## تقدیم به

این کتاب را به پاس همهٔ تلاش‌ها و مهربانی‌های حامد بهمنی (از فعالان عرصهٔ نشر که ناباورانه از جمع ما رفت) به او و خانوادهٔ محترمش تقدیم می‌کنیم.

# مقدمه ناشر

معمولاً وقتی حرفی از فیزیک زده می‌شود، اسم چند نفر خاص مثل اینشتین، نیوتون و گالیله به ذهن خیلی از ما آدم‌ها می‌رسد. راستش برای منم تا همین چند سال پیش این‌جوری بود اما با دیدن فیلم The Prestige کریستوفر نولان، یک نفر دیگر هم به فهرستم اضافه شد؛ نیکولا تسلا! دانشمند بزرگی که امسال اسمش را در کتاب زیاد خواهید دید؛ چرا که یکای میدان مغناطیسی نامش را از او گرفته است. در مورد این‌که The Prestige، فیلم خیلی‌خوبی است، شکی نیست! *(حتماً ببینیدش اگر ندیدینش!)* اما چیزی که باعث شد این‌جا در مورد این فیلم صحبت کنم، کارهای عجیبی است که تسلا در این فیلم انجام می‌دهد.

یکی از کارهای عجیب تسلا در این فیلم، روشن‌شدن لامپ‌هایی است که مستقیم به زمین وصل‌اند، در حالی که بدون هیچ سیمی از منبعی که حدود ۴۰ کیلومتر فاصله دارد، انرژی می‌گیرند. این اتفاق اگرچه خیلی غیرعادی است اما می‌تواند واقعی باشد. در واقع ایدهٔ تسلا برای انتقال الکتریسیته بدون سیم، کار غیرممکنی نیست اما قطعاً کار خیلی سختی است! جدای این فیلم، حدود ۱۰۰ سال پیش، تسلا برجی در نیویورک می‌سازد تا بتواند پروژهٔ انتقال برق بدون سیم را عملی کند. قرار بر این بود که منبع تأمین برق، نیروگاه آبی آبشار نیاگارا باشد، اما اسپانسر پروژه، حمایتش را از تسلا قطع می‌کند 😞 و پروژه متوقف می‌شود و جهان به سمت انتقال برق با سیم حرکت می‌کند!

حالا امروز ایدهٔ انتقال برق بدون سیم دوباره جذابیت پیدا کرده اما هنوز تحقق پیدا نکرده است، چرا که انتقال برق بدون سیم، کار ترسناک و خطرناکی است! از آن‌جایی که در کتاب فیزیک امسال شما، یعنی فیزیک یازدهم، به صورت مشخص در مورد الکتریسیته و مغناطیس صحبت شده، فکرکردن به این ایده می‌تواند جذاب و شاید هم پول‌ساز (!) باشد. خدا می‌داند، شاید شما اولین کسی باشید که این ایده را محقق می‌کند!

از این حرف‌ها که بگذریم، فیزیک یازدهم (مخصوصاً نردبام) بسیار جذاب و خواندنی است. امیدوارم که از خواندنش لذت ببرید! ممنون از مؤلفان خلاق و خوش‌فکر کتاب، مخصوصاً احمد مصلایی عزیز که برای تألیف این کتاب، زحمت خیلی زیادی کشید! از ملیکا مهری که برای چاپ این کتاب زحمت زیادی کشید، هم تشکر ویژه دارم. در نهایت مرسی از بچه‌های دوست‌داشتنی خیلی‌سبز که کارها را خوب جلو بردند.

مراقب خودتون باشین!

# مقدمه مؤلف

## سلام

کتابی که در دست دارید جزء کتاب‌های «آموزش از راه تست» است. معمولاً این مدل کتاب‌ها خودشان دو مدل‌اند! در بعضی از این کتاب‌ها سعی می‌شود یک مفهوم فیزیکی با استفاده از تکرار زیاد آن مفهوم در قالب تست‌های مختلف فهمانده شود و معمولاً برای رسیدن به این هدف از تست‌های کنکور سال‌های گذشته، استفادهٔ اغراق‌آمیزی می‌شود. اکثر کتاب‌های بازار این‌طوری‌اند! تعارف را بگذاریم کنار! پایهٔ علمی اکثر دانش‌آموزان، ضعیف است و همین کتاب‌ها به دردشان می‌خورد! مدل دیگری هم می‌توان کتاب نوشت. مدلی که در آن با تنوع‌دادن، عمق‌بخشیدن به مفاهیم و طراحی پرسش‌های جدید، خواننده مجبور به تفکر بیشتری شود و از این راه، مهارت او در حل پرسش‌ها (به‌ویژه پرسش‌هایی با سبک جدید) افزایش یابد. دانش‌آموزانی که پایهٔ علمی مناسبی دارند بهتر است به این مدل کتاب‌ها مراجعه کنند. ما تلاش‌کرده‌ایم کتابی در همین راستا بنویسیم. به قالب‌ها و الگوهای پرسش‌هایی که تا به حال در کنکورهای سراسری مطرح شده‌اند، موارد جدیدی اضافه کرده‌ایم تا عمق و وسعت مفاهیم و پرسش‌های به کار رفته در کتاب افزایش یابد.

هر جا فکر کرده‌ایم تستی از نظر محتوا یا درجهٔ سختی با تست‌های معمول کنکور فاصله دارد و امکان طرح آن کم است، آن تست را با علامت نشان داده‌ایم. این تست‌ها را فقط دانش‌آموزانی حل می‌کنند که خیلی کارشان درست است!

توصیهٔ پایانی این‌که حتماً درس‌نامه‌های کتاب را به طور کامل بخوانید. برای نوشتن آن‌ها زحمت کشیده‌ایم! پاسخ‌ها را هم بخوانید، چون ممکن است یک تست را درست حل کرده باشید، اما با روشی که به درد خودتان می‌خورد!! شما را با این کتاب تنها می‌گذاریم! التماس دعا!!

■ در پایان باید تشکر ویژه‌ای داشته باشیم از همهٔ عزیزانی که در تولید این کتاب نقش داشتند؛ از جمله: آقای ایمان سلیمان‌زاده در مدیریت پروژه، اساتید عزیز مرتضی سرمدی، فریبا علوی نایینی، مژگان زمانی و مصطفی حسینی که نظرات کارشناسانهٔ خود را در اختیار ما گذاشتند. همین‌طور دوستان ویراستار، خانم‌ها شیما فرهوش، مائده رضایی، پگاه اسدی و آقای حسن فیض‌اللهی که با دقت نظرشان اشکالات کار را به حداقل رساندند.

راه ارتباطی با مؤلفان: mosalaeiphysics

# فهرست


فصل اول: الکتریستهٔ ساکن و خازن ..... ۷

بخش ۱: بار الکتریکی ..... ۸

بخش ۲: نیروی الکتریکی ..... ۱۷

بخش ۳: میدان الکتریکی ..... ۳۲

بخش ۴: انرژی پتانسیل الکتریکی ..... ۴۸

بخش ۵: اختلاف پتانسیل الکتریکی ..... ۵۲

بخش ۶: توزیع بار الکتریکی در اجسام ..... ۶۰

بخش ۷: خازن ..... ۶۸

فصل دوم: جریان الکتریکی ..... ۷۸

بخش ۱: جریان الکتریکی ..... ۷۹

بخش ۲: مقاومت الکتریکی ..... ۸۳

بخش ۳: نیروی محرکهٔ الکتریکی و مدارها ..... ۹۵

بخش ۴: توان الکتریکی ..... ۱۰۶

بخش ۵: ترکیب مقاومت‌ها ..... ۱۱۴

فصل سوم: مغناطیس ..... ۱۵۴

بخش ۱: مبانی مغناطیس ..... ۱۵۵

بخش ۲: نیروی مغناطیسی ..... ۱۶۱

بخش ۳: میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی ..... ۱۷۳

بخش ۴: ویژگی‌های مغناطیسی مواد ..... ۱۹۰

فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی ..... ۱۹۳

بخش ۱: شار مغناطیسی ..... ۱۹۴

بخش ۲: القای الکترومغناطیسی ..... ۱۹۸

بخش ۳: اثر خودالقاوری ..... ۲۱۴

بخش ۴: جریان متناوب ..... ۲۲۲

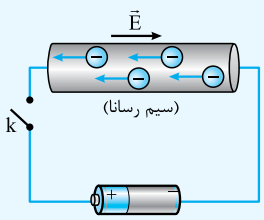
بخش ۵: مبدل‌ها ..... ۲۲۹

پاسخ‌نامهٔ تشریحی ..... ۲۳۲

پاسخ‌نامهٔ کلیدی ..... ۴۲۰

## 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.

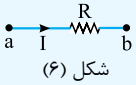
رابطهٔ (۲) $R = \frac{V}{I}$

- یکای مقاومت الکتریکی «ولت بر آمپر $(V/A)$» است و به اختصار «اهم $(\Omega)$» نامیده می‌شود.
- رسانایی را که مقاومت الکتریکی دارد، در اصطلاح «مقاومت» می‌نامیم و با نماد مداری « ⊸∿⊸ » 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)

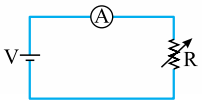
**نتیجه ۱** هرگاه در جهت جریان الکتریکی از رسانایی به مقاومت R عبور کنیم، پتانسیل الکتریکی به اندازهٔ RI کاهش می‌یابد.

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

**نتیجه 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

**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:

$$I = \frac{V}{R} \Rightarrow \frac{I'}{I} = \frac{R}{R'} \Rightarrow \frac{I'}{I} = \frac{R}{R - \frac{20}{100}R} = \frac{R}{0/8R} = \frac{1}{0/8} \Rightarrow \frac{I'}{I} = 1/25$$

$$\frac{\Delta I}{I} \times 100 = \frac{I' - I}{I} \times 100 = \frac{1/25I - I}{I} \times 100 = 0/25 \times 100 = \%25$$

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

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

$$R'' = R + \frac{۲۵}{۱۰۰}R = ۱/۲۵\,R$$

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

$$\frac{\Delta I}{I}\times ۱۰۰ = \frac{I''-I}{I}\times ۱۰۰ = \frac{۰/۸I - I}{I}\times ۱۰۰ = -۰/۲\times ۱۰۰ = ٪(-۲۰)$$

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

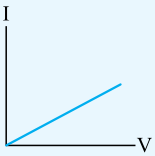
**نمونه** اگر ولتاژ دو سر رسانا ۲ برابر شود، جریان عبوری از آن هم ۲ برابر می‌شود، طوری که نسبت آن‌ها، یعنی مقاومت الکتریکی رسانا، تغییر نمی‌کند:

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

**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:

$$m = \frac{I}{V} = \frac{۱}{R} \quad \text{(شیب خط)}$$

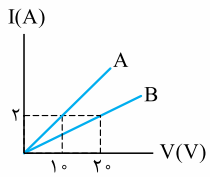


شکل (۷)

**نتیجه** هرچه 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)*



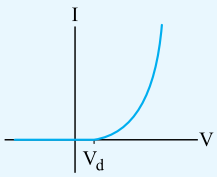

۱) ۲
۲) ۵
۳) $\frac{۱}{۲}$
۴) $\frac{۱}{۵}$

**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. 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].



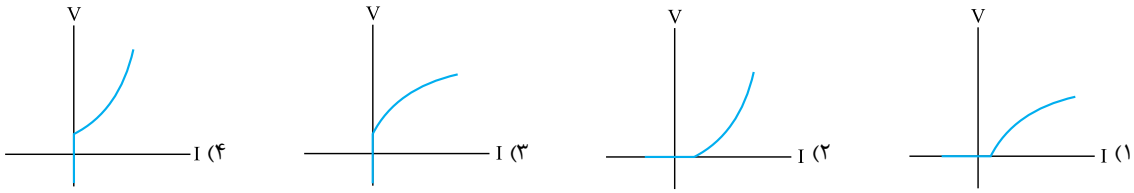
شکل (۸)

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

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

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

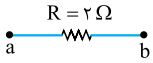
**۳۴۹- رابطهٔ اختلاف پتانسیل دو سر یک دیود نورگسیل و جریان عبوری از آن، مطابق کدام‌یک از نمودارهای زیر است؟**




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.

**۳۵۰- در شکل زیر، پتانسیل نقطهٔ a برابر ۵ V− است و در هر دقیقه $۱/۵\times۱۰^{۲۱}$ الکترون از نقطهٔ a به نقطهٔ b می‌روند. پتانسیل نقطهٔ b چند ولت است؟ $(e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}\ C)$**



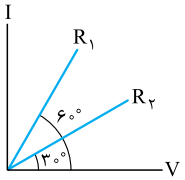

۱) ۱۳−  ۲) ۹−  ۳) ۱−  ۴) ۳+

**۳۵۱- 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.

**۳۵۲- نمودار تغییرات جریان برحسب اختلاف پتانسیل دو سر رساناهای $R_۱$ و $R_۲$ به شکل زیر است. $R_۲$ چند برابر $R_۱$ است؟ (طول مقیاس‌های روی دو محور ( ۱ V و ۱ A) هم‌اندازه انتخاب شده‌اند.)**




۱) $\frac{۱}{۲}$  ۲) $\frac{۱}{۳}$

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: $R=\rho\frac{L}{A}$ رابطهٔ (۳)

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

**خطرا** 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: $\frac{R_۲}{R_۱}=\frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times\frac{L_۲}{L_۱}\times\frac{A_۱}{A_۲}$

اگر شعاع مقطع سیم r و قطر آن D باشد، آن‌گاه: $A=\pi r^۲ \Rightarrow \frac{R_۲}{R_۱}=\frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times\frac{L_۲}{L_۱}\times(\frac{r_۱}{r_۲})^۲=\frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times\frac{L_۲}{L_۱}\times(\frac{D_۱}{D_۲})^۲$

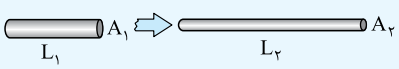
**تست** **طول سیم مسی A دو برابر طول سیم مسی B است و قطر مقطع سیم A نصف قطر مقطع سیم B است. مقاومت الکتریکی سیم A چند برابر مقاومت الکتریکی سیم B است؟** *(سراسری تجربی ـ ۹۱)*

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: $\rho_A=\rho_B$

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{L_A}{L_B}\times(\frac{D_B}{D_A})^۲=\frac{۲L_B}{L_B}\times(\frac{D_B}{\frac{۱}{۲}D_B})^۲=۲\times۴=۸$$

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)

$$V_۱=V_۲ \Rightarrow A_۱L_۱=A_۲L_۲ \Rightarrow \frac{L_۲}{L_۱}=\frac{A_۱}{A_۲}$$

$$\frac{R_۲}{R_۱}=\frac{L_۲}{L_۱}\times\frac{A_۱}{A_۲}$$

$$\Rightarrow \frac{R_۲}{R_۱}=\frac{L_۲}{L_۱}\times\frac{L_۲}{L_۱}=(\frac{L_۲}{L_۱})^۲$$

**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 را 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:

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

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

در نتیجه:

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

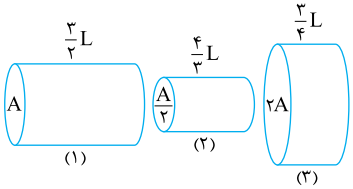
## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

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

**۳۵۳- 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

**۳۵۴- 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) $I_۱ > I_۳ > I_۲$

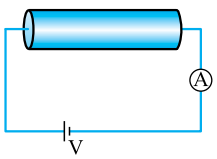
**۳۵۵- ابعاد یک مکعب‌مستطیل فلزی ۱، ۲ و ۴ سانتی‌متر است. این مکعب‌مستطیل را می‌توان از هر یک از دو وجه موازی آن در مدار قرار داد. نسبت بزرگ‌ترین مقاومت به کوچک‌ترین مقاومت آن چند است؟** *(سراسری ریاضی ـ ۶۹)*

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۶ ۴) ۲۴

**۳۵۶- 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) $\frac{۱}{۱۶}$ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) ۴

**۳۵۷- 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، ۲۰ درصد کاهش می‌یابد. جرم قطعه‌سیم تعویض‌شده 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.

**۳۵۸- 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؟ ($\pi \simeq ۳$)**

۱) $\frac{۱}{۶}$ ۲) ۶ ۳) $\frac{۲}{۳}$ ۴) $\frac{۳}{۲}$

**۳۵۹- دو کابل رسانای هم‌طول و هم‌جنس A و B مفروض‌اند. شعاع مقطع کابل توپُر A برابر ۲ mm، 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) $\frac{۳}{۴}$ ۲) $\frac{۴}{۳}$ ۳) $\frac{۱}{۲}$ ۴) ۲

حواستون باشه چگالی و مقاومت ویژه، یک جسم، هر دو رو با ρ نشون می‌دیم، ولی این دو هیچ ربطی به هم ندارند!

**۳۶۰- 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

**۳۶۱- دو سیم هم‌طول A و B در دمای معینی مقاومت الکتریکی برابر دارند. اگر چگالی A سه برابر B بوده و مقاومت ویژهٔ الکتریکی A دو برابر B باشد، در این صورت جرم A چند برابر جرم B است؟** *(آزمایشی سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان ـ ۹۹)*

۱) $\frac{1}{6}$ ۲) $\frac{2}{3}$ ۳) $\frac{3}{2}$ ۴) ۶

**۳۶۲- 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) $\rho\rho'\frac{L^2}{m}$

**۳۶۳- دو سیم با جرم‌های برابر، از جنس نقره و پلاتین، در یک دمای معین، دارای مقاومت الکتریکی مساوی‌اند. قطر سیم پلاتینی چند برابر قطر سیم نقره‌ای است؟ (چگالی پلاتین ۲ برابر چگالی نقره و مقاومت ویژهٔ پلاتین ۶ برابر مقاومت ویژهٔ نقره است.)**

۱) $\sqrt[4]{3}$ ۲) $\frac{\sqrt[4]{3}}{3}$ ۳) $\sqrt{3}$ ۴) $\frac{\sqrt{3}}{3}$

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

**۳۶۴- 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 ـ ۹۳)*

۱) ۲/۵ ۲) ۴۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۶۰

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

۱) ۲ ۲) ۴ ۳) ۸ ۴) ۱۶

**۳۶۶- 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

**۳۶۷- 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) $\frac{1}{2}$ ۲) $\frac{2}{3}$ ۳) $\frac{3}{2}$ ۴) ۲

دوتا تست محاسباتی خوب هم ببینید!

**۳۶۸- 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 $10^{-7}\ \Omega.m$ و اثر نوکِ تیز برقگیر را بر شکل هندسی آن نادیده بگیرید.)**

۱) ۳۰ ۲) $\frac{100}{3}$ ۳) ۳۰۰ ۴) $\frac{1000}{3}$

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

۱) صفر ۲) $2\times10^{-2}$ ۳) $5\times10^{-3}$ ۴) $2\times10^{2}$

## 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 $T_0$[1] 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:

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

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

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

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

به $\alpha$ «ضریب دمایی مقاومت ویژه» گفته می‌شود و یکای آن در SI «بر کلوین $(K^{-1})$» 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 $\Delta T$ (تغییر دما برحسب کلوین) می‌توانید از $\Delta\theta$ (تغییر دما برحسب درجهٔ 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 درجهٔ سلسیوس شده است؟ $(\alpha_{مس} = 0/0068\,K^{-1})$** *(سراسری ریاضی ـ ۹۳)*

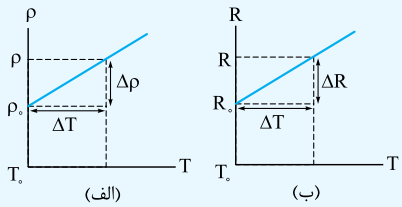
۱) ۲۲/۵ ۲) ۲۵ ۳) ۳۷/۵ ۴) ۴۵

**پاسخ** **گزینهٔ «۴»**

$$R = R_0(1+\alpha\Delta T) \Rightarrow 46/8 = 40\times(1+0/0068\times\Delta T) \xrightarrow{\Delta T=\Delta\theta} 46/8 = 40+40\times68\times10^{-4}\times\Delta\theta$$

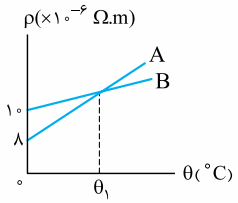
$$\Rightarrow \frac{6\cancel{8}}{1} = 40\times\frac{6\cancel{8}}{10}\times10^{-4}\times\Delta\theta \Rightarrow \Delta\theta = \frac{10^4}{400} = \frac{100}{4} = 25 \Rightarrow \theta-\theta_0 = 25 \Rightarrow \theta-20 = 25 \Rightarrow \theta = 45^\circ C$$

**نمودارهای $\rho-T$ و $R-T$ در رساناهای فلزی:** طبق رابطهٔ $\rho = \rho_0 + \rho_0\alpha\Delta T$ با فرض ثابت‌ماندن $\alpha$، نمودار مقاومت ویژه برحسب دما خط راستی است که عرض از مبدأ آن $\rho_0$ و شیب آن $\rho_0\alpha$ است (شکل ۱۰ ـ الف). به همین ترتیب نمودار مقاومت برحسب دما خطی است راست که عرض از مبدأ آن $R_0$ و شیب آن $R_0\alpha$ 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 $5\times10^{-3}\,K^{-1}$ و $2\times10^{-3}\,K^{-1}$ باشد، $\theta_1$ چند درجهٔ سلسیوس است؟ (دمای مرجع $0\,^\circ C$ در نظر گرفته شود.)**




۱) ۵۰ ۲) ۱۰۰
۳) ۵۰۰ ۴) ۱۰۰۰

**پاسخ** **گزینهٔ «۲»** از روی نمودارها مشخص می‌شود:

$$\rho_{0A} = 8\times10^{-6}\,\Omega.m \quad , \quad \rho_{0B} = 10\times10^{-6}\,\Omega.m$$

حالا رابطهٔ مقاومت ویژهٔ هر فلز با دما را می‌نویسیم:

$$\rho_A = \rho_{0A} + \rho_{0A}\alpha_A\Delta\theta_A = 8\times10^{-6} + (8\times10^{-6})\times(5\times10^{-3})\times(\theta_A-0) = 8\times10^{-6} + 4\times10^{-8}\,\theta_A$$

$$\rho_B = \rho_{0B} + \rho_{0B}\alpha_B\Delta\theta_B = 10\times10^{-6} + (10\times10^{-6})\times(2\times10^{-3})\times(\theta_B-0) = 10\times10^{-6} + 2\times10^{-8}\,\theta_B$$

در دمای $\theta_1$، مقاومت ویژهٔ دو جسم برابر می‌شود: $\rho_A = \rho_B$

$$8\times10^{-6} + 4\times10^{-8}\,\theta_1 = 10\times10^{-6} + 2\times10^{-8}\,\theta_1 \Rightarrow 2\times10^{-8}\,\theta_1 = 2\times10^{-6} \Rightarrow \theta_1 = 100\,^\circ C$$

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

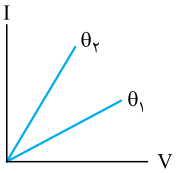
**دماسنج مقاومت پلاتینی:** دماسنج مقاومت پلاتینی یکی از سه دماسنج **معیار** است که کمیت دماسنجی در آن مقاومت الکتریکی ماده است؛ یعنی از وابستگی مقاومت الکتریکی به دما در ساخت آن‌ها استفاده می‌کنند و با اندازه‌گیری مقاومت جسم می‌توان به دمای محیط اطراف دماسنج پی برد. محدودهٔ دماسنجی با دماسنج‌های الکلی یا جیوه‌ای بسیار محدود است. اما با استفاده از دماسنج‌های مقاومت پلاتینی می‌توان دماهایی در محدودهٔ $14\ K$ تا $1235\ K$ 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

**۳۷۰- 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.

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

**۳۷۲- مقاومت الکتریکی یک سیم رسانا در اثر $80^\circ C$ افزایش دما، ۱۲ درصد افزایش می‌یابد. ضریب دمایی مقاومت در SI کدام است؟** *(آزمایشی آموزش و پرورش شهر تهران ـ ۸۷)*

۱) $15\times10^{-3}$
۲) $1/5\times10^{-3}$
۳) $2\times10^{-3}$
۴) $3\times10^{-3}$

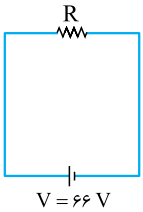
**۳۷۳- لامپ یک چراغ‌قوهٔ معمولی در $0/3\ A$ و $2/73\ V$ کار می‌کند. اگر مقاومت رشتهٔ تنگستنی این لامپ در دمای اتاق $(20^\circ C)$ برابر $1\Omega$ باشد، دمای این رشته وقتی لامپ روشن است، چند درجهٔ سلسیوس می‌شود؟ (ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ تنگستن $4/5\times10^{-3}\ K^{-1}$ است.)**

۱) ۱۸۲۰
۲) ۱۷۲۰
۳) ۱۶۲۰
۴) ۱۵۲۰

**۳۷۴- دو مقاومت اهمی A و B مفروض است. اندازهٔ این دو مقاومت در دمای $0^\circ C$ به ترتیب $R_0$ و $1/1R_0$ و ضرایب دمایی آن‌ها به ترتیب $2\alpha$ و $\alpha$ است. در دمای $\theta$ اندازهٔ این دو مقاومت برابر می‌شود. $\theta$ کدام است؟**

۱) $\frac{1}{2\alpha}$
۲) $\frac{1}{9\alpha}$
۳) $2\alpha$
۴) $9\alpha$

**۳۷۵- در مدار شکل مقابل، ولتاژ دو سر باتری ثابت و برابر $66\ V$ و اندازهٔ مقاومت R در دمای $0^\circ C$ برابر $100\ \Omega$ است. اگر کم‌ترین جریانی که از مقاومت عبور می‌کند $375\ mA$ و بیشترین جریان عبوری از آن $600\ mA$ 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 $0/004\ K^{-1}$ است.)**




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

**۳۷۶- سیم‌پیچ 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 سیم‌پیچ وقتی در جسم دیگری قرار داده می‌شود، $11/4\ \Omega$ است. دمای این جسم چند درجهٔ سلسیوس است؟** *(هیئت امتحانات ایالتی انگلستان، با تغییر)*

۱) ۱۴
۲) ۲۰
۳) ۳۰
۴) ۷۰

**۳۷۷- 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:**

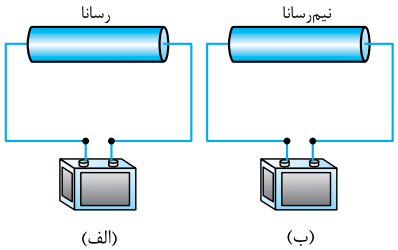
۱) برابر با حالت خاموش است.
۲) ۱۰ برابر حالت خاموش است.
۳) بیشتر از ۱۰ برابر حالت خاموش است.
۴) کم‌تر از ۱۰ برابر حالت خاموش و بیشتر از حالت خاموش است.

**۳۷۸- 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 $20^\circ C$ برقرارند.)**

| | مقاومت ویژه $(\Omega.m)$ | ضریب دمایی $(K^{-1})$ |
|---|---|---|
| نیکروم | $1/5\times10^{-6}$ | $4\times10^{-4}$ |
| کربن | $3/5\times10^{-5}$ | $-5\times10^{-4}$ |

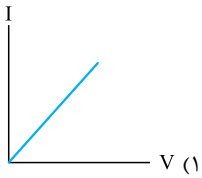
۱) $\frac{6}{175}$
۲) $\frac{175}{6}$
۳) $\frac{14}{75}$
۴) $\frac{75}{14}$

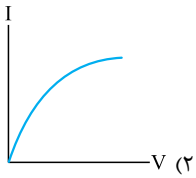
**۳۷۹- در مدارهای شکل مقابل، اگر دمای محیط افزایش یابد، سرعت سوق الکترون‌ها در قطعهٔ رسانا شکل (الف) و قطعهٔ نیم‌رسانا شکل (ب) به ترتیب چگونه تغییر می‌کند؟ (اختلاف پتانسیل دو سر قطعه‌ها ثابت فرض می‌شود.)**

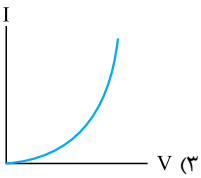


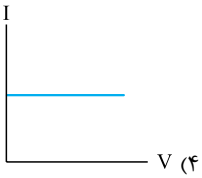

۱) افزایش، افزایش
۲) افزایش، کاهش
۳) کاهش، افزایش
۴) کاهش، کاهش

**۳۸۰- 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)*

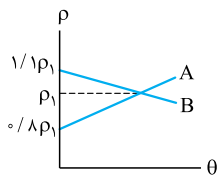
۱) 


۲) 


۳) 


۴) 


**۳۸۱- 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) $-\frac{۴}{۱۱}$

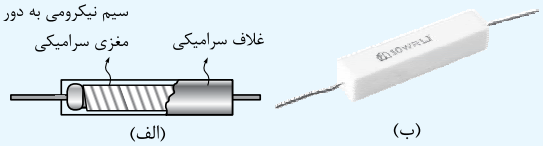
## ۵. انواع مقاومت‌ها

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

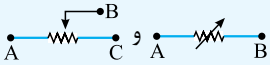
**مقاومت‌های پیچه‌ای:** مقاومت‌های پیچه‌ای از سیمی با مقاومت معین تشکیل شده‌اند که دور هستهٔ عایق (از جنس سرامیک، پلاستیک، شیشه و ...) پیچیده شده‌اند و سطح آن‌ها با روکش سرامیکی (یا پلاستیکی) پوشانده شده است (شکل ۱۱- الف). سیم به کار رفته در این مقاومت‌ها معمولاً از جنس نیکروم (آلیاژ نیکل و کروم) یا 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.

■ از مقاومت‌های پیچه‌ای برای ساخت مقاومت‌های **متغیر** استفاده می‌شود.

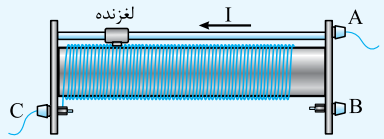


شکل (۱۱)

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

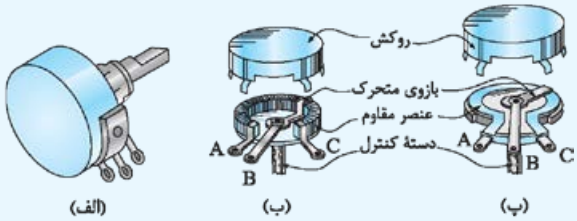
نشان می‌دهند و بر دو نوع‌اند: ۱) **رئوستا** ۲) **پتانسیومتر**

**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)

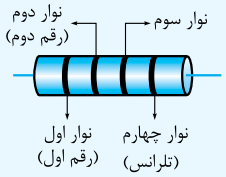
**پتانسیومتر:** شکل ۱۳ - الف یک پتانسیومتر را نشان می‌دهد. اگر کلاهک پتانسیومتر را بردارید، یک صفحهٔ دیسک‌مانند مطابق شکل‌های ۱۳ ـ ب یا ۱۳ ـ پ را خواهید دید. دور این صفحه یک مقاومت پیچه‌ای (شکل ب) یا یک مقاومت ترکیبی قرار دارد که یک سر این مقاومت به A و یک سر آن به C وصل است. سر B به یک بازوی متحرک وصل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



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)

| 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)

■ 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:

(قرمزته!)

$$R = 24 \times 10^{1} = 240\,\Omega$$

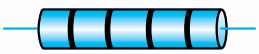
(قهوه‌ای) (زرد)

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

**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

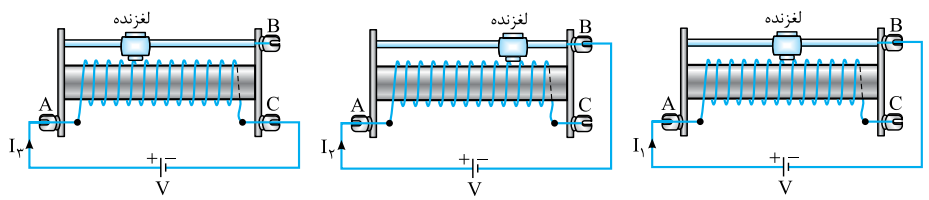
**پاسخ** **گزینهٔ «۱»** دقت کنید که این مقاومت *پیکی قرار داده شده* (!) و رنگ زرد، اولین رقم و رنگ قرمز، سومین رقم به حساب می‌آیند. اگر رقم مربوط به حلقهٔ دوم را با b نشان دهیم، مقدار مقاومت برابر خواهد بود با:

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

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

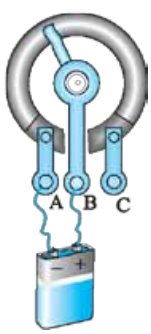
## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

**۳۸۲- 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) $I_3 > I_1 > I_2$

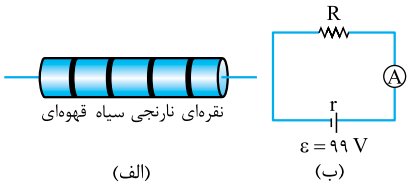
**۳۸۳- ولتاژ دو سر یک باتری ثابت و برابر ۱۲ V است. اگر این باتری را مطابق شکل روبه‌رو به پایه‌های A و B یک پتانسیومتر وصل کنیم، جریان ۳A و اگر پایانه‌های باتری را به پایه‌های B و C وصل کنیم، جریان ۲A از مدار می‌گذرد. اگر پایانه‌های باتری را به پایه‌های A و C وصل کنیم، چه جریانی (برحسب آمپر) از مدار عبور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




۱) ۱/۲
۲) ۱/۵
۳) ۱
۴) ۰/۷۵

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

**۳۸۴- 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.)**



(الف) (ب)

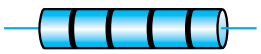
۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

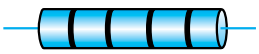
**۳۸۵- حلقه‌های رنگی بر روی یک مقاومت کربنی، دارای سه رنگ یکسان در کنار یک حلقهٔ طلایی‌رنگ هستند. اگر بزرگی مقاومت یادشده (برحسب اهم) یک عدد سه‌رقمی باشد، حلقه‌های هم‌رنگ بر روی این مقاومت (با کدهای وابسته) کدام‌اند؟**

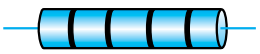
۱) نارنجی (۳) ۲) قرمز (۲) ۳) قهوه‌ای (۱) ۴) سیاه (صفر)

تست زیر قشنگه! سخت نیست! فقط چون فرم تست‌های کنکور نیست، نشان‌دارش کردیم.

**۳۸۶- 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.)**

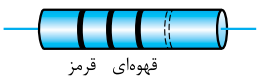
۱) 


۲) 


۳) 


۴) در هر سه مورد یکسان است.

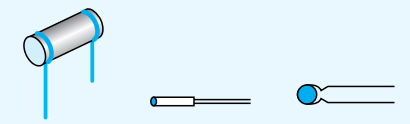
**۳۸۷- حلقهٔ تلرانس مقاومت الکتریکی نشان داده شده در شکل زیر، پاک شده است. اگر دانش‌آموزی به اشتباه مقاومت را از راست به چپ بخواند، مقدار مقاومت را ۱۲۵۰ Ω بیشتر از مقدار واقعی آن اندازه‌گیری می‌کند. حلقهٔ وسط چه رنگی است؟ (رنگ قهوه‌ای عدد ۱، رنگ قرمز عدد ۲، رنگ سبز عدد ۵ و رنگ آبی عدد ۶ است.)**




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.



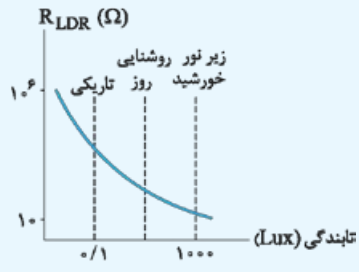
شکل (۱۵)

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



شکل (۱۶)

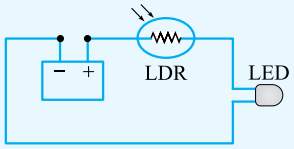
**توجه** یکای تابندگی در SI «لوکس (Lux)» است.

**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.

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

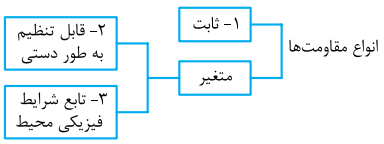
**نمونه** برای تشخیص کیفی شدت نور در یک محل می‌توان از مداری به شکل ۱۷ استفاده کرد. در محیط تاریک مقاومت LDR بسیار بالاست و LDR نقش یک نارسانا را دارد و مانع از روشن‌شدن لامپ LED می‌شود. در محیط روشن، LDR مانند یک رسانا عمل می‌کند و LED روشن می‌شود. هر چه روشنایی محیطی بیشتر باشد، مقاومت LDR کم‌تر و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



شکل (۱۷)

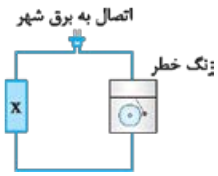
## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

**۳۸۸- 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؟**



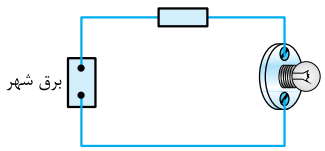

۱) ۱، ۱، ۲ و ۳
۲) ۱، ۳، ۲ و ۳
۳) ۳، ۱، ۲ و ۱
۴) ۳، ۱، ۳ و ۳

**۳۸۹- در مدار شکل روبه‌رو، 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

**۳۹۰- 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

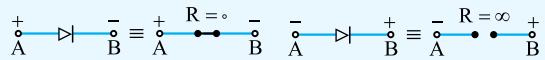
**۳۹۱- یک قطعهٔ الکتریکی را روی شعلهٔ شمع قرار می‌دهیم. نمودار تغییرات مقاومت قطعه برحسب شدت نور شمع مطابق شکل است. این قطعه ممکن است کدام قطعهٔ زیر باشد؟**

۱) ترمیستور
۲) مقاومت نوری
۳) مقاومت پیچه‌ای
۴) ترمیستور یا مقاومت نوری

## ۷. دیودها

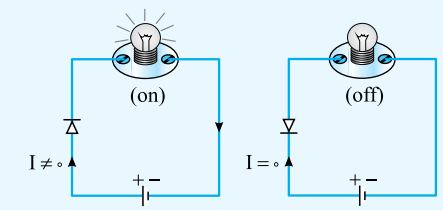
دیود: دیودها نقشی مانند شیر یک‌طرفه را در مدارهای الکتریکی به عهده دارند؛ یعنی به جریانی که از یک سمت عبور می‌کند، اجازهٔ شارش می‌دهند، اما مسیر عبور جریانی در جهت مخالف را سد می‌کنند. دیود را با نماد مداری «—▷|—» نشان می‌دهند. **دیود در جهتی که این پیکان نشان می‌دهد، می‌تواند جریان را عبور دهد.**

**نتیجه** در شرایطی که دیود مطابق شکل ۱۸ 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 قطع‌شده (مدار باز با مقاومت بی‌نهایت) عمل می‌کند و جریان را از خود عبور نمی‌دهد.



شکل (۱۸)

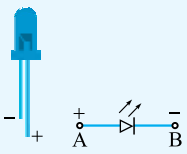
**نمونه۱** در شکل ۱۹- الف، دیود در حالت تغذیهٔ مستقیم است و مثل یک سیم عمل می‌کند و اجازهٔ عبور جریان را می‌دهد و لامپ روشن می‌شود. در شکل ۱۹- ب، دیود در حالت تغذیهٔ معکوس است و اجازهٔ برقراری جریان را نمی‌دهد و لامپ روشن نمی‌شود.



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.

**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).

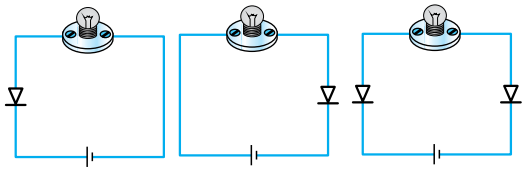


(الف) (ب)

شکل (۲۰)

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

**۳۹۲- در کدام‌یک از مدارهای مقابل لامپ روشن می‌شود؟**


(الف) (ب) (پ)

۱) فقط الف

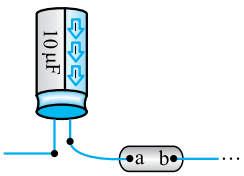
۲) فقط ب

۳) الف و پ

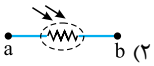
۴) ب و پ

سه‌تا تست بعدی کاملاً کاربردی‌اند؛ اگه حدسون نکنین، ازتون نمی‌گذریم!!

**۳۹۳- 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.)**



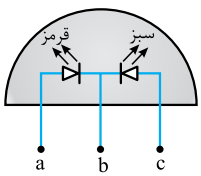

۱)


۲) 


۳)


۴)


**۳۹۴- 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.)**



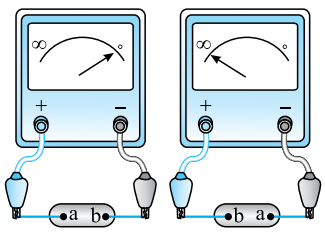

۱) قرمز، سبز

۲) قرمز، زرد

۳) زرد، سبز

۴) زرد، قرمز

**۳۹۵- 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؟**



(الف) (ب)

۱) ترمیستور

۲) مقاومت نوری

۳) دیود

۴) خازن