

# 原子物理学的有效教学

丁汉芹<sup>1</sup>, 欧阳方平<sup>2</sup>

<sup>1</sup>新疆大学, 物理科学技术学院, 新疆 乌鲁木齐

<sup>2</sup>中南大学物理学院, 湖南 长沙

收稿日期: 2024年2月4日; 录用日期: 2024年3月14日; 发布日期: 2024年3月22日

## 摘要

原子物理学主要研究物质结构的原子层次, 是衔接经典物理与量子物理的桥梁。论文从课程结构与知识体系、理论假设与科学实验、知识传授与思政元素三个方面阐述了如何进行原子物理学的有效教学, 培养学生德智体美劳全面发展, 实现立德树人的教育目标。

## 关键词

原子物理学, 有效教学, 立德树人, 教育目标

# Effective Teaching of Atomic Physics Course

Hanqin Ding<sup>1</sup>, Fangping Ouyang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Physical Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang

<sup>2</sup>School of Physics, Central South University, Changsha Hunan

Received: Feb. 4<sup>th</sup>, 2024; accepted: Mar. 14<sup>th</sup>, 2024; published: Mar. 22<sup>nd</sup>, 2024

## Abstract

Atomic physics mainly studies the atomic level of the microstructure of matter, and is a bridge between classical physics and quantum physics. This paper expounds how to carry out effective teaching of atomic physics course from three aspects including curriculum structure and knowledge system, theoretical hypothesis and scientific experiment, as well as knowledge impartation and ideological and political elements, which cultivates students' all-round development of virtue, intelligence, physics, aesthetics and labor, and realizes the educational goal of cultivating virtue and nurturing people.

文章引用: 丁汉芹, 欧阳方平. 原子物理学的有效教学[J]. 职业教育, 2024, 13(2): 499-502.

DOI: 10.12677/ve.2024.132082

## Keywords

Atomic Physics, Effective Teaching, Cultivating Virtue and Nurturing People, Teaching Objective

Copyright © 2024 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

原子物理学是在 20 世纪初开始形成, 并伴随近代物理的发展而成立的一门学科, 对科技进步和社会发展有着深刻影响。它是我国高等院校物理学专业的一门必修专业课程, 内容丰富, 一般安排在力学、热学、电磁学等普通物理学之后, 是衔接经典物理与量子物理的一座桥梁, 对后期量子力学课程的学习起着很好的铺垫。原子物理学主要研究物质结构的原子层次, 通过课程学习, 有助于学生建立微观物理图像, 理解微观粒子不同于宏观物质的遵循规律以及经典物理的适用范围和局限性。原子物理学的发展促进了量子理论的发展和量子力学的诞生, 使得原子体系微观动力学的难题迎刃而解, 在量子力学的基础上原子物理学又日臻完善。原子物理学的地位非常重要, 它没有完全否定经典规律, 某些经典理论在微观领域的一定范围内仍然适用。从原子物理向下, 人们致力于探测更微观的领域, 寻求难以捉摸的“基本粒子”, 向上则是对浩瀚宇宙的探索。人们惊奇的发现, 面向极小尺度与极大尺度的两大前沿却通过高能物理奇妙的会合为一体[1]。原子物理学的成就离不开科学家们的不懈努力和奉献精神, 这不仅培养学生发现问题和解决问题的能力, 而且有助学生培养科学精神和坚毅品质。在思政教育方面, 原子物理学具有自身的优势, 是育人的一门好课程。我多年从事原子物理学教学, 这里以杨福家先生的《原子物理学》教材为例, 谈谈在新形势下如何进行原子物理学的有效教学, 让学生德智体美劳全面发展, 实现立德树人的根本教育目标[2]。有效教学以知识为载体, 让学生积极参与, 发挥学生的“主体”和教师的“主导”作用。开展拓展型的教学活动, 让学生把所学知识与人生价值取向和社会发展联系起来, 实现知识、能力和服务的协调发展。

## 2. 教材结构与知识体系的教学

任何一门物理学科都必须回答如下三个问题: 研究对象是物理哪一层次, 组成这一层次的物质如何相互作用, 用什么理论描述这一层次的运动规律, 原子物理学同样如此。在教学过程中, 我首先构建好课程框架, 采用主线一: 原子的粗结构→原子的精细结构→原子的超精细结构, 让学生把握教材脉络。其次, 把教材章节分类纳入这条主线, 分成三个教学板块: 第一到第三章, 第四到第六章, 第七到第八章。最后, 对每一章进行概括凝练, 依据教学目标, 整合教学内容, 分清主次, 突出重难点, 让学生不被众多知识点弄得“晕头转向”。其中, 第一章介绍原子的位形, 但经典物理对原子中电子的运动不能给出全面的解释。为了克服经典电磁理论解释原子稳定性的困难, 第二章讲述原子的量子态。在这二章中, 原子核和电子都当作点电荷, 只考虑它们之间的静电相互作用, 这就是原子的粗结构。玻尔模型只能说明氢原子的稳定性和类氢离子的光谱, 对其它问题无法回答。针对玻尔理论的困难, 量子力学导论就顺理成章地成了教材第三章的内容, 但只涉及量子力学的一些最基本概念。这一章的安排既解决了玻尔理论的困难, 又为下学期开设的《量子力学》课程建立了学习基础[3]。电子既有电荷, 也有自旋, 原子中最主要的作用虽是原子核与电子的静电相互作用, 但实际情况是, 电子自旋引起的磁相互作用也影响原子自身体系的能量, 这一附加能量就是原子精细结构的物理原因。当涉及多电子的原子时, 泡利不相容原理对电子组态起着非常重要的作用, 这就是教材第五章。本章先介绍氦原子光谱和能级, 再给出

原子的壳层结构和元素周期表。第六章介绍 X 射线, 展示微观粒子的波粒二象性, 进一步表明量子力学的重要性。教材前六章讨论的是电子, 构成了原子物理学的主要内容。原子核同样有电荷、自旋、磁矩, 也要微弱地影响原子的能量, 这就是原子的超精细结构, 教材第七、第八章对此作了相应介绍。

原子物理学以原子结构为中心, 以科学实验为依据, 研究原子的结构、性质、运动和变化规律, 介绍原子相关的重要实验, 利用量子力学的初步知识, 分析实验结果, 阐述原子的位形、量子态、能级、跃迁、光谱和原子核的组成、放射性、核反应等知识, 以及原子物理学的一些重要应用。章节之间相互衔接, 构成一个完整且有梯度的知识体系。除了主线一, 我还实施主线二教学: 从结构到性质, 从氢原子到多电子原子, 从经典到量子, 从实验到理论, 从现象到模型, 从原子到原子核, 从理论到应用, 从共性到个性。在教学过程中, 我对量子理论和经典物理进行比较运用。微观粒子本质上遵循量子力学, 但研究的多数问题仍然属于经典物理的范畴, 只是借助量子力学中的部分结论而已, 并没有使用波函数、算符、薛定谔方程等更深的量子力学知识处理问题。只要是能用经典物理解决的问题, 就不去涉及量子力学。非用量子理论解释不可的, 也是尽可能用通俗易懂的语言去“科普”, 让学生体会到量子力学与经典物理的差异和各自的优势。

### 3. 理论假设与科学实验的教学

理论指导实验, 实验检验理论, 二者缺一不可。物理学是一门实验科学, 原子物理学也不例外。密立根在领诺贝尔奖时曾说, “科学要靠两条腿来走路, 一是理论, 一是实验。有时一条腿走在前面, 有时另一条走在前面” [2]。在原子物理学的发展过程中, 绝大部分都是实验走在前面, 理论走在后面。少数则是理论在先, 实验在后。鉴于此, 我非常重视实验的分析教学。针对第一章的  $\alpha$  散射实验, 我实施三步教学。第一是原子存在结构: 汤姆孙的电子实验发现, 使得原子不可分割的观念被摧毁, 人们的物理思想深受变革。第二是原子内的正负电荷如何分布问题: “汤姆孙模型”的提出。第三是  $\alpha$  粒子散射实验: 约八分之一的  $\alpha$  粒子散射后沿原路返回。理论分析: 汤氏模型不能给出  $\alpha$  粒子大角度散射, 卢瑟福的“原子核式模型”才是科学模型。在第二章中, 理论假设与科学实验之间的关系展现得淋漓尽致。第一, 向学生展示氢光谱分立特征的实验图片, 指出实验现象与经典理论的矛盾; 第二, 玻尔把量子概念引入原子, 提出原子的量子态假设, 成功解释氢光谱的特征。第三, 弗兰克和赫兹用电子束激发 Hg 原子, 实验发现只有 4.9 eV 整数倍的能量才会引起激发, 并不是经典物理想象中的“来着皆收”, 量子化的能量吸收验证了玻尔理论的正确性。在经典理论中, 光是能量连续的波动, 但黑体辐射和光电效应二个实验否定了光的波动性。为了克服这个困难, 普朗克和爱因斯坦分别提出辐射源能量量子化(能量子)和辐射场能量量子化(光子)的新思想, 显示了光的粒子性, 这是与经典物理的决裂。随后, 光的粒子性的特征之一——光子有动量又被康普顿实验所证实。与“先实验后理论”相反的是, 德布罗意深受“光的波粒二象性”的启发, 提出“实物粒子的波粒二象性”假设。电子的波动性被电子对晶体、电子的单缝衍射和电子的双缝干涉三个重要实验所证实, 并且有了理论应用——电子显微镜[2]。

为了解释施特恩—格拉赫实验、碱金属双线结构和反常塞曼效应, 乌伦贝克和古兹密特提出了经典物理中没有的电子自旋假设[2][3]。这三个实验从不同角度说明电子自旋的存在, 一是实验条件不同: 施特恩—格拉赫实验需要外加非均匀磁场, 碱金属双线不需要附加外磁场, 塞曼效应需要外加均匀磁场; 二是谱线分裂的物理机理不同: 施特恩—格拉赫实验是原子磁矩与外磁场相互作用, 引起运动原子束的偏转, 碱金属双线是电子本身的自旋磁矩与轨道运动产生的磁场相互耦合形成的, 塞曼效应是由原子自身的总磁矩与外加的磁场相互作用产生的。特别强调: 电子自旋实质上是电子的内禀角动量, 完全没有“旋转”的含义, 与电子运动状态无关。

为了取得有效教学成效, 学生积极主动参与是教学活动的重要一个环节。如果学生仅是知识点获得

增加, 创造力却得不到发展, 教学就是失败, 谈不上有效教学。这里, 我以第二章“弗兰克-赫兹实验”教学为例进行示范。首先进行 5 分钟的新课导入, 向学生依次提出五个问题: 光谱实验证明了什么? 学生会回答, “证明了原子的能量是量子化的”, “分立能级的存在”; 接着提问: 光谱形成的物理原因是什么? 学生会回答, “是原子内电子从能量高的能级向能量低的能级跃迁后的电磁辐射”; 再次提问: “如果原子能量不是量子化的, 而是像经典物理一样是连续的, 那光谱的特征会是什么样的?” 部分学生会做出回答, “是连续谱, 不是分立谱”; 这时再提出疑问, “同学们对原子只能处于某些分立的能量态(量子态)是否还持怀疑态度?” 并让同学们举手示意。教师要鼓励这些怀疑原子量子态的学生, 并同时做出陈述, “任何重要的物理规律都必须得到至少二种独立实验方法的验证”, 最后提问“除了光谱实验, 是否还有其它实验证明原子的量子态?” 从而引出本节课的新课教学。这样组织教学, “教”的不苦, “学”的不累, 教师通过精讲优释, 学生的合作和探究精神得到培养与发展。

#### 4. 知识传授与思政元素的教学

培养什么人, 是教育的首要问题。在新形势下, 如何做好知识传授, 又能融合思政元素是当今高等教育的主题。教师精心设计教学, 让学生既能筑牢基础知识, 又能提高政治素养。长期以来, 党和国家高度重视课程的育人功能, 明确提出教育要落实立德树人的根本任务, 把思政工作贯穿于教学全过程。习总书记在全国高校思想政治工作会议讲话中明确指出: “要用好课堂教学这个主渠道, 满足学生成长发展需求和期待, 各门课程都要守好一段渠, 种好责任田, 推动课程思政育人, 实现全程育人、全员育人、全方位育人” [4]。

专业知识与课程思政的融合教学, 极大提高学生的学习热情和学习动力, 帮助他们明白学什么、怎么学、为谁学。通过有效教学, 学生不仅掌握和运用物理知识, 而且培养崇尚科学、创新奋进、爱国奉献的精神。在原子核式模型教学中, 学生既掌握原子结构的知识, 又学习到卢瑟福尊重实验事实、不迷信权威、敢于质疑的科学品质。在早期量子论教学中, 学生既认识到经典物理的局限性, 又获得量子物理的初步知识, 如“能量子”、“光量子”、“能级”, 学习到普朗克、爱因斯坦和玻尔的创新精神。我永远牢记“立德树人”的教学宗旨, 帮助学生树立远大理想, 将个人发展始终与国家命运紧密结合[5]。

#### 5. 结束语

在原子物理学的发展过程中, 大师云集, 星光璀璨。在攀登科学高峰中, 科学家们的故事既能启迪学生奋斗, 也会深刻启发我的教学。希望所有的教师能像索末菲那样, 培养出像德拜、海森伯、泡利等一批诺贝尔奖得主的学生, 为科学发展和人类进步输送优秀人才。“大学之道, 在明明德”, 我将不断拓展教育教学方法, 为党育人, 为国育才。

#### 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, XJGXZHJG202308)。

#### 参考文献

- [1] 冯端, 金国钧. 凝聚态物理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 1-5.
- [2] 杨福家. 原子物理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008: 1-411.
- [3] 曾谨言. 量子力学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 1-73.
- [4] 丁汉芹. 浅谈《原子物理学》中的课程思政[J]. 新教育时代, 2022(23): 109-111.
- [5] 何薇, 陈建龙. 线性代数课程思政教学案例的设计与实践[J]. 大学数学, 2021, 37(5): 47-51.