夯实学生经验　发展科学思维

——以“欧姆定律”教学为例

葛汉洪[1]　吴耀东[2]
(1. 江苏省高邮市南海中学,江苏 扬州　225600; 2. 江苏省宝应县广洋湖镇中心初级中学,江苏 扬州　225800)

摘　要: 经验和思维相互依存,密不可分,辩证统一,协同发展.教材在优化了欧姆定律得出过程的同时存在疏离学生经验的问题.梳理出问题的 4 个具体表现并给出各自的解决方案,夯实了学生经验,突破了教学难点,发展了学生科学思维.

关键词: 科学思维;欧姆定律;导体

1　经验与思维的基本关系

杜威关于经验与思维的关系的论述独树一帜,影响巨大.他认为学生经验既是教育的起点,又是教育的途径,更是教育的目的.经验是主体与环境之间相互作用,相互影响,相互交融的过程,它包含一个主动的因素和一个被动的因素,[1]是人作用于环境和环境作用于人这两个方面通过反省思维形成的“特殊的联合”.所谓思维,就是准确地、审慎地把我们所做的事情和它的结果联结起来.[1]一方面,没有某种思维的因素便不可能产生有意义的经验;[1]另一方面,思维起于直接经验的情境,人们不会无故思维,思维也不会凭空而起.[2]离开经验就谈不上思维,谈不上理论,离开经验的理论,甚至不能被理解为理论,这样的理论往往变成一种书面形式,一些流行话,[1]所以,经验和思维相互依存,密不可分,辩证统一.经验是一个具有连续性的整体.每种经验既从过去经验中采纳了某些东西,同时又以某种方式改变未来经验的性质.[3]这样的经验才有生长的积累,有了生长的积累,经验才具有生命力,[1]才能与思维协同发展.不难发现.这与孔子的论断“学而不思则罔,思而不学则殆”异曲同工,“学”是积累经验,“思”即思维,“学”与“思”要统一起来才能促进人的发展.

2　经验视角下欧姆定律教学的主要问题和解决方法

对于欧姆定律,相信教师都有这样的感受,整个教学如同沙上建塔而显得浮寄孤悬,学生的学习只能囫囵吞枣而难以融会贯通.可以说,学生通过一节课的学习并不见得比直接看书收获更多,对欧姆定律的理解依然停留在浅层的“书面形式”,是名副其实的难点.如何改进教学突破难点,将它从学生学习征途中的“拦路虎”变为“加油站”,以发挥欧姆定律在发展学生核心素养方面的积极作用,值得我们费一番思量.回溯科学史,我们知道欧姆当年发现欧姆定律的过程是非常艰难和曲折的,而教材(苏科版)为方便学生学习,提高学生学习效率,创造性地优化了欧姆定律的形成过程,使原本结构不良的发现过程变为结构良好的探究过程.这是合理的,必要的,但由于面向范围、呈现方式等原因,教材编排的活动也存在疏离学生经验的问题.这些问题也反映在常态教学中,其具体表现和解决方案如下.

2.1　研究对象不明确

2.1.1　具体表现


图 1

物理,格物致理,理在物中,物即是研究对象.根据内容可知,欧姆定律的研究对象是“导体”(图 1),是通过探究导体中的电流与导体两端的电压、导体的电阻得到的.常态教学为了顺应学生经验,该探究是基于含有灯泡的电路提出问题的(教材是通过情境对话引出问题的,但情境对话面向的是后面的综合实践活动,脱离学生已有经验,实际教学中不宜采用),也就是说探究过程需经历一个研究对象从“电路”到”导体“的转换,常态教学对这个转换不够重视,甚至有意无意地回避了研究对象,教材在情境对话中电流、电压、电阻前面也没有研究对象.这就让学生的理性思维失去了感性经验的支撑,教学变成纯粹的抽象概念的演绎,不利于学生对定律的深度理解.另一方面,教师上课时习惯上称图 1 元件为“电阻”(定值电阻器的简称),与“导体”不作区分(教材在叙述时也未加区分).也许在具备丰富经验的教师看来,

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

“导体”和“电阻”是很具体的，在不同语境下它们的内涵是很清楚的，它们之间的联系和区别是很显然的，无须特别说明.但对于还不具备足够经验的学生来说，“导体”与“电阻”分别是什么，能不能完全画等号，需不需要特别说明呢？针对这一点，笔者通过 3 个问题对学生进行了问卷调查.问题 1：你一听到导体就想到什么？问题 2：你一听到电阻就想到了什么？问题 3：下列 4 个选项中，不能与电源、开关、导线连接成电路的是(A) 导体；(B) 电阻；(C) 定值电阻；(D) 灯泡.对于问题 1，绝大部分学生的回答都是家庭电路中的铜导线(或实验用铜导线).对于问题 2，有些学生回答是对电流的阻碍作用，还有些学生回答是定值电阻(即图 1 元件).对于问题 3，有些学生毫不犹豫地选(A)，理由是会短路.还有学生受到选项(A)的影响，认为几个选项都不能，因为可能电阻都很小(比如灯丝是导体，电阻可能很小).调查结果显示，在学生的意识里，“导体”相当于“导线”，在电路中起连接作用，电阻很小，可以忽略.“电阻”可以指物理量，也可以指实物元件(用电器)，它们不能画等号.加上欧姆定律的内容中出现了“导体的电阻”，说明两者不是一回事，“导体”是研究对象，“电阻”是物理量，所以，在本课教学中“电阻”和“导体”是要明确区分的.如果在教学过程中出现研究对象缺失，随意变换，名称含义不明，会让学生的思维陷入迷茫.

2.1.2　解决方案

图 1 元件叫“导体”还是“电阻”，不是简单的名称不同，而是电学特性的区别.另外，学生之前研究的电路都是灯泡充当用电器的角色，接下来更多的是用导体作为用电器.这也是学生通过欧姆定律学习要实现的一次重大的经验转变，必须予以重视，所以，“导体”与灯泡也要作个区分.这样，我们应该在出示图 1 器材时就跟学生强调它叫“导体”并在整节课一以贯之，然后通过以下几个表格(表 1～表 3)，在与导线、电阻、灯泡的对比中明确其电学特性和称谓.而实验过程中研究对象的转换问题与电路图设计密不可分，我们放在下面电路图设计部分探讨.

表 1　导体与导线的异同

相同点	导线属于导体
不同点	在电路中，导线的电阻忽略不计，导体的电阻不可忽略
	导线在电路中起连接元件形成电流路径的作用，工作时不消耗电能.导体在电路中可看作用电器，工作时要消耗电能

表 2　导体与电阻的异同

相同点	通常我们习惯将导体叫作电阻
不同点	导体是电路元件.电阻有时指导体，有时指物理量，也叫阻值，单位：欧姆

表 3　导体与灯泡的异同

相同点	灯泡中的灯丝就是导体
不同点	通常电流流过灯丝时，灯丝会发光，流过导体时，导体不会发光
	灯丝的电阻受温度影响，温度越高，电阻越大.导体的电阻一般不受温度影响，是一定值(也叫定值电阻，简称电阻)

2.2　实验电路图的设计过程肤浅

2.2.1　具体表现

实验电路是探究导体中的电流与导体两端的电压、导体的电阻关系的基础，实验电路图的设计是探究的关键，而常态教学中教师的处理办法跟教材相似，基本是直接告知学生的，学生只能被动记忆，失去了一次发展科学思维的契机.有的课堂上教师不告知学生时学生也能回答得上来，更大的可能性是学生预习的结果.对电路图形成背后的思维过程缺乏体验，对电路的工作机理认识不深刻.

2.2.2　解决方案

向学生提供电源、开关、导线、灯泡、导体、滑动变阻器，让学生连接电路让灯泡亮起来(电路图如图 2 所示).然后提出问题：如何改变灯泡的亮度.学生不难想到可以改变电源(电路两端)电压，还可以在电路中串联一个导体或滑动变阻器(电路图如图 3 或图 4 所示)，通过改变电路中的电阻改变电路中的电流，即改变灯泡中的电流.此时，要将灯泡中的电流与电路中的电流明确区分开来，为接下来把灯泡两端的电压与电路两端的电压区分开来作铺垫.让学生比较图 3 和图 4 哪个做法好，引导学生认识到图 4 更好，它可以连续改变电路中的电流.再引导学生思考，滑动变阻器除了可以连续改变电路中的电流，还可以连续改变什么，学生能通过灯泡两端电压越大，灯泡越亮，通过灯泡的电流越大，逆向推理想到灯泡两端的电压，然后在电路中加电压表测量验证为后面设计电路图做铺垫.最后得到两个结论：(1) 图 4 电路中滑动变阻器可以连续改变灯泡两端的电压(明确滑动变阻器的作用)；(2) 影响电路中电流大小的因素是电路两端的电压和电路中的电阻，且电路两端电压越大，电路中的电阻越小，电路中的电流越大，进一步提问：电路中的电流与电路两端的电

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

压、电路中的电阻可能存在怎样的定量关系.学生比较容易猜想到电路中的电流与电路两端的电压成正比,与电路中的电阻成反比.

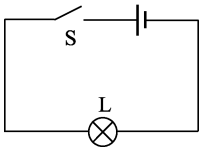

图 2 让一个灯泡亮起来

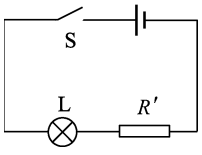

图 3 在电路中串联一个导体

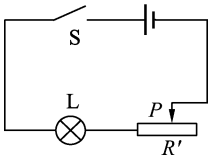

图 4 在电路中串联一个滑动变阻器

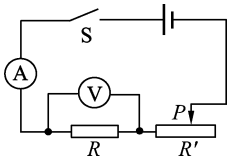

图 5 实验电路

面对上述问题,学生容易想到通过控制变量法实验验证.接下来就是先探究电阻一定,电路中的电流与电路两端的电压的关系.在设计电路图时学生可能想到用图 2,也容易意识到我们不能控制该电路中的电阻不变,不满足控制变量法的要求,再追问如果将图 2 中的灯泡换成导体行不行.引导学生认识到通过改变电源电压可以改变导体两端的电压,但导体两端允许施加的最大电压是有限的,只能获得几个特殊值,而为了结论具有普遍意义,我们需要在一定范围内能任意改变导体两端的电压,要能任意改变导体两端的电压,就需要导体两端的电压可以连续改变.根据前面的发现,自然想到给导体串联一个滑动变阻器.这样我们将图 2 电路改造成图 5 电路就能满足探究要求,并提醒学生我们探究的是导体的电阻不变时,导体中的电流与导体两端的电压是否成正比关系.顺理成章地将研究对象从电路转换为导体.然后学生实验操作并收集数据,教师巡视略.

再探究电压一定,导体中的电流与导体的电阻的关系.在设计电路时,学生可能想到将图 2 中的灯泡换成导体,通过更换不同的导体(也可以用电阻箱)改变电阻完成实验.此时教师可鼓励学生动手操作,并提醒仔细观察电压表示数(图 5),等学生发现接入不同导体后,导体两端电压并不相同时,教师再给学生简介电源内阻的知识,说明这样的电路是不行的.所以,这里需要解决如何保持导体两端电压不变的问题.引导学生认识到既然串联一个滑动变阻器通过移动滑片可以连续改变导体两端的电压,当然也可以通过移动滑片控制导体两端的电压不变,即使用与之前活动相同的电路图.然后学生实验操作并收集数据,教师巡视略.

2.3 实验结论的得出过程模糊

2.3.1 具体表现

常态教学中教师在学生通过探究得出“电阻一定时,导体中的电流与导体两端的电压成正比”“电压一定时,导体中的电流与导体的电阻成反比”之后,直接告知学生:将这两个结论结合起来就得到“导体中的电流与导体两端的电压成正比,与导体的电阻成反比”,即欧姆定律,学生不清楚前后两个结论一个要控制电阻相等,一个要控制电压相等,它们怎么能够结合起来,不能“准确地、审慎地把我们所做的事情和它的结果联结起来”,只能被动接受而缺乏主动思考,学到的是模糊的知识.

2.3.2 解决方案

通过实验记录数据对于学生而言没有难度,譬如说记录的数据如表 4 和表 5 所示.

表 4 电阻一定时,电流与电压的数据表格

实验序号	$R=10\ \Omega$		实验序号	$R=10\ \Omega$	
	U/V	I/A		U/V	I/A
1	1	0.1	3	3	0.3
2	2	0.2	4	4	0.4

表 5 电压一定时,电流与电阻的数据表格

实验序号	U/V	R/Ω	I/A
1	2	5	0.4
2	2	10	0.2
3	2	15	0.14
4	2	20	0.1

此时,根据表 4 中电压与电流的比值一定,可以得到电阻一定时,电流与电压成正比的结论.根据表 5 中电阻与电流的乘积一定,可以得到电压一定时,电流与电阻成反比的结论.这个时候我们还不能着急去得出欧姆定律,而是搜集其他组的数据,譬如说探究电阻一定时电流与电压的关系时,另一组学生的数据如表 6 所示.探究电压一定时,电流与电阻的关系时另一组学生的数据如表 7 所示.

表 6 电阻一定时,电流与电压的数据表格

实验序号	U/V	I/A	实验序号	U/V	I/A
1	1	0.2	3	3	0.6
2	2	0.4	4	4	0.8

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

表 7 电压一定时，电流与电阻的数据表格

实验序号	U/V	R/Ω	I/A
1		5	0.6
2		10	0.3
3		15	0.2
4		20	0.15

由表 6 提出问题，同样是电流与电压成正比，但为什么电压与电流的比值与表 4 不同，引导学生发现电压与电流的比值就是导体电阻的大小，存在 $R=U/I$ 的关系.再由表 7 提出问题，同样是电流与电阻成反比，但为什么电阻与电流的乘积与表 5 不同，引导学生发现电阻与电流的乘积就等于电压(将表格填充完整)，存在 $U=IR$ 的关系.因为我们研究的是电流与电压、电阻的关系，所以习惯上把电流放在等式的左边，前面两个关系式都可以变形表示成 $I=U/R$.该关系式的物理意义是“导体中的电流与导体两端的电压成正比，与导体的电阻成反比”，人们把这个结论称为欧姆定律.

2.4 公式理解不透彻

2.4.1 具体表现

常态教学中，电流与电压、电阻之间的关系是先得到表格表征，再转变为图像表征，接着是文字表征，最后形成公式表征.然后告诉学生 $I=U/R$ 可变形为 $R=U/I$ 和 $U=IR$.这样做往往导致学生对 $R=U/I$ 产生误解，以为导体的电阻与导体两端的电压成正比，与导体中的电流成反比.这是由于学生对公式的学习经验有偏差，对公式的物理意义理解不清晰，不透彻而产生的负迁移.

2.4.2 解决方法

由前面对结论的得出过程的分析可以发现，公式表征是先于文字表征的(科学史告诉我们，当年欧姆也是先得到 3 个物理量之间的关系式，然后才给出文字定律)，$R=U/I$ 和 $U=IR$ 有着各自特有的物理意义，是可以先于 $I=U/R$ 出现的，要说变形，也是由 $R=U/I$ 和 $U=IR$ 都可以变形为 $I=U/R$.实际上，$R=U/I$ 确实不必由 $I=U/R$ 变形得到.我们在学习电阻的时候就知道导体的电阻是导体本身的一种属性，不同导体电阻一般不同，如果要比较两个电阻的大小，可以通过电压相同比电流；电流相同比电压；电压和电流都不相同时，通过电压和电流的比值的方法进行比较，就可以通过比值定义法得到 $R=U/I$ 的关系.这里的教学并没有规定路径、标准操作，一切以用最少的时间帮助学生透彻理解定律，获得最大发展为目的.比如，我们还可以将公式 $I=U/R$ 写成 $I=\frac{1}{R}U$ 的形式，其物理意义为“导体中的电流与导体两端的电压成正比，与导体电阻的倒数成正比”.这样在用图像研究电流与电阻关系时，就可以将 I-R 的曲线图像转变为 I-$\frac{1}{R}$ 的直线图像，使它们的关系更加形象直观，深化学生对定律的理解.

3 教学反思和评析

苏霍姆林斯基说：“在学生的意识中，不明确的、模糊的、肤浅的表象越少，压在他肩上的学业落后的负担就越轻，……第一次学习新教材的课应当有些特点，——这就是说，这里需要特别的明确性，学生的独立的脑力劳动的效果在这里具有特殊重要的意义.”[4]《义务教育物理课程标准(2022 年版)》也强调：教学要“注重帮助学生养成良好的思维习惯，做到概念清楚，研究对象明确，思维有逻辑，结论有依据”.[5] 并指出：科学思维包含模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素.本课教学通过探查学生经验，夯实学生经验基础，使教学具有了“特别的明确性”.通过问题解决，让思维之花在经验改造和重组的过程中盛开得格外鲜艳，不但让难点迎刃而解，还让教学邂逅了更多的美好.主要表现为在明确实验对象和设计实验电路的过程中提升了学生模型建构和科学推理能力；在处理数据得出结论的过程中提升了学生科学论证的能力；在对公式和相关问题的辨析过程中提升了学生质疑创新的能力.所以，相对于常态教学，本课教学看起来多做了一些事情，多花了一些时间，但从发展学生思维，促进学生对知识的深度理解，为后续学习打下坚实基础的角度看，实际上是省时省力了，达到了本课教得多而整体教得少，教师教得少而学生学得多，教师教得慢而学生学得快的效果，体现了教学的艺术性.

参考文献：

1 约翰·杜威. 民主主义与教育[M]. 王承绪 译. 北京：人民教育出版社，2001.
2 王玉梁. 追求价值—重读杜威[M]. 成都：四川人民出版社，1997.
3 约翰·杜威. 我们怎样思维·经验与教育[M]. 姜文闵译. 北京：人民教育出版社，2005.
4 苏霍姆林斯基. 给老师的建议[M]. 杜殿坤 译.北京：教育科学出版社，1984.
5 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.

(收稿日期：2023－08－14)

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