

浙江大學

物理实验报告

实验名称: 万用表的设计

指导教师: 郑远

信箱号: 79

专业: _____

班级: _____

姓名: _____

学号: _____

实验日期: 10月17日 星期四 上/下午



【实验目的】

- 了解指针式万用表测量电流、电压及电阻的基本原理
- 掌握多量程电流表、电压表和万用表的设计方法

【实验原理】（电学、光学画出原理图）

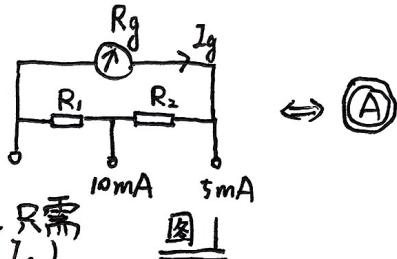
1. 改装多量程电流表

要将磁电式电流计改装成量程为I的电流表，只需在表头两端并联一个分流电阻， $R_s = R_g I_g / (I - I_g)$

若 $I_g = 1 \text{ mA}$ ，改装后有 5 mA 和 10 mA 两个不同量程。

$$\begin{cases} (R_1 + R_2)(I - I_g) = R_g I_g \\ (R_2 + R_g)I_g = R_1(10 - I_g) \end{cases}$$

最后用标准安培表对改装的电流表进行校正，并分析误差。校正电路如图2。

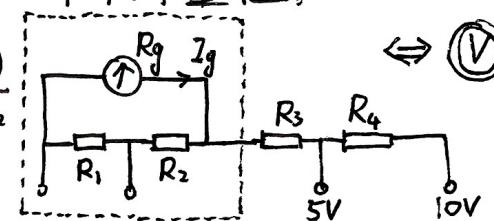


2. 改装多量程电压表

要将电流计改装成量程为U的电压表，则电流计需要串联一个分压电阻， $R_x = \frac{U}{I_g'} - R_g'$ ， R_g' 为电流计有效内阻。
 I_g' 为电流计有效量程，改装后有 $5V$ 和 $10V$ 两个不同量程。

$$\begin{cases} R_3 = \frac{5V - I_g' R_g'}{I_g'} \\ R_4 = \frac{(10 - 5)V}{I_g'} \end{cases}$$

其中 $R_g' = \frac{R_g(R_1 + R_2)}{R_g + R_1 + R_2}$
 $I_g' = 5 \text{ mA}$

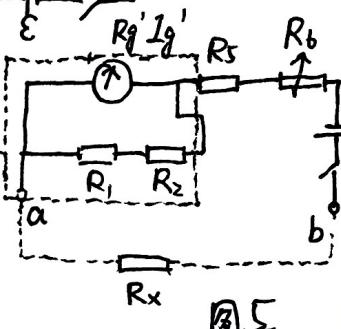
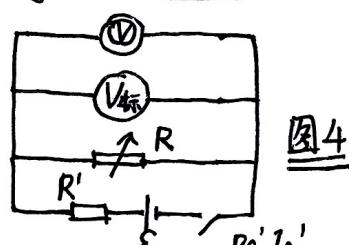


最后用标准伏特表对改装的电压表进行校正，并分析误差。校正电路如图3。R'为限流电阻。 $R_g' = R_g / (R_1 + R_2)$

3. 改装欧姆表

短接a、b两端，调节电阻R使得电流计满刻度，此时 $I_o = \frac{E}{R_g' + R'}$ ， R_x 接入后 $I_x = \frac{E}{R_g' + R' + R_x}$

R' 为回路内其它电阻，包括 R_5 、 R_6 、电源内阻，当 $R_x = R_g' + R'$ 时， $I_x = \frac{I_o}{2}$ ，此时电流表指针指向刻度线中点，这时 R_x 称为欧姆表的中值电阻。由于欧姆表刻度非均匀，电池非恒定，故需串联一调整电位器 R_b 。扩大量程的方法：①电流计两端并联不同的分流电阻 ②提高电源电压。



【实验内容】（重点说明）

1. 电流计内阻已经标注，若要重新测量，可用替代法。
 - ① 电流计与标准电流表同时串接在回路中
 - ② 调整回路电流到合适大小 I_0
 - ③ 用电阻箱将电流计换下，调整阻值
 - ④ 当回路电流变回 I_0 时，电阻箱阻值即为电流计内阻
2. 设计多量程电流表（5mA 和 10mA）并校准，填写表1。
3. 设计多量程电压表（5V 和 10V）并校准，填写表2。
4. 设计欧姆表并制作欧姆挡曲线，填写表3。

【实验器材及注意事项】

实验器材：电池、开关、各种阻值的电阻、电阻箱。
标准电流表、标准伏特表、磁电式电流计

- 注意事项：
1. 连接或改装电路时应断开关
 2. 应当步示数稳定后再读数
 3. 测量时不要超量程
 4. 检查连接正确后再开开关



改装电流表

$I_g = 1 \text{ mA}$, $R_g = 240 \Omega$, 计算得 $R_1 + R_2 = 30 \Omega$

表1. 电流表校准

次数	1	2	3	4	5
$I_{\text{改装}}/\text{mA}$	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
$I_{\text{校准}}/\text{mA}$	1.01	2.03	3.02	3.99	4.98
$\Delta I/\text{mA}$	+0.01	+0.03	+0.02	-0.01	-0.02

改装电压表

$$R_3 = 952 \Omega$$

表2. 电压表校准

次数	1	2	3	4	5
$U_{\text{改装}}/\text{V}$	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
$U_{\text{校准}}/\text{V}$	1.02	2.01	3.00	3.99	5.00
$\Delta U/\text{V}$	+0.02	+0.01	0.00	-0.01	0.00

5. 改装欧姆表

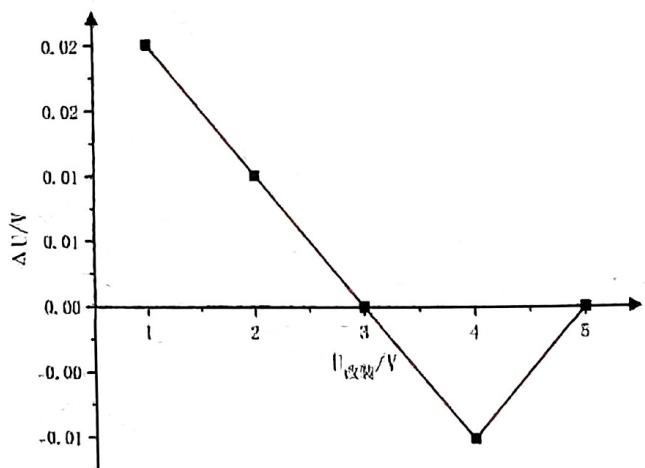
表3. 欧姆表测量

R_x/Ω	5	10	20	25	50	70	85	100	150	200	300	350	400
$I_{\text{读}}/\text{mA}$	0.99	0.98	0.95	0.93	0.87	0.82	0.80	0.77	0.68	0.61	0.51	0.47	0.44
I_x/mA	4.98	4.61	4.48	4.41	4.11	3.90	3.75	3.61	3.23	2.91	2.44	2.26	2.10
R_x/Ω	500	600	700	900	1100	1400	1800	2500	4000	5000	8000	10000	15000
$I_{\text{读}}/\text{mA}$	0.39	0.35	0.31	0.25	0.22	0.18	0.14	0.10	0.07	0.05	0.03	0.02	0.01
I_x/mA	1.84	1.64	1.48	1.23	1.06	0.87	0.71	0.53	0.35	0.28	0.18	0.15	0.01

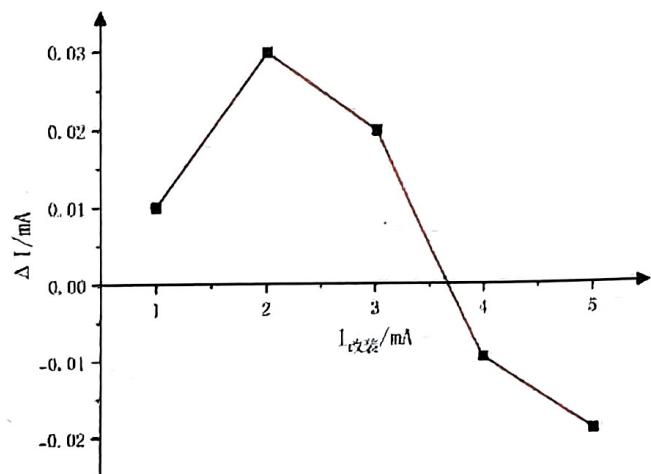
$$\varepsilon = 1.5 \text{ V}$$

$$\text{中值电阻测得 } R' + R_g = 315 \Omega$$

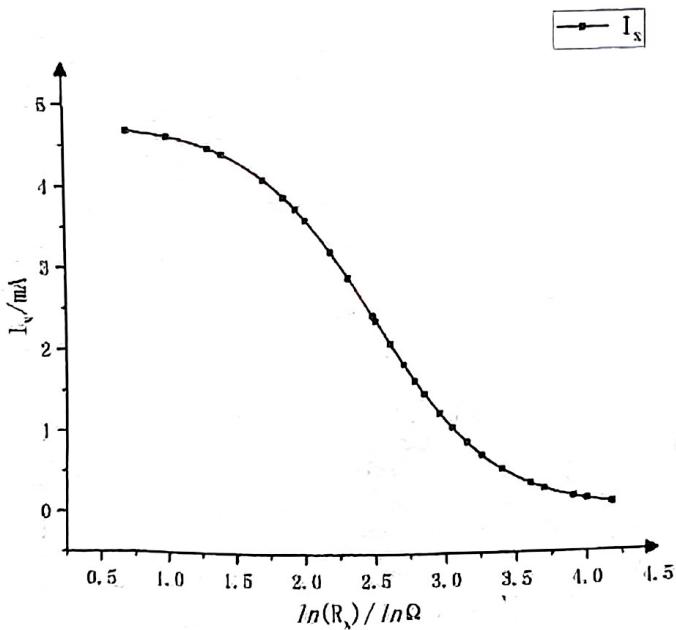




电压表校准



电流表校准



$I_x - \ln(R_x)$ 曲线

3. 改装欧姆表

表3：欧姆表测量

R_x/Ω	5	10	20	25	50	70	85	100	150	200	300	350
I_x/mA	0.99	0.98	0.95	0.93	0.87	0.82	0.80	0.77	0.68	0.61	0.51	0.47
I_x/mA	4.62	4.41	4.48	4.11	4.11	3.90	3.75	3.61	3.23	2.91	2.44	2.26



【误差分析】

本实验的相对误差都比较小，但仍然存在，可能原因如下。

- ① 电流计表头的最小分度较不精确，指针较粗，引起估读误差
- ② 电流计表头的内阻是标出的，没有重新测定，可能不准确
- ③ 导线和电路元件的插孔板有一定电阻，电源也有一定内阻
- ④ 测量时电压电流不可能恒稳，可能存在一些晃动

【实验心得及思考题】

思考题

1. 为什么不能用万用表欧姆挡测量电源电阻？

欧姆挡内部已经有电源了，而且欧姆挡的刻度已经考虑到内部电源的电压和内阻了，若外接电源，读数会有误差且有可能损坏欧姆表。

2. 为什么不能用欧姆表测量另一表头的内阻？

欧姆表内电源产生的电流可能会损坏表头

3. 为什么 I_x 与 R_x 为非线性关系？

由 I_x 与 R_x 的数学关系 $I_x = \frac{E}{R_g' + R' + R_x}$ 可知。

两者显然非线性，线性必须满足 $y = kx + b$ 的关系

实验心得：

本实验让我实际操作了一些高中便学过的电路基础知识，更加深刻地体会了电流表、电压表、欧姆表的原理和改装方式，惊叹于发明这些实用工具的人的智慧！



【数据记录及草表】

电流

$$I_g = 1 \text{ mA}$$

$$R_g = 240 \Omega$$

$$(R_1 + R_2)(5-1) = 240$$

$$(R_2 + 240) \cdot 1 = R_1 \cdot (10-1)$$

$$R_1 + R_2 = 60$$

$$R_2 + 240 = 9R_1$$

$$240 - R_1 = 9R_1 - 60$$

$$R_1 = 30 = R_2$$

$$R_3 = \frac{5-5 \text{ mA} \cdot 48 \Omega}{5 \text{ mA}} = 95.2 \Omega$$

$$R_g' = \frac{60 \times 240}{300} = 48$$

	1	2	3	4	5
$I_{\text{测}} / \text{mA}$	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
$I_{\text{测}} / \text{mA}$	1.01	2.03	3.02	3.99	4.98
$\Delta I / \text{mA}$	+0.01	+0.03	+0.02	-0.01	-0.02

电压

	1	2	3	4	5
$U_{\text{测}} / \text{V}$	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
$U_{\text{测}} / \text{V}$	1.02	2.01	3.00	3.99	5.00
$\Delta U / \text{V}$	+0.02	+0.01	+0.00	-0.01	+0.00

$$R_g' + R_g = \text{中值 } 315 \Omega$$

$$\mathcal{E} = 1.5 \text{ V}$$

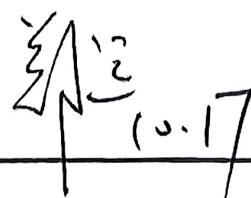
R_x / Ω	5Ω	10Ω	20Ω	25Ω	50Ω	70Ω	85Ω	100Ω	150Ω
$I_{\text{测}} / \text{mA}$	0.99	0.98	0.95	0.93	0.87	0.82	0.80	0.77	0.68

R_x	200Ω	300Ω	350Ω	400Ω	500Ω	600Ω	700Ω
$I_{\text{测}}$	0.61	0.51	0.47	0.44	0.39	0.35	0.31

R_x	900Ω	1100Ω	1400Ω	1800Ω	2500Ω	4000Ω	5000Ω
$I_{\text{测}}$	0.25	0.22	0.18	0.14	0.10	0.07	0.05

$$\begin{array}{c} 8000 \\ 0.03 \end{array} \quad \begin{array}{c} 10000 \\ 0.02 \end{array} \quad \begin{array}{c} 15000 \\ 0.01 \end{array}$$

教师签字:



10.17
