به نام پروردگار مهربان

مرور سریع فیزیک کنکور

دهم | یازدهم

نصراله افاضل، مجید ساکی

مهروماه
لقمه طلایی

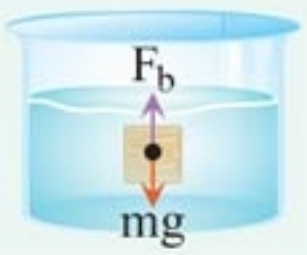
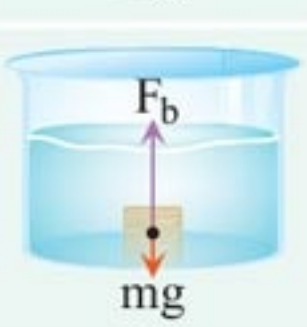
فهرست

فصل ۱	فیزیک و اندازه‌گیری	۷
فصل ۲	کار، انرژی و توان	۲۷
فصل ۳	ویژگی‌های فیزیکی مواد	۴۹
فصل ۴	دما و گرما	۷۳
فصل ۵	ترمودینامیک	۱۰۱
فصل ۶	الکتریسیتهٔ ساکن	۱۳۱
فصل ۷	جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم	۱۸۷
فصل ۸	مغناطیس	۲۳۹
فصل ۹	القای الکترومغناطیسی	۲۶۱
	پیوست: فرمول‌نامه	۲۸۳

شناوری و اصل ارشمیدس

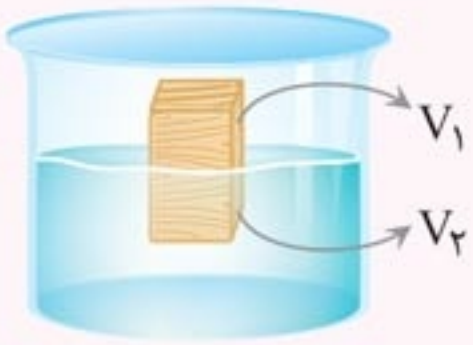
به جسم‌های درون یک شاره یا غوطه‌ور و یا شناور در آن، همواره نیروی بالاسوی خالص به‌نام نیروی شناوری از طرف شاره وارد می‌شود. طبق اصل ارشمیدس، نیروی شناوری (F_b) با وزن شارهٔ جابه‌جا شده توسط جسم برابر است.

برای جسم درون شاره، چهار حالت رخ می‌دهد:

نام حالت	موقعیت جسم در شاره	حرکت جسم در شاره	شکل
شناوری $\rho_{جسم} < \rho_{شاره}$	بخشی از جسم بیرون شاره است.	ساکن $F_b = mg$	
غوطه‌وری $\rho_{جسم} = \rho_{شاره}$	همهٔ جسم درون شاره است.	ساکن $F_b = mg$	
فرو روی $\rho_{جسم} > \rho_{شاره}$	همهٔ جسم درون شاره است.	حرکت به طرف پایین است. $F_b < mg$	
بالا روی $\rho_{جسم} < \rho_{شاره}$	همهٔ جسم درون شاره (برده‌شده) است.	حرکت به طرف بالا است. $F_b > mg$	

نکته‌ها: ۱ اندازهٔ نیروی شناوری برابر $F_p = \rho V g$ است که در آن ρ چگالی شاره و V حجم قسمتی از جسم و یا تمام جسم است که درون شاره است.

۲ برای اجسام شناور نسبت حجمی از جسم که درون شاره است به حجم کل جسم برابر نسبت چگالی جسم به چگالی شاره است.



$$\frac{V_{۲}}{V_{۲}+V_{۱}}=\frac{\rho_{\text{جسم}}}{\rho_{\text{شاره}}}$$

تست: جسمی به جرم ۲۰۰ گرم را درون ظرف پر از آبی قرار می‌دهیم. جسم را به نیروسنجی وصل می‌کنیم و آن را به‌طور کامل درون ظرف آب فرو می‌بریم. اگر ۲۰ گرم آب از ظرف بیرون بریزد، نیروسنج چه عددی را برحسب نیوتون نشان می‌دهد؟ (جرم و حجم نیروسنج ناچیز است.)

۱) ۲ ۲) ۰/۲ ۳) ۱/۸ ۴) ۲/۲

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۳»

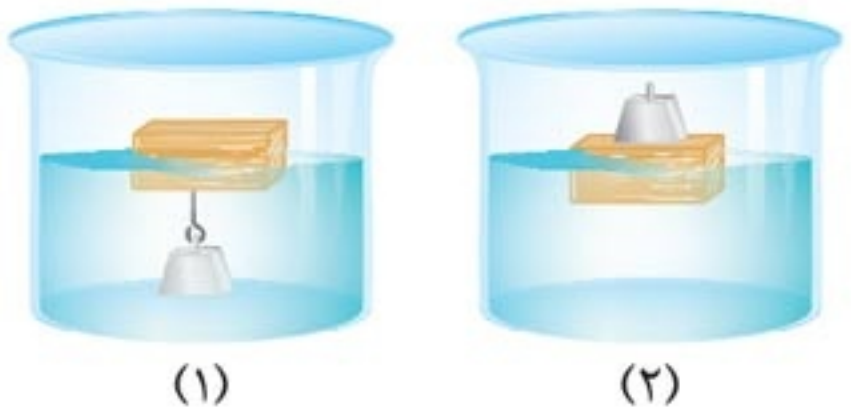
$$F_{\text{شناوری}}=mg_{\text{آب بیرون ریخته}}=\frac{۲۰}{۱۰۰۰}\times ۱۰=۰/۲\,N$$

$$\text{عدد نیروسنج}=mg_{\text{جسم}}-F_{\text{شناوری}}=۲-۰/۲=۱/۸\,N$$

تست: مطابق شکل، یک بار وزنه‌ای را روی چوب و بار دیگر وزنه را توسط نخی به چوب آویزان می‌کنیم و آن را روی سطح آب قرار می‌دهیم. در کدام شکل چوب بیشتر در آب فرو می‌رود؟ نیروی شناوری وارد بر چوب در کدام شکل بیشتر است؟ (جرم و حجم نخ ناچیز است.)

(برگرفته از کتاب درسی)

۱) شکل (۱)، شکل (۱)
۲) شکل (۱)، شکل (۲)
۳) شکل (۲)، شکل (۱)
۴) شکل (۲)، شکل (۲)

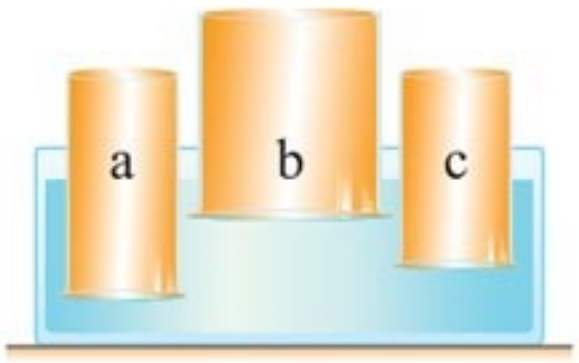


(۲) (۱)

■ **پاسخ: گزینهٔ «۴»**

در هر دو شکل چوب روی سطح آب شناور مانده است. بنابراین، $F_{\text{شناوری}} = (m_{\text{چوب}} + m_{\text{وزنه}})g$ است. پس نیروی شناوری وارد بر مجموعه در هر دو شکل برابر است. در شکل (۱) نیروی شناوری علاوه بر چوب، به وزنه نیز وارد می‌شود. بنابراین، نیروی شناوری وارد بر چوب در شکل (۲)، بیشتر از شکل (۱) است و چوب در شکل (۲)، بیشتر در آب فرو می‌رود.

تست: با توجه به شکل کدام گزینه مقایسه درستی در مورد چگالی جسم‌ها است؟ (برگرفته از کتاب درسی)



۱) $\rho_a = \rho_b = \rho_c$

۲) $\rho_a > \rho_c > \rho_b$

۳) $\rho_b > \rho_c > \rho_a$

۴) $\rho_a > \rho_b > \rho_c$

■ **پاسخ: گزینهٔ «۲»**

هر چه درصد حجم بیشتری از جسم در آب فرو رفته باشد چگالی آن بیشتر خواهد بود. با توجه به شکل نسبت حجمی که از جسم a در آب فرو رفته بیشتر از c و نسبت حجم فرو رفته c بیشتر از b است.

بنابراین: $\rho_a > \rho_c > \rho_b$

آهنگ جریان شاره

آهنگ جریان شاره برابر است با:

$$\text{آهنگ جریان شاره} = \frac{\text{حجم شناور}}{\text{زمان}} = \frac{AL}{t} = Av$$

تندی (m/s) ← v

سطح مقطع (m^2) ← A

تست: از دهانهٔ یک شیر در هر دقیقه، ۱۸ لیتر آب خارج می‌شود. اگر شعاع قاعدهٔ شیر $10\,cm$ باشد، تندی آب هنگام خروج آب از دهانهٔ شیر، چند متر بر ثانیه است؟ $(\pi \simeq 3)$

۱) ۰/۰۱ ۲) ۰/۱

۳) ۱ ۴) ۱۰۰

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۱»

$$\frac{\text{حجم شاره}}{\text{زمان}} = Av \Rightarrow \frac{18\times10^{-3}}{60} = (\pi R^2)\times v$$

$$\Rightarrow 3\times10^{-4} = 3\times10^{-2}\times v \Rightarrow v = 10^{-2}\,m/s$$

معادلهٔ پیوستگی

$$A_1v_1 = A_2v_2$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \rightarrow \text{قطر مقطع لوله}$$

نکته: طبق معادلهٔ پیوستگی، با حرکت یک شاره در راستای افقی با کاهش سطح مقطع عبور شاره، تندی آن افزایش می‌یابد و با افزایش سطح مقطع عبور شاره، تندی آن کاهش می‌یابد.

تست: مطابق شکل، مایع تراکم‌ناپذیری در لوله جاری است. اگر قطر مقطع بزرگ لوله ۲ برابر قسمت کوچک لوله باشد، تندی آب هنگام خروج مایع از لوله، چند متر بر ثانیه است؟

۱) ۲ ۲) ۶
۳) ۸ ۴) ۱۲

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۳»

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \Rightarrow \pi(\frac{D_1}{2})^2 \times 2 = \pi(\frac{D_2}{2})^2 \times v_2$$

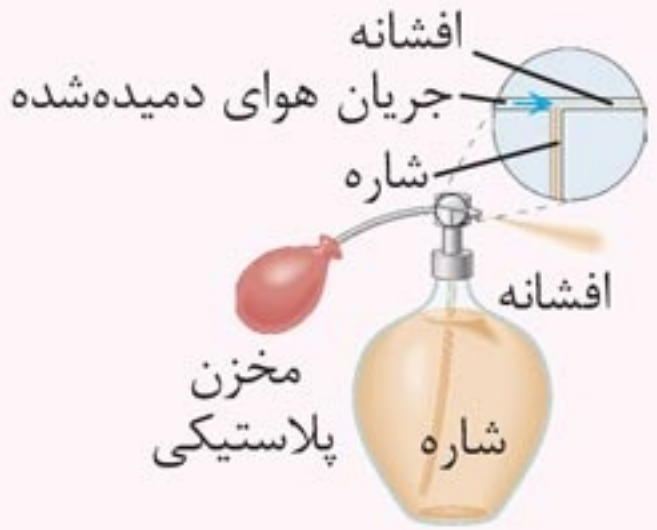
$$\Rightarrow \frac{v_2}{2} = (\frac{D_1}{D_2})^2 \Rightarrow \frac{v_2}{2} = (\frac{2}{1})^2 \Rightarrow v_2 = 8 m/s$$

اصل برنولی

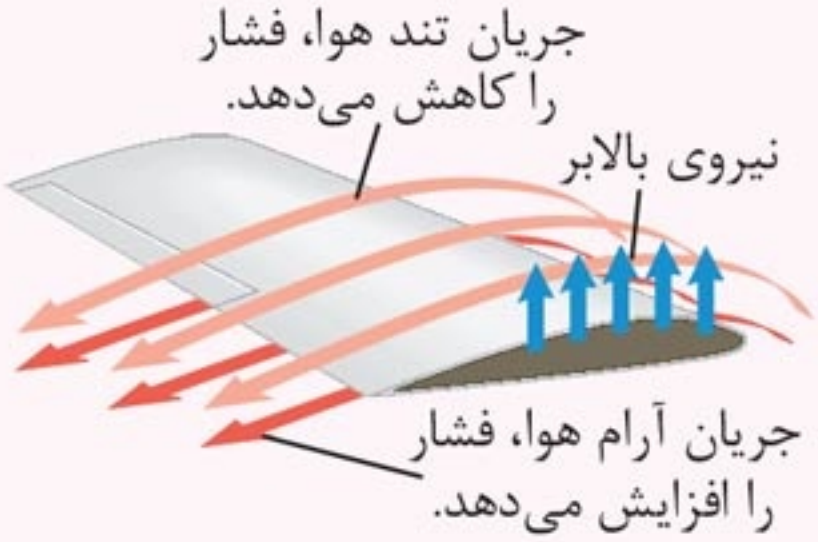
در مسیر حرکت یک شاره با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.

نکته: در پدیده‌های زیر، اصل برنولی مشاهده می‌شود:

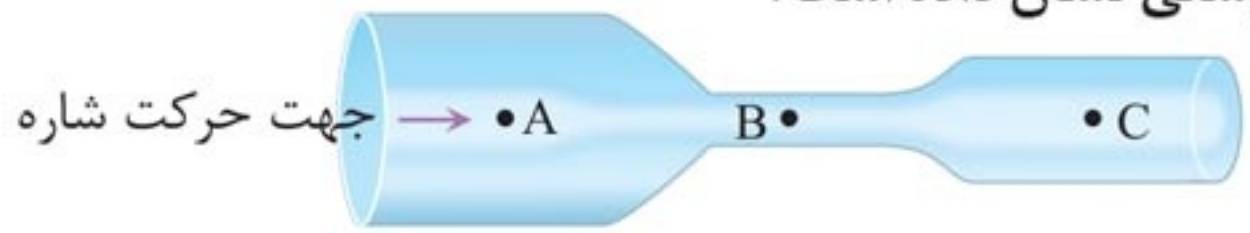
الف افشانه عطر



ب بال هواپیما



تست: کدام مقایسه بین فشار نقاط مختلف گاز درون لوله به درستی نشان داده است؟



۱) $P_A = P_B = P_C$
۲) $P_A > P_B > P_C$
۳) $P_A > P_C > P_B$
۴) $P_B > P_C > P_A$

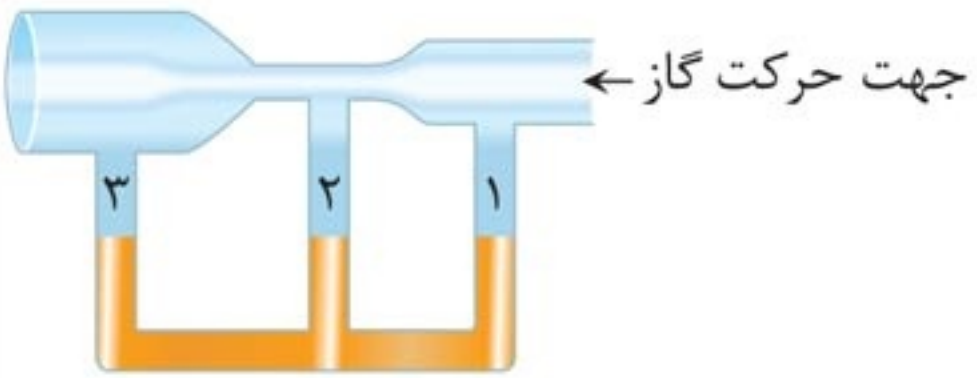
■ **پاسخ:** گزینهٔ «۳»

با افزایش سطح مقطع لوله، تندی شاره کاهش می‌یابد (طبق معادلهٔ پیوستگی): $v_A < v_C < v_B$

طبق اصل برنولی با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد:

$$P_A > P_C > P_B$$

تست: ارتفاع جیوه در لوله‌ها پس از جاری شدن گاز در لوله افقی در کدام گزینه درست مقایسه شده است؟



۱) $h_۱ = h_۲ = h_۳$
۲) $h_۱ > h_۲ > h_۳$
۳) $h_۱ > h_۳ > h_۲$
۴) $h_۲ > h_۱ > h_۳$

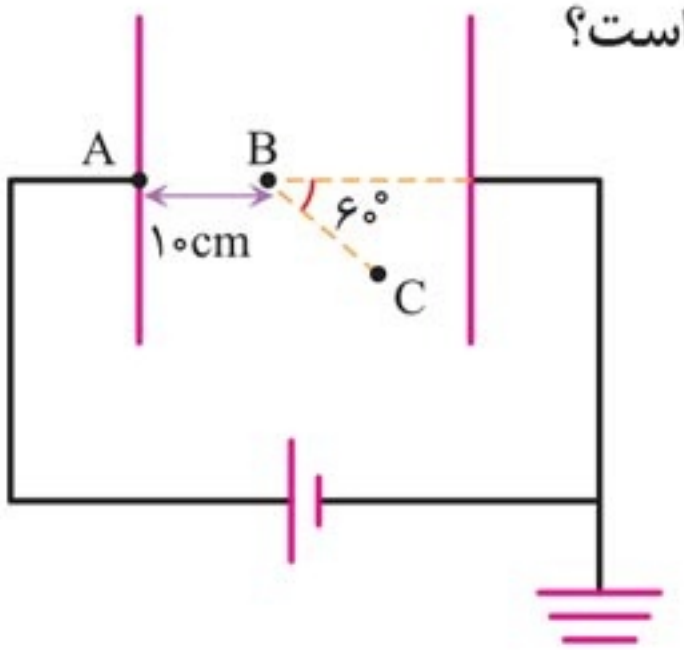
■ **پاسخ:** گزینه «۴»

طبق معادلهٔ پیوستگی:

$$A_۲ < A_۱ < A_۳ \Rightarrow v_۲ > v_۱ > v_۳$$

طبق اصل برنولی با افزایش تندی فشار کاهش می‌یابد و هر لوله‌ای که فشار کم‌تری داشته باشد ارتفاع جیوه درون آن بیشتر می‌شود.

تست: در شکل زیر پتانسیل الکتریکی پایانهٔ مثبت باتری $12V$ و پتانسیل الکتریکی نقطهٔ B، $8V$ است. اگر $BC=20cm$ باشد، پتانسیل الکتریکی نقطهٔ C چند ولت است؟



۱) صفر

۲) ۲

۳) ۴

۴) ۶

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۳»

روش اول: میدان الکتریکی بین دو صفحه یکسان است و اختلاف پتانسیل دو نقطهٔ AB را با اختلاف پتانسیل دو نقطهٔ BC مقایسه می‌کنیم.

$$\frac{\Delta V_{AB}}{\Delta V_{BC}}=\frac{E_{AB}}{E_{BC}}\times\frac{AB}{BC}\times\frac{\cos\theta_{(E,AB)}}{\cos\theta_{(E,BC)}}$$

میدان الکتریکی در همهٔ‌نقاط بین دو صفحه یکسان است و $\theta_{(E,AB)}=0$ و $\theta_{(E,BC)}=60^\circ$ است. با در نظر گرفتن $\Delta V_{AB}=V_B-V_A$ و $\Delta V_{BC}=V_C-V_B$ داریم:

$$\frac{V_B-V_A}{V_C-V_B}=1\times\frac{10\times\cos 0^\circ}{20\times\cos 60^\circ}\xrightarrow[V_B=8V]{V_A=12V}\frac{8-12}{V_C-8}$$

$$=1\times\frac{10}{20}\times\frac{1}{\frac{1}{2}}\Rightarrow V_C=4V$$

روش دوم: چون میدان یکنواخت است، تغییر پتانسیل الکتریکی متناسب با جابه‌جایی در راستای میدان است. از A تا B (به فاصلهٔ ۱۰cm) پتانسیل به اندازهٔ $12-8=4V$ کم شده است، از B تا C (که در راستای میدان $20\times\cos 60^\circ=10\ cm$ است) پتانسیل به همان اندازهٔ $4V$ کم می‌شود و در نتیجه پتانسیل نقطهٔ C، $8-4=4V$ است.

نکته: بنابر رابطهٔ $\Delta V=-Ed\cos\theta$ که برای میدان الکتریکی یکنواخت به‌کار می‌رود، می‌توان نوشت:

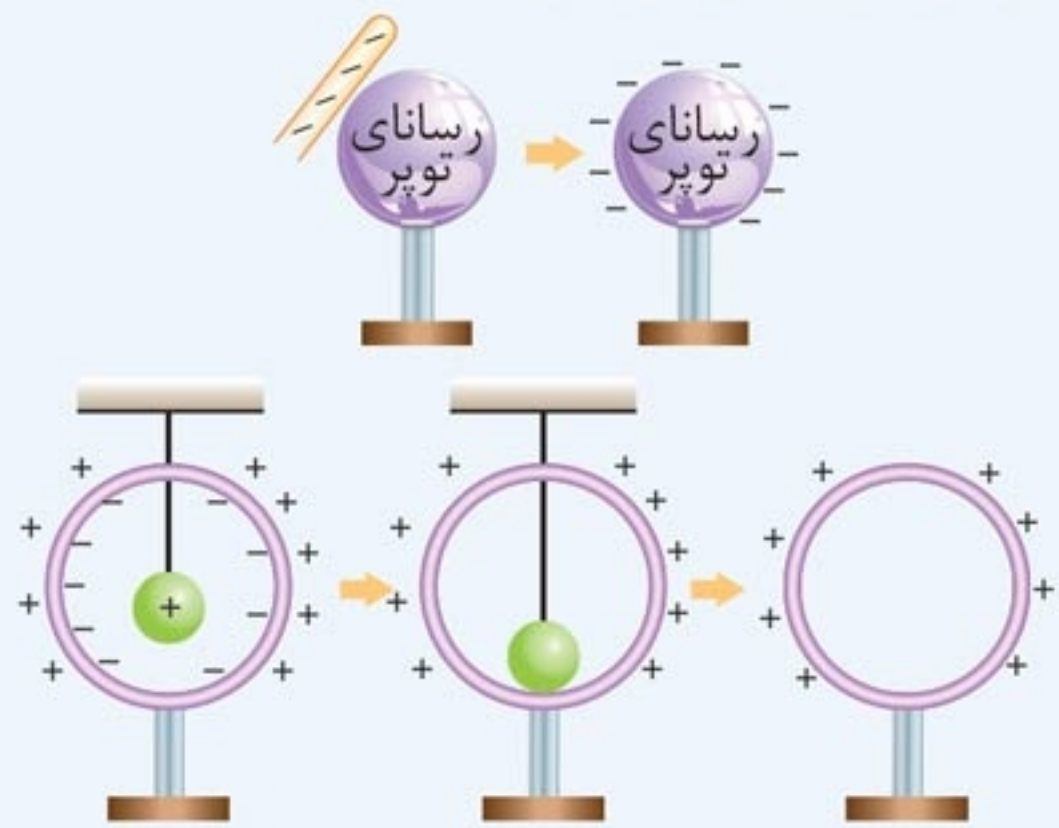
$$E=\frac{-\Delta V}{d\cos\theta}$$

یعنی یکای V/m معادل یکای N/C است و برای میدان یکنواخت می‌توان از آن استفاده کرد.

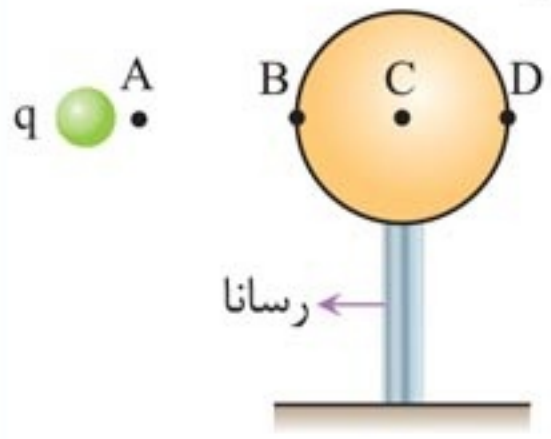
میدان الکتریکی و جسم رسانا

جسم رسانا، جسمی است که بارهای آزاد (الکترون‌های آزاد) دارد. مانند فلز.

نکته: اگر به جسم **رسانا** بار الکتریکی داده شود، بار خالص جسم در سطح خارجی آن پخش می‌شود.



تست: در شکل زیر بار $q < 0$ (ساکن) است. دربارهٔ بزرگی میدان الکتریکی (E) و پتانسیل الکتریکی نقاط (V) چه تعداد از عبارت‌های زیر درست است؟ (نقطهٔ C درون رسانا و نقاط D و B روی سطح رسانا و A خارج رسانا هستند.)



الف) $V_D < V_B$ و $V_A < V_B$

ب) $E_B = E_C = E_D$

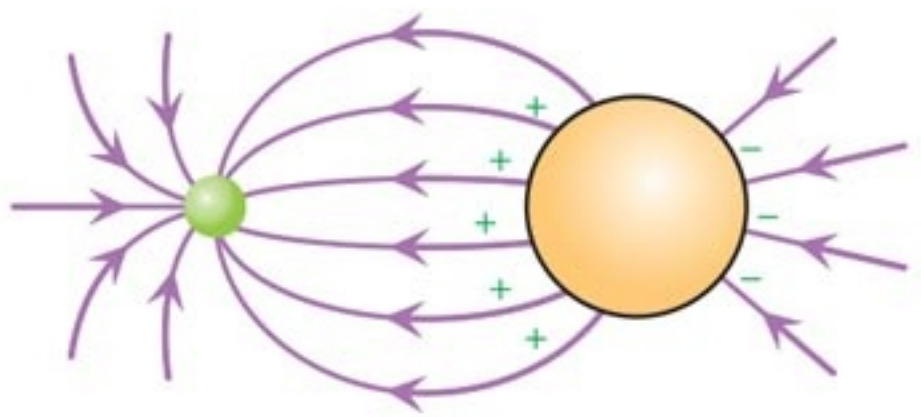
پ) $V_B = V_D$ و $E_A > E_B$

ت) $V_B = V_C = V_D$

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۱»

در یک رسانا که در تعادل الکترواستاتیکی است، پتانسیل تمام نقاط درون آن با یکدیگر برابر هستند، یعنی $V_D = V_B = V_C$ (نادرستی عبارت (الف)).



میدان درون یک رسانا صفر است $(E_C = 0\ N/C)$ اما در سطح رسانا چون بارهای الکتریکی القایی حضور دارند، میدان مخالف صفر است. $(E_B, E_D \neq 0)$ (نادرستی عبارت (ب)).

مورد (پ) درست است. زیرا نقطهٔ A به بار q نزدیک‌تر است.

مورد (ت) نادرست است، زیرا پتانسیل تمام نقاط رسانا با یکدیگر برابر است اما الزاماً برابر صفر نیست.

چگالی سطحی بار الکتریکی رسانا

بنابر تعریف چگالی سطحی بار، نسبت بار الکتریکی خالص در سطح جسم رسانا به مساحت خارجی آن است.

$$\sigma = \frac{Q}{A}(C/m^2)$$

ویژهٔ ریاضی

نکته‌ها:

۱ چگالی سطحی کمیتی نرده‌ای است.

۲ چگالی سطحی بار در نقاط نوک‌تیز بیشتر از نقاط دیگر رسانا است.

۳ جسم رسانای نوک‌تیز که بار خالص و ساکن دارد، همهٔ نقاطش هم‌پتانسیل است، اما **چگالی سطحی‌اش** در همه‌جا یکسان نیست.

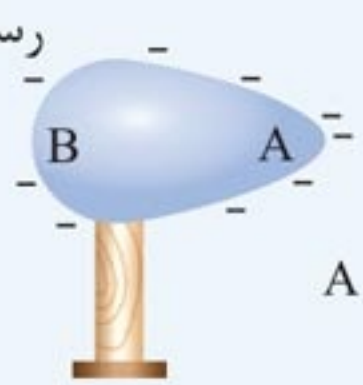
تراکم بار الکتریکی در نقاط نوک‌تیز بیشتر است.

۴ میدان الکتریکی در **سطح** نقاط نوک تیز، قوی‌تر از نقاط دیگر است.

$$\sigma_A > \sigma_B$$

$$E_A > E_B$$

$$V_A = V_B$$



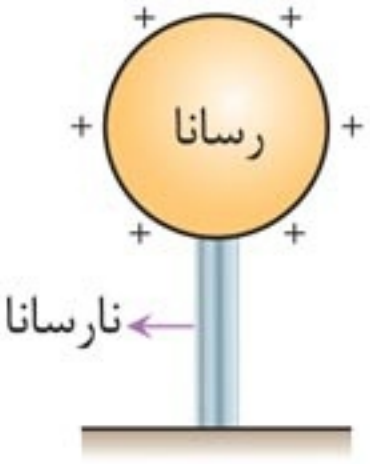
۵ اگر جسم رسانای باردار به شکل کره باشد، با توجه به رابطهٔ مساحت کره ($A = 4\pi r^2$)، چگالی سطحی بار الکتریکی کره به‌صورت زیر است:

$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{4\pi r^2}$$

ویژهٔ ریاضی

الکتریسیتهٔ ساکن

تست: در شکل زیر، قطر کرهٔ رسانا ۲۰cm و چگالی سطحی بار الکتریکی آن $۲۵۰۰\mu C / m^۲$ است. اگر آن را به کرهٔ رسانای خنثی و هم‌اندازهٔ خودش، تماس دهیم و از آن دور کنیم، کره پس از مبادله چند میکروکولن بار الکتریکی دارد و چگونه الکترون را مبادله می‌کند؟ $(\pi \simeq ۳)$ ویژهٔ ریاضی



۱) ۱۵۰+، می‌دهد

۲) ۱۵۰+، می‌گیرد

۳) ۱۵۰−، می‌دهد

۴) ۱۵۰−، می‌گیرد

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۲»

گام اول: بار الکتریکی کره قبل از تماس با کرهٔ دیگر را به‌دست می‌آوریم:

$$\sigma = \frac{Q}{۴\pi r^۲} \Rightarrow Q = ۲۵۰۰ \times ۴ \times ۳ \times (۰/۱)^۲$$

$$Q = ۳۰۰\mu C$$

گام دوم: بار کره مثبت است و در تماس با کرهٔ رسانای مشابه خود بار الکتریکی کره نصف می‌شود.

$$Q' = \frac{۱}{۲}Q = ۱۵۰\mu C$$

می‌دانیم عامل انتقال بار الکترون‌ها هستند و چون بار مثبت کاهش یافته است، بنابراین کره الکترون دریافت کرده است.

خازن

وسیله‌ای الکتریکی است که بار و انرژی الکتریکی را می‌تواند در خود ذخیره کند.

ظرفیت و رابطهٔ خازن

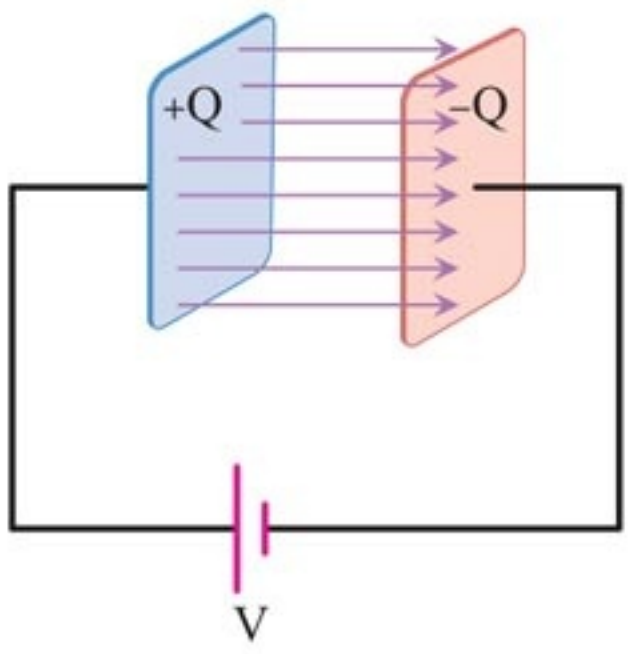
نسبت بار خازن (Q) به ولتاژ (V) را ظرفیت خازن (C) می‌گویند و رابطهٔ خازن به‌صورت زیر است:

بار خازن(C) ↑

$$C = \frac{Q}{V} \Rightarrow Q = CV$$

ظرفیت خازن(F) ← ↓ ولتاژ(V)

بار خازن: $|+Q| = |-Q| = Q$



واحد اندازه‌گیری ظرفیت خازن در SI فاراد (F) است.

نکته‌ها: ۱ ظرفیت خازن به بار و ولتاژ خازن بستگی **ندارد**.

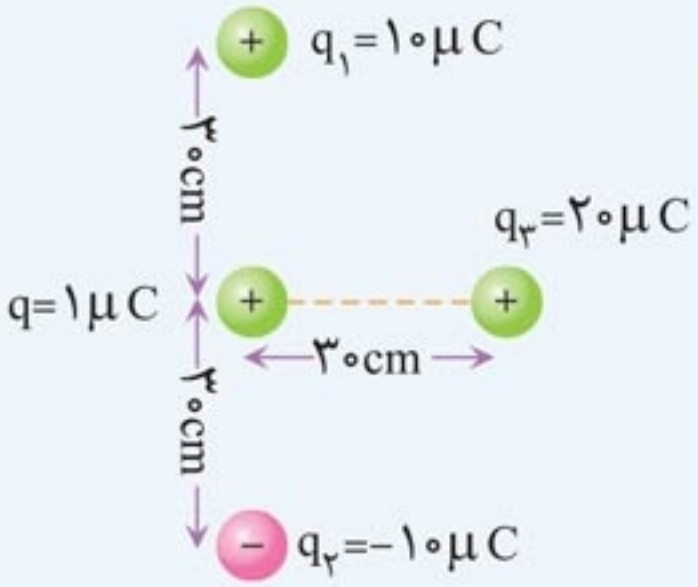
۲ با افزایش یا کاهش ولتاژ خازن، بار خازن متناسب با ولتاژ آن، زیاد یا کم می‌شود: $C = Q \times V$

۳ ظرفیت خازن به **شکل** و **ساختار** و **جنس عایق** آن بستگی دارد.

خازن تخت

شامل دو صفحهٔ رسانای موازی با عایقی بین صفحه‌های آن است.

نکته‌ها: ۱ میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن تخت **یکنواخت** است.



۲ بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن تخت (دور از لبه‌های آن) از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$E=\frac{V \rightarrow \text{ولتاژ خازن } (V)}{d \rightarrow \text{فاصلهٔ دو صفحه خازن } (m)}$$

۳ همواره و در هر حالتی، هنگامی که کسر $\frac{V}{d}$ تغییر کند، میدان الکتریکی خازن تخت تغییر می‌کند.

تست: **اگر اختلاف پتانسیل خازن را از $12V$ به $36V$ برسانیم، بار خازن $48\mu C$ تغییر می‌کند. ولتاژ خازن را به $48V$ می‌رسانیم، به‌ترتیب از راست به چپ ظرفیت خازن چند μF است و بار خازن چند μC تغییر می‌کند؟**

۱) $\frac{1}{2}$ ، ۱۲ ۲) ۲ ، ۲۴ ۳) ۴ ، ۶ ۴) ۴ ، ۱۸

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۲»

گام اول: در حالت اوّل می‌توان نوشت:

$$Q=CV \Rightarrow \begin{cases} Q_1=C_1V_1 \\ Q_2=C_2V_2 \end{cases} \xrightarrow{C_1=C_2} Q_2-Q_1$$

$$=C(V_2-V_1)$$

$$\xrightarrow[\Delta V=۳۶-۱۲=۲۴(V)]{\Delta Q=۴۸\mu C} C=\frac{۴۸\mu C}{۲۴V}$$

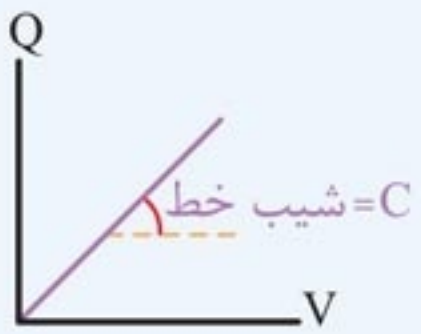
$$C=۲\mu(C/V)\xrightarrow{C/V=F}C=۲\mu F$$

گام دوم: در حالت دوم می‌توان نوشت:

$$\Delta Q'=C(V_۲'-V_۱')\Rightarrow \Delta Q'=۲(۴۸-۳۶)$$

$$\Delta Q'=۲۴\mu C$$

نکته: نمودار بار خازن برحسب ولتاژ آن مطابق شکل زیر است:



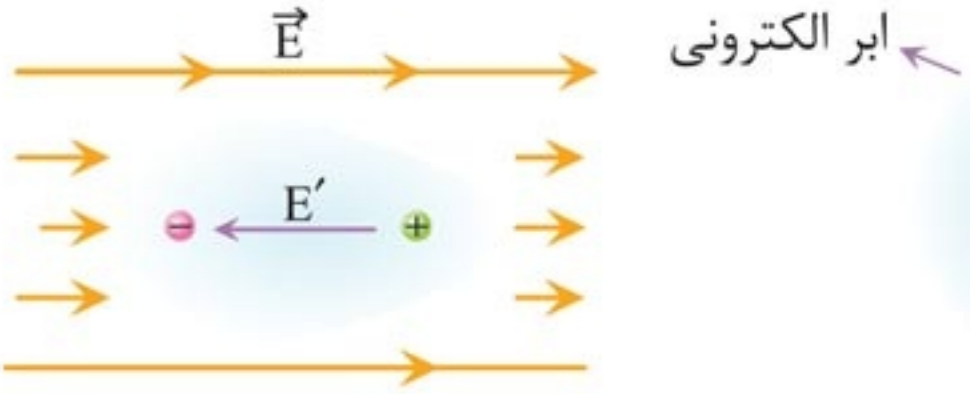
شیب این خط برابر ظرفیت خازن است.

دی‌الکتریک و ظرفیت خازن تخت

۱ دی‌الکتریک مادهٔ نارسانای الکتریسیته (عایق الکتریسیته) است.

۲ دی‌الکتریک‌ها در دو نوع قطبی و غیرقطبی وجود دارند.

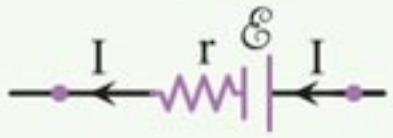
۳ اگر دی‌الکتریک غیرقطبی درون خازن قرار گیرد، مولکول‌هایش **قطبیده** می‌شوند و میدان الکتریکی مخالف میدان خارجی را پدید می‌آورند.



الف) درنبود میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت ومنفی برهم منطبق اند.

ب) در حضور میدان‌الکتریکی، مرکز بارهای مثبت ومنفی ازهم جدا می‌شوند و ابرالکترونی در خلاف جهت میدان جابه‌جا می شود.

نکته‌ها: ۱ ولتاژ مولد ضدمحرکه از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

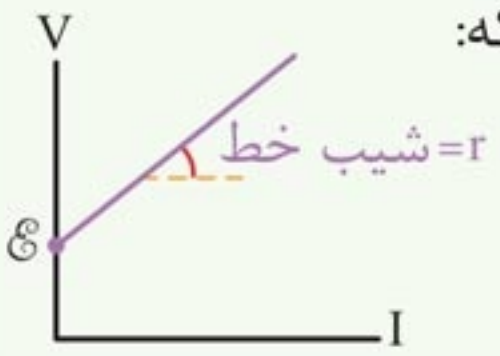


$$V_{\text{ضدمحرکه}} = \mathcal{E} + Ir$$

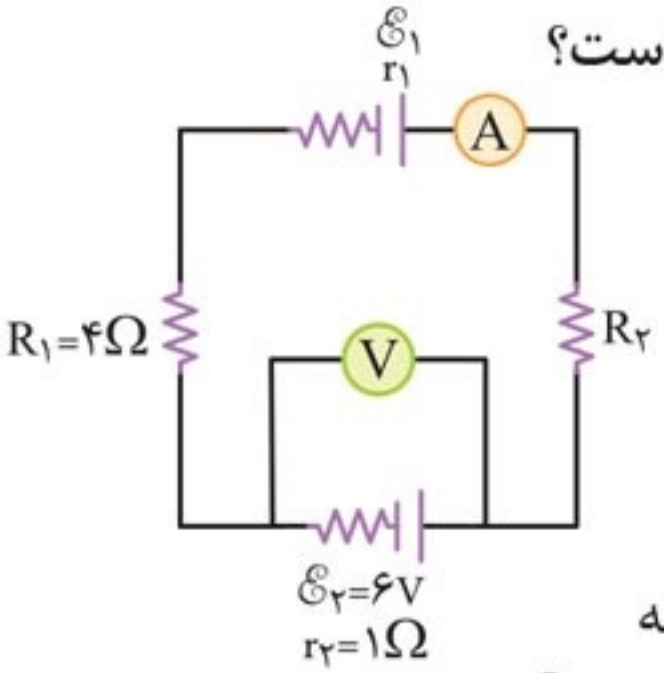
۲ مولد ضدمحرکه مصرف‌کننده انرژی است و توان مصرفی آن برابر است با:

$$P_{\text{ضدمحرکه}} = \mathcal{E}I + I^{۲}r$$

۳ نمودار ولتاژ برحسب جریان مولد ضدمحرکه:



تست: در شکل زیر ولت‌سنج ۸V را نشان می‌دهد. به‌ترتیب از راست به چپ جریان گذرنده از آمپرسنج چند آمپر و انرژی مصرفی در مولد $\mathcal{E}_۲$ در مدت ۲ دقیقه چند ژول است؟



۱) ۱۹۸۰ – ۲A

۲) ۹۶۰ – ۱A

۳) ۱۹۲۰ – ۲A

۴) ۱۹۸۰ – ۱A

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۳»

چون ولت‌سنج به باتری $\mathcal{E}_۲$ بسته شده و بیشتر از $\mathcal{E}_۲$ نشان می‌دهد، $\mathcal{E}_۲$ ضدمحرکه است.

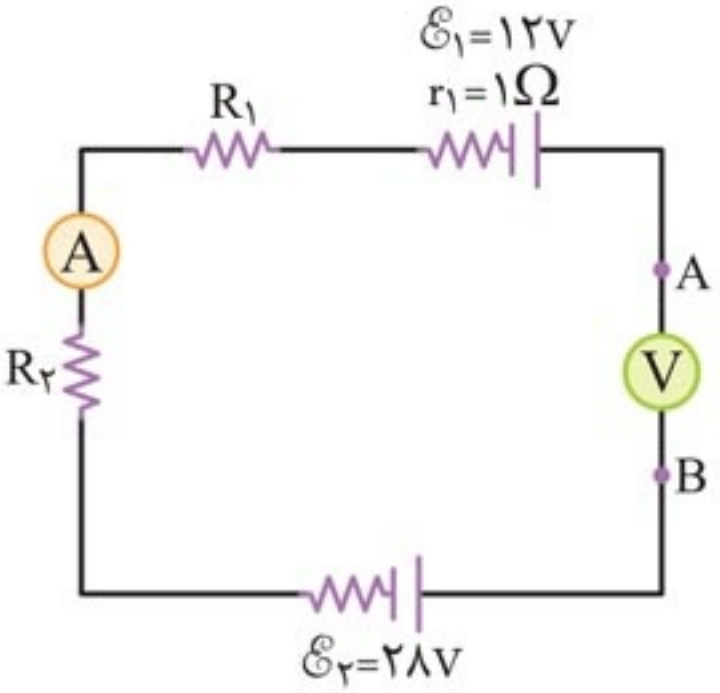
$$V_۲ = \mathcal{E}_۲ + Ir \Rightarrow ۸ = ۶ + I \times ۱ \Rightarrow I = ۲A$$

و بنابر رابطه توان مصرفی باتری ضدمحرکه یعنی $P = \mathcal{E}I + I^{۲}r$ برای انرژی مصرفی آن داریم:

$$U = Pt = (\mathcal{E}I + I^{۲}r)t \Rightarrow U = (۶ \times ۲ + ۲^{۲} \times ۱) \times ۲ \times ۶۰$$
$$= ۲۱۶۰J$$

نکته‌ها:
۱ مقاومت الکتریکی آمپرسنج ایده‌آل **صفر** است و آمپرسنج در مدار به صورت **متوالی** با اجزاء دیگر قرار داده می‌شود.
۲ مقاومت الکتریکی ولت‌سنج ایده‌آل بسیار **زیاد** (بی‌نهایت) است و ولت‌سنج به‌صورت **موازی** با اجزا مدار بسته می‌شود.
۳ اگر ولت‌سنج ایده‌آل به‌صورت **متوالی** بسته شود، به دلیل مقاومت بی‌نهایت در ولت‌سنج جریان گذرنده از آن و همهٔ اجزایی که با ولت‌سنج **متوالی‌اند** صفر است.
۴ ولتاژ همهٔ مقاومت‌هایی که با ولت‌سنج **متوالی** بسته شوند، **صفر** است.
۵ ولتاژ هر یک از **مولدهایی** که با ولت‌سنج **متوالی** بسته شوند، $\mathscr{E}$ است.

تست: در شکل زیر ولت‌سنج ایده‌آل و آمپرسنج ایده‌آل به ترتیب از راست به چپ، چه اعدادی را در SI نشان می‌دهند؟



۱) ۴۰ – صفر
۲) ۱۶ – صفر
۳) ۴۰ – ۱
۴) ۱۶ – ۱

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۲»

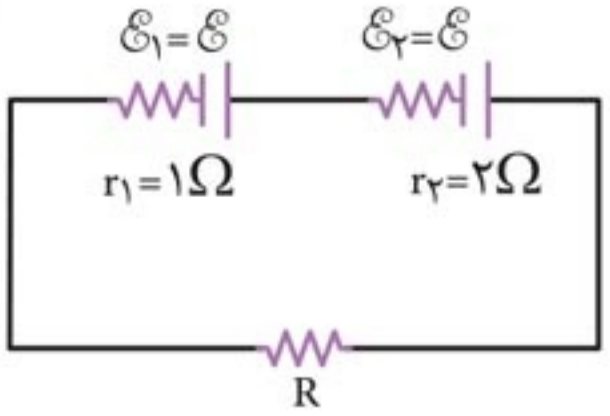
ولت‌سنج به‌صورت متوالی در مدار تک‌حلقه است پس جریان کل مدار تک‌حلقه صفر است. $I = 0$

اگر از یک طرف ولت‌سنج در مدار حرکت کنیم به طرف دیگر آن برسیم داریم: $I = 0 \Rightarrow IR = Ir = 0$

$$\Rightarrow V_A - \mathscr{E}_1 + \mathscr{E}_2 = V_B \Rightarrow V_B - V_A = 28 - 12 = 16V$$

مدار جریان مستقیم

تست: در شکل مقابل مقاومت R چند اُهم باشد تا توان مفید مولد $\mathcal{E}_2$ صفر شود؟



۱) ۱ ۲) ۲

۳) ۳ ۴) ۴

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۱»

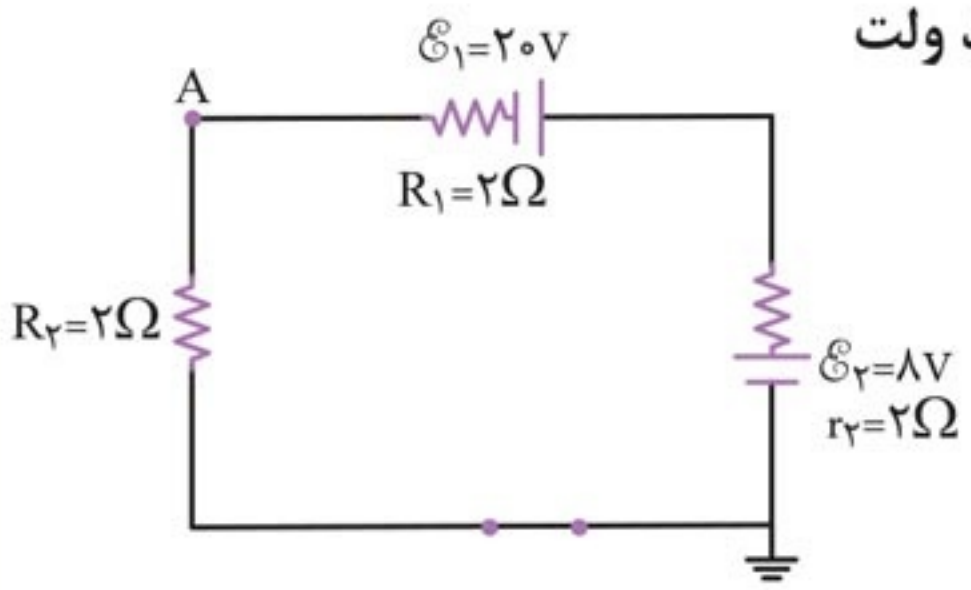
اگر توان مفید $\mathcal{E}_2$ صفر شود باید $P=\mathcal{E}I-I^2r=0$ باشد و نتیجه می‌شود:

$$\mathcal{E}_2 I-I^2 r_2=0\Rightarrow I=0\ .\ I=\frac{\mathcal{E}_2}{r_2}=\frac{\mathcal{E}}{2}$$

جریان برای کل مدار را در نظر می‌گیریم:

$$I=\frac{\Sigma\mathcal{E}}{R_{eq}+r_{eq}}=\frac{2\mathcal{E}}{R+3}\xrightarrow{I=\frac{\mathcal{E}}{2}}\frac{\mathcal{E}}{2}=\frac{2\mathcal{E}}{R+3}\Rightarrow R=1\Omega$$

تست: در مدار شکل زیر اگر هر جایی کلید ولت‌سنج قرار دهیم. پتانسیل نقطهٔ A چند ولت تغییر می‌کند؟



۱) صفر

۲) ۸−

۳) ۱۲−

۴) ۲۸−

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۲»

پتانسیل نقطهٔ A برابر اختلاف پتانسیل نقطهٔ A تا نقطهٔ اتصال به زمین است.

گام اول: جریان مدار در حالت اول را به‌دست می‌آوریم:

$$\mathcal{E}_1 > \mathcal{E}_2 \Rightarrow I = \frac{20 - 8}{(2+2)+(2)} = 2A$$ ساعتگرد

گام دوم: از A تا زمین حرکت می‌کنیم. از مسیر R_2 و در خلاف جهت جریان محاسبه کم‌تری دارد و راحت‌تر است:

$$V_A + IR_2 = 0 \Rightarrow V_A = -2 \times 2 = -4V$$

گام سوم: اگر به جای کلید ولت‌سنج قرار دهیم جریان کل مدار تک‌حلقه برابر صفر می‌شود و برای محاسبه پتانسیل A از مسیر بالا به نقطهٔ اتصال به زمین می‌رویم:

$$V_A + \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = 0 \Rightarrow V_A = -20 + 8 = -12V$$

گام چهارم: تغییر پتانسیل A را حساب می‌کنیم:

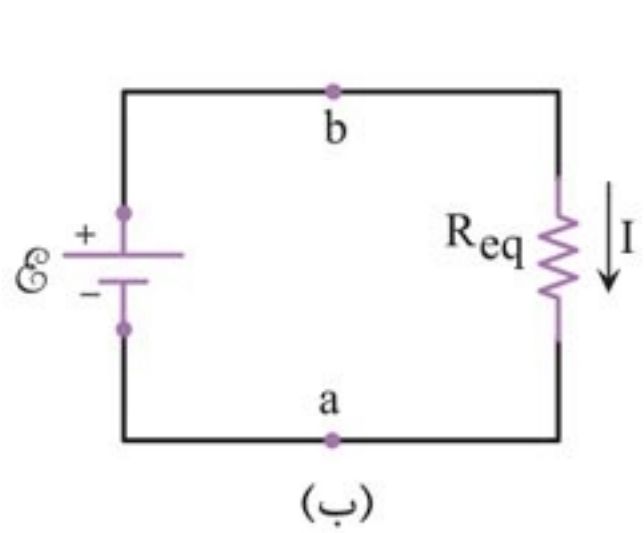
$$\Delta V_A = -12 - (-4) = -8\,V$$

ترکیب مقاومت‌ها

۱ مقاومت‌های متوالی

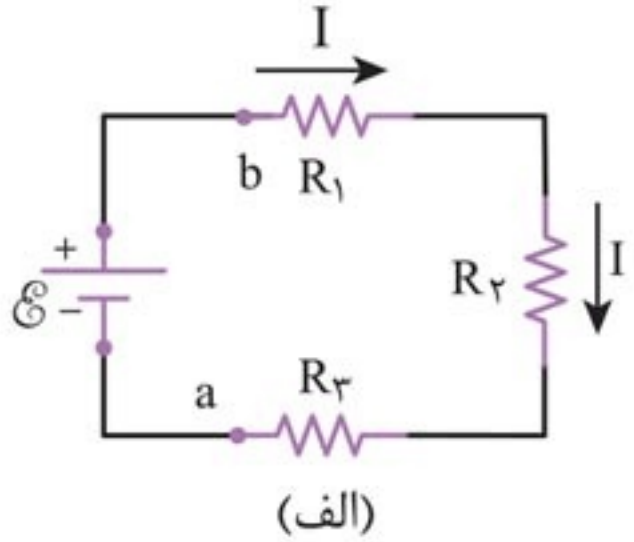
ویژگی‌های مقاومت‌های متوالی:

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$
$$R_q = R_1 + R_2 + R_3$$



(ب)

مدار معادل شکل (الف) که در آن سه مقاومت با R_{eq} جایگزین شده است.



(الف)

سه مقاومت که به طور متوالی به یک باتری متصل شده‌اند.

نکته‌ها: ۱ جریـان گذرنـده از هـر یـک و جریان گذرنـده از کل مقاومت‌های متوالی **یکسان** است.

۲ مقاومت معادل بزرگ‌تر از هر یک از مقاومت‌ها است.

۳ مقاومتی که بزرگ‌تر است، ولتاژ بیشتری دارد:

$$I = \frac{V}{R} \xrightarrow{I_1 = I_2} \frac{V_2}{V_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

۴ مقاومتـی کـه بزرگ‌تـر اسـت تـوان مصرفـی و انـرژی مصرفـی بیشتری دارد:

$$P = RI^2 \xrightarrow{I_1 = I_2} \frac{P_2}{P_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

«اگر مقدار یکی از مقاومت‌ها زیاد شود ولتاژ آن مقاومت نیز **افزایش** می‌یابد.»

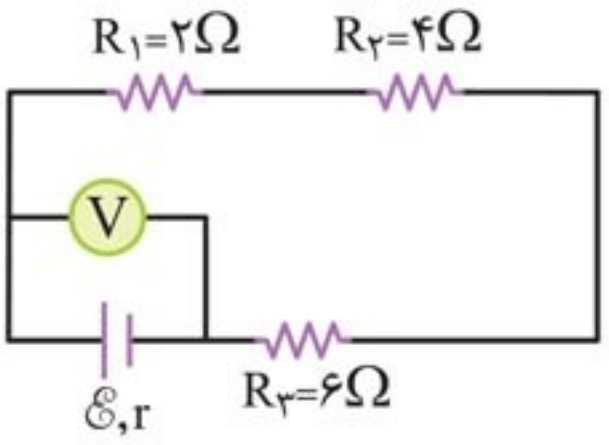
۵ تقسیم ولتاژ در دو مقاومت متوالی:

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V \quad , \quad V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V$$

۶ تقسیم توان در دو مقاومت متوالی:

$$P_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} P_{(کل)} \quad , \quad P_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} P_{(کل)}$$

تست: در شـکل مقابل ولت‌سنج $24V$ را نشـان می‌دهـد. ولتاژ R_2 چند ولت است؟



۱) ۴ ۲) ۶

۳) ۸ ۴) ۱۲

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۳»

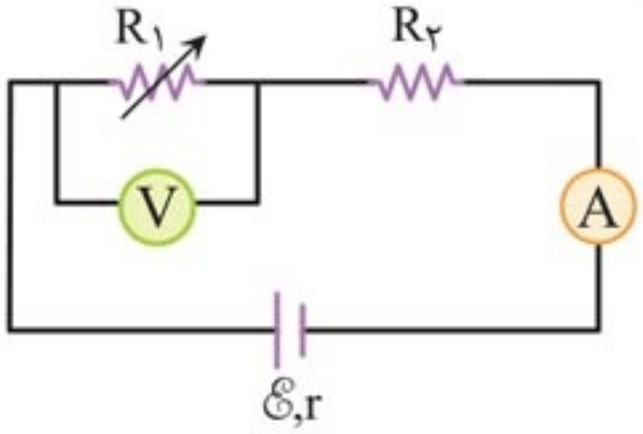
مقاومت‌ها متوالی‌اند و ولتاژ کل آن‌ها ۲۴V است و این ولتاژ به نسبت مقاومت‌ها در آن‌ها تقسیم می‌شود. اگر ولتاژ کوچک‌ترین مقاومت یعنی $R_1 = ۲\Omega$ یعنی V_1 را در نظر بگیریم می‌توان نوشت:

$$V_1 , V_2 = ۲V_1 , V_3 = ۳V_1$$

$$\Rightarrow V = V_1 + V_2 + V_3 = ۶V_1 \xrightarrow{V=۲۴V} V_1 = \frac{۲۴}{۶} = ۴V$$

پس ولتاژ مقاومت R_2 یعنی V_2 برابر است با: $V_2 = ۲ \times ۴ = ۸V$

تست: در شکل زیر اگر مقاومت متغیر R_1 را زیاد کنیم و آمپرسنج و ولت‌سنج چگونه تغییر می‌کنند؟



۱) افزایش - افزایش

۲) کاهش - افزایش

۳) کاهش - کاهش

۴) افزایش - کاهش

■ **پاسخ: گزینهٔ «۲»**

گام اول: افزایش مقاومت R_1 سبب افزایش R_{eq} و کاهش I مدار می‌شود:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{\uparrow R_{eq} + r} \Rightarrow I \downarrow$$

گام دوم: در مقاومت‌های متوالی ولتاژ متناسب با مقدار مقاومت تقسیم می‌شود چون مقدار R_1 زیاد شده است، ولتاژ R_1 نیز زیاد می‌شود:

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V$$

تذکر: چون جریان مدار کاهش یافته ولتاژ مقاومت R_2 یعنی $V_2 = IR_2$ کاهش می‌یابد.

قاعدهٔ انشعاب

مجموع جبری جریان‌های ورودی و خروجی به یک نقطه (گره) برابر صفر است:

$$\Sigma I = 0$$

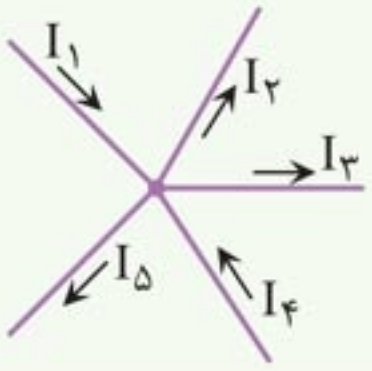
نکته‌ها:

۱ قاعدهٔ انشعاب مبتنی بر پایستگی بار الکتریکی است و این‌که هیچ باری نمی‌تواند در یک نقطه انشعاب جمع شود.

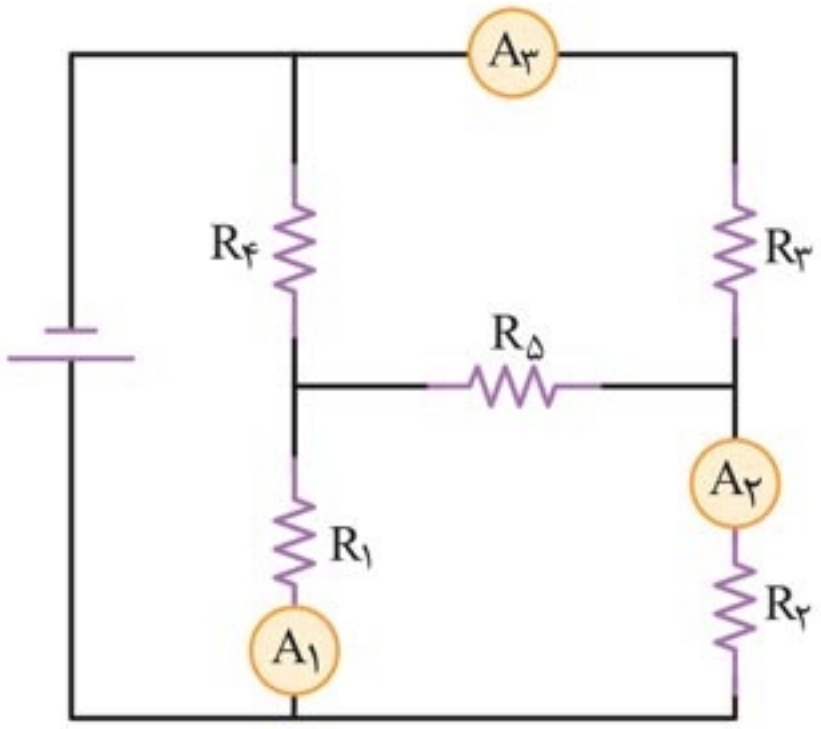
۲ هنگام استفاده از قاعدهٔ انشعاب جریان‌های ورودی به یک گره را با علامت مثبت و جریان‌های خروجی از گره را با علامت منفی به‌کار می‌بریم:

- به‌عنوان مثال در شکل زیر داریم:

$$I_1 + I_4 - I_2 - I_3 - I_5 = 0$$



تست: شکل زیر آمپرسنج‌های A_1 و A_2 به‌ترتیب ۲ و ۳ آمپر و آمپرسنج A_3، یک آمپر را نشان می‌دهد. از مقاومت R_5 چند آمپر و در چه جهتی می‌گذرد؟



۱) ۱، چپ

۲) ۱، راست

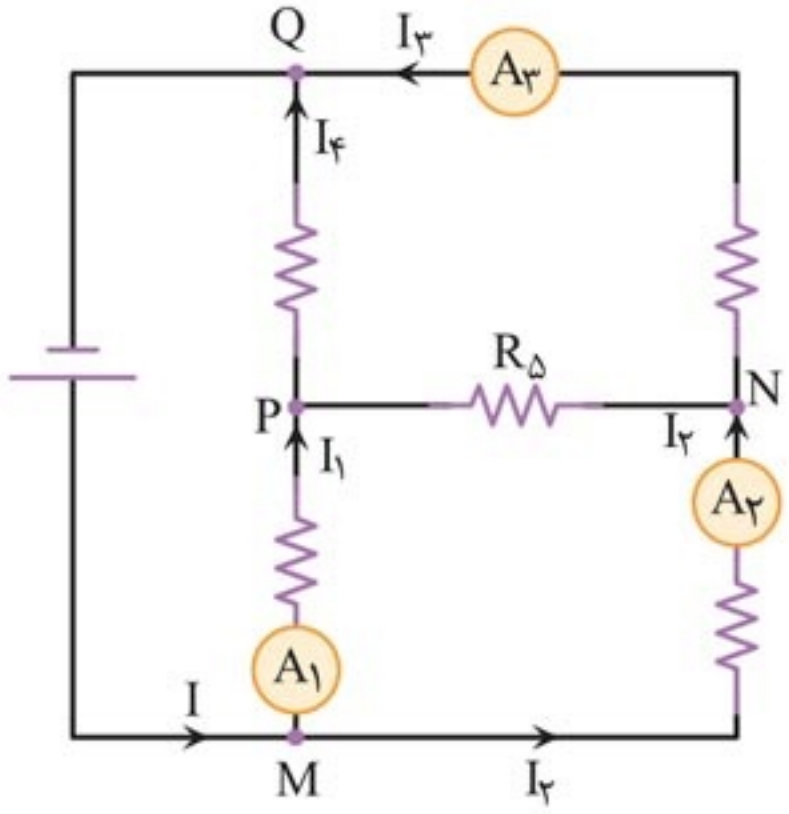
۳) ۲، راست

۴) ۲، چپ

■ **پاسخ: گزینهٔ «۴»**

از قانون گره استفاده می‌کنیم و جریان‌های ورودی A۲ در نارنجی را برابر جریان‌های خروجی در هر گره در نظر می‌گیریم. از نقطهٔ M می‌توان نوشت:

$$I = I_۱ + I_۲ = ۵A$$



از نقطهٔ Q می‌توان نوشت:

$$I = I_۴ + I_۳$$

$$\xrightarrow{I_۳ = ۱A} ۵ = I_۴ + ۱$$

$$\Rightarrow I_۴ = ۴A$$

از نقطهٔ P می‌توان نوشت:

$$I_۱ + I_۵ = I_۴$$

$$\Rightarrow ۲ + I_۵ = ۴$$

$$\Rightarrow I_۵ = ۲A \text{ به طرف چپ}$$

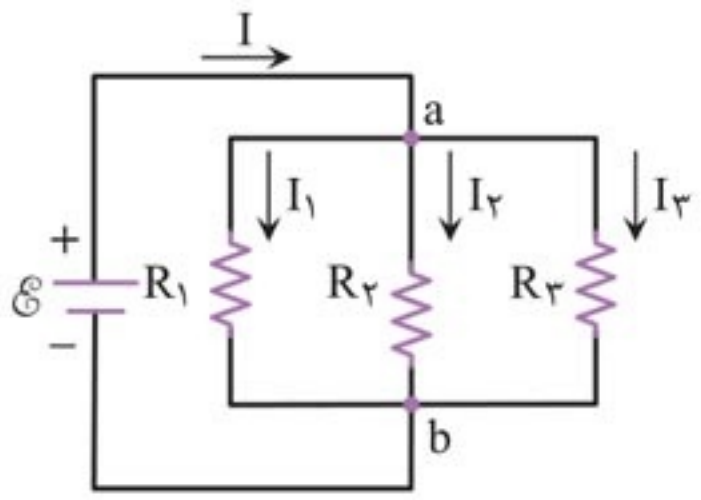
۲ مقاومت‌های موازی

ویژگی‌های مقاومت‌های موازی:

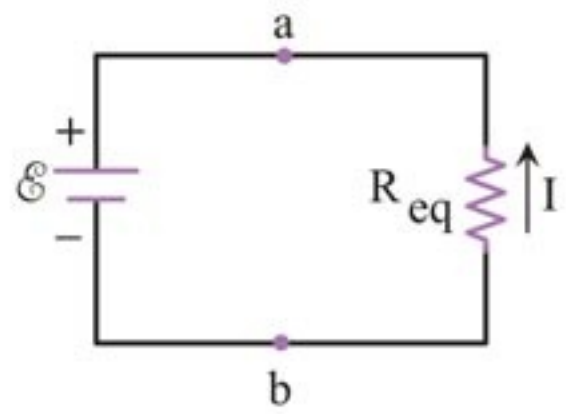
$$V = V_۱ = V_۲ = V_۳$$

$$I = I_۱ + I_۲ + I_۳$$

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



الف) مداری شامل سه مقاومت که به صورت موازی به نقطه های a و b بسته شده اند.

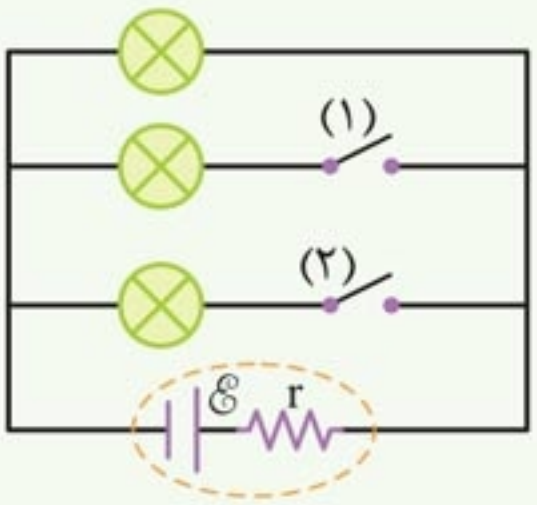


ب) مدار معادل شکل (الف) که در آن مقاومت معادل، R_{eq} جایگزین مقاومت‌های $R_۱$، $R_۲$ و $R_۳$ شده است.

نکته‌ها: ۱ مقاومت معادل، از هر یک از مقاومت‌ها **کوچک‌تر** است.

۲ اگر به تعداد مقاومت‌های موازی **بیفزاییم**، مقاومت معادل **کم** می‌شود.

در شکل مقابل اگر کلید (۱) و سپس کلید (۲) را ببندیم در هر مرحله مقاومت معادل **کم‌تر** می‌شود.



۳ اگر **مقدار** یکی از مقاومت‌های موازی را **کم** کنیم مقاومت معادل نیز **کم** می‌شود و اگر مقاومت را زیاد کنیم، مقاومت معادل زیاد می‌شود.

۴ در مقاومت‌های موازی، مقاومتی که **کم‌تر** است **توان** بیشتری مصرف می‌کند.

$$P=\frac{V^2}{R}\xrightarrow{V_1=V_2}\frac{P_2}{P_1}=\frac{R_1}{R_2}\quad,\quad P_1=\frac{R_2}{R_1+R_2}P$$

۵ در مقاومت‌های موازی، از مقاومت **کم‌تر**، جریان **بیشتری** عبور می‌کند.

$$V_1=V_2\Rightarrow I_1R_1=I_2R_2\Rightarrow\frac{I_2}{I_1}=\frac{R_1}{R_2}\quad,\quad I_1=\frac{R_2}{R_1+R_2}I$$

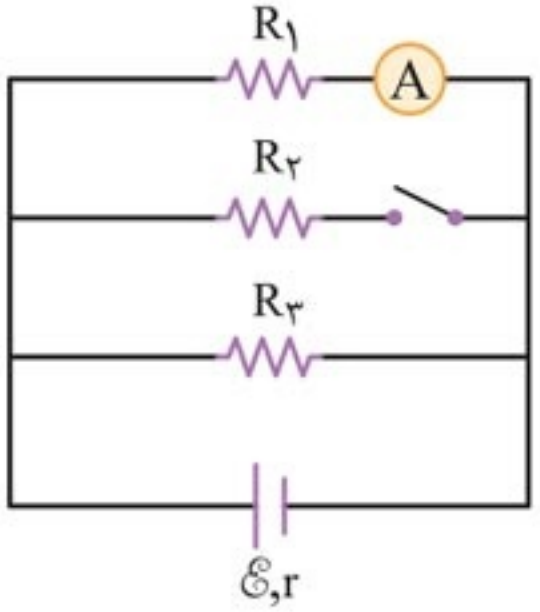
۶ برای محاسبهٔ مقاومت معادل، برای دو مقاومت R_1 و R_2 داریم:

$$R_{eq}=\frac{R_1\times R_2}{R_1+R_2}$$

۷ مقاومت معادل n مقاومت مشابه (مانند R) برابر است با:

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

تست: در شکل زیر $R_1 = R_2 = R_3 = r$ است. اگر کلید را ببندیم جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد چند برابر می‌شود؟



۱) $\frac{۳}{۴}$ ۲) $\frac{۳}{۸}$

۳) $\frac{۱}{۳}$ ۴) $\frac{۲}{۳}$

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۱»

گام اول: در حالت کلید باز: R_1 و R_3 در مدار و موازی‌اند:

$$R_{eq} = \frac{R_1}{۲} = \frac{r}{۲}\ ,\ I = \frac{\mathscr{E}}{\frac{r}{۲} + r} = \frac{۲\mathscr{E}}{۳r}$$

گام دوم: چون $R_3 = R_1$ است $I_1 = I_3 = \frac{I}{۲}$ است پس:

$$I_1 = \frac{\frac{۲}{۳}\mathscr{E}}{۲} \Rightarrow I_1 = \frac{\mathscr{E}}{۳r}$$

گام سوم: در حالت کلید بسته سه مقاومت موازی و یکسان داریم:

$$R'_{eq} = \frac{r}{۳} \Rightarrow I' = \frac{\mathscr{E}}{\frac{r}{۳} + r} = \frac{۳}{۴}\frac{\mathscr{E}}{r}$$

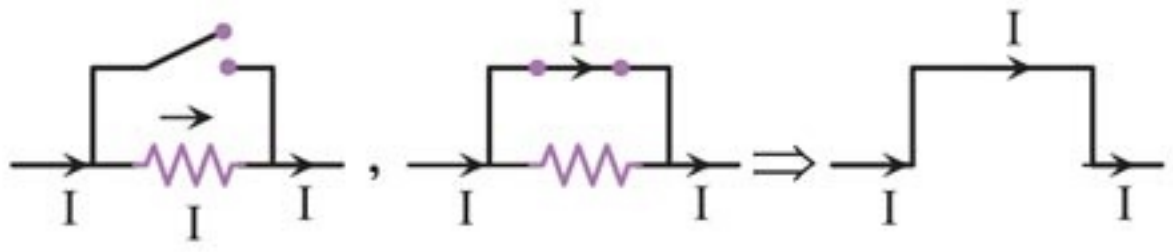
و جریان عبوری از مقاومت R_1 برابر است با:

$$I'_1 = \frac{I'}{۳} = \frac{\mathscr{E}}{۴r}$$

گام چهارم: نسبت $\frac{I'_1}{I_1}$ را حساب می‌کنیم:

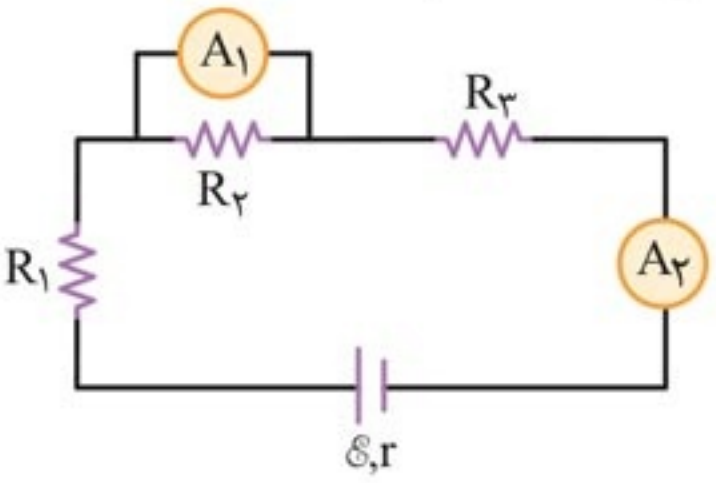
$$\frac{I'_1}{I_1} = \frac{\frac{\mathscr{E}}{۴r}}{\frac{\mathscr{E}}{۳r}} = \frac{۳}{۴}$$

◄ **اتصال کوتاه:** اگر دو سر هر جزءِ مدار با کلید یا سیم رسانا به هم وصل شوند، اختلاف پتانسیل دو سر آن جزءِ برابر صفر شده و از مدار حذف می‌شود.



نکته: اگر آمپرسنج ایده‌آل با هر جزءِ مدار موازی بسته شود و آمپرسنج سالم بماند، دو سر آن جزءِ مدار اتصال کوتاه و از مدار حذف می‌شود.

تست: در شکل زیر، جریان کل مدار I است و آمپرسنج‌های A_1 و A_2 جریان‌های I_1 و I_2 را نشان می‌دهند کدام گزینهٔ درست است؟



۱) $I_2 = I \, , \, I_1 = 0$

۲) $I_1 \neq 0 \, , \, I_2 < I$

۳) $I_1 = I_2 = I \neq 0$

۴) $I_1 = I_2 = I = 0$

■ **پاسخ:** گزینهٔ «۳»

آمپرسنج A_1 موازی با R_2 است اما با R_3 و باتری متوالی است. پس آمپرسنج‌ها جریان‌های یکسان را نشان می‌دهند.

مصرف کننده‌های الکتریکی

نکته‌ها: ۱ همهٔ مصرف‌کننده‌های یک ساختمان (که از یک کنتور برق می‌گیرند) به‌صورت موازی بسته می‌شوند. یعنی ولتاژ همه یکسان و برابر ولتاژ برق شهری (در ایران ۲۲۰ ولت) است.