

将团簇科学融入《大学物理》课程助力“基础教学 + 科学前沿”双模式教学高质量发展

裴 玮

扬州大学物理科学与技术学院, 江苏 扬州

收稿日期: 2023年8月5日; 录用日期: 2023年8月30日; 发布日期: 2023年9月6日

摘 要

本论文从团簇科学中的基础物理知识点出发, 探讨了将团簇科学作为新兴领域融入当前高等理工科学校《大学物理》课程中进行教育改革的创新方法。通过整合团簇科学概念和应用, 学生不仅可以加深对基础物理原理的理解, 还能接触到前沿研究领域。更重要的是, 团簇科学与物理课程相结合不仅丰富了课程内容, 还培养了批判性思维能力, 并促进了物理与其他科学领域之间的跨学科联系。本文重点阐述了将《大学物理》课程中的“基础教学”与团簇科学中的“科学前沿”有机融合的双模式教学, 从而助力复合型人才的培养。

关键词

教育改革, 《大学物理》, 团簇科学, 双模式教学

Integrating Cluster Science into the *Course of University Physics* to Help the High-Quality Development of Dual-Mode Teaching of “Basic Teaching + Scientific Frontier”

Wei Pei

College of Physics Science and Technology, Yangzhou University, Yangzhou Jiangsu

Received: Aug. 5th, 2023; accepted: Aug. 30th, 2023; published: Sep. 6th, 2023

Abstract

This paper presents an innovative approach to integrate cluster science as a new field within the

Course of University Physics of higher education institutions for educational reform. By incorporating concepts and applications from cluster science, students can deepen their comprehension of fundamental physical principles while gaining exposure to cutting-edge research areas. Moreover, this integration enhances both curriculum enrichment and critical thinking skills development by fostering interdisciplinary connections between physics and other scientific disciplines. The study focuses on a dual-mode teaching methodology that seamlessly combines foundational instruction in the Course of University Physics with exploration at the forefront of cluster science to foster multidisciplinary talent cultivation.

Keywords

Educational Reform, Course of University Physics, Cluster Science, Dual-Mode Teaching Methodology

Copyright © 2023 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

随着社会、科技和经济的快速发展，传统的教学方法和内容已不足以满足现代学生的需求。全球化和技术进步带来了新兴领域、跨学科研究和职业机会。通过课程改革，可以将新知识、新概念以及当前行业需求纳入到教学中，不仅能跟上时代的步伐，还可以确保毕业生拥有适应未来挑战所需的知识和技能。此外，雇主对于毕业生在专业领域内掌握实用技能和解决问题能力日益重视。通过调整课程结构、引入实践项目或与行业合作，可以提升毕业生成为市场上寻找工作时的竞争力。传统教育模式偏向于灌输知识而缺乏培养创造性思维和创新的能力。通过鼓励自主学习、团队合作以及独立思考等方法，课程改革能够培养学生的创造力和创新精神[1]。

通过引入互动式教学、实践项目、实地考察或利用技术工具等方式，可以激发学生的积极参与和主动学习[2]。这样的改革不仅提高了学生的学术成就，还增强了他们对所学知识的理解和应用能力。现代社会要求人们持续更新知识和适应变化。通过将终身学习意识纳入到课程中，并培养自主、批判性思考以及信息获取能力，可以帮助毕业生在职业发展过程中保持竞争力[3]。总之，在快速变化的时代背景下，高等教育中进行有效的课程改革至关重要。它有助于满足不断变化的需求，并为未来领导者和专业人士提供更好准备。

团簇科学作为一门新兴领域，涉及到微观尺度下原子和分子之间的集体行为与性质[4]。通过将其纳入课程，学生可以接触到最新、最先进的相关知识，了解当前科技发展的前沿动态。团簇科学横跨多个领域，包括物理、化学、材料等。将其整合入课程可以促使不同专业背景的学生进行跨界交流与思考，并提供机会进行多领域融合创新。团簇科学通常需要采用先进仪器设备和实验方法进行研究。通过在课程中引入相应实验项目或实习经历，可以帮助学生掌握高级实验技巧，并提升他们在相关领域开展实际工作所需的操作能力。团簇科学作为一个较为复杂且不断发展的领域，需要学生具备创新思维和解决问题的能力。通过课程整合，可以培养学生在团簇科学中进行自主研究、提出新观点和创意解决方案的能力。团簇科学常与实际应用密切相关，如材料设计、催化剂开发等。将其纳入课程有助于建立校企合作关系，并提供机会让学生参与行业项目或实习，加深他们对团簇科学在实践中的应用理解。将团簇科学纳入大学物理教育可以为学生打开了解前沿知识、拓宽专业视野、培养跨领域思维以及提升实验技能和

创新思维以及推动跨领域能力和合作意识的发展。这不仅有助于满足社会对相关人才需求，也为未来专业人士在该领域取得突破奠定基础。

本文旨在探讨如何将团簇科学与《大学物理》课程内容有机的结合，将基础科学知识储备与科学前沿问题相融合，培养跨学科背景的优秀人才。通过教材设计与内容更新、实验技术与计算模拟以及跨学科合作等方法，有效地促进团簇科学在大学物理课程中的应用。希望本文能够为融合团簇科学与大学物理课程提供一些有益的思路和建议，推动相关教育内容的发展和创新。

2. 团簇科学的背景

团簇通常由几十到几百甚至更多个原、分子组成，其尺寸范围从纳米到亚微米级别，是一种介于单个原子、分子和宏观物质之间的中间尺度结构，其具有明确的边界，并且内部原子或分子彼此通过化学键或非共价相互作用结合[5]。由于三维激子限域效应，团簇表现出与单个原子、分子不同的物理、化学和光学性质。团簇存在着稳定态和不稳定态，其中稳定态指具有最低能量状态并保持形态长时间存在。

团簇科学是一个与各个科学领域相关的跨学科领域，涉及到微观尺度下原子和分子之间的集体行为与性质。团簇指的是由几个至数百或上千个原子或分子组成、具有特定结构和稳定性质的聚合物系统。在团簇科学中，研究者通过实验、理论模拟和计算方法来探索团簇形成、结构、动力学以及其对物理、化学和材料等方面的影响。这门领域融合了物理学、化学、材料科学以及生命科学等多个专业，并借助先进仪器设备进行实验观测与表征。团簇科学在许多应用领域都有重要意义。例如，在材料科学中，通过控制和调节团簇的大小和形态可以改变材料的光电性能；在催化剂设计中，利用金属或氧化物纳米团簇可以提高反应速率和选择性；在生命科学中，人们也开始关注使用生物大分子自组装成纳米尺度聚集体(如蛋白质纳米粒)来进行药物传递和显影等应用。团簇科学的发展为人们提供了深入理解微观世界的机会，并在材料设计、催化剂开发、纳米技术以及生命科学等领域带来了许多新的应用。通过跨学科合作，团簇科学不断推动各个领域之间的交叉创新与发展，对于促进科技进步和解决现实问题具有重要意义。

3. 团簇科学的研究及其应用

团簇科学的研究主要分为以下几个方面：1) 实验室研究，进行团簇合成和表征的实验可以直接观察和验证团簇在不同条件下的形成、结构和性质。例如，使用质谱仪、原子力显微镜等先进仪器设备来分析团簇的组成、大小、形态以及电子结构等特征；2) 计算模拟，通过计算方法(如密度泛函理论)模拟和预测团簇系统中原子或分子之间的相互作用与行为。这种计算模拟可以帮助我们深入理解团簇内部结构与稳定性，并预测其物理化学性质；3) 材料设计与改良，将所学到的团簇科学知识应用于材料设计中，利用纳米尺度上不同类型或形态的团簇来调控材料属性。例如，在光电材料领域，通过控制金属或半导体纳米粒子聚集而成的晶格结构，可以调节其光吸收和发射特性；4) 催化剂开发，团簇在催化剂设计中有着重要作用。通过实际应用，可以了解不同尺寸、成分和形态的团簇对反应速率、选择性和稳定性等方面的影响；5) 生命科学应用，将团簇科学原理应用于生物领域，例如使用蛋白质纳米粒子进行药物传递或显影技术。通过理论计算与实验探究、基础知识与科学前沿相结合的方式，可以深入理解如何利用团簇结构与电子特性之间构效关系来改善和定向设计功能团簇结构。

通过以上实际应用方式，我们能够加深对团簇科学基础概念的理解，并将其联系到具体问题和现实场景中。这种综合运用可以帮助巩固所学知识，并拓展创新思维，在相关领域做出积极贡献。

4. 《大学物理》课程与团簇科学

在大学物理课程中，以下是一些可纳入团簇科学主题的例子：1) 基础量子力学：介绍基本的量子力学原理和数学工具，如波函数、算符、薛定谔方程等。这为后续讨论团簇系统的量子行为打下基础。2) 电

离能与光谱：解释原子或分子吸收和发射光谱现象，并探讨不同大小的团簇对电离能及其能级结构所产生的影响。3) 凝聚态物质与晶体结构：介绍凝聚态物质中周期性排列的晶格结构，以及不同尺寸范围内形成的集体效应。说明如何通过调节团簇大小来改变材料性质。4) 能带理论与半导体：探讨能带理论及其在半导体材料中的应用。特别关注纳米尺度上形成的低维结构(例如量子点)，并阐述它们对电荷输运和光电性能等方面产生影响。5) 表面科学与催化剂：讲解表面科学概念，包括表面反应动力学和吸附现象。进一步讨论纳米尺度上团簇催化剂的设计和应用，以及其在反应速率、选择性和稳定性等方面的优势。

这些主题可以作为大学物理课程中引入团簇科学概念的起点。通过对这些主题的深入探索，学生可以逐渐了解团簇系统在量子力学与凝聚态物理之间的交叉领域，并认识到它们在材料科学、催化剂设计等实际应用中的重要作用。

团簇几何结构丰富，按照元素可将其分为过渡金属团簇(铁、钴、镍等)、贵金属团簇(金、银、铜等)和非金属基团簇(富勒烯、硼团簇等)；基于有无配体保护可分为裸团簇和配体保护团簇[6]。这些特征和分类可帮助我们理解不同类型的团簇及其特殊性质。对于进一步掌握和应用团簇科学知识来说，深入了解这些概念是非常重要的。团簇中的量子尺寸效应是指由于团簇尺寸限制而导致电子结构发生修饰的现象。在纳米尺度下，电子运动受到空间限制，从而改变了材料的物理和化学性质。这些性质和应用可以通过引入专门模块或课程来涵盖，并采取以下教学策略：在理论讲解方面，向学生介绍量子尺寸效应对团簇中的电子结构产生的影响。探讨与传统宏观材料相比，在纳米级别上引起特殊行为(如能带变窄、禁带增加等)；在模拟实验方面，使用计算机模拟软件或在线实验平台展示不同大小、形态和组成的纳米团簇系统，并演示其电荷分布、能级结构等方面的特点；在实际案例分析方面，通过介绍一些具有重要意义且广泛应用于材料科学领域的纳米团簇案例，如金属纳米粒子催化剂、半导体量子点光电器件等，以便学生更好地理解该方法在实践中所扮演的角色；在小组讨论和研究项目方面，鼓励学生参与小组讨论，分享他们对纳米团簇的理解、应用和未来发展方向的看法。同时，可以提供一些相关主题的研究项目，以加强学生在该领域中的实践能力。

为了有效实施这些教学策略，并将团簇科学内容纳入现有课程中或开发专门模块、课程，以下步骤可能会有所帮助：

1) 评估现有课程：仔细审查当前物理课程内容，并确定哪些部分可以与团簇科学相关联。找到适合引入量子尺寸效应和纳米团簇性质讨论的地点。

2) 整合新材料：根据需要，在现有课程中添加适当的材料或案例来涵盖团簇科学相关概念。确保这些材料与其他主题相互衔接，并形成一個连贯而完整的教学体系。

3) 设计实验活动：结合模拟软件、在线实验平台或实际实验室设备等资源，设计出旨在展示量子尺寸效应及其影响的实验活动。这将帮助学生直观地理解和掌握团簇科学的概念。

4) 教学资源：收集相关教材、参考书籍、期刊论文以及在线资源，为学生提供更深入了解团簇科学领域的机会。确保这些资源易于获得，并与课程内容相匹配。

通过以上策略和步骤，可以有效引入团簇科学内容，并在现有物理课程中涵盖或开发专门模块、课程来讨论量子尺寸效应和纳米团簇的性质和应用。这样做不仅可以增加对该领域的认知，还能够激发学生对新兴材料科学领域的兴趣，并为他们未来在相关行业中的职业发展打下基础。利用动手实验、模拟、可视化工具和案例分析可以为学生提供更直观、实践性的学习体验。通过亲自操作和观察，他们可以深入了解团簇科学中的量子尺寸效应，并对纳米团簇的性质有更清晰的认识。同时，使用模拟/可视化工具能够帮助学生在虚拟环境中探索不同参数和条件下的电子结构变化，加深对概念和理论知识的理解。

在进行案例分析时，教师可以引导学生分析一些真实世界中应用广泛且有挑战性的问题，如纳米材

料在催化剂领域的应用或纳米光电器件等[7]。通过讨论这些案例，并与现有理论联系起来，学生将能够将所学知识应用于实际情境，并培养批判性思维能力。采取积极主动地学习方法(如小组讨论、独立探究)也是提高理解能力的有效途径。鼓励学生积极参与，并从多个角度思考问题和寻找解决方案，有助于加深对团簇科学的理解。通过探索实际应用，学生可以更好地了解团簇科学在材料科学领域中的潜力和局限性。这有助于培养他们的创新思维和批判性思考能力，使他们能够评估不同应用中的挑战，并提出改进方法或新想法。最后，将物理与相关领域(如化学、材料科学)之间建立跨学科联系也是重要的。团簇科学涉及多个领域的知识，包括量子力学、电子结构理论、表面化学等。通过强调这些交叉点，并鼓励跨领域合作和讨论，可以帮助建立更全面且深入的认识。

对于教师而言，利用动手实验、模拟、可视化工具和案例分析等教育策略可以激发兴趣并增加互动性，提高教育效果。同时，在引导学生进行积极主动地参与时，教师也会从他们分享的观点和见解中获得新的启发和洞察力。而对于学生来说，则能够通过实践活动更好地理解抽象的概念，并培养实验设计、问题解决和团队合作等能力。总体而言，通过这些教学策略可以提高学生的参与度、理解能力和创新思维，为他们未来在相关领域中的职业发展打下坚实基础。

5. 预期的效果

将团簇科学融入大学物理教育中可以产生以下潜在影响：

1) 提高学生的兴趣和参与度：通过动手实验、模拟、可视化工具和案例分析等活动，能够使學生更加直观地了解团簇科学，并增加他们对物理学的兴趣。这种积极参与有助于提高课堂氛围和互动性。2) 加深对物理概念的理解：通过实践活动，如操作实验仪器、使用模拟软件或分析真实案例，可以帮助学生更好地理解抽象的物理概念。他们将能够直接观察到现象并从中推导出相关原则。3) 培养批判性思维能力：探索实际应用和进行案例分析时，需要学生运用批判性思维来评估问题、提出解决方案，并考虑局限性和改进方法。这有助于培养他们的逻辑思维、问题解决和创新能力。4) 强化跨领域联系：团簇科学涉及多个领域(如量子力学、电子结构等)，将其融入大学物理教育中可以促进物理与其他相关领域的跨学科联系。这有助于学生在解决实际问题时能够综合运用不同学科的知识。

为了最大限度地发挥这些潜在影响，呼吁合作与进一步研究课程开发和评估是至关重要的。教育界应该鼓励教师、研究人员和相关机构之间的合作，共同开发适用于大学物理教育的团簇科学课程。这包括设计有效的实验、模拟/可视化工具以及案例分析，并提供相应培训和支持给教师。此外，还需要进行系统性的评估来衡量融入团簇科学后对学生学习成果和兴趣产生的影响。通过定期收集反馈意见、观察课堂表现并分析测试结果等方式，可以不断改进和优化团簇科学课程，确保其达到预期效果。总之，在将团簇科学融入大学物理教育中存在巨大潜力，但需要积极推动合作与进一步研究才能最大限度地实现这种影响。

6. 总结

本文从当前高校的《大学物理》课程的教学出发，探讨了在高校理工科大学生物理教育中增设团簇科学的前沿内容的必要性。团簇科学作为一个跨学科领域，在现代科技领域中扮演着关键角色。其广泛应用于材料设计、催化剂开发、纳米技术以及生命科学等领域。通过引入团簇科学相关实例和案例分析，可以使得《大学物理》课程更加贴近现实应用，提高学生参与度、深化基础知识、培养创新思维，并为他们未来在相关领域的职业发展奠定坚实基础。总之，将团簇科学融入大学物理课程可以提高学生的学习效果，并弥补不同科技领域之间的差距。这为培养具备基础知识和现代研究领域深厚基础的未来科技人才提供了创新路径。同时也推动了“基础教育 + 前沿科研”的双模式教育发展迈上更高质量水平。

基金项目

扬州市绿扬金凤优秀博士项目(YZLYJFJH2022YXBSO84)。

参考文献

- [1] 张浩正, 张瑞瑞. 类市场化治理: 高等教育改革的运作逻辑及价值定位[J]. 河南师范大学学报(哲学社会科学版), 2023, 50(4): 138-143. <https://doi.org/10.16366/j.cnki.1000-2359.2023.04.20>
- [2] 林明治, 张文树. 新媒体时代高校思政课互动式教学调查与研究[J]. 常州信息职业技术学院学报, 2023, 22(2): 81-85.
- [3] 张婷. 终身学习理念下教师教育改革[J]. 中国教育学刊, 2019(S1): 222-223+229.
- [4] 王广厚. 团簇物理学[J]. 物理, 1995(1): 13-19.
- [5] 王广厚. 原子团簇的稳定结构和幻数[J]. 物理学进展, 2000, 20(1): 52-92.
- [6] 杜秋莹. 贵金属及其掺杂团簇的结构与气相反应研究[D]: [博士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2022. <https://doi.org/10.26991/d.cnki.gdlu.2022.003709>
- [7] 王自庆, 张留明, 林建新, 等. 纳米材料负载钨催化剂的制备与应用[J]. 催化学报, 2012, 33(3): 377-388.