

论分压电路中保护电阻的运用

方 洪 金 灿

(江苏省天一中学 江苏 无锡 214101)

(收稿日期:2016-09-12)

摘 要:电学实验中,很多试题会考查实验电路设计、实验器材的选取,这也是高考考查的重点.在电路设计、实验器材的选取中往往会涉及保护电阻的选取与运用,学生对此感觉很难而无从着手,保护电阻的选取与运用需要详尽地分析和考量.

关键词:电路设计 分压电路 保护电阻 测量精度 位置

电路设计类问题,对学生分析问题能力,灵活运用知识解决问题的能力提出了较高的要求,从教学反馈看,学生的掌握程度,多数学生停留在机械的记忆,而不能从具体情况出发,分析并甄选出最佳的设计电路,其中保护电阻的选取和运用则对学生的能力提出了更高的要求.

为了保证用电器的安全使用,设计电路时经常需要用到保护电阻,而保护电阻在电路中的接入位置不同,保护功能也不同,在提高测量精度、可操作性等方面所起到的效果也不同.下面以常见的分压式电路为例,探讨如何运用保护电阻,使设计电路的效果最佳.

分压式电路的开关闭合前,滑动变阻器与用电器并联部分的阻值应先调到零,使分出电压为零,避免电流过大烧坏电器元件.为防止因操作不慎将滑动变阻器调到最大而烧毁测量电路,电路中往往需接入保护电阻.

【例题】根据下面所给的实验器材,并结合下列4个问题中所给的条件,分别设计一个测量电路,用来测量一个阻值约为 $300\ \Omega$ 的电阻 R_x ,要求 R_x 两端的电压能从零开始变化,且尽可能提高测量的精度,并将设计的电路画在虚线框中.

A. 电流表 A. 量程为 I_A ,内阻为 r_A ,约为 $10\ \Omega$

B. 电压表 V. 量程为 U_V ,可视理想电表

$$2g(h+h_1) =$$

$$\frac{(15.2704 + 19.3822 + 29.1712 + 8.6134 + 6.0968 + 28.9754 + 11.7468 + 18.6134 + 29.1712 + 23.6893 + 15.0751 + 11.5510)}{12} \text{ m}^2/\text{s}^2 =$$

$$17.280 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

相对误差为

$$\eta = \frac{17.280 - 17.167}{17.280} \times 100\% = 0.654\%$$

可见,二者近似相等,从而验证了自由落体机械能守恒.

小球下落瞬间与高速照相机(软件)启动不完全同时,自动闪光计时消除了这一影响,因此实验精确度较高.但是,由于小球下落过程受阻力作用,不是严格的自由落体运动.且小球的尺寸对于数据测量有一定的影响,照片放大时图像模糊,不清晰,造成读数不准确.

3 结束语

本文利用智能手机超速摄像和计时功能,测小球下落的距离与速度,并根据式(2)进行计算,从而验证了自由落体机械能守恒.在智能手机普及的信息时代,我们可以利用手机的功能进行物理教学设计与研究,提高教学质量.

参考文献

- 程守洙,江之永主编.普通物理学1(第五版).北京:高等教育出版社,2006,122-123
- 贾利群,黄宏春.关于机械能守恒定律的讨论.平顶山师专学,1998,13(2):22-27

- C. 定值电阻 R_0 , 阻值为 R_0
 D. 滑动变阻器 R_p , $R_p = 10 \Omega$
 E. 电源, 电动势为 $E = 6 \text{ V}$, 内阻很小
 F. 开关导线若干.

1 保护电阻置于支路

1.1 保护电阻相对于电压表外接

问题 1: 若电压表量程 $U_V = 3 \text{ V}$, 电流表量程 $I_A = 10 \text{ mA}$, 保护电阻 $R_0 = 300 \Omega$, 请画出电路图.

解析: R_p 的电阻约为 10Ω , 比待测电阻 R_x 小得多, 且题中要求电阻两端电压从零开始变化, 故采用分压接法. 电压表为理想电表, 其分流作用可忽略不计, 所以测量电路应选取电流表外接法. 若不接入保护电阻, 设计电路如图 1 所示.

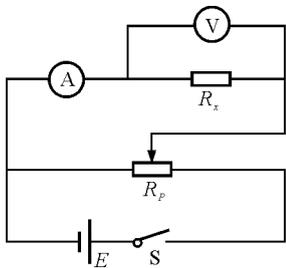


图 1 不接保护电阻的电路图

由于电压表的量程为 3 V , 电源电动势为 6 V , 滑动变阻器滑片可移动范围仅为左边一半左右, 若误将滑片超出其滑动范围, 电压表、电流表能获得的最大电压、最大电流将均达到对应电表量程的近 2 倍, 故需接入保护电阻. 若采用保护电阻置于支路, 与测量电路串联, 如图 2 所示, 由于保护电阻的分压作用, 即使滑动变阻器的滑片滑至最右端, 电压表能获得的最大电压约为 3 V , 电流表获得的最大电流约为 10 mA , 均接近两电表的满偏量程, 保证两电表均能正常工作.

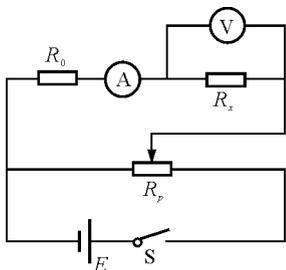


图 2 外接保护电阻的电路图

点评: 要确定保护电阻的位置, 应先明确不放置保护电阻, 电路中将暴露哪些问题和缺陷, 从而针对问题所在, 有的放矢, 将暴露的问题和缺陷解决.

1.2 保护电阻相对于电压表内接

问题 2: 若问题 1 中仅把电压表量程改为 10 V , 其他条件不变, 请画出电路图.

解析: 由问题 1 的解析可知, 不接保护电阻, 电流表很容易超出量程被烧毁, 电压表量程较大, 不会出现安全隐患, 故保护电阻的作用是保护电流表的正常工作. 若采取图 2 所示电路, 电流表得到足够的保护能保证正常工作, 但此电路的缺陷是电压表能获得的最大电压约为 3 V , 小于其满偏量程的 $\frac{1}{3}$, 即测量过程中电压表的指针始终位于左侧 $\frac{1}{3}$ 的表盘内, 读数引入的误差较大, 不符合设计电路的精确性原则, 电路设计仍需修正. 此时应考虑将保护电阻内接, 如图 3 所示.

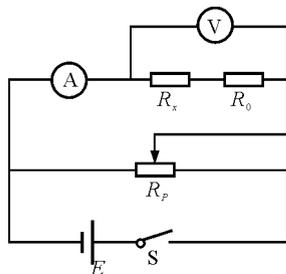


图 3 内接保护电阻的电路图

在此电路中, 电压表所能获得的最大电压约为 6 V , 指针的偏转范围约为表盘的 $\frac{3}{5}$, 较好地解决了指针的偏转问题, 有效地提高了测量精度, 当然此时待测电阻的计算表达式应为 $R_x = \frac{U}{I} - R_0$.

点评: 问题 1 和问题 2 中两张电路图的区别在于保护电阻相对电压表的内外接法不同, 问题 1 中的保护电阻 R_0 成功地限制了测量电路的电流, 保证电流表的正常使用, 而问题 2 中的保护电阻不仅仅限制了支路电流, 同时起到了匹配电阻的作用, 使两测量电表能同时大角度的偏转, 提高了测量精度.

小结: 保护电阻置于支路时, 应综合考虑保护电阻的内外接法, 确保电路安全, 提高测量精度.

2 保护电阻置于干路

2.1 保护电阻置于干路 保护支路

问题 3:若将问题 1 中的保护电阻改为 $R_0 = 10 \Omega$,其他条件都保持不变,请画出电路图。

解析:与问题 1 一致,电压表、电流表均需要得到保护,若采用图 2 所示电路,由于 R_0 仅为 R_x 的 $\frac{1}{30}$,分压作用非常有限,未能对两电表起到保护作用.考虑到保护电阻的阻值与滑动变阻器的阻值相近,若接在干路中,如图 4 所示, R_0 将能起到较为明显的分压作用,当滑片滑至最右端时,两电表获得的最大电压和最大电流约为 3 V,10 mA,两电表均能正常工作。

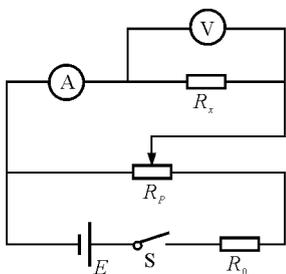


图 4 保护电阻置于干路

2.2 保护电阻置于干路 保护干路

问题 4:若电压表量程 $U_V = 6 \text{ V}$,电流表量程 $I_A = 20 \text{ mA}$,保护电阻 $R_0 = 5 \Omega$,要求电源的最大工作电流不超过为 0.5 A,请画出电路图。

解析:若不接入保护电阻,两电表能获得的最大

电压和最大电流约为 6 V,20 mA,均未超出各自的量程,而此时干路电流约为 0.6 A,所以本题中保护电阻的作用是要保证干电池的最大工作电流不超过 0.5 A,限制干路电流的大小,一般将保护电阻接入干路中,如图 4 所示电路,接入保护电阻后,干路中的最大电流接近 0.4 A,小于电源限定的最大工作电流 0.5 A,此时两电表读数分别在 4 V 和 13 mA 左右,说明此设计电路能同时满足安全工作和精确测量的要求。

点评:问题 3 中的保护电阻虽然接在干路中,保护的却是处于支路中的测量电路,而问题 4 中的保护电阻接在干路中,目的是保证电源(或滑动变阻器)不超过所允许的最大工作电流,由此可知,接在干路中的保护电阻,作用有保护支路和保护干路两种情况,应视情况具体分析。

小结:分压式电路中,一般情况下,若保护电阻与测量电路中的待保护电阻或电表内阻相近,则接入支路保护效果较为明显;若保护电阻阻值与滑动变阻器阻值相近,则串入干路保护效果较为明显。

在电学实验电路设计中,要确定保护电阻接入电路的位置,首先应明确需要保护的對象,根据保护电阻、测量电路及滑动变阻器阻值大小关系,假设保护电阻的接入位置,然后通过估算或计算,比较并验证保护电阻的保护效果,最后再确定保护电阻的最佳位置.保护电阻的运用应根据不同的实际情况进行灵活地调整,方能取得最佳的效果。

Discuss on the Application of Protective Resistance in the Distributing Voltage Circuit

Fang Hong Jin Can

(Jiangsu Tianyi high school, Wuxi, Jiangsu 214101)

Abstract: Many questions will examine the design of experiment circuit and the selection of experimental equipment in the college entrance examination. The protective resistance is often involved in the design of experiment circuit and the selection of experimental equipment. The selection and application of the protective resistance is difficult to the students. The selection and application of protective resistance should be analyzed and considered very carefully.

key words: circuit design, distributing voltage circuit, protective resistance, measurement accuracy, the position of the resistor