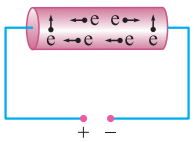
بخش ۱: جریان الکتریکی و مقاومت الکتریکی

جریان الکتریکی

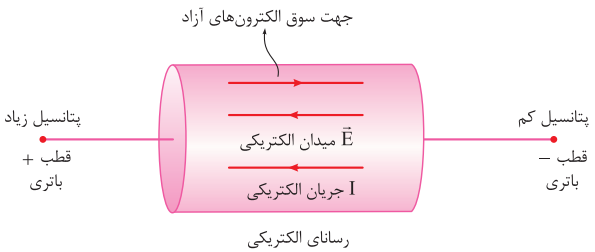
آهنگ شارش بار الکتریکی خالص در یک رسانا

دو سر رسانا اختلاف پتانسیل الکتریکی برقرار نشده است.	دو سر رسانا اختلاف پتانسیل الکتریکی برقرار شده است.
حرکت الکترون‌ها فقط کاتوره‌ای است؛ در همهٔ جهت‌ها، با تندی زیاد ($10^6\ m/s$).	الکترون‌ها ضمن حفظ حرکت کاتوره‌ای خود به سمت پتانسیل بیشتر سوق پیدا می‌کنند.
بار خالص عبوری از هر مقطع رسانا صفر است.	بار خالص عبوری از هر مقطع رسانا صفر نیست.
	
جریان الکتریکی ایجاد نمی‌شود.	جریان الکتریکی ایجاد می‌شود.

نکته

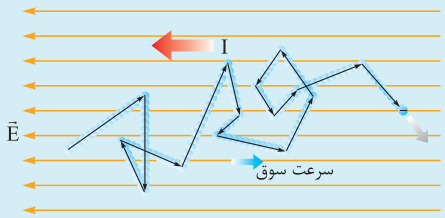
جریان الکتریکی ناشی از شارش بارهای متحرک است، اما همهٔ بارهای متحرک جریان ایجاد نمی‌کنند (باید بار خالص عبوری از سطح مقطع رسانا غیرصفر باشد تا جریان ایجاد شود).

جهت جریان الکتریکی:



نکته

مسیر حرکت الکترون‌ها در حضور اختلاف پتانسیل الکتریکی (و میدان الکتریکی درون رسانا) به صورت شکل زیر زیگزاگی است.



نکته

هنگام برقراری اختلاف پتانسیل، الکترون‌ها هم‌چنان به این‌طرف و آن طرف می‌روند، اما برآیند حرکت آن‌ها در خلاف جهت میدان (به سمت پتانسیل بیشتر) است. در این حالت به سرعت پیشروی الکترون‌ها در خلاف جهت میدان، سرعت سوق می‌گوییم. سرعت سوق خیلی کوچک ($10^{-4}\ m/s$ یا $10^{-5}\ m/s$) است.

نکته

سرعت حرکت هر الکترون: زیاد (در حدود $10^{6}\ m/s$)
سرعت سوق الکترون‌ها: کم (در حدود $10^{-4}\ m/s$ یا $10^{-5}\ m/s$)

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

جریان الکتریکی متوسط: بار خالص عبوری از مقطع رسانا در واحد زمان

جریان الکتریکی متوسط (آمپر: A)

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

(Δq: بار خالص عبوری (کولن: C)، Δt: زمان (ثانیه: s))

جریان الکتریکی: نرده‌ای، اصلی (آمپر جزء یکاهای اصلی است).

نکته

کولن برابر آمپرثانیه (A.s) است.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q = I\Delta t \xrightarrow{\text{جای‌گذاری یکاها}} C = A.s \text{ ، کولن} = \text{آمپر} \times \text{ثانیه}$$

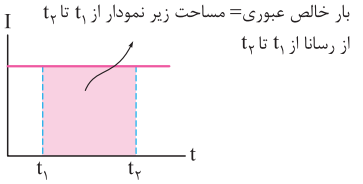
نکته

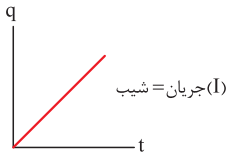
آمپرساعت (Ah) از یکاهای بار الکتریکی و برابر $3600\ C$ است.

کولن (C)	$A \leftarrow I = \frac{\Delta q \rightarrow C}{\Delta t \rightarrow s}$	بار عبوری در مدت ۱ s، وقتی جریان ۱ A است.
آمپرساعت (Ah)	$A \leftarrow I = \frac{\Delta q \rightarrow Ah}{\Delta t \rightarrow h}$	بار عبوری در مدت ۱ h، وقتی جریان ۱ A است.

آمپرساعت باتری: حداکثر باری که باتری از مدار عبور می‌دهد تا به طور ایمن تخلیه شود.

جریان مستقیم: جریانی که اندازه و جهت آن در طی زمان ثابت است.





مقاومت الکتریکی

نشان‌دهندهٔ ممانعت اتم‌های رسانا در برابر عبور الکترون‌های آزاد است.

اختلاف پتانسیل یا ولتاژ دو سر رسانا (ولت: V)

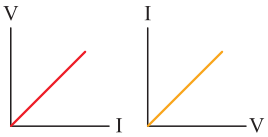
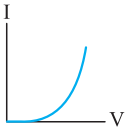
$$R = \frac{V}{I}$$

(R: مقاومت الکتریکی (اهم: Ω)، I: جریان عبوری از رسانا (آمپر: A))

نماد در مدار:

قانون اهم: مقاومت الکتریکی برخی رساناها در دمای معین، ثابت است و به اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن بستگی ندارد.

رسانای اهمی و غیراهمی:

	رسانای اهمی (مقاومت اهمی)	رسانای غیراهمی (مقاومت غیراهمی)
از قانون اهم	پیروی می‌کند.	پیروی نمی‌کند.
مقاومت الکتریکی آن در دمای معین	ثابت است.	ثابت نیست.
مقاومت الکتریکی آن به اختلاف پتانسیل دو سرش	بستگی ندارد.	بستگی دارد.
نمونه	فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی	دیود نورگسیل (LED)
نمودار اختلاف پتانسیل دو سر آن برحسب جریان عبوری از آن (I − V) و برعکس (یعنی V − I)	خط راست گذرا از مبدأ است. 	هر شکلی جز خط راست گذرا از مبدأ می‌تواند باشد. مثل شکل زیر: نمودار دیود نورگسیل (LED) 

نکته

چند نکته دربارهٔ رساناهای اهمی:

۱ با تغییر ولتاژ (V) دو سر یا جریان (I) عبوری از آن‌ها، مقاومت الکتریکی‌شان تغییری نمی‌کند.

۲ جریان عبوری از آن‌ها با اختلاف پتانسیل دو سرشان متناسب است:

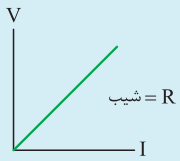
$$R: \text{ثابت} \xrightarrow{R=\frac{V}{I}} I \propto V \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

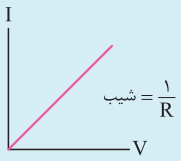
۳ اگر اختلاف پتانسیل به اندازهٔ ΔV تغییر کند، جریان به اندازهٔ ΔI تغییر می‌کند، که:

$$R = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

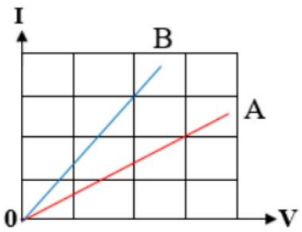
↓ مقاومت الکتریکی

۴ نمودار!



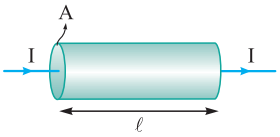


سوال: شکل زیر رابطه بین جریان عبوری از مقاومت‌های A و B و اختلاف پتانسیل دو سر آن مقاومت‌ها رانشان می‌دهد. مقاومت B چند برابر مقاومت A است؟



عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی رسانای اهمی

در دمای معین مقاومت الکتریکی رسانا به طول (ℓ)، سطح مقطع (A) و جنس (یعنی مقاومت ویژه: ρ) آن بستگی دارد:



مقاومت الکتریکی (اهم: Ω)

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

ℓ: طول رسانا (متر: m)

A: سطح مقطع رسانا (متر مربع: m^2)

ρ: مقاومت ویژه (اهم‌متر: Ω.m)

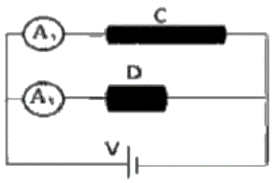
طول بیشتر رسانا ← تعداد بیشتر برخورد الکترون‌های آزاد به اتم‌های رسانا ← $R \uparrow$

مساحت مقطع بیشتر رسانا ← فضای بیشتر برای عبور الکترون آزاد ← $R \downarrow$

سوال: دو رسانای فلزی از یک ماده ساخته شده‌اند و طول یکسانی دارند. رسانای A سیم توپری به قطر ۱/۰mm است. رسانای B لوله‌ای توخالی به شعاع خارجی ۲/۰mm و شعاع داخلی ۱/۰mm است. مقاومت رسانای A چند برابر مقاومت رسانای B است؟

سوال: قطر مقطع سیم مسی A، دو برابر قطر مقطع سیم مسی B است و طول آن نیز $\frac{۱}{۴}$ طول سیم B است. اگر مقاومت سیم A برابر ۵Ω باشد، مقاومت سیم B چند اهم است؟

سوال: دو سیم رسانای هم جنس مطابق شکل زیر به یک باتری متصل‌اند طول سیم C، ۲ برابر طول سیم D و شعاع مقطع آن نصف شعاع مقطع سیم D است. جریان عبوری از آمپرسنج (۲) چند برابر جریان عبوری از آمپرسنج (۱) است؟ (آمپرسنج‌ها آرمانی هستند.) (نهایی تجربی ۱۴۰۳)



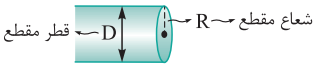
نکته

مقاومت ویژه
- وابسته به ساختار اتمی و دمای رسانا
- برای هر ماده در دمای معین عدد ثابتی است.
- هر چه کم‌تر باشد، جسم رساناتر است.

مثل ژرمانیم و سیلیسیم

$\rho_{\text{نارسانا}} > \rho_{\text{نیم‌رسانا}} > \rho_{\text{رسانا}}$

یادآوری مساحت مقطع دایره‌ای سیم‌ها: $A = \pi R^2 = \frac{\pi D^2}{4}$

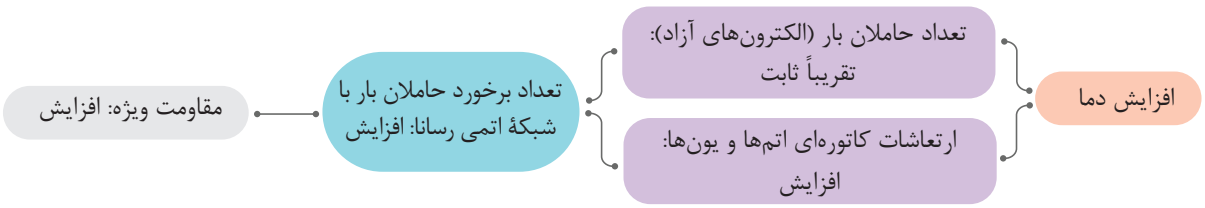


رابطهٔ نسبتی:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{\ell_2}{\ell_1} \times \frac{A_1}{A_2} \xrightarrow[D:\text{قطر سیم‌ها}]{\text{سیم با مقطع دایره‌ای}} \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{\ell_2}{\ell_1} \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$$

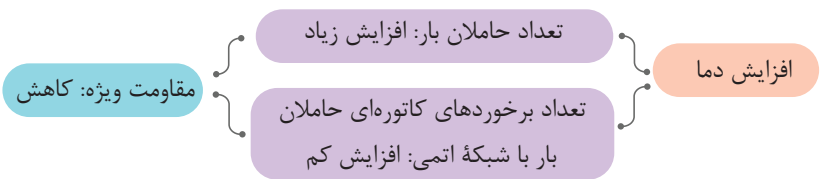
«تکمیل در کلاس»

اثر دما روی مقاومت ویژهٔ رساناها



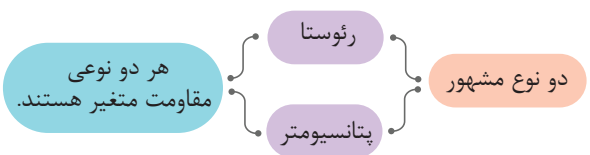
مقاومت و مقاومت ویژه رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می‌شود در حالی که مقاومت ویژه نیم رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد. (مانند ژرمانیوم و سیلیسیم) در برخی مواد مانند جیوه و قلع با کاهش دما مقاومت ویژه در دمای خاصی به صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند. این پدیده را ابر رسانایی می‌گویند.

اثر دما روی مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها

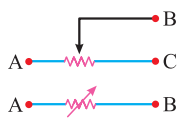
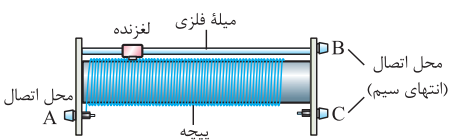
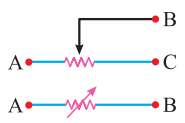
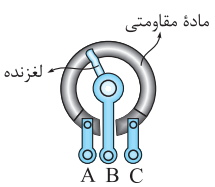


مقاومت‌های پیچه‌ای

- شامل پیچه‌ای از سیم نازک از جنس آلیاژهایی مثل نیکروم و منگانین
- کاربرد: به دست آوردن مقاومت‌های پایین بسیار دقیق و توان‌های بالا



مقاومت‌های خاص

نام مقاومت	نماد یا نمادها در مدار	تصویر	نکات و کاربرد
رئوستا			۱) رئوستا یک مقاومت متغیر پیچه‌ای است. ۲) اگر ورودی جریان به رئوستا محل اتصال A و خروجی جریان از رئوستا اتصال B باشد، با حرکت لغزنده به سمت B، مقاومت رئوستا افزایش می‌یابد.
پتانسیومتر			۱) در مدارهای الکترونیکی همانند رئوستا به عنوان یک مقاومت متغیر به کار می‌رود. ۲) اگر ورودی جریان به پتانسیومتر محل اتصال A و خروجی جریان از پتانسیومتر B باشد، با حرکت لغزنده در جهت ساعتگرد، مقاومت پتانسیومتر افزایش می‌یابد.

بخش ۲: مدار تک‌حلقه

نیروی محرکهٔ الکتریکی (ε یا emf)

کار انجام‌شده توسط منبع نیروی محرکه (همان باتری!) روی واحد بار الکتریکی مثبت برای انتقال آن از پایانهٔ ⊖ (با پتانسیل کم‌تر) به پایانهٔ ⊕ (با پتانسیل بیشتر):

کار انجام‌شده توسط منبع نیروی محرکه (ژول: J)

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

بار عبوری از منبع نیروی محرکه (کولن: C) — نیروی محرکه (ولت: V)

- رابطهٔ بالا نتیجه‌ای از رابطهٔ $\Delta V = \frac{\Delta U}{q}$ است.

انواع منبع نیروی محرکه (باتری)

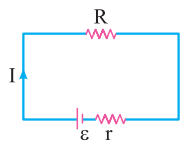
	مقاومت درونی	نماد در مدار	اختلاف پتانسیل دو سر
آرمانی	ندارد. $(r = 0)$	ε	$V_{\text{باتری}} = \varepsilon$
واقعی	دارد. $(r \neq 0)$	ε r یا r ε	$V_{\text{باتری}} = \varepsilon - rI$

محاسبهٔ جریان در مدار تک‌حلقهٔ (با یک باتری و یک مقاومت) –

نیروی محرکهٔ منبع (باتری) (ولت: V) — جریان عبوری از مدار (آمپر: A)

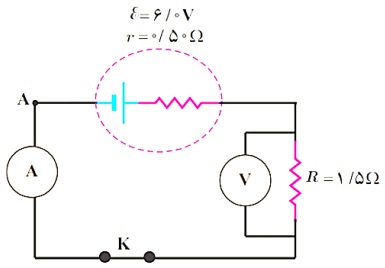
$$I = \frac{\varepsilon}{r + R}$$

مقاومت درونی (اهم: Ω) — مقاومت خارجی (اهم: Ω)



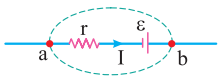
- جریان از پایانهٔ ⊕ باتری خارج می‌شود.

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



اختلاف پتانسیل دو سر باتری ($V_{باتری}$)

منظور از $V_{باتری}$ اختلاف پتانسیل دو نقطهٔ a و b ($V_b - V_a$) در شکل زیر است:

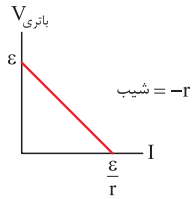


$$V_{باتری} = \varepsilon - r\,I$$

- $V_{باتری}$: اختلاف پتانسیل دو سر باتری (ولت: V)
- ε: نیروی محرکهٔ باتری (ولت: V)
- r: مقاومت درونی باتری (اهم: Ω)
- I: جریان عبوری از باتری (آمپر: A)

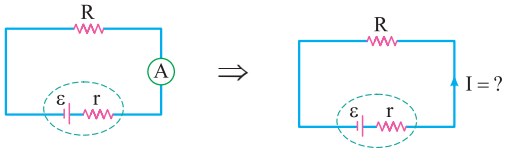
سوال: یک باتری را در نظر بگیرید که وقتی به مدار بسته نیست پتانسیل دو سرش برابر ۱۲/۰V است. وقتی یک مقاومت ۱۰/۰Ω به این باتری بسته شود، اختلاف پتانسیل دو سر باتری به ۱۰/۹V کاهش می‌یابد. مقاومت داخلی باتری چقدر است؟

نمودار $V_{باتری} - I$



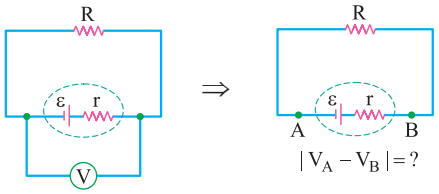
آمپرسنج

- وسیله‌ای برای نشان‌دادن جریان عبوری از یک شاخه از مدار
- نماد: Ⓐ
- مقاومت الکتریکی: بسیار کم ← مقاومت آمپرسنج آرمانی: صفر
- در مدار می‌توان آن را به سیم بدون مقاومت تبدیل کرد.



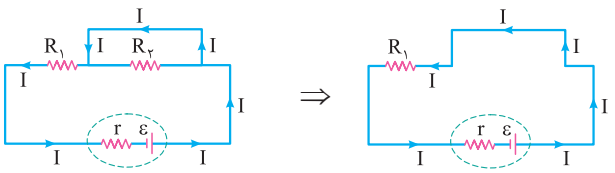
ولت‌سنج

- وسیله‌ای برای نشان‌دادن اختلاف پتانسیل دو نقطه در مدار
- نماد: Ⓥ
- مقاومت الکتریکی: بسیار زیاد ← مقاومت ولت‌سنج آرمانی: بی‌نهایت (ولت‌سنج آرمانی اجازهٔ عبور جریان از شاخهٔ خود را نمی‌دهد.)
- در مدار می‌توان آن را حذف و اختلاف پتانسیل دو نقطه‌ای که به آن دو وصل شده است را محاسبه کرد.



اتصال کوتاه

اتصال دو سر یک قطعه از مدار با سیم بدون مقاومت ← عدم عبور جریان از آن قطعه ← حذف قطعه از مدار



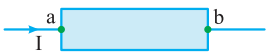
نکته

اگر دو سر قطعه‌ای در مدار با آمپرسنج آرمانی به هم وصل باشد، قطعه دچار اتصال کوتاه می‌شود.

«تکمیل در کلاس»

بخش ۳: توان الکتریکی

توان الکتریکی یک وسیلهٔ رسانا



$$P = V\ I$$

- P: توان الکتریکی (وات: W)
- V: اختلاف پتانسیل دو سر رسانا، یعنی $|V_a - V_b|$ (ولت: V)
- I: جریان عبوری از رسانا (آمپر: A)

این رابطه برای هر وسیلهٔ رسانایی قابل استفاده است.

اگر جریان عبور از رسانا از پتانسیل {بیشتر به کم‌تر / کم‌تر به بیشتر} باشد، انرژی الکتریکی {وارد رسانا / از رسانا خارج} می‌شود.

انرژی الکتریکی

$$U = P\ t$$

- U: انرژی الکتریکی (ژول: J)
- P: توان الکتریکی (وات: W)
- t: زمان (ثانیه: s)

نکته

کیلووات‌ساعت (kWh) از یکاهای انرژی و معادل $3/6 \times 10^6$ J است. گاهی بهتر است از یکاهای زیر استفاده کنیم:

$$U = P\ t$$

- U: کیلووات‌ساعت (kWh)
- P: کیلووات (kW)
- t: ساعت (h)

توان الکتریکی مقاومت (توان مصرفی مقاومت)

$$P = RI^2 = VI = \frac{V^2}{R}$$

- P: توان مصرفی مقاومت (وات: W)
- R: مقاومت الکتریکی برحسب اهم (Ω)
- V: اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت برحسب ولت (V)
- I: جریان عبوری از مقاومت برحسب آمپر (A)

تذکر با توجه به داده‌های تست از یکی از رابطه‌های بالا استفاده می‌کنیم.

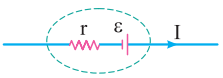
سوال: روی یک کتری برقی دو عدد ۲۲۰V و ۲/۲kw نوشته شده است آن را به اختلاف پتانسیل ۲۲۰V متصل می‌کنیم.

الف) مقاومت الکتریکی این کتری چند اهم است؟

ب) اگر قیمت هر کیلو وات ساعت برق مصرفی ۱۰۰ تومان باشد، بهای برق مصرفی این کتری در مدت ۱/۵ساعت چقدر است؟

توان منبع نیروی محرکه (باتری)

برای باتری شکل روبه‌رو سه توان تعریف می‌شود:



$P_{\text{تولیدی}} = \varepsilon I$: توان کل: توان تولیدی

$P_{\text{تلف}} = rI^2$: توان مصرفی: توان غیرمفید: توان تلف‌شده

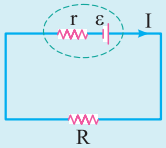
$P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^2$: توان مفید: توان خروجی

ε: نیروی محرکهٔ باتری برحسب ولت (V)، r:مقاومت درونی باتری برحسب اهم (Ω)، I: جریان عبوری از باتری برحسب آمپر (A)

تذکر در واقع باتری توان εI را تولید می‌کند، توان rI^2 را خودش مصرف می‌کند و بقیه، یعنی توان $\varepsilon I - rI^2$ را به مدار می‌دهد.

نکته

در مدار زیر طبق قانون پایستگی انرژی:

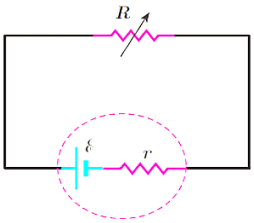


توان مصرفی مقاومت خارجی = توان خروجی باتری

$P_{\text{خروجی}} = P_R$

$\varepsilon I - rI^2 = RI^2$

سوال: با توجه به شکل زیر، به سوالات پاسخ دهید.

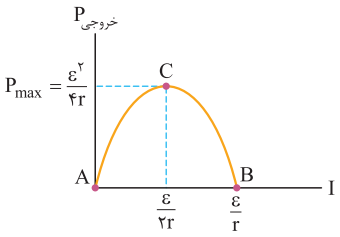


الف) نیروی محرکهٔ الکتریکی و مقاومت داخلی منبع را که توان خروجی آن به ازای $I_1 = 5/00A$ برابر $9/50W$ و به ازای $I_2 = 7/00A$ برابر $12/6W$ است، محاسبه کنید.

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

نمودار توان خروجی باتری برحسب جریان

طبق رابطهٔ $P_{\text{خروجی}} = \varepsilon I - rI^2$، نمودار $P_{\text{خروجی}} - I$ به شکل سهمی مقابل است:

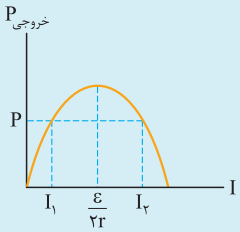


بررسی سه نقطهٔ مهم در نمودار:

نقطه	جریان	توان خروجی	توضیح
A	صفر	صفر	باتری اصلاً انرژی تولید نمی‌کند!
B	$\frac{\varepsilon}{r}$	صفر	دو سر باتری با سیم بدون مقاومت به هم وصل است. مصرف‌کننده‌ای وجود ندارد. باتری هر چه تولید می‌کند، خودش مصرف می‌کند.
C	$\frac{\varepsilon}{2r}$	$P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$	وقتی ایجاد می‌شود که مقاومت خارجی و درونی برابر باشد $(r = R)$.

نکته

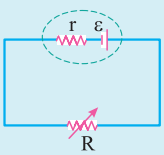
با توجه به تقارن سهمی، اگر به ازای جریان‌های متمایز I_1 و I_2، توان خروجی باتری یکسان باشد داریم:



$$\frac{\varepsilon}{2r} = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

نکته

در مدار شکل زیر، هر چه مقدار مقاومت خارجی به مقدار مقاومت درونی باتری نزدیک‌تر باشد، توان خروجی باتری بیشتر است. مثلاً اگر $r = 5\,\Omega$ باشد:

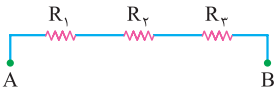


تغییرات مقاومت خارجی	چگونگی تغییر توان خروجی	دلیل
از $1\,\Omega$ به $4\,\Omega$	افزایش	R به r نزدیک می‌شود.
از $6\,\Omega$ به $8\,\Omega$	کاهش	R از r دور می‌شود.
از $2\,\Omega$ به $6\,\Omega$	ابتدا افزایش و سپس کاهش	R ابتدا به r نزدیک و سپس از آن دور می‌شود.

بخش ۴: ترکیب مقاومت‌ها

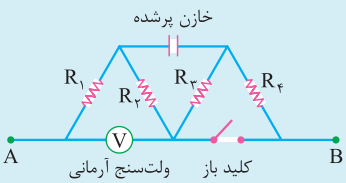
الف) مقاومت‌های متوالی (سری)

دو مقاومت متوالی‌اند، اگر یک سر مشترک داشته باشند و از این سر مشترک انشعاب مفید دیگری خارج نشود.

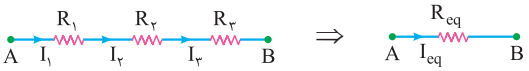


نکته

کلید باز، سیمی که به نقطهٔ دیگر مدار متصل نیست، ولت‌سنج آرمانی و خازن پرشده انشعاب مفید محسوب نمی‌شوند. در شکل زیر مقاومت‌ها متوالی‌اند.



رابطهٔ بین مقاومت‌های متوالی و معادلشان



جریان الکتریکی: $I_1 = I_2 = I_3 = I_{eq}$

مقاومت الکتریکی: $R_1 + R_2 + R_3 = R_{eq}$

«تکمیل در کلاس»

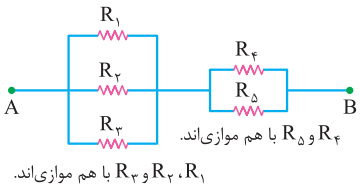
۱ اگر از میان چند لامپ سری، یکی بسوزد، سایر لامپ‌ها خاموش می‌شوند (مدار قطع می‌شود).

۲ مقاومت معادل چند مقاومت متوالی از تک‌تک آن‌ها بزرگ‌تر است.

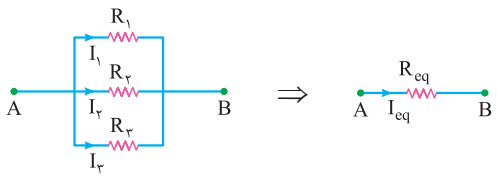
۳ اگر n مقاومت R اهمی، متوالی باشند: $R_{eq} = nR$

ب) مقاومت‌های موازی

دو مقاومت موازی‌اند، اگر دوسرشان به هم وصل باشد.



رابطهٔ بین مقاومت‌های موازی و معادلشان

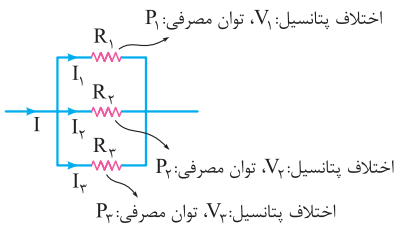


اختلاف پتانسیل: $V_۱ = V_۲ = V_۳ = V_{eq} = V_{AB}$

جریان الکتریکی: $I_۱ + I_۲ + I_۳ = I_{eq}$

مقاومت الکتریکی: $\frac{۱}{R_۱} + \frac{۱}{R_۲} + \frac{۱}{R_۳} = \frac{۱}{R_{eq}}$

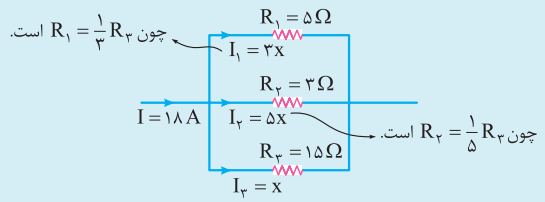
رابطهٔ بین چند مقاومت موازی



مثلاً: $I \propto \frac{۱}{R} \Rightarrow \frac{I_۲}{I_۱} = \frac{R_۱}{R_۲}$

نکته

۱ برای تقسیم جریان بین چند مقاومت موازی، جریان عبوری از مقاومت بزرگ‌تر را x در نظر می‌گیریم و جریان عبوری از مقاومت‌های دیگر را برحسب x به دست می‌آوریم؛ سپس به کمک داشتن جریان کل (مجموع جریان‌ها)، x را حساب می‌کنیم.



$۳x + x + ۵x = ۱۸ \Rightarrow x = ۲ \Rightarrow \begin{cases} I_۳ = ۲\ A \\ I_۲ = ۱۰\ A \\ I_۱ = ۶\ A \end{cases}$

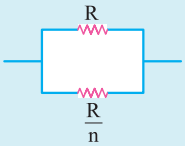
۲ اگر از میان چند لامپ موازی، یکی بسوزد، سایر لامپ‌ها خاموش نمی‌شوند (مدار قطع نمی‌شود).

۳ مقاومت معادل چند مقاومت موازی از تک‌تک آن‌ها کوچک‌تر است.

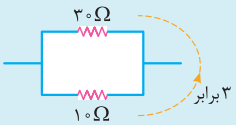
۴ اگر n مقاومت R اهمی، موازی باشند: $R_{eq} = \frac{R}{n}$

۵ اگر مقاومت‌های $R_۱$ و $R_۲$ موازی باشند: $R_{eq} = \frac{R_۱R_۲}{R_۱ + R_۲} = \frac{\text{ضرب}}{\text{جمع}}$

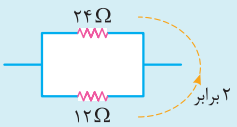
۶ اگر از دو مقاومت موازی، یکی مضربی از دیگری باشد، مقاومت معادل برابر است با $\frac{\text{مقاومت بزرگ‌تر}}{\text{ضریب}+۱}$.



$$R_{eq}=\frac{R}{n+۱}$$



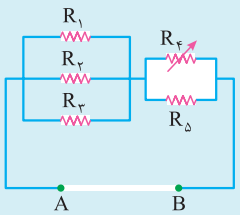
$$\text{۳ برابر}\Rightarrow R_{eq}=\frac{۳۰}{۳+۱}=۷/۵\,\Omega$$



$$\text{۲ برابر}\Rightarrow R_{eq}=\frac{۲۴}{۲+۱}=۸\,\Omega$$

نکته

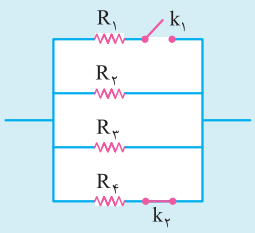
۱ اگر مقدار یکی از مقاومت‌های مدار افزایش (یا کاهش) یابد، مقاومت معادل مدار حتماً افزایش (یا کاهش) می‌یابد.



$$R_۴:\uparrow\Rightarrow R_{eq}:\uparrow$$

$$R_۴:\downarrow\Rightarrow R_{eq}:\downarrow$$

۲ اگر $\left\{\begin{matrix}\text{به}\\\text{از}\end{matrix}\right.$ چند مقاومت موازی، یک مقاومت موازیِ دیگر $\left\{\begin{matrix}\text{اضافه}\\\text{کم}\end{matrix}\right.$ شود، مقاومت معادل $\left\{\begin{matrix}\text{کاهش}\\\text{افزایش}\end{matrix}\right.$ می‌یابد.



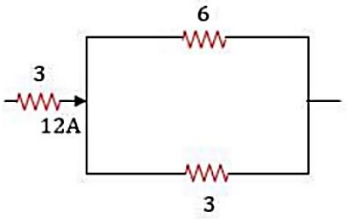
$$k_۱\ \text{وصل کلید}\Rightarrow R_{eq}:\downarrow$$

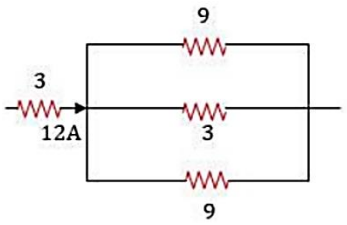
$$k_۲\ \text{قطع کلید}\Rightarrow R_{eq}:\uparrow$$

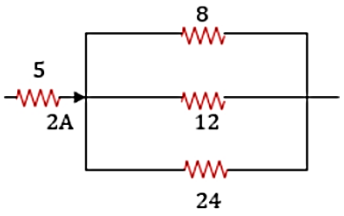
نکته

فیوز: قطعه‌ای در مدار که اگر جریان عبوری از آن از حد معینی بیشتر باشد، مدار را قطع می‌کند. جریان بیشینهٔ عبوری از هر فیوز مقدار معینی است؛ مثلاً اگر جریان عبوری از یک فیوزِ ۱۵ A، بیشتر از ۱۵ A شود، فیوز مدار را قطع می‌کند.

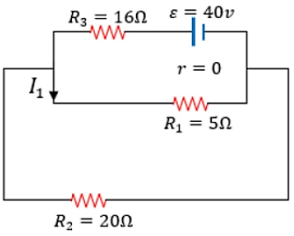
سوال: جریان هر یک از مقاومت‌های زیر را به دست آورید:



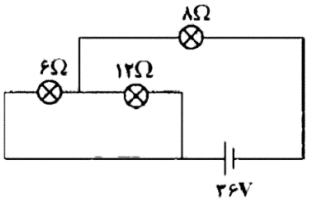




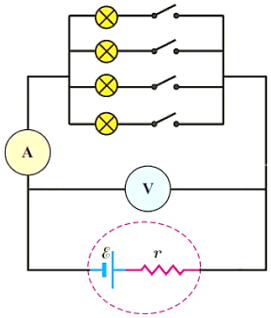
سوال: در مدار زیر شدت جریان I_1 چند آمپر است؟



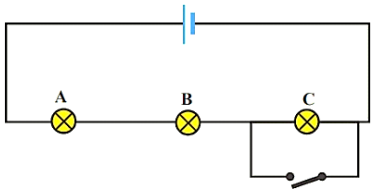
سوال: در شکل زیر، چه جریانی از لامپ‌های ۶ اهمی و ۱۲ اهمی می‌گذرد؟



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



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



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

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

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

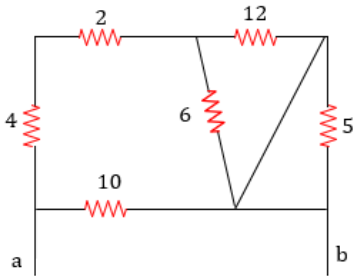
ت) اختلاف پتانسیل دو سر C به صفر کاهش می‌یابد.

رابطه بین مقاومت سیم با جرم و چگالی

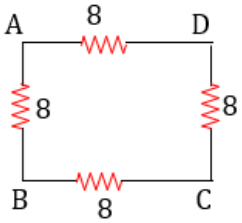
سوال vip: دو سیم مسی A و B که جرم سیم A ، سه برابر جرم سیم B ولی طول ان ۷۵ درصد کمتر از طول سیم B است ، در اختیار داریم . نسبت مقاومت سیم A به مقاومت سیم B کدام است ؟

سوال vip: دو سیم هم طول مسی و آلومینیومی در یک دمای معین دارای مقاومت الکتریکی مساوی اند. اگر چگالی مس و آلومینیوم به ترتیب $۹ \frac{gr}{cm^۳}$ و $۲/۷ \frac{g}{cm^۳}$ و مقاومت ویژه مس $\frac{۱}{۲}$ برابر مقاومت ویژه آلومینیوم می باشد. جرم سیم آلومینیومی چند برابر سیم مسی است؟

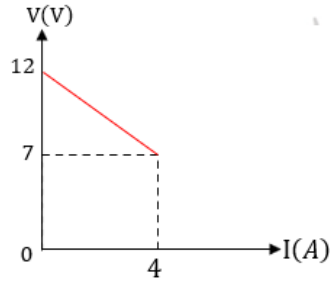
سوال vip: مقاومت معادل بین a و b چند اهم است؟



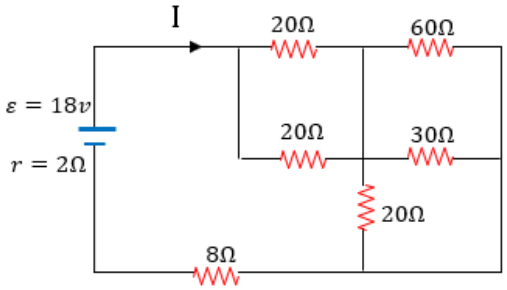
سوال vip: در شکل روبرو R_{AD} چند برابر R_{AB} است؟



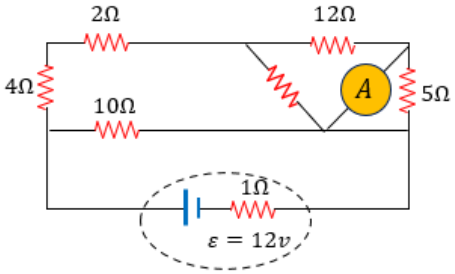
سوال vip: نمودار تغییرات ولتاژ دو سر مولد برحسب جریانی که از آن می گذرد مطابق شکل است. نیروی محرکه مولد و مقاومت درونی آن به ترتیب برابر است با :



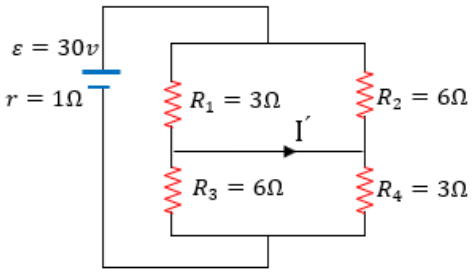
سوال vip: در مدار روبه رو ، I چند آمپر است ؟



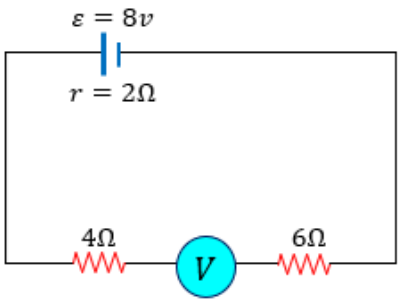
سوال vip: در شکل روبرو آمپرسنج آرمانی چند آمپر را نشان می‌دهد؟



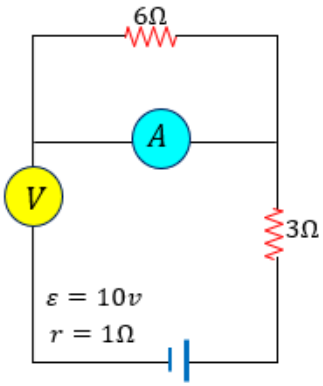
سوال vip: در مدار روبرو I' چند آمپر است؟



سوال vip: در مدار شکل روبرو ولت سنج ایده‌آل چند ولت را نشان می دهد ؟

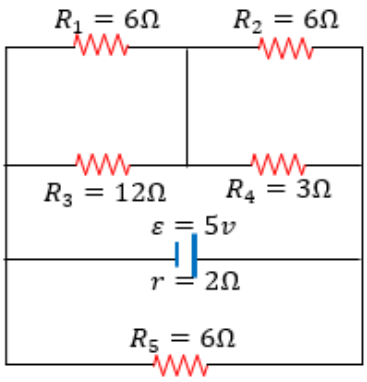


سوال vip: در مدار روبرو آمپرسنج و ولت سنج آرمانی چه اعدادی را به ترتیب نشان می‌دهند؟



سوال vip: در دو سر یک سیم نیکروم (آلیاژ کروم و نیکل) به طول ۲ متر و سطح مقطع $۰/۲mm^۲$ اختلاف پتانسیل ۲۰۰ ولت برقرار کرده ایم. در مدت ۲۰ دقیقه چند کیلووات ساعت انرژی الکتریکی در این سیم مصرف می شود؟ (مقاومت ویژه نیکروم $۱۰^{-۶}\Omega.m$ است)

سوال vip: در مدار روبرو توان مصرفی $R_۱$ چند وات است؟



سوال vip: در مدار شکل روبرو ، مقدار گرما که در مدت ۱۰۰ ثانیه در مقاومت R_3 تولید می شود چند ژول است؟