

# 探究型实验报告的构建与实施研究\*

熊华晖 刘志翔 郭学谦 严华刚 张海霞 黄菊英

黄晓清 许莉莉 曲典 李姗姗 姬长金 黄亚奇

(首都医科大学生物医学工程学院 北京 100069)

(收稿日期:2021-02-08)

**摘要:**提出了以核心问题为导向的探究型实验报告,强调以核心问题、数据收集、讨论分析为要素,使得学生能够深入参与和全方位思考实验设计原理和过程,从而切实提高学生问题分析和解决能力,有效促进学生核心素养的发展.

**关键词:**实验教学 探究 实验报告 核心素养

实验教学是科学教育中非常重要、不可缺少的环节,任何其他教学方法和手段都无法代替,同时也是培养高素质创新人才的必要方式<sup>[1~5]</sup>,对学生核心素养的全面发展有积极的促进作用.实验报告作为实验教学中重要的课程资源,在学生的学习过程中起到极大的思维引领作用.遗憾的是,传统实验报告并未充分发挥出其在教和学上的潜在价值,大多尚仅停留在“实验要点”的摘抄和“实验数据”的记录上,这使得实验教学面临流于枯燥的“按方抓药”菜谱式操作训练的风险,也与创新能力培养的终极目标相行渐远<sup>[6,7]</sup>.仔细思考,这是由于传统实验报告尚未跟上新时代教学方式和学生学习方式的转变,直接体现在传统实验报告的要求和形式制约了学生思维发展的空间<sup>[8,9]</sup>.因此,想要促进实验教学的深层次变革,非常需要研制符合现代教学理念的新型实验报告.

## 1 传统实验报告的现状与问题

传统的实验教学环节注重实验目的、实验原理、实验操作和数据记录等环节,要求学生在报告中重点体现这些关键点,由此形成了特定的实验报告撰写形式.

报告一般包括如下内容:

(1)实验目的;

(2)实验器材;

(3)实验原理;

(4)实验内容;

(5)数据记录及处理.

其中,实验目的、器材、原理和内容往往要求学生在课前预习抄写在实验报告上,然后在课堂上让学生按照这些步骤完成实验操作过程,并要求学生将实验结果记录在实验报告上.教师对学生完成实验报告的要求大多体现在要点详实、格式规范、态度严谨、字迹清晰、内容完整、结果正确.这样的实验报告套路模式固然有助于学生顺利完成实验操作、培养学生严谨求实的科学态度,但是却忽略了引导学生主动思考的深层思维训练<sup>[10,11]</sup>.事实上,实际实验教学中确实存在不少学生对实验报告撰写流于形式、不求甚解,甚至将实验报告看作“形式负担”.即便教师在实验教学过程中一再强调和引导学生对实验思路展开探讨,但体现在实验报告的撰写上效果差强人意,难以促进学生的主动参与和勤于思考.

总体来说,传统实验报告的不足,主要体现在如下几个方面:

(1)传统实验报告在内容要求上过于强调实验仪器的操作,忽略对实验过程中出现问题的分析和解决,这样不利于培养学生的实践创新能力;

(2)传统实验报告在安程序列上虽体现了实验

\* 首都医科大学校长基金教改项目“促进学生主动思考的新型物理实验报告研制探索”,项目编号:14JYY023;教育部高等学校大学物理课程教指委课题“医用物理学实验课程线上和线下混合式教学的建设与实践”,项目编号:DWJZW201924zn-23

作者简介:熊华晖(1977-),男,博士,副教授,研究方向为生物医学工程.

通讯作者:黄亚奇(1956-),男,博士,教授,研究方向为生物医学工程.

各环节间的关系顺序,但忽略了对实验设计原理的深层理解;

(3)传统实验报告的撰写方式易使实验过程流于形式,学生在实验教学过程中始终处于被动地位,不能有效地激发学生对实验的思考和兴趣.

如何通过改进实验报告,激发学生对实验的主动参与和积极思考,加深学生对实验的深层理解和分析能力,进而促成实验教学的变革,是新型实验报告需解决的问题.

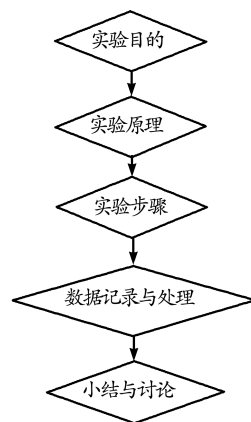
## 2 探究型实验报告的研制思路

研究表明,学习者的主动性是有效学习的重要因素,因此,如何在教学过程中激发学生的主动参与受到教育界的普遍重视<sup>[12,13]</sup>.探究式教学强调学习过程中的互动性并以问题为导向引导教学环节,是提高学生主动参与的有效教学方式<sup>[14~17]</sup>.探究教学的原则是“让学生自己得出概念,而不是把概念灌输给学生”.探究更看重知识的获取过程而不仅是知识本身.对知识的获取更强调是通过引导、讨论、积极思维来自我建构,而不是仅依赖于听讲和记忆<sup>[18]</sup>.探究式教学能够更好地引导学生对教学内容展开积极参与和思考,然而由于教学总是基于有限目标展开,因此探究的内容和形式需要限定在合适的范围和程度之内,如何平衡有限的教学目标和探究范围是实际教学过程中需认真思考的问题.

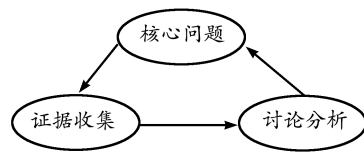
为了在实验教学中较好地解决这一问题,本研究研制了以核心问题为导向的探究型实验报告,这就要求学生无论是在具体的实验操作过程中还是在最终的实验报告撰写环节都基于核心问题而展开,引导学生对问题展开思考,搜集证据,并讨论如何解决问题,而不仅仅是操作的记录和分析,这种方式将更加关注培养学生分析问题和解决问题的能力.

问题的提出和解决是探究式实验教学的关键环节,具有提纲挈领的作用.而实验过程中可能涉及多方面的问题,例如概念性的问题、操作性的问题或计算处理方面的问题等.若设置问题过多,势必分散学生的注意力,使得学生难于掌握实验要领.因而,实验报告将围绕与实验相关的科学性核心问题展开,贯穿始终.其中,实验操作过程是基于核心问题的证据获得环节,而课堂讨论则是组织分析材料探讨问题解决方式的过程.图1展示了传统实验报告和探

究型实验报告思路框架的区别.



(a)传统实验报告的思路框架



(b)探究型实验报告思路框架

图1 传统实验报告与探究型实验报告的思路框架

传统实验报告的思路框架体现了信息的单向流动,即学生一步步操作完成实验即可,容易形成对实验的刻板思维模式,即实验就等于操作完成要求的既定步骤.而探究型实验报告则体现了信息的流动和反馈作用过程,实验报告以核心问题为中心环节,形成了闭合的反馈回路.探究型实验报告要求学生将实验操作放置在解决问题的大背景和环境之下,避免了学生为了完成实验而操作的盲目性.

## 3 探究型实验报告的内容要素

### 3.1 核心问题

核心问题的设置和解决是探究型实验报告的主要要素.一般来说,针对不同实验类型,核心问题提出的角度也不同.

比如,操作性实验强调学生使用和掌握仪器、进行数据处理等,其中数据的精度往往反映了操作者的实践能力,因而针对此类实验的核心问题应设置为如何确定和分析实验数据的误差并预估实验的测量结果.例如,长度测量实验、分光计的调节等主要要求学生掌握仪器的操作测量过程.

验证性实验强调对学科知识主干原理或规律的实验验证过程,针对这一类实验核心问题可围绕如何能够验证某一原理而提出.例如,金属丝杨氏模量

的测量、光电效应等由实验测量数据验证基本的物理规律.

现象性实验主要培养学生对实验现象的观察和概括能力,对这一类实验的核心问题可设置为实验现象是如何产生的以及背后的物理机制是什么.例如,超声成像、人体生理参数测量和旋光实验等基于实验基本现象引发学生对现象的物理解释.

### 3.2 证据收集

在确定核心问题后,实验教学围绕核心问题而展开.学生在实验教学中要收集证据回答教学中提出的核心问题.因此,收集证据的过程是回答核心问题的必要过程.探究实验教学中收集证据过程相当于传统实验教学中的操作环节.虽然探究实验教学中的证据收集过程和传统实验教学中的操作部分及数据处理内容基本一致,但这两者在实验教学中的意义却有显著的差别.传统教学中操作部分是获得实验结果的必要过程,更多体现出实验的流程性,而在探究实验教学中证据的收集过程是放置在解决核心问题背景下的,较好地体现了科学研究中的逻辑关系,让学生对科学探究的本质能够有较清晰的认

识,即设计精巧实验验证猜想在解决科学问题中的重要作用.

### 3.3 分析讨论

分析讨论环节即学生对实验结果进行评判、分析、讨论后得出结论.在传统实验教学中往往忽视了这一重要环节,实验操作完毕并且处理好数据就几乎完成了主要的课堂教学内容,学生缺失了对结果的探讨,未能调动学生对结果的进一步思考.而对于探究实验教学,分析讨论环节是引导学生对实验结果进行反思、质疑、分析并回答核心问题的重要一环,是培养学生科学思维的中心环节.

## 4 探究型实验报告的项目与使用

探究型实验报告的项目包括核心问题、预设回答、实验器材、设计实验步骤、数据记录及处理、实验结论、证据、反思、探讨,全部以问题形式注明以帮助 学生把握实验研究整体思路.表1呈现了传统实验报告与探究型实验报告的项目,从中可以看出两者的区别.

表1 传统实验报告与探究型实验报告的项目

传统实验报告	探究型实验报告	
实验目的 实验器材 实验原理 实验内容 数据记录及处理	核心问题	<p>【核心问题】我研究的问题是什么?</p> <p>【预设回答】依据现有知识,我猜想答案可能是什么?</p>
	证据收集	<p>【实验器材】有哪些器材可供使用? 如何使用?</p> <p>【设计实验步骤】我要做些什么?</p> <p>【数据记录及处理】我看到了什么?</p>
	分析讨论	<p>【实验结论】我能得出什么见解?</p> <p>【证据】我怎么得出来的? 为什么能得出?</p> <p>【反思】我的想法与别人相比,有何异同? 我的想法是怎么发生改变的?</p> <p>【探讨】在做实验时碰到什么困难,是如何解决的? 我的结论是否可信,为什么? 在本次实验中我有哪些收获?</p>

在教学使用上,传统实验报告一般要求学生 在课前和课后填写,而探究型实验报告作为学 生学习的学案,将整合入完整的实验教学过 程进行使用,且不要求学生在课前填写.具 体教学过程如下.

#### 4.1 核心问题引入

教师在课堂实验教学展开之前应提前设置 有关本实验的核心问题,待实验教学展开时, 教师应首先向学生明确提出有关本实验的 核心问题,引领学生

思考如何解答该问题.核心问题的设置不 宜过多,一般一个或两个即可.体现在实验 报告上,应明确要求学生在撰写实验报告 时将此核心问题开宗明义地概括总结出 来,并要求学生在实验操作之前,尝试依 据自己现有的背景知识回答这一问题,并 填写入实验报告.

#### 4.2 引出实验

提醒学生当科学研究中需要判断自己的 猜想假

设是否正确,就需要做实验来验证.此时教师讲解实验仪器的原理、操作方法与步骤,要求学生在实验报告处记录所使用的主要仪器及操作步骤,若内容较多,在课堂上仅做简单记录,细节可留待课下补充.之后学生开始进行实验,教师全班巡视学生的操作.

#### 4.3 记录数据

提醒学生准确详细地记录实验数据,实验结束后让学生将各自的数据记录在实验报告上,同时将小组数据写在黑板上,便于下一步的全班讨论.

#### 4.4 引导讨论

**引导讨论交流 I:**引导全班学生对实验数据展开讨论,得出结论.选择学生代表发言,重点阐述如何得出结论,证据是什么.

**引导讨论交流 II:**引导全班学生分析为什么会有这样的结果,并就实验数据的意义进行说明等,尝试与学科主干知识原理相联系,加深对学科核心概念原理的理解.

**引导讨论交流 III:**这一部分要求学生回顾自己在课堂刚开始时所回答的核心问题的答案.在实验完成后,预先的答案是否与最后实验完成后的答案一致.若不一致,应在实验报告上写明为何自己先前的想法和最后的结果不一致,并可讨论自己是否接受这一答案等,若不接受,理由是什么,能否进一步验证自己的想法等等.若答案一致,可分析自己为什么会得到这一答案等,实验中有哪些结果是自己先前所未曾预料到的.

#### 4.5 知识扩展

拓宽学生的思考,引导学生对实验原理所支配的类似物理现象展开讨论,并且能够结合和联系生活中的实际例子以加深对学科主干知识的理解和掌握.如,在进行超声声速测量实验完成后,可以将超声声速与医疗方面技术应用相联系;利用超声声速可以测定骨密度,诊断患者是否患有骨质疏松等疾病;利用超声多普勒仪可以无损测量人体血液流速,从而帮助医生对一些心血管疾病做出诊断等.

#### 4.6 总结

引导学生对影响实验结果的因素展开分析,探讨实验过程中遇到的困难和解决方法.布置学生按要求完成实验报告.

#### 参考文献

- 何永凡,周红,周晓兵,等.利用大学物理实验平台培养学生实践创新能力[J].实验技术与管理,2016,33(6):180~183
- 李震,朱昌平,范新南,等.“3+1”教学模式与学生创新实践能力的培养[J].实验技术与管理,2007,24(1):128~130
- 李广伟,胡留现.实验教学改革与创新人才培养的探索与实践[J].实验室研究与探索,2008,27(9):110~112
- 杨金山.改革实验工作模式促进应用型创新人才培养[J].实验室研究与探索,2010,29(2):78~81
- 刘志翔,严华刚,张海霞,等.物理学课程在医学生理工素质培养中存在的问题及对策研究[J].临床工程,2012,27(12):152~155
- 邵明辉,黄继阳,陈小艺,等.大学物理实验课程的教学反思[J].科技创新导报,2011(1):161
- 刘小兵,廖家欣,任鹏.关于基础物理实验教学改革的几点思考与建议[J].实验教学与仪器,2004(1):5~7
- 王悦,刘文.浅议对传统实验教学的继承与摒弃[J].中国高等医学教育,2007(11):14
- 杨国亮.突破传统建构实验教学新模式[J].理工高教研究,2005,24(1):66~67
- 魏小兰,邹智毅.激发学生主动思考的无机化学实验教学方法[J].实验技术与管理,2014,31(5):214~218
- 莫长涛,张黎丽,吕加,等.引导式主动式物理实验教学模式的探索[J].大学物理实验,2016,29(2):146~148
- 陈长飞.“主动学习”教学模式的实践与思考[J].教育探索,2012,24(1):45~47
- Dufrense, R. J., Gerace, W. J., Leonard, W. J., et al. Classtalk: A classroom communication system for active learning[J]. J. Comput. High. Educ., 1996(7): 3~47
- 美国国家研究理事会.美国国家科学教育标准[S].北京:科学技术文献出版社,1999
- 郑渊方,廖伯琴,王姗.探究式教学的模型建构探讨[J].学科教育,2001(5):1~4
- 许云凤.探究式教学与传授式教学辨析[J].教育探索,2006(7):22~24
- 李华.探究式科学教学的本质特征及问题探讨[J].课程·教材·教法,2003(4):55~59
- 熊华晖,张颖之,严华刚.基于SWH探究策略的物理实验教学探索[J].物理通报,2012(9):86~89

(下转第108页)

教学和学生实验能力的进阶的。A Level 考试相当于我国的高考,但 A Level 考试对考生的要求已经相当于我国大学普通物理的要求。这样的安排使得学习 A Level 课程的学生在进入大学后更容易适应大学的物理课程。

### 参考文献

1 薛华国. 优化细节助力高中物理实验教学[J]. 中学物理教学参考, 2020(2):94~95

- 2 孙春风. 用“支架教学”改善低效的物理习题讲评课[J]. 中学物理教学参考, 2015(1-2):11~13
- 3 陈力铭. 由果索因——探寻支架教学在物理习题讲评中的新思路[J]. 当代教育实践与教育研究, 2017(1): 184~185
- 4 J Ferreira-Bautista and M Pifarré. Scaffolds to support the development of scientific skills in physics[J]. Phys. : Conf. Ser., 2019. 1287 012030

## Analysis and Enlightenment on the Characteristics of Scaffolds Construction of Examination Questions of Physics Experiment in Chinese and English Junior-senior High School

Jiang Yuchen Chen Hangyan

(School of Physics Science and Technology, Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215006)

**Abstract:** Taking electrical experiment as an example, this paper makes a comparative analysis on the construction characteristics of the test scaffolds in respect of Suzhou High School Entrance Examination, Jiangsu College Entrance Examination, IGCSE and AS/A Level Examination by Cambridge Committee. The experimental question scaffolds in domestic examinations are mainly designed to strengthen students' abilities of variables controlling, safety precautions and error analysis. On the contrary, the purpose of scaffolds in British IGCSE and AS experimental questions is to give clear instructions for candidates to develop their experimental operation ability at first two years of training, and finally aimed on removing scaffolding completely at the A level after a comprehensive learning process. At this stage, students are no longer provided with any problem-solving solutions and steps forward to test their ability of independently designing and finish experiments. This advanced model of scaffolding construction and dismantling can provide effective help to cultivate students' experimental exploring ability.

**Key words:** Suzhou high school entrance examination; Jiangsu college entrance examination; IGCSE; A-Level; scaffolding

(上接第 103 页)

## Study on the Construction and Implementation of the Inquiry-type Experiment Reports

Xiong Huahui Liu Zhixiang Guo Xueqian Yan Huagang Zhang Haixia Huang Juying  
Huang Xiaoqing Xu Lili Qu Dian Li Shanshan Ji Changjin Huang Yaqi

(School of Biomedical Engineering, Capital Medical University, Beijing 100069)

**Abstract:** This research proposes the inquiry-type experiment report which is key issue oriented and emphasizes the elements including core problem and data collecting and discussion, and which can help students engage deeply and think about the design principle and procedure. Thus, by this way students improve their abilities in problem analysis and solving. And, it also promotes the students' development of their core literacy.

**Key words:** experiment teaching; inquiry; laboratory report; core accomplishment