq} + r}$$

(ε_1 و ε_2 و r مقادیر ثابتی دارند)

با توجه به ثابت بودن R_3، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_3 افزایش می‌یابد:

$$\uparrow V_3 = R_3 I \uparrow$$

پ) باتری ۱ که نیروی محرکهٔ بزرگتری دارد به عنوان مولد عمل می‌کند. این باتری آرمانی است $(r = 0)$ و توان خروجی آن برابر با $\varepsilon_1 I$ است. با افزایش جریان، توان خروجی آن نیز افزایش می‌یابد.

$$\uparrow P_1 = \varepsilon_1 I \uparrow$$

ت) باتری ۲ در اینجا به عنوان مصرف‌کننده عمل می‌کند و با افزایش جریان I، توان مصرفی آن نیز افزایش پیدا می‌کند.

$$\uparrow P_2 = \varepsilon_2 I \uparrow + r_2 I^2 \uparrow$$

پاسخ سوال‌های ویژهٔ برترها

۲۳۱. الف) ابتدا بار الکتریکی هر یک از کره‌ها را بعد از وصل سیم بین آن‌ها، می‌یابیم. چون کره‌ها مشابه‌اند، بعد از وصل سیم، بار آن‌ها هم‌اندازه و هم‌نوع و برابر میانگین بارهایی است که قبل از وصل سیم داشته‌اند.

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} \xrightarrow[q_2 = -8nC]{q_1 = 4nC}$$

$$q'_1 = q'_2 = \frac{4 - 8}{2} = -2nC$$

اکنون می‌توان تعداد الکترون‌های مازاد هر کره را بعد از وصل سیم به دست آورد. چون بعد از وصل سیم بار الکتریکی هر کره برابر با $q = -2nC$ است، داریم:

$$n = \frac{q}{e} \xrightarrow[e = 1/6 \times 10^{-19} C]{q = |q'_1| = 2nC = 2 \times 10^{-9}}$$

$$n = \frac{2 \times 10^{-9}}{1/6 \times 10^{-19}} = 1/25 \times 10^{10}$$

ب) برای محاسبهٔ جریان الکتریکی متوسط، ابتدا بار الکتریکی شارش یافته بین دو کره را می‌یابیم. دقت کنید؛ بار شارش یافته، برابر اختلاف باری است که یکی از کره‌ها، قبل و بعد از وصل سیم دارد.

$$\Delta q = | q'_1 - q_1 | \xrightarrow[q_1 = 4nC]{q'_1 = -2nC}$$

$$\Delta q = | -2 - 4 | = 6nC = 6 \times 10^{-9} C$$

اکنون جریان الکتریکی متوسط را حساب می‌کنیم:

$$I_{av} = \frac{\Delta q}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t = 2 \times 10^{-2} s]{\Delta q = 6 \times 10^{-9} C}$$

$$I_{av} = \frac{6 \times 10^{-9}}{2 \times 10^{-2}} = 3 \times 10^{-7} A$$

۲۳۲. اگر در یک مدار مقاومت معادل با مقاومت درونی باتری برابر شوند، توان خروجی باتری به بیشترین مقدار خود می‌رسد. در این‌جا، مقاومت معادل مدار، همان مقاومت متغیر R است. پس برای آنکه توان خروجی باتری بیشینه شود، داریم:

$$R = r = 0/4 \Omega$$

اکنون نیروی محرکهٔ باتری را به‌دست می‌آوریم:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \xrightarrow[R = r = 0/4 \Omega]{I = 10 A} 10 = \frac{\varepsilon}{0/4 + 0/4} \Rightarrow \varepsilon = 8V$$

بیشینهٔ توان خروجی باتری نیز به ازای جریان $10A$ به‌دست می‌آید:

$$P = \varepsilon I - r I^2 \xrightarrow[I = 10 A]{\varepsilon = 8V, r = 0/4 \Omega}$$

$$P_{max} = 8 \times 10 - 0/4 \times 10^2 = 80 - 40 = 40W$$

۲۳۳. الف) ابتدا مقاومت الکتریکی سیم را به دست می‌آوریم و به دنبال آن، با استفاده از قانون اهم، جریان الکتریکی عبوری از سیم را حساب می‌کنیم:

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \xrightarrow[\pi = 3]{D = 2mm = 2 \times 10^{-3} m}$$

$$A = 3 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{4} = 3 \times 10^{-6} m^2$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow[L = 300 m \ , \ A = 3 \times 10^{-6} m^2]{\rho = 1/5 \times 10^{-8} \Omega . m}$$

$$R = \frac{1/5 \times 10^{-8} \times 300}{3 \times 10^{-6}} = 1/5 \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} \xrightarrow[R = 1/5 \Omega]{V = 24V} I = \frac{24}{1/5} = 16A$$

اکنون با استفاده از رابطه‌های $q = ne$ و $q = It$، تعداد الکترون‌ها را پیدا می‌کنیم:

$$n = \frac{q}{e} \xrightarrow{q = It}$$

$$n = \frac{It}{e} \xrightarrow[e = 1/6 \times 10^{-19} C \ , \ I = 16A]{t = 5 min = 5 \times 60 = 300 s}$$

$$n = \frac{16 \times 300}{1/6 \times 10^{-19}} = 3 \times 10^{22}$$

ب) وقتی سیم به طول L را به دو قسمت $L_1 = \frac{1}{3} L$ و $L_2 = \frac{2}{3} L$ تقسیم کنیم، طبق رابطهٔ $R = \rho \frac{L}{A}$، مقاومت آن‌ها به ترتیب $\frac{R}{3}$ و $\frac{2R}{3}$ می‌شود. بنابراین، وقتی سیم را بدون تغییر حجم از دستگاهی عبور می‌دهیم تا طول هر کدام به $2L$ برسد، سطح مقطع آن‌ها تغییر می‌کند، لذا ابتدا سطح مقطع هر یک را می‌یابیم:

$$V = A_1 L_1 = A'_1 L'_1 \xrightarrow[L_1 = \frac{1}{3} L]{L'_1 = 2L}$$

$$A_1 \times \frac{1}{3} L = A'_1 \times 2L \Rightarrow A_1 = 6A'_1$$

$$V = A_2 L_2 = A'_2 L'_2 \xrightarrow[L_2 = \frac{2}{3} L]{L'_2 = 2L}$$

$$A_2 \times \frac{2}{3} L = A'_2 \times 2L \Rightarrow A_2 = 3A'_2$$

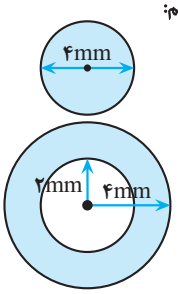
اکنون مقاومت جدید هر قسمت از سیم را می‌یابیم:

$$\frac{R'_1}{R_1}=\frac{L'_1}{L_1}\times\frac{A_1}{A'_1}\Rightarrow\frac{R'_1}{\frac{R}{3}}=\frac{2L}{\frac{L}{3}}\times\frac{6A'_1}{A'_1}\Rightarrow R'_1=12R$$

$$\frac{R'_2}{R_2}=\frac{L'_2}{L_2}\times\frac{A_2}{A'_2}\Rightarrow\frac{R'_2}{\frac{2R}{3}}=\frac{2L}{\frac{2L}{3}}\times\frac{3A'_2}{A'_2}\Rightarrow R'_2=6R$$

در آخر داریم: $\frac{R'_1-R'_2}{R}=\frac{12R-6R}{R}\Rightarrow\frac{R'_1-R'_2}{R}=6$

۲۳۴. الف) ابتدا مساحت سطح مقطع دو سیم را می‌یابیم:



$$A_A=\pi\frac{D^2}{4}=\pi\times\frac{16}{4}=4\pi mm^2$$

$$A_B=\pi r_1^2-\pi r_2^2\xrightarrow[r_2=2mm]{r_1=4mm}$$

$$A_B=\pi\times16-\pi\times4=12\pi mm^2$$

اکنون با استفاده از رابطهٔ $R=\rho\frac{L}{A}$ داریم:

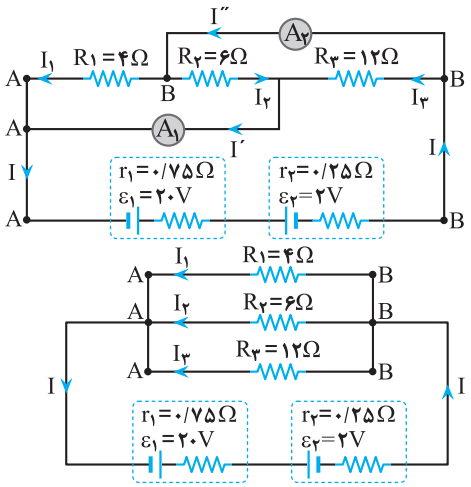
$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{\rho_A}{\rho_B}\times\frac{L_A}{L_B}\times\frac{A_B}{A_A}\xrightarrow[L_A=L_B]{\rho_A=\rho_B}$$

$$\frac{R_A}{R_B}=1\times1\times\frac{12\pi}{4\pi}=3$$

ب) خیر- چون ولت‌سنج آرمانی است، مقاومت آن $R=\infty$ است، بنابراین، وقتی ولت‌سنج به صورت متوالی در مدار قرار می‌گیرد، مقاومت معادل مدار $R_{eq}=\infty$ می‌شود، لذا طبق قانون اهم، آمپرسنج عدد صفر را نشان می‌دهد.

$$I=\frac{V}{R}=\frac{10}{\infty}=0$$

۲۳۵. الف) چون آمپرسنج‌ها مقاومت ناچیزی دارند، مانند یک سیم رابط عمل می‌کنند، سپس می‌توانیم مقاومت‌های R_1، R_2 و R_3 را موازی در نظر بگیریم و معادل آن‌ها را پیدا کنیم.



$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$$

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

با توجه به اینکه $\varepsilon_1>\varepsilon_2$ است، باتری ۱ به عنوان مولد عمل می‌کند و باتری ۲ مصرف‌کننده است. جریان در مدار به‌صورت پادساعتگرد برقرار می‌شود. یعنی در هر مقاومت خارجی R، جریان از B به طرف A است.

$$I=\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{R_{eq}+r_1+r_2}=\frac{20-2}{2+0/75+0/25}=\frac{18}{3}=6A$$

اکنون اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ B و A را به‌دست می‌آوریم:

$$V_{BA}=R_{eq}\times I=2\times6=12V$$

جریان عبوری از هر مقاومت خارجی R نیز به‌دست می‌آید:

$$I_1=\frac{V_{BA}}{R_1}=\frac{12}{4}=3A$$

$$I_2=\frac{V_{BA}}{R_2}=\frac{12}{6}=2A$$

$$I_3=\frac{V_{BA}}{R_3}=\frac{12}{12}=1A$$

در پایان با استفاده از قاعدهٔ انشعاب، جریان عبوری از آمپرسنج‌ها را پیدا می‌کنیم:

$I'=I_3+I_2=1+2=3A$ آمپرسنج A_1، $3A$ را نشان می‌دهد.

$I''=I_1+I_2=3+2=5A$ آمپرسنج A_2، $5A$ را نشان می‌دهد.

ب) $P_2=\varepsilon_2 I+r_2I^2=2\times6+0/25\times6^2=21W$

۲۳۶. گزینهٔ «۱»: چون مقاومت‌ها به صورت متوالی به هم بسته شده‌اند، با کاهش مقاومت R_1، مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد، در نتیجه بنا به رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}$ و با توجه به ثابت بودن r و ε، جریان الکتریکی اصلی مدار افزایش خواهد یافت. بنابراین، طبق رابطهٔ $V=\varepsilon_0-rI$، با افزایش I اختلاف پتانسیل دو سر باتری که ولت‌سنج V نشان می‌دهد، کاهش می‌یابد و بنابه رابطهٔ $V_2=R_2I$، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_2 که ولت‌سنج V_2 نشان می‌دهد، افزایش خواهد یافت. همچنین، بنابه رابطهٔ $V=V_1+V_2$، با کاهش V و افزایش V_2، مقدار V_1 کاهش خواهد یافت.

۲۳۷. الف) باتری ε_1 به مدار انرژی می‌دهد (مولد) و باتری ε_2 از مدار انرژی دریافت می‌کند (مصرف‌کننده). بنابراین جریان در مدار هم‌جهت با جریانی که از قطب مثبت باتری ε_1 خارج می‌شود، یعنی، پادساعتگرد خواهد بود. در این حالت برای به‌دست آوردن جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد، می‌توان نوشت:

$$R_{eq}=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}=\frac{12\times4}{12+4}=3\Omega$$

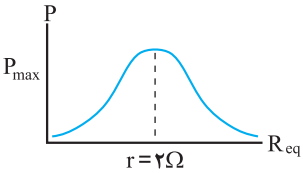
$$I=\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{R_{eq}+r_1+r_2}\xrightarrow[r_1=0/75\Omega,r_2=0/25\Omega]{\varepsilon_1=10V,\varepsilon_2=2V}$$

$$I=\frac{10-2}{3+0/75+0/25}=2A$$

ب) توان خروجی باتری ε_1 برابر است با:

$$P_1=\varepsilon_1I-r_1I^2\Rightarrow P_1=10\times2-0/75\times(2)^2\Rightarrow P_1=17W$$

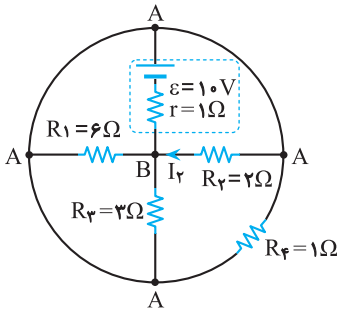
۲۳۸. وقتی لغزندهٔ رئوستا از نقطهٔ A به نقطهٔ B برده شود، مقاومت رئوستا افزایش می‌یابد و باعث می‌شود، مقاومت معادل مدار افزایش یابد، در نتیجه طبق رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}$، جریان اصلی مدار کاهش خواهد یافت. با کاهش جریان اصلی مدار، بنابه رابطهٔ $V=\varepsilon-rI$، اختلاف پتانسیل دو سر باتری افزایش و بنابه رابطهٔ $V_2=R_2I$، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_2 کاهش می‌یابد. در این حالت، طبق رابطهٔ $V_{\text{باتری}}=V_1+V_2$، با افزایش V و کاهش V_2، اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_1 افزایش خواهد یافت، بنابراین با افزایش V_1، بنابه رابطهٔ $P_1=\frac{V_1^2}{R_1}$، توان مصرفی مقاومت R_1 نیز افزایش خواهد یافت. می‌دانیم به‌ازای $R_{eq}=r$ توان خروجی باتری بیشینه می‌شود.



از طرف دیگر، چون مقاومت معادل مدار افزایش یافته و از $r=2\Omega$ بیشتر فاصله می‌گیرد، لذا طبق نمودار، توان خروجی باتری کاهش می‌یابد.

---

۲۳۹. مطابق شکل زیر، نقطه‌های هم‌پتانسیل را مشخص می‌کنیم و سپس مقاومت معادل مدار را می‌یابیم و به دنبال آن جریان اصلی مدار را حساب می‌کنیم.



دقت کنید، چون مقاومت R_4 بین دو نقطهٔ هم‌پتانسیل قرار گرفته است (اتصال کوتاه) از آن جریان عبور نمی‌کند، بنابراین از مدار حذف می‌شود و سایر مقاومت‌ها که بین دو نقطهٔ A و B واقع‌اند، با هم موازی‌اند.

$$\frac{1}{R_{eq}}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{6}+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}\Rightarrow R_{eq}=1\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}\xrightarrow{\varepsilon=10V,\ r=1\Omega}I=\frac{10}{1+1}=5A$$

برای محاسبهٔ I_2، ابتدا V_{AB} را می‌یابیم. V_{AB} با اختلاف پتانسیل دو سر باتری برابر است.

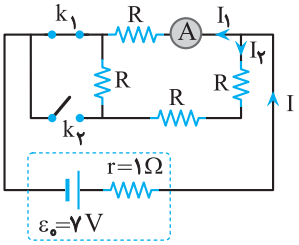
$$V_{AB}=V=\varepsilon-rI\Rightarrow V_{AB}=10-1\times5=5V$$

بنابراین جریان I_2 برابر است با:

$$I_2=\frac{V_{AB}}{R_2}=\frac{5}{2}=2/5A$$

---

۲۴۰. در صورتی که کلید k_1 بسته و کلید k_2 باز باشد، ابتدا جریان اصلی مدار و به دنبال آن مقاومت معادل مدار و سپس R را حساب می‌کنیم. برای محاسبهٔ جریان اصلی مدار، مقاومت معادل مقاومت‌های متوالی شاخهٔ پایین را می‌یابیم و از برابری ولتاژ آن‌ها با شاخهٔ بالا، جریان شاخهٔ پایین را حساب می‌کنیم و از مجموع جریان دو شاخه، I اصلی را حساب می‌کنیم:



$$R'=R+R+R=3R$$

$$V=RI_1=3RI_2\xrightarrow{I_1=\frac{3}{4}A}R\times\frac{3}{4}=3R\times I_2$$

$$\Rightarrow I_2=\frac{1}{4}A$$

$$I=I_1+I_2=\frac{3}{4}+\frac{1}{4}=1A$$

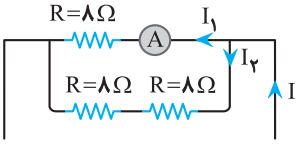
اکنون مقاومت معادل مدار را برحسب R می‌یابیم و با استفاده از رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{R_{eq}+r}$، مقاومت R را حساب می‌کنیم:

$$R_{eq}=\frac{R'R}{R'+R}\Rightarrow R_{eq}=\frac{3R\times R}{3R+R}=\frac{3}{4}R$$

$$I=\frac{\varepsilon_0}{R_{eq}+r}\xrightarrow{\varepsilon_0=7V,\ r=1\Omega,\ I=1A}1=\frac{7}{\frac{3}{4}R+1}$$

$$\Rightarrow\frac{3}{4}R+1=7\Rightarrow\frac{3}{4}R=6\Rightarrow R=8\Omega$$

وقتی هر دو کلید k_1 و k_2 بسته شوند، مقاومت R در سمت چپ، به علت اتصال کوتاه حذف می‌شود. در این حالت داریم:



$$R'=8+8=16\Omega$$

$$R_{eq}=\frac{8\times16}{8+16}=\frac{16}{3}\Omega$$

$$I=\frac{\varepsilon_0}{R_{eq}+r}=\frac{7}{\frac{16}{3}+1}\Rightarrow I=\frac{21}{19}A$$

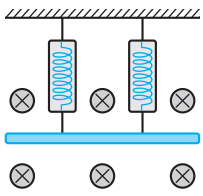
$$V=8I_1=16I_2\Rightarrow I_2=\frac{1}{2}I_1$$

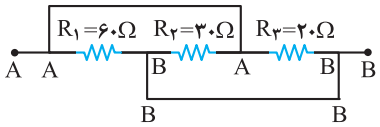
$$I_1+I_2=I\Rightarrow I_1+\frac{1}{2}I_1=\frac{21}{19}$$

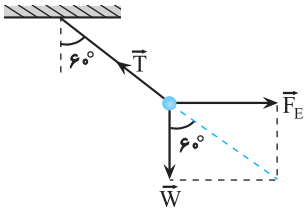
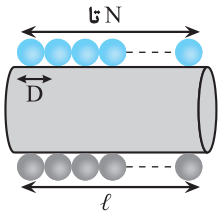
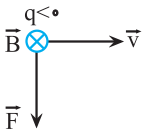
$$\Rightarrow\frac{3}{2}I_1=\frac{21}{19}\Rightarrow I_1=\frac{14}{19}A$$

یادداشت:

پاسخ تشریحی آزمون ۴ پایان سال

ردیف		پاسخ تشریحی
۴۴۸	(۱)	الف) مثبت ب) پیچه‌ها- آهنربای الکتریکی پ) بالا
۴۴۹	(۲)	الف) درست ب) درست $(U_۲ = ۲U_۱ \xrightarrow[V=\text{ثابت}]{U=\frac{۱}{۲}CV^۲} C_۲ = ۲C_۱ \xrightarrow{C=\kappa\varepsilon_۰\frac{A}{d}} d_۲ = \frac{۱}{۲}d_۱)$ پ) درست ت) نادرست
۴۵۰	(۳)	الف) جریان حاصل از نیروی محرکهٔ القایی در یک مدار یا پیچه در جهتی است که آثار مغناطیسی ناشی از آن، با عامل به وجود آورندهٔ جریان القایی، یعنی تغییر شار مغناطیسی، مخالفت می‌کند. ب) زمان یک دور چرخش کامل پیچه (T) را دورهٔ تناوب می‌نامند.
۴۵۱	(۴)	الف) هنگام عبور جریان از مقاومت، انرژی وارد آن می‌شود، جریان چه پایا (ثابت) باشد و چه تغییر کند، این انرژی در مقاومت به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود. هنگام عبور جریان از القاگر غیرآرمانی (دارای مقاومت)، اگر جریان پایا (ثابت) باشد، انرژی وارد آن می‌شود و در مقاومت القاگر به انرژی گرمایی تبدیل می‌شود و در صورتی که جریان متغیر عبوری از القاگر غیرآرمانی در حال افزایش باشد، انرژی وارد القاگر می‌شود و بخشی از این انرژی در مقاومت القاگر به انرژی گرمایی تبدیل می‌گردد و بخش دیگر آن در میدان مغناطیسی القاگر ذخیره شده و هنگام کاهش جریان، آزاد می‌شود. ب) یکی از میله‌ها را در دست گرفته و به وسط میلهٔ دیگر می‌چسبانیم؛ اگر نیروی ربایشی (جاذبه) بین آن‌ها قوی باشد، میله‌ای که در دست داریم، آهنربا می‌باشد و اگر نیروی ربایشی ضعیف باشد، میلهٔ آهن است. دقت کنید، در وسط آهنربا خاصیت مغناطیسی ضعیف است. پ) A و B هر دو قطب N هستند. زیرا، خطهای میدان مغناطیسی از آن‌ها خارج می‌شود. در ضمن، آهنربای (۱) قوی‌تری است. زیرا، تراکم خطهای میدان مغناطیسی اطراف آن بیشتر است و خطهای آهنربای میدان (۲) توسط آهنربای (۱) رانده شده است. ت) انرژی می‌گیرد. زیرا، $P = I(V_B - V_A) < ۰$ است. ث) دی‌الکتریک قطبی مانند آب و دی‌الکتریک غیرقطبی مانند متان
۴۵۲	(۵)	الف) $R_۲$ بزرگتر از $R_۱$ است. ب) با استفاده از رابطهٔ $P = \frac{V^۲}{R}$، مقاومت لامپ را در حالت روشن اندازه می‌گیریم. در این حالت، دمای رشته سیم درون لامپ افزایش می‌یابد و باعث افزایش مقاومت آن می‌شود.
۴۵۳	(۶)	 مطابق شکل، توسط دو نیروسنج سیمی افقی را در هوا معلق نگه می‌داریم؛ به صورتی که میدان مغناطیسی وارد بر سیم بر آن عمود باشد. قبل از اعمال جریان، عدد نیروسنج را یادداشت می‌کنیم $(F_۱)$ سپس جریان را وصل کرده و عدد نیروسنج را یادداشت می‌کنیم $(F_۲)$. تفاضل این دو عدد نشان دهندهٔ نصف نیروی الکترومغناطیسی وارد بر سیم است، زیرا دو نیروسنج داریم که هر کدام نصف نیروی خالص وارد بر سیم را نشان می‌دهند، لذا داریم: نیروی مغناطیسی وارد بر سیم $= ۲(F_۲ - F_۱)$
۴۵۴	(۷)	الف) با بستن هر یک از کلیدهای $K_۱$ و $K_۲$، مقاومت معادل مدار کاهش می‌یابد، در نتیجه، بنا به رابطهٔ $I = \frac{\varepsilon}{R_{eq} + r}$، جریان اصلی مدار که از آمپرسنج عبور می‌کند، افزایش خواهد یافت. یعنی، آمپرسنج عدد بزرگتری را نشان می‌دهد. ب) با کاهش جریان اصلی مدار، بنا به رابطهٔ $V = \varepsilon - rI$، اختلاف پتانسیل دو سر باتری که همان اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از لامپ‌ها نیز می‌باشد، کاهش می‌یابد، لذا، بنا به رابطهٔ $P = \frac{V^۲}{R}$، توان مصرفی لامپ $L_۱$ کاهش می‌یابد و باعث می‌شود، نور آن کمتر شود.

ردیف		پاسخ تشریحی
۴۵۵	(۸)	الف) چون آمپرسنج آرمانی است، مقاومت آن صفر می‌باشد، بنابراین، باعث می‌شود، دو سر مقاومت R_1 هم‌پتانسیل شده (اتصال کوتاه رخ می‌دهد) و جریان الکتریکی از آن عبور نکند، در نتیجه از مدار حذف گردد. در این حالت یک مدار تک حلقه داریم، که جریان آن در جهت جریان باتری ε_1 و ساعتگرد است. زیرا $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ می‌باشد. بنابراین داریم: $I = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{R_2 + r_1 + r_2} \xrightarrow[\varepsilon_1=20V,\varepsilon_2=8V]{r_1=r_2=1\Omega,R_2=2\Omega} I = \frac{20-8}{2+1+1} = 3A$ ب) چون باتری ε_1 به مدار انرژی می‌دهد، ولتاژ دو سر آن از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید: $V_1 = \varepsilon_1 - r_1 I = 20 - 1\times 3 = 17V$ پ) چون باتری ε_2 از مدار انرژی دریافت می‌کند، توان ورودی آن برابر است با: $P_2 = \varepsilon_2 I + r_2 I^2 = (8\times 3) + (1\times 9) \Rightarrow P_2 = 33W$
۴۵۶	(۹)	با توجه به شکل زیر، هر سه مقاومت بین دو نقطهٔ A و B قرار گرفته‌اند، بنابراین، با هم موازی‌اند. در این حالت، مقاومت معادل آن‌ها برابر است با:  $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{60} + \frac{1}{30} + \frac{1}{20}$ $\Rightarrow \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1+2+3}{60} \Rightarrow R_{eq} = 10\Omega$
۴۵۷	(۱۰)	الف) انرژی پتانسیل الکتریکی ذرهٔ باردار مثبت در نقطهٔ C بیشتر از انرژی پتانسیل الکتریکی در نقطهٔ A است. زیرا، با حرکت بار مثبت در جهت میدان الکتریکی، انرژی پتانسیل آن کاهش می‌یابد. یا می‌توان گفت: $V_A - V_B = \frac{U_A - U_B}{+q} \xrightarrow{U_B=U_C} U_A - U_C = +q(V_A - V_B)$ $\xrightarrow{V_A<V_B} U_A - U_C < 0 \Rightarrow U_A < U_C$ ب) بزرگی میدان الکتریکی برابر است با: $E = \frac{\lvert\Delta V\rvert}{d} \xrightarrow[d=6cm=6\times10^{-2}m]{\lvert\Delta V\rvert=72V} E = \frac{72}{6\times10^{-2}} = 1200\frac{V}{m}(N/C)$
۴۵۸	(۱۱)	الف) روش اول: ابتدا تغییرات ظرفیت خازن را می‌یابیم: $C = \kappa\varepsilon_0\frac{A}{d} \xrightarrow[d=\text{ثابت}]{A=\text{ثابت}} \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \xrightarrow{\kappa_2=3} \frac{C_2}{C_1} = \frac{3}{1} = 3$ اکنون تغییرات اختلاف پتانسیل را پیدا می‌کنیم. دقت کنید، چون خازن از باتری جدا شده است، بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند. $C = \frac{Q}{V} \xrightarrow{Q=\text{ثابت}} \frac{C_2}{C_1} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow 3 = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{3}$ در آخر داریم: $E = \frac{\lvert\Delta V\rvert}{d} \xrightarrow[\lvert\Delta V\rvert=V]{d=\text{ثابت}} \frac{E_2}{E_1} = \frac{V_2}{V_1} \xrightarrow{E_1=3000\frac{V}{m}} \frac{E_2}{3000} = \frac{1}{3} \Rightarrow E_2 = 1000\frac{V}{m}$ روش دوم: از رابطهٔ $E = \frac{Q}{\kappa\varepsilon_0 A}$ استفاده می‌کنیم. Q بار الکتریکی و A مساحت هر یک از صفحات خازن است که ثابت می‌باشند. $\frac{E_2}{E_1} = \frac{\kappa_1}{\kappa_2} \xrightarrow[E_1=3000\frac{V}{m}]{\kappa_1=1,\kappa_2=3} \frac{E_2}{3000} = \frac{1}{3} \Rightarrow E_2 = 1000\frac{V}{m}$ ب) چون خازن را از باتری جدا کرده‌ایم، بار الکتریکی آن ثابت می‌ماند. بنابراین، داریم: $C = \kappa\varepsilon_0\frac{A}{d} \xrightarrow[\kappa=\text{ثابت}]{A=\text{ثابت}} \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{d_2=2d_1} \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{2d_1} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{1}{2}$ $C = \frac{Q}{V} \xrightarrow{Q=\text{ثابت}} \frac{C_2}{C_1} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow V_2 = 2V_1$

ردیف	پاسخ تشریحی
۴۵۹ (۱۲)	چون بار الکتریکی در جهت میدان الکتریکی منحرف شده است، نوع بار آن مثبت می‌باشد. برای محاسبهٔ اندازهٔ بار الکتریکی، با توجه به شکل، داریم:  $\tan ۶۰^\circ = \frac{F_E}{W} \xrightarrow[W=mg]{F_E=\lvert q\rvert E} \sqrt{۳} = \frac{\lvert q\rvert E}{mg} \xrightarrow[E=۳\times۱۰^{۴}\frac{N}{C}]{m=\sqrt{۳}g=\sqrt{۳}\times۱۰^{-۳}kg}$ $\sqrt{۳} = \frac{\lvert q\rvert\times۳\times۱۰^{۴}}{\sqrt{۳}\times۱۰^{-۳}\times۱۰} \Rightarrow ۳\times۱۰^{-۲} = \lvert q\rvert\times۳\times۱۰^{۴}$ $\Rightarrow \lvert q\rvert = ۱۰^{-۶}C = ۱\mu C \xrightarrow{q>۰} q = ۱\mu C$
۴۶۰ (۱۳)	با توجه به شکل زیر، چون دورهای سیم بدون فاصله در کنار هم چیده شده‌اند، طول سیملوله برابر $\ell = ND$ می‌باشد. بنابراین، داریم:  $B = \frac{\mu_۰ NI}{\ell} \xrightarrow{\ell=ND} B = \frac{\mu_۰ NI}{ND}$ $\Rightarrow B = \frac{\mu_۰ I}{D} \xrightarrow[I=۱۰A]{D=۴mm=۴\times۱۰^{-۳}m}$ $B = \frac{۴\pi\times۱۰^{-۷}\times۱۰}{۴\times۱۰^{-۳}} = ۱۰\pi\times۱۰^{-۴}T \xrightarrow[۱۰^{-۴}T=۱G]{\pi=۳} B = ۱۰\times۳ = ۳۰G$
۴۶۱ (۱۴)	اندازهٔ نیروی وارد بر ذره برابر است با:  $F = \lvert q\rvert vB\sin\theta \xrightarrow[B=۰/۱T,\theta=۹۰^\circ]{v=۲۰۰m/s,\lvert q\rvert=۲\times۱۰^{-۶}}$ $F = ۲\times۱۰^{-۶}\times۲۰۰\times۰/۱\times \overset{۱}{\cancel{\sin ۹۰^\circ}} = ۴\times۱۰^{-۵}N$ با استفاده از قاعدهٔ دست راست و با توجه به این‌که علامت بار منفی است، جهت نیرو به طرف پایین می‌باشد.
۴۶۲ (۱۵)	الف) روش اول: ابتدا حداکثر شار مغناطیسی عبوری از حلقه را می‌یابیم: $A = a^۲ \xrightarrow{a=۲۰cm=۰/۲m} A = (۰/۲)^۲ = ۰/۰۴m^۲$ $\Phi_m = BA\cos\theta \xrightarrow[\theta=۰]{B=۰/۴T} \Phi_m = ۰/۴\times۰/۰۴\times \overset{۱}{\cancel{\cos ۰^\circ}} = ۱۶\times۱۰^{-۳}Wb$ اکنون مدت زمانی را که تمام حلقه وارد میدان مغناطیسی می‌شود، می‌یابیم. چون تندی ثابت است، داریم: $\Delta t = \frac{\Delta x}{v} \xrightarrow[v=۰/۲m/s]{\Delta x=۲۰cm=۰/۲m} \Delta t = \frac{۰/۲}{۰/۲} = ۱s$ درآخر، نیروی محرکهٔ القایی متوسط را حساب می‌کنیم: $\varepsilon_{av} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \xrightarrow[\Phi_۱=۰,\Phi_۲=۱۶\times۱۰^{-۳}Wb]{N=۱,\Delta t=۱s} \varepsilon_{av} = -۱\times\frac{۱۶\times۱۰^{-۳}-۰}{۱} = -۱۶\times۱۰^{-۳}V$ $\Rightarrow \lvert\varepsilon_{av}\rvert = ۱۶\times۱۰^{-۳}V$ روش دوم: از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم: $\varepsilon_{av} = -BvL \xrightarrow[B=۰/۴T,v=۰/۲m/s]{L=۰/۲m} \varepsilon_{av} = -۰/۴\times۰/۲\times۰/۲ = -۱۶\times۱۰^{-۳}V \Rightarrow \lvert\varepsilon_{av}\rvert = ۱۶\times۱۰^{-۳}V$ ب) جریان در حلقه پادساعتگرد است.
۴۶۳ (۱۶)	الف) با توجه به نمودار داده شده $\frac{۳T}{۴} = ۱/۵s, I_m = ۴A$ است، بنابراین داریم: $\frac{۳T}{۴} = ۱/۵ \Rightarrow T = ۲s$ $I = I_m\sin\frac{۲\pi}{T}t = ۴\sin\frac{۲\pi}{۲}t \Rightarrow I = ۴\sin\pi t$ ب) برای بیشینه انرژی ذخیره شده در القاگر باید $I = ۴A$ باشد. در این حالت داریم: $U_m = \frac{۱}{۲}LI_m^۲ \xrightarrow[I_m=۴A]{L=۲۰۰mH=۲۰۰\times۱۰^{-۳}H} U_m = \frac{۱}{۲}\times۲۰۰\times۱۰^{-۳}\times۱۶ = ۱/۶J$

پاسخ تشریحی آزمون ۵ پایان سال

برای آشنایی شما، دانش‌آموز عزیز، با نحوهٔ نمره‌دهی برگه امتحان نهایی، پاسخ این آزمون عیناً مشابه راهنمای تصحیح آزمون نهایی قرار داده شده است.

ردیف		پاسخ تشریحی
۴۶۴	(۱)	الف) درست ب) نادرست پ) نادرست ت) نادرست (هر مورد ۰/۲۵)
۴۶۵	(۲)	الف) رئوستا ب) داخل پ) بیشتر (هر مورد ۰/۲۵)
۴۶۶	(۳)	الف) ظرفیت خازن کاهش (۰/۲۵) و عدد ولت‌سنج افزایش می‌یابد. (۰/۲۵) ب) ورق‌های الکتروسکوپ دورتر می‌شوند (۰/۲۵). چون بار شیشه و الکتروسکوپ همنام است یا هر دو دارای بار مثبت هستند (۰/۲۵) پ) نیم‌رسانا (۰/۲۵)، چون در نیم‌رساناها با افزایش دما، به دلیل افزایش حامل‌های بار، مقاومت الکتریکی کاهش، بنابراین جریان افزایش می‌یابد. (۰/۵). ت) سیم در راستای خطوط میدان قرار گرفته است، لذا زاویه $(\theta=0)$ یا $(\theta=180)$ می‌شود (۰/۲۵) و طبق رابطهٔ $F=ILB\sin\theta$، مقدار نیروی مغناطیسی وارد بر سیم صفر است. (۰/۲۵)
۴۶۷	(۴)	الف) القای الکتریکی ب) القای الکترومغناطیسی پ) مقاومت نوری ت) القای مغناطیسی (هر مورد ۰/۲۵)
۴۶۸	(۵)	الف) چون بار آونگ‌ها و مخروط همنام هستند، آونگ‌ها از مخروط دور می‌شوند. (۰/۲۵) ب) آونگ (۱) (۰/۲۵)، چون چگالی سطحی بار در نقاط نوک تیز بیشتر است. (۰/۲۵)
۴۶۹	(۶)	$F=k\frac{\lvert q_1\rvert\lvert q_2\rvert}{r^2}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow 2/7=\frac{9\times10^9\times4\times10^{-6}\times3\times10^{-6}}{(r)^2}$ (۰/۵) $\Rightarrow r=0/2m$ (۰/۲۵)
۴۷۰	(۷)	الف) کاهش ب) افزایش پ) کاهش ت) مثبت (هر مورد ۰/۲۵)
۴۷۱	(۸)	$E_1=k\frac{\lvert q_1\rvert}{r_1^2}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow E_1=9\times10^9\times\frac{2\times10^{-6}}{(10\times10^{-2})^2}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow E_1=18\times10^5 N/C$ (۰/۲۵) $E_2=9\times10^9\times\frac{\lvert-8\times10^{-6}\rvert}{(30\times10^{-2})^2}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow E_2=8\times10^5 N/C$ (۰/۲۵) $\vec{E}_t=18\times10^5\vec{i}-8\times10^5\vec{i}=10\times10^5\vec{i}N/C$ (۰/۲۵)
۴۷۲	(۹)	$U=Pt$ (۰/۲۵) $U=4\times10^3\times2\times10^{-3}=8J$ (۰/۲۵) $U=\frac{1}{2}CV^2$ (۰/۲۵) $\Rightarrow 8=\frac{1}{2}\times C\times(200)^2\Rightarrow C=4\times10^{-4}F$ (۰/۲۵)

ردیف		پاسخ تشریحی
۴۷۳	(۱۰)	الف) آمپرسنج A_1 (۰/۲۵). هرچه طول کمتر باشد مقدار مقاومت کمتر و در نتیجه جریان بیشتر است. (۰/۵) ب) ارتباط مستقیم مقاومت الکتریکی با طول رسانا $(R\alpha L)$ (۰/۲۵)
۴۷۴	(۱۱)	$R' = \frac{۶\times۳}{۶+۳} = ۲$ (۰/۲۵) $R_{eq} = ۲+۴ = ۶\Omega$ (۰/۲۵) $I = I_{eq}$ (۰/۲۵) $I_{eq} = \frac{\varepsilon}{R_{eq}} = \frac{۱۲}{۶} = ۲A$ (۰/۲۵) $P = RI^۲$ (۰/۲۵) $\Rightarrow P = ۴\times(۲)^۲ = ۱۶$ (۰/۲۵)
۴۷۵	(۱۲)	الف) $I = \frac{\varepsilon_۲ - \varepsilon_۱}{R + r_۱ + r_۲}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow ۱ = \frac{\varepsilon_۲ - ۳}{۱/۵ + ۰/۵ + ۱} \Rightarrow \varepsilon_۲ = ۶V$ (۰/۲۵) ب) $V_A + \varepsilon_۱ + Ir_۱ + IR = ۰$ (۰/۲۵) $V_A + ۳ + (۱\times۲) = ۰$ (۰/۲۵) $\Rightarrow V_A = -۵V$ (۰/۲۵) پ) $P = \varepsilon_۱ I + r_۱ I^۲$ (۰/۲۵) $P = ۳(۱) + ۰/۵(۱)^۲ \Rightarrow P = ۳ + ۰/۵ = ۳/۵W$ (۰/۲۵)
۴۷۶	(۱۳)	الف) $B = \frac{\mu_۰ NI}{\ell}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow ۴۰\times۱۰^{-۴} = \frac{۱۲\times۱۰^{-۷}\times N\times۸۰۰\times۱۰^{-۳}}{۱۲\times۱۰^{-۲}}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow N = ۵۰۰$ (۰/۲۵) ب) اضافه کردن هسته آهنی به سیملوله، افزایش تعداد دورهای سیملوله، کاهش طول سیملوله (ذکر دو مورد کافی است و هر مورد (۰/۲۵))
۴۷۷	(۱۴)	تشخیص درون‌سو بودن جهت میدان $\vec{B} \otimes$ (۰/۵) $F_E = F_B$ (۰/۲۵) $\Rightarrow E\|q\| = \|q\| vB\sin\alpha$ (۰/۵) $\Rightarrow ۴۵۰ = ۳\times۱۰^۳\times B\times۱ \Rightarrow B = ۰/۱۵T$ (۰/۲۵)
۴۷۸	(۱۵)	با توجه به جهت جریان القایی و قانون لنز (۰/۲۵)، پیچه در حال نزدیک شدن به سیم است. (۰/۵) (این پاسخ نیز صحیح است: چون میدان مغناطیسی القایی مخالف میدان مغناطیسی سیم است. (۰/۲۵) بنابراین شار در حال افزایش است، بنابراین پیچه در حال نزدیک شدن به سیم است. (۰/۵))
۴۷۹	(۱۶)	$\varepsilon = \left\|-N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right\|$ (۰/۲۵) $\Rightarrow \varepsilon = \left\|-NA(\frac{\Delta B}{\Delta t})\right\|$ (۰/۲۵) $\Rightarrow \varepsilon = -۱۰۰۰\times۵۰\times۱۰^{-۴}\times(\frac{۰/۰۸}{۰/۰۱})$ (۰/۲۵) $\Rightarrow\|\varepsilon\| = ۴۰V$ (۰/۲۵)
۴۸۰	(۱۷)	$\frac{T}{۲} = ۲۰\times۱۰^{-۳}$ (۰/۲۵) $\Rightarrow T = ۴۰\times۱۰^{-۳}s$ (۰/۲۵) $I = I_m\sin\frac{۲\pi}{T}t$ (۰/۲۵) $\Rightarrow I = ۴\sin\frac{۲\pi}{۴۰\times۱۰^{-۳}}t \Rightarrow I = ۴\sin ۵۰\pi t$ (۰/۲۵)