

以化归思想促思维进阶^{*}

——基于学习进阶的“等效替代法”测电阻教学实践与反思

卢义刚 (金陵中学龙湖分校 江苏 211500)

张兴安 (南京信息工程大学附属中学 江苏 210044)

摘要 本文由一道中考题引入,分析并阐述了如何以化归思想为指导,在相关问题教学中以这类问题所涉及的核心知识与核心思维方法为主线,设计递进式的问题串,让学生在不断深入的问题思考中逐步达到核心知识的内化和思维的进阶,以便于在面对新情境下的同类问题时能够抓住解决问题的主线和灵魂,实现学习的新进阶。

关键词 化归思想 主线 问题串 思维进阶

文章编号 1002-0748(2022)1-0036

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 化归思想和学习进阶

1.1 化归思想

化归思想就是指在面对一个新问题的时候,能够运用变化和发展的观点,找到新问题和某个或者几个旧问题之间的联系,然后通过转化将新问题转变为我们熟悉的旧问题^[1]。这里新旧问题之间的“联系”就是指它们共同涉及的核心知识以及蕴含的核心思维方法,学生能否将其掌握并内化也就成为了学生能否真正运用化归思想来解决相关问题的关键之所在。

1.2 学习进阶

虽然至今关于学习进阶的理论还没有明确的表述,但是结合各个教育学专家对“学习进阶”提出的观点,可以大致知道学习进阶就是紧密结合学情,建构一条连贯而不断深入的思维路径,使学生的思维达到流畅的学习进阶过程^[2]。

为了让学生在面对新问题时,能够运用化归思想找出解决问题的核心知识和核心思维方法,教师在相关问题教学中就要有意识地以这类问题所涉及的核心知识和核心思维方法为主线设计逐层递进的问题串,让学生抽丝剥茧自主找到相关核心,实现对知识理解和思维提升的双进阶,进而在面对新问题时做到以不变应万变。

2 案例分析

例1 (2019年××市物理中考试题)图1所示是能巧测 R_2 阻值的实验电路。图中 R 为电阻箱, R_0 为定值电阻(阻值未知)。要求仅利用电阻箱读数表达 R_2 的阻值。请在空白处填上适当内容。

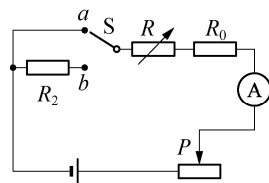


图1

① 将开关接 a ,调节电阻箱和滑动变阻器滑片 P 至适当位置,记下_____;

② 将开关接 b ,调节_____,保持_____不变,记下_____;

③ 则 $R_2 =$ _____。

参考答案: ① 电流表的示数 I 和电阻箱 R 的阻值 R_A ; ② 电阻箱 R ; 滑动变阻器阻值和电流表示数 I ; 电阻箱 R 的阻值 R_B ; ③ $R_A - R_B$ 。

学生答题情况: 此题得分率只有35%左右,具体情况有在①问中漏掉了“电阻箱 R 的阻值 R_A ”或者“电流表示数 I ”等;有在②问中,误写成“调节滑

^{*} **基金项目:** 本文系江苏省教育科学“十三·五”规划重点自筹课题“指向思维生长的‘问题·探究’初中物理课堂建构的行动研究”阶段性研究成果(项目编号: B-b/2020/02/77);系南京市教育科学“十三·五”规划课题“基于教育质量提升的课堂教学规程优化研究”阶段性研究成果(项目编号: L/2020/380);系江苏省中小学教学研究室第十一期重点课题“初中物理综合实践活动课程建构与实践研究”后期研究成果(项目编号: 2015JK11-Z005);系江苏省中小学教研室第十二期立项课题“基于标准的乡村学校初中物理学生核心实验教学与评价一致性研究”后期研究成果(项目编号: 2017JK12-L008)。

片 P ”等;有在③问中写成“ $R_2 = R$ ”等。

分析:结合学生答题的错误呈现,可以想象出学生在面对例 1 试题时的束手无策。而实际在平时训练中,学生接触到“等效替代法测电阻”的类似训练并不少,其最早可追溯到“苏科版”教材中第十四章第二节“滑动变阻器”的 www 习题一例 2(见图 2,其简化的电路见图 3)。可为何会出现如此结果呢?



图 2

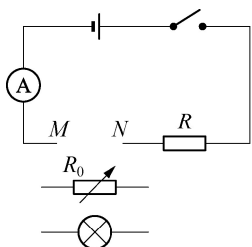


图 3

究其根本原因是我们很多教师在平时测电阻教学中,未能从测电阻的理论依据(核心知识)——欧姆定律来帮助学生由浅入深逐步实现学习的进阶,而仅仅是就题讲题,使得学生对问题的理解仅仅浮于表面,甚至又将“伏安法”测电阻(核心思维方法)和“等效替代法”测电阻两种方法人为地割裂开来,这是造成学生答题错误的最主要原因^[3]。更有甚者,有的教师为了便于学生记忆“等效替代法”测电阻方法,人为地直接给了学生所谓的“解题秘笈”,即“①先接入待测电阻并记下电表示数;②再换接入电阻箱并对其调节使电表示数和原先相等;③观察此时电阻箱阻值即等于待测电阻阻值”。这种教学方式,表面上看起来好像是帮助学生掌握了快速解决这类问题的“捷径”,其结果却是学生只是接受到了“操作说明书”式的教导,并未能够明白此过程中究竟是“谁替代谁”“何为等效”“在什么条件下才能叫替代”“替代的依据是什么”“实验方案与器材选择有什么注意事项”等问题,其涉及的核心知识与核心思维方法主线学生并不知。其结果就是一旦问题的背景或条件发生变化,学生就无所适从、束手无策了。

3 抓主线,促进阶

依据思维进阶原理,认为学习是一连贯性的过程,是以某一主题为中心,在各个阶段描述由简单到复杂的一系列概念的呈现的典型学习路径^[4]。针对例 1、例 2,我们可以看出,解决“等效替代法”测电阻这一类问题的关键就是要明确“何为等效”以及“谁替代谁”。依据张宪魁老师的观点,一个成功的实验,应该由三部分组成,即“实验对象”“实验源”和“实验效果显示器”^[5]。在上述例题中,待测电阻(或小灯泡)和电阻箱就属于“实验对象”,电源就是“实验源”,电路中的电流表就是“实验效果显示器”,这里的“实验效果显示器”(电流表)与实验对象(待测电阻与电阻箱)之间有着什么样的联系自然就成了学生首先应当思考的问题。而其实际解决问题的主线其实是和“伏安法”测电阻一样——欧姆定律。因此,教师在进行此类问题教学时就需要牢牢抓住这两个关键问题——“何为等效”以及“谁替代谁”和它的分析主线——欧姆定律,设置问题串来引导学生由浅入深进行推理和分析,在问题的不断解决中促进学生学习和思维的进阶^[6]。

由于例 2 在“苏科版”教材中的位置是在学生学习欧姆定律知识之前,故而在新授课教学时学生仅仅知道电路中的电流与两端的电压、电阻有关(定性),暂时还不会定量分析电流与电压、电阻的关系。基于这种学情,针对例 1 问题的解决可以在例 2 教学中设计如下问题串。

问题 1: 依据之前所学,例 2 中第一步与第二步操作中所测得的电流 I 分别与什么有关?

问题 2: 在第二步的操作中为什么要调节电阻箱使电流表的示数 I 与第一步中的相同后再读电阻箱的阻值?

问题 1、问题 2 是要求学生弄清关于“等效替代法”中“何为等效”“谁替代谁”这两个问题。因为在本例题中,电流表的示数是唯一能直接观察到的量(实验效果显示器),而灯泡的电阻大小无法直接观察,这就需要学生借助物理思维通过电路两端的电压、电流和电路中的电阻之间的关系去分析并认清在电路两端电压不变时,只有电路中“隐性”的电阻相同,电路中的电流这个“显性”的“效果”才会相等,即所谓“等效”应该是可观测到的电路中的电流相等,而所谓“替代”就是电阻箱的阻值替代小灯泡的电阻。然而,上述的问题仅仅是停留在要求学生学会定性分析,等后续学习完欧姆定律,就可以在此基础

上针对例 2 再跟进如下几个问题。

问题 3: 若例 2 中的小灯泡上标有“0.3 A”字样, 则如何测量此小灯泡正常发光时的电阻? 实验应如何改进? 说出你的依据。

因为学生此时已经学习过欧姆定律的定量计算及其应用, 并且经历了“伏安法”测电阻的实验操作, 已经具备了定量分析电流与电压、电阻之间关系的能力, 也知道小灯泡在正常发光和非正常发光情况下的电阻值是不同的, 所以在问题 3 中就给出了如何测标有“0.3 A”的小灯泡正常发光时的电阻。由于例 2 中提供的保护电阻是一个定值电阻, 这就很难保证小灯泡接入电路后, 灯泡中的电流恰好等于它的额定电流 0.3 A, 也就是说无法测出小灯泡正常发光时的电阻。同时, 问题 3 中的“追问”就是要求学生通过运用欧姆定律的定量分析来认识到例 2 中的定值电阻 R 无法改变电路中的电流, 使其恰好等于小灯泡的额定电流, 因此需要将其更换为滑动变阻器(见图 4)。在图 4 中, 依据欧姆定律, 如果将 S_1 接到“1”位置, 调节滑动变阻器, 电路中的电流 $I_1 = \frac{U}{R_{灯} + R_P}$; 当将开关 S_1 接到“2”位置时, 电路中的电流 $I_2 = \frac{U}{R_0 + R_P}$; 基于这两个电流表达式可以

看出, 如果在 S_1 接“1”位置时, 调节滑动变阻器, 使得电路中电流 I_1 等于小灯泡的额定电流 0.3 A; 再将开关 S_1 接“2”位置时, 保持滑动变阻器阻值 R_P 不变, 通过调节 R_0 的阻值使得 $I_2 = I_1 = 0.3 \text{ A}$, 则电阻箱的阻值就等于小灯泡正常发光时的电阻。

问题 4: 在没有微小量程的电流表情况下, 利用例 2 能否测出人体两手之间的电阻(约为 $1 \text{ k}\Omega$)? 请说明设计理由和操作步骤。

问题 5: 该实验对滑动变阻器的选择有什么要求?

问题 4 也是在例 2 原题中最后“试一试”这个环节的基础上提出的。如果将像人体这样的大电阻直接接入例 2 的电路中, 依据欧姆定律就可以发现, 电路中的电流会非常小, 电流表根本无法正常显示, 进而导致该实验无法进行。因此, 要想能够完成该实验就要引入电压表, “实验效果显示器”就由原先的电流表变为了电压表, 实验电路就需要重新设计(见

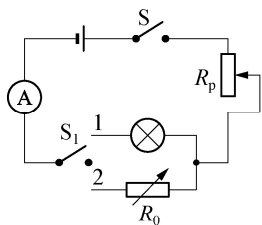


图 4

图 5)。在此电路中, 将待测的人体电阻先接入 A、B 之间, 电压表的示数应为 $U_{人} = \frac{U_{总} R_{人}}{R_{人} + R_P}$; 再用电阻箱替代人体接入 A、B 之间, 电压表的示数为

$$U_{电阻箱} = \frac{U_{总} R_{电阻箱}}{R_{电阻箱} + R_P}$$

通过这两个电压表达式可以看出, 若保持滑动变阻器阻值 R_P 不变, 只要调节电阻箱的阻值使其与人体阻值相等, 则两次电压表的示数也就相等; 同时, 通过这两个表达式还能看出, 若想使得电压表能正常读数, 则滑动变阻器接入电路中的阻值应当尽可能与人体的电阻相近, 由此, 问题 5 也迎刃而解。当然, 实验电路也可以设计成图 6, 当开关接到“1”位置时, 该电路就是由滑动变阻器 R 和 $R_{人}$ 构成的串联电路, 电压表测量的是滑动变阻器 R 两端的电压, 其示数 $U_R = \frac{U_{总} R}{R_{人} + R}$; 当开关接到“2”位置时, 电路就变成了由电阻箱 R_0 和 R 构成的

串联电路, 电压表的示数 $U'_R = \frac{UR}{R + R_0}$; 通过对这两个电压表示数表达式的分析可以看出, 如果先把开关接到“1”位置调节 R , 使得电压表的示数 U_R 为一合适数值, 再将开关接到“2”位置, 只要保持 R 不变而调节 R_0 , 使得 $U'_R = U_R$, 则 $R_{人} = R_0$ 。

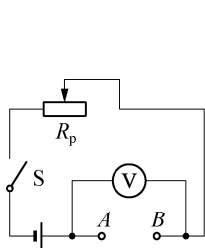


图 5

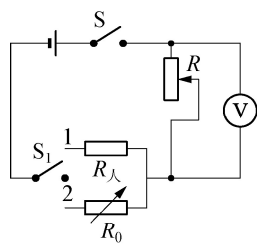


图 6

在例 2 及后来跟进的问题串实验变式中, 待测电阻单纯地就是“被替代者”, 而电阻箱就是单纯的“替代者”。而在例 1 中, 开关接 a 时电阻箱接入电路中, 开关接 b 时, 电阻箱与待测电阻 R_2 一起又被接入了电路中。这就导致了例 1 与例 2 及其相关问题串引起的实验变式最大的区别, 虽然待测电阻都是被替代者, 可是电阻箱的身份却发生了变化, 它既是“替代者”, 同时又和待测电阻串联起来共同构成了“被替代者”, 这个不同恰恰造成了学生在考场中面对这道题时的极度不适应、束手无策。更有甚者, 例 1 干路中既有定值电阻又有滑动变阻器还有电阻箱, 这对学生来说又是一个“大变数”, 给本题的解答带来了新的“不确定性”。可是反观例 1, 在试

题所提供的条件中,我们可以看出,整个电路的“实验效果显示器”就是电流表,实验对象就是待测电阻 R_2 和电阻箱 R ,所能观察到的“效果”只有开关分别接在 a 点和 b 点时电流表的示数 I_A 和 I_B ,依据欧姆定律可知 $I_A = \frac{U}{R_A + R_0 + R_P}$ 、 $I_B = \frac{U}{R_2 + R_B + R_0 + R_P}$;通过这两个表达式,只要保持前后两次滑动变阻器阻值 R_P 不变,通过调节电阻箱 R 使得 $I_A = I_B$,则可以推得 $R_A = R_2 + R_B$,并最终得出 $R_2 = R_A - R_B$ 。

从上述对例 1 和例 2 及其后来跟进的问题串实验变式分析来看,学生要想真正掌握并自主应对“等效替代法”测电阻这一类问题,需要突破的关键点有二:一是在具体电路中要搞清楚“何为等效”“谁替代谁”;二是要结合题目条件,运用欧姆定律,建构起电表所测量的电学量与待测电阻、电阻箱之间的数学模型,通过对它们之间的数学关系的分析进而弄清实验的操作并得出待测电阻和电阻箱之间的数量关系。这两点就是各种不同形式的“等效替代法”测电阻问题之间所包含的共同联系——欧姆定律和“伏安法”测电阻——核心知识和核心思维方法(主线)。教师若能通过这一主线设计递进式的问题,以此来引导学生理解上述两个关键点并进行内化,则当他们面对这类问题时定能从容自如、游刃有余、开花结果。

(上接第 4 页)

解“高斯玻色取样”问题,都是在特定算法下求解某类计算问题。第二个阶段则是突破“量子计算优越性”只能“优越”在特定问题的限制,实现部分可控的量子模拟系统,在人工的、可控的量子系统中模拟需要的研究环境,具有一定的应用价值。量子模拟系统可以类比飞机的风洞试验,用可控的风洞模拟飞机真实飞行的未知环境,在这个过程中,可以通过操控风洞进行有效研究传统超级计算机难以计算的问题和实验条件无法观测的现象。这个阶段在机器学习等信息领域也有很可观的应用。第三个阶段则是在上述基础上,进一步地实用化,向制造出通用量子计算机的目标发展。通用量子计算机的优势在于能够进行编程计算,在开发出配套的新型算法后,凭借着量子计算的算力优势,将在密码破解方面发挥无比关键的作用;同时,进入第三阶段可提供模拟更精细化系统的可能。我们知道,最精密的系统是生命系统,而以目前的技术水平,细胞都不能人工制造,

4 结 语

利用化归思想,可以发现所谓的“等效替代法”测电阻和“伏安法”测电阻本质上均属于欧姆定律的应用范畴;而在此基础上要更好地实现学生的思维进阶,我们就不能局限于上述讨论的范围,需要更多地从实验的可操作性、安全性以及实验的精度要求等角度建构其他类型的所谓“特殊法”(变式)测电阻的问题串,让学生在面对不同的新问题情境中,再次抓住欧姆定律和“伏安法”测电阻这一核心主线,主动思考,深化对欧姆定律的理解和迁移应用,在解决新问题的同时实现思维的再次进阶,真正实现“不变与变”的物理辩证简约之美。

参考文献

- [1] 冯欢. 化归思想在高中函数教学中的应用研究[D]. 岳阳: 湖南理工学院, 2018.
- [2] 蒋宇莉. 建构物理模型实现高中物理科学思维进阶的研究[D]. 成都: 四川师范大学, 2019.
- [3] 张兴安. 展现思维过程 激活思维活动[J]. 物理教师, 2019(2): 51—53.
- [4] 刘晟, 刘恩山. 学习进阶: 关注学生认知发展和生活经验[J]. 教学学报, 2012(2): 81—87.
- [5] 张宪魁. 物理科学方法教育[M]. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2000. 3.
- [6] 卢义刚. 抓“两线”, 激思维, 显“味道”[J]. 物理教师, 2019(6): 36—39.

而到达量子计算的第三阶段,强大的计算能力或许能够模拟细胞、组织、系统等生命层次的人造物,也意味着真正的人工智能时代即将来临。

参考文献

- [1] A. Ekert and R. Jozsa. Quantum computation and Shor's factoring algorithm [J]. Rev. Mod. Phys. 1996, 68(3): 733—753.
- [2] L. K. Grover. Quantum mechanics helps in searching for a needle in a haystack [J]. Phys. Rev. Lett. 1997, 79(2): 325—328.
- [3] F. Arute, et al. Quantum supremacy using a programmable superconducting processor [J]. Nature, 2019, 574: 505—510.
- [4] M. A. Broome, et al. Photonic boson sampling in a tunable circuit [J]. Science, 2013, 339(6121): 794—798.
- [5] J. B. Spring, et al. Boson sampling on a photonic chip [J]. Science, 2013, 339(6121): 798—801.
- [6] H. S. Zhong, et al. Quantum computational advantage using photons [J]. Science, 2020, 370(6523): 1460—1463.
- [7] C. S. Hamilton, et al. Gaussian boson sampling [J]. Phys. Rev. Lett. 2017, 119(17): 170501.