فصل ششم

مدار الکتریکی و اجزای آن

هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

۱ــ یک مدار کامل الکتریکی را رسم کند.

۲ــ اجزای اصلی مدار الکتریکی را نام ببرد و وظیفه‌ی هر یک را توضیح دهد.

۳ــ منابع جریان مستقیم و متناوب را توضیح دهد.

۱ــ۶ــ مدار الکتریکی

انرژی الکتریکی هنگامی کارآمد است که بتوان آن را عملاً مورد استفاده قرار داد. برای استفاده‌ی عملی از این انرژی، باید آن را مهار کرد یا به انواع دیگر انرژی‌ها تبدیل نمود. اصطلاحاً مسیر بسته (مسیر کامل) جریان الکتریکی **مدار الکتریکی** نام دارد.

۲ــ۶ــ اجزای مدار الکتریکی

اجزای اصلی هر مدار الکتریکی به طور کلی عبارت‌اند از :

الف ــ منبع تغذیه (مولد): منبع ولتاژ از راه‌های مختلف از جمله واکنش‌های شیمیایی و مغناطیسی انرژی الکتریکی تولید می‌کند. برای مصرف این انرژی باید بین قطب‌های مولد اختلاف پتانسیل (ولتاژ) به‌وجود آید. ولتاژ را با واحدی به نام ولت اندازه‌گیری می‌کنند. قطب‌های یک منبع ولتاژ جهت جریان الکتریکی را تعیین می‌کنند و مقدار ولتاژ، میزان شدت جریان عبوری از مدار را مشخص می‌کند. در شکل ۱ــ۶ انواع منابع ولتاژ DC را مشاهده می‌کنید.

دینام دوچرخه

چراغ قوه ۳ ولت

باتری خودرو

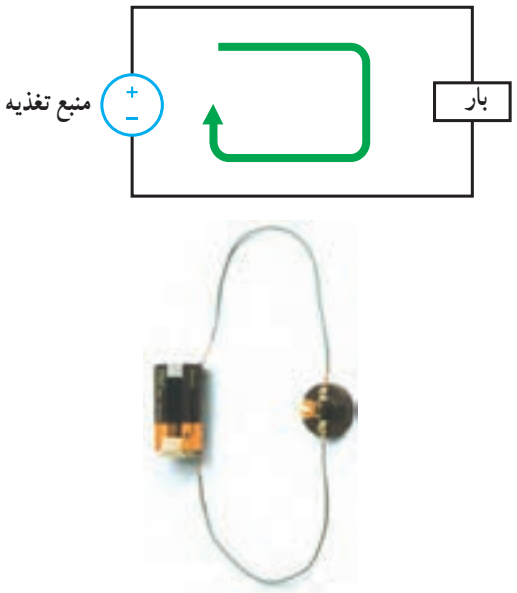
شکل ۱ــ۶ــ انواع منابع ولتاژ DC

I ــ منابع و مدار جریان مستقیم (DC[1])

به منابع ولتاژی که جهت جریان الکتریکی در مدار خارجی آن‌ها از قطب مثبت به طرف قطب منفی است، منابع ولتاژ مستقیم می‌گویند و مدار آن‌ها را مدار جریان مستقیم می‌نامند. برای سادگی، جریان مستقیم را با علامت اختصاری DC نشان می‌دهند.

از این پس از مولدهای DC، جریان DC، ولتاژ DC و مدار DC صحبت خواهیم کرد.

منابع تغذیه که اغلب در مدارهای جریان مستقیم مورد استفاده قرار می‌گیرند، عبارت‌اند از : ژنراتورهای DC، منبع تغذیه‌ی الکترونیکی و باتری. صرف نظر از ساختمان داخلی مولدهای جریان مستقیم، عمل مدارهای جریان مستقیم یکسان است. شکل ۲ــ۶ منبع DC و مدار جریان مستقیم را به همراه بار نمایش می‌دهد.



شکل ۲ــ۶ ــ مدار جریان مستقیم

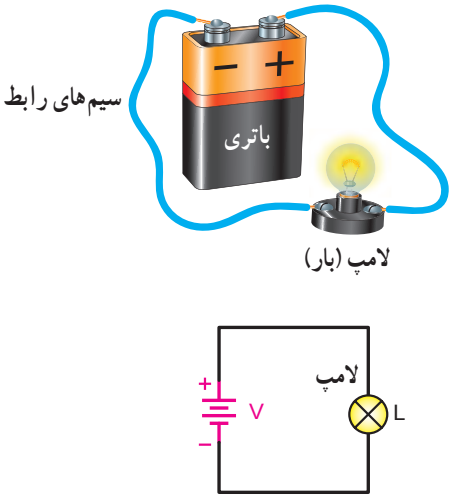
II ــ منابع و مدار جریان متناوب (AC[2])

هنگامی که جهت (پلاریته‌ی) قطب‌های یک مولد به‌طور متناوب تغییر کند، جهت جریان نیز به‌طور متناوب تغییر خواهد کرد. این نوع جریان را جریان متناوب می‌گویند و به اختصار، به صورت AC نمایش می‌دهند. ولتاژی که در منازل برای تغذیه‌ی وسایل خانگی و روشنایی از آن استفاده می‌شود، ولتاژ متناوب است.

شکل ۳ــ۶ منبع AC و مدار AC را نشان می‌دهد.

شکل ۳ــ۶ــ مدار جریان متناوب

ب ــ سیم‌های رابط: برای این‌که جریان الکتریکی در یک مدار برقرار شود، لازم است مدار کاملی برای عبور جریان از قطب مثبت مولد به قطب منفی وجود داشته باشد. تشکیل این مدار با اتصال سیم‌های رابط قطب مثبت به بار الکتریکی موردنظر و از آن‌جا به قطب منفی منبع ولتاژ، عملی می‌شود. شکل ۴ــ۶ یک مدار کامل و بسته را نشان می‌دهد.



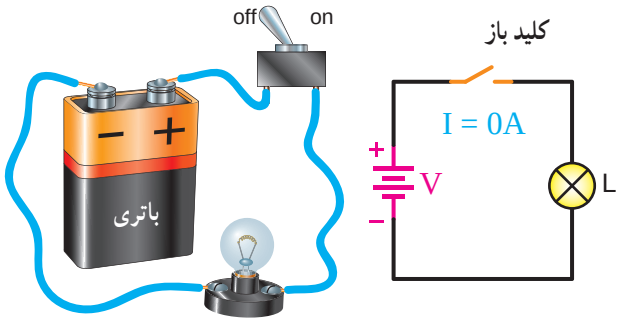
شکل ۴ــ۶ ــ مدار بسته

در صورتی که مدار در نقطه‌ای قطع شود، جریان الکتریکی برقرار نمی‌گردد. چنین مداری را در اصطلاح مدار باز می‌گویند. شکل ۵ــ۶ مدار باز را نشان می‌دهد.

---

۱ ــ DC=Direct Current

۲ ــ AC=Alternative Current

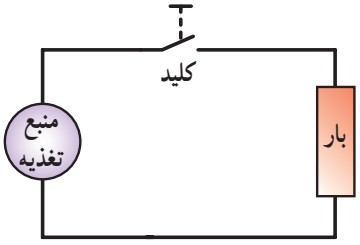


شکل ۵ــ۶ ــ مدار باز

ج ــ مصرف‌کننده الکتریکی : در یک مدار ساده، مصرف‌کننده وسیله‌ای است که انرژی الکتریکی را به انرژی‌های دیگر تبدیل می‌کند. مصرف کننده‌ی (بار) الکتریکی ممکن است انرژی الکتریکی را به انرژی‌های نورانی، گرمایی یا صوتی تبدیل کند یا فقط برای مهار مقدار انرژی حاصل از مولد به کار رود.

۳ــ۶ ــ کلید

در صورتی که قصد قطع و وصل مدار (کنترل مصرف‌کننده) الکتریکی را داشته باشیم، لازم است تا مسیر عبور جریان الکتریکی را قطع یا وصل کنیم که معمولاً این‌کار توسط کلید انجام می‌گیرد. کلید از اجزای اصلی مدار به حساب نمی‌آید (شکل ۶ــ۶).



شکل ۶ــ۶ ــ مدار شامل کلید

پرسش

۱ــ سه جزءِ اصلی یک مدار الکتریکی را نام ببرید.

۲ــ منظور از مدار باز و بسته چیست؟

۳ــ آیا می‌توان در یک مدار شامل باتری، اتصالات و مصرف‌کننده، باتری را بار الکتریکی دانست؟ توضیح دهید.

۴ــ بین باتری، ژنراتور جریان مستقیم و یک منبع تغذیه‌ی الکترونیکی چه وجه مشترکی وجود دارد؟

۵ــ منظور از بار الکتریکی در یک مدار چیست؟

فصل هفتم

هدایت و مقاومت الکتریکی

هدف‌های رفتاری

در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

۱ــ مفهوم مقاومت الکتریکی را با مقاومت ذرات گاز در حین حرکت در لوله مقایسه کند.

۲ــ واحد مقاومت الکتریکی را براساس مشخصات فیزیکی آن تعریف کند.

۳ــ مفهوم مقاومت مخصوص و هدایت مخصوص هادی را تعریف کند.

۴ــ رابطه‌ی پیدا کردن مقاومت الکتریکی هادی‌ها را بر حسب مشخصات فیزیکی $R=\rho\frac{l}{A}$ بنویسد.

۵ــ واحدهای مربوط به هر یک از پارامترهای موجود در فرمول $R=\rho\frac{l}{A}$ را بیان کند.

۶ــ با استفاده از فرمول $R=\rho\frac{l}{A}$ مقاومت فلزاتی را که مشخصات آن‌ها داده می‌شود، حساب کند.

۷ــ مقاومت چند عنصر رایج، در صنعت برق را محاسبه کند.

۸ــ چگونگی تأثیر تغییرات دما بر مقاومت را توضیح دهد.

۹ــ ضریب حرارتی را تعریف کند.

۱۰ــ رابطه‌ی تأثیر حرارت بر مقاومت الکتریکی $R_t=R_\circ(1+\alpha t)$ را به کار ببرد.

۱۱ــ با استفاده از فرمول $R_t=R_\circ(1+\alpha t)$ مقاومت چند هادی رایج را برحسب تغییرات دما محاسبه کند.

۱۲ــ ابررسانا را شرح دهد و کاربرد آن را بیان کند.

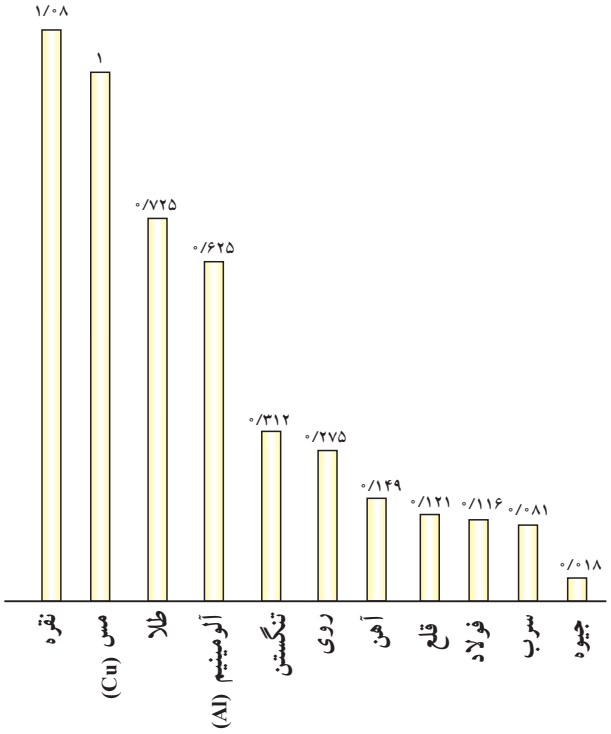
۱ــ۷ــ هدایت الکتریکی مخصوص

همه‌ی اجسام، جریان الکتریکی را به یک اندازه هدایت نمی‌کنند. هادی‌ها اجسامی هستند که جریان را به راحتی عبور می‌دهند و عایق‌ها برعکس، از عبور جریان جلوگیری می‌کنند. علت این امر آن است که هادی‌ها مقدار زیادی الکترون آزاد دارند. اکثر فلزات هادی‌های خوبی هستند. البته همه‌ی فلزات به یک اندازه الکترون آزاد ندارند ؛ به همین دلیل، عملکرد هادی‌ها نیز در مدارها مختلف است. اگر با یک منبع ولتاژ که ولتاژش ثابت باشد، میزان هدایت الکتریکی فلزات مختلف (همه با طول یک متر و سطح مقطع یک میلی‌متر مربع) را آزمایش کنیم، می‌بینیم فلزی که الکترون‌های آزاد بیش‌تری دارد، شدت جریان بیش‌تری را از خود عبور می‌دهد. نسبت

شدت جریان عبوری از یک فلز به ولتاژ منبع را هدایت الکتریکی مخصوص آن فلز می‌گویند. به عبارتی دیگر و براساس مشخصات فیزیکی یک سیم می‌توان گفت قابلیت هدایت سیمی به طول یک متر و سطح مقطع یک میلی‌مترمربع را **هدایت الکتریکی مخصوص** می‌نامند و آن را با حرف یونانی κ (کاپا) نمایش می‌دهند.

۲ــ۷ــ مقایسه‌ی هدایت مخصوص فلزات

فلز نقره الکترون‌های آزاد زیادی دارد ؛ بنابراین، در مقایسه با سایر فلزات از هدایت مخصوص بیش‌تری برخوردار است. مس بعد از نقره هادی خوبی است، نسبت به آن ارزان‌تر است و کاربرد بیش‌تری دارد. بدین جهت، هدایت مخصوص سایر فلزات را نسبت به فلز مس می‌سنجند. در نمودار ۱ــ۷ هدایت مخصوص نسبی سایر فلزات را در مقایسه با فلز مس مشاهده می‌کنید.



نمودار ۱ــ۷ــ هدایت مخصوص فلزات مختلف نسبت به مس

مثال ۱: اگر هدایت مخصوص مس $۵۶ \frac{m}{\Omega.mm^۲}$ باشد، هدایت مخصوص آلومینیم چه‌قدر است؟

$$\frac{\kappa Al}{\kappa Cu} = \frac{۰/۶۲۵}{۱} \Rightarrow \frac{\kappa Al}{۵۶} = \frac{۰/۶۲۵}{۱}$$

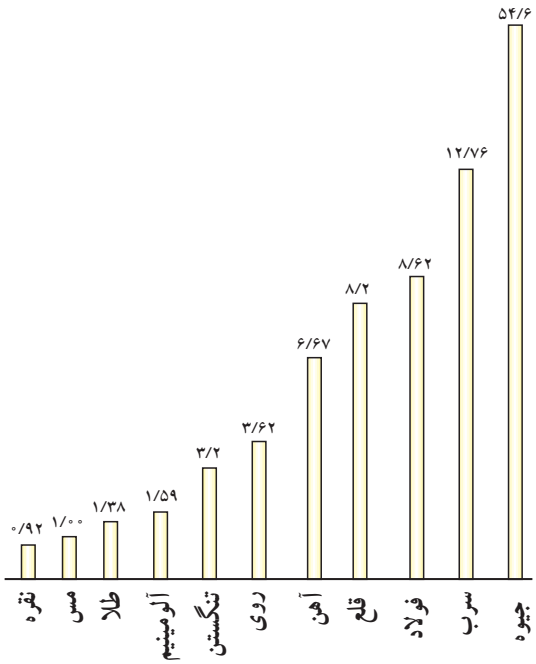
$$\kappa \Rightarrow Al = ۵۶ \times ۰/۶۲۵ \quad \boxed{\kappa Al = ۳۵}$$

۳ــ۷ــ مقاومت الکتریکی مخصوص

هدایت مخصوص نشانگر سهولت عبور جریان الکتریکی از یک جسم است. هرچه هدایت مخصوص بیش‌تر باشد، جسم جریان الکتریکی بیش‌تری را عبور می‌دهد. با همین استدلال، هدایت مخصوص کوچک‌تر نمایانگر آن است که جریان الکتریکی به سختی از جسم عبور می‌کند. به عبارت دیگر، اجسام با هدایت مخصوص کم در مقابل عبور جریان، مقاومت یا مخالفت زیادتری می‌کنند. هر جسمی که هدایت مخصوص آن زیاد باشد، مقاومت مخصوص‌اش کم است و برعکس، جسمی که مقاومت مخصوص‌اش زیاد باشد، دارای هدایت مخصوص کمی است. مقاومت مخصوص را با حرف یونانی ρ (رو) نمایش می‌دهند و رابطه‌ی آن با هدایت مخصوص چنین است : $\rho = \frac{۱}{\kappa}$. بنا به تعریف، مقاومت سیمی به طول یک متر و سطح مقطع یک میلی‌متر مربع را **مقاومت الکتریکی مخصوص** می‌نامند.

۴ــ۷ــ مقایسه‌ی مقاومت مخصوص فلزات

دیدیم که هدایت مخصوص فلزات مختلف طبق نمودار ۱ــ۷ نسبت به مس سنجیده می‌شود. همین کار را در مورد مقاومت مخصوص نیز می‌توان انجام داد. نمودار ۲ــ۷ مقاومت مخصوص نسبی سایر فلزات را نسبت به فلز مس نمایش می‌دهد.

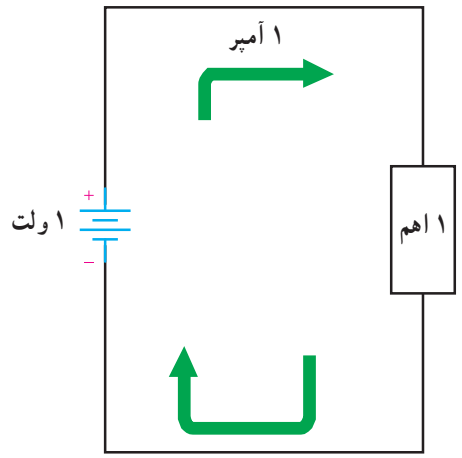


نمودار ۲ــ۷ــ مقاومت مخصوص فلزات مختلف نسبت به مس

۵ــ۷ــ واحد مقاومت

در حدود سال‌های ۱۸۰۰ یک دانشمند آلمانی به نام گئورگ سیمون اُهم آزمایش‌هایی در مورد مدارها و هادی‌ها انجام داد و نکات مهمی را در مورد ماهیت مقاومت الکتریکی کشف کرد. برای قدردانی از این شخص، واحد مقاومت به نام او **اُهم** نامیده شده است.

یک اُهم مقاومت هادی‌ای است که تحت اختلاف پتانسیل یک ولت، شدت جریانی معادل یک آمپر از آن عبور کند. واحد مقاومت را با علامت (Ω) نمایش می‌دهند.



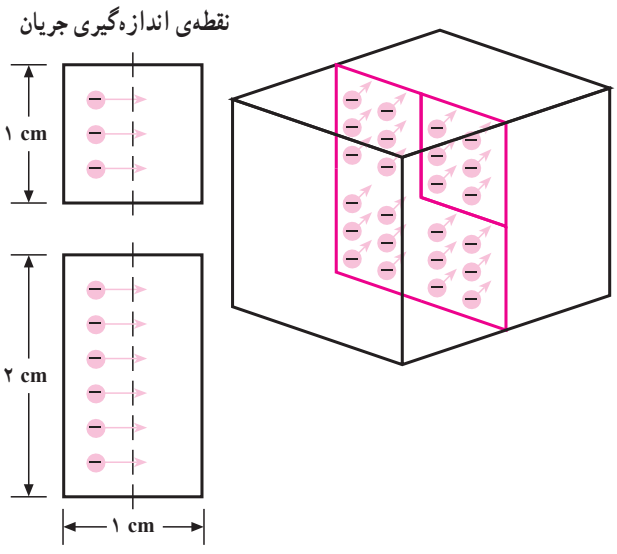
شکل ۱ــ۷ــ تعریف اهم

۶ــ۷ــ عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی یک سیم

عبور جریان الکتریکی از هادی‌ها از بسیاری جهات شبیه عبور گاز از یک لوله است. اگر این لوله پر از پشم فلزی یا ماده‌ی متخلخلی باشد، این شباهت بیش‌تر می‌شود. اتم‌های تشکیل‌دهنده‌ی سیم هادی از عبور الکترون‌ها جلوگیری می‌کنند؛ همان‌طور که الیاف پشم فلزی مانع عبور مولکول‌های گاز می‌شوند. حال می‌خواهیم ببینیم که مقاومت هادی‌ها به غیر از جنس فلز به چه عوامل دیگری بستگی دارد.

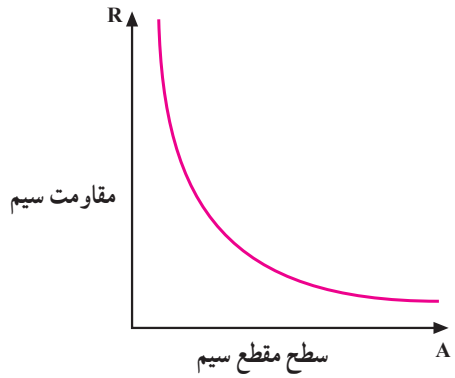
تأثیر سطح مقطع هادی بر مقاومت الکتریکی: مقدار جریان الکتریکی به تعداد الکترون‌های آزاد موجود در سیم بستگی دارد؛ بنابراین، با ضخیم کردن سیم می‌توانیم تعداد الکترون‌های آزاد را بیش‌تر کنیم تا مقدار بیش‌تری جریان الکتریکی بتواند از آن عبور کند.

یک قطعه مس به ارتفاع ۲ و عرض ۱ سانتی‌متر در محل اندازه‌گیری جریان الکتریکی دو برابر قطعه مسی به ارتفاع ۱ و عرض ۱ سانتی‌متر الکترون آزاد قابل دسترسی دارد. پس مس به ارتفاع دو برابر، دوبار بیش‌تر جریان را هدایت می‌کند. چنان‌چه پهنای قطعه مسی که به کار می‌برید دو برابر باشد، قابلیت هدایت آن دو برابر و مقاومت آن نصف می‌شود (شکل ۲ــ۷).



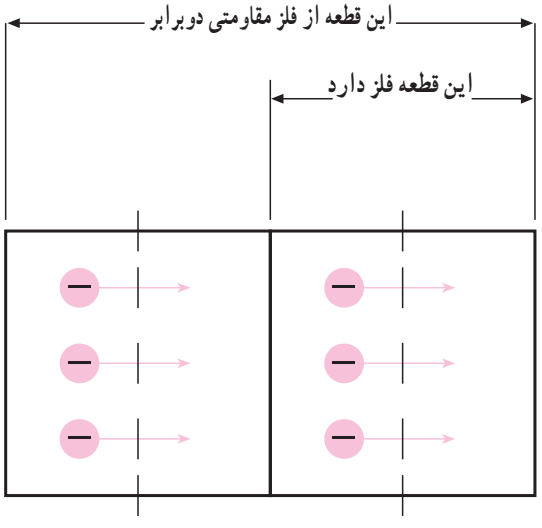
شکل ۲ــ۷ــ تأثیر سطح مقطع در مقاومت

شکل ۳ــ۷ تغییرات مقاومت نسبت به سطح مقطع هادی را نمایش می‌دهد. طبق این نمودار هرقدر سطح مقطع افزایش پیدا می‌کند، مقاومت الکتریکی کم‌تر می‌شود.



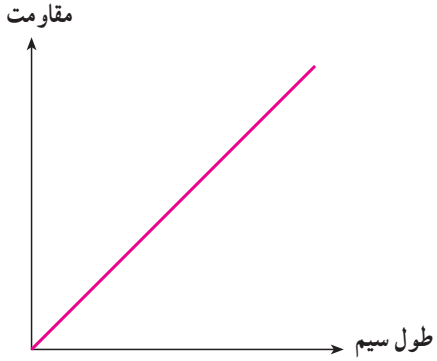
شکل ۳ــ۷ــ نمودار تغییرات مقاومت برحسب سطح مقطع هادی

تأثیر طول هادی بر مقاومت الکتریکی: شاید تصور کنید که با افزایش طول هادی عبور جریان راحت‌تر می‌شود ولی چنین نیست. اگر چه در یک قطعه مس بلندتر تعداد بیش‌تری الکترون آزاد وجود دارد ولی الکترون‌های آزاد اضافی در طول سیم، در اندازه‌گیری جریان الکتریکی داخل نمی‌شوند. در واقع هر طول معین از هادی، مقدار معینی مقاومت دارد و هرچه سیم طویل‌تر باشد، مقاومت آن نیز بیش‌تر است.



شکل ۴ــ۷ــ تأثیر طول هادی در مقاومت

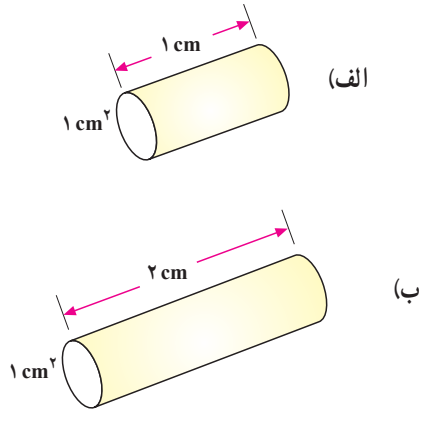
شکل ۵ــ۷ تغییرات مقاومت برحسب طول هادی را نشان می‌دهد. طبق این نمودار هر قدر طول هادی زیاد شود، مقاومت افزایش می‌یابد.



شکل ۵ــ۷ــ نمودار تغییرات مقاومت به طول سیم

رابطه‌ی کلی مقاومت الکتریکی هادی: همان‌طور که قبلاً گفتیم، اگر طول یک سیم (L) را زیاد کنیم، مقاومت آن زیاد می‌شود و برعکس، اگر طول سیم را کم کنیم، مقاومت آن کم می‌شود.

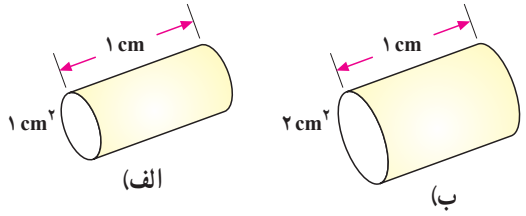
اگر طول سیم را مثلاً دو برابر کنیم، مقاومت آن را دو برابر کرده‌ایم. پس مقاومت یک سیم با طول آن نسبت مستقیم دارد (شکل ۶ــ۷).



شکل ۶ــ۷ــ اثر افزایش طول بر مقاومت سیم

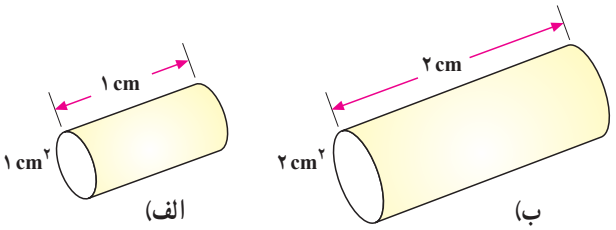
هم‌چنین می‌توان با اضافه کردن سطح مقطع (A) مقاومت را کم کرد و با کم‌کردن سطح مقطع بر مقاومت افزود.

اگر سطح مقطع سیم را دوبرابر کنیم، مقاومت آن نصف می‌شود. در نتیجه، می‌گوییم مقاومت با سطح مقطع نسبت عکس دارد (شکل ۷ــ۷).



شکل ۷ــ۷ــ اثر افزایش سطح مقطع بر مقاومت سیم

اگر طول سیم دو برابر و سطح مقطع آن دو برابر شود، مقاومت الکتریکی نسبت به وضعیت قبلی تغییر نخواهد کرد (شکل ۸ــ۷).



شکل ۸ــ۷ــ اثر افزایش طول و سطح مقطع بر مقاومت سیم

پیش از این در تعریف مقاومت مخصوص و هدایت مخصوص گفتیم که این پارامترها به جنس هادی بستگی دارند؛ بنابراین، رابطه‌ی کلی مقاومت با سطح مقطع، طول و جنس سیم را با فرمول‌های زیر نشان می‌دهند.

$$R = \frac{L}{\kappa . A} \quad \text{یا} \quad R = \rho \frac{L}{A}$$

در این رابطه:

R مقاومت سیم بر حسب Ω،

L طول سیم برحسب متر،

A سطح مقطع سیم بر حسب میلی‌متر مربع

ρ مقاومت مخصوص بر حسب $\frac{\Omega mm^2}{m}$

κ هدایت مخصوص بر حسب $\frac{m}{\Omega mm^2}$ است.

مثال ۲: سیم مسی به طول ۱۱۲ متر با سطح مقطع $4mm^2$ و هدایت مخصوص $\kappa = 56(\frac{m}{\Omega . mm^2})$ مفروض است. مقاومت الکتریکی سیم چند اهم است؟

$$R = \frac{L}{\kappa . A} = \frac{112}{56 \times 4} = 0/5\Omega \rightarrow R = 0/5\Omega$$

مثال ۳: برای ساختن یک مقاومت الکتریکی ۱۰ اهمی، چند متر سیم آلومینیمی با سطح مقطع $1/5mm^2$ مورد نیاز است، در صورتی که $\kappa_{Al} = 35(\frac{m}{\Omega . mm^2})$ باشد.

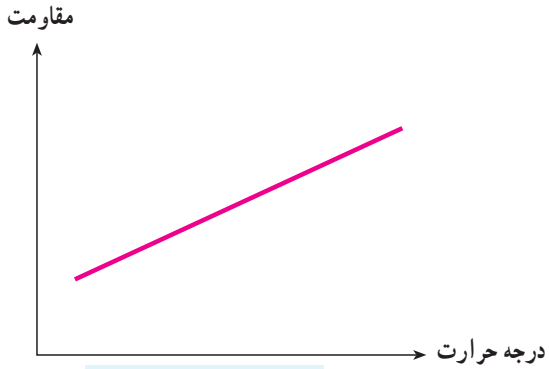
$$R = \frac{L}{\kappa . A} \Rightarrow 10 = \frac{L}{35 \times 1/5} \Rightarrow L = 10 \times 35 \times 1/5$$

$$L = 525m$$

اثر حرارت بر مقاومت الکتریکی: در واقع، آن‌چه در مورد مقاومت گفته شد، همه در دمای اتاق صادق است. اما در دماهای کم‌تر یا بیش‌تر، مقدار مقاومت کلیه‌ی فلزات تغییر می‌کند. تغییر مقاومت بر اثر حرارت در فلزات مختلف متفاوت است؛ بنابراین، باید برای هر فلز ضریبی را تعریف کرد که آن را **ضریب حرارتی** می‌نامند. تغییرات مقاومت به ازای یک درجه‌ی سانتی‌گراد را، ضریب حرارتی می‌گویند و آن را با (α) نمایش می‌دهند؛ برای مثال اگر $\alpha = 0/004$ باشد، یعنی این‌که مقاومت آن جسم به ازای یک درجه‌ی سانتی‌گراد ۰/۰۰۴ اهم افزایش یا کاهش می‌یابد. اگر مقاومت الکتریکی جسمی براثر حرارت افزایش یابد، ضریب حرارتی (α) مثبت و در صورت کاهش مقاومت، ضریب حرارتی (α) منفی خواهد بود. در مورد اول، فلز را PTC[1] و در مورد دوم NTC[2] می‌نامند.

۱ــ PTC = Positive Temperature Coefficient

۲ــ NTC = Negative Temperature Coefficient



ضریب حرارتی مثبت (الف

ضریب حرارتی منفی (ب

شکل ۹ــ۷ــ نمودار اجسام با ضرایب حرارتی مثبت و منفی

بنابراین، مقاومت یک جسم در اثر افزایش حرارت چنین خواهد شد :

$$R_t = R_\circ \quad R_\circ \alpha t$$

کــه در آن $R_\circ$ مقاومت در صفر درجه و $R_\circ \alpha t$ مقدار تغییر مقاومت است. چون در رابطه‌ی $R_\circ \alpha t$ ، $R_\circ$ بر حسب (Ω) و t افزایش دما بر حسب $(^\circ C)$ است، لزوماً ضریب حرارتی (α) برحسب $\frac{۱}{^\circ C}$ خواهد بود. اگر در رابطه‌ی ذکر شده قبل از $R_\circ$ فاکتور بگیریم، خواهیم داشت :

$$R_t = R_\circ (۱ \quad \alpha t)$$

مثال ۴ : مقاومت الکتریکی سیمی در صفر درجه‌ی سانتی‌گراد ۱۰۰ اهم است. اگر دمای سیم به ۲۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برسد، مقاومت الکتریکی آن چند اهم می‌شود؟

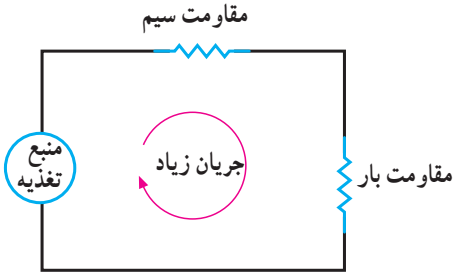
$$\alpha = ۰/۰۰۴ \frac{۱}{^\circ C}$$

$$R_t = R_\circ (۱ + \alpha t) = ۱۰۰ (۱ + ۰/۰۰۴ \times ۲۵۰)$$

$$R_t = ۲۰۰ \Omega$$

۷ــ۷ــ مقاومت‌های الکتریکی یک مدار

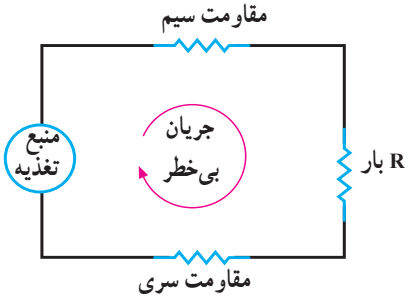
فرض کنید که یک بار الکتریکی را به یک منبع ولتاژ وصل کرده‌ایم. گاهی ممکن است جریانی بیش از حد در مدار جاری شود. زمانی این اتفاق می‌افتد که مقاومت بار الکتریکی خیلی کم یا ولتاژ خروجی منبع خیلی زیاد باشد. شدت جریان را با کم کردن ولتاژ منبع می‌توان کم کرد اما معمولاً این کار ممکن نیست. بنابراین تنها راه این است که مقاومتی به مدار اضافه کنیم تا جریان را کم کند.



شکل ۱۰ــ۷ ــ مقاومت‌های مدار

این کار را می‌توان با اضافه کردن مقاومت به بار الکتریکی یا سیم‌های رابط انجام داد اما از طرفی، مقاومت بار الکتریکی برحسب شرایطی تنظیم شده و نمی‌توان آن را تغییر داد. پس تنها راه، تغییر مقاومت سیم‌های رابط است ولی مقاومت این سیم‌ها آن‌قدر کم است که شاید حدود چندین کیلومتر سیم لازم باشد تا مقاومت چند صد اهم به مدار اضافه شود.

بنابراین، برای رفع این مشکل باید روشی را به کار بگیریم که به آسانی بتوانیم هر مقدار مقاومت دلخواه را به مدار اضافه کنیم ؛ بدون این‌که در اندازه‌های مدارمان تغییرات عمده‌ای بدهیم یا مولدمان را عوض کنیم. مقاومت‌ها، عناصر مداری الکتریکی کوچکی هستند که برای دست‌یابی به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند.



شکل ۱۱ــ۷ــ افزودن مقاومت به مدار

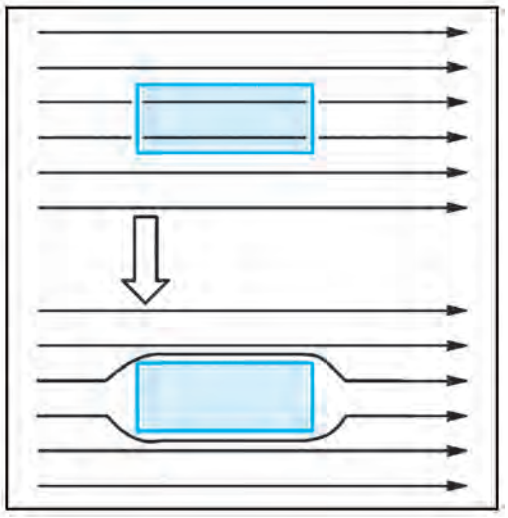
۸ــ۷ــ ابر رسانا

اگر دمای فلزات مختلف را تا دمای معینی (دمای بحرانی) پایین آوریم پدیده‌ی شگرفی در آن‌ها اتفاق می‌افتد که طی آن مقدار مقاومت فلزات در برابر عبور جریان برق به‌طور ناگهانی تا حد صفر کاهش می‌یابد. در این شرایط است که فلزها تبدیل به ابر رسانا خواهند شد. تبدیل به حالت ابر رسانایی، فقط مربوط به فلزات نمی‌شود بلکه این حالت در جیوه ناخالص نیز اتفاق می‌افتد. تاکنون مشخص شده است که تقریباً نیمی از عناصر فلزی و همچنین برخی آلیاژها و سرامیک‌ها در درجه حرارت‌های پایین ابر رسانا می‌شوند.

۹ــ۷ــ کاربرد ابر رسانا

هر ماده اگر قبل از ابر رسانا شدن در میدان مغناطیسی قرار گیرد از آن خطوط میدان مغناطیسی عبور می‌کند ؛ چنان‌چه در حضور میدان مغناطیسی به دمای بحرانی برسد و ابر رسانا شود دیگر هیچ‌گونه خطوط میدان مغناطیسی از آن عبور نمی‌کند.

در شکل ۱۲ــ۷ یک قطعه آهن‌ربا روی یک قطعه ابررسانا شناور است طبق خاصیتی که در بالا گفتیم ابر رساناها می‌توانند خطوط میدان مغناطیس را به خارج پرتاب کنند و همان‌طور که می‌بینیم قرص مغناطیسی را شناور نگه داشته است.



شکل ۱۲ــ۷

کاربرد جالب این مطلب در ساخت قطارهای سریع‌السیر یا قطارهای شناور است. نمونه‌هایی از این‌گونه قطارها که در سال ۲۰۰۰ میلادی در ژاپن ساخته شد، با سرعت ۵۸۱km/h حرکت می‌کند. در این قطارها به‌جای استفاده از چرخ از میدان مغناطیسی استفاده شده است. در این حالت قطارهای سریع‌السیر درحال حرکت معمولاً چند سانتی‌متر با ریل فاصله دارد و تماسی با ریل پیدا نمی‌کنند (شکل ۱۳ــ۷).

شکل ۱۳ــ۷

پرسش

۱ــ فلزی با ضریب هدایت نسبی ۰/۹۹ یک عایق خوب است یا بد؟

۲ــ یک عنصر مشخص ۱۵ اهم مقاومت دارد. اگر سطح مقطع آن را سه برابر کنیم، مقاومت آن چه‌قدر می‌شود؟

۳ــ ضریب حرارتی را تعریف کنید.

۴ــ آیا طول سیم در ضریب حرارتی آن تأثیر دارد؟ توضیح دهید.

۵ــ برای کنترل جریان مدار از چه روشی استفاده می‌شود؟

۶ــ ضریب حرارتی مس مثبت است یا منفی؟

۷ــ برای محاسبه‌ی مقاومت مدار چه پارامترهایی در نظر گرفته می‌شود؟

۸ ــ اگر یک سیم مسی گرم شود، مقاومت آن چه تغییری می‌کند؟

تمرین

۱ــ اگر $\rho_{Cu} = ۰/۰۱۷۸ \frac{\Omega.mm^۲}{m}$ باشد، مطلوب است محاسبه‌ی κ_{Cu} .

ج) $\kappa_{Cu} = ۵۶ \frac{m}{\Omega.mm^۲}$

۲ــ یک سیم مسی به طول l را به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم. آن گاه این چهار قسمت را کنار هم می‌گذاریم و به صورت سیم واحدی (مثل کابل چهارتایی) از آن‌ها استفاده می‌کنیم. آیا مقاومت الکتریکی این سیم نسبت به حالت اولیه کم می‌شود یا زیاد؟ (از کاهش طول به خاطر پیچش صرف‌نظر می‌کنیم.)

۳ــ روی استوانه‌ای به قطر ۵ سانتی‌متر ۱۰۰ دور سیم مسی به سطح مقطع $۱/۵mm^۲$ می‌پیچیم. مقاومت الکتریکی این سیم‌پیچ چه‌قدر است؟

$\kappa_{Cu} = ۵۶ \frac{m}{\Omega.mm^۲}$ ج) ۰/۱۸Ω

۴ــ قطر یک سیم کروم نیکل به طول یک متر، ۰/۶ میلی‌متر و مقاومت آن ۳ اهم است. مقاومت مخصوص و هدایت مخصوص آن را پیدا کنید.

ج) $\rho = ۰/۸۵$ و $\kappa = ۱/۱۸$

۵ــ برای این‌که مقاومت سیمی را ۴۰ درصد اضافه کنیم، دما چه‌قدر باید افزایش یابد؟

(دمای اولیه‌ی سیم صفر درجه‌ی سانتی‌گراد.)

$\alpha = ۰/۰۰۴ \frac{۱}{C}$

ج) $t = ۱۰۰\ C$

۶ــ مقاومت یک اتوی برقی در صفر درجه‌ی سانتی‌گراد ۵۰Ω است. اگر درجه حرارت این اتو ضمن کار کردن به ۷۵ C برسد، مقاومت آن چه‌قدر می‌شود؟

$\alpha = ۰/۰۰۰۲ \frac{۱}{C}$ ج) $R = ۵۰/۷۵\Omega$