

در الکترودرس قبلی، با مفهوم اختلاف پتانسیل الکتریکی آشنا شدید و بعلاوه فهمیدید نقش باتری در مدار چه بوده و چگونه می توان با ابزار خانگی باتری ساخت. در ادامه می خواهیم دانش خودمان را درباره ی الکتریسیته جاری بیشتری کنیم. در واقع می خواهیم با جریان الکتریکی آشنا شویم و به دنبال رابطه ای خواهیم بود که جریان الکتریکی را به پتانسیل الکتریکی ربط دهد.

## جریان الکتریکی

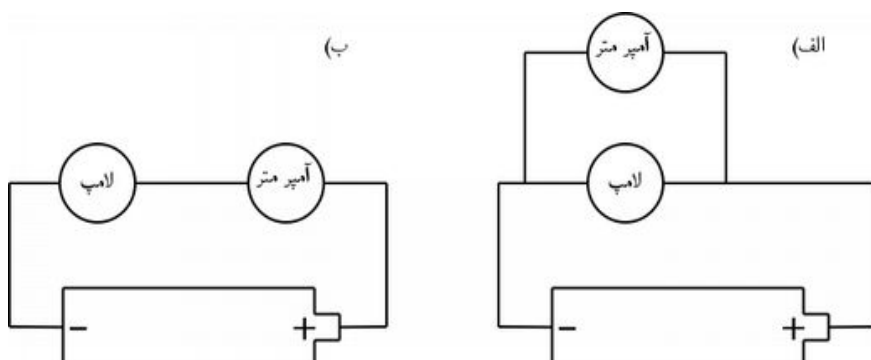
اگر به مثال سد توجه کرده باشید (تبدیل انرژی پتانسیل به انرژی جنبشی)، علاوه بر میزان انرژی جنبشی که الکترون ها پیدا می کنند، تعداد الکترون هایی که در واحد زمان از بالای سد به پایین سقوط می کنند مهم می شه. در واقع اگر بخواهیم به زبان الکتریسیته حرف بزنیم تعداد الکترون هایی که انرژی پتانسیلشون به انرژی جنبشی تبدیل شده، مهم می شه. چرا مهم می شه؟ اگر دریچه آب رو از بالای سد به مقدار کمی باز کنید و بذارید آب از بالای سد به پایین سد جاری بشه، نسبت به زمانی که شیرهای خروجی سد کاملا باز بشه، قطعا انرژی کمتری در اثر سقوط اون مقدار آب، آزاد خواهد شد. علتش هم اینه که تعداد مولکول هایی که به یک انرژی جنبشی مشخص در یک واحد زمانی می رسند، کمتر می شه. به خاطر همین انرژی زیاد هم هست که میشه از یک سد پر آب، به اندازه یک نیروگاه تولید برق، انرژی الکتریکی تولید کرد ولی از انرژی مقدار کمی آب شاید بشه یک لامپ کوچک رو روشن کرد. حرف هایی که در مورد مقدار جریان آب در شیرهای خروجی سد زدیم در مورد جریان الکتریکی هم صادق است. در واقع هر چه قدر تعداد الکترون های بیشتری در یک زمان مشخص وارد مدار الکتریکی بشه، جریان الکترونی بیشتری خواهیم داشت. البته شاید بهتر باشه به جای جریان الکترونی از جریان الکتریکی استفاده کنیم. این جریان الکتریکی رو هم اینطور تعریف کنیم که تعداد الکترون هایی (بار های الکتریکی) که در واحد زمان وارد مدار می شوند رو بهشون بگیم، جریان الکتریکی.

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

برای بیان جریان های معمول الکتریکی که در اطراف ما وجود داره از واحدی به نام آمپر استفاده می کنند. در واقع یک آمپر، ۶ با ۱۸ تا صفر جلوش الکترون هستش که در زمان یک ثانیه وارد مدار می شه. پس اگر یک آمپر جریان الکتریکی به یک مدار بدیم، مقدار بسیار زیادی بار الکتریکی درون مدار تزریق کردیم. در جدول زیر می تونید جریان های مختلفی که مورد استفاده هست را ببینید:

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
آستانه تحمل فیوز های کنتور برق خانگی	۱۵ تا ۲۰ آمپر (کشور ها نسبت هم متفاوت هستند)
جریانی که رعد و برق ایجاد می کند	۰.۱ مگا آمپر
بیشتری جریان تولید شده در آزمایشگاه ها (جریان لحظه ای)	۲۷ مگا آمپر

(هشدار اولیه!! : باید در اندازه گیری جریان دقت فراوانی به خرج داد. چرا که اشتباه متصل کردن مولتی متر به مدار می تواند باعث خراب شدن آن شود. بنابراین لطفاً دقت لازم را داشته باشید.)



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

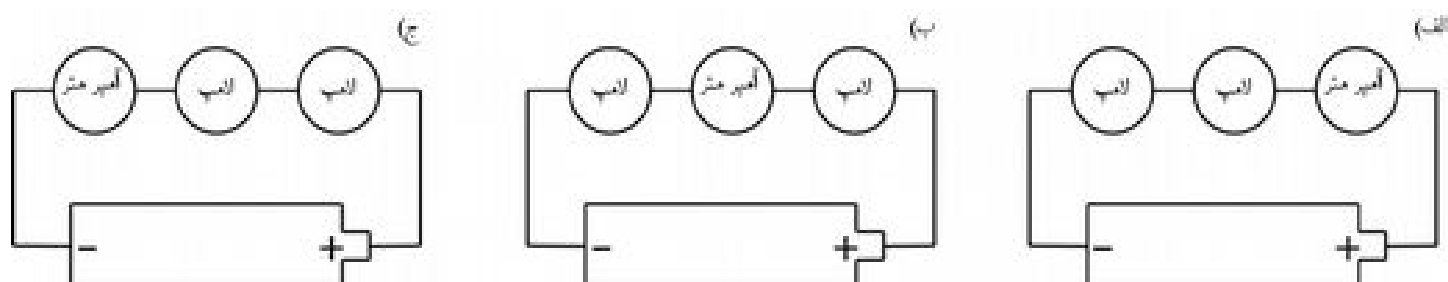
پس به یاد داشته باشید که آمپر متر قسمتی از مدار بوده و مانند یک سیم است که دو سر آن باید مدار را وصل کند و به صورت مستقل از مدار نباید استفاده شود.

حال که فهمیدید چگونه مولتی متر را متصل کنید، وقت آن است که آزمایش را شروع کنید. برای این کار تعدادی باتری در اختیارتان قرار داده شده. در ابتدا، مولتی متر را روی ولت متر (ولتاژ مستقیم) قرار داده و ولتاژ باتری را بخوانید. باتری را با هم سری کرده و ولتاژ دو باتری سری، سه باتری و ... (تا شش باتری) را خوانده و نتایج را در جدول زیر وارد کنید. برای راحت متصل کردن باتری ها می توانید دو خط کش با فاصله تقریباً یک سانتی متری روی میز قرار داده و باتری ها را میان دو خط کش قرار بدید.

تعداد باتری	۱	۲	۳	۴	۵	۶
ولتاژ (واحد: ولت)						

## بخش ۲

مرحله بعد مربوط به اندازه گیری جریان در نقاط مختلف مدار است. به مدار های زیر که شامل ۲ لامپ هستند دقت کنید.



با دانستن اینکه جریان از سمت مثبت باتری به قطب منفی باتری بوده و آمپر سنج در مدار (الف) در ابتدای مسیر جریان و در مدار (ب) در میانه و در مدار (ج) در انتهای مسیر حرکت بارها قرار دارد، فکر می کنید جریان گذرنده از آمپر متر در کدام مدار بیشتر است؟

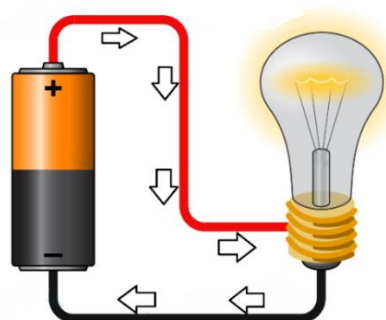
حالا سعی کنید با مولتی متر، باتری و لامپ، سه مدار بالا را بسته و جریان را خوانده و در جدول زیر یادداشت نمایید.

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

از اعداد خود چه نتیجه ای می گیرید؟ دلیل آن را هم بنویسید:

سؤال: چرا در آزمایش زمانی که مولتی متر عدد مثبتی از جریان نشان می دهد، اگر جهت سیم ها را در مدار عوض کنیم، عدد منفی خواهد شد؟ (البته پیشنهاد می شود حتما برای پاسخ به این سوال ادامه الکترودرس رو بخونید و بعد پاسخ بدید.)

سؤال: با توجه به سؤال قبل، ما جریان منفی داریم؟ اگر داریم، مفهوم جریان منفی رو توضیح دهید.



همانطور که برای آب جهت جریان مشخص ای داریم، برای الکترون ها در مدار الکتریکی نیز باید جهت جریان در نظر بگیریم. قراردادی که برای جهت جریان در مدار ها وجود دارد، خلاف جهتی هست که الکترون ها در مدار حرکت می کنند. مثلا جهت جریان در مدار بیازمای شماره ۱ از سمت سر مثبت باتری به سمت سر منفی اونه. برای درک بهتر نحوه حرکت الکترون ها جهت قراردادی جریان الکتریکی فیلم های مربوط به این قسمت رو از دست ندید!

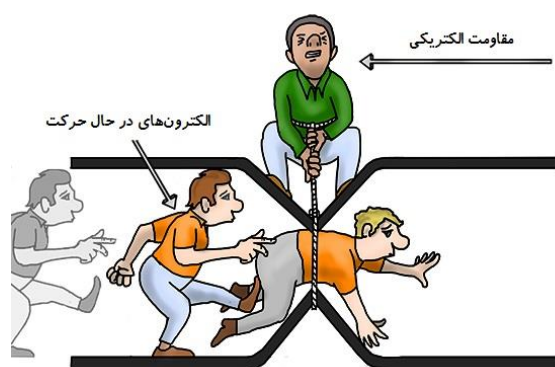
(پروانتز!)

حرکت بارها در سیم صرفا برای ایجاد قرار داد خیلی مهم بود و خیلی فرقی نمی کرد حرکت کدوم بار رو عامل جریان بدونند. اما یک آزمایش به نام آزمایش اثر هال پدید آمد که در این آزمایش حتما باید جهت جریان همسو با جهت حرکت بارهای آزاد (الکترون ها) باشه. چون از گذشته این قرارداد میان دانشمندان در مورد جهت جریان وجود داشت، امروزه هم این قرارداد باقی مونده! البته به جز معدود آزمایش هایی که یکی از اونها گفته شد.

پرسشگری

سرعت جا به جا شدن یک الکترون از یک سمت سیم به سمت دیگر اون خیلی خیلی کمه! حدودا سه میلیمتر بر ثانیه است. یعنی اینکه توی هر ثانیه الکترون به اندازه سه میلیمتر در سیم جا به جا میشه. به نظر شما با توجه به این سرعت کم الکترون ها در ماده رسانا، چرا وقتی کلید برق رو می زنیم، لامپ ناگهانی روشن میشه؟ (الکترون در یک سیم ۱۰ متری، حدودا یک ساعت طول می کشه تا از یک سر به سر دیگه حرکت کنه!)

## مقاومت در برابر جاری شدن



تا الان یاد گرفتیم که علت جاری شدن الکترون ها چیه، انرژی حرکتی آنها از کجا میاد و اینکه چگونه تعداد ورود آنها رو در واحد زمان شمارش کنیم. هر جا که حرکتی وجود داره و سرعت حرکت داره کم میشه، حتما چیزی وجود داره که سرعت اونو کم می کنه. بله! منظورم اصطکاک! بذارید با یه مثال شروع کنیم. زمانی که رودخونه در یک دشت صاف (نه زمانیکه از کوه داره به سمت پایین حرکت می کنه!) در جریان، با زمانی که از بالای کوه به پایین کوه در جریان، سرعت آب (جریان آب) متفاوت اند. در حالی که همان آب از بالای کوه انرژی جنبشی گرفته و قاعدا تا باید در پایین کوه سرعت بالایی داشته باشه اما زمانیکه

به دشت تقریبا صاف میرسه سرعت جریان آب کم خواهد شد و این به خاطر وجود اصطکاک در رودخانه است که باعث کند شدن جریان آب میشه. در واقع در زمانی که آب شروع می کنه در بستر رودخانه سرعت می گیره، عامل اصطکاک سرعتش رو کم میکنه. چون حرکت

الکترون در سیم رو به جریان آب تشبیه کردیم و تونستیم تمام پارامتر های جریان در آب رو به الکترون نسبت بدیم، (البته نه همه پارامتر ها) کند شدن جریان بر اثر مقاومت مواد در مقابل حرکت پیدا کردن الکترون رو هم می‌تونیم به مقاومت های موجود در مقابل حرکت کردن و سرعت گرفتن آب تشبیه کنیم و با عنوان مقاومت الکتریکی اون رو معرفی کنیم. مقاومت الکتریکی هر ماده در واقع مقاومت اون ماده در مقابل جاری شدن الکترون های درونش نامیده میشه. هر چه قدر ماده رسانایی کمتری داشته باشه، مقاومت الکتریکی بیشتری داره.

حالا باید بررسی کنیم مقاومت الکتریکی به چه مشخصاتی از ماده بستگی داره. جسمی که قراره از توش الکترون ها حرکت کنند رو به یک خیابانی که توش ماشین ها در حرکت هستند تشبیه می‌کنیم. اولین مؤلفه ای که بررسی خواهیم کرد طول خیابان است. هر چی طول خیابان کمتر باشه، ماشین ها سریع تر از اون خیابون عبور می‌کنن. چون حرکت ماشین ها تو خیابون یه جورایی با جریان الکترون در سیم مشابه است، پس می‌تونیم بگوییم که هر چه قدر طول ماده کمتر باشه مقاومت ماده کمتر خواهد بود و الکترون ها سریع تر از عبور خواهند کرد. یعنی الکترون ها کمتر در اصطکاک با ماده خواهند بود. هر چقدر خیابان ما، عرض بیشتری داشته باشه، می‌تونه تعداد ماشین های بیشتری رو هم از خودش عبور بده. در مورد جریان الکترون در ماده هم همین درست است. یعنی هر چه ضخامت ماده بیشتر باشه، الکترون های بیشتری جریان پیدا می‌کنن و مقاومت الکتریکی کمتری خواهد شد. و نهایتاً اگه جنس آسفالت خیابون، جنس خوبی باشه و چاله و چوله کمتری داشته باشه، ماشین ها راحت تر و سریع تر توش حرکت خواهند کرد. در مورد جریان الکتریکی هم همین اتفاق می‌افته! در واقع مقاومت ایجاد شده در مقابل جریان الکترون ها به جنس ماده بستگی داره. یعنی هر چی جنس بهتری (بخوانید رسانای بهتری) داشته باشیم، جریان راحت تر از اون عبور خواهد کرد و مقاومت کمتره. پس مقاومت یک جسم رو با استفاده از طول، ضخامت یا قطر و جنس اون جسم می‌کنیم نه چیز دیگه ای.

## بیازمای ۲

در این بیازمای قراره مقاومت موادی که اطرافمون وجود داره رو اندازه گیری کنیم. برای این کار به یک مقاومت سنج (اُهم متر) نیاز داریم. در واقع همون مولتی متری که دارید کار مقاومت سنجی رو انجام میده. فقط باید طبق دستور العمل استفاده از مولتی متر، بخش مقاومت سنجی مولتی متر رو راه بیندازید و طبق این بیازمای مقاومت مواد گفته شده رو اندازه گیری کنید.

الف) دو سر مولتی متر رو توی دو دستتون بگیرید و مقاومت بدنتون رو اندازه گیری کنید. سپس دستتون رو مقداری خیس کنید و دوباره مقاومت بدنتون رو اندازه گیری کنید. به نظرتون فشار دست چه تأثیری بر چیزی که اهم متر نشون میده داره؟

ب) مقاومت دو سر یک سیم سوسماری را از روی اهم متر بخوانید. حال دو سیم را با هم سری کنید و مقاومت دو سر را اندازه گیری کنید.

روی کاغذتون رو با مداد یا مداد نوکی کامل سعی کنید سیاه کنید و مقاومت دو نقطه از کاغذ رو که سیاه کردید اندازه گیری کنید.

ج) مقاومت یک لیوان آب (مقطر) رو اندازه گیری کنید. سپس در حالیکه سیم های مقاومت سنجی مولتی متر هنوز درون آب قرار داره کم کم نمک اضافه کنید. چه تغییری در مقاومت رخ می‌ده؟

## قانون اهم

جناب آقای اهم کشف کرد که جریان، ولتاژ و مقاومت الکتریکی با هم رابطه مشخصی دارند. ایشون متوجه شدند که جریان در مدار با ولتاژ دو سر آن نسبت مستقیم و با مقاومت مدار نسبت عکس دارد.

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

پس در مداری با مقاومت ثابت، جریان و ولتاژ با یکدیگر متناسب اند. برای اینکه بررسی کنیم که آیا این رابطه درست یا نه، بیازمای بعدی رو انجام بدید.

### بیازمای ۳

قانون اهم رابطه‌ی جریان و ولتاژ رو تعیین می کند. یعنی به من می گوید اگر به مقاومتی، ۱،۵ ولت اختلاف پتانسیل اعمال کنیم، چه جریانی از آن می گذرد. اگر ۱،۵ ولت تبدیل به ۳ ولت شود، جریان چه تغییری می کند؟ اگر ۴،۵ ولت چطور؟ و ...

حال دو مقاومت متفاوت به گروه شما داده شده است. در هر قسمت آزمایش یکی از مقاومت ها را برداشته و آن را با آمپرتر سری کنید. سپس به مدار با استفاده از یک تا شش باتری ولتاژ اعمال کنید و مقدار جریان را بخوانید (بعد از هر بار خواندن جریان، در حالی که مدار همچنان برقرار است ولتاژ دو سر مقاومت را نیز اندازه گیری کنید). توجه کنید که جریان باید در حالت mA (میلی آمپر) باشد، چرا که مقاومت های ما قوی هستند و جریان زیادی از خود عبور نمی دهند. نتیجه‌ی آزمایش را برای مقاومت اول و دوم در جدول های زیر یادداشت نمایید:

مقاومت اول:

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

مقاومت دوم:

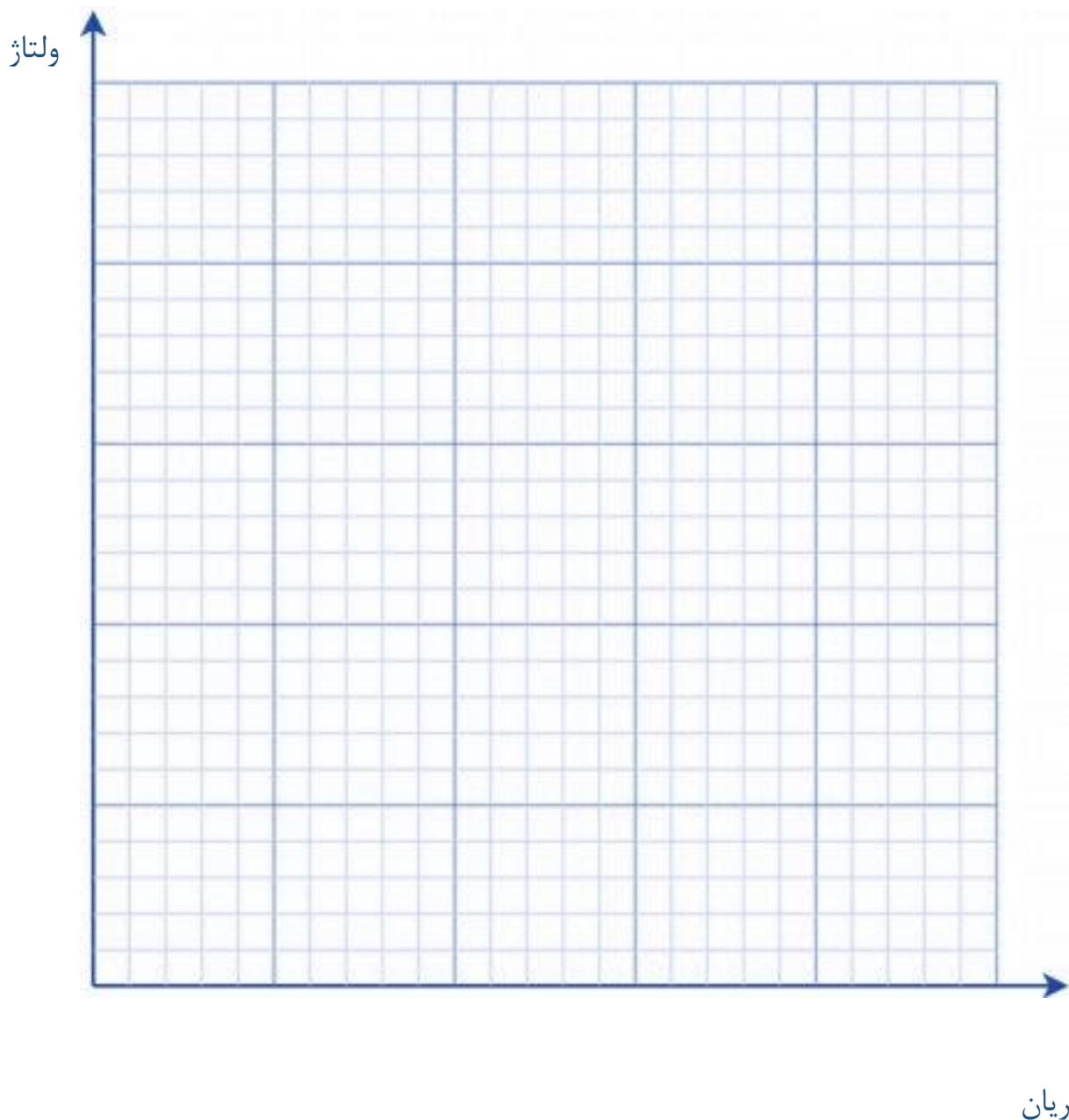
تعداد باتری	۱	۲	۳	۴	۵	۶
ولتاژ (ولت)						
جریان (mA)						
نسبت ولتاژ به جریان						

حالا نسبت های ولتاژ به جریان هر مقاومت رو میانگین بگیرید. واحد این نسبت ها چی می شد؟!

مقاومت اول:

مقاومت دوم:

و برای مرحله آخر با دقت کافی، نمودار ولتاژ (محور عمودی) بر حسب جریان (محور افقی) را رسم کنید. توجه کنید که علامت گذاری مقاومت اول با مقاومت دوم متفاوت باشد. به نظر شما مقاومت الکتریکی کدام مقاومت بیشتر است؟ ( با کمک معلم، نمودار را تحلیل کنید).



#### بیازمای ۴



لامپ های تنگستنی بر اثر عبور جریان های بالا از یه سطح مقطع کم کار می کنند. در واقع سرخ شدن لامپ های تنگستنی به این علته که الکترون ها می خواهند با سرعت از بین اتم های تنگستن عبور کنند و چون اتم های تنگستن در مقابل این جریان زیاد الکترون، مقاومت زیاد نشان می دهند (سطح مقطع کم و طول زیاد) پس انرژی ای که از الکترون ها تلف میشه صرف گرم کردن سیم تنگستنی میشه. توی این بیازمای شما قراره یک لامپ با استفاده از نوک مداد نوکیتون درست کنید. تعداد ۸ عدد باتری قلمی بزرگ رو سری کنید. (یعنی پایانه مثبت یک باتری رو به باتری بعدی وصل کنید.) سپس ادامه ساخت رو از فیلمی که سر کلاس براتون پخش میشه دنبال کنید!