

آزمایش شماره ۸

مقاومت داخلی وسایل اندازه‌گیری

هدف آزمایش

- (۱) اندازه‌گیری مقاومت داخلی آمپر متر
- (۲) اندازه‌گیری مقاومت داخلی گالوانومتر
- (۳) اندازه‌گیری مقاومت داخلی ولت‌متر

وسایل مورد نیاز

منبع تغذیه، رئوستا، کلید معمولی، کلید فشاری، آمپر متر، ولت‌متر، گالوانومتر، جعبه مقاومت، سیم‌های رابط

تئوری آزمایش

(۱) مقاومت داخلی آمپر متر

همانطور که دیدیم آمپر متر برای اندازه‌گیری جریان الکتریکی در مدار به کار می‌رود و به طور متوالی در مدار بسته می‌شود. مقاومت داخلی آن کم است زیرا نباید در جریان الکتریکی مدار تغییری ایجاد کند. مقاومت داخلی آمپر متر را نمی‌توان مستقیماً با اهم اندازه‌گیری کرد، زیرا ممکن است جریان اضافی از آن عبور کند و به آن صدمه بزند. در این آزمایش با روش اندازه‌گیری مقاومت داخلی این وسیله آشنا خواهیم شد.

(۲) مقاومت داخلی گالوانومتر

از آنجا که گالوانومتر بسیار حساس تر از آمپر متر است مطالبی که در بالا ذکر گردید در مورد گالوانومتر نیز صادق است.

(۳) مقاومت داخلی ولت‌متر

از آنجا که مقاومت داخلی ولت‌متر بسیار زیاد است ولتاژی که معمولاً اهم متر به ولت‌متر اعمال خواهد کرد در گستره تحمل آن است، مقاومت داخلی ولت‌متر را می‌توان مستقیماً با اهم متر اندازه گرفت، اما یک روش مناسب و دقیق برای اندازه‌گیری مقاومت داخلی ولت‌متر در شکل (۱) نشان داده شده است. از قانون حلقه داریم:

$$\varepsilon - (R_V + R)I = 0 \quad (1)$$

که در آن R_V مقاومت داخلی ولت‌متر است. در اینجا از مقاومت داخلی منبع تغذیه صرف نظر کرده ایم. عددی که ولت‌متر نشان می‌دهد (V) اختلاف پتانسیل دو سر آن است بنابراین با جایگذاری $I = V/R_V$ در رابطه بالا خواهیم داشت:

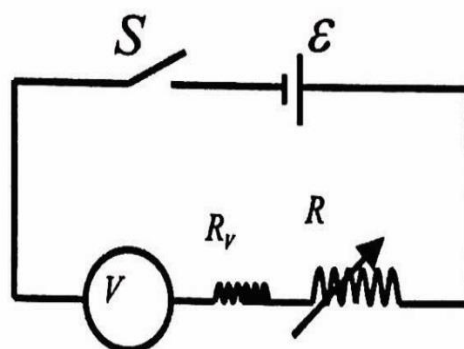
$$\varepsilon - (R_V + R) \frac{V}{R_V} = 0 \quad (2)$$

و یا

$$V = \frac{R_V \varepsilon}{R_V + R} \quad (3)$$

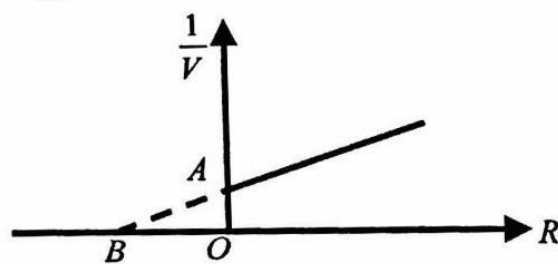
بنابراین داریم:

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{\varepsilon} + \frac{1}{\varepsilon R_V} R \quad (4)$$



شکل (۱)

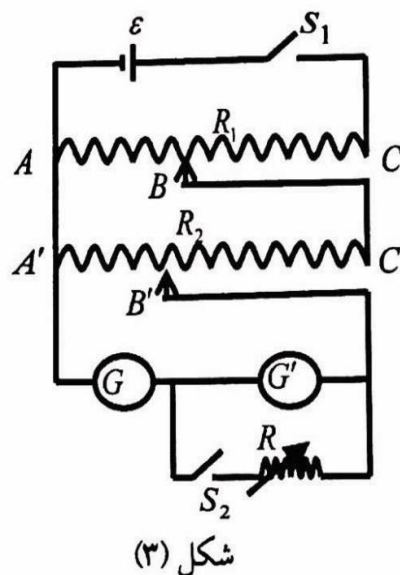
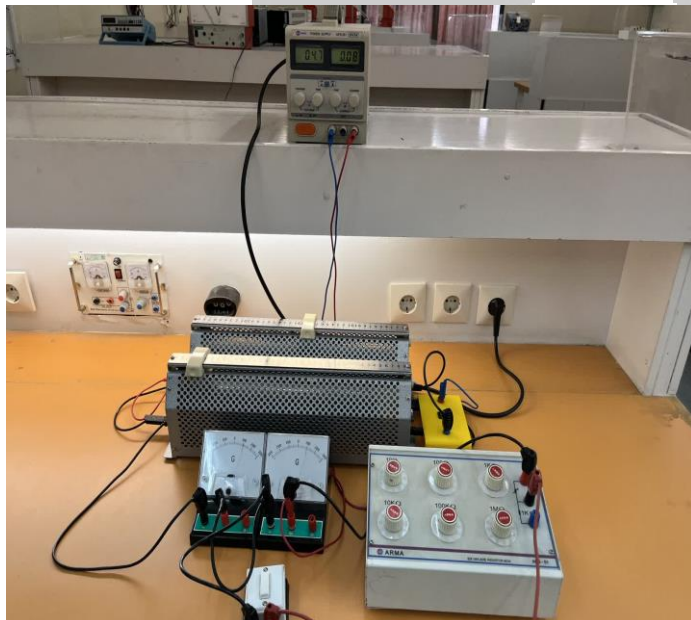
به این ترتیب نمودار $\frac{1}{V}$ بر حسب R خط راستی خواهد بود که شیب آن $\frac{1}{\varepsilon R_V}$ و عرض از مبدأ آن (OA) عکس نیروی محرکه ($\frac{1}{\varepsilon}$) است. بدیهی است اگر نمودار فوق را ادامه دهیم تا محور افقی را قطع کند، فاصله محل تقاطع تا مبدأ مختصات (OB)، مقاومت داخلی ولت‌متر را نشان می‌دهد. این موضوع در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۲)

روش آزمایش

(۱) تعیین مقاومت داخلی آمپر متر و گالوانومتر



با استفاده از یک منبع تغذیه $\mathcal{E}$ و دو رئوستای R_1 و R_2 ، یک جعبه مقاومت R دو گالوانومتر G و $\hat{G}$ و دو کلید (معمولی S_1 و فشاری S_2) مدار مطابق شکل (۳) آماده کنید. در شروع کار پایانه‌ی وسط را برای هر دو گالوانومتر انتخاب کنید. ابتدا لغزنده رئوستا B را در نقطه A قرار دهید تا جریانی از گالوانومتر عبور نکند. سپس کلید S_1 را ببندید و با تغییر لغزنده رئوستاها در حالی که کلید S_1 بسته و کلید S_2 باز است جریان مناسبی را از گالوانومترها بگذرانید (به عنوان مثال عقربه آنها بر روی عدد ۲۰ قرار گیرد). سپس کلید S_2 را بسته و با تغییر لغزنده‌ی رئوستای R_2 و جعبه مقاومت R ترتیبی دهید تا در حالی که گالوانومتر G عدد یادداشت شده را نشان می‌دهد گالوانومتر $\hat{G}$ نصف عدد قبلی خود را نشان دهد. بدیهی است مقدار داخلی گالوانومتر برابر مقداری است که جعبه مقاومت نشان می‌دهد. همین کار را برای پایانه سمت راست دو گالوانومتر تکرار کرده و مقدار مقاومت داخلی مربوطه را در همین جدول یادداشت نمایید. این آزمایش را برای پایانه ۱۰mA آمپر متر نیز تکرار کرده و در جدول (۱) بنویسید.

$R_G =$	مقاومت داخلی گالوانومتر (پایانه‌ی وسط)
$R_G =$	مقاومت داخلی گالوانومتر (پایانه‌ی سمت راست)
$R_A =$	مقاومت داخلی گالوانومتر (پایانه‌ی ۱۰mA)

جدول (۱)

۲) مقاومت داخلی ولت‌متر

ابتدا با استفاده از اهم متر، مقاومت داخلی ولت‌متر را اندازه بگیرید. سپس مدار شکل (۱) را ببندید. از جعبه مقاومت مقاومت $100 \times$ و $1000 \times$ استفاده کنید. ولتاژ منبع تغذیه را بر روی $1.5V$ تنظیم کنید. ابتدا به کمک جعبه مقاومت کاری کنید که ولت‌متر $1.5V$ را نشان دهد. سپس با تغییر مقاومت R ولتاژ خوانده شده از روی ولت‌متر را با گام‌های 0.2 ولت تا 0.5 ولت کاهش داده و به همراه مقاومت R در جدول (۲) یادداشت کنید.

$R(\Omega)$						
$V(Volt)$	$1/5$	$1/3$	$1/1$	$0/9$	$0/7$	$0/5$
$(1/V)$						

جدول (۲)

این کار را می‌توان برای دو پایانه مختلف ولت‌متر انجام داد و نتایج را با مقداری که اهم متر نشان می‌دهد مقایسه کرد. به علاوه روی صفحه مندرج ولت‌متر مثلاً عدد $5000 \Omega/V$ نوشته شده است. لذا اگر مثلاً از پایانه $5V$ ولت‌متر استفاده شود، مقاومت داخلی آن $25000 \Omega = 5 \times 5000$ خواهد بود.

محاسبات، بررسی نتایج، پرسش‌ها

- (۱) در آزمایش (۱) توضیح دهید چرا $R_G = R$ است.
- (۲) در مدار شکل (۲) توضیح دهید چرا مقاومت R باید بزرگ باشد.
- (۳) نمودار $\frac{1}{V}$ بر حسب R را بر روی کاغذ میلیمتری رسم کنید.
- (۴) شیب نمودار فوق را به دست آورده و مقدار مقاومت داخلی ولت‌متر را به دست آورید.
- (۵) عرض از مبدأ نمودار فوق را تعیین کرده و با مقدار نیروی محرکه منبع تغذیه مقایسه کنید.
- (۶) از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟
- (۷) نمودار فوق را امتداد دهید تا محور افقی را قطع کند. از اینجا مقاومت داخلی ولت‌متر را تعیین کنید و آن را با مقداری که به کمک اهم متر اندازه گرفتید مقایسه کنید.
- (۸) درصد اختلاف این مقادیر را با مقداری که بر روی ولت‌متر نوشته شده به دست آورده و دلایل اختلاف را توضیح دهید.