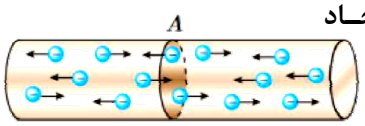
تیپ ۱: جریان و مفاهیم

هر مجموعه ای از بارهای متحرک، لزوماً جریان الکتریکی ایجاد نمی‌کند. برای ایجاد جریان الکتریکی باید شارش خالصی از بارها از یک سطح مقطع معین رخ دهد.



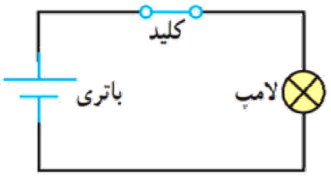
شکل ۲ـ۴ در نبود اختلاف پتانسیل، شارش بار خالصی از مقطع معیّن A سیم، نداریم.

برای شارش خالص بار از یک سطح مقطع، نیاز به ابزاری مانند باتری داریم تا با ایجاد یک میدان الکتریکی، بارها را در جهت معینی به حرکت درآورد.

جریان الکتریکی:

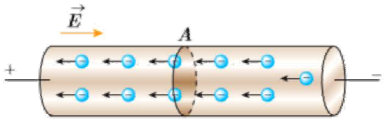
الکترونهای آزاد در طول یک سیم با تندی از مرتبه 10^6 متر بر ثانیه در حرکت هستند، ولی این حرکت کاتوره‌ای و در تمام جهت‌ها است، به همین دلیل باعث ایجاد جریان الکتریکی در سیم (می‌شود – نمی‌شود).

اگر سیم را در یک مدار الکتریکی مانند شکل زیر، قرار دهیم، اختلاف پتانسیل الکتریکی در دو سر سیم برقرار می‌شود ⇐ میدان الکتریکی درون سیم ایجاد می‌شود ⇐ باعث حرکت الکترون‌های آزاد در سیم می‌شود ⇐ جریان الکتریکی بوجود می‌آید.



با ایجاد میدان الکتریکی درون سیم رسانا، الکترون‌ها حرکت کاتوره‌ای خود را کمی تغییر می‌دهند و با سرعتی متوسط، موسوم به سرعت سوق، در خلاف جهت میدان به طور بسیار آهسته سوق پیدا می‌کنند که همین موضوع باعث ایجاد جریان الکتریکی می‌شود.

اندازه سرعت سوق در یک رسانای فلزی بسیار کم است مثلاً در یک سیم مسی از مرتبه $10^{-5}\ \frac{m}{s}$ یا $10^{-4}\ \frac{m}{s}$ است.



شکل ۲ـ۶ در حضور اختلاف پتانسیل، شارش بار خالص از مقطع A سیم، دیگر برابر صفر نیست.

شکل ۲ـ۷ مسیر زیگزاگ یک الکترون آزاد در یک رسانای فلزی، در حضور میدان الکتریکی، این مسیر زیگزاگ در خلاف جهت میدان سوق یافته است[1].

نسبت $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ را جریان الکتریکی متوسط می‌گویند.

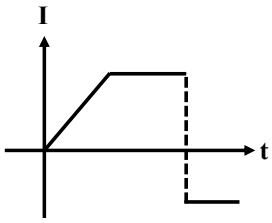
$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

در این فصل با جریان مستقیم DC سر و کار داریم که در آن جهت جریان با زمان تغییر نمی‌کند و مقدار جریان ثابت می‌ماند.

سطح زیر نمودار جریان زمان، همان ..... است.

شیب نمودار بار- زمان برابر ..... است.

ex)



$\Delta q = ?$

$I_{av} = ?$

$$q = It = ne = CV$$

$$1A.h = 3600A.s = 3600C$$

ex) آمپرساعت باتری $= 1000A.h$

- یک ساعت جریان $100A$
- سه ساعت جریان $50A$
- $t = ?$ جریان $150A$

درستی یا نادرستی جمله‌های زیر را با کلمه‌های "درست" و "نادرست" مشخص کنید و بنویسید.

در جریان ..... (مستقیم - متناوب) جهت جریان با زمان تغییر نمی‌کند.

آمپرساعت یکای بار الکتریکی است.

سرعت سوق در یک رسانای فلزی بسیار کم است.

همه بارهای متحرک جریان ایجاد می‌کنند.

با اعمال اختلاف پتانسیل به دو سر رسانا، الکترون‌ها با سرعتی موسوم به سرعت سوق در خلاف جهت میدان الکتریکی سوق پیدا می‌کنند.

سرعت سوق الکترون‌های آزاد درون رسانا هم‌جهت با میدان الکتریکی است.

جهت قراردادی جریان الکتریکی، بر خلاف جهت سوق الکترون‌هاست.

نکته: **در رابطه‌ی $\Delta q = I\Delta t$ اگر I بر حسب آمپر و Δt بر حسب ساعت باشد، یکای Δq، آمپر- ساعت می‌شود. باتری خودروها با آمپر- ساعت (Ah) و باتری گوشی‌های همراه با میلی‌آمپر- ساعت (mAh) مشخص می‌شود. هرچه آمپر- ساعت یک باتری بیشتر باشد، حداکثر باری که باتری می‌تواند از مدار عبور دهد تا به‌طور ایمن تخلیه شود، بیشتر است.**

۱- باتری استاندارد خودرویی، $50Ah$ است. اگر این باتری جریان متوسط $5/0A$ را فراهم سازد، چقدر طول می‌کشد تا خالی شود؟

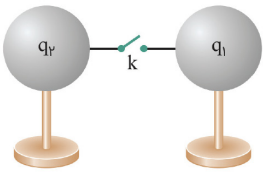
۲- روی یک باتری قلمی مقدار $1000mAh$ نوشته شده است. اگر این باتری جریان متوسط $100\mu A$ را فراهم سازد، چه مدت طول می‌کشد تا خالی شود؟

۳- یک باتری $60\ \text{Ah}$ چند ساعت می‌تواند جریان $5\ \text{A}$ را از خود عبور دهد. در چنین حالتی چند کولن بار جابه‌جا شده است؟

۴- سیم رسانایی داریم که در هر ۵ دقیقه از مقطع آن جریان ۳۶ میلی‌آمپر عبور می‌کند، به‌طور خالص چند الکترون عبور می‌کند؟ $(e = 1/6 \times 10^{-19}\ \text{C})$

۵- یک رسانای فلزی در مداری به یک باتری متصل می‌شود. اگر در مدت $2\ \text{s}$ تعداد 8×10^{18} الکترون به‌صورت خالص از هر مقطع از این رسانا عبور کند، جریان متوسط عبوری از این رسانا چند میلی‌آمپر است؟ $(e = 1/6 \times 10^{-19}\text{C})$

۶- دو کره رسانای مشابه اولی دارای بار $q_1 = +8\ \mu\text{C}$ و دومی دارای بار $q_2 = -10\ \mu\text{C}$، بر روی پایه‌های عایقی قرار دارند. این دو کره را با بستن کلید توسط سیم فلزی با مقاومت R به یکدیگر وصل می‌کنیم. $0/001\ \text{s}$ طول می‌کشد تا دو کره هم‌پتانسیل شوند. جریان متوسطی که در این مدت از سیم می‌گذرد، چقدر و در چه جهتی است؟



۷- یک چراغ قوه ۳ولتی در مدت ۶۰ دقیقه، ۵/۴ ژول انرژی‌اش را از دست می‌دهد. شدت‌جریان الکتریکی متوسط عبوری از باتری چند میلی‌آمپر است؟

۸- شکل مقابل مسیر حرکت الکترون‌ها را در یک رسانای فلزی نشان می‌دهد چه تعداد از عبارت‌های زیر صحیح است؟

الف) الکترون‌ها با سرعتی متوسط موسوم به سرعت سوق در جهت میدان الکتریکی حرکت می‌کنند.

ب) بزرگی سرعت سوق الکترون‌ها بسیار زیاد و از مرتبه $۱۰^{۴}\ \frac{m}{s}$ است.

ج) جهت جریان الکتریکی ایجادشده در رسانا در خلاف جهت سرعت سوق الکترون‌هاست.

د) جریان الکتریکی و میدان الکتریکی در رسانا هم‌جهت هستند.

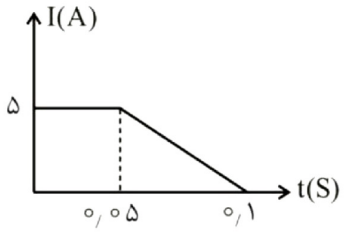
۱) ۱

۲) ۲

۳) ۳

۴) ۴

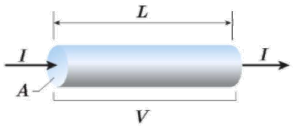
۹- نمودار جریان الکتریکی بر حسب زمان عبوری از یک رسانا، در شکل زیر داده شده است. متوسط جریان عبوری از رسانا تا $t = ۰/۱s$ چند میلی‌آمپر است؟



تیپ ۲: مقاومت الکتریکی و قانون اهم

ذرات جسم جامد، در مکان‌های معینی نسبت به هم، نوسان‌های کوچکی دارند و الکترون‌هایی که در رسانا در حال حرکت هستند با این اتم‌ها بر خورد می‌کنند و همین موضوع باعث گرم شدن رسانا می‌شود و اصطلاحاً مـی‌گـوییم رسـانا دارای مقاومت الکتریکی است. $R = \frac{V}{I} = \rho \frac{L}{A}$

نماد مقاومت در مدارهای الکتریکی



شکل ۲ـ۱۱ از سیمی به طول L و مقطع یکنواخت A، تحت اختلاف پتانسیل V، جریان I می‌گذرد.

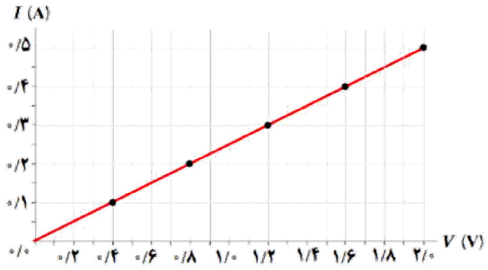
یکای مقاومت (R):

⭐ با تغییر اختلاف پتانسیل، مقاومت ثابت می‌ماند ⟸ مقاومت اهمی

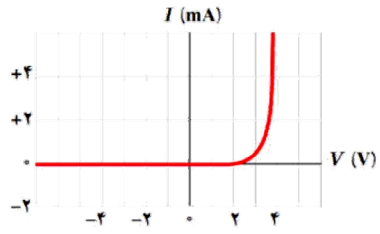
⭐ با تغییر اختلاف پتانسیل، مقاومت تغییر می‌کند ⟸ مقاومت غیر اهمی

اگر مقاومت الکتریکی در ولتاژهای مختلف (در دمای ثابت)، مقدار ثابتی باشد، آن وسیله را مقاومـت یـا رسـانای اهمـی می‌نامند.

وسیله‌های زیادی یافت می‌شوند که از قانون اهم پیروی نمی‌کنند مثل دیود نورگسیل LED



شکل ۲ـ ۹ نمودار جریان برحسب اختلاف‌پتانسیل نشان می‌دهد که برای این رسانای اُهمی، جریان به‌طور مستقیم با ولتاژ افزایش می‌یابد.



شکل ۲ـ ۱۰ نمودار جریان برحسب اختلاف‌پتانسیل برای یک دیود نورگسیل

در مسائل اگر جرم و جنس سیم ثابت باشد:

مقاومت ویژه یک ماده، به ساختار اتمی و دمای آن بستگی دارد.

رسانای الکتریکی خوب:

مقاومت ویژه بسیار کم دارند.

مقاومت ویژه رساناهای فلزی با افزایش دما زیاد می‌شود.

عایق‌های خوب:

مقاومت ویژه بسیار زیادی دارند

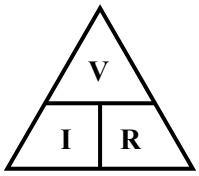
نیم‌رسانا:

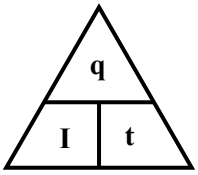
مقاومت ویژه آنها بین رسانا و نارساناها است.

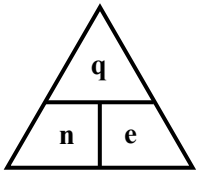
مقاومت ویژه نیم‌رساناها با افزایش دما کاهش می‌یابد

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، مقاومت ویژه همچنان صفر می‌ماند، که این پدیده را ابر رسانایی می‌گویند.

- R نه به V ربط دارد و نه به I
- R رابطه با $\rho\frac{L}{A}$ داره

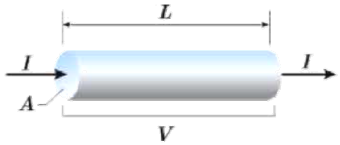






$$R=\frac{V}{I}\rightarrow I=\frac{q}{t}=\frac{ne}{t}$$

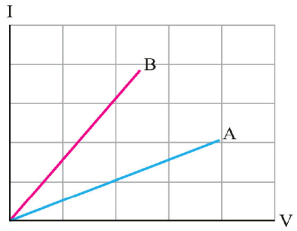
- در مسائل ترکیب با جرم و چگالی دو رابطه زیر را بنویس:



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

$$m=\rho AL$$

۱۰- شکل زیر نمودار $I-V$ را برای دو رسانای A و B نشان می‌دهد. مقاومت کدام‌یک بیشتر است؟ چرا؟



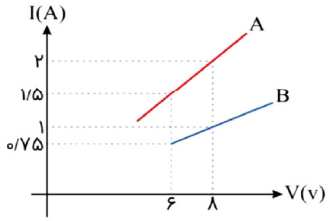
۱۱- **نمودار جریان برحسب اختلاف پتانسیل دو رسانا مطابق شکل زیر است. کدام رسانا، مقاومت اهمی است؟**

۱) A

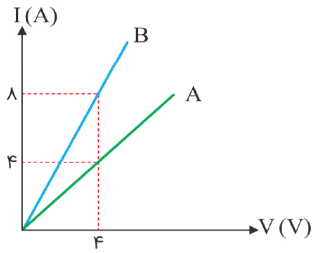
۲) B

۳) هر دو

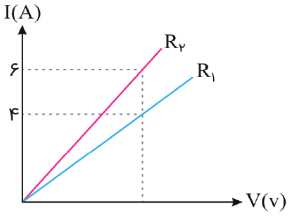
۴) هیچ‌کدام



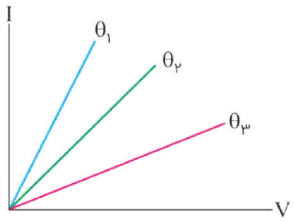
۱۲- شکل زیر نمودار $I-V$ را برای دو رسانای A و B نشان می‌دهد. مقاومت رسانای A چند برابر مقاومت رسانای B است؟



۱۳- نمودار تغییرات شدت جریان و اختلاف پتانسیل دو سر رساناهای $R_1 = 30\ \Omega$ و R_2 به شکل زیر است. مقاومت R_2 چند اهم است؟



۱۴- **نمودار زیر جریان عبوری برحسب ولتاژ دو سر یک مقاومت رسانای فلزی را در سه دمای θ_1، θ_2 و θ_3 نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد θ_1، θ_2 و θ_3 درست است؟**



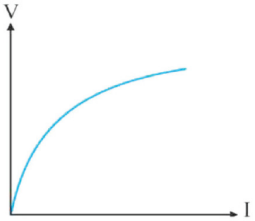
۱) $\theta_3 > \theta_2 > \theta_1$

۲) $\theta_3 < \theta_2 < \theta_1$

۳) $\theta_2 < \theta_1 < \theta_3$

۴) $\theta_2 < \theta_1 < \theta_3$

۱۵- **شکل زیر، نمودار ولتاژ برحسب جریان یک رسانای غیر اهمی را نشان می‌دهد. کدام گزینه در مورد تغییرات مقدار مقاومت آن درست است؟**



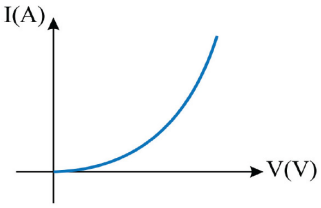
۱) پیوسته افزایش می‌یابد.

۲) پیوسته کاهش می‌یابد.

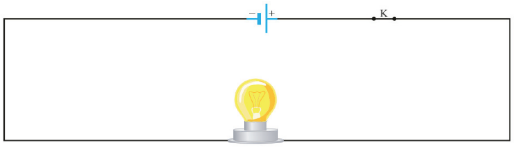
۳) ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد.

۴) ابتدا کاهش و سپس افزایش می‌یابد.

۱۶- نمودار جریان برحسب ولتاژ دو سر یک وسیله الکتریکی، مطابق شکل زیر است. با دلیل توضیح دهید که این وسیله اُهمی است یا غیراُهمی؟

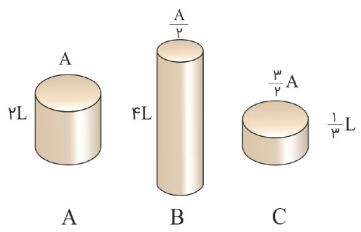


۱۷- در مدار شکل زیر اختلاف پتانسیل دو سر لامپ $۴/۰\mathrm{V}$ و مقاومت آن $۵/۰\Omega$ است. در مدت ۵ دقیقه چه تعداد الکترون از لامپ می‌گذرد؟



۱۸- لامپی با مقاومت الکتریکی R را به اختلاف پتانسیل ۴V وصل می‌کنیم. در مدت ۵ دقیقه تعداد $۱/۵ \times ۱۰^{۱۸}$ الکترون از لامپ می‌گذرد. Rچند اهم است؟$(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\mathrm{C})$

۱۹- شکل، سه رسانای آهنی استوانه‌ای را همراه با مساحت‌های مقطع و طول آن‌ها نشان می‌دهد. با ذکر دلیل، این رساناها را برحسب مقاومت الکتریکی به‌گونه‌ای مرتب کنید که بیشترین مقدار در ابتدا باشد.



۲۰- مقاومت الکتریکی جسم رسانایی برابر ۳۰Ω است. اگر طول سیم $۲\ m$ و سطح مقطع آن ۴×۱۰^{-۶} متر مربع باشد، مقاومت ویژه این سیم را محاسبه کنید.

۲۱- مقاومت الکتریکی سیمی در دمای معینی، $۱۰\ \Omega$ است. اگر طول سیم را ۴ متر کاهش دهیم (تکه‌ای از سیم را جدا کنیم)، مقاومت آن، $۲\ \Omega$ کاهش می‌یابد. طول اولیهٔ سیم چند متر بوده است؟

۲۲- مقاومت الکتریکی لولهٔ رسانای توخالی به شعاع خارجی $۲mm$ و شعاع داخلی $۱mm$ با مقاومت ویژه $۱/۵۷ \times ۱۰^{-۸}\Omega.m$ و طول $۰/۵m$ چند اهم است؟($\pi = ۳/۱۴$)

۲۳- از سیمی به طول $۳۰۰\ m$ و شعاع مقطع $۱mm$ در مدت ۱ دقیقه جریان $۲\ A$ عبور می‌کند اگر سیم یک رسانای اهمی باشد و اختلاف پتانسیل دو سر آن $۲۰۰\ V$ باشد مقاومت ویژهٔ سیم رسانا را بیابید. ($\pi = ۳$)

۲۴- مقاومت رسانایی به طول $۳۰\ cm$ و شعاع مقطع $۱mm$ که دارای مقاومت ویژهٔ $۶ \times ۱۰^{-۸}\ \Omega.m$ است را محاسبه کنید. ($\pi = ۳$)

۲۵- طول و قطر سیم مسی A به ترتیب دو برابر طول و قطر سیم مسی B است. مقاومت سیم A چند برابر مقاومت سیم B است؟

۲۶- یک سیم مسی با مقاومت ویژهٔ $۱/۷ \times ۱۰^{-۸}\ \Omega.m$ دارای طول $۱۰\ m$ و مساحت سطح مقطع $۱\ mm^۲$ است.

الف) مقاومت الکتریکی این سیم چقدر است؟

ب) اگر بدون تغییر مساحت مقطع سیم، ۲۰ درصد از طول سیم بکاهیم مقاومت این سیم چند اهم خواهد بود؟

۲۷- نمودار جریان الکتریکی برحسب اختلاف‌پتانسیل دو سر دو رسانای A و B که طول یکسانی دارند، مطابق شکل زیر است. اگر مقاومت ویژهٔ سیم A شانزده برابر مقاومت ویژهٔ سیم B باشد، شعاع مقطع A به شعاع مقطع B چند است؟