

گزارش آزمایش شماره 2	درس از فیزیک 2
گروه و زیر گروه:	3 و A
اعضای گروه:	حسین مسیحی (401011161) محمد نخعی (99100982)

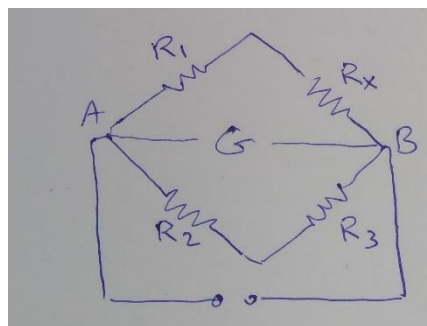
**موضوع آزمایش:** بررسی قوانین کیرشهف و تعیین مقاومت مجهول

**هدف آزمایش:** یادگیری قوانین کیرشهف و کاربرد آن در مدارها و نیز اندازه گیری مقاومت مجهول.

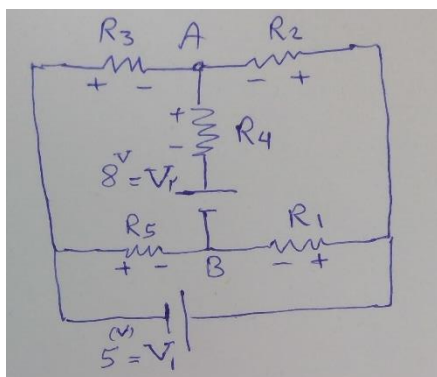
**وسایل مورد نیاز:** منبع تغذیه، ولت متر، آمپر متر، رئوستا، گالوانومتر، مقاومت ها

**قوانین مورد استفاده:**

- 1) قانون اول کیرشهف (قانون گره):** مجموع جریان های وارده به یک گره (با علامت مثبت برای جریان) با مجموع جریان های خارج شده از گره (با علامت منفی جریان) برابر است.
- 2) قانون دوم کیرشهف (قانون ولتاژ):** در حلقه ی (مسیر بسته) یک مدار مجموع ولتاژ مولدها و پیل ها (تامین کنندگان انرژی) با مجموع ولتاژ سایر اجزای موجود در حلقه برابر است. البته در محاسبه مربوطه با حرکت در مسیر بسته هرگاه به قطب مثبت مولد برخورد شود یا در جهت جریان از مقاومت عبور شود لازم است علامت مثبت ولتاژ بکار رود.
- 3) رابطه پل وتسون در تعیین مقاومت مجهول مدار:** در یک مدار مطابق شکل زیر با جریان عبوری از مقاومت G برابر صفر رابطه زیر برقرار است.



$$R_1 R_3 = R_2 R_x$$



**اطلاعات آزمایشگاهی و نحوه کار:**

**الف) بررسی قانون اول و دوم کیرشهف:** مدار را مطابق دستورالعمل بشکل زیر ایجاد و جریان مقاومت ها و ولتاژ مربوطه به آنها را اندازه گیری می کنیم.

نتایج به دست آمده در آزمایشگاه در برگه گزارش در جدول زیر نشان داده شده است.

جدول ۲				
$R_1 = 390 \Omega$	$R_2 = 220 \Omega$	$R_3 = 47 \Omega$	$R_4 = 47 \Omega$	$R_5 = 100 \Omega$
385 $\Omega$	217 $\Omega$	46 $\Omega$	46 $\Omega$	102 $\Omega$

جدول ۳					
جریان هر شاخه (mA)	$I_{R_1}$	$I_{R_2}$	$I_{R_3}$	$I_{R_4}$	$I_{R_5}$
	21.2	10.9	60.8	50	28.8

جدول ۴					
افت پتانسیل دو سر مقاومت (V)	$V_{R_1}$	$V_{R_2}$	$V_{R_3}$	$V_{R_4}$	$V_{R_5}$
	8.04	2.33	2.78	2.3	2.92

جدول ۵	
$V_{R_x}$ (V)	0.91
$I_{R_x}$ (mA)	11.1

در ابتدا برای بررسی قانون گره، مجموع جریان های ورودی و خروجی در دو گره A , B به صورت زیر نوشته می شود:

$$I_4 - I_2 - I_3 = -50 - 10.9 + 60.8 = -0.1 \text{ mA} \approx 0 \quad \text{گره (یا نقطه) A:}$$

$$I_1 + I_4 + I_5 = 21.2 - 50 + 28.8 = 0 \text{ mA} \quad \text{گره (یا نقطه) B:}$$

این دو رابطه صحت قانون اول کیرشهف را نشان می دهد. البته وجود مقداری تفاوت از صفر در اثر خطا ناشی از اندازه گیری ها و خواندن مقادیر است.

در ادامه برای بررسی قانون ولتاژ، تغییرات ولتاژ در مسیر های بسته (حلقه ها) موجود در مدار به صورت زیر نوشته می شود. همانطویکه از شکل مدار دیده می شود چهار مسیر بسته به صورت زیر می تواند در نظر گرفته شوند:

مسیر بسته 1 ( شامل اجزای  $V_1, R_5, R_1$  ):

$$V_{R5} - V_{R1} + V_1 = 2.92 - 8.04 + 5 = -0.12 \text{ V} \approx 0$$

مسیر بسته 2 ( شامل اجزای  $R_3, R_4, V_2, R_5$  ):

$$V_{R5} - V_2 - V_{R4} - V_{R3} = 2.92 - 8 + 2.3 + 2.78 = 0 \text{ V}$$

مسیر بسته 3 ( شامل اجزای  $V_2, R_4, R_2, R_1$  ):

$$-V_{R1} + V_{R2} + V_{R4} + V_2 = -8.04 + 2.33 - 2.3 + 8 = -0.01 \text{ V} \approx 0$$

مسیر بسته 4 ( شامل اجزای  $R_3, R_2, V_1$  ):

$$-V_1 + V_{R2} - V_{R3} = -5 + 2.33 + 2.78 = 0.11 \text{ V} \approx 0$$

این نتایج با تقریب خوب بیان کننده صحت قانون دوم کیرشهف برای مسیرهای بسته است و برخی خطاهای دیده شده ناشی از خطای اندازه گیری ها و محاسبات است.

### تحلیل مقادیر جریان و ولتاژ مقاومت ها در مدار:

برای بررسی و تحلیل جریان و ولتاژ دو سر مقاومت ها در مدار باز می توانیم از قوانین اول و دوم کیرشهف به صورت زیر استفاده نماییم. با نوشتن دو معادله برابری مجموع جریانهای ورودی و خروجی برای دو گره و سه معادله محاسبات ولتاژ ( $V = IR$ ) برای سه حلقه می توان مقادیر جریان پنج مقاومت را محاسبه نمود و با مقادیر به دست آمده در آزمایش مقایسه نمود.

$$I_{R3} = I_{R4} + I_{R2} \quad \text{گره (یا نقطه) A:}$$

$$I_{R4} = I_{R1} + I_{R5} \quad \text{گره (یا نقطه) B:}$$

$$102I_{R5} - 385I_{R1} + 5 = 0 \quad \text{مسیر بسته 1:}$$

$$102I_{R5} - 8 + 46I_{R4} + 46I_{R3} = 0 \quad \text{مسیر بسته 2:}$$

$$-385I_{R1} + 217I_{R2} - 46I_{R4} + 8 = 0 \quad \text{مسیر بسته 3:}$$

برای حل همزمان این پنج رابطه ابتدا جریان مقاومت های 1 تا 4 را بر حسب جریان مقاومت 5 به شکل زیر می نویسیم

$$I_{R1} = 0.2649I_{R5} + 0.01298$$

$$I_{R4} = 1.2649I_{R5} + 0.01298$$

$$I_{R2} = 0.7382I_{R5} - 0.00117$$

$$I_{R3} = 2.0031I_{R5} + 0.01181$$

و حال این روابط در رابطه آخر برای مسیر بسته 3 گذاشته تا جریان مقاومت 5 حاصل شود و از آن نیز و بکمک روابط بالا می توان مقادیر جریان برای مقاومت های 1 تا 4 را به صورت زیر محاسبه نمود

مقاومت	$I_{R1}$	$I_{R2}$	$I_{R3}$	$I_{R4}$	$I_{R5}$
مقدار (mA)	20.6	9.7	59.3	49.6	28.99

حال با توجه به مقادیر محاسبه شده فوق و مقادیر جریان مقاومت های یافته شده در آزمایش می توانیم خطای مرتبط با جریان هر یک از مقاومت ها را از رابطه زیر محاسبه نمود:

$$\text{خطای جریان} = \frac{|\text{مقدار آزمایش} - \text{مقدار محاسبه}|}{\text{مقدار محاسبه}} \times 100$$

مقایسه خطای های جریان هر یک از مقاومت ها در جدول زیر نشان داده شده است

مقاومت	$I_{R1}$	$I_{R2}$	$I_{R3}$	$I_{R4}$	$I_{R5}$
مقدار محاسبه (mA)	20.6	9.7	59.3	49.6	28.99
مقدار آزمایش (mA)	21.2	10.9	60.8	50	28.8
درصد خطا	2.83%	11.0%	2.46%	1.4%	0.66%

هم چنین می توانیم اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت ها را به رابطه  $(V = IR)$  به صورت زیر محاسبه نمود:

$$V_{R1} = R_1 \cdot I_{R1} = 20.6 \times 10^{-3} \times 385 = 7.931 V$$

$$V_{R2} = R_2 \cdot I_{R2} = 9.7 \times 10^{-3} \times 217 = 2.105 V$$

$$V_{R3} = R_3 \cdot I_{R3} = 59.3 \times 10^{-3} \times 46 = 2.727 V$$

$$V_{R4} = R_4 \cdot I_{R4} = 49.3 \times 10^{-3} \times 46 = 2.267 V$$

$$V_{R5} = R_5 \cdot I_{R5} = 28.99 \times 10^{-3} \times 102 = 2.956 V$$

حال مشابه آنچه برای محاسبه خطای مربوط به جریان مقاومت ها کار شد می توانیم برای ولتاژ از رابطه زیر عمل نماییم

$$\text{خطای ولتاژ} = \frac{|\text{مقدار آزمایش} - \text{مقدار محاسبه}|}{\text{مقدار محاسبه}} \times 100$$

مقایسه خطای های ولتاژ هر یک از مقاومت ها در جدول زیر نشان داده شده است

مقاومت	$V_{R1}$	$V_{R2}$	$V_{R3}$	$V_{R4}$	$V_{R5}$
مقدار محاسبه (V)	7.931	2.105	2.727	2.267	2.956
مقدار آزمایش (V)	8.04	2.33	2.78	2.3	2.92
درصد خطا	1.35%	9.66%	1.87%	1.4%	1.26%

**ب) بررسی رابطه پل وتستون و محاسبه مقاومت مجهول:**

مقاومت مجهول بکمک رابطه زیر محاسبه می شود

$$R_1 R_3 = R_2 R_x \Rightarrow R_x = \frac{385 \times 46}{217} = 81.61 \Omega$$

هم چنین بر اساس مقادیر به دست آمده در آزمایش برای جریان و اختلاف پتانسیل دو سر مقاومت و رابطه اهم می توان نوشت

$$R_x = \frac{V_{Rx}}{I_{Rx}} = \frac{0.91}{11.1 \times 10^{-3}} = 81.98 \, \Omega$$

علت تفاوت کم بین این دو مقدار می تواند ناشی از مقاومت کم گالوانومتر بوده بطوری که با تغییر کم مقاومت مدار تغییرات عقربه به همراه دارد .

در انتها باز هم می توان خطای این اختلاف در مقدار مقاومت مجهول را به صورت زیر ارزیابی نمود

$$\text{خطای مقاومت} = \frac{|\text{مقدار آزمایش} - \text{مقدار محاسبه}|}{\text{مقدار محاسبه}} \times 100 = \frac{81.98 - 81.61}{81.98} \times 100 = 0.45\%$$

لازم به ذکر است که در پل و تستون مقاومت ها به ترتیبی است که جریان گالوانومتر نیست و یعنی ولتاژ دو سر گره ها برابرند پس اگر جریان دو سمت مقاومت های مدار را با  $i_1$  و  $i_2$  بنامیم می توان نوشت:

$$i_1(R_1 + R_x) = i_2(R_2 + R_3)$$

$$V_A = V_B \Rightarrow i_1 R_x = i_2 R_3$$

با ترکیب این دو رابطه می توان برابری رابطه و تستون را نشان داد یعنی

$$R_1 R_3 = R_2 R_x$$