



物理

特殊方法测量导体电阻

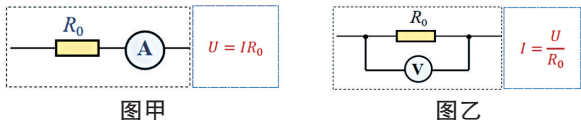
北京市王平中学 周海华 北京市门头沟区妙峰山民族学校 刘红星

初中物理课程中,电阻的测量是考生必须掌握的重点知识之一。考生通常觉得使用伏安法测量电阻较为简单,但当涉及到需要使用特殊方法间接测量电阻时,他们往往觉得比较困难。下面,我们将探讨几种电阻测量的特殊方法及其相应的解题思路。

核心思想

1. 等效替代的思想

- ①当电路中缺少电压表时,可以利用一个电流表和一个定值电阻充当电压表(如图甲)。
- ②当电路中缺少电流表时,可以利用一个电压表和一个定值电阻充当电流表(如图乙)。
- ③滑动变阻器的最大阻值通常是已知的,在电路中它可以充当两个定值电阻的角色,即0欧姆和其最大阻值。因此,滑动变阻器可以被当作定值电阻来使用。



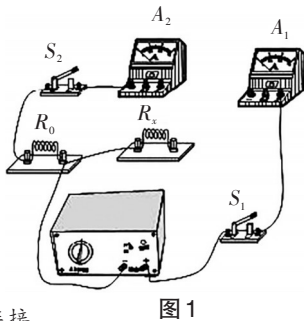
2. 方程思想

考生可以根据电路的不同工作状态,依据欧姆定律以及串联和并联电路的规律,列出方程来求解未知电阻的值。电路的工作状态可以通过操作开关和移动滑动变阻器的滑片来改变。

中考例题解析

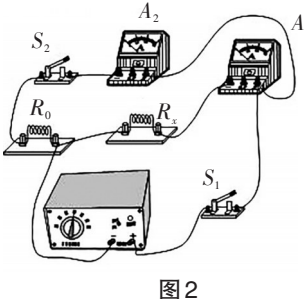
1. 只有电流表

【例1】(2008年中考)小乐想利用两块电流表和阻值已知的电阻 R_0 测量电阻 R_x 的阻值。小乐选择了满足实验要求的电源、电流表 A_1 和 A_2 ,并连接了部分实验电路,如图1所示。



- (1)请你帮助小乐完成图1所示的实验电路的连接。
- (2)电流表 A_1 的示数用 I_1 表示,电流表 A_2 的示数用 I_2 表示,请用 I_1 、 I_2 和 R_0 表示 R_x 。 $R_x =$ _____。

【解析】缺电压表时,考生可利用并联分流(支路电压相等)或者串联电压相等来测量电阻。但若有两块电流表和定值电阻 R_0 ,这种可以用双安法测电阻。考生可以用电流表 A_2 和定值电阻 R_0 组合,起到电压表的作用。因此,必须将 R_0 和 R_x 并联。



【方法】如图2所示,连接好电路后,使用电流表 A_2 测通过 R_0 的电流,其示数记为 I_2 ,可求出电源电压 $U = I_2 R_0$ 。使用电流表 A_1 测量通过 R_x 的电流,其示数记为 I_1 。这时,考生可以利用并联电压相等的原理,列出等式或者比例关系。

根据两次电压相等的原理, $U_1 = U_2$,所以有 $I_1 R_x = I_2 R_0$,因此: $R_x = \frac{I_2}{I_1} R_0$ 。

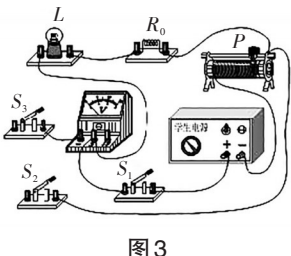
【方法小结】在没有电压表,只有电流表和一定值电阻 R_0 的情况下,应该采用并联电路。

【设计方法】

- (1)如果电路可以改接,应分别测量通过电阻 R_x 和 R_0 的电流,分别记为 I_x 和 I_0 ;
- (2)如果电路不能改接,可以通过改变开关的状态,分别测量通过电阻 R_x 的电流 I_x 和干路的总电流 I (分别测量支路电流与干路电流)。

2. 只有电压表

【例2】(2012年中考)小明利用电压表和阻值为 R_0 的定值电阻,测量额定电压为2.5V的小灯泡 L 正常发光时的电阻 R_L 。他选择了满足实验要求的实验器材,并连接了部分实验电路,如图3所示。



- (1)为了测量出 R_L 的阻值,请只添加两条导线完成图3所示的实验电路的连接。

- (2)请把小明的实验步骤补充完整:
①断开开关 S_2 ,闭合开关 S_1 、 S_3 ,移动滑动变阻器的滑片 P ,使_____;保持滑动变阻器的滑片位置不变,断开开关 S_3 、闭合开关 S_2 ,记录电压表的示数为 U 。

②请用 R_0 及实验数据表示出 R_L 。 $R_L =$ _____。

【分析】(1)由于电路中缺少一个电流表,我们让 R_0 与灯泡串联,测量两次电压,利用 R_0 的电阻和串联电路的分压原理,我们可以计算出灯泡的电阻。所需的两个开关是为了让电压表的负接线柱能够接到不同位置,以测量不同地方的电压。其中一处必须是灯泡的电压,因为要使灯泡正常发光,必须让其电压为2.5V。另一处应是 R_0 的电压或总电压。从图中实际的情况看,电压表直接测量 R_0 的电压不可行,而测量总电压是可行的。因此,正确的连接方法是: S_3 的左接线柱与 L 的右接线柱相接, S_2 的左接线柱与电压表的负接线柱相接。

- (2)①断开开关 S_2 闭合开关 S_1 、 S_3 ,这样可以让电压表测量灯泡的电压。移动滑动变阻器的滑片 P ,使灯泡两端的电压等于额定电压2.5V。

故答案为:电压表示数为2.5V并记录。

- ②利用 R_0 及实验数据和串联电路的分压原理,我们可以计算出灯泡的电阻 R_L ,因为在串联电路中,所以 $I_L = I_0$,所以有: $U_L/R_L = U_0/R_0$,即 $2.5V/R_L = (U - 2.5V)/R_0$,解得:

$$R_L = \frac{2.5V}{U - 2.5V} \cdot R_0, \text{故答案为: } R_L = \frac{2.5V}{U - 2.5V} \cdot R_0。$$

【解答】

解:(1)电路连接如图4所示;

$$(2) R_L = \frac{2.5V}{U - 2.5V} \cdot R_0$$

3. 缺电压表或电流表,利用局部短路电路测电阻

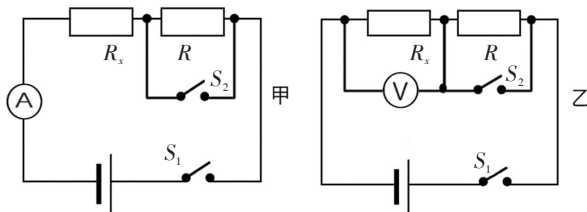


图5

- (1)如图5甲所示,①闭合开关 S_1 , R_x 和 R 串联,电流表示数为 I_1 ;②闭合开关 S_1 和 S_2 , R 被短路,只有 R_x 接入电路,电流表示数为 I_2 。因此,① $U = I_1(R + R_x)$ 。② $U = I_2 R_x$;根据电源电压相等,我们得到 $I_1(R + R_x) = I_2 R_x$,可得 $R_x = \frac{I_1 R}{I_2 - I_1}$ 。

- (2)如图5乙所示,①闭合开关 S_1 , R_x 和 R 串联,电压表示数为 U_1 ;②闭合开关 S_1 和 S_2 , R 被短路,只有 R_x 接入电路,电压表示数为 U_2 。因此,当闭合开关 S_1 和 S_2 时,电源电压为 U_2 ;当只闭合开关 S_1 时, R_x 两端的电压为 U_1 , R 两端的电压为 $U_2 - U_1$ 。根据 R_x 和 R 中的电流相等 $I_x = I_R$,即 $\frac{U_1}{R_x} = \frac{U_2 - U_1}{R}$,我们可以解得 $R_x = \frac{U_1 R}{U_2 - U_1}$ 。

4. 等效替代法

方法一:利用电阻箱代替未知电阻,并连接在同一电路中,电流大小相同时, $R_x = R_0$ 。

用图6所示的电路也可以测出未知 R_x 的阻值。当开关 S 扳到A时,电流表的示数为 I ,再将开关 S 扳到B时,调节 R_0 (电阻箱)的电阻,使电流表示数仍为 I ,即 $R_x = R_0$ 。

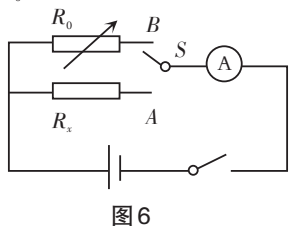


图6

方法二:利用电阻箱代替未知电阻,并联后和滑动变阻器串联,电压大小相同时, $R_x = R_1$ 。

若只有一只电压表和电阻箱,则可用替代法测电阻的阻值,如图7所示。先合上开关 S_1 ,把单刀双掷开关 S_2 打到1,调节滑动变阻器的阻值,使电压表有一合适的示数 U_0 。再把单刀双掷开关 S_2 打到2,调节电阻箱的阻值,使电压表的示数仍为 U_0 ,则此时电阻箱的示数即为待测电阻 R_x 的阻值,即 $R_x = R_1$ 。

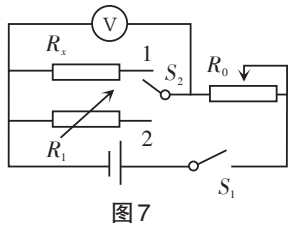


图7

综上所述,若利用伏安法测电阻时,需要电压表和电流表分别来测电压和电流。如果因为条件所限,没有其中一个测量工具时,我们利用所学知识同样也可以完成测量活动。通常采用的设计思路是:再取一只已知阻值的定值电阻,利用等效替代的方法可以替代缺失的电表,也可以利用两个电路中电源电压不变的等量关系,用已知的物理量和测量的物理量来表示待测电阻的阻值。