

文章编号:1005-4642(2021)03-0054-05



基础教育

## 核心素养视域下的伏安法测定 电源电动势和内阻实验

关健波<sup>1</sup>, 张菊艳<sup>2</sup>

(1. 昆明市第十四中学, 云南 昆明 650106;

2. 石林彝族自治县第一中学, 云南 鹿阜 652200)

**摘 要:**以伏安法测量电源电动势和内阻为例,阐述了核心素养视域下物理实验的分析与研究的思路。在生活情景中建立物理观念,在实验原理的指引下培养科学思维,通过寻找“等效电源”培养科学探究能力,运用修正实验培养科学态度与责任。

**关键词:**核心素养;伏安法;电源电动势;内阻

**中图分类号:**G633.7

**文献标识码:**B

**DOI:**10.19655/j.cnki.1005-4642.2021.03.011

学科核心素养是学科育人价值的集中体现,是学生通过学习而逐渐形成的正确观念、必备品格和关键能力。物理学科核心素养主要包括 4 个方面<sup>[1]</sup>:物理观念、科学思维、科学探究、社会责任与态度。测定电源电动势和内阻是高中物理中重要的电学实验,对核心素养的养成具有非常重要的作用。经过统计和分析<sup>[2-9]</sup>,发现大部分的研究以误差分析展开,忽略了实验本身的价值和意义。本文将从实验的基本原理出发,从核心素养的角度谈谈在实验教学中的一些思考。

### 1 从生活情景中建立物理观念

物理观念是从物理学视角形成的关于物质、运动与相互作用、能量等的基本认识,是物理概念和规律在头脑中的提炼和升华,是从物理学视角解释自然现象和解决实际问题的基础<sup>[1]</sup>。从生活情景出发能更好地让学生融入到实验教学中,拉近物理实验与生活实际的距离,帮助学生建立物理观念,奠定从物理学视角解释自然现象和解决实际问题的基础。

例如考虑为什么要测量电源电动势和内阻,通过图 1 的方案模拟生活情境,让学生思考:为什么傍晚用电高峰灯光发暗,夜深人静时灯光特别

明亮?教师演示实验,学生会发现开关闭合越多电压表示数越小,该事例引发学生认知冲突,激发学生的好奇心和求知欲。

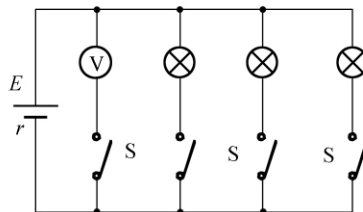


图 1 模拟生活情境的电路图

通过以上生活情景的引入,学生对实验现象有了基本的认识,在头脑中初步形成结论,同时也为测量电源的电动势和内阻实验奠定了基础。

### 2 在实验原理的指引下培养科学思维

科学思维是从物理学视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式,是基于经验事实建构物理模型的抽象过程,是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体运用,是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论提出质疑和批判,进行检验和修正,从而提出创造性见解的能力与品格<sup>[1]</sup>。在设计测量电源电动势和内阻实验

收稿日期:2020-11-17;修改日期:2021-01-11

作者简介:关健波(1990—),男,云南大理人,昆明市第十四中学一级教师,硕士,从事中学物理教学。  
E-mail:1455833231@qq.com



方案时,从电压表和电流表内阻是确定值、估计值、未知值角度,可较好地培养学生的科学思维.

通过图1的方案,学生已经具备闭合开关越多电压表示数越小的观念,同时也知道测量电源电动势和内阻的必要性.根据闭合电路的欧姆定律,学生很容易理解测量的原理.这时可以设置小组讨论:根据实验原理设计实验方案,画出电路图,目的是让学生经历基于经验事实建构物理模型的抽象概括过程,培养学生建构模型的能力.

通过小组讨论,学生可能设计出多种实验方案,例如:伏安法电流表外接(见图2)、伏安法电流表内接(见图3)、安阻法、伏阻法、安安法、伏伏法等.

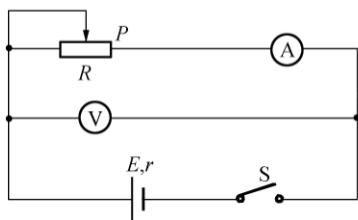


图2 伏安法电流表外接电路

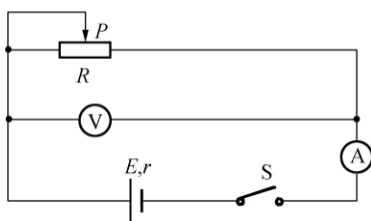


图3 伏安法电流表内接电路

首先从伏安法中电流表的2种接法进行探讨,即选择图2或图3进行实验.

图2方案的原理为

$$E = \left( I + \frac{U}{R_V} \right) r + U, \quad (1)$$

图3方案的原理为

$$E = I(R_A + r) + U. \quad (2)$$

通过(1)和(2)式可以看出:

1) 已知电表的内阻情况下,由(1)式知电压表的电阻时选择电流表外接法(图2),由(2)式知电流表的内阻时选择电流表内接法(图3).

2) 若电流表和电压表的内阻只知道近似值,这时电流表外接法和内接法都不能测出精确的值.在(1)式中  $I \gg \frac{U}{R_V}$ , 即  $R_V \gg r$  (要让电路中电

流变化明显,滑动变阻器的阻值不能比内阻大得多)时,可以忽略电压表的分流作用,即:  $E = Ir + U$ , 故此时可以选择电流表内接法比较准确;在(2)式中  $r \gg R_A$  时,可以忽略电流表的分压作用,即:  $E = Ir + U$ , 故此时选择电流表外接法比较准确.也可从误差的角度进行分析:外接法的误差来源为电压表的分流作用,即误差为  $\frac{U}{IR_V}$ . 内接法误差来源为电流表的分压作用,即误差为  $\frac{IR_A}{U}$ . 当  $\frac{U}{IR_V} > \frac{IR_A}{U}$  时,选择内接法误差较小;当  $\frac{U}{IR_V} < \frac{IR_A}{U}$  时,选择外接法误差较小.

3) 若在电表内阻都未知的情况下,可以选择试触法来判断.例如:在图4中电路正常接通的情况下,把开关由  $S_2$  由1拨到2时,比较电压表示数变化的幅度  $\frac{\Delta U}{U}$  和电流表变化的幅度  $\frac{\Delta I}{I}$ , 若电压表的示数变化比电流表的示数变化幅度更大,说明电流表的分压作用较大,应选择电流表外接法(开关接2),反之,选择内接法(开关接1).

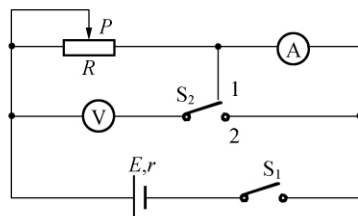


图4 试触法电路

以上的案例从物理学视角在闭合电路电流与电压和电阻的内在规律及相互联系的基础上进一步的认识,通过学生小组讨论,根据电流表的不同接法,抽象出2种不同的物理模型,再通过电压表和电流表内阻的不同情况,运用分析和综合、推理论证等方法,比较不同方案测量误差的大小,从而培养学生选择最佳方案的能力,并培养科学思维.

### 3 寻找“等效电源”,培养科学探究能力

科学探究是基于观察和实验提出物理问题、形成猜想和假设、设计实验与制定方案、获取和处理信息、基于证据得出结论并作出解释,以及对科学探究过程和结果进行交流、评估、反思的能

力<sup>[1]</sup>. 通过测量电源电动势和内阻的 2 种不同方案进行实验, 获取多组数据并通过公式或  $U-I$  图像进行处理可以得出结论, 再通过实验的结果进行交流、评估、反思, 找到伏安法测量电源电动势和内阻误差存在本质原因.

例如, 根据待测电源和电表的内阻, 选择合适的方案进行实验. 首先, 考虑有多组数据且不能损坏电源, 所以电路中滑动变阻器的阻值不能太大, 测量时动作要迅速. 下面对 2 种接法进行探究.

选择图 2 方案进行实验, 记录 2 组数据, 得到:

$$E = \left( I_1 + \frac{U_1}{R_V} \right) r + U_1, \quad (3)$$

$$E = \left( I_2 + \frac{U_2}{R_V} \right) r + U_2, \quad (4)$$

由(3)和(4)式联立得出电源电动势和内阻.

也可以利用图像法分析. 若考虑到电压表电阻的影响, 则电压表的读数与电流表读数的关系为

$$U = -\frac{R_V r}{R_V + r} I + \frac{R_V}{R_V + r} E. \quad (5)$$

根据(5)式可以作出图 5 中的 B 图线, 斜率  $|k| = \frac{R_V}{R_V + r}$ , 截距  $b = \frac{R_V}{R_V + r} E$ . 可以将电源和电压表并联起来视为“等效电源”, 如图 6 所示. 若用电流表的读数代替干路电流, 则

$$U = -rI + E, \quad (6)$$

根据(6)式可以作出图 5 中的 A 图线, 可得  $|k| = r, b = E$ .

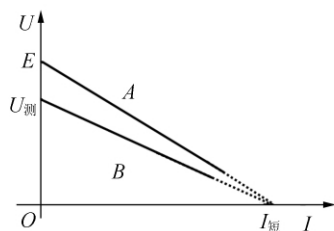


图 5  $U-I$  关系图 1

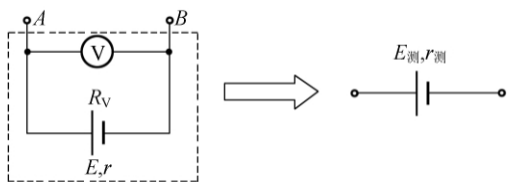


图 6 等效电源 1

选择图 3 方案进行实验, 记录 2 组数据, 可以得到:

$$E = I_1 (R_A + r) + U_1, \quad (7)$$

$$E = I_2 (R_A + r) + U_2, \quad (8)$$

由(7)式和(8)式联立, 可以得出电源电动势以及内阻.

也可以从图像法来分析. 若考虑到电压表电阻的影响, 则电压表的读数与电流表读数的关系为

$$U = -(r + R_A)I + E. \quad (9)$$

根据(9)式可作出图 7 中的 D 图线, 其斜率  $|k| = r + R_A$ , 截距  $b = E$ . 故可以将电源和电流表串联起来视为“等效电源”, 如图 8 所示.

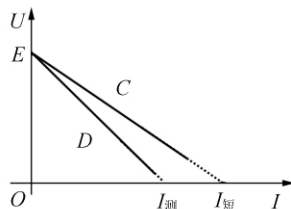


图 7  $U-I$  关系图 2

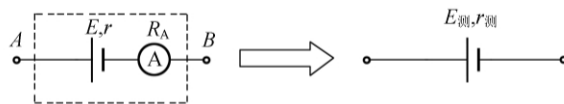


图 8 等效电源 2

若用电流表的读数代替干路电流, 则有(6)式成立, 根据(6)式可以作出图 7 中的 C 图线, 可得  $|k| = r, b = E$ .

由“等效电源”可知: 若用电压表的读数代替路端电压, 用电流表的读数代替干路电流, 对于内接法有:  $r_{测} = r + R_A$ , 即:  $r_{测} > r, E_{测} = E$ ; 对于外接法有:  $r_{测} = \frac{R_V r}{R_V + r}$ , 即:  $r_{测} < r; E_{测} = \frac{R_V}{R_V + r} E, E_{测} < E$ .

2 种方案在获取和处理信息得出结论的基础上, 从图像的角度分析数据, 找到运用“等效电源”的方法理解实验误差, 能较好地提升学生的科学探究能力.

#### 4 修正实验, 培养科学态度与责任

科学态度与责任是指在认识科学本质, 认识科学技术社会环境的基础上, 逐渐形成的探索自

然的内在动力,严谨认真、事实求实和持之以恒的科学态度等<sup>[1]</sup>.所以在科学探究得出结论后要引导学生思考:若用电压表读数代替路端电压,用电流表读数代替干路电流,如何改进电流测量方案才能使测量结果准确.

电流表内外接法相结合,如图4实验方案.开关 $S_2$ 接1或2时,可得到电压表的示数与电流表示数的关系分别为(9)式和(5)式,作图如图9所示(分别如图5和图7中B和D).由(9)式可知当 $I=0$ 时, $U_D=E$ .由(5)式知当 $U=0$ 时, $r=\frac{E}{I_B}$ ,而在内接法中 $U_D=E$ ,故 $r=\frac{U_D}{I_B}$ ,所以2种接法相结合,可以准确测出电源电动势和内阻.

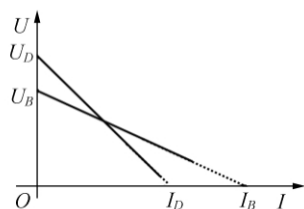


图9 电流表内外接法相结合的 $U-I$ 关系图

电流补偿法可以解决电流表分压作用的影响.图10中的左边虚线部分为伏法测量电源电动势和内阻电流表内接法,该方法的误差来源为电流表的分压作用,若电流表中的电流为0,可以避免电流表分压的影响.可以采用图10右边虚线中电路给予补偿,只要调节 $R_1$ ,使电流表A的读数为0,则A点的电势和B点的电势相等,此时,电压表的电压即为路端电压,电流表 $A_1$ 的电流为干路电流,即满足: $U=-Ir+E$ .故可以准确测出电源电动势和内阻.

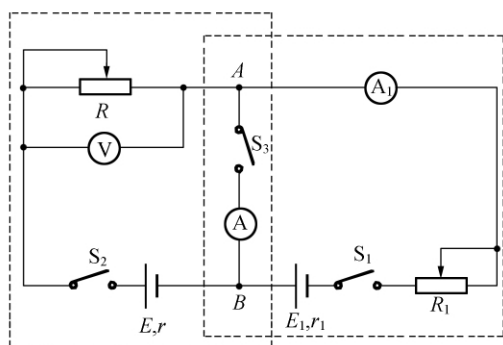


图10 电流补偿电路

以上的2个案例,运用图2和图3方案得出结论,并且对实验进行交流、评估和反思,找到2种方案的理解方法“等效电源”,最后再通过电流表内外接法和电流补偿法对实验进行修正,从而培养学生严谨认真和持之以恒的科学态度.

## 5 结束语

落实物理学科的核心素养既是时代发展的要求,也是物理教学的要求.在物理教学中教师要把发展学生的核心素养作为教学目标,也就是要把核心素养的内容渗透到教学的各个环节中.物理实验教学是物理教学中重要的部分,是提升学科的核心素养最佳的方式,让学生能够发现问题:为什么要做该实验;分析问题:根据原理如何设计实验方案;解决问题:如何对实验获取的证据作出合理的解释;反思问题:对于实验方案中的不足如何进行修正,形成科学态度和社会责任.因此物理实验既可以形成物理观念,也可以培养科学思维和科学探究能力,还可以培养学生的社会责任与态度,能较好地实现落实核心素养的目标.

## 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)[S].北京:人民教育出版社,2018:4-5.
- [2] 刘鹏.零系统误差测量电源的电动势和内阻[J].湖南中学物理,2019,34(10):70-71.
- [3] 罗仕强.再谈《测量电源电动势和内阻》的误差分析——一次函数的性质讨论[J].读写算,2019(9):27.
- [4] 陈玉生.补偿法在测量电学量中的应用[J].中小学实验与装备,2018,28(4):13-15.
- [5] 吕宗霖.“测定电池的电动势和内阻”实验的误差分析与比较[J].考试周刊,2018(67):174.
- [6] 李红伟.在习题教学中渗透科学思维方法的培养——以“等效电源法在电路问题中的应用”为例[J].中学物理(高中版),2018,36(13):20-21.
- [7] 邹春红.“实验:测量电源电动势和内阻”常用方法小结[J].中学物理教学参考,2016,45(12):60-61.
- [8] 邹筱龙.例析伏安法测电阻与电源电动势内阻的异同[J].中学物理(高中版),2016,34(23):87-88.
- [9] 孙林源.拨乱反正 指点迷津——测量电源电动势和内阻实验误差分析[J].数理化解题研究,2020(16):60-62.

## Determination of electromotive force and internal resistance from the perspective of core literacy

GUAN Jian-bo<sup>1</sup>, ZHANG Ju-yan<sup>2</sup>

(1. Kunming No. 14 Middle School, Kunming 650106, China;

2. Shilin No. 1 Middle School, Lufu 652200, China)

**Abstract:** Taking the determination of electromotive force and internal resistance as an example, the analysis and research ideas of physics experiment from the perspective of core literacy were expounded. The physical concepts should be established in life situations, scientific thinking should be cultivated under the guidance of experiment principles, scientific inquiry ability should be cultivated through searching for equivalent power supply, and scientific attitude and responsibility should be cultivated by revising experiment.

**Key words:** core literacy; voltmeter-ammeter method; electromotive force; internal resistance

[责任编辑:任德香]

---

(上接 53 页)

## Fluid suspension and its stability

LIU Kai-ming, ZHOU Ya-jie, ZHAO Shu-min, WANG Hong-li

(School of Physics, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** The phenomenon of the floating of cylinder and sphere in jet column was studied. Using the Navier-Stokes equations, the boundary layer theory, etc., the flow around cylinder profile was modeled and the velocity field of the water and air flow, the pressure gradient force, the viscous torque and so on were calculated numerically. A balance equation was established to solve the stability of the steady suspension height and rotational speed. The results showed that the steady suspension height and rotation velocity of the object were approximately quadratic functions of the cylinder diameter. Through the control variable method, the stability of the suspended object was explored and found that it was affected by the thickness, the diameter, and the shape of the object.

**Key words:** light object; free jet column; suspension height; steady state rotational velocity; stability

[责任编辑:郭 伟]