

گزارش کار آزمایش شماره ۳ - آزمایشگاه فیزیک پایه ۲

تهیه و تنظیم:

مبین خیری [۱۷.۴۴۲۱.۹۹] (مهندسی کامپیوتر)
متین سجادی [۱۴۰.۱۴۴۲۱.۰۲۵] (مهندسی کامپیوتر)
این آزمایش در ساعت ۹:۰۰ صبح روز سه شنبه، ۱۵ اسفند ۱۴۰۲ انجام شد.

ابزار و وسایل مورد نیاز:

- مقاومت‌های ۱۰۰، ۲۲۰ و ۳۳۰ اُهمی
- A.V.O متر
- منبع تغذیه
- سیم رابط

هدف آزمایش: بررسی و تحقیق قوانین اُهم و کیرشهف در مدارهای الکتریکی و اندازه‌گیری مقاومت درونی دستگاه‌های اندازه‌گیری (ولت‌متر)

تئوری آزمایش:

بخش اول: قانون اُهم

سال‌ها پیش، «گئورگ اهم» (Georg Ohm) به این واقعیت پی برد که جریان گذرنده از یک مقاومت خطی در دمای ثابت، متناسب با ولتاژ دو سر آن است و رابطه عکس با مقدار مقاومت دارد. رابطه بین ولتاژ، جریان و مقاومت اساس «قانون اهم» (Ohms Law) است که با رابطه زیر نشان داده می‌شود:

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

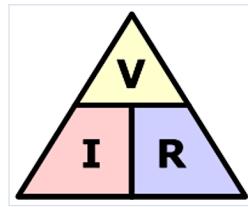
که در آن، V ولتاژ بر حسب ولت، I جریان بر حسب آمپر و R مقاومت بر حسب اُهم است. قانون اهم کاربرد گسترده‌ای در فرمول‌ها و محاسبات الکترونیک دارد. به همین دلیل، فهم آن بسیار مهم است. با دانستن دو مقدار از سه کمیت ولتاژ، جریان و مقاومت می‌توانیم با کمک قانون اهم مقدار کمیت سوم را بیابیم.

$$[V = I \times R] \quad V(\text{volts}) = I(\text{amps}) \times R(\Omega)$$

$$[I = V \div R] \quad I(\text{amps}) = V(\text{volts}) \div R(\Omega)$$

$$[R = V \div I] \quad R(\Omega) = V(\text{volts}) \div I(\text{amps})$$

گاهی اوقات، یادآوری قانون اهم با استفاده از تصاویر آسان‌تر است. مثلث قانون اهم زیر را در نظر بگیرید که کمیت‌های I ، V در سه راس آن قرار دارند. ولتاژ در راس بالا و جریان و مقاومت در رأس پایین قرار دارند. موقعیت هر کمیت در این تصویر، همان مقادیر رابطه قانون اهم را نشان می‌دهد.



مثلث قانون اهم

فرم های مختلف قانون اهم بالا را می توان با شکل های زیر نشان داد.

$$(V) = I \times R$$

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

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

شکل های مختلف قانون اهم

جريان گذرنده از هر قطعه یا عنصر الکتریکی که از «قانون اهم» پیروی می کند (مانند کابل ها و مقاومت ها که ماهیت «اهمی» دارند)، متناسب با ولتاژ دو سر آن است. همچنین، قطعاتی که چنین رابطه مستقیمی بین جریان و ولتاژ آنها برقرار نیست (مانند دیودها و ترانزیستورها)، «غیراهمی» نامیده می شوند.

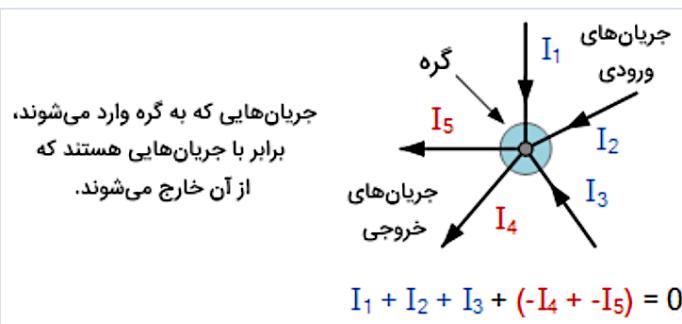
بخش دوم: قوانین KCL و KVL

گاهی، استفاده از قانون اهم به دست آوردن ولتاژ و جریان مدارهای پیچیده، دشوار است. در نتیجه، برای انجام محاسبات مربوط به این مدارها به قوانینی نیاز داریم که بتوانیم بر اساس آن، معادلات مدار را به دست آوریم. قانون مداری کیرشهف، یکی از راه حل های مناسب برای این کار است.

در سال 1875، فیزیکدان آلمانی، «گوستاو کیرشهف»، دو قانون بیان کرد که مربوط به جریان و انرژی در مدارهای الکتریکی بود؛ «قانون جریان کیرشهف» (Kirchhoff's Current Law) یا KCL که مربوط به جریان در یک مدار بسته است و «قانون ولتاژ کیرشهف» (Kirchhoff's Voltage Law) یا KVL که به ولتاژ های یک مدار بسته می پردازد.

قانون اول کیرشهف؛ قانون جریان (KCL)

قانون جریان کیرشهف یا KCL بیان می کند: «جریان یا بار الکتریکی وارد شده به یک گره دقیقاً برابر با بار یا جریانی است که از آن خارج می شود». به عبارت دیگر، مجموع جبری تمام جریان های وارد شده به یک گره باید برابر صفر باشد ($\sum I = 0$). این ایده کیرشهف، با نام پایستگی یا بقای بار نیز شناخته می شود.



قانون جریان کیرشهف

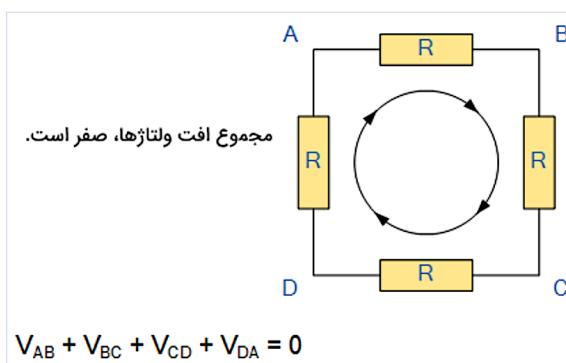
در شکل بالا، مقدار سه جریان ۱۱، ۱۲ و ۱۳ که به گره وارد می‌شوند، مثبت است و دو جریان ۱۴ و ۱۵ که از گره خارج می‌شوند، منفی هستند. معادله زیر، رابطه بین جریان‌ها را بیان می‌کند:

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

اصطلاح گره در مدارهای الکتریکی معمولاً به اتصال یا پیوند دو یا بیشتر از دو مسیر حامل جریان مانند سیم یا قطعات الکتریکی اطلاق می‌شود. برای جریانی که به گره وارد یا از آن خارج می‌شود، باید یک مسیر بسته وجود داشته باشد. وقتی با تحلیل مدارهای موازی سروکار داریم، می‌توانیم از KCL استفاده کنیم.

قانون دوم کیرشهف؛ قانون ولتاژ (KVL)

قانون ولتاژ کیرشهف یا KVL بیان می‌کند: «در هر شبکه حلقه بسته، کل ولتاژ حلقه برابر با مجموع تمام افت ولتاژهای موجود در آن است». به عبارت دیگر، مجموع تمام ولتاژهای حلقه باید برابر با صفر باشد. این ایده کیرشهف، به عنوان بقا یا پایستگی انرژی نیز شناخته می‌شود.



قانون ولتاژ کیرشهف

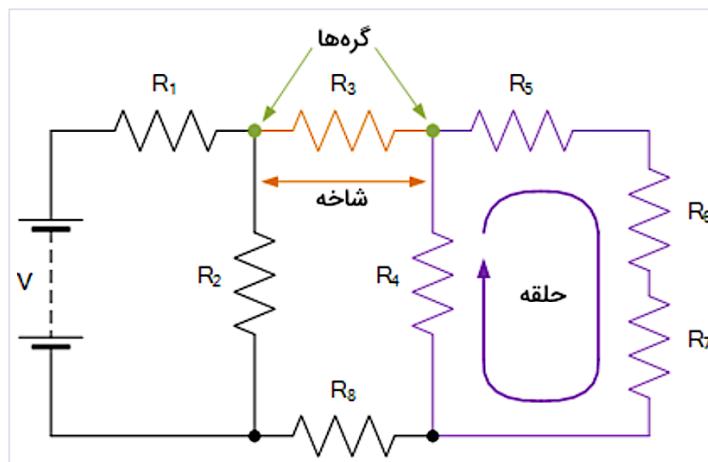
برای نوشتن معادله بر ولتاژ حلقه، باید از یک نقطه آن شروع کنیم، در یک جهت یکسان همه افت ولتاژها را بنویسیم و به همان نقطه اول باز گردیم. این نکته مهم است که وقتی افت ولتاژها را می‌نویسیم تغییر جهت ندهیم، زیرا با تغییر جهت، دیگر مجموع ولتاژها صفر نخواهد بود. از قانون ولتاژ کیرشوف می‌توان در مدارهای سری استفاده کرد.

وقتی یک مدار DC یا AC را با استفاده از قوانین مداری کیرشوف تحلیل می‌کنیم، با واژه‌ها و اصطلاحاتی روبرو می‌شویم که بخش‌های مختلف مدار را توصیف می‌کنند، مانند گره، مسیر، شاخه، حلقه و مش. این اصطلاحات در مدارهای الکتریکی بسیار تکرار می‌شوند و دانستن آن‌ها امری ضروری است.

اصطلاحات مدارهای DC

- **مدار (Circuit):** یک مدار، مسیر هادی حلقه بسته‌ای است که جریان الکتریکی در آن برقرار می‌شود.
- **مسیر (Path):** یک خط از عناصر یا منابع متصل به هم است.
- **گره (Node):** گره، یک اتصال یا پیوند از مدار است که در آن، دو یا بیشتر از دو عنصر مدار به هم متصل هستند. گره را با یک نقطه مشخص می‌کنیم.
- **شاخه (Branch):** شاخه، یک یا گروهی از اجزای مدار مانند مقاومت یا منبع است که بین دو گره وصل شده‌اند.
- **حلقه (Loop):** حلقه، یک مسیر بسته در مدار است که اگر از یک نقطه شروع کنیم و به همان جا برگردیم، بیش از یک بار از هر عنصر عبور نکرده باشیم.
- **مش (Mesh):** مش، ساده‌ترین حلقه مدار است که شاخه‌ای در آن نیست.

شکل زیر گره، حلقه و شاخه را در یک مدار ساده نشان می‌دهد.



یک مدار DC ساده

دقت کنید که می‌گوییم اجزایی مدار به صورت سری به هم متصل هستند، اگر جریان یکسانی از آن‌ها بگذرد و می‌گوییم موازی هستند، اگر ولتاژ دو سر آن‌ها برابر باشد.

کاربرد قوانین مداری کیرشهف

با کمک دو قانون مداری کیرشهف می‌توان مقادیر ولتاژ و جریان مدار را پیدا کرد. روند اصلی استفاده از این قوانین به صورت زیر است:

1. فرض کنید همه ولتاژها و مقاومت‌ها داده شده‌اند (اگر داده نشده باشند، آن‌ها را نامگذاری کنید، مثلاً $2V$, $1V$ و ... و $2R$, $1R$ و ...).
2. هر شاخه مدار را به عنوان شاخه جریان در نظر بگیرید و نامگذاری کنید (11, 12, 13 وغیره).
3. معادلات قانون اول کیرشهف را برای هر گره بنویسید.
4. معادلات قانون دوم کیرشهف را برای حلقه‌های مستقل مدار بنویسید.
5. از معادلات خطی به دست آمده استفاده کرده و جریان‌های نامعلوم را بیابید.

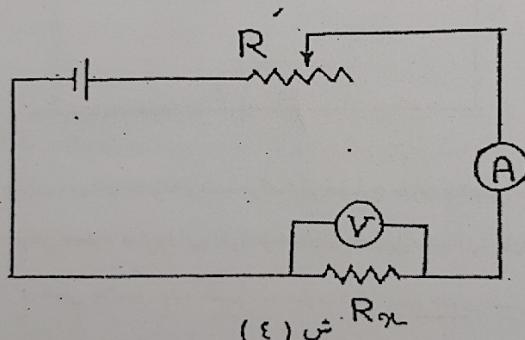
مشابه آنچه در مثال بالا انجام دادیم، می‌توانیم از تحلیل حلقه برای محاسبه جریان‌های هر حلقه مستقل استفاده کنیم که محاسبات ریاضی را با کمک قوانین کیرشهف کاهش می‌دهد.

روش انجام آزمایش (قانون اهم):

روش آزمایش (اول)

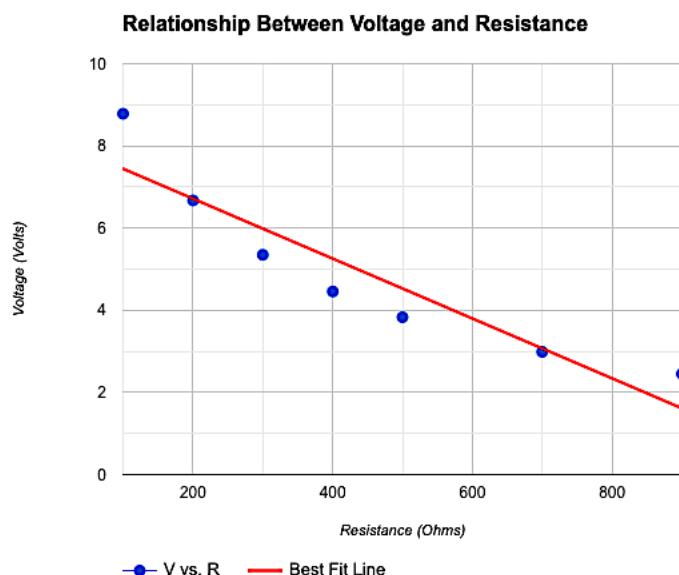
الف) قانون اهم

1. مداری مطابق شکل ۴ سوار کنید. با تغییر دادن رئوستات در هر حالت ولت سنج و آمپرسنج را خوانده و در جدول ۱ یادداشت و با استفاده از رابطه $R = \frac{V}{I}$ مقاومت را در هر حالت محاسبه و در جدول مزبور یادداشت کنید.

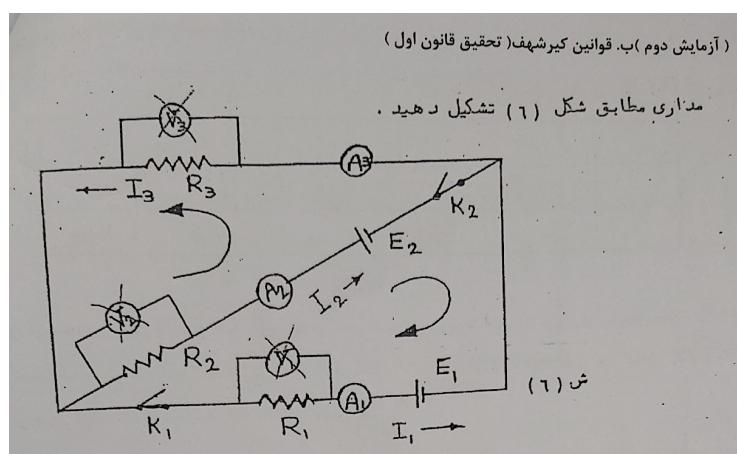


R	۱۰۰ اهم	۲۰۰ اهم	۳۰۰ اهم	۴۰۰ اهم	۵۰۰ اهم	۷۰۰ اهم	۹۰۰ اهم
V	۸.۷۸ ولت	۶.۶۷ ولت	۵.۳۵ ولت	۴.۴۶ ولت	۳.۸۲ ولت	۲.۹۹ ولت	۲.۴۵ ولت
I	۰.۰۵ آمپر	۰.۰۴ آمپر	۰.۰۳ آمپر	۰.۰۲ آمپر	۰.۰۲ آمپر	۰.۰۲ آمپر	۰.۰۱ آمپر
R _x	۱۷۵.۶ اهم	۱۶۶.۵ اهم	۱۷۸.۳ اهم	۲۲۳ اهم	۱۹۱.۵ اهم	۱۴۹.۵ اهم	۲۴۵ اهم

نمودار میله‌ای جهت نمایش بهتر داده‌های جمع‌آوری شده:



روش انجام آزمایش (قوانین کیرشهف - تحقیق قانون اول):



۱. بوسیله ولت‌متر اختلاف پتانسیل دو سر منبع تغذیه‌های E_1 و E_2 را در حالتی که کلیدهای K_1 و K_2 بسته است اندازه گرفته و یادداشت کنید.

۲. با توجه به مقادیر مقاومت‌های R_1 , R_2 و R_3 سه معادله بین I و E و R را به کمک قوانین کیرشهف $\sum I = 0$ و $\sum E = 0$ بنویسید

۳. نتایج مقادیر شدت جریان I_1 و I_2 و I را محاسبه کنید و با نتایج عملی که اندازه گرفته اید مقایسه کنید و جهت حقیقی جریان را تعیین کنید (جدول ۴)

توجه داشته باشید تعداد معادلات شدت جریان مستقل از هم طبق قانون اول کیرشهف مساوی ($N-1$) است N تعداد گره هاست و تعداد معادلات ولتاژ مستقل هم بر طبق قانون دوم کیرشهف مساوی تعداد حلقه های مدار است.

مقاطومت	اندازه گیری شده	ولتاژ منبع تغذیه E
$R_1 = 25$ اهم	$I_1 = 4$ آمپر	$E_1 = 7.63$ ولت
$R_2 = 10$ اهم	$I_1 = 2$ آمپر	$E_2 = 6.92$ ولت
$R_3 = 100$ اهم	$I_1 = 7$ آمپر	



نتیجه گیری:

با توجه به آزمایش انجام شده در آزمایشگاه فیزیک، قوانین اهم و کیرشهف در مدارهای الکتریکی مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین، مقاومت درونی دستگاههای اندازه گیری (ولت‌متر) نیز اندازه گیری شد. نتایج این آزمایش‌ها می‌تواند به بهبود فهم ما از رفتار مدارهای الکتریکی و استفاده بهینه از دستگاههای اندازه گیری کمک کند.

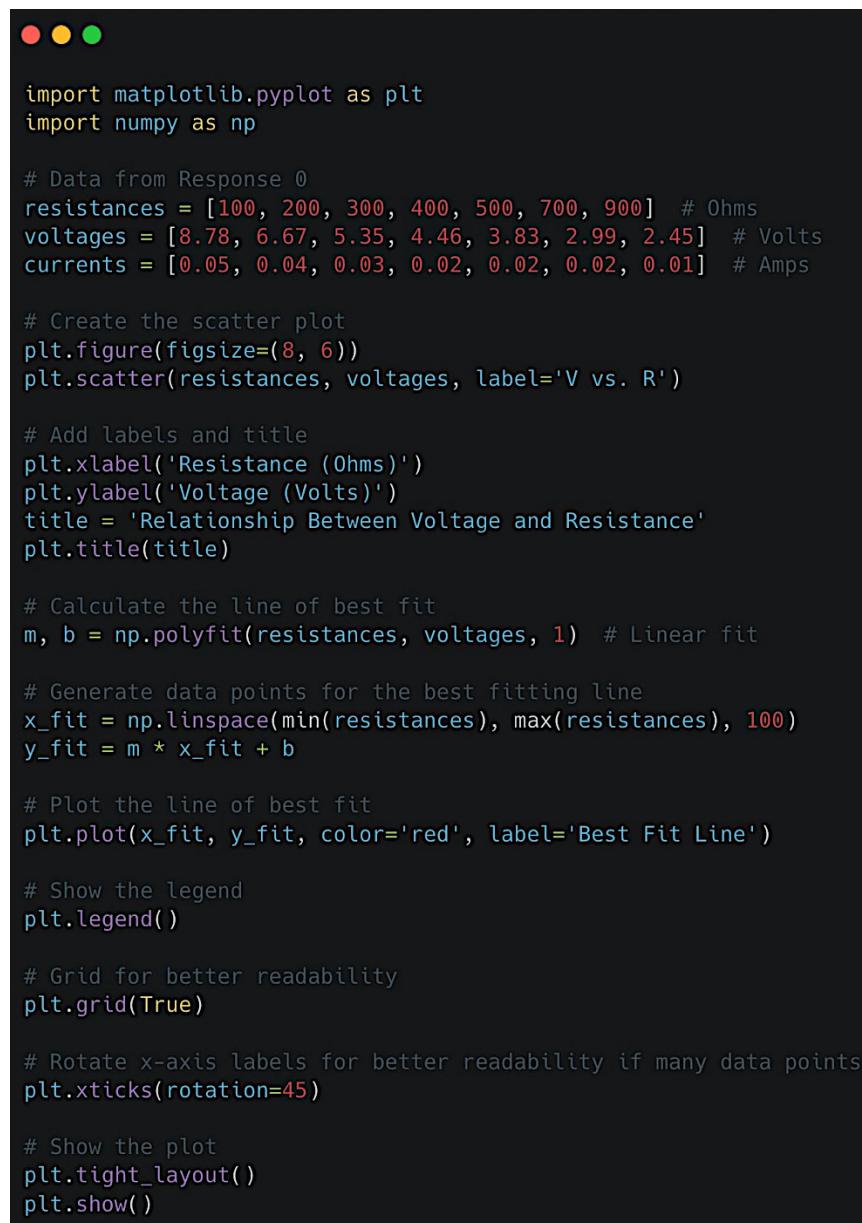
با انجام این سری آزمایش‌ها فهمیدیم که قانون اهم، با تعیین رابطه‌ی مستقیم بین جریان الکتریکی و ولتاژ، نقش مهمی در تحلیل مدارها دارد. قوانین کیرشهف نیز، روابطی هستند که به کمک آن‌ها می‌توان جریان و ولتاژ بخش‌های مختلف مدار را محاسبه کرد.

در این آزمایش‌ها، مقاومت درونی دستگاههای اندازه گیری نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. مقاومت درونی ولت‌مترها و سایر دستگاههای اندازه گیری، تأثیر مستقیمی بر دقیقت اندازه گیری‌ها دارد. با اندازه گیری مقاومت درونی این دستگاه‌ها، می‌توان به بهبود دقیقت و صحیح نتایج اندازه گیری‌ها کمک کرد.

منابع استفاده شده برای تهیه این گزارش:

- I. <https://blog.faradars.org/ohms-law-and-power/>
- II. <https://blog.faradars.org/kirchhoffs-circuit-law/>
- III. دستورکار آزمایشگاه فیزیک پایه ۲، گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه
- IV. <https://www.wikipedia.org/>

ضمائمه:



```
● ● ●

import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# Data from Response 0
resistances = [100, 200, 300, 400, 500, 700, 900] # Ohms
voltages = [8.78, 6.67, 5.35, 4.46, 3.83, 2.99, 2.45] # Volts
currents = [0.05, 0.04, 0.03, 0.02, 0.02, 0.02, 0.01] # Amps

# Create the scatter plot
plt.figure(figsize=(8, 6))
plt.scatter(resistances, voltages, label='V vs. R')

# Add labels and title
plt.xlabel('Resistance (Ohms)')
plt.ylabel('Voltage (Volts)')
title = 'Relationship Between Voltage and Resistance'
plt.title(title)

# Calculate the line of best fit
m, b = np.polyfit(resistances, voltages, 1) # Linear fit

# Generate data points for the best fitting line
x_fit = np.linspace(min(resistances), max(resistances), 100)
y_fit = m * x_fit + b

# Plot the line of best fit
plt.plot(x_fit, y_fit, color='red', label='Best Fit Line')

# Show the legend
plt.legend()

# Grid for better readability
plt.grid(True)

# Rotate x-axis labels for better readability if many data points
plt.xticks(rotation=45)

# Show the plot
plt.tight_layout()
plt.show()
```