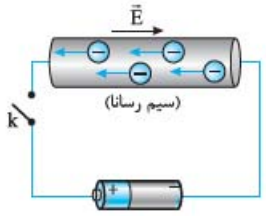
بخش ۲ مقاومت الکتریکی

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.



شکل (۵)

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

قانون اُهم: برای بیشتر فلزات و بسیاری از رساناهای غیرفلزی در دمای ثابت، **نسبت اختلاف پتانسیل به جریان عبوری مقدار ثابتی است.** این مقدار ثابت **«مقاومت الکتریکی»** نام دارد و با R نشان داده می‌شود.

رابطهٔ (۲) $R = \frac{V}{I}$

- یکای مقاومت الکتریکی «ولت بر آمپر (V/A)» است و به اختصار «اهم (Ω)» نامیده می‌شود.
- رسانایی را که مقاومت الکتریکی دارد، در اصطلاح «مقاومت» می‌نامیم و با نماد مداری « —WW— » نشان می‌دهیم.
- مقاومت یک رسانا را می‌توان با وسیله‌ای به نام «اهم‌متر» 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**[1]، 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 نقطهٔ a از نقطهٔ b بیشتر است و طبق قانون اهم می‌توان نوشت: $V_a - V_b = RI$

شکل (۶)

نتیجهٔ ۱ **هرگاه در جهت جریان الکتریکی از رسانایی به مقاومت R عبور کنیم، پتانسیل الکتریکی به اندازهٔ RI کاهش می‌یابد.**

نمونه در شکل ۶، اگر از نقطهٔ a به سمت b حرکت کنیم، می‌توانیم بنویسیم: $V_a - RI = V_b$

نتیجهٔ ۲ **هرگاه در خلاف جهت جریان الکتریکی از رسانایی به مقاومت R عبور کنیم، پتانسیل الکتریکی به اندازهٔ RI افزایش می‌یابد.**

نمونه در شکل ۶، اگر از نقطهٔ b به سمت a حرکت کنیم، می‌توان نوشت: $V_b + RI = V_a$

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 درس‌نامهٔ (۷) بیشتر صحبت می‌کنیم.

پاسخ گزینهٔ «۲» **گام 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:

$$I=\frac{V}{R}\Rightarrow\frac{I'}{I}=\frac{R}{R'}\Rightarrow\frac{I'}{I}=\frac{R}{R-\frac{۲۰}{۱۰۰}R}=\frac{R}{۰/۸R}=\frac{۱}{۰/۸}\Rightarrow\frac{I'}{I}=۱/۲۵$$

$$\frac{\Delta I}{I}\times۱۰۰=\frac{I'-I}{I}\times۱۰۰=\frac{۱/۲۵I-I}{I}\times۱۰۰=۰/۲۵\times۱۰۰=٪۲۵$$

گام دوم برای حالتی که مقاومت ۲۵ درصد افزایش می‌یابد، جریان گذرنده از آمپرسنج I'' می‌شود و داریم: $R''=R+\frac{۲۵}{۱۰۰}R=۱/۲۵R$

$$\frac{I''}{I}=\frac{R}{R''}\Rightarrow\frac{I''}{I}=\frac{R}{۱/۲۵R}\Rightarrow\frac{I''}{I}=\frac{۱}{۱/۲۵}=۰/۸$$

$$\frac{\Delta I}{I}\times۱۰۰=\frac{I''-I}{I}\times۱۰۰=\frac{۰/۸I-I}{I}\times۱۰۰=-۰/۲\times۱۰۰=٪(-۲۰)$$

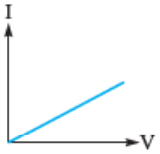
۲ مقاومت الکتریکی یک رسانا به اختلاف پتانسیل دو سر آن و جریان عبوری از آن بستگی ندارد.

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:

$$R=\frac{V}{I}\begin{matrix}\rightarrow\text{۲ برابر}\\\rightarrow\text{۲ برابر}\end{matrix}\leftarrow\text{۱ برابر}$$

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.

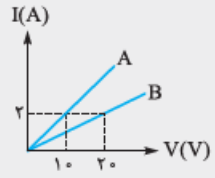
برای نمونه، در شکل ۷ داریم: $m=\frac{I}{V}=\frac{۱}{R}$ (شیب خط)



شکل (۷)

نتیجه هر چه مقاومت الکتریکی یک رسانا بزرگ‌تر باشد، شیب نمودار جریان برحسب ولتاژ دو سر آن، کوچک‌تر است. $(R\uparrow\Rightarrow m\downarrow)$

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 ـ ۸۵)*



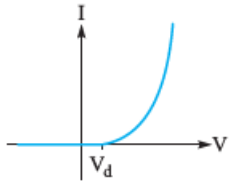
۱) ۲ ۲) ۵ ۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) $\frac{۱}{۵}$

پاسخ گزینهٔ «۱»

$$R=\frac{V}{I}\Rightarrow\frac{R_B}{R_A}=\frac{\frac{V_B}{I_B}}{\frac{V_A}{I_A}}=\frac{V_B}{V_A}\times\frac{I_A}{I_B}=\frac{۲۰}{۱۰}\times\frac{۲}{۲}=۲$$

توجه شیب نمودار A دو برابر شیب نمودار B است (چرا؟). پس مقاومت A، $\frac{۱}{۲}$ برابر مقاومت B است.

۴ دیودها مانند مقاومت‌ها از اجزای مدارهای الکترونیکی هستند که نمودار $I-V$ آن‌ها تقریباً مطابق شکل ۸ است.



شکل (۸)

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.[۱] دیودها انواع و اقسام مختلفی دارند که «دیود نوری (LED)» از آن جمله است.[۲]

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

۲ـ 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.

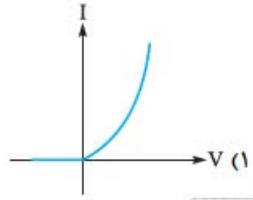
پرسش‌های چهارگزینه‌ای

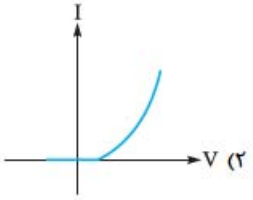
رسانای اهمی و غیراهمی

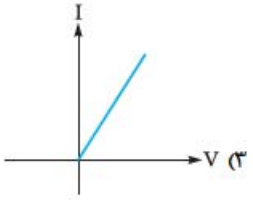
۱۳- کدام‌یک از وسایل زیر ممکن است یک رسانای اهمی باشد؟

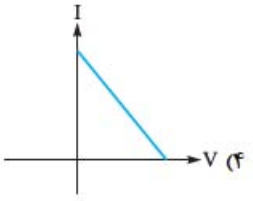
۱) دیود نورگسیل ۲) خازن ۳) المنت اجاق برقی ۴) بلوک سیمانی

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

۱) 

۲) 

۳) 

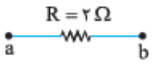
۴) 

قانون اهم

۱۵- معادلهٔ 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 ۱۰۰ V می‌شود؟

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

۱۶- در شکل زیر، پتانسیل نقطهٔ a برابر ۵ V− است و در هر دقیقه $1/5\times10^{21}$ الکترون از نقطهٔ a به نقطهٔ b می‌روند. پتانسیل نقطهٔ b چند ولت است؟ ($e = 1/6\times10^{-19}$ C)

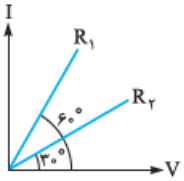


۱) ۱۳− ۲) ۹− ۳) ۱− ۴) ۳+

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 (۱ V و ۱ A) هم‌اندازه انتخاب شده‌اند.)



۱) $\frac{1}{2}$ ۲) $\frac{1}{3}$ ۳) ۲ ۴) ۳

۳) اثر جنس و ابعاد رسانا در مقاومت آن

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

رابطهٔ (۳) $R = \rho\frac{L}{A}$

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

⚠ ρ را با چگالی جسم که همین نماد را دارد اشتباه نگیرید!

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

استراتژی و نکات لازم برای حل تست‌های این بخش:

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

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

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

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

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 تجربی ـ ۹۱)*

۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) ۲ ۳) ۴ ۴) ۸

پاسخ گزینهٔ «۴» چون سیم‌های A و B هم‌جنس هستند، مقاومت ویژهٔ آن‌ها برابر است و داریم: $\rho_A = \rho_B$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B} \times (\frac{D_B}{D_A})^۲ = \frac{۲L_B}{L_B} \times (\frac{D_B}{\frac{۱}{۲}D_B})^۲ = ۲ \times ۴ = ۸$$

۲) فرض کنید سیمی به طول $L_۱$ و مساحت مقطع $A_۱$ را مانند شکل ۹ از دستگاهی مثل پرس عبور می‌دهیم، طوریکه طول آن به $L_۲$ و مساحت مقطع آن به $A_۲$ برسد. در این عمل، جرم و در نتیجه حجم سیم ثابت می‌ماند و داریم:

شکل (۹)

$$V_۱ = V_۲ \Rightarrow A_۱L_۱ = A_۲L_۲ \Rightarrow \frac{L_۲}{L_۱} = \frac{A_۱}{A_۲} \Rightarrow \frac{R_۲}{R_۱} = \frac{L_۲}{L_۱} \times \frac{A_۱}{A_۲} = \frac{L_۲}{L_۱} \times \frac{L_۲}{L_۱} \Rightarrow \frac{R_۲}{R_۱} = (\frac{L_۲}{L_۱})^۲$$

نتیجه اگر با ثابت‌ماندن جرم یک سیم، طول آن n برابر شود، مقاومت آن $n^۲$ برابر می‌شود: $L_۲ = nL_۱ \Rightarrow R_۲ = n^۲R_۱$

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) $\frac{\pi}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{\pi}$ ۳) $\frac{\pi^۲}{۱۶}$ ۴) $\frac{۱۶}{\pi^۲}$

پاسخ گزینهٔ «۴» زیروند ۱ را 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:

$$m_۱ = m_۲ \Rightarrow \rho_۱V_۱ = \rho_۲V_۲ \xrightarrow{(\rho_۱=\rho_۲)} V_۱ = V_۲ \Rightarrow A_۱L_۱ = A_۲L_۲$$

$$(a^۲)L_۱ = (\frac{\pi a^۲}{۴}) \times L_۲ \Rightarrow \frac{L_۲}{L_۱} = \frac{۴}{\pi}$$

در نتیجه:

$$\frac{R_۲}{R_۱} = \frac{L_۲}{L_۱} \times \frac{A_۱}{A_۲} = \frac{۴}{\pi} \times \frac{a^۲}{\frac{\pi a^۲}{۴}} = \frac{۴}{\pi} \times \frac{۴}{\pi} \Rightarrow \frac{R_۲}{R_۱} = \frac{۱۶}{\pi^۲}$$

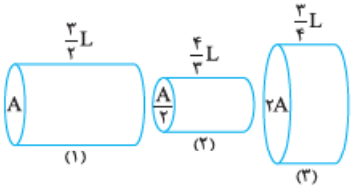
پرسش‌های چهارگزینه‌ای

بیشتر تست‌های این قسمت به شکل مقایسه‌ای مطرح می‌شه. توجه بفرمایید.

۱۹- از سیم بلندی به طول ۴ km و مقاومت ۲ Ω، جریان ۵ A عبور می‌کند. اختلاف پتانسیل بین دو نقطه از سیم که به فاصلهٔ ۱۰ متری از یکدیگر قرار دارند، چند ولت است؟

۱) $۲/۵ \times ۱۰^{-۲}$ ۲) ۱ ۳) ۱۰ ۴) ۲۵

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



۱) $I_۳ > I_۱ > I_۲$
۲) $I_۲ > I_۱ > I_۳$
۳) $I_۲ > I_۳ > I_۱$
۴) $I_۱ > I_۲ > I_۳$

۲۱- ابعاد یک مکعب‌مستطیل فلزی ۱، ۲ و ۴ سانتی‌متر است. این مکعب‌مستطیل را می‌توان از هر یک از دو وجه موازی آن در مدار قرار داد. نسبت بزرگ‌ترین مقاومت به کوچک‌ترین مقاومت آن چند است؟ (سراسری ریاضی ـ ۶۹)

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۶ ۴) ۲۴

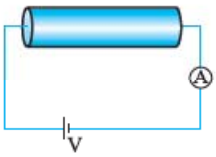
۲۲- جرم دو سیم مسی A و B با هم برابر است ولی قطر مقطع سیم A، $\sqrt{2}$ برابر قطر مقطع سیم B است. اگر مقاومت الکتریکی سیم B برابر $10\,\Omega$ باشد، مقاومت الکتریکی سیم A چند اهم است؟ (سراسری ریاضی ـ ۹۰)

۱) ۲/۵ ۲) ۵ ۳) ۱۲/۵ ۴) ۲۰

۲۳- سیم لُختی را به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم و در کنار هم قرار می‌دهیم. مقاومت الکتریکی سیم جدید چند برابر قبلی است؟

۱) ۱۶ ۲) $\frac{1}{16}$ ۳) $\frac{1}{4}$ 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 می‌دهد، ۲۰درصد کاهش می‌یابد. جرم قطعه‌سیم تعویض‌شده نسبت به جرم قطعه‌سیم 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 دایره‌ای به شعاع r و مقطع سیم B مربعی به ضلع r است. در صورتی که سطح مقطع هر دو سیم یکنواخت و مقاومت ویژهٔ 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) $\frac{1}{6}$ ۲) ۶ ۳) $\frac{2}{3}$ ۴) $\frac{3}{2}$

۲۶- دو کابل رسانای هم‌طول و هم‌جنس A و B مفروض‌اند. 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، نوشتهٔ «دیوید هالیدی» و رفقا!)

۱) $\frac{3}{4}$ ۲) $\frac{4}{3}$ ۳) $\frac{1}{2}$ ۴) ۲

هواستون باشه چگالی و مقاومت ویژهٔ یک جسم، هر دو رو با ρ نشون می‌دیم، 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 ۱/۲ آمپر عبور می‌کند. اگر مقاومت ویژهٔ سیم $1/8\times10^{-8}\ \Omega.m$ و چگالی آن $8\ g/cm^3$ باشد، جرم سیم چند گرم است؟ (سراسری ریاضی ـ ۹۶، خارج از کشور)

۱) ۱۸ ۲) ۳۶ ۳) ۵۴ ۴) ۷۲

۲۸- دو سیم هم‌طول مسی و آلومینیمی، در یک دمای معین، دارای مقاومت الکتریکی مساوی‌اند. اگر چگالی مس و آلومینیم به ترتیب $9\ g/cm^3$ و $2/7\ g/cm^3$ و مقاومت ویژهٔ مس $\frac{1}{2}$ برابر مقاومت ویژهٔ آلومینیم باشد، جرم سیم آلومینیمی چند برابر سیم مسی است؟ (سراسری ریاضی ـ ۹۶)

۱) $\frac{3}{5}$ ۲) $\frac{4}{5}$ ۳) $\frac{5}{4}$ ۴) $\frac{5}{3}$

۲۹- رشته سیمی به طول L، جرم m، مقاومت ویژهٔ ρ و چگالی ρ′ 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 مساوی‌اند. اگر جرم سیم B، $\frac{2}{3}$ جرم سیم A بوده و چگالی آن $\frac{1}{3}$ چگالی سیم A باشد، مقاومت ویژهٔ سیم B چند برابر مقاومت ویژهٔ سیم A است؟ (سراسری تجربی ـ ۹۵)

۱) $\frac{1}{3}$ ۲) $\frac{1}{2}$ ۳) ۳ ۴) ۲

وقتی جرم سیم تغییر نمی‌کنه، حجم اون هم تغییری نمی‌کنه. در حل تست‌های زیر به این نکته توجه کنید.

۳۱- طول یک سیم فلزی ۱۰ سانتی‌متر و قطر مقطع آن ۲ mm است. اگر سیم را از ابزاری عبور دهیم تا بدون تغییر جرم، مقاومت الکتریکی آن ۱۶ برابر شود، طول آن چند سانتی‌متر می‌شود؟ *(سراسری تجربی - ۹۳)*

۱) ۲/۵ ۲) ۴۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۶۰

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) ۲ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۶

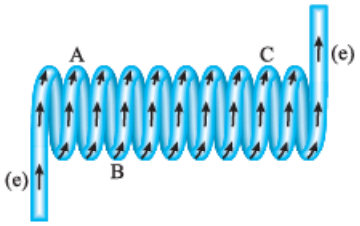
۳۳- سیم فلزی را از دستگاهی خاص عبور می‌دهیم. پس از عبور از دستگاه، جرم سیم ۲۰ درصد کاهش یافته و سطح مقطع آن نصف می‌شود. مقاومت الکتریکی سیم حاصل چند برابر مقاومت الکتریکی سیم اولیه است؟

۱) ۰/۵ ۲) ۱ ۳) ۱/۶ ۴) ۳/۲

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 ویژهٔ فلزهای A، B و مخلوط آن‌ها با یکدیگر برابر است.)

۱) $\frac{۱}{۲}$ ۲) $\frac{۲}{۳}$ ۳) $\frac{۳}{۲}$ ۴) ۲

۳۵- در شکل زیر، پیکان‌ها جهت شارش یکنواخت الکترون‌ها را در مقاومت سیم‌پیچ با ساختار یکنواخت نشان می‌دهند. اگر اندازهٔ اختلاف پتانسیل بین دو نقطهٔ A و C (که درست بالای حلقه‌ای از مقاومت هستند)، ۱۴ V و بیشترین پتانسیل الکتریکی بین سه نقطهٔ A، B و C برابر با ۱۰ V باشد، پتانسیل الکتریکی B (درست زیر حلقه‌ای از مقاومت) چند ولت است؟



۱) −۱/۵
۲) −۱
۳) +۱
۴) +۱/۵

دوتا تست محاسباتی خوب هم ببینید!

۳۶- میلهٔ استوانه‌ای‌شکل یک برقگیر آهنی به طول ۶ m در اتصال با زمین، در کنار ساختمانی قرار دارد. اندازه‌گیری‌ها در محل نشان می‌دهد که در قوی‌ترین آذرخش‌ها، بار ۲/۵ C در زمان ۶۰ μs از ابر به زمین تخلیه می‌شود. اگر بخواهیم بیشترین ولتاژ قابل تحمل برقگیر ۷۵ ولت باشد، کم‌ترین مساحت مقطع (قاعدهٔ) میله را چند میلی‌متر مربع باید بگیریم؟ (مقاومت ویژهٔ آهن را $۱۰^{-۷}\ \Omega.m$ و اثر نوکِ تیز برقگیر را بر شکل هندسی آن نادیده بگیرید.)

۱) ۳۰ ۲) $\frac{۱۰۰}{۳}$ ۳) ۳۰۰ ۴) $\frac{۱۰۰۰}{۳}$

۳۷- سطح مقطع سیم رسانایی $۱\ mm^۲$ و مقاومت ویژه‌اش $۱۰^{-۸}\ \Omega.m$ است. اگر بار الکتریکی با آهنگ ثابت ۲ C/s از سیم عبور کند، بزرگی میدان الکتریکی در سیم چند ولت بر متر است؟

۱) صفر ۲) ۲×۱۰^{-۲} ۳) ۵×۱۰^{-۳} ۴) ۲×۱۰^{۲}

۴) تغییر مقاومت ویژه با دما

عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی:

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

۲ **تعداد حامل‌های بار:** فرض کنید با ثابت‌ماندن 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 دامنهٔ 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.**

رابطهٔ مقاومت و مقاومت ویژه با دما: تغییر مقاومت الکتریکی یک جسم در اثر تغییر دما به خاطر تغییر مقاومت ویژهٔ آن است.

اگر مقاومت ویژه و مقاومت یک رسانا را در دمای مرجع $T_۰$[۱] به ترتیب با $\rho_۰$ و $R_۰$ و مقاومت ویژه و مقاومت آن را در دمای T با ρ و R نشان دهیم، روابط زیر برقرار است:

رابطهٔ (۴) $R = R_۰[۱ + \alpha(T - T_۰)]$

$\Rightarrow R = R_۰ + R_۰\alpha\Delta T \Rightarrow$ رابطهٔ (۵) $\Delta R = R_۰\alpha\Delta T$

رابطهٔ (۶) $\rho = \rho_۰[۱ + \alpha(T - T_۰)]$

$\rho = \rho_۰ + \rho_۰\alpha\Delta T \Rightarrow$ رابطهٔ (۷) $\Delta\rho = \rho_۰\alpha\Delta T$

به α «ضریب دمایی مقاومت ویژه» گفته می‌شود و یکای آن در SI «بر کلوین $(K^{-۱})$» است. **ضریب دمایی مقاومت ویژه برای رساناهای فلزی مثبت و برای اغلب نیم‌رساناها منفی است.**

توجه تغییرات دما برحسب درجهٔ سلسیوس و کلوین یکسان است؛ بنابراین در روابط فوق به جای ΔT (تغییر دما برحسب کلوین) می‌توانید از $\Delta\theta$ (تغییر دما برحسب درجهٔ سلسیوس) استفاده کنید.

تست مقاومت یک سیم مسی در دمای $۲۰\,^\circ C$ برابر $۴۰\,\Omega$ است. از سیم جریان الکتریکی عبور می‌کند و در اثر افزایش دما، مقاومت الکتریکی آن به $۴۶/۸\,\Omega$ می‌رسد. دمای سیم در این حالت، چند درجهٔ سلسیوس شده است؟ $(\alpha_{مس} = ۰/۰۰۶۸\,K^{-۱})$ *(سراسری ریاضی ـ ۹۳)*

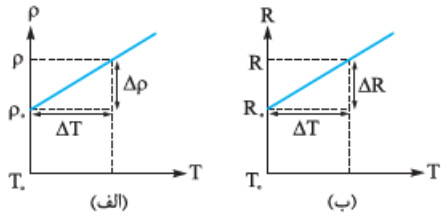
۱) ۲۲/۵ ۲) ۲۵ ۳) ۳۷/۵ ۴) ۴۵

پاسخ گزینهٔ «۴»

$$R = R_۰(۱ + \alpha\Delta T) \Rightarrow ۴۶/۸ = ۴۰ \times (۱ + ۰/۰۰۶۸ \times \Delta T) \xrightarrow{\Delta T = \Delta\theta} ۴۶/۸ = ۴۰ + ۴۰ \times ۶۸ \times ۱۰^{-۴} \times \Delta\theta$$

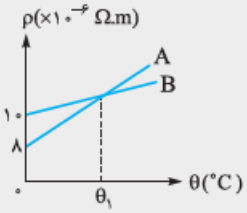
$$\Rightarrow \frac{۶۸}{۱} = ۴۰ \times \frac{۶۸}{۱۰} \times ۱۰^{-۴} \times \Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{۱۰^۴}{۴۰۰} = \frac{۱۰۰}{۴} = ۲۵ \Rightarrow \theta - \theta_۰ = ۲۵ \Rightarrow \theta - ۲۰ = ۲۵ \Rightarrow \theta = ۴۵^\circ C$$

نمودارهای $\rho - T$ و $R - T$ در رساناهای فلزی: طبق رابطهٔ $\rho = \rho_۰ + \rho_۰\alpha\Delta T$ با فرض ثابت‌ماندن α، نمودار مقاومت ویژه برحسب دما خط راستی است که عرض از مبدأ آن $\rho_۰$ و شیب آن $\rho_۰\alpha$ است (شکل ۱۰ ـ الف). به همین ترتیب نمودار مقاومت برحسب دما خطی است راست که عرض از مبدأ آن $R_۰$ و شیب آن $R_۰\alpha$ است (شکل ۱۰ ـ ب).



شکل (۱۰)

تست نمودار تغییرات مقاومت ویژهٔ دو فلز A و B برحسب دما مطابق شکل روبه‌رو است. اگر ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ دو فلز A و B به ترتیب $۵\times۱۰^{-۳}\,K^{-۱}$ و $۲\times۱۰^{-۳}\,K^{-۱}$ باشد، $\theta_۱$ چند درجهٔ سلسیوس است؟ (دمای مرجع $۰\,^\circ C$ در نظر گرفته شود.)



۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۵۰۰ ۴) ۱۰۰۰

۱ـ معمولاً $T_۰$ را دمای اتاق ($۲۹۳\,K$ یا $۲۰\,^\circ C$) در نظر می‌گیرند.

پاسخ گزینهٔ «۲» از روی نمودارها مشخص می‌شود: $\rho_{\circ A}=۸\times۱۰^{-۶}\ \Omega.m \quad , \quad \rho_{\circ B}=۱۰\times۱۰^{-۶}\ \Omega.m$

حالا رابطهٔ مقاومت ویژهٔ هر فلز با دما را می‌نویسیم:

$$\rho_A=\rho_{\circ A}+\rho_{\circ A}\alpha_A\Delta\theta_A=۸\times۱۰^{-۶}+(۸\times۱۰^{-۶})\times(۵\times۱۰^{-۳})\times(\theta_A-\circ)=۸\times۱۰^{-۶}+۴\times۱۰^{-۸}\theta_A$$

$$\rho_B=\rho_{\circ B}+\rho_{\circ B}\alpha_B\Delta\theta_B=۱۰\times۱۰^{-۶}+(۱۰\times۱۰^{-۶})\times(۲\times۱۰^{-۳})\times(\theta_B-\circ)=۱۰\times۱۰^{-۶}+۲\times۱۰^{-۸}\theta_B$$

در دمای $\theta_۱$، مقاومت ویژهٔ دو جسم برابر می‌شود: $\rho_A=\rho_B$

$$۸\times۱۰^{-۶}+۴\times۱۰^{-۸}\theta_۱=۱۰\times۱۰^{-۶}+۲\times۱۰^{-۸}\theta_۱ \Rightarrow ۲\times۱۰^{-۸}\theta_۱=۲\times۱۰^{-۶} \Rightarrow \theta_۱=۱۰۰\ ^\circ C$$

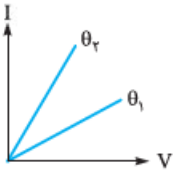
دماسنج مقاومت پلاتینی: دماسنج مقاومت پلاتینی یکی از سه دماسنج **معیار** است که کمیت دماسنجی در آن مقاومت الکتریکی ماده است؛ یعنی از وابستگی مقاومت الکتریکی به دما در ساخت آن‌ها استفاده می‌کنند و با اندازه‌گیری مقاومت جسم می‌توان به دمای محیط اطراف دماسنج پی برد. محدودهٔ دماسنجی با دماسنج‌های الکلی یا جیوه‌ای بسیار محدود است. اما با استفاده از دماسنج‌های مقاومت پلاتینی می‌توان دماهایی در محدودهٔ ۱۴ K تا ۱۲۳۵ K را اندازه گرفت. پلاتین، کم‌تر دچار خوردگی می‌شود و نقطهٔ ذوب بالایی هم دارد. به همین دلیل در ساخت این دماسنج‌ها از پلاتین استفاده می‌شود.

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۳۸- مقاومت الکتریکی لامپ معمولی با رشتهٔ تنگستن: *(سراسری تجربی ـ ۹۴)*

۱) پس از روشن‌شدن لامپ، کاهش می‌یابد.
۲) پس از روشن‌شدن لامپ، به صفر می‌رسد.
۳) هنگامی که لامپ خاموش است، صفر است.
۴) هنگام روشن‌بودن، بیشتر از هنگام خاموش‌بودن است.

۳۹- نمودار جریان عبوری از یک فلز برحسب اختلاف پتانسیل دو سر آن در دماهای $\theta_۱$ و $\theta_۲$ به شکل زیر است. کدام‌یک از مقایسه‌های زیر درست است؟



۱) $\theta_۱=\theta_۲$
۲) $\theta_۱>\theta_۲$
۳) $\theta_۲>\theta_۱$
۴) هر سه گزینه ممکن است.

۴۰- مقاومت الکتریکی یک سیم رسانا در اثر ۸۰° C افزایش دما، ۱۲ درصد افزایش می‌یابد. ضریب دمایی مقاومت در SI کدام است؟ *(آزمایشی آموزش و پرورش شهر تهران ـ ۸۷)*

۱) ۱۵×۱۰^{-۳} ۲) $۱/۵\times۱۰^{-۳}$ ۳) ۲×۱۰^{-۳} ۴) ۳×۱۰^{-۳}

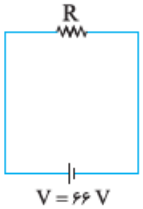
۴۱- لامپ یک چراغ‌قوهٔ معمولی در ۰/۳ A و ۲/۷۳ V کار می‌کند. اگر مقاومت رشتهٔ تنگستنی این لامپ در دمای اتاق (۲۰° C) برابر ۱Ω باشد، دمای این رشته وقتی لامپ روشن است، چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ (ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ تنگستن $۴/۵\times۱۰^{-۳}\ K^{-۱}$ است.)

۱) ۱۸۲۰ ۲) ۱۷۲۰ ۳) ۱۶۲۰ ۴) ۱۵۲۰

۴۲- دو مقاومت اهمی A و B مفروض است. اندازهٔ این دو مقاومت در دمای ۰° C به ترتیب $R_\circ$ و $۱/۱R_\circ$ و ضرایب دمایی آن‌ها به ترتیب ۲α و α است. در دمای θ اندازهٔ این دو مقاومت برابر می‌شود. θ کدام است؟

۱) $\frac{۱}{۲\alpha}$ ۲) $\frac{۱}{۹\alpha}$ ۳) ۲α ۴) ۹α

۴۳- در مدار شکل زیر، ولتاژ دو سر باتری ثابت و برابر ۶۶ V و اندازهٔ مقاومت R در دمای ۰° C برابر ۱۰۰ Ω است. اگر کم‌ترین جریانی که از مقاومت عبور می‌کند ۳۷۵ mA و بیشترین جریان عبوری از آن ۶۰۰ mA باشد، به ترتیب حداقل و حداکثر دمای محیطی که مقاومت R در آن قرار گرفته است، چند درجهٔ سلسیوس است؟ (ضریب دمایی مقاومت R برابر با $۰/۰۰۴\ K^{-۱}$ است.)



۱) ۱۰، ۱۵۰
۲) ۱۰، ۱۹۰
۳) ۲۵، ۱۵۰
۴) ۲۵، ۱۹۰

۴۴- سیم‌پیچ یک دماسنج مقاومت پلاتینی، وقتی در داخل یخ در حال آب شدن قرار گیرد، دارای مقاومت ۱۰ Ω و وقتی در آب جوش قرار گیرد، دارای مقاومت ۱۲ Ω است. مقاومت این سیم‌پیچ وقتی در جسم دیگری قرار داده می‌شود، ۱۱/۴ Ω است. دمای این جسم چند درجهٔ سلسیوس است؟ *(هیئت امتحانات ایالتی انگلستان، با تغییر)*

۱) ۱۴ ۲) ۲۰ ۳) ۳۰ ۴) ۷۰

۴۵- اگر دمای یک لامپ معمولی در حالت روشن (برحسب درجهٔ سلسیوس) ۱۰ برابر دمای لامپ در حالت خاموش باشد، مقاومت الکتریکی لامپ در حالت روشن:

۱) برابر با حالت خاموش است.
۲) ۱۰ برابر حالت خاموش است.
۳) بیشتر از ۱۰ برابر حالت خاموش است.
۴) کم‌تر از ۱۰ برابر حالت خاموش و بیشتر از حالت خاموش است.

۴۶- رسانایی شامل دو میله از جنس نیکروم و کربن، با سطح مقطع برابر است که از یک انتها به هم جوش خورده‌اند. اگر مقاومت الکتریکی این رسانا مستقل از دما باشد، با توجه به جدول مقابل، طول میلهٔ کربنی چند برابر میلهٔ نیکرومی است؟ (مقادیر داخل جدول در دمای ۲۰° C برقرارند.)

	مقاومت ویژه ($\Omega.m$)	ضریب دمایی (K^{-1})
نیکروم	$۱/۵\times۱۰^{-۶}$	۴×۱۰^{-۴}
کربن	$۳/۵\times۱۰^{-۵}$	-۵×۱۰^{-۴}

۱) $\frac{۶}{۱۷۵}$ ۲) $\frac{۱۷۵}{۶}$ ۳) $\frac{۱۴}{۷۵}$ ۴) $\frac{۷۵}{۱۴}$

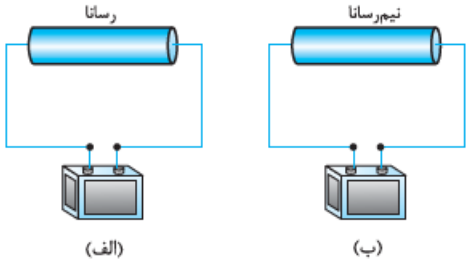
برای حل تست بعدی به این نکته توجه کنید که ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ کربن و نیکروم، کوچک و به ترتیب از مرتبهٔ $۱۰^{-۵}$ و $۱۰^{-۶}$ اهم‌متر است.

۴۷- با توجه به جدول زیر، نسبت مقاومت ویژهٔ کربن به مقاومت ویژهٔ نیکروم در دمای ۱۲۰° C تقریباً چه اندازه است؟ (داده‌های جدول را در این محدوده ثابت بگیرید.)

دو مادهٔ مورد مقایسه	نسبت مقاومت‌های ویژه در دمای ۲۰° C (یعنی $\frac{\rho_C}{\rho_{NiCr}}$)	اختلاف ضریب‌های دمایی مقاومت ویژه (یعنی $\Delta\alpha=\alpha_{NiCr}-\alpha_C$) برحسب K^{-1}
نیکروم (NiCr) و کربن (C)	۳۵۰۰	۹×۱۰^{-۴}

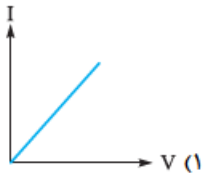
۱) ۳۶۳۰
۲) ۳۳۱۵
۳) ۳۱۸۵
۴) ۲۸۷۰

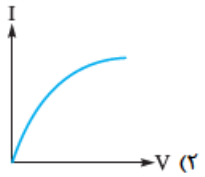
۴۸- در مدارهای شکل زیر، اگر دمای محیط افزایش یابد، سرعت سوق الکترون‌ها در قطعهٔ رسانا شکل (الف) و قطعهٔ نیم‌رسانا شکل (ب) به ترتیب چگونه تغییر می‌کند؟ (اختلاف پتانسیل دو سر قطعه‌ها ثابت فرض می‌شود.)

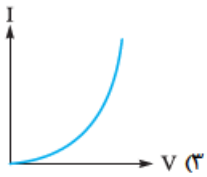


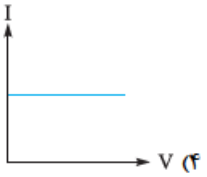
۱) افزایش، افزایش
۲) افزایش، کاهش
۳) کاهش، افزایش
۴) کاهش، کاهش

۴۹- مقاومت الکتریکی یک قطعهٔ کربنی با افزایش دما کاهش می‌یابد. اگر اختلاف پتانسیل الکتریکی دو سر آن را به آرامی افزایش دهیم، کدام‌یک از نمودارهای زیر می‌تواند نمودار تغییرات جریان برحسب ولتاژ باشد؟ *(نهمین المپیاد فیزیک ایران)*

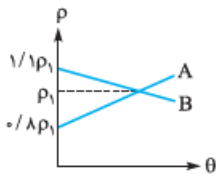
۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۵۰- نمودار تغییرات مقاومت ویژهٔ دو مادهٔ A و B برحسب دما مطابق شکل مقابل است. نسبت ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ A به ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ B ($\frac{\alpha_A}{\alpha_B}$) کدام است؟



۱) $-\frac{۱}{۲}$ ۲) -۲ ۳) $-\frac{۱۱}{۴}$ ۴) $-\frac{۴}{۱۱}$

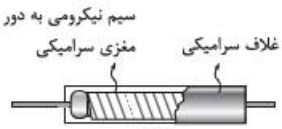
۵) انواع مقاومت‌ها

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 هستهٔ 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 منگانین (آلیاژ مس، نیکل و منگنز) است. این مقاومت‌ها **دقیق** هستند و توان نسبتاً **بالایی** را می‌توانند تحمل کنند.

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

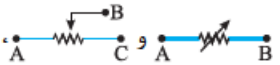
(ب)



(الف)

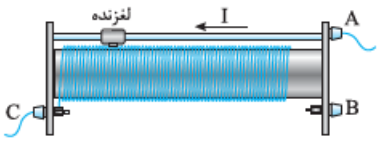
شکل (۱۱)

◀ 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 نمادهای 

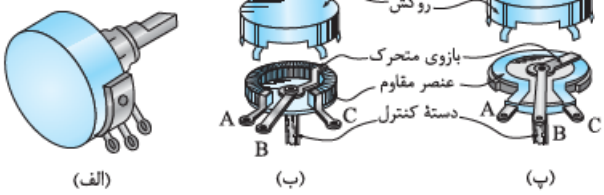
، نشان می‌دهند و بر دو نوع‌اند: ۱ **رئوستا** ۲ **پتانسیومتر**

رئوستا: رئوستا از سیمی با مقاومت ویژهٔ نسبتاً زیاد ساخته شده که دور یک هستهٔ 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 رئوستا 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 (۱۲)

پتانسیومتر: شکل ۱۳ - الف یک پتانسیومتر را نشان می‌دهد. اگر کلاهک پتانسیومتر را بردارید، یک صفحهٔ دیسک‌مانند مطابق شکل‌های ۱۳ ـ ب یا ۱۳ ـ 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 نقطهٔ A و B بیشتر و مقاومت بین دو نقطهٔ B و C کم‌تر می‌شود.

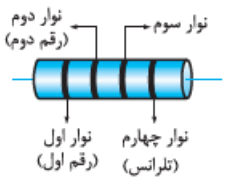


(الف) (ب) (پ)

شکل (۱۳)

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.

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 بدنهٔ مقاومت استفاده می‌شود که با استفاده از آن‌ها می‌توان مقدار مقاومت را تشخیص داد. نحوهٔ 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.



شکل (۱۴)

◀ 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:[1]

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

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

نمونه با توجه به جدول (۱)، اندازهٔ مقاومت نمایش داده شده در شکل زیر، بدون در نظر گرفتن درصد خطا، برابر است با: $\overset{\text{(قرمز)}}{2}\overset{\text{(زرد)}}{4} \times \overset{\text{(قهوه‌ای)}}{10^1} = 240\,\Omega$ (قرمزته!)

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: $240 - 12 \le R \le 240 + 12 \Rightarrow 228\,\Omega \le R \le 252\,\Omega$

رنگ	عدد	ضریب	تلرانس
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! کدام‌یک از اعداد زیر می‌تواند معرف اندازهٔ مقاومت برحسب اهم باشد؟

۱) ۴۸۰۰ ۲) ۲۴۰۰ ۳) ۴۸۰۰۰ ۴) ۲۴۰۰۰۰

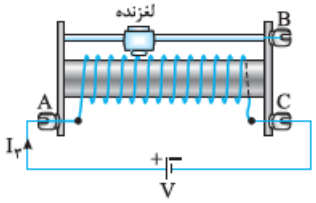
پاسخ گزینهٔ «۱» دقت کنید که این مقاومت *چهرکی قرار داده شده* (!) و رنگ زرد، اولین رقم و رنگ قرمز، سومین رقم به حساب می‌آیند.

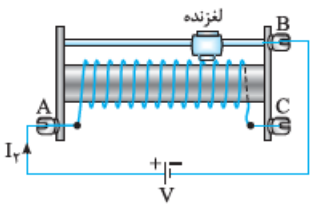
اگر رقم مربوط به حلقهٔ دوم را با b نشان دهیم، مقدار مقاومت برابر خواهد بود با: $R = \overline{ab} \times c = \overline{4b} \times 10^2 = \overline{4b00}$

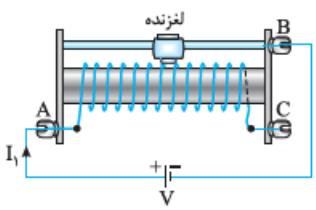
که b یکی از اعداد صفر تا ۹ است. یعنی R در حدود ۴۰۰۰ Ω تا ۴۹۰۰ Ω (بدون درنظرگرفتن درصد خطا) *است و ما دیگر توضیح نمی‌دهیم!*

پرسش‌های چهارگزینه‌ای

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

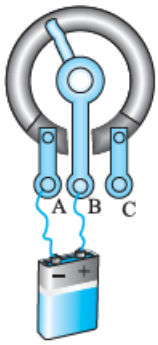






۱) $I_1 > I_2 > I_3$
۲) $I_2 > I_1 > I_3$
۳) $I_3 > I_2 > I_1$
۴) $I_3 > I_1 > I_2$

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 ۳A و اگر پایانه‌های باتری را به پایه‌های B و C وصل کنیم، جریان ۲A از مدار می‌گذرد. اگر پایانه‌های باتری را به پایه‌های A و C وصل کنیم، چه جریانی (برحسب آمپر) از مدار عبور می‌کند؟



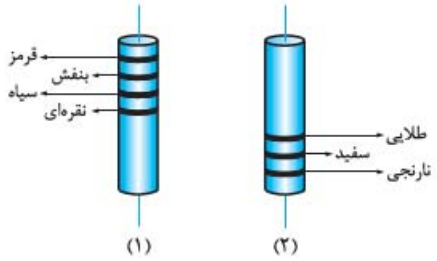
۱) ۱/۲
۲) ۱/۵
۳) ۱
۴) ۰/۷۵

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

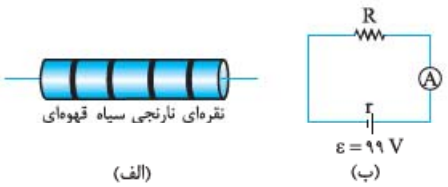
۵۳- با توجه به شکل‌ها و جدول زیر، بیشترین اختلاف اندازهٔ ممکن بین مقاومت‌های (۱) و (۲) تقریباً چند اهم است؟

۱) ۲۷
۲) ۲۵
۳) ۲۳
۴) ۲۱

کد رنگی مقاومت‌ها			
رنگ	عدد	ضریب	تلرانس
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



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 تلرانس ٪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 حلقهٔ 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! سخت نیست! فقط چون فرم تست‌های کنکور نیست، نشان‌دارش کردیم.

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

۱)

۲)

۳)

۴) در هر سه مورد یکسان است.

۵۷- حلقهٔ تلرانس 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 ۱۲۵۰ Ω بیشتر از مقدار واقعی آن اندازه‌گیری می‌کند. حلقهٔ وسط چه رنگی است؟ (رنگ قهوه‌ای عدد ۱، رنگ قرمز عدد ۲، رنگ سبز عدد ۵ و رنگ آبی عدد ۶ است.)

۱) قهوه‌ای ۲) قرمز
۳) سبز ۴) آبی

۶) مقاومت‌های خاص

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.

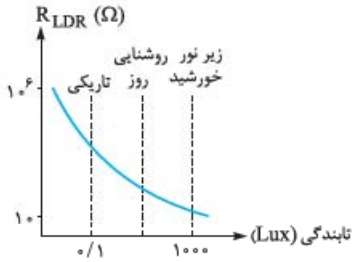
شکل (۱۵)

◀ 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):[1] 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 سیلسیم استفاده می‌شود. انرژی نورانی باعث آزادشدن الکترون‌ها و در نتیجه افزایش رسانایی در سیلسیم می‌شود؛ بنابراین، با افزایش شدت نور تابیده بر LDR از مقاومت آن کاسته می‌شود.

LDR را با نماد « ⊣⊢ » یا « ⊣⊢ » نشان می‌دهند.

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 ۱MΩ و در روشنایی مقاومتی در حدود ۱۰Ω داشته باشد؛ یعنی در تاریکی نارسانا و در روشنایی رسانا باشد.



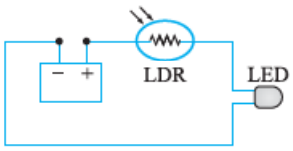
شکل (۱۶)

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

توجه کتاب درسی به جای تابندگی از اصطلاح «شدت روشنایی» استفاده کرده است. این در حالی است که یکای شدت روشنایی در فیزیک پایهٔ 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.

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 نارسانا را دارد و مانع از روشن‌شدن 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.



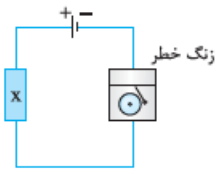
شکل (۱۷)

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، ۱، ۲ و ۳
۲) ۱، ۳، ۲ و ۳
۳) ۳، ۱، ۲ و ۱
۴) ۳، ۱، ۳ و ۳

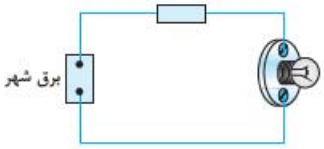
۵۹- در مدار شکل زیر، اگر جریان از حد معینی بیشتر شود، زنگ به کار می‌افتد. می‌خواهیم از این مدار به عنوان هشداردهندهٔ دما استفاده کنیم؛ طوری که اگر دمای محیط از حد معینی بالاتر رفت، دستگاه به صدا درآید. برای این منظور کدام قطعهٔ الکتریکی زیر را به جای x قرار دهیم؟



۱) ترمیستور با ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ مثبت
۲) ترمیستور با ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ 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 قطعهٔ الکتریکی برای محافظت لامپ استفاده شده است. کدام قطعهٔ الکتریکی برای این کاربرد مناسب‌تر است؟



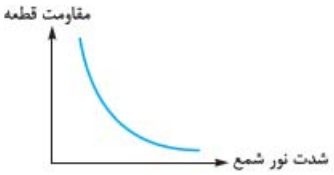
۱) ترمیستور با ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ مثبت

۲) ترمیستور با ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ منفی

۳) مقاومت نوری

۴) رئوستا

۶۱- یک قطعهٔ الکتریکی را روی شعلهٔ شمع قرار می‌دهیم. نمودار تغییرات مقاومت قطعه برحسب شدت نور شمع مطابق شکل است. این قطعه ممکن است کدام قطعهٔ زیر باشد؟



۱) ترمیستور

۲) مقاومت نوری

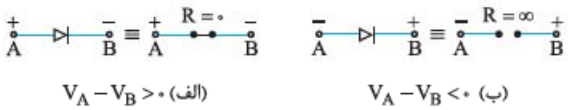
۳) مقاومت پیچه‌ای

۴) ترمیستور یا مقاومت نوری

۷) دیودها

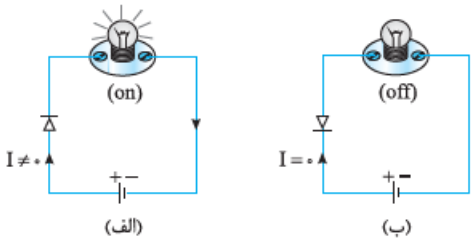
دیود: دیودها نقشی مانند شیر یک‌طرفه را در مدارهای الکتریکی به عهده دارند؛ یعنی به جریانی که از یک سمت عبور می‌کند، اجازهٔ شارش می‌دهند، اما مسیر عبور جریانی در جهت مخالف را سد می‌کنند. دیود را با نماد مداری «⟶|—» نشان می‌دهند. **دیود در جهتی که این پیکان نشان می‌دهد، می‌تواند جریان را عبور دهد.**

نتیجه در شرایطی که دیود مطابق شکل ۱۸ ـ 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 ـ ب، اصطلاحاً به طور **معکوس** تغذیه شود، دیود مثل سیم **قطع‌شده** (مدار باز با مقاومت بی‌نهایت) عمل می‌کند و جریان را از خود عبور نمی‌دهد.



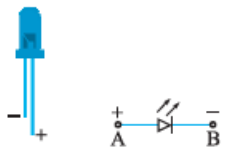
شکل (۱۸)

نمونهٔ ۱ در شکل ۱۹- الف، دیود در حالت تغذیهٔ مستقیم است و مثل یک سیم عمل می‌کند و اجازهٔ عبور جریان را می‌دهد و لامپ روشن می‌شود. در شکل ۱۹- ب، دیود در حالت تغذیهٔ معکوس است و اجازهٔ برقراری جریان را نمی‌دهد و لامپ روشن نمی‌شود.



شکل (۱۹)

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.

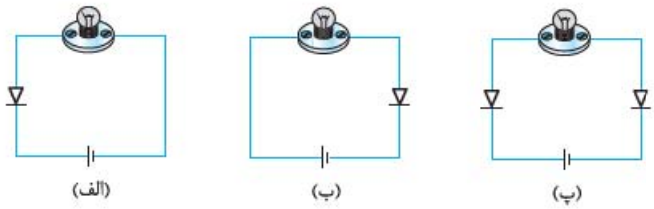


شکل (۲۰)

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 کدام‌یک از مدارهای زیر لامپ روشن می‌شود؟



۱) فقط الف

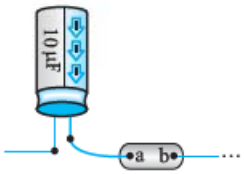
۲) فقط ب

۳) الف و پ

۴) ب و پ

سه تا تست بعدی کاملاً کاربردی‌اند، اگه حلشون نکنین، ازتون نمی‌گذریم!!

۶۳- خازن‌های الکترولیتی، خروجی‌های مثبت و منفی دارند و اگر خروجی‌ها به اشتباه وصل شوند، خازن از کار می‌افتد. در شکل زیر کدام قطعهٔ 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.)



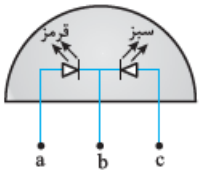
۱)

۲)

۳)

۴)

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 پایانهٔ مثبت و سر b را به پایانهٔ منفی یک باتری وصل کنیم، لامپ به رنگ ..... و اگر پایه‌های a، b و c را به ترتیب به پتانسیل‌های ۱۲ V-، ۶ V- و ۳ V- وصل کنیم، لامپ به رنگ ..... دیده می‌شود. (از ترکیب نورهای سبز و قرمز، نور زرد ایجاد می‌شود.)



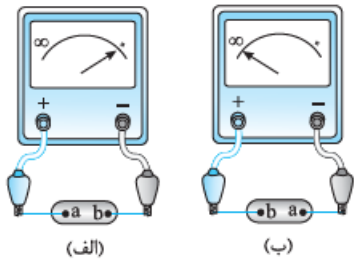
۱) قرمز، سبز

۲) قرمز، زرد

۳) زرد، سبز

۴) زرد، قرمز

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



۱) ترمیستور

۲) مقاومت نوری

۳) دیود

۴) خازن

۱۳- **گزینه۳** معمولاً المنت‌های اجاق برقی از سیم‌های رسانا ساخته می‌شوند و این رساناها از قانون اهم پیروی می‌کنند. قانون اهم در مواد نارسانایی مانند سیمان صدق نمی‌کند.

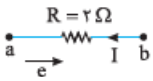
۱۴- **گزینه۲** با توجه به شکل ۸ (۲) درست است.

۱۵- **گزینه۴** فقط کافی است قانون اهم را برای مقاومت بنویسیم:

$$V=IR \Rightarrow ۱۰۰=(۲t^۲-۶t-۴)\times ۲۵ \Rightarrow ۲t^۲-۶t-۴=\frac{۱۰۰}{۲۵}$$

$$\Rightarrow ۲t^۲-۶t-۴=۴ \Rightarrow ۲t^۲-۶t-۸=۰ \Rightarrow t^۲-۳t-۴=۰ \Rightarrow (t-۴)(t+۱)=۰ \begin{cases} t=۴\,s & \checkmark \\ t=-۱\,s & \times \end{cases}$$

۱۶- **گزینه۴** جهت جریان در خلاف جهت حرکت الکترون‌ها و از b به a است و اندازهٔ آن برابر است با:



$$I=\frac{q}{t}=\frac{ne}{t}=\frac{(۱/۵\times ۱۰^{۲۱})\times(۱/۶\times ۱۰^{-۱۹})}{۶۰}=۴\,A$$

با توجه به استراتژی (۱) درس‌نامهٔ (۲):

$$V_a+RI=V_b \Rightarrow -۵+۲\times ۴=V_b \Rightarrow V_b=+۳\,V$$

۱۷- **گزینه۲** **گام اول** 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:

$$R=\frac{V\rightarrow(\text{افزایش})}{I\rightarrow(\text{افزایش})} \leftarrow (\text{ثابت})$$

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

$$V=Ed \xrightarrow{(V\uparrow)} E\uparrow$$

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.[۱]

۱۸- **گزینه۴** در شرایط عنوان‌شده، می‌توانیم نسبت شیب‌ها را برابر نسبت تانژانت‌ها بگیریم. (چرا؟)

$$m=\frac{۱}{R} \Rightarrow \frac{m_۱}{m_۲}=\frac{\tan\alpha_۱}{\tan\alpha_۲}=\frac{R_۲}{R_۱} \Rightarrow \frac{\tan ۶۰^\circ}{\tan ۳۰^\circ}=\frac{R_۲}{R_۱} \Rightarrow \frac{\sqrt{۳}}{\frac{\sqrt{۳}}{۳}}=\frac{R_۲}{R_۱} \Rightarrow R_۲=۳R_۱$$

۱۹- **گزینه۱** طبق رابطهٔ (۳)، مقاومت الکتریکی سیم با طول آن نسبت مستقیم دارد؛ لذا اگر طول سیم را با $L_۱$ نشان دهیم، مقاومت الکتریکی بین دو نقطه از سیم که به فاصلهٔ $L_۲=۱۰\,m$ از یکدیگر قرار دارند، به این ترتیب حساب می‌شود:

$$\frac{R_۲}{R_۱}=\frac{L_۲}{L_۱} \Rightarrow \frac{R_۲}{۲}=\frac{۱۰}{۴\times ۱۰^۳} \Rightarrow R_۲=۵\times ۱۰^{-۳}\,\Omega$$

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:

$$V_۲=R_۲I=(۵\times ۱۰^{-۳})\times ۵ \Rightarrow V_۲=۲/۵\times ۱۰^{-۲}\,V$$

۱ـ 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 می‌کنیم:

$$R=\rho\frac{L}{A}\xrightarrow{(\rho=\rho_{مس})}R\propto\frac{L}{A}\quad(I)$$

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

گام دوم: با توجه به قانون اهم داریم:

$$V=RI\Leftrightarrow I=\frac{V}{R}\xrightarrow{(V:\text{یکسان})}I\propto\frac{1}{R}\xrightarrow{(II)}I_3>I_1>I_2$$

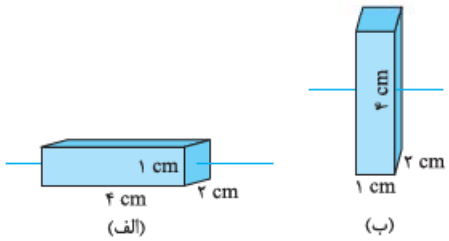
روش دوم — گام اول: (ترکیب تناسب‌ها و مقایسهٔ مستقیم)

$$V=RI\Leftrightarrow I=\frac{V}{R}\xrightarrow{(V:\text{یکسان})}I\propto\frac{1}{R}\xrightarrow[(\rho=\rho_{مس})]{(R=\rho\frac{L}{A})}I\propto\frac{A}{L}\quad(I)$$

گام دوم:

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

۲۱- گزینه ۳ — زمانی که مکعب‌مستطیل، مطابق شکل (الف)، با بلندترین طول $(L_{max}=4\,cm)$ و کوچک‌ترین سطح مقطع $(A_{min}=2\times1\,cm^2)$ در مدار قرار بگیرد، بزرگ‌ترین مقاومت را خواهد داشت و اگر مطابق شکل (ب)، با کم‌ترین طول $(L_{min}=1\,cm)$ و بزرگ‌ترین سطح مقطع $(A_{max}=4\times2\,cm^2)$ در مدار قرار بگیرد، کوچک‌ترین مقاومت را خواهد داشت؛ لذا می‌توان نوشت:



$$\begin{cases}R_{max}=\rho\frac{L_{max}}{A_{min}}\\ R_{min}=\rho\frac{L_{min}}{A_{max}}\end{cases}\Rightarrow\frac{R_{max}}{R_{min}}=\frac{L_{max}}{L_{min}}\times\frac{A_{max}}{A_{min}}=\frac{4}{1}\times\frac{4\times2}{2\times1}\Rightarrow\frac{R_{max}}{R_{min}}=16$$

۲۲- گزینه ۱ — چون سیم‌ها هم‌جنس هستند، چگالی و هم‌چنین مقاومت ویژهٔ آن‌ها با هم برابر است و داریم:

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

$$R=\rho\frac{L}{A}\xrightarrow{(\rho_A=\rho_B)}\frac{R_A}{R_B}=\left(\frac{L_A}{L_B}\right)\left(\frac{A_B}{A_A}\right)\Rightarrow\frac{R_A}{R_B}=\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}\Rightarrow\frac{R_A}{10}=\frac{1}{4}\Rightarrow R_A=2/5\,\Omega$$

۲۳- گزینه ۲ — طول هر یک از سیم‌های جدید $\frac{1}{4}$ طول سیم اولیه است. هم‌چنین، سطح مقطع سیم چهارلای جدید، ۴ برابر سطح مقطع سیم اولیه است. با این حساب، نسبت مقاومت الکتریکی سیم جدید به مقاومت سیم اولیه برابر است با:

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

۲۴- گزینه ۴ — گام اول: پس از تعویض رشته سیم، جریان ۲۰ درصد کاهش می‌یابد، پس:

$$I_2=I_1-\frac{20}{100}I_1=0/8\,I_1$$

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

$$V=I_1R_1=I_2R_2\Rightarrow\frac{I_2}{I_1}=\frac{R_1}{R_2}\Rightarrow\frac{0/8I_1}{I_1}=\frac{R_1}{R_2}\Rightarrow\frac{R_1}{R_2}=0/8\quad(I)$$

گام دوم: با نوشتن رابطهٔ (I) برحسب مشخصات فیزیکی مقاومت‌ها خواهیم داشت:

$$\frac{R_1}{R_2}=\frac{L_1}{L_2}\times\frac{A_2}{A_1}\Rightarrow0/8=\frac{L_1}{L_1+0/25L_1}\times\frac{A_2}{A_1}\Rightarrow0/8=\frac{L_1}{1/25\,L_1}\times\frac{A_2}{A_1}\Rightarrow\frac{A_2}{A_1}=1/25\times0/8\Rightarrow\frac{A_2}{A_1}=1\quad(II)$$

گام سوم: اکنون با استفاده از رابطهٔ $m=\rho V$ خواستهٔ تست را به دست می‌آوریم:

$$\frac{m_2}{m_1}=\frac{V_2}{V_1}\xrightarrow{(V=AL)}\frac{m_2}{m_1}=\frac{A_2}{A_1}\times\frac{L_2}{L_1}\xrightarrow{(II)}\frac{m_2}{m_1}=1\times1/25\Rightarrow m_2=1/25\,m_1$$

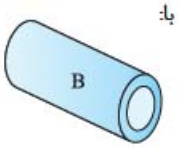
$$\frac{\Delta m}{m_1}\times100=\frac{m_2-m_1}{m_1}\times100=\frac{1/25\,m_1-m_1}{m_1}\times100=0/25\times100=\%25$$

۲۵- گزینه ۴

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

$$1=\frac{2\rho_B}{\rho_B}\times\frac{L_A}{L_B}\times\frac{r^2}{\pi r^2}\xrightarrow{(\pi=3)}1\simeq2\times\frac{L_A}{L_B}\times\frac{1}{3}\Rightarrow\frac{L_A}{L_B}\simeq\frac{3}{2}$$

۲۶- گزینه ۱ اگر شعاع داخلی کابل B را با r_i و شعاع خارجی آن را با r_o نشان دهیم، سطح مقطع قسمت توپُر آن برابر است با:



$$A_B = \pi r_o^2 - \pi r_i^2 = \pi(r_o^2 - r_i^2)$$

بنابراین، می‌توان نوشت:

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

$$(\rho_A = \rho_B \ , \ L_A = L_B) \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{A_B}{A_A} = \frac{\pi(r_o^2 - r_i^2)}{\pi r_A^2} = \frac{2^2 - 1^2}{2^2} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{3}{4}$$

توجه آن قسمت سیم B که جریان از آن عبور می‌کند، 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:

$$V = RI \Rightarrow 3 = R \times 1/2 \Rightarrow R = \frac{3}{1/2} = \frac{30}{12} = \frac{5}{2} = 2/5\,\Omega \quad (I)$$

گام دوم برای جلوگیری از تداخل نمادها، مقاومت ویژه را با ρ و چگالی را با ρ' نشان می‌دهیم.

$$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow 2/5 = 1/8 \times 10^{-8} \times \frac{25}{A} \Rightarrow A = 1/8 \times 10^{-7}\ m^2$$

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

و بالاخره، جرم سیم:

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

۲۸- گزینه ۱ مقاومت ویژه را با ρ و چگالی را با ρ' نشان می‌دهیم. هم‌چنین کمیت‌های مربوط به سیم مسی را با زیروند C و کمیت‌های مربوط به سیم آلومینیمی را با زیروند A می‌آوریم.

$$R_C = R_A$$

$$\rho_C \frac{L_C}{A_C} = \rho_A \frac{L_A}{A_A} \xrightarrow{(L_C = L_A)} \frac{1}{2}\rho_A \times \frac{1}{A_C} = \rho_A \times \frac{1}{A_A} \Rightarrow A_A = 2A_C$$

$$m = \rho' V = \rho' AL \Rightarrow \frac{m_A}{m_C} = \left(\frac{\rho'_A}{\rho'_C}\right) \times \left(\frac{A_A}{A_C}\right) \times \left(\frac{L_A}{L_C}\right) = \left(\frac{2/7}{9}\right) \times 2 \times 1 = \frac{3}{5}$$

۲۹- گزینه ۴ از رابطهٔ اصلی مقاومت یعنی $R = \rho\frac{L}{A}$ شروع می‌کنیم. اگر صورت و مخرج کسر سمت راست را در L و سپس در ρ' 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 ۴ **گام اول** اول سراغ مقایسهٔ مساحت مقطع سیم‌ها می‌رویم. (چگالی را با ρ' نشان می‌دهیم تا با نماد مقاومت ویژه اشتباه نشود.)

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

گام دوم حالا مقایسهٔ مقاومت‌ها:

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

۳۱- گزینه ۲

$$\frac{R_2}{R_1} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 \Rightarrow 16 = \left(\frac{L_2}{10}\right)^2 \Rightarrow \frac{L_2}{10} = 4 \Rightarrow L_2 = 40\ cm$$

۳۲- گزینه ۴ وقتی سیم ذوب می‌شود و دوباره قالب می‌گیرد، جرم و در نتیجه حجم آن تغییر نمی‌کند. بنابراین می‌توان 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 می‌گیریم. جرم سیم پس از عبور از دستگاه ۲۰ درصد کاهش می‌یابد؛ پس:

$$m_2 = m_1 - \frac{20}{100}m_1 = 0/8\,m_1 \quad (I)$$

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

$$\xrightarrow{(A_2 = \frac{1}{2}A_1)} \frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{2} \times \frac{L_2}{L_1} \xrightarrow{(I)} 0/8 = \frac{1}{2} \times \frac{L_2}{L_1} \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = 1/6 \quad (II)$$

با نوشتن رابطهٔ مقایسه‌ای برای مقاومت‌ها، داریم:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{L_2}{L_1} \times \frac{A_1}{A_2} \xrightarrow{(II)} \frac{R_2}{R_1} = 1/6 \times 2 = 3/2$$

۳۴- **گزینه ۲** **گام 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 چگالی فلز مخلوط این دو فلز (ρ'_T) برابر است با:

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

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

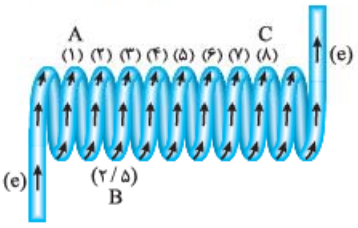
$$m_T = 2m_A \Rightarrow \rho'_T V_T = 2\rho'_A V_A \xrightarrow{(I)} (\frac{4}{3}\rho'_A)V_T = 2\rho'_A V_A$$

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

گام سوم اگر مقاومت ویژهٔ سیم A را با ρ_A و مقاومت ویژهٔ سیم آلیاژ را با ρ_T نشان دهیم، داریم:

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

۳۵- **گزینه ۲** در شکل روبه‌رو، حلقه‌ها را از A تا C شماره‌گذاری کرده‌ایم. A بالای حلقهٔ (۱)، C بالای حلقهٔ (۸) و B بین حلقهٔ (۲) و (۳) و در پایین است (معادل شمارهٔ ۲/۵!). 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 شمارهٔ حلقه‌ها $(l \propto \Delta N)$. از طرفی، چون جریان الکتریکی (I) ثابت است (شارش یکنواخت الکترون‌ها)، طبق قانون اهم، $\Delta V \propto R$ می‌باشد؛ بنابراین:



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

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

۳۶- **گزینه ۴** جریان در قوی‌ترین آذرخش‌ها باید در همان زمان، از برقگیر هم بگذرد؛ چون زمان شارش جریان در برقگیر ناچیز است، آن را یکنواخت (ثابت) فرض می‌کنیم:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{q}{t} = \frac{2/5}{60 \times 10^{-6}} = \frac{25 \times 10^{-1}}{6 \times 10^{-5}} = \frac{25}{6} \times 10^4\ A$$

به کمک قانون اهم:

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

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

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

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

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

۳۸- **گزینه ۴** وقتی لامپ را روشن می‌کنیم، دمای رشتهٔ آن بالاتر می‌رود و مقاومت آن افزایش می‌یابد.

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

۴۰- **گزینه ۲**

$$\Delta R = \frac{12}{100} R_\circ = 0/12 R_\circ$$

$$\Delta R = R_\circ \alpha \Delta T \Rightarrow 0/12 R_\circ = R_\circ \alpha \times 80 \Rightarrow 80\alpha = 0/12 \Rightarrow \alpha = 1/5 \times 10^{-3}\ \frac{1}{K}$$

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

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

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

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

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

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

۴۳- **گزینه ۴** **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:

$$I=\frac{V}{R}\Rightarrow I_{min}=\frac{V}{R_{max}}\Rightarrow ۰/۳۷۵=\frac{۶۶}{R_{max}}\Rightarrow R_{max}=۱۷۶\,\Omega$$

$$\Rightarrow R_{۰}(۱+\alpha\theta_{max})=۱۷۶\Rightarrow ۱۰۰(۱+۰/۰۰۴\theta_{max})=۱۷۶\Rightarrow \theta_{max}=\frac{۱/۷۶-۱}{۰/۰۰۴}=۱۹۰\,^{\circ}C$$

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

$$I_{max}=\frac{V}{R_{min}}\Rightarrow ۰/۶=\frac{۶۶}{R_{min}}\Rightarrow R_{min}=۱۱۰\Omega\Rightarrow R_{۰}(۱+\alpha\theta_{min})=۱۱۰\Rightarrow ۱۰۰(۱+۰/۰۰۴\theta_{min})=۱۱۰\Rightarrow \theta_{min}=\frac{۱/۱-۱}{۰/۰۰۴}=۲۵\,^{\circ}C$$

۴۴- **گزینه ۴** بنا به فرض تست، مقاومت سیم‌پیچ در دمای $\theta_{۰}=۰\,^{\circ}C$ برابر $R_{۰}=۱۰\,\Omega$ و در دمای $\theta_{۱}=۱۰۰\,^{\circ}C$ برابر $R_{۱}=۱۲\,\Omega$ و در دمای مجهول $\theta_{۲}$ برابر $R_{۲}=۱۱/۴\,\Omega$ است. اگر ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ سیم‌پیچ را با α نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$\Delta R=R_{۰}\alpha\Delta\theta\Rightarrow\begin{cases}R_{۱}-R_{۰}=R_{۰}\alpha(\theta_{۱}-\theta_{۰})\\R_{۲}-R_{۰}=R_{۰}\alpha(\theta_{۲}-\theta_{۰})\end{cases}\Rightarrow\frac{R_{۱}-R_{۰}}{R_{۲}-R_{۰}}=\frac{\theta_{۱}-\theta_{۰}}{\theta_{۲}-\theta_{۰}}\Rightarrow\frac{۱۲-۱۰}{۱۱/۴-۱۰}=\frac{۱۰۰-۰}{\theta_{۲}-۰}\Rightarrow\frac{۲}{۱/۴}=\frac{۱۰۰}{\theta_{۲}}\Rightarrow\theta_{۲}=۷۰^{\circ}\,C$$

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

$$\begin{matrix}\frac{\Delta R(\Omega)}{۱۲-۱۰} & \frac{\Delta\theta(^{\circ}C)}{۱۰۰-۰}\\ ۱۱/۴-۱۰ & \theta_{x}-۰\end{matrix}\Rightarrow\theta_{x}=۱/۴\times۵۰=۷۰^{\circ}\,C$$

۴۵- **گزینه ۴** فرض کنید مقاومت الکتریکی لامپ در دمای $\theta_{۰}=۰\,^{\circ}C$ برابر $R_{۰}$ و ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آن برابر α و دما و مقاومت آن در حالت خاموش به ترتیب $\theta_{۱}$ و $R_{۱}$ و در حالت روشن $\theta_{۲}$ و $R_{۲}$ باشد؛ در این صورت می‌توان نوشت:

$$\begin{cases}R_{۱}=R_{۰}(۱+\alpha\Delta\theta_{۱})\xrightarrow{(\Delta\theta_{۱}=\theta_{۱}-\theta_{۰}=\theta_{۱})}R_{۱}=R_{۰}(۱+\alpha\theta_{۱})\\R_{۲}=R_{۰}(۱+\alpha\Delta\theta_{۲})\xrightarrow{(\Delta\theta_{۲}=\theta_{۲}-\theta_{۰}=\theta_{۲})}R_{۲}=R_{۰}(۱+\alpha\theta_{۲})\end{cases}\Rightarrow\frac{R_{۲}}{R_{۱}}=\frac{۱+\alpha\theta_{۲}}{۱+\alpha\theta_{۱}}=\frac{۱+۱۰\alpha\theta_{۱}}{۱+\alpha\theta_{۱}}$$

$$۱<\frac{۱+۱۰\alpha\theta_{۱}}{۱+\alpha\theta_{۱}}<\frac{۱۰+۱۰\alpha\theta_{۱}}{۱+\alpha\theta_{۱}}\Rightarrow ۱<\frac{R_{۲}}{R_{۱}}<۱۰\Rightarrow R_{۱}<R_{۲}<۱۰R_{۱}$$

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:

$$\Delta R=۰\Rightarrow\Delta R_{۱}+\Delta R_{۲}=۰\Rightarrow R_{۱}\alpha_{۱}\Delta\theta+R_{۲}\alpha_{۲}\Delta\theta=۰\Rightarrow R_{۱}\alpha_{۱}+R_{۲}\alpha_{۲}=۰$$

$$\Rightarrow\frac{R_{۲}}{R_{۱}}=-\frac{\alpha_{۱}}{\alpha_{۲}}\Rightarrow\frac{\rho_{۲}L_{۲}}{\rho_{۱}L_{۱}}=-\frac{\alpha_{۱}}{\alpha_{۲}}\Rightarrow\frac{۳/۵\times۱۰^{-۵}\times L_{۲}}{۱/۵\times۱۰^{-۶}\times L_{۱}}=\frac{۴\times۱۰^{-۴}}{۵\times۱۰^{-۴}}\Rightarrow\frac{L_{۲}}{L_{۱}}=\frac{۶}{۱۷۵}$$

۴۷- **گزینه ۳** نسبت اولیهٔ مقاومت‌های ویژه در دمای $۲۰^{\circ}\,C$ و اختلاف ضریب‌های دمایی مقاومت ویژه، داده شده و نسبت نهایی مقاومت‌های ویژه در دمای $۱۲۰^{\circ}\,C$ خواسته شده.

$$\begin{cases}\rho_{۲C}=\rho_{۱C}(۱+\alpha_{C}\Delta T)\\\rho_{۲NiCr}=\rho_{۱NiCr}(۱+\alpha_{NiCr}\Delta T)\end{cases}\Rightarrow\frac{\rho_{۲C}}{\rho_{۲NiCr}}=(\frac{\rho_{۱C}}{\rho_{۱NiCr}})\frac{(۱+\alpha_{C}\Delta T)}{(۱+\alpha_{NiCr}\Delta T)}\quad(I)$$

در رابطهٔ (I)، کسرِ شامل ضرایب دمایی مقاومت ویژه را ساده‌تر می‌کنیم:

$$\frac{۱+\alpha_{C}\Delta T}{۱+\alpha_{NiCr}\Delta T}=\frac{(۱+\alpha_{C}\Delta T)(۱-\alpha_{NiCr}\Delta T)}{(۱+\alpha_{NiCr}\Delta T)(۱-\alpha_{NiCr}\Delta T)}=\frac{۱+\alpha_{C}\Delta T-\alpha_{NiCr}\Delta T-\alpha_{C}\alpha_{NiCr}(\Delta T)^{۲}}{۱-\alpha_{NiCr}^{۲}(\Delta T)^{۲}}$$

$$\xrightarrow[\text{(چشم‌پوشی از توان ۲ ناچیز }\alpha\text{ها)}]{\text{(چشم‌پوشی از حاصل‌ضرب ناچیز }\alpha\text{ها)}}\frac{۱+\alpha_{C}\Delta T}{۱+\alpha_{NiCr}\Delta T}\simeq\frac{۱+(\alpha_{C}-\alpha_{NiCr})\Delta T}{۱}=۱-(\alpha_{NiCr}-\alpha_{C})\Delta T=۱-\Delta\alpha\Delta T$$

در پایان:

$$\frac{\rho_{۲C}}{\rho_{۲NiCr}}\simeq\frac{\rho_{۱C}}{\rho_{۱NiCr}}(۱-\Delta\alpha\Delta T)\xrightarrow{(\Delta T=\Delta\theta=۱۲۰-۲۰=۱۰۰\,K)}\frac{\rho_{۲C}}{\rho_{۲NiCr}}\simeq۳۵۰۰\times(۱-۹\times۱۰^{-۴}\times۱۰۰)=۳۱۸۵$$

۴۸- **گزینه ۴** با افزایش دما در هر دو قطعه، یون‌های داخل قطعه با دامنهٔ بیشتری نوسان می‌کنند و تعداد برخوردهای الکترون‌ها با یون‌ها افزایش می‌یابد؛ در نتیجه سرعت سوق الکترون‌ها کاهش می‌یابد.

بحث ببینیم 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 آزادشده (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 قطعهٔ 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!

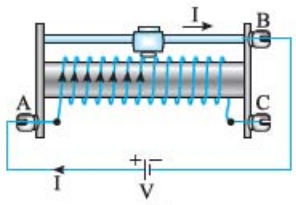
۵۰- گزینه ۳ دمایی که مقاومت ویژهٔ دو ماده برابر می‌شود، θ می‌نامیم. با توجه به شکل داریم:

$$\Delta\rho_A=\rho_{\circ A}\alpha_A\Delta\theta \Rightarrow \rho_1-\circ/\lambda\rho_1=\circ/\lambda\rho_1\alpha_A(\theta-\circ) \Rightarrow \circ/\tau\rho_1=\circ/\lambda\rho_1\alpha_A\theta \Rightarrow \tau\alpha_A\theta=1 \quad (I)$$

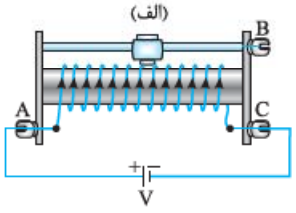
$$\Delta\rho_B=\rho_{\circ B}\alpha_B\Delta\theta \Rightarrow \rho_1-1/1\rho_1=1/1\rho_1\alpha_B(\theta-\circ) \Rightarrow -\circ/1\rho_1=1/1\rho_1\alpha_B\theta \Rightarrow 11\alpha_B\theta=-1 \quad (II)$$

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

۵۱- گزینه ۱ **گام اول** به شکل (الف) توجه بفرمایید. جریان از پایهٔ A به رئوستا وارد و از طریق لغزنده، میله و پایهٔ B از رئوستا خارج می‌شود. وقتی لغزنده به سمت راست برده می‌شود، طولی از سیم‌پیچ رئوستا که از آن جریان می‌گذرد افزایش یافته و مقاومت رئوستا افزایش می‌یابد.



(الف)



(ب)

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

هر چه مقاومت رئوستا بیشتر باشد، جریان مدار کم‌تر می‌شود. بنابراین: $I=\frac{V}{R} \xrightarrow[(R_\tau>R_1)]{(V:\text{ثابت})} I_\tau<I_1$

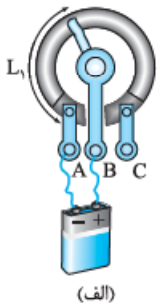
گام دوم اگر مطابق شکل (ب) یک سر باتری را به پایهٔ A و سر دیگر را به پایهٔ C وصل کنیم، چه اتفاقی می‌افتد؟ در این صورت جریان مجبور است از پایهٔ A وارد رئوستا و از پایهٔ C خارج شود! یعنی از همهٔ سیم‌پیچ رئوستا جریان عبور می‌کند و به بیان دیگر رئوستا با همهٔ طول خود و با بیشترین مقاومت در مدار قرار می‌گیرد. در این شرایط جریان مدار به حداقل مقدار ممکن می‌رسد:

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

پس جریان مدار در این وضعیت کم‌تر از بقیهٔ حالت‌ها است: $I_1>I_\tau>I_\tau$

۵۲- گزینه ۱ **گام اول** وقتی مطابق شکل (الف)، پایانه‌های باتری به خروجی‌های A و B وصل می‌شوند، طولی از مادهٔ مقاومتی که در مدار قرار می‌گیرد، L_1 و مقاومت آن R_1 است و داریم:

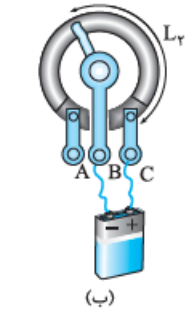
$$R_1=\frac{V}{I_1}=\frac{1\tau}{\tau}=\tau\,\Omega$$



(الف)

گام دوم وقتی مطابق شکل (ب)، پایانه‌های باتری به خروجی‌های B و C وصل می‌شوند، طولی از مادهٔ مقاومتی که در مدار قرار می‌گیرد L_τ و مقاومت آن R_τ است و داریم:

$$R_\tau=\frac{V}{I_\tau}=\frac{1\tau}{\tau}=\varsigma\,\Omega$$



(ب)

گام سوم وقتی مطابق شکل (پ) پایانه‌های باتری به خروجی‌های A و C وصل می‌شود، جریان از پایهٔ A وارد مادهٔ مقاومتی می‌شود و از پایهٔ C خارج می‌شود. بنابراین، تمام طول مادهٔ مقاومتی (L) در مدار قرار می‌گیرد:

$$L=L_1+L_\tau$$

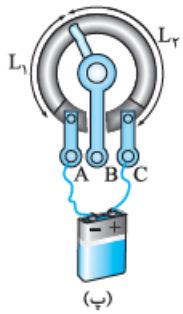
مقاومت کل مادهٔ مقاومتی برابر مجموع مقاومت بین پایانه‌های A و B و بین پایانه‌های B و C است:

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

$$\Rightarrow R_{AC}=R_{AB}+R_{BC} \Rightarrow R_{AC}=R_1+R_\tau=\tau+\varsigma=1\circ\,\Omega$$

جریان مدار در این حالت برابر است با:

$$I=\frac{V}{R_{AC}}=\frac{1\tau}{1\circ}=1/\tau\,A$$



(پ)

۵۳- **گزینه۱** در مقاومت (۱)، رقم اول قرمز $(a_1=2)$، رقم دوم بنفش $(b_1=7)$ و ضریب سیاه $(10^{n_1}=10^0=1)$ است. بنابراین بدون در نظر گرفتن تلرانس در مقاومت (۱):

$$R_1=\overline{a_1b_1}\times10^{n_1}=27\times10^0=27\times1=27\,\Omega$$

و با در نظر گرفتن نوار تلرانس (نقره‌ای: ±۱۰٪):

$$R_1=27\pm(0/10)\times(27)=27\pm2/7\Rightarrow(R_{1max}=27+2/7=29/7\,\Omega\ ,\ R_{1min}=27-2/7=24/3\,\Omega)$$

در مقاومت (۲)، از پایین به بالا، رقم اول نارنجی $(a_2=3)$، رقم دوم سفید $(b_2=9)$ و ضریب طلایی $(10^{n_2}=10^{-1})$ است. بنابراین، بدون در نظر گرفتن تلرانس در مقاومت (۲):

$$R_2=\overline{a_2b_2}\times10^{n_2}=39\times10^{-1}=3/9\,\Omega$$

نوار چهارمی در مقاومت (۲) وجود ندارد؛ کد رنگی نوار چهارم در این حالت بی‌رنگ (±۲۰٪) به حساب می‌آید؛ (به اشتباه، طلایی را نوار تلرانس نگیرید!) با در نظر گرفتن تلرانس در مقاومت (۲):

$$R_2=3/9\pm(0/20)\times(3/9)=3/9\pm0/78\Rightarrow(R_{2max}=3/9+0/78=4/68\,\Omega\ ,\ R_{2min}=3/9-0/78=3/12\,\Omega)$$

چون $R_1>R_2$ است، بیشترین اختلاف اندازهٔ ممکن (ΔR_{max}) بین مقاومت‌های (۱) و (۲) برابر است با:

$$\Delta R_{max}=R_{1max}-R_{2min}=29/7-3/12=26/58\,\Omega\Rightarrow\Delta R_{max}\simeq26/6\,\Omega\simeq27\,\Omega$$

۵۴- **گزینه۲** **گام اول** با توجه به کدهای رنگی نشان داده شده در شکل (الف)، بیشینه و کمینهٔ هر یک از مقاومت‌ها را به دست می‌آوریم:

$$R=10\times10^3\pm10\%\times(10\times10^3)\Rightarrow R_{max}=10\times10^3+0/1\times10\times10^3=11\times10^3\,\Omega$$

$$R_{min}=10\times10^3-0/1\times10\times10^3=9\times10^3\,\Omega$$

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:

$$I_{max}=\frac{V}{R_{min}}=\frac{99}{9\times10^3}=11\times10^{-3}\,A=11\,mA\qquad I_{min}=\frac{V}{R_{max}}=\frac{99}{11\times10^3}=9\times10^{-3}\,A=9\,mA$$

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

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

۵۵- **گزینه۳** **روش اول** اگر کد رنگی خواسته‌شده را x بنامیم، داریم:

$$R=\overline{xx}\times10^x$$

برای تشکیل یک عدد سه‌رقمی، x باید ۱ باشد:

$$x=1\Rightarrow R=11\times10^1\,\Omega=110\,\Omega\quad(x=1\text{ که رنگ قهوه‌ای است})$$

سایر گزینه‌ها به ترتیب نشانگرِ مقاومت‌های ۳۳۰۰۰ Ω، ۲۲۰۰ Ω و بالاخره صفر هستند که البته این آخری را در بازار مقاومت‌ها زیاد جدی نمی‌گیریم!

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

$$\overline{ab}=10a+b\Rightarrow R=\overline{xx}\times10^x=(10x+x)\times10^x\Rightarrow R=11x\times10^x\ ,\ 10^2\,\Omega\le R<10^3\,\Omega$$

$$\Rightarrow R=11\times1\times10^1=110\,\Omega\ ,\ x=1\quad(\text{قهوه‌ای})$$

۵۶- **گزینه۳** 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 ۴۷۰ 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 حلقهٔ سوم که تعداد صفرها را مشخص می‌کند، بیشترین تأثیر را در نمایش اندازهٔ مقاومت دارد. در حالتی که نوار سوم قرمز باشد، مقاومت موردنظر برابر $\overline{ab}\times10^2$ است و در حالتی که نوار سوم بنفش باشد، مقاومت موردنظر برابر $\overline{ab}\times10^7$؛ *این کجا و آن کجا!*

۵۷- **گزینه۳** عدد مربوط به حلقهٔ وسط را x فرض می‌کنیم. چنان‌چه دانش‌آموز کدهای رنگی را به طور صحیح و از چپ به راست بخواند، مقدار مقاومت را $\overline{2x}\times10^1$ اهم و اگر کدهای رنگی را به اشتباه از راست به چپ بخواند، مقدار مقاومت را $\overline{1x}\times10^2$ اهم اندازه‌گیری می‌کند؛ بنابراین:

$$\text{مقدار صحیح}-\text{مقدار اشتباه}=1250\,\Omega\Rightarrow\overline{1x}\times10^2-\overline{2x}\times10^1=1250$$

$$(x+10\times1)\times10^2-(x+10\times2)\times10^1=1250\Rightarrow100x+1000-10x-200=1250\Rightarrow90x=450\Rightarrow x=5$$

در نتیجه حلقهٔ وسط سبزرنگ است.

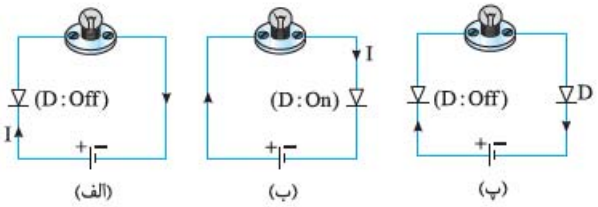
۵۸- **گزینه۲** مقاومت‌های ترکیبی جزء مقاومت‌های ثابت‌اند. رئوستا مقاومتی است که اندازهٔ آن را می‌توان به طور دستی تنظیم کرد. مقاومت ترمیستور، تابع دمای محیط و مقاومت نوری تابع میزان روشنایی محیط است.

۵۹- **گزینه۲** از ترمیستورها به عنوان حسگر دما استفاده می‌شود. ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ 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.

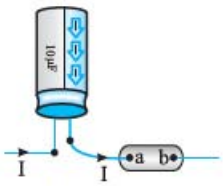
۶۰- **گزینه۱** اگر در اثر نوسانات برق شهر، جریان مدار افزایش یابد، دمای لامپ و قطعهٔ رسانشی بالا می‌رود. اگر ضریب دمایی ترمیستور منفی باشد، مقاومت آن کاهش می‌یابد و جریان مدار بیشتر از قبل می‌شود که این افزایش ممکن است باعث سوختن لامپ شود. پس باید از ترمیستور با ضریب دمایی مثبت استفاده شود. در این صورت 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 قطعهٔ موردنظر می‌تواند یک مقاومت نوری باشد. از طرفی ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ بعضی ترمیستورها منفی است؛ یعنی با افزایش دمای آن‌ها مقاومتشان کاهش می‌یابد. پس قطعهٔ یادشده ممکن است ترمیستور هم باشد.

۶۲- **گزینه ۲** اگر دیودی وجود نداشته باشد، جریان از پایانهٔ مثبت باتری خارج و به پایانهٔ منفی وارد می‌شود. اگر دیود را در جهتی در مدار قرار دهیم که پیکان آن در جهت جریان باشد، دیود اجازهٔ 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 ۴** خازن باید طوری نصب شود که در زمان شارژ، جریان به صفحهٔ مثبت خازن وارد و از صفحهٔ منفی آن خارج شود (یعنی الکترون‌ها به صفحهٔ منفی وارد و از صفحهٔ مثبت خارج شوند) و عکس این اتفاق نیفتد. اگر دیودی در جهت «a ▷|– b» بین پایانه‌های a و b قرار دهیم، اجازهٔ عبور جریانی در خلاف جهت نشان داده شده در شکل را نمی‌دهد.



۶۴- **گزینه ۳** مطابق آن‌چه در درس‌نامهٔ 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 پایانهٔ مثبت و b به پایانهٔ 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:

$$\begin{cases} V_a = -۱۲\,V \\ V_b = -۶\,V \\ V_c = -۳\,V \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_a - V_b = -۱۲ - (-۶) = -۶\,V \Rightarrow V_a - V_b < ۰ \Rightarrow \text{دیود قرمز روشن نمی‌شود.} \\ V_c - V_b = -۳ - (-۶) = ۳\,V \Rightarrow V_c - V_b > ۰ \Rightarrow \text{دیود سبز روشن می‌شود.} \end{cases}$$

۶۵- **گزینه ۳** *این تست به مهندسین برق آینده نشون می‌ده چه جوری پایانه‌های دیود رو تشخیص و سالم‌بودن اون رو چک کنند!* اهم‌متر جریان کوچکی از خودش تولید می‌کند! مثل یک باتری! در شکل (الف) دیود در حالت تغذیهٔ مستقیم قرار گرفته (+ a ▷|– b) و مقاومت بسیار کمی در برابر عبور جریان از خود نشان می‌دهد. در شکل (ب) دیود در حالت تغذیهٔ معکوس قرار می‌گیرد (+ b ⊣|– a) و جریان ناچیزی از آن می‌گذرد و اهم‌متر فکر می‌کند با مقاومت بسیار بزرگی طرف است![1]

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