



浅谈 5E 教学法促进物理观念的深刻转变^{*}

桑蕊蕊 张皓晶 王碧鸿 李肖 张雄

(云南师范大学物理与电子信息学院 云南昆明 650500)

(收稿日期:2017-01-08)

摘要:5E 教学法的物理课堂强调学生的主体地位,突出合作探究和构建知识.在对 5E 教学法做简单介绍的基础上,进一步对其促进学生物理观念的深刻改变以及教学应用的具体实施方式进行探讨,从而使获得解决复杂情境中的实际问题所需要的核心素养.

关键词:5E 教学法 物理教育 观念深刻转变 科学概念 核心素养

1 引言

1.1 5E 教学法

5E 教学法是对克普勒斯(R. Karplus)的三阶段学习环节教学模式的改进,在原有教学环节的基础上加入引入和评价两个环节,组成了 5E 教学法的 5 个阶段:引入(Engagement)、探究(Exploration)、解释(Explanation)、迁移(Elaboration)、评价(Evaluation).首先,通过了解学生的迷思概念(所谓迷思概念:学生头脑中存在的与科学概念相违背的错误概念),创设问题情境,激发认知冲突,引起学生的学习兴趣,从而使主动参与学习活动;其次,引导学生以小组合作的方式对教师提出的问题进行讨论或实验探究,从而暴露学生对所学概念的错误认知图示,继而使学生对所学概念有更深刻的理解;其三,师生共同讨论,对探究结果进行概括分析,给出正确的科学概念,这一环节更加注重对学生错误概念的矫正;其四,对概念进行扩展,应用典型的生活场景对抽象概念进行实例映射,并且使学生能够将新学的概念与以前学习所得的概念进行联系与区分;最后,通过书面方式或者口头方式对整个学习过程进行评价,包括学生对学生的评价,学生对教师的评价,教师对学生的评价 3 个方面.评价内容可以涉及

到前 4 个教学活动的每一个阶段,这一阶段促使学生学习正确的元认知策略,并且形成更严谨的逻辑思维.5 个阶段的结合体现对学生原有认知图示的重视,强调学生在课堂中的主动性与参与度.5E 教学法的模式图如图 1 所示^[1].

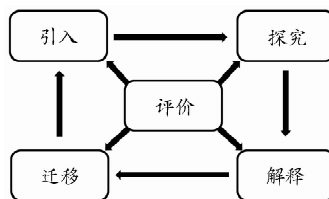


图 1 5E 教学法

1.2 物理观念深刻转变的重要性

5E 教学法强调学生的自主构建是 5E 教学模式的核心,形成新旧概念之间的冲突是主动建构概念的动力,建构概念并应用概念是 5E 教学模式的重要内容^[2].因此,在教学过程中要注意学生的前概念对形成科学概念的影响.阎金铎教授在《中学物理教学概论》一书中对前概念有明确的解释,即“学生在正式学习有关的物理知识之前,头脑中已存在着一定的原有认识和该认识赖以存在的思维方式,我们统称为前概念,它们在很大程度上决定着学生对新知识的理解”^[3].这些概念一般是学生对于事物的表象认识,大多是错误的概念.前概念具有自发性、顽

^{*} 国家教育部高等学校本科“物理学专业综合改革试点”项目资助,项目编号:ZG489

作者简介:桑蕊蕊(1993-),女,在读研究生,研究方向为课程与教学论(物理).

通讯作者:张皓晶(1982-),男,副教授,研究生导师,研究方向为天体物理和学科教学(物理).

固性、普遍存在性、无意识性、层次性等特点^[4]. 在接受过传统的物理学习后, 学生即使记住了新的物理概念, 却出现一做题就错的现象, 并且不能运用所学科学概念解决日常生活中的物理问题, 遇到问题随即呈现的都是负性自动想法. 因此, 真正成功的物理教学不是实现学生“会做题”, 而是其观念的深刻变化, 这甚至是一个有些“痛苦”的过程, 甚至可将其比之为“扒掉一层皮”的过程^[5]. 在探究性的物理课堂中, 5E教学法无疑是促使学生物理观念的深刻转变并且形成科学正确的物理概念最有效的方法.

1.3 “测量小灯泡的电功率”一节的教材分析

“测量小灯泡的电功率”是人教版新课标初中物理九年级第十八章第三节的内容, 是电学部分的一个重要的学生实验, 是新课程标准20个学生必做实验之一^[6]. 本节课的设置是在学生知道了电功率的概念、单位以及电功率的计算公式的基础上, 让学生结合实际来测量电器的电功率, 并且理解额定功率与实际功率的区别和联系, 以及不同电器功率之间的差异. 结合实例理解电功率, 强调物理知识与生产生活的联系, 符合义务教育物理课程标准基本理念: 从生活走向物理, 从物理走向生活. 同时本节课对前面学过的电压、电流、电阻的规律、欧姆定律、伏安法、分流法等起到巩固加深的作用, 又引出了后面一章将要学习的生活用电, 起到承上启下的作用, 具有系统性和逻辑性, 更有利于培养学生的核心素养.

2 运用5E教学法促进物理观念深刻转变的过程

2.1 引入

首先教师通过小实验创设问题情境, 引起学生的注意力和好奇心, 引发学生的认知冲突, 从而进行思考, 主动参与到教学中.

实验1: 请学生观察图2所示实验, 判断小灯泡为什么能正常发光.

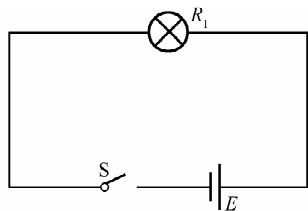


图2 判断小灯泡为什么能正常发光

学生普遍认为开关闭合时, 灯泡中有电流通过, 所以小灯泡亮了. 不能解释正常发光的原因.

实验2: 请学生观察图3所示实验, R_1 和 R_2 哪个灯泡亮, 为什么?

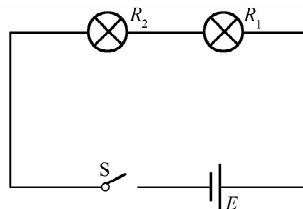


图3 串联电路中比较 R_1 和 R_2 哪个灯泡亮

学生都能观察到 R_1 比 R_2 亮, 但是却不能给出正确的原因. 有学生认为通过 R_1 的电流比通过 R_2 的电流大, 所以 R_1 更亮; 还有学生认为 R_1 的电阻小, 所以更亮; 更有学生认为 R_1 距离电源近, 所以更亮.

实验3: 请学生观察图4所示实验, R_1 和 R_2 哪个灯泡亮, 为什么?

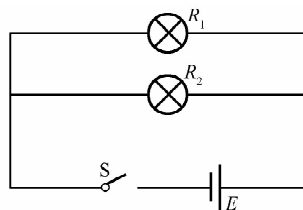


图4 并联电路中观察 R_1 和 R_2 哪个灯泡亮

学生都能观察到 R_2 比 R_1 亮, 有学生认为通过 R_2 的电流比通过 R_1 的电流大, 所以 R_2 更亮; 还有学生认为 R_2 的电阻小, 所以更亮.

总结起来, 学生关于电学的迷思概念有^[7,8]:

(1) 学生将电流概念和能量概念相混淆, 以能量的观点来解释电流, 即形成“电流消耗模式”;

(2) 灯泡发光是因为电流无法通过灯泡, 从而在灯泡上积累能量促使灯泡发光, 即形成“能量积累模式”;

(3) 电源的电力是一定的, 开始只供给一个灯泡, 而后面要供给2个甚至3个灯泡, 所以通过一个灯泡的电流会越来越小, 即形成“恒定电流源”的概念;

(4) 电源越多, 电源的输出功率也就越大;

(5) 只要增加用电器, 回路中的总阻值一定增加;

(6) 电阻的阻值是由电压和电流所决定的;

(7) 只要用电器和电源连接, 即使短路或是断路也能工作;

(8) 电流越大灯泡越亮.

通过这一阶段,充分挖掘学生的已有知识,暴露出学生对“测量小灯泡的电功率”的迷思概念,学生经过讨论,对测量小灯泡的电功率有初步的认识,产生问题意识,激发了学生的求知欲望.同时,教师了解到使学生形成科学的概念和正确观念需要重点探究的问题.

2.2 探究

教师给学生提供实验教具:干电池若干,导线若干,电压表,电流表,滑动变阻器,开关,2.5 V 的 1 号小灯泡,3.8 V 的 2 号小灯泡.

组织学生以小组合作的形式进行实验探究.在阅读探究步骤的基础上教师提出问题让学生讨论:

(1) 上一节已经学过电功率的计算公式 $P = UI$,那么要测量小灯泡的电功率,需测量哪几个物理量呢? 分别用什么来测量呢?

(2) 为了控制小灯泡的电功率,可以用滑动变阻器与小灯泡串联,从而控制小灯泡两端的电压.小灯泡的电阻小,电流表的内阻相比于小灯泡来说不可以忽略,电压表的内阻很大,相比于小灯泡来说分流作用可以忽略,那么电流表和电压表应该分别连在什么位置?

(3) 所用小灯泡的额定电压是多少? 为了不使电压过多地超过额定电压,实验中电源两端电压应该是多少? 用几节干电池串联供电^[9]?

(4) 画出测量小灯泡电功率的电路图,并且分析原因.

在交流讨论完这些问题后,学生基本能理解探究实验的内涵,可以顺利进行实验探究.实验探究电路图如图 5 所示.

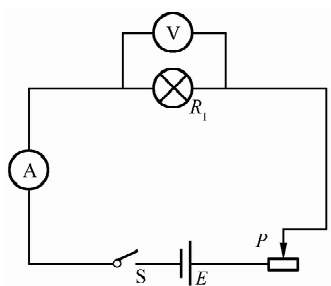


图 5 实验探究电路

实验 1 探究目的:

- (1) 固定额定功率的小灯泡的亮度由什么决定;
- (2) 小灯泡的实际功率与什么有关,是什么关

系;

(3) 什么时候小灯泡才属于安全用电状态.

实验 1 探究步骤:

(1) 不同的小组分别选取不同额定电压的小灯泡连接到实验电路中;

(2) 闭合开关,移动滑片,调节灯泡两端的电压为额定电压,记录电压表和电流表的示数,同时观察灯泡的发光情况;

(3) 移动滑片,调节灯泡两端的电压略低于额定电压时,大约为额定电压的 $\frac{4}{5}$,记录电压表和电流表示数,同时观察灯泡的发光情况;

(4) 移动滑片,调节灯泡两端的电压略高于额定电压时,大约为额定电压的 $\frac{6}{5}$,记录电压表和电流表示数,同时观察灯泡的发光情况.

在完成实验 1 后,学生统计数据,统计表格如表 1 和表 2 所示.(选择 1 号小灯泡进行实验的小组用表 1 记录数据,选择 2 号小灯泡进行实验的小组用表 2 记录数据)

表 1 选择 1 号小灯泡进行实验的小组记录用表

实验次数	1 号灯泡 发光情况	电流 I/A	电压 U/V	1 号灯泡的实际功率 P/W
1				
2				
3				

表 2 选择 2 号小灯泡进行实验的小组记录用表

实验次数	2 号灯泡 发光情况	电流 I/A	电压 U/V	2 号灯泡的实际功率 P/W
1				
2				
3				

各组学生的实验 1 都结束后,教师组织学生将 1 号灯泡电路和 2 号灯泡电路放在一块进行对比实验,即实验 2.

实验 2 目的:加深学生对于额定功率与实际功率的理解,明白它们的区别和联系.

实验 2 步骤:

(1) 闭合开关,移动滑片,分别调节 1 号和 2 号灯泡两端的电压同时为 2 V,记录电压表和电流表

的示数,同时观察两灯泡的发光情况;

(2)移动滑片,调节1号和2号灯泡两端的电压同时为2.5 V,记录电压表和电流表示数,同时观察两灯泡的发光情况;

(3)移动滑片,调节1号和2号灯泡两端的电压同时为3 V,记录电压表和电流表示数,同时观察两灯泡的发光情况.

实验记录表如表3所示.

表3 实验记录用表

实验 次数	1号灯泡				2号灯泡			
	电流 I/A	电压 U/V	实际功率 P/W	发光 情况	电流 I/A	电压 U/V	实际功率 P/W	发光 情况
1								
2								
3								

2.3 解释

本阶段根据探究的结果,教师和学生共同合作对结果进行分析解释.学生理解到灯泡发光不是因为灯泡消耗了电流,也不是因为电流无法通过灯泡,从而在灯泡上积累能量促使灯泡发光,更不仅仅因为通过小灯泡的电流大,或者电压大灯泡就更亮.师生通过“出声思维”的方法共同讨论小灯泡电功率的测量原理、注意细节以及实验情况.出声思维就是要让学生将其思维过程充分展示出来,借助于语言向老师或同学吐露其内隐的思维过程^[10].因此,能够更好地暴露学生对于小灯泡电功率测量的迷思概念以及低效思维方式,学生能够及时形成正确的概念并且将零散的知识整理成系统化认知结构,形成正确的物理观念,培养学生的核心素养.

通过实验1的探究,学生和教师共同讨论得知:

(1)小灯泡的亮度由它的实际功率决定;

(2)小灯泡两端的实际电压越高,小灯泡的实际功率越大,小灯泡越亮;

(3)当小灯泡的实际功率与额定功率相等时,才属于安全用电状态.

通过实验2的探究,学生和教师共同讨论得知:两个小灯泡的亮暗对比取决于它们的额定功率与实际功率的比较,额定功率不随电压的变化而变化.

Posner等人提出的概念转变的条件有4个^[11]:

(1)对原有认知的不满;

(2)对新概念的可理解性;

(3)新概念的合理性;

(4)新概念的有效性.

同时,研究者指出^[12]:学生的观念应当与教师的观念受到同样的重视,为学生提供表达自己观念的机会,这意味着学生有机会选择不同的观念,其选择的依据不是以谁说的为准,而是以每一种观念所具有的解释力为准.学生通过探究、体验和交流能够把潜意识中的错误概念调动到工作记忆中,从而对其识别,与当前观察和探究到的实验结果形成冲突,从而对原有的认知产生不满,而新概念又具有足够的可信度,并且能够正确解释实验现象,因此学生自主构建新的知识,并且形成的新观念能够自主调用,学生物理观念发生深刻转变并且成为学生的相对稳定的特质.

2.4 迁移

通过上一阶段的讨论和探究,学生基本上知道小灯泡发光的原因,并且能够清楚知道探究实验的步骤.有学者指出:物理学科能力不是在“告知”和“机械训练”中发展出来的,而是在应用物理观念分析实际问题,进行预测、解释、推论等实践活动的过程中逐渐养成的^[13].因此,迁移阶段教师为学生提供新的问题情境,让学生对新习得的“测量小灯泡的电功率”的知识和方法进行巩固、拓展和迁移.

首先,教师对引入阶段的实验进行清晰地解释.引入实验1:小灯泡为什么能正常发光?因为小灯泡的实际功率等于其额定功率,即 $P_{\text{实}} = P_{\text{额}}$.引入实验2:串联电路中灯泡亮暗的原因.基本公式有 $U=RI$, $P=UI$,故由 $P=I^2R$ 分析:灯泡亮是因为实际功率大,串联电路电流相同,因此电阻越大,实际功率越大,即灯泡越亮.此实验中 R_1 比 R_2 亮,所以 R_1 的实际功率比 R_2 的实际功率大,即 R_1 的电阻比 R_2 的电阻大.引入实验3:并联电路中灯泡亮暗的原因.基本公式有 $U=RI$, $P=UI$,故由 $P=\frac{U^2}{R}$ 分析:灯泡亮是因为实际功率大,并联电路电压相同,因此电阻越小,实际功率越大,即灯泡越亮.此实验中 R_2 比 R_1 亮,所以 R_2 的实际功率比 R_1 的实际功率大,即 R_2 的电阻比 R_1 的电阻小.

其次,教师在之前给学生提供的实验仪器的基础上,给学生提供与小灯泡亮度相当的发光二极管.组织学生设计实验,测量二极管两端的电压和电流,

并且计算其功率. 调节其两端的电压, 测量几组数据, 比较在与小灯泡亮度相当的情况下, 哪个电功率较大, 并且让学生进行出声思维, 表达清晰的设计思路和实验思路. 同时也可以通过逆向提问的方式让学生进行问题解答, 比如已知小灯泡的额定电压, 让学生读出当小灯泡正常发光时电流表的示数, 并且计算其额定功率与实际功率. 让学生在新情境下解决问题, 使学生对概念达到更深层次的理解. 大部分学生都能顺利解决在新的生活情景中的问题, 因此本次 5E 教学法成功使生物理观念发生了深刻的转变.

2.5 评价

评价贯穿于 5E 教学法的整个阶段, 整个教学阶段教师要对学生的学习过程、思维方式以及学习态度进行评价, 同时教师要鼓励学生进行自我评价、互相评价以及对教师的教学过程进行评价. 在引入阶段, 教师要指出学生的错误认识, 比如学生对于灯泡亮暗现象原因的误解, 引发学生的认知冲突; 探究阶段, 教师要允许学生有不同的想法, 使学生有兴趣进行实验, 并且教师要对学生的问題进行及时反馈; 解释阶段, 教师清楚表达科学的思维过程, 学生可以进行评价以及质疑, 鼓励学生们表达自己的思维过程, 并且进行相互评价; 迁移阶段, 教师创设新情境让学生进行探究, 教师能够及时评价学生对于知识的掌握情况以及运用情况; 评价阶段, 教师组织学生对于整个教学活动进行相互评价, 学生可以反馈教师的教学有哪些不足之处, 教师评价学生在整个学习过程中的态度以及知识能力. 在整个评价的过程中, 教师能够及时调整自己的教学过程和方法, 学生的迷思概念能够及时得到纠正. 通过评价阶段, 学生不仅能从整体上把握本节课所讲的知识内容, 而且能够形成自我反思、自我评价的元认知策略, 使学生能够更好地监控自己的学习活动.

3 结束语

长期以来, 在分析学生形成物理概念时, 是以“感知-理解-巩固-应用”的公式加以描绘的, 而按皮亚杰的发生认识论理论来研究, 事情将不全是这样的^[14]. 依据皮亚杰的具体论述, 研究者认为: “物理概念并不是由物理知觉、物理表象产生的, 而是由学生的观察活动及观察活动建构起来的认知图式产生

的. 学生头脑中物理概念的真正建立必然对应于其认知图式的建构, 学生头脑中正确而牢固的物理概念必然根植于认知图式的沃土之中.”^[14] 而 5E 教学法通过暴露迷思概念, 探究科学概念, 对比迷思概念与科学概念, 构建科学概念, 运用科学概念等过程, 促使学生形成观念的深刻转变, 培养学生成功应对实际生活中某种活动或行为所需要的“胜任力或竞争力”, 提高学生完成该种活动所需要的知识、技能、态度等多种素质要素构成的核心素养^[15].

参考文献

- 1 郑永爱. 论科学教育学习环模式的涵义和发展. 内蒙古师范大学学报(教育科学版), 2005, 18(6): 33~35
- 2 吴成军, 张敏. 美国生物学“5E”教学模式的内涵、实例及其本质特征. 课程·教材·教法, 2010, 30(6): 108~112
- 3 阎金铎, 郭玉英. 中学物理教学概论. 北京: 高等教育出版社, 2009
- 4 周佳蕊, 王永成. 浅谈前概念对初中物理教学的影响及应对策略. 中学物理: 初中版, 2016(9): 26~27
- 5 胡扬洋. 从“‘前’科学概念”到“‘前科学’概念”: 中国物理前概念教学思想的流变与反思. 课程教学研究, 2015(3): 72~75
- 6 陈永强. 《测量小灯泡的电功率》的高效课堂教学设计. 中学物理: 初中版, 2013(2): 56~57
- 7 鲁佩用. 初中生关于电流的错误前概念的成因分析及转变策略. 物理教师: 初中版, 2011(2): 12~14
- 8 平磊. 恒定电流中的前概念转换. 湖南中学物理, 2013(1): 72~73
- 9 彭前程, 杜敏. 义务教育教科书 物理. 北京: 人民教育出版社, 2013
- 10 方盛, 周洪伟. 运用出声思考法探查物理前概念教学的实践. 丽水学院学报, 2015(2): 95~99
- 11 邓阳, 王后雄. 利用二段式测验诊断高三化学复习中学生的迷思概念. 化学教育, 2010(12): 48~51
- 12 陈彦芬. 学生前科学概念的特点及对理科教学的启示. 上海教育科研, 2004(10): 44~47
- 13 郭玉英, 张玉峰, 姚建欣. 物理学科能力及其表现研究. 教育学报, 2016(4): 57~63
- 14 邢红军. 物理教学心理学. 成都: 成都科技大学出版社, 1994. 56~57
- 15 陈佑清. “核心素养”研究: 新意及意义何在? ——基于“素质教育”比较的分析. 课程·教材·教法, 2016(12): 3~8

Discussion on Promoting the Profound Transformation of Physics Concepts by 5E Teaching Method

Sang Ruirui Zhang Haojing Wang Bihong Li Xiao Zhang Xiong

(College of Physics and Electronic Information, Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650500)

Abstract: The 5E Teaching Method emphasizes the student's dominant status in a physics classroom, which focuses on the ability of their cooperation research and knowledge construction. Based on a brief introduction of 5E Teaching Method, the thesis is going to further discuss its role in promoting the transformation of students' physics concept to a large extent, and to probe into a specific mode of implementation, which may enable students to acquire a key competence to deal with those practical problems in complex situations.

Key words: 5E teaching method; physical education; profound transformation in physical concepts; scientific concept; key competence

(上接第110页)

分变量的选取也是模糊不清,所有的学生也都认为这个问题中的积分变量是 z ,可见这种错误的隐蔽性极高,而只有深刻理解高等数学微积分的基本思想才不致犯此错误。

商榷 2:原文作者对电势能的相对性的理解有所偏差。

原文作者认为计算电荷电势能最可靠的方法是用作用力的路径积分来做,这一说法,笔者并不敢苟同,因为没有什么可靠不可靠之说,电势能的具体数值与零势能面的选取有关,零势能面选取不同,对应的电势能的值也会有所不同,正是由于电势能本身的相对性使得电势能的数值可以是任何数值,因此电势能的绝对数值没有实际意义,有意义的往往不是电势能的绝对数值,而是电势能的变化量,在参考系固定的情况下电势能的变化量是与零势能面的选

取无关的. 必须强调的是根据功能关系我们知道 $F\Delta x = -\Delta E_p$,必须强调的是在这个问题中不论是选取惯性系还是非惯性系对电场力 F 这一项没有影响,但是对位移 Δx 这一项有影响,因此,参考系的选取不同,电势能的变化量是不同的,而当参考系的选取固定时,电势能的变化量也就固定,可以看出原文作者提供的2种方法皆以地面(惯性参考系)为参考系,并选择无穷远为势能零点,由于两者的相对位置恒为 $2h$,因此两种方法得出的电势能必然是相同的,不存在原文作者所提出的2倍的差异。

为了防止该文误导后来阅读的读者,特写此文指正文献[1],与各位同行交流探讨。

参考文献

- 1 黄正玉. 镜像电荷求能量方法辨析. 物理教师, 2013(11): 54