

یا لطیف

« ساندویچ الکتروسیته جاری »



الکترون های در حال حرکت

آیا می توان بار های الکتریکی را به حرکت درآورد؟ آیا می توان بار های الکتریکی را در حال حرکت نیز بررسی کرد؟ جواب همه سؤال های بالا مثبت است. برای اینکه بار های الکتریکی را به حرکت دریاوریم، کافیت انرژی مورد نیازشان را برای شروع به حرکت تامین کنیم، تا شروع به حرکت کنند. با ذکر یک مثال مشابه، این جمله را بیشتر توضیح خواهیم داد. فرض کنید یک سد داریم که پشت این سد مقداری آب ذخیره شده باشد. اگر شیر های آب سد را باز کنیم، آب پشت سد به سمت پایین سد سرازیر می شود. در واقع آب دارای یک انرژی پتانسیل گرانشی است که با باز شدن شیر های سد، تبدیل به انرژی جنبشی می شود و آب به پایین سد سرازیر



می شود و انرژی پتانسیل گرانشی آب کاهش پیدا می کند و تبدیل به انرژی جنبشی می شود. این عمل تا زمانی که آب در پایین سد آرام بگیرد ادامه خواهد داشت. میزان انرژی جنبشی (حرکتی) که جریان آب پیدا می کند، بستگی به ارتفاع ای است که آب از آنجا جریان پیدا کرده است و در واقع هر چقدر انرژی پتانسیل بیشتری آزاد شود و از ارتفاع بیشتری آب جاری شود، انرژی جنبشی جریان آب بیشتر خواهد شد.



حالا اگر الکترون ها را بتوانیم به پتانسیل الکتریکی بالاتر ببریم، اگر مانند سد مانعی برای جاری شدن وجود نداشته باشد، الکترون ها به سمت پتانسیل کمتر جاری خواهند شد و انرژی پتانسیل الکتریکی به انرژی جنبشی برای الکترون ها تبدیل خواهد شد. حال چطور برای الکترون ها اختلاف پتانسیل الکتریکی درست کنیم؟ باتری ها توانایی ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی را دارند. معمولا از باتری ها برای ایجاد اختلاف پتانسیل الکتریکی استفاده می کنند.

فرض کنید که یک سد مانع از ریزش آب شده است و هیچ شیر آبی برای خالی کردن آب سد وجود ندارد. پس برای خالی کردن آب سد نیاز داریم که آب پشت سد را از بالای سد تخلیه کنیم. این به این معنی است باید اول ارتفاع آب را تا بالای سد برسانیم و زمانی که آب به پتانسیل گرانشی مورد نظر برسد که بتواند از دیواره سد عبور کند، اجازه جاری شدن پیدا می کند. الکترون ها در مواد مختلف نیاز به انرژی پتانسیل های مختلف برای جاری شدن دارند. به همین دلیل یک سیم فلزی به دلیل داشتن الکترون آزاد به راحتی جاری می شود ولی مواد نارسانا، به علت مقید بودن الکترون به هسته نیاز به انرژی پتانسیل زیادی برای جاری شدن دارند. این مفهوم را با مثالی که در مورد سد زده شد به ازای ارتفاع های مختلف سد برایتان قابل تصور خواهد بود. ارتفاع سد که تغییر کند، اختلاف پتانسیل گرانشی کمتری برای جاری کردن آب از پشت سد نیاز خواهد بود. حال اگر اختلاف پتانسیل بسیار زیاد باشد، خواهید دید که الکترون ها درون هوا یا حتی خلاء از سمتی به سمت دیگر جهش خواهند کرد و جاری خواهد شد. (مانند رعد و برق یا جرقه های ناشی از کابل های فشار قوی برق)

عدد روی ولت متر نمایش دهنده اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه است. همانطور که متوجه شده اید، واحد اختلاف پتانسیل الکتریکی، ولت است. اگر یک ژول انرژی به یک کولن بار (6×10^{18} تعداد بار، یک کولن بار می شود). بدهیم، آنگاه یک ولت اختلاف پتانسیل ایجاد کرده ایم. (هنگامی که یک گچ ده گرمی را یک متر از زمین فاصله دهید، یک ژول به آن انرژی داده ایم.)

اگر بخواهیم دقیق تر به ساختار باتری نگاه کنیم، باتری ها به صورت یک پمپ بار در مدار ها عمل می کنند. برای مشخص کردن جهت پمپاژ بار در مدار، از یک قرار داد استفاده می کنیم. فرض می کنیم بار مثبت از سر مثبت وارد مدار می شود و از سر منفی دوباره به باتری برمی گردد تا بتواند انرژی از دست رفته خود را زمانی که در مدار جریان داشته جبران کند و دوباره جریان پیدا کند. عمل پمپ کردن بار در مدار توسط باتری زمانی تمام می شود که باتری انرژی لازم برای پمپ کردن بار را نداشته باشد. در این حالت اصطلاحا باتری تخلیه یا دشارژ (Discharge) شده است.

حال که با مفهوم اختلاف پتانسیل الکتریکی و یکای آن آشنا شدید، اکنون با یکسری اختلاف پتانسیل ها (ولتاژ) های موجود در طبیعت آشنا خواهید شد.

منبع ولتاژ	حدود ولتاژ خروجی
محدوده ولتاژی سلول های عصبی در حالت استراحت	۷۵ میلی ولت
باتری های لیتیوم-پلیمر مورد استفاده در گوشی های هوشمند	۳ تا ۴ ولت
حدود ولتاژ مورد استفاده در مدارهای دیجیتال	۵ ولت
ولتاژ باتری خودروهای سواری	۱۲ ولت
باتری های کامیون	۲۴ ولت
برق شهر	ایران: ۲۲۰ ولت - آمریکا: ۱۲۰ ولت - ژاپن: ۱۰۰ ولت
برق روی ریل های مترو	متروی سرعت پایین: ۶۰۰ تا ۷۵۰ ولت متروی سرعت بالا: ۲۵ کیلو ولت
رعد و برق	۱۰۰ میلیون ولت

جریان الکتریکی

اگر الکترون ها در یک اختلاف پتانسیل الکتریکی قرار بگیرند و بستر لازم برای حرکت آنها (رساناها) وجود داشته باشد، الکترون ها حرکت خواهند کرد. اگر به مثال سد در کاربرگ قبل توجه کرده باشید (تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی)، حجم آبی که از پشت سد جاری می شود نیز مهم خواهد شد. اگر به زبان الکتروسیسټه سخن بگوییم، تعداد الکترون هایی که در یک واحد زمانی انرژی پتانسیل شان به انرژی جنبشی تبدیل شده، همان معنای حجم آب جاری شده در واحد زمان را خواهند داشت.

چرا جریان الکتریکی مهم است؟ فرض کنید یکبار سعی کنیم آب پشت سد را با استفاده از یک شلنگ آب تخلیه کنیم. حال برای بار دوم، کل شیر های سد را باز بکنیم. تفاوت این دو حالت را با توجه به میزان انرژی آزاد شده آنها بررسی می کنیم. در حالیکه انرژی جنبشی هر دو یکسان است، انرژی متفاوتی را منتقل می کنند. با کانال خروجی سد، چند مگاوات برق تولید می کنند در حالیکه با یک شلنگ آب شاید بتوان یک لامپ یا چند لامپ را روشن کرد.

این مفهوم که در مورد جریان آب پشت سد گفته شد، در مورد جریان الکتریکی نیز صادق است. هر چقدر تعداد الکترون های عبوری از یک خروجی بیشتر باشد، جریان الکتریکی و میزان انرژی جا به جا شده نیز بیشتر خواهد شد.

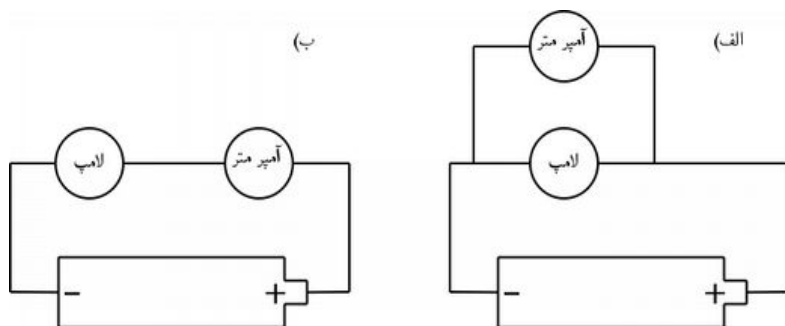
به تعداد الکترون ها (بار های الکتریکی) که در واحد زمان وارد مدار می شوند، جریان الکتریکی می گویند و به صورت زیر نمایش داده می شود.

$$\text{جریان الکتریکی} = \frac{\text{تعداد بار الکتریکی}}{\text{واحد زمان}}$$

برای توصیف جریان الکتریکی از واحدی به نام آمپر استفاده می‌شود. اگر یک کولن بار ($10^{18} \times 6$ عدد بار الکتریکی) در هر ثانیه از یک منبع الکتریکی جاری شود، یک آمپر جریان الکتریکی برقرار شده است. در جدول صفحه بعد جریان های مختلفی را می‌توانید مشاهده کنید:

منبع جریان الکتریکی	محدوده جریانی مورد استفاده
جریان های الکتریکی درون بدن انسان	۱۰ تا ۱۵ پیکو آمپر
هدفون های گوشی	۰,۵ تا ۰,۷ میلی آمپر
لامپ های رشته ای	۳۰۰ تا ۵۰۰ میلی آمپر
سشوار ، نان سوخاری کن(!!) ، اتو ، کولر گازی	۱۰ تا ۱۵ آمپر
جریانی که رعد و برق ایجاد می‌کند	۰,۱ مگا آمپر
بیشتری جریان تولید شده در آزمایشگاه (جریان لحظه ای)	۲۷ مگا آمپر

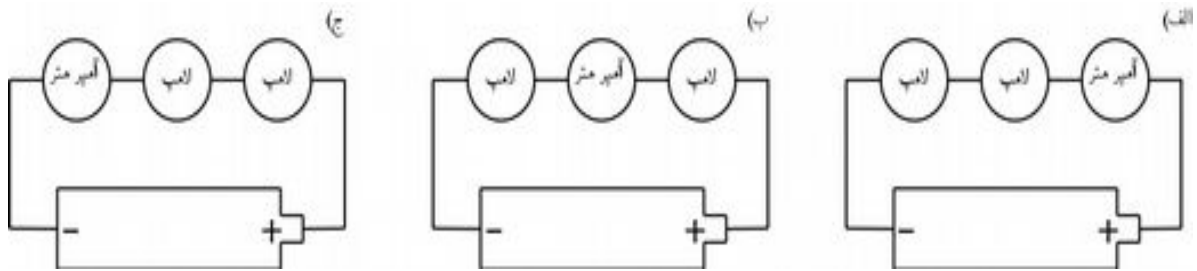
بیازمای: (هشدار اولیه!!: باید در اندازه گیری جریان دقت فراوانی به خرج داد. چرا که اشتباه متصل کردن آمپر متر به مدار، می‌تواند باعث خراب شدن مولتی متر شود. بنابراین لطفا دقت لازم را برای استفاده از مولتی متر به خرج دهید! هر چند که [آزمایشگاه مجازی](#) است!)



هروقت جریان در مدار اندازه گیری می‌شود، آمپر متر به گونه ای باید وصل شود که در داخل مدار باشد. به این معنی که با قطع کردن آمپر متر، مدار هم قطع شود. به نظر شما کدام یک از شکل های زیر مربوط به صحیح بستن آمپر متر است؟

پس به یاد داشته باشید که آمپر متر قسمتی از مدار بوده و اگر یک سیم آمپر متر قطع شود، کل مدار قطع خواهد شد. در حالی که اگر ولت متر را از مدار خارج کنیم، مدار همچنان وصل خواهد بود.

بیازهای: در این بیازمای، می‌خواهیم جریان نقاط مختلف در مدار را اندازه‌گیری کنیم. به مدارهای زیر که شامل دو لامپ هستند دقت کنید.



با دانستن اینکه جریان از قطب مثبت باتری به قطب منفی باتری در حال حرکت است، سیم قرمز رنگ آمپر متر را در جهت قطب مثبت و سیم مشکی آمپر متر را در جهت قطب منفی قرار خواهیم داد. [[صفحه آزمایشگاه](#)]

قبل از انجام دادن آزمایش به نظر شما آمپر متر (جریان سنج) در کدام یک از حالت بالا جریان بیشتری را به نمایش خواهد گذاشت؟ (در صورتی که علتی هم به نظرتان می‌رسد، آن را بیان کنید)

حالا سعی کنید مدارها را به ترتیب ببندید و جریان‌هایی که از روی آمپر متر بدست می‌آورید را در جدول زیر یادداشت کنید.

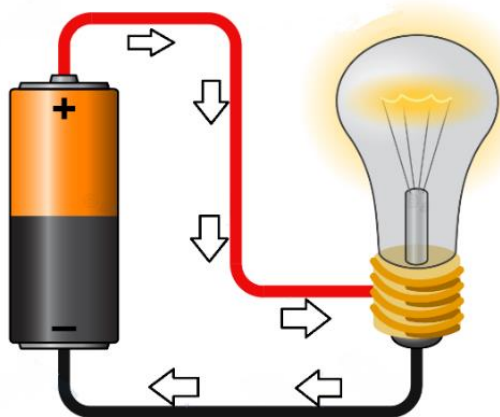
نام مدار	الف	ب	ج
جریان آمپر سنج (واحد: آمپر)			

از اعداد به دست آمده، جریان در هر بخش مدار چه تغییری کرده است؟ چه نتیجه‌ای از این تغییرات می‌گیرید؟

حال جهت سیم‌های آمپر متر را در مدار جا به جا کنید. عدد به دست آمده چه تغییری خواهد کرد؟ سعی کنید این تغییر ایجاد شده را با توجه به متن بعد از بیازما، توضیح دهید.

همانطور که برای جریان آب می‌توان جهت معین کرد. برای الکترون‌های در حال حرکت در مدار نیز می‌توان جهتی قرار دادی معین نمود. در این قرارداد بین المللی، جهت جریان الکترون‌ها را از سر قطب مثبت باتری به سمت قطب منفی در نظر می‌گیرند. این قرارداد، صرفاً یک قرارداد برای استاندارد کردن جریان الکتریکی در نظر گرفته شده است.

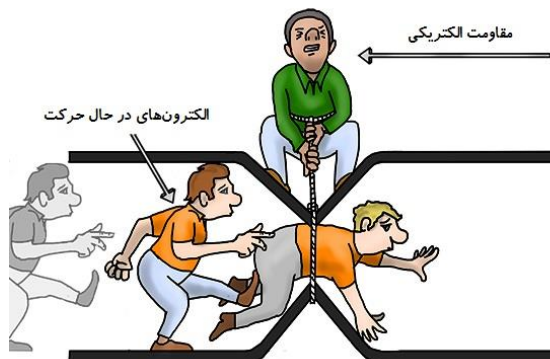
مقاومت الکتریکی



تا کنون علت جاری شدن الکترون‌ها را شناختیم، فهمیدیم انرژی حرکتی آنها از کجا می‌آید و در آخر یاد گرفتیم چگونه تعداد الکترون‌های عبوری در واحد زمان را شمارش کنیم. باید توجه کنیم هر حرکتی که وجود دارد، حتماً یک عامل مانع حرکت نیز وجود دارد که مانع ادامه حرکت آن جسم خواهد شد. علت این

مانع، وجود اصطکاک و برهمکنش آن جسم با اجسام دیگر است. به عنوان مثال وقتی یک جسم را از ارتفاع زیادی رها کنید، سرعت این جسم به خاطر وجود نیروی گرانش زمین، هر لحظه در حال افزایش است. با این توصیف قطرات باران پس از سقوط از آسمان، دارای سرعت بسیار بالایی باشند. پس اگر زیر قطرات باران قرار بگیریم، سر ما سوراخ سوراخ خواهد شد! ولی مقاومت هوا (اصطکاک هوا با قطرات باران) از افزایش سرعت باران جلوگیری خواهد کرد.

زمانی که الکترون‌ها درون سیم در حال حرکت هستند، هسته‌های اتم‌ها، به علت مثبت بودنشان، تمایل به جذب الکترون‌ها دارند. با این حال، به علت وجود اختلاف پتانسیل الکتریکی، الکترون‌ها تمایل دارند حرکت خود را ادامه دهند. همین نیروی جاذبه هسته و الکترون باعث ایجاد اصطکاک در حرکت الکترون خواهد شد. این مانع و مقاومتی که در حرکت الکترون‌ها ایجاد می‌شود را مقاومت الکتریکی می‌گویند.



در حقیقت، مقاومت الکتریکی به مشخصات ظاهری و شیمیایی مواد بستگی دارد و از ماده‌ای به ماده‌ی دیگر متفاوت است. برای بررسی مشخصات موثر در مقاومت الکتریکی جسم، جسم را به خیابانی تشبیه می‌کنیم که

الکترون ها درون آن در جریان هستند. فرض کنید الکترون ها قرار است از داخل این خیابان عبور کنند. پس هر چقدر طول خیابان کمتر باشد. ماشین ها سریع تر از آن خیابان عبور می کنند و با مقاومت کمتری رو به رو خواهند شد. پس هر چقدر طول جسم در جهت جریان الکترون ها کوچک تر باشد، مقاومت کمتر خواهد شد.

حال هر قدر خیابانی که در نظر گرفتیم پهن تر باشد، تعداد بیشتری الکترون می تواند عبور کند و مقاومت کمتر می شود. پس هر چقدر سطح مقطعی که الکترون ها درون آن عبور می کنند (منظور ضخامت جسم است) بیشتر باشد، مقاومت کمتر خواهد شد. در آخر اگر جنس خیابان فرق کند، سرعتی که می توان در آن حرکت کرد فرق می کند پس مقاومت در مقابل حرکت نیز متفاوت خواهد بود. پس جنس ماده نیز در مقاومت الکتریکی جسم اثر دارد.



لامپ های رشته ای که به لامپ های تنگستنی هم مشهور هستند، بر اثر جریان زیاد الکترون ها از یک سیم نازک تنگستنی ساخته می شوند. الکترون ها اصطکاک زیادی در هنگام عبور خود ایجاد می کنند و سیم تنگستن شروع به گرم شدن خواهد کرد. بر اثر این گرم شدن، فلز تنگستن سرخ می شود و ایجاد روشنایی می کند.

با توجه به توضیحاتی که در مورد لامپ تنگستنی داده شد، اگر بتوانیم جریان زیادی از الکترون ها را از یک ماده با مقاوم با سطح مقطع کم عبور دهیم، ما هم می توانیم یک لامپ بسازیم.

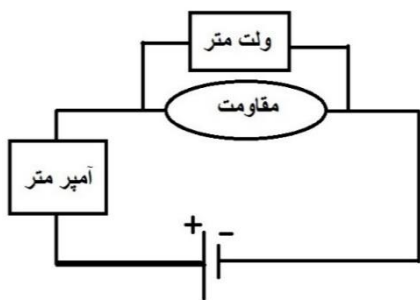
قانون اهم

آقای اهم کشف کرد که سه مولفه الکتریکی به دست آمده ی مقاومت الکتریکی، پتانسیل الکتریکی و جریان الکتریکی با یکدیگر در ارتباط هستند. ایشان همچنین متوجه شد اگر در یک مدار مقاومت جسم را ثابت نگه داریم و ولتاژ آن را افزایش دهیم، جریان افزایش خواهد یافت. در همین حال متوجه شد اگر اختلاف پتانسیل را ثابت نگه دارد و مقاومت موجود در مدار را تغییر دهد، جریان الکتریکی درون مدار تغییر کاهش می یابد. در آخر، آقای اهم با توجه به آزمایش های انجام شده، به رابطه زیر دست یافت :

$$\text{ولتاژ} \\ \text{—————} = \text{جریان} \\ \text{مقاومت}$$

با توجه به رابطه بالا، واحد اندازه گیری مقاومت نیز بدست خواهد آمد. اگر به یک جسم یک ولت اعمال ولتاژ کنیم و از درون آن یک آمپر جریان عبور کند، مقاومت آن جسم یک اهم خواهد بود. در بیازمای بعدی با استفاده از اهم متر (مقاومت سنج)، مقاومت اجسام مختلف را بررسی خواهید کرد.

بیازمای: قانون اهم رابطه ی جریان و ولتاژ را تعیین می کند. در این بیازمای می خواهیم درستی رابطه حاصل از قانون اهم را بررسی کنیم. برای این آزمایش، دو عدد مقاومت مختلف در اختیار شما قرار خواهد گرفت. مداری همانند مدار رو به رو با یک باتری ببندید و با استفاده از مولتی متر، جریان عبوری از مدار و ولتاژ دو سر مقاومت را اندازه گیری کرده و سپس تعداد باتری ها را افزایش داده و همین روند را تکرار کنید و در جدول زیر وارد کنید. [[صفحه آزمایشگاه](#)]



مقاومت اول:

تعداد باتری	۱	۲	۳	۴	۵	۶
ولتاژ (ولت)						
جریان (mA)						
نسبت ولتاژ به جریان						

مقاومت دوم:

تعداد باتری	۱	۲	۳	۴	۵	۶
ولتاژ (ولت)						
جریان (mA)						
نسبت ولتاژ به جریان						

حال نسبت تقسیم ولتاژ به جریان های به دست آمده برای هر مقاومت را به صورت مجزا میانگین بگیرید و نتیجه را در زیر یادداشت کنید.

مقاومت دوم:

مقاومت اول:

حال میزان مقاومت هر مقاومت را با استفاده از اهم متر اندازه گیری کنید و با نتیجه به دست آمده از بخش قبل مقایسه کنید.



همانطور که در آزمایش ها دیدید مقاومت هیچ ارتباطی به اختلاف پتانسیل مدار ندارد، بلکه مقاومت است که شدت جریان و ولتاژ دو سر اجزای مدار را مشخص می کند. پس مقاومت به چیزی بستگی دارد؟

مقاومت یک ویژگی ذاتی مواد است که بر اساس جنس، طول و ضخامت اجسام تعیین می گردد. به نظر شما ارتباط این سه پارامتر برای ایجاد مقاومت چگونه است؟ برای اینکار سراغ بیازمای بروید. همچنین به این موضوع فکر کنید که آیا شرایط محیطی مثل دما می تواند بر مقاومت مؤثر باشد یا خیر؟

بیازمای: در آزمایشگاه مجازی مقاومت، عوامل مؤثر بر مقاومت یک سیم را بررسی کنید و نتایج آن را یادداشت کنید.