

物理实验预习报告

实验名称: 万用表的设计

指导教师: 谭艾林老师

班级: _____

姓名: _____

学号: _____

实验日期: 2025 年 11 月 10 日 星期二 上午

浙江大学物理实验教学中心

一、预习报告（10 分）

1. 实验综述（5 分）

（自述实验现象、实验原理和实验方法，包括必要的光路图、电路图、公式等。不超过 500 字。）

万用表的设计实验旨在通过改装电流计，使其成为具有多种量程的电流表、电压表和欧姆表，并了解其工作原理和设计方法。万用表是常用的测量工具，主要是由直流电流计及若干电阻构成。由于万用表具有多用途及使用方便等优点，它有着广泛的应用。本实验主要学会多量程电流表、电压表和万用表的设计及校正。

实验现象：

在实验中，通过在电流计两端并联或串联不同阻值的电阻，我们可以观察到电流计的量程发生变化，从而实现多量程电流表和电压表的功能。改装欧姆表时，通过调节电阻，可以观察到电流计指针的偏转与被测电阻之间的非线性关系。校准过程中，通过与标准电表的比较，可以发现改装后的电表存在误差，并可以通过调整电阻进行校正。

实验原理：

万用表主要由磁电式电流计和一系列电阻构成。电流计的两个重要参数是量程 I_g 和内阻 R_g 。 R_g 可以用替代法或者中值法获得。

1. 改装多量程电流表

将磁电式电流计改装成量程为 I 的电流表，需在电表表头两端并联一个分流电阻 R_s 。分流电阻阻值按以下公式计算：

$$R_s = \frac{R_g I_g}{I - I_g}$$

通过并联不同的分流电阻，可以构成不同量程的电流表。例如，设计 5mA 和 10mA 两个量程的电流表，其电路图如下：

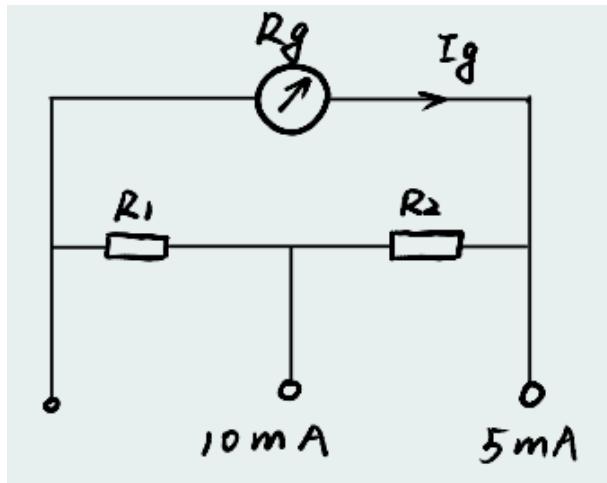


图 1：多量程电流表改装电路

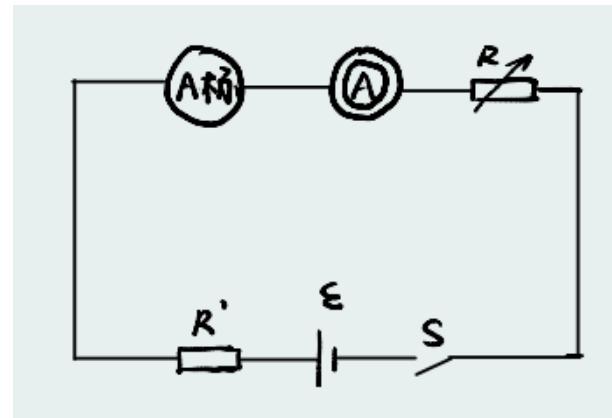


图 2：多量程电流表校正电路

计算 R_1 和 R_2 值的公式为：

$$\begin{cases} (5 - I_g)(R_1 + R_2) = I_g R_g \\ I_g(R_2 + R_g) = (10 - I_g)R_1 \end{cases}$$

最后用标准安培表对改装后的电流表进行校正，并分析误差，校正电路见上图。

2. 改装多量程电压表

将电流计改装成量程为 U 的电压表，需串联一个分压电阻 R_v 。分压电阻阻值按以下公式计算：

$$R_v = \frac{U}{I'_g} - R'_g$$

其中 R'_g 为电流计等效内阻， I'_g 为电流计等效量程（采用改装后的电流表参数）。通过串联不同的分压电阻，可以得到不同量程的电压表。例如，设计 5V 和 10V 两个量程的电压表，其电路图如下：

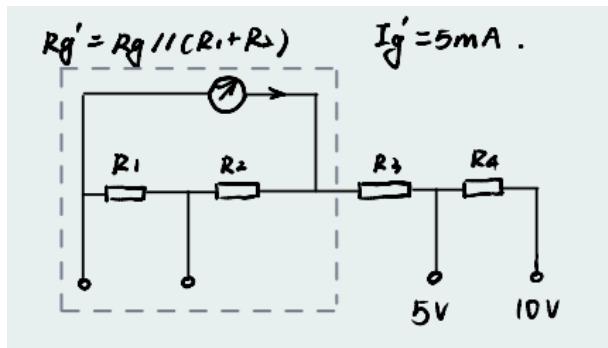


图 3：多量程电压表改装电路

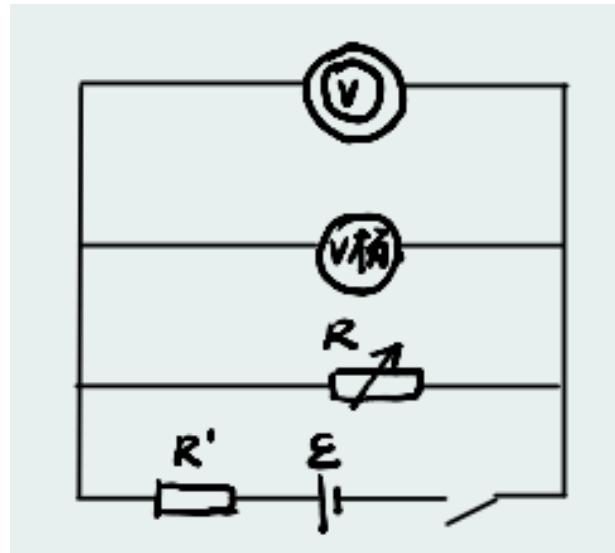


图 4：多量程电压表校正电路

计算 R_3 和 R_4 值的公式为：

$$\begin{cases} R_3 = \frac{5V - I'_g R'_g}{I'_g} \\ R_4 = \frac{10V - 5V}{I'_g} \\ R'_g = \frac{R_g(R_1 + R_2)}{R_g + R_1 + R_2} \\ I'_g = 5mA \end{cases}$$

最后用标准伏特表对改装后的电压表进行校正，并分析误差，校正电路见上图。

3. 改装欧姆表

欧姆表改装原理是利用电流计的偏转与被测电阻之间的关系。电路图如下：

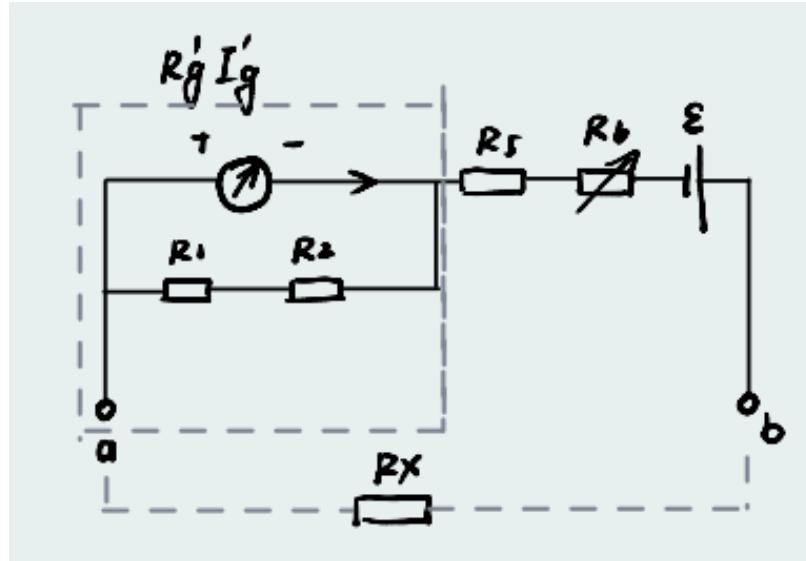


图 5: 改装欧姆表设计电路

短接 a、b 两端，调节电阻 R 使电流计满刻度，此时 $I_0 = \frac{\epsilon}{R'_g + R'}$ 。当接入待测电阻 R_x 后，回路电流为 $I_x = \frac{\epsilon}{R'_g + R' + R_x}$ 。由于 I_x 与 R_x 呈非线性关系，因此欧姆表的刻度是非均匀的。

实验装置与方法：

实验器材包括电流计、滑动变阻器、电源、旋钮电阻箱、保护电阻、标准安培表、标准伏特表和面包板等。

1. 电流表改装：根据公式计算分流电阻值，通过旋钮电阻箱设置相应电阻，并联到电流计两端，构成多量程电流表。

2. 电压表改装：根据公式计算分压电阻值，通过旋钮电阻箱设置相应电阻，串联到电流计回路中，构成多量程电压表。

3. 欧姆表改装：搭建欧姆表电路，通过调节可调电阻进行调零，然后接入不同阻值的电阻，记录电流计读数，绘制 $I_x \sim R_x$ 曲线。

4. 校准与误差分析：使用标准安培表和标准伏特表对改装后的电流表和电压表进行校准，记录数据并进行误差分析。

2. 实验重点（3 分）

（简述本实验的学习重点，不超过 100 字。）

- 理解多量程电流表、电压表、欧姆表的设计原理和改装方法。
- 掌握并联分流和串联分压在电表改装中的应用。
- 学会万用表的校准方法和误差分析方法。

3. 实验难点（2 分）

（简述本实验的实现难点，不超过 100 字。）

本实验的难点在于精确计算和选择合适的电阻值，以保证改装后电表的准确性。同时，在面包板上正确搭建复杂电路并进行精细调节，以及进行严谨的校准和误差分析，也是实验成功的关键挑战。

注意事项：

1. 用 PDF 格式上传“实验报告”，文件名：学生姓名 + 学号 + 实验名称 + 周次。
2. “实验报告”必须递交在“学在浙大”本课程内对应实验项目的“作业”模块内。
3. “实验报告”成绩必须在“浙江大学物理实验教学中心网站” - “选课系统”内查询。
4. 教学评价必须在“浙江大学物理实验教学中心网站” - “选课系统”内进行，学生必须进行教学评价，才能看到实验报告成绩，教学评价须在本次实验结束后 3 天内进行。

浙江大学物理实验教学中心制