



基于科学探究的高中物理实验分析*

王慧军 向兵 王俊锋

(河南大学物理与电子学院 河南 开封 475000)

(收稿日期:2020-12-06)

摘要:为了分析我国人教版教科书中物理实验的科学探究水平如何,本研究从实验的开放度和实验的认知操作度两个维度进行分析.研究表明无论是实验开放度还是认知操作度均不能满足真实科学探究的要求.因此,文章从开放度和认知操作度两方面对教材的编写和一线教师的教学提供一些建议.

关键词:科学探究水平 实验 开放度 认知操作

1 引言

近年来科学探究已逐渐成为全世界科学教育的一种趋势.包括美国、日本、英国在内的许多国家都将培养学生科学探究能力,发展学生科学素养作为科学教育改革的主要目标.2017年由教育部制定的《普通高中物理课程标准》中明确指出高中物理课程目标要培养学生具有科学探究的意识^[1].要求学生能通过提出物理问题、猜想与假设、设计实验与制定方案、收集和处理数据、分析并得出结论、合作交流、评估反思这7个科学探究要素提升科学探究能力.科学教科书是课程目标的具体体现,在某种程度上,教科书决定了学生对科学的一般看法.因此,本文将分析人教版教科书中物理实验的科学探究水平是否符合真实科学探究的要求.

2 科学探究评价体系的构建

由于教科书在科学教育中的重要作用,许多研究从不同方面分析了教科书中的科学探究活动.20世纪五六十年代, Schwah 将教科书中的科学探究活动分为3个水平,水平1为问题和研究方法均由教材提出;水平2则是教材提出问题,方法和答案需要学生解决;水平3是把问题、方法、答案全部交给学生^[2].1971年, Herron 提出在保留水平1~3的同时,增加水平0:问题、解答的方法和答案或结论

均由教材给出^[3].自此,很多学者相继提出了与 Herron 相类似的分析框架,然而具有可操作性的只有两个: Germann 和 Haskins 根据教科书中科学探究活动是否有利于学生主动参与,将科学探究活动分为7个层次^[4]; Chinn 和 Malhotra 认为仅从科学探究过程是否有利于学生主动参与进行分析并不能区分简单科学探究和复杂科学探究,因为简单科学探究和复杂科学探究包含共同的科学探究过程. Chinn 和 Malhotra 认为复杂的科学探究和简单的科学探究有两个根本的区别: 其中一个是在复杂的科学探究中需要的认知过程和简单的科学探究中需要的认知过程不同; 另一个差异是真实的科学任务与简单形式的科学任务之间的认知差异,这暗示了认知过程的差异^[5]. 李西营等人认为科学探究不仅包括“做科学”还包括“认识科学”,因此,把科学探究的评价体系分为科学探究过程和科学本质两个部分^[6].

本文根据 Germann, Haskins, Chinn, Malhotra 和李西营等人所提出的分析框架,将科学探究过程划分为提出问题、猜想与假设、设计实验与制定方案、收集和处理数据、分析并得出结论、合作交流、评估反思这7个环节.并从两个维度分析科学探究活动的这7个环节.维度一:分析科学探究过程的各个环节是否有利于学生自主参与,即科学探究活动的开放度.科学探究活动的开放度越高,学生自主程度

* 河南大学研究生教育创新与质量提升计划项目,项目编号:SYL19040106

越高. 维度二: 分析科学探究过程的认知操作度, 即学生进行科学探究活动时的认知操作水平.

3 研究内容

本研究选取的教材为人民教育出版社 2019 年出版的普通高中物理教科书(以下简称人教版). 人教版教材共分为必修 1~3 和选择性必修 1~3 共 6 本. 选取的科学探究活动为这 6 本教材中的物理实验, 即标有“实验”标志的物理实验(不包括“演示”实验和“做一做”实验), 共计 34 个. 以下是关于这两个维度的分析结果.

4 研究结果

4.1 实验开放度

实验的开放度分析结果如表 1 所示. 在 34 个物理实验中, 没有一个实验要求学生自己提出问题; 15% 的实验要求学生根据问题提出猜想或假设;

41% 的实验要求学生参与设计实验方案; 97% 的实验要求学生亲手操作收集数据; 94% 的实验明确要求学生分析实验数据; 12% 的实验明确要求学生需要分工合作完成实验或对实验数据、结论进行分析讨论; 18% 的实验要求学生思考和实验误差有关的问题.

以上说明, 人教版教材实验在获取和处理数据、分析并得出结论这两个环节给予学生较大的自主权. 而在提出问题时, 教材具备主导权. 在猜想与假设、合作交流、评估反思这 3 个环节, 仅有少部分实验要求参与, 甚至大部分实验本身并不包含, 更别说要求学生自主参与了. 在设计实验与制定方案环节, 虽有近 $\frac{1}{3}$ 的实验要求学生设计实验方案, 但在教材中却为学生提供了具体可参考的案例, 这会在一定程度上造成学生过度依赖教材, 选用教材提供的案例进行实验, 从而使学生缺乏创新能力.

表 1 人教版教材中实验的开放度分析

科学探究过程	认知操作度	个数	频率/%
提出问题	要求学生自己提出可探究的问题	0	0
猜想与假设	要求学生根据问题提出猜想或假设	5	15
设计实验与制定方案	要求学生参与实验方案的设计、仪器的选择、变量的控制	14	41
获取和处理数据	要求学生根据所设计的实验进行操作, 并设计表格记录数据	33	97
分析并得出结论	要求学生根据所记录的数据对数据进行分析处理得出实验结论	32	94
合作交流	要求实验需要与他人合作、分工完成并能与小组成员沟通交流	4	12
评估反思	要求学生能反思实验过程中的误差来源、减小误差或反思实验过程中存在的问题或结合实验结论提出新的问题与假设	6	18

4.2 认知操作度

实验过程中的认知操作分析如表 2 所示: 在人教版物理实验中, 所探究的问题完全由教材给出, 学生不需要结合情景或在阅读专家研究报告的基础上提出物理问题; 有 15% 的实验要求学生提出实验假设, 但却没有实验要求学生预测实验结果; 在设计实验环节, 仅有 9% 的实验要求学生完全设计实验方案和控制实验变量; 剩下的实验教材中均会给出详细的实验步骤或提供简单的实验程序; 在这 34 个实验中, 虽然大部分实验均需要学生观察现象, 但却没有一个实验要求学生在观察时要避免观察者偏见. 一半以上的实验需要学生进行简单的数学处理, 要

求学生进行复杂数学处理的实验仅有 15%. 在分析并得出结论环节, 26% 的实验结论需要学生归纳总结得出; 47% 的实验要求学生运用已有知识解释或检查结果; 9% 的实验需要学生建构理论来解释实验现象或数据, 但需要建构的理论已在教材中明确给出. 实验结论不需要复杂关系链推论出来, 也没有实验结论要求学生整合多个研究成果. 仅有 6% 的实验要求学生间分工合作完成, 也仅有 6% 的实验要求学生进行交流和讨论. 在实验结束后仅有 9% 的实验要求学生考虑实验存在的问题或误差来源. 也并未有实验要求学生根据结论提出新的问题与假设.

表2 人教版教材中实验的认知操作度分析

科学探究过程	认知操作度	个数	频率/%
提出问题	要求学生根据问题情景结合已有知识提出研究问题	0	0
	要求学生在阅读专家研究报告的基础上提出研究问题	0	0
猜想与假设	要求学生提出备选假设	5	15
	要求学生根据研究假设对实验结果进行预测	0	0
设计实验与制定方案	给出简单程序要求学生控制简单变量	8	24
	给出简单程序要求学生控制复杂变量	2	6
	要求学生设计并控制所有变量	3	9
获取和处理数据	能采取措施避免观察者偏见	0	0
	能对实验数据进行简单数学处理	21	62
	能对实验数据进行复杂数学处理	5	15
分析并得出结论	实验数据和研究问题间的关系需要复杂推论	0	0
	运用已有理论解释或检查结果	16	47
	实验结论需要归纳总结	9	26
	实验结论需要整合多个研究成果	0	0
	学生需要构建新理论解释结果	3	9
合作交流	实验要求组内分工明确进行合作	2	6
	实验要求与他人交流讨论实验数据或结论	2	6
评估反思	要求学生评价该实验存在的问题或误差来源	3	9
	要求学生能根据研究结果提出新的问题及假设	0	0

5 研究结论

根据上述分析结果得出:人教版实验的开放度较低,大部分实验仅把实验的操作和对数据的处理分析交给学生,其余的科学探究过程几乎都由教材给出。在认知层面,教材给出的大都是简单而肤浅的科学探究。大部分实验不要求学生阅读真实的研究报告和观察现象提出问题,也不要求学生提供猜想与假设;在设计实验时教材往往会提供标准的案例供参考;获取和处理数据时大多数实验只要求学生能对数据进行简单处理;实验结论的得出不涉及较为复杂的认知活动,如需要学生进行复杂推论,构建新理论、整合多个研究结果。在实验过程中大部分实验也未要求学生分工合作,交流讨论。对于实验中存在的问题不需要学生反思,而是直接告诉学生误差来源,学生所要做的仅是考虑哪种方法误差更小。因此,无论是科学探究过程的开放性还是认知操作性,人教版物理实验均不能满足真实的科学探究的要

求。这项研究结果与 Chinn 和 Malhotra(2002年)的研究结果相一致:科学教科书中的探究活动既不利于培养学生的科学探究过程技能,也不利于培养他们的科学推理技能。

6 研究启示

通过上述研究,希望能对我国高中物理教材的编写以及一线教师的教学提供一些借鉴和参考。

6.1 在实验过程中为学生提供足够的自主性

通过上述分析可知:人教版教材中物理实验的开放度较低,教材和教师应尝试在实验过程中为学生提供足够的自主性。尤其是物理问题的提出,爱因斯坦说过:“提出一个问题比发现一个问题更重要”。虽然,对于学生而言提出一个可探究的问题很难,但教师应该在教学过程中通过创设合理科学的问题情境,引导学生提出可探究的物理问题。在进行猜想与假设时注意引导学生根据现象和已有知识提出猜想

(下转第 137 页)

确定本节课在科学态度与责任方面的核心为对自由落体科学本质的认识,在教学中分别从情感、认知和行为方面渗透对科学本质的教学。

4 结束语

要在教学中真正做到提升学生的物理核心素养,还有很多方面需要努力。首先,教学要基于课程标准;这要求教师仔细研读课程标准,把握课程标准对课程内容的要求,通过仔细研读对课程标准进行解构,研制指向核心素养的教学目标,为在教学中落实课程标准奠定基础。其次,要用好新教材;教师可以从教学目标出发对教材进行分析,再结合学生的学情对教材内容进行增减处理,为教学目标的实现奠定基础。最后,要用指向核心素养的教学目标指导

教学;依据教学目标设计教学环节和内容,制定具体措施和计划,在教学中注重落实核心素养培养的各项措施,并在教学实践中不断完善,同时还要充分调动学生的积极性,师生共同努力,坚持不懈,学生的核心素养一定会有显著的提高。

参考文献

- 1 蒋永贵. 指向核心素养的学习目标研制[J]. 课程·教材·教法, 2017, 37(9): 29~35
- 2 高洁, 潘苏东, 陈刚. 指向核心素养的物理教学目标设计理念[J]. 课程·教材·教法, 2018, 38(12): 100~104
- 3 崔允灏. 课程实施的新取向: 基于课程标准的教学[J]. 教育研究, 2009(1): 74~79, 110
- 4 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018. 25
- 5 陆亚东. 物理教学目标的制定与思考——以“功”的教学为例[J]. 中学物理教学参考, 2017, 46(Z1): 43~45

(上接第 133 页)

或假设。教材和教师在教学过程中应鼓励学生设计出不同于教材中的实验方案。进行实验时明确要求学生组内分工合作, 针对所收集的实验数据进行讨论、分析, 最终形成统一的结论与其他组进行交流与评价。在实验结束后要求学生积极思考实验过程中存在的问题和收获。

6.2 逐步提升学生在实验过程中的认知操作

认知的不同是区分简单探究和复杂探究的关键。如何提升学生在实验过程中的认知, 需要教材编写者和知识传授者的共同努力。笔者认为可从以下方面入手:

(1) 教材编写者在选择实验内容时, 可从现实生活出发, 创设问题情境。引导学生通过实验解决复杂的生活问题。

(2) 学生提出实验假设或猜想时, 注意提醒学生说明假设或猜想的依据。

(3) 教材编写者在设计实验时, 可为学生提供实验思路, 但要求学生自主设计。若教材中提供实验案例, 则要求学生设计不同于教材中的实验方案。教师在教学过程中可引导学生对教材中的实验进行创新与改进。

(4) 收集和处理数据、分析并得出结论过程中可设置层层递进的问题引导学生对实验数据进行解

释, 从而使学生自主得出实验结论。

(5) 在实验过程中, 要求学生对与之前猜想不符的实验数据进行讨论、交流, 找出实验过程中存在的问题。

(6) 在实验结束后, 要求学生思考所得结论的局限性; 要求学生能根据实验结论提出新的问题或假设, 并进行课下探究活动。

参考文献

- 1 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017年版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2018
- 2 Joseph J. Schwab. The Teaching of Science [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1964, 55
- 3 Herron. MARSHALL D. HERRON. The Nature of Scientific Enquiry[J]. School Review, 1971, 79(2): 200
- 4 Germann, P. J., S. Haskins, et al. Analysis of nine high school biology laboratory manuals; Promoting scientific inquiry[J]. Journal of Research in Science Teaching, 1996, 33(5), 475~499
- 5 Chinn, C. A., Malhotra, B. A. Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. Science Education, 2002, 86(2), 175~218
- 6 李西营, 马志颖, 申继亮. 中学科学教科书中科学探究评价指标体系的构建[J]. 课程·教材·教法, 2019, 39(10): 124~130