# 第十章 电路及其应用

## 1 自主活动 温度对导体电阻的影响

### 活动指导

该活动通过实验测量，演示温度对导体电阻的影响。

将电流表、电压表、小灯泡、滑动变阻器、开关、电源等按必修第三册教材图 10 – 16 搭建电路。

闭合实验电路中的开关，改变滑动变阻器的阻值，点击记录多组不同的电压值、电流值和温度值。由表 10 – 1 显示的测量数据可见，所测灯丝的电阻值随电流的增大而增大，温度随电流的增大而增大。也可利用数据绘制 *I* – *U* 图像，如图 10 – 1 所示。由图像也可以直观地看出电阻阻值不是一个定值，而是随电压增加逐渐增大的。

**表 10 – 1**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 电流 *I*/A | 电压 *U*/V | 温度 *t*/℃ | 电阻 *R*/Ω |
| 0.08 | 0.11 | 26.0 | 1.38 |
| 0.13 | 0.31 | 26.7 | 2.38 |
| 0.16 | 0.60 | 28.2 | 3.75 |
| 0.19 | 0.90 | 29.4 | 4.74 |
| 0.22 | 1.23 | 31.5 | 5.59 |
| 0.25 | 1.56 | 33.5 | 6.24 |
| 0.28 | 1.96 | 35.7 | 7.00 |
| 0.32 | 2.49 | 38.7 | 7.78 |
| 0.34 | 2.93 | 41.5 | 8.62 |
| 0.37 | 3.36 | 44.5 | 9.08 |
| 0.41 | 3.96 | 48.0 | 9.66 |
| 0.43 | 4.42 | 51.4 | 10.28 |
| 0.45 | .84 | 54.6 | 10.76 |

图10 - 1

### 思考

如何用这幅 *I* – *U* 图像计算小灯泡的阻值？

## 2 学生实验 长度测量及其测量工具的选用

### 实验指导

#### 1．实验说明

长度测量是最普遍、最基本的测量。常用的长度测量工具是刻度尺。一般情况下，应根据不同的测量要求选择不同精度的长度测量工具。比刻度尺精度高的测量工具有游标卡尺、螺旋测微器等。有时还需要根据被测物体的自身条件和所处环境选择不同的测量方法。

本实验的目的是测量金属丝的长度与截面直径。由于长度与直径要求的精度不同，所以应选择、使用不同的测量工具。

在物理实验中，金属丝长度的测量一般使用刻度尺。如果使用单独的金属丝进行测量，应注意金属丝尽量不要弯折，保持其自然顺直状态，以使长度测量尽量准确。

测量直径时，可根据金属丝直径大小和测量要求选择测量工具，本实验选用螺旋测微器。在测量直径时，为了减小金属丝粗细不均匀带来的误差，可在不同的位置多次测量取平均值。

#### 2．实验操作

（参见必修第三册教材第 58 页）

（1）用刻度尺测量金属丝的长度，将数据记录在记录表中。

（2）打开数字显示螺旋测微器的电源开关，在测砧与测微螺杆接触时调零。将金属丝置于测砧与测微螺杆之间；旋转旋钮，当测砧即将夹紧金属丝时，改旋微调旋钮使测砧夹紧金属丝。将显示屏上显示的金属丝直径数值记录茌记录表中。

### 实验报告

#### 实验名称

长度测量及其测量工具的选用

#### 实验目的

测量金属丝的长度与截面直径。

#### 实验原理

用刻度尺测量金属丝的长度，用数字显示螺旋测微器测量金属丝的直径。多次测量取平均值以减小误差。

#### 实验器材

不同规格的金属丝，刻度尺，数字显示螺旋测微器。

#### 实验方法与步骤

（1）用刻度尺测量金属丝的长度，将数据记录在数据记录表中。

（2）用数字显示螺旋测微器测量金属丝横截面的直径。

① 打开电源开关，在测砧与测微螺杆接触时调零；

② 将金属丝置于测砧与测微螺杆之间；

③ 旋转旋钮，当测砧即将夹紧金属丝时，改旋微调旋钮使测砧夹紧金属丝；

④ 将显示屏上显示的金属丝直径数值记录在数据记录表中。

#### 实验数据记录

**表 10 – 2**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 平均值 |
| 金属丝长度 *l* / mm |  |  |  |  |  |  |
| 金属丝直径 *d* / mm |  |  |  |  |  |  |

#### 实验数据处理

#### 结果分析与实验结论

金属丝的长度 *l* = \_\_\_\_\_\_m；金属丝的截面直径 *d* = \_\_\_\_\_\_\_m。

#### 讨论与思考

说明本实验误差的主要来源。

## 3 学生实验 测量金属丝的电阻率

### 实验指导

#### 1．实验说明

本实验的目的是测量金属丝的电阻率。教材在相关内容的一开始，就给出了测量原理。

利用电阻定律可得：*ρ* = 。所以，测得金属丝的长度 *L*、直径 *d*、电阻 *R*，通过计算即可得到金属丝的电阻率 *ρ*。由于金属丝的长度 *L*、直径 *d* 在上一个实验中都已经测得，本实验只要测量一定长度的金属丝对应的电阻值，便可得出金属丝的电阻率 *ρ*。本实验采用伏安法测量金属丝的电阻。需要用到合金金属丝、学生稳压电源、滑动变阻器、电压表、电流表、开关、导线等器材。

由于金属丝的电阻率会受温度的影响，实验时金属丝通电的时间不宜过长。

#### 2．实验操作

测量金属丝长度：

用刻度尺测量金属丝的长度，将数据记录在表中。

测量金属丝直径：

（1）打开数字显示螺旋测微器的电源开关，在测砧与测微螺杆接触时调零。

（2）将金属丝置于测砧与测微螺杆之间。

（3）旋转旋钮，当测砧即将夹紧金属丝时，改旋微调旋钮使测砧夹紧金属丝，将显示屏上显示的金属丝直径数值记录在表中。

### 实验报告

#### 实验名称

测量金属丝的电阻率

#### 实验目的

测量金属丝的电阻率。

#### 实验原理

（参见“实验说明”）

#### 实验器材

学生稳压电源、电压表、电流表、滑动变阻器、待测金属丝、开关、导线等。

#### 实验方法与步骤

（1）测量金属丝的长度与截面直径（参见“学生实验：长度测量及其测量工具的选用”）。

（2）按照教材图 10 – 27 连接电路。

（3）闭合开关，调节滑动变阻器，记录多组电压、电流值。

（4）处理数据，得出金属丝的电阻值。

（5）利用电阻定律计算出金属丝的电阻率。

#### 实验数据记录

**表 10 – 3**

金属丝长度 *L* = \_\_\_\_\_\_\_\_；金属丝直径 *d* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 实验序号 | 电压值 *U*/V | 电流值 *I*/A |
| 1 |  |  |
| 2 |  |  |
| 3 |  |  |
| 4 |  |  |
| 5 |  |  |

#### 实验数据处理

根据实验数据，绘制 *U* – *I* 图像（图 10 – 2），得出金属丝阻值 *R*。

*O*

*I*

*U*

图10 - 2

金属丝的电阻 *R* = \_\_\_\_\_\_Ω。

#### 结果分析与实验结论

金属丝的电阻率 *ρ* = \_\_\_\_\_\_\_\_Ω·m。

#### 讨论与思考

与其他实验小组分享、比较同一材料电阻率的测量结果，并通过查表对比标准值与所测值之间的差异。分析实验误差产生的原因，提出减少误差的方法。

## 4 学生实验 用多用电表测量电学中的物理量

### 实验指导

#### 1．实验说明

本实验的目的是学会使用数字式多用电表，测量定值电阻两端的电压、流过的电流及电阻的阻值。

在实验前，需要观察数字式多用电表外观，包括功能旋钮、插孔、显示屏等。同时，还需要观察其外壳、表笔是否完好，并打开电源观察电量指示灯，如若出现损坏或电量不足应立刻更换。

在测量电阻时，应使电路断开，再将多用电表连接在电阻两端；在测量直流电压时，应将多用电表并联在待测用电器两端；在测量直流电流时，应将多用电表串联接入所需测量的支路。若在测量直流电压和电流时，多用电表出现负数，应检查红、黑表笔插孔及连接位置是否正确。

#### 2．实验操作

（1）将电阻、电源以及开关按图 10 – 3 所示的方式连接。

*E*

S

*R*

图10 - 3

（2）接通电路，将多用电表的选择开关旋至直流电压挡，其量程应大于电阻两端的电压的估计值，其中红色表笔应连接高电势处，测量电阻 *R* 两端的电压 *U*，记录数据。

（3）将多用电表的选择开关旋至直流电流挡，其量程应大于通过电阻电流的估计值，将多用电表串联入电路中，其中红色表笔应为电流流人端，测量通过电阻 *R* 的电流 *I*，记录数据。

（4）断开电路，将多用电表的选择开关旋至欧姆挡，可以用自动量程选择．也可以根据待测电路的估测值选择合适的电阻量程挡，将红、黑表笔连接在电阻两端，用多用电表测电阻R的阻值，并记录。

### 实验报告

#### 实验名称

用多用电表测量电学中的物理量

#### 实验目的

了解数字式多用电表的外部结构，学会使用数字式多用电表测量直流电压、电流及电阻阻值。

#### 实验原理

数字式多用电表的内核实质上是一个直流数字式电压表，在此基础上连接多个电子转换器来实现测量多种电学量的功能，因此，实验操作时应根据待测量相应调节功能旋钮并更换表笔插孔。

#### 实验器材

数字式多用电表、干电池、定值电阻、开关、导线等。

#### 实验方法与步骤

将电阻、电源及开关按图 10 – 3 所示的方式连接，使用数字式多用表依次测量电阻 *R* 两端的电压 *U*、流过电阻 *R* 的电流 *I* 及电阻 *R* 的阻值。

#### 实验数据记录

**表 10 – 4**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 实验序号 | 电压 *U* / V | 电流 *I* / A | 电阻值 *R* / Ω |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |

#### 实验数据处理

#### 结果分析与实验结论

电阻 *R* 两端电压 *U* = \_\_\_\_\_\_\_V。

流过电阻 *R* 的电流 *I* = \_\_\_\_\_\_\_\_A。

电阻 *R* = \_\_\_\_\_\_\_Ω。

#### 讨论与思考

在测量电阻的实验中，若数字式多用电表上出现数值溢出，这可能是什么原因造成的？应如何纠正？

## 5 自主活动 电源电动势及内阻的探究

### 活动指导

活动目的：

了解水果电池的制作方法，观察电池的外电压随外电阻的变化，了解电动势及内阻对外电路的影响。

该实验器材由两片金属片（铜片、锌片）、水果（苹果、柠檬等）、小灯泡、导线和多用电表组成。将铜片、锌片间隔一定距离插入水果中，这便制成了一个水果电池，其中铜片为电池的正极，锌片为负极。用多用电表测量水果电池正、负极间的电势差，并观察、记录测量数值。将一个额定电压小于测量数值的小灯泡通过导线连接在电池两极间，观察小灯是否被点亮。用多用电表测量水果电池在连接小灯后的两极间电势差，并观察、记录数据。比较一下两次数据有什么不同，结合小灯的亮暗，思考引起这一现象的原因。

在实验时，如果难以找到铜片、锌片，也可以使用其他金属片代替。若选择其他材质的金属片，可能导致未连接小灯时电池正、负两极间电势差降低，但即使该数据小于小灯额定电压，仍然可以观察到电池连接小灯前后正、负两极间电势差的变化。猜想导致这一现象的原因。

### 思考

有同学认为，水果电池连接小灯后两端电压降为 0 是因为水果电池连接小灯后就立即没电了。能否设计一个实验来证实或者推翻这一看法？

## 6 学生实验 测量电源的电动势和内阻

### 实验指导

#### 1．实验说明

电源电动势和内阻是电源的重要参数。根据闭合电路欧姆定律，电源电动势 *E*、内阻 *r*、外电压 *U*、电流 *I* 和外电阻 *R* 等物理量间存在关系式 *E* = *I*（*R* + *r*）= *U* + *Ir*，因此，可以通过测量外电压 *U*、电流 *I*、外电阻 *R* 等物理量，求出电源电动势及内阻。

如使用伏安法测量时，由关系式 *E* = *U* + *Ir* 可知，如果能测得至少两组（*U*，*I*）数据，就可以通过求解代数方程求得 *E* 及 *r*。

为了减小误差，在实验中应多次测量。若使用两组数据计算电动势及内阻，难以避免因一组数据存在较大误差而导致计算数据不准确。因此本实验可采用图像法处理数据，利用多组测量数据绘制图线，根据公式，结合图线中的截距、斜率求得电动势及内阻。如采用伏安法测量时，可以 *U* 作为纵坐标，*I* 作为横坐标，绘制 *U* – *I* 图像，该图像为一条直线且与纵轴相交，其交点的纵坐标即为电动势 *E* 的大小，图线斜率的绝对值为内电阻 *r* 的大小，即 | *k* | = = *r*。

本实验还可以采用其他方法，如伏阻法（测量电压、电阻）、安阻法（测量电流、电阻）等。试制定实验方案，选择合适的实验器材，完成实验操作与实验报告。

#### 2．实验操作

（1）把电压传感器、电流传感器分别接入数据采集器第一、二输入口。

*E*

*r*

*R*

*Rʹ*

A

V

S

图 10-4

（2）如图 10 – 4 所示，连接滑动变阻器、电压传感器、电流传感器、开关等器材，并断开 S，将滑动变阻器阻值调到最大。

（3）打开软件，点击“计算表格”，调整所有窗口位置，以便在实验过程中观测。

（4）闭合开关 S，改变滑动变阻器的触点，使其阻值逐渐减小，同时点击“点击记录”按钮，记录多组不同的电压、电流值。

（5）打开“数据分析”中的“绘图”界面，设 *x* 轴为“*I*2”，*y* 轴为“*U*1”，点击“图线分析”中的“拟合”，选择“一次函数”，得到实验结果。

### 实验报告

#### 实验名称

测量电源的电动势和内阻

#### 实验目的

（1）掌握测量电源的电动势和内阻的原理和方法，选择合适的实验仪器进行实验。

（2）学会运用图像法处理数据，知道图像的物理意义。

（3）能提出实验中存在的误差及其原因，并懂得减小误差的方法。

#### 实验器材

待测干电池、滑动变阻器、定值电阻、电压传感器、电流传感器、导线、开关等。

#### 实验原理

根据闭合电路欧姆定律，电源电动势 *E*、内阻 *r* 与外电压 *U*、电流 *I* 满足 *U* = *E* − *Ir*。本实验采用伏安法，在如图 10 – 4 所示的电路图中，当外电阻发生改变时，外电压 U 与电流 *I* 均会发生变化，所以只需记录 *U*、*I* 即可计算电动势 *E* 及内阻 *r*。为了减小实验误差，本实验采用作图法，以 *U* 作为纵坐标，*I* 作为横坐标，绘制 *U* – *I* 图像，该图像为一条直线且与纵坐标交点为 *E*，图线斜率的绝对值为 *r* 的大小，即 | *k* | = = *r*。

#### 实验方法与步骤

将器材按照图 10 – 4 连接成电路，其中电压传感器和电流传感器分别测量外电压 *U* 和电流 *I*。实验时，可调节滑动变阻器 *R*ʹ，使外电压 *U* 及电流 *I* 发生改变，并记录多组 *U*、*I* 数据。

#### 实验数据记录

**表 10 – 5**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| *U* / V |  |  |  |  |  |  |
| *I* / A |  |  |  |  |  |  |

#### 数据处理及分析结果

*O*

*I*/A

*U*/V

图10 - 5

测得电动势为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_，内阻为\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_。

#### 讨论与思考

采用伏安法测量电源电动势和内电阻时，有同学在处理数据、绘制 *U* – *I* 图像时发现，外电压 *U* 的示数虽然各不相同，但是都非常接近。这是由什么原因导致的？为了减小实验误差可采用什么方法？

## 本章实验与活动部分解读

1．学生实验长度测量及其测量工具的选择

（1）说明本实验误差的主要来源。

参考解答：本实验的误差主要来自测量工具选择的精度、金属丝的粗细不均匀和读数时的估读。

命题意图：了解实验误差的主要来源，能理解操作中减少误差的方式。

（2）如果要测量乒乓球的直径，选用哪个长度测量工具更为合适呢？为什么？

参考解答：选用游标卡尺更为合适，因为游标卡尺的外径测量爪可以夹住乒乓球，使测量值最接近乒乓球直径；若选用刻度尺则需要使用三角尺夹住乒乓球，操作困难且难以准确判断直径；常见的螺旋测微器量程为 25 mm，小于乒乓球直径，无法使用。

命题意图：了解不同的长度测量工具各自的特点与适用场景。

2．学生实验 测量金属丝的电阻率

与其他实验小组分享、比较同一材料电阻率的测量结果，并通过查表对比标准值与所测值之间的差异。分析实验误差产生的原因，提出减少误差的方法。

参考解答：产生误差的原因可能有：测金属丝长度和直径时，由于金属丝的粗细不均匀、测量工具的精度以及估读问题筹导致误差；在测量金属丝的电阻时，可能是电表测量精度、电表估读以及绘制 *U* – *I* 图像时产生误差。为了减小误差，可以多次测量不同位置处的金属丝直径并取平均值，或者提高测量工具的精度，采用伏安法测电阻时可增加测量次数，减小使用图像法求得电阻的误差。

命题意图：了解实验误差的主要来源，能理解操作中减少误差的方式。

3．学生实验 用多用电表测量电学中的物理量

在测量电阻的实验中，若数字式多用电表上出现数值溢出，这可能是什么原因所导致的？应如何纠正？

参考解答：可能是由于量程选择过小。若更换更大量程后，始终出现这一现象，则可能是电阻损坏（断开）所导致的。

命题意图：学会分析多用电表测电阻时示数溢出的原因。

4．自主活动 研究水果电池的外电压变化

有同学认为，水果电池连接小灯后两端电压降为 0 是因为水果电池连接小灯后就立即没电了，能否设计一个实验来证实或者推翻这一看法？

参考解答：可以将水果电池两端的小灯断开，观察此时两端的电压变化，若电压仍然恢复原来的大小，此时再连接小灯，电压再次降为 0，则说明水果电池并不是立即没电（也可使用其他实验证明，例如更换小灯为电子时钟等）。

命题意图：提升实验时分析论证的意识。

5．学生实验 测量电源的电动势和内阻

采用伏安法测量电源电动势和内电阻时，有同学在处理数据、绘制 *U* – *I* 图线时发现，外电压 *U* 的示数虽然各不相同，但是都非常接近。这是由什么原因导致的？为了减小实验误差可采用什么方法？

参考解答：这是因为外电阻虽然在变化，但其阻值大于内电阻阻值，且始终较大，所以根据闭合电路欧姆定律，外电压始终较大，接近电源电动势。因此 *U* – *I* 图像中，外电压的数据大多集中在纵坐标横截距处。为了减小误差，可以在确保电路安全的情况下更换总阻值更小的滑动变阻器，或者在电源一侧增加一个定值电阻（阻值已知）。

命题意图：了解实验设计及操作的基本要求，能理解操作中减小误差的方式。