

原子的结构教学探究

丁汉芹¹, 欧阳方平²

¹新疆大学物理科学与技术学院, 新疆 乌鲁木齐

²中南大学物理学院, 湖南 长沙

收稿日期: 2025年2月5日; 录用日期: 2025年3月7日; 发布日期: 2025年3月17日

摘 要

本文聚焦原子物理学中原子结构的教学探究, 旨在提升学生对原子微观世界的认知与理解。我们通过对现行教材的深入分析, 并结合学生的认知特点, 对原子体系进行粗结构、精细结构和超精细结构的分层次教学。本文探索了一系列创新教学策略, 这不仅增强学生的学习兴趣, 还能显著提高他们对原子结构概念的理解和应用能力。

关键词

原子结构, 教学, 探究

An Inquiry into the Teaching of Atomic Structure

Hanqin Ding¹, Fangping Ouyang²

¹School of Physics and Technology, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang

²School of Physics and Electronics, Central South University, Changsha Hunan

Received: Feb. 5th, 2025; accepted: Mar. 7th, 2025; published: Mar. 17th, 2025

Abstract

This paper focuses on the teaching of the structure of atomic physics, aiming at improving students' cognition and understanding of the atomic microcosmic world. Based on the in-depth analysis of the current teaching course and the students' cognitive characteristics, we carry out the teaching of the coarse structure, fine structure and hyperfine structure of the atomic system. This paper explores a range of innovative teaching strategies, which not only enhance students' interest in learning, but also can significantly improve their understanding and application of the concept of atomic structure.

Keywords

Atomic Structure, Teaching, Inquiry

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

原子物理学研究原子的结构、性质、运动规律、相互作用以及与电磁辐射之间的关系,它的发展历程充满了探索与发现,从古希腊哲学家德谟克利特提出原子论开始,人类对原子的认识逐渐深入。19世纪末至20世纪初,物理学家通过一系列与电磁学和放射性有关的实验,发现原子实际上是由一系列的亚原子粒子构成的。作为一门学科,原子物理学是在20世纪初才开始形成的,并随着近代物理学的发展而成立起来的[1]。量子力学的诞生为原子物理的研究开辟了新的道路,推动了原子物理学的快速发展,为理解物质的本质和性质提供了理论基础[2]。原子物理学的建立和发展体现了丰富的物理思想和物理方法,特别是量子论建立的初期知识体系,是物理学获得知识、组织知识和运用知识的典范。量子论的建立过程通过不断地提出经典物理无法解决的问题,提出假设、建立模型来解释并提出新的结论和预言,再用新的实验检验,这一过程推动了物理学的深入发展。原子物理学课程展现了丰富的物理方法,通过不断地提出问题、解决问题、再提出新的问题,培养了学生的创新精神、批判性思维和解决问题的能力。原子物理学的发展过程也体现了科学家们勇于探索、追求真理的科学精神。

在原子物理学的教学过程中,原子的结构是首要且非常重要的问题。笔者多年从事《原子物理学》的教学,就以杨福家的《原子物理学》(第五版)为例[3],谈谈对原子的结构的教学体会。教程一共八章,第一章回答原子是由什么组成的,但经典物理无法解释原子中的电子运动规律。第二章是原子的玻尔模型,首次把量子概念引入到原子,但电子和原子核的相互作用看作经典物理中的点电荷的静电作用(原子的粗结构)。由于玻尔理论的困难,第三章阐明了量子力学诞生的必然性,也是后面各章学习的基础。从新的实验事实出发,第四章说明引入“电子自旋”概念的必然性,这导致原子的精细结构的描述。第五章把单电子体系推广到多电子结构的原子。第六章从不同的实验确证X射线既有波动性又有粒子性。第七章和第八章介绍原子核以及原子核的磁矩和电四极矩引起的原子的超精细结构。根据教材体系,在讲授过程中,我对原子进行粗结构、精细结构和超精细结构的分层次教学,取得了良好效果。

2. 分层次教学

原子物理学的分层次教学是一种有效的教学策略,旨在根据不同学生的学习能力和兴趣,将教学内容分为不同的层次,以更好地满足学生的学习需求。学生的学习能力、兴趣和背景各不相同,分层次教学能够针对不同学生的特点,提供个性化的学习路径,使每个学生都能在适合自己的水平上得到提升。通过分层次教学,教师可以更加精准地把握学生的学习进度和需求,从而调整教学策略,提高教学效率。分层次教学能够让学生在学习过程中感受到挑战和成就感,从而激发学生的学习兴趣 and 动力。

我们通过内容分层、方法分层和评估分层的策略,实施原子物理学的分层教学。

内容分层包含:(1) 基础层:涵盖原子物理学的基本概念和原理,如原子结构、电子排布、量子数等。要求学生掌握并能运用这些基础知识;(2) 进阶层:介绍原子物理学的最新研究成果和前沿课题,如量子纠缠、量子计算等。要求学生理解这些概念,并能形成自己的见解;(3) 拓展层:结合实际应用和科研案

例, 探讨原子物理学在科技、医疗、能源等领域的应用, 鼓励学生进行实践探索和科研创新。

方法分层包含: (1) 理论讲授: 对于基础层的内容, 采用系统讲授的方式, 确保学生掌握基本概念和原理; (2) 案例讨论: 对于进阶层的内容, 通过案例分析、小组讨论等方式, 引导学生深入理解高级概念, 并培养批判性思维和团队协作能力; (3) 实践操作: 对于拓展层的内容, 鼓励学生进行实验操作、科研项目等实践活动, 以加深理解和应用所学知识。

评估分层包含: (1) 基础测试: 针对基础层的内容进行定期测试, 确保学生掌握基本概念和原理; (2) 进阶考核: 通过论文、报告等形式, 考核学生对进阶层内容的理解和应用能力; (3) 实践评价: 通过实验操作、科研项目等实践活动, 评价学生的实践能力和创新能力。

3. 原子的粗结构教学

原子的粗结构指的是原子的基本构成和原子核与电子之间的相对位置关系。在原子物理学中, 原子被视为由位于中心的原子核和围绕其运动的电子所组成, 它们之间存在静电相互作用。

3.1. 原子的粗结构的教学方案

建立基本概念: 粗结构教学阶段, 重点是帮助学生理解原子的基本组成和性质, 如电子、质子、中子的发现, 以及原子的核式结构模型。通过历史回顾和实验演示(如卢瑟福的 α 粒子散射实验), 直观展示原子的“行星模型”, 使学生形成对原子结构的初步认识。

强化理论框架: 介绍玻尔的量子化轨道理论, 解释电子如何在特定轨道上运动, 以及能级跃迁导致的光谱线。这一理论虽然较为简化, 但为理解更复杂的原子结构奠定了基础。电子在不同能级之间的跃迁过程较为抽象, 学生难以理解, 需要借助模型教学进行讲解。

激发物理兴趣: 通过日常生活中的现象(如颜色、热辐射等)来解释原子结构的概念, 让学生感受到理论知识的实用价值, 激发学习兴趣。通过提问和讨论的方式, 引导学生思考原子的结构和性质, 激发他们的学习兴趣和探究欲望。

3.2. 原子的粗结构教学的实施策略

模型展示: 利用原子模型或多媒体动画模拟原子的结构, 帮助学生直观地理解原子的构成和原子核与电子之间的相互作用。通过展示卢瑟福的 α 粒子散射实验等经典实验, 帮助学生理解原子的核式结构。

问题推进: 通过提问和讨论的方式, 引导学生思考原子的结构和性质, 让他们在问题的升华中加深对原子粗结构的理解, 激发他们的学习兴趣和探究欲望。

对比归纳: 将不同元素的原子结构进行对比, 组织学生进行不同原子结构的模型制作和电子排布式的绘制, 归纳出它们的共性和差异, 帮助学生更好地理解原子的粗结构。

原子的粗结构教学是原子物理学中的重要内容之一。通过采用多种教学方法和手段, 帮助学生更好地理解原子的结构和性质。原子的粗结构教学需要注重基本概念的理解、原子核与电子的相互作用以及原子能级与跃迁等关键内容的讲解。还需要采用多种教学方法和手段帮助学生更好地理解原子的结构和性质。同时, 应不断更新教学内容和方法, 以适应科学技术的发展和学生的需求。

4. 原子的精细结构教学

原子的粗结构只考虑了原子内的最主要相互作用, 即原子核与电子间的静电作用, 对应原子能量的最大贡献。但是人们仔细观察某些光谱线, 发现还存在精细结构。原子的精细结构是指在原子粗结构的基础上, 进一步考虑电子的自旋、轨道运动和它们之间的相互作用等因素, 从而揭示原子内部更为细致

的结构和性质。原子的能级分裂导致了原子光谱线的精细结构,即一条谱线实际上是由多条靠得很近的谱线组成的。精细结构的研究对于理解原子的光谱特性、能级分布以及原子与其他粒子的相互作用等方面具有重要意义。

构建知识框架。首先,从原子的粗结构出发,逐步引入精细结构的概念、实验和原理,让学生逐步深入理解。这有助于学生把握教材脉络,理解各知识点之间的联系。其次,精细结构教学需引入量子力学的一些基本概念,如波函数、概率密度、不确定性原理等,这些概念对于理解电子云分布、能级跃迁至关重要。利用量子力学理论解释氢原子光谱的精细结构,特别是塞曼效应和斯塔克效应,让学生认识到电子自旋、轨道角动量以及外场作用对能级的影响。精细结构的学习要求学生掌握一定的数学基础,如解薛定谔方程等问题,这有助于培养学生的逻辑思维 and 问题的解决能力。

突出关键实验。这部分内容包括电子的自旋、史特恩-盖拉赫实验、碱金属双线、塞曼效应等关键实验。电子除了具有轨道运动外,还具有自旋特性。电子自旋的发现是量子力学的重要成果之一,它揭示了原子内部更为复杂的结构。史特恩-盖拉赫实验证实了原子磁矩的存在以及空间取向的量子化,原子的磁矩主要由电子的轨道磁矩和自旋磁矩组成。电子的轨道磁矩与其轨道运动有关,而自旋磁矩则与电子的自旋特性有关。原子的磁矩在非均匀磁场中会受到力的作用,从而产生能级分裂等现象。由于电子的自旋和轨道运动之间的相互作用,碱金属原子的光谱线会分裂成双线。当原子处于外部匀强磁场中时,其光谱线会发生分裂,这种现象称为塞曼效应。让学生区分正常塞曼效应和反常塞曼效应的产生条件与谱线分裂规律的不同。

采用多样教学方案。理论讲解:通过课堂讲解的方式,向学生介绍原子的精细结构理论,包括电子的自旋、轨道运动、磁矩、能级分裂以及塞曼效应等基本概念和原理。实验演示:演示塞曼效应等实验,让学生直观感受原子的精细结构现象。案例分析:通过分析具体案例(如碱金属原子的光谱线系等),帮助学生深入理解原子的精细结构。将理论知识与实验现象相结合,通过案例分析等方式帮助学生理解抽象概念。启发教学:通过提问、讨论等方式激发学生的思维活力,培养他们的独立思考能力和创新精神。鼓励学生参与课堂讨论,提出疑问和见解,激发他们的学习兴趣和探究精神。

原子的精细结构教学策略。循序渐进:从原子的粗结构入手,逐步引入精细结构的概念和原理,让学生逐步深入理解。理论联系实际:将理论知识与实验现象相结合,通过案例分析等方式帮助学生理解抽象概念。启发式教学:通过提问、讨论等方式激发学生的思维活力,培养他们的独立思考能力和创新精神。

通过深入探究电子的自旋、轨道运动、磁矩、能级分裂等方面,可以帮助学生更好地理解原子的内部结构和性质。同时,随着科学技术的不断发展,人们对原子的认识也在不断深化。因此,应不断更新教学内容和方法,注重培养学生的实践能力和创新思维,为他们未来的科学研究和技术创新打下坚实的基础。

5. 原子的超精细结构教学

精细结构本身已经考虑了电子自旋等因素引起的能级分裂,而超精细结构则进一步考虑原子核的磁矩与电子磁矩之间的相互作用以及对原子能级和光谱的影响而产生的结构。这种影响虽然微弱,但却能够导致原子能级的进一步微小分裂和光谱线的精细变化。这部分内容在《原子物理学》教程中一般讲得很少,属于《原子核物理》的内容。具体教学方案和实施策略如下:

由主到次地深入推进。从原子的粗结构开始,逐步深入到精细结构,再到超精细结构,构建一个完整且有梯度的知识体系。超精细结构教学涉及原子核的磁矩、电子与核的电磁相互作用等深奥内容,如超精细分裂、核自旋-轨道耦合等。通过理论分析让学生理解原子超精细结构的基本概念、物理原因和

应用。这一阶段的教学要求学生量子力学有深入的理解,并能运用更复杂的理论模型进行分析。

实验验证与理论预测。通过实验演示让学生观察原子超精细结构的现象和规律,加深对理论知识的理解。通过介绍原子钟、核磁共振等现代物理实验技术,让学生理解实验在验证理论中的重要性。原子钟利用原子超精细结构能级之间的跃迁频率非常稳定的特性来计时,具有极高的精度和稳定性。核磁共振是一种利用原子核在磁场中的行为来探测物质结构和性质的技术,它在医学等领域广泛应用。鼓励学生尝试根据理论预测实验结果,培养科学探究精神。

学科融合和价值应用。超精细结构的学习往往与量子化学、凝聚态物理等领域交叉,教学中可以适当引入这些领域的案例,拓宽学生的学术视野,促进跨学科知识的整合。超精细结构的研究在磁性材料、金属合金材料、半导体材料的性能研究中有广泛应用。此外,超精细结构的研究还与化学、生物学的许多研究密切相关,例如研究生物大分子的结构和功能等。

原子超精细结构的教学是一个复杂而深入的主题,需要教师在教学过程中注重理论讲解与实验演示相结合,采用启发式教学和现代教学手段来激发学生的学习兴趣 and 探究精神。利用多媒体、动画、仿真软件等现代教学手段来展示原子超精细结构的现象和规律,提高教学效果。同时,教师还需要不断更新自己的知识储备和教学理念,以适应科学技术的发展和教育教学改革的需要。

6. 总结

在《原子物理学》的粗结构、精细结构和超精细结构教学中,我们应注重理论与实践的结合,由浅入深地引导学生逐步构建知识体系。鼓励学生主动探索、勇于质疑,培养他们的批判性思维 and 创新能力。通过多样化的教学手段,有效提升教学质量,激发学生对原子物理学的热爱。随着科技的不断发展,原子物理的研究也在不断深入。未来,原子物理将更加注重跨学科的合作与交流,与量子信息、纳米技术、生物技术等新兴领域相结合,探索新的物理现象和应用前景。这对教师提出了更高的要求,需要不断更新教学理念和方法。此外,还需要关注学生的个体差异和学习需求,因材施教、因势利导地引导他们全面发展[4]。同时,原子物理也面临着诸多挑战,这些挑战将激发科学家们的创新思维和探索精神,推动原子物理不断向前发展。只有不断探索和实践,才能找到最适合学生的教学方法和策略。

基金项目

本论文受 2023 年度自治区高校本科教育教学研究和改革项目资助(XJGXPTJG-202314, XJGXZH-JG202308)。

参考文献

- [1] 王正行. 近代物理学[M]. 第 2 版. 北京: 北京大学出版社, 2010.
- [2] 曾谨言. 量子力学教程[M]. 第 3 版. 北京: 科学出版社, 2014.
- [3] 杨福家. 原子物理学[M]. 第 5 版. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [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.