物理学史与物理学家

# 量子物理学史教育价值及实践示例探讨

王智攀 （清华附中嘉兴实验学校 浙江 314000）

**摘 要** 量子物理作为20世纪最伟大的发现之一，其发展历史及相关理论与中学物理教学实践的结合却不甚紧密。为突破现有教学困境，构建了历史逻辑与教育规律相协同的教学新范式，即借助量子物理学史创设问题情境，涵养深层科学态度责任，淬炼求真价值观；适时故事交融，剖释课堂教学的重难点，贯通阶段性脉络；重构认知冲突，揭示科学认知的暂定性，培养批判性思维；深化教材内容，在实证中坚守理性底色，铸就创新性内核。

**关键词** 量子物理史 教育价值 核心素养 科学本质

**文章编号** 1002-0748(2025)11-0075 **中图分类号** G633·7 **文献标识码** B

物理学史是研究人类对自然界各种物理现象的认识史，研究物理学发生和发展的基本规律，研究物理学概念、思想发展和变革的过程[1]。物理学史的教育价值已获广泛认同，但作为20世纪科学革命核心的量子力学，其历史脉络与中学课堂仍存在显著断裂。当前教材虽引入量子物理学史内容，却普遍面临“教学扁平化”困境，教师或因专业史观缺失简化关键认知转折，或因路径依赖弱化理论革新价值，导致量子力学颠覆性的思维革命被压缩为公式符号的记忆训练。这种割裂不仅遮蔽了“波粒二象性”“概率诠释”等概念背后激烈的认知博弈，更使课程设计的科学本质教育目标与学生机械化学习效果形成鲜明矛盾。区别于经典物理学史线性演进的特征，量子物理学史具有三重独特教育维度：其概念体系的建构性打破决定论认知框架；其科学争议的持续性彰显认知暂定性本质；其技术转化的革命性凸显科学社会责任。这些特质恰与物理学科核心素养形成深层映射。为突破现有教学困境，本文从四个向度举例探讨量子物理学史的教育价值，以此构建历史逻辑与教育规律相协同的教学新范式，以期为广大物理教师分享可供参考与启发的教学思路。

## 1 创设问题情境，涵养深层科学态度责任，淬炼求真价值观

量子物理学史属于物理学史的一部分，同时也是物理学史中距离现实生活年份最近、理论与现实生活最贴切的一部分。可见，对于创设问题情境、实施情境性教学而言，量子物理学史具备得天独厚的优势。例如在学习“电磁波的海洋”时，电磁波虚无缥缈的物理特性与其普惠万方的现实功业相对立，这种认知冲突恰恰构成了绝佳的教学支点。我们可以从赫兹的经典实验切入，当这位科学家在1886年专注观测铜球间微弱的电火花时，他眼中只有验证麦克斯韦理论的纯粹渴望，而绝不会想到这些火花将成为百年后万物互联的星火。

史料呈现、创设情境：1886年，赫兹在实验室中凝视着两个铜制小球。当高压电击穿空气形成电火花时，他真正期待的是验证麦克斯韦预言的电磁波——这个当时无人观测过的无形存在。通过精心设计的发射器和独立接收装置，赫兹最终在接收端捕捉到了转瞬即逝的火花，证明电磁波确实穿越空间传递了能量。这一实验不仅破解了柏林科学院的悬赏难题，更让麦克斯韦方程组从数学奇迹变为可观测的现实，为电磁理论完成了最后一块拼图。令人唏嘘的是，37岁早逝的赫兹未能目睹其发现掀起的风暴。1894年，一位意大利青年马可尼读到论文后，两年内就实现了无线电通信并申请专利，最终创立公司推动了电信革命。

问题探究：当我们惊叹于信息时代的奇迹时，不禁思考，如果赫兹知晓自己的基础研究将带来如此巨大的商业价值，这位纯粹追求真理的科学家会做何感想？

讨论后追问：如果赫兹当年以“寻找通信技术商机”为目标，他是否还能捕捉到那转瞬即逝的火花？当基础科学研究被功利主义裹挟时，人类是否终将失去触碰真理的纯粹能力？



中国知网 https://www.cnki.net

当我们将赫兹实验折射出的多重反差：无形与实用之悖论、个体探索与文明跃迁之共振、纯粹认知冲动与技术产业化之张力置于科学教育视野中时，一个超越知识本位的思辨场域豁然展开。这种认知冲突不仅揭示了伟大发现往往诞生于对功利主义的超越，更昭示着培养学生科学态度的深层路径：在追问“科学家为何而研究”的过程中，引导学生体悟好奇心驱动的研究初心与技术伦理的当代责任之间的辩证关系，使其既保持追问自然本质的纯粹热忱，又孕育“科技向善”的价值判断力，这正是科学精神传承中最珍贵的双重基因。

## 2　适时故事交融，剖释课堂教学的重难点，贯通阶段性脉络

“能量量子化”作为颠覆性的重要概念，却因其抽象性、反直觉性成为物理教学的认知断层。对此，教师可依托量子物理学史中的认知跃迁时刻，利用小故事交融量子物理学史的方法剖释难点，化难为易、化繁为简，将历史困境转化为教学脚手架。下文将以人教版教材“能量量子化”教学为例，通过悖论溯源、困境再现、概念重生的三阶叙事，实现抽象原理的具象着陆。

悖论溯源：同学们，今天我们一起探讨古希腊哲学家芝诺提出的著名悖论，假设奥运冠军阿喀琉斯与乌龟赛跑，当乌龟领先100米时，阿基里斯每次跑到乌龟的起点，乌龟已前进新距离，看似永远追不上。明明现实中肯定能追上，为什么数学推导却说追不上？这其实和当年普朗克遇到的难题很像。

困境再现：普朗克面对的困境远不止数学悖论。当他面对黑体辐射问题时，经典物理大厦已显裂缝。这位虔诚的经典物理学信徒被迫站在深渊边缘：要么承认热辐射能量存在最小单元，要么目睹整个热力学体系崩塌。正如阿喀琉斯面对无限分割的数学困境，普朗克在1900年那个寒夜终于挥出破局之剑——能量变化存在基本单位 $h\nu$，这看似微小的切口，实为撕开连续时空帷幕的第一道量子之光。

概念重生：这一颠覆性思想如何重构认知？当我们观察微观世界，能量就像台阶上跳跃的旅人，每一步都精准踏在 $h\nu$ 的整数倍台阶，绝不悬停在两级之间。化学反应中释放的100焦耳能量，实则是无数个 $h\nu$ 能量包的整体投送。普朗克常数 $h$ 犹如时空的像素单元，既终结了芝诺的追龟困境，也宣告了人类终于触摸到自然界的真实纹理——由离散量子编织的万物图景。

将量子物理学史转化为认知阶梯的策略，为破解抽象概念教学提供了新范式。量子物理学史中的认知跃迁时刻恰似精心设计的“概念脚手架”：芝诺悖论唤醒认知冲突，黑体辐射困境复现科学家的思维挣扎，能量量子化揭示认知跃迁的本质——这三级叙事架构精准对应皮亚杰“同化—顺应—平衡”的认知发展模型。当学生亲历普朗克突破连续性思维桎梏的过程，量子概念不再是突兀的结论，而是认知进化的自然产物。这种基于认知发展规律的教学设计，不仅让微观世界的反直觉特性获得具象锚点，更培育了“突破思维定式”的科学素养，这正是应对未来科技爆炸时代的核心能力。

## 3　重构认知冲突，揭示科学认知的暂定性，培养批判性思维

认识科学本质是现代社会对公民具备科学素养的基本要求，这一点已在国际科学教育及相关领域达成共识[2]。作为科学本质之一的科学知识暂定性，是指所有科学知识，包括事实、理论和定律，都可能在某一刻被推翻和颠覆。量子物理学史中充斥着理论建构与实验证伪的激烈碰撞，这种认知的自我颠覆恰恰揭示了科学知识的暂定性与演进性。当既有理论框架遭遇实验反例时，科学家往往面临“捍卫范式”或“颠覆认知”的艰难抉择，这种矛盾为培养学生的批判性思维提供了鲜活素材，也成为加深学生关于科学认知暂定性理解的天然场域。例如在原子结构教学中，学生常陷入“理论绝对正确”的迷思，而卢瑟福实验的戏剧性反转与玻尔的破局性创新，正是打破认知定式的绝佳切入点。

史料呈现、重构冲突：1909年，卢瑟福为验证导师汤姆生的“葡萄干布丁模型”（原子如带正电云团，并镶嵌电子），设计 $\alpha$ 粒子散射实验。当绝大多数粒子径直穿透金箔时，极少数粒子却发生大角度偏转，这犹如“炮弹轰击薄纸却反弹”的诡异现象，彻底否定了原子均匀分布的假说。卢瑟福提出“行星模型”（原子核集中正电荷，电子绕核旋转），却陷入更深层困境：根据经典电磁理论，加速运动的电子会辐射能量，导致原子在亿分之一秒内坍缩。这一悖论将物理学推向深渊，要么放弃原子核模型，要么颠覆麦克斯韦方程。

分组角色扮演：将学生分为三组，指导学生课前收集相关史料，课堂变身科学小剧场，三组学生分别代表“经典理论捍卫者”（主张放弃行星模型）、“激进革新派”（主张重建物理理论）与“实验物理学家”（坚



中国知网　https://www.cnki.net

持数据优先)。基于1912年的科学语境,模拟学术会议辩论,要求学生用数学推导与实验证据支撑立场。

考量这场"实验反叛—理论危机—范式革命"的认知循环,每个环节都印证着科学知识的暂定性本质:所谓"正确理论",不过是特定历史条件与认知局限下的阶段性共识。这种认知冲突的具象化呈现,能够引导学生理解科学探索的本质不是寻找终极答案,而是在不断自我否定的过程中逼近真理。这种教育不仅破除了对科学理论的绝对化迷信,更培育了学生面对矛盾时的认知弹性:既能坚守实证精神,又敢于在传统框架外寻找解题密钥,这正是批判性思维在科学教育中的最高形态。

## 4　深化教材内容,在实证中坚守理性底色,铸就创新性内核

关于光的"波粒二象性"概念,在人教版高中物理教材中被两次提到,其一是在"光"单元"科学漫步"栏目中以简短的篇幅介绍关于光本性的两次争端,另一是在"原子结构和波粒二象性"一节中写道:"从牛顿时代光的微粒说……再到爱因斯坦的光子理论乃至量子电动力学,人类对光的认识构成了一部科学史诗"。可见在物理学史中,这场跨越超过300年的光本性之争是何其绚烂多彩,在一系列否定之否定的科学发展过程中深刻反映出间断性和连续性的统一,生动形象地展现出科学研究的独有魅力。但反观教材中,虽给予其"科学史诗"之美誉,却因教材篇幅限制被压缩为静态结论,学生既无法体会"微粒说"与"波动说"此消彼长的辩证过程,又易陷入"光为何既是波又是粒子"的认知困境,更不用谈领会这段"科学史诗"的魅力。下文将以"光"单元中"科学漫步"栏目为例,在教材原有内容的基础之上加以适当深化与阐释,帮助学生了解物理学发展的过程,理解学科知识发展的前后因果,体会科学探索道路的曲折坎坷。

场景一:牛顿的棱镜与胡克的愤怒(1672年)。"请诸位设想,若光如胡克所言是一种波动,为何三棱镜能将白光按颜色精确分离?"牛顿在皇家学会的报告中举起棱镜,七色光谱投射在胡克紧绷的脸上。波动派领袖胡克当场斥责:"这不过是我的《显微术》中颜色理论的变种!"

学生分组扮演微粒派与波动派,基于原始信件(如牛顿致奥尔登堡信)还原论战逻辑,思考:光的色散现象究竟支持粒子性还是波动性?

场景二:泊松亮斑的致命反转(1818年)。"用数学推导证明波动说的荒谬吧!"粒子派泊松将计算结果甩向菲涅尔,若光真是波,被圆盘遮挡的光线必在阴影中心形成亮斑。教师于教室演示泊松亮斑实验[3],引导学生亲眼见证"不可能存在的亮斑"出现时,体会科学史上最著名的"自杀式论证"。追问:为何数学理性与实验事实冲突时,科学家必须向自然低头?

认知冲突链:为何牛顿的光微粒说能统治百年,却被杨氏双缝干涉条纹击溃?光电效应中"光量子"概念如何迫使波动说让渡解释权?若光仅是波或粒子,为何现代激光器既需波动性设计光学腔,又依赖粒子性实现受激辐射?

这场百年论战的教育意义远超"波粒二象性"结论本身。当学生置身于牛顿与胡克的学派对峙、菲涅尔与泊松的"亮斑赌局"时,他们触碰到的不仅是光的本质,更是科学研究的核心范式。学生通过重演论战,理解科学进步并非线性累积,而是在矛盾中螺旋上升;追问"为何爱因斯坦坚持光量子假说十年才被密立根实验证实?"引导学生反思:当理论超前于时代时,科学家如何平衡信念坚守与实证精神?这种思辨直接关联思维方法的跨界迁移,进一步引申至量子通信技术,探讨"波粒认知革命"如何为现代科技埋下伏笔。这场贯穿经典与量子的认知革命,最终教会学生的不是"光的本质是什么",而是"如何在不完备中逼近真理"——这种在矛盾中保持思辨张力、在实证中坚守理性底色的科学态度,正是创新型人才培养的深层内核。

## 5　结　语

量子物理学史的教学重构,本质上是将科学革命的基因密码转化为培育核心素养的教育基因。当学生亲历赫兹的纯粹求索、普朗克的范式突围、卢瑟福的自我革命时,他们收获的不仅是物理知识,更是科学探索中批判质疑的勇气、拥抱不确定性的智慧以及科技向善的伦理自觉。量子物理学史教学的价值,正在于将科学前沿的认知博弈转化为思维跃迁的阶梯,让三百年的科学史诗成为滋养创新精神的沃土。期待更多教育工作者以历史为镜,在课堂中重现科学革命的灼灼光华,使量子力学不再是公式的机械堆砌,而真正成为激发科学精神觉醒的认知革命。

**参考文献**

[1] 郭奕玲,沈慧君.物理学史[M].北京:清华大学出版社,2005.
[2] 杨杰,郭玉英.高中物理课程标准中的科学本质教育研究[J].课程·教材·教法,2019(7):113—119.
[3] 杨异秉,周旭孟.基于激光扩束的泊松亮斑实验方案[J].物理教师,2022(1):54—55.



中国知网　https://www.cnki.net