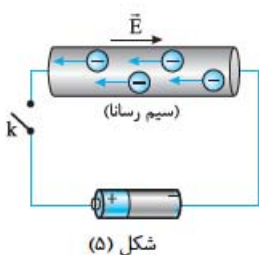




# بخش ۲ مقاومت الکتریکی

## ۲) مقاومت الکتریکی



**مقاومت الکتریکی:** شکل (۵) ساده‌ترین مدار ممکن را نشان می‌دهد که در آن یک سیم رسانای قطور توسط سیم‌های رابط به یک باتری وصل است. با بستن کلید  $k$ ، دو سر رسانا اختلاف پتانسیل معینی برقرار می‌شود و الکترون‌ها در خلاف جهت میدان سوق پیدا می‌کنند. اتم‌های درون رسانا به طور مداوم نوسان می‌کنند و با برخورد به الکترون‌ها بخشی از انرژی آن‌ها را می‌گیرند. بنابراین، هر رسانایی در برابر حرکت بارهای الکتریکی مخالفتی از خود نشان می‌دهد و اصطلاحاً می‌گوییم رسانا دارای مقاومت الکتریکی است. همین مقاومت باعث می‌شود اگر کلید  $k$  را باز کنیم و ارتباط باتری با سیم را قطع کنیم، جریان الکتریکی بلافاصله صفر شود.

**توجه:** باتری و پایانه‌هایش را با نماد « $+$ — $-$ » نشان می‌دهیم که جلوتر به این موضوع می‌پردازیم.

**قانون اهم:** برای بیشتر فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی در دمای ثابت، نسبت اختلاف پتانسیل به جریان عبوری مقدار ثابتی است. این

$$R = \frac{V}{I} \quad (۲) \text{ رابطه}$$

مقدار ثابت «مقاومت الکتریکی» نام دارد و با  $R$  نشان داده می‌شود.

◀ یکای مقاومت الکتریکی «ولت بر آمپر ( $V/A$ )» است و به اختصار «اهم ( $\Omega$ )» نامیده می‌شود.

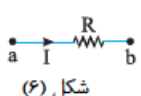
◀ رسانایی را که مقاومت الکتریکی دارد، در اصطلاح «مقاومت» می‌نامیم و با نماد مداری « $\text{---}\omega\text{---}$ » نشان می‌دهیم.

◀ مقاومت یک رسانا را می‌توان با وسیله‌ای به نام «اهم‌تر» اندازه گرفت.

**مقاومت اهمی:** هر رسانایی که از قانون اهم پیروی کند «مقاومت اهمی» یا «رسانای اهمی» نام دارد. بعضی از مواد رسانا نیز، مانند انواع و

اقسام دیودها، از قانون اهم پیروی نمی‌کنند و اصطلاحاً «غیراهمی» هستند.

استراتژی و نکات لازم برای حل تست‌های این بخش:



**۱** چون جهت جریان الکتریکی در یک رسانا از پتانسیل بیشتر به کمتر است، در شکل ۶، پتانسیل الکتریکی نقطه  $a$  از نقطه  $b$  بیشتر است و طبق قانون اهم می‌توان نوشت:

$$V_a - V_b = RI$$

**نتیجه ۱:** هرگاه در جهت جریان الکتریکی از رسانایی به مقاومت  $R$  عبور کنیم، پتانسیل الکتریکی به اندازه  $RI$  کاهش می‌یابد.

$$V_a - RI = V_b$$

**نمونه:** در شکل ۶، اگر از نقطه  $a$  به سمت  $b$  حرکت کنیم، می‌توانیم بنویسیم:

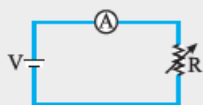
**نتیجه ۲:** هرگاه در خلاف جهت جریان الکتریکی از رسانایی به مقاومت  $R$  عبور کنیم، پتانسیل الکتریکی به اندازه  $RI$  افزایش می‌یابد.

$$V_b + RI = V_a$$

**نمونه:** در شکل ۶، اگر از نقطه  $b$  به سمت  $a$  حرکت کنیم، می‌توان نوشت:

**تست** در مدار شکل زیر، اگر مقاومت متغیر  $R$  را ۲۰ درصد کاهش دهیم، عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد ..... می‌یابد و

اگر مقاومت  $R$  را ۲۵ درصد افزایش دهیم، عددی که آمپرسنج نشان می‌دهد ..... می‌یابد.



(۱) ۲۰ درصد افزایش، ۲۵ درصد کاهش

(۲) ۲۵ درصد افزایش، ۲۰ درصد کاهش

(۳) ۲۰ درصد کاهش، ۲۵ درصد افزایش

(۴) ۲۵ درصد کاهش، ۲۰ درصد افزایش

۱- در مورد دیودها در درس‌نامه (۷) بیشتر صحبت می‌کنیم.



**پاسخ** گزینه «۲» **کلمه اول** اولاً که آمپرسنج هیچ نقشی به جز نمایش جریان گذرا از مدار ندارد. ثانیاً ولتاژ دو سر مقاومت ثابت است. بنابراین در حالتی که مقاومت ۲۰ درصد کاهش می‌یابد، داریم:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow \frac{I'}{I} = \frac{R}{R'} \Rightarrow \frac{I'}{I} = \frac{R}{R - \frac{20}{100}R} = \frac{R}{\frac{80}{100}R} = \frac{1}{\frac{80}{100}} \Rightarrow \frac{I'}{I} = 1/25$$

$$\frac{\Delta I}{I} \times 100 = \frac{I' - I}{I} \times 100 = \frac{1/25 I - I}{I} \times 100 = -\frac{24}{25} \times 100 = -96\%$$

**کلمه دوم** برای حالتی که مقاومت ۲۵ درصد افزایش می‌یابد، جریان گذرنده از آمپرسنج  $I''$  می‌شود و داریم:

$$\frac{I''}{I} = \frac{R}{R''} \Rightarrow \frac{I''}{I} = \frac{R}{1/25 R} \Rightarrow \frac{I''}{I} = \frac{1}{1/25} = 25$$

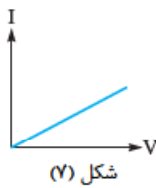
$$\frac{\Delta I}{I} \times 100 = \frac{I'' - I}{I} \times 100 = \frac{25I - I}{I} \times 100 = 24 \times 100 = 2400\%$$

**۲** مقاومت الکتریکی یک رسانا به اختلاف پتانسیل دو سر آن و جریان عبوری از آن بستگی ندارد.

**نمونه** اگر ولتاژ دو سر رسانا ۲ برابر شود، جریان عبوری از آن هم ۲ برابر می‌شود، طوری که نسبت آن‌ها، یعنی مقاومت الکتریکی رسانا، تغییر نمی‌کند:

$$R = \frac{V}{I} \leftarrow \text{برابر ۱}$$

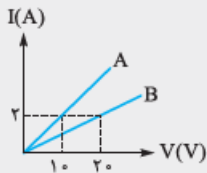
**۳** در یک رسانای اهمی نمودار تغییرات جریان برحسب اختلاف پتانسیل دو سر رسانا، در دمای ثابت، خطی است راست که شیب آن، برابر عکس مقاومت الکتریکی رسانا است.



$$m = \frac{I}{V} = \frac{1}{R}$$

برای نمونه، در شکل ۷ داریم:

**نتیجه** هر چه مقاومت الکتریکی یک رسانا بزرگ‌تر باشد، شیب نمودار جریان برحسب ولتاژ دو سر آن، کوچک‌تر است.



**تست** نمودار جریان عبوری از دو مقاومت A و B برحسب اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت A

و B، مطابق شکل است. مقاومت B چند برابر مقاومت A است؟ (سراسری ریاضی - ۸۵)

۲ (۱)

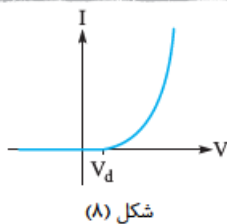
۱/۵ (۴)

۱/۲ (۳)

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{\frac{V_B}{I_B}}{\frac{V_A}{I_A}} = \frac{V_B}{V_A} \times \frac{I_A}{I_B} = \frac{20}{10} \times \frac{2}{2} = 2$$

**پاسخ** گزینه «۱»

**توجه** شیب نمودار A دو برابر شیب نمودار B است (چرا؟). پس مقاومت A، ۱/۲ برابر مقاومت B است.



**۴** دیودها مانند مقاومت‌ها از اجزای مدارهای الکترونیکی هستند که نمودار I-V آن‌ها تقریباً

مطابق شکل ۸ است.

این نمودار نشان می‌دهد اگر اختلاف پتانسیل دو سر دیود از  $V_d$  بیشتر شود، جریان از آن عبور می‌کند و در صورتی که ولتاژ دو سر دیود کم‌تر از  $V_d$  باشد، جریانی از دیود عبور نمی‌کند.<sup>۱</sup> دیودها انواع و اقسام مختلفی دارند که «دیود نوری (LED)» از آن جمله است.<sup>۲</sup>

۱- توجه بفرمایید که فعلاً به سازوکار عملکرد دیود، کاری نداریم.

۲- اگر ولتاژ دو سر دیودهای نوری بزرگ‌تر از  $V_d$  باشد، طوری که از دیود جریان عبور کند، دیود از خود نوری تابش می‌کند که رنگ آن، وابسته به جنس مواد به کار رفته در دیود است.



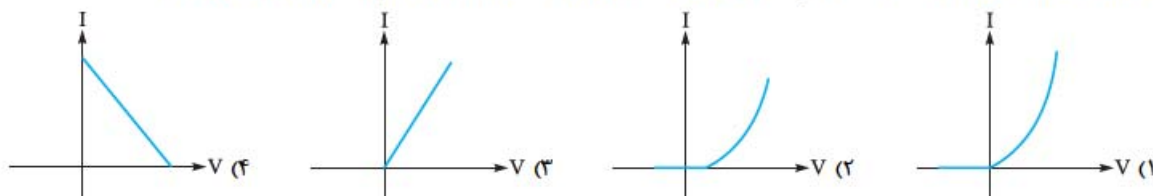
# پرسش‌های چهارگزینه‌ای

## رسانای اهمی و غیراهمی

۱۳- کدام یک از وسایل زیر ممکن است یک رسانای اهمی باشد؟

- (۱) دیود نورگسیل (۲) خازن (۳) المنت اجاق برقی (۴) بلوک سیمانی

۱۴- نمودار تغییرات جریان برحسب اختلاف پتانسیل دو سر یک دیود نورگسیل، مطابق کدام یک از نمودارهای زیر است؟



## فانون اهم

۱۵- معادله جریان الکتریکی گذرنده از یک مقاومت ۲۵ اهمی در SI به صورت  $I = 2t^2 - 6t - 4$  است. در چه لحظه‌ای برحسب ثانیه، اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر مقاومت برابر  $100\text{ V}$  می‌شود؟

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

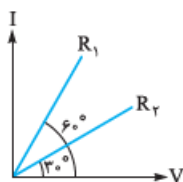
۱۶- در شکل زیر، پتانسیل نقطه a برابر  $5\text{ V}$  است و در هر دقیقه  $1/5 \times 10^{11}$  الکترون از نقطه a به نقطه b می‌روند. پتانسیل نقطه b چند

- ولت است؟ ( $e = 1/6 \times 10^{-19}\text{ C}$ )  
 (۱)  $-13$  (۲)  $-9$  (۳)  $-1$  (۴)  $+3$

۱۷- اگر اختلاف پتانسیل دو سر یک رسانای اهمی در دمای ثابت افزایش یابد، مقاومت آن و سرعت سوق حامل‌های بار در آن به ترتیب (از راست به چپ) چگونه تغییر می‌کنند؟

- (۱) ثابت می‌ماند، ثابت می‌ماند. (۲) ثابت می‌ماند، افزایش می‌یابد. (۳) افزایش می‌یابد، ثابت می‌ماند. (۴) افزایش می‌یابد، افزایش می‌یابد.

۱۸- نمودار تغییرات جریان برحسب اختلاف پتانسیل دو سر رساناهای  $R_1$  و  $R_2$  به شکل مقابل است.  $R_2$  چند



برابر  $R_1$  است؟ (طول مقیاس‌های روی دو محور  $1\text{ V}$  و  $1\text{ A}$  هم‌اندازه انتخاب شده‌اند.)

- (۱)  $1/2$  (۲)  $1/3$  (۳)  $2$  (۴)  $3$

## ۳ اثر جنس و ابعاد رسانا در مقاومت آن

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (۳) \text{ رابطه}$$

عوامل مؤثر در مقاومت: مقاومت الکتریکی سیمی به طول  $L$  و مساحت مقطع  $A$  از رابطه مقابل به دست می‌آید:

که  $\rho$  «مقاومت ویژه» رساناست که به جنس (ساختار اتمی) و دمای سیم بستگی دارد و یکای آن «اهم‌متر ( $\Omega \cdot m$ )» است.

⚠  $\rho$  را با چگالی جسم که همین نماد را دارد اشتباه نگیرید!

مقایسه مقاومت ویژه مواد مختلف: هر چه مقاومت ویژه جسمی کمتر باشد، آن جسم رسانای بهتر و هر چه مقاومت ویژه جسمی بیشتر باشد، آن جسم عایق بهتری است. مقاومت ویژه موادی مانند «ژرمانیم» و «سیلیسیم» نه به کوچکی مقاومت ویژه اجسام رسانا و نه به بزرگی مقاومت ویژه اجسام نارساناست. این مواد را «نیم‌رسانا» می‌گویند.

استراتژی و نکات لازم برای حل تست‌های این بخش:

۱ رابطه ۳ را در حالت مقایسه‌ای خود می‌توان به شکل روبه‌رو نوشت:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2}$$

$$A = \pi r^2 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{L_2}{L_1} \times \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2$$

اگر شعاع مقطع سیم  $r$  و قطر آن  $D$  باشد، آن‌گاه:



**تست** طول سیم مسی A دو برابر طول سیم مسی B است و قطر مقطع سیم A نصف قطر مقطع سیم B است. مقاومت الکتریکی سیم A چند برابر مقاومت الکتریکی سیم B است؟ (سراسری تهری - ۹۱)

- (۱)  $\frac{1}{2}$  (۲) ۲ (۳) ۴ (۴) ۸

**پاسخ** گزینه «۴» چون سیم‌های A و B هم‌جنس هستند، مقاومت ویژه آن‌ها برابر است و داریم:

$$\rho_A = \rho_B$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B} \times \left(\frac{D_B}{D_A}\right)^2 = \frac{2L_B}{L_B} \times \left(\frac{D_B}{\frac{1}{2}D_B}\right)^2 = 2 \times 4 = 8$$



شکل (۹)

**۲** فرض کنید سیمی به طول  $L_1$  و مساحت مقطع  $A_1$  را مانند شکل ۹ از دستگاهی مثل پریس عبور می‌دهیم، طوری که طول آن به  $L_2$  و مساحت مقطع آن به  $A_2$  برسد. در این عمل، جرم و در نتیجه حجم سیم ثابت می‌ماند و داریم:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 L_1 = A_2 L_2 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{A_1}{A_2} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2$$

**دنبچه** اگر با ثابت ماندن جرم یک سیم، طول آن  $n$  برابر شود، مقاومت آن  $n^2$  برابر می‌شود:

$$L_2 = nL_1 \Rightarrow R_2 = n^2 R_1$$

**تست** سیم فلزی که مقطع آن مربعی به ضلع  $a$  است، از دستگاه خاصی عبور می‌دهیم تا بدون تغییر جرم به سیمی که مقطع آن دایره‌ای به قطر  $a$  است، تبدیل شود. با این کار، مقاومت الکتریکی سیم چند برابر می‌شود؟

- (۱)  $\frac{\pi}{4}$  (۲)  $\frac{4}{\pi}$  (۳)  $\frac{\pi^2}{16}$  (۴)  $\frac{16}{\pi^2}$

**پاسخ** گزینه «۴» زیرا برای سیم با مقطع مربع و زیروند ۲ را برای سیم با مقطع دایره در نظر می‌گیریم. چون جرم سیم پس از عبور از دستگاه تغییر نمی‌کند، داریم:

$$m_1 = m_2 \Rightarrow \rho_1 V_1 = \rho_2 V_2 \xrightarrow{(\rho_1 = \rho_2)} V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 L_1 = A_2 L_2$$

$$(a^2) L_1 = \left(\frac{\pi a^2}{4}\right) \times L_2 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{4}{\pi}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} = \frac{4}{\pi} \times \frac{a^2}{\frac{\pi a^2}{4}} = \frac{4}{\pi} \times \frac{4}{\pi} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{16}{\pi^2}$$

در نتیجه:

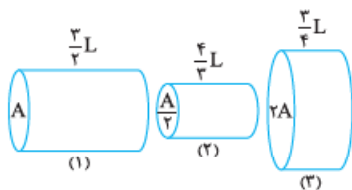
## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

بیشتر تست‌های این قسمت به شکل مقایسه‌ای مطرح می‌شود. توجه فرمایید.

۱۹- از سیم بلندی به طول ۴ km و مقاومت  $2 \Omega$ ، جریان A ۵ عبور می‌کند. اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از سیم که به فاصله ۱۰ متری از یکدیگر قرار دارند، چند ولت است؟

- (۱)  $2/5 \times 10^{-2}$  (۲) ۱ (۳) ۱۰ (۴) ۲۵

۲۰- به دو سر رساناهای استوانه‌ای شکل مسی در شکل‌های زیر، اختلاف پتانسیل یکسان  $V$  را اعمال می‌کنیم. کدام گزینه، مقایسهٔ درستی بین بزرگی جریان گذرا از رساناهاست؟



- (۱)  $I_3 > I_1 > I_2$   
 (۲)  $I_2 > I_1 > I_3$   
 (۳)  $I_2 > I_3 > I_1$   
 (۴)  $I_1 > I_3 > I_2$



۲۱- ابعاد یک مکعب مستطیل فلزی ۱، ۲ و ۴ سانتی متر است. این مکعب مستطیل را می توان از هر یک از دو وجه موازی آن در مدار قرار داد. نسبت بزرگ ترین مقاومت به کوچک ترین مقاومت آن چند است؟ (سراسری ریاضی - ۶۹)

- (۱) ۴ (۲) ۸ (۳) ۱۶ (۴) ۲۴

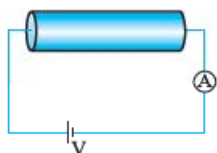
۲۲- جرم دو سیم مسی A و B با هم برابر است ولی قطر مقطع سیم A،  $\sqrt{2}$  برابر قطر مقطع سیم B است. اگر مقاومت الکتریکی سیم B برابر  $10 \Omega$  باشد، مقاومت الکتریکی سیم A چند اهم است؟ (سراسری ریاضی - ۹۰)

- (۱)  $2/5$  (۲) ۵ (۳)  $12/5$  (۴) ۲۰

۲۳- سیم لختی را به چهار قسمت مساوی تقسیم می کنیم و در کنار هم قرار می دهیم. مقاومت الکتریکی سیم جدید چند برابر قبلی است؟

- (۱) ۱۶ (۲)  $1/16$  (۳)  $1/4$  (۴) ۴

۲۴- در مدار شکل زیر، اگر رشته سیم را با رشته سیمی از همان جنس که طول آن ۲۵ درصد بیشتر است، تعویض کنیم، عددی که آمپرسنج نشان می دهد، ۲۰ درصد کاهش می یابد. جرم قطعه سیم تعویض شده نسبت به جرم قطعه سیم اولیه چند درصد و چگونه تغییر کرده است؟



- (۱) ۲۰ درصد کاهش یافته است.  
(۲) ۲۰ درصد افزایش یافته است.  
(۳) ۲۵ درصد کاهش یافته است.  
(۴) ۲۵ درصد افزایش یافته است.

۲۵- مقطع سیم A دایره ای به شعاع r و مقطع سیم B مربعی به ضلع r است. در صورتی که سطح مقطع هر دو سیم یکنواخت و مقاومت ویژه سیم A دو برابر سیم B و مقاومت الکتریکی هر دو سیم برابر باشد، طول سیم A تقریباً چند برابر B است؟ ( $\pi = 3$ )

- (۱)  $1/6$  (۲) ۶ (۳)  $2/3$  (۴)  $3/2$

۲۶- دو کابل رسانای هم طول و هم جنس A و B مفروض اند. شعاع مقطع کابل توپُر A برابر ۲ mm و شعاع خارجی مقطع کابل توخالی B برابر ۲ mm و شعاع داخلی آن برابر ۱ mm است. مقاومت سیم A چند برابر B است؟ (برگرفته از کتاب مبانی فیزیک، نوشته «دیوید هالیدی» و رفقا!)

- (۱)  $3/4$  (۲)  $4/3$  (۳)  $1/2$  (۴) ۲

مواستون باشه پگالی و مقاومت ویژه یک جسم، هر دو رو با  $\rho$  نشون می دیم، ولی این دو هیچ ربطی به هم ندارند!

۲۷- از سیمی به طول ۲۵ متر که اختلاف پتانسیل ۳ ولت در دو سر آن برقرار است، جریان  $1/2$  آمپر عبور می کند. اگر مقاومت ویژه سیم  $10^{-8} \Omega \cdot m$  و چگالی آن  $8 \text{ g/cm}^3$  باشد، جرم سیم چند گرم است؟ (سراسری ریاضی - ۹۶، قارچ از کشور)

- (۱) ۱۸ (۲) ۳۶ (۳) ۵۴ (۴) ۷۲

۲۸- دو سیم هم طول مسی و آلومینیومی، در یک دمای معین، دارای مقاومت الکتریکی مساوی اند. اگر چگالی مس و آلومینیوم به ترتیب  $9 \text{ g/cm}^3$  و  $2/7 \text{ g/cm}^3$  و مقاومت ویژه مس  $1/4$  برابر مقاومت ویژه آلومینیوم باشد، جرم سیم آلومینیومی چند برابر سیم مسی است؟ (سراسری ریاضی - ۹۶)

- (۱)  $3/5$  (۲)  $4/5$  (۳)  $5/4$  (۴)  $5/3$

۲۹- رشته سیمی به طول L، جرم m، مقاومت ویژه  $\rho$  و چگالی  $\rho'$  مفروض است. مقاومت الکتریکی این رشته سیم کدام است؟

- (۱)  $\frac{\rho}{\rho'} \frac{L}{m}$  (۲)  $\frac{\rho}{\rho'} \frac{L^2}{m}$  (۳)  $\rho \rho' \frac{L}{m}$  (۴)  $\rho \rho' \frac{L^2}{m}$

۳۰- دو سیم فلزی A و B دارای طول و مقاومت الکتریکی مساوی اند. اگر جرم سیم B،  $2/3$  جرم سیم A بوده و چگالی آن  $1/3$  چگالی سیم A باشد، مقاومت ویژه سیم B چند برابر مقاومت ویژه سیم A است؟ (سراسری تهری - ۹۵)

- (۱)  $1/3$  (۲)  $1/2$  (۳) ۳ (۴) ۲



وقتی بزم سیم تغییر نمی‌کند، هم‌اون هم تغییری نمی‌کند. در حل تست‌های زیر به این نکته توجه کنید.

۳۱- 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؟

(۱)  $2/5$  (۲)  $40$  (۳)  $80$  (۴)  $160$

۳۲- قطعه‌سیمی از جنس مس را ذوب می‌کنیم و با آن سیمی به شعاع نصف سیم اولیه می‌سازیم. مقاومت الکتریکی سیم جدید چند برابر مقاومت الکتریکی قطعه‌سیم اولیه است؟

(۱)  $2$  (۲)  $4$  (۳)  $8$  (۴)  $16$

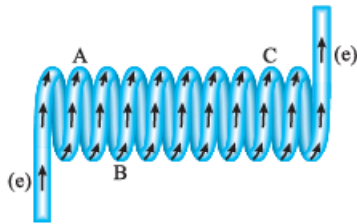
۳۳- سیم فلزی را از دستگاهی خاص عبور می‌دهیم. پس از عبور از دستگاه، جرم سیم  $20$  درصد کاهش یافته و سطح مقطع آن نصف می‌شود. مقاومت الکتریکی سیم حاصل چند برابر مقاومت الکتریکی سیم اولیه است؟

(۱)  $0/5$  (۲)  $1$  (۳)  $1/6$  (۴)  $3/2$

۳۴- دو رشته سیم فلزی هم‌طول و هم‌جرم  $A$  و  $B$  در اختیار داریم. این دو رشته سیم را ذوب کرده و با یکدیگر مخلوط می‌کنیم و از آن یک رشته سیم جدید، هم‌طول با رشته سیم‌های اولیه می‌سازیم. اگر چگالی فلز  $A$ ، نصف چگالی فلز  $B$  باشد، مقاومت رشته سیم حاصل، چند برابر مقاومت رشته سیم  $A$  است؟ (فرض کنید مقاومت ویژه فلزهای  $A$ ،  $B$  و مخلوط آن‌ها با یکدیگر برابر است.)

(۱)  $1/3$  (۲)  $2/3$  (۳)  $3/2$  (۴)  $2$

۳۵- در شکل زیر، پیکان‌ها جهت شارش یکنواخت الکترون‌ها را در مقاومت سیم‌پیچ با ساختار یکنواخت نشان می‌دهند. اگر اندازه اختلاف پتانسیل بین دو نقطه  $A$  و  $C$  (که درست بالای حلقه‌ای از مقاومت هستند)،  $14 \text{ V}$  و بیشترین پتانسیل الکتریکی بین سه نقطه  $A$ ،  $B$  و  $C$  برابر با  $10 \text{ V}$  باشد، پتانسیل الکتریکی  $B$  (درست زیر حلقه‌ای از مقاومت) چند ولت است؟



(۱)  $-1/5$  (۲)  $-1$  (۳)  $+1$  (۴)  $+1/5$

دو تست مناسبان خوب هم ببینید!

۳۶- میله استوانه‌ای شکل یک برقیگیر آهنی به طول  $6 \text{ m}$  در اتصال با زمین، در کنار ساختمانی قرار دارد. اندازه‌گیری‌ها در محل نشان می‌دهد که در قوی‌ترین آذرخش‌ها، بار  $2/5 \text{ C}$  در زمان  $60 \mu\text{s}$  از ابر به زمین تخلیه می‌شود. اگر بخواهیم بیشترین ولتاژ قابل تحمل برقیگیر  $75$  ولت باشد، کم‌ترین مساحت مقطع (قاعده) میله را چند میلی‌متر مربع باید بگیریم؟ (مقاومت ویژه آهن را  $10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$  و اثر نوک تیز برقیگیر را بر شکل هندسی آن نادیده بگیرید.)

(۱)  $30$  (۲)  $100/3$  (۳)  $300$  (۴)  $1000/3$

۳۷- سطح مقطع سیم رسانایی  $1 \text{ mm}^2$  و مقاومت ویژه‌اش  $10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  است. اگر بار الکتریکی با آهنگ ثابت  $2 \text{ C/s}$  از سیم عبور کند، بزرگی میدان الکتریکی در سیم چند ولت بر متر است؟

(۱) صفر (۲)  $2 \times 10^{-2}$  (۳)  $5 \times 10^{-2}$  (۴)  $2 \times 10^2$

## ۴) تغییر مقاومت ویژه بادما

عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی:

۱) دامنه ارتعاش اتم‌ها: هر چه دامنه ارتعاش اتم‌های یک جسم بیشتر باشد تعداد برخوردهای حامل‌های بار با اتم‌ها بیشتر می‌شود که در نتیجه آن مقاومت جسم افزایش می‌یابد.

۲) تعداد حامل‌های بار: فرض کنید با ثابت ماندن ولتاژ دو سر یک ماده، تعداد حامل‌های بار در آن ماده افزایش می‌یابد. این به معنی افزایش جریان و کاهش مقاومت الکتریکی آن ماده است.

اثر افزایش دما بر رساناهای فلزی:

۱) ارتعاشات کاتوره‌ای اتم‌ها و یون‌ها افزایش می‌یابد. ۲) تعداد حامل‌های بار تقریباً ثابت می‌ماند.



اثر افزایش دما بر نیم‌رساناها:

۱. اتم‌ها و یون‌ها با شدت بیشتری ارتعاش می‌کنند.

۲. تعداد حامل‌های بار به میزان زیادی افزایش می‌یابد، طوری که معمولاً تأثیر افزایش تعداد حامل‌های بار در کاهش مقاومت بیشتر از تأثیر افزایش دامنه ارتعاش اتم‌ها در افزایش مقاومت است.

**نتیجه** افزایش دما در رساناهای فلزی باعث افزایش مقاومت الکتریکی و در اکثر نیم‌رساناها باعث کاهش مقاومت الکتریکی ماده می‌شود. **رابطه مقاومت و مقاومت ویژه با دما:** تغییر مقاومت الکتریکی یک جسم در اثر تغییر دما به خاطر تغییر مقاومت ویژه آن است. اگر مقاومت ویژه و مقاومت یک رسانا را در دمای مرجع  $T_0$  به ترتیب با  $\rho_0$  و  $R_0$  و مقاومت ویژه و مقاومت آن را در دمای  $T$  با  $\rho$  و  $R$  نشان دهیم، روابط زیر برقرار است:

رابطه (۴)  $R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$

$\Rightarrow R = R_0 + R_0 \alpha \Delta T \Rightarrow \Delta R = R_0 \alpha \Delta T$  (۵) **رابطه**

رابطه (۶)  $\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$

$\rho = \rho_0 + \rho_0 \alpha \Delta T \Rightarrow \Delta \rho = \rho_0 \alpha \Delta T$  (۷) **رابطه**

به  $\alpha$  «ضریب دمایی مقاومت ویژه» گفته می‌شود و یکای آن در SI «بر کلونین ( $K^{-1}$ )» است. ضریب دمایی مقاومت ویژه برای رساناهای فلزی مثبت و برای اغلب نیم‌رساناها منفی است.

**توجه** تغییرات دما برحسب درجه سلسیوس و کلونین یکسان است؛ بنابراین در روابط فوق به جای  $\Delta T$  (تغییر دما برحسب کلونین) می‌توانید از  $\Delta \theta$  (تغییر دما برحسب درجه سلسیوس) استفاده کنید.

**تست** مقاومت یک سیم مسی در دمای  $20^\circ C$  برابر  $40 \Omega$  است. از سیم جریان الکتریکی عبور می‌کند و در اثر افزایش دما، مقاومت

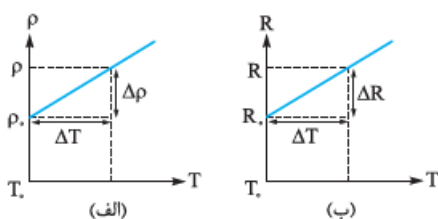
الکتریکی آن به  $46/8 \Omega$  می‌رسد. دمای سیم در این حالت، چند درجه سلسیوس شده است؟ ( $\alpha_{\text{مس}} = 0/0068 K^{-1}$ ) (سراسری ریاضی - ۹۳)

- ۱)  $22/5$       ۲)  $25$       ۳)  $37/5$       ۴)  $45$

**پاسخ** گزینه «۴»

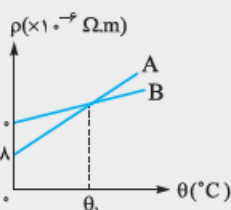
$R = R_0 (1 + \alpha \Delta T) \Rightarrow 46/8 = 40 \times (1 + 0/0068 \times \Delta T) \xrightarrow{\Delta T = \Delta \theta} 46/8 = 40 + 40 \times 68 \times 10^{-4} \times \Delta \theta$

$\Rightarrow \frac{6/8}{40} = \frac{40 \times 68 \times 10^{-4} \times \Delta \theta}{40} \Rightarrow \Delta \theta = \frac{10^4}{400} = \frac{100}{4} = 25 \Rightarrow \theta - \theta_0 = 25 \Rightarrow \theta - 20 = 25 \Rightarrow \theta = 45^\circ C$



شکل (۱۰)

نمودارهای  $R-T$  و  $\rho-T$  در رساناهای فلزی: طبق رابطه  $\rho = \rho_0 + \rho_0 \alpha \Delta T$  و  $R = R_0 + R_0 \alpha \Delta T$  فرض ثابت ماندن  $\alpha$ ، نمودار مقاومت ویژه برحسب دما خط راستی است که عرض از مبدأ آن  $\rho_0$  و شیب آن  $\rho_0 \alpha$  است (شکل ۱۰ - الف). به همین ترتیب نمودار مقاومت برحسب دما خطی است که عرض از مبدأ آن  $R_0$  و شیب آن  $R_0 \alpha$  است (شکل ۱۰ - ب).



**تست** نمودار تغییرات مقاومت ویژه دو فلز A و B برحسب دما مطابق شکل روبه‌رو است. اگر ضریب

دمایی مقاومت ویژه دو فلز A و B به ترتیب  $5 \times 10^{-3} K^{-1}$  و  $2 \times 10^{-3} K^{-1}$  باشد،  $\theta_1$  چند درجه

سلسیوس است؟ (دمای مرجع  $0^\circ C$  در نظر گرفته شود.)

- ۱)  $50$       ۲)  $100$       ۳)  $500$       ۴)  $1000$

۱- معمولاً  $T_0$  را دمای اتاق ( $293 K$  یا  $20^\circ C$ ) در نظر می‌گیرند.



$$\rho_A = 8 \times 10^{-6} \Omega.m, \quad \rho_B = 10 \times 10^{-6} \Omega.m$$

پاسخ گزینه «۲» از روی نمودارها مشخص می‌شود:

حالا رابطه مقاومت ویژه هر فلز با دما را می‌نویسیم:

$$\rho_A = \rho_{0A} + \rho_{0A} \alpha_A \Delta\theta_A = 8 \times 10^{-6} + (8 \times 10^{-6}) \times (\Delta \times 10^{-3}) \times (\theta_A - 0) = 8 \times 10^{-6} + 4 \times 10^{-8} \theta_A$$

$$\rho_B = \rho_{0B} + \rho_{0B} \alpha_B \Delta\theta_B = 10 \times 10^{-6} + (10 \times 10^{-6}) \times (2 \times 10^{-3}) \times (\theta_B - 0) = 10 \times 10^{-6} + 2 \times 10^{-8} \theta_B$$

$$\rho_A = \rho_B$$

در دمای  $\theta_1$ ، مقاومت ویژه دو جسم برابر می‌شود:

$$8 \times 10^{-6} + 4 \times 10^{-8} \theta_1 = 10 \times 10^{-6} + 2 \times 10^{-8} \theta_1 \Rightarrow 2 \times 10^{-8} \theta_1 = 2 \times 10^{-6} \Rightarrow \theta_1 = 100^\circ C$$

**دماسنج مقاومت پلاتینی:** دماسنج مقاومت پلاتینی یکی از سه دماسنج معیار است که کمیت دماسنجی در آن مقاومت الکتریکی ماده است؛ یعنی از وابستگی مقاومت الکتریکی به دما در ساخت آن‌ها استفاده می‌کنند و با اندازه‌گیری مقاومت جسم می‌توان به دمای محیط اطراف دماسنج پی برد. محدوده دماسنجی با دماسنج‌های الکلی یا جیوه‌ای بسیار محدود است. اما با استفاده از دماسنج‌های مقاومت پلاتینی می‌توان دماهایی در محدوده  $14\text{ K}$  تا  $1235\text{ K}$  را اندازه گرفت. پلاتین، کم‌تر دچار خوردگی می‌شود و نقطه ذوب بالایی هم دارد. به همین دلیل در ساخت این دماسنج‌ها از پلاتین استفاده می‌شود.

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

(سراسری تهرنی - ۹۴)

۳۸- مقاومت الکتریکی لامپ معمولی با رشته تنگستن:

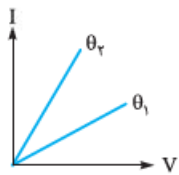
(۱) پس از روشن شدن لامپ، کاهش می‌یابد.

(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.

۳۹- نمودار جریان عبوری از یک فلز برحسب اختلاف پتانسیل دو سر آن در دماهای  $\theta_1$  و  $\theta_2$  به شکل زیر است. کدام یک از مقایسه‌های زیر



درست است؟

(۱)  $\theta_1 = \theta_2$

(۲)  $\theta_1 > \theta_2$

(۳)  $\theta_2 > \theta_1$

(۴) هر سه گزینه ممکن است.

۴۰- مقاومت الکتریکی یک سیم رسانا در اثر  $8^\circ C$  افزایش دما، ۱۲ درصد افزایش می‌یابد. ضریب دمایی مقاومت در SI کدام است؟

(آزمایشی آموزش و پرورش شهر تهران - ۸۷)

(۱)  $15 \times 10^{-3}$

(۲)  $1/5 \times 10^{-3}$

(۳)  $2 \times 10^{-3}$

(۴)  $3 \times 10^{-3}$

۴۱- لامپ یک چراغ‌قوه معمولی در  $3\text{ A}$  و  $2/73\text{ V}$  کار می‌کند. اگر مقاومت رشته تنگستنی این لامپ در دمای اتاق ( $20^\circ C$ ) برابر  $1\Omega$  باشد، دمای این رشته وقتی لامپ روشن است، چند درجه سلسیوس می‌شود؟ (ضریب دمایی مقاومت ویژه تنگستن  $4/5 \times 10^{-3}\text{ K}^{-1}$  است.)

(۱)  $1820$

(۲)  $1720$

(۳)  $1620$

(۴)  $1520$

۴۲- دو مقاومت اهمی  $A$  و  $B$  مفروض است. اندازه این دو مقاومت در دمای  $0^\circ C$  به ترتیب  $R_1$  و  $R_2$  و ضرایب دمایی آن‌ها به ترتیب  $2\alpha$  و  $\alpha$  است. در دمای  $\theta$  اندازه این دو مقاومت برابر می‌شود.  $\theta$  کدام است؟

(۱)  $1/2\alpha$

(۲)  $1/9\alpha$

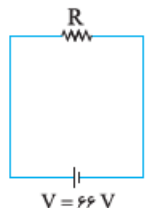
(۳)  $2\alpha$

(۴)  $9\alpha$

۴۳- در مدار شکل زیر، ولتاژ دو سر باتری ثابت و برابر  $66\text{ V}$  و اندازه مقاومت  $R$  در دمای  $0^\circ C$  برابر  $100\Omega$  است. اگر کم‌ترین جریانی که از

مقاومت عبور می‌کند  $375\text{ mA}$  و بیشترین جریان عبوری از آن  $600\text{ mA}$  باشد، به ترتیب حداقل و حداکثر دمای محیطی که مقاومت  $R$  در

آن قرار گرفته است، چند درجه سلسیوس است؟ (ضریب دمایی مقاومت  $R$  برابر با  $0/004\text{ K}^{-1}$  است.)



(۱)  $150, 10$

(۲)  $190, 10$

(۳)  $150, 25$

(۴)  $190, 25$





۴۴- سیم پیچ یک دماسنج مقاومت پلاتینی، وقتی در داخل یخ در حال آب شدن قرار گیرد، دارای مقاومت  $10 \Omega$  و وقتی در آب جوش قرار گیرد، دارای مقاومت  $12 \Omega$  است. مقاومت این سیم پیچ وقتی در جسم دیگری قرار داده می شود،  $11/4 \Omega$  است. دمای این جسم چند درجه سلسیوس است؟

- (۱) ۱۴ (۲) ۲۰ (۳) ۳۰ (۴) ۷۰

۴۵- اگر دمای یک لامپ معمولی در حالت روشن (برحسب درجه سلسیوس)  $10$  برابر دمای لامپ در حالت خاموش باشد، مقاومت الکتریکی لامپ در حالت روشن:

- (۱) برابر با حالت خاموش است. (۲)  $10$  برابر حالت خاموش است. (۳) بیشتر از  $10$  برابر حالت خاموش است. (۴) کم تر از  $10$  برابر حالت خاموش و بیشتر از حالت خاموش است.

ضریب دمایی ( $K^{-1}$ )	مقاومت ویژه ( $\Omega.m$ )
$4 \times 10^{-4}$	$1/5 \times 10^{-6}$
$-5 \times 10^{-4}$	$3/5 \times 10^{-5}$

۴۶- رسانایی شامل دو میله از جنس نیکروم و کربن، با سطح مقطع برابر است که از یک انتها به هم جوش خورده اند. اگر مقاومت الکتریکی این رسانا مستقل از دما باشد، با توجه به جدول مقابل، طول میله کربنی چند برابر میله نیکرومی است؟ (مقادیر داخل جدول در دمای  $20^\circ C$  برقرارند.)

- (۱)  $\frac{6}{175}$  (۲)  $\frac{175}{6}$  (۳)  $\frac{14}{75}$  (۴)  $\frac{75}{14}$

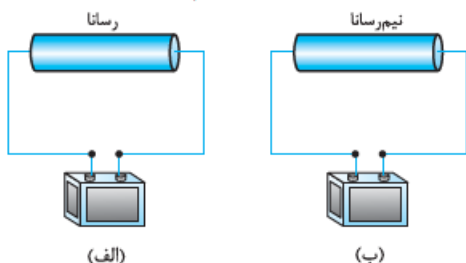
برای حل تست بعدی به این نکته توجه کنید که ضریب دمایی مقاومت ویژه کربن و نیکروم، کوچک و به ترتیب از مرتبه  $10^{-5}$  و  $10^{-6}$  اهم تر است.

۴۷- با توجه به جدول زیر، نسبت مقاومت ویژه کربن به مقاومت ویژه نیکروم در دمای  $120^\circ C$  تقریباً چه اندازه است؟ (داده های جدول را در این محدوده ثابت بگیرید.)

اختلاف ضریب های دمایی مقاومت ویژه (یعنی $\Delta\alpha = \alpha_{NiCr} - \alpha_C$ برحسب $K^{-1}$ )	نسبت مقاومت های ویژه در دمای $20^\circ C$ (یعنی $\frac{\rho_C}{\rho_{NiCr}}$ )	دو ماده مورد مقایسه
$9 \times 10^{-4}$	$3500$	نیکروم (NiCr) و کربن (C)

- (۱) ۳۶۳۰ (۲) ۳۳۱۵ (۳) ۳۱۸۵ (۴) ۲۸۷۰

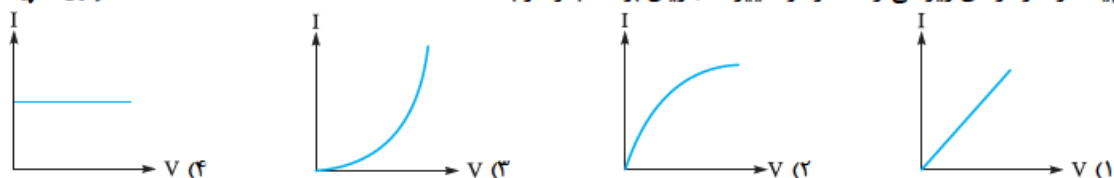
۴۸- در مدارهای شکل زیر، اگر دمای محیط افزایش یابد، سرعت سوق الکترون ها در قطعه رسانا شکل (الف) و قطعه نیم رسانا شکل (ب) به ترتیب چگونه تغییر می کند؟ (اختلاف پتانسیل دو سر قطعه ها ثابت فرض می شود.)



- (۱) افزایش، افزایش (۲) افزایش، کاهش (۳) کاهش، افزایش (۴) کاهش، کاهش

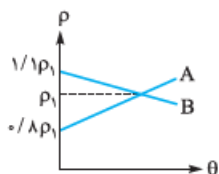
۴۹- مقاومت الکتریکی یک قطعه کربنی با افزایش دما کاهش می یابد. اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن را به آرامی افزایش دهیم، کدام یک از نمودارهای زیر می تواند نمودار تغییرات جریان برحسب ولتاژ باشد؟

(نهمین المپیاد فیزیک ایران)



۵۰- نمودار تغییرات مقاومت ویژه دو ماده A و B برحسب دما مطابق شکل مقابل است. نسبت ضریب دمایی

مقاومت ویژه A به ضریب دمایی مقاومت ویژه B  $(\frac{\alpha_A}{\alpha_B})$  کدام است؟

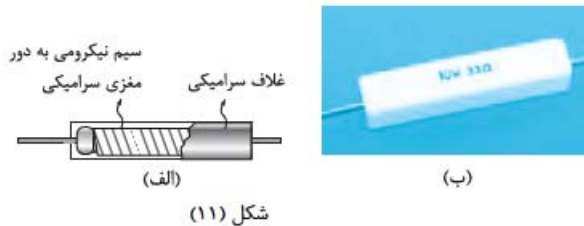


- (۱)  $-\frac{1}{2}$  (۲)  $-2$  (۳)  $-\frac{11}{4}$  (۴)  $-\frac{4}{11}$

## (۵) انواع مقاومت‌ها

**انواع مقاومت‌ها:** اغلب مقاومت‌هایی که امروزه به کار می‌روند، یکی از این دو نوع‌اند: **۱** مقاومت‌های پیچ‌های **۲** مقاومت‌های ترکیبی

**مقاومت‌های پیچ‌های:** مقاومت‌های پیچ‌های از سیمی با مقاومت معین تشکیل شده‌اند که دور هسته عایق (از جنس سرامیک، پلاستیک، شیشه و ...) پیچیده شده‌اند و سطح آن‌ها با روکش سرامیکی (یا پلاستیکی) پوشانده شده است (شکل ۱۱-الف). سیم به کار رفته در این مقاومت‌ها معمولاً از جنس نیکروم (آلیاژ نیکل و کروم) یا منگائین (آلیاژ مس، نیکل و منگنز) است. این مقاومت‌ها دقیق هستند و توان نسبتاً بالایی را می‌توانند تحمل کنند.

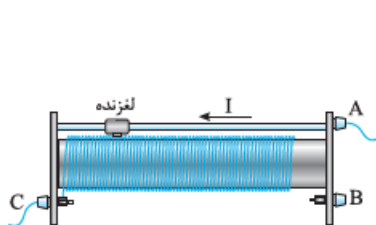


شکل (۱۱)

**نکته** مقاومت‌ها دو مشخصه اصلی دارند: یکی اندازه مقاومت و دیگری بیشینه توان الکتریکی که می‌توانند تحمل کنند، بدون آن‌که بسوزند؛ در مقاومت پیچ‌های شکل ۱۱-ب هر دوی این مشخصات روی بدنه مقاومت درج شده‌اند.

از مقاومت‌های پیچ‌های برای ساخت مقاومت‌های متغیر استفاده می‌شود.

**مقاومت‌های متغیر با تنظیم دستی:** نوعی از مقاومت هستند که مقدار آن‌ها را می‌توان به طور دستی کنترل کرد. مقاومت‌های متغیر را با

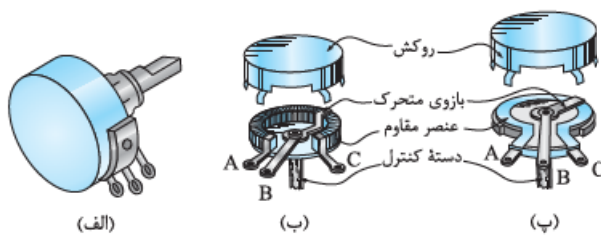


شکل (۱۲)

نمادهای **۱** و **۲** رنوستا **۲** پتانسیومتر نشان می‌دهند و بر دو نوع‌اند: **۱** رنوستا **۲** پتانسیومتر

**رنوستا:** رنوستا از سیمی با مقاومت ویژه نسبتاً زیاد ساخته شده که دور یک هسته عایق پیچیده شده است و مطابق شکل ۱۲ با حرکت یک لغزنده می‌توانیم طول مشخصی از سیم رسانا را وارد مدار کرده و مقاومت آن را تغییر دهیم. به طور نمونه، در شکل ۱۲، جریان از سر A به رنوستا وارد و از سر C خارج می‌شود و در نتیجه، با جابه‌جایی

لغزنده به سمت راست طول و متعاقب آن مقاومت سیمی که از آن جریان عبور می‌کند، بیشتر می‌شود.

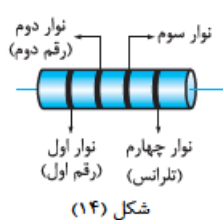


شکل (۱۳)

**پتانسیومتر:** شکل ۱۳ - الف یک پتانسیومتر را نشان می‌دهد. اگر کلاهک پتانسیومتر را بردارید، یک صفحه دیسک‌مانند مطابق شکل‌های ۱۳ - ب یا ۱۳ - پ را خواهید دید. دور این صفحه یک مقاومت پیچ‌های (شکل ب) یا یک مقاومت ترکیبی قرار دارد که یک سر این مقاومت به A و یک سر آن به C وصل است. سر B به یک بازوی متحرک وصل است که این بازو می‌تواند توسط یک

محور روی دیسک بچرخد. هر چه بازو را بیشتر در جهت ساعت‌گرد، حرکت دهیم مقاومت بین دو نقطه A و B بیشتر و مقاومت بین دو نقطه B و C کم‌تر می‌شود.

**مقاومت‌های ترکیبی:** در ساختار مقاومت‌های ترکیبی معمولاً از کربن (یا برخی نیم‌رساناها و یا لایه‌های نازک فلزی) استفاده می‌شود و روی آن‌ها را با روکشی از جنس عایق می‌پوشانند.



شکل (۱۴)

**کدگذاری مقاومت‌ها:** مقاومت‌های ترکیبی معمولاً به حدی کوچک‌اند که امکان درج و خواندن مقاومت به طور مستقیم بر روی آن‌ها وجود ندارد و به همین دلیل از تعدادی نوار رنگی بر بدنه مقاومت استفاده می‌شود که با استفاده از آن‌ها می‌توان مقدار مقاومت را تشخیص داد. نحوه رمزگشایی از نوارهای رنگی روی هر مقاومت در شکل ۱۴ نشان داده شده است. هر رنگ متناظر با عددی است که در جدول (۱) آورده شده است.



اگر رقم متناظر با نوار اول را با  $a$  و نوار دوم را با  $b$  و ضریب مربوط به نوار سوم را با  $c$  نشان دهیم، مقدار اهمی مقاومت برابر است با:

$$R = \overline{ab} \times c$$

نوار چهارم یک حلقه طلایی، نقره‌ای یا بی‌رنگ است که «تولرانس» نام دارد و درصد خطا را مشخص می‌کند.

**نمونه** با توجه به جدول (۱)، اندازه مقاومت نمایش داده شده در شکل زیر، بدون در نظر گرفتن



(قرمزته!)  
درصد خطا، برابر است با:  $24 \times 10^1 = 240 \Omega$  (قهوه‌ای) (زرد)

رنگ طلایی نشان می‌دهد که ممکن است مقدار مقاومت ۵٪ از مقدار تعیین‌شده انحراف داشته باشد. بنابراین میزان خطا برابر است با:

$$\Delta R = 0.05 \times 240 = 12 \Omega$$

بنابراین، حدود مقاومت برابر است با:  $240 - 12 \leq R \leq 240 + 12 \Rightarrow 228 \Omega \leq R \leq 252 \Omega$

رنگ	عدد	ضریب	تولرانس
سیاه	۰	$10^0$	
قهوه‌ای	۱	$10^1$	
قرمز	۲	$10^2$	
نارنجی	۳	$10^3$	
زرد	۴	$10^4$	
سبز	۵	$10^5$	
آبی	۶	$10^6$	
بنفش	۷	$10^7$	
خاکستری	۸	$10^8$	
سفید	۹	$10^9$	
طلایی		$10^{-1}$	۵٪
نقره‌ای		$10^{-2}$	۱۰٪
بی‌رنگ			۲۰٪

جدول (۱)

**تست** در مقاومت زیر، رنگ یکی از حلقه‌ها پاک شده است! کدام یک از اعداد زیر می‌تواند معرف اندازه مقاومت برحسب اهم باشد؟



- ۴۸۰۰ (۱)
- ۲۴۰۰ (۲)
- ۴۸۰۰۰ (۳)
- ۲۴۰۰۰۰ (۴)

**پاسخ** گزینه «۱» دقت کنید که این مقاومت پیکی قرار داده شده (!) و رنگ زرد، اولین رقم و رنگ قرمز، سومین رقم به حساب می‌آیند.

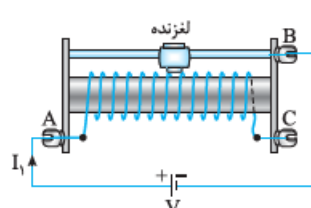
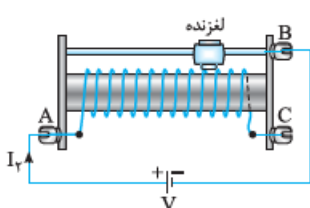
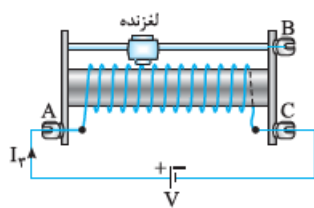
اگر رقم مربوط به حلقه دوم را با  $b$  نشان دهیم، مقدار مقاومت برابر خواهد بود با:

$$R = \overline{ab} \times c = \overline{4b} \times 10^2 = \overline{4b00}$$

که  $b$  یکی از اعداد صفر تا ۹ است. یعنی  $R$  در حدود  $4000 \Omega$  تا  $4900 \Omega$  (بدون در نظر گرفتن درصد خطا) است و ما رنگ توضیح نمی‌دهیم!

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

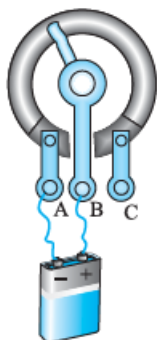
۵۱- یک رئوس را مطابق شکل‌های زیر به ولتاژ یکسانی وصل می‌کنیم. کدام مقایسه بین جریان مدارها درست است؟



- (۱)  $I_1 > I_2 > I_3$
- (۲)  $I_2 > I_1 > I_3$
- (۳)  $I_3 > I_2 > I_1$
- (۴)  $I_2 > I_1 > I_3$

۵۲- ولتاژ دو سر یک باتری ثابت و برابر ۱۲ V است. اگر این باتری را مطابق شکل روبه‌رو به پایه‌های A و B یک پتانسیومتر وصل کنیم، جریان ۳ A و اگر پایه‌های باتری را به پایه‌های B و C وصل کنیم، جریان ۲ A از مدار می‌گذرد. اگر پایه‌های باتری را به پایه‌های A و C وصل کنیم، چه جریانی (برحسب آمپر) از مدار عبور می‌کند؟

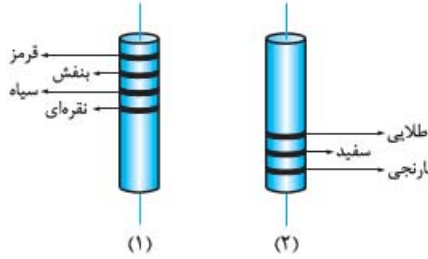
- (۱) ۱/۲
- (۲) ۱/۵
- (۳) ۱
- (۴) ۰/۷۵



۱-  $\overline{ab}$  عددی را نشان می‌دهد که در آن  $b$  رقم یکان و  $a$  رقم دهگان است؛ یعنی:  $\overline{ab} = 10a + b$

۵۳- با توجه به شکل‌ها و جدول زیر، بیشترین اختلاف اندازه ممکن بین مقاومت‌های (۱) و (۲) تقریباً چند اهم است؟

کد رنگی مقاومت‌ها			
رنگ	عدد	ضریب	تولرانس
سیاه	۰	۱	
قرمز	۲	$10^2$	
نارنجی	۳	$10^3$	
بنفش	۷	$10^7$	
سفید	۹	$10^9$	
طلایی		$10^9$	۵٪
نقره‌ای		$10^{-1}$	۱۰٪
بی‌رنگ		$10^{-2}$	۲۰٪



- (۱) ۲۷  
(۲) ۲۵  
(۳) ۲۳  
(۴) ۲۱



۵۴- دو مقاومت الکتریکی A و B در اختیار داریم. بر روی این دو مقاومت کدهای رنگی مشابه، مطابق شکل (الف) نقش بسته است. در مدار شکل (ب) اگر به جای R، یک بار مقاومت A و بار دیگر مقاومت B قرار دهیم، به ترتیب آمپرسنج  $I_A$  و  $I_B$  را نشان می‌دهد. حداکثر اختلاف این دو مقدار چند میلی‌آمپر می‌تواند باشد؟ (رنگ قهوه‌ای عدد ۱، رنگ سیاه عدد صفر، رنگ نارنجی عدد ۳ و رنگ نقره‌ای تولرانس ۱۰٪ است.)

- (۱) ۱      (۲) ۲      (۳) ۳      (۴) ۴

۵۵- حلقه‌های رنگی بر روی یک مقاومت کربنی، دارای سه رنگ یکسان در کنار یک حلقه طلایی‌رنگ هستند. اگر بزرگی مقاومت یادشده (برحسب اهم) یک عدد سه‌رقمی باشد، حلقه‌های هم‌رنگ بر روی این مقاومت (با کدهای وابسته) کدام‌اند؟

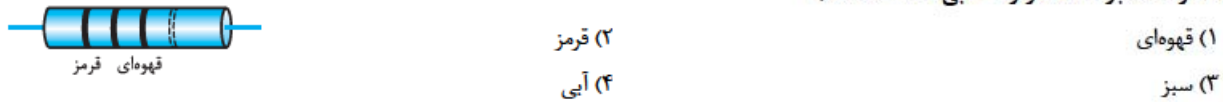
- (۱) نارنجی (۳)      (۲) قرمز (۲)      (۳) قهوه‌ای (۱)      (۴) سیاه (صفر)

تست زیر قشنگه! سفت نیست! فقط همون فرم تست‌های لنگور نیست، نشان‌دارش کردیم.

۵۶- شخصی دچار نوعی بیماری چشمی است که در آن رنگ قرمز را بنفش درک می‌کند! این شخص در تخمین اندازه کدام یک از مقاومت‌های زیر بیشتر دچار خطا می‌شود؟ (بنفش عدد ۷ را نشان می‌دهد.)



۵۷- حلقه تولرانس مقاومت الکتریکی نشان داده شده در شکل زیر، پاک شده است. اگر دانش‌آموزی به اشتباه مقاومت را از راست به چپ بخواند، مقدار مقاومت را  $1250 \Omega$  بیشتر از مقدار واقعی آن اندازه‌گیری می‌کند. حلقه وسط چه رنگی است؟ (رنگ قهوه‌ای عدد ۱، رنگ قرمز عدد ۲، رنگ سبز عدد ۵ و رنگ آبی عدد ۶ است.)



## ۶) مقاومت‌های خاص



(الف)

ترمیستور میله‌ای



(ب)

ترمیستور مهره‌ای

شکل (۱۵)



(پ)


ترمیستور دیسکی

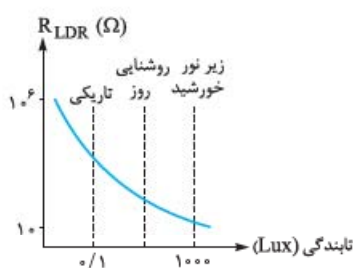
ترمیستور: ترمیستورها (یا مقاومت‌های گرمایی) نوعی از مقاومت‌های متغیر هستند که نسبت به تغییرات دما بسیار حساس هستند و با تغییر جزئی در دمای محیط، مقاومت آن‌ها به طور قابل توجهی تغییر می‌کند. از ترمیستورها در حسگرهای گرما مانند زنگ خطر آتش و دماپاها و دماسنج‌های مقاومتی استفاده می‌شود. ترمیستور را با نماد مداری نشان می‌دهند. شکل ۱۵ طرحی از چند ترمیستور را نشان می‌دهد.



◀ ترمیستورها دو نوع دارند: ۱) NTC ۲) PTC که توضیح آن‌ها خارج از چارچوب کتاب است. فقط در همین حد بدانید که NTC مقاومت با ضریب دمایی منفی و PTC مقاومت با ضریب دمایی مثبت است؛ به عبارت دیگر هرگاه دما افزایش یابد مقاومت NTC کاهش و مقاومت PTC افزایش می‌یابد و برعکس.

**مقاومت نوری (LDR):** نوعی از مقاومت‌های متغیر هستند که شدت نوری که روی آن‌ها می‌تابد، بر مقدار مقاومت آن‌ها اثر می‌گذارد. معمولاً در ساختمان این مقاومت‌ها از نیم‌رساناهایی مثل سیلیسیم استفاده می‌شود. انرژی نورانی باعث آزاد شدن الکترون‌ها و در نتیجه افزایش رسانایی در سیلیسیم می‌شود؛ بنابراین، با افزایش شدت نور تابیده بر LDR از مقاومت آن کاسته می‌شود.

LDR را با نماد «» یا «» نشان می‌دهند.



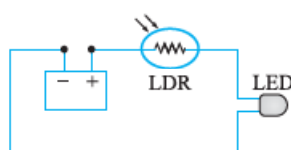
شکل (۱۶)

**نمودار مقاومت برحسب تابندگی در LDR:** شکل ۱۶ نمودار تغییرات مقاومت یک LDR برحسب تابندگی را نشان می‌دهد. شکل نشان می‌دهد ممکن است یک LDR در تاریکی مقاومتی در حدود  $1\text{ M}\Omega$  و در روشنایی مقاومتی در حدود  $10\ \Omega$  داشته باشد؛ یعنی در تاریکی نارسا و در روشنایی رسانا باشد.

**نوجه** یکای تابندگی در SI «لوکس (Lux)» است.

**نوجه** کتاب درسی به جای تابندگی از اصطلاح «شدت روشنایی» استفاده کرده است. این در حالی است که یکای شدت روشنایی در فیزیک پایه دهم «شمع (کندلا)» عنوان شده است!

**کاربرد LDRها:** از LDRها می‌توان در تجهیزاتی مانند تشخیص نور، اندازه‌گیری شدت نور، چشم‌های الکترونیکی، دزدگیرها، کنترل‌کننده‌های خودکار و چراغ‌های روشنایی خیابان‌ها استفاده کرد.



شکل (۱۷)

**نمونه** برای تشخیص کیفی شدت نور در یک محل می‌توان از مداری به شکل ۱۷ استفاده کرد. در محیط تاریک مقاومت LDR بسیار بالاست و LDR نقش یک نارسا را دارد و مانع از روشن شدن لامپ LED می‌شود. در محیط روشن، LDR مانند یک رسانا عمل می‌کند و LED روشن می‌شود. هر چه روشنایی محیطی بیشتر باشد، مقاومت LDR کم‌تر و جریان الکتریکی مدار بیشتر می‌شود و لامپ روشن‌تر می‌شود.

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۵۸- در یک طبقه‌بندی متداول، مقاومت‌ها را براساس شکل زیر دسته‌بندی می‌کنند. براساس این طبقه‌بندی، مقاومت‌های ترکیبی، ترمیستور، رئوستا و مقاومت نوری به ترتیب در کدام رده از مقاومت‌های شکل زیر قرار می‌گیرند؟



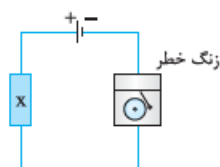
۱) ۱، ۲، ۱، ۳

۲) ۳، ۲، ۱، ۳

۳) ۱، ۲، ۱، ۳

۴) ۳، ۱، ۳، ۳

۵۹- در مدار شکل زیر، اگر جریان از حد معینی بیشتر شود، زنگ به کار می‌افتد. می‌خواهیم از این مدار به عنوان هشداردهنده دما استفاده کنیم؛ طوری که اگر دمای محیط از حد معینی بالاتر رفت، دستگاه به صدا درآید. برای این منظور کدام قطعه الکتریکی زیر را به جای X قرار دهیم؟



۱) ترمیستور با ضریب دمایی مقاومت ویژه مثبت

۲) ترمیستور با ضریب دمایی مقاومت ویژه منفی

۳) مقاومت ترکیبی

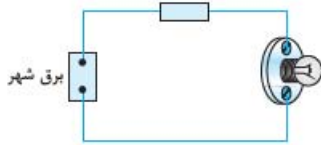
۴) مقاومت نوری

۱- برگرفته از «Light Dependent Resistor» به معنی «مقاومت وابسته به نور» است.



۶۰- در مدار شکل زیر، اگر در اثر نوسانات برق شهر، جریان عبوری از لامپ از حد معینی بیشتر شود، لامپ می‌سوزد. از یک قطعه الکتریکی

برای محافظت لامپ استفاده شده است. کدام قطعه الکتریکی برای این کاربرد مناسب‌تر است؟



(۱) ترمیستور با ضریب دمایی مقاومت ویژه مثبت

(۲) ترمیستور با ضریب دمایی مقاومت ویژه منفی

(۳) مقاومت نوری

(۴) رنوستا

۶۱- یک قطعه الکتریکی را روی شعله شمع قرار می‌دهیم. نمودار تغییرات مقاومت قطعه برحسب شدت نور شمع مطابق شکل است. این قطعه

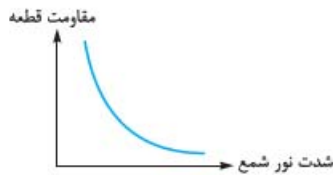
ممکن است کدام قطعه زیر باشد؟

(۱) ترمیستور

(۲) مقاومت نوری

(۳) مقاومت پیچهای

(۴) ترمیستور یا مقاومت نوری

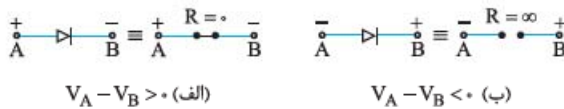


## ۷) دیودها

**دیود:** دیودها نقشی مانند شیر یک‌طرفه را در مدارهای الکتریکی به عهده دارند؛ یعنی به جریانی که از یک سمت عبور می‌کند، اجازه شارش

می‌دهند، اما مسیر عبور جریانی در جهت مخالف را سد می‌کنند. دیود را با نماد مداری « $\rightarrow|$ » نشان می‌دهند. دیود در جهتی که این پیکان

نشان می‌دهد، می‌تواند جریان را عبور دهد.



شکل (۱۸)

**نمونه ۱۸:** در شرایطی که دیود مطابق شکل ۱۸ - الف، اصطلاحاً به طور

مستقیم تغذیه شود، دیود مثل یک سیم (با مقاومت صفر) عمل

می‌کند و جریان را از خود عبور می‌دهد و در شرایطی که دیود مطابق

شکل ۱۸ - ب، اصطلاحاً به طور معکوس تغذیه شود، دیود مثل سیم

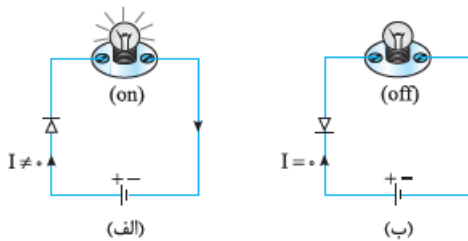
قطع شده (مدار باز با مقاومت بی‌نهایت) عمل می‌کند و جریان را از خود عبور نمی‌دهد.

**نمونه ۱۹:** در شکل ۱۹- الف، دیود در حالت تغذیه مستقیم است و

مثل یک سیم عمل می‌کند و اجازه عبور جریان را می‌دهد و لامپ

روشن می‌شود. در شکل ۱۹- ب، دیود در حالت تغذیه معکوس

است و اجازه برقراری جریان را نمی‌دهد و لامپ روشن نمی‌شود.



شکل (۱۹)



(الف)



(ب)

شکل (۲۰)

**دیودهای نورگسیل (LED):** نوع خاصی از دیودها هستند که در ساختمان آن‌ها از نیم‌رساناهایی استفاده

می‌شود که زمانی که به طور مستقیم تغذیه می‌شوند بخشی از انرژی الکتریکی را به نور تبدیل می‌کنند. با

استفاده از نیم‌رساناهای مختلف می‌توان LEDهایی ساخت که نور حاصل از آن‌ها مرئی یا فروسرخ یا

فرابنفش باشد. شکل ۲۰- الف تصویری از یک LED و شکل ۲۰- ب نماد مداری آن را نشان می‌دهد.

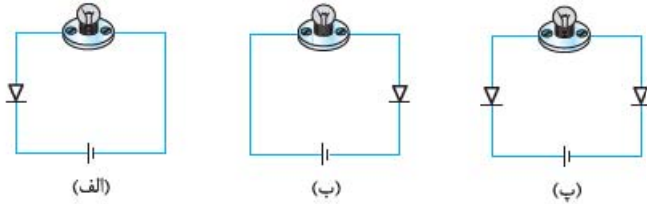
**LEDها** در مقایسه با لامپ‌های رشته‌ای معمولی، عمری طولانی‌تر دارند، توان الکتریکی کم‌تری مصرف

می‌کنند، نور بیشتری تولید می‌کنند و به دلیل نداشتن رشته، انرژی گرمایی زیادی تولید نمی‌کنند (یعنی بازده بالاتری دارند).



## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

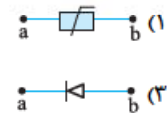
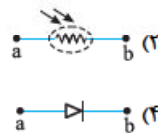
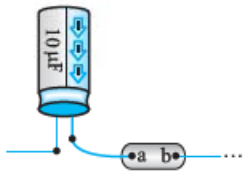
۶۲- در کدام یک از مدارهای زیر لامپ روشن می‌شود؟



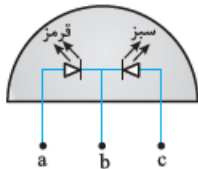
- (۱) فقط الف
- (۲) فقط ب
- (۳) الف و پ
- (۴) ب و پ

سه تا تست ببری کاملاً کاربردی اند، آله هشون نکنین، از تون نمی‌گذریم!!

۶۳- خازن‌های الکترولیتی، خروجی‌های مثبت و منفی دارند و اگر خروجی‌ها به اشتباه وصل شوند، خازن از کار می‌افتد. در شکل زیر کدام قطعه زیر را بین پایانه‌های **a** و **b** قرار دهیم تا خازن را محافظت کند؟ (صفحه‌ای از خازن که باید به پتانسیل کم‌تر وصل شود با پیکان‌های روی بدنه مشخص شده است.)

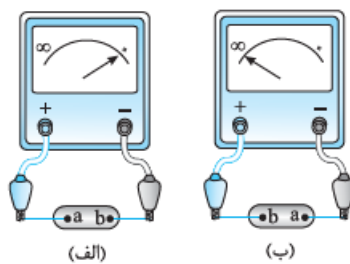


۶۴- شکل زیر، لامپی را نشان می‌دهد که اخیراً به بازار عرضه شده است. این لامپ سه پایه دارد و دارای دو LED به رنگ‌های سبز و قرمز است که داخل یک حباب جاسازی شده‌اند. اگر پایه‌های **a** و **c** را به پایانه مثبت و سر **b** را به پایانه منفی یک باتری وصل کنیم، لامپ به رنگ ..... و اگر پایه‌های **a**، **b** و **c** را به ترتیب به پتانسیل‌های  $12V$ ،  $6V$  و  $3V$  وصل کنیم، لامپ به رنگ ..... دیده می‌شود. (از ترکیب نورهای سبز و قرمز، نور زرد ایجاد می‌شود.)



- (۱) قرمز، سبز
- (۲) قرمز، زرد
- (۳) زرد، سبز
- (۴) زرد، قرمز

۶۵- داخل جعبه‌ای یک قطعه الکتریکی دو سر وجود دارد که اگر آن را مطابق شکل (الف) به اهم‌تری وصل کنیم، اهم‌تر عددی بسیار کوچک و اگر مطابق شکل (ب) به اهم‌تر وصل کنیم، اهم‌تر عددی بسیار بزرگ را نشان می‌دهد. این قطعه الکتریکی چیست؟



- (۱) ترمیستور
- (۲) مقاومت نوری
- (۳) دیود
- (۴) خازن



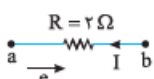
۱۳- گزینه ۳ معمولاً المنت‌های اجاق برقی از سیم‌های رسانا ساخته می‌شوند و این رساناها از قانون اهم پیروی می‌کنند. قانون اهم در مواد نارسایی مانند سیمان صدق نمی‌کند.

۱۴- گزینه ۲ با توجه به شکل ۸ ۲ درست است.

۱۵- گزینه ۴ فقط کافی است قانون اهم را برای مقاومت بنویسیم:  $V = IR \Rightarrow 100 = (2t^2 - 6t - 4) \times 25 \Rightarrow 2t^2 - 6t - 4 = \frac{100}{25}$

$$\Rightarrow 2t^2 - 6t - 4 = 4 \Rightarrow 2t^2 - 6t - 8 = 0 \Rightarrow t^2 - 3t - 4 = 0 \Rightarrow (t-4)(t+1) = 0 \Rightarrow \begin{cases} t = 4 \text{ s} & \checkmark \\ t = -1 \text{ s} & \times \end{cases}$$

۱۶- گزینه ۴ جهت جریان در خلاف جهت حرکت الکترون‌ها و از  $b$  به  $a$  است و اندازه آن برابر است با:



$$I = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t} = \frac{(1/5 \times 10^{21}) \times (1/6 \times 10^{-16})}{60} = 4 \text{ A}$$

با توجه به استراتژی (۱) درس‌نامه (۲):  $V_a + RI = V_b \Rightarrow -5 + 2 \times 4 = V_b \Rightarrow V_b = +3 \text{ V}$

۱۷- گزینه ۲ با افزایش ولتاژ دو سر رسانا، جریان عبوری از آن هم به همان نسبت افزایش می‌یابد، طوری که نسبت این دو که بیانگر

مقاومت رساناست ثابت می‌ماند:  $R = \frac{V}{I}$  (افزایش)  $\leftarrow R = \frac{V}{I}$  (افزایش) (ثابت)

گام دوم افزایش اختلاف پتانسیل دو سر رسانا باعث می‌شود میدان الکتریکی درون رسانا قوی‌تر شود:

این میدان بزرگ‌تر، نیروی الکتریکی بزرگ‌تری به الکترون‌ها وارد می‌کند. در نتیجه، شتاب حرکت الکترون‌ها بین برخوردهای متوالی با اتم‌ها و به دنبال آن، سرعت متوسط الکترون‌ها در راستای میدان افزایش می‌یابد.<sup>۱</sup>

۱۸- گزینه ۴ در شرایط عنوان شده، می‌توانیم نسبت شیب‌ها را برابر نسبت تانژانت‌ها بگیریم. (چرا؟)

$$m = \frac{1}{R} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{\tan \alpha_1}{\tan \alpha_2} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{\tan 60^\circ}{\tan 30^\circ} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{\sqrt{3}}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow R_2 = 3R_1$$

۱۹- گزینه ۱ طبق رابطه (۳)، مقاومت الکتریکی سیم با طول آن نسبت مستقیم دارد؛ لذا اگر طول سیم را با  $L_1$  نشان دهیم، مقاومت الکتریکی

بین دو نقطه از سیم که به فاصله  $L_2 = 10 \text{ m}$  از یکدیگر قرار دارند، به این ترتیب حساب می‌شود:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow \frac{R_2}{2} = \frac{10}{4 \times 10^2} \Rightarrow R_2 = 5 \times 10^{-2} \Omega$$

جریان مثل ولتاژ نیست که بخواهد در طول رسانا تقسیم شود و از تمام قسمت‌های سیم، یک جریان واحد عبور می‌کند؛ در نتیجه، می‌توان نوشت:

$$V_2 = R_2 I = (5 \times 10^{-2}) \times 5 \Rightarrow V_2 = 2/5 \times 10^{-2} \text{ V}$$

۱- این وضعیت شبیه وضعیت جریان آب در شلنگ است که افزایش فشار باعث افزایش جریان آب می‌شود.



۲۰- گزینه ۱ **روش اول** **گام اول** مقاومت الکتریکی رساناها را مقایسه می کنیم:  $R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow{(\rho = \text{مس})} R \propto \frac{L}{A}$  (I)

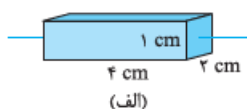
$$\left( \frac{L_1}{A_1} = \frac{\frac{2L}{2}}{A} = \frac{2L}{2A}, \frac{L_2}{A_2} = \frac{\frac{4L}{3}}{A} = \frac{4L}{3A}, \frac{L_3}{A_3} = \frac{\frac{2L}{4}}{A} = \frac{2L}{4A} = \frac{2L}{8A} \right) \xrightarrow{(\frac{2}{2} > \frac{4}{3} > \frac{2}{8})} \frac{L_2}{A_2} > \frac{L_1}{A_1} > \frac{L_3}{A_3} \xrightarrow{(I)} R_2 > R_1 > R_3 \quad (II)$$

**گام دوم** با توجه به قانون اهم داریم:  $V = RI \Leftrightarrow I = \frac{V}{R} \xrightarrow{(V: \text{یکسان})} I \propto \frac{1}{R} \xrightarrow{(II)} I_2 > I_1 > I_3$

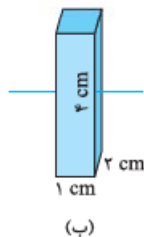
**روش دوم** **گام اول** (ترکیب تناسبها و مقایسه مستقیم)  $V = RI \Leftrightarrow I = \frac{V}{R} \xrightarrow{(V: \text{یکسان})} I \propto \frac{1}{R} \xrightarrow{(R = \rho \frac{L}{A})} I \propto \frac{A}{L}$  (I)

**گام دوم**  $\left( \frac{A_1}{L_1} = \frac{A}{2L} = \frac{2A}{2L}, \frac{A_2}{L_2} = \frac{A}{\frac{4L}{3}} = \frac{3A}{4L}, \frac{A_3}{L_3} = \frac{A}{\frac{2L}{4}} = \frac{4A}{2L} = \frac{8A}{2L} \right) \xrightarrow{(\frac{3}{4} > \frac{2}{2} > \frac{8}{2})} \frac{A_3}{L_3} > \frac{A_2}{L_2} > \frac{A_1}{L_1} \xrightarrow{(I)} I_3 > I_2 > I_1$

۲۱- گزینه ۳ زمانی که مکعب مستطیل، مطابق شکل (الف)، با بلندترین طول ( $L_{\max} = 4 \text{ cm}$ ) و کوچکترین سطح مقطع ( $A_{\min} = 2 \times 1 \text{ cm}^2$ ) در مدار قرار بگیرد، بزرگترین مقاومت را خواهد داشت و اگر مطابق شکل (ب)، با کمترین طول ( $L_{\min} = 1 \text{ cm}$ ) و بزرگترین سطح مقطع ( $A_{\max} = 4 \times 2 \text{ cm}^2$ ) در مدار قرار بگیرد، کوچکترین مقاومت را خواهد داشت؛ لذا می توان نوشت:



(الف)



(ب)

$$\begin{cases} R_{\max} = \rho \frac{L_{\max}}{A_{\min}} \\ R_{\min} = \rho \frac{L_{\min}}{A_{\max}} \end{cases} \Rightarrow \frac{R_{\max}}{R_{\min}} = \frac{L_{\max}}{L_{\min}} \times \frac{A_{\max}}{A_{\min}} = \frac{4}{1} \times \frac{4 \times 2}{2 \times 1} \Rightarrow \frac{R_{\max}}{R_{\min}} = 16$$

۲۲- گزینه ۳ چون سیمها هم جنس هستند، چگالی و هم چنین مقاومت ویژه آنها را هم برابر است و داریم:

$$m_A = m_B \Rightarrow V_A = V_B \Rightarrow L_A A_A = L_B A_B \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \frac{A_B}{A_A} \xrightarrow{(A \propto d^2)} \frac{L_A}{L_B} = \frac{A_B}{A_A} = \left( \frac{d_B}{d_A} \right)^2 = \left( \frac{1}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{1}{2}$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \xrightarrow{(\rho_A = \rho_B)} \frac{R_A}{R_B} = \left( \frac{L_A}{L_B} \right) \left( \frac{A_B}{A_A} \right) \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{1}{4} \Rightarrow R_A = 2/5 \Omega$$

۲۳- گزینه ۲ طول هر یک از سیمهای جدید  $\frac{1}{4}$  طول سیم اولیه است. هم چنین، سطح مقطع سیم چهارلای جدید، ۴ برابر سطح مقطع سیم اولیه

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} = \frac{\frac{1}{4} L_1}{L_1} \times \frac{A_1}{4 A_1} \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{16}$$

است. با این حساب، نسبت مقاومت الکتریکی سیم جدید به مقاومت سیم اولیه برابر است با:

۲۴- **گزینه ۲** **گام اول** پس از تعویض رشته سیم، جریان ۲۰ درصد کاهش می یابد، پس:

$$V = I_1 R_1 = I_2 R_2 \Rightarrow \frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow \frac{0.8 I_1}{I_1} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = 0.8 \quad (I)$$

از طرفی چون ولتاژ دو سر سیم ثابت است، داریم:

**گام دوم** با نوشتن رابطه (I) بر حسب مشخصات فیزیکی مقاومتها خواهیم داشت:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{L_1}{L_2} \times \frac{A_2}{A_1} \Rightarrow 0.8 = \frac{L_1}{L_1 + 0.25 L_1} \times \frac{A_2}{A_1} \Rightarrow 0.8 = \frac{L_1}{1.25 L_1} \times \frac{A_2}{A_1} \Rightarrow \frac{A_2}{A_1} = 1/25 \times 0.8 \Rightarrow \frac{A_2}{A_1} = 1 \quad (II)$$

**گام سوم** اکنون با استفاده از رابطه  $m = \rho V$  خواسته تست را به دست می آوریم:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{V_2}{V_1} \xrightarrow{(V=AL)} \frac{m_2}{m_1} = \frac{A_2}{A_1} \times \frac{L_2}{L_1} \xrightarrow{(II)} \frac{m_2}{m_1} = 1 \times 1/25 \Rightarrow m_2 = 1/25 m_1$$

$$\frac{\Delta m}{m_1} \times 100 = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 = \frac{1/25 m_1 - m_1}{m_1} \times 100 = 0.25 \times 100 = 25$$

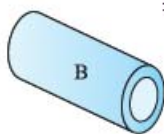
۲۵- **گزینه ۴**  $\frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A}$

$$1 = \frac{2 \rho_B}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{r^2}{\pi r^2} \xrightarrow{(\pi = \pi)} 1 = 2 \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{L_A}{L_B} = \frac{2}{2}$$



۲۶- گزینه ۱

اگر شعاع داخلی کابل B را با  $r_1$  و شعاع خارجی آن را با  $r_0$  نشان دهیم، سطح مقطع قسمت توپر آن برابر است با:



$$A_B = \pi r_0^2 - \pi r_1^2 = \pi(r_0^2 - r_1^2)$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{\rho_A}{\rho_B} \times \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A}$$

بنابراین، می توان نوشت:

$$(\rho_A = \rho_B, L_A = L_B) \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{A_B}{A_A} = \frac{\pi(r_0^2 - r_1^2)}{\pi r_1^2} = \frac{r_0^2 - r_1^2}{r_1^2} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{3}{4}$$

توجه آن قسمت سیم B که جریان از آن عبور می کند، قسمت توپر آن است و به همین دلیل  $A_B$  معرف سطح مقطع قسمت توپر سیم B است.

۲۷- گزینه ۲ **گام اول** مقاومت الکتریکی سیم و قانون اهم:  $V = RI \Rightarrow 3 = R \times 1/2 \Rightarrow R = \frac{3}{1/2} = \frac{3 \times 2}{1} = 6 \Omega$  (I)

**گام دوم** برای جلوگیری از تداخل نمادها، مقاومت ویژه را با  $\rho$  و چگالی را با  $\rho'$  نشان می دهیم.

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow 6 = 1/8 \times 10^{-8} \times \frac{25}{A} \Rightarrow A = 1/8 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$(V = RI) \Rightarrow V = AL = (1/8 \times 10^{-7}) \times 25 = 4/5 \times 10^{-6} \text{ m}^3 = 4/5 \times 10^{-6} \times 10^6 \text{ cm}^3 = 4/5 \text{ cm}^3$$

$$\rho' = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho' V = 8 \times 4/5 = 36 \text{ g}$$

و بالاخره، جرم سیم:

۲۸- گزینه ۱ مقاومت ویژه را با  $\rho$  و چگالی را با  $\rho'$  نشان می دهیم. هم چنین کمیت های مربوط به سیم مسی را با زیروند C و کمیت های مربوط به سیم آلومینیومی را با زیروند A می آوریم.

$$R_C = R_A$$

$$\rho_C \frac{L_C}{A_C} = \rho_A \frac{L_A}{A_A} \xrightarrow{(L_C=L_A)} \frac{1}{3} \rho_A \times \frac{1}{A_C} = \rho_A \times \frac{1}{A_A} \Rightarrow A_A = 3A_C$$

$$m = \rho' V = \rho' AL \Rightarrow \frac{m_A}{m_C} = \left(\frac{\rho'_A}{\rho'_C}\right) \times \left(\frac{A_A}{A_C}\right) \times \left(\frac{L_A}{L_C}\right) = \left(\frac{2/3}{1}\right) \times 3 \times 1 = 2$$

۲۹- گزینه ۴ از رابطه اصلی مقاومت یعنی  $R = \rho \frac{L}{A}$  شروع می کنیم. اگر صورت و مخرج کسر سمت راست را در L و سپس در  $\rho'$  ضرب کنیم، داریم:

$$R = \frac{\rho L}{A} = \rho \frac{L \times L}{A \times L} \xrightarrow{(V=AL)} R = \rho \frac{L^2}{V} = \rho \frac{\rho' L^2}{\rho' V} \xrightarrow{(m=\rho'V)} R = \rho \rho' \frac{L^2}{m}$$

۳۰- **گزینه ۱** **گام اول** اول سراغ مقایسه مساحت مقطع سیم ها می رویم. (چگالی را با  $\rho'$  نشان می دهیم تا با نماد مقاومت ویژه اشتباه نشود.)

$$\rho' = \frac{m}{V} \xrightarrow{(V=AL)} \rho' = \frac{m}{AL} \Rightarrow \frac{\rho'_B}{\rho'_A} = \left(\frac{m_B}{m_A}\right) \left(\frac{A_A}{A_B}\right) \left(\frac{L_A}{L_B}\right) \xrightarrow{\left(\frac{m_B}{m_A} = \frac{2}{3}\right), \left(\frac{\rho'_B}{\rho'_A} = \frac{1}{3}\right), \left(\frac{L_A}{L_B} = 1\right)} \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \times \frac{A_A}{A_B} \times 1 \Rightarrow \frac{A_A}{A_B} = \frac{1}{2} \quad (I)$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \left(\frac{\rho_B}{\rho_A}\right) \left(\frac{L_B}{L_A}\right) \left(\frac{A_A}{A_B}\right) \xrightarrow{(R_A=R_B), (L_A=L_B)} 1 = \frac{\rho_B}{\rho_A} \times 1 \times \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{\rho_B}{\rho_A} = 2$$

**گام دوم** حالا مقایسه مقاومت ها:

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 \Rightarrow 16 = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = 4 \Rightarrow L_2 = 40 \text{ cm}$$

۳۱- گزینه ۲

۳۲- **گزینه ۴** وقتی سیم ذوب می شود و دوباره قالب می گیرد، جرم و در نتیجه حجم آن تغییر نمی کند. بنابراین می توان نوشت:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 L_1 = A_2 L_2 \xrightarrow{(A = \pi r^2)} \frac{L_2}{L_1} = \frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \xrightarrow{(r_2 = \frac{1}{2} r_1)} \frac{L_2}{L_1} = 4$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} = 4 \times 4 = 16$$

۳۳- **گزینه ۴** زیروند ۱ برای سیم اولیه و زیروند ۲ را برای سیم پس از عبور از دستگاه در نظر می گیریم. جرم سیم پس از عبور از دستگاه ۲۰ درصد کاهش می یابد؛ پس:

$$m_2 = m_1 - \frac{20}{100} m_1 = 0.8 m_1 \quad (I)$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{\rho_2}{\rho_1} \times \frac{V_2}{V_1} \xrightarrow{(\rho_2 = \rho_1)} \frac{m_2}{m_1} = \frac{V_2}{V_1} \xrightarrow{(V=AL)} \frac{m_2}{m_1} = \frac{A_2}{A_1} \times \frac{L_2}{L_1}$$

$$\xrightarrow{(A_2 = \frac{1}{2} A_1)} \frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{2} \times \frac{L_2}{L_1} \xrightarrow{(I)} 0.8 = \frac{1}{2} \times \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = 1.6 \quad (II)$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} \xrightarrow{(II)} \frac{R_2}{R_1} = 1.6 \times 2 = 3.2$$

با نوشتن رابطه مقایسه ای برای مقاومت ها، داریم:

۳۴ - گزینه ۲ **کام اول** جرم دو رشته سیم فلزی با یکدیگر برابر ( $m_A = m_B$ ) و چگالی فلز A نصف چگالی فلز B است ( $\rho'_A = \frac{1}{2}\rho'_B$ )؛ بنابراین

$$\rho'_T = \frac{m_T}{V_T} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} = \frac{m_A + m_B}{\frac{m_A}{\rho'_A} + \frac{m_B}{\rho'_B}} = \frac{m_A + m_A}{\frac{m_A}{\rho'_A} + \frac{m_A}{2\rho'_A}} = \frac{2m_A}{\frac{3m_A}{2\rho'_A}} \Rightarrow \rho'_T = \frac{4}{3}\rho'_A \quad (I)$$

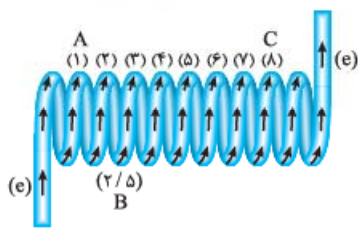
**کام دوم** جرم سیم حاصل، ۲ برابر جرم هر یک از سیم‌های اولیه است؛ پس:

$$m_T = 2m_A \Rightarrow \rho'_T V_T = 2\rho'_A V_A \xrightarrow{(I)} \left(\frac{4}{3}\rho'_A\right) V_T = 2\rho'_A V_A$$

$$\Rightarrow \frac{V_T}{V_A} = \frac{6}{4} = \frac{3}{2} \xrightarrow{(V=AL)} \frac{A_T L_T}{A_A L_A} = \frac{3}{2} \xrightarrow{(L_T=L_A)} \frac{A_T}{A_A} = \frac{3}{2} \quad (II)$$

**کام سوم** اگر مقاومت ویژه سیم A را با  $\rho_A$  و مقاومت ویژه سیم آلیاژ را با  $\rho_T$  نشان دهیم، داریم:

$$\frac{R_T}{R_A} = \frac{\rho_T}{\rho_A} \times \frac{L_T}{L_A} \times \frac{A_A}{A_T} \xrightarrow{(L_T=L_A), (II)} \frac{R_T}{R_A} = 1 \times 1 \times \frac{2}{3} = \frac{2}{3}$$



۳۵ - گزینه ۲ در شکل روبه‌رو، حلقه‌ها را از A تا C شماره‌گذاری کرده‌ایم. A بالای حلقه (۱)، C

بالای حلقه (۸) و B بین حلقه (۲) و (۳) و در پایین است (معادل شماره ۵/۲). جهت شارش الکترون‌ها از A به C و در نتیجه، جهت جریان از C به A است؛ بنابراین، پتانسیل الکتریکی از A به طرف C افزایش می‌یابد ( $V_C > V_B > V_A$ ). مقاومت الکتریکی با طول سیم متناسب است ( $R \propto L$ ) و طول سیم هم با اختلاف شماره حلقه‌ها ( $1 \propto \Delta N$ ). از طرفی، چون جریان الکتریکی (I) ثابت است (شارش یکنواخت الکترون‌ها)، طبق قانون اهم،  $\Delta V \propto R$  می‌باشد؛ بنابراین:

$$(\Delta V \propto R, R \propto L, L \propto \Delta N) \Rightarrow \Delta V \propto \Delta N \Rightarrow \frac{\Delta V_{CB}}{\Delta V_{CA}} = \frac{\Delta N_{CB}}{\Delta N_{CA}} \Rightarrow \frac{V_C - V_B}{V_C - V_A} = \frac{N_C - N_B}{N_C - N_A}$$

$$\xrightarrow{\substack{(V_{max}=V_C=10V) \\ (V_C-V_A=4V)}} \frac{10 - V_B}{14} = \frac{8 - 2/5}{8 - 1} \Rightarrow 10 - V_B = \frac{14 \times 5/5}{7} = 2 \times 5/5 = 11 \Rightarrow V_B = 10 - 11 = -1V$$

۳۶ - گزینه ۲ جریان در قوی‌ترین آذرخش‌ها باید در همان زمان، از برقگیر هم بگذرد؛ چون زمان شارش جریان در برقگیر ناچیز است، آن را

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{q}{t} = \frac{2/5}{6 \times 10^{-6}} = \frac{25 \times 10^{-1}}{6 \times 10^{-6}} = \frac{25}{6} \times 10^4 \text{ A}$$

یکنواخت (ثابت) فرض می‌کنیم:

$$V_{max} = R_{max} I \Rightarrow 75 = R_{max} \times \frac{25}{6} \times 10^4 \Rightarrow R_{max} = \frac{6 \times 75}{25} \times 10^{-4} = 18 \times 10^{-4} \Omega$$

به کمک قانون اهم:

بیشترین مقاومت برقگیر ( $R_{max}$ ) با کم‌ترین مساحت مقطع قاعده‌اش ( $A_{min}$ ) به دست می‌آید:

$$R_{max} = \rho \frac{L}{A_{min}} \Rightarrow 18 \times 10^{-4} = 10^{-7} \times \frac{6}{A_{min}} \Rightarrow A_{min} = \frac{1}{3} \times 10^{-2} \text{ m}^2 \xrightarrow{\substack{(1 \text{ m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2) \\ (1 \text{ cm}^2 = 10^{-2} \text{ mm}^2)}} A_{min} = \frac{1}{3} \text{ cm}^2 = \frac{1000}{3} \text{ mm}^2$$

۳۷ - گزینه ۲ رابطه  $|\Delta V| = Ed$  این‌جا هم برقرار است که d فاصله دو نقطه در راستای خطوط میدان است. «آهنگ انتقال بار» هم به مفهوم

$$\Delta V = EL \Rightarrow E = \frac{V}{L} = \frac{RI}{L} \xrightarrow{(R=\frac{\rho L}{A})} E = \frac{\rho I}{A} = \frac{10^{-8} \times 2}{10^{-6}} = 2 \times 10^{-2} \text{ V/m}$$

جریان است.

۳۸ - گزینه ۲ وقتی لامپ را روشن می‌کنیم، دمای رشته آن بالاتر می‌رود و مقاومت آن افزایش می‌یابد.

۳۹ - گزینه ۲ شیب نمودار I-V ی رسانی با مقاومت آن نسبت عکس دارد. پس  $R_1 > R_2$  و در نتیجه  $\theta_1 > \theta_2$  است.

$$\Delta R = \frac{12}{100} R_0 = 0.12 R_0 \quad \text{گزینه ۲}$$

$$\Delta R = R_0 \alpha \Delta T \Rightarrow 0.12 R_0 = R_0 \alpha \times 80 \Rightarrow 80 \alpha = 0.12 \Rightarrow \alpha = 1/5 \times 10^{-3} \frac{1}{K}$$

$$V = RI \Rightarrow 2/73 = R \times 0/3 \Rightarrow R = 9/1 \Omega$$

۴۱ - گزینه ۱ کار می‌کند یعنی روشن است! مقاومت لامپ روشن:

$$R = R_0 [1 + \alpha(\theta - \theta_0)] \Rightarrow 9/1 = 1 \times [1 + 1/5 \times 10^{-3} \times (\theta - 20)] \Rightarrow 4/5 \times 10^{-3} \times (\theta - 20) = 8/1 \Rightarrow \theta - 20 = 1800 \Rightarrow \theta = 1820^\circ C$$

۴۲ - گزینه ۲ اگر  $R_A$  و  $R_B$  به ترتیب مقاومت رساناهای الکتریکی A و B در دمای  $\theta$  باشند، داریم:

$$R_A = R_B \Rightarrow R_0 [1 + 2\alpha(\theta - 0)] = 1/1 R_0 [1 + \alpha(\theta - 0)] \Rightarrow 1 + 2\alpha\theta = 1/1(1 + \alpha\theta)$$

$$1 + 2\alpha\theta = 1/1 + 1/1\alpha\theta \Rightarrow 0.9\alpha\theta = 0/1 \Rightarrow \theta = \frac{1}{9\alpha}$$



۴۳- گزینه ۱ **گام اول** با توجه به قانون اهم، زمانی جریان مدار حداقل است که مقاومت به بیشترین مقدار خود رسیده باشد؛ در این حالت دمای محیط نیز حداکثر است:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I_{\min} = \frac{V}{R_{\max}} \Rightarrow 0.375 = \frac{66}{R_{\max}} \Rightarrow R_{\max} = 176 \Omega$$

$$\Rightarrow R_s(1 + \alpha\theta_{\max}) = 176 \Rightarrow 100(1 + 0.004\theta_{\max}) = 176 \Rightarrow \theta_{\max} = \frac{1/76 - 1}{0.004} = 190^\circ \text{C}$$

**گام دوم** زمانی جریان مدار به بیشترین مقدار خود می‌رسد که مقاومت و دمای محیط حداقل باشد:

$$I_{\max} = \frac{V}{R_{\min}} \Rightarrow 0.6 = \frac{66}{R_{\min}} \Rightarrow R_{\min} = 110 \Omega \Rightarrow R_s(1 + \alpha\theta_{\min}) = 110 \Rightarrow 100(1 + 0.004\theta_{\min}) = 110 \Rightarrow \theta_{\min} = \frac{1/110 - 1}{0.004} = 25^\circ \text{C}$$

۴۴- گزینه ۱ بنا به فرض تست، مقاومت سیم‌پیچ در دمای  $\theta_s = 0^\circ \text{C}$  برابر  $R_s = 10 \Omega$  و در دمای  $\theta_1 = 100^\circ \text{C}$  برابر  $R_1 = 12 \Omega$  و در دمای مجهول  $\theta_p$  برابر  $R_p = 11/4 \Omega$  است. اگر ضریب دمایی مقاومت ویژه سیم‌پیچ را با  $\alpha$  نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$\Delta R = R_s \alpha \Delta \theta \Rightarrow \begin{cases} R_1 - R_s = R_s \alpha (\theta_1 - \theta_s) \\ R_p - R_s = R_s \alpha (\theta_p - \theta_s) \end{cases} \Rightarrow \frac{R_1 - R_s}{R_p - R_s} = \frac{\theta_1 - \theta_s}{\theta_p - \theta_s} \Rightarrow \frac{12 - 10}{11/4 - 10} = \frac{100 - 0}{\theta_p - 0} \Rightarrow \frac{2}{1/4} = \frac{100}{\theta_p} \Rightarrow \theta_p = 70^\circ \text{C}$$

**نمایش** تغییرات مقاومت متناسب با تغییرات دماست ( $\Delta R \propto \Delta \theta$ )؛ پس:

$$\frac{\Delta R(\Omega)}{12 - 10} = \frac{\Delta \theta(^{\circ}\text{C})}{100 - 0} \Rightarrow \theta_x = 1/4 \times 50 = 70^\circ \text{C}$$

۴۵- گزینه ۱ فرض کنید مقاومت الکتریکی لامپ در دمای  $\theta_s = 0^\circ \text{C}$  برابر  $R_s$  و ضریب دمایی مقاومت ویژه آن برابر  $\alpha$  و دما و مقاومت آن در حالت خاموش به ترتیب  $\theta_1$  و  $R_1$  و در حالت روشن  $\theta_p$  و  $R_p$  باشد؛ در این صورت می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} R_1 = R_s(1 + \alpha\Delta\theta_1) & (\Delta\theta_1 = \theta_1 - \theta_s = \theta_1) \\ R_p = R_s(1 + \alpha\Delta\theta_p) & (\Delta\theta_p = \theta_p - \theta_s = \theta_p) \end{cases} \Rightarrow \frac{R_1}{R_p} = \frac{1 + \alpha\theta_1}{1 + \alpha\theta_p} = \frac{1 + 10\alpha\theta_1}{1 + \alpha\theta_p}$$

$$1 < \frac{1 + 10\alpha\theta_1}{1 + \alpha\theta_p} < \frac{1 + 10\alpha\theta_1}{1 + \alpha\theta_1} \Rightarrow 1 < \frac{R_p}{R_1} < 10 \Rightarrow R_1 < R_p < 10R_1$$

۴۶- گزینه ۱ «مقاومت رسانا مستقل از دماست»، یعنی مقاومت رسانا با وجود تغییر دما، ثابت می‌ماند. بنابراین، اگر کمیت‌های وابسته به نیکروم را با زیروند ۱ و کربن را با زیروند ۲ نشان دهیم، می‌توان گفت:

$$\Delta R = 0 \Rightarrow \Delta R_1 + \Delta R_2 = 0 \Rightarrow R_1 \alpha_1 \Delta \theta + R_2 \alpha_2 \Delta \theta = 0 \Rightarrow R_1 \alpha_1 + R_2 \alpha_2 = 0$$

$$\Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = -\frac{\alpha_1}{\alpha_2} \Rightarrow \frac{\rho_2 L_2}{\rho_1 L_1} = -\frac{\alpha_1}{\alpha_2} \Rightarrow \frac{3/5 \times 10^{-8} \times L_2}{1/5 \times 10^{-6} \times L_1} = \frac{4 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-4}} \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{6}{175}$$

۴۷- گزینه ۳ نسبت اولیه مقاومت‌های ویژه در دمای  $20^\circ \text{C}$  و اختلاف ضریب‌های دمایی مقاومت ویژه، داده شده و نسبت نهایی مقاومت‌های ویژه در دمای  $120^\circ \text{C}$  خواسته شده.

$$\begin{cases} \rho_{TC} = \rho_{1C}(1 + \alpha_C \Delta T) \\ \rho_{NiCr} = \rho_{1NiCr}(1 + \alpha_{NiCr} \Delta T) \end{cases} \Rightarrow \frac{\rho_{TC}}{\rho_{NiCr}} = \left( \frac{\rho_{1C}}{\rho_{1NiCr}} \right) \frac{(1 + \alpha_C \Delta T)}{(1 + \alpha_{NiCr} \Delta T)} \quad (I)$$

در رابطه (I)، کسر شامل ضرایب دمایی مقاومت ویژه را ساده‌تر می‌کنیم:

$$\frac{1 + \alpha_C \Delta T}{1 + \alpha_{NiCr} \Delta T} = \frac{(1 + \alpha_C \Delta T)(1 - \alpha_{NiCr} \Delta T)}{(1 + \alpha_{NiCr} \Delta T)(1 - \alpha_{NiCr} \Delta T)} = \frac{1 + \alpha_C \Delta T - \alpha_{NiCr} \Delta T - \alpha_C \alpha_{NiCr} (\Delta T)^2}{1 - \alpha_{NiCr}^2 (\Delta T)^2}$$

$$\xrightarrow[\text{(چشم‌پوشی از توان ۲ ناچیزها)}]{\text{(چشم‌پوشی از حاصل ضرب ناچیزها)}} \frac{1 + \alpha_C \Delta T}{1 + \alpha_{NiCr} \Delta T} = \frac{1 + (\alpha_C - \alpha_{NiCr}) \Delta T}{1} = 1 - (\alpha_{NiCr} - \alpha_C) \Delta T = 1 - \Delta \alpha \Delta T$$

$$\frac{\rho_{TC}}{\rho_{NiCr}} = \frac{\rho_{1C}}{\rho_{1NiCr}} (1 - \Delta \alpha \Delta T) \xrightarrow{(\Delta T = \Delta \theta = 120 - 20 = 100 \text{ K})} \frac{\rho_{TC}}{\rho_{NiCr}} = 3500 \times (1 - 9 \times 10^{-4} \times 100) = 3185$$

در پایان:

۴۸- گزینه ۱ با افزایش دما در هر دو قطعه، یون‌های داخل قطعه با دامنه بیشتری نوسان می‌کنند و تعداد برخوردهای الکترون‌ها با یون‌ها افزایش می‌یابد؛ در نتیجه سرعت سوق الکترون‌ها کاهش می‌یابد.

**بحث‌بیشتر** در مدار شکل (الف) با افزایش دما، مقاومت رسانا افزایش و جریان مدار کاهش می‌یابد و این به دلیل کاهش سرعت سوق الکترون‌هاست؛ اما در مدار شکل (ب) با افزایش دما، مقاومت نیم‌رسانا کاهش و جریان مدار افزایش می‌یابد. چرا با وجود افزایش جریان، سرعت سوق الکترون‌ها کاهش می‌یابد؟ چون با افزایش دما تعداد الکترون‌های آزاد شده (حامل‌های بار) به شدت افزایش می‌یابد و همین باعث افزایش جریان مدار (علی‌رغم کاهش سرعت سوق) می‌شود.

۴۹- گزینه ۳ با افزایش اختلاف پتانسیل دو سر قطعه کربنی، جریان گذرا از قطعه و در نتیجه، دمای آن افزایش و مقاومت آن کاهش می‌یابد:

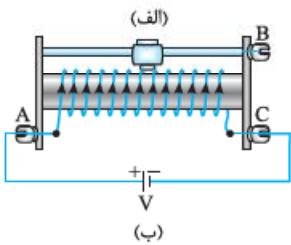
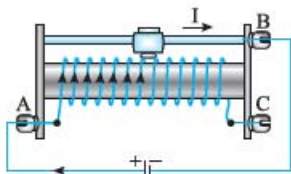
بنابراین، شیب خط مماس بر نمودار  $I-V$  ( $= \frac{1}{R}$  شیب)، باید به تدریج افزایش یابد. ۳ را هر چه سریع‌تر بزنید!

۵۰- گزینه ۳ دمایی که مقاومت ویژه دو ماده برابر می‌شود،  $\theta$  می‌نامیم. با توجه به شکل داریم:

$$\Delta \rho_A = \rho_{A0} \alpha_A \Delta \theta \Rightarrow \rho_1 - 0.1 \rho_1 = 0.1 \rho_1 \alpha_A (\theta - 0) \Rightarrow 0.9 \rho_1 = 0.1 \rho_1 \alpha_A \theta \Rightarrow 4 \alpha_A \theta = 1 \quad (I)$$

$$\Delta \rho_B = \rho_{B0} \alpha_B \Delta \theta \Rightarrow \rho_1 - 1 \rho_1 = 1 \rho_1 \alpha_B (\theta - 0) \Rightarrow -0.1 \rho_1 = 1 \rho_1 \alpha_B \theta \Rightarrow 11 \alpha_B \theta = -1 \quad (II)$$

$$(I), (II) \Rightarrow 4 \alpha_A \theta = -11 \alpha_B \theta \Rightarrow 4 \alpha_A = -11 \alpha_B \Rightarrow \frac{\alpha_A}{\alpha_B} = -\frac{11}{4}$$



۵۱- گزینه ۱ **گام اول** به شکل (الف) توجه بفرمایید. جریان از پایه A به رنوستا وارد و از طریق لغزنده،

میله و پایه B از رنوستا خارج می‌شود. وقتی لغزنده به سمت راست برده می‌شود، طولی از سیم پیچ رنوستا که از آن

$$R \propto L \xrightarrow{(L \uparrow)} R \uparrow$$

جریان می‌گذرد افزایش یافته و مقاومت رنوستا افزایش می‌یابد.

هر چه مقاومت رنوستا بیشتر باشد، جریان مدار کمتر می‌شود. بنابراین:

$$I = \frac{V}{R} \xrightarrow{(V: \text{ثابت})} \frac{V}{(R_2 > R_1)} \rightarrow I_2 < I_1$$

**گام دوم** اگر مطابق شکل (ب) یک سر باتری را به پایه A و سر دیگر را به پایه C وصل کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟

در این صورت جریان مجبور است از پایه A وارد رنوستا و از پایه C خارج شود! یعنی از همه سیم پیچ رنوستا جریان

عبور می‌کند و به بیان دیگر رنوستا با همه طول خود و با بیشترین مقاومت در مدار قرار می‌گیرد. در این شرایط

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow I_{\min} = \frac{V}{R_{\max}}$$

جریان مدار به حداقل مقدار ممکن می‌رسد:

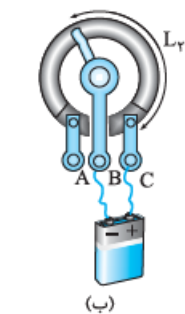
$$I_1 > I_2 > I_3$$

پس جریان مدار در این وضعیت کمتر از بقیه حالت‌ها است:

۵۲- گزینه ۱ **گام اول** وقتی مطابق شکل (الف)، پایانه‌های باتری به خروجی‌های A و B وصل می‌شوند،

طولی از ماده مقاومتی که در مدار قرار می‌گیرد،  $L_1$  و مقاومت آن  $R_1$  است و داریم:

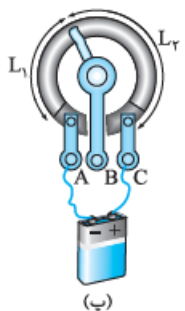
$$R_1 = \frac{V}{I_1} = \frac{12}{3} = 4 \Omega$$



**گام دوم** وقتی مطابق شکل (ب)، پایانه‌های باتری به خروجی‌های B و C وصل می‌شوند، طولی از ماده مقاومتی که

$$R_2 = \frac{V}{I_2} = \frac{12}{2} = 6 \Omega$$

در مدار قرار می‌گیرد  $L_2$  و مقاومت آن  $R_2$  است و داریم:



**گام سوم** وقتی مطابق شکل (پ) پایانه‌های باتری به خروجی‌های A و C وصل می‌شود، جریان از پایه A وارد

ماده مقاومتی می‌شود و از پایه C خارج می‌شود. بنابراین، تمام طول ماده مقاومتی ( $L$ ) در مدار قرار می‌گیرد:

$$L = L_1 + L_2$$

مقاومت کل ماده مقاومتی برابر مجموع مقاومت بین پایانه‌های A و B و بین پایانه‌های B و C است:

$$L = L_1 + L_2 \Rightarrow \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{(L_1 + L_2)}{A} \Rightarrow \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{L_1}{A} + \rho \frac{L_2}{A}$$

$$\Rightarrow R_{AC} = R_{AB} + R_{BC} \Rightarrow R_{AC} = R_1 + R_2 = 4 + 6 = 10 \Omega$$

$$I = \frac{V}{R_{AC}} = \frac{12}{10} = 1.2 \text{ A}$$

جریان مدار در این حالت برابر است با:



۵۳- گزینه ۱ در مقاومت (۱)، رقم اول قرمز (۲) ، رقم دوم بنفش (۷) و ضریب سیاه ( $10^0 = 1$ ) است. بنابراین بدون در نظر گرفتن تolerانس در مقاومت (۱):

$$R_1 = a_1 b_1 \times 10^{n_1} = 27 \times 10^0 = 27 \times 1 = 27 \Omega$$

و با در نظر گرفتن نوار تolerانس (نقره‌ای:  $\pm 10\%$ ):

$$R_1 = 27 \pm (0/10) \times (27) = 27 \pm 2/7 \Rightarrow (R_{1max} = 27 + 2/7 = 29/7 \Omega, R_{1min} = 27 - 2/7 = 24/3 \Omega)$$

در مقاومت (۲)، از پایین به بالا، رقم اول نارنجی ( $a_2 = 3$ ) ، رقم دوم سفید ( $b_2 = 9$ ) و ضریب طلایی ( $10^{-1} = 10^{-1}$ ) است. بنابراین، بدون در نظر گرفتن

$$R_2 = a_2 b_2 \times 10^{n_2} = 39 \times 10^{-1} = 3/9 \Omega$$

tolerانس در مقاومت (۲):

نوار چهارمی در مقاومت (۲) وجود ندارد؛ کد رنگی نوار چهارم در این حالت بی‌رنگ ( $\pm 0/20$ ) به حساب می‌آید؛ (به اشتباه، طلایی را نوار تolerانس نگیرید!) با در نظر گرفتن تolerانس در مقاومت (۲):

$$R_2 = 3/9 \pm (0/20) \times (3/9) = 3/9 \pm 0/78 \Rightarrow (R_{2max} = 3/9 + 0/78 = 4/68 \Omega, R_{2min} = 3/9 - 0/78 = 3/12 \Omega)$$

چون  $R_1 > R_2$  است، بیشترین اختلاف اندازه ممکن ( $\Delta R_{max}$ ) بین مقاومت‌های (۱) و (۲) برابر است با:

$$\Delta R_{max} = R_{1max} - R_{2min} = 29/7 - 3/12 = 26/84 \Omega \Rightarrow \Delta R_{max} \approx 26/6 \Omega \approx 27 \Omega$$

۵۴- گزینه ۲ **گام اول** با توجه به کدهای رنگی نشان داده شده در شکل (الف)، بیشینه و کمینه هر یک از مقاومت‌ها را به دست می‌آوریم:

$$R = 10 \times 10^2 \pm 10 \times (10 \times 10^2) \Rightarrow R_{max} = 10 \times 10^2 + 10 \times 10 \times 10^2 = 11 \times 10^2 \Omega$$

$$R_{min} = 10 \times 10^2 - 10 \times 10 \times 10^2 = 9 \times 10^2 \Omega$$

**گام دوم** با قراردادن هر یک از مقاومت‌ها در مدار شکل (ب) بیشترین و کمترین مقداری که ممکن است آمپرسنج اندازه‌گیری کند، برابر است با:

$$I_{max} = \frac{V}{R_{min}} = \frac{99}{9 \times 10^2} = 11 \times 10^{-2} A = 11 mA$$

$$I_{min} = \frac{V}{R_{max}} = \frac{99}{11 \times 10^2} = 9 \times 10^{-2} A = 9 mA$$

$$\Delta I = I_{max} - I_{min} = 11 - 9 = 2 mA$$

**گام سوم** در نتیجه حداکثر اختلاف مقادیر خوانده‌شده توسط آمپرسنج برابر است با:

$$R = xx \times 10^x$$

۵۵- گزینه ۳ **روش اول** اگر کد رنگی خواسته‌شده را  $x$  بنامیم، داریم:

$$x = 1 \Rightarrow R = 11 \times 10^1 \Omega = 110 \Omega \quad (x = 1 \text{ که رنگ قهوه‌ای است})$$

برای تشکیل یک عدد سه‌رقمی،  $x$  باید ۱ باشد:

سایر گزینه‌ها به ترتیب نشانگر مقاومت‌های  $2200 \Omega$  ،  $33000 \Omega$  و بالاخره صفر هستند که البته این آخری را در بازار مقاومت‌ها زیاد جدی نمی‌گیریم!

**روش دوم** تفاوت عمده این روش با راه‌حل قبلی در بیان ریاضی دقیق‌تر آن است. ببینید:

$$\overline{ab} = 10a + b \Rightarrow R = \overline{xx} \times 10^x = (10x + x) \times 10^x \Rightarrow R = 11x \times 10^x, 10^2 \Omega \leq R < 10^3 \Omega$$

$$\Rightarrow R = 11 \times 10^1 = 110 \Omega, x = 1 \quad (\text{قهوه‌ای})$$

۵۶- گزینه ۳ فرض کنید در رقم یک چک اشتباه شده! کدام اشتباه بزرگ‌تر است؟ یک رقم اشتباه نوشته شده باشد (مثلاً ۲۷۰ تومن بشه ۲۹۰ تومن یا ۲۷۰ تومن یا یک یا چند صفر از رقم‌های آخر چک حذف یا به آن اضافه شده باشد؟ (مثلاً ۲۷۰ تومن بشه ۲۷۰۰۰۰ تومن!) واضح است که اشتباه دوم فجیع‌تر است! در

مقاومت‌ها هم حلقه سوم که تعداد صفرها را مشخص می‌کند، بیشترین تأثیر را در نمایش اندازه مقاومت دارد. در حالتی که نوار سوم قرمز باشد، مقاومت موردنظر برابر  $\overline{ab} \times 10^2$  است و در حالتی که نوار سوم بنفش باشد، مقاومت موردنظر برابر  $\overline{ab} \times 10^7$  است؛ این کجا و آن کجا!

۵۷- گزینه ۳ عدد مربوط به حلقه وسط را  $x$  فرض می‌کنیم. چنانچه دانش‌آموز کدهای رنگی را به طور صحیح و از چپ به راست بخواند، مقدار مقاومت را  $\overline{2x} \times 10^1$  اهم و اگر کدهای رنگی را به اشتباه از راست به چپ بخواند، مقدار مقاومت را  $\overline{1x} \times 10^2$  اهم اندازه‌گیری می‌کند؛ بنابراین:

$$\overline{2x} \times 10^1 - \overline{1x} \times 10^2 = 1250 \Rightarrow 2x \times 10^1 - 1x \times 10^2 = 1250$$

در نتیجه حلقه وسط سبزرنگ است.

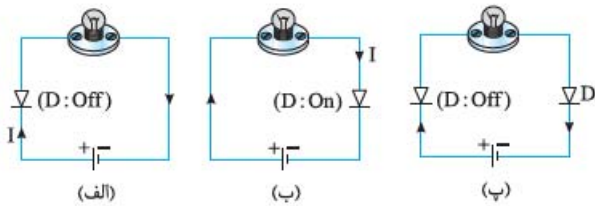
۵۸- گزینه ۲ مقاومت‌های ترکیبی جزء مقاومت‌های ثابت‌اند. روستا مقاومتی است که اندازه آن را می‌توان به طور دستی تنظیم کرد. مقاومت

ترمیستور، تابع دمای محیط و مقاومت نوری تابع میزان روشنایی محیط است.

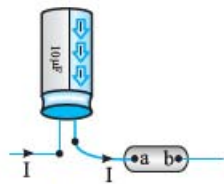
۵۹- گزینه ۲ از ترمیستورها به عنوان حسگر دما استفاده می‌شود. ضریب دمایی مقاومت ویژه ترمیستور باید منفی (اصطلاحاً از نوع NTC) باشد تا با افزایش دمای محیط، مقاومت ترمیستور کاهش و جریان مدار افزایش یابد و زنگ خطر به کار بیفتد.

۶۰- گزینه ۱ اگر در اثر نوسانات برق شهر، جریان مدار افزایش یابد، دمای لامپ و قطعه رسانشی بالا می‌رود. اگر ضریب دمایی ترمیستور منفی باشد، مقاومت آن کاهش می‌یابد و جریان مدار بیشتر از قبل می‌شود که این افزایش ممکن است باعث سوختن لامپ شود. پس باید از ترمیستور با ضریب دمایی مثبت استفاده شود. در این صورت تغییرات کوچکی در جریان و دمای ترمیستور باعث می‌شود مقاومت آن به طور چشم‌گیری افزایش پیدا کند و این افزایش باعث کاهش جریان مدار می‌شود. در LDRها هم افزایش روشنایی لامپ باعث کاهش مقاومت و افزایش جریان مدار و افزایش احتمال سوختن لامپ می‌شود.

۶۱- گزینه ۴ با افزایش شدت نور تابیده بر مقاومت نوری، مقاومت آن کاهش می‌یابد. پس قطعه مورد نظر می‌تواند یک مقاومت نوری باشد. از طرفی ضریب دمایی مقاومت ویژه بعضی ترمیستورها منفی است؛ یعنی با افزایش دمای آن‌ها مقاومتشان کاهش می‌یابد. پس قطعه یادشده ممکن است ترمیستور هم باشد.



۶۲- گزینه ۴ اگر دیودی وجود نداشته باشد، جریان از پایانه مثبت باتری خارج و به پایانه منفی وارد می‌شود. اگر دیود را در جهتی در مدار قرار دهیم که پیکان آن در جهت جریان باشد، دیود اجازه عبور جریان را می‌دهد و لامپ روشن می‌شود و اگر پیکان دیود در خلاف جهت جریان یادشده باشد، دیود مانع برقراری جریان در مدار می‌شود و لامپ خاموش می‌شود. با این اوصاف در شکل (ب) لامپ روشن می‌شود. (در شکل (پ) دیود سمت چپی مثل یک کلید باز مانع برقراری جریان می‌شود).



۶۳- گزینه ۳ خازن باید طوری نصب شود که در زمان شارژ، جریان به صفحه مثبت خازن وارد و از صفحه منفی آن خارج شود (یعنی الکترون‌ها به صفحه منفی وارد و از صفحه مثبت خارج شوند) و عکس این اتفاق نیفتد. اگر دیودی در جهت « $\bullet \rightarrow \bullet$ » بین پایانه‌های  $a$  و  $b$  قرار دهیم، اجازه عبور جریانی در خلاف جهت نشان داده شده در شکل را نمی‌دهد.

۶۴- گزینه ۳ مطابق آنچه در درس‌نامه ۷ (و شکل ۱۸) مشاهده کردید، دیود در صورتی جریان را از خود عبور می‌دهد که ابتدای پیکان آن در مقایسه با نوک پیکان آن به پتانسیل بالاتری وصل شود؛ این‌جوری: پس زمانی که  $a$  و  $c$  به پایانه مثبت و  $b$  به پایانه منفی وصل می‌شود، هر دو دیود جریان را از خود عبور می‌دهند و نور می‌دهند. از ترکیب نور دیودها رنگ زرد ایجاد می‌شود. در حالت دوم داریم:

$$\begin{cases} V_a = -12 \text{ V} \\ V_b = -6 \text{ V} \\ V_c = -3 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_a - V_b = -12 - (-6) = -6 \text{ V} \Rightarrow V_a - V_b < 0 \Rightarrow \text{دیود قرمز روشن نمی‌شود.} \\ V_c - V_b = -3 - (-6) = 3 \text{ V} \Rightarrow V_c - V_b > 0 \Rightarrow \text{دیود سبز روشن می‌شود.} \end{cases}$$

۶۵- گزینه ۳ این تست به مهندسی برق آینده نشون می‌ده چه پوری پایانه‌های دیود رو تشخیص و سالم بودن اون رو چک کنند! اهم‌متر جریان کوچکی از خودش تولید می‌کند! مثل یک باتری! در شکل (الف) دیود در حالت تغذیه مستقیم قرار گرفته ( $\bullet \rightarrow \bullet$ ) و مقاومت بسیار کمی در برابر عبور جریان از خود نشان می‌دهد. در شکل (ب) دیود در حالت تغذیه معکوس قرار می‌گیرد ( $\bullet \leftarrow \bullet$ ) و جریان ناچیزی از آن می‌گذرد و اهم‌متر فکر می‌کند با مقاومت بسیار بزرگی طرف است!

۱- مهندسی برق اصطلاحی بین خودشان دارند و می‌گویند: «دیود از یک طرف راه می‌ره، از یک طرف راه نمی‌ره!!» معمولاً اگر دیود معیوب باشد، با جابه‌جایی پایه‌های آن، عدد اهم‌متر تغییر نمی‌کند (مثلاً در هر دو حالت عدد صفر را نشان می‌دهد).