کمیّت‌های الکتریکی

هدف‌های رفتاری : در پایان این فصل، از هنرجو انتظار می‌رود :

۱ــ جریان الکتریکی را تعریف کند.

۲ــ پتانسیل الکتریکی (ولتاژ) را تعریف کند.

۳ــ مقاومت الکتریکی را تعریف کند.

۴ــ مقاومت الکتریکی سیم را توضیح دهد.

۵ــ پیشوندهای واحدهای اندازه‌گیری را توضیح دهد.

۶ــ مدار الکتریکی را تعریف کند.

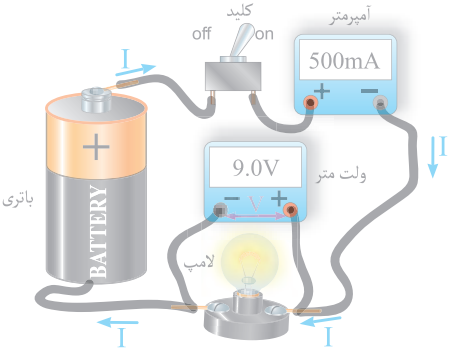
۷ــ اجزای اصلی و فرعی مدار الکتریکی را نام ببرد.

۸ــ مفاهیم مدار بسته و مدار باز را شرح دهد.

۹ــ قانون اهم را با ذکر رابطه توضیح دهد.

۱۰ــ مفهوم حالت اتصال کوتاه در مدارهای الکتریکی را شرح دهد.

۱۱ــ انواع مقاومت‌های اهمی را توضیح دهد.



سیمای فصل ۲

- جریان الکتریکی
- پتانسیل الکتریکی (ولتاژ)
- مقاومت الکتریکی
- مقاومت الکتریکی سیم
- پیشوندهای واحدهای اندازه‌گیری
- مدار الکتریکی
- اجزای مدار الکتریکی
- مدار بسته
- مدار باز
- قانون اهم
- اتصال کوتاه
- انواع مقاومت‌های اهمی

آشنایی با دانشمندان

اُهم

(Ohm, George Simon/ ۱۸۵۴ ــ ۱۷۸۷)

پدر این دانشمند آلمانی قفل‌ساز بود، ولی به مطالعهٔ کتاب‌های علمی علاقه داشت و پسر را نیز تشویق می‌کرد. اهم در ۱۸ سالگی معلم ریاضی شد و پس از گرفتن دکترای ریاضی، استاد دانشگاه شهر کلن شد. در این زمان بود که با استفاده از تشابهی که میان انتقال گرما و الکتریسیته کشف کرد به اندازه‌گیری شدت جریان الکتریکی پرداخت و قانونی را ارائه داد که امروز به نام «قانون اهم» معروف است. انجمن سلطنتی انگلستان بزرگ‌ترین نشان علمی خود را به پاس کشف این قانون به او اهدا کرد. واحد مقاومت الکتریکی نیز به احترام او اهم نامیده می‌شود.

۲ــ کمیت‌های الکتریکی

۱ــ۲ــ جریان الکتریکی

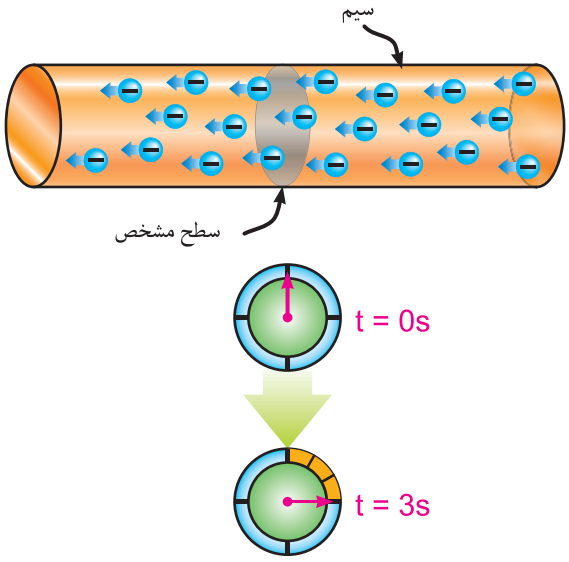
اگر بتوانیم با دادن انرژی الکترون‌های لایهٔ آخر اتم را آزاد کنیم و در یک مسیر حرکت دهیم جریان الکتریکی به‌وجود می‌آید. به مقدار بار الکتریکی (الکترون‌های آزاد) که از یک سطح مشخص در طی مدت زمانی معین عبور کند، «شدت جریان الکتریکی» گفته می‌شود (شکل ۱ــ۲). شدت جریان الکتریکی را با حرف I نشان می‌دهند و واحد آن برحسب «آمپر ــ A» بیان می‌شود. بنا به تعریف اگر در یک ثانیه از یک نقطه سیم یک کولن الکتریسیته عبور کند شدت جریان یک آمپر خواهد بود.

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

I = شدت جریان بر حسب آمپر

q = مقدار الکتریسیته برحسب کولن [۱]

t = زمان برحسب ثانیه



تعداد الکترون‌هایی که از سطحی مشخص در طی زمانی معین می‌گذرند.

شکل ۱ــ۲

وسیله‌ای که برای اندازه‌گیری شدت جریان به‌کار می‌رود «آمپرمتر» نام دارد. آمپر متر در مدار به‌صورت سری بسته می‌شود. شکل ۲ــ۲ تصویر دو نمونه آمپرمتر را به همراه علامت اختصاری آن‌ها نشان می‌دهد.

آزمایشگاهی

تابلویی

الف) تصویر دو نمونه آمپرمتر

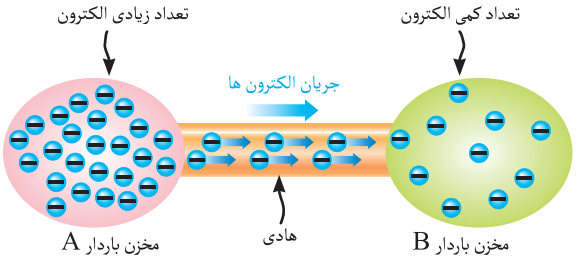
ب) علامت اختصاری آمپرمتر

شکل ۲ــ۲

۱ــ یک کولن بار معادل ($۶/۲۸\times۱۰^{۱۸}$ الکترون) است.

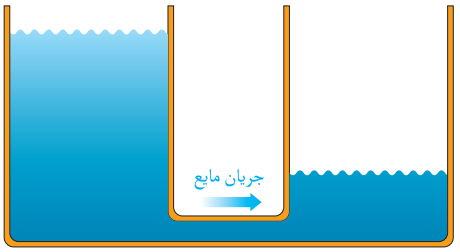
۲ــ۲ــ پتانسیل الکتریکی (ولتاژ)

به اختلاف بار الکتریکی در دو نقطه «اختلاف پتانسیل» می‌گویند. اختلاف پتانسیل (ولتاژ) باعث حرکت الکترون‌های آزاد می‌شود (شکل ۳ــ۲).



شکل ۳ــ۲

اختلاف پتانسیل را می‌توان با اختلاف دما، که سبب انتقال گرما در یک جسم می‌شود یا اختلاف سطح مایع بین دو ظرف به‌هم پیوسته که سبب جاری شدن مایع بین دو ظرف می‌گردد، مقایسه کرد. همان‌طوری که اختلاف دما جهت انتقال گرما و اختلاف فشار مایع جهت حرکت مایع را مشخص می‌کند، اختلاف پتانسیل نیز جهت جریان الکتریکی را نشان می‌دهد (شکل ۴ــ۲). اختلاف پتانسیل یا «ولتاژ» را با حرف V نشان می‌دهند و واحد آن برحسب



الف)

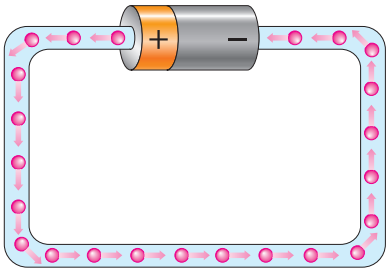
اختلاف فشار مایع را جابه‌جا می‌کند

ب)

اختلاف دما سبب انتقال گرما می‌شود

شکل ۴ــ۲

«ولت ــ V» بیان می‌شود. طبق قرارداد، همیشه اختلاف پتانسیل از پتانسیل بیش‌تر (مثبت) به سمت پتانسیل کم‌تر (منفی) جاری می‌شود (شکل ۵ــ۲).



شکل ۵ــ۲

وسیله‌ای که برای سنجش اختلاف پتانسیل به‌کار می‌رود «ولت‌متر» نام دارد. در شکل ۶ــ۲ تصویر دو نمونه ولت‌متر به همراه علامت اختصاری آن‌ها نشان داده شده است. ولت‌متر در مدار به‌صورت موازی بسته می‌شود.

آزمایشگاهی

تابلویی

الف) دو نمونه ولت‌متر

ب) علامت اختصاری ولت‌متر

شکل ۶ــ۲

از جمله منابع ولتاژ باتری خشک قلمی دارای ولتاژ ۱/۵ ولت، باتری اتومبیل دارای ولتاژ ۱۲ ولت، برق شهر دارای ولتاژ ۲۲۰ ولت و برق‌های صنعتی دارای ولتاژ ۳۸۰ ولت را می‌توان نام برد. به اختلاف پتانسیل نیروی محرکه الکتریکی نیز می‌گویند.

۳ــ۲ــ مقاومت الکتریکی

به ایستادگی ذرات هادی در مقابل عبور جریان الکتریکی «مقاومت الکتریکی» گفته می‌شود. مقاومت الکتریکی را با حرف R نشان می‌دهند و برحسب «اُهم ــ Ω» محاسبه می‌شود. علامت اختصاری مقاومت الکتریکی یکی از تصاویر نشان داده شده در شکل ۷ــ۲ است. وسیله‌ای که برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی به‌کار می‌رود «اُهم‌متر» نام دارد، شکل ۸ــ۲ تصویر یک نمونه اهم‌متر را به همراه علامت اختصاری آن نشان می‌دهد.

از مقاومت‌های اهمی برای کنترل جریان الکتریکی و جلوگیری از عبور جریان اضافی در مسیر وسایل الکتریکی استفاده می‌شود.

شکل ۷ــ۲ــ علامت اختصاری مقاومت

الف) یک نمونه اهم‌متر

ب) علامت اختصاری اهم‌متر

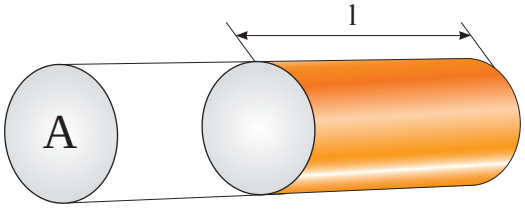
شکل ۸ــ۲

۴ــ۲ــ مقاومت الکتریکی سیم

هرگاه بخواهیم براساس مشخصات داده شده شکل ۹ــ۲ مقاومت یک رشته سیم را به طول l متر و سطح مقطع A میلی‌مترمربع از جنس مشخصی به‌دست آوریم می‌توانیم آن را از رابطهٔ (۱) حساب کنیم.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (۱)$$

در این رابطه «ρ ــ رو» نشان‌دهندهٔ «مقاومت مخصوص» است که برحسب $\frac{\Omega - mm^2}{m}$ بیان می‌شود. مقدار مقاومت مخصوص برای جنس‌های مختلف متفاوت است.



شکل ۹ــ۲

مثال : مقاومت ۱۰۰ متر سیم مسی با سطح مقطع $۲/۵ mm^2$ چند اهم است؟

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

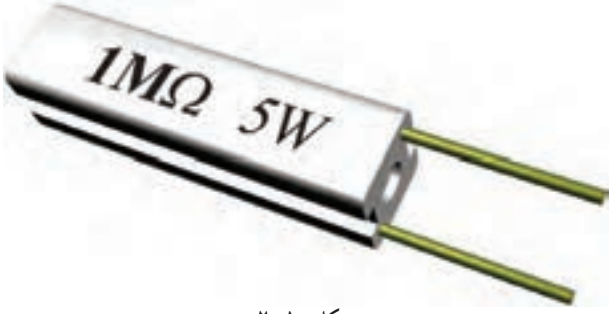
$$R = ۰/۰۱۷۸ \times \frac{۱۰۰}{۲/۵} = ۰/۷۱۲ \Omega \quad (\rho_{cu} = ۰/۰۱۷۸ \frac{\Omega mm^2}{m})$$

مثال : هرگاه برای برق‌رسانی به یک موتور الکتریکی که در فاصلهٔ ۱ کیلومتری از تابلوی برق قرار دارد، بخواهیم از سیم مسی با حداکثر مقاومت ۲۰Ω استفاده کنیم، سطح مقطع سیم را باید چند میلی‌متر مربع انتخاب کنیم؟

$$R = \rho\frac{l}{A} \Rightarrow R.A = \rho.l$$

$$A = \rho\frac{l}{R} = ۰/۰۱۷۸ \times \frac{۱۰۰۰}{۲۰}$$

$$A = ۰/۸۹\ mm^۲$$



شکل ۱۰ــ۲

۵ــ۲ــ پیشوندهای واحدهای اندازه‌گیری

برای نشان دادن واحدهای بزرگ‌تر یا کوچک‌تر از واحد اصلی از پیشوندهایی استفاده می‌شود که در جدول ۱ــ۲ مفاهیم و مقدار (ضریب) آن‌ها آمده است. برای مثال یک مگاوات معادل یک میلیون وات یا $۱۰^۶$ W است. یا یک میکروآمپر معادل یک میلیونیم آمپر یا $۱۰^{-۶}$ A است.

جدول ۱ــ۲ــ تبدیل واحد

	حرف اختصاری	نام ضریب	شکل نمایی ضریب	مقدار ضریب
اضعاف	T	ترا	10^{12}	1,000,000,000,000
	G	گیگا	10^{9}	1,000,000,000
	M	مگا	10^{6}	1,000,000
	K	کیلو	10^{3}	1,000
	H	هکتا	10^{2}	100
	da	دکا	10^{1}	10
		واحد اصلی	10^{0}	1
اجزاء	d	دسی	10^{-1}	0/1
	c	سانتی	10^{-2}	0/01
	m	میلی	10^{-3}	0/001
	μ	میکرو	10^{-6}	0/000,001
	n	نانو	10^{-9}	0/000,000,001
	p	پیکو	10^{-12}	0/000,000,000,001

مثال : مقاومت نشان داده شده در شکل ۱۰ــ۲ چند اهم است؟

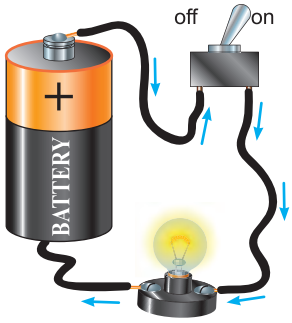
حل :

$$R = ۱\times۱۰^۶ = ۱۰۰۰۰۰۰\Omega$$

مثال : اگر جریان عبوری از لامپ در شکل ۱۱ــ۲ ۵ میکروآمپر باشد معادل چند آمپر است؟

حل :

$$I = \frac{۵}{۱۰^۶} = ۵\times۱۰^{-۶}\ A$$



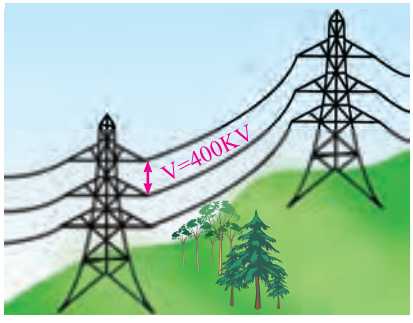
شکل ۱۱ــ۲

مثال : هرگاه ولتاژ بین سیم‌های دکل برق شکل ۱۲ــ۲ برابر ۴۰۰ کیلوولت باشد این ولتاژ معادل چند ولت و چند میکرو ولت است؟

حل :

$$V = ۴۰۰\times۱۰^۳\ v$$

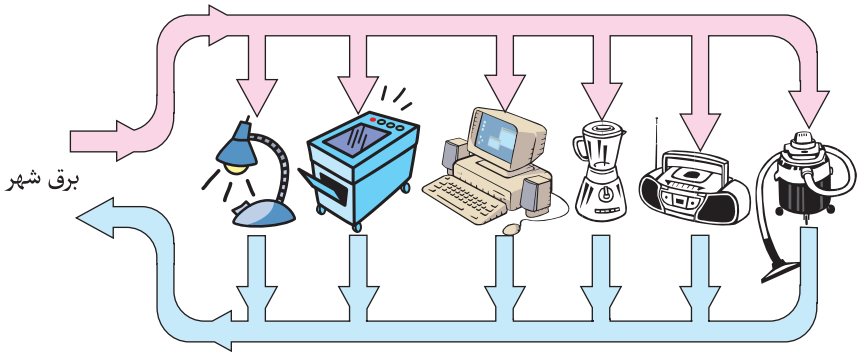
$$V = ۴۰۰\times۱۰^۳\times۱۰^۶ = ۴\times۱۰^{۱۱} v$$



شکل ۱۲ــ۲

۶ــ۲ــ مدار الکتریکی

طبق تعریف به مسیر عبور جریان الکتریکی «مدار الکتریکی» گفته می‌شود. در شکل ۱۳ــ۲ مسیر جریان (مدار الکتریکی) چند وسیلهٔ الکتریکی را مشاهده می کنید.



مسیر عبور جریان الکتریکی (مدار) چند وسیلهٔ الکتریکی

شکل ۱۳ــ۲

۷ــ۲ــ اجزای مدار الکتریکی

به‌طورکلی اجزای مدار را به دو دستهٔ کلی زیر می‌توان تقسیم کرد.

۱ــ اجزای اصلی

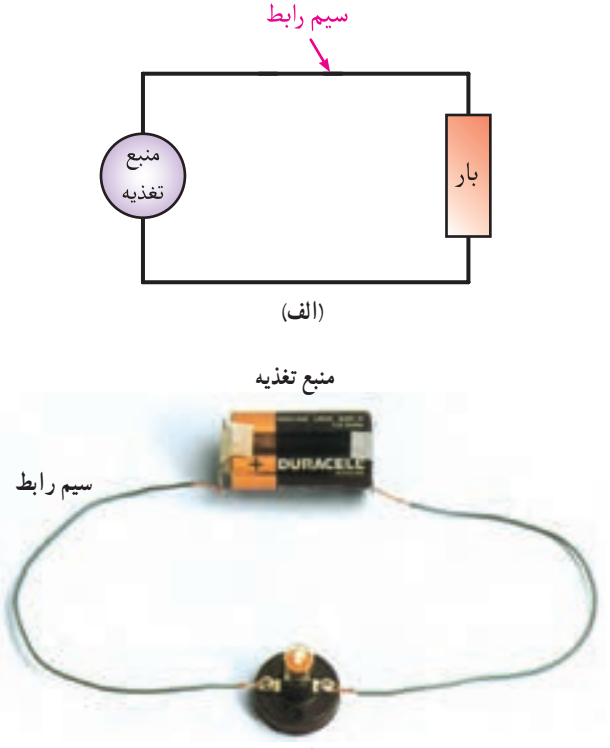
۲ــ اجزای فرعی

اجزای اصلی هر مدار به اجزایی گفته می‌شود که در یک مدار وجود آن‌ها جهت جاری شدن جریان ضروری است و نمی‌توان آن‌ها را نادیده گرفت و حذف کرد. اجزای اصلی مدار عبارت‌اند از :

I. منبع تغذیه[۱] (مولد یا باتری)

II. سیم‌های رابط (سیم یا کابل)

III. مصرف‌کننده (بار)[۲] (لامپ، بخاری برقی و ...)



شکل ۱۴ــ۲ــ تصویر مدار الکتریکی به همراه اجزای اصلی

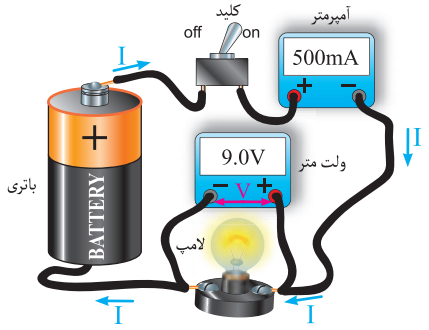
۱ــ Power Supply ۲ــ Load

در هر مدار الکتریکی ممکن است علاوه بر اجزای اصلی از تجهیزات دیگری نیز استفاده شود که اصطلاحاً به آن‌ها «اجزای فرعی» گفته می‌شود. حضور اجزای فرعی در مدارهای الکتریکی ضرورت ندارد و در صورت نیاز نداشتن می‌توان از اتصال آن‌ها خودداری کرد. از جمله اجزای فرعی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

الف) وسایل اندازه‌گیری (مانند : آمپرمتر، ولت‌متر، اهم‌متر و ...)

ب) وسایل حفاظتی (مانند : فیوز، رله‌های حفاظتی و ...)

ج) وسایل کنترلی (مانند : کلیدهای دستی، کلیدهای مغناطیسی و...)

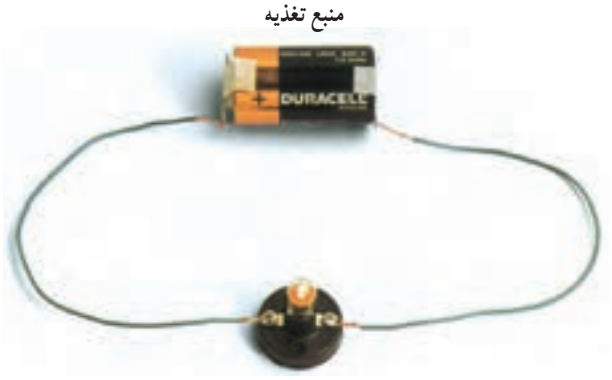


شکل ۱۵ــ۲ــ تصویر مدار الکتریکی به همراه اجزای فرعی مدار

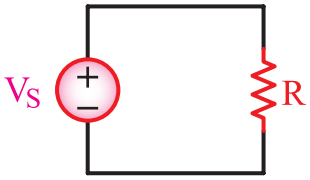
۸ــ۲ــ مدار بسته و مدار باز

مدار بسته (کامل) به مداری گفته می‌شود که جریان الکتریکی در سیم‌های آن جاری باشد. در شکل ۱۶ــ۲ تصویر یک مدار بستهٔ واقعی به همراه شکل ترسیمی آن نشان داده شده است.

مدار باز به مداری اطلاق می‌شود که جریان الکتریکی در سیم‌های آن جاری نباشد. این امر در صورتی اتفاق می‌افتد که مانند شکل ۱۷ــ۲ مدار در نقطه‌ای قطع شده باشد یا این‌که مشابه شکل ۱۸ــ۲ توسط کلیدی مدار قطع شده باشد.

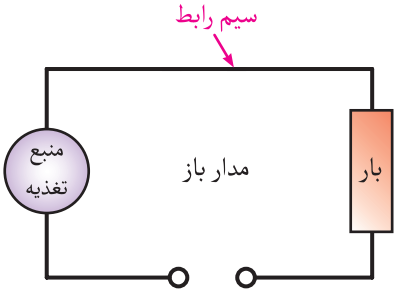


(الف)

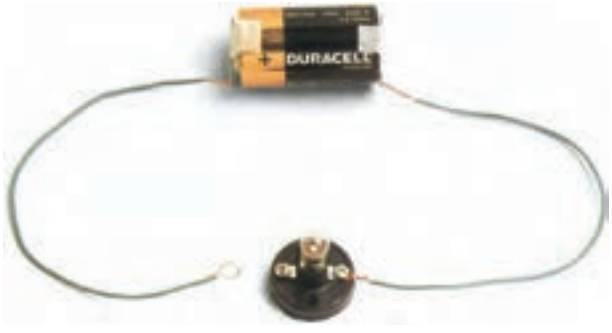


(ب)

شکل ۱۶ــ۲



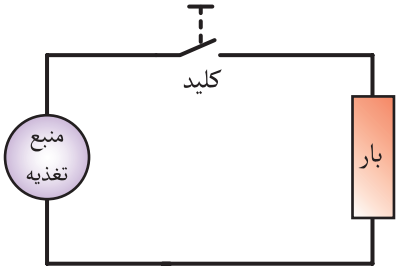
(الف)



(ب) مدار باز

شکل ۱۷ــ۲

گاهی اوقات باز شدن مدار به شکل ناخواسته صورت می‌گیرد، مانندِ باز شدن سیم‌های داخلی مصرف‌کننده.



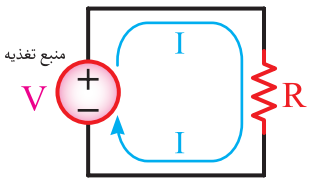
شکل ۱۸ــ۲

۹ــ۲ــ قانون اهم

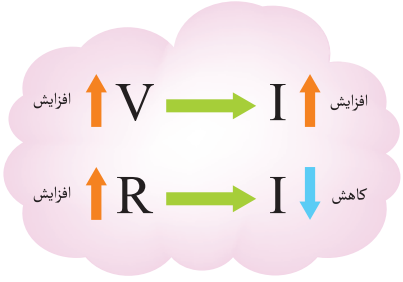
جرج سیمون اهم براساس تحقیقاتی که انجام داد توانست به بررسی ارتباط بین شدت جریان الکتریکی جاری در یک مدار با ولتاژ و مقاومت الکتریکی آن بپردازد. وی نتایج خود را تحت عنوان «قانون اهم» بیان کرد.

اهم، پس از آزمایش‌های زیاد، به این نتیجه رسید که هرگاه در یک مدار مطابق شکل ۱۹ــ۲ ولتاژ مدار را افزایش دهیم جریان عبوری از مدار نیز افزایش می‌یابد. هم‌چنین اهم به این نتیجه رسید که هرگاه مقدار مقاومت یک مدار را افزایش دهیم جریان عبوری از مدار کاهش می‌یابد. وی نتایج آزمایش‌های خود را چنین بیان کرد. در یک مدار جریان مستقیم جریان با ولتاژ نسبت مستقیم و با مقاومت نسبت عکس دارد.

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



شکل ۱۹ــ۲

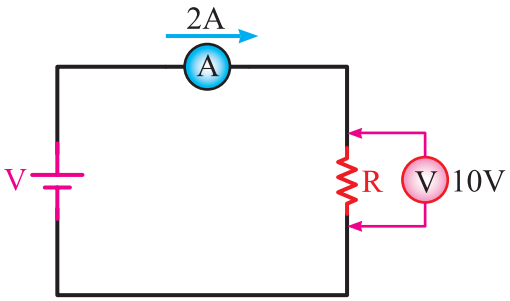


فرمول فوق را به‌صورت‌های زیر نیز می‌توان نوشت :

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

$$V=IR$$

مثال : در مدار شکل ۲۰ــ۲ مقدار مقاومت چند اهم است؟

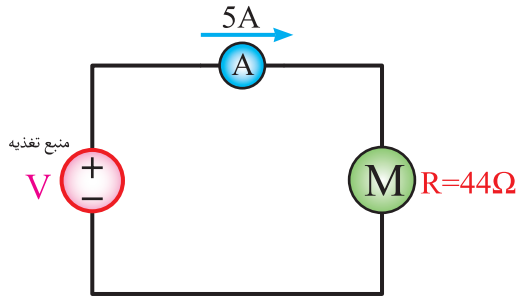


شکل ۲۰ــ۲

حل :

$$R=\frac{V}{I}=\frac{۱۰}{۲}=۵\Omega$$

مثال : در مدار شکل ۲۱ــ۲ اختلاف پتانسیل منبع تغذیه باید چند ولت باشد تا جریان عبوری از مدار ۱۰ A شود؟



شکل ۲۱ــ۲

حل :

$$V=R.I$$

$$V=۴۴\times۵=۲۲۰V$$

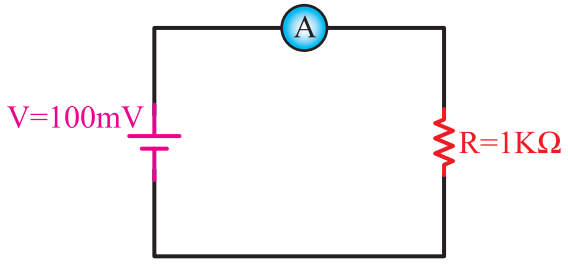
مثال : در مدار شکل ۲۲ــ۲ آمپرمتر چند میلی‌آمپر را نشان می‌دهد؟

حل :

$$V = ۱۰۰_{mV} = \frac{۱۰۰}{۱۰۰۰} = ۰/۱V$$

$$R = ۱k\Omega = ۱ \times ۱۰۰۰ = ۱۰۰۰\Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{۰/۱}{۱۰۰۰} = ۰/۰۰۰۱A$$
$$= ۰/۱mA$$

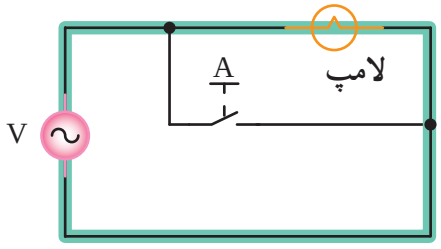


شکل ۲ــ۲۲

۱۰ــ۲ــ اتصال کوتاه

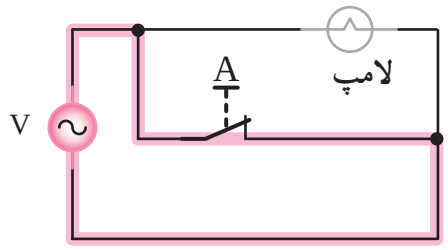
توجه : اصطلاحاً به شرایطی که مقاومت مدار به مقدار صفر برسد وضعیت «اتصال کوتاه مدار[۱]» گویند. در شکل ۲ــ۲۳ اگر کلید A قطع باشد لامپ روشن است. مقدار جریان در این حالت طبق قانون اهم برابر است با :

$$I = \frac{V \text{ (ولتاژ مدار)}}{R \text{ (مقاومت لامپ)}}$$



شکل ۲ــ۲۳

حال اگر کلید A را مطابق شکل ۲ــ۲۴ در حالت وصل قرار دهیم جریان از مسیر جدید عبور می‌کند. چرا که این مسیر هیچ‌گونه مقاومتی ندارد ($R = ۰$).



شکل ۲ــ۲۴

طبق قانون اهم داریم : (بی‌نهایت) $I = \frac{V}{R} = \frac{V}{۰} = \infty$

پس می‌توان نتیجه گرفت در این حالت که کلید دو سر لامپ را به هم متصل می‌کند مدار اتصال کوتاه می‌شود و جریان شدیدی از آن می‌گذرد.

۱۱ــ۲ــ انواع مقاومت‌های اهمی

مقاومت‌های اهمی از نظر شکل استفاده به دو دستهٔ کلی تقسیم می‌شوند.

الف) مقاومت‌های ثابت

ب) مقاومت‌های متغیر

الف) مقاومت‌های اهمی ثابت

به آن گروه از مقاومت‌های اهمی که مقدارشان همواره ثابت است مقاومت‌های ثابت گویند (شکل ۲ــ۲۵).

شکل ۲ــ۲۵

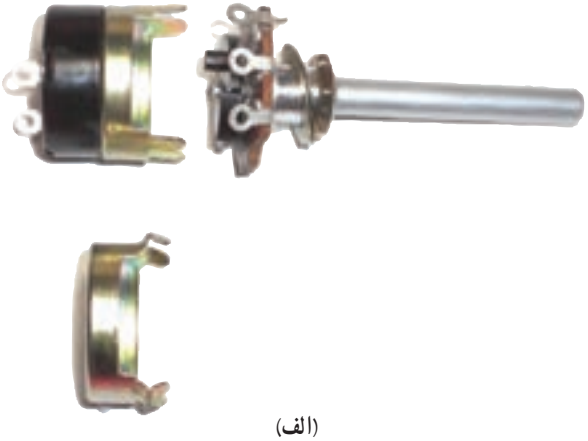
ب) مقاومت‌های اهمی متغیر

مقاومت‌های متغیر به مقاومت‌هایی گفته می‌شود که مقدارشان ثابت نباشد و قابل تغییر است.

این مقاومت‌ها در دو نوع زیر ساخته می‌شوند.

۱ــ Short Circuit - SC

۱ــ مقاومت‌های متغیر قابل تنظیم دستی : مقاومت‌هایی هستند که با تغییر لغزندهٔ روی آن می‌توان مقدار اهم مورد نیاز را تنظیم نمود و از پایانه‌های خروجی آن دریافت کرد. شکل ۲۶ــ۲ تصویر چند مدل از آن‌ها را نشان می‌دهد.



(الف)

(ب)

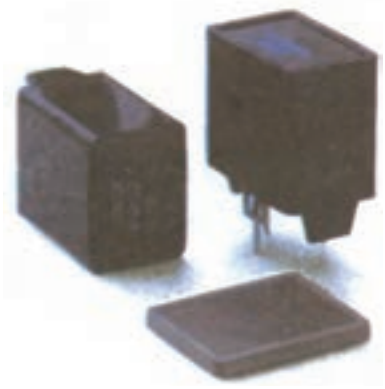
شکل ۲۶ــ۲

۲ــ مقاومت‌های متغیر وابسته : مقاومت‌هایی را که مقدار اهم آن‌ها به‌وسیلهٔ عوامل فیزیکی مختلف مانند حرارت، نور و ... تغییر می‌کند، مقاومت‌های متغیر وابسته گویند.

در این‌جا فقط به معرفی دو نوع از این مقاومت‌ها اشاره می‌شود.

■ ***مقاومت‌های متغیر تابع حرارت :*** مقدار مقاومت‌های تابع حرارت در اثر تغییر حرارت مقاومتشان تغییر می‌کند. اصطلاحاً به این گروه از مقاومت‌ها «ترمیستور[1]» گفته می‌شود.

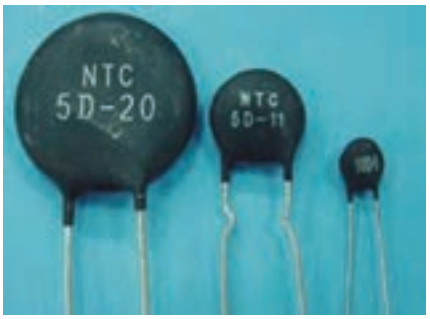
به گروهی از ترمیستورها که با افزایش دما مقدار مقاومت آن‌ها افزایش می‌یابد پی تی سی (PTC)[2] و نوعی که با افزایش دما مقدار مقاومت آن کاهش می‌یابد ان تی سی (NTC)[3] گفته می‌شود. شکل ۲۷ــ۲ تصاویری از هر دو نوع ترمیستور را نشان می‌دهد.



الف) دو نمونهٔ PTC

شکل ۲۷ــ۲

۱ــ Thermistor ۲ــ PTC – Positive Temperature Coefficient ۳ــ NTC – Negative Temperature Coefficient



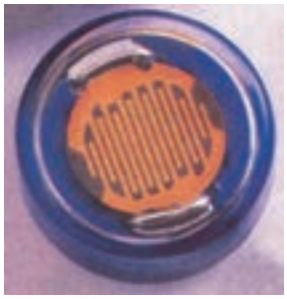
ب) دو نمونهٔ NTC

ادامهٔ شکل ۲۷ــ۲

■ ***مقاومت‌های متغیر تابع نور:*** نوع دیگری از مقاومت‌های متغیر وابسته وجود دارند که با تغییر مقدار نور تابیده شده به آن‌ها مقدار مقاومت آن‌ها تغییر می‌کند. اصطلاحاً به این گروه از مقاومت‌های وابسته ال دی آر (LDR)[1] گفته می‌شود.

شکل ۲۸ــ۲ تصویر دو نمونه از این نوع مقاومت‌ها را نشان می‌دهد.

(الف)



(ب)

شکل ۲۸ــ۲

۱ــ LDR – Light D. Pendent Rsistor

پرسش‌های فصل دوم

◄ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱ــ کدام گزینه تعریف جریان الکتریکی است؟

الف) تعداد الکترون‌ها در لایهٔ خارجی یک هادی

ب) مقدار انرژی که به مدار والانس وارد می‌شود.

ج) کاری که روی اتم‌ها انجام می‌شود.

د) الکترون‌های آزاد که در یک مسیر حرکت می‌کنند.

۲ــ کدام یک از موارد زیر صحیح است؟

الف) مقاومت با سطح مقطع رابطهٔ مستقیم دارد.

ب) مقاومت مخصوص با طول رابطهٔ معکوس دارد.

ج) مقاومت مخصوص با سطح مقطع رابطهٔ معکوس دارد.

د) مقاومت با طول رابطهٔ مستقیم دارد.

۳ــ کدام گزینه اجزای اصلی یک مدار را بیان می‌کند؟

الف) منبع تغذیه، فیوز، سیم‌های رابط

ب) منبع تغذیه، کلید، فیوز

ج) سیم‌های رابط، بار، منبع تغذیه

د) سیم‌های رابط، کلید، بار

۴ــ با توجه به قانون اهم، جریان یک مدار با مقاومت مدار رابطه ..... دارد.

الف) معکوس

ب) مجذوری

ج) مستقیم

د) نمایی

۵ــ در حالت اتصال کوتاه جریان مدار به ..... می‌رسد.

الف) بی‌نهایت

ب) نصف

ج) حداکثر

د) صفر

۶ــ نحوهٔ اتصال آمپرمتر و ولت‌متر در مدارهای الکتریکی به ترتیب چگونه است؟

الف) موازی ــ موازی

ب) سری ــ سری

ج) موازی ــ سری

د) سری ــ موازی

◀پرسش‌های درست و نادرست

۷ــ مقاومت‌هایی که دراثر افزایش دما مقدار مقاومتشان کاهش می‌یابد ان‌تی‌سی (NTC) نام دارد.

درست ☐ نادرست ☐

۸ــ مقاومت مخصوص سیم‌های آلومینیومی و سیم‌های مسی برابر است. درست ☐ نادرست ☐

۹ــ اگر مقاومت یک مدار ثابت باشد، تغییرات جریان با تغییرات ولتاژ منبع رابطه معکوس است.

درست ☐ نادرست ☐

۱۰ــ در حالت اتصال کوتاه مقاومت در مدار الکتریکی افزایش پیدا می‌کند.

◀پرسش‌های پُرکردنی

۱۱ــ ترمیستوری را که مقاومت آن با افزایش دما نسبت مستقیم دارد، ..... گویند.

۱۲ــ در صورتی که مقدار اهم مقاومتی با تغییر مقدار نور تغییر کند مقاومت را ..... نامند.

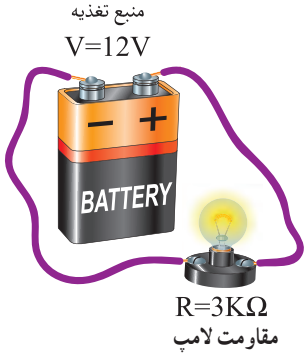
۱۳ــ در یک مدار با ولتاژ ۱۲ ولت و مقاومت ۴Ω جریانی برابر ..... آمپر از مدار عبور می‌کند.

۱۴ــ ۵ میکرو ولت معادل ..... نانوولت است.

◀پرسش‌های تشریحی

۱۵ــ در مدار شکل ۲۹ــ۲ جریان عبوری از مدار چند میکروآمپر است؟

پاسخ : ۴۰۰۰μA



شکل ۲۹ــ۲

۱۶ــ سیم مسی به طول ۱۱۲ متر به سطح مقطع $4mm^2$ مفروض است. مقاومت الکتریکی سیم چند اهم است؟

$\rho = 0/0178 \frac{\Omega mm^2}{m}$ مس است.

۱۷ــ دو نوع مقاومت متغیر وابسته را توضیح دهید.

۱۸ــ انواع مقاومت‌های اهمی را نام ببرید.