

初中园地

TPACK 视域下研究性备课 的区域实践研究^{*}

——以“欧姆定律”备课为例

季卫新 (南京市雨花台区教师发展中心 江苏 210012)

陈 栋 (连云港市灌云县下车中学 江苏 222231)

摘要 TPACK 表现为教师在具体的教学情境中,选择恰当的技术表征、呈现教学内容和选择恰当的方法开展教学,从而实现教学内容、教学方法和技术的有效融合;TPACK 视域下的研究性备课,注重对于课程标准、教材、实验、活动、物理学史、文献和现代教育信息技术等相关要素的研究,通过“研究—设计—实践—讨论—反思—再研究”的途径,形成经典课例,以期从中发现、提炼和总结出经验进行区域推广。

关键词 研究性备课 科学探究 物理学史 欧姆定律

文章编号 1002-0748(2021)2-0036

中图分类号 G633·7

文献标识码 B

1 相关研究背景

1.1 TPACK 的概念及其内涵

TPACK 这一概念的明确提出者是美国学者 Matthew J. Koehler 和 Punya Mishra,他们同时对这一概念进行了明确论述。TPACK 是 Technological Pedagogical Content Knowledge 的缩写,即整合技术的学科教学知识。TPACK 框架包含三个核心要素和四个复合要素,如图 1 所示。三个核心要素是:学科内容知识(CK)、教学法知识(PK)和技术知识(TK);四个复合要素是:学科教学知识(PCK)、整合技术的学科内容知识(TCK)、整合技术的教学法知识(TPK)、整合技术的学科教学知识(TPACK),而 TPACK 则是这七个要素相互作用的结果。

TPACK 的内涵具有以下三方面的特征:

(1) TPACK 是教师应当具备、且必须具备的全新知识,其贯彻与实施离不开教师,所以在推广和应用 TPACK 过程中,必须强调教师是教学改革的积极参与者,课堂教学的设计者和实施者;在教学过程中教师应起引导和监控作用。这种观点对教师教育和教师专业发展具有重要指导意义。

(2) TPACK 涉及学科内容、教学法和技术等三

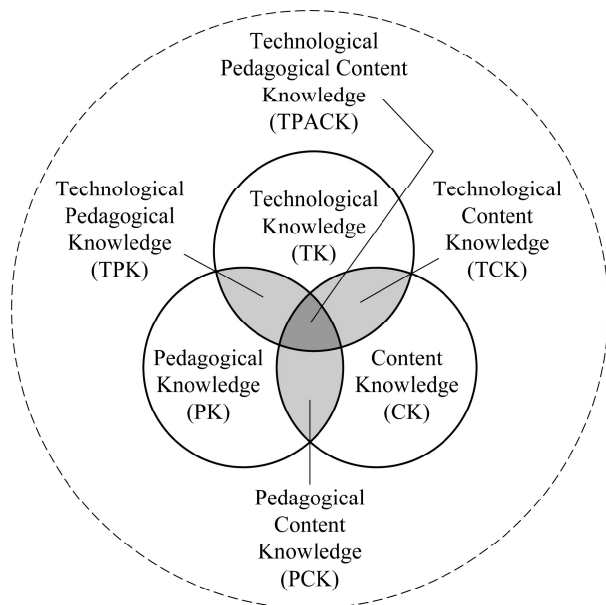


图1 TPACK 要素框架示意图

种知识要素,但并非这三种知识的简单组合或叠加,而是要将技术“整合”(即“融入”)到具体学科内容教学的教学法知识当中去。这就意味着:对 TPACK 的学习、应用,不能只是单纯地强调技术,而是应当

^{*} 基金项目:此文系南京市中小学教学研究 2019 年度第十三期重点课题“基于学习分析理论的区域初中物理备课研究”(课题编号:2019NJJK13-Z23)和南京市教育科学“十三五”规划 2020 年度立项课题“TPACK 视野下区域初中物理研究性备课的实践研究”(课题编号:L/2020/239)的阶段性研究成果。

更多地关注信息技术环境下的“教与学”理论及方法(即信息化“教与学”理论及方法)。

(3)TPACK 是整合了三种知识要素以后形成的新知识,由于涉及的条件、因素较多,且彼此交互作用,因此 Mishra 和 Kochler 认为这是一种“结构不良”(ill-structured)知识;这种知识将要解决的问题(即信息技术整合于学科教学过程所遇到的问题),都属于“劣性问题”(wicked problem)。这种问题不存在一种适用于每一位教师、每一门课程或每一种教学观念的解决方案(即确定的解决方案);相反,这种解决方案只能依赖每位教师的认知灵活性在三种知识的结合与交叉中寻找。

在实践中,TPACK 表现为教师在具体的教学情境中,选择恰当的技术表征、呈现教学内容和选择恰当的方法开展教学,从而实现教学内容、教学方法和技术的有效融合,达到提高学生的学习兴趣、帮助学生理解和掌握教学内容的目的。

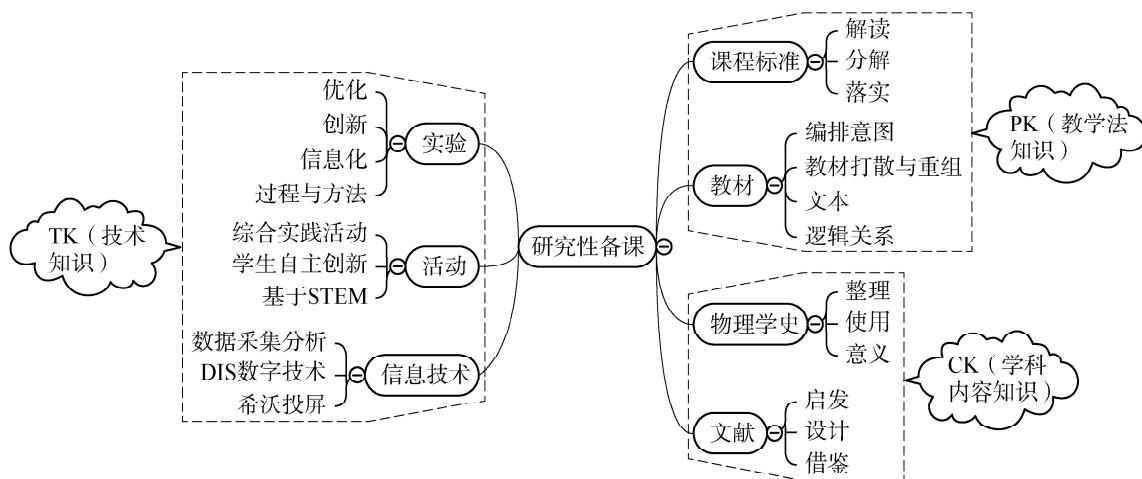


图2 TPACK 视野下区域初中物理研究性备课结构导图

(1) 教学法知识(PK),对《课程标准》进行解读、分解和落实;对教材的编排意图、教材的打散与重组、文本资源和知识板块的逻辑关系进行研究。

(2) 学科内容知识(CK),对相关的物理学史进行整理,从而融合到学科育人中,并对教学中融合物理学史应该具有的意义进行研究;学会并养成搜索、筛选和研究教学文献的能力与习惯。

(3) 技术知识(TK),对初中物理实验的优化、创新和信息化进行研究,强调对实验过程与方法的凸显;对学生活动,结合STEM理念,对教材内外的综合实践活动进行研究,凸显学生自主创新能力的培养;对信息技术在初中物理学科教学中的融合进行研究,辅助实验教学的效果。

1.2 TPACK 视域下的研究性备课

研究性备课有别于研究性学习,前者侧重于教师的备课研究,后者侧重于学生学习的研究性设计;研究性备课不是一味地追求备课的有效性和高效率,不等同于深度备课。本课题组提出的TPACK视域下的研究性备课,在强调教师备课过程中的自发性之外,更注重对于课程标准、教材、实验、活动、物理学史、文献和现代教育信息技术等相关要素的研究,希望教师能在备课过程中对以上相关要素通过文献和著作的查阅、梳理和研究,在专家智库的指导下,将研究成果落地到教学设计和教学实施环节,通过“研究—设计—实践—讨论—反思—再研究”的途径,形成经典课例,以期从中发现、提炼和总结出经验进行区域推广。

课题组对TPACK视野下区域初中物理研究性备课,设计了如图2所示的要素结构导图,对三个核心要素进行了划分与界定。

2 回溯“欧姆定律”相关物理学史

欧姆^[1](1789—1854),出生在德国埃尔兰根(Erlangen)。他在出生地的大学听过课,然后在哥特斯塔特(Gottstadt)、诺伊弗夏特尔(Neufchâtel)和班贝格(Bamberg)中学任教。30岁时,他当了科隆(Cologne)大学预科的数学和物理学教师,很成功地在这所学校教了九年书。欧姆是一个天才的研究者,虽然他没能跟那时代的伟大物理学家有过个人接触,从而受到影响,但他独立地孤独工作着,并且以一个中学教师的身份发现了伟大定律——欧姆定律。

欧姆对于从事研究工作很有雄心抱负,但是由于缺少时间和书本,以及缺少适当的仪器,给研究工

作的进展带来了困难。当他是一个孩子时,通过他的父亲(一个锁匠)学到了机械技能,这就使他在以后的研究中有能力为自己制造测量仪器成为了一种可能。

欧姆的第一个研究实验是关于“金属的相对传导率”^[2]。从他的测量看来,发现了错误(误差很大)。在这些实验中,他的电池组(电流)的变化给他带来了很大的麻烦。最后,在波根多夫的建议下,他采用温差电池(内阻很小)(如图 3 所示)作为电源,这才摆脱了那些麻烦^[3]。

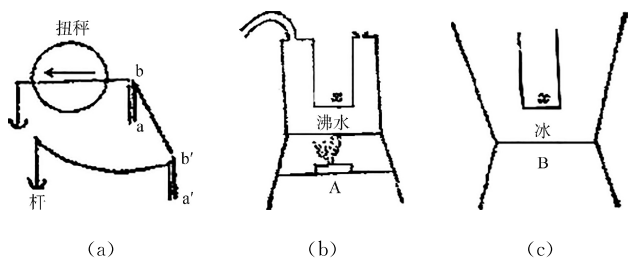


图 3 “金属的相对传导率”实验设计图

表 1 欧姆测得的部分数据

导体序号	1	2	3	4	5	6	7	8
扭转角的百分度	$326 \frac{3}{4}$	$300 \frac{3}{4}$	$277 \frac{3}{4}$	$238 \frac{1}{4}$	$190 \frac{3}{4}$	$134 \frac{1}{4}$	$83 \frac{1}{4}$	$48 \frac{1}{3}$

在该月的 11 日和 15 日这两天,欧姆每天读取两组以上数据,并把这些数据连同表 1 的数据一起制成表,通过数学模型和技术进行分析、归纳后说:

“以上数据能够十分令人满意地以等式 $X = \frac{a}{b+x}$ 来描述,式中 X 是长度为 x 的导体的磁效应强度, a 和 b 是依赖于激发力和电路其余部分的电阻的常数。”

欧姆给出 b 的值为“ $20 \frac{1}{4}$ ”,并且对于以上给定的一组测量值,量 a 的值为“7285”。由这些数值给出的结果和所有以上给出的角度数非常近似。例如,取第三号导体“ $x = 6$ 英寸”,然后通过计算, X 的值为 277.53,而它的测量值为 $277 \frac{3}{4}$ (即:277.75)。绝对误差为“+0.24”;相对误差是 $\delta = \frac{277.75 - 277.53}{277.53} \times 100\% = +8.64 \times 10^{-6}\%$ 。

这些实验数据根据所选取的黄铜线的电阻的改变而变化,而且还根据“温差电偶”所取的两个温度[即:融化冰的温度和室温(7.5℃)]的不同而变化。根据温度范围内的这个变化,欧姆得到了产生不同 a 值、但不影响 b 的电动势的变化量。总之,上述

为了将电流进行量化,欧姆指导工匠制造了一个“扭力天平”——电流表雏形。如图 4 所示,磁针用 5 英寸长的平导线吊在扭力端上。当磁针受电流作用而偏离它在磁子午线上的静止位置时,它将受到扭力作用而回到它原来的位置上。扭力端[图 3(a)中箭头端]所要偏转的整个角度是以圆周的百分度来测量的,使磁针偏离它初始位置的力与这个角度成正比。因此,电流强度可以从每一次测量到的、为使磁针回到初始位置(零扭力端)所转过的角度值看出。

欧姆配制了相同粗细(7/96 吋)的八种铜导线,其长度分别为 2、4、6、10、18、34、66、130 英寸。把它们一个接一个地插进电路中(如图 3 所示),测出每一次电路中的电流强度。在 1826 年 1 月 8 日,他得到了如表 1 所示的部分数据。

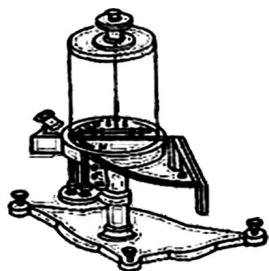


图 4 “扭力天平”示意图

“公式”是令人满意的。

为了解释该等式,同时以便能与他人交流并得到他人的认可,欧姆引入和定义了电动势、电流强度和电阻的精确概念。他把式中 a 称为电动势、 $b+x$ 称为电路的总电阻,而 X 称为电流强度。而后,欧姆用实验方法建立了当电池是在串联以及并联情况下的电流强度的公式。这样一来,新的定律建立了,后来被称为“欧姆定律”,这些结果在 1826 年 4 月以《金属导电定律的测定》为题发表在德国的《化学和物理学杂志》上。

1827 年,欧姆出版了《The galvanic circuit investigated mathematically(电路,数学研究)》^[4],该书包括了“欧姆定律”的理论推导。这比他的 1826 年作出实验推导的论文闻名得多。事实上,他的实验论文很少有人知道,以至于长期以来流传并仍然存在着这样的印象:欧姆定律是理论的、从未用实验方法来证实这个定律。这个误解或许说明了欧姆的结论难以接受,以至柏林的多弗教授错误地认为欧姆的研究“纯属空洞的编造”^[1]。

3 回归“欧姆定律”发现的科学本质

3.1 科学探究方法之一:数学建模

通过对以上相关物理学史的回溯可以清晰发现

这样一个事实：欧姆在研究“金属的相对传导率”过程中，通过更换“温差电偶”作为电源，设计、制造了“扭力天平”量化了电流强度，从而使得他获取了大量可靠的实验数据，在此基础上，欧姆通过数学手段，建立了一个“数学模型”——公式，再在数据的基础上，验证并且求取了不同情况下的其他“量”的数值，最后发现了“电流公式”，此公式后来被人们以其名字命名为“欧姆定律”。

反思欧姆的研究过程，促使其成功的必要因素有两个：一是他的父亲“锁匠的家庭氛围”客观上使其具有了“机械技能”的底子，从而使得“扭力天平”的发明成为了可能；二是欧姆的数学功底（数学教师），令其通过数学建模、实验数据验证获取了最终的成功。总之，“欧姆定律的发现”，在其必然性中存在很大的偶然性。

回归“欧姆定律”发现的科学本质，再来看“数学建模”能力与意识，亦是物理学科核心素养的要求之一。以苏科版初中物理教材为例，这种数学建模能力的培养，真的比较少。统揽四本教材，只有在“学生实验：探究杠杆平衡条件”^[5]中出现了一次。实验获取如表 2 所示数据后，分析表中的数据，找出它们之间的关系。

表 2 “探究杠杆平衡条件”记录表格

测量序号	F_1/N	l_1/cm	F_2/N	l_2/cm
①				
②				
③				
...				

教师在“分析数据”环节中，比较恰当的做法应该是：基于“数学建模”思想，引导学生从数学模型（函数）上进行猜测“它们可能会满足什么样的等式关系”。依据对应学段的数学教学进度，此时学生应该具有了一些常见的、简单的函数知识储备，例如：正比例函数、反比例函数、一次函数等。学生的猜想会非常丰富，建议教师将其一一记录在黑板上，等猜想结束后，再提醒学生“在物理学中，我们不仅仅要对数字进行运算，同时也要对单位进行运算”，然后让学生在“理论上”先排除一部分。学生在排除过程中，必然会对“单位运算”进行“加工”，得到“相同单位可以加减，不同单位不能加减、只能乘除”。最后，对余下的“理论上可行的”猜想，使用实验数据进行验证，最终得到它们之间真正的关系。这就是“数学建模”思想的一个最简单的案例。

3.2 科学探究方法之二：控制变量

从物理学史来看，一些物理规律或现象的发现，“偶然性”的成分非常高，这样的例子也比较多。钱三强曾为郭奕玲作“序”^[7]说到：“科学经历的是一条非常曲折、非常艰难的道路。……我们的教师往往是应用经过几次消化了的材料来讲授，或者经过抽象的理论分析加以表述，把已有的知识系统归纳，形成简明扼要的理论体系。这当然是必要的，但是这样的教学方法，往往会使学生对科学概念的产生和发展引起误解。”

以“欧姆定律”教材编排来说，笔者对所收集到的七种不同版本的初中物理教材进行了统计：人教版^[8]、苏科版^[9]、沪教版^[10]、沪科版^[11]、北师大版^[12]、教科版^[13]和粤沪版^[14]教材中，除了沪教版教材是在“结合物理学史，建立电阻概念”后直接给出“欧姆定律”的之外，其余六种版本的教材都是把欧姆定律“人为加工”成了“基于控制变量法”的科学探究活动：控制导体电阻不变，探究通过导体的电流与其两端电压的关系；控制导体两端电压不变，探究通过导体的电流与其电阻的关系；然后综合分析得到“通过导体的电流，与其两端电压成正比，与其电阻成反比”的结论。

由以上统计和对比可以发现，几乎所有的初中物理教材在对“欧姆定律”的处理上，都使用了“控制变量法”的思想。但是，笔者对“欧姆定律”相关物理学史进行查阅、梳理和论证后发现，欧姆在“偶然”发现欧姆定律之前，科学界并没有明确的电压、电阻和电流的概念界定，同时，他也并没有意识到“电流与电阻和电压之间可能存在某种联系”，也谈不上“基于控制变量法来设计和进行实验”。

如果一个科学探究，其经历原本就不是基于控制变量法来设计和进行的，但是出于一些诸如“降低初中学生学习难度”“凸显控制变量法在科学探究中的作用”等原因，在教材编制和处理时，人为地处理成“基于控制变量法”的科学探究，在一定程度上，“会使学生对科学概念的产生和发展引起误解”。

4 还原“欧姆定律”本质的教学设计

4.1 基于“学习分析”的教材分析

(1) 学习者分析(知识、能力、态度)

① 在此之前，学生已经学习了“3 个电学物理量 + 2 个测量仪表 + 1 个重要电学元件”。3 个电学物理量：电流、电压和电阻；2 个测量仪表：电压表和电流表；1 个重要电学元件：(滑动)变阻器。

② 学生已经学会了“控制变量法”的具体实施过程和设计；已经初步学会使用滑动变阻器来改变

电路的电流与电压。

③ 第十一章,学生已经知道了如何分析多个物理量的数学关系——相同单位的加减,不同单位的乘除;具有初步“数学建模”可能。

④ 分析学生层次高低,根据实际情况调节设计难度和分解问题串。

(2) 学习内容分析

① 课标及其解读。《课程标准》^[15] 要求:“3.4.2……通过实验,探究电流与电压、电阻的关系。理解欧姆定律。”《课标》解读:通过实验,探究电流与电压、电阻的关系,这是第 1 课时需要完成的重点,这是“欧姆定律”发现和建立的关键过程;欧姆定律,属于唯一“五个理解层次”的要求,层次最高。

② 结合教材,分解课标,落实学习目标。通过实验,探究电流与电压、电阻的关系;能通过数学模型,运用函数组合尝试方法处理实验数据,发现规律;初步了解欧姆的研究历史,感受科学家的研究与课堂活动探究的差异;初步了解欧姆定律的内容及其使用是有条件的。

③ 明确重点与难点。会设计实验探究电流与电压、电阻的关系;能通过数学模型,运用函数组合尝试方法处理实验数据,发现规律。

(3) 学习资源分析

设计演示实验与学生分组实验,具体实验器材准备为:电阻(5 Ω、10 Ω、15 Ω)各一个、小灯泡(1.5 V和 2.5 V)各一个、直流小电动机一个、电压表(0~3 V~15 V)、电流表(0~0.6 A~3 A)、变阻器(0~50 Ω)、电池组(4~6 V)、开关各一个、导线至少 7 根。教师演示用的,拟使用磁吸技术在黑板上展示,故导线颜色选择为浅色的(白色或黄色),所有仪器,都使用大号的、可磁吸的演示元件。

4.2 “引入”设计——“再探电流的改变”

在前一节“14.2 变阻器”中,已经设计了“活动 14.3 用铅笔芯改变电路中的电流”^[16],该活动的主旨是让学生体会到“电阻可以改变电流”,即“电流与电阻有关”。为了能使学生清晰感悟到“影响电流的因素”,可以设计再探改变电路中的电流,将电阻和电压两个因素合二为一。

片段设计 1 活动 1:再探“改变电路中的电流”。电路设计如图 5 所示。

(1) 电阻 R 不变,改变电池节数;

(2) 电池节数不变,换一个电阻 R ;

问题 1:看到什么?说明了什么?

(3) 接入“2.5 V”小灯泡,改变电池节数;

问题 2:看到什么?说明了什么?

(4) 综上可知:改变灯泡两端的电压和其电阻,都可以改变通过灯泡的电流。说明电流与电压和电阻都有关系。

问题 3:那么电流与电压、电阻有什么具体的关系呢?

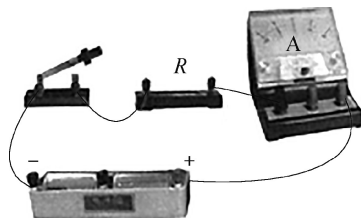


图 5 再探“改变电路中的电流”电路设计

“活动 1:再探改变电路中的电流”,通过问题串(问题 1~3),可以引导学生自主思考、发现“电阻可以改变电流;电压可以改变电流”,从而自然而然地意识到“电流与电阻和电压都有关系”。此时教师再追问:那么电流与电压、电阻之间,可能有什么具体的关系呢?

4.3 设计与进行实验——科学方法的选择

在“基于学习分析的教材分析”中已经进行了充分分析:从发展物理学科核心素养的要求来看,应该含有“概括理解”^[16]。概括理解指学生在学习物理知识的过程中表现出来的能力,包括“观察与建模”“概括与推理”和“辨析与梳理”等能力。因此,“能通过数学模型,运用函数组合尝试方法处理实验数据,发现规律”理应得到有效训练。

片段设计 2 活动 2:探究通过导体的电流与电压、电阻的关系。

问题 1:探究三个或多个物理量之间的关系,以前我们也遇到过,你能回忆一个例子并说一说当时我们是怎么探究的吗?

问题 2:还有其他不同的方法吗?比如,在第十一章“探究杠杆平衡条件”活动中,我们是不是也使用了“控制变量法”?

问题 3:现在,你准备选用哪种方法来探究电流、电压和电阻的关系?

问题 4:请根据你的选择来设计实验,探究通过导体的电流与它两端电压和其电阻的关系?

问题 1 的设计,是想借助类比的方式,降低本次探究实验设计上的难度。学生回忆、思考过程中,由于“控制变量法”平时训练过多,因此学生回答的几乎全部是这种。此时教师可以直接跳到下一问,以鼓励和引导的方式,帮助学生完成。问题 3 的设计,

则体现了“以学生为中心”的“自主探究”理念。当然,教师也可以视实际情况,对学生适当分组、分别使用“控制变量法”和“数学建模法”来进行学生活动。最后在“交流、合作、展示”环节进行分享。

4.4 “再探欧姆定律”——为“纯电阻”的后继学习做铺垫

在分析实验数据、得出“数学关系(模型)”后,应该适当融入“欧姆与欧姆定律”的相关物理学史,以此达到“渗透人文精神”的教育目标。欧姆以中学教师的身份,通过自身不畏艰难、不懈努力获得成功,激励学生学好物理的信心。教师可以让学生思考、交流“欧姆定律当时不被人认可的可能原因是什么?”;介绍当时“伏打电池”作为电源内阻很大,对实验产生误差大,所以更换成“温差电偶(电池)”,之后内阻大大降低,实验准确性得以大大提高。这些,到了高中后还要继续学习,为初高中物理衔接打下伏笔。

同时,考虑到第十五章学习“电流的热效应、焦耳定律”时出现的“电热器(纯电阻用电器)”难点,可以在此时设计“再探欧姆定律”,让学生由实验现象初步感受“纯电阻”概念,为后继的学习做铺垫。

片段设计 3 活动 3: 再探欧姆定律。电路图如图 6 所示。

(1) 捏着电动机转轴,使电动机转轴不转,读取电流 I_1 与电压 U_1 ,记录在表格 3 中;

(2) 松开电动机转轴,使电动机转轴转动,读取电流 I_2 与电压 U_2 ,记录在表格 3 中;

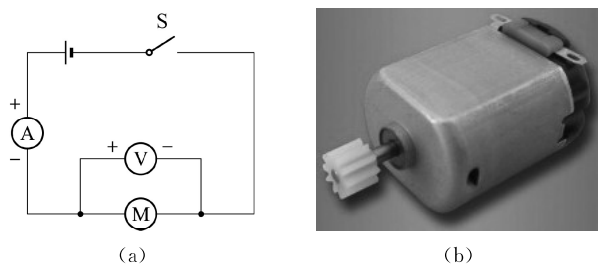


图 6 再探欧姆定律电路设计

表 3 “再探欧姆定律”记录表

次数	电压 U/V	电流 I/A	$U/I(\Omega)$
1	0.8	0.58	1.38
2	1.3	0.26	5.00

问题 1: 比较 $\frac{U_1}{I_1}$ 与 $\frac{U_2}{I_2}$, 你发现什么了?

问题 2: 由此,你有什么疑惑?

问题 3: 你能解释这个现象吗?

通过计算得到: $\frac{U_1}{I_1} = \frac{0.8V}{0.58A} = 1.38\Omega, \frac{U_2}{I_2} =$

$\frac{1.3V}{0.26A} = 5\Omega$, 发现 $\frac{U_1}{I_1} \neq \frac{U_2}{I_2}$ 。此时应该让学生进行独立思考或者小组讨论,自主发现“思维冲突”、经历“思维碰撞”、从而“擦出火花”。当学生“山重水复疑无路”时,教师再及时给出“欧姆定律使用是有条件的,只能针对纯电阻电路”,既解了学生之惑,又起到“柳暗花明又一村”之效,同时也为后继的学习埋下伏笔。

5 “物理学史”的重要性

由众所周知的“安培坐失良机”“科拉顿跑失良机”从而与“发现电磁感应现象”失之交臂的事例说明,各种科学发现往往具有一个共同点,那就是机遇与挑战。机遇也可以说是一种偶然性,但是在偶然性中又体现了必然性。

乔治·萨顿认为:“科学史是自然科学与人文科学之间的桥梁,它能够帮助学生获得自然科学的整体形象、人性的形象,从而全面地理解科学、理解科学与人文的关系”^[17]。这应该是正确对待物理学史的态度。因此在研究科学史时,要把科学的发展置于更复杂的背景中,这样才能更好地发挥物理学史的人文熏陶意义。

笔者以为,诸多版本的初中物理教材用“控制变量法”巧妙地重构欧姆定律的探究过程,以此凸显控制变量法在科学探究中的重要性,同时亦能简化“欧姆定律的建构”过程,这种做法毋庸置疑是可行的。但是,如果在“重构”之外,能将对应的物理学史也配置在教材合适版块,以便提醒一线教师对此的理解与领悟,可能就会避免很多诸如“教学设计”“教材理解”与“学习评价”等诸多方面的“人为误解”,又能通过回归物理学史回溯科学探究的本质,使教师与学生体会物理概念与规律的构建历史,以实现必要的人文渗透。

综上所述,教师在进行研究性备课过程中融入物理学史,有助于学生了解学科知识的全貌,有利于准确理解知识形成的过程与方法,引导学习走向深入,提高学生的人文素养和科学素养;可以让物理学史在促进学生物理核心素养的提升方面发挥更大的作用。

参考文献

- [1] Eugene Lemmel, The Scientific Work of Georg Simon Ohm[J]. Smithsonian Report, 1891:247—256.
- [2] G. S. Ohm. Bestimmung des Gesetzes, nach welchem Metalle die Contactelektricität leiten, nebst einem Entwurfe zu einer Theorie des Voltaschen Apparates und des Schweiggerschen Multiplimators [J]. Journal für Chemie und Physik, 1826(4):137—166.

(下转第 35 页)