

物理学史融入物理教学的实践探索

——以《自由落体运动》为例

钱莉莉¹, 李学¹, 庞峥¹, 梁雅丽²

1.北京市第九中学, 北京 100041

2.北京市石景山区外语实验小学, 北京 100144

摘 要 : 高中物理新课标倡导学科核心素养, 倡导理想信念和社会责任, 倡导科学文化素养和终身学习能力, 倡导沟通合作和自主发展能力。如何在课程中有效的发展学生的学科核心素养成为一个急迫和必须的研究课题。将物理学史融入高中物理教学尝试把课程中的物理规律及物理规律发展过程中的科学思维方法作为基础, 对物理规律的认识过程和研究方法进行探究性学习, 以此发展学生学科核心素养。本设计基于真实物理学史情境, 重演了落体运动相关研究过程, 凸显了科学思维、科学方法和科学家精神。

关 键 词 : 物理学史; 物理学史情境; 探究教学; 自由落体运动

A Practical Exploration of Integrating Physics History into Physics Teaching -- A Case Study of "Motion of a Free Falling Body"

Qian Lili¹, Li Xue¹, Pang Zheng¹, Liang Yali²

1. Beijing No. 9 Middle School, Beijing 100041

2. Beijing Shijingshan District foreign Language Experimental Primary School, Beijing 100144

Abstract : The new high school physics curriculum standards advocate the core literacy of the subject, advocate ideals and beliefs and social responsibility, advocate scientific and cultural literacy and lifelong learning ability, and advocate communication and cooperation and independent development ability. How to effectively develop students' core literacy in the curriculum has become an urgent and necessary research topic. Integrating the history of physics into high school physics teaching attempts to take the physics laws in the curriculum and the scientific thinking method in the development process of the physics laws as the basis, and carry out exploratory learning on the understanding process and research method of the physics laws, so as to develop students' core literacy of the subject. This design is based on the real historical situation of physics, reproduces the research process related to falling motion, and highlights the scientific thinking, scientific method and the spirit of scientists.

Keywords : history of physics; context of history of physics; inquiry teaching; free fall motion

引言

著名物理学家保罗·朗之万提出:“科学的教育价值,既在于发现,又在于能够达到这种发现的努力;既体现在对定律的表述上,也体现在定律的发展历史上……科学教育的结果和过程是不可分离的……”^[1]

现实物理教学中,不能只教授或学习已有的知识体系和固有习题,更要深入挖掘物理学的思想方法,了解物理规律的来龙去脉,学习其中蕴藏的人类智慧和人文精神,想方设法激发学生的学习兴趣,引导学生学会应用所学物理规律解决实际问题的能力,使物理学习变得有趣和有用,并辅助进行辩证唯物主义和爱国主义教育。如果仅仅传授现成知识,灌输解题方法,进行应试教育,学生的获得是残缺的,正如人教社周国强老师说,“忽视学生的学习兴趣 and 创造力培养,满堂灌输,久而久之学生面对‘完整无缺’的物理学就像一个大铁球,想钻进去或跳出来都缺乏勇气,何以谈得上发挥创造性?”^[2]如果只满足于授之以鱼,注重灌输作为科学发展最后结果的科学规律,忽视物理规律的来龙去脉,忽视其建构发展的过程,就忽略了最重要的物理研究思想方法。学生虽然经过题海的磨练,掌握了很多的解决试题的方法,考试分数可能很高,但在面对真实物理世界时,依然不能将面临的真实问题转化为物理模型,也不会应用所学规律解决实际问题。首都大红军教授对此现象曾以物理原始问题为主题进行过专业研究,可谓异曲同工。

本教学设计尝试将物理学史的情境融入课堂,通过史实重演,探究自由落体运动规律,经历科学家的研究过程,品味科学精神,体会科学思维方法,发展学生核心素养。

一、教学要求和教学目标

(一) 课标要求

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。了解亚里士多德关于力与运动的主要观点和研究方法。了解伽利略研究自由落体运动的实验和推理方法。^[3]

(二) 教材与学情分析

本节教材通过实验演示、逻辑推理与实验探究得出自由落体运动的规律，引导学生认识了自由落体运动的规律，同时引导学生敢于大胆质疑，培养学生的逻辑推理和实验探究能力。教材中伽利略用实验与逻辑推理相结合的科学思维和研究方法对落体运动的研究最为经典。教材中伽利略的生平材料对发展学生科学态度和责任具有较高价值，反映出科学对社会发展的推动作用。^[4]自由落体运动是理想化模型，生活中的落体运动大多存在空气阻力，学生不容易突破生活经验，成功建立自由落体运动模型。为了转变学生的已有认识，进行教学难点突破，教材从亚里士多德观察经验结论与伽利略的科学论证间的矛盾出发，引导学生发现空气阻力的重要影响，进而提出去除空气阻力的理想化模型——自由落体运动。

学习本节内容之前，学生已经学习了匀变速直线运动的速度与时间、位移与时间、速度与位移等规律，学习了匀变速直线运动的四个重要的比例式，学习了打点计时器的使用、纸带法处理实验数据、绘制速度时间图像判断物体的运动等知识。学生对于伽利略实验与逻辑推理结合的科学思维方式和研究方法对于物理学的重要意义缺乏足够认识，学生缺乏对物理学史的相关了解和认识。

(三) 教学目标

1. 知道亚里士多德的落体运动观点；知道伽利略的研究实验和推理方法，能认识到伽利略的研究方法对于科学进步和人类发展的重要性；
2. 探究自由落体运动，经历基于证据的质疑过程，体会科学研究方法；经历物理研究中抽象概括和推理的过程。

二、教学实施过程

(一) 教学引入

落体运动是我们生活中常见的一种运动。秋天，枯黄的树叶和成熟的果实会落下来；冬天，天空会有雪花落下；春天，会有春雨落下；夏天，会有冰雹落下。那么，这些常见的落体运动现象背后隐藏着怎样的自然规律呢？

(二) 历史研究

两千多年前，古希腊科学家亚里士多德通过大量的现象观察，归纳为：“重的物体比轻的物体下落快。物体下落的快慢是由重量决定的。”亚里士多德尊重真理的古代科学家，曾提出：“吾爱吾师，吾尤爱真理。”他的老师柏拉图认为：“尊重别人不能超越尊重真理。”柏拉图的老师苏格拉底认为：“无知即罪

恶。”他们并称为古希腊三贤！^[5]历史上，亚里士多德对科学做出了很多贡献，他对落体运动的理论也延续了两千多年，那么，他的研究结论是不是正确呢？

两千多年之后，伽利略对此提出了质疑。若“重的物体比轻的物体下落快”正确，那将两个轻重不同的物体拴在一起。因为重的物体相对下落快，会拖动轻的物体使轻的物体下落比原来快；而轻的物体下落相对慢，会拖累重的物体，使重的物体下落比原来慢。它们拴在一起下落的快慢应该介于两者单独下落的快慢之间；但是，两个物体拴结为一个整体，总重量最大，按照命题整体下落应该最快。相同的假设得到两个不同的结论，自相矛盾。

因此，亚里士多德关于落体运动的理论是有问题的，他为什么错了呢？我们平时看见的落叶和苹果轻重不同，下落快慢确实不一样啊？请你用一片纸巾模拟落叶，一块粉笔头模拟苹果，设计实验探究亚里士多德的错误所在，提出你的猜想。

实验探究：舒展的纸巾与粉笔头下落比较；将纸巾团成一团捏紧与粉笔头下落比较；实验结果不同是因为空气阻力的影响！如何排除空气阻力的影响呢？可以通过抽真空进行“真空玻璃管中的羽毛和铁片”下落实验，用视频演示月球表面的锤子和羽毛球落体实验。实验发现排除空气阻力的影响，不同轻重的物体下落快慢一样。

那么，伽利略是怎样排除空气阻力影响的呢？当时没有抽气机，没有钟表，只能用水漏记录时间。

伽利略在《两门新科学的对话》中提到，同样大小的金球、铅球和木球，分别从同一高度落入水银、水和空气中，发现下落至水银中的结果相差最多，水中次之，下落至空气中几乎没有差别。即随着介质密度的减小，下落差别越来越小，随即进行合理外推，若没有介质的影响，轻重物体下落快慢一样。^[6]伽利略在简陋的实验条件下，凭借着逻辑推理的方法，完成了我们需要借助高科技器材才能实现的目标。爱因斯坦对此高度评价：“伽利略的发现以及他所应用的科学推理方法，是人类思想史上最伟大的成就之一，标志着物理学的真正开端！”^[7]

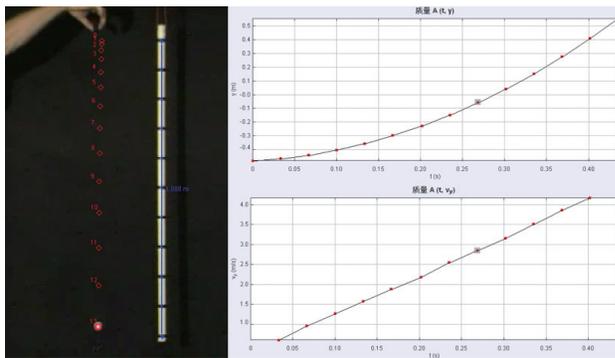
(三) 探究规律（学生设计实验探究方案并进行实验探究）

方案一 落体纸带法实验。用打点计时器打出的纸带记录落体位移与时间关系，研究自由落体运动规律。^[8]



> 图1

方案二 用 TRACKER 软件分析自由落体运动视频，探究自由落体运动规律。^[9]



>图2

我们借助现代实验器材，可以轻松获得自由落体运动的规律，那么当年简陋条件下，伽利略如何进行科学研究的呢？

伽利略研究自由落体运动时，位移、速度、加速度等运动学的相关概念还都没有建立。伽利略首先建立了描述运动的相关概念。需要特别指出的是，伽利略认为自然规律一定简洁，因此，他认为落体运动是速度均匀变化的最简单的变速运动。猜测落体运动要么速度 v 正比于时间 t ，要么速度 v 正比于位移 x 。经过推理论证，若速度 v 正比于位移 x ，推导结果十分荒谬。^[10]

伽利略检验速度 v 是否正比于时间 t 的实验十分巧妙，充满了智慧。在当时的历史条件下，根本没有技术手段直接测量速度。但是，伽利略巧妙通过数学逻辑得出结论：如果速度 v 正比于时间 t ，从 0 开始加速的位移就与时间 t 的平方成正比。反过来，若从 0 开始加速的位移与时间 t 的平方成正比，其速度 v 一定正比于时间 t 。这样，不容易测量的速度转化为容易测量的位移，使测量难度大为降低。伽利略的智慧还体现在时间的测量上，因为重力加速度大，落体下落时间短，利用水漏滴水计时并不能准确计量运动时间。伽利略采用斜面巧妙“冲淡”了重力的影响。小球在斜面上运动的加速度小，时间变得相对容易测量。伽利略重复上百

次实验，证明小球沿斜面滚下的运动是速度 v 正比于时间 t 的匀变速运动。相同倾角，不同小球的加速度相同，倾角越大加速度越大。伽利略进一步进行了合理外推：斜面倾角越大，越趋近于自由落体运动，当倾角为 90° 时，小球也是匀变速运动，而且所有物体下落的加速度都一样。^{[11] [12] [13] [14]}

(四) 学以致用

解释反应尺原理。解释落体探洞的深度原理。

(五) 联系社会问题，提升社会责任

解释高空抛物问题，交流课堂感受。

三、研究启示

本设计从生活中的常见落体现象引出问题，先回顾亚里士多德的观察归纳的直观结论。再回顾伽利略运用逻辑推理的方法的得出相互矛盾的结论，突出了逻辑推理的力量，加强学生质疑精神的培养。再通过演示实验发现空气阻力对落体运动的影响，启发学生忽略次要因素建立自由落体运动的理想模型。继而设计实验方案探究自由落体运动并且回顾伽利略对自由落体运动的研究，体会逻辑推理加实验验证的科学方法对于物理学发展的重要意义。在应用物理学史情境进行探究教学方面进行了实践探索。

教学设计突出了历史上科学家对自由落体运动的研究，意图使学生经历自由落体运动的科学研究过程，体会科学家的思维方式、研究方法和科学精神，从而达到发展学生思维推理能力、探究能力、树立科学态度与责任的教育目的。^[15]

将物理学史融入实际教学有较好的教学效果，其真实的物理情境，激起了学生探究学习的兴趣，经历与科学家类似的探究过程，有利于自己的知识建构和对科学思维方法的体会。将物理学史融入实际教学相较于传统教学有其特有的优势，更有利于发展学生的科学素养。

参考文献

[1] 保罗·郎之万. 思想与行动 [M]. 生活·读书·新知三联书店, 1957
 [2] 侯新杰. 物理学史与物理教学结合的理论与实践研究 [D]. 华东师范大学.
 [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, 2018
 [4] 彭前程. 普通高中教师教学用书物理必修第一册 [M]. 北京: 人民教育出版社, 2019
 [5] 刘艳凤. 物理学史教程 [M]. 哈尔滨地图出版社, 2012.
 [6] 伽利略. 关于两门新科学的对话 [M]. 北京大学出版社, 2006.
 [7] 陈统芳, 敏延肃. 物理学史简明教程 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1986.
 [8] 彭前程. 普通高中教科书物理必修第一册 [M]. 北京: 人民教育出版社, 2019.
 [9] 李学. 运用 Tracker 丰富高中物理力学实验手段的研究 [D]. 北京: 首都师范大学, 2019.
 [10] 魏凤文, 申先甲. 20 世纪物理学史 [M]. 江西教育出版社, 1994.
 [11] 李艳平, 申先甲. 物理学史教程 [M]. 科学出版社, 2003.
 [12] 钮卫星, 江晓原. 科学史读本 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2008.
 [13] 郭奕玲, 沈慧君. 物理学史 [M]. 清华大学出版社, 2005:5,15,16.
 [14] 申先甲. 物理学史 [M]. 南京师范大学出版社, 2001.
 [15] 王玉亭. 物理学史融入中学课堂教学的实践研究 [D]. 陕西师范大学, 2016.