

光的粒子性教学与科学精神的培养

丁汉芹

新疆大学物理科学与技术学院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2026年4月21日; 录用日期: 2026年5月18日; 发布日期: 2026年5月26日

摘要

本文聚焦于光的粒子性教学, 阐述了其在教学中的关键地位与核心内容, 分析了教学过程中的难点。同时, 深入探讨了如何在光的粒子性教学中有效培养学生的科学精神, 包括批判质疑精神、实证精神、协作精神等, 旨在为提升物理教学质量、培育具有科学素养的人才提供参考。

关键词

粒子性, 教学, 科学精神, 培养

Teaching of the Particle Nature of Light and the Cultivation of Scientific Spirit

Hanqin Ding

School of Physical Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang

Received: April 21, 2026; accepted: May 18, 2026; published: May 26, 2026

Abstract

This paper focuses on the teaching of the particle nature of light, elaborates on its key position and core content in teaching, and analyzes the difficulties in the teaching process. Meanwhile, it discusses deeply how to effectively cultivate students' scientific spirit in the teaching of the particle nature of light, including the spirit of critical questioning, empirical evidence, and collaboration, aiming to provide references for improving the quality of physics teaching and fostering talents with scientific literacy.

Keywords

Particle Nature, Teaching, Scientific Spirit, Cultivation



1. 引言

在当代科学教育中，量子物理作为现代物理学的基石，其教学不仅承载着传递核心知识的使命，更肩负着培养学生科学精神的重任。光的粒子性作为量子物理的经典案例，其教学价值不仅在于揭示微观世界的本质规律，更在于通过科学史的还原与科学方法的显化，引导学生理解科学知识的暂时性、实证性与社会文化嵌入性，进而形成对科学本质(NOS)的深刻认知。国际上，量子物理教学注重结合前沿科技，强调从经典理论到量子理论的认识冲突引入。例如，谷歌、IBM等科技巨头在量子计算领域的研究成果，为量子物理教学提供了丰富的案例，使学生能直观感受量子物理的实际应用价值，激发学习兴趣。同时，国外教学常借助虚拟仿真技术，将抽象的量子概念可视化，降低学习难度，如通过模拟双缝干涉实验，让学生更清晰地观察光的粒子性与波动性表现。国内量子物理教学研究也成果丰硕。众多学者聚焦于教学内容的创新与优化，提出将物理学史融入教学，展现科学家从质疑到实验再到理论突破的过程，培养学生的科学探究精神。例如，在光的粒子性教学中，引入爱因斯坦对光电效应的解释，让学生体会科学理论的创新与发展。在科学本质(NOS)教育方面[1]，国际上普遍将科学本质作为课程目标，强调学生对科学知识暂时性、实证性等特征的理解。国内研究则更关注科学本质教育在教材中的呈现及教学实践中的应用，通过设计“显性-反思性”教学活动，引导学生思考科学本质相关问题，提升科学素养。这些研究成果为光的粒子性教学中科学精神的培养提供了坚实的理论基础与实践参考。

在人类对自然界的认知历程中，光始终占据着独特而关键的地位[2]。从远古时期人类对光带来光明与温暖的直观感受，到如今在量子物理领域对光本质的深入探究，光的奥秘如同一个无尽的宝藏，不断吸引着科学家们前赴后继地探索。其中，光的粒子性作为光本质研究的重要方面，不仅极大地推动了物理学的发展，更在科学精神培养方面具有不可估量的价值。在当今教育体系中，科学精神的培养已成为教育的重要目标之一[3]。科学精神是人类在探索自然、追求真理过程中所形成的宝贵精神财富，它包括勇于质疑、严谨实证、创新进取、理性思考等多个方面。培养学生的科学精神，不仅有助于他们掌握科学知识和技能[4]，更能塑造他们正确的世界观、人生观、价值观，使他们具备适应未来社会发展所需的综合素质[5]。

光的粒子性教学为科学精神培养提供了一个绝佳的切入点。在教学过程中，通过讲述光的粒子性理论的发展历程，让学生了解科学家们是如何在面对困难和质疑时，坚持探索、勇于创新，最终揭示光的本质的。学生可以从中感受到科学探索的艰辛与乐趣，体会到科学精神的内涵和价值[6]。同时，光的粒子性教学涉及许多抽象的概念和复杂的理论，需要学生运用理性思维进行分析和推理，这有助于培养他们的逻辑思维能力和科学探究能力[7]。因此，深入研究光的粒子性教学与科学精神培养的关系，探索有效的教学方法和策略，具有重要的理论和实践意义。

2. 光的粒子性教学的重要内容和内容

光具有波粒二象性，这一概念的确立历经了漫长而曲折的过程。这一过程充分体现了科学发展的动态性和不确定性，每一次理论的突破都是对传统观念的挑战和超越。

2.1. 重要性

光的粒子性是现代物理学的重要组成部分，对于学生理解光的本质、量子力学的基本概念以及现代

科技的发展具有重要意义。从历史角度看,光的粒子性与波动性的争论推动了物理学的发展,如光电效应的解释促使爱因斯坦提出光子概念,为量子力学的发展奠定了基础。从实际应用角度,光的粒子性在激光技术、光纤通信、太阳能利用等领域有着广泛的应用。因此,在教学中深入讲解光的粒子性,有助于学生构建完整的物理学知识体系,提高他们对物理学的兴趣和应用能力。

2.2. 教学内容

光的粒子性的历史发展:介绍牛顿的微粒说,牛顿认为光是一种匀质硬性小球,这种观点能够较好地解释光的反射、折射及光的直线传播现象。然而,随着光的干涉、衍射现象的发现,波动说逐渐占据上风。直到光电效应的发现,光的粒子说才重新引起重视。爱因斯坦提出光子说,认为光在发射和吸收时以及在空间传播时都是以光子的形式存在,成功解释了光电效应,使光的粒子性得到广泛认可。

光电效应:光电效应是指在光的照射下,某些物质内部的电子会被光子激发出来而形成电流的现象。详细讲解光电效应的实验规律,如光电流与光强的关系、截止频率、光电效应的瞬时性等。通过实验演示和数据分析,让学生理解光电效应与光的粒子性的紧密联系,即光子的能量与频率有关,只有当光子的能量大于金属的逸出功时,才能产生光电效应[8]。

光子概念:光子是传递电磁相互作用的基本粒子,具有能量和动量,但没有静止质量。介绍光子的能量公式 $E = h\nu$ 和动量公式 $p = \lambda/h$, 其中 h 为普朗克常量, ν 为光的频率, λ 为光的波长。通过具体例子计算光子的能量和动量,加深学生对光子概念的理解。

光的波粒二象性:光既具有粒子性,又具有波动性,这就是光的波粒二象性。解释波动性和粒子性在不同实验中的表现,如干涉、衍射现象体现了光的波动性,而光电效应则体现了光的粒子性。引导学生理解波粒二象性是光的本质特征,不能简单地用经典的粒子或波的概念来描述。

3. 光的粒子性教学的难点

光的粒子性教学难点在于:光子不可见致学生难以直观认知;粒子性与波动性交织,学生易混淆且理解统一性要求高;涉及量子力学知识,理论深奥,学生知识过渡易出现断层,难以构建完整体系。

3.1. 概念抽象

光的粒子性涉及微观粒子的概念,如光子、能量量子等,这些概念与学生的日常生活经验相差较大,难以直观理解。例如,光子没有静止质量,却具有能量和动量,这与学生对宏观物体的认识相矛盾。此外,光的波粒二象性更是超出了学生原有的认知框架,学生往往难以同时接受光的两种不同属性。

3.2. 数学推导复杂

在讲解光的粒子性相关内容时,会涉及一些数学公式和推导,如光电效应方程、光子能量和动量的计算等。对于部分学生来说,这些数学推导可能比较复杂,增加了学习的难度。例如,在推导光电效应方程时,需要运用能量守恒定律,结合光子的能量和电子逸出功等概念,对于数学基础较弱的学生来说,理解起来较为困难。

3.3. 与原有知识的冲突

学生在学习光的粒子性之前,已经接触过光的波动说,如光的干涉、衍射等现象的解释都是基于波动理论。当引入光的粒子性时,学生会发现原有的知识体系受到挑战,难以理解为什么光既具有波动性又具有粒子性。这种知识上的冲突容易导致学生产生困惑和误解,影响学习效果。

4. 科学精神的内涵

科学精神是科学家在长期的科学活动中所形成的价值观念、思维方式和行为准则的总和，主要包括批判质疑精神、实证精神、协作精神、求真务实精神等[9]。

4.1. 批判质疑精神

批判质疑精神是科学精神的核心，它表现为对真理的质疑和对权威的挑战。科学家在探索自然规律的过程中，不满足于现有的理论和解释，敢于提出疑问，通过实验和观察来验证或推翻旧的理论，推动科学的发展。例如，在光的本性认识过程中，牛顿的微粒说、惠更斯的波动说以及爱因斯坦的光子说等，都是科学家不断批判质疑、探索创新的结果。

4.2. 实证精神

实证精神强调以事实为依据，通过实验和观察来获取知识、验证理论。科学家在进行研究时，必须遵循严格的实验设计和操作规范，准确记录实验数据，对实验结果进行客观分析[10]。只有经过实证检验的理论才能被科学界所接受。例如，密立根通过长达十年的光电效应实验，精确测量了普朗克常量，验证了爱因斯坦的光子假说，为光的粒子性提供了有力的实证支持。

4.3. 协作精神

科学研究往往需要多个领域的专家共同合作，协作精神是科学研究中不可或缺的。不同学科的科学家的可以发挥各自的专业优势，相互交流、相互启发，共同解决复杂的科学问题。例如，在量子力学的发展过程中，物理学家、数学家等相互合作，共同推动了量子力学的建立和发展。

4.4. 求真务实精神

求真务实精神要求科学家在研究中追求真理、实事求是，不弄虚作假、不夸大成果。科学家应该以严谨的态度对待科学研究，尊重事实、尊重规律，不断提高研究的质量和水平。例如，科学家在进行实验时，要严格控制实验条件，排除干扰因素，确保实验结果的准确性和可靠性。

5. 在光的粒子性教学中培养学生的科学精神

在光的粒子性教学中培养科学精神，可从多方面着手。让学生体会科学家勇于质疑权威、大胆创新的精神，培养严谨实证的态度、坚韧不拔的毅力，从而全方位塑造学生的科学精神。

5.1. 培养学生的批判质疑精神

介绍科学史上的争论：在讲解光的粒子性时，详细介绍光的微粒说与波动说的争论过程。让学生了解牛顿的微粒说虽然能够解释一些光的现象，但无法解释干涉、衍射等现象；而惠更斯的波动说虽然能够解释干涉、衍射等现象，但又无法解释光电效应。通过这种争论的介绍，引导学生思考不同理论的优缺点，培养他们对现有理论的质疑精神。

鼓励学生提出问题：在教学过程中，鼓励学生积极提出问题，对教材内容、实验结论或权威观点提出疑问。例如，在讲解光电效应时，学生可能会对为什么存在截止频率、光电子的最大初动能与光强无关等问题提出疑问。教师要认真对待学生的问题，引导学生通过逻辑推理和事实依据进行分析和解答，培养他们的批判性思维能力。

组织辩论活动：针对光的粒子性和波动性这一具有争议性的话题，组织学生进行辩论活动。将学生分为正反两方，正方支持光的粒子性，反方支持光的波动性。让学生在辩论中充分阐述自己的观点，反

驳对方的观点，通过激烈的思维碰撞，加深对光的波粒二象性的理解，同时培养学生的批判质疑精神和逻辑思维能力。

5.2. 培养学生的实证精神

加强实验教学：实验教学是培养学生实证精神的重要途径。在光的粒子性教学中，安排一系列相关的实验，如光电效应实验、光的干涉和衍射实验等。让学生亲自动手操作实验，观察实验现象，记录实验数据，并根据实验结果进行分析和总结。通过实验，让学生亲身体验科学实证的过程，培养他们以事实为依据、尊重实验结果的科学态度。

引导学生分析实验误差：在实验教学中，引导学生分析实验误差产生的原因，并讨论如何减小误差。例如，在光电效应实验中，可能会存在光源不稳定、接触电位差等因素导致实验误差。让学生思考如何改进实验装置和操作方法，以提高实验的准确性和可靠性。通过分析实验误差，培养学生严谨的科学态度和实证精神。

介绍科学验证的案例：在教学中介绍一些科学验证的经典案例，如密立根对爱因斯坦光子假说的验证。让学生了解科学家是如何通过精确的实验测量和数据分析来验证理论的，从而认识到实证在科学研究中的重要性，培养学生的实证精神。

5.3. 培养学生的协作精神

组织小组合作学习：在光的粒子性教学中，采用小组合作学习的方式，将学生分成小组，共同完成学习任务。例如，在进行光电效应实验时，让小组学生分工合作，有的负责操作实验仪器，有的负责记录实验数据，有的负责分析实验结果。通过小组合作，培养学生的团队协作能力和沟通能力。

开展课题研究活动：布置一些与光的粒子性相关的课题研究任务，让学生以小组为单位进行课题研究。在课题研究过程中，学生需要共同查阅资料、设计实验方案、进行实验操作、分析实验结果并撰写研究报告。通过课题研究活动，让学生体验科学研究的全过程，培养他们的协作精神和创新能力。

鼓励学生交流分享：在课堂上组织学生进行交流分享活动，让每个小组展示自己的学习成果和研究报告。其他小组的学生可以提出疑问和建议，促进小组之间的相互学习和交流。通过交流分享，拓宽学生的视野，培养学生的协作精神和团队意识。

5.4. 培养学生的求真务实精神

强调科学研究的严谨性：在教学中，向学生强调科学研究的严谨性，要求学生严格遵守实验操作规范，准确记录实验数据，不得随意篡改或伪造数据。例如，在进行光的干涉和衍射实验时，要求学生仔细调节实验仪器，确保实验条件的准确性，如实记录实验现象和数据。通过强调科学研究的严谨性，培养学生求真务实的科学态度。

引导学生正确对待实验结果：当实验结果与理论预期不符时，引导学生认真分析原因，而不是盲目地相信理论或修改实验结果。例如，在光电效应实验中，如果测得的光电子最大初动能与理论值存在偏差，让学生思考可能是哪些因素导致的，如实验仪器的误差、环境因素的影响等。通过引导学生正确对待实验结果，培养他们尊重事实、追求真理的科学精神。

树立科学榜样：在教学中向学生介绍一些具有求真务实精神的科学家事迹，如爱因斯坦在提出光子假说时，不畏权威的质疑，坚持通过实验验证自己的理论；居里夫人在艰苦的条件下，经过多年的努力，发现了镭元素，为科学事业做出了巨大贡献。通过树立科学榜样，激励学生学习科学家的求真务实精神，培养他们为科学事业奋斗的的决心和毅力。

6. 教学案例：光电效应实验探究——光的粒子性认知与科学精神培养

【学习目标】

- 知识目标：理解光电效应现象及规律，掌握爱因斯坦光子说核心内容。
- 能力目标：通过实验数据分析建立物理模型，培养批判性思维与科学论证能力。
- 科学精神目标：
 - (1) 体会“实验验证理论”的科学方法；
 - (2) 感悟科学家突破经典认知的勇气；
 - (3) 养成严谨求实的实验态度。

【教学流程】(90 分钟)

阶段一：情境导入——历史冲突再现(15 分钟)

(1) 教学引导语

“19 世纪末，物理学家发现了一个反常现象：当紫外线照射金属表面时，会有电子逸出。但按照经典电磁理论，只要光照足够强、时间足够长，任何频率的光都应该能产生电子。这就像说‘只要用力推足够久，任何速度的车都能被推动’一样矛盾。如何解释这个现象？”

(2) 学生活动单

小组讨论：提出 3 种可能的解释假设。

记录困惑点(如：为什么低频光无论多强都无法产生电流？)

阶段二：实验探究——搭建认知阶梯(40 分钟)

(1) 分层实验

基础层：使用光电效应演示仪观察现象(改变光照强度/频率/材料)。

进阶层：记录截止电压与入射光频率的关系数据。

挑战层：尝试用波动说解释实验数据，找出矛盾点。

(2) 教师引导

“当你们增加光照强度时，电流表读数如何变化？这符合波动说的预测吗？”

“注意观察不同频率光对应的截止电压，尝试在坐标纸上绘制 U_c-v 关系图。”

“如果光是波，为什么增加光照时间不能让低频光产生电流？”

(3) 学生活动单

实验记录表(含现象描述、数据采集、初步结论)。

矛盾点分析卡(对比波动说预测与实验结果)。

阶段三：理论建构——光子说的诞生(25 分钟)

(1) 史料介入

展示爱因斯坦 1905 年论文片段：“从能量角度看，光的能量必须集中在离散的能量量子中……”

(2) 模型建构活动

用磁贴模拟光子与电子的碰撞过程。

计算不同频率光子的能量($E = h\nu$)。

(3) 教师引导语

“如果每个光子只能将能量传递给一个电子，如何解释截止电压的存在？”

“爱因斯坦提出光子说时面临哪些质疑？他如何用实验证据回应？”

阶段四：科学精神反思(10 分钟)

(1) 辩论活动

正方：科学进步需要突破传统认知。

反方：科学理论应严格遵循现有框架。

(2) 教师引导语

“密立根最初是爱因斯坦的强烈反对者，但他通过精确实验最终证实了光子说。这体现了怎样的科学态度？”

“如果爱因斯坦没有坚持自己的观点，物理学发展会怎样？”

【评价方案】

(1) 过程性评价

实验操作规范性检查表(教师用)。

小组讨论贡献度评分(同伴互评)。

矛盾点分析卡质量评估(教师用)。

(2) 终结性评价

概念测试题(示例)。

科学精神反思报告(要求结合历史案例分析)。

(3) 表现性评价标准

维度	优秀标准
实验探究	能自主发现 3 个以上矛盾点，提出有依据的假设
理论建构	正确推导爱因斯坦方程，用模型解释截止电压与频率的关系
科学态度	在辩论中能客观分析不同观点，体现对证据的尊重

【“脚手架式”设计解析】

(1) 认知脚手架

从宏观现象(电流变化)→微观模型(光子碰撞)→数学表达($E = h\nu$)。

提供半结构化实验记录表降低数据处理难度。

(2) 方法脚手架

对比实验法：同时测试不同频率/强度的光。

矛盾分析法：明确波动说与实验结果的冲突点。

(3) 精神脚手架

通过爱因斯坦与密立根的史料展现科学争论的常态性。

用辩论活动体验科学共同体的批判性检验过程。

【教学创新点】

(1) 历史重演策略：让学生经历“观察异常→提出假设→实验检验→理论修正”的完整科学发现路径。

(2) 认知冲突可视化：使用动态软件模拟不同理论下的电子运动轨迹对比。

(3) 科学伦理渗透：讨论“当实验结果与权威理论冲突时，科学家应如何抉择”。

此设计通过结构化实验探究、历史案例分析和辩论活动，将光的粒子性认知建构与科学精神培养有机融合，每个环节都设置明确的认知支点和精神引导点，形成逐步攀升的“脚手架”体系。

7. 结论

光的粒子性教学是物理学教学的重要内容，在教学过程中培养学生的科学精神具有重要的意义。通过介绍光的粒子性的历史发展、光电效应等内容，让学生了解科学知识的形成过程，感受科学家的探索精神和批判质疑精神。同时，通过加强实验教学、组织小组合作学习、开展课题研究活动等方式，培养学生的实证精神、协作精神和求真务实精神。在今后的教学中，教师应不断探索和创新教学方法，将科学精神的培养贯穿于光的粒子性教学的全过程，为培养具有科学素养和创新能力的优秀人才奠定基础。

参考文献

- [1] Lederman, N.G. (2013) Nature of Science: Past, Present, and Future. In: Abell, S.K. and Lederman, N.G., *Handbook of Research on Science Education*, Routledge, 831-879.
- [2] 杨福家. 原子物理学[M]. 第5版. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [3] 丁汉芹, 欧阳方平. 原子物理教学中科学精神的融入[J]. 职业教育发展, 2024, 13(6): 1937-1940.
- [4] 穆良柱. 物理课程思政教育的核心是科学认知能力培养[J]. 物理与工程, 2021, 31(2): 9-15.
- [5] 张家明. 论培养大学生科学精神与人文精神的重要意义[J]. 西南农业大学学报(社会科学版), 2009, 7(4): 17-20.
- [6] 丁汉芹. 量子力学的教学与思政教育的融入[J]. 教育进展, 2025, 15(12): 99-108.
- [7] 薛良友. 谈物理学研究方法和学生能力素质的培养[J]. 中外教育研究, 2008, 8(6): 34-36.
- [8] 曾谨言. 量子力学教程[M]. 第3版. 北京: 科学出版社, 2014.
- [9] 黄红亚, 冯学民, 贾兆峰. 物理[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2013.
- [10] 靳奉涛, 高城, 王小伟, 戴佳钰. 原子物理学的课程思政研究与实践[J]. 大学物理, 2024, 31(2): 54-62.