

بہ نام پروردگار مہربان

# مرور سریع فیزیک کنکور

دہم | یازدہم

نصرالہ افاضل، مجید ساکی



لقمہ طلائیے



مہروماہ

# فهرست

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





## شناوری و اصل ارشمیدس

به جسم‌های درون یک شاره یا غوطه‌ور و یا شناور در آن، همواره نیروی بالاسوی خالص به نام نیروی شناوری از طرف شاره وارد می‌شود. طبق اصل ارشمیدس، نیروی شناوری ( $F_b$ ) با وزن شاره‌ی جابه‌جا شده توسط جسم برابر است. برای جسم درون شاره، چهار حالت رخ می‌دهد:

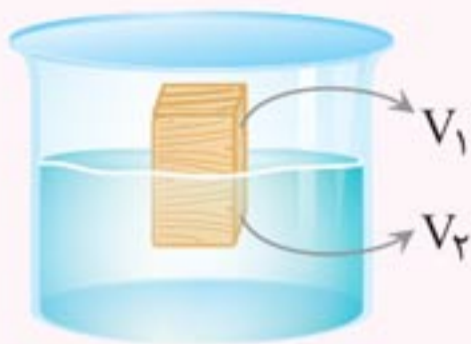
نام حالت	موقعیت جسم در شاره	حرکت جسم در شاره	شکل
شناوری $\rho_{\text{جسم}} > \rho_{\text{شاره}}$	بخشی از جسم بیرون شاره است.	ساکن $F_b = mg$	
غوطه‌وری $\rho_{\text{جسم}} = \rho_{\text{شاره}}$	همه‌ی جسم درون شاره است.	ساکن $F_b = mg$	
فرو روی $\rho_{\text{جسم}} < \rho_{\text{شاره}}$	همه‌ی جسم درون شاره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

**نکته‌ها: ۱** اندازه‌ی نیروی شناوری برابر  $F_p = \rho V g$  است که در آن  $\rho$  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.



$$\frac{V_2}{V_2 + V_1} = \frac{\rho_{\text{جسم}}}{\rho_{\text{شاره}}}$$

**تست:** جسمی به جرم ۲۰۰ گرم را درون ظرف پراز 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 بر حسب نیوتون نشان می‌دهد؟ (جرم و حجم نیروسنج ناچیز است.)

(۱) ۲ (۲) ۰/۲ (۳) ۱/۸ (۴) ۲/۲

■ پاسخ: گزینه «۳»

$$F_{\text{شناوری}} = mg_{\text{آب بیرون ریخته}} = \frac{20}{1000} \times 10 = 0/2 \text{ N}$$

$$\text{عدد نیروسنج} = mg_{\text{جسم}} - F_{\text{شناوری}} = 2 - 0/2 = 1/8 \text{ N}$$

**تست:** مطابق شکل، یک بار وزنه‌ای را روی چوب و بار دیگر وزنه را توسط نخ 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.)

(بر گرفته از کتاب درسی)



(۱)



(۲)

(۱) شکل (۱)، شکل (۱)

(۲) شکل (۱)، شکل (۲)

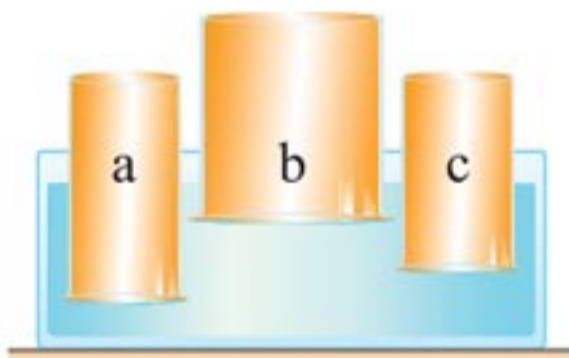
(۳) شکل (۲)، شکل (۱)

(۴) شکل (۲)، شکل (۲)

■ پاسخ: گزینه «۴»

در هر دو شکل چوب روی سطح آب شناور مانده است. بنابراین،  
 $g(m_{\text{چوب}} + m_{\text{وزنه}}) = F_{\text{شناوری}}$  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: گزینه «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:

$$\text{تندی (m/s)} \rightarrow Av = \frac{\text{حجم شناور}}{\text{زمان}} = \frac{AL}{t}$$

↓  
سطح مقطع (m<sup>۲</sup>)





**تست:** از دهانه یک شیر در هر دقیقه، ۱۸ لیتر آب خارج می‌شود. اگر شعاع قاعده شیر ۱۰ cm باشد، تندی آب هنگام خروج آب از دهانه شیر، چند متر بر ثانیه است؟ ( $\pi \simeq 3$ )

۰/۱ (۲)

۰/۰۱ (۱)

۱۰۰ (۴)

۱ (۳)

■ پاسخ: گزینه «۱»

$$\frac{\text{حجم شاره}}{\text{زمان}} = Av \Rightarrow \frac{18 \times 10^{-3}}{60} = (\pi R^2) \times v$$

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

### معادله پیوستگی



$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$$

قطر مقطع لوله  $\rightarrow D_2$

**نکته:** طبق معادله 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:** گزینه «۳»

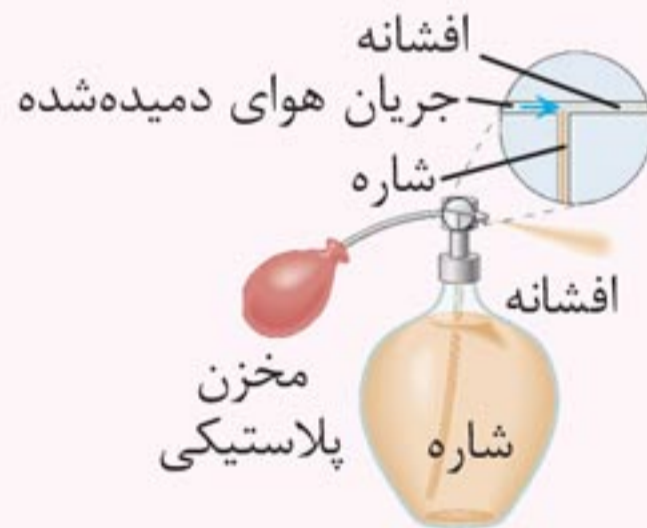
$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \Rightarrow \pi \left(\frac{D_1}{2}\right)^2 \times 2 = \pi \left(\frac{D_2}{2}\right)^2 \times v_2$$

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

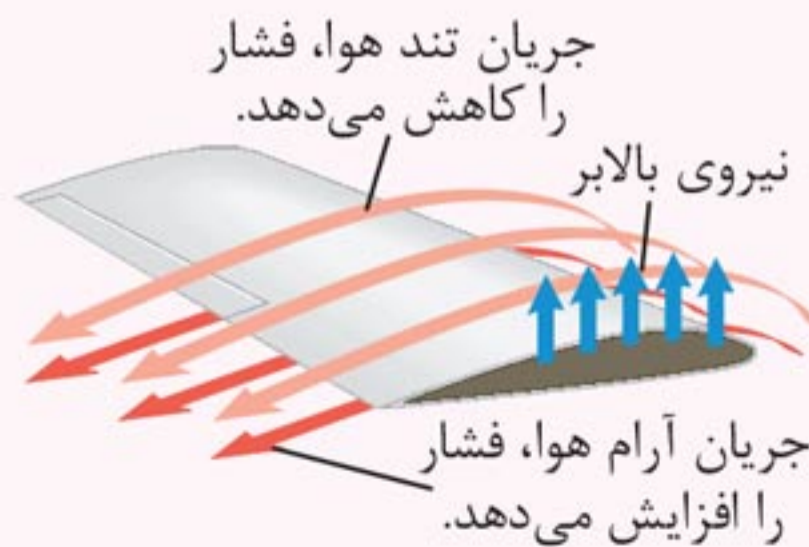
### اصل برنولی

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؟



$$P_A > P_B > P_C \quad (2)$$

$$P_A = P_B = P_C \quad (1)$$

$$P_B > P_C > P_A \quad (4)$$

$$P_A > P_C > P_B \quad (3)$$

■ پاسخ: گزینه «۳»

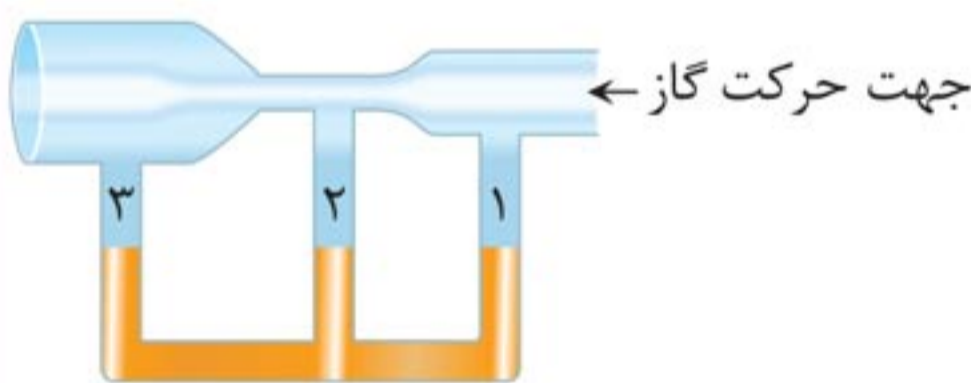
با افزایش سطح مقطع لوله، تندی شاره کاهش می‌یابد (طبق معادله پیوستگی):

$$v_A < v_C < v_B$$

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؟



$$h_1 = h_2 = h_3 \quad (1)$$

$$h_1 > h_2 > h_3 \quad (2)$$

$$h_1 > h_3 > h_2 \quad (3)$$

$$h_2 > h_1 > h_3 \quad (4)$$

■ پاسخ: گزینه «۴»

طبق معادله پیوستگی:

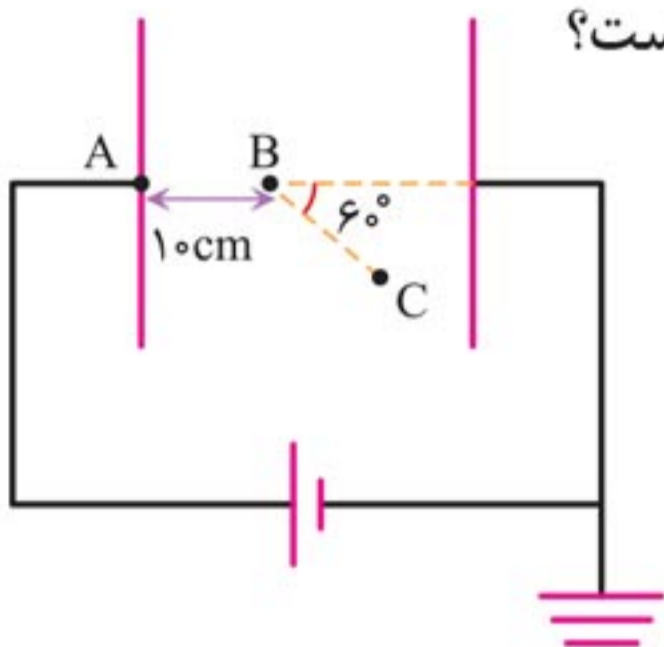
$$A_2 < A_1 < A_3 \Rightarrow v_2 > v_1 > v_3$$

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 پایانه مثبت باتری  $12V$  و پتانسیل الکتریکی نقطه  $B$ ،  $8V$  است. اگر  $BC = 20\text{cm}$  باشد، پتانسیل الکتریکی نقطه  $C$  چند ولت است؟



(۱) صفر

(۲) ۲

(۳) ۴

(۴) ۶

■ پاسخ: گزینه «۳»

**روش اول:** میدان الکتریکی بین دو صفحه یکسان است و اختلاف پتانسیل دو نقطه  $AB$  را با اختلاف پتانسیل دو نقطه  $BC$  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 همه نقاط بین دو صفحه یکسان است و  $\theta_{(E,AB)} = 0^\circ$  و  $\theta_{(E,BC)} = 60^\circ$  است. با در نظر گرفتن

$$\Delta V_{BC} = V_C - V_B \text{ و } \Delta V_{AB} = V_B - V_A \text{ داریم:}$$

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

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



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

**نکته:** بنا بر رابطه  $\Delta V = -Ed \cos \theta$  که برای میدان الکتریکی یکنواخت به کار می‌رود، می‌توان نوشت:

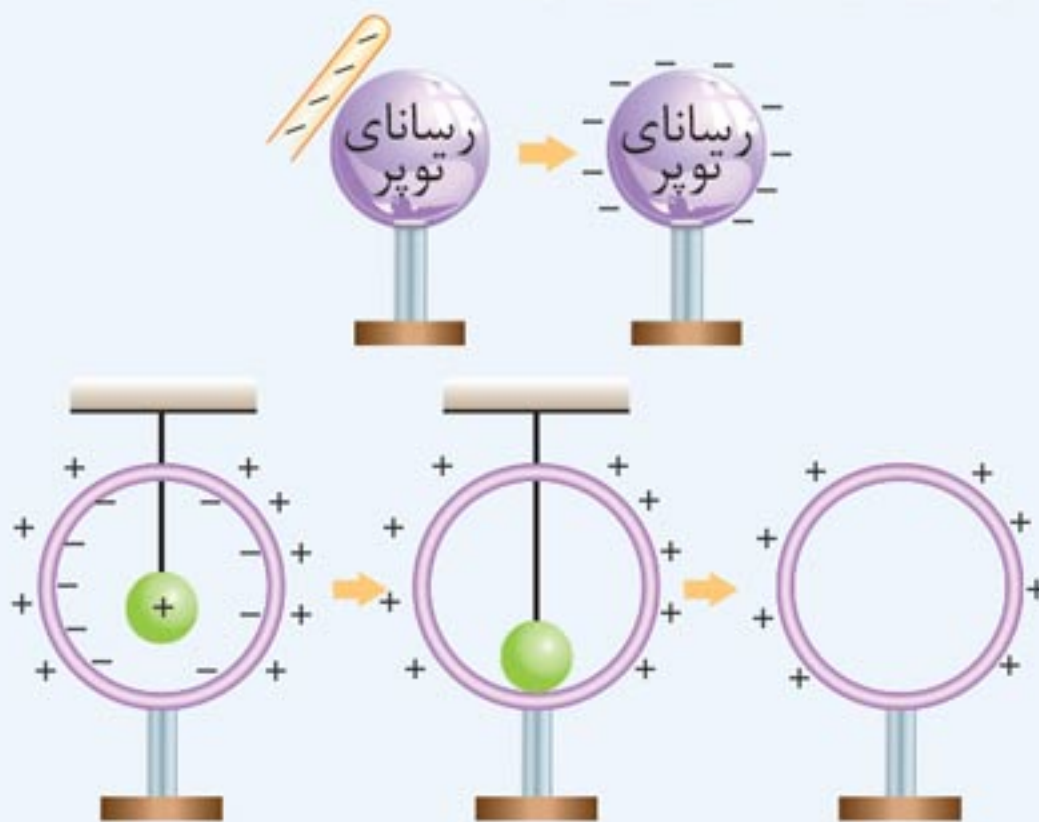
$$E = \frac{-\Delta V}{d \cos \theta}$$

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.

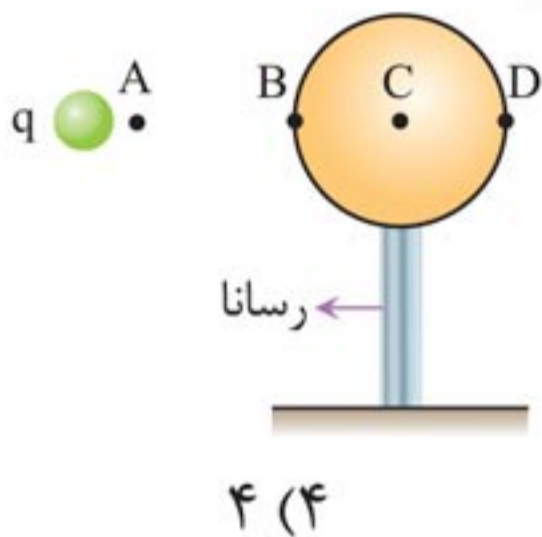
**نکته:** اگر به جسم رسانا بار الکتریکی داده شود، بار خالص جسم در سطح خارجی آن پخش می‌شود.







**تست:** در شکل زیر بار  $q < 0$  (ساکن) است. درباره بزرگی میدان الکتریکی ( $E$ ) و پتانسیل الکتریکی نقاط ( $V$ ) چه تعداد از عبارتهای زیر درست است؟ (نقطه  $C$  درون رسانا و نقاط  $B$  و  $D$  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)  $E_A > E_B$  و  $V_B = V_D$

ت)  $V_B = V_C = V_D$

۴ (۴)

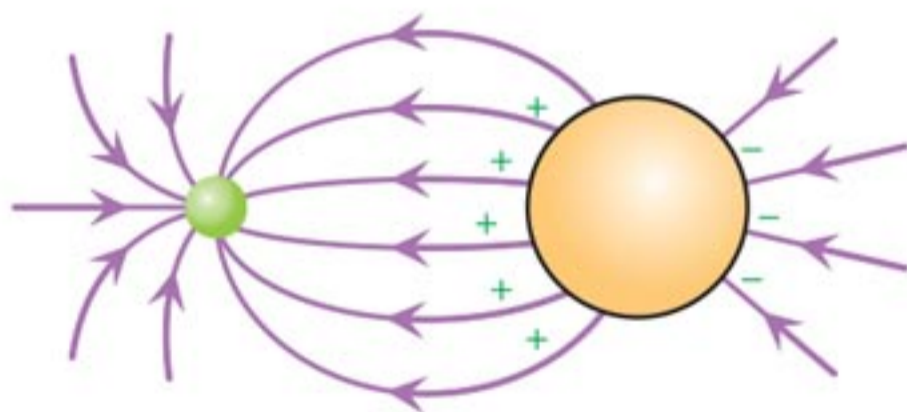
۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

■ پاسخ: گزینه «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 ( $E_C = 0 \text{ N/C}$ ) 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 نقطه  $A$  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.

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

ویژگی ریاضی

**نکته‌ها: ۱** چگالی سطحی کمیتی نرده‌ای است.

**۲** چگالی سطحی بار در نقاط نوک تیز بیشتر از نقاط دیگر رسانا است.

**۳** جسم رسانای نوک تیز که بار خالص و ساکن دارد، همه نقاطش هم‌پتانسیل است، اما چگالی سطحی اش در همه جا یکسان نیست.



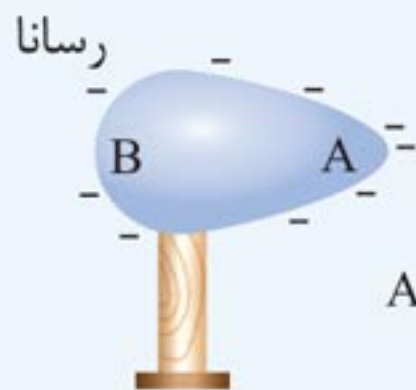
تراکم بار الکتریکی در نقاط نوک تیز بیشتر است.

**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 رابطه مساحت کره  $(A = 4\pi r^2)$ ، چگالی سطحی بار الکتریکی کره به صورت زیر است:

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

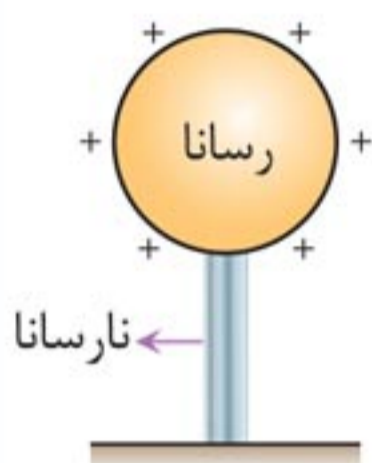
ویژگی ریاضی





**تست:** در شکل زیر، قطر کره رسانا  $20\text{ cm}$  و چگالی سطحی بار الکتریکی آن  $2500\ \mu\text{C}/\text{m}^2$  است. اگر آن را به کره رسانای خنثی و هم‌اندازه خودش، تماس دهیم و از آن دور کنیم، کره پس از مبادله چند میکروکولن بار الکتریکی دارد و چگونه الکترون را مبادله

می‌کند؟ ( $\pi \simeq 3$ ) ویژه ریاضی



(۱)  $+150$ ، می‌دهد

(۲)  $+150$ ، می‌گیرد

(۳)  $-150$ ، می‌دهد

(۴)  $-150$ ، می‌گیرد

■ پاسخ: گزینه «۲»

**گام اول:** بار الکتریکی کره قبل از تماس با کره دیگر را به دست می‌آوریم:

$$\sigma = \frac{Q}{4\pi r^2} \Rightarrow Q = 2500 \times 4 \times 3 \times (0.1)^2$$

$$Q = 300\ \mu\text{C}$$

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

$$Q' = \frac{1}{2}Q = 150\ \mu\text{C}$$

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.



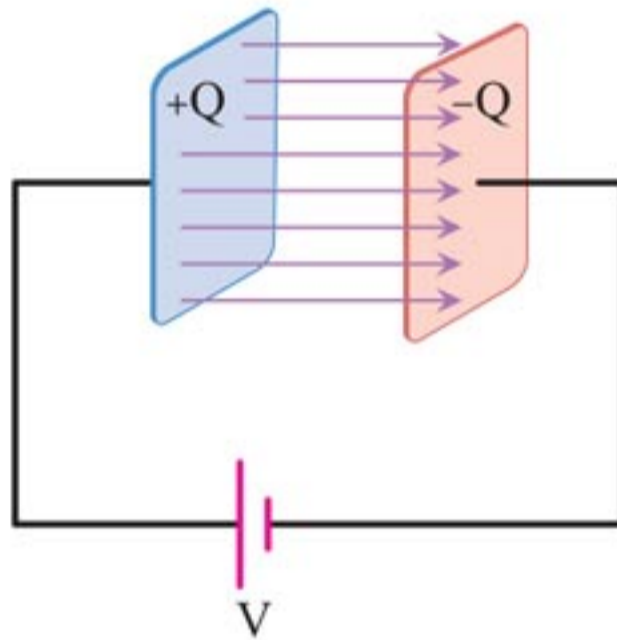
### ظرفیت و رابطه خازن

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

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

↑ بار خازن (C)  
 ← ظرفیت خازن (F)  
 ↓ ولتاژ (V)

بار خازن:  $|+Q| = |-Q| = Q$



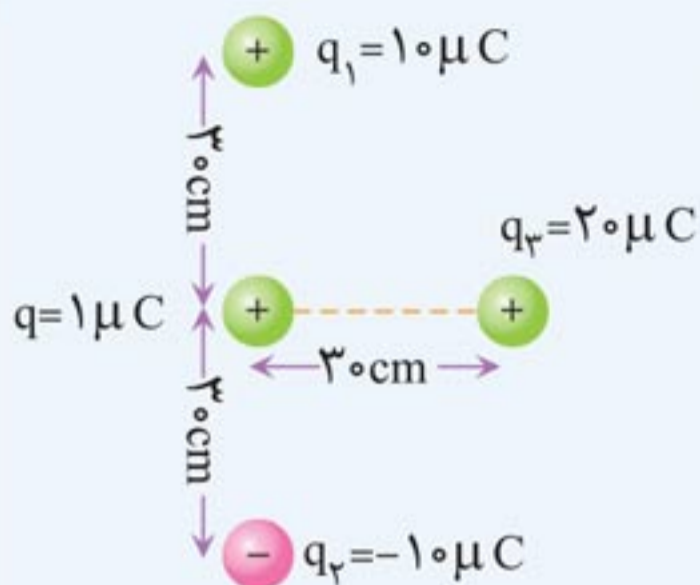
واحد اندازه‌گیری ظرفیت خازن در SI فاراد (F) است.

- نکته‌ها:**
- ظرفیت خازن به بار و ولتاژ خازن بستگی ندارد.
  - با افزایش یا کاهش ولتاژ خازن، بار خازن متناسب با ولتاژ آن، زیاد یا کم می‌شود:  
 $C = Q \times V$
  - ظرفیت خازن به شکل و ساختار و جنس عایق آن بستگی دارد.

### خازن تخت

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





**نکته‌ها: ۱** میدان الکتریکی بین

دو صفحه خازن تخت یکنواخت است.

**۲** بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحه خازن تخت (دور از لبه‌های

آن) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E = \frac{V}{d}$$

ولتاژ خازن (V) → V  
فاصله دو صفحه خازن (m) → d

**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، به ترتیب از راست به چپ ظرفیت خازن چند  $\mu F$  است و بار خازن چند  $\mu C$  تغییر می‌کند؟

- (۱)  $12, \frac{1}{2}$       (۲)  $24, 2$       (۳)  $6, 4$       (۴)  $18, 4$

**پاسخ:** گزینه «۲»

گام اول: در حالت اول می‌توان نوشت:

$$Q = CV \Rightarrow \begin{cases} Q_1 = C_1 V_1 \\ Q_2 = C_2 V_2 \end{cases} \xrightarrow{C_1 = C_2} Q_2 - Q_1$$

$$= C(V_2 - V_1)$$



$$\frac{\Delta Q = 48 \mu C}{\Delta V = 36 - 12 = 24 (V)} \rightarrow C = \frac{48 \mu C}{24 V}$$

$$C = 2 \mu (C/V) \xrightarrow{C/V = F} C = 2 \mu F$$

گام دوم: در حالت دوم می توان نوشت:

$$\Delta Q' = C(V_2' - V_1') \Rightarrow \Delta Q' = 2(48 - 36)$$

$$\Delta Q' = 24 \mu C$$



**نکته:** نمودار بار خازن بر حسب ولتاژ آن

مطابق شکل زیر است:

شیب این خط برابر ظرفیت خازن است.

### دی الکتریک و ظرفیت خازن تخت

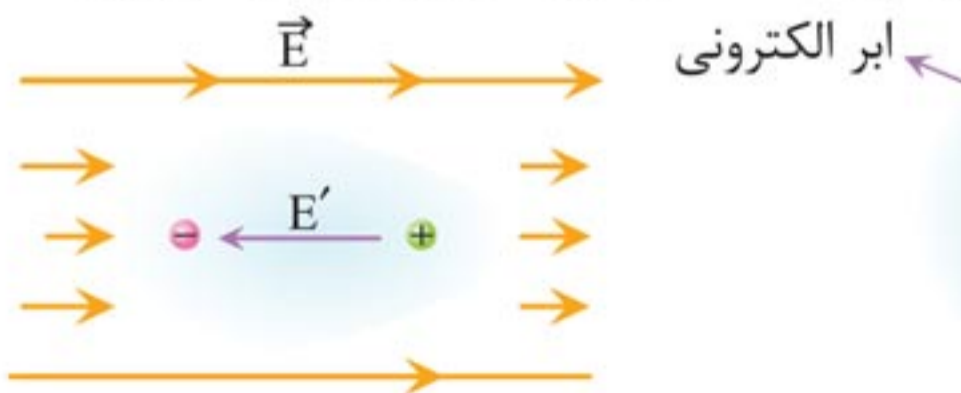
۱ دی الکتریک ماده نارسانای الکتریسیته (عایق الکتریسیته) است.

۲ دی الکتریکها در دو نوع قطبی و غیرقطبی وجود دارند.



۳ اگر دی الکتریک غیرقطبی درون خازن قرار گیرد، مولکولهایش قطبیده

می شوند و میدان الکتریکی مخالف میدان خارجی را پدید می آورند.



ب) در حضور میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می شوند و ابرالکترونی در خلاف جهت میدان جابه جا می شود.

الف) در نبود میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی برهم منطبق اند.





**نکته‌ها: ۱** ولتاژ مولد ضد محرکه از رابطه زیر به دست می‌آید:

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

**۲** مولد ضد محرکه مصرف کننده انرژی است و توان مصرفی آن

برابر است با:  $P_{\text{ضدمحرکه}} = \mathcal{E}I + I^2r$

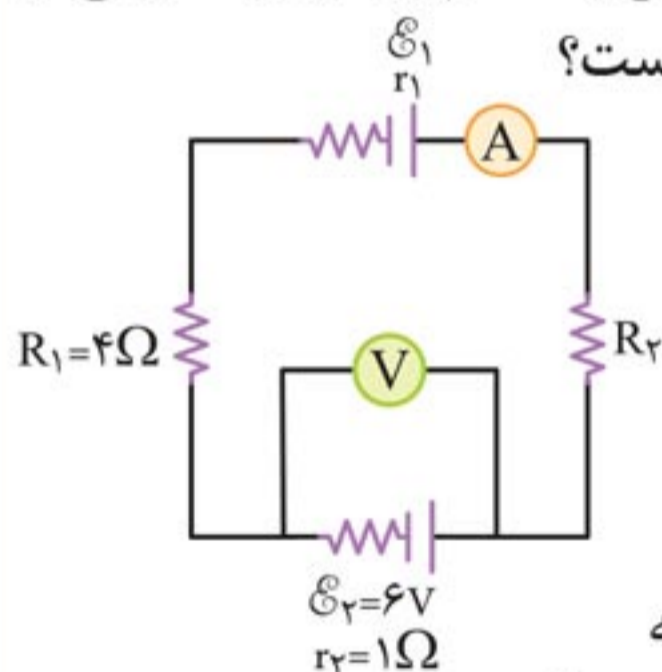
**۳** نمودار ولتاژ بر حسب جریان مولد ضد محرکه:



**تست:** در شکل زیر ولت‌سنج  $8V$  را نشان می‌دهد. به ترتیب از

راست به چپ جریان گذرنده از آمپرسنج چند آمپر و انرژی مصرفی در

مولد  $\mathcal{E}_2$  در مدت  $2$  دقیقه چند ژول است؟



(۱)  $2A - 1980$

(۲)  $1A - 960$

(۳)  $2A - 1920$

(۴)  $1A - 1980$

**پاسخ:** گزینه «۳»

چون ولت‌سنج به باتری  $\mathcal{E}_2$  بسته

شده و بیشتر از  $\mathcal{E}_2$  نشان می‌دهد،  $\mathcal{E}_2$  ضد محرکه است.

$$V_2 = \mathcal{E}_2 + Ir \Rightarrow 8 = 6 + I \times 1 \Rightarrow I = 2A$$

و بنابر رابطه توان مصرفی باتری ضد محرکه یعنی  $P = \mathcal{E}I + I^2r$

برای انرژی مصرفی آن داریم:

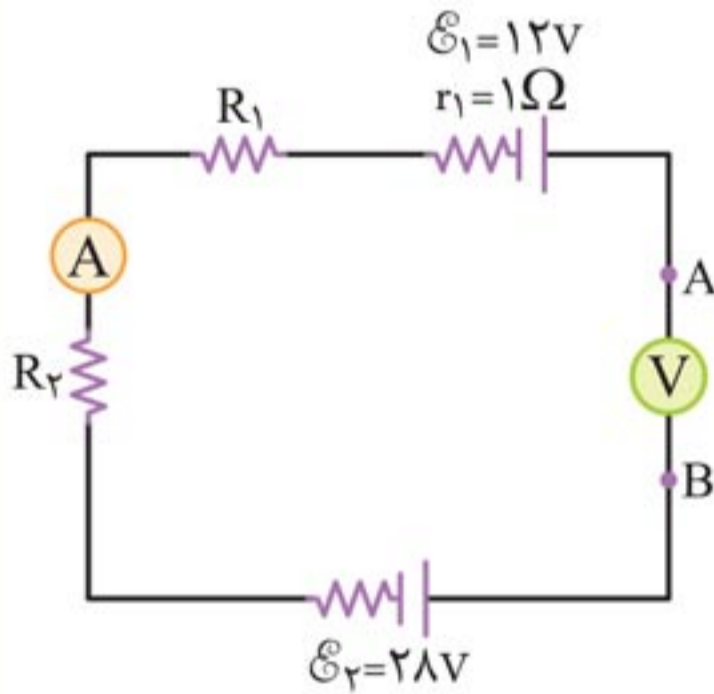
$$U = Pt = (\mathcal{E}I + I^2r)t \Rightarrow U = (6 \times 2 + 2^2 \times 1) \times 2 \times 60$$

$$= 2160J$$



- 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 به صورت **موازی** با اجزا مدار بسته می‌شود.
- ۳** اگر ولت‌سنج ایده‌آل به صورت **متوالی** بسته شود، به دلیل مقاومت بی‌نهایت در ولت‌سنج جریان گذرنده از آن و همه اجزایی که با ولت‌سنج **متوالی‌اند** صفر است.
- ۴** ولتاژ همه مقاومت‌هایی که با ولت‌سنج **متوالی** بسته شوند، صفر است.
- ۵** ولتاژ هر یک از مولدهایی که با ولت‌سنج **متوالی** بسته شوند،  $\mathcal{E}$  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) ۱ - ۴۰
- (۴) ۱ - ۱۶

**پاسخ:** گزینه «۲»

ولت‌سنج به صورت متوالی در مدار

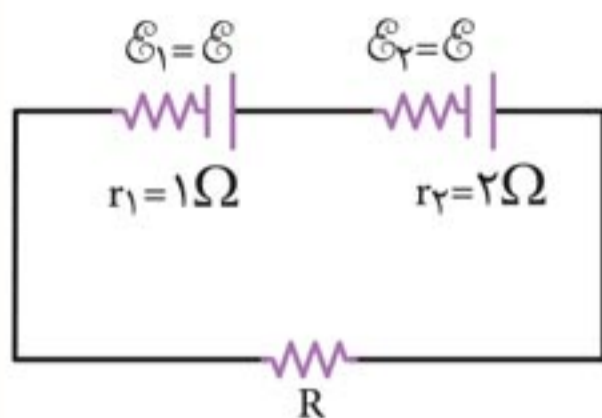
تک حلقه است پس جریان کل مدار تک حلقه صفر است.  $I = 0$

اگر از یک طرف ولت‌سنج در مدار حرکت کنیم به طرف دیگر آن

برسیم داریم:  $I = 0 \Rightarrow IR = Ir = 0$

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





**تست:** در شکل مقابل مقاومت

$R$  چند اهم باشد تا توان مفید

مولد  $\mathcal{E}_2$  صفر شود؟

۱ (۱)      ۲ (۲)

۳ (۳)      ۴ (۴)

■ پاسخ: گزینه «۱»

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

نتیجه می‌شود:

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

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 نقطه  $A$  چند ولت

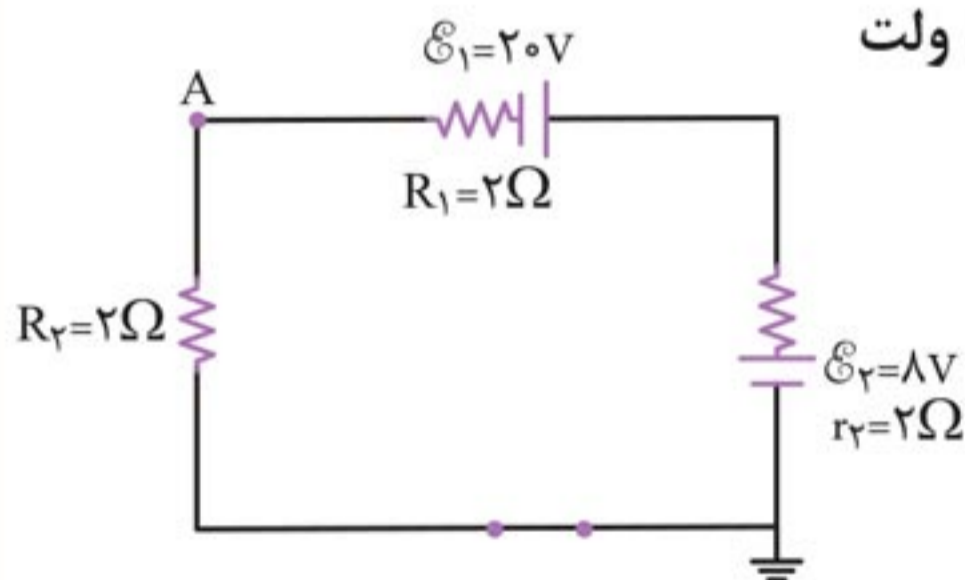
تغییر می‌کند؟

۱) صفر

۲)  $-8$

۳)  $-12$

۴)  $-28$



■ پاسخ: گزینه «۲»

پتانسیل نقطه  $A$  برابر اختلاف پتانسیل نقطه  $A$  تا نقطه اتصال به

زمین است.

گام اول: جریان مدار در حالت اول را به دست می‌آوریم:



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

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 تک حلقه برابر صفر می‌شود و برای محاسبه پتانسیل A از مسیر بالا به نقطه 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:

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

## ترکیب مقاومت‌ها

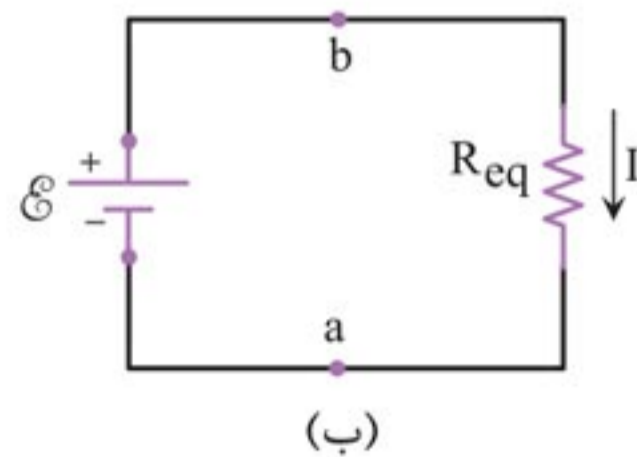
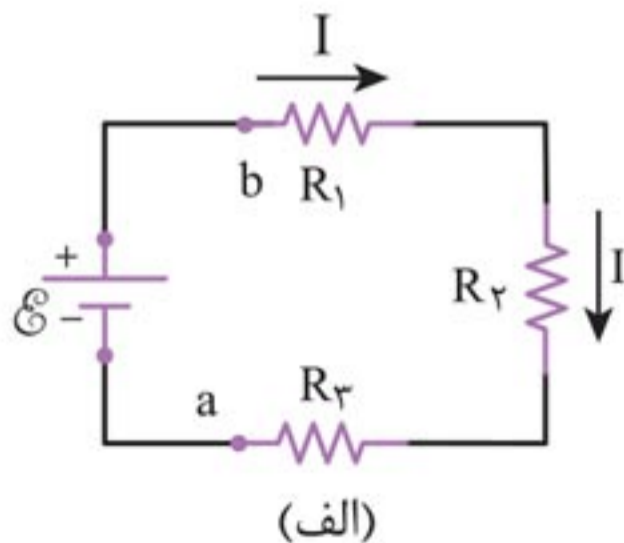
### ۱ مقاومت‌های متوالی

ویژگی‌های مقاومت‌های متوالی:

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$R_q = R_1 + R_2 + R_3$$



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

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





**نکته‌ها: ۱** جریان گذرنده از هر یک و جریان گذرنده 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** مقاومتی که بزرگ‌تر است توان مصرفی و انرژی مصرفی

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

بیشتری دارد:

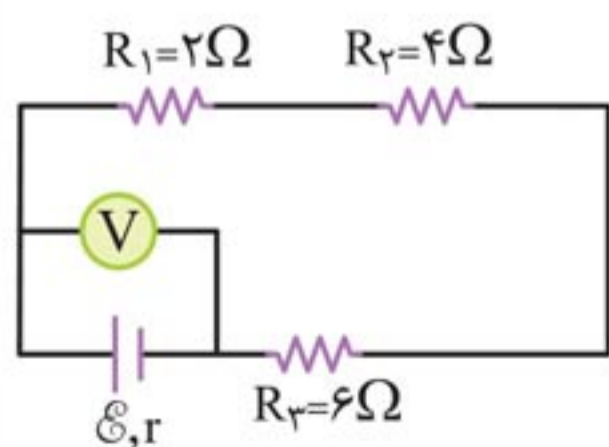
«اگر مقدار یکی از مقاومت‌ها زیاد شود ولتاژ آن مقاومت نیز افزایش می‌یابد.»

**۵** تقسیم ولتاژ در دو مقاومت متوالی:

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

**۶** تقسیم توان در دو مقاومت متوالی:

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



**تست:** در شکل مقابل ولت‌سنج

۲۴V را نشان می‌دهد. ولتاژ  $R_3$

چند ولت است؟

۴ (۱)      ۶ (۲)

۸ (۳)      ۱۲ (۴)

■ پاسخ: گزینه «۳»

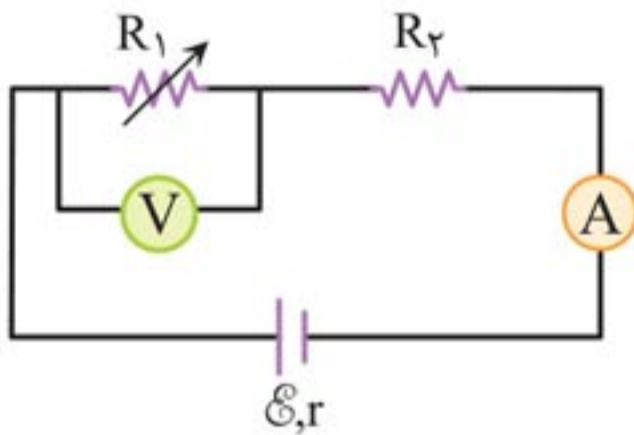
مقاومت‌ها متوالی‌اند و ولتاژ کل آن‌ها  $24V$  است و این ولتاژ به نسبت مقاومت‌ها در آن‌ها تقسیم می‌شود. اگر ولتاژ کوچک‌ترین مقاومت یعنی  $R_1 = 2\Omega$  را  $V_1$  در نظر بگیریم می‌توان نوشت:

$$V_1, V_2 = 2V_1, V_3 = 3V_1$$

$$\Rightarrow V = V_1 + V_2 + V_3 = 6V_1 \xrightarrow{V=24V} V_1 = \frac{24}{6} = 4V$$

پس ولتاژ مقاومت  $R_2$  یعنی  $V_2$  برابر است با:  $V_2 = 2 \times 4 = 8V$

**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: گزینه «۲»

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

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

**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

$$V_2 = IR_2 \text{ کاهش می‌یابد.}$$





## قاعده انشعاب

مجموع جبری جریان‌های ورودی و خروجی به یک نقطه (گره) برابر صفر است:  
 $\Sigma I = 0$

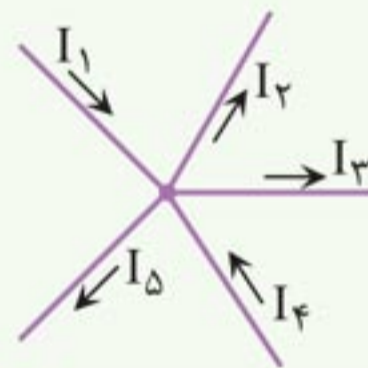
**نکته‌ها: ۱** قاعده انشعاب مبتنی بر پایستگی بار الکتریکی است و

این که هیچ باری نمی‌تواند در یک نقطه انشعاب جمع شود.

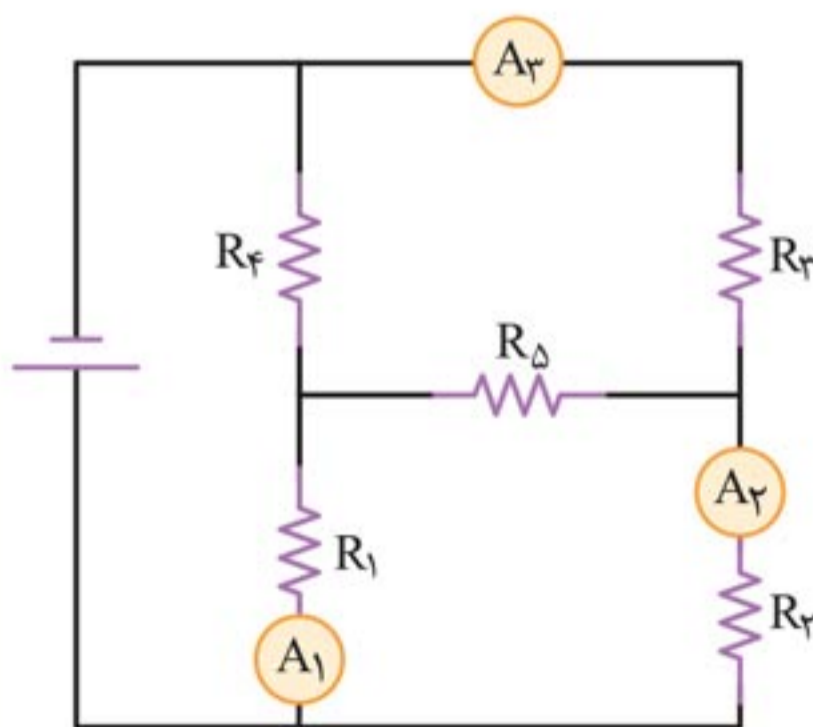
**۲** هنگام استفاده از قاعده انشعاب جریان‌های ورودی به یک گره را با علامت مثبت و جریان‌های خروجی از گره را با علامت منفی به کار می‌بریم:

• به‌عنوان مثال در شکل زیر داریم:

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



**تست:** شکل زیر آمپرسنج‌های  $A_1$  و  $A_2$  به ترتیب 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

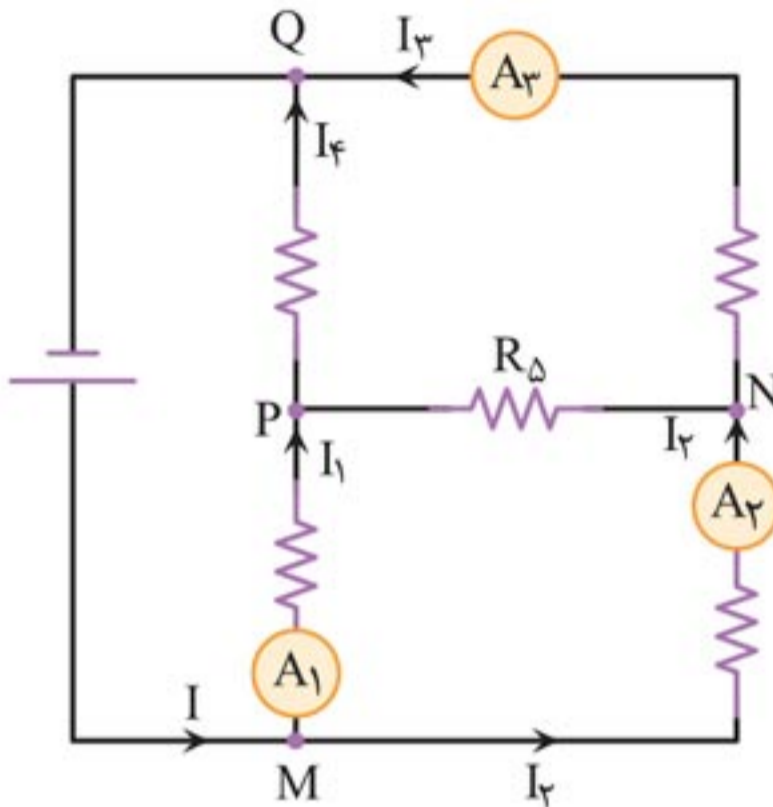
۱ (۲)، راست

۲ (۳)، راست

۲ (۴)، چپ

■ پاسخ: گزینه «۴»

از قانون گره استفاده می‌کنیم و جریان‌های ورودی  $A_2$  در نارنجی را برابر جریان‌های خروجی در هر گره در نظر می‌گیریم. از نقطه  $M$  می‌توان نوشت:



$$I = I_1 + I_2 = 5A$$

از نقطه  $Q$  می‌توان نوشت:

$$I = I_4 + I_3$$

$$\xrightarrow{I_3=1A} 5 = I_4 + 1$$

$$\Rightarrow I_4 = 4A$$

از نقطه  $P$  می‌توان نوشت:

$$I_1 + I_5 = I_4$$

$$\Rightarrow 2 + I_5 = 4$$

$$\Rightarrow I_5 = 2A \text{ به طرف چپ}$$

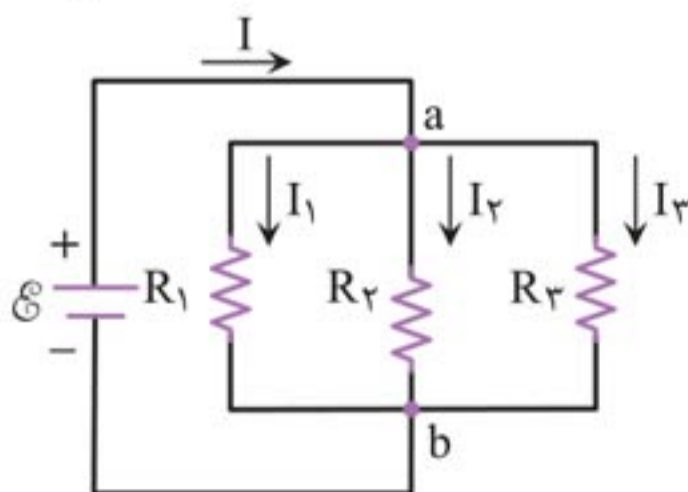
۲ مقاومت‌های موازی

ویژگی‌های مقاومت‌های موازی:

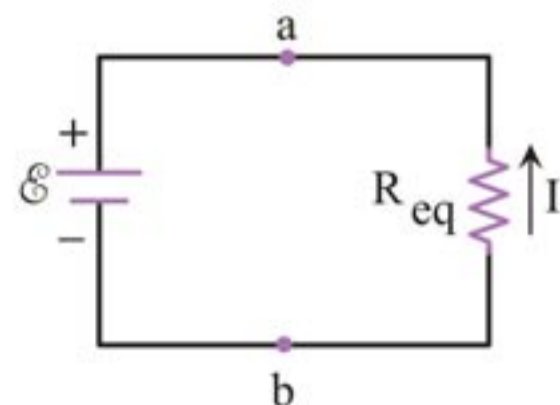
$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

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



الف) مداری شامل سه مقاومت که به صورت موازی به نقطه‌های  $a$  و  $b$  بسته شده‌اند.



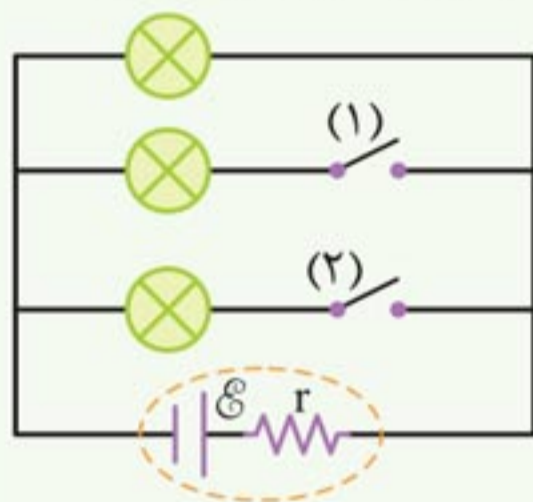
ب) مدار معادل شکل (الف) که در آن مقاومت معادل  $R_{eq}$  جایگزین مقاومت‌های  $R_1$ ،  $R_2$  و  $R_3$  شده است.





**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.

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

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

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

**۶** برای محاسبه مقاومت معادل، برای دو مقاومت  $R_1$  و  $R_2$  داریم:

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

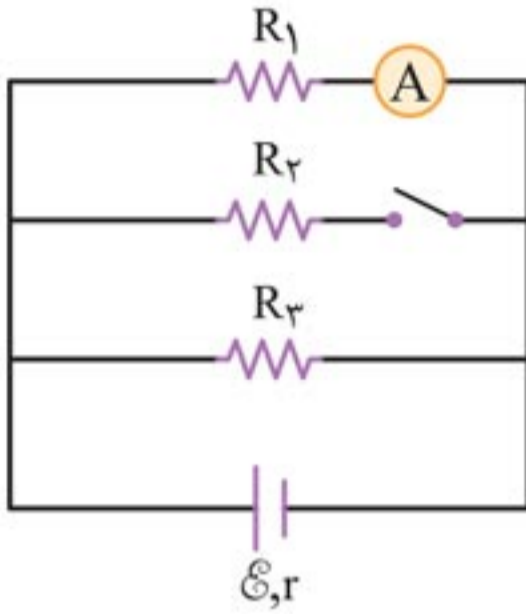
**۷** مقاومت معادل  $n$  مقاومت مشابه (مانند  $R$ ) برابر است با:

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



**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)  $\frac{3}{4}$   
 (۲)  $\frac{3}{8}$   
 (۳)  $\frac{1}{3}$   
 (۴)  $\frac{2}{3}$

■ پاسخ: گزینه «۱»

گام اول: در حالت کلید باز:  $R_3$  و  $R_1$

در مدار و موازی‌اند:

$$R_{eq} = \frac{R_1}{2} = \frac{r}{2}, I = \frac{\mathcal{E}}{\frac{r}{2} + r} = \frac{2\mathcal{E}}{3r}$$

گام دوم: چون  $R_3 = R_1$  است  $I_1 = I_3 = \frac{I}{2}$  است پس:

$$I_1 = \frac{2}{4} \mathcal{E} \Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E}}{3r}$$

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

$$R'_{eq} = \frac{r}{3} \Rightarrow I' = \frac{\mathcal{E}}{\frac{r}{3} + r} = \frac{3\mathcal{E}}{4r}$$

و جریان عبوری از مقاومت  $R_1$  برابر است با:

$$I'_1 = \frac{I'}{3} = \frac{\mathcal{E}}{4r}$$

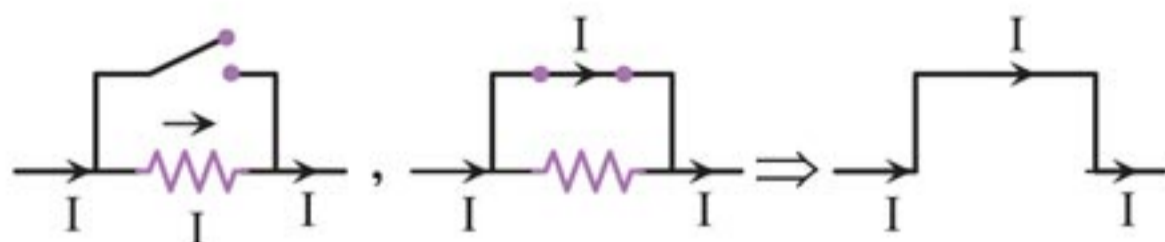
$$\frac{I'_1}{I_1} = \frac{\frac{\mathcal{E}}{4r}}{\frac{\mathcal{E}}{3r}} = \frac{3}{4}$$

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





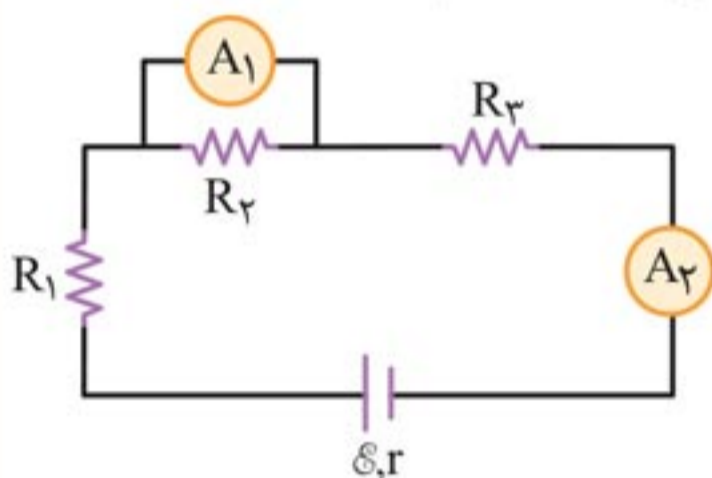
◀ **اتصال کوتاه:** اگر دو سر هر جزء مدار با کلید یا سیم رسانا به هم وصل شوند، اختلاف پتانسیل دو سر آن جزء برابر صفر شده و از مدار حذف می‌شود.



🗨 **نکته:** اگر آمپرسنج ایده‌آل با هر جزء مدار موازی بسته شود و آمپرسنج سالم بماند، دو سر آن جزء 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 گزینه 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:** گزینه «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 همه مصرف کننده‌های یک ساختمان (که از یک کنتور برق می‌گیرند) به صورت موازی بسته می‌شوند. یعنی ولتاژ همه یکسان و برابر ولتاژ برق شهری (در ایران ۲۲۰ ولت) است.