

基于 PCRR 教学模式 培育科学论证能力*

——以高中物理“自由落体运动”教学为例

陈仁旭 王长江 左崇睿

(安徽师范大学物理与电子信息学院 安徽 芜湖 241002)

(收稿日期:2020-10-27)

摘要:PCRR 教学模式旨在通过科学论证活动促进学生科学交流,发展学生对于核心概念与规律的深度理解,培养学生科学论证能力.以“自由落体运动”为教学案例,探索运用 PCRR 模式设计科学论证教学的可行路径.

关键词:科学论证 PCRR 模式 自由落体运动

1 问题提出

科学论证能力是各国公民必备的核心能力.为了满足知识经济时代对人才的需求,绝大多数国家都将科学论证能力视为重要的培养目标纳入科学教育标准^[1].美国国家研究委员会于 2013 年发布的《新一代科学教育标准》明确将“基于证据的论证”列为 K-12 科学教育中的 8 种实践之一,将科学论证作为科学实践要素用于指导课堂教学^[2].我国新修订的《普通高中物理课程标准(2017 年版 2020 修订)》(以下简称新课标)也将科学论证列为科学思维的核心要素.目前,科学论证已成为我国科学教育研究的热点话题,然而如何有效开展科学论证教学仍有许多问题需要解决.

物理概念与规律知识是中学物理教学知识的主

体,在中学物理教学中都十分重视.将科学论证融入物理教学实际,关键在于如何运用科学论证教学形式优化物理概念、规律知识教学.通过梳理国内外相关研究,笔者找到了有助于物理概念、规律知识形成的 PCRR 科学论证教学模式.

2 PCRR 模式概述

PCRR(Present, Critique, Reflect, Refine) 论证教学模式是由 Kujawski 于 2015 年提出,旨在通过科学论证活动促进学生科学交流,发展学生对于核心概念与规律的理解,并且培养学生批判性思维与科学论证能力.PCRR 教学模式作为一种渗透式教学策略,能够在科学课堂上持续营造科学论证的氛围,并且促进学生对科学概念、规律理解的不断完善^[3,4].PCRR 论证教学模式如图 1 所示.

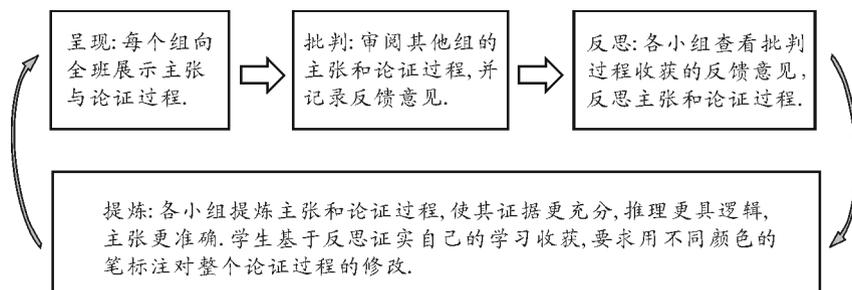


图 1 PCRR 科学论证教学模式图

* 蚌埠市 2020 年度市级教育科学规划立项课题“高中物理论证式教学的实践研究”。

作者简介:陈仁旭(1997-),男,在读硕士研究生,学科教学(物理)专业,主要从事中学物理教学研究。

指导教师:王长江(1972-),男,副教授,主要从事物理教育、教师教育研究。

阶段 1:呈现

该阶段教师可以采用两种方法:第一种,引导学生基于前概念与经验,对研究的问题提出属于自己的主张,然后向学生提供相关材料,指导学生根据材料提出新的主张,最后通过对比确定主张,建构论证.第二种,教师直接提供相关材料,指导学生根据材料提出主张,建构论证.教学过程中教师要指导学生记录所建构的主张、证据和推理过程,组间交换,开展同行评审.

阶段 2:批判

该阶段学生对他人主张、证据与推理过程提出反馈意见并及时记录,教师指导学生将反馈意见整理为便签形式归还原组,随后引导学生开展高质量的讨论活动,注意及时板书呈现有价值的质疑与批判,并时刻提醒学生基于证据分析主张与推理过程,实事求是发表意见.

阶段 3:反思

该阶段要求学生平复情绪,阅读和反思阶段 2 收到的反馈意见,重新分析主张与推理过程,思考证据的准确性与充分性.该阶段学生可能出现以下 3 种情况.

(1) 学生的探究方法有缺陷,需要重新设计.教师要帮助学生重新设计方案,并对结果进行预测.学生再次探究,根据探究结果建构新主张与推理过程.

(2) 学生误用资料,导致主张不准确.教师指导学生反思主张并提示正确资料,帮助学生建立正确主张与推理过程.

(3) 学生需要增加证据支撑主张.教师指导学生讨论证据充分性,引导学生挖掘证据.

阶段 4:提炼

该阶段要求学生在反思的基础上,运用实证资料证实主张,并将最初主张与提炼后的主张进行比较,回顾得出最终主张的整个讨论与推理过程.

通过上述介绍可以看出,使用 PCR 模式能够有效训练学生对于论证语言的使用,带领学生体验同行评审这种规范的科学论证活动,结合具体的教学内容,选择合适的书面论证手段来记录学生的论

证过程,运用 PCR 模式开展概念和规律教学,从论证语言和书面论证两个维度,通过呈现、批判、反思、提炼 4 个阶段,能够帮助学生建构完整的概念形成与规律发现的思维加工过程,明确形成和发现概念、规律的严谨性与科学性,形成对概念与规律深刻的理性认识,并且提升学生的科学表达、质疑批判、小组合作、科学论证等学科素养.

3 PCR 模式在“自由落体运动”教学中的运用

3.1 “自由落体运动”教学疑难分析

自由落体运动是匀变速运动的一个重要实例,也是能量转换问题所涉及的常用模型.新课标是从物理实验和物理学史两方面对本节内容提出要求,即“通过实验,认识自由落体运动规律.结合物理学史的相关内容,认识物理实验与科学推理在物理学研究中的作用”等^[5].

然而实际教学中,教师大多使用“下定义”的方式直接给出“自由落体运动”的概念,忽略了学生概念建构的思维加工过程,教学过程不尊重学生的认知发展规律,学生的科学思维,尤其是科学论证能力得不到有效培养.

3.2 PCR 教学模式在“自由落体运动”教学中的应用

笔者尝试以 PCR 模式为理论基础,补充使用简化的图尔敏论证模型来呈现与记录学生的论证过程^[6],针对“物体下落快慢究竟与什么因素有关”和“自由落体运动究竟是一种怎样的运动”两个核心问题引导学生进行论证,具体教学思路如下.

(1) 通过事实论证得出自由落体运动条件

教师通过演示实验(同质量纸张、纸团从同一高度下落)、生活情境(跳伞运动员开伞前后速度改变)引入,提出核心问题“物体下落快慢究竟与什么因素有关?”针对问题引导学生开展小组论证,并填写论证记录表(如表 1 形式),组间交换纸张,开展同行评审.小组指派代表陈述论证内容,针对汇报内容其他小组提出证据,列举反例,进行质疑与批判,教师要注意把握讨论气氛,并及时板书记录.

呈现与批判阶段结束后,教师补充事实材料:播放牛顿管实验视频,引导学生根据实验现象与同行反馈意见,反思证据的充分性与准确性,推理逻辑是否正确.随后进入提炼阶段,教师帮助学生基于反思,梳理整个论证活动,明确自己的主张、证据与推理,用不同颜色的笔填写论证记录表(参考论证内容如表1),并指导学生比较最初论证内容(主张、证据、推理)与提炼后论证内容的不同,回忆整个修改过程,同时教师呈现论证要素关系图,如图2所示,

帮助学生明确论证要素间的逻辑关系.

上述教学环节实施后,教师便能够自然引入自由落体运动的条件(初速度为零且只受重力),帮助学生顺利理解“自由落体运动”是一种理想模型,明确下落运动被近似看作“自由落体运动”的条件(阻力相对重力较小可以忽略的初速度为零的下落运动),并引导学生得出“自由落体运动”初步概念(即初速度为零的加速直线运动).概括地说,通过实验事实,引入条件,建构理想模型,得出初步概念.

表1 论证记录表

记录项目	记录内容
问题	物体下落快慢究竟与什么因素有关?
主张	空气阻力影响物体下落快慢
证据	牛顿管实验现象
推理	从牛顿管实验可以看出,如果没有空气阻力,所有物体下落快慢一致,而空气中物体由于受空气阻力影响,因此下落快慢不同
条件限制(在特定条件下主张才能成立)	实验中,剩余空气阻力相对于物体重力较小,可以忽略
反驳(条件限制外,主张不成立的情况)	如果实验中,空气抽出不充分,会导致轻重物体下落快慢不同,无法证明“空气阻力影响物体下落快慢”

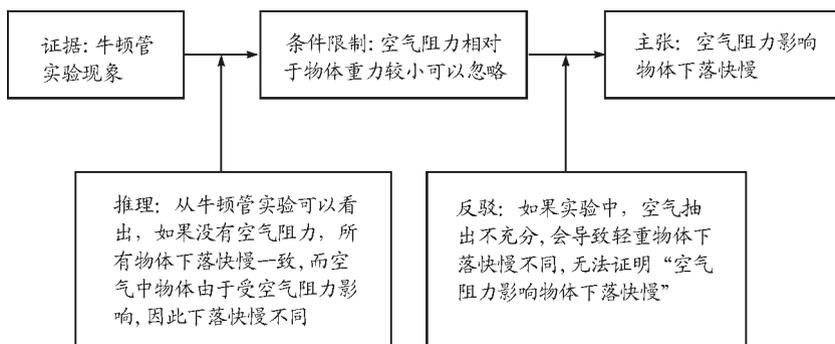


图2 论证要素关系图

(2) 通过实验论证验证自由落体运动的规律

初步概念明确后,教师可以很自然地提出问题,“自由落体运动究竟是一种怎样的运动?”引导学生设计实验验证“自由落体运动”是否符合“匀变速直线运动”规律.根据教学器材实际,教师演示实验(例如新人教版必修一图2.4-2^[7]),呈现不同实验数据,指导学生计算加速度大小,填写实验论证记录表(如表2形式),组间交换、开展同行评审.

呈现与批判阶段结束后,教师补充课本第47页“一些地点的重力加速度表格”^[7],介绍重力加速度概念,引导学生基于证据、反馈信息以及补充材料,重新填写论证记录表(参考论证内容如表2),同时教师呈现论证要素关系图(图3),帮助学生理解论证要素间的逻辑关系,反思与提炼论证内容,最后总结“自由落体运动”条件、概念与规律.

表2和图3如下.

表2 新论证记录表

记录项目	记录内容
问题	自由落体运动究竟是一种怎样的运动?
主张	自由落体运动是初速度为零的匀加速直线运动
证据1(理论)	匀变速直线运动的规律 $x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$, $v = v_0 + a t$, $v^2 - v_0^2 = 2 a x$ ($v_0 = 0$)
证据2(实验)	通过纸带实验得出纸带加速度的数值, a_1, a_2, a_3, \dots
推理	通过纸带数据, 得出 $v-t$ 图像、 $s-t^2$ 图像呈直线, 说明物块下落是匀加速运动, 且加速度为定值
条件限制(在特定条件下主张才能成立)	物体下落运动不受阻力只受到重力作用, 或物体所受阻力与重力相比较小, 可近似认为重物仅在重力作用下运动
反驳(条件限制外, 主张不成立的情况)	质量较轻的物体(如粉笔盒)下落实验的纸带轨迹没有规律, 空气阻力相对于物体重力不可以忽略, 运动不满足自由落体运动条件, 物体加速度 a 不恒定
补充	地球上不同地方, 重力加速度 g 大小不同. 重力加速度随着纬度增大而增大, 赤道重力加速度最小, 两极重力加速度最大

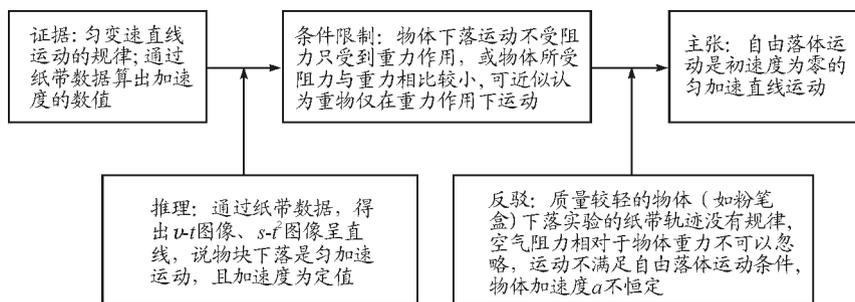


图3 新论证要素关系图

(3) 体会伽利略的研究与论证过程

完成“自由落体运动”一节知识的学习后, 教师

内容^[7], 可运用图4和图5向学生展示伽利略的研究与论证过程。

给予学生时间阅读教材“科学漫步”与“STSE”栏目

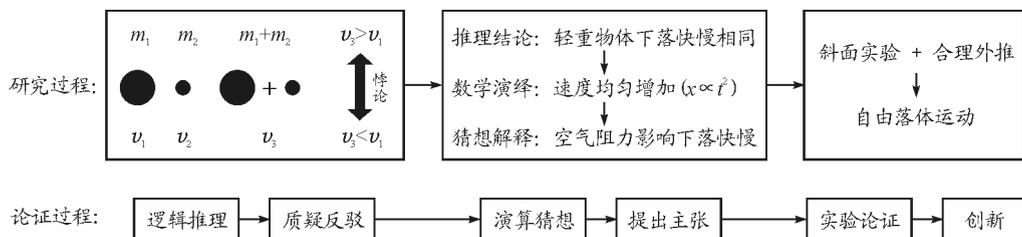


图4 伽利略对自由落体运动研究与论证过程

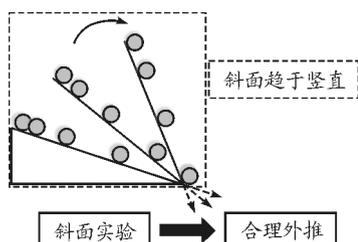


图5 斜面实验与合理外推的结合

引导学生总结伽利略的研究与论证过程, 并与本节课所开展的论证过程进行对比, 帮助学生提高科学思维品质, 领会物理学家严谨的科学态度与质疑创新的精神。

(下转第30页)

Research and Practice on Education and Teaching Strategies Facing First – class Curriculum Construction

Xiong Hongyan

(College of Mathematics and Physics, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056038)

Chen Jiantao

(Graduate Department of Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056038)

Li Haibao

(College of Science, Heilongjiang University of Science and Technology, Harbin, Heilongjiang 150022)

Abstract: This article applies the fractal view, actively explores the integration and innovation of teaching content structure, excavates the subject culture, expands the course connotation, materializes the educational teaching practice innovation, innovates the student study efficiency evaluation system, establishes the study efficiency evaluation method that reflects the student interest, and improves the education and teaching quality in the post – epidemic period.

Key words: education; teaching strategy; construction of curriculum connotation; effect evaluation

(上接第 26 页)

参考文献

4 结束语

PCRR 教学模式属于循环式的论证教学,结构简单,不需要开展复杂的实验操作,强调利用观察和查找资料形成论据、论点以及推理过程,并且整个教学模式首尾相连,可在一堂课中循环使用,适用于物理概念、规律知识的进阶教学。

教师运用 PCRR 教学模式,结合书面论证的呈现,开展科学论证教学能够促进学生对于物理概念、规律知识的深入理解,培养学生基于证据的论证思维、基于证据解释结果的探究能力以及基于证据和逻辑的科学态度,并且有效发展学生的批判性思维、科学交流与同伴合作能力;教学中 PCRR 教学模式与书面论证相结合,能够展示学生的思维过程,以及学生对于核心概念与规律的理解程度和论证质量,进而反映学生对于知识的理解与论证能力水平。

- 1 郭玉英. 中学理科课程标准国际比较与研究(物理卷)[M]. 北京:北京师范大学出版社,2014
- 2 Gillam, David. A Framework for K – 12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas[J]. Science Scope, 2012, 36(1): 90 ~ 91
- 3 Kujawski, D. J. Present, Critique, Reflect, and Refine: Supporting Evidence – based Argumentation Through Conceptual Modeling[J]. Science Scope, 2015, 39(4): 29 ~ 34
- 4 弭乐, 郭玉英. 渗透式导向的两种科学论证教学模式述评[J]. 全球教育展望, 2017, 46(6): 60 ~ 69
- 5 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准[S]. 北京:人民教育出版社,2020
- 6 任红艳, 李广洲. 图尔敏论证模型在科学教育中的研究进展[J]. 外国中小学教育, 2012(9): 28 ~ 34, 40
- 7 人民教育出版社, 课程教材研究所, 物理课程教材研究开发中心. 普通高中课程标准教实验教科书 物理·必修(第一册)[M]. 北京:人民教育出版社,2019