

注重培养实验方法 提高科学探究能力

——对2017和2018年高考全国卷实验题中的测定电阻方法的比较

方武增

(惠来慈云实验中学 广东 揭阳 515200)

(收稿日期:2019-02-09)

摘要:正所谓“无实验,不物理”,“科学探究”是发展学生物理学科核心素养极其重要的一环。“测电阻阻值”为近两年高考电学实验题的高频考点,主要对替换法、电桥法、比较法、伏安法等4种测电阻的方法进行比较分析,引导学生注重实验方法,提高学生科学探究能力。

关键词:核心素养 高考实验题 测电阻 等效法 电桥法 比较法 伏安法

“科学探究”是发展学生物理核心素养极其重要的一环,目的在于学生能基于观察和实验提出相关的问题、形成猜想和假设,自行设计实验并制订方案、具有实验操作的能力。并能将实验所获取的信息进行处理、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、反思。高考物理试题扮演着高中物理学习及复习“示范性”的角色。实验题部分是指导高中物理实验学习的重要蓝本,故研究好高考实验题,意义深远。

从近两年高考实验题(电学部分)中,不难发现,“测电阻阻值”为高频考点。本文将抽取近两年高考全国I卷、全国II卷、全国III卷等3套试卷的实验题进行对比。研究测电阻的4种基本方法,包括:等效法、电桥法、比较法、伏安法。

1 高考实验题对电阻测定的考察

1.1 运用等效法测电阻

【例1】(2018年高考全国I卷理综第23题)某小组利用如图1电路来探究某热敏电阻在25~80℃范围内的温度特性。

实验器材:置于温控室(图中虚线区域)中的热敏电阻 R_T ,25℃时的阻值为900.0Ω;电源 E (6V,内阻可忽略);电压表 V (量程150mV);定值电阻

R_0 (阻值20.0Ω);滑动变阻器 R_1 (最大阻值为1000Ω);电阻箱 R_2 (阻值范围0~999.9Ω);单刀开关 S_1 ;单刀双掷开关 S_2 。

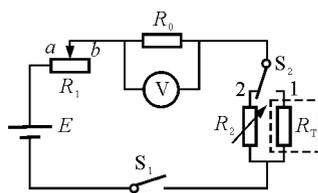


图1 探究某热敏电阻电路图

实验步骤:先按图1连接好电路,再将温控室的温度 t 升至80.0℃,将 S_2 与1端接通,闭合 S_1 ,调节 R_1 的滑片位置,使电压表读数为某一值 U_0 ;保持 R_1 的滑片位置不变,将 R_2 置于最大值,将 S_2 与2端接通,调节 R_2 ,使电压表读数仍为 U_0 ;断开 S_1 ,记下此时 R_2 的读数,逐步降低温控室的温度 t ,得到相应温度下 R_2 的阻值;直至温度降到25.0℃,实验得到的 R_2 与 t 数据如表1所示。

表1 不同温度 t 下相应 R_2 的阻值

$t/^\circ\text{C}$	25.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0
R_2/Ω	900.0	680.0	500.0	390.0	320.0	270.0	240.0

回答下列问题:

(1) 在图2的坐标纸上补齐数据表中所给数据

点,并做出 $R_2 - t$ 曲线。

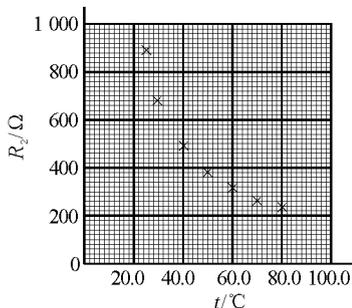


图2 $R-t$ 图像

(2) 由图2可得到 R_T 在 $25 \sim 80^\circ\text{C}$ 范围内的温度特性,当 $t = 44.0^\circ\text{C}$ 时,可得 $R_T = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$;

(3) 将 R_T 握于手心,手心温度下 R_2 的相应读数如图3所示,该读数为 $\underline{\hspace{2cm}} \Omega$,则手心温度为 $\underline{\hspace{2cm}}^\circ\text{C}$ 。

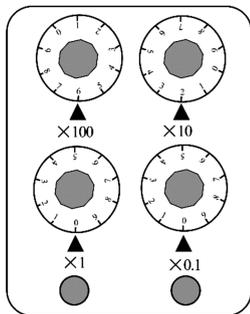


图3 手心温度下 R_2 读数

分析过程:将表中的数据在图中描点画线,如图4,可观察到 R_2 随 t 的增大,呈非线性地减少.并在线中可找到点 $(44.0^\circ\text{C}, 450 \Omega)$,此处 R_2 与 R_T 实现等效替代,则 $R_T = 450.0 \Omega$,而当 R_T 握于手心,且手心温度下, $R_2 = 620.0 \Omega$ (如图3所示),等效替代,实际上热敏电阻 R_T 也为 620.0Ω ,由图像的线可找到点 $(33.0^\circ\text{C}, 620.0 \Omega)$,则手心温度为 33.0°C 。

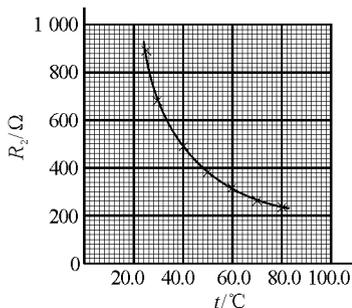


图4 描点画线得 $R_2 - t$ 图像

1.2 运用电桥法测电阻

【例2】(2017年高考全国II卷理综第23题)某

学生利用如图5所示的电路测量一微安表的内阻(微安表量程为 $100 \mu\text{A}$,内阻约为 2500Ω)。

实验器材:电源 E (电动势约为 1.5 V);两个滑动变阻器 R_1, R_2 (其中一个阻值为 20Ω ,另一个阻值为 2000Ω), C, D 分别为两个滑动变阻器的滑片;电阻箱 R_z (最大阻值为 99999.9Ω);单刀开关 S_1 和 S_2 。

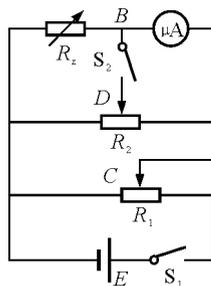


图5 电桥法测电阻电路

将电阻箱 R_z 的阻值置于 2500.0Ω 后接通 S_1 . 将 R_1 的滑片置于适当位置,再反复调节 R_2 的滑片 D 的位置.最终使得接通 S_2 前后,微安表的示数能保持不变,这就说明 S_2 接通前 B 所在位置的电势与 D 所在位置的电势 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填“相等”或“不相等”)。

将电阻箱 R_z 和微安表位置对调,其他条件保持不变,发现将 R_z 的阻值置于 2601.0Ω 时,在接通 S_2 前后,微安表的示数也能保持不变.则待测微安表的内阻为 $\underline{\hspace{2cm}} \Omega$ (结果保留到个位).写出一条提高测量微安表内阻精度的建议: $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

制订方案与科学探究:将电阻箱 R_z 的阻值置于 2500.0Ω 后,接通 S_1 ;将 R_1 的滑片置于适当位置后,再反复调节 R_2 的滑片 D 的位置,此处 BD 线相当于电桥;调节到使得最终出现:“接通 S_2 前后,微安表的示数保持不变”,这说明 S_2 接通前后在 BD 中无电流流过,可知 B 与 D 所在位置的电势相等;设滑片 P 两侧电阻分别为 $R_{左}$ 和 $R_{右}$,因 B 与 D 所在位置的电势相等,可知

$$\frac{R_{z1}}{R_{左}} = \frac{R_A}{R_{右}}$$

同理当 R_z 和微安表对调后,仍有

$$\frac{R_A}{R_{左}} = \frac{R_{z2}}{R_{右}}$$

联立两式解得

$$R_A = \sqrt{R_{z1}R_{z2}} = \sqrt{2\,500 \times 2\,601} \, \Omega = 2\,550 \, \Omega$$

对科学探究过程和结果进行交流、评估:为了提高测量精度,调节 R_1 上的分压,尽量使得微安表读数接近满偏。

1.3 运用比较法测电阻

【例3】(2018年高考全国Ⅲ卷理综第23题)一小组设计如图6所示的电路,测量某待测电阻 R_x 的阻值,图6中 R_0 为标准定值电阻($R_0 = 20.0 \, \Omega$); V 可视为理想电压表。 S_1 为单刀开关, S_2 为单刀双掷开关; E 为电源, R 为滑动变阻器。

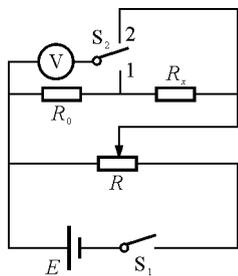


图6 比较法测电阻电路图

实验步骤:将滑动变阻器滑动端置于适当的位置,闭合 S_1 ;将开关 S_2 掷于1端,改变滑动变阻器滑动端的位置,记下此时电压表 V 的示数 U_1 ;然后将 S_2 掷于2端,记下此时电压表 V 的示数 U_2 ;

回答下列问题:

(1) 待测电阻阻值的表达式 $R_x = \underline{\hspace{2cm}}$ (用 R_0, U_1, U_2 表示);

(2) 然后重复将 S_2 掷于2端,分别记下对应电压表 V 的示数 U_2 ,得到如表2所示数据。

表2 比较法中测电阻对应的电压 U_1, U_2 数据

	1	2	3	4	5
U_1/V	0.25	0.30	0.36	0.40	0.44
U_2/V	0.86	1.03	1.22	1.36	1.49
$\frac{U_2}{U_1}$	3.44	3.43	3.39	3.40	3.39

利用上面表格中5次测量所得 $\frac{U_2}{U_1}$ 的平均值,求得 $R_x = \underline{\hspace{2cm}} \, \Omega$ 。(保留1位小数)

分析过程:

$$I = \frac{U_1}{R_0}$$

且

$$I = \frac{U_2 - U_1}{R_x}$$

解得

$$R_x = \left(\frac{U_2}{U_1} - 1 \right) R_0$$

这一过程,实际上是串联中的 R_x 和 R_0 及各自对应的电压进行比较,即比较法测电阻运用。之后再利用表2中5次测量得到的 $\frac{U_2}{U_1}$ 的平均值和原有的 $R_0 = 20.0 \, \Omega$,可以求得

$$R_x = 48.2 \, \Omega$$

2 对测量电阻值4种基本方法进行深度比较

以上3种实验涉及的等效法、电桥法、比较法及教材3-1中的伏安法,是测量电阻的4种基本方法。电阻值测定的研究主要集中在系统误差的减少和测量精度问题上,现将4种测量电阻的方法及精度进行实验比较,包括实验方案、实验器材、操作过程及误差分析等多方面。

2.1 实验方案及电路图

2.1.1 等效替代法测电阻

等效替代法测量,可以用电流等效,也可以用电压等效。以下以电流等效为例。替代法(电流等效)测电阻的实验电路如图7所示:其中 R_x 为待测电阻, R 为另一个可变电阻。

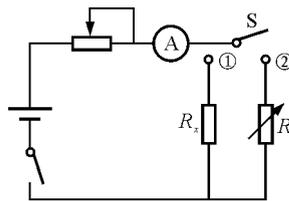


图7 等效替代法测电阻电路图

2.1.2 电桥法测电阻

电桥为电磁学基本测量仪器,可用来测量电阻、电感、电容、频率、温度及压力等物理量。由于电桥准确度高,稳定性好,且有较大的灵活性,所以广泛用于自动控制、自动调节和电磁测量中。

本文只介绍用电桥法(直流单电桥)测量电阻,其电路原理如图8所示;其中 R_x 为待测电阻, G 为指针式灵敏电流计。

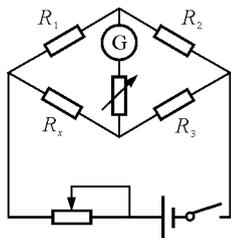


图8 电桥法测电阻电路

图中, R_1, R_2, R_3 分别为桥臂电阻. 电桥平衡时

$$I_G = 0$$

可得

$$R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}$$

2.1.3 比较法测电阻

比较法测电阻具体有两种方法, 分别是双电压法和双电流法. 这里仅以双电压表法测电阻为例, 其测量原理是电阻分压原理. 将待测电阻 R_x 和可调变阻箱 R_s 串联在电路中, V_x, V_s 是两块电压表分别测得电阻 R_x 和电阻箱 R_s 两端的电压, 电压之比等于电阻之比, 即 $\frac{V_x}{V_s} = \frac{R_x}{R_s}$ 其中, 若

$$V_x = V_s$$

则

$$R_x = R_s$$

其实验电路图如图9所示.

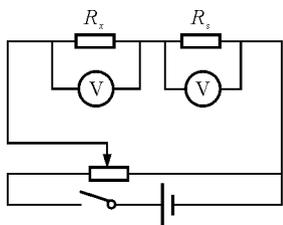


图9 比较法测电阻

2.1.4 伏安法测电阻

伏安法测量电阻时, 根据电流表是否接入电压表的测量电路中, 可分为电流表内接法和电流表外接法, 分别如图10和图11所示.

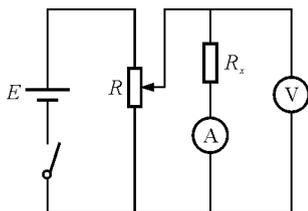


图10 电流表内接图

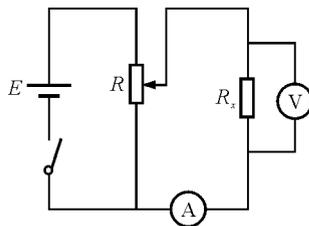


图11 电流表外接图

2.2 测量数据

2.2.1 等效法测量的数据

表3 等效法数据表

开关S接① 时电流 I/mA	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
开关S接② 时电流 I/mA	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
$R_x =$ $R_{\text{测}}/\text{k}\Omega$	5.06	5.09	5.04	5.05	5.00	5.00	5.00	5.00

2.2.2 电桥法测量的数据

选定 $\frac{R_1}{R_2}$ 比值, 改变 R_3 的大小, 使电桥达到平衡. 当电桥平衡时, 有 $\frac{R_x}{R_3} = \frac{R_1}{R_2}$, 即 $R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3$; R_x 的阻值由4个旋钮的读数和求得.

表4 电桥法数据表

R_1/Ω	10^4	10^3	10^2	10^4	10^3
R_2/Ω	10^3	10^2	10^1	10^2	10^1
比值 $\frac{R_1}{R_2}$	10	10	10	100	100
R_3/Ω	499.6	499.0	490.0	50.2	49.5

由公式 $R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3$ 可计算得 R_x 的值分别为: 4.996 k Ω , 4.990 k Ω , 4.900 k Ω , 5.020 k Ω , 4.950 k Ω .

2.2.3 比较法测量的数据

表5 比较法数据表

R_s/Ω	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000	9 000
U_s/V	0.82	1.25	1.54	1.73	1.85	1.95	2.03	2.08	2.13
U_x/V	2.82	2.42	2.15	1.98	1.85	1.74	1.67	1.60	1.55

由表5数据及公式 $R_x = \frac{U_x}{U_s} R_s$, 可算得 R_x 的值分别为: 3.439 k Ω , 3.872 k Ω , 4.188 k Ω , 4.578 k Ω , 5.000 k Ω , 5.354 k Ω , 5.759 k Ω , 6.154 k Ω , 6.549 k Ω .

2.2.4 伏安法测量的数据

(1) 电流表内接法测量数据如表 6 所示.

表 6 电流表内接法数据表

U/V	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5
I/mA	1.00	0.89	0.79	0.68	0.58	0.45	0.38	0.29	0.19	0.10
$R_{测}/k\Omega$	5.00	5.06	5.06	5.15	5.17	5.56	5.26	5.17	5.26	5.00

(2) 电流表外接法测量数据如表 7 所示.

表 7 电流表外接法数据表

U/V	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5
I/mA	1.62	1.45	1.30	1.18	1.00	0.81	0.65	0.49	0.30	0.19
$R_{测}/k\Omega$	3.09	3.10	3.08	2.97	3.00	3.09	3.08	3.06	3.33	2.63

上述 4 种方法的不确定度(A类)整理如表 8 所示.

表 8 4 种电阻测定方法的不确定度(A类)

电阻测定方法	$\overline{R_{测}}/k\Omega$	不确定度(A类)
替代法	5.030	0.025 8
电桥法	4.971	0.021 1
比较法	4.998	0.353 1
伏安法(电流表内接)	5.169	0.052 8
伏安法(电流表外接)	3.043	0.054 9

2.3 实验结果分析

从表 8 的数据表可以明显看出:电桥法的不确定度(A类)是最小的,所测电阻的精确度最高.电桥法测量误差主要决定于电桥检流计的灵敏度.

等效替代法测量.可以用电流等效,也可以用电压等效.只要选用的电流表或电压表精度高,等效替代法测得的电阻值精度自然也高,而且可以直接读出数据,不需要计算.从表 3 数据表可以看出,仅当电流表的示数 $\leq 0.8 \text{ mA}$ 时,测出的电阻的阻值均相等,这是由于电流表的精确度不够高.本文用电流表等效法,其系统误差的主要来源是电流表,测量不确定度由电阻箱和电流表的精确度决定.

比较法测电阻.从表 5 实验数据及通过公式算出 R_x 的值可看出,测量值在 R_s 为 $5\ 000 \Omega$ 左右误差较小, $R_s < 4\ 000 \Omega$ 和 $R_s > 6\ 000 \Omega$ 时测量值误差较大,这是由于所用的电压表的内阻($7\ 700 \Omega$)与待测电阻的阻值相差不多引起的.从表 8 数据表可以看出,用比较法测定电阻的不确定度(A类)是最大的.

伏安法的测量依据是欧姆定律,需要的基本测量仪器是电压表和电流表,由电压表和电流表内阻等带来的系统误差不可避免.

电流表内接.电压表测量的电压为电阻 R_x 和 R_A 的总电压: $U = (R_x + R_A)I$,测得电阻值 $R_x = \frac{U}{I} - R_A$,说明电流表内接法的系统误差的主要来源是电流表内阻的分压影响(测得电流表内阻 $R_A = 149.3 \Omega$).仅当 $R_x \gg R_A$ (100 倍)时,用内接法测电阻的测量误差较小,但当 R_x 小到可与电流表内阻比较时,测量误差较大.由此可得,大电阻应采用内接法.从表 8 数据表可以看出,用伏安法的电流表内接法测电阻虽然精确度不是最高的,但是还是可行的.

电流表外接.电流表测量的电流 I 为通过电阻 R_x 和电压表的总电流: $I = U \left(\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_V} \right)$; 测得电阻值 $R_x = \frac{1}{\left(\frac{I}{U} - \frac{1}{R_V} \right)}$,说明电流表外接法系统误差的

主要来源是电压表内阻的分流作用(实验测得电压表内阻 $R_V = 7\ 700 \Omega$).仅当 $R_V \gg R_x$ (100 倍)时,用外接法测电阻的测量误差较小,但当电阻值 R_x 大到可与 R_V 比较时,测量不确定度(A类)较大.由此可得,小电阻应采用外接法.从表 7 数据表可以看出,大电阻并不适合用电流表外接法测定.

3 教学启发

(1) 研读课程标准,更新教学理念

《普通高中物理课程标准(2017 年版)》体现了物理核心素养,优化了课程内容,能更有效地指导物理教学.作为物理教师,应该依纲靠本,回归教材并研究教材,引导学生构建知识体系,将各知识点实现“超链接”;同时,更新教学理念,优化教学方法,精妙



对一道初中光学试题的思考

胡琦珩

(武汉市七一中学 湖北 武汉 430014)

(收稿日期:2019-01-30)

摘要:光学知识是人教版八年级上册物理课本中的重要内容,是学生走进物理、探索美丽光学世界的大门.从科学性和严谨性的角度审视一道初中光学试题,认为该试题属于争议试题,不利于培养学生核心素养.笔者提出该试题的不当之处供广大中学教师讨论,并以此引发相关的教育思考,以期达到完善教学的目的.

关键词:初中光学试题 争议试题 核心素养 思考

1 引言

武汉市硚口区2018—2019学年度第一学期期末考试刚刚落下帷幕,八年级物理试卷中的一道光学试题引起了笔者的注意.该题第3小问考查的是平面镜成像的相关知识点,要求学生通过计算来确认玻璃板的厚度.笔者通过比对区教研室给出的参考答案后认为该题存在漏洞,容易造成学生思维上的混乱,也不利于学生创新精神和质疑精神的培养.

笔者将从多个方面来阐述对此题的看法,以小见大.

2 原卷试题及参考答案

该题出现在武汉市硚口区2018—2019学年度第一学期期末考试八年级物理试卷中,位于第21题.其原文如下.

选题,实现有效课堂.

(2) 注重培养实验方法,提高科学探究能力

综上所述,4种电阻测定方法中都有各自的优缺点,而且适合测量的要求也不同,所以,我们对电阻进行测定时,要引导学生,先根据不同的实验仪器和不同的测量要求选用不同的测量方法,并能设计好实验方案,挑选需要的仪器并进行实验,对数据进行分析及误差分析,这样才能潜移默化地提高学生的科学探究能力.

【题目】某同学利用如图1所示的实验装置探究平面镜成像的特点.

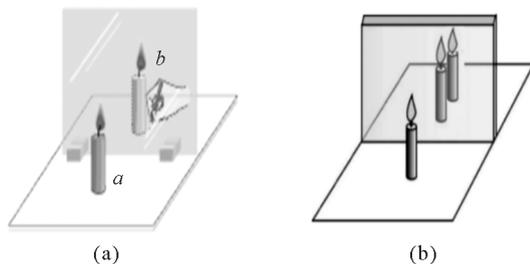


图1 探究平面镜成像实验装置

(1) 如图1(a)所示,在水平桌面上铺一张白纸,纸上竖立一块透明薄玻璃板.把蜡烛 a 点燃放在玻璃板的前面,该同学应在玻璃板_____ (选填“前面”或“后面”)观察蜡烛 a 经玻璃板_____ (选填“反射”或“折射”)所成的像.

(2) 实验时,选用的蜡烛 a 和 b 的形状完全相同,是为了比较像与物的_____关系.用玻璃板代

参考文献

- 1 蒋德明,黄建林.实验教学的“深度学习”策略研究.中学物理教学参考,2018(11):27~30
- 2 方武增.备战新高考从精妙选题开始.物理教学,2016(9):69~71,78
- 3 艾静,熊建文.物理核心素养的解析与重构.物理教师,2018(7):2~7,12
- 4 方武增.回归教材“做一做”构建知识“超链接”.物理通报,2017(12):41~43