فصل ۲

# اندازه‌گیری جریان، ولتاژ و مقاومت اهمی

## هدف کلّی

**شناخت مفاهیم جریان، ولتاژ و مقاومت اهمی و نحوهٔ اندازه‌گیری هر یک از این کمیت‌ها**

**هدف‌های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می‌رود که:**

- جریان الکتریکی و واحد آن را تعریف کند.
- دستگاه اندازه‌گیری جریان را تشریح کند.
- تقسیمات صفحهٔ مدرج را از یکدیگر تفکیک کند.
- به هنگام استفاده از آمپرمتر برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی نکات ایمنی را رعایت کند.
- نحوهٔ اندازه‌گیری جریان AC با آمپرمتر را شرح دهد.
- قسمت‌های مختلف یک مولتی‌متر عقربه‌ای را تمیز دهد.
- اختلاف پتانسیل الکتریکی (ولتاژ) و واحد آن را تعریف کند.
- طرز قرارگرفتن ولت‌متر را برای اندازه‌گیری ولتاژ شرح دهد.
- نحوهٔ خواندن مقدار ولتاژ را از روی صفحهٔ مدرج ولت‌متر بیان کند.
- نحوهٔ اندازه‌گیری ولتاژهای زیاد را شرح دهد.
- مقاومت اهمی و واحد آن را تعریف کند.
- روش‌های مختلف اندازه‌گیری مقاومت اهمی را شرح دهد.
- مدار الکتریکی پل وتستون و کاربرد آن را بیان کند.
- فعالیت‌های کلاسی را با اعتماد به نفس و به طور دقیق انجام دهد.
- نظم و ترتیب و حضور به موقع در کلاس را رعایت کند.
- مسئولیت‌های واگذار شده را به طور دقیق اجرا کند.
- در موقعیت‌های مناسب از آزمایشگاه مجازی استفاده کند.
- از امکانات فراهم‌شده به خوبی حفاظت و نگهداری کند.
- ابهامات و سؤالات خود در زمان مقتضی را بپرسد.
- به سؤالات مطرح شده در زمان مقتضی پاسخ دهد.
- حضور فعال و داوطلبانه در امور مختلف داشته باشد.
- توانمندی‌های خود را در موقعیت‌های مناسب بروز دهد.
- در کارگروهی مشارکت فعال و همکاری مؤثر داشته باشد.
- نسبت به حل مشکلات سایر هنرجویان حساس و فعال باشد.
- سایر هنرجویان را در ارتباط با اجرای نظم و مقررات، راهنمایی و تشویق کند.
- نکات ایمنی را در مورد کار با دستگاه‌های اندازه‌گیری شرح دهد.

## قابل توجه هنرآموزان محترم

- در صورت امکان، نمونه‌هایی از مولتی‌متر عقربه‌ای و دیجیتالی را به کلاس درس بیاورید و اصول کار و نحوهٔ استفاده از آن‌ها را به صورت عینی به هنرجویان آموزش دهید.
- با استفاده از نرم‌افزار مولتی‌سیم (multisim)، کاربرد انواع دستگاه‌های اندازه‌گیری را برای هنرجویان به صورت آزمایشگاه مجازی به نمایش درآورید.

قبل از شروع این بحث مفاهیم زیر را به‌خاطر بسپارید.

۱ــ **ولتاژ مستقیم یا DC** : ولتاژی است که مقدار آن همواره ثابت باقی می‌ماند و با گذشت زمان تغییر نمی‌کند. مانند : ولتاژ باتری.

۲ــ **ولتاژ متناوب یا AC** : ولتاژی است که مقدار و جهت آن با زمان تغییر می‌کند. ولتاژ برق شهر یک ولتاژ متناوب سینوسی است. از ولتاژ متناوب جریان متناوب به‌وجود می‌آید.

۳ــ **آمپر** : واحد اندازه‌گیری جریان الکتریکی آمپر است و آن را با A نشان می‌دهند.

۴ــ **آمپرمتر** : دستگاه اندازه‌گیری الکتریکی است که جریان الکتریکی را اندازه‌گیری می‌کند.

۵ــ **ولت** : واحد اندازه‌گیری ولتاژ ولت است و آن را با V نشان می‌دهند.

۶ــ **ولت‌متر** : دستگاه اندازه‌گیری الکتریکی است که ولتاژ را اندازه‌گیری می‌کند.

۷ــ **مقاومت الکتریکی** : به هرگونه خاصیتی که در مقابل عبور جریان الکتریکی از خود مخالفت نشان دهد مقاومت الکتریکی گفته می‌شود.

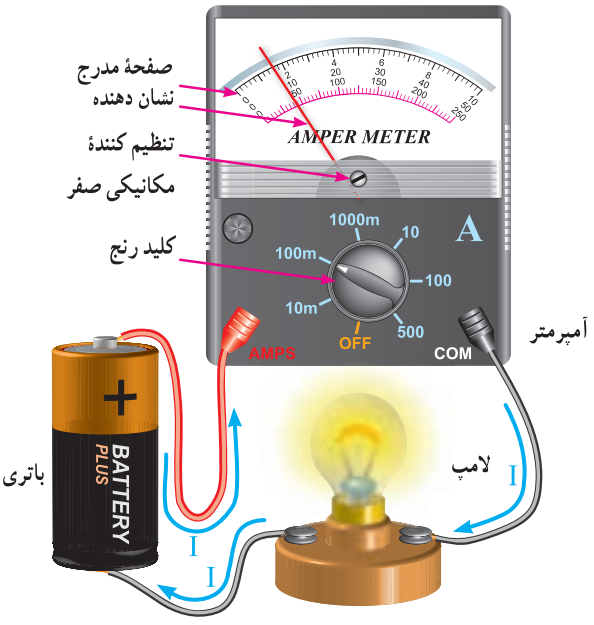
۸ــ **اهم** : واحد اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی اهم است و آن را با Ω نشان می‌دهند.

۹ــ **اهم‌متر** : دستگاه اندازه‌گیری الکتریکی است که مقاومت را اندازه‌گیری می‌کند.

## ۱ــ۲ــ اندازه‌گیری جریان

**۱ــ۱ــ۲ــ اندازه‌گیری جریان DC** : همان‌طور که در درس فیزیک خوانده‌اید جابه‌جایی بارهای الکتریکی نسبت به زمان در یک هادی را جریان الکتریکی می‌نامند. اگر این جابه‌جایی در یک جهت باشد جریان الکتریکی را جریان DC می‌نامند. واحد شدت جریان الکتریکی آمپر نام دارد. در الکترونیک از واحدهای کوچک‌تری مانند میلی‌آمپر ($\frac{۱}{۱۰۰۰}$ آمپر) و میکرو آمپر ($\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰}$ آمپر)، و در برق صنعتی از واحدهای بزرگ‌تر از آمپر نظیر کیلوآمپر (۱۰۰۰ آمپر) استفاده می‌شود.

دستگاهی که جریان الکتریکی را اندازه می‌گیرد آمپرمتر نام دارد. آمپرمتر در مدار به‌طور سری قرار می‌گیرد تا جریان مصرف کننده و جریان عبوری از آمپرمتر یکی باشند. شکل ۱ــ۲ نحوهٔ قرارگرفتن یک آمپرمتر را، در یک مدار سادهٔ الکتریکی، نشان می‌دهد.




شکل ۱ــ۲ــ نحوهٔ قرار گرفتن آمپرمتر در مدار

برای قرائت مقدار جریانی که آمپرمتر نشان می‌دهد باید به طریق زیر عمل کرد :

الف) حدود اندازه‌گیری یا ضریب کلید رنج (مثلاً در شکل ۱ــ۲، ۱۰۰mA می‌باشد) را به ماکزیمم عدد روی صفحهٔ مدرج (مثلاً در شکل ۱ــ۲ یکی از تقسیمات ۱۰ می‌باشد) تقسیم می‌کنیم. عدد به دست آمده را ضریب ثابت صفحه نامیده و آن‌را با حرف C نشان می‌دهیم؛ با توجه به شکل ۱ــ۲ داریم :

$$C = \frac{\text{ضریب کلید رنج}}{\text{آخرین عدد روی صفحه}} = \frac{۱۰۰}{۱۰} = ۱۰\text{mA} / \text{هر تقسیمات}$$

ب) مقدار انحراف عقربه را در ضریب ثابت صفحه ضرب می‌کنیم. در شکل ۱ــ۲ عقربه به‌اندازهٔ ۱/۶ قسمت از تقسیمات منحرف شده است، لذا مقدار جریانی که عقربه نشان می‌دهد برابر است با :

مقدار جریانی که آمپرمتر نشان می‌دهد = C × عدد خوانده شده

$$= ۱۰ \times ۱/۶ = ۱۶\text{mA}$$

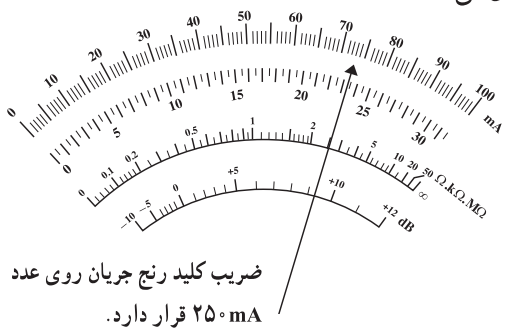
**مثال ۱** : بیش‌ترین عدد درج شده روی یک میلی‌آمپرمتر ۶۰ می‌باشد (صفحهٔ مدرج به ۶۰ قسمت تقسیم شده است) اگر حدود اندازه‌گیری (ضریب کلیدرنج) روی عدد ۳۰۰ mA بوده و عقربهٔ آمپرمتر به اندازهٔ ۴۲/۵ قسمت منحرف شده باشد، آمپرمتر مقدار جریان را ۲۱۲/۵ mA نشان می‌دهد زیرا :

$$C = \frac{۳۰۰\text{ mA}}{۶۰} = ۵\text{mA}$$

مقدار جریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد برابراست با :

$$I = ۴۲/۵ \times C = ۴۲/۵ \times ۵\text{mA} = ۲۱۲/۵\text{mA}$$

**مثال ۲** : در شکل ۲ــ۲ میلی‌آمپرمتر ۱۸۲/۵ میلی‌آمپر را نشان می‌دهد.




شکل ۲ــ۲ــ میلی‌آمپرمتر ۱۸۲/۵ میلی‌آمپر را نشان می‌دهد.

$$C = \frac{۲۵۰}{۱۰۰} = ۲/۵\text{mA}$$

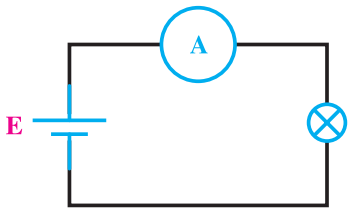
مقدارجریانی که میلی‌آمپرمتر نشان می‌دهد = C × ۷۳

$$= ۲/۵ \times ۷۳ = ۱۸۲/۵\text{mA}$$

در مدارات الکتریکی آمپرمتر را با علامت یا نماد شکل ۳ــ۲ نمایش می‌دهند.

شکل ۳ــ۲ ــ نماد یک آمپرمتر

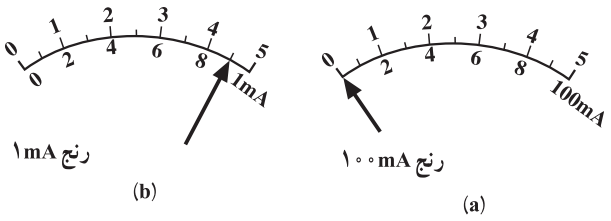
شکل ۴ــ۲ یک مدار الکتریکی را که آمپرمتر در آن قرار گرفته است نشان می‌دهد.




شکل ۴ــ۲ــ آمپرمتر مقدار جریان گذرنده از لامپ را نشان می‌دهد.

برای دقیق‌تر خواندن جریانی که آمپرمتر نشان می‌دهد باید حدود اندازه‌گیری (ضریب کلیدرنج) را طوری انتخاب کنیم که انحراف عقربه بیشترین مقدار را داشته باشد.

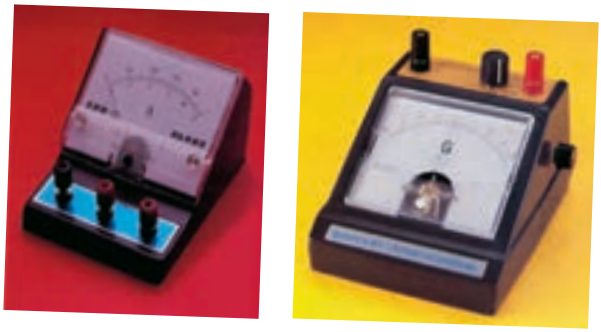
شکل ۵ــ۲ جریان ۰/۹۲ میلی‌آمپر را در محدودهٔ اندازه‌گیری ۱mA و ۱۰۰mA نشان می‌دهد. همان‌طور که از شکل نیز پیداست اندازه‌گیری جریان ۰/۹۲ mA در رنج ۱mA دقیق‌تر است.




شکل ۵ــ۲ــ اثرات انتخاب رنج مناسب برای قرائت مقادیر

**توجه :** هنگام تعویض رنج آمپرمتر سعی کنید ابتدا دو سر آمپرمتر را اتصال کوتاه نموده، سپس رنج را عوض کرده و آن‌گاه آن را از اتصال کوتاه خارج کنید. در ضمن چنانچه مقدار جریان مورد اندازه‌گیری نامشخص است رنج آمپرمتر را در بیشترین مقدار خود قرار دهید.

آمپرمترها و میلی‌آمپرمترهای DC به صورت های آزمایشگاهی، تابلویی و یا به صورت قسمتی از مولتی‌متر (اهم‌متر ــ ولت‌متر ــ آمپرمتر) ساخته می‌شوند. شکل ۶ــ۲ چند نمونه از آمپرمترها و میلی‌آمپرمترهای آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.



شکل ۶ ــ ۲ ــ نمونه‌هایی از میلی‌آمپرمترهای آزمایشگاهی

شکل ۷ــ۲ نشان دهندهٔ دو نمونه از آمپرمترهای تابلویی است.

شکل ۷ــ۲ــ دو نمونه آمپرمترهای تابلویی

شکل ۸ ــ۲ یک نمونه مولتی متر را نشان می‌دهد که قسمتی از آن میلی‌آمپرمتر DC است.

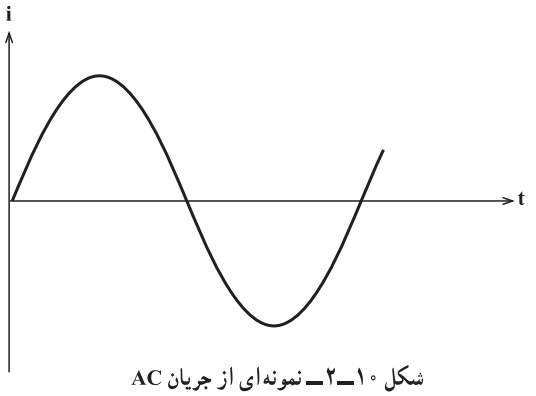
شکل ۸ ــ ۲ ــ نمونه‌ای از مولتی‌متر عقربه‌ای

مولتی متر یک دستگاه نسبتاً پرکاربرد در برق و الکترونیک است که در فصل پنجم همین کتاب ساختمان آن به طور کامل مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

نوع دیگری از مولتی متر وجود دارد که به آوومتر دیجیتالی موسوم است. این نوع مولتی متر نیز دارای رنج جریان DC است و مقدار اندازه‌گیری شده را به صورت رقمی روی صفحهٔ نمایش نشان می‌دهد. در شکل ۹ــ۲ یک نمونه از این مولتی‌مترها را مشاهده می کنید.

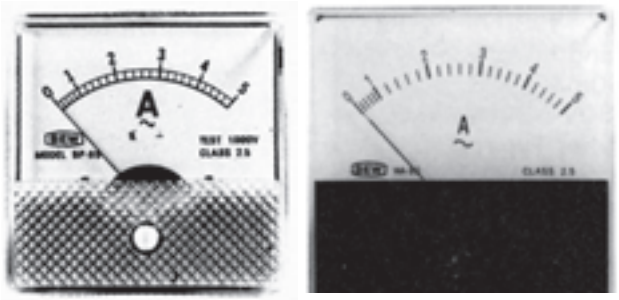
شکل ۹ــ۲ــ یک نمونه مولتی‌متر دیجیتالی

**۲ــ۱ــ۲ــ اندازه‌گیری جریان AC** : اگر در یک مدار جهت جابه‌جایی بارهای الکتریکی دائماً تغییر کند و این تغییرات دارای نظم خاصی در زمان‌های مساوی باشد، این جریان را جریان AC می‌نامند. شکل ۱۰ــ۲ نمونه‌ای از جریان AC را، که تغییرات آن به شکل سینوسی است، نشان می‌دهد.




شکل ۱۰ــ۲ــ نمونه‌ای از جریان AC

برای اندازه‌گیری جریان AC حتماً باید از آمپرمترهای AC استفاده کرد. پس با آمپرمترهایی که فقط دارای رنج DC می‌باشند نمی‌توان جریان AC را اندازه گرفت. بعضی دیگر از آمپرمترها توانایی اندازه‌گیری جریان‌های DC و AC را تواماً دارا هستند که با کلید انتخاب (DC_AC) می‌توان در هر لحظه جریان موردنظر را اندازه گرفت. آمپرمترهای AC بیشتر به صورت تابلویی ساخته می‌شوند. شکل ۱۱ــ۲ دو نمونه از آمپرمترهای AC تابلویی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱ــ۲ــ دو نمونه از آمپرمترهای تابلویی AC

شکل ۱۲ــ۲ دو نمونه آمپرمتر AC آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

شکل ۱۲ــ۲ــ دو نمونه آمپرمتر AC آزمایشگاهی

شکل ۱۳ــ۲ یک مولتی متر دیجیتالی آزمایشگاهی را نشان می‌دهد که دارای رنج جریان متناوب (AC) و مستقیم (DC) می‌باشد.

شکل ۱۳ــ۲ــ یک نمونه مولتی متر دیجیتالی آزمایشگاهی DC و AC

مولتی مترهای عقربه‌ای معمولاً فاقد رنج اندازه‌گیری جریان AC هستند. امّا کلیهٔ مولتی مترهای دیجیتالی رنج اندازه‌گیری جریان AC را دارا می‌باشند. برای اندازه‌گیری جریان AC توسط آوومتر دیجیتالی، کافی است که ترمینال‌های مخصوص جریان را با مدارْ سری نموده و کلید AC آن‌را فعال کنیم تا روی صفحهٔ نمایش مولتی متر علامت AC ظاهر گردد. در این صورت مقدار جریان AC به‌صورت رقمی روی صفحهٔ نمایش نوشته می‌شود.

علاوه بر آمپرمترهای آزمایشگاهی و تابلویی و مولتی مترها، نوع دیگری از آمپرمترهای AC وجود دارند که به آمپرمتر انبری معروفند.

برای اندازه‌گیری جریان کافی است سیم حامل جریان AC را وسط هستهٔ این مولتی متر که با اهرمی باز می‌شود قرار دهیم تا مقدار جریان را نشان دهد. توجه داشته باشید که در این حالت فقط یک رشته‌سیم باید از هسته عبور داده شود. امروزه آمپرمترهای انبری را به صورت مولتی متر (ترکیبی) می‌سازند. شکل ۱۴ــ۲ دو نمونه آوومتر انبری عقربه‌ای و دیجیتالی را نشان می‌دهد.

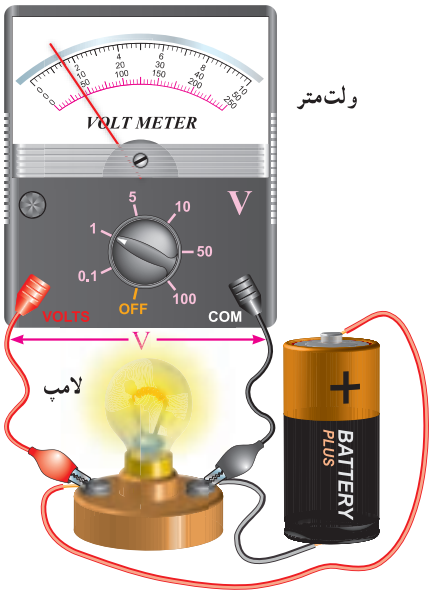
شکل ۱۴ــ۲ــ دو نمونه مولتی‌متر انبری عقربه‌ای و دیجیتالی

## ۲ــ۲ــ اندازه‌گیری ولتاژ

**۱ــ۲ــ۲ــ اندازه‌گیری ولتاژ DC** : اختلاف تعداد بارهای الکتریکی بین دو نقطه از یک مدار را اختلاف پتانسیل الکتریکی بین آن دو نقطه می‌نامند. اگر این اختلاف در هر لحظه ثابت باشد اختلاف پتانسیل مدار ثابت است. به اختلاف پتانسیل الکتریکی معمولاً ولتاژ (Voltage) نیز می‌گویند.

واحد اختلاف پتانسیل الکتریکی ولت است. در الکترونیک از واحدهای کوچک‌تر ولت یعنی میلی‌ولت ($\frac{۱}{۱۰۰۰}$ ولت) و میکروولت ($\frac{۱}{۱۰۰۰۰۰۰}$ ولت) و در برق صنعتی از واحد بزرگ‌تر از ولت مانند کیلوولت (۱۰۰۰ ولت) نیز استفاده می‌شود.

دستگاهی که ولتاژ را اندازه می‌گیرد ولت‌متر نام دارد. از آن‌جایی که ولت‌متر اندازه‌گیری اختلاف پتانسیل دو نقطه را بر عهده دارد باید، هنگام قرار گرفتن در مدار، با آن دو نقطه به طور موازی قرار گیرد. شکل ۱۵ــ۲ نحوهٔ قرار گرفتن یک ولت‌متر را در یک مدار ساده الکتریکی، نشان می‌دهد.




شکل ۱۵ــ۲ــ نحوهٔ قرار گرفتن ولت‌متر در مدار

برای خواندن مقدار ولتاژی که ولت‌متر نشان می‌دهد، همانند خواندن آمپرمتر، ابتدا ضریب ثابت سنجش را به دست آورده و آن‌گاه این عدد را در مقدار انحراف عقربه برحسب تقسیمات ضرب می‌کنیم.

**مثال ۱** : با توجه به شکل ۱۵ــ۲ یکی از تقسیمات را (مثلاً ۵۰) درنظر گرفته و ضریب ثابت سنجش را محاسبه می‌نماییم :

$$C = \frac{۱}{۵۰} = ۰/۰۲$$

مقداری که ولت‌متر نشان می‌دهد برابر است با :

C × تعداد تقسیماتی که عقربه منحرف شده است

بنابراین داریم : ۷/۵ × ۰/۰۲ = ۰/۱۵

**سؤال** : چرا در مثال ۱ که صفحهٔ مدرج ولت‌متر، هم دارای درجه‌بندی ۱۰ قسمتی و هم ۵۰ قسمتی است، درجه‌بندی ۵۰ قسمتی انتخاب ما می‌باشد؟ آیا انتخاب بهتری می‌توانیم داشته باشیم؟

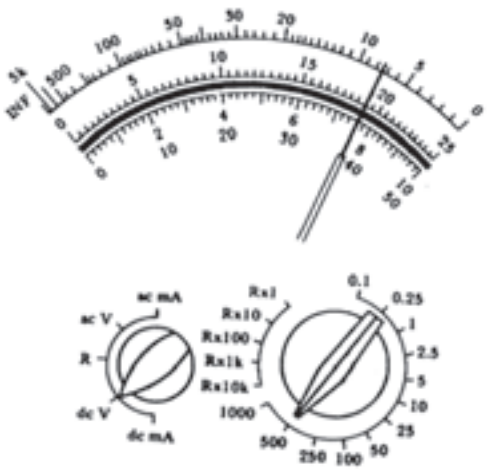
**مثال ۲** : در شکل ۱۶ــ۲ ولت‌متر ولتاژی به اندازهٔ ۳۸۰ ولت را نشان می‌دهد، زیرا :

$$C = \frac{۵۰۰}{۵۰} = ۱۰$$

مقدار ولتاژ برابر است با :

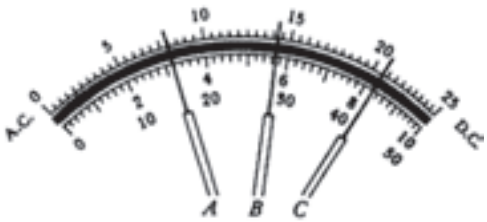
C × تعداد خانه‌های منحرف شده = مقدار ولتاژ

۳۸۰ = ۱۰ × ۳۸ = مقدار ولتاژ



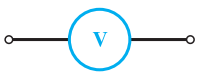
شکل ۱۶ــ۲

**سؤال** : در شکل ۱۷ــ۲ عقربهٔ ولت‌متر در حالت A ، B و C چه مقدار را نشان می‌دهد؟



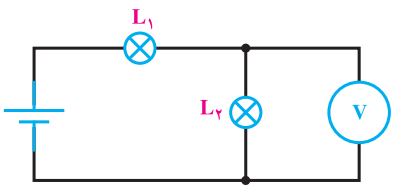
شکل ۱۷ــ۲ــ حدود اندازه‌گیری (ضریب کلید رنج) روی عدد ۲۵۰ قرار دارد.

در مدارهای الکتریکی ولت‌متر را با نماد شکل ۱۸ــ۲ نشان می‌دهند.



شکل ۱۸ــ۲ــ نماد یک ولت‌متر

شکل ۱۹ــ۲ یک مدار الکتریکی را، که ولت‌متر آن در حال اندازه‌گیری ولتاژ دو سر یک لامپ می‌باشد، نشان می‌دهد.



شکل ۱۹ــ۲ــ ولت‌متر ولتاژ دو سر لامپ

برای دقیق‌تر خواندن مقدار ولتاژی که ولت‌متر نشان می‌دهد باید حدود اندازه‌گیری (ضریب کلید رنج) را طوری انتخاب نماییم که انحراف عقربه بیشترین مقدار را داشته باشد.

ولت‌مترهای DC به صورت‌های آزمایشگاهی، تابلویی و یا به صورت قسمتی از مولتی متر ساخته می‌شوند. شکل ۲۰ــ۲ یک نمونه از میلی‌ولت‌متر آزمایشگاهی را نشان می‌دهد.

شکل ۲۰ــ۲ــ یک نمونه میلی‌ولت‌متر آزمایشگاهی

شکل ۲۱ــ۲ یک نمونه ولت‌متر DC تابلویی را نشان می‌دهد.

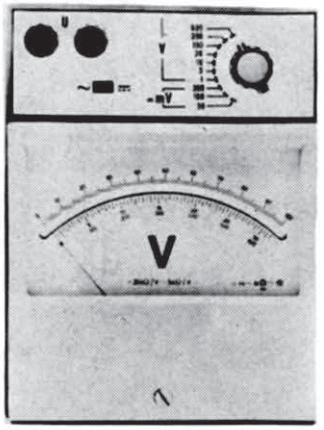
شکل ۲۱ــ۲ــ یک نمونه ولت‌متر DC تابلویی

شکل ۲۲ــ۲ یک نمونه مولتی‌متر را که قسمتی از آن به‌عنوان ولت‌متر DC است نشان می‌دهد.

شکل ۲۲ــ۲ــ یک نمونه از مولتی‌متر

مولتی مترهای دیجیتالی نیز قادر به اندازه‌گیری ولتاژ DC هستند. یک نمونه دیگر از این مولتی مترها در شکل ۹ــ۲ نشان داده شده است.

**۲ــ۲ــ۲ــ اندازه‌گیری ولتاژ AC :** برای اندازه‌گیری ولتاژ AC از ولت‌متر AC استفاده می‌شود. اکثر ولت‌مترهای آزمایشگاهی هر دو ولتاژ DC و AC را اندازه می‌گیرند. شکل ۲۳ــ۲ یک ولت‌متر آزمایشگاهی را نشان می‌دهد که دارای قابلیت اندازه‌گیری هر دو ولتاژ DC و AC می‌باشد. به همین منظور بر روی ولت‌مترها کلید انتخاب DC و AC وجود داشته و یا سلکتور حدود اندازه‌گیری DC با AC تفاوت دارد.

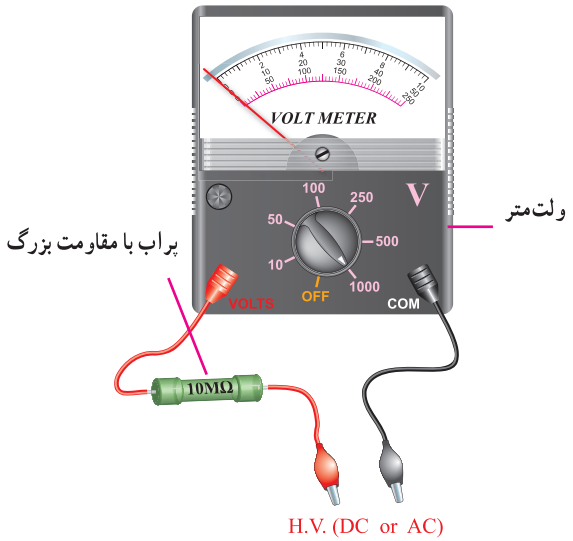



شکل ۲۳ــ۲ــ یک ولت‌متر آزمایشگاهی

شکل ۲۴ــ۲ یک نمونه ولت‌متر تابلویی AC را نشان می‌دهد.

شکل ۲۴ــ۲ــ یک نمونه ولت‌متر تابلویی AC

همهٔ مولتی‌مترها، اعم از عقربه‌ای و دیجیتالی، قادر به اندازه‌گیری ولتاژ AC می‌باشند. نحوهٔ قرائت ولتاژ AC روی ولت‌مترهای AC همانند ولت‌مترهای DC است، و در مورد ولت‌مترهای دیجیتالی، مقدار ولتاژ به صورت رقم روی صفحهٔ نمایش (Display) نوشته می‌شود. لازم به یادآوری است که ولت‌مترهای عقربه‌ای و یا مولتی مترهای معمولی به هیچ عنوان قادر به اندازه‌گیری ولتاژهای AC کم (کم‌تر از یک ولت) به صورت دقیق نیستند ولی مولتی‌مترها و یا ولت‌مترهای دیجیتالی، ولتاژهای AC خیلی کم (حدود یک میلی ولت) را با دقت کافی اندازه‌گیری می‌کنند. برای اندازه‌گیری ولتاژهای زیاد AC و یا DC (۱۰۰۰ ولت به بالا) از پراب‌های مخصوص ولتاژ زیاد استفاده می‌شود. این پراب‌ها دارای مقاومت بسیار بزرگ بوده و با ولت‌متر سری می‌شوند تا قسمت اعظم ولتاژ مورد اندازه‌گیری در آن‌ها افت کند. شکل ۲۵ــ۲ نمونه‌ای از این نوع پراب را که در آن مقاومت ۱۰ مگااهم جهت اندازه‌گیری ولتاژ زیاد، با ولت‌متر سری شده است نشان می‌دهد.




شکل ۲۵ــ۲ــ نمونه‌ای از پراب «ولتاژ زیاد» که با ولت‌متر، سری شده است.

## ۳ــ۲ــ اندازه‌گیری مقاومت اهمی

مقاومت الکتریکی عبارت است از «مخالفت در مقابل عبور جریان الکتریکی». فلزات، بسته به نوع، طول و سطح مقطعی که دارند در مقابل عبور جریان مقاومت می‌کنند. مثلاً مقاومت الکتریکی یک سیم ضخیم و کوتاه از یک نوع فلز، کم‌تر از مقاومت الکتریکی یک سیم نازک و بلند از همان فلز است؛ و یا فلز مس، در مقابل جریان برق از خود مقاومت کم‌تری نشان می‌دهد تا فلز آهن.

واحد مقاومت اهم است و به صورت امگای یونانی (Ω) نشان داده می‌شود. در الکترونیک و برق صنعتی از واحدهای کوچک‌تر از اهم مانند میلی اهم ($\frac{۱}{۱۰۰۰}$ اهم) و واحدهای بزرگ‌تر از اهم نظیر کیلو اهم (۱۰۰۰ اهم) و مگااهم (۱۰۰۰۰۰۰ اهم) نیز به وفور استفاده می‌شود.

مقاومت اهمی را با علامت فنی مطابق شکل ۲۶ــ۲ نشان می‌دهند.

شکل ۲۶ــ۲ــ مقاومت اهمی

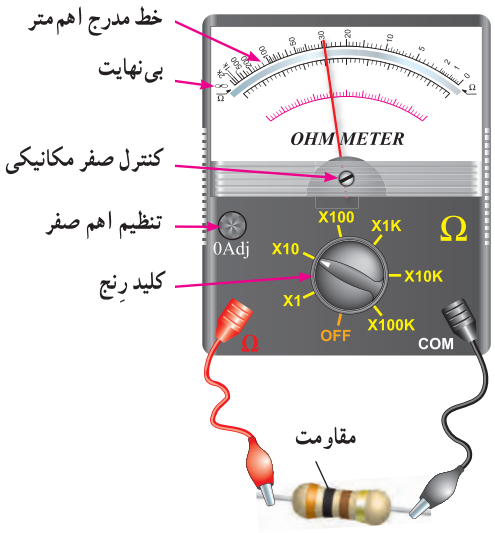
برای اندازه‌گیری مقاومت اهمی دو روش کلی وجود دارد :

الف) روش مستقیم

ب) روش غیر مستقیم

**۱ــ۳ــ۲ــ روش مستقیم** : در این روش از دستگاهی به نام اهم‌متر استفاده می‌شود.

شکل ۲۷ــ۲ یک نمونه اهم‌متر آزمایشگاهی را که در حال اندازه‌گیری یک مقاومت اهمی است، نشان می‌دهد.




شکل ۲۷ــ۲ــ اهم متر در حال اندازه‌گیری یک مقاومت

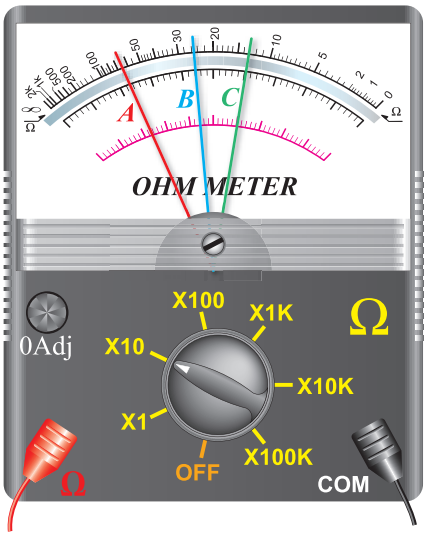
تمامی آوومترهای دیجیتالی و عقربه‌ای مجهز به اهم‌متر هستند. امروزه اهم‌مترها دیگر به صورت یک دستگاه مستقل ساخته نمی‌شوند. با ساختمان اهم‌متر در فصل پنجم این کتاب آشنا خواهید شد. درجه‌بندی اهم‌متر عکس درجه‌بندی ولت‌متر و آمپرمتر است؛ یعنی صفر آن در سمت راست صفحهٔ مدرج قرار دارد، ضمناً درجه‌بندی آن خطی نیست.

برای خواندن مقدار مقاومت اهمی از روی اهم‌متر کافی است که مقدار خوانده شدهٔ روی صفحهٔ مدرج را در ضریب کلید رنج اهم‌متر ضرب کنیم. به عنوان مثال در شکل ۲۸ــ۲ عقربه‌های A و B و C مقادیر زیر را نشان می‌دهند.

(A) $۶۷/۵ \times ۱۰ = ۶۷۵\ \Omega$

(B) $۲۴/۷۵ \times ۱۰ = ۲۴۷/۵\ \Omega$

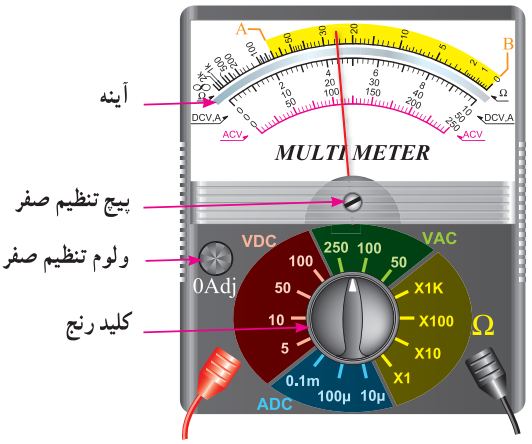
(C) $۱۳ \times ۱۰ = ۱۳۰\ \Omega$




شکل ۲۸ــ۲ــ برای خواندن مقدار مقاومت اهمی، مقدار خوانده شده روی صفحه مدرج در رنج اهم متر ضرب می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۲۹ــ۲ نیز می‌بینید درجه‌بندی اهم‌متر از سمت راست به تدریج فشرده می‌شود. به عنوان مثال مقاومت‌های ۲ Ω، ۳ Ω، ۱۰Ω و ۱۵Ω تا حدود ۵۰Ω، تقریباً به راحتی قابل خواندن هستند، امّا از حدود ۵۰Ω تا آخرین حد تقسیمات، درجه‌بندی بسیار فشرده می‌شود که در این حالت مقاومت‌های زیاد (مثلاً ۱۰۰ اهم به‌بالا) به‌طور دقیق قابل خواندن نیست. بنابراین برای دقیق خواندن مقدار مقاومت‌ها باید کلید رنج را طوری تنظیم کنیم که عقربه روی اعدادی که مقدار مقاومت را بسیار دقیق و واضح نشان می‌دهند قرار گیرد (اگر انحراف عقربه از سمت چپ بیشتر از

۴۰٪ باشد مقدار مقاومت واضح خوانده می‌شود). در شکل ۲۹ــ۲ خواندن مقاومت بین دو نقطهٔ A و B می‌تواند دقیق باشد.



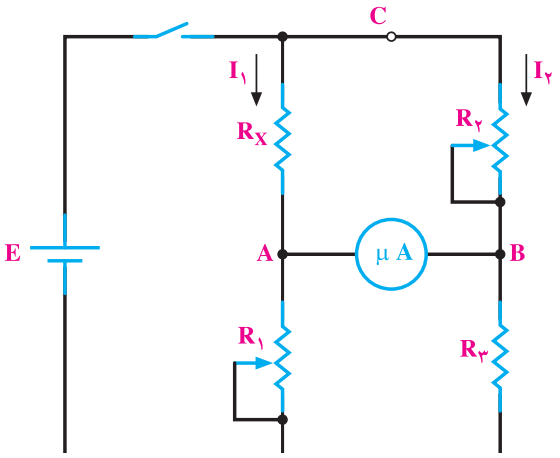

شکل ۲۹ــ۲ــ نمونه‌ای از مولتی‌متر

**۲ــ۳ــ۲ــ روش غیرمستقیم :** یکی از روش‌های غیرمستقیم اندازه‌گیری مقاومت اهمی، استفاده از پل وتستون می‌باشد. پل وتستون به صورت یک دستگاه مستقل در بازار وجود دارد. به کمک پل وتستون می‌توان مقاومت‌های کوچکتر از یک اهم تا چندین مگااهم را با دقت قابل قبول اندازه گرفت. شکل ۳۰ــ۲ یک نمونه پل وتستون را نشان می‌دهد.

شکل ۳۰ــ۲ــ یک نمونه پل وتستون

**طرز کار پل وتستون :** این پل دارای چهار بازو است که در یک بازوی آن کمیت مجهول (مقاومت اهمی که اندازه‌گیری آن مورد نظر است) قرار می‌گیرد و در سه بازوی دیگر آن کمیت‌های معلوم (مقاومت‌های معلوم و استاندارد) قرار دارند.

مدار الکتریکی پل وتستون به صورت شکل ۳۱ــ۲ می‌باشد.




شکل ۳۱ــ۲ــ مدار الکتریکی پل وتستون

پل وتستون براساس مقایسه کار می‌کند؛ یعنی مقاومت مجهول با تعدادی از مقاومت‌های معلوم مقایسه می‌شود. بنابراین دقت اندازه‌گیری در پل، به دقت مقاومت‌های معلوم بستگی دارد.

نقش گالوانومتر در پل وتستون فقط اعلام برابری پتانسیل دو نقطه A و B است، یعنی درجه‌بندی آن اهمیت ندارد و فقط صفر شدن جریان درگالوانومتر برای ما مهم است. پس از صفر شدن جریان در گالوانومتر می‌توانیم مقدار مقاومت مجهول ($R_x$) را از رابطهٔ زیر به‌دست آوریم :

$$R_x = \frac{R_1 R_2}{R_3}$$

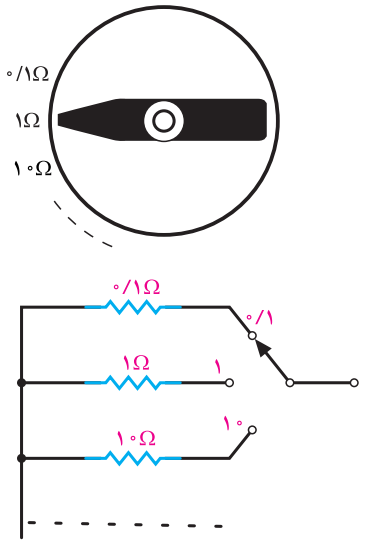
**توجه:** تنظیم صفر گالوانومتر با تنظیم مقاومت‌های $R_1$ و $R_2$ انجام می‌شود.

## فعالیت اختیاری

با مراجعه به نرم‌افزار مولتی‌سیم، مولتی‌متر دیجیتالی را روی میز کار بیاورید و با آن کار کنید.

مقاومت $R_4$ به‌صورت پله‌ای و مضربی از ۱۰ تغییر می‌کند. مثلاً ۰/۱، ۱، ۱۰، ۱۰۰، ۱۰۰۰ و... شکل ۳۲ــ۲ نمونه‌ای از یک مقاومت پله‌ای را نشان می‌دهد.

بنابراین با مشخص بودن $R_1$ و $R_2$ و $R_3$ می‌توان مقدار $R_x$ را مشخص نمود. در عمل برای خواندن $R_x$ کافی است که عدد نشان داده شده روی یک دیسک مدرج یا نمراتور مکانیکی را در ضریبی که بر روی سلکتور مقاومت $R_4$ نوشته شده ضرب کنیم.




شکل ۳۲ــ۲ــ نحوهٔ تغییر مقاومت $R_4$ به صورت پله‌ای در پل وتستون

## مطالعهٔ آزاد

**به غیر از پل وتستون، پل دیگری نیز وجود دارد که به محض اتصال سیم‌پیچ، مقاومت یا خازن به آن، بلافاصله مقدار کمیت را روی صفحهٔ نمایش خود (display) نشان می‌دهد. در شکل ۳۳ــ۲ نمونه‌ای از این پل را مشاهده می‌کنید.**

شکل ۳۳ــ۲ــ نمونه‌ای از پل دیجیتالی

### نکات ایمنی هنگام استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری

هم قبل از استفاده و هم هنگام استفاده از هر دستگاه اندازه‌گیری بایستی نکات ایمنی زیر رعایت شود:

- قرار دادن دستگاه در مدار بر حسب کمیت مورد اندازه‌گیری (ولت، آمپر و یا ...)،
- نوع جریان (DC یا AC)،
- طرز قرار گرفتن آن در سطح کار (افقی، عمودی و یا با زاویه)،
- انتخاب بالاترین رنج دستگاه به هنگام اندازه‌گیری یک کمیت نامشخص،
- جای گزینی فیوز مشابه در هنگام تعویض فیوز دستگاه،
- خودداری از ضربه زدن به دستگاه،

ــ توجه به درجه حرارت مجاز برای دستگاه در محیط کار،

ــ هنگام اندازه‌گیری جریان یا ولتاژ (زمانی که مدار جریان دارد) فیش سیم‌های رابط از دستگاه بیرون کشیده نشود.

ــ استفاده از سیم‌های مخصوص خود دستگاه.

## ۴ــ۲ــ الگوی پرسش

### تشریحی

۱ــ جریان الکتریکی و واحد آن را تعریف کنید.

۲ــ آمپرمتر چگونه در مدار قرار می‌گیرد و چرا؟

۳ــ نحوهٔ خواندن مقادیر از روی صفحهٔ مدرج مولتی‌متر چگونه است؟

۴ــ جریان سینوسی را تعریف کنید.

۵ــ فرق آمپرمتر تابلویی با آمپرمتر انبری را شرح دهید.

۶ــ اختلاف پتانسیل الکتریکی را تعریف کنید.

۷ــ ولت‌متر چگونه در مدار قرار می‌گیرد و چرا؟

۸ــ ولتاژهای خیلی زیاد را چگونه با ولت‌مترهای معمولی اندازه می‌گیرند؟

۹ــ مقاومت‌های اهمی را چگونه اندازه می‌گیرند؟

۱۰ــ طرز کار پل وتستون را به طور کامل شرح دهید.

۱۱ــ هنگام استفاده از یک دستگاه اندازه‌گیر، کدام نکات را باید به دقت مدّ نظر داشت؟

### صحیح یا غلط

۱۲ــ اگر مقدار جریان نامشخص باشد، رنج آمپرمتر را در کم‌ترین مقدار خود قرار می‌دهیم.

صحیح ☐ غلط ☐

### کامل کردنی

۱۳ــ استفاده از اهم متر روش ..... اندازه‌گیری مقاومت اهمی و استفاده از پل وتستون روش ..... اندازه‌گیری مقاومت اهمی است.

### چهار گزینه‌ای

۱۴ــ کدام مورد در ارتباط با نکات ایمنی هنگام استفاده از دستگاه‌های اندازه‌گیری، صحیح نیست؟

۱ــ قرار دادن دستگاه در مدار برحسب کمیت مورد اندازه‌گیری

۲ــ قرار دادن دستگاه در سطح کار به هر صورت افقی یا عمودی یا با زاویه

۳ــ جایگزینی فیوز مشابه در هنگام تعویض فیوز دستگاه

۴ــ استفاده از سیم‌های مخصوص خود دستگاه