2023 年河北中考物理一道计算题的拓展变式与启示

付 明
(石家庄市第四十中学,河北 石家庄 050011)

摘 要:变式教学是物理习题教学中提升学生科学思维的有效途径,也是培养学生创新思维的重要方法.本文对 2023 年河北中考物理一道电学计算题进行深入分析,通过变化题设条件的呈现方式或改变电压表接入电路的位置对该题进行变式拓展,充分发掘试题的价值与导向作用,并得出教学启示.

关键词:变式教学;科学思维;分类讨论;电学计算

科学思维是物理核心素养的基本要素,主要包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素.[1] 2023 年河北中考物理电学计算题立足初中物理电学基础知识,对串联电路规律、欧姆定律和电功率等知识进行了全面考查.同时该题又渗透了分类讨论思想,学生需要根据所学物理模型综合分析,通过科学推理列方程,再结合科学论证检验计算结果是否正确,对学生的科学思维能力提出了很高的要求,具有一定的区分度.

1 原题呈现与解析

例题.(2023 河北中考物理第 38 题)如图 1(a)所示,电源电压不变,电流表量程为 0~0.6 A,电压表量程为 0~3 V,滑动变阻器 R 的规格为"50 Ω 2 A",灯泡 L 的额定电流为 0.3 A.图 1(b)是灯泡 L 的电流与电压关系图像.闭合开关 S,调节滑动变阻器的滑片 P,当滑片 P 移至某一位置时,电压表和电流表的示数分别为 2.5 V 和0.25 A.

(1) 求电源电压;

(2) 在保证电路安全的情况下,调节滑动变阻器的滑片 P,灯泡的最小功率是多少?

(3) 用定值电阻 R_1 替换灯泡 L,在保证电路安全的情况下,调节滑动变阻器的滑片 P,发现电流表示数的最大值与最小值之差恰好为 0.3 A,这一过程中滑动变阻器连入电路的阻值始终小于 50 Ω,求定值电阻 R_1 的可能值.

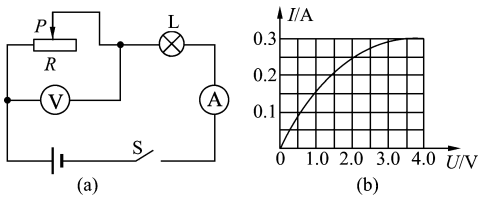

图 1 原题图

解析:(1) 分析电路可知,变阻器 R 与灯泡 L 串联,电压表测变阻器两端电压,电流表测电路的电流.当电流表示数为 0.25 A 时,由图 1(b)可知,灯泡 L 两端电压 U_L 为 2 V,根据串联电路电压的规律,电源电压 $U=U_{滑}+U_L=2.5\ \text{V}+2\ \text{V}=4.5\ \text{V}$.

(2) 当电压表示数为 3 V 时,灯泡两端电压最小,灯泡消耗的电功率最小.此时灯泡两端电压为 $U_{Lmin}=U-U_{滑max}=4.5\ \text{V}-3\ \text{V}=1.5\ \text{V}$,由图 1(b)可知,此时电流为 $I=0.2$ A,则灯泡的最小功率为 $P_{Lmin}=U_{Lmin}I=1.5\ \text{V}\times 0.2\ \text{A}=0.3\ \text{W}$.

(3) 定值电阻 R_1 替换灯泡 L 后,变阻器与定值电阻 R_1 串联,电压表仍然测变阻器 R 两端电压.根据欧姆定律可知,当变阻器 R 接入电路阻值最大时,电流表示数最小,而滑动变阻器连入电路的阻值始终小于 50 Ω,说明电流表示数最小时电压表示数为 $U_{滑max}=3$ V,则电流表示数最小值

$$I_{min}=\frac{U-U_{滑max}}{R_1}=\frac{4.5\ \text{V}-3\ \text{V}}{R_1}=\frac{1.5\ \text{V}}{R_1}. \quad (1)$$

当变阻器 R 接入电路的阻值最小时,电流表示数最大.由于 R_1 的阻值未知,有两种情况:若变阻器 R 的最小阻值为 0,说明电路中最大电流不超过 0.6 A,此时 R_1 两端电压为电源电压,则电流表示数最大值

$$I_{max}=\frac{U}{R_1}=\frac{4.5\ \text{V}}{R_1}. \quad (2)$$

若变阻器 R 的最小阻值不为 0,说明此时电流表满偏,则电流表示数最大值

$$I_{max}=0.6\ \text{A}. \quad (3)$$

由于电流表示数的最大值与最小值之差恰好为 0.3 A,根据式(1)(2)有

$$\frac{4.5\ \text{V}}{R_1}-\frac{1.5\ \text{V}}{R_1}=0.3\ \text{A}.$$

基金项目:本文系石家庄市教育科学"十四五"规划 2022 年度教师个人课题"基于核心素养的初中物理主线式教学策略研究"(项目编号:G2022229)研究成果.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

解得 $R_1=10\ \Omega$.

根据式(1)(3),有

$$0.6\ \text{A}-\frac{1.5\ \text{V}}{R_1}=0.3\ \text{A}.$$

解得 $R_1=5\ \Omega$.

检验:若 $R_1=10\ \Omega$,当电压表示数为 3 V 时,R_1 两端电压为 $U_1=U-U_{滑max}=4.5\ \text{V}-3\ \text{V}=1.5\ \text{V}$,此时变阻器 R 接入电路的阻值 $R=\frac{U_{滑max}}{U_1}R_1=\frac{3\ \text{V}}{1.5\ \text{V}}\times 10\ \Omega=20\ \Omega<50\ \Omega$;再将 $R_1=10\ \Omega$ 代入式(2),有 $I_{max}=0.45\ \text{A}<0.6\ \text{A}$. 因此 $R_1=10\ \Omega$ 符合题意.

若 $R_1=5\ \Omega$,当电压表示数为 3 V 时,此时变阻器 R 接入电路的阻值 $R=\frac{U_{滑max}}{U_1}R_1=\frac{3\ \text{V}}{1.5\ \text{V}}\times 5\ \Omega=10\ \Omega<50\ \Omega$;当 $I_{max}=0.6\ \text{A}$ 时,$R_{总}=\frac{U}{I_{max}}=\frac{4.5\ \text{V}}{0.6\ \text{A}}=7.5\ \Omega>5\ \Omega$. 因此 $R_1=5\ \Omega$ 符合题意.

综上所述,定值电阻 R_1 的可能值为 10 Ω 或 5 Ω.

评析:本题目电路图简单,压轴设问第(3)问涉及的物理量只有电流、电压、电阻,由于定值电阻 R_1 的阻值未知,在考虑电路安全的情况下无法确定变阻器滑片移动的范围,导致该题的思维含量很大. 分析电流表示数最大值时需要科学推理,按照变阻器接入电路的最小阻值是否为 0 进行分类讨论,根据题意列方程,再检验计算结果是否符合题意,需要学生具有一定的科学论证能力.

2 拓展变式与评析

科学思维的培养旨在让学生运用物理模型分析实际问题,运用物理概念和规律进行简单的演绎推理,得出结论,利用证据进行科学论证,从而提高学生的问题解决能力. 2023 年河北中考物理电学计算题侧重考查学生的科学思维,对课堂教学具有一定的导向作用. 下面笔者通过改变电压表的位置或题设条件的呈现方式进行拓展变式,引导学生体会电压表的位置不同对滑动变阻器接入电路阻值造成的影响,使学生深度理解动态电路的电路安全问题,在解决问题过程中培养学生的科学思维.

变式 1. 如图 2 所示,电源电压为 18 V 且恒定不变,电流表量程为 0～3 A,电压表量程为 0～15 V,滑动变阻器 R 的规格为“50 Ω　1 A”. 在保证电路安全的情况下,调节滑动变阻器的滑片 P,发现电流表示数的最大值与最小值之比为 3,求定值电阻 R_1 的可能值.

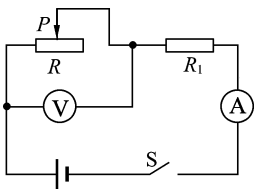

图 2　电路图

解析:当变阻器接入电路的阻值最小时,电流表示数最大,有两种情况.

若变阻器的最小阻值为 0,说明电路中最大电流不超过 1 A,则电流表示数最大值

$$I_{max}=\frac{U}{R_1}=\frac{18\ \text{V}}{R_1}. \tag{4}$$

若变阻器的最小阻值不为 0,说明电路中最大电流达到了 1 A,则电流表示数最大值

$$I_{max}=1\ \text{A}. \tag{5}$$

当变阻器接入电路的阻值最大时,电流表示数最小,也有两种情况.

若变阻器的最大阻值为 50 Ω,说明电压表没有超量程,则电流表示数最小值

$$I_{min}=\frac{U}{R_1+R}=\frac{18\ \text{V}}{R_1+50\ \Omega}. \tag{6}$$

若变阻器的最大阻值小于 50 Ω,说明电压表可达量程 15 V,此时 R_1 两端电压 $U_1=U-U_{滑max}=18\ \text{V}-15\ \text{V}=3\ \text{V}$,则电流表示数最小值

$$I_{min}=\frac{U_1}{R_1}=\frac{3\ \text{V}}{R_1}. \tag{7}$$

由于电流表示数的最大值与最小值之比为 3,即 $I_{max}=3I_{min}$,

根据式(4)(6),$\frac{18\ \text{V}}{R_1}=3\times\frac{18\ \text{V}}{R_1+50\ \Omega}$,解得 $R_1=25\ \Omega$.

根据式(5)(6),$1\ \text{A}=3\times\frac{18\ \text{V}}{R_1+50\ \Omega}$,解得 $R_1=4\ \Omega$.

根据式(5)(7),$1\ \text{A}=3\times\frac{3\ \text{V}}{R_1}$,解得 $R_1=9\ \Omega$.

检验:若 $R_1=4\ \Omega$,当变阻器阻值 $R=50\ \Omega$ 时,电压表示数为

$$U_{滑}=\frac{R}{R_1+R}U=\frac{50\ \Omega}{4\ \Omega+50\ \Omega}\times 18\ \text{V}=\frac{50}{3}\ \text{V}>15\ \text{V},$$

不合题意,舍去.

经检验,$R_1=25\ \Omega$ 或 $R_1=9\ \Omega$ 均符合题意.

评析:变式 1 的分析思路与原题相同,只是将原题中电流表示数的最大值与最小值的差值关系改为倍数关系. 另外,删除原题中“滑动变阻器连入电路的阻值始终小于 50 Ω”这个限制条件,因此变式 1 中电流表示数最小值有两种情况:要么当变阻器全部接入电路时电流最小(此时电压表示数不超量程),要么当电压表满偏时电流最小(此

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

时变阻器接入电路的阻值不超过 50 Ω).

需要指出的是,如果将变式 1 中“电流表示数的最大值与最小值之比为 3”改为“电路消耗总功率的最大值与最小值之比为 3”,根据 $P=UI$,由于电源电压不变,总功率的倍数关系与电流的倍数关系相同,因此计算结果与变式 1 相同.

变式 2. 如图 3 所示,电源电压为 18 V 且恒定不变,电流表量程为 0～3 A,电压表量程为 0～15 V,滑动变阻器 R 的规格为“50 Ω　1 A”. 在保证电路安全的情况下,调节滑动变阻器的滑片 P,发现电流表示数的最大值与最小值的比值为 3.5,求定值电阻 R_1 的可能值.

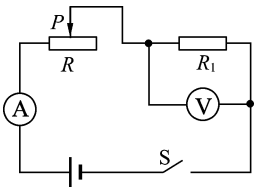

图 3　电路示意图

解析:当变阻器接入电路的阻值最大时,电流表示数最小,此时电流表示数最小值

$$I_{\min}=\frac{U}{R_1+R}=\frac{18\ \text{V}}{R_1+50\ \Omega}. \tag{8}$$

当变阻器接入电路的阻值最小时,电流表示数最大,有两种情况.

若电压表示数先达到 15 V,说明电路中最大电流不超过 1 A,则电流表示数最大值

$$I_{\max}=\frac{U_1}{R_1}=\frac{15\ \text{V}}{R_1}. \tag{9}$$

若电路中电流先达到了 1 A,则电流表示数最大值

$$I_{\max}=1\ \text{A}. \tag{10}$$

因为电流表示数的最大值与最小值的比值为 3.5,即 $I_{\max}=3.5I_{\min}$,

根据式(8)(9),$\frac{15\ \text{V}}{R_1}=3.5\times\frac{18\ \text{V}}{R_1+50\ \Omega}$,解得 $R_1=15.625\ \Omega$.

根据式(8)(10),$1\ \text{A}=3.5\times\frac{18\ \text{V}}{R_1+50\ \Omega}$,解得 $R_1=13\ \Omega$.

检验:若 $R_1=15.625\ \Omega$,则电流表示数最大值 $I_{\max}=\frac{U_1}{R_1}=\frac{15\ \text{V}}{15.625\ \Omega}=0.96\ \text{A}<1\ \text{A}$;若 $R_1=13\ \Omega$,当电流为 1 A 时,电压表示数 $U_1=1\ \text{A}\times 13\ \Omega=13\ \text{V}<15\ \text{V}$. 所以,$R_1=15.625\ \Omega$ 或 $R_1=13\ \Omega$ 均符合题意.

评析:变式 2 与变式 1 问题呈现的方式相同,都是根据电流表示数最大值与最小值的倍数关系列方程,二者的区别在于电压表的位置. 变式 2 中电压表并联在 R_1 两端,这样滑动变阻器可以全部接入电路,所以最小电流只有一种情况. 由于电源电压超过了电压表量程,变阻器的最小阻值不为 0,但是最大电流依然有两种情况:要么电压表达到量程时电流最大(此时最大电流不超过 1 A),要么电流先达到 1 A(此时电压表示数不超过 15 V).

另外,将变式 2 中“电流表示数的最大值与最小值之比为 3.5”改为“电压表示数的最大值与最小值之比为 3.5”,根据 $I=U/R$,定值电阻 R_1 两端电压之比等于通过 R_1 的电流之比,因此计算结果与变式 2 相同.

3　教学启示与建议

3.1　凝练母题建模型,提升科学思维

母题是涵盖了本学科知识的基本题或典型题,具有完整的逻辑,是中考或高考命题参照的原型题.[2]在习题教学中建立基于母题的习题模型,可以简化问题,找到关键因素并进行系统分析,帮助学生理解复杂的物理问题. 学生在解决问题过程中需要调用物理模型,结合题设条件进行综合分析和科学推理,提出解决问题的方案并进行科学论证,在此过程中学生的科学思维得到提升.

3.2　一题多变拓展练,促进思维迁移

模型是静态的,而解决问题的过程是动态的. 通过 2023 年河北中考物理电学计算题的解析及变式分析可以看出,同一个习题模型由于题设条件千变万化,导致解题过程不尽相同. 如何将习题模型的思维过程进行迁移是教学的重要目标. 在习题教学中采用变式教学是促进学生思维迁移的重要策略之一,以母题为模型,通过一题多问、一题多变、多题一法等方式进行变式拓展,培养学生的逆向思维和发散思维,提升学生运用物理模型解决问题的能力,促进学生思维的迁移.

参考文献:

1　中华人民共和国教育部. 义务教育物理课程标准(2022 年版)[S]. 北京:北京师范大学出版社,2022.
2　付明,谷轶. “双减”政策下提升物理复习课效率的教学策略[J]. 中学物理教学参考,2023,52(16):8－11.
3　李晓青. “一题多变”在习题教学中的应用[J]. 物理教学,2021,43(10):60－63,54.
4　蒋炜波,赵坚. 初中物理学业水平考试命题如何承载对核心素养的考查——以科学思维和科学探究的命题为例[J]. 物理教师,2023,44(1):44－47,50.
5　付明. 例谈初中物理电学计算中的分类讨论[J]. 教育实践与研究(B),2021(9):38－40.
6　李红伟. 基于问题解决的科学思维培养教学策略思考[J]. 物理教师,2023,44(5):9－15.
7　秦笑春. 经历物理模型进阶　培养模型建构能力[J]. 物理教师,2023,44(8):13－18.

(收稿日期:2023－09－30)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net