

例析伏安法测电阻与电源电动势内阻的异同

邹筱龙

(唐山市第二中学 河北 唐山 063000)

(收稿日期:2016-08-10)

摘要:以具体问题为例,进行了伏安法测电阻与伏安法测电源电动势和内阻的分析对比,意在加深学生对该问题的理解掌握,提高学生解决问题的能力.

关键词:伏安法 内接法外接法 误差 异同

伏安法是高中物理电学实验部分基本也是重要的方法,其典型应用是伏安法测电阻及伏安法测电源电动势和内阻.因为这两个实验在有关问题的表述、形式上存在某些相似之处,容易造成学生对其原理混淆、方法乱用、结论错误的现象,所以,实际教学中应全面考虑、精心设计、综合辨析.下面以电流实验复习课中所举例题为例,谈谈对该问题的教学设计与实践.

【原题】图1所示为测定某滑动变阻器最大阻值的实验电路,为减小测量误差采取试接法来选择正确电路,现将电压表的接线端S分别与电流表两端a,b两点相接触,则()

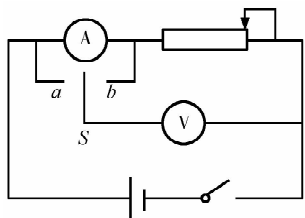


图1 例题题图

- A. 若电流表示数有明显变化,应接 a
- B. 若电流表示数有明显变化,应接 b
- C. 若电压表示数有明显变化,应接 a
- D. 若电压表示数有明显变化,应接 b

分析:(1) 测量原理

根据部分电路欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$,测出变阻器两

端电压 U_V 与通过的电流 I_A ,即可得变阻器阻值

$$R = \frac{U_V}{I_A}$$

(2) 误差分析

1) 若 S 接 a, 电流表所测为变阻器的真实电流, 电压表所测非变阻器真实电压, 而是其与电流表两者电压之和, 即电流表分压造成误差, 测量值与真实值的关系为

$$R_{\text{测}} = \frac{U_V}{I_A} = \frac{U_R + U_A}{I_R} = R_{\text{真}} + R_A > R_{\text{真}}$$

且 R_A 较 R 越小测量误差越小.

2) 若 S 接 b, 电压表所测为变阻器的真实电压, 电流表所测非变阻器真实电流, 而是其与电压表两者电流之和, 即电压表分流造成误差, 测量值与真实值的关系为

$$R_{\text{测}} = \frac{U_V}{I_A} = \frac{U_R}{I_R + I_V} = \frac{R_{\text{真}}}{1 + \frac{R_{\text{真}}}{R_V}} < R_{\text{真}}$$

且 R_V 较 R 越大测量误差越小.

3) 因为不论哪种接法均存在误差, 相较而言哪种接法误差小则选哪种接法. 故可以 R, R_A, R_V 三者比值大小判断, 若 $\frac{R_V}{R} > \frac{R}{R_A}$ 选外接法, 反之选内接法.

(3) 判断方法

若电流表示数变化较电压表示数变化明显, 说明外接法下电压表分流造成误差较内接法下电流表分压造成的误差大, 两相权衡, 为减小误差应选取内接法; 反之, 应选取外接法.

答案: A, D

【变式】如果采用该电路测量电源的电动势和内阻,其他条件不变,答案是什么?

思考:(1) 测量原理

根据全电路欧姆定律 $E = U + Ir$, 需测出两组电源路端电压 U 与电路干路电流 I , 即可得电动势与内阻

$$E = \frac{U_1 I_2 - I_1 U_2}{I_2 - I_1} \quad r = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1}$$

(2) 误差分析

1) 若 S 接 a , 电压表所测为干路的真实电压, 电流表所测非干路真实电流, 而是干路的部分电流, 即电压表分流造成误差, 测量值与真实值的关系为

$$E_{\text{测}} = \frac{R_V}{R_V + r} E_{\text{真}} < E_{\text{真}}$$

$$r_{\text{测}} = \frac{R_V}{R_V + r_{\text{真}}} r_{\text{真}} < r_{\text{真}}$$

且 R_V 较 r 越大误差越小.

2) 若 S 接 b , 电流表所测为干路的真实电流, 电压表所测非路端电压, 而是路端电压与电流表分压之和, 即电流表分压造成误差, 测量值与真实值的关系为

$$E_{\text{测}} = E_{\text{真}} \quad r_{\text{测}} = R_A + r_{\text{真}}$$

且 R_A 较 r 越小误差越小.

3) 内接法下电动势和内阻测量结果均存在误差, 且误差因素相同, 均为 R_V 较 r 越大测量误差越小; 而外接法下电动势无误差, 但内阻测量结果有误差, 且 R_A 较 r 越小测量误差越小.

(3) 判断方法

若电流表示数较电压表示数有明显变化, 说明内接法下电压表分流造成误差较外接法下电流表分压造成的误差大, 为减小误差应选取外接法; 反之, 应选取内接法.

答案: B, C.

【深化】上述两个问题均为理论分析, 若考虑实际情况, 则结果如何?

辨析:(1) 中学实验室常用器材规格 —— 指针式电压表内阻数量级一般为 $10^3 \sim 10^4 \Omega$; 指针式电流表内阻数量级一般为 $10^{-2} \sim 10^{-1} \Omega$; 定值电阻数量级范围很大, 一般为 $10^{-1} \sim 10^6 \Omega$; 滑动变阻器最大值数量级一般为 $10 \sim 10^2 \Omega$; 干电池规格一般为 $(1.5 \text{ V}, 10^{-1} \Omega)$.

(2) 伏安法测电阻, 不论 $\frac{R_V}{R}$ 还是 $\frac{R}{R_A}$, 一般均可

达到 10 以上, 即物理意义的远大于, 则其误差满足中学物理实验的要求.

(3) 伏安法测电动势和内阻, $\frac{R_V}{r}$ 可达到 10^3 以上, 但 R_A 与 r 数量级相当. 若采用内接法, 电动势和内阻测量误差很好满足中学物理实验的要求; 若采用外接法, 电动势测量结果无误差, 但内阻测量误差则很大. 两相权衡, 实验采用内接法更合适.

答案: 考虑实际情况, 原题正确选项依旧为 A, D; 变式, 则不论两表示数变化如何, 均应选择内接法, 故无正确选项.

【对比】结合上述分析, 归纳比较伏安法测电阻与伏安法测电动势和内阻的异同.

总结:两个实验既有相似相同, 也有差异区别, 只有既知表象又明实质, 方能融会贯通灵活运用.

(1) 研究对象: 伏安法测电阻实验的对象是很大范围内的某个值, 伏安法测电动势和内阻实验的对象是两个很小的确定值.

(2) 实验原理: 两个实验依据的都是欧姆定律, 但伏安法测电阻的原理是部分电路欧姆定律, 而伏安法测电动势和内阻的原理是全电路欧姆定律.

(3) 测量数据: 两个实验测量的都是电流和电压, 但伏安法测电阻测量的是待测电阻的电流和电压, 而伏安法测电动势和内阻测量的是电源的电流和路端电压.

(4) 判断方法: 两个实验都可依据 $\frac{R_V}{R}$ 和 $\frac{R}{R_A}$ 大小关系判定具体测量电路的接法, 但实验中还需考虑误差要求的限制.

(5) 误差分析: 两个实验产生误差的原因都是电流表分压或电压表分流, 但伏安法测电阻中内接法是电流表分压, 外接法是电压表分流; 伏安法测电动势和内阻测量中则相反.

(6) 两表接法: 考虑实际情况, 伏安法测电阻的电路存在两种可能接法, 伏安法测电动势和内阻则只有一种接法.

参考文献

- 宋昌杰. “伏安法测电阻”的教学设计及实施. 物理通报, 2014(z1): 52 ~ 54
- 吴军. 伏安法测电源电动势和内阻的系统误差分析. 湖南中学物理, 2014(12): 72 ~ 73