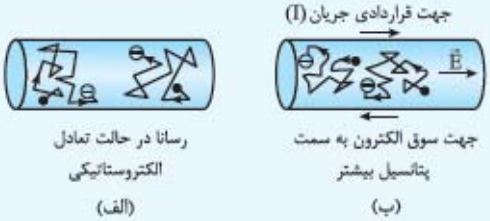
فصل ۲

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

جریان الکتریکی

- در رسانایی که در حالت الکتروستاتیک است، پتانسیل تمام نقاط یکسان است (چه بار خالص داشته باشد، چه نداشته باشد)؛ بنابراین اختلاف پتانسیل بین هر دو نقطه صفر و در این رسانا بار خالص گذرنده از هر مقطع رسانا صفر است.
- تندی حرکت کاتوره‌ای الکترون‌ها در یک رسانا از مرتبهٔ $10^6\ m/s$ است.
- اگر بین دو نقطه از رسانا، اختلاف پتانسیلی به وجود بیاوریم، الکترون‌ها در حین انجام حرکت کاتوره‌ای به سمت پتانسیل بیشتر نیز شروع به حرکت می‌کنند، که اصطلاحاً به سمت پتانسیل بیشتر سوق پیدا می‌کنند.
- سرعت سوق الکترون‌ها در رسانای فلزی کم‌تر از $1\ mm/s$ است.
- به نسبت بار خالص گذرنده از هر مقطع رسانا به مدت زمان آن، جریان الکتریکی متوسط گفته می‌شود.



$$\bar{I}=\frac{\Delta q}{\Delta t}$$

- یکای اندازه‌گیری جریان الکتریکی در SI، آمپر (A) است که جزء یکاهای اصلی فیزیکی محسوب می‌شود.

مثال | یک قطعه سیم به طول $20\ cm$ را به دو سر یک باتری وصل می‌کنیم. اگر در مدت $2/0\ s$ تعداد $6/0\times10^{19}$ الکترون از هر مقطع سیم بگذرد:

الف | جریان الکتریکی متوسط در سیم را محاسبه کنید. $(e=1/6\times10^{-19}\ C)$

ب | چه مدت طول می‌کشد تا الکترونی خود را از پایانهٔ منفی به پایانهٔ مثبت باتری برساند؟ (سرعت سوق $1\ mm/s$)

پ | مسافتی که این الکترون در این مدت زمان طی کرده است، چه‌قدر است؟ (تندی حرکت کاتوره‌ای $10^6\ m/s$)

پاسخ |

الف | ابتدا مقدار بار گذرنده در این مدت را به دست می‌آوریم:

$$\Delta q=ne \Rightarrow \Delta q=(6/0\times10^{19})(1/6\times10^{-19}\ C)=9/6\ C$$

و سپس جریان متوسط را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{I}=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \bar{I}=\frac{9/6\ C}{2/0\ s}=4/8\ A$$

ب | زمانی که طول می‌کشد تا الکترون از قطب منفی به قطب مثبت باتری برود را باید به کمک اندازهٔ سرعت سوق به دست بیاوریم:

$$\text{سرعت سوق}=\frac{\text{جابه‌جایی}}{\text{زمان}} \Rightarrow \text{زمان}=\frac{2\times10^{-1}\ m}{1\times10^{-3}\ m/s}$$

$$\text{مدت زمان رسیدن الکترون از پایانهٔ منفی به پایانهٔ مثبت باتری}=2/0\times10^{2}\ s$$

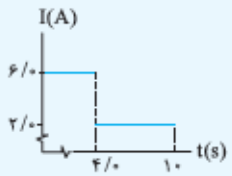
پ | برای محاسبهٔ مسافت طی‌شده توسط الکترون از تندی حرکت کاتوره‌ای استفاده می‌کنیم:

$$\text{تندی}=\frac{\text{مسافت طی‌شده}}{\text{زمان}} \Rightarrow \text{مسافت طی‌شده}=(2/0\times10^{2}\ s)(1/0\times10^{6}\ m/s)=2/0\times10^{8}\ m$$

- اگر جریان مستقیم و جهت و مقدار جریان ثابت باشد، می‌توان رابطهٔ جریان را به صورت $I=\frac{q}{t}$ نوشت.
- در یک جریان ثابت، نمودار $(I-t)$ به شکل روبه‌رو است:

- در نمودار $(I-t)$ سطح زیر نمودار، بار گذرنده از مدار را نشان می‌دهد.

مثال | نمودار جریان گذرنده از مدار برحسب زمان $(I-t)$ مطابق شکل است:



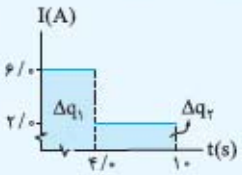
الف | در بازهٔ زمانی $0\ s$ تا $4\ s$، چه مقدار بار از مقطع معینی از مدار می‌گذرد؟

ب | در بازهٔ زمانی $4\ s$ تا $10\ s$، چه مقدار بار از مقطع معینی از مدار می‌گذرد؟

پ | در کل زمان نشان داده شده چه مقدار بار از مقطع معینی از مدار می‌گذرد؟

ت | جریان متوسط گذرنده از مدار را در مدت $10\ s$ محاسبه نمایید.

پاسخ



الف) $\Delta q_1 = I_1 t_1 \Rightarrow \Delta q_1 = (۶/۰\,A)(۴/۰\,s) \Rightarrow \Delta q_1 = ۲۴\,C$

ب) $\Delta q_2 = I_2 t_2 \Rightarrow \Delta q_2 = (۲/۰\,A)(۶/۰\,s) = ۱۲\,C$

پ) $\Delta q = \Delta q_1 + \Delta q_2 = ۲۴\,C + ۱۲\,C = ۳۶\,C$

ت) $\bar{I} = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{۳۶\,C}{۱۰\,s} = ۳/۶\,A$

پرسش‌ها

۱ جاهای خالی را با کلمه‌ها یا عبارت‌های مناسب پر کنید.

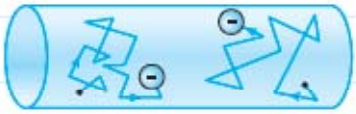
الف) جریان ..... جریانی است که جهت آن با زمان تغییر نمی‌کند و مقدار جریان ثابت می‌ماند.

ب) به نسبت ..... به ..... جریان الکتریکی متوسط گفته می‌شود.

پ) آمپرساعت یکای اندازه‌گیری ..... الکتریکی است.

ت) جهت جریان الکتریکی ..... جهت حرکت واقعی الکترون‌ها در سیم رسانا است.

۲ در شکل‌های زیر، وضعیت دو الکترون را در داخل یک سیم رسانا مشاهده می‌کنید. درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید.



(الف)

(ب)

	درست	نادرست
الف) در شکل «الف»، بار خالص عبوری از هر مقطع سیم صفر است، بنابراین جریانی در سیم برقرار نیست.	☐	☐
ب) در شکل «ب»، الکترون‌ها با سرعت سوق در خلاف میدان الکتریکی ایجادشده در سیم در حال حرکت‌اند.	☐	☐
پ) سرعت حرکت کاتوره‌ای الکترون‌ها در شکل «ب» بیشتر از سرعت حرکت کاتوره‌ای الکترون‌ها در شکل «الف» است.	☐	☐
ت) سرعت سوق الکترون‌ها در شکل «ب» بیشتر از سرعت کاتوره‌ای آن‌ها است.	☐	☐

۳ فرض می‌کنیم فاصلهٔ کلید تا لامپ اتاق شما در حدود ۵ m است. به محض این‌که کلید را بزنیم، لامپ روشن می‌شود و همان لحظه یک الکترون نشان‌شده از کلید عبور می‌کند. (راهنمایی: سرعت سوق الکترون‌ها در حدود ۱ mm/s و سرعت حرکت کاتوره‌ای الکترون‌ها از مرتبهٔ $۱۰^۶$ m/s است.)

الف) لامپ را تقریباً چه مدت روشن نگه داریم تا الکترون موردنظر وارد لامپ شود.

ب) در طی این مدت الکترون موردنظر تقریباً چه مسافتی را پیموده است؟

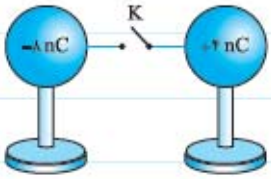
۴ در مدت ۵/۰ s به طور خالص ۸/۰ mC بار الکتریکی از مقطع معینی از سیم رسانایی عبور کرده است. جریان الکتریکی متوسط را در این سیم به دست آورید.

۵ در سیم رسانایی جریان الکتریکی ثابت $1/00\ A$ برقرار است. در هر ثانیه چه تعداد الکترون از مقطع معینی از سیم عبور می‌کنند.

$(e = 1/60 \times 10^{-19}\ C)$

۶ در سیم رسانایی جریان ثابت $0/40\ A$ برقرار است. چه مدت طول می‌کشد تا $80\ C$ بار از مقطع معینی از سیم عبور کند؟

۷ دو کرهٔ رسانای مشابه در ابتدا دارای بارهای $4\ nC$ و $-8\ nC$ هستند. پس از وصل‌شدن کلید در مدت $0/02\ s$ هر دو کره به تعادل می‌رسند. بزرگی جریانی را که در این مدت از سیم رابط بین دو کره عبور کرده است به دست آورید.



۸ ولتاژ باتری یک چراغ‌قوهٔ کوچک $6/0\ V$ است. وقتی چراغ‌قوه روشن است، جریانی در حدود $15\ mA$ از لامپ عبور می‌کند. اگر این لامپ ده دقیقه روشن باشد:

الف) در این صورت چه مقدار بار از لامپ می‌گذرد؟

ب) باتری چه‌قدر انرژی به لامپ می‌دهد؟

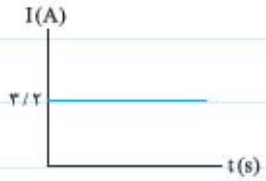
۹ یک آمپرساعت معادل چند کولن است؟

۱۰ معمولاً بر روی باتری‌ها عددی را برحسب آمپرساعت یا میلی‌آمپرساعت یا ... می‌نویسند که نشان‌دهندهٔ بار ذخیره‌شده در باتری است. بر روی باتری خودرویی $60/0\ Ah$ نوشته شده است.

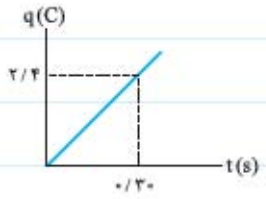
الف) چند کولن بار در این باتری ذخیره شده است؟

ب) اگر از این باتری به طور متوسط جریانی معادل $4/8\ A$ گرفته شود، چه‌قدر طول می‌کشد تا باتری خالی شود؟

۱۱ نمودار شدت جریان برحسب زمان $(I-t)$ برای جریان الکتریکی ثابتی که از رسانایی می‌گذرد مطابق شکل است. در مدت زمان $5/0\,s$ چه مقدار بار از رسانا عبور کرده است؟



۱۲ نمودار بار گذرنده از هر مقطع رسانا برحسب زمان $(q-t)$ برای جریان الکتریکی ثابتی که از رسانایی می‌گذرد، مطابق شکل است. جریان الکتریکی گذرنده از رسانا را محاسبه نمایید.



۱۳ معادلهٔ بار عبوری از مقطع معینی برحسب زمان در SI به صورت $q = 2t^2 + 1$ است. جریان متوسط از این رسانا را در بازهٔ زمانی $t = 1\,s$ تا $t = 3\,s$ به دست آورید.

مقاومت الکتریکی ـ قانون اهم

- بر اثر برخورد الکترون‌ها با اتم‌های در حال نوسان رسانا مقداری از انرژی آن‌ها به گرما تبدیل می‌شود. در واقع می‌توان گفت که حرکت الکترون‌ها در رسانا با نوعی مقاومت روبه‌رو شده است.
- به این ممانعت از حرکت الکترون‌ها در رسانا اصطلاحاً مقاومت الکتریکی گفته می‌شود.
- با اندازه‌گیری نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به جریان گذرنده از آن، می‌توان مقاومت الکتریکی رسانا را اندازه‌گیری کرد: $R = \frac{V}{I}$
- یکای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی در SI، اهم (Ω) است. $1\,\Omega = \frac{1\,V}{1\,A}$
- به رسانایی که دارای مقاومت الکتریکی است، اصطلاحاً مقاومت گفته می‌شود. در مدارها مقاومت با نماد ( ) نمایش داده می‌شود.

مثال در شکل مقابل، یک لامپ را به وسیلهٔ یک باتری ۱/۵ ولتی روشن می‌کنیم. اگر جریان گذرنده از لامپ $0/30\,A$ باشد، مقاومت رشتهٔ لامپ (فیلمان) چند اهم است؟

پاسخ

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow R = \frac{1/5\,V}{0/30\,A} = 5/0\,\Omega$$

قانون اهم

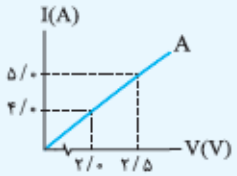
- اگر نسبت اختلاف پتانسیل دو سر یک وسیلهٔ رسانشی به جریان گذرنده از آن (یعنی همان مقاومت الکتریکی) در دمای ثابت همواره تغییر نکند، به این وسیلهٔ رسانشی، اهمی گفته می‌شود.
- قانون اهم برای وسایل رسانشی اهمی: در دمای ثابت نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا (وسیلهٔ رسانشی) به جریان گذرنده از آن، عدد ثابتی است. یعنی جریان گذرنده از وسیله و اختلاف پتانسیل دو سر آن همواره نسبت مستقیم دارند.

کتاب کار

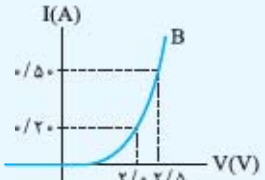
■ وسایل رسانشی مانند اغلب فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی از قانون اهم پیروی می‌کنند.

■ وسایلی مانند دیودهای نوری از قانون اهم پیروی نمی‌کنند که به آن‌ها وسایل رسانشی غیراهمی گفته می‌شود.

مثال| نمودارهای زیر، مربوط به دو وسیلهٔ رسانشی در دمای ثابت و معینی هستند:



نمودار ۱



نمودار ۲

الف| کدام نمودار متعلق به یک رسانای اهمی و کدام نمودار مربوط به یک رسانای غیراهمی است؟ چرا؟

ب| مقاومت الکتریکی هر کدام را هنگامی که اختلاف پتانسیل دو سر آن‌ها $۲/۰\ V$ و $۲/۵\ V$ است، محاسبه نمایید.

پاسخ| الف| نمودار (۱) متعلق به رسانای اهمی است. چون نمودار خطی با شیب ثابت است؛ یعنی مقاومت رسانا ثابت است. نمودار (۲) چون شیب خط ثابت نیست و در حال تغییر است، یعنی مقاومت در حال تغییر است؛ پس نمودار متعلق به رسانای غیراهمی است.

ب|

$$R_{۱A}=\frac{V_۱}{I_۱}=\frac{۲/۰\ V}{۴/۰\ A}=۰/۵۰\ \Omega \qquad R_{۲A}=\frac{V_۲}{I_۲}=\frac{۲/۵\ V}{۵/۰\ A}=۰/۵۰\ \Omega$$

$$R_{۱B}=\frac{V_۱}{I_۱}=\frac{۲/۰\ V}{۰/۲۰\ A}=۱۰\ \Omega \qquad R_{۲B}=\frac{V_۲}{I_۲}=\frac{۲/۵\ V}{۰/۵۰\ A}=۵/۰\ \Omega$$

پرسش‌ها

۱۴ به سؤال‌های زیر پاسخ کوتاه دهید.

الف) مقاومت الکتریکی رسانا ناشی از چیست؟

ب) با داشتن یک اختلاف پتانسیل ثابت، چگونه می‌توان جریان بیشتری را در یک مدار برقرار کرد؟

پ) رابطهٔ $R=\frac{V}{I}$ برای محاسبهٔ مقاومت تمام رساناها به کار می‌رود یا فقط برای رساناهای اهمی مورد استفاده قرار می‌گیرد؟

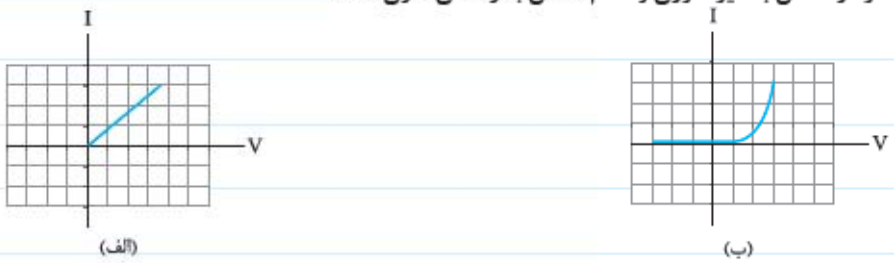
ت) قانون اهم را تعریف کنید.

۱۵ به نظر شما در کدام‌یک از اتصال‌های مقابل لامپ روشن می‌شود؟ چرا؟

(۱) (۲) (۳)

۱۶ به کمک یک منبع تغذیه، ولت‌سنج، آمپرسنج، تعدادی سیم رابط و تعدادی وسیلهٔ رسانشی، آزمایشی را طراحی کنید که رساناهای اهمی را از رساناهای غیراهمی تشخیص دهید.

۱۷ در شکل‌های زیر نمودار جریان الکتریکی برحسب اختلاف پتانسیل را برای یک رسانای فلزی در دمای ثابت و یک دیود نوری (LED) مشاهده می‌کنید. مشخص کنید که کدام نمودار متعلق به دیود نوری و کدام متعلق به رسانای فلزی است.



(الف) (ب)

۱۸ در یک آزمایش بر روی یک وسیلهٔ رسانشی اعدادی که در اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل برحسب جریان گذرنده از آن به دست آمده است، در جدول مقابل ثبت گردیده است.

V(V)	I(A)
۲۰	۴/۰
۳۰	۶/۱
۴۰	۷/۹
۵۰	۱۰
۶۰	۱۱
۷۰	۱۲
۸۰	۱۲
۹۰	۱۲

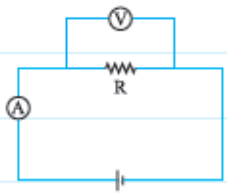
الف) تا چه ولتاژی این وسیلهٔ از قانون اهم پیروی کرده است؟

ب) نمودار $(I-V)$ را برای این وسیله رسم کنید.

پ) پیش‌بینی می‌کنید که اگر اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۴۵ ولت باشد، جریان عبوری از آن چند اهم است؟

ت) اگر اختلاف پتانسیل دو سر وسیله $۹۰\ V$ باشد، مقاومت آن چند اهم است؟

۱۹ در شکل مقابل آمپرسنج $۱/۵\ A$ و ولت‌سنج $۳۶\ V$ را نشان می‌دهد. مقاومت الکتریکی رسانا را محاسبه نمایید.



۲۰ جریان الکتریکی گذرنده از رسانایی $۴/۰۰\ A$ و مقاومت الکتریکی آن در حدود $۴۳/۰\ \Omega$ است. اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر رسانا چند ولت است؟

۲۱ اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر یک رسانای اهمی را از $۲۱\ V$ به $۳۶\ V$ می‌رسانیم. جریان الکتریکی گذرنده از رسانا به اندازهٔ $۰/۶۰\ A$ افزایش می‌یابد. مقاومت الکتریکی رسانا را به دست آورید.

۲۲ اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانای اهمی را دو برابر می‌کنیم.

الف) مقاومت الکتریکی رسانا چند برابر می‌شود؟

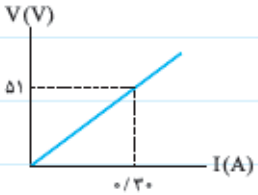
ب) جریان الکتریکی چند برابر می‌شود؟

۲۳ اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر رسانایی $30\ V$ و مقاومت الکتریکی آن $120\ \Omega$ است.

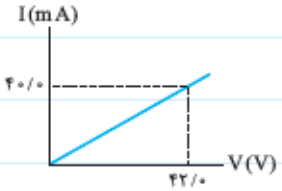
الف) جریان الکتریکی را که از رسانا عبور می‌کند به دست آورید.

ب) در مدت یک دقیقه چه تعداد الکترون از این رسانا عبور می‌کند؟ $(e = 1/6 \times 10^{-19}\ C)$

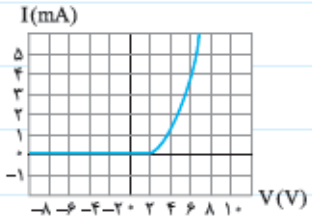
۲۴ نمودار $(V-I)$ برای یک رسانای اهمی مطابق شکل است. مقاومت الکتریکی رسانا را به دست آورید.



۲۵ نمودار $(I-V)$ برای یک رسانای اهمی مطابق شکل است. مقاومت الکتریکی رسانا را به دست آورید.



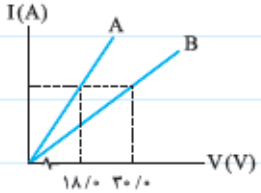
۲۶ نمودار $(I-V)$ برای یک دیود نوری مطابق شکل است.



الف) مقاومت الکتریکی آن را در حالتی که جریان $4\ A$ از آن می‌گذرد به دست آورید.

ب) مقاومت الکتریکی دیود را در حالی که اختلاف پتانسیل دو سر آن $4\ V$ است، محاسبه نمایید.

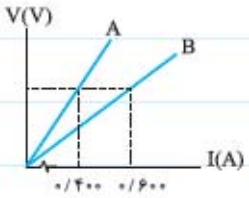
۲۷ نمودار $(I-V)$ برای دو رسانای اهمی A و B مطابق شکل است. مقاومت الکتریکی رسانای A، $360\ \Omega$ است.



الف) مقاومت الکتریکی رسانای B را به دست آورید.

ب) اگر اختلاف پتانسیل‌های یکسانی را به دو سر رساناهای A و B اعمال کنیم، جریان الکتریکی گذرنده از مقاومت B چند برابر جریان گذرنده از مقاومت A است؟

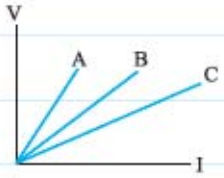
۲۸ نمودار $(V-I)$ برای دو رسانای اهمی A و B مطابق شکل است. مقاومت الکتریکی رسانای A، $360\ \Omega$ است.



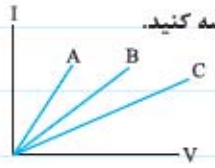
الف) مقاومت الکتریکی رسانای B را به دست آورید.

ب) اگر از هر دو رسانا جریان‌های یکسانی عبور کند، اختلاف پتانسیل دو سر رسانای A چند برابر اختلاف پتانسیل دو سر رسانای B است؟

۲۹ نمودار $(V-I)$ برای سه رسانای اهمی A، B و C مطابق شکل است. اندازهٔ مقاومت الکتریکی آن‌ها را با هم مقایسه کنید.



۳۰ نمودار $(I-V)$ برای سه رسانای اهمی A، B و C مطابق شکل است. اندازهٔ مقاومت الکتریکی آن‌ها را با هم مقایسه کنید.



عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی

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

- مقاومت یک وسیلهٔ رسانشی به جنس، طول رسانا و سطح مقطع آن بستگی دارد.
- مقاومت ویژهٔ (ρ) یک ماده به ساختار الکترونی و دمای آن بستگی دارد و یکای آن در SI، $\Omega.m$ است.

مثال طول یک سیم آهنی در دمای $20\ ^\circ C$، $16/0\ m$ و مساحت سطح مقطع آن $2/00\ cm^2$ است. مقاومت این قطعه سیم چند اهم است؟ $(\rho_{\text{آهن}}$ در دمای $20\ ^\circ C = 9/70\times10^{-8}\ \Omega.m)$

پاسخ

$$R=\rho\frac{L}{A}\Rightarrow R=(9/70\times10^{-8}\ \Omega.m)\times\frac{16/0\ m}{2/00\times10^{-4}\ m^2}=7/76\times10^{-3}\ \Omega$$

- مقاومت ویژهٔ وسایل رسانشی به دما بستگی دارد. یعنی با تغییر دما مقاومت ویژهٔ آن و در نتیجه مقاومت الکتریکی وسیله تغییر می‌کند.
- مقاومت ویژهٔ رساناهای فلزی با افزایش دما افزایش می‌یابد.
- مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها مانند سیلیسیم و ژرمانیم با افزایش دما کاهش می‌یابد.
- **ابررسانایی:** مقاومت الکتریکی برخی از فلزات در دمای خیلی پایین (موسوم به دمای بحرانی) ناگهان صفر می‌شود. به این پدیده ابررسانایی گفته می‌شود.
- با حذف نیروی محرکه در مداری که از ابررسانا درست شده است، جریان قطع نخواهد شد.

رئوستا

- رئوستا نوعی مقاومت متغیر است که از سیمی با مقاومت ویژهٔ زیاد ساخته شده است و اساس کار آن تغییر مقاومت بر اثر تغییر طول سیم حامل جریان است.
- در مدارهای الکتریکی برای تغییر مقاومت مدار از وسیله‌ای به نام پتانسیومتر استفاده می‌شود که ساختار و نحوهٔ عملکرد آن شبیه به رئوستا است.
- رئوستا یا پتانسیومتر در مدارها با نمادهای مقابل نمایش داده می‌شوند.

پرسش‌ها

۳۱ درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص نمایید.

	درست	نادرست
الف) مقاومت ویژهٔ یک ماده فقط به ساختار الکترونی آن بستگی دارد.	☐	☐
ب) در یک رسانای فلزی با افزایش دما، مقاومت رسانا افزایش می‌یابد.	☐	☐
پ) اساس کار دماسنج‌های مقاومت پلاتینی مبتنی بر تغییر مقاومت الکتریکی با دما است.	☐	☐
ت) فقط در رساناهای غیراهمی با تغییر دما، مقاومت تغییر می‌کند.	☐	☐

۳۲ جاهای خالی را با کلمه‌ها یا عبارت‌های مناسب پر کنید.

الف) یکای مقاومت ویژه در SI، ..... است.

ب) با کاهش سطح مقطع رسانا، مقاومت الکتریکی رسانا ..... می‌یابد.

پ) سیلیسیم، ..... و کربن نیم‌رسانا هستند و با افزایش دما، مقاومت ویژهٔ آن‌ها ..... می‌یابد.

ت) در ..... با افزایش دما به تعداد حامل‌های بار افزوده می‌گردد، اما در ..... با افزایش دما تعداد حامل‌های بار ثابت می‌ماند.

ث) در پدیدهٔ ..... مقاومت الکتریکی برخی از فلزات در دمای خیلی پایین ناگهان صفر می‌شود.

۳۳ با وسایل زیر آزمایشی طرح کنید که نشان دهد مقاومت رسانای اهمی در دمای ثابت به جنس رسانا بستگی دارد. (شکل مدار ـ شرح)

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

(نوایی ریاضی ـ دی ۹۳)

۳۴ طول یک سیم مسی که در خطوط انتقال برق از نیروگاه به شهری استفاده می‌شود در حدود $400\ km$ و قطر آن در حدود $1/00\ cm$ است. مقاومت الکتریکی این سیم را به دست آورید. ($\rho = 1/69\times10^{-8}\ \Omega.m$ در دمای ثابت $\pi \simeq 3,20\ ^\circ C$)

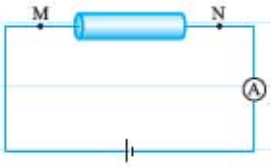
۳۵ مقاومت یک رشتهٔ تنگستن در حدود $24/0\ \Omega$ و قطر آن در حدود $300/0\ mm$ است. طول رشتهٔ تنگستن را حساب کنید.

($\rho = 5/25\times10^{-8}\ \Omega.m$ در دمای ثابت $\pi \simeq 3,20\ ^\circ C$)

۳۶ اطلاعات مربوط به دو رسانای A و B با طول یکسان (در یک دمای معین) در جدول زیر داده شده است.

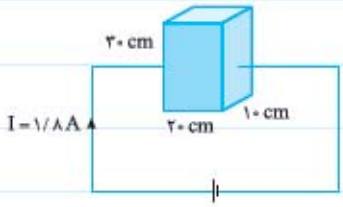
رسانا	$\rho(\Omega.m)$	$A(m^2)$
A	5×10^{-8}	2×10^{-4}
B	8×10^{-8}	4×10^{-4}

الف) مقاومت دو رسانا را با یکدیگر مقایسه کنید.



ب) اگر در مدار شکل روبه‌رو یک بار رسانای A و بار دیگر رسانای B را بین دو نقطهٔ M و N قرار دهیم، با ذکر دلیل مشخص کنید مقدار جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد در کدام حالت بیشتر است؟ (دما را ثابت فرض کنید.) *(نوایی ریاضی ـ خرداد ۹۱)*

۳۷ یک مکعب توپر رسانا به ابعاد ۳۰ cm × ۲۰ cm × ۱۰ cm مطابق شکل در مداری قرار گرفته و جریان ۱/۸ A از آن عبور می‌کند.



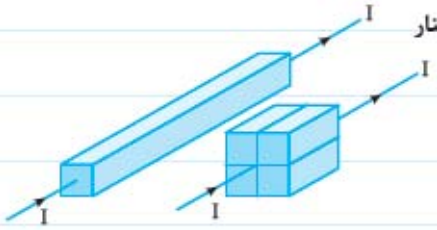
الف) اگر مکعب را به گونه‌ای در مدار قرار دهیم که کم‌ترین مقاومت را داشته باشد، چه جریانی از آن عبور می‌کند؟

ب) اگر مکعب را به گونه‌ای در مدار قرار دهیم که بیشترین مقاومت را داشته باشد، چه جریانی از آن عبور می‌کند؟

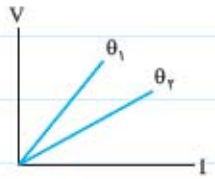
۳۸ طول یک سیم تنگستن ۳ برابر طول یک سیم پلاتینی و قطر آن ۲ برابر قطر سیم پلاتینی است. با توجه به این‌که مقاومت ویژهٔ پلاتین در دمای ۲۰ °C تقریباً دو برابر مقاومت ویژهٔ تنگستن است، مقاومت سیم پلاتینی در این دما تقریباً چند برابر مقاومت سیم تنگستن است؟

۳۹ یک سیم رسانا را بدون آن‌که تغییر جرم دهد، آن‌قدر می‌کشیم تا طول آن ۳ برابر شود. مقاومت الکتریکی سیم چند برابر می‌شود؟

۴۰ یک قطعه سیم با سطح مقطع مکعب را به چهار قسمت مساوی تقسیم کرده و آن‌ها را در کنار هم قرار می‌دهیم. مقاومت قطعهٔ جدید چند برابر مقاومت اولیه است؟



۴۱ شکل مقابل نمودار (V − I) را برای یک رسانا در دو دمای θ_1 و θ_2 نشان می‌دهد. با ذکر دلیل معلوم کنید کدام‌یک از دماها بیشتر است. *(نوایی ریاضی ـ شهریور ۹۰)*

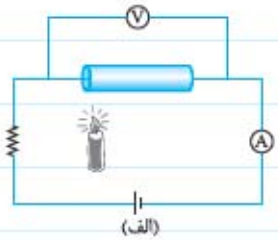


۴۲ مقاومت ویژهٔ طلا در دمای ۲۰/۰ °C برابر $2/40\times10^{-8}\ \Omega.m$ و در دمای ۵۲۰ °C برابر $6/48\times10^{-8}\ \Omega.m$ است. مقاومت الکتریکی یک استوانهٔ طلا به طول ۲/۵۰ cm و مساحت سطح مقطع $4/00\ cm^2$ را در این دماها محاسبه نمایید.

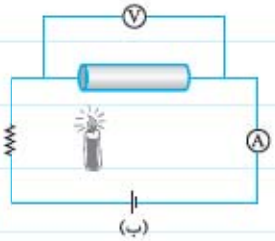
۴۳ با توجه به اعداد و ارقام داده‌شده، جاهای خالی جدول را پر کنید.

$R(\Omega)$	$\frac{L}{A}(\frac{1}{m})$	$\rho(\Omega.m)$
	10^{6}	$1/7\times10^{-9}$
	2×10^{2}	$3/5\times10^{-5}$
۴۷۰		$2/35\times10^{-8}$
9×10^{4}		$2/5\times10^{3}$

۴۴ در مدار شکل (الف) جنس مقاومت از رسانا و در مدار شکل (ب) جنس مقاومت از نیم‌رسانا درست شده است. با گرفتن شعله زیر مقاومت، اعدادی که آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند، چگونه تغییر می‌کنند؟



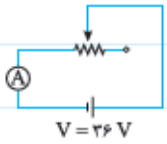
(الف)



(ب)

۴۵ در تصویرهای زیر یک رئوستا و یک پتانسیومتر را مشاهده می‌کنید. کدام تصویر مربوط به رئوستا است؟

۴۶ در مدار شکل زیر، آمپرسنج عدد A ۰/۹۰ را نشان می‌دهد. دکمهٔ لغزنده را به سمت راست حرکت می‌دهیم تا طول سیم حامل جریان در رئوستا ۳ برابر شود. در این حالت آمپرسنج چه عددی را نشان می‌دهد؟



نیروی محرکهٔ الکتریکی و مدارها

- برای ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو سر مقاومت یا بین دو نقطه از مدار، از منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی (ε) استفاده می‌کنیم.
- منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی(emf) انرژی پتانسیل الکتریکی بارهای درون باتری را افزایش می‌دهد تا انرژی لازم را برای شارش در مدار و ایجاد جریان الکتریکی ثابتی داشته باشند.
- به نسبت کاری که منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی بر روی مقداری بار الکتریکی مثبت انجام می‌دهد تا آن را از پایانهٔ منفی (پتانسیل کم‌تر) به پایانهٔ مثبت (پتانسیل بالاتر) ببرد، نیروی محرکهٔ الکتریکی گفته می‌شود.

$$\varepsilon = \frac{\Delta W}{\Delta q}$$

- یکای نیروی محرکهٔ الکتریکی ولت است.

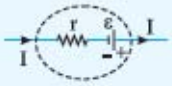
مثال | **در یک باتری به عنوان منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی برای بردن $+۴/۰\,nC$ بار مثبت از پایانهٔ منفی به پایانهٔ مثبت $۴۸\,nJ$ انرژی مصرف می‌شود. نیروی محرکهٔ باتری چند ولت است؟**

پاسخ | در ابتدا باید دقت داشته باشید که طبق قرارداد فرض می‌کنیم که بارهای مثبت در باتری یا مدار جابه‌جا می‌شوند، اما این الکترون‌ها یا بارهای منفی هستند که در مدار جابه‌جا می‌شوند. در واقع نیروی محرکه برای جابه‌جایی $۴/۰\,nC$ بار منفی از پایانهٔ مثبت به پایانهٔ منفی $۴۸\,nJ$ انرژی مصرف کرده است.

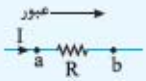
ΔW انرژی مصرف‌شده یا همان کار انجام‌شده در باتری است.

$$\varepsilon=\frac{\Delta W}{\Delta q}\Rightarrow \varepsilon=\frac{۴۸\,nJ}{۴/۰\,nC}=۱۲\,V$$

- اختلاف پتانسیل پایانه‌های مثبت و منفی یک منبع آرمانی را با $\Delta V=\varepsilon$ نمایش می‌دهیم که برای ساده‌سازی به صورت $V=\varepsilon$ نمایش داده می‌شود.
- در مدارهای الکتریکی منبع نیروی محرکهٔ واقعی را با نماد یا و منبع نیروی محرکهٔ آرمانی را با نماد نمایش می‌دهیم.
- در دنیای واقعی منبع نیروی محرکهٔ آرمانی وجود ندارد و تمام منبع‌های نیروی محرکه دارای مقاومت داخلی هستند که با (r) نمایش داده می‌شود.
- در یک حلقهٔ رسانا، جمع اختلاف پتانسیل‌های اجزای حلقه (مدار) برابر صفر است.
- در مدار تک‌حلقه‌ای که شامل یک باتری باشد، طبق قرارداد (و برخلاف حرکت واقعی الکترون‌ها) جریان (I) از پایانهٔ مثبت باتری خارج و به پایانهٔ باتری وارد می‌شود.

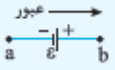


- در هنگام عبور از مقاومت (R) در جهت جریان، پتانسیل الکتریکی به اندازهٔ $-IR$ افت می‌کند.



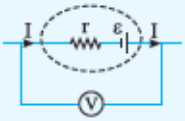
$$V_a-IR=V_b$$

- با مقاومت داخلی باتری (r) مانند یک مقاومت خارجی رفتار می‌کنیم؛ یعنی در هنگام عبور از مقاومت (r) در جهت جریان به اندازهٔ $-Ir$ افت پتانسیل داریم.
- در هنگام عبور از نیروی محرکه، اگر از پایانهٔ منفی به پایانهٔ مثبت برویم، پتانسیل الکتریکی به اندازهٔ $+\varepsilon$ افزایش می‌یابد.

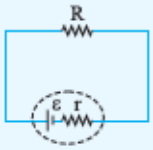


$$V_a+\varepsilon=V_b$$

- اختلاف پتانسیل دو سر باتری‌ای که مطابق شکل، جریان از آن می‌گذرد، $V=\varepsilon-Ir$ است.



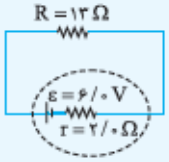
- در یک مدار سادهٔ الکتریکی شامل یک مقاومت R و یک منبع نیروی محرکهٔ واقعی که مقاومت درونی آن r است:



۱) جریان مدار از رابطهٔ $I=\frac{\varepsilon}{r+R}$ به دست می‌آید.

۲) اختلاف پتانسیل پایانه‌های منبع (یا باتری) از رابطهٔ $V=\varepsilon-Ir$ به دست می‌آید که برابر با اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R است.

مثال | **در مدار شکل مقابل:**



الف | جریان گذرنده از مدار را محاسبه نمایید.

ب | اختلاف پتانسیل پایانه‌های مثبت و منفی باتری را به دست آورید.

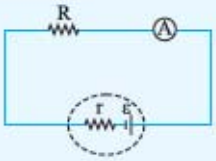
پاسخ | **الف**

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r}=\frac{۶/۰\,V}{۱۳\,\Omega+۲/۰\,\Omega}\Rightarrow I=۰/۴۰\,A$$

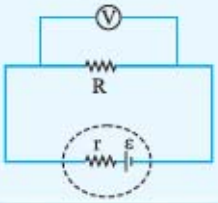
ب

$$V=\varepsilon-Ir\Rightarrow V=۶/۰\,V-(۰/۴۰\,A)(۲/۰\,\Omega)=۵/۲\,V$$

کتاب کار



■ آمپرسنج ایده‌آل —Ⓐ—، آمپرسنجی است که مقاومت درونی آن تقریباً صفر است و به صورت مقابل در مدار قرار می‌گیرد.



■ ولت‌سنج ایده‌آل —Ⓥ—، ولت‌سنجی است که مقاومت درونی آن بسیار بسیار بزرگ است و به صورت مقابل به دو نقطه‌ای که اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل آن‌ها مدنظر ما است، متصل می‌شود.

پرسش‌ها

۴۷ جمله‌ها را با کلمه‌ها یا عبارت‌های مناسب به درستی تکمیل نمایید.

الف) به وسیله‌ای که با انجام کار روی بار الکتریکی، جریان ثابتی از بارهای الکتریکی در یک مدار ایجاد می‌کند، ..... گفته می‌شود.

ب) نیروی محرکهٔ الکتریکی بارهای مثبت را از پتانسیل ..... به پتانسیل ..... می‌برد.

پ) نیروی محرکهٔ الکتریکی (emf) با رابطهٔ ..... تعریف می‌شود.

ت) یکای نیروی محرکهٔ الکتریکی (emf) در SI ..... بر ..... است که به آن ..... گفته می‌شود.

ث) منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی آرمانی، مقاومت درونی ..... ولی منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی واقعی، مقاومت درونی ..... .

ج) اگر جریانی از منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی واقعی بگذرد، اختلاف پتانسیل دو سر منبع ..... از نیروی محرکهٔ الکتریکی منبع است.

۴۸ پاسخ درست سؤال‌های زیر را انتخاب نمایید.

الف) هرگاه در مدار، در جهت جریان از مقاومت عبور کنیم، اختلاف پتانسیل را در معادله چگونه می‌نویسیم؟

☐ $-IR$ ☐ $+IR$

ب) هرگاه در مدار، در جهت جریان از پایانهٔ (−) به پایانهٔ (+) نیروی محرکه برویم، علامت نیروی محرکه را در معادله (−) در نظر می‌گیریم یا (+)؟

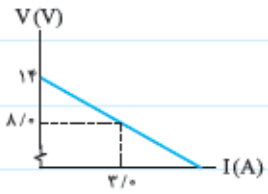
☐ (+) ☐ (−)

پ) هرگاه در مدار، در خلاف جهت جریان از پایانهٔ (−) به پایانهٔ (+) نیروی محرکه برویم، علامت نیروی محرکه را در معادله (−) در نظر می‌گیریم یا (+)؟

☐ (+) ☐ (−)

۴۹ یک باتری برای آن‌که $6/0\ \mu C$ بار منفی را از پایانهٔ مثبت به پایانهٔ منفی منتقل کند، باید به اندازهٔ $54\ \mu J$ کار بر روی آن انجام دهد. نیروی محرکهٔ باتری را محاسبه نمایید.

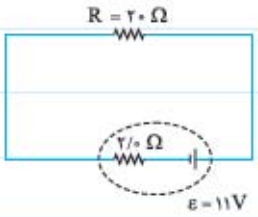
۵۰ دانش‌آموزی پس از ثبت نتایج به دست آمده در طراحی یک آزمایش، نمودار تغییرات ولتاژ دو سر مولد برحسب جریان عبوری از آن را به صورت روبه‌رو رسم می‌کند. *(نوبهار تجربی ـ خرداد ۹۰)*



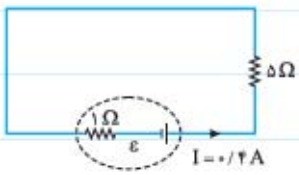
الف) مقاومت درونی این مولد چند اهم است؟

ب) به کمک یک مقاومت، باتری، ولت‌سنج، آمپرسنج و کلید قطع و وصل مدار ساده‌ای از این آزمایش را رسم کنید.

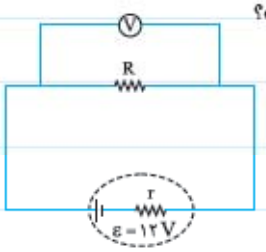
۵۱ در مدار شکل مقابل جریان گذرنده از مقاومت R و اختلاف پتانسیل دو سر آن را به دست آورید.



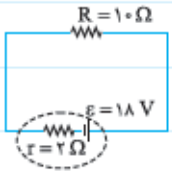
۵۲ اگر اندازهٔ جریان در مدار شکل مقابل ۰/۴ A باشد، اندازهٔ نیروی محرکهٔ باتری چند ولت است؟



۵۳ در مدار شکل مقابل ولت‌سنج ۹/۵ V را نشان می‌دهد. اندازهٔ مقاومت درونی باتری چند برابر مقاومت R است؟



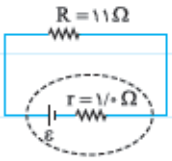
۵۴ در مدار شکل مقابل:



الف) جریان گذرنده از مدار را به دست آورید.

ب) اختلاف پتانسیل دو سر باتری را محاسبه کنید.

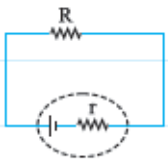
۵۵ در مدار شکل مقابل، اختلاف پتانسیل دو سر مولد ۲۲ V است.



الف) جریان گذرنده از مقاومت را محاسبه نمایید.

ب) نیروی محرکهٔ باتری را به دست آورید.

۵۶ در مدار شکل مقابل، جریان گذرنده از مقاومت R = ۲۴ Ω ، ۱/۵ A است.

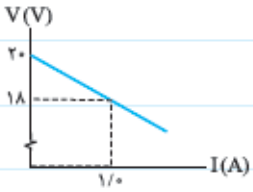


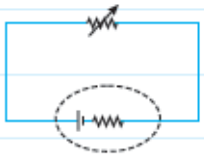
الف) اختلاف پتانسیل دو سر مولد را محاسبه نمایید.

ب) مقاومت درونی مولد چند اهم است؟

۵۷ یک باتری ۱۲ ولتی را به دو سر یک مقاومت ترکیبی با مقاومت $48\ \Omega$ می‌بندیم. اگر جریانی که از مقاومت عبور می‌کند $0/24\ A$ باشد، مقاومت درونی باتری چند اهم است؟

۵۸ نمودار اختلاف پتانسیل دو سر یک باتری برحسب جریان گذرنده از آن $(V-I)$ در مدار شکل زیر به این صورت است:

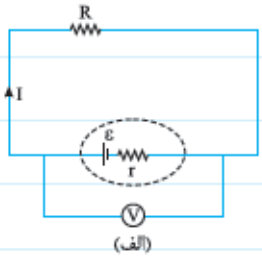


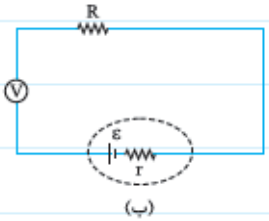


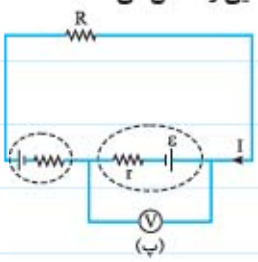
الف) نیروی محرکه و مقاومت درونی باتری را به دست آورید.

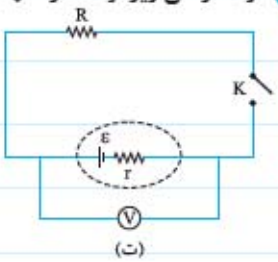
ب) جریان گذرنده از باتری را به چند آمپر برسانیم تا اختلاف پتانسیل دو سر باتری صفر شود؟

۵۹ در مدارهای زیر، ولت‌مترها چه عددهایی را نشان می‌دهند؟

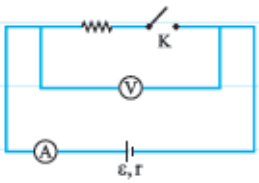




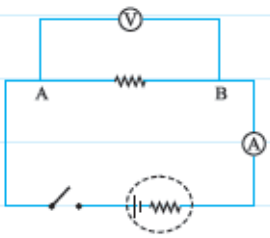




۶۰ در مدار شکل مقابل، وقتی کلید را می‌بندیم، عدد ولت‌سنج تغییر محسوسی نمی‌کند؛ در حالی که آمپرسنج جریان را نشان می‌دهد. علت را بنویسید. *(نوابی ریاضی ـ خرداد ۸۹)*



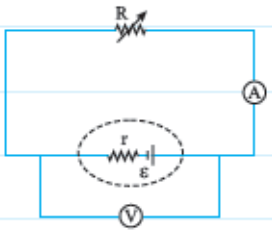
۶۱ در یک آزمایش، بین دو نقطهٔ A و B قطعه‌ای با طول معین از سیم تنگستن قرار می‌دهیم.



الف) پس از بستن کلید، مقاومت قطعه سیم را چگونه می‌توان اندازه‌گیری کرد؟

ب) اگر طول سیم بین A و B را کاهش دهیم و سپس کلید را ببندیم، استدلال کنید که در اندازه‌گیری ولت‌سنج و آمپرسنج چه تغییری به وجود می‌آید؟ *(نوابی تجربی ـ دی ۸۴)*

۶۲ در مدار مقابل مقاومت رئوستا را کاهش می‌دهیم. اعدادی که ولت‌مترها و آمپرسنج‌ها نشان می‌دهند چگونه تغییر می‌کند؟



توان در مدارهای الکتریکی

- توان الکتریکی مصرفی در وسایل رسانشی یا مقاومت‌ها، از روابط روبه‌رو قابل محاسبه است: $P = I\Delta V \, , \, P = RI^2 \, , \, P = \frac{(\Delta V)^2}{R}$
- می‌توان انرژی مصرفی در وسایل رسانشی یا مقاومت‌ها را از روابط زیر به دست آورد:

$$U = P.t \Rightarrow U = q\Delta V \; , \; U = I.\Delta V.t \; , \; U = RI^2 t \; , \; U = \frac{(\Delta V)^2}{R}.t$$

- از رابطهٔ $U_{(kWh)} = P_{(kW)}.t_{(h)}$ انرژی وسایل برقی برحسب کیلووات‌ساعت (kWh) به دست می‌آید.
- برای محاسبهٔ بهای انرژی مصرفی وسایل برقی کافی است انرژی مصرفی را بر حسب کیلووات‌ساعت محاسبه کرده و آن را در بهای هر کیلووات‌ساعت انرژی ضرب کنید.

مثال **مقاومت رشتهٔ تنگستن یک لامپ رشته‌ای $242\,\Omega$ است. اگر این لامپ را با ولتاژ $220\,V$ روشن کنیم:**

الف) توان مصرفی آن چند وات می‌شود؟

ب) اگر هر روز به مدت ۸ ساعت روشن باشد، مصرف ماهانهٔ انرژی آن برحسب کیلووات‌ساعت چه‌قدر است؟

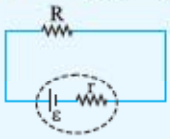
پ) اگر بهای هر کیلووات‌ساعت برق مصرفی در حدود ۵۰ تومان باشد، بهای ماهیانهٔ برق مصرفی توسط این لامپ چند تومان است؟ (ماه را ۳۰ روزه فرض کنید.)

پاسخ

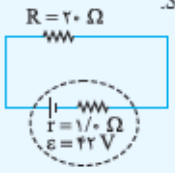
الف) $P = \frac{\Delta V^2}{R} \Rightarrow P = \frac{(220\,V)^2}{242\,\Omega} = 200\,W$

ب) $U = P.t \Rightarrow U = (0/2\,kW)(30 \times 8/0\,h) \Rightarrow U = 48\,kWh$

پ) بهای برق مصرفی ماهانه $= (48\,kWh)(50\,\frac{\text{تومان}}{kWh}) =$ ۲۴۰۰ تومان



- در یک مدار سادهٔ الکتریکی توان مصرفی مقاومت و توان خروجی مولد بنا بر اصل پایستگی انرژی با هم برابرند، بنابراین $P = \frac{V^2}{R}$ توان مصرفی مقاومت و $P = IV$ توان خروجی مولد است.
- می‌توان با جای‌گذاری رابطهٔ $V = \varepsilon - Ir$ در معادلهٔ $P = IV$ توان خروجی مولد را از رابطهٔ $P = I\varepsilon - rI^2$ نیز به دست آورد.



مثال **مداری مطابق شکل، شامل یک مولد و یک مقاومت خارجی است.**

الف) جریان مدار را محاسبه کنید.

ب) اختلاف پتانسیل دو سر مولد را به دست آورید.

پ) توان مصرفی مقاومت و توان خروجی مولد را محاسبه نمایید.

پاسخ

الف) $I = \frac{\varepsilon}{r+R} \Rightarrow I = \frac{42\,V}{1\Omega + 20\,\Omega} = 2/0\,A$

ب) $V = \varepsilon - Ir \Rightarrow V = 24\,V - (2/0\,A)(1\,\Omega) = 40\,V$

پ) اختلاف پتانسیل دو سر مولد و مقاومت با هم برابرند، پس: $P_{\text{مقاومت}} = \frac{V^2}{R} = \frac{(40\,V)^2}{20\,\Omega} = 80\,W$

توان مصرفی مقاومت و توان خروجی مولد با هم برابرند، پس: $P_{\text{خروجی مولد}} = 80\,W$.

پرسش‌ها

۶۳ به سؤال‌های زیر پاسخ کوتاه دهید.

الف) برای محاسبهٔ توان خروجی یک منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی مانند باتری از چه معادله‌ای استفاده می‌کنید؟

ب) برای محاسبهٔ توان مصرفی یک وسیلهٔ الکتریکی مانند لامپ از چه معادله‌هایی استفاده می‌کنید؟

پ) توان یک لامپ رشته‌ای از توان یک اتوی برقی کم‌تر است. با توجه به این‌که هر دو وسیله با برق شهری کار می‌کنند ، مقاومت الکتریکی کدام‌یک بیشتر است؟ چرا؟

۶۴ جریان گذرنده از یک رسانا $2/0\ A$ و مقاومت آن $60\ \Omega$ است.

الف) توان مصرفی آن چند وات است؟

ب) در مدت یک دقیقه چه مقدار انرژی الکتریکی در این رسانا مصرف می‌شود؟

۶۵ مقاومت درونی یک لامپ با اختلاف پتانسیل $220\ V$ که توانی به اندازهٔ $200\ W$ دارد، چه‌قدر است؟

۶۶ یک لامپ $200\ W$ و یک لامپ $60/0\ W$ با اختلاف پتانسیل‌های یکسان کار می‌کنند. مقاومت درونی کدام لامپ بیشتر است و چند برابر دیگری است؟

۶۷ در حالی که اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانا $180\ V$ است، جریان گذرنده از آن $3/00\ A$ است.

الف) توان الکتریکی رسانا را محاسبه کنید.

ب) پس از چه مدت به اندازهٔ $13/5\ kJ$ انرژی الکتریکی در این رسانا مصرف می‌شود؟

۶۸ اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانای اهمی را ۳ برابر می‌کنیم.

الف) مقاومت رسانا چند برابر می‌شود؟

ب) جریان گذرنده از آن چند برابر می‌شود؟

پ) توان الکتریکی مصرفی آن چند برابر می‌شود؟

۶۹ در طول یک شبانه‌روز، ۵ لامپ $0/1\ kW$ به مدت ۸ ساعت، یک اتوی برقی با توان $2\ kW$ به مدت نیم‌ساعت و یک کولر آبی با توان $1\ kW$ به مدت ۵ ساعت روشن هستند.

الف) در طول این شبانه‌روز، چه مقدار انرژی الکتریکی توسط این دستگاه‌ها مصرف شده است؟

ب) اگر قیمت هر کیلووات‌ساعت انرژی تقریباً ۷۵ تومان باشد، بهای انرژی مصرفی این دستگاه‌ها در مدت یک شبانه‌روز چند تومان است؟

۷۰ مقاومت درونی لامپی $484\ \Omega$ است. این لامپ در طول یک شبانه‌روز به مدت ۶ ساعت توسط ولتاژ برق شهر $220\ V$ روشن است. اگر ماه را ۳۰ روزه و بهای هر کیلووات‌ساعت انرژی را به طور متوسط ۷۲۰ ریال فرض کنیم، بهای انرژی مصرفی ماهانهٔ این لامپ را محاسبه نمایید.

۷۱ بر روی یک لامپ اعداد $200\ W$ و $220\ V$ درج شده است. لامپ را به اختلاف پتانسیل $110\ V$ وصل می‌کنیم. توان لامپ در این حالت چند وات تغییر می‌کند؟

۷۲ چرا باتری‌های فرسوده توان لازم را برای روشن‌کردن یا روشن نگه‌داشتن اتومبیل ندارند؟

۷۳ جمله های زیر را با نوشتن معادلهٔ مناسب به درستی تکمیل نمایید.

الف) اختلاف پتانسیل دو سر یک مولد از رابطهٔ ..... به دست می‌آید.

ب) به طور کلی می‌توان توان خروجی یک مولد را از رابطهٔ ..... به دست آورد که با توجه به معادلهٔ اختلاف پتانسیل می‌توان توان خروجی را به صورت ..... نیز نوشت.

۷۴ در مدار تک‌حلقه‌ای شامل یک باتری آرمانی و یک مقاومت خارجی، توان خروجی مولد $45\ W$ است.

الف) جریان گذرنده از مدار را محاسبه نمایید.

ب) مقاومت R را به دست آورید.

۷۵ در شکل مقابل، بخشی از یک مدار را مشاهده می‌کنید:

الف) اختلاف پتانسیل دو سر باتری چند ولت است؟

ب) افت پتانسیل درون باتری چند ولت است؟

پ) توان خروجی (مفید) باتری چند وات است؟

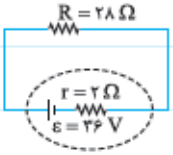
۷۶ در شکل مقابل بخشی از یک مدار را مشاهده می‌کنید. اختلاف پتانسیل دو سر باتری ۶ V ولت است. توان خروجی باتری را به دست آورید.

۷۷ در مدار شکل مقابل، توان خروجی باتری $\frac{۳۲}{۳}$ W و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت خارجی ۱۶ Ω است.

الف) جریان گذرنده از مدار را محاسبه کنید.

ب) مقاومت درونی باتری را به دست آورید.

۷۸ در مدار تک‌حلقه‌ای شامل یک باتری ۳۶ ولتی با مقاومت درونی ۲/۰ Ω و یک وسیلهٔ رسانشی اهمی با مقاومت الکتریکی ۲۸ Ω:

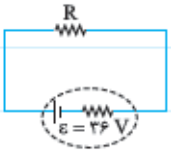


الف) جریان در مدار چند آمپر است؟

ب) اختلاف پتانسیل دو سر مولد چند ولت است؟

پ) توان خروجی مولد چند وات است؟

۷۹ در مدار شکل مقابل، توان مصرفی مقاومت خارجی ۹۹ W و اختلاف پتانسیل دو سر مولد ۳۳ V است.



الف) مقاومت R را محاسبه نمایید.

ب) جریان را در مدار به دست آورید.

پ) مقاومت درونی مولد چند اهم است؟

۸۰ شدت جریان الکتریکی در مدار شکل مقابل، ۲/۰ A است.

الف) توان مصرفی مقاومت خارجی چند وات است؟

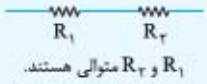
ب) اختلاف پتانسیل دو سر باتری چند ولت است؟

پ) نیروی محرکهٔ باتری چند ولت است؟

ـ به هم بستن مقاومت‌ها

مقاومت‌های متوالی (سری)

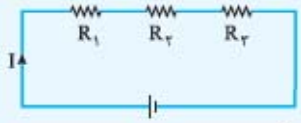
■ اگر دو مقاومت طوری به هم وصل باشند که فقط یک پایهٔ آن‌ها به هم وصل باشد و در آن ناحیه انشعاب دیگری نباشد، به صورت سری یا متوالی به هم وصل شده‌اند.



R_1 و R_2 متوالی هستند.

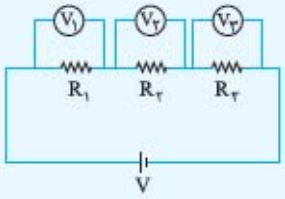
R_1 و R_2 متوالی نیستند.

■ در مقاومت‌های متوالی جریان گذرنده از مقاومت‌ها یکسان است.



$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

■ در مقاومت‌های متوالی، جمع اختلاف پتانسیل‌ها برابر با اختلاف پتانسیل کل یا اختلاف پتانسیل دو سر شاخه است.



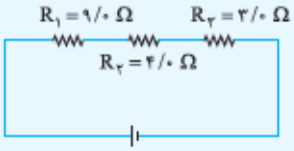
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

■ مقاومت معادل، مقاومتی است که می‌تواند به جای ۲ یا چند مقاومت در مدار جایگزین شود، بدون آن‌که تغییری در انرژی مصرفی یا جریان گذرنده از مدار ایجاد شود.

■ برای به دست آوردن مقاومت معادلِ مقاومت‌های متوالی، کافی است که آن‌ها را با هم جمع کنیم:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots$$

مثال | **در شکل روبه‌رو، توان مصرفی مقاومت R_2، $9/0\ W$ است.**



الف | مقاومت معادل مدار را به دست آورید.

ب | جریان گذرنده از مدار را به دست آورید.

پ | اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_3 را محاسبه نمایید.

ت | اختلاف پتانسیل دو سر باتری را محاسبه کنید.

پاسخ | الف |

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \Rightarrow R_{eq} = 9/0\,\Omega + 4/0\,\Omega + 3/0\,\Omega = 16\,\Omega$$

ب | چون مقاومت‌ها به صورت متوالی به هم بسته شده‌اند، جریان گذرنده از مقاومت R_2، همان جریان کل مدار است.

$$P_2 = R_2 I^2 \Rightarrow 9/0\,W = (4/0\,\Omega) \times I^2 \Rightarrow I = 1/5\,A$$

پ |

$$V_3 = IR_3 \Rightarrow V_3 = (1/5\,A)(3/0\,\Omega) = 4/5\,V$$

ت | برای محاسبهٔ اختلاف پتانسیل دو سر باتری از مقاومت معادل به دست آمده و جریان کل مدار استفاده می‌کنیم.

$$V = IR_{eq} \Rightarrow V = (1/5\,A)(16\,\Omega) = 24\,V$$

پرسش‌ها

	درست	نادرست
۸۱ درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص نمایید.		
الف) در مقاومت‌های متوالی جریان گذرنده از مقاومت‌ها یکسان است.	☐	☐
ب) در مقاومت‌های متوالی اختلاف پتانسیل دو سر همهٔ مقاومت‌ها با هم برابر است.	☐	☐

پ) اندازهٔ مقاومت معادلِ مقاومت‌های متوالی از اندازهٔ هر یک از مقاومت‌ها بزرگ‌تر است.

ت) توان مصرفی مقاومت معادلِ مقاومت‌های متوالی، بزرگ‌تر از جمع توان مصرفی مقاومت‌ها است.

۸۲ در کدام شکل یا شکل‌ها، مقاومت‌های R_1 و R_2 متوالی هستند؟

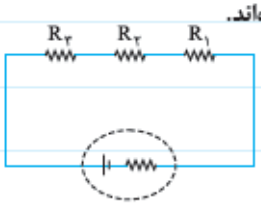
۸۳ ارتباط بین تصویر سمت چپ و تصویر سمت راست را به اختصار توضیح دهید.

۸۴ دو مقاومت ۲۰ و ۳۰ اهمی را به صورت متوالی به هم بسته و مجموعه را به دو سر باتری با اختلاف پتانسیل ۱۸ V وصل می‌کنیم.

الف) مقاومت معادل آن‌ها را به دست آورید.

ب) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۳۰ اهمی چه‌قدر است؟

۸۵ در مدار شکل زیر، سه مقاومت $R_1 = 4/0\,\Omega$ ، $R_2 = 12\,\Omega$ و $R_3 = 14\,\Omega$ به صورت متوالی به هم بسته شده‌اند.



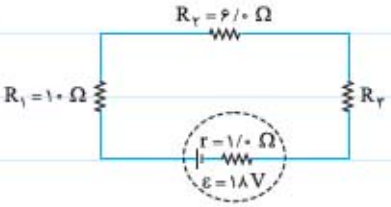
الف) مقاومت معادل مدار را به دست آورید.

ب) اگر جریان $0/4\,A$ از مقاومت R_2 بگذرد، اختلاف پتانسیل پایانه‌های باتری چند ولت است؟

پ) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_3 چه‌قدر است؟

ت) توان مصرفی مقاومت R_1 چند وات است؟

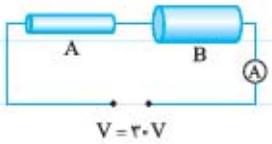
۸۶ در مدار شکل مقابل توان مصرفی مقاومت R_1، $2/5\ W$ است.



الف) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت R_2 و باتری چند ولت است؟

ب) توان مصرفی مقاومت R_3 چند وات است؟

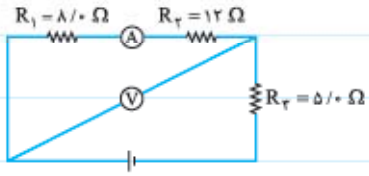
۸۷ دو قطعه سیم مسی توپُر و هم‌طول A و B مطابق شکل به هم بسته شده‌اند. اگر قطر سطح مقطع سیم B دو برابر قطر سطح مقطع سیم A باشد: *(توانایی ریاضی یا اندکی تفکر ـ خرداد ۹۴)*



الف) مقاومت سیم A چند برابر مقاومت سیم B است؟

ب) اگر عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد $2/0\ A$ باشد، مقاومت هر یک از سیم‌ها چند اهم است؟

۸۸ در شکل مقابل ولت‌سنج عدد $12\ V$ را نشان می‌دهد.



الف) آمپرسنج چه عددی را نشان می‌دهد؟

ب) توان مصرفی مقاومت R_3 چند وات است؟

پ) اختلاف پتانسیل دو سر باتری چند ولت است؟

۸۹ سه مقاومت ۱۲، ۲۰ و ۳۰ اهمی به صورت متوالی به هم بسته شده‌اند. اگر توان مصرفی مقاومت ۱۲ اهمی، $4/8\ W$ باشد:

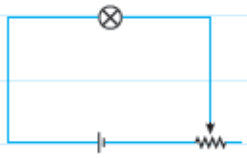
الف) توان مصرفی مقاومت‌های ۲۰ و ۳۰ اهمی چه‌قدر است؟

ب) توان مصرفی کل مدار چند وات است؟

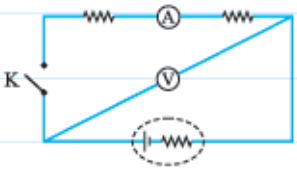
۹۰ ۵ لامپ $60/0\ W$ و $200\ V$ را به صورت متوالی به هم می‌بندیم و مجموعه را به اختلاف پتانسیل $200\ V$ وصل می‌کنیم. توان هر یک از لامپ‌ها چه‌قدر می‌شود؟

۹۱ قصد داریم تعدادی لامپ $8/0\ W$ و $12\ V$ را به وسیلهٔ یک مولد ۱۸۰ ولتی روشن کنیم. چه تعداد از این لامپ‌ها را به صورت متوالی به هم ببندیم تا لامپ‌ها نسوزند.

۹۲ در مدار شکل مقابل، اگر مقاومت رئوستا را کاهش دهیم، نور لامپ چگونه تغییر می‌کند؟

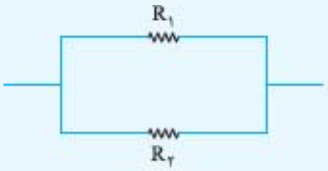


۹۳ در شکل مقابل، با بستن کلید اعدادی که آمپرسنج و ولت‌سنج نمایش می‌دهند، چگونه تغییر می‌کند؟

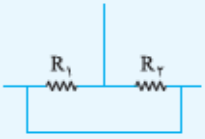


مقاومت‌های موازی

اگر دو سر مقاومتی مستقیماً به دو سر مقاومت دیگری بسته شود، گفته می‌شود که مقاومت‌ها به صورت موازی به هم بسته شده‌اند.

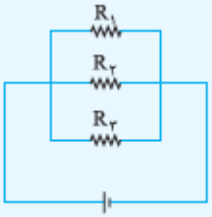


R_1 و R_2 موازی هستند.



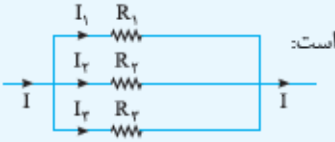
R_1 و R_2 موازی هستند.

- اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های موازی، یکسان است.



$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

- با توجه به پایستگی بار الکتریکی و با توجه به این‌که در نقطهٔ اتصال انشعاب‌ها بار نمی‌تواند جمع شود، جمع جریان‌های خروجی (بار خروجی در واحد زمان) از یک انشعاب برابر با جریان ورودی به آن انشعاب است:

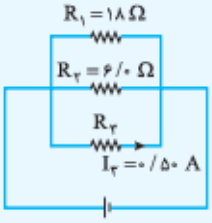


$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

- مقاومت معادلِ مقاومت‌های موازی از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

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

مثال در مدار شکل مقابل، جریان گذرنده از R_2، $0/30\ A$ است.



الف اندازهٔ مقاومت R_3 را به دست آورید.

ب مقاومت معادل مدار را محاسبه نمایید.

پ توان مصرفی مقاومت R_1 چند وات است؟

پاسخ الف) در مقاومت‌های موازی اختلاف پتانسیل مقاومت‌ها با هم برابر است:

$$V_۲ = V_۳ \Rightarrow I_۲R_۲ = I_۳R_۳ \Rightarrow (۳/۰\,A)(۶/۰\,\Omega) = (۰/۵\,A)R_۳ \Rightarrow R_۳ = ۳۶\,\Omega$$

ب)
$$\frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} \Rightarrow \frac{۱}{R_{eq}} = \frac{۱}{۱۸\,\Omega} + \frac{۱}{۶/۰\,\Omega} + \frac{۱}{۳۶\,\Omega} = \frac{۲+۶+۱}{۳۶\,\Omega} \Rightarrow R_{eq} = ۴/۰\,\Omega$$

پ) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های موازی با هم برابر است:
$$V_۱ = V_۲ \Rightarrow I_۱R_۱ = I_۲R_۲ \Rightarrow I_۱ = \frac{(۳/۰\,A)(۶/۰\,\Omega)}{۱۸\,\Omega} = ۱/۰\,A$$

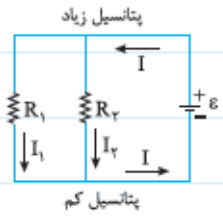
$$\Rightarrow P_۱ = R_۱I_۱^۲ \Rightarrow P_۱ = (۱۸\,\Omega)\times(۱/۰\,A)^۲ = ۱۸\,W$$

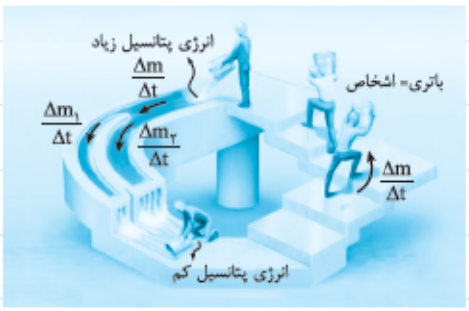
پرسش‌ها

۹۴ درست یا نادرست بودن جمله‌های زیر را مشخص کنید.

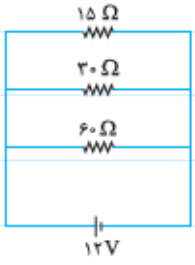
	درست	نادرست
الف) اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های موازی با هم برابرند.	☐	☐
ب) اگر مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ را که $R_۱ > R_۲$ است، به صورت موازی به هم ببندیم،		
جریان عبوری از $R_۱$ بیشتر از جریان عبوری از $R_۲$ است.	☐	☐
پ) مقاومت معادلِ مقاومت‌های موازی، کوچک‌تر از کوچک‌ترین مقاومت مجموعه است.	☐	☐
ت) توان مصرفی مقاومت معادلِ مقاومت‌های موازی، کم‌تر از مجموع توان مصرفی مقاومت‌های مجموعه است.	☐	☐
ث) اگر دو سر یک مقاومت یا دو نقطه از مدار را با سیم بدون مقاومتی به هم وصل کنیم،		
تمام جریان از آن سیم می‌گذرد و اصطلاحاً بین آن دو نقطه اتصال کوتاه رخ داده است.	☐	☐

۹۵ شباهت تصویر سمت راست و تصویر سمت چپ را به اختصار توضیح دهید.





۹۶ سه مقاومت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ اهمی را به صورت موازی به هم می‌بندیم و مجموعه را به یک باتری با اختلاف پتانسیل ۱۲ V متصل می‌کنیم.



الف) مقاومت معادل مدار را بنویسید.

ب) توان مصرفی هر یک را محاسبه کنید.