

**فصل سوم**  
**جریان الکتریکی و**  
**مدارهای جریان مستقیم**

# فصل سوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

### درس‌نامه‌ی جریان و مقاومت الکتریکی

#### جریان الکتریکی

جریان متوسط: بار الکتریکی شارش شده از مقطع رسانا در واحد زمان که آن را با  $\bar{I}$  نشان می‌دهند. یکای آن کولن بر ثانیه ( $\frac{C}{s}$ )

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

است که آن را آمپر می‌نامیم و با A نمایش می‌دهیم.

جریان الکتریکی لحظه‌ای: بار الکتریکی را که در هر لحظه در مدار شارش می‌شود شدت جریان لحظه‌ای می‌نامیم:

$$I = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad (\text{شدت جریان لحظه‌ای} = \text{مشتق بار الکتریکی عبوری نسبت به زمان})$$

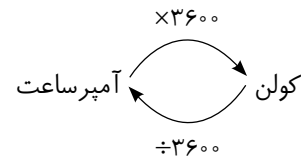
جریان الکتریکی ثابت: اگر جریان الکتریکی لحظه‌ای با جریان الکتریکی متوسط برابر باشد، جریان در تمام لحظات ثابت می‌ماند.

$$I = \frac{q}{t} \Rightarrow q = I \times t$$

$$q = It \Rightarrow \text{ثانیه} \times \text{آمپر} = \text{کولن}$$

با استفاده از تعریف جریان، یکای دیگری برای بار الکتریکی به دست می‌آید:

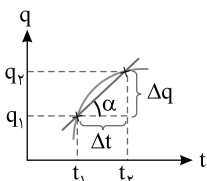
$$q = It \Rightarrow \text{آمپر ساعت} = A \cdot h = 1 A \times 3600 s = 3600 C$$



نکته: هر بار الکتریکی، مضرب صحیحی از بار پایه (e) است. لذا تعداد الکترون‌های عبوری در مدت t توسط جریان I عبارت است از:

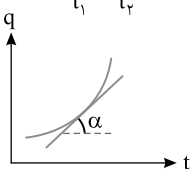
$$\begin{cases} q = It \\ q = ne \end{cases} \Rightarrow n = \frac{It}{e}$$

نکته: در نمودار q-t شیب خط واصل بین دو نقطه، جریان متوسط در آن بازه را نشان می‌دهد:



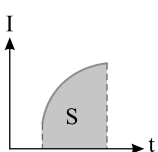
$$\text{شیب خط واصل} = \tan \alpha = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \bar{I}$$

در نمودار q-t شیب خط مماس بر نمودار در یک نقطه، جریان لحظه‌ای را نشان می‌دهد:



$$\text{شیب خط مماس} = \tan \alpha = \frac{dq}{dt} = I$$

نکته: سطح زیر نمودار I-t برابر بار شارش شده است:



$$S = \Delta q$$

**مسئله** ولتاژ باتری یک کنترل تلویزیون  $3\text{ V}$  است و این باتری از مدار جریان  $16\text{ mA}$  عبور می‌دهد.

(الف) مقدار بار گذرنده از مدار در یک ساعت چند کولن است؟

(ب) باتری در یک ساعت چند ژول انرژی به مدار می‌دهد؟

(پ) در هر ثانیه چند الکترون در مدار شارش می‌کند؟

**راه‌حل:** (الف) با توجه به تعریف جریان خواهیم داشت:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q = I \Delta t \Rightarrow \Delta q = 0.016 \times 10^{-3} \times 3600 \Rightarrow \Delta q = 0.576\text{ C}$$

(ب) انرژی‌ای که باتری به مدار می‌دهد برابر است با:  $\Delta V = \frac{W}{q} \Rightarrow W = q \Delta V \Rightarrow W = 0.576 \times 3 \Rightarrow W = 1.728\text{ J}$

(پ) تعداد الکترون‌های شارش شده برابر خواهد شد با:  $q = It = ne \Rightarrow 0.016 \times 10^{-3} \times 1 = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 10^{15}$

**مسئله** باتری استاندارد خودروبی،  $60$  آمپرساعت است. اگر از این باتری به طور متوسط  $8$  آمپر جریان گرفته شود، چقدر طول می‌کشد تا خالی شود؟

**راه‌حل:** آمپرساعت واحد بار الکتریکی است، از این‌رو:

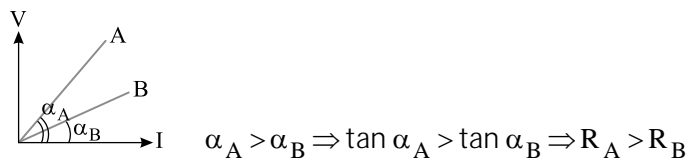
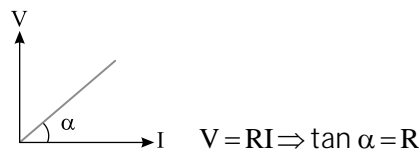
$$\Delta q = I \Delta t \Rightarrow 60 = 8 \times \Delta t \Rightarrow \Delta t = 7.5\text{ h}$$

### قانون اهم

**قانون اهم:** در دمای ثابت نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به جریان عبوری مقداری ثابت است که به این مقدار ثابت مقاومت الکتریکی رسانا می‌گویند، آن را با نماد  $R$  نشان می‌دهند، یکای آن اهم است و آن را با نماد  $(\Omega)$  نشان می‌دهند:

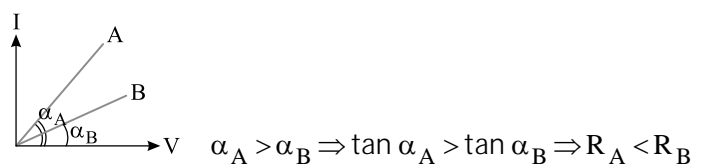
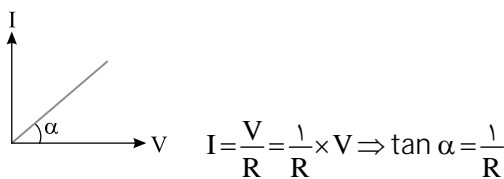
$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow V = I \times R$$

در نمودار اختلاف پتانسیل الکتریکی بر حسب جریان الکتریکی ( $V-I$ )، شیب خط برابر مقدار مقاومت الکتریکی می‌باشد:



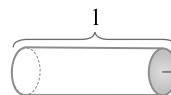
(شیب خط بیشتر، مقاومت الکتریکی بیشتر)

در نمودار جریان الکتریکی بر حسب اختلاف پتانسیل الکتریکی ( $I-V$ )، شیب خط برابر عکس مقاومت الکتریکی می‌باشد:



(شیب خط بیشتر، مقاومت الکتریکی کمتر)

### عوامل موثر بر مقاومت رساناهای فلزی



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

مقاومت الکتریکی رسانا در دمای ثابت تنها به طول، سطح مقطع و جنس آن بستگی دارد:

(۱) با طول رسانا نسبت مستقیم دارد. ( $R \propto l$ )

$$R = \rho \frac{l}{A} \Rightarrow \begin{cases} \frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \times \frac{l_1}{l_2} \times \frac{A_2}{A_1} \\ \frac{R_1}{R_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \times \frac{l_1}{l_2} \times \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2 \end{cases}$$

(۲) با سطح مقطع رسانا نسبت عکس دارد. ( $R \propto \frac{1}{A}$ )

(۳) با جنس رسانا (مقاومت ویژه) نسبت مستقیم دارد. ( $R \propto \rho$ )

**توجه:** مقاومت ویژه هر رسانا ( $\rho$ )، مقاومت قطعه‌ای از آن است که طولش یک متر و سطح مقطع آن  $1\text{ m}^2$  باشد و به جنس رسانا بستگی دارد و یکای آن اهم متر ( $\Omega \cdot \text{m}$ ) است.

افزایش دما در رساناهای فلزی باعث افزایش دامنه‌ی ارتعاش اتم‌ها و برخورد بیش‌تری از الکترون‌های آزاد با آن‌ها می‌شود. در نتیجه با افزایش دما مقاومت ویژه و در نتیجه مقاومت الکتریکی رساناهای فلزی افزایش می‌یابد. اگر رسانایی به مشخصات  $\theta_1$ ،  $R_1$  و  $\rho_1$  را در نظر بگیریم که مشخصات آن پس از تغییر دما به  $\theta_2$ ،  $R_2$  و  $\rho_2$  تغییر کند، روابط زیر برقرار است:

$$\rho_2 = \rho_1(1 + \alpha\Delta\theta) \quad , \quad R_2 = R_1(1 + \alpha\Delta\theta)$$

در این روابط  $\theta$  دما است.  $\alpha$  نیز ضریب دمایی مقاومت ویژه است که وابسته به جنس رسانا است. ضریب دمایی را به صورت زیر تعریف می‌کنیم:

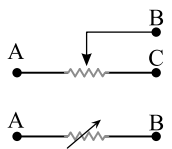
تغییرات مقاومت یک سیم به مقاومت ۱ اهم که دمای آن  $1^\circ\text{C}$  یا  $1\text{K}$  تغییر کرده است و یکای آن  $\frac{1}{\text{K}}$  یا  $\frac{1}{^\circ\text{C}}$  می‌باشد.

### انواع مقاومت‌ها و کدگذاری رنگی مقاومت‌های کربنی

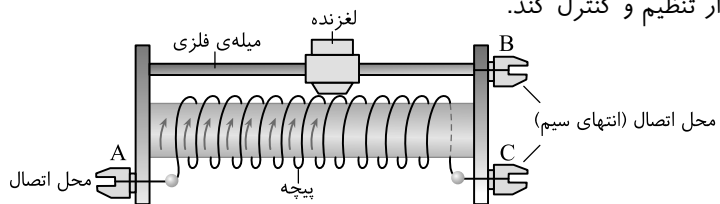
در برخی از وسایل برقی (مانند گرم‌کن‌ها، لامپ‌های رشته‌ای، اتو و ...) از مقاومت‌ها برای تبدیل انرژی به انرژی‌های دیگر استفاده می‌کنند و در بسیاری از مدارها به خصوص در وسایل الکترونیکی مقاومت‌ها برای کنترل جریان و ولتاژ استفاده می‌شوند. اندازه‌ی یک مقاومت می‌تواند کم‌تر از  $1\Omega$  تا میلیون‌ها اهم (مگا اهم) باشد.

مقاومت‌ها به طور کلی به دو نوع اصلی مقاومت‌های پیچیده‌ای و مقاومت‌های ترکیبی تقسیم می‌شوند.

**۱- مقاومت‌های پیچیده‌ای:** رثوستا یکی از مشهورترین مقاومت‌های پیچیده‌ای می‌باشد که در مدارهای الکترونیکی، پتانسیومتر نامیده می‌شود. رثوستا یک مقاومت متغیر می‌باشد. یک رثوستا از سیمی با مقاومت ویژه‌ی نسبتاً زیاد ساخته شده است. این سیم روی استوانه‌ای نارسانا پیچیده شده و با استفاده از دکمه‌ای لغزنده که روی ریلی در بالای استوانه قرار دارد و انتهای آن با سیم در تماس است می‌تواند قسمت دلخواهی از سیم را در مسیر جریان قرار دهد، بنابراین مقدار مقاومت را تغییر دهد و به این ترتیب جریان را در مدار تنظیم و کنترل کند.

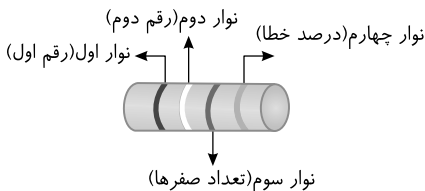


(ب) نماد یک رثوستا یا پتانسیومتر در مدار الکتریکی



(الف) طرحی از ساختار یک رثوستا

**۲- مقاومت‌های ترکیبی:** این نوع مقاومت‌ها معمولاً از کربن، برخی نیم‌رساناها و یا لایه‌های نازک فلزی ساخته شده‌اند که داخل پوششی پلاستیکی قرار گرفته‌اند. مقدار این مقاومت‌ها یا روی آن‌ها نوشته می‌شود یا به صورت کدهای رنگی نشان داده می‌شود که با ۳ یا ۴ حلقه‌ی رنگی روی آن‌ها مشخص شده است. هر رنگ معرف یک عدد می‌باشد. دو حلقه‌ی اول به ترتیب رقم اول و دوم مقاومت را نشان می‌دهند، رقم حلقه‌ی سوم ضریبی است به صورت  $10^n$  و حلقه‌ی چهارم یک حلقه‌ی طلایی یا نقره‌ای است که تُلرانس نامیده می‌شود و مقدار مجاز انحراف از مقدار دقیق مقاومت‌ها را بر حسب درصد مشخص می‌کند. اگر حلقه‌ی چهارم نقره‌ای باشد تُلرانس ۱۰٪ و اگر طلایی باشد ۵٪ و اگر حلقه‌ی چهارم نباشد، ۲۰٪ است.

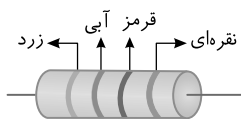


$$R = ab \times 10^n$$

**مسئله** مقدار مقاومت نشان داده شده در شکل چقدر است؟

(زرد = ۴، آبی = ۶، قرمز = ۲)

راه‌حل:



$$R = ab \times 10^n \pm 1\% = 46 \times 10^2 \pm \frac{1}{100} \times 46 \times 10^2$$

$$4600 - 460 \leq R \leq 4600 + 460$$

### جریان الکتریکی - قانون اهم

۱- بار الکتریکی گذرنده از مقطع یک رسانا بر حسب زمان در SI به صورت  $q = 2t^2 + 4$  می‌باشد. جریان الکتریکی متوسط گذرنده از مقطع این رسانا در سه ثانیه اول برقراری جریان چند آمپر است؟

- (۱) ۲۲ (۲)  $\frac{22}{3}$  (۳) ۱۲ (۴) ۶

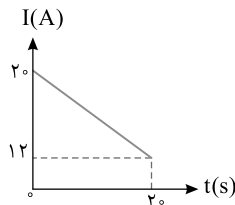
۲- اگر جریان در یک سیم  $0.8$  آمپر باشد، در هر دقیقه چند الکترون از مقطع این سیم عبور می‌کند؟ (مقدار بار الکتریکی الکترون  $1.6 \times 10^{-19}$  کولن است.)

- (۱)  $3 \times 10^{18}$  (۲)  $5 \times 10^{18}$  (۳)  $5 \times 10^{17}$  (۴)  $3 \times 10^{20}$

۳- دو کره فلزی مشابه A و B به ترتیب دارای بارهای الکتریکی  $-2 \text{ nC}$  و  $+6 \text{ nC}$  هستند. اگر این دو کره را با یک سیم رسانا به هم متصل کنیم، در مدت یک میکروثانیه، دو کره به تعادل الکتریکی می‌رسند. شدت جریان متوسط گذرنده از این سیم رسانا چند میلی‌آمپر است؟

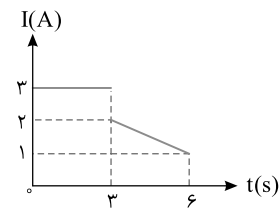
- (۱)  $0.004$  (۲) ۴ (۳)  $0.002$  (۴) ۲

۴- نمودار جریان عبوری از مقطع یک سیم بر حسب زمان مطابق شکل روبه‌رو است. در  $10$  ثانیه اول، چند آمپر ساعت الکتریسیته از مقطع این سیم عبور کرده است؟



- (۱) ۰/۱ (۲) ۰/۰۵ (۳) ۳۶۰ (۴) ۱۸۰

۵- نمودار روبه‌رو، تغییرات شدت جریان عبوری از یک مدار الکتریکی را بر حسب زمان نشان می‌دهد. شدت جریان متوسط عبوری از این مدار در مدت ۶ ثانیه چند آمپر است؟

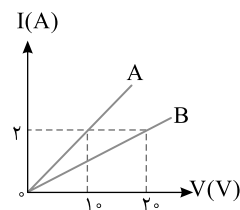


- (۱) ۲/۲۵ (۲) ۱/۵ (۳) ۲ (۴) ۱/۷۵

۶- از قطعه سیمی فلزی به طول  $100 \text{ cm}$  و سطح مقطع  $0.2 \text{ cm}^2$  جریان ثابتی به شدت  $3 \text{ A}$  می‌گذرد. بار الکتریکی موجود در این قطعه سیم هنگام عبور جریان برابر است با .....

- (۱) ۳ کولن (۲)  $0.06$  کولن (۳) صفر (۴) ۶ کولن

۷- نمودار جریان عبوری از دو مقاومت A و B بر حسب اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت‌های A و B مطابق روبه‌رو است. مقاومت B چند برابر مقاومت A است؟



- (۱) ۲ (۲) ۵ (۳)  $\frac{1}{2}$  (۴)  $\frac{1}{5}$

۸- اگر اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانا را در دمای ثابت سه برابر کنیم، جریان آن ۲ آمپر افزایش می‌یابد. جریان اولیه در این مقاومت چند آمپر بوده است؟

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

### عوامل موثر بر مقاومت رساناهای فلزی

۹- پیچهای از  $100$  دور سیم مسی به قطر مقطع  $2 \text{ mm}$  تشکیل شده که به صورت یک لایه دور استوانه‌ای به شعاع  $10$  سانتی‌متر پیچیده شده است. مقاومت الکتریکی سیم پیچیده شده تقریباً چند اهم است؟ ( $\rho_{Cu} = 1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ ) (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۸۹)

- (۱)  $0.17$  (۲)  $0.34$  (۳) ۱۷ (۴) ۳۴

۱۰- جرم دو سیم مسی A و B با هم برابر است ولی قطر مقطع سیم A،  $\sqrt{2}$  برابر قطر مقطع سیم B است. اگر مقاومت الکتریکی سیم B برابر  $10 \Omega$  باشد، مقاومت الکتریکی سیم A چند اهم است؟ (سراسری ریاضی - ۹۰)

- (۱) ۲/۵ (۲) ۵ (۳) ۲۰ (۴) ۱۲/۵

۱۱- طول یک سیم فلزی  $10$  سانتی‌متر و قطر مقطع آن  $2 \text{ mm}$  است. اگر سیم را از ابزاری عبور دهیم تا بدون تغییر جرم، مقاومت الکتریکی آن  $16$  برابر شود، طول آن چند سانتی‌متر می‌شود؟ (سراسری تجربی - ۹۳)

- (۱) ۲/۵ (۲) ۴۰ (۳) ۸۰ (۴) ۱۶۰

۱۲- قطر مقطع سیم مسی A،  $2$  برابر قطر مقطع سیم مسی B و طول آن نیز  $\frac{1}{4}$  طول سیم B است. اگر مقاومت سیم A برابر  $5 \Omega$  باشد، مقاومت سیم B چند اهم است؟ (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۹۰)

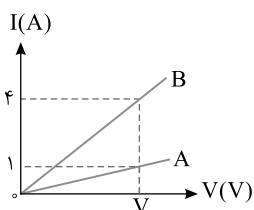
- (۱) ۵ (۲) ۱۰ (۳) ۴۰ (۴) ۸۰

۱۳- ابعاد یک مکعب مستطیل فلزی  $1$ ،  $2$  و  $4$  سانتی‌متر است. این مکعب مستطیل را می‌توان از هر یک از دو وجه مقابل آن در مدار قرار داد. نسبت بزرگ‌ترین مقاومت آن به کوچک‌ترین مقاومت آن چند است؟

- (۱) ۴ (۲) ۸ (۳) ۱۶ (۴) ۲۴

۱۴- مقاومت الکتریکی ستونی از جیوه که در یک لوله‌ی شیشه‌ای قرار دارد R است. تمام این جیوه را در لوله‌ی شیشه‌ای دیگری می‌ریزیم. سطح مقطع ستون جیوه در این لوله  $\frac{1}{5}$  حالت اول است. مقاومت الکتریکی ستون جیوه در این حالت برابر است با .....

- (۱)  $5R$  (۲)  $25R$  (۳)  $\frac{R}{5}$  (۴)  $\frac{R}{25}$



۱۵- نمودار جریان عبوری از دو سیم رسانای مجزای A و B بر حسب ولتاژ دو سر آن‌ها، مطابق شکل روبه‌رو است. اگر طول سیم A،  $2$  برابر طول سیم B و قطر مقطع سیم A،  $\frac{\sqrt{5}}{2}$  برابر قطر مقطع سیم B باشد،

نسبت مقاومت ویژه‌ی الکتریکی سیم A به مقاومت ویژه‌ی الکتریکی سیم B کدام است؟ (قلم‌چی)

- (۱)  $\frac{2}{5}$  (۲)  $\frac{5}{2}$  (۳)  $\frac{8}{5}$  (۴)  $\frac{5}{8}$

۱۶- سیم‌های فلزی C، B و A قطر یکسان دارند و به ترتیب از راست به چپ مقاومت ویژه و طول آن‌ها  $(L, \rho)$ ،  $(L, \rho)$  و  $(L, \rho)$  می‌باشد. کدام رابطه بین مقاومت سیم‌ها (R) درست است؟ (سراسری خارج از کشور تجربی - ۹۴)

- (۱)  $R_A = 3R_C$ ،  $R_C = 2R_B$  (۲)  $R_B = 6R_A$ ،  $R_A = 3R_C$   
(۳)  $R_A = 3R_C$ ،  $R_B = 2R_C$  (۴)  $R_A = 6R_B$ ،  $R_C = 3R_A$

۱۷- مقاومت سیمی از آلیاژ کروم و نیکل در دمای  $20$  درجه‌ی سلسیوس  $50 \Omega$  است. مقاومت این سیم در دمای  $100$  درجه‌ی سلسیوس چند اهم می‌شود؟ (ضریب دمایی این آلیاژ  $4 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$  است.) (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۹۱)

- (۱)  $50/16$  (۲)  $50/64$  (۳)  $51/60$  (۴)  $52/8$

۱۸- مقاومت یک سیم مسی در دمای  $20^\circ \text{C}$  برابر  $40 \Omega$  است. از سیم جریان الکتریکی عبور می‌کند و در اثر افزایش دما، مقاومت الکتریکی آن به  $46/8 \Omega$  می‌رسد. دمای سیم در این حالت، چند درجه‌ی سلسیوس شده است؟  $(\alpha_{Cu} = 0.0068 \frac{1}{K})$  (سراسری ریاضی - ۹۳)

- (۱) ۲۲/۵ (۲) ۲۵ (۳) ۳۷/۵ (۴) ۴۵

۱۹- با افزایش دمای یک رسانا به  $104^\circ \text{C}$ ، مقاومت ویژه‌ی آن  $36\%$  افزایش یافته است. اگر ضریب دمایی این رسانا برابر با  $10^{-4} \text{ K}^{-1}$  باشد، دمای اولیه‌ی رسانا چند درجه‌ی سلسیوس بوده است؟ (قلم‌چی)

- (۱) ۳۲ (۲) ۳۶ (۳) ۴۸ (۴) ۷۲

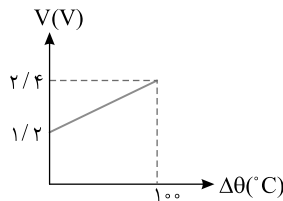
۲۰- مقاومت سیم‌پیچ‌های مسی یک موتور الکتریکی در دمای  $20^\circ \text{C}$  برابر  $50 \Omega$  است. پس از شروع به کار موتور و گذشت چند ساعت، مقاومت سیم‌پیچ‌ها به  $64 \Omega$  می‌رسد. دمای سیم‌پیچ‌ها چند درجه‌ی سلسیوس شده است؟  $(\alpha_{Cu} = 0.007 \frac{1}{C})$

- (۱) ۲۰ (۲) ۳۷ (۳) ۸۰ (۴) ۶۰

۲۱- دو مقاومت رسانای الکتریکی با ضریب دمایی مقاومت ویژه  $\alpha$  و  $2\alpha$  در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس به ترتیب دارای مقاومت‌های  $R_0$  و  $2R_0$  و در دمای  $\theta^\circ\text{C}$  به ترتیب دارای مقاومت‌های  $3R_0$  و  $R_0'$  هستند. مقاومت الکتریکی  $R_0'$  چند برابر مقاومت الکتریکی  $R_0$  است؟ (قلم‌چی)

- (۱) ۱۲ (۲) ۱۰ (۳) ۶ (۴) ۵

۲۲- نمودار اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت سیمی برحسب تغییر دمای آن مطابق شکل روبه‌رو است. اگر جریان عبوری از مقاومت مقدار ثابتی باشد، ضریب دمایی مقاومت در SI کدام است؟



- (۱)  $10^{-3}$   
(۲)  $10^{-2}$   
(۳)  $4 \times 10^{-3}$   
(۴)  $2 \times 10^{-4}$

(سراسری تجربی - ۹۴)

۲۳- مقاومت الکتریکی لامپ معمولی با رشته‌ی تنگستن، .....

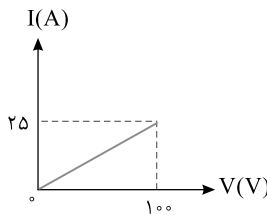
- (۱) پس از روشن شدن لامپ، کاهش می‌یابد.  
(۲) پس از روشن شدن لامپ به صفر می‌رسد.  
(۳) هنگامی که لامپ خاموش است، صفر است.  
(۴) هنگام روشن بودن بیش‌تر از هنگام خاموش بودن است.

۲۴- ضریب دمایی مقاومت یک رسانای غیرفلزی  $\frac{1}{C} \times 10^{-3} - 5$  است. دمای رسانا را چند درجه‌ی سلسیوس و چگونه تغییردهیم تا مقاومت

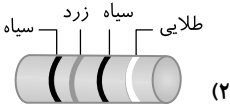
- (۱) ۵۰ - افزایش (۲) ۲۵ - افزایش (۳) ۵۰ - کاهش (۴) ۲۵ - کاهش

### انواع مقاومت‌ها و کدگذاری مقاومت‌های کربنی

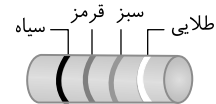
۲۵- نمودار I-V داده شده متعلق به کدام یک از مقاومت‌های کربنی زیر است؟ (دما ثابت است). (قلم‌چی)



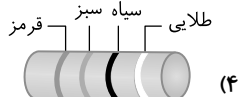
(سیاه = ۰، قرمز = ۲، زرد = ۴، سیاه = ۵)



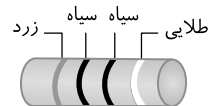
(۲)



(۱)

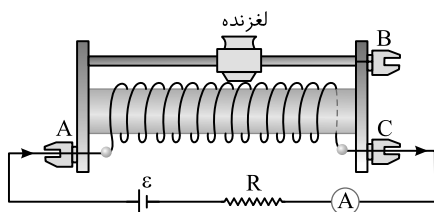


(۴)



(۳)

۲۶- اگر در مدار روبه‌رو لغزنده به سمت B حرکت کند، شدت جریانی که آمپرسنج نشان می‌دهد چگونه تغییر می‌کند؟ (سراسری تجربی - ۸۸)



- (۱) ثابت می‌ماند.  
(۲) کم می‌شود.  
(۳) زیاد می‌شود.  
(۴) بسته به مقدار R، ممکن است کم و یا زیاد شود.

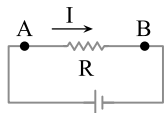
### نیروی محرکه‌ی مولد

بارهای الکتریکی در ضمن شارش در مدار انرژی جنبشی‌ای را که به‌دست آورده‌اند از دست می‌دهند. کار مولد این است که این انرژی را دوباره تأمین کند. همان‌طور که می‌دانیم بارهای الکتریکی مثبت در رسانا از پتانسیل بالاتر به پتانسیل پایین‌تر شارش می‌یابند و وارد مولد می‌شوند. مولد با صرف انرژی، بارهای الکتریکی مثبت را از پتانسیل پایین‌تر به پتانسیل بالاتر سوق داده و باعث شارش جریان در مدار می‌شود. تا زمانی که مولد بتواند انرژی لازم را به بارهای الکتریکی بدهد، شارش و در نتیجه جریان الکتریکی مدار ادامه یابد. انرژی را که مولد به واحد بار الکتریکی مثبت (یعنی یک کولن) می‌دهد (کاری که روی آن انجام می‌دهد) تا در مدار شارش کند، نیروی محرکه‌ی مولد (emf) می‌نامند. پس:

$$\varepsilon(S) = \frac{U(I)r}{q(S)}$$

### افت پتانسیل در مقاومت

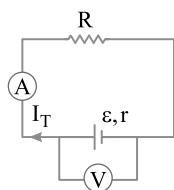
وقتی یک باتری به دو سر یک رسانا متصل می‌شود، درون آن میدان الکتریکی برقرار شده و باعث شارش بار داخل رسانا می‌شود. جهت میدان داخل رسانا از پایانه مثبت باتری به طرف پایانه منفی باتری است. از طرفی می‌دانیم وقتی در جهت میدان الکتریکی حرکت می‌کنیم، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد، پس وقتی در رسانا در جهت جریان که هم‌جهت با جهت میدان و از پایانه مثبت باتری به سمت پایانه منفی باتری است حرکت کنیم، پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد، در این صورت می‌گوییم در رسانا افت پتانسیل ایجاد شده است.



$$V_A - RI = V_B$$

### مدار تک‌حلقه‌ای تک‌باتری

در این مدارها شدت جریان کل یا شدت جریان خروجی از باتری از رابطه‌ی  $I_T = \frac{\epsilon}{R_{eq} + r}$  به دست می‌آید و عدد نشان داده شده توسط ولت‌سنجی که به دو سر باتری بسته می‌شود نیز از رابطه‌های  $V = \epsilon - rI_T$  یا  $V = R_{eq}I_T$  به دست می‌آید.

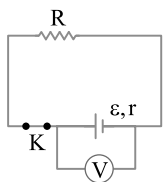
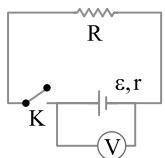


### افت پتانسیل در باتری

اگر باتری در مدار قرار گیرد و دو سر آن یک ولت‌سنج ببندیم، هنگامی که  $I = 0$  است و جریان از باتری عبور نمی‌کند (کلید باز)، عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد برابر نیروی محرکه‌ی پیل ( $\epsilon$ ) است:

$$I_T = 0 \Rightarrow V = \epsilon - rI_T \Rightarrow V = \epsilon$$

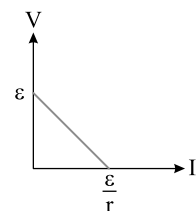
اما وقتی کلید K را می‌بندیم و جریان از باتری عبور می‌کند مشاهده می‌شود عددی که ولت‌سنج نشان می‌دهد کمتر از نیروی محرکه‌ی پیل ( $\epsilon$ ) است. به عبارت دیگر پتانسیل الکتریکی اندکی افت (کاهش) داشته است. افت پتانسیل در باتری به دلیل مقاومت درونی باتری ( $r$ ) است.



$$I_T \neq 0$$

$$V = \epsilon - rI_T$$

شکل روبه‌رو نمودار ولتاژ دو سر باتری بر حسب جریان آن است. شیب این نمودار برابر  $-r$  و عرض از مبدأ آن  $\epsilon$  است.

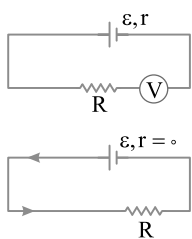


در شرایط زیر افت پتانسیل ( $Ir$ ) در باتری صفر است:  
الف) جریان در مدار صفر باشد.

این حالت وقتی اتفاق می‌افتد که در مسیر اصلی مدار یک ولت‌سنج ایده‌آل یا یک کلید باز قرار بگیرد و این دو مورد باعث قطع جریان در مدار می‌شود:

$$\Rightarrow I = 0 \xrightarrow{rI = 0} V = \epsilon$$

ب) مقاومت درونی باتری صفر باشد ( $r = 0$ ).



ظرفیت باتری: مقدار باری که باتری می‌تواند در مدار شارش دهد. یکای آن آمپر ساعت است:

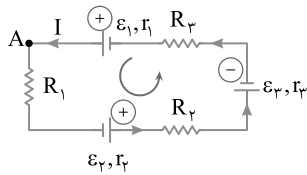
$$1Ah = 3600C$$



**محاسبه‌ی جریان در مدارهای تک‌حلقه**

قاعده‌ی حلقه: در هر دور زدن کامل حلقه‌ای از مدار، جمع جبری اختلاف پتانسیل‌های اجزای مدار باید برابر صفر باشد.

از یک نقطه از مدار در جهت دلخواه مثلاً پادساعتگرد می‌چرخیم و به آن نقطه باز می‌گردیم. اگر از قطب منفی پیل وارد شویم نیروی محرکه مثبت و اگر از قطب مثبت وارد شویم نیروی محرکه منفی خواهد بود. در شکل روبه‌رو:



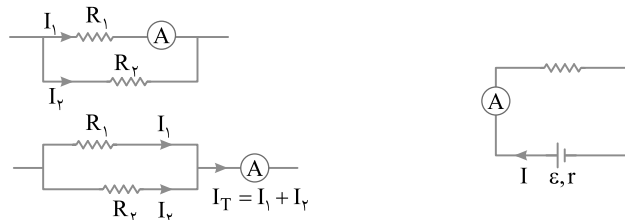
$$V_A - IR_1 + \varepsilon_2 - Ir_2 - IR_2 - \varepsilon_3 - Ir_3 - IR_3 + \varepsilon_1 - Ir_1 = V_A$$

$$\Rightarrow I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_3}{(R_1 + R_2 + R_3) + (r_1 + r_2 + r_3)} \Rightarrow I = \frac{\sum \varepsilon}{R_{eq} - r_{eq}}$$

اگر جهت جریان دو باتری یکی باشد، نیروی محرکه‌ی آن‌ها با هم جمع می‌شود و اگر در خلاف جهت هم باشد، نیروی محرکه‌ی آن‌ها از هم کم می‌شود.

**وسایل اندازه‌گیری الکتریکی**

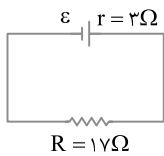
**آمپرسنج (A):** وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری شدت جریان در هر قسمت از مدار به صورت سری با آن جزء بسته می‌شود و برای آن که تغییری در شدت جریان عبوری ایجاد نکند، باید مقاومت داخل آن خیلی کم و در حالت ایده‌آل صفر باشد.



**ولت‌سنج (V):** وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری ولتاژ (اختلاف پتانسیل) به صورت موازی با جزء مورد نظر بسته می‌شود و برای آن که تغییری در شدت جریان ایجاد نشود، مقاومت آن بسیار زیاد است. از شاخه‌ی ولت‌سنج (ایده‌آل) هیچ‌گاه جریان عبور نمی‌کند.

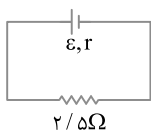


**ویژگی‌های مولد - تحلیل مدار ساده با یک مولد**



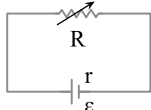
۲۷- در مدار شکل روبه‌رو، افت پتانسیل داخل مولد چند درصد نیروی محرکه‌ی آن است؟

- ۱) ۱۵
- ۲) ۲۰
- ۳) ۲۵
- ۴) ۳۰



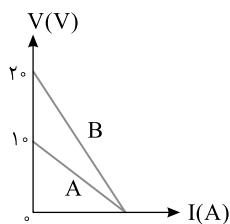
۲۸- افت پتانسیل در مقاومت درونی باتری شکل روبه‌رو ۰/۲۵ ولت و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ۲/۵ اهمی برابر ۱/۲۵ ولت است. نیروی محرکه (بر حسب ولت) و مقاومت درونی مولد (بر حسب اهم) از راست به چپ برابر است با .....

- ۱) ۰/۵ ، ۱/۵
- ۲) ۰/۵ ، ۲/۵
- ۳) ۱/۵ ، ۰/۵
- ۴) ۲/۵ ، ۱/۵



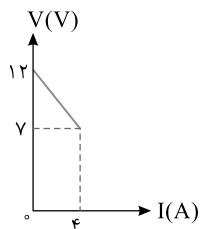
۲۹- اگر در شکل روبه‌رو، R متغیر را از ۲r تا r کاهش دهیم، افت پتانسیل در باتری چند برابر می‌شود؟

- ۱) ۲
- ۲) ۱/۲
- ۳) ۳/۲
- ۴) ۲/۳



۳۰- نمودار تغییرات ولتاژ دو سر مولدهای A و B بر حسب شدت جریانی که از آن‌ها می‌گذرد، مطابق شکل است. مقاومت درونی مولد B چند برابر مقاومت درونی مولد A است؟ (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۸۷)

(۱) ۱  
(۲) ۲  
(۳)  $\frac{1}{2}$   
(۴) ۱۰



۳۱- نمودار تغییرات ولتاژ دو سر مولد بر حسب جریانی که از آن می‌گذرد مطابق شکل است. نیروی محرکه‌ی مولد و مقاومت درونی آن به ترتیب برابر است با .....

(۱) ۷V و  $0.57\Omega$   
(۲) ۱۲V و  $\frac{1}{3}\Omega$   
(۳) ۱۲V و  $0.3\Omega$   
(۴) ۱۲V و  $1.25\Omega$

۳۲- مداری شامل یک باتری با نیروی محرکه‌ی  $\varepsilon$  و مقاومت درونی  $r$  و مقاومت خارجی  $R$ ، بسته شده است. اگر  $r = \frac{1}{n}R$  باشد، اختلاف پتانسیل دو سر باتری چه کسری از  $\varepsilon$  است؟

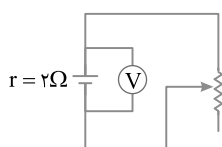
(سنجش - ۹۰)

(۱)  $\frac{1}{n}$   
(۲)  $\frac{n-1}{n+1}$   
(۳)  $\frac{n}{n+1}$   
(۴)  $\frac{2n}{2n+1}$

۳۳- یک باتری به نیروی محرکه‌ی ۶ ولت را که مقاومت درونی آن  $r$  است به مقاومت  $R$  می‌بندیم. جریانی به شدت  $0.2A$  از آن عبور می‌کند. افت پتانسیل در مقاومت درونی،  $\frac{1}{q}$  افت پتانسیل در مقاومت خارجی است ( $Ir = \frac{1}{q}IR$ ). مقاومت  $R$  چند اهم است؟

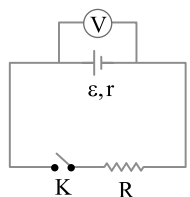
(سراسری ریاضی - ۸۷)

(۱) ۱۵  
(۲) ۲۰  
(۳) ۲۷  
(۴) ۳۰



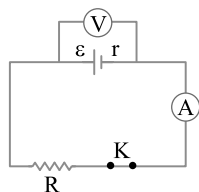
۳۴- در مدار روبه‌رو مقاومتی از رئوستا که در مدار قرار دارد  $2\Omega$  است. مقاومت رئوستا را به چند اهم کاهش دهیم تا ولت‌متر  $\frac{1}{2}$  مقدار اولیه را نشان دهد؟

(۱)  $1/6$   
(۲) ۱۶  
(۳)  $0/6$   
(۴) ۶



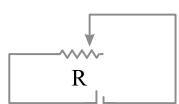
۳۵- در شکل روبه‌رو وقتی کلید باز است ولت‌متر ۱۰ ولت و وقتی کلید بسته است ۸ ولت را نشان می‌دهد، مقدار  $\frac{R}{r}$  کدام است؟

(۱)  $1/25$   
(۲)  $2/5$   
(۳) ۴  
(۴) ۵

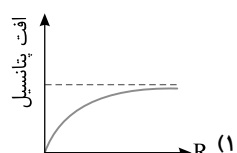
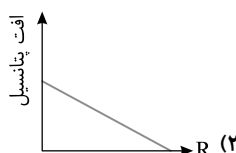
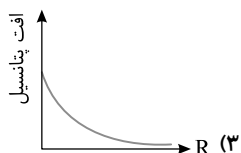
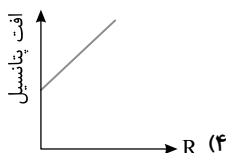


۳۶- در مدار شکل مقابل مقاومت درونی باتری  $2\Omega$  و نسبت  $\frac{V}{\varepsilon}$  برابر  $0/8$  است و آمپرسنج جریان  $0/8$  آمپر را نشان می‌دهد. اگر کلید را قطع کنیم، ولت‌سنج چند ولت را نشان می‌دهد؟ (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۸۶)

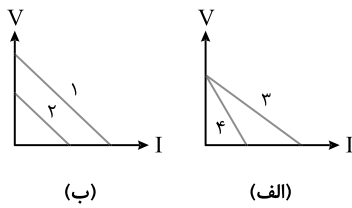
(۱) ۴  
(۲) ۶  
(۳) ۸  
(۴) ۱۲



۳۷- در مداری مطابق شکل اگر مقاومت رئوستا را زیاد کنیم، کدام نمودار تغییرات افت پتانسیل را با افزایش  $R$  نشان می‌دهد؟ (سنجش - ۸۷)

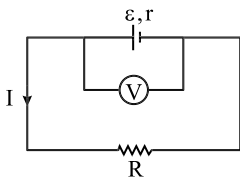


- ۳۸- یک ولت‌سنج، اختلاف پتانسیل دو سر مولدی را در مدار باز  $8V$  نشان می‌دهد. وقتی از مولد جریان  $2A$  می‌گذرد، ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مولد را  $6V$  نشان می‌دهد. نیروی محرکه‌ی مولد و مقاومت درونی آن به ترتیب از راست به چپ چند واحد SI است؟  
 (۱)  $2, 10$  (۲)  $1, 8$  (۳)  $1, 6$  (۴)  $2, 8$

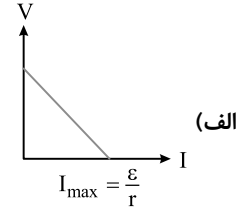
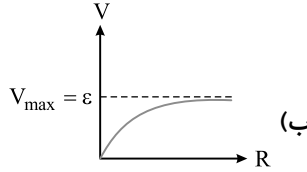
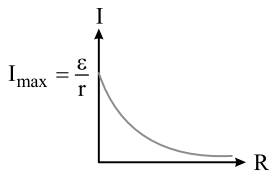


- ۳۹- در نمودارهای روبه‌رو، اختلاف پتانسیل دو سر  $4$  مولد بر حسب شدت جریان رسم شده است. کدام گزینه در رابطه با نمودارهای «الف» و «ب» صحیح است؟  
 (۱)  $\epsilon_3 > \epsilon_4, I_1 > I_2$  (۲)  $\epsilon_3 = \epsilon_4, I_1 = I_2$   
 (۳)  $\epsilon_3 < \epsilon_4, I_1 < I_2$  (۴)  $I_3 = I_4, \epsilon_1 < \epsilon_2$   
 ۴۰- وقتی باتری اتومبیل فرسوده می‌شود مقاومت درونی آن .....  
 (۱) افزایش می‌یابد. (۲) کاهش می‌یابد.  
 (۳) تغییر نمی‌کند. (۴) در زمستان افزایش و در تابستان کاهش می‌یابد.

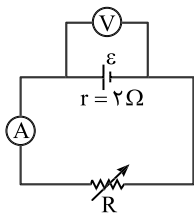
- ۴۱- در کدام یک از حالت‌های زیر اختلاف پتانسیل دو سر یک مولد تقریباً برابر با نیروی محرکه‌ی آن است؟  
 (۱) مقاومت خارجی مدار خیلی زیاد باشد. (۲) مقاومت خارجی مدار خیلی کم باشد.  
 (۳) مقاومت داخلی مولد برابر با مقاومت خارجی باشد. (۴) مقاومت داخلی مولد خیلی زیاد باشد.



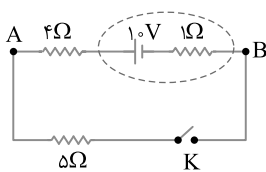
- ۴۲- برای مدار شکل روبه‌رو که شامل یک مولد با نیروی محرکه‌ی  $\epsilon$  و مقاومت درونی  $r$  و مقاومت معادل  $R$  است، سه نمودار ولتاژ دو سر مولد بر حسب شدت جریان (الف)، ولتاژ دو سر مدار بر حسب مقاومت معادل  $R$  (ب) و نمودار شدت جریان بر حسب مقاومت معادل مدار (ج) رسم شده است. کدام گزینه درست است؟



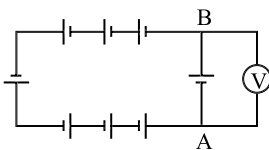
- (۱) فقط نمودار (الف) درست است. (۲) نمودار (الف) و (ب) درست است.  
 (۳) فقط نمودار (ب) درست است. (۴) هر سه نمودار درست است.



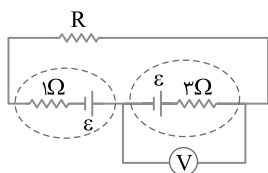
- ۴۳- در شکل داده شده، ولت‌سنج  $40$  ولت و آمپرسنج با مقاومت ناچیز،  $4$  آمپر را نشان می‌دهد. اگر مقاومت  $R$  را تغییر دهیم به طوری که ولت‌سنج  $36$  ولت را نشان دهد، آمپرسنج چند آمپر را نشان خواهد داد؟  
 (۱)  $6$  (۲)  $4$   
 (۳)  $8$  (۴)  $2$



- ۴۴- با بسته شدن کلید  $K$  در مدار شکل روبه‌رو اختلاف پتانسیل بین دو نقطه‌ی  $A$  و  $B$  (یعنی  $V_A - V_B$ ) چند ولت کاهش می‌یابد؟  
 (۱)  $4$  (۲)  $5$   
 (۳)  $10$  (۴)  $15$

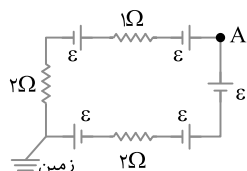


- ۴۵- هشت پیل مشابه که نیروی محرکه‌ی هر کدام  $5$  ولت و مقاومت درونی هر یک  $2\Omega$  است، به وسیله‌ی سیم‌هایی با مقاومت ناچیز مطابق شکل به هم بسته شده‌اند. ولت‌سنجی که دو سر آن به نقطه‌های  $A$  و  $B$  بسته شده، .....  
 (۱) بین  $5$  و  $40$  ولت را نشان می‌دهد.  
 (۲) بین صفر و  $5$  ولت را نشان می‌دهد.  
 (۳) صفر را نشان می‌دهد.  
 (۴)  $35$  ولت را نشان می‌دهد.



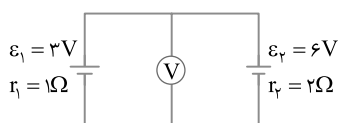
۴۶- در مدار روبه‌رو، ولت‌سنج عدد صفر را نشان می‌دهد. مقاومت R چند اهم است؟  
(سراسری خارج از کشور تجربی - ۹۴)

- (۱) صفر  
(۲) ۱  
(۳) ۲  
(۴) ۳



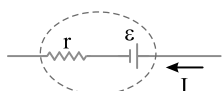
۴۷- در مدار شکل روبه‌رو اگر مولدها مشابه و نیروی محرکه‌ی هر یک ۲ ولت و مقاومت درونی آن‌ها ناچیز باشد، پتانسیل الکتریکی نقطه‌ی A چند ولت است؟ (سنجش - ۸۰)

- (۱) ۲/۸  
(۲) -۲/۸  
(۳) ۵/۴  
(۴) -۵/۴

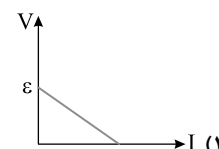
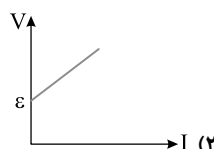
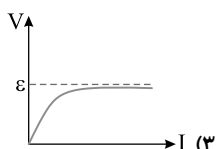
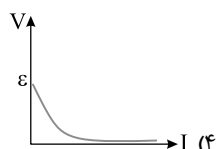


۴۸- در شکل روبه‌رو ولت‌سنج چندولت را نشان می‌دهد؟ (سنجش - ۸۴)

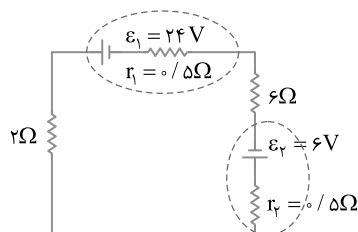
- (۱) ۳  
(۲) ۴  
(۳) ۵  
(۴) ۶



۴۹- شکل روبه‌رو قسمتی از یک مدار است. جریان الکتریکی از پایانه‌ی مثبت به پایانه‌ی منفی می‌رود. نمودار اختلاف پتانسیل دو سر این مولد بر حسب شدت جریان گذرنده از آن کدام است؟



۵۰- در مدار شکل روبه‌رو، اختلاف پتانسیل دو سر مولدهای  $\epsilon_1$  و  $\epsilon_2$  به ترتیب از راست به

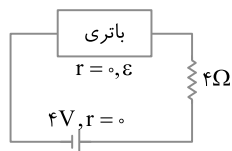


چپ چند ولت است؟

- (۱) ۷ ، ۲۳  
(۲) ۲۳ ، ۷  
(۳) ۳ ، ۱۲  
(۴) ۱۲ ، ۳

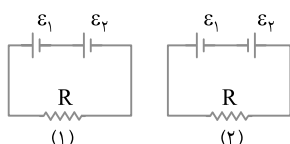
۵۱- در یک پیل اگر جریان A ۱ به قطب منفی پیل وارد شده و از قطب مثبت خارج شود، ولتاژ دو سر پیل ۱۸ V و اگر همین جریان به قطب مثبت پیل وارد شده و از قطب منفی خارج شود، ولتاژ دو سر پیل ۲۲ V خواهد شد. نیروی محرکه‌ی پیل و مقاومت درونی آن به ترتیب کدام است؟

- (۱) ۱۵ ، ۲۰ V  
(۲) ۲۵ ، ۲۰ V  
(۳) ۱۵ ، ۴۰ V  
(۴) ۲۵ ، ۴۰ V



۵۲- در مدار روبه‌رو، مقاومت درونی مولدها، ناچیز و شدت جریان در مدار، ۲A است. نیروی محرکه‌ی باتری چند ولت است؟

- (۱) ۴  
(۲) ۱۲  
(۳) ۴ یا ۱۲  
(۴) ۸ یا ۱۲



۵۳- دو مولد با نیروی محرکه‌ی  $\epsilon_1$  و  $\epsilon_2$  ( $\epsilon_1 > \epsilon_2$ ) و مقاومت داخلی  $r_1$  و  $r_2$  را یک بار مطابق شکل (۱) به طور متوالی و بار دیگر اشتباهاً مطابق شکل (۲) به طور متقابل به هم بسته‌ایم. اگر شدت جریان در شکل (۱) دو برابر شدت جریان در شکل (۲) باشد،  $\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}$

برابر با کدام است؟ (قلم‌چی)

- (۱) ۳  
(۲) ۲  
(۳) ۱/۲  
(۴) ۱/۳