مثال ۱ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۴): در یک آذرخش، 1×10^{9} J انرژی تحت اختلاف پتانسیل 5×10^{7} V در بازهٔ زمانی ۰/۲ s آزاد می‌شود. با استفاده از این اطلاعات:

الف) مقدار بار کل منتقل‌شده بین ابر و زمین را به‌دست آورید.

ب) جریان متوسط در یک یورش آذرخش را به‌دست آورید.

چ) توان الکتریکی آزاد شده در ۰/۲ s را به‌دست آورید.

☑ بخش۲: مقاومت الکتریکی و قانون اهم

پس از ایجاد اختلاف پتانسیل (یعنی **V**) در دو سر مدار، و برقراری جریان الکتریکی (یعنی **I**)، الکترون‌های آزاد در سیم رسانا شارش می‌یابند؛ اما این‌طور نیست که هیچ مانعی بر سر راه آن‌ها نباشد، چون این الکترون‌ها در حین حرکت با اتم‌های رسانا که در جای خود در حال نوسانند برخورد می‌کنند، و این اصطکاک و برخورد باعث گرم شدن رسانا می‌شود. یعنی بخشی از انرژی الکترون‌های آزاد به گرما تبدیل شده و تلف می‌شود. در واقع، این الکترون‌ها با نوعی مقاومت از طرف اتم‌های در حال ارتعاش مواجه می‌شوند. پس یک کمیت دیگر به نام **مقاومت الکتریکی** که با **R** نشان داده می‌شود در هر جریان الکتریکی وجود دارد که تعداد کمیت‌های اصلی این پدیده را به سه کمیت می‌رساند (V، I و R).

آقای **اُهم** رابطهٔ میان این سه کمیت را به صورت مقابل تعریف کرد:

$$R=\frac{V}{I} \quad \text{یکا در SI} \longrightarrow \quad \Omega \text{ اُهم} = \frac{\text{ولت } V}{\text{آمپر } A}$$

* مقاومت الکتریکی (R)

طبق رابطهٔ بالا، مقاومت یک رسانا، نسبت اختلاف پتانسیل دو سر آن رسانا به جریان گذرنده از آن است.

← یکای این کمیت V/A است که به پاس خدمات آقای اُهم، به نام **اُهم** نامگذاری شده و با حرف یونانی اُمگا (Ω) نشان داده می‌شود.

← نماد مقاومت در مدار الکتریکی: —WW—

(همیشه یادتان باشد!)

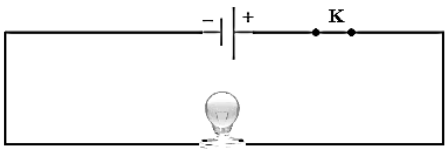
با زیاد شدن مقاومت، جریان کاهش می‌یابد.
(وبالعکس)

کاربرد اصلی مقاومت: هر جسم رسانایی، بر اساس ساختار اتمی خود، مقاومت مشخصی دارد و می‌تواند به‌عنوان مقاومت الکتریکی در مدار به‌کار رود. وجود مقاومت در سر راه جریان الکتریکی، راه را بر جریان تنگ می‌کند و باعث کاهش جریان الکتریکی می‌شود و کاربرد مقاومت در مدار هم همین است. یعنی، کاهش جریان.

از رابطهٔ اهم نیز می‌توان به این نتیجه رسید. اگر دو سر یک رسانا به یک اختلاف پتانسیل ثابت (باتری) وصل باشد، آنگاه، با افزایش مقاومت (R)، جریان (I) کاهش می‌یابد (چون در این رابطه، نسبت عکس دارند).

$$\uparrow R=\frac{V}{I}\downarrow$$

مثال ۲ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۲): در مدار شکل زیر اختلاف پتانسیل دوسر لامپ ۴ V ومقاومت آن ۵ Ω است. در مدت ۵ دقیقه چه تعداد الکترون از لامپ می‌گذرد؟



* قانون اهم

آقای اهم در مورد مقاومت رساناها نظری داشت که از آن به قانون اهم نام برده می‌شود.

قانون اهم: مقاومت الکتریکی یک رسانا (در دمای ثابت)، **با تغییر ولتاژ آن ثابت می‌ماند.**

توضیح: قانون اهم می‌گوید اگر دما ثابت باشد، مقاومت یک رسانا با تغییر ولتاژ یا جریان عبوری از آن، همواره یک مقدار ثابت باقی می‌ماند و تغییر نمی‌کند. به بیان دیگر، رابطهٔ اهم را در نظر بگیرید: $R=\frac{V}{I}$ ؛ قانون اهم می‌گوید که مقدار مقاومت (R) ، با تغییر V و I ثابت می‌ماند.
این بدان معنا است که: مثلاً اگر V دو برابر شود، I نیز دو برابر خواهد شد تا مقدار R تغییر نکند. (از این نکته در حل برخی مسائل استفاده می‌شود.)

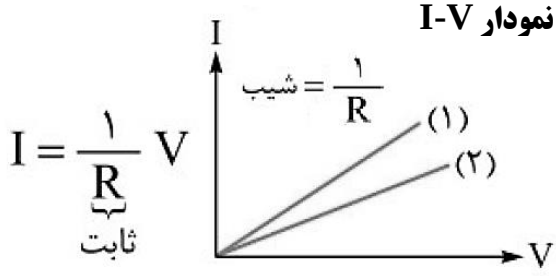
رسانای اهمی: به رسانایی که از قانون اهم پیروی می‌کند، رسانای اهمی می‌گویند.

اغلب فلزات و بسیاری از رساناهای غیر فلزی در دمای ثابت، از قانون اهم پیروی می‌کنند.

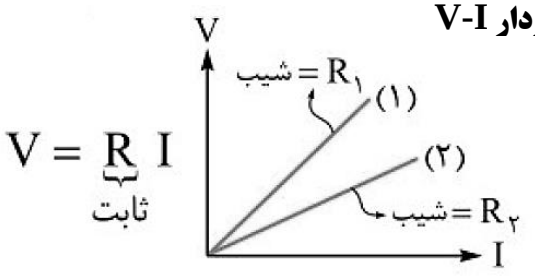
نمودار رساناهای اهمی: در رساناهای اهمی، به علت ثابت بودن مقاومت (R)، نسبت میان اختلاف پتانسیل و جریان همواره ثابت است، لذا نمودارهای **V-I** و **I-V** **خطی** هستند.

با مقایسهٔ شیب نمودارِ دو مقاومت R۱ و R۲، می‌توان اندازهٔ آن‌ها را با هم مقایسه کرد.

نمودار I-V



نمودار V-I

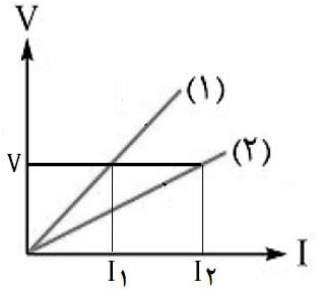


در نمودار **V-I** هرچه شیب بیشتر باشد، مقاومت **بیشتر** است. (چون شیب، همان R است.)

در نمودار **I-V** هرچه شیب بیشتر باشد، مقاومت **کمتر** است. (چون شیب، $\frac{1}{R}$ است.)

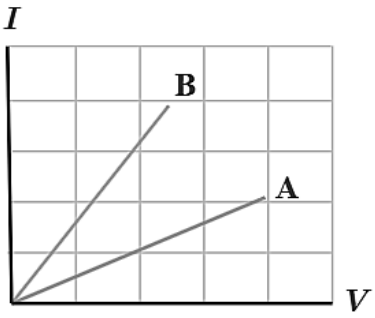
کتاب درسی ○ **مثال ۲-۲** ← مثال بسیار خوب و مهم برای فهمیدن این نکته که مقاومت در رسانای اهمی با تغییر ولتاژ ثابت می‌ماند.

○ **نکته: نحوهٔ اثبات مقایسهٔ مقاومت دو نمودار :** برای مقایسهٔ مقاومت دو نمودار در مسائل امتحانی، علاوه بر تعیین معادلهٔ تابع و شیب آن که در تصاویر صفحهٔ قبل آمده است، می‌توان از این روش استفاده کرد:



فرقی نمی‌کند که نمودار **V-I** باشد یا **I-V** ؛ ابتدا یک خط را بر محور V عمود می‌کنیم به‌طوری که دو نمودار را قطع کند. این دو نقطهٔ قطع شده دارای V برابر هستند. حالا با استفاده از رابطهٔ R=V/I مقاومت دو نمودار را در این نقاط با هم مقایسه می‌کنیم. مشخص است که هر کدام از این دو نمودار که در این V یکسان، I کمتری داشته باشد، مقاومت بیشتری دارد. (می‌توان برعکس هم عمل کرد، یعنی ابتدا خطی را برا محور I عمود کرد و ...)

مثال ۳ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۶): شکل زیر، نمودار I-V را برای دو رسانای A و B نشان می‌دهد. مقاومت کدامیک بیشتر است؟ چرا؟



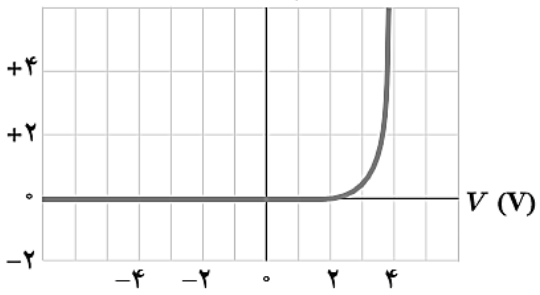
رسانای غیر اهمی: به رسانایی که از قانون اهم پیروی نمی‌کند، رسانای غیراهمی می‌گویند.

برخلاف نظر آقای اهم، رسانهای زیادی نیز یافت شدند که از قانون اهم پیروی نمی‌کنند و **مقاومت آن‌ها با تغییر ولتاژ تغییر می‌کند.**

○ دیود نورگسیل (LED) نمونه‌ای از رساناهای غیر اهمی است. (حفظ کنید!)

نمودار رساناهای غیر اهمی: مقاومت رساناهای غیر اهمی در ولتاژها و جریان‌های مختلف، ثابت نیست، لذا نمودارهای **V-I** و **I-V** آن‌ها **غیر خطی** هستند. مثلاً شکل زیر، نمودار **I-V** (جریان بر حسب اختلاف پتانسیل) دیود نورگسیل است.

(به یاد داشته باشید!) I (mA)

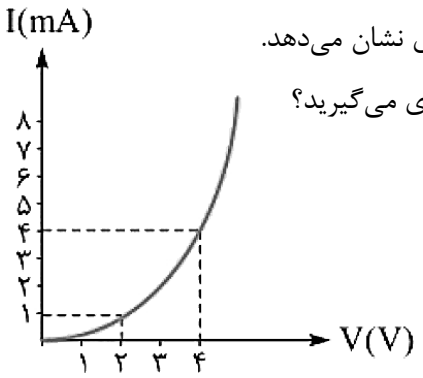


← چنانکه مشخص است، وقتی ولتاژ از ۲ ولت بیشتر می‌شود، شیب نمودار، که مربوط به مقاومت دیود است ناگهان زیاد می‌شود (که در این نمودار به معنای کاهش مقاومت است) و این باعث می‌شود که جریان به سرعت افزایش یابد.

توجه: توجه داشته باشید که مقاومت رساناهای غیر اهمی نیز در هر نقطه از **رابطهٔ اهم** (R=V/I) به دست می‌آید؛ اما تفاوت آن‌ها با رساناهای اهمی در این است که .این مقاومت، در نقاط مختلف (در جریان‌ها و ولتاژهای مختلف) تغییر می‌کند یعنی از **قانون اهم** پیروی نمی‌کنند.

** جهت مشاوره تحصیلی رایگان و پرسیدن سوالات خود با مشاوران سایت ارتباط بگیرید **

مثال ۴ (کتاب ماجرای ۲۰ فیزیک): شکل مقابل، جریان بر حسب ولتاژ را برای یک نوع دیود نوری نشان می‌دهد.



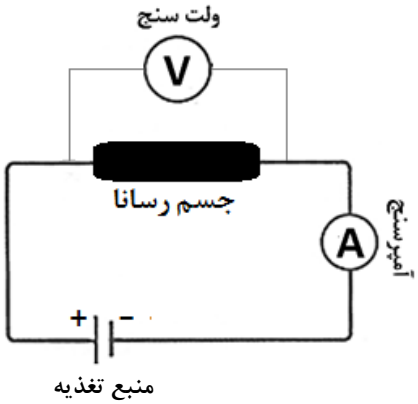
مقاومت در اختلاف پتانسیل ۴ V چند برابر مقاومت در اختلاف پتانسیل ۲ V است؟ چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

نکته: آمپرسنج و ولت‌سنج در مدار: برای سنجش مقدار جریان در هر نقطه از مدار از وسیله‌ای به نام **آمپرسنج** استفاده می‌کنیم و آن را با Ⓐ نشان می‌دهیم. آمپرسنج در مسیر جریان بر روی مدار (سیم) قرار می‌گیرد. اما ولت‌سنج برای سنجش اختلاف پتانسیل دو نقطه از مدار به‌کار می‌رود و آن را با Ⓥ نشان می‌دهیم. ولت‌سنج نمی‌تواند در مسیر جریان قرار بگیرد و به‌صورت موازی در کنار مدار نصب می‌شود. در بخش‌های بعدی بیشتر با این دو وسیله آشنا می‌شویم.

نکته: منبع تغذیه: دستگاهی است که می‌تواند اختلاف پتانسیل دو سر مدار را به دلخواه ما تغییر دهد. (نماد لامپ در مدار نیز ⊗ است)

آزمایش (تحقیق قانون اهم) **آزمایشی برای تشخیص رساناهای اهمی از رساناهای غیر اهمی طراحی کنید.** (صفحهٔ ۵۰ کتاب درسی)

لوازم مورد نیاز: آمپرسنج – ولت‌سنج – منبع تغذیه – سیم‌های رابط – چند قطعه رسانای مختلف



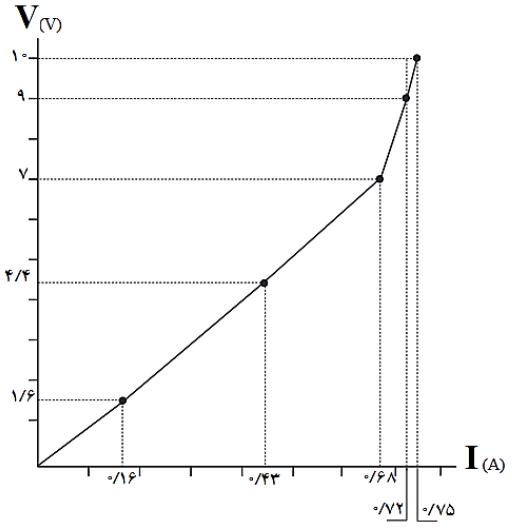
مداری مانند شکل مقابل آماده می‌کنیم و جسم رسانا را مطابق آن، به منبع تغذیه، ولت‌سنج و آمپرسنج وصل می‌کنیم. سپس چند بار اختلاف پتانسیل دو سر جسم رسانا را به کمک منبع تغذیه تغییر می‌دهیم و در هر نوبت، جریان عبوری از وسیله (I) و اختلاف پتانسیل دو سر آن (V) را با آمپرسنج و ولت‌سنجِ مدار اندازه می‌گیریم. سپس با استفاده از رابطهٔ $R=V/I$ مقاومت الکتریکی رسانا را محاسبه و نتایج را در جدولی یادداشت می‌کنیم.

← اگر مقاومت در ولتاژهای مختلف، ثابت باشد، رسانا **اهمی** است، و اگر مقاومت تغییر کند رسانا **غیر اهمی** است.

مثال ۵ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۵): در آزمایش تحقیق قانون اهم، نتایج جدول زیر به‌دست آمده است. نمودار ولتاژ بر حسب جریان را رسم کنید و با فرض ثابت ماندن دما تعیین کنید **در چه محدوده‌ای رفتار این مقاومت از قانون اهم پیروی می‌کند.**

شمارهٔ آزمایش	عدد ولت‌سنج (V)	عدد آمپرسنج (A)
۱	صفر	صفر
۲	۱/۶	۰/۱۶
۳	۴/۴	۰/۴۳
۴	۷/۰	۰/۶۸
۵	۹/۰	۰/۷۲
۶	۱۰/۰	۰/۷۵

نمودار



** جهت مشاوره تحصیلی رایگان و پرسیدن سوالات خود با مشاوران سایت ارتباط بگیرید **