

定值电阻在高中电学实验的创新应用

陈扬辉

(福建省厦门集美中学 福建 厦门 361021)

(收稿日期:2018-04-02)

摘要:电学实验是高考重点,学生学习这部分内容时,总是难以下手解题.此外,定值电阻在考题中以多种形式出现,加大了考题难度,为提高学生学习有效性,笔者以文献法列出定值电阻在电学问题中的5种应用,结合例题来分析归类,希望为高考复习提供有价值的参考.

关键词:高中电学实验 定值电阻 应用 量程

在近年来的高考电学实验题中,命题者源于课本教材,追求创新立意及试题区分度,往往将定值电阻在电学实验中的应用以创新启发式的设计融入到实验题中.不仅考查学生的综合素养和知识应用能力,

多变的应用设计,还要求学生具有更明晰的解题思路.如何更为有效地应对定值电阻在设计性电路实验中扮演的角色,笔者将这些题型分类归纳为如下案例的5个方面.

参考文献

- 1 黄晓璜,崔国民.高校工程热力学实验教学探索.中国电力教育,2014(33):100~101
- 2 江海斌,吴晓艳.工程热力学实验教学改革探索.中国电力教育,2013(34):152~153
- 3 崔蕾,潘天泉,刘宏伟.工程热力学实验课程改革的探

讨.教育与职业,2011(23):169~170

- 4 冯国增,聂宇宏,夏莉,等.“工程热力学”教学过程中大学生综合素质培养的研究和实践.制冷与空调,2012,26(1):90~92
- 5 刘升,林希峰.实验教学改革中的创新项目.中国冶金教育,2012(1):57~59

Comprehensive and Design-Oriented Experimental Project Reform of Engineering Thermodynamics

Chen Qingdong

(Faculty of science, Binzhou University, Binzhou, Shandong 256600)

Wang Junping

(Faculty of aerospace engineering, Binzhou University, Binzhou, Shandong 256600)

Abstract: In this paper, the present situation of Engineering Thermodynamics experimental projects in universities is investigated. It is found that the setup of the experimental project is unreasonable, many of which is verifying experimental projects. The reform scheme of the comprehensive and design experiment project is put forward. Three aspects to promote the reform of comprehensive design experiment projects, the transformation from the verifying to the design type, the single to the comprehensive transformation and the addition of some design type comprehensive experimental items.

Keyword: engineering thermodynamics; comprehensive and design-oriented; experimental project; reform

1 定值电阻找电流

出于某些设计型实验的需要,命题者往往提供了量程太大或者太小的电流表.再选择电流表解题会有很大的测量误差,就应该考虑用已知内阻的电压表和定值电阻搭配使用,由欧姆定律得到准确的电流值.

【例1】测量电压表 V_1 的内阻 R_V ,量程为 2 V,内阻约为 2 k Ω .实验室提供的器材有:

① 电流表 A,量程 0.6 A,内阻约 0.1 Ω ;② 电压表 V_2 ,量程 5 V,内阻为 5 k Ω ;③ 定值电阻 R_1 ,阻值 30 Ω ;④ 定值电阻 R_2 ,阻值为 3 k Ω ;⑤ 滑动变阻器 R_3 ,最大阻值 100 Ω ,额定电流 1.5 A;⑥ 电源 E,电动势 6 V,内阻约 0.5 Ω ;开关 S 一个,导线若干.

(1) 某同学设计由待测电压表 V_1 和电流表 A 串联,然后接入测量电路中,测得电压表 V_1 的电压和电流,欧姆法算出 R_V .但这一方案实际不可行,请说出主要的原因是_____;

(2) 请在提供的器材中选择必要器材,设计一个可以测量电表 V_1 内阻 R_V 的实验电路图.要使测量尽可能准确,设计的实验必须在不增减元件的条件下在同一电路中完成.将符合要求的实验电路图在下方画出,并标出所用仪器的代号;

(3) 由上问写出 V_1 内阻 R_V 的表达式,说明式中各测量量的物理意义.

分析:(1) 选择电流表 A 量程太大(测量值远小于量程 $\frac{1}{3}$),无法测得流过电压表 V_1 的电流值.

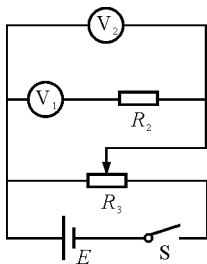


图1 例1题图

(2) 如图1所示,电路设计意图是以量程相近的

两块电压表并联得到准确电压 U_1, U_2 .将定值电阻与待测电压表 V_1 串联,再由并联电路电压相等的关系换算得出流过电压表 V_1 的电流.

(3) 两块电压表电压相等

$$U_2 = \frac{U_1}{R_V} (R_V + R_2)$$

解得

$$R_V = \frac{U_1 R_2}{U_2 - U_1}$$

2 定值电阻找电压

在某些创新设计实验题中,命题者往往提供了量程太大或者太小的电压表.选择电压表解题会有很大的测量误差,就应该考虑用电流表和定值电阻搭配使用,由欧姆定律得到准确的电压值.

【例2】实验要求测定电流表 A_1 内阻的精确值,提供如下器材:

① 电流表 A_1 (量程 300 mA,内阻约为 5 Ω);② 电流表 A_2 (量程 600 mA,内阻约 1 Ω);③ 电压表 V(量程 15 V,内阻约 3 k Ω);④ 滑动变阻器 R_1 (0 ~ 5 Ω ,额定电流 1 A);⑤ 滑动变阻器 R_2 (0 ~ 50 Ω ,额定电流为 0.01 A);⑥ 电源 E(电动势 3 V,内阻较小);⑦ 定值电阻 R_0 (5 Ω);⑧ 开关一个、导线若干.

对于待测电流表 A_1 的示数要从零开始变化,且多测几组数据,尽量减少误差.

(1) 上述器材中滑动变阻器应选_____;

(2) 在下方画出测量电流表 A_1 内阻的电路原理图,标出选择元件对应的字母代号;

(3) 在测量的数据中,选择一组来计算电流表 A_1 的内阻 r_1 ,表达式为 $r_1 = \underline{\hspace{2cm}}$;说明式中各符号的物理意义是_____.

分析:(1) 电路要求从零开始变化,就需要用到分压接法,为了滑动变阻器时分压更为均衡,则应选择最大阻值小的滑动变阻器 R_1 .

(2) 电压表的量程太大,无法直接测量电流表 A_1 电压,改用定值电阻配合电流表来替代电压表;电路设计图如图2所示.

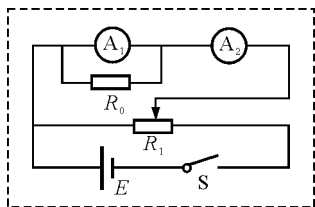


图2 例2题图

(3) 流过电阻 R_0 的电流为 $I_2 - I_1$, 由并联关系 A_1 两端的电压和 R_0 两端的电压相等, 所以 $r_1 = \frac{I_2 - I_1}{I_1} R_0$. I_1, I_2 分别是某次实验测得电流表 A_1, A_2 的示数, R_0 是定值电阻的阻值大小.

3 定值电阻扩大量程

出于实验设计的需要, 在某些电学实验中, 命题者往往提供了量程不合适的电压表. 测量值达不到量程的 $\frac{1}{3}$ 以上时, 可以考虑改装电表, 选合适电表和定值电阻配合使用, 改装成电压表扩大量程, 以此来得到准确的电压值.

【例3】给定待测电阻 R_x 阻值约 20Ω , 现要测出其阻值, 实验室提供的器材有:

① 电流表 A_1 (量程 150 mA , 内阻 r_1 约为 10Ω); ② 电流表 A_2 (量程 20 mA , 内阻 $r_2 = 30 \Omega$); ③ 电压表 V (量程 15 V , 内阻约为 $10 \text{ k}\Omega$); ④ 定值电阻 $R_0 = 100 \Omega$; ⑤ 滑动变阻器 R , 最大阻值为 5Ω ; ⑥ 电源 E , 电动势 $E = 4 \text{ V}$ (内阻不计); ⑦ 开关 S 及导线若干;

(1) 选择以上器材完成实验, 要求测量时电表读数不小于其量程的 $\frac{1}{3}$, 设计测量 R_x 的一种实验原理图并在作图区绘出 (选择的元件用题干中对应的字母代号标注).

(2) 实验测得电流表 A_1 的读数为 I_1 , 电流表 A_2 的读数为 I_2 , 写出待测电阻值的表达式_____.

分析: (1) 提供的电压表量程太大, 接入电路后指针偏转不足满偏 $\frac{1}{3}$, 故改用电流表和定值电阻串联, 扩大电表量程较准确测量电压, 设计如图3所示电路图以欧姆法测未知电阻.

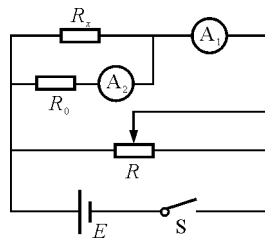


图3 电流表串联定值电阻测量电压的电路设计

(2) 待测电阻两端电压 $U = I_2(R_0 + r_2)$, 通过待测电阻的电流 $I_x = I_1 - I_2$, 则待测电阻 $R_x = \frac{U}{I_x} = \frac{I_2(R_0 + r_2)}{I_1 - I_2}$, 其中 I_1, I_2 分别为电流表 A_1 和 A_2 的读数, R_0 和 r_2 分别为定值电阻和电流表 A_2 的阻值.

4 定值电阻保护电路

在某些创新设计实验题中, 用定值电阻来充当电路的保护者亦是它最常见的应用之一. 对于这类问题, 审题揣摩命题者设计意图, 用题目数据做必要估算, 确定定值电阻保护电路位置的同时又不能影响测量准确度, 属于电学实验设计中要求较高的题型.

【例4】请你选择适当的实验器材, 设计一个可以测量电流表 A_1 内阻 r_1 的电路图, 测量结果尽可能准确, 方法简单, 可以测量多组实验数据. 提供选择的器材如下:

① 电流表 A_1 , 量程 10 mA , 内阻 (约 40Ω); ② 电流表 A_2 , 量程 $500 \mu\text{A}$, 内阻 $r_2 = 750 \Omega$; ③ 电压表 V , 量程 10 V , 内阻 $r_3 = 10 \text{ k}\Omega$; ④ 电阻 R_1 , 阻值为 100Ω ; ⑤ 滑动变阻器 R_2 , 总阻值约 50Ω ; ⑥ 电源 E , 电动势 1.5 V , 内阻很小; ⑦ 开关 S , 导线若干;

(1) 选择适当器材设计实验电路图, 图中标明器材代号;

(2) 在测量值中取其中一组数据来计算电表内阻 r_1 , 推导其表达式 $r_1 = \underline{\hspace{2cm}}$, 式中各符号分别表示_____.

分析:

(1) 题中电源电动势只有 1.5 V 太小, 若选择电压表量程偏大不宜使用, 而选择电流表 A_2 在电路中不仅可作为一个小电阻, 又能显示通过的电流值, 由

伏安法计算其两端的电压值,充当电压表使用.题中要求多次变换测量值,应采用分压电路,但电流表内阻值较小,为避免烧表,需在电路中增加保护电阻如图4所示.

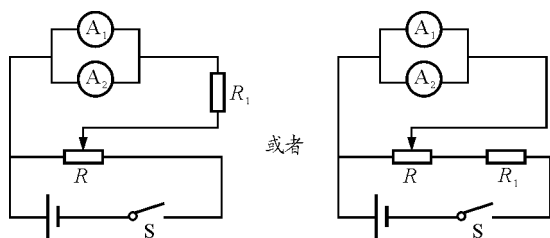


图4 在电路中增加保护电路

(2) 根据欧姆定律得

$$r_1 = \frac{I_2 r_2}{I_1}$$

式中 I_1, I_2 分别为电流表 A_1 与电流表 A_2 的读数; r_1, r_2 分别为电流表 A_1 与电流表 A_2 的内阻.

5 定值电阻改变待测量

在部分设计实验中,有些测量值往往太小,测量易出现误差.可以考虑定值电阻与待测电阻串联来放大测量值,下题中电源内阻值小,定值电阻的连入既有电路保护作用又放大了电源内阻.属于测电源内阻问题中,经常出现的处理手法,应多加关注.

【例5】测量电源的电动势 E 和内阻 r (E 约为 4 V , r 约为 $1\ \Omega$),要求设计的电路尽可能做到准确测量.

① 量程 3 V 的理想电压表;② 量程 0.5 A 的电流表(具有一定内阻);③ 固定电阻 $R=4\ \Omega$;④ 滑动变阻器 R' ;⑤ 开关 S ,导线若干;

(1) 画出设计的实验电路图,简要说明设计意图;

(2) 实验中,当电流表读数为 I_1 时,电压表读数为 U_1 ;当电流表读数为 I_2 时,电压表读数为 U_2 ,可以求出 $E = \underline{\hspace{2cm}}$, $r = \underline{\hspace{2cm}}$. (以 I_1, I_2, U_1, U_2, R 表示)

分析: (1) 设计电路采用限流接法,将电源、电流表、滑动变阻器串联,电压表并联在电源两端.由于电源电压超出电压表量程,需加入保护电阻同时

也扩大待测的内阻值,如图5所示;

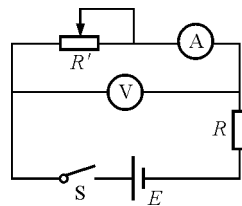


图5 扩大待测内阻

(2) 由闭合电路欧姆定律可知

$$U_1 = E - I_1 r' \quad U_2 = E - I_2 r'$$

联立解得

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

由于 r' 中含有保护电阻,故电源的电阻应为

$$r = r' - R = \frac{U_1 - U_2}{I_2 - I_1} - R$$

6 结束语

综合近年高考实验题型来看,电学实验部分依然作为命题重点,题型设计常考常新.定值电阻也作为创新设计的重要元素频繁出现在此类问题中,导致题型难度加大,新颖设计也对学生寻找解题切入点提出高要求.笔者将定值电阻在电路实验中出现最为普遍的位置归纳为文中5点,以命题者角度切题讲题,也期望学生在面对该类问题时可以迅速把握试题意图,提高得分率,实现电学实验复习的突破.

参考文献

- 1 邓丽萍. 高中物理电学实验设计与研究. 高中数理化, 2014(16):41
- 2 陈伟. 提高高中物理电学实验效率的策略. 中学物理教学参考, 2015(12)
- 3 唐光善. 易被“忽视”的定值电阻——例谈“定值电阻”在高中电学实验中的应用. 物理教学, 2016(2):27~30
- 4 张辉鹏. 定值电阻在设计性实验中的妙用. 中学理科园地, 2007(2):5~6
- 5 高红伟. 定值电阻在电路中的作用. 数理化学学习(高中版), 2011(19):36~38
- 6 黄中秋. 高中物理电学实验教学之管见. 中学物理教学参考, 2017(9X):30~31