

2022年高考全国乙卷理综物理 第23题电流表接法的讨论及启示*

谢婉君 张先焱 姚关心

(安徽师范大学物理与电子信息学院 安徽 芜湖 241002)

(收稿日期:2022-06-21)

摘要:2022年高考全国乙卷理综物理试题第23题是高考评价体系下的一道电学实验题,考查全面.学生解题时往往面临多重困难,在电路设计中极易错判电流表的接法,对其科学思维能力有着极高的要求.通过详细分析题目的已知条件,阐明内接法的不正确之处,从中为核心素养时代下的高中物理实验教学带来几点启示.

关键词:高考物理试题;电流表接法;实验教学启示

1 引言

物理学是自然科学领域的一门基础学科,研究自然界物质的基本结构、相互作用和运动规律.实验是体现物理学科本质的核心特征,现阶段我国高考对学生实验能力的考查还是依赖于纸笔测试,于是实验试题也就成为考查学生关键能力的一种重要题型.2022年高考全国理科综合乙卷第23题为一道电学实验题,以研究待测电阻的伏安特性为背景,通过给定所用实验器材及其规格,要求考生选择合适的元件进行实验电路的设计并进行电表的读数和计算,全面考查了学生的实验探究能力.笔者从电流表接法讨论和命题分析等方面进行系统的探讨,以期高中物理实验教学提供一些有价值的参考.

2 原题呈现

一学生探究阻值约为 $550\ \Omega$ 的待测电阻 R_x 在 $0\sim 5\ \text{mA}$ 范围内的伏安特性.可用器材有:电压表 V (量程为 $3\ \text{V}$,内阻很大),电流表 A (量程为 $1\ \text{mA}$,内阻为 $300\ \Omega$),电源 E (电动势约为 $4\ \text{V}$,内阻不计),滑动变阻器 R (最大阻值可选 $10\ \Omega$ 或 1.5

$\text{k}\Omega$),定值电阻 R_0 (阻值可选 $75\ \Omega$ 或 $150\ \Omega$),开关 S ,导线若干.

(1)要求通过 R_x 的电流可在 $0\sim 5\ \text{mA}$ 范围内连续可调,在答题卡上将图1所示的器材符号连线,画出实验电路的原理图;

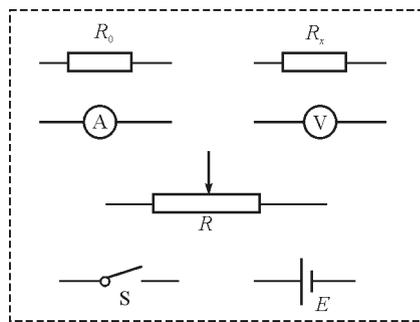


图1 实验器材示意图

(2)实验时,图1中的 R 应选最大阻值为_____ (填“ $10\ \Omega$ ”或“ $1.5\ \text{k}\Omega$ ”)的滑动变阻器, R_0 应选阻值为_____ (填“ $75\ \Omega$ ”或“ $150\ \Omega$ ”)的定值电阻;

(3)测量多组数据可得 R_x 的伏安特性曲线.若在某次测量中,电压表、电流表的示数分别如图2(a)和图2(b)所示,则此时 R_x 两端的电压为_____ V ,流过 R_x 的电流为_____ mA ,此组数据得到的 R_x 的阻值为_____ Ω (保留3位有效数字).

* 安徽省高等学校省级质量工程项目资助,项目编号:2020kfk218,2020jyxm1980,2020jyxm0673,2020jyxm0660,2020jyxm0657.

作者简介:谢婉君(1999-),女,在读硕士研究生.

通讯作者:姚关心(1973-),男,博士,研究方向为激光谱技术及应用、中学物理教学.

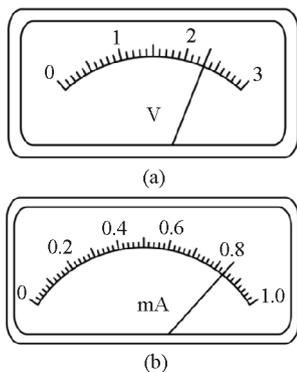


图2 电压表、电流表示数

3 对电流表接法的讨论

第(1)小问:在 $0 \sim 5 \text{ mA}$ 的可调电流范围内测量电阻的伏安特性,画出实验电路的原理图。

题目提供的电流表量程不满足实验要求,需要对电流表进行改装.根据“并联电阻分流”的原理,学生选择电阻 R_0 与电流表并联以实现扩大量程的目的.此时新电流表量程为 5 mA ,将电流表读数乘以5,即为电流的大小.电压表则用来测量电路两端的电压,根据已知条件判断电流表是采用内接法还是外接法.两电表从零开始测量,故将滑动变阻器(10Ω)以分压式接入电路。

3.1 电流表外接法

经过并联电阻改装后的电流表若采用外接的连接方式,电路原理如图3所示.外接法一般考虑为待测电阻的阻值较小,电流表的阻值与其相比不能忽略,若采用内接法,电流表的分压效果则不能忽略,误差较大,而电压表已明确内阻很大,属于理想电压表,故采用外接法系统误差相对较小.在中学物理实验教学中,经常被教师总结为“内接测大电阻,外接测小电阻”的连接规律。

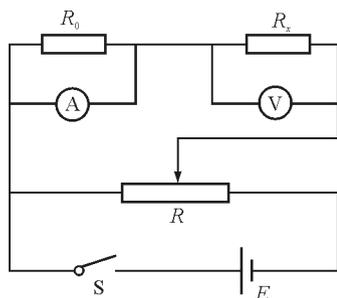


图3 电流表外接法电路原理图

在外接法的电路设计下,通过调节滑动变阻器的阻值大小可以实现电流表在 $0 \sim 5 \text{ mA}$ 范围内可调.当电流达到满偏数值 5 mA ,由欧姆定律可以得到待测电阻两端的最大电压值:

$$U_x = I_{\max} R_x \approx$$

$$0.005 \text{ mA} \times 550 \Omega = 2.75 \text{ V} \quad (1)$$

由计算结果可以看出,电流表采用外接法不仅可以实现其在 $0 \sim 5 \text{ mA}$ 范围内可调,还确保了在实验过程中不会超出电压表的量程,在不违反电路设计原则的基础上满足了题目提出的要求.另外,根据第(3)小问提供的电压表和电流表的示数可以分别得到电压 $U=2.30 \text{ V}$,电流 $I=0.84 \times 5 \text{ mA} = 4.20 \text{ mA}$.若假设外接法可行,通过计算可以求出待测电阻的阻值为

$$R_x = \frac{U}{I} = \frac{2.30}{0.0042} \Omega \approx 547.619 \Omega$$

与题目的估计值很接近,也可以反证其正确性。

综上所述,在本试题中采用电流表的外接法是正确可行的。

3.2 电流表内接法

分析本实验的已知条件会发现,电流表内阻为 300Ω .中学教师常常提示学生“若电流表已知,则采用内接法”,原因如下。

采用电流表外接法是考虑到电流表分压的系统误差,会导致待测电阻值偏大.若电流表内阻已知,则电流表的具体分压数值(电流表示数和其阻值的乘积)就可以计算出来,待测电阻两端的真实电压为电压表的示数减去电流表的分压数值.采用内接法,电流表测得的电流是流过待测电阻的真实值,如此便消除了系统误差.另外,将电流表与待测电阻串联,还可以增大这一支路的分压,减小在伏安特性曲线开始段电压表读数的相对误差,提高实验精度.在上述两个原因的支持下,该题采用内接法似乎更为合适。

内接法的实验电路原理如图4所示.电压表的示数表示新电流表和待测电阻两端的电压之和,电流表的示数则为对应电压下流过待测电阻的电流值。

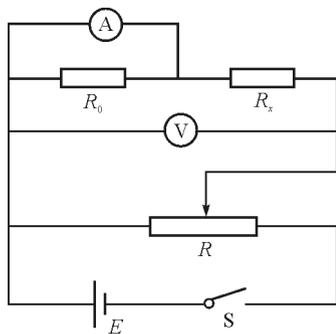


图4 电流表内接法电路原理图

题目要求学生设计的电路原理图能在 $0 \sim 5 \text{ mA}$ 的可调电流范围内测量电阻的伏安特性. 基于前文的分析已知需要对电流表进行改装, 根据并联电路中电流之比等于电阻的反比, 可以得到

$$\frac{4 \text{ mA}}{1 \text{ mA}} = \frac{300 \Omega}{R_0} \quad (2)$$

$$R_0 = 75 \Omega \quad (3)$$

根据并联电阻的求和公式可以求出电流表与 R_0 的电阻之和, 即

$$R_{\text{总}} = \frac{R_0 R_A}{R_0 + R_A} = \frac{300 \times 75}{300 + 75} \Omega = 60 \Omega \quad (4)$$

本实验题中明确指出待测电阻阻值约为 550Ω , 则改装后的电流表和待测电阻的总电阻约 610Ω , 如果采用内接法, 且保证在实验过程中实现电流表在 $0 \sim 5 \text{ mA}$ 范围内可调, 改装后的电流表和待测电阻的两端总电压会超过电压表的 3 V 量程, 这在设计电路过程中是不容许出现的. 因此, 在本实验题中采用电流表的内接法相比外接法是欠妥的.

另外, 若假设在本题中电流表采用内接法可行, 根据第(3)小问提供的电压表和电流表的示数可以得到新电流表分得的电压为

$$U_1 = IR_A = 0.0042 \times 60 \Omega = 0.252 \text{ V}$$

由串联分压原理可知, 待测电阻两端的电压为

$$U_2 = U - U_1 = 2.30 \text{ V} - 0.252 \text{ V} = 2.048 \text{ V}$$

根据欧姆定律即可计算出待测电阻的阻值

$$R_x = \frac{U_2}{I} = \frac{2.048}{0.0042} \Omega \approx 487.619 \Omega$$

计算结果与题目给出的估计值相差甚远, 由此得出本实验题采用内接法不满足题目要求.

4 命题分析

中国高考评价体系由“一核四层四翼”构成了

一个有机统一的整体^[2], 在评价理念上旨在实现高考由传统的“知识立意”“能力立意”评价向“价值引领、素养导向、能力为重、知识为基”综合评价的转变^[3]. 物理实验题则能有效地评价学生的关键能力. 在本题中, 考查的关键能力可以归类为实验探究能力和思维认知能力^[4], 下面从能力考查的角度对原题进行分析.

首先, 本题主要考查学生对电路基础知识的运用和思维能力. 考点定位在研究待测电阻的伏安特性曲线, 第(1)、(2)小问要求学生设计实验电路图, 主要是控制电路、测量电路的连接, 更多地考查其思维认知能力. 学生在掌握电学基础知识的前提下想要正确作答此问, 需要运用科学思维方法, 经历科学推理、科学论证等过程选择电流表和滑动变阻器的接法、计算充当分流器的电阻阻值以及判断滑动变阻器的量值.

其次, 此题考查了学生的实验探究能力. 第(3)小问通过展示电压表和电流表的示数图, 将考点定位到正确使用仪器进行观察和测量、分析处理实验数据并得出正确结论, 以及了解误差和有效数字的概念, 这些考查点正包含在实验探究能力中.

最后, 此题考查了学生对知识的理解深度. 电流表接法的选择是本题的一个易错点, 教师在课堂上一般会总结电流表接法的判断依据, 例如“内大外小”“电流表内阻已知, 就选内接法”等等. 在学习过程中, 若学生不加思考全盘接受, 没有真正理解科学方法背后的物理原理, 就极易选择电流表内接的错误连接方式.

5 课堂实验教学的启示

通过上述分析, 我们已经明确了此实验题的命题意图和涉及的知识点. 该题能够较全面的考查学生的电学基础知识, 更加注重对学生科学思维和科学探究能力的考查, 符合高考评价体系的评价理念, 可以给高中物理实验教学带来几点启示.

其一要更新教学理念, 指向核心素养目标. 通过分析本题可以发现, 高考物理试题关注课程改革, 体现新的课程理念, 指向物理学科核心素养能力的评

(下转第143页)

参考文献

- [1] 俞国富. 注重科学建模, 培养科学思维 —— 由2018年下半年浙江省物理选考第13题想到的一个有趣问题[J]. 物理教学探讨, 2019(10):36, 39.
- [2] 俞国富. 高中物理教学中科学建模的策略[J]. 物理教学探讨, 2019(9):12-18.
- [3] 顾声和. 由一生二 触类旁通 —— 从浙江省2018年11月物理选考第13题想开去[J]. 物理教师, 2019(7):83-85.
- [4] 余小芹. 利用类比法构建静电场模型[J]. 中学理科园地, 2016(1):71-72.

Modeling Thinking Arising from the “Falling Magnet” Experiment

MA Kankan

(Cizhongshuyuan, Ningbo, Zhejiang 315300)

Abstract: Modeling in physics is the core element of “scientific thinking”, and it is an important index to evaluate the level of a student’s core literacy. Starting from the experiment of “falling magnet” and combining with the mistakes made by students in the examination, this essay put forward effective strategies in teaching aiming at accurate modeling and distinguishing similar models.

Key words: “falling magnet” experiment; examination of physics; modeling in physics; analog; eddy current

(上接第139页)

价. 这无疑促使我们更新教学理念, 在日常实验教学中将核心素养作为指导思想, 真正做到“实验育人”. 这就首先要求我们改变“做实验不如讲实验”的想法, 观察与实验是物理学科的本质特征, 在实验中, 学生通过切身体验能够培养多方面的素养. 因此, 物理教学必须以实验为基础, 这是由实验本身的特点及其在物理教学中的作用决定的^[5], 教师绝不能轻视甚至忽视实验教学的价值. 在教学中更加关注学生物理观念的形成, 科学思维、科学探究能力的培养, 物理实验与生活的联系等.

其二要注重实验方法的选择, 切实发挥实验教学的作用. 高中物理教学中的实验种类繁多, 各类实验有各自的特点和教学功能. 例如本题实验充分体现了科学思维要素, 对学生思维能力的提高有很大的教学价值. 我们在该实验教学中应注重引导学生的思维进阶, 选择恰当的教学方法充分发挥其功能, 如设置问题“电流表内阻已知就一定可以用内接法吗”激发学生的兴趣和思考, 让学生进行分组探究, 真正理解方法背后的物理本质. 在其他的实验教学中也可以灵活设置诸如此类问题, 将实验与适切的

教学手段结合以促进学生的深度学习.

其三要重视对实验教学的评价. 在教学中, 学生对自己实验过程的反思与自我评价是高中物理实验评价中必要的组成部分, 也是培养高阶思维的有效途径. 物理学科核心素养中的科学探究包括“问题”“证据”“解释”“交流”4个要素, 其中“解释”“交流”要素就暗含了学生的自我评价. 因此, 在日常教学中, 不能把实验现象或实验数据的得出作为学习的终点, 让学生经历“解释”“交流”环节, 进行自我评价与反思尤为关键.

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版2020年修订)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2020.
- [2] 教育部考试中心. 中国高考评价体系[M]. 北京: 人民教育出版社, 2019:7, 23.
- [3] 教育部考试中心. 中国高考评价体系说明[M]. 北京: 人民教育出版社, 2019:8.
- [4] 程力, 李勇. 基于高考评价体系的物理科考试内容改革实施路径[J]. 中国考试, 2019(12):38-44.
- [5] 阎金铎, 郭玉英. 中学物理教学概论[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2019:91.