۱- آسان

آ) الکترون‌های آزاد ـ $10^6 \frac{m}{s}$ ب) صفر

پ) تردد‌ای ت) آمپر

ث) مستقیم ج) بار الکتریکی ـ باتری خودروها

۲- آسان

آ) نادرست ب) درست پ) نادرست ت) نادرست

۳- آسان

در نبود اختلاف پتانسیل (میدان الکتریکی) شارش بار خالصی از مقطع معین A سیم نداریم.

در حضور اختلاف پتانسیل (میدان الکتریکی) شارش بار خالص از مقطع A سیم، دیگر برابر صفر نیست.

۴- آسان

فقط شکل (پ) چون بین دو سر لامپ، اختلاف پتانسیل الکتریکی به درستی اعمال شده است.

۵- متوسط

وقتی کلید را می‌زنیم، میدان الکتریکی با سرعتی نزدیک به سرعت نور برقرار می‌شود و الکترون‌های آزاد در سرتاسر سیم به طور هم‌زمان تحت تأثیر این میدان قرار می‌گیرند و تقریباً هم‌زمان همگی شروع به حرکت می‌کنند.

۶- متوسط

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۰/۲=\frac{\Delta q}{۱۶} \Rightarrow \Delta q=۳/۲\,C$$

$$\Delta q=ne \Rightarrow n=\frac{\Delta q}{e}=\frac{۳/۲}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۲\times۱۰^{۱۹}$$

۷- متوسط

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۳/۵=\frac{۷۰}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t=۲۰\,h$$

۸- متوسط

آ) $I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۰/۱۶\times۱۰^{-۳}=\frac{\Delta q}{۳۶۰۰} \Rightarrow \Delta q=۰/۵۷۶\,C$

ب) $\Delta V=\frac{\Delta U}{\Delta q} \Rightarrow \Delta U=۳\times۰/۵۷۶=۱/۷۲۸\,J$

۹- متوسط

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{\Delta q} \Rightarrow ۱۲=\frac{۲۴}{\Delta q} \Rightarrow \Delta q=۲\,C$$

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I=\frac{۲}{۱۰۰}=۰/۰۲\,A=۲۰\,mA$$

۱۰- متوسط

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۵=\frac{۵۰}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t=۱۰\,h$$

۱۱- متوسط

$$I=۱۰۰\mu A=۰/۱\,mA$$

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۰/۱=\frac{۱۰۰۰}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t=۱۰۰۰۰\,h$$

۱۲- دشوار

آ) $\Delta V=\frac{\Delta U}{\Delta q} \Rightarrow ۵\times۱۰^{۷}=\frac{۱\times۱۰^{۹}}{\Delta q} \Rightarrow \Delta q=۲۰\,C$

ب) $I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I=\frac{۲۰}{۰/۲}=۱۰۰\,A$

پ) $P=\frac{\Delta U}{\Delta t} \Rightarrow P=\frac{۱\times۱۰^{۹}}{۰/۲}=۵\times۱۰^{۹}\,W$

۱۳- دشوار

بار کره‌ها را پس از تماس با q'_1 و q'_2 نمایش می‌دهیم.

$$q'_1=q'_2=\frac{۱۰+(-۵)}{۲}=۲/۵\,mC$$

$$|\Delta q|=|۲/۵-۱۰|=۷/۵\,mC$$

یا

$$|\Delta q|=|۲/۵-(-۵)|=۷/۵\,mC$$

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I=\frac{۷/۵\times۱۰^{-۳}}{۱\times۱۰^{-۳}}=۷/۵\,A$$

۱۴- مشابه

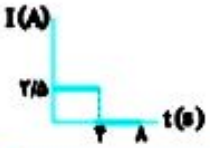
توجه: اگر جریان ثابت باشد، نمودار بار الکتریکی گذرنده از هر مقطع مدار برحسب زمان $(q-t)$ به صورت خطی است که شیب آن برابر جریان الکتریکی است.

الف) $I_{\text{متوسط}}=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I_{\text{متوسط}}=\frac{۱۰}{۸}=۱/۲۵\,A$

ب) از ۰ s تا ۴ s، جریان الکتریکی ثابت و برابر شیب خط نمودار $q-t$ است.

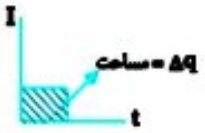
$$I=\frac{۱۰-۰}{۴-۰}=۲/۵\,A$$

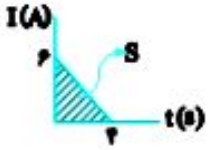
از ۴ s تا ۸ s، شیب خط نمودار $q-t$ صفر است. پس جریان الکتریکی نیز صفر است.



۱۵- مشابه

توجه: مساحت بین نمودار جریان الکتریکی برحسب زمان $(I-t)$ برابر بار الکتریکی شارش شده در مدار است.





$$S=\frac{۶\times۴}{۲}=۱۲ \Rightarrow \Delta q=۱۲\,C$$

$$I_{\text{متوسط}}=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I_{\text{متوسط}}=\frac{۱۲}{۴}=۳\,A$$

۱- گزینه «۲» آسان

براساس شکل ۲-۷ کتاب درسی، سرعت سوق الکترون آزاد در خلاف جهت میدان الکتریکی است و جهت جریان الکتریکی، هم جهت با میدان الکتریکی است.

۲- گزینه «۱» آسان

با توجه به رابطه بار الکتریکی می‌توان گفت:

$$I=\frac{q}{t} \rightarrow q=I\cdot t$$

بار الکتریکی(C) = آمپر(A) × ساعت (h)

۳- گزینه «۱» متوسط

طبق رابطه $q=It$، بار الکتریکی شارش یافته را به‌دست می‌آوریم.

$$q=It \xrightarrow[t=۲۰s]{I=۰/۸A} q=۰/۸\times۲۰=۱۶C$$

حال با توجه به رابطه $q=ne$، تعداد الکترون‌ها را محاسبه می‌کنیم.

$$q=ne \xrightarrow[e=۱/۶\times۱۰^{-۱۹}C]{q=۱۶C} ۱۶=n\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n=۱۰^{۲۰}$$

۴- گزینه «۱» متوسط

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{n\cdot e}{\Delta t}=\frac{۵\times۱۰^{۱۷}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}{۰/۴}=۰/۲A$$

۵- گزینه «۳» مشابه

بار نهایی هر کره $=\frac{q_1+q_2}{۲}=\frac{۱۲-۴}{۲}=۴\mu C$

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t}=\frac{q'-q}{\Delta t}=\frac{(۴-(-۴))\times۱۰^{-۶}}{۰/۰۱\times۱۰^{-۳}}=۰/۸A$$

$$\xrightarrow{\times۱۰^{۳}} I=۸۰۰mA$$

۶- گزینه «۴» متوسط

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{\Delta q} \Rightarrow \Delta q=\frac{۱/۸\times۱۰^{۹}}{۳\times۱۰^{۷}}=۶۰C$$

$$I_{\text{متوسط}}=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I_{\text{متوسط}}=\frac{۶۰}{۰/۳}=۲۰۰\,A$$

۷- کاوه ۹۰ متوسط

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{\Delta q} \Rightarrow ۱/۵=\frac{۱۱/۲۵}{\Delta q} \Rightarrow \Delta q=۷/۵\,C$$

$$I_{متوسط}=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow I_{متوسط}=\frac{۷/۵}{۶۰}=۰/۱۲۵\,A=۱۲۵\,mA$$

۸- کاوه ۹۰ آسان

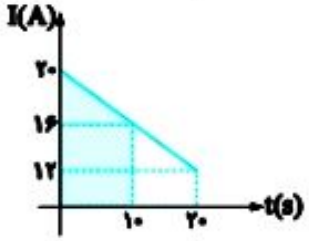
$$\Delta q=۲\,Ah=۲\,A\times ۳۶۰۰\,s=۷۲۰۰\,C$$

$$\Delta V=\frac{\Delta U}{\Delta q} \Rightarrow \Delta U=۵\times ۷۲۰۰=۳۶۰۰۰\,J=۳/۶\times ۱۰^{۴}$$

۹- کاوه ۹۰ دشوار

مساحت سطح زیر نمودار $I-t$ در یک بازه زمانی مشخص برابر با بار الکتریکی شارش یافته در همان مقطع زمانی است.

$$q=S_{\text{ذوزنقه}}=\frac{(۲۰+۱۶)\times ۱۰}{۲}=۱۸\,C$$



برای تبدیل واحد کولن به آمپرساعت باید عدد بدست آمده را بر ۳۶۰۰ تقسیم کنیم.

$$q=۱۸۰\times\frac{۱}{۳۶۰۰}=\frac{۱}{۲۰}=۰/۰۵\,Ah$$

۱۰- کاوه ۹۰ دشوار

نوجه:

۱- منظور از ثانیهٔ nام بازهٔ زمانی $(n-1)$ ثانیه تا n ثانیه است. مثلاً ثانیهٔ سوم از $t=۲\,s$ تا $t=۳\,s$ است.

۲- پایان ثانیهٔ nام، یعنی لحظهٔ $t=n$. مثلاً پایان ثانیهٔ سوم یعنی لحظهٔ $t=۳\,s$

$$\begin{cases}t_۱=۰\,s\\ t_۲=۳\,s\end{cases}$$ پایان ثانیه سوم

$$\left.\begin{array}{l}t_۱=۰ \Rightarrow q_۱=۰\\ t_۲=۳\,s \Rightarrow q_۲=۰/۱(۳)^{۲}+۰/۲(۳)=۱/۵\,C\end{array}\right|$$

$$I_{متوسط}=\frac{q_۲-q_۱}{t_۲-t_۱}=\frac{۱/۵}{۳}=۰/۵\,A$$

ثانیهٔ سوم $\begin{cases}t'_۱=۲\,s\\ t'_۲=۳\,s\end{cases}$

$$\left.\begin{array}{l}t'_۱=۲\,s \Rightarrow q'_۱=۰/۱(۲)^{۲}+۰/۲(۲)=۰/۸\,C\\ t'_۲=۳\,s \Rightarrow q'_۲=۱/۵\,C\end{array}\right|$$

$$I'_{متوسط}=\frac{q'_۲-q'_۱}{t'_۲-t'_۱}=\frac{۱/۵-۰/۸}{۳-۲}=۰/۷\,A$$

$$\frac{I'_{متوسط}}{I_{متوسط}}=\frac{۰/۷}{۰/۵}=\frac{۷}{۵}$$

علوی فرهنگ

پاسخنامه

سوالات تشریحی

بخش ۲ و ۳

۱- آسان

آ) به نسبت اختلاف پتانسیل دو سر رسانا به جریان الکتریکی گذرنده از آن مقاومت الکتریکی می گویند.

ب) نسبت اختلاف پتانسیل دو سر یک مقاومت به جریان الکتریکی گذرنده از آن، در دمای ثابت، مقدار ثابتی است.

۲- آسان

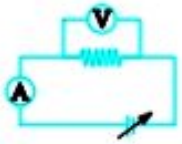
آ) نادرست ب) درست پ) درست ت) نادرست

۳- آسان

آ) $\frac{V}{A}$ - اهم ب) نردهای پ) موازی ت) متوالی

۴- دشوار

یک رسانا را مطابق شکل، به یک آمپرسنج، یک ولت‌سنج و یک منبع تغذیه با ولتاژ قابل تنظیم می‌بندیم. اختلاف پتانسیل دو سر وسیله را به کمک منبع تغذیه تغییر می‌دهیم و در هر نوبت جریان عبوری از وسیله و اختلاف پتانسیل دو سر آن را با آمپرسنج و ولت‌سنج مدار اندازه می‌گیریم و سپس با استفاده از رابطهٔ $R=\frac{V}{I}$ مقاومت الکتریکی را محاسبه و نتایج را در جدولی یادداشت می‌کنیم. اگر مقاومت الکتریکی در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت)، مقدار ثابتی باشد، اصطلاحاً گفته می‌شود آن وسیله از قانون اهم پیروی می‌کند و آن وسیله را مقاومت یا رسانای اُهمی می‌نامند.



۵- متوسط

آ) $R=\frac{V}{I} \Rightarrow R=\frac{۱/۵}{۰/۳}=۵\,\Omega$

ب) $R=\frac{V}{I} \Rightarrow ۵=\frac{۱/۲}{I} \Rightarrow I=۰/۲۴\,A$

۶- متوسط

توجه کنید که مقاومت یک رسانای اهمی در دمای ثابت با تغییر ولتاژ یا جریان الکتریکی، ثابت می‌ماند.

$$R=\frac{V}{I} \Rightarrow V=RI\ ,\ V_2=RI_2\ ,\ V_1=RI_1$$

$$V_2-V_1=R(I_2-I_1) \Rightarrow \Delta V=R\times\Delta I$$

$$\Rightarrow ۲۰=R\times۵ \Rightarrow R=۴\,\Omega$$

۷- متوسط

$$R=\frac{V}{I} \Rightarrow ۵=\frac{۴}{I} \Rightarrow I=۰/۸\,A$$

$$I=\frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow \Delta q=I\times\Delta t \Rightarrow \Delta q=۰/۸\times۵\times۶۰=۲۴۰\,C$$

$$\Delta q=ne \Rightarrow n=\frac{\Delta q}{e} \Rightarrow n=\frac{۲۴۰}{۱/۶\times۱۰^{-۱۹}}=۱/۵\times۱۰^{۲۱}$$

۸- آسان

طبق رابطهٔ $R=\frac{V}{I}$ می‌توان نوشت:

$$I=\frac{۱}{R}\times V$$

که نشان می‌دهد اگر R ثابت باشد، نمودار $I-V$ به صورت خطی است که شیب آن برابر با $\frac{۱}{R}$ (وارون مقاومت) است. چون در این سوال شیب خط رسانای B بیشتر از A است پس $R_B<R_A$ است.

۹- متوسط

$$I=\frac{q}{t}=\frac{۱۰۸۰۰}{۳۶۰۰}=۳\,A$$

$$R=\frac{V}{I}=\frac{۳۰}{۳}=۱۰\,\Omega$$

۱۰- آسان

همان‌طور که در شکل مشخص است، در وضعیت شکل (آ) جریان از طرف بدن عبور می‌کند و در صورتی که شخص به طریقی به زمین متصل باشد دچار شوک و احتمالاً برق گرفتگی می‌شود. درحالی که در وضعیت شکل (ب)، جریان از طریق سیم اتصال زمین (که معمولاً به لوله آب سرد متصل است)، به زمین می‌رود. به عبارتی، علاوه بر سیم‌های موسوم به فاز و نول، سیم متصل به زمینی نیز وجود دارد. بنابراین در وضعیت شکل (ب) برخلاف شکل (آ) دچار شوک و احتمالاً برق‌گرفتگی نمی‌شویم. زیرا سیم اتصال به زمین یک مسیر کم مقاومت بین سطح خارجی وسیله و زمین را ایجاد می‌کند.

۱۱- متوسط

آ) وارون ب) $\Omega.m$ پ) بسیار کم ت) نیم رسانا

ث) افزایش ـ کاهش ج) بیشتر

۱۲- آسان

مقاومت ویژهٔ رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می‌شود در حالی که مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد. در برخی مواد، مانند جیوه و قلع با کاهش دما، مقاومت ویژه در دمای خاصی به صورت ناگهانی به صفر افت می‌کند و در دماهای پایین‌تر، همچنان صفر می‌ماند. این پدیده را ابر رسانایی می‌گویند.

۱۳- متوسط

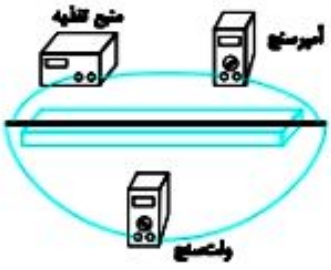
اگر یک رسانای فلزی داشته باشیم، با افزایش دمای آن، تعداد حامل‌های بار (در اینجا یعنی الکترون‌های آزاد) تقریباً ثابت می‌ماند، ولی ارتعاشات کاتوره‌ای اتم‌ها و یون‌های آن افزایش می‌یابد. این عامل موجب افزایش برخورد حامل‌های بار با شبکهٔ اتمی رسانای فلزی می‌شود و به این ترتیب، مقاومت رسانا در برابر عبور جریان زیاد می‌شود.

۱۴- متوسط

اگر یک نیم‌رسانا داشته باشیم، در دماهای پایین تعداد حامل‌های بار ناچیز است و نیم‌رسانا مانند یک نارسانا رفتار می‌کند. با افزایش دما، نشان داده می‌شود بر تعداد این حامل‌های بار افزوده می‌گردد. گرچه با افزایش دما تعداد برخوردهای کاتوره‌ای حامل‌های بار با شبکهٔ اتمی افزایش می‌یابد، اما تأثیر افزایش تعداد حامل‌های بار بیشتر از افزایش این برخوردهای کاتوره‌ای است. به این ترتیب، مقاومت ویژهٔ نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد.

۱۵- متوسط

مداری مطابق شکل آماده می‌کنیم.



آ) بستگی مقاومت الکتریکی به طول رسانا

قطعه سیم‌هایی از جنس یکسان، مثلاً کنستانتان (یا نیکروم) با قطر برابر ولی طول‌های متفاوت را در مدار قرار می‌دهیم و با استفاده از تعریف مقاومت، $(R=\frac{V}{I})$، مقاومت هر کدام از سیم‌ها را با استفاده از عددی که

آمپرسنج و ولت‌سنج نشان می‌دهند محاسبه و نتایج را ثبت می‌کنیم. نتیجه این که مقاومت سیم با طول سیم رابطهٔ مستقیم دارد. $R \propto L$

ب) بستگی مقاومت الکتریکی به مساحت سطح مقطع رسانا

این بار آزمایش را با سیم‌هایی از جنس یکسان یا طول برابر، ولی قطرهای متفاوت انجام می‌دهیم. نتیجه این که مقاومت سیم با مساحت سطح مقطع سیم (A) رابطهٔ وارون دارد $R \propto \frac{1}{A}$

ب) بستگی مقاومت الکتریکی به جنس رسانا

آزمایش را با دو قطعه سیم هم طول و با قطر یکسان انجام می‌دهیم که این بار جنس یکی از آنها کنستانتان و دیگری نیکروم است. نتیجه این که مقاومت رسانا به جنس آن بستگی دارد.

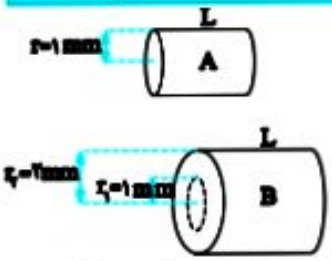
-۱۶ مشابه

$D = ۲mm \Rightarrow r = ۱mm$

$A = \pi r^۲ \Rightarrow A = ۳ \times ۱^۲ = ۳ mm^۲ = ۳ \times ۱۰^{-۶} m^۲$

$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow R = ۱/۸ \times ۱۰^{-۸} \times \frac{۱۰۰}{۳ \times ۱۰^{-۶}} = ۰/۶\Omega$

-۱۷ مشابه



$A_A = \pi r^۲ = \pi \times ۱^۲ = ۳\pi mm^۲$

$A_B = \pi r_۲^۲ - \pi r_۱^۲ = \pi(۲^۲ - ۱^۲) = ۳\pi mm^۲$

$\frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A} \rightarrow \frac{R_A}{R_B} = \frac{L}{L} \times \frac{۳\pi}{\pi} = ۳$

-۱۸ مشابه

آ) از سیم با قطر ۰/۰۸ cm استفاده می‌شود.

$A = \pi(\frac{۰/۰۸}{۲})^۲ = ۳ \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۴} = ۴/۸ \times ۱۰^{-۴} cm^۲ = ۴/۸ \times ۱۰^{-۷} m^۲$

$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow R = ۱/۸ \times ۱۰^{-۸} \times \frac{۳۰}{۴/۸ \times ۱۰^{-۷}} = ۱/۱۲۵\Omega$

ب) از سیم با قطر ۰/۱۲ cm استفاده می‌شود.

$A = \pi(\frac{۰/۱۲}{۲})^۲ = ۳ \times ۳/۶ \times ۱۰^{-۴}$

$= ۱۰/۸ \times ۱۰^{-۴} cm^۲ = ۱/۰۸ \times ۱۰^{-۶} m^۲$

$R = \rho \frac{L}{A} \Rightarrow R = ۱/۸ \times ۱۰^{-۸} \times \frac{۷۰}{۱/۰۸ \times ۱۰^{-۶}} \Rightarrow R \simeq ۱/۱۶\Omega$

علوی

-۱۹ مشابه

توجه: برای مقایسهٔ دو مقاومت الکتریکی داریم:

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

قطر سیم را با D نمایش داده‌ایم و جنس هر دو سیم یکسان است.

$L_A = ۲ L_B$

$D_A = \frac{۱}{۲} D_B \Rightarrow A_A = (\frac{۱}{۲})^۲ A_B \Rightarrow A_A = \frac{۱}{۴} A_B$

$\frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B} \times \frac{A_B}{A_A} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = ۲ \times \frac{A_B}{\frac{۱}{۴} A_B} \Rightarrow \frac{R_A}{R_B} = ۸$

-۲۰ مشابه

توجه: اگر حجم دو مقاومت برابر باشد داریم:

$\frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱} \times (\frac{L_۲}{L_۱})^۲$ ، $\frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱} \times (\frac{A_۱}{A_۲})^۲$

چون جنس و جرم دو مقاومت برابر است. پس حجم دو مقاومت برابر است.

اگر قطر سیم را با D نمایش دهیم

$D_A = \sqrt{۲} D_B \Rightarrow A_A = (\sqrt{۲})^۲ A_B \Rightarrow A_A = ۲ A_B$

$\frac{R_A}{R_B} = (\frac{A_B}{A_A})^۲ \Rightarrow \frac{R_A}{۱۰} = (\frac{A_B}{۲ A_B})^۲ \Rightarrow R_A = ۱۰ \times \frac{۱}{۴} = ۲/۵\Omega$

-۲۱ مشابه

$R_۰ = \rho_۰ \frac{L}{A} \Rightarrow R_۰ = ۷ \times ۱۰^{-۵} \times \frac{۱}{۲ \times ۱۰^{-۶}} = ۳۵\Omega$

$\Delta R = \alpha R_۰ \Delta T \Rightarrow \Delta R = ۲ \times ۱۰^{-۳} \times ۳۵ \times (۴۲۰ - ۳۲۰) \Rightarrow \Delta R = ۷\Omega$

$R = ۳۵ + ۷ = ۴۲\Omega$

-۲۲ مشابه

$\Delta R = \alpha R_۰ \Delta T \Rightarrow ۱۲۵ - ۱۰۰ = ۴ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰۰ \Delta T$

$\Rightarrow \Delta T = ۶۲/۵ K$

$\Delta\theta = \Delta T = ۶۲/۵^\circ C \Rightarrow \theta_ف - ۲۰ = ۶۲/۵ \Rightarrow \theta_ف = ۸۲/۵^\circ C$

-۲۳ مشابه

$\Delta R = \alpha R_۰ \Delta T \Rightarrow ۴۴ - R_۰ = ۴ \times ۱۰^{-۳} R_۰ (۱۲۰۰ - ۲۰)$

$\Rightarrow R_۰ \simeq ۳۰\Omega$

-۲۴ مشابه

$\Delta R = \alpha R_۰ \Delta T \Rightarrow ۱۲۰ - ۱۰۰ = \alpha \times ۱۰۰ \times (۱۰۰ - ۰)$

$\Rightarrow \alpha = \frac{۲۰}{۱۰^۴} = ۲ \times ۱۰^{-۳} \frac{۱}{K}$

-۲۵ آسان

آ) پیچه‌ای ب) پیچه‌ای ب) طول

ت) پانسیومتر ث) تغییر طول

-۲۶ آسان

$R = ۵۳ \times ۱۰^۲ = ۵۳۰۰\Omega$

تلرانس $= ۵۳۰۰ \times \frac{۵}{۱۰۰} = ۲۶۵\Omega$

$\Rightarrow R = ۵۳۰۰\Omega \pm ۲۶۵\Omega$

۲۷- متوسط

آ) ترمیستور ب) منفی

پ) PTC ـ مثبت ت) ترمیستور PTC تعویضی

ث) ترمیستور PTC تعویضی ج) کاهش

چ) دیودها ح) LED

موارد (آ) تا (ث) مربوط به فعالیت ۲-۳ کتاب درسی هستند که سوال و پاسخ آن نیز در ادامه آورده شده است.

فعالیت ۲-۳: ترمیستورها به دو نوع NTC و PTC تقسیم‌بندی می‌شوند. در مورد ساختار و کارکرد آنها تحقیق کرده و به کلاس گزارش دهید.

پاسخ: ترمیستورها به دو نوع NTC و PTC تقسیم می‌شوند.

نوع NTC: از نیم رساناهای خالص مانند سیلیسیم یا ژرمانیم ساخته شده‌اند که ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آنها منفی است.

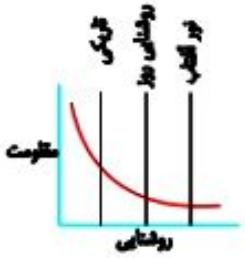
نوع PTC: که خود بر دو نوع‌اند:

آ) یک نوع که به نام سیلیستور شناخته شده‌اند در واقع از سیلیسیوم غیرخالص (آلاینده) ساخته شده است که با افزودن یک ناخالصی به سیلیسیوم، ویژگی رسانش الکتریکی پیدا کرده است. این نوع PTCها مانند فلزات رفتار کرده و مقاومت آنها با افزایش دما زیاد می‌شود. به عبارت دیگر، ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آنها مثبت است.

ب) نوع تعویضی (switching) که ضریب دمایی مقاومت ویژهٔ آنها تا پیش از دمایی خاص موسوم به دمای گذار اندکی منفی است و پس از آن به شدت مثبت می‌گردد و اغلب در گستره‌ی دمایی $60^\circ C$ تا $120^\circ C$ برای تنظیم جریان و جلوگیری از افزایش آن در مدارهای الکتریکی استفاده می‌شود.

۲۸- متوسط

مقاومت نوری، نوعی مقاومت است که مقاومت الکتریکی آن به نور تابیده شده به آن بستگی دارد. به طوری که با افزایش شدت نور، از مقاومت آن کاسته می‌شود. مثلاً یک LDR نوعی در تاریکی مقاومتی در حد چند مگا اُهمی دارد. درحالی که در یک نور مناسب، مقاومت آن به چند صد اُهم می‌رسد. نوعی از این مقاومت‌ها از جنس نیم‌رسانای خالص، مانند سیلیسیم هستند که با افزایش شدت نور تابیده شده، بر تعداد حامل‌های بار الکتریکی آنها افزوده شده و در نتیجه از مقاوت آنها کاسته می‌شود.



۲۹- متوسط

LED در مقایسه با لامپ‌های روشنایی معمولی، توان الکتریکی کمی مصرف کرده و در عوض، نور قابل ملاحظه‌ای تولید می‌کند. LEDها در مقایسه با لامپ‌های رشته‌ای عمر طولانی‌تری دارند و به دلیل نداشتن رشته به هنگام تولید نور انرژی گرمایی زیادی تولید نمی‌کنند.

۳۰- آسان

با بستن کلید، جریان در جهت نیروی محرکهٔ الکتریکی (درون باتری، از قطب منفی به سمت قطب مثبت) به جریان می‌افتد که در شکل سمت چپ، دیود امکان عبور را نمی‌دهد. بنابراین، با بستن کلید در شکل سمت راست، LED روشن می‌شود.

۱- گزینه «۳۱» آسان

در دمای ثابت، مقاومت الکتریکی یک رسانا مستقل از ولتاژ دو سر آن و شدت جریان عبوری از آن است.

۲- گزینه «۳۲» متوسط

$$R = \frac{V}{I} \Rightarrow ۱۵ = \frac{۴۸}{I} \Rightarrow I = ۳/۲\,A$$

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \Rightarrow ۳/۲ = \frac{\Delta q}{۱} \Rightarrow \Delta q = ۳/۲\,C$$

$$\Delta q = ne \Rightarrow ۳/۲ = n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = ۲ \times ۱۰^{۱۹}$$

۳- گزینه «۳۳» متوسط

نمودار $I-V$ یک رسانای اهمی خطی است که امتداد آن از مبدأ مختصات می‌گذرد و شیب خط آن متناسب با وارون مقاومت است. اگر نمودار $I-V$ خطی نباشد، وسیلهٔ الکتریکی یک رسانای اهمی نیست و شیب خط مماس بر آن متناسب با وارون مقاومت است.

بررسی عبارت‌ها

آ) نادرست. دیود تورگسیل (LED) یک وسیلهٔ غیراهمی است. چون نمودار $I-V$ خطی نیست.

ب) نادرست. با افزایش ولتاژ مثبت، شیب خط مماس بر نمودار زیاد شده پس مقاومت کم می‌شود.

پ) درست. در نمودار $I-V$، شیب خط مماس بر نمودار متناسب با وارون مقاومت است.

علوی فرهنگ

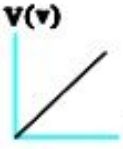
۴- گزینه «۲» متوسط

با توجه به نمودار داریم:

$$\left.\begin{aligned} R_A &= \frac{V_A}{I_A} = \frac{۱۰}{۲} = ۵\Omega \\ R_B &= \frac{V_B}{I_B} = \frac{۲۰}{۲} = ۱۰\Omega \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{۱۰}{۵} = ۲$$

۵- گزینه «۲» متوسط

توجه: نمودار اختلاف پتانسیل برحسب جریان $(V - I)$ برای رسانای اهمی مطابق شکل، خطی است که از مبدأ مختصات می‌گذرد و شیب آن برابر R است.



$$q = ne = ۵\times۱۰^{۱۵}\times۱/۶\times۱۰^{-۱۹} = ۸\times۱۰^{-۴}\,C$$

$$q = It \Rightarrow ۸\times۱۰^{-۴} = I\times۲\times۱۰^{-۳} \Rightarrow I = ۰/۴\,A$$

$$V = RI \xrightarrow[\text{مقاومت می باشد}]{\text{شیب نمودار }(V-I)} V = ۱۰\times۰/۴ = ۴\,V$$

۶- گزینه «۴» آسان

$$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow \rho = \frac{RA}{L} \Rightarrow \rho\ \text{یکای}\ = \frac{\Omega\times m^۲}{m} \Rightarrow \rho\ \text{یکای} = \Omega m$$

۷- گزینه «۳» متوسط

مقاومت با طول رسانا نسبت مستقیم و با سطح مقطع آن نسبت عکس دارد. بنابراین بیشترین مقاومت رسانا به‌ازای بیشترین طول و کمترین سطح مقطع و کمترین مقاومت رسانا به‌ازای کمترین طول و بیشترین سطح مقطع به‌دست می‌آید.

$$\left.\begin{aligned} R_{max} &= \rho\frac{L_{max}}{A_{min}} = \rho\times\frac{۴\times۱۰^{-۲}}{۲\times۱۰^{-۴}} = ۲۰\rho \\ R_{min} &= \rho\frac{L_{min}}{A_{max}} = \rho\times\frac{۱۰^{-۲}}{۸\times۱۰^{-۴}} = ۱۲/۵\rho \end{aligned}\right\}$$

$$\Rightarrow \frac{R_{max}}{R_{min}} = \frac{۲۰\rho}{۱۲/۵\rho} = ۱۶$$

۸- گزینه «۱» متوسط

$$R = \frac{\rho L}{A} \Rightarrow R \propto L$$

۹- گزینه «۱» متوسط

با استفاده از رابطه مقاومت الکتریکی برحسب مشخصات ساختمانی سیم می‌توان گفت:

$$R = \rho\frac{L}{A}$$

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A}\times\frac{L_B}{L_A}\times\frac{A_A}{A_B} \xrightarrow{A=\frac{\pi D^۲}{۴}} \frac{R_B}{R_A} = \frac{\rho_B}{\rho_A}\times\frac{L_B}{L_A}\times(\frac{D_A}{D_B})^۲ \Rightarrow ۱ = \frac{۱}{۲}\times(\frac{D_A}{D_B})^۲ \Rightarrow \frac{D_A}{D_B} = \sqrt{۲}$$

۱۰- گزینه «۳» مشابه

$$m_A = ۶m_B \xrightarrow{\text{جرم }\propto\text{ حجم}} V_A = ۶V_B$$

$$\Rightarrow L_A A_A = ۶L_B A_B$$

$$\xrightarrow{L_A = ۳L_B} ۳L_B A_A = ۶L_B A_B \Rightarrow A_A = ۲A_B$$

$$\frac{R_A}{R_B} = \frac{L_A}{L_B}\times\frac{A_B}{A_A} = \frac{۳L_B}{L_B}\times\frac{A_B}{۲A_B} = \frac{۳}{۲}$$

۱۱- گزینه «۲» مشابه

توجه: اگر حجم دو مقاومت برابر باشد.

$$\frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times(\frac{L_۲}{L_۱})^۲ \quad , \quad \frac{R_۲}{R_۱} = \frac{\rho_۲}{\rho_۱}\times(\frac{A_۱}{A_۲})^۲$$

چون جرم تغییر نکرده است. بنابراین حجم ثابت است.

$$\frac{R_۲}{R_۱} = (\frac{L_۲}{L_۱})^۲ \Rightarrow \frac{۱۶R_۱}{R_۱} = (\frac{L_۲}{L_۱})^۲ \Rightarrow \frac{L_۲}{L_۱} = ۴$$

$$L_۲ = ۴L_۱ = ۴\times۱۰ = ۴۰\,cm$$

۱۲- گزینه «۲» مشابه

$$R = \frac{V}{I} = \frac{۳}{۱/۲} = ۲/۵\Omega$$

$$R = \rho\frac{L}{A} \Rightarrow ۲/۵ = ۱/۸\times۱۰^{-۸}\times\frac{۲۵}{A}$$

$$\Rightarrow A = ۱/۸\times۱۰^{-۷}\,m^۲ \Rightarrow V = A\cdot L = ۱/۸\times۱۰^{-۷}\times۲۵$$

$$= ۴۵\times۱۰^{-۷}\,m^۳$$

$$\text{چگالی} = \frac{m}{v} \Rightarrow m = \text{چگالی}\times v$$

$$m = ۸\times۱۰^۳\times۴۵\times۱۰^{-۷} = ۳۶\times۱۰^{-۴}\,kg \Rightarrow m = ۳۶g$$

۱۳- گزینه «۲» مشابه

$$R = \rho\frac{L}{A} \xrightarrow[L_A = L_B]{\rho_A = \rho_B} \frac{R_B}{R_A} = \frac{A_A}{A_B}$$

$$A_A = \pi r^۲ \Rightarrow A = \pi(۳\times۱۰^{-۳})^۲ = ۹\pi\times۱۰^{-۶}\,m^۲$$

$$A_B = \pi(r^۲_{\text{خارجی}} - r^۲_{\text{داخلی}}) = \pi(۹\times۱۰^{-۶} - ۱\times۱۰^{-۶})$$

$$= ۸\pi\times۱۰^{-۶}\,m^۲$$

$$\frac{R_B}{R_A} = \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow \frac{R_B}{R_A} = \frac{۹\cancel{\pi}\times\cancel{۱۰^{-۶}}}{۸\cancel{\pi}\times\cancel{۱۰^{-۶}}} = \frac{۹}{۸}$$

سؤال ۱۴- گزینه ۴ — متوسط

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{V_A}{V_B}\times\frac{I_B}{I_A}\xrightarrow{I_A=I_B}\frac{R_A}{R_B}=\frac{۵}{۱۵}=\frac{۱}{۳}$$

$$\frac{R_A}{R_B}=\frac{L_A}{L_B}\times\frac{A_A}{A_B}\xrightarrow{L_A=L_B}\frac{۱}{۳}=\frac{A_A}{A_B}\Rightarrow A_A=\frac{۱}{۳}A_B$$

$$\Rightarrow \pi(r_A)^۲=\frac{۱}{۳}\pi(r_B)^۲\Rightarrow r_A=\frac{\sqrt{۳}}{۳}r_B$$

سؤال ۱۵- گزینه ۴ — دشوار

در حالت اول طول سیم باقی‌مانده $\frac{۱}{۴}$ طول سیم اولیه است پس مقاومت سیم باقی‌مانده $\frac{۱}{۴}\times۶=۱/۵\,\Omega$ است.

در حالت دوم که سیم باقی‌مانده را با عبور از دستگاهی طولش را به طول سیم اولیه می‌رسانیم یعنی بدون تغییر حجم، طول را ۴ برابر کرده‌ایم پس:

$$\frac{R'}{۱/۵}=(\frac{L'}{L})^۲\Rightarrow\frac{R'}{۱/۵}=(۴)^۲\Rightarrow R'=۱۶\times۱/۵=۲۴\,\Omega$$

توجه: وقتی حجم مقاومت تغییر نکند داریم:

$$\frac{R'}{R}=(\frac{L'}{L})^۲\ \text{یا}\ \frac{R'}{R}=(\frac{A}{A'})^۲$$

سؤال ۱۶- گزینه ۴ — آسان

هنگام روشن بودن لامپ، دمای آن افزایش می‌یابد و مقاومت آن افزایش می‌یابد.

سؤال ۱۷- گزینه ۱ — آسان

مقاومت رساناها با افزایش دما زیاد می شود و مقاومت نیم رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد. گزینه‌های ۲، ۳ و ۴ نیم‌رسانا هستند. بنابراین گزینهٔ ۱ درست است.

سؤال ۱۸- گزینه ۳ — آسان

مقاومت رساناها با افزایش دما زیاد می‌شود و مقاومت نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد. گزینه‌های ۱، ۲ و ۴ رسانا هستند. بنابراین گزینهٔ ۳ درست است.

سؤال ۱۹- گزینه ۴ — آسان

در پدیده اَبَررسانایی، با کاهش دما، در دمای خاصی ناگهان مقاومت ویژه جسم به صفر اُفت می کند و در دماهای پایین‌تر از آن نیز همچنان صفر باقی می‌ماند.

سؤال ۲۰- گزینه ۴ — آسان

$$\Delta R=\alpha R_۰\Delta T\Rightarrow\alpha=\frac{\Delta R}{R\Delta T}\Rightarrow\alpha\ \text{یکای}=\frac{\Omega}{\Omega\times K}=K^{-۱}$$

سؤال ۲۱- گزینه ۴ — متوسط

با استفاده از رابطه تغییر مقاومت با تغییر دما می‌توان گفت:

$$\Delta R=R_۱\propto\Delta\theta\ \text{و}\ \Delta R=۴۶/۸-۴۰=۶/۸\Omega$$

$$\frac{\Delta R=۶/۸,R_۱=۴۰}{\alpha=۰/۰۰۶۸}۶/۸=۴۰\times۰/۰۰۶۸\times\Delta\theta\Rightarrow\Delta\theta=۲۵^\circ C$$

$$\Delta\theta=\theta_۲-\theta_۱\xrightarrow{\Delta\theta=۲۵,\ \theta_۱=۴۰}۲۵=\theta_۲-۴۰\Rightarrow\boxed{\theta_۲=۶۵^\circ C}$$

سؤال ۲۲- گزینه ۴ — متوسط

$$\Delta R=\alpha R_۰\Delta T\Rightarrow\Delta R=۴\times۱۰^{-۴}\times۵۰\times(۱۰۰-۲۰)\Rightarrow\Delta R=۱/۶\Omega$$

$$R=۵۰+۱/۶=۵۱/۶\Omega$$

سؤال ۲۳- گزینه ۴ — دشوار

چون در دمای بالاتر مقاومت عنصر کمتر شده. بنابراین ضریب دمایی آن (نیم‌رسانا) منفی است.

$$\Delta R=\alpha R_۱\cdot\Delta\theta\Rightarrow\alpha=\frac{\Delta R}{R_۱\Delta\theta}=\frac{۰/۹R_۱-R_۱}{R_۱\times۱۰۰}$$

$$=-\frac{۰/۱}{۱۰۰}=-۱۰^{-۳}\,K^{-۱}$$

سؤال ۲۴- گزینه ۴ — دشوار

توجه: درصد تغییرات مقاومت ویژه یا درصد تغییرات مقاومت بر اثر تغییر دما نسبت به دمای مرجع را با توجه به روابط ذکر شده برای آنها می‌توان از روابط زیر محاسبه کرد:

$$\frac{\Delta R}{R_۰}\times۱۰۰=\alpha\Delta T\times۱۰۰,\ \frac{\Delta\rho}{\rho_۰}\times۱۰۰=\alpha\Delta T\times۱۰۰$$

$$۲۰=\alpha\times۵۰\times۱۰۰\Rightarrow\alpha=۴\times۱۰^{-۳}\frac{۱}{K}$$

سؤال ۲۵- گزینه ۴ — متوسط

با توجه به رابطه $R_۲=R_۱(۱+\alpha\Delta\theta)$، داریم:

$$R_۲=۲R_۱,\alpha=\frac{۱}{۲۵۰},\Delta\theta=\theta_۲-۰=\theta_۲$$

$$R_۲=R_۱(۱+\alpha\Delta\theta)\rightarrow ۲\cancel{R_۱}=\cancel{R_۱}(۱+\frac{۱}{۲۵۰}\times\theta_۲)$$

$$\Rightarrow\frac{۱}{۲۵۰}\theta_۲=۱\Rightarrow\theta_۲=۲۵۰^\circ C$$

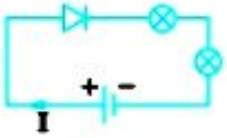
سؤال ۲۶- گزینه ۴ — آسان

$$R=۶۱\times۱۰^۰=۶۱\Omega$$

رنگ طلایی فقط تلرانس را مشخص می‌کند.

سؤال ۲۷- گزینه ۴ — آسان

اگر جریان در خلاف پیکان باشد، از دیود جریان عبور نمی کند و قطع جریان اتفاق می‌افتد. در مدار زیر با تعویض جهت دیود، جریان از مدار عبور نمی‌کند.



سؤال ۲۸- گزینه ۳ — آسان

گزینهٔ ۱ و گزینهٔ ۲ نماد **LDR** یا مقاومت نوری است. گزینهٔ ۴ نماد دیود است و گزینهٔ ۳ نماد ترمیستور است.

۲۹- گزینه «۲» — آسان

طبق کتاب درسی، LDRها، مقاومت‌های نوری هستند و با افزایش شدت نور، مقاومت آنها کاهش می‌یابد.

۳۰- گزینه «۴» — آسان

طبق کتاب درسی، از LDRها در تجهیزات گوناگونی از جمله چشم‌های الکترونیکی، دزدگیرها، کنترل کننده‌های خودکار و چراغ‌های روشنایی خیابان‌ها استفاده می‌شود.

۱- آسان

آ) منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی یا مولد ـ خلاف جهت ـ کم‌تر یا پایین‌تر ـ بیشتر یا بالاتر

ب) کم‌تر یا پایین‌تر ـ بیشتر یا بالاتر ـ نیروی محرکهٔ مولد

پ) مقاومت درونی

ت) مقاومت درونی

۲- آسان

آ) نادرست ب) درست پ) درست ت) نادرست

۳- متوسط

آ) صفر ب) کاهش

پ) افزایش ت) ممکن است کم تر یا بیشتر از

۴- آسان

اگر نیروی محرکهٔ یک باتری $۱/۵\ V$ باشد، به این معناست که باتری روی هر کولن باری که از آن می گذرد $۱/۵\ J$ کار انجام می‌دهد و به این ترتیب انرژی پتانسیل الکتریکی آن را $۱/۵\ J$ افزایش می‌دهد.

۵- آسان

باتری، پیل‌های سوختی، سلول‌های خورشیدی و مولدهای الکتریکی نمونه‌هایی از منبع‌های نیروی محرکهٔ الکتریکی هستند که با ساز و کارهای مختلفی انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی را فراهم می‌کنند. مثلاً باتری‌ها این انرژی را از طریق واکنش‌های شیمیایی که در آنها رخ می‌دهد مهیا می‌کنند.

۶- آسان

گلوله‌ها از ارتفاع مثلاً h بالای کف شروع به حرکت می‌کنند و آنها تحت تأثیر نیروی گرانشی، در فاصلهٔ بین برخورد با میخ‌ها شتاب می‌گیرند. میخ‌ها مشابه یون‌های شبکهٔ اتمی هستند. در حین برخوردها، گلوله‌ها انرژی جنبشی به دست آمده در بین برخوردها را به میخ‌ها منتقل می‌کنند. چون برخوردها خیلی زیادند، گلوله‌ها یک سرعت سوق کوچک و نسبتاً ثابتی خواهند داشت. وقتی گلوله‌ها به پایین می‌رسند، یکی مانند شکل سمت راست. آنها را تا ارتفاع اولیه بالا می‌آورد. بالا آوردن هر گلوله مشابه همان کاری است که یک منبع **emf** در مداری الکتریکی انجام می‌دهد.

۷- متوسط

وقتی کلید باز است، عدد ولت‌سنج را می‌خوانیم. این عدد برابر نیرو محرکهٔ مولد (ε) است. کلید را می‌بندیم در این حالت عدد ولت‌سنج، ولتاژ دو سر مولد ($V_{مولد}$) را نشان می‌دهد و عدد آمپرسنج جریان گذرنده از مولد (I) را نشان می‌دهد. با توجه به رابطهٔ زیر می‌توان، مقاومت درونی مولد (r) را اندازه‌گیری کرد.

$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir$$

۸- متوسط

وقتی کلید باز است و از مدار جریانی نمی‌گذرد، عدد ولت‌سنج همان نیرو محرکهٔ مولد است پس:

$$\varepsilon = ۱۲\ V$$

پس از بستن کلید، جریان گذرنده از مدار از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow I = \frac{۱۲}{۵ + ۱} = ۲\ A$$

حال با استفاده از رابطهٔ ولتاژ دو سر مولد واقعی داریم:

$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir \Rightarrow V_{مولد} = ۱۲ - ۲ \times ۱ = ۱۰\ V$$

توجه: در مورد رابطهٔ $V_{مولد} = \varepsilon - Ir$ نکات زیر اهمیت دارد:

- به مقدار Ir افت پتانسیل دو سر مولد می‌گویند.
- در مولد آرمانی چون $r = ۰$ است، بنابراین همواره ولتاژ دو سر مولد با نیروی محرکهٔ الکتریکی مولد برابر است.
- اگر جریان گذرنده از مولد واقعی صفر باشد ($I = ۰$) ولتاژ دو سر مولد واقعی با نیروی محرکهٔ الکتریکی مولد برابر است.
- همواره ولتاژ دو سر مولد با ولتاژ دو سر مقاومت مدار ($V = RI$) برابر است.

۲۹- گزینه «۳» آسان

طبق کتاب درسی، LDRها، مقاومت‌های نوری هستند و با افزایش شدت نور، مقاومت آنها کاهش می‌یابد.

۳۰- گزینه «۳» آسان

طبق کتاب درسی، از LDRها در تجهیزات گوناگونی از جمله چشم‌های الکترونیکی، دزدگیرها، کنترل کننده‌های خودکار و چراغ‌های روشنایی خیابان‌ها استفاده می‌شود.

۱- آسان

آ) منبع نیروی محرکهٔ الکتریکی یا مولد ـ خلاف جهت ـ کم‌تر یا پایین‌تر ـ بیشتر یا بالاتر

ب) کم‌تر یا پایین‌تر ـ بیشتر یا بالاتر ـ نیروی محرکهٔ مولد

پ) مقاومت درونی

ت) مقاومت درونی

۲- آسان

آ) نادرست ب) درست پ) درست ت) نادرست

۳- متوسط

آ) صفر ب) کاهش

پ) افزایش ت) ممکن است کم تر یا بیشتر از

۴- آسان

اگر نیروی محرکهٔ یک باتری $۱/۵\ V$ باشد، به این معناست که باتری روی هر کولن باری که از آن می گذرد $۱/۵\ J$ کار انجام می‌دهد و به این ترتیب انرژی پتانسیل الکتریکی آن را $۱/۵\ J$ افزایش می‌دهد.

۵- آسان

باتری، پیل‌های سوختی، سلول‌های خورشیدی و مولدهای الکتریکی نمونه‌هایی از منبع‌های نیروی محرکهٔ الکتریکی هستند که با ساز و کارهای مختلفی انرژی لازم برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی را فراهم می‌کنند. مثلاً باتری‌ها این انرژی را از طریق واکنش‌های شیمیایی که در آنها رخ می‌دهد مهیا می‌کنند.

۶- آسان

گلوله‌ها از ارتفاع مثلاً h بالای کف شروع به حرکت می‌کنند و آنها تحت تأثیر نیروی گرانشی، در فاصلهٔ بین برخورد با میخ‌ها شتاب می‌گیرند. میخ‌ها مشابه یون‌های شبکهٔ اتمی هستند. در حین برخوردها، گلوله‌ها انرژی جنبشی به دست آمده در بین برخوردها را به میخ‌ها منتقل می‌کنند. چون برخوردها خیلی زیادند، گلوله‌ها یک سرعت سوق کوچک و نسبتاً ثابتی خواهند داشت. وقتی گلوله‌ها به پایین می‌رسند، یکی مانند شکل سمت راست. آنها را تا ارتفاع اولیه بالا می‌آورد. بالا آوردن هر گلوله، مشابه همان کاری است که یک منبع **emf** در مداری الکتریکی انجام می‌دهد.

۷- متوسط

وقتی کلید باز است، عدد ولت‌سنج را می‌خوانیم. این عدد برابر نیرو محرکهٔ مولد (ε) است. کلید را می‌بندیم در این حالت عدد ولت‌سنج، ولتاژ دو سر مولد ($V_{مولد}$) را نشان می‌دهد و عدد آمپرسنج جریان گذرنده از مولد (I) را نشان می‌دهد. با توجه به رابطهٔ زیر می‌توان، مقاومت درونی مولد (r) را اندازه‌گیری کرد.

$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir$$

۸- متوسط

وقتی کلید باز است و از مدار جریانی نمی‌گذرد، عدد ولت‌سنج همان نیرو محرکهٔ مولد است پس:

$$\varepsilon = ۱۲\ V$$

پس از بستن کلید، جریان گذرنده از مدار از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \Rightarrow I = \frac{۱۲}{۵ + ۱} = ۲\ A$$

حال با استفاده از رابطهٔ ولتاژ دو سر مولد واقعی داریم:

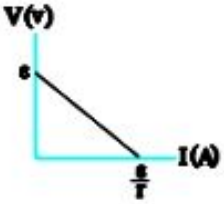
$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir \Rightarrow V_{مولد} = ۱۲ - ۲ \times ۱ = ۱۰\ V$$

توجه: در مورد رابطهٔ $V_{مولد} = \varepsilon - Ir$ نکات زیر اهمیت دارد:

- به مقدار Ir افت پتانسیل دو سر مولد می‌گویند.
- در مولد آرمانی چون $r = ۰$ است، بنابراین همواره ولتاژ دو سر مولد با نیروی محرکهٔ الکتریکی مولد برابر است.
- اگر جریان گذرنده از مولد واقعی صفر باشد ($I = ۰$) ولتاژ دو سر مولد واقعی با نیروی محرکهٔ الکتریکی مولد برابر است.
- همواره ولتاژ دو سر مولد با ولتاژ دو سر مقاومت مدار ($V = RI$) برابر است.

۹- متوسط

توجه: نمودار ولتاژ دو سر مولد واقعی برحسب جریان گذرنده (I) (مدار تک مولد)، در مدار تک مولد، ولتاژ دو سر مولد از رابطهٔ $V_{مولد} = \varepsilon - Ir$ محاسبه می‌شود. بنابراین نمودار $(V-I)$ مطابق شکل، به صورت خطی با شیب $-r$ و عرض از مبدأ ε است.



همچنین وقتی دو سر مولد واقعی اتصال کوتاه شود، ولتاژ دو سر آن صفر می‌شود و در این حالت حداکثر جریان ممکن از مولد خواهد گذشت که می‌توان نشان داد. مقدار این جریان برابر با $\frac{\varepsilon}{r}$ است.

با مقایسه نمودار این سوال با نمودار ولتاژ دو سر مولد برحسب جریان که توضیح دادیم داریم:

$$\varepsilon = ۱۲\,V \;,\; V_{مولد} = \varepsilon - Ir \Rightarrow ۸ = ۱۲ - ۴ \times r \Rightarrow r = ۱\Omega$$

۱۰- متوسط

آنچه برای روشن شدن خودرو و استارت خوردن آن لازم است. جریان است که البته باید مقدار زیادی هم باشد. باتری‌های قلمی، مقاومت داخلی زیادی دارند و بنابراین این مانع از برقراری جریان لازم می‌شود. به عبارت دیگر، با این که نیروی محرکهٔ مجموعهٔ باتری‌ها همان ۱۲ V است. ولی به دلیل افزایش مقاومت داخلی، جریان عبوری کاهش می‌یابد و نمی‌تواند جریان بزرگ لازم برای استارت خوردن خودرو را تأمین کند.

۱۱- متوسط

ولتاژ دو سر یک باتری وقتی از آن جریانی نگذرد (به مدار بسته نباشد) برابر با نیرو محرکهٔ باتری است. پس:

$$\varepsilon = ۱۲\,V$$

ولتاژ دو سر مولد با ولتاژ دو سر مقاومت مدار برابر است. برای مقاومت مدار (R) داریم:

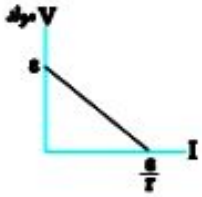
$$V_R = RI \Rightarrow ۱۰ = I \times ۱۰ \Rightarrow I = ۱\,A$$

حال با توجه به رابطهٔ ولتاژ دو سر باتری داریم:

$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir \Rightarrow ۱۰ = ۱۲ - ۱ \times r \Rightarrow r = ۲\Omega$$

۱۲- متوسط

نمودار $V-I$ مولد واقعی به شکل زیر است که شیب آن برابر با $-r$ که r مقاومت درونی مولد است.



پس طبق نمودار صورت سوال $\varepsilon_A = \varepsilon_B$ است. چون شیب **B** بیشتر از شیب **A** است پس $r_B > r_A$ است.

۱۳- متوسط

$$V_a - Ir_۱ + \varepsilon_۱ - IR - Ir_۲ + \varepsilon_۲ = V_b$$
$$\Rightarrow V_a - ۲\times۱ + ۱۰ - ۲\times۱۰ - ۲\times۰/۵ + ۲۱ = V_b$$
$$\Rightarrow V_a - V_b = -۸\,V$$

توجه کنید که:

۱- هرگاه در مدار در جهت جریان از مقاومت **R** بگذریم، پتانسیل به اندازهٔ IR کاهش می‌یابد و اگر در خلاف جهت جریان حرکت کنیم پتانسیل به همان اندازه افزایش می‌یابد.

۲- هرگاه از پایانه منفی به طرف پایانهٔ مثبت یک منبع تیروی محرکه حرکت کنیم، پتانسیل اندازهٔ ε افزایش می‌یابد و اگر در خلاف این جهت (یعنی از پایانهٔ مثبت به طرف پایانهٔ منفی) حرکت کنیم پتانسیل به اندازهٔ ε کاهش می‌یابد.

۱۴- مشکل

برای محاسبهٔ جریان عبوری از مدار چون $\varepsilon_۱ > \varepsilon_۲$ است جهت جریان مدار در جهت ساعتگرد است. از نقطهٔ **a** طبق قاعدهٔ حلقه، یک دور کامل می‌زنیم.

$$V_a - \varepsilon_۲ - Ir_۲ - IR - Ir_۱ + \varepsilon_۱ = V_a$$
$$\Rightarrow -۲ - I\times۱/۵ - I\times۸/۵ - I\times۲ + ۸ = ۰$$
$$\Rightarrow I = ۰/۵\,A$$

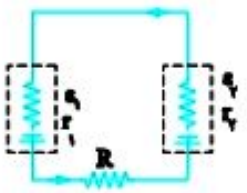
برای باتری ۱ از **b** به **a** ساعتگرد می‌رویم:

$$V_b - Ir_۱ + \varepsilon_۱ = V_a \Rightarrow V_a - V_b = \varepsilon_۱ - Ir_۱$$
$$\Rightarrow V_a - V_b = ۸ - ۰/۵\times۲ = ۷\,V$$

برای باتری ۲ از **a** به **c** ساعتگرد داریم:

$$V_a - \varepsilon_۲ - Ir_۲ = V_c \Rightarrow V_a - V_c = \varepsilon_۲ + Ir_۲$$
$$\Rightarrow V_a - V_c = ۲ + ۰/۵\times۱/۵ = ۲/۷۵\,V$$

توجه: در مدارهایی مطابق شکل که چند مولد داریم، می‌توان جریان گذرنده از مدار را از رابطهٔ زیر محاسبه کرد:



$$I=\frac{\varepsilon_1 \pm \varepsilon_2}{R+r_1+r_2}$$

در رابطهٔ فوق، زمانی که مولدهای ε_1 و ε_2، در مدار، جریان‌های هم جهت ایجاد می‌کنند $\varepsilon_1+\varepsilon_2$ است و زمانی که مولدهای ε_1 و ε_2 در مدار جریان خلاف جهت هم ایجاد می‌کنند و $\varepsilon_2>\varepsilon_1$ است، $\varepsilon_2-\varepsilon_1$ است. در این شرایط، معمولاً مولد ε_1 را مولد محرک و مولد ε_2 را مولد ضد محرک می‌گویند.

برای مولدهای محرک که جریان به پایانهٔ منفی وارد و از پایانهٔ مثبت خارج می‌شود. ولتاژ دو سر مولد از رابطهٔ

$$V_{مولد}=\varepsilon-Ir$$

و برای مولدهای ضد محرک که جریان از پایانهٔ منفی خارج و به پایانهٔ مثبت وارد می‌شود. ولتاژ دو سر مولد از رابطهٔ

$$V_{مولد}=\varepsilon+Ir$$

محاسبه می‌شود.

۱۵- دشوار

آ) $\varepsilon_2>\varepsilon_1$، جهت جریان در مدار ساعتگرد است. ε_1 محرک و ε_2 ضدمحرک است.

$$I=\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{R+r_1+r_2} \Rightarrow I=\frac{۶-۳}{۱/۵+۰/۵+۱}=۱\,A$$

$$V_{۱مولد}=\varepsilon_1-Ir_1 \Rightarrow V_{۱مولد}=۶-۱\times۰/۵=۵/۵\,V$$

$$V_{۲مولد}=\varepsilon_2+Ir_2 \Rightarrow V_{۲مولد}=۳+۱\times۱=۴\,V$$

ب) از نقطهٔ **A** ساعتگرد به سمت نقطه‌ای که پتانسیل صفر است ($V_{زمین}=۰$) حرکت می‌کنیم

$$V_A+\varepsilon_1-Ir_1-IR=V_{زمین} \Rightarrow V_A+۶-۱\times۰/۵-۱\times۱/۵=۰$$
$$\Rightarrow V_A=-۴\,V$$

۱۶- دشوار

با استفاده از قاعدهٔ حلقه می‌توان نشان داد:

$$I=\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2-\varepsilon_3}{R_1+R_2+R_3+R_4+r_1+r_2}$$

$$\Rightarrow I=\frac{۱۴-۲-۴}{۴+۳+۱/۵+۲+۱+۰/۵}=\frac{۸}{۱۲}=\frac{۲}{۳}\,A$$

جهت جریان الکتریکی در مدار پادساعتگرد است چون $\varepsilon_1>\varepsilon_2+\varepsilon_3$ است.

اکنون از **A** پادساعتگرد به **B** می‌رویم:

$$V_A-IR_1+\varepsilon_1-Ir_1-IR_4-IR_2=V_B$$

$$\Rightarrow V_A-\frac{۲}{۳}\times۴+۱۴-\frac{۲}{۳}\times۱-\frac{۲}{۳}\times۲-\frac{۲}{۳}\times۱/۵=V_B$$

$$\Rightarrow V_B-V_A=\frac{۲۵}{۳}\,V$$

۱۷- متوسط

چون جریان ساعتگرد است $\varepsilon_1>\varepsilon_2$ است.

$$I=\frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{R_1+R_2+r_1+r_2}$$

$$\Rightarrow ۱=\frac{۱۴-\varepsilon_2}{۳+۲+۱+۰/۵} \Rightarrow \varepsilon_2=۷/۵\,V$$

۱- گزینهٔ «۳» آسان

افت پتانسیل داخل باتری برابر rI است. بنابراین افت پتانسیل در داخل باتری با شدت جریان (I) و مقاومت درونی پیل (r) نسبت مستقیم دارد.

۲- گزینهٔ «۱» آسان

اگر به نحوه اتصال رئوستا در مدار توجه کنید چون قسمت **B** به مدار وصل نیست، با تغییر محل لغزنده مقاومتی از رئوستا که در مدار است، تغییر نمی‌کند. توجه کنید که چون نقاط **A** و **C** از رئوستا در مدار قرار گرفته است تمام مقاومت رئوستا در مدار است.

۳- گزینهٔ «۳» متوسط

با حرکت لغزنده از **a** تا **b**، مقاومت رئوستا افزایش می‌یابد.

$$I=\frac{\varepsilon=ثابت}{R_{رئوستا}+R+r}$$

(I کاهش می‌یابد، مخرج افزایش می‌یابد)

بنابراین طبق رابطهٔ $V=\varepsilon-rI$ افزایش می‌یابد.

۴- گزینهٔ «۴» متوسط

$$R_1=۲r, R_2=r$$

$$I=\frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow \begin{cases} I_1=\frac{\varepsilon}{۲r+r}=\frac{\varepsilon}{۳r} \\ I_2=\frac{\varepsilon}{r+r}=\frac{\varepsilon}{۲r} \end{cases}$$

$$\frac{rI_2}{rI_1}=\frac{I_2}{I_1}=\frac{\frac{\varepsilon}{۲r}}{\frac{\varepsilon}{۳r}}=\frac{۳}{۲}$$

افت پتانسیل در باتری برابر rI است. پس:

۵- گزینه «۳» متوسط

افت پتانسیل مدار خارجی IR و افت پتانسیل در مولد Ir است. بنابراین داریم:

$$Ir = \frac{۱}{۹}IR \Rightarrow r = \frac{R}{۹}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow ۰/۲ = \frac{۶}{R+\frac{R}{۹}} \Rightarrow \frac{۱۰}{۹}R = ۳۰ \Rightarrow R = ۲۷\Omega$$

۶- گزینه «۳» متوسط

وقتی باتری به مدار وصل نیست، جریان گذرنده از آن صفر است و ولتاژ دو سر آن برابر با نیرو محرکهٔ مولد است، پس $\varepsilon = ۱۲\,V$ است. ولتاژ دو سر مولد با ولتاژ دو سر مقاومت مدار برابر است پس $V_R = V_{مولد}$

$$V_R = V_{مولد} = ۹/۶\,V \,,\, V_R = RI \Rightarrow ۹/۶ = ۸I$$
$$\Rightarrow I = ۱/۲\,A$$
$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir \Rightarrow ۹/۶ = ۱۲ - ۱/۲ \times r \Rightarrow r = ۲\Omega$$

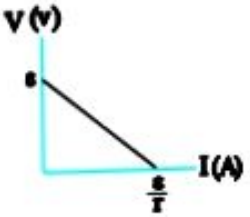
۷- گزینه «۴» آسان

$\varepsilon = ۱۲\,V$

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow ۷ = ۱۲ - ۴r \Rightarrow r = \frac{۵}{۴} = ۱/۲۵\Omega$$

۸- گزینه «۳» آسان

توجه: در مدار تک مولد، ولتاژ دو سر مولد از رابطهٔ $V = \varepsilon - Ir$ محاسبه می‌شود. بنابراین نمودار $(V-I)$ مطابق شکل، به صورت خطی با شیب $-r$ و عرض از مبدأ ε است.



با توجه به نکتهٔ بیان شده، $\varepsilon_A = ۱۰\,V \,,\, \varepsilon_B = ۲۰\,V$ است و چون محل تقاطع نمودارهای A و B با محور جریان (I) یکسان است پس

$$\frac{\varepsilon_A}{r_A} = \frac{\varepsilon_B}{r_B} \Rightarrow \frac{۱۰}{r_A} = \frac{۲۰}{r_B} \Rightarrow \frac{r_B}{r_A} = ۲$$

۹- گزینه «۳» متوسط

نمودار A مربوط به یک مولد ضد محرک و نمودار B مربوط به یک مولد محرک است. در نمودار A شیب خط، برابر مقاومت درونی (r) و در نمودار B شیب خط برابر منفی مقاومت درونی $(-r)$ است پس در نمودار B، قدرمطلق شیب خط برابر با مقاومت درونی است.

$$\frac{r_A}{r_B} = \frac{\text{شیب خط A}}{|\text{شیب خط B}|} = \frac{\frac{۱۸-۱۴}{۲}}{\frac{|۴-۱۴|}{۲}} = \frac{۲}{۵}$$

۱۰- گزینه «۳» دشوار

$$V = \varepsilon - Ir \Rightarrow V = \varepsilon - ۰/۸ \times ۲ \Rightarrow V = \varepsilon - ۱/۶$$

$$\frac{V}{\varepsilon} = ۰/۸\varepsilon \Rightarrow V = ۰/۸\varepsilon \longrightarrow ۰/۸\varepsilon = \varepsilon - ۱/۶$$

$$۰/۲\varepsilon = ۱/۶ \Rightarrow \varepsilon = ۸\,V$$

وقتی کلید را قطع کنیم از مولد جریان نمی‌گذرد و ولتاژ دو سر مولد برابر نیروی محرکهٔ آن می‌شود.

۱۱- گزینه «۱» آسان

چون دو سر باتری با یک سیم به هم وصل شده است، ولتاژ دو سر آن صفر است.

۱۲- گزینه «۳» متوسط

وقتی کلید باز است

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r} \Rightarrow I = \frac{۱/۵}{۰/۵+۰/۵} = ۱/۵\,A$$

$$V_{مولد} = \varepsilon - Ir \Rightarrow V_{مولد} = ۱/۵ - ۱/۵ \times ۰/۵ = ۰/۷۵\,V$$

وقتی کلید بسته شود، دو سر مولد اتصال کوتاه شده و ولتاژ دو سر آن صفر می‌شود. پس ولتاژ دو سر مولد از ۰/۷۵ ولت به صفر ولت می‌رسد یعنی ۰/۷۵ ولت کاهش می‌یابد.

۱۳- گزینه «۳» متوسط

مقاومت آمپرسنج آرمانی صفر است که باعث می شود، دو سر مقاومت ۶ اهمی اتصال کوتاه شود و از مدار حذف شود. مقاومت ولت‌سنج آرمانی بی‌نهایت است و چون در مدار، متوالی بسته شده، جریانی از مدار و مولد نمی‌گذرد. پس آمپرسنج صفر را نشان می‌دهد.

چون از مقاومت ۳ اهمی جریان نمی‌گذرد ولتاژ دو سر آن صفر است. بنابراین ولت‌سنج که عملاً به دو سر مولد وصل است، نیروی محرکهٔ مولد یعنی ۱۰ ولت را نشان می‌دهد.

۱۴- گزینه «۳» دشوار

فرض می‌کنیم جریان از B به A باشد.

$$V_A + ۲I + ۱۰ + ۲I + ۶I - ۶ + I + ۳I = V_B$$
$$\Rightarrow V_A + ۴ + ۱۶I = V_B$$
$$\Rightarrow V_A - V_B = -۱۶I - ۴ \Rightarrow ۱۲ = ۱۶I + ۴ \Rightarrow I = ۰/۵\,A$$

از مثبت شدن I می‌توان نتیجه گرفت فرض جریان از B به A فرض درستی بوده است. ولت‌سنج اختلاف پتانسیل دو سر مولد ε_1 را نشان می‌دهد.

چون جهت جریان الکتریکی از B به A است پس جریان به پایانهٔ مثبت مولد ε_1 وارد می‌شود. یعنی مولد ε_1، ضد محرک است. پس:

$$V_{۱مولد} = \varepsilon_1 + Ir_1 \Rightarrow V_{مولد} = ۱۰ + ۰/۵ \times ۲ = ۱۱\,V$$

ولت‌سنج که به دو سر مولد ε_1 وصل است، ۱۱ ولت را نشان می‌دهد.