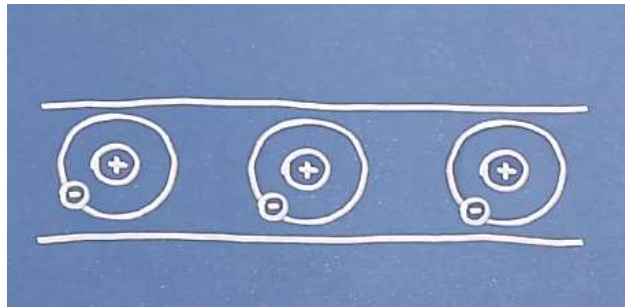
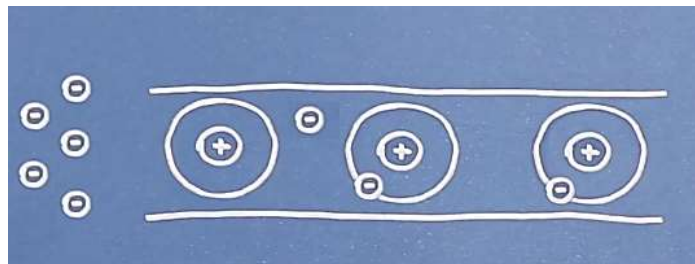


منشا جریان الکتریکی چیست؟ میدانیم که تمام مواد از اتم‌ها تشکیل شده‌اند و در هر اتم الکترون‌ها با بار منفی و پروتون‌ها با بار مثبت وجود دارند. ساختار بعضی از مواد به گونه‌ای است که یک الکترون در لایه آخر هر اتم، به سستی به اتم متصل شده است و با وارد کردن یک نیروی کوچک، می‌تواند از اتم جدا شود و آزادانه حرکت کند. مس، نقره و طلا از این مواد هستند. این مواد به عنوان رسانای الکتریکی شناخته می‌شوند. یک سیم مسی را در نظر بگیرید. اتم‌های مس در این سیم نشان داده شده است و الکترون لایه آخر هر اتم نیز نمایش داده شده است.



حال فرض کنید جسمی با بار منفی به یک سر سیم نزدیک کنید. تجمع بار منفی در جسم به الکترون‌هایی که در نزدیک‌ترین فاصله جسم قرار دارند، نیروی دافعه وارد می‌کند و این الکترون‌ها از اتم خود کنده می‌شود و به سمت اتم‌های همسایه می‌روند تا از جسم باردار دور شوند.



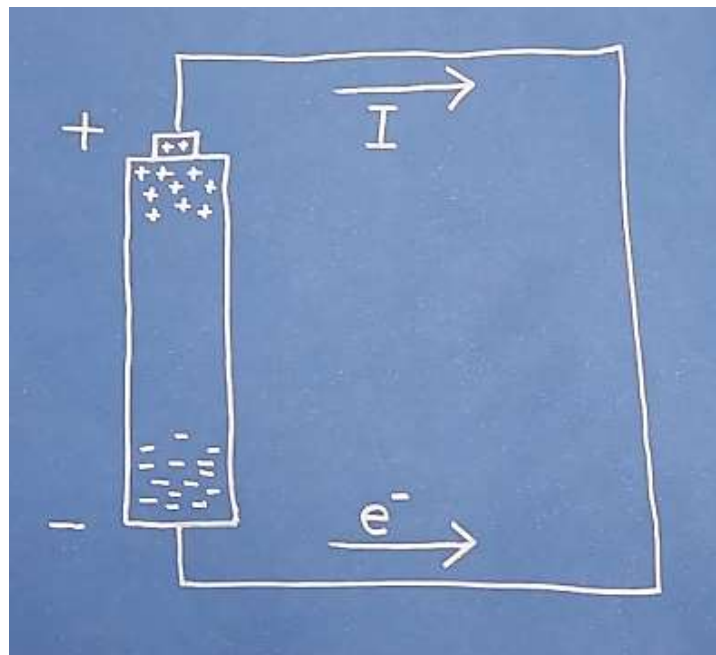
جریان الکتریکی

حال رفتار یک الکترون را زیر نظر می‌گیریم. یک الکترون از اتم اول جدا می‌شود و به سمت اتم همسایه حرکت می‌کند. این الکترون آزاد به الکترون لایه آخر اتم همسایه نیروی دافعه وارد می‌کند و باعث می‌شود آن الکترون هم از جا کنده شود و به اتم مجاور برخورد کند و... به همین شکل تا انتهای سیم پیش می‌رود. این زنجیره حرکت الکترون‌ها، جریان الکتریکی ایجاد می‌کند. به آهنگ گذشتن بار از سطح، جریان الکتریکی می‌گوییم. اگر مقدار بار Δq در بازه زمانی Δt از این سطح بگذرد، به نسبت $\Delta q / \Delta t$ جریان الکتریکی متوسط می‌گوییم. اگر این نسبت ثابت باشد جریان الکتریکی برابر است با:

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

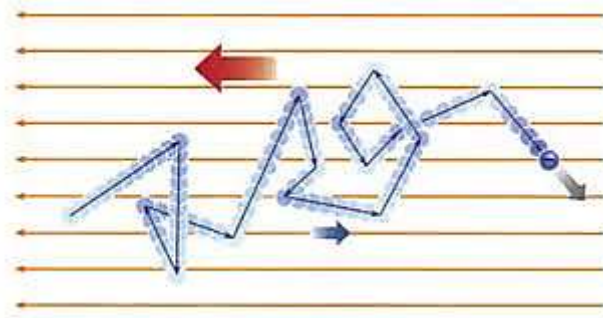
واحد اندازه گیری بار ، کولن (C) ، واحد اندازه گیری زمان ثانیه (s) و واحد اندازه گیری جریان الکتریکی، آمپر (A) است. اگر 1 کولن بار در 1 ثانیه از سطحی عبور کند، جریان عبوری 1 آمپر خواهد بود.

متأسفانه جریان الکتریکی به صورت خود به خودی ایجاد نمی شود. با اینکه الکترون ها با سرعت های بالا در اتم در حال حرکت هستند، اما چون جهت حرکت یکسانی ندارند، جریان الکتریکی ایجاد نمی کنند. برای ایجاد جریان باید نیرویی به الکترون ها وارد کنیم تا بتوانند در یک جهت حرکت کنند. برای این کار از یک اختلاف پتانسیل مثل باتری استفاده می کنیم. در یک باتری، در یک سمت تراکم الکترون یعنی بار منفی وجود دارد و در سمت دیگر کمبود الکترون یعنی بار مثبت. این بارها می خواهند به تعادل برسند اما درون باتری نمی توانند جابجا شوند. بنابراین اگر یک سیم رسانا را به این دو سر باتری وصل کنیم ، الکترون های اضافی در سر منفی باتری، به الکترون های رسانا نیرو وارد می کنند و آنها را در امتداد سیم به سمت بار مثبت هل می دهند. نزدیک ترین الکترون به سر مثبت، وارد قسمت باردار مثبت باتری می شود تا اندکی از بار مثبت را خنثی کند. اگر سیمی را به یک اختلاف پتانسیل وصل کنیم تا جریان الکتریکی در آن برقرار شود، یک مدار الکتریکی ایجاد کرده ایم. توجه کنید مطابق شکل زیر، طبق قرارداد جهت جریان خلاف جهت حرکت الکترون ها در مدار است.



سرعت سوق الکترون

توضیحات بالا به صورت نمادین برای یک خط از اتمها بود. البته چون الکترون ها به صورت کاتوره ای در اتم حرکت می کنند، سرعت اولیه دارند و در اثر وارد شدن نیرو، مسیری مانند شکل را طی می کنند.



سرعت سوق سرعتی است که الکترون ها در خلاف جهت میدان سوق پیدا می کنند. سرعت سوق الکترون در سیم رسانا بسیار کم و از مرتبه $10^{-4}m/s$ یا $10^{-5}m/s$ است. این سرعت را با سرعت حرکت کاتوره ای الکترون ها مقایسه کنید. اگر سرعت حرکت الکترون ها درون سیم اینقدر کم است چرا به محض روشن کردن کلید لامپ، لامپ روشن می شود؟

دلیل آن این است که وقتی اختلاف پتانسیل اعمال می کنیم، نزدیک ترین الکترون حرکت می کند ولی قرار نیست که همین الکترون به لامپ برسد تا لامپ را روشن کند. بلکه نیرویی که این الکترون به الکترون کناری و ... تا انتهای سیم وارد می کند در کسری از ثانیه اتفاق می افتد و در همین زمان، الکترون آخر، به لامپ رسیده است و به همین ترتیب جریان ادامه می یابد.

مثال هایی از جریان الکتریکی

مثال 1:

ولتاژ باتری یک نوع ماشین حساب $3V$ است. وقتی ماشین حساب روشن است، این باتری باعث عبور جریان $0.17mA$ در آن می شود. اگر این ماشین حساب یک ساعت روشن باشد:

الف) در این مدت چه مقدار بار از مدار می گذرد؟

ب) باتری چقدر انرژی به مدار ماشین حساب می دهد؟

حل مسئله:

الف) هر ساعت، 3600 ثانیه است و رابطه بین بار و جریان و زمان به شکل زیر است:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow 0.17 \times 10^{-3} A = \frac{\Delta q}{3600 s} \rightarrow \Delta q = 0.61 C$$

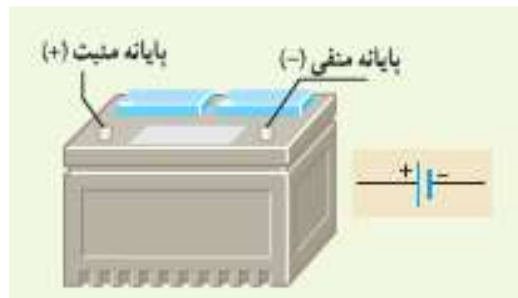
ب) چون مقدار باری در سیم جابجا می شود که به خاطر وجود یک میدان الکتریکی است، و انرژی که باتری به مدار می دهد همان کاری است که روی بار انجام می دهد، از رابطه زیر استفاده می کنیم:

$$W = qEd = q\Delta V = 0.61C \times 3V = 1.8 J$$

مثال 2:

در رابطه $\Delta q = I(\Delta t)$ اگر I بر حسب آمپر و Δt بر حسب ساعت باشد، یکای Δq آمپر-ساعت می شود. باتری خودروها با آمپر-ساعت (Ah) و باتری گوشی های همراه با میلی آمپر-ساعت (mAh) مشخص می شود. هرچه آمپر-ساعت یک باتری بیشتر باشد، حداکثر باری که باتری می تواند از مدار عبور دهد تا به طور ایمن تخلیه شود، بیشتر است.

الف) باتری استاندارد خودرویی، 50Ah است. اگر این باتری جریان متوسط 5A را فراهم سازد، چقدر طول می کشد تا خالی شود؟



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

حل مسئله:

الف) آمپر ساعت واحد بار است پس :

$$\Delta q = I\Delta t \rightarrow 50Ah = 5A \times \Delta t \rightarrow \Delta t = 10 h$$

بنابر این 10 ساعت طول می کشد تا باتری به طور کامل تخلیه شود.

ب) مشابه مثال بالا از رابطه زیر استفاده می کنیم:

$$\Delta q = I\Delta t \rightarrow 1000 \times 10^{-3} Ah = 100 \times 10^{-6} A \times \Delta t \rightarrow \Delta t = 10^4 h$$

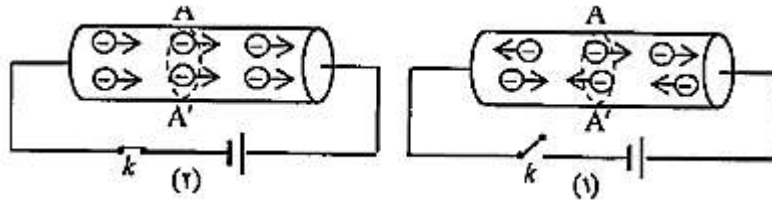
همان طور که می بینید زمان تخلیه بسیار بالا است و دلیل آن شدت جریان بسیار کم می باشد.

مثال 3:

شارش بار الکتریکی در هر مقطع رسانا را هنگام اعمال اختلاف پتانسیل الکتریکی به دو سر رسانا و موقع عدم اعمال اختلاف پتانسیل الکتریکی مقایسه کنید:

پاسخ:

وقتی اختلاف پتانسیلی به دو سر رسانا اعمال نشود (شکل 1)، الکترون ها تنها به صورت کاتوره ای حرکت می کنند چون هیچ نیروی خارجی وارد نمی شود که الکترون ها را به سمت جهت خاصی هدایت کند. ولی اعمال اختلاف پتانسیل (شکل 2)، این نیرو را تامین می کند.



مثال 4:

در سیمی شدت جریان 0.8 آمپر میگذرد. در مدت 20 ثانیه چند الکترون از مقطع این سیم عبور می کند؟ (اندازه بار الکتریکی الکترون $q = 1.6 \times 10^{-19} C$ است).

$$\Delta q = I \Delta t \rightarrow \Delta q = 0.8 A * 20 s = 16 C$$

$$q_e \times n_e = \Delta q \rightarrow 1.6 \times 10^{-19} C \times n_e = 16 C \rightarrow n_e = \frac{16 C}{1.6 \times 10^{-19} C}$$

$$n_e = 10^{20}$$

مثال 5:

معادله بار الکتریکی عبوری از یک رسانا بر حسب زمان از رابطه $q = t^2 - 2t + 1$ به دست می آید. شدت جریان متوسط جاری شده در آن طی ثانیه دوم چند آمپر است؟

می دانیم:

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

برای اندازه گیری شدت جریان عبوری در ثانیه دوم، بار گذشته در انتها و ابتدای ثانیه دوم را محاسبه می کنیم و در رابطه بالا قرار می دهیم:

$$q = t^2 - 2t + 1$$

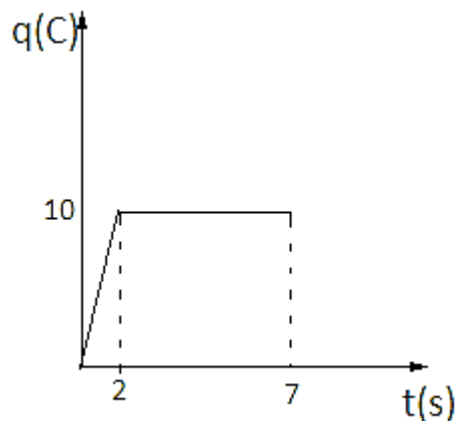
$$t = 2s \rightarrow q = 2^2 - 2 \times 2 + 1 = 1$$

$$t = 1s \rightarrow q = 1^2 - 2 \times 1 + 1 = 0$$

$$\Delta q = 1C \rightarrow I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = 1A$$

مثال 6:

نمودار بار شارش شده در یک جسم رسانا بر حسب زمان به صورت مقابل است. نمودار شدت جریان گذرنده از این سیم را بر حسب زمان رسم کنید.



پاسخ:

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

بنابر این برای دانستن شدت جریان، باید شیب نمودار بار الکتریکی-زمان را به دست بیاوریم. از 0 تا 2 ثانیه، شیب نمودار ثابت و برابر با 5 است:

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{10 - 0}{2 - 0} = 5$$

و از 2 تا 7 ثانیه شیب نمودار ثابت و برابر با 0 است.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{10 - 10}{7 - 5} = 0$$

بنابر این نمودار شدت جریان بر حسب زمان به صورت زیر می باشد:

