



基于“HPS 教学理念” 体现科学本质的物理教学*

——2019 版教材自由落体运动中“科学漫步”的教学设计

高 嵩 焦 蕊

(山东师范大学物理与电子科学学院 山东 济南 250300)

(收稿日期:2019-11-30)

摘 要:新版教科书将以往教学中“伽利略对自由落体运动的研究”这节课作为“科学漫步”的主要内容,新教材的变动将会带来教学中的改革。“伽利略对自由落体运动的研究”这部分作为一节方法教育课是培养学生科学素养、科学精神的重要途径。教师在教学中如何既能将本节课所蕴含的科学思维和精神完全展现,又可符合“科学漫步”短小精悍的教学定位?基于此,本文借鉴对“伽利略对自由落体运动的研究”教学设计进行优化,将科学史与物理规律学习有机融合,以期促进学生科学素养、科学思维的培养,落实新教材中本节内容的有效实施。

关键词:HPS 科学素养 科学思维 2019 版教科书

HPS 教育是“科学史(History of Science)、科学哲学(Philosophy of Science)和科学社会(Sociology of Science)”教育的简称^[1],HPS 教育是从科学史、科学哲学和科学社会学视角理解科学,倡导建构与对话、促进学生对科学本质理解的一种教学模式。

1 教学背景分析

2019 年 8 月,凝聚了众多参与课改实验的学者、教师、教研人员心血的新版教科书进行出版并应用于教学中。新版教科书的编写围绕核心素养的落实,吸取教育改革中的经验,集中反映了我国十几年来教育课程改革的成果。

教科书不仅是知识的主要载体,也是教师在教学中选择教学策略的实施依据。在 2019 版《物理·必修 1》教科书中教学内容产生变化,原本作为一节课进行教学的第二章第 6 节“伽利略对自由落体运动的研究”以 2019 版教材中第二章第四节“自由落体运动”的“科学漫步”出现^[2]。教材中这一内容的变化将会引起教学实施的变化,对于将教科书作为

信息来源或教学文本的教师来讲这一变动将会带来“教还是不教”的疑问。充分考虑教师与学生的实际情况,结合科学本质探究,本文基于 HPS 教育对“伽利略对自由落体运动的研究”进行教学设计简化,教学过程中贯穿 HPS 教育理念,通过对物理学史的学习和感悟,使学生置身于当时的探索背景之中,让学生更好地理解物理思维以及物理规律发现的曲折,将科学史与物理规律的学习有机融合在一起,促进新教材在教学中的落地实施和应用。

2 课标要求

物理新课程标准中对学生的核心素养提出要求,物理核心素养是指科学观念、科学思维、科学探究、科学态度与责任,物理新课程标准中对本节内容提出要求^[3]:学生要通过史实,认识物理实验和科学推理在物理学研究中的作用,并举例道:学生要了解伽利略的实验研究工作,认识到伽利略有关实验的思想和推理方法。核心素养的实施如今成为理论和实践共同关注的热点,如何更好地使理论向实践过渡,需要在教学中贯彻实施,做出尝试^[4]。

* 国家社会科学基金“十二五”规划课题“社会发展视域下中学理科课程的适切性研究”,项目编号:BHA140081;山东省人文社科研究项目“核心素养视域下核心概念的学习进阶研究”,项目编号:J16YG06

作者简介:高嵩(1972-),女,博士,副教授,主要从事科学教育的理论与实践方面的研究。

3 学情分析

学生通过前一节的学习,已经了解自由落体运动,掌握了通过实验来探究自由落体运动性质的方法,具备学习本节课的知识基础,但对物理规律发现过程掌握不够深入、科学研究方法的学习不够全面。

4 教学目标

(1) 体会推理方法、抽象思维、科学实验对科学研究的重要性。

(2) 通过史实培养学生勇于探索、不畏艰辛的科学精神,理解科学研究的严谨性。

5 教学过程设计

本节内容选自人民教育出版社普通高中课程标准实验教科书《物理·必修1》(2019版)第二章第4节“科学漫步”。

5.1 引出观念

教师结合课本绘图(图1)及PPT展示伽利略对亚里士多德观点的质疑,从亚里士多德的落体运动观点“重的物体下落的快”出发经过逻辑推理引发两观点的矛盾。

前提: 一块大石头的下落速度要比一块小石头的下落速度大

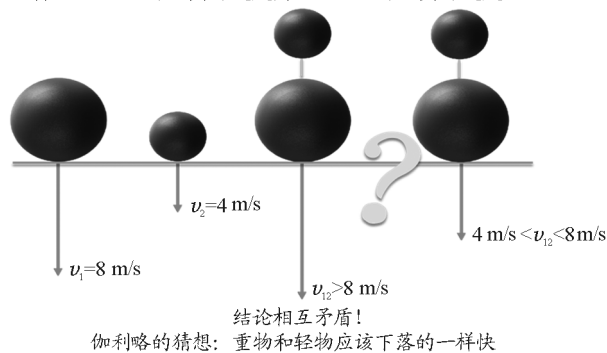


图1 伽利略的猜想教材插图

此时引导学生思考、回答以下问题:

问题 1: 物体下落为何会呈现出快慢不同?

问题 2: 伽利略对落体运动的观点是什么?

鼓励学生思考、小组讨论并引导学生提出自己的观点,得出空气阻力是影响物体下落快慢的因素,教师进一步指出伽利略也认为是空气阻力的因素,并在此基础上展示伽利略的落体运动观点,即伽利略认为在落体运动中空气阻力为问题研究的次要因素,物体自由下落为主要因素。

设计意图: 我们从生活经验和亚里士多德的观点出发,将这一科学发展过程呈现给学生,由认知冲突引发学生疑问,由此建构生长出学生的落体运动观点^[3],并渗透伽利略在此过程中的挫折与艰辛,使学生能够深刻感受到他的敢于批判、敢于质疑、敢于探索的科学精神且从中受到激励与鼓舞。

5.2 学习历史

爱因斯坦说过,科学结论几乎是以完成的形式出现在读者面前。教学中需要适当的在物理知识中融入相关的物理学史料学习,学习历史不仅可激发学生的想象力,同时,科学史的介绍还可以使学生以一种移情的方式,设身处地的体验以往科学家的探究与思考,引起学生情感上的共鸣。

首先为学生展示亚里士多德关于落体运动的观点:

公元前 350 年,亚里士多德认为一切地界物体都是由土、水、气、火“四种元素”构成的,地球上的物体有重有轻,重的物体自然运动向下,轻的物体自然运动向上。1638 年意大利科学家伽利略在《两种新科学的谈话》对亚里士多德理论进行质疑。亚里士多德的思想并非是简单的错误,而是由于时代局限性做出来的猜想和推理。伽利略对落体运动规律提出进一步的思考,物体下落快慢不同是空气阻力的原因并非重量,随之伽利略提出了落体运动的观点。

问题 3: 伽利略基于自己的理论和推理对于落体运动规律做出何种假设?

教师介绍伽利略并未停止脚步,他通过大量的观察及思考做出了一个大胆的假设并用数学方法进行证明:落体运动时物体下落过程中速度随着时间或位移逐渐增大,引导学生讨论得出假设: $v \propto t$ 或 $v \propto s$ 。

思考两种假设的合理性:若下落距离增大,速度增大,所用时间相等,也就是不管下落位移为多少,都是不需要花费时间的^[4],显然速度随着位移增大这一假设是错误的。因此最终学生提出假设速度随时间增大,即 $v \propto t$ 。

设计意图: 从伽利略的角度进行探究和分析,此时伽利略所面对的困境也会引起学生的困惑,增强学生对科学探究的兴趣,也肯定了亚里士多德的物理学、宇宙论以及哲学对近代经典力学的奠基作用,

促进学生批判思维的形成,对科学应该时刻保持质疑精神.这种移情的学习方式也可以使学生更深入地体会科学家的思考过程,促使学生对知识有更深层的认识和把握,体会科学探究的艰辛.

问题4:伽利略如何验证自己的猜想与假设?验证猜想时需要测量速度以及时间,在当时的条件下怎样才可以相对精确地测量?

教师展示并介绍伽利略的探究过程以及思路.伽利略通过数学推理推导得出:当 $v_0=0$ 时, $v \propto t$, $s \propto t^2$,可以将无法直接测量的 v 转化为可以直接测量的 s ,由于物体下落太快,不能精确测量下落时间^[4].

伽利略为了提高时间的测量精度,设计了以“冲淡重力”为基本原理的斜面实验,由于落体运动下落太快无法直接进行测量,伽利略就想“冲淡重力”,让球落得慢一些,使小球从斜面上滚下延长下落时间,便于测量.

伽利略通过数学推理和计算,做出假设,相同的物体沿着不同倾角的平面下落,若平面高度均相同,那么下落的速度也相同.如图2所示,当物体分别沿CB下落、CA下落、CD下落时, $v_A=v_B=v_D$,即沿垂直情况CB落下的规律与沿斜面CD和CA下落的规律相同^[5].

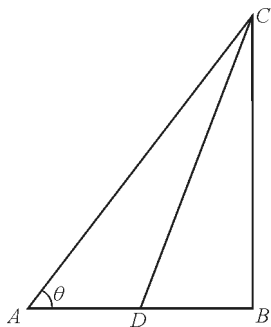


图2 伽利略数学推理分析图

为了验证该假设,伽利略在“斜面实验”中改变斜面倾角、更换不同质量小球进行上百次实验,得出结论:斜面倾角一定时,加速度相同;增大倾角,小球加速度增大.落体运动虽然加速度不同,但都是匀加速运动.结合数学推理与实验结果,进行合理外推,得到结论:倾角越大,运动状态越接近落体运动,当倾角增大为 90° 时,该运动为自由落体运动.

伽利略的外推修正:即落体运动规律的得出与实际生活中落体运动的符合程度.日常生活中物体

下落状态复杂,有快有慢是因为物体下落时受到的空气阻力不同,但这一过程中研究的问题本质是落体运动,而不是空气阻力,即自由下落是问题的主要因素,空气阻力是次要因素,忽略次要因素、抓住主要因素就得出排除空气阻力外,物体做自由落体运动的这一结论,此时落体运动就是自由落体运动.

设计意图:科学探究的核心就是问题解决的过程,这一过程中学生的物理知识逐步建构起来,科学探究能力获得提升.这一环节中创设问题情境,引入史实,依托落体运动规律的研究历史进行提问,突出研究过程中的曲折性、挫折性,引导学生深刻理解物理规律发现的不易.从伽利略的“数学推理—假设—实验—得出结论”的探究过程中使学生体会伽利略逻辑推理、数学推导的科学研究方法,了解物理实验与物理规律的密切关系,深刻体会现象观察、逻辑推理、数学归纳、实验验证相结合的科学研究方式^[6],学会解决问题时抓住主要问题、忽略次要因素的抽象思维,并了解这一科学研究方法以及抽象推理是伽利略思想的精髓,也是伽利略做出的革命性贡献.

5.3 设计实验——利用节拍器代替水滴计时

教师将学生分组,对伽利略的落体运动规律设计实验进行检验.这一环节也能激发学生的想象力和创造力,可以用实验检验这些假设观点.

教师提问:伽利略在当时的条件下遇到重重阻碍,仍然没有退缩放弃,而是迎难而上,以严谨、缜密的科学研究方法对落体运动规律加以探索,研究出初速度为零的匀加速直线运动的位移与时间的关系.现在我们的实验条件极大地提高了实验精确度,能否用现有的实验仪器来重现伽利略的实验呢?我们还可以用什么方法来精确地测量时间呢?提供节拍器、轨道等简易的实验工具.

生:可以利用节拍器进行时间的测量.

师:如何测量位移呢?

学生对比实验器材并进行讨论得出U形轨道测位移更为简便直接.

随即教师引导学生分组,讨论并进行实验.为了更简单直接地读出位移的大小,将斜面换成U形导轨,从而直接读出读数,用电子节拍器替代滴水计时进行时间测量,将小球释放同时开始记录时间,实验设计的表格如表1所示.

表1 用节拍器代替滴水计时实验记录表

时间 t/s	第一次实验		第二次实验	
	位移 s/cm	$\frac{x}{t^2}/(cm \cdot s^{-2})$	位移 s/cm	$\frac{x}{t^2}/(cm \cdot s^{-2})$
1				
2				
3				

两人一组,记录位移 x 和时间 t ,记录3组 t_1, t_2, t_3 ,并对应 x_1, x_2, x_3 .之后改变导轨倾角多进行几组数据测量以减小误差.通过表中记录的数据观察可以看出, $\frac{x}{t^2}$ 在误差范围内接近常数,即说明位移 $x \propto t^2$,该小球在做匀加速直线运动,我们成功的重现了伽利略的斜面实验并得到伽利略通过斜面实验得到的落体运动规律.

根据实验结论进行合理外推,即当导轨倾角不断增大,仍有 $x \propto t^2$,小球做匀加速直线运动.

当倾角为 90° 时,小球做自由落体运动.最终得到自由落体运动为匀加速直线运动.

设计说明:达芬奇说过“科学如果不是从实验中产生,并以一个清晰实验结束,便是毫无意义的,充满谬误的”.实验是学习前人的“创新”,我们将有助于课堂教学的物理学史提炼、再创造,使学生重走科学探究之路,学生在这一科学探究过程中不仅可以回顾伽利略对落体运动的研究历程,同时也可以领会物理实验的思想,提高实验观察能力、操作能力以及数据处理能力.

创新精神是一个时代的灵魂,以伽利略为代表的科学家所具备的科学创新精神也是科学革命的灵魂.学生在“实验再现”中讨论、思考、创新、实践、发现、领悟^[7],有利于学生准确理解知识、掌握知识,有助于学生提高自身人文素养,树立创新精神,提升科学素养.

5.4 总结与评价

教师引导学生回顾整个学习过程,伽利略做出的最大贡献是他形成了一套以观察、实验与逻辑思维相辅相成的科学研究方法体系,这一科学方法体系也是他成功的主要原因.引导学生对伽利略研究方法进行归纳、概括为图3.

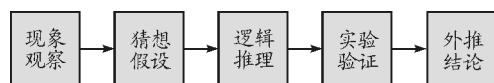


图3 伽利略研究方法归纳

设计意图:伽利略的发现以及他的科学推理方法是人类思想史上最伟大的成就之一^[8],本环节学生在教师的提问下探索更深层次的研究方法层面.这一环节引领学生体会科学研究方法在研究过程中的重要性,使学生感受科学研究中科学思维的逻辑以及物理学家的探索精神,树立良好的科学态度与责任感.此环节的探究使学生在了解科学思想的同时树立正确的价值观、世界观,渗透科学本质和情感态度价值观教育.

6 总结

2019版教材中将本节内容移至“科学漫步”模块内,删减了之前的“绵延两千年的错误”“逻辑的力量”这两部分,这两部分中提及的亚里士多德“错误观点”的引入、比萨斜塔实验的举例,这两个观点是否合适一直都是引起学者、教研员、一线教师们质疑、争议的内容,随着教育改革的深入、教材研究的成熟,本次新版教材对此处做了改动.类似于这样的优化在新版物理教材中还有很多,可见教科书研究主题在不断拓宽,研究的科学化水平也在不断提升.

本节知识的变动将会引起教师“教还是不教?”的疑惑,而本节“科学漫步”模块的定位与HPS的理念自洽融合,因此为了更好地落实新教材中本节课的教学内容,实现教师对教材内容的深入理解和教学,更好地达到新课程标准对本节课提出要求.将HPS教学模式运用于本部分内容中,以短小精悍的教学设计予以呈现,不仅帮助学生正确理解物理规律,还让他们不断地从中感受到严谨的科学态度和科学的思维方法^[9],增强了对科学本质的理解,逐步树立科学的世界观和方法论.

HPS教学过程中采用建构与对话的方式使学生全身心“沉浸”于学习情境之中,既加深了物理学史的学习,又紧密融合了科学史与教学过程,改善了学生学习物理规律时只关注外显知识忽视科学思维

这一不足之处。“问题与问题解决”是培养科学探究精神的出发点,而“实验探究”则是实现这一目标的重要途径,本节课教学设计中对实验验证环节加以优化,使学生能经历真正的探究过程.这一完整的HPS教学过程不仅帮助学生更好地获取和建构物理知识^[10],也促进学生学会严谨的科学思维,形成良好的科学态度以及敢于质疑、勇敢探索的科学精神.

总之,HPS教学模式以促进学生领悟科学探究本质为主,为学生树立合理的科学态度与观念,推动学生学会思考、学习、批判和创造,进而提升学生的学科核心素养^[11],正如法国著名物理学家朗之万所说,在科学教育中,加入历史的观点是有百利而无一弊的,教师若可以合理、适当地渗透物理学史,恰当运用HPS教学模式进行教学,将会取得良好的教学效益.只有认识到并做到这一点,HPS教学模式的优点才能大放异彩,科学本质的探究才会更加深刻地贯穿于课堂,我们的物理课堂将会充满灵性,培养出未来科学的探究者.

参考文献

- 1 袁维新. HPS教育:一种新的科学教育范式[J]. 教育科学研究,2010(7):48~55
- 2 普通高中教科书物理必修1[M]. 北京:人民教育出版社,2018.49~54
- 3 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,2017
- 4 陈文. 新课程中利用物理学史培养学生的科学精神[J]. 教育研究,2010(11):299
- 5 王慧君. 科学探究的本质特征——兼论科学探究与实验探究的关系[J]. 河南科技学院学报,2010(11):81~84
- 6 (美)I·伯纳德·科恩著. 新物理学的诞生. 张卜天,译[M]. 长沙:湖南科学技术出版社,2009.83
- 7 王春英. 落体运动的历史研究[J]. 力学与实践,2008(4):93~98
- 8 陆良荣. 渗透物理学教育,提高课堂教学效益[J]. 物理教师,2017,38(6):22~24
- 9 李雪林. 物理教学要体现科学探究的本质[J]. 物理教师,2016,37(12):9~11
- 10 徐玲,郭怀中. 从伽利略实验方法创立谈培养学生科学素质[J]. 物理教学,2013,35(3):15~16
- 11 高矿. HPS教学模式在高中物理教学中的应用[J]. 物理教师,2013,34(2):15~17
- 12 刘华昌,丁玉莲. HPS教育研究综述[J]. 教学研究,2009(6):24~27
- 13 尤江龙. 基于学生物理核心素养提升的“先学后教”实践[J]. 物理教师,2018,39(10):12~19

Based on the *HPS Teaching Concept*, Reflecting the Scientific Nature of Physics Teaching

—The Teaching Design on *Science Walk* in the Free Fall Movement of the Textbook of the 2019 Edition

Gao Song Jiao Rui

(School of Physics and Electronics, Shandong Normal University, Jinan, Shandong 250300)

Abstract: The new textbook will include Galileo's study of freefall as the main content of "science walk". The change of the new textbook will bring about a reform in teaching. As an important way to cultivate students' scientific literacy and scientific spirit, the part of "Galileo's research on free fall movement" is a method education class. How can teachers fully display the scientific thinking and spirit contained in this class in teaching, and also conform to the short and concise teaching orientation of "science walk"? Based on this, this paper USES "Galileo's research on free falling movement" as reference to optimize the teaching design, and integrates the history of science with the study of physical laws organically, so as to promote the cultivation of students' scientific literacy and scientific thinking, and to implement the content of this section in the new textbook effectively.

Key words: HPS; scientific literacy; scientific thinking; 2019 edition textbook