

# Three-dimensional Integration Teaching Reform and Practice of Physical Chemistry Course—Taking Phase Diagram of Single-component System as an Example

Yinglin Zhang Heng Yin Zhongping Xiong Xinlu Liu Yujun Si

College of Chemistry and Environmental Engineering, Sichuan University of Science and Engineering, Zigong, Sichuan, 643000, China

## Abstract

Under the framework of new engineering education initiatives, applied talent cultivation has imposed new requirements for the integrated development of knowledge, competencies, and literacy in core foundational chemistry courses. Physical chemistry courses, characterized by abstract content and strong theoretical components, face prominent challenges in traditional teaching such as superficial ideological education integration, disconnection between theory and practice, and insufficient student engagement. This study employs single-component system phase diagram instruction as a practical approach, grounded in student-centered educational philosophy, to establish a three-dimensional teaching system integrating ideological education, scientific research, and professional training. Through restructuring teaching resources, innovating problem-chain-driven pedagogical models, and building an integrated case library, the study achieves paradigm shifts from one-way knowledge transmission to value cultivation, skill development, and knowledge construction. Teaching practice outcomes demonstrate that this model significantly enhances student course participation, knowledge application capabilities, and professional identity recognition, providing replicable practical pathways for teaching reforms in physical chemistry and similar engineering foundational courses at local universities.

## Keywords

physical chemistry; three-dimensional fusion; single-component system phase diagram

# 物理化学课程三维融合教学改革与实践——以单组分系统相图为例

张应琳 尹恒 熊中平 刘新露 司玉军

四川轻化工大学化学与环境工程学院, 中国·四川自贡 643000

## 摘要

新工科建设背景下, 应用型人才培养对化学类核心基础课程提出了知识、能力、素养协同发展的新要求。物理化学课程内容抽象、理论性强, 传统教学存在思政融入浅层化、理论实践脱节、学生学习主动性不足等突出问题。本文以单组分系统相图教学为实践载体, 立足以学生为中心教育理念, 构建思政、科教、专业三维融合的教学体系, 通过重构教学资源、创新问题链驱动教学模式、搭建一体化案例库, 实现从知识单向传授到价值塑造、能力培养、知识建构的教学范式转型。教学实践结果表明, 该模式有效提升了学生的课程参与度、知识应用能力和专业认同感, 为地方高校物理化学及同类工科基础课程的教学改革提供了可复制的实践路径。

## 关键词

物理化学; 三维融合; 单组分系统相图

## 1 引言

新工科建设聚焦学科交叉融合与创新人才培养, 要求基础课程突破传统教学边界, 实现知识传授、能力培养与价

值引领的有机统一<sup>[1]</sup>。物理化学作为酿酒、应用化学、化学工程与工艺、材料科学与工程等专业的核心基础课, 是学生建立化学学科理论思维、衔接后续专业课程的关键环节, 但其教学长期面临三大痛点: 一是知识抽象性强, 相图、热力学方程等内容与生活实际脱节, 学生易产生畏难情绪; 二是教学重理论推导轻实际应用, 学生难以建立理论与工程实际的关联, 知识应用能力薄弱; 三是教学方法单一且思政元素融入生硬, 学生处于被动接受状态, 学习兴趣与参与度较低。

单组分系统相图是物理化学相平衡章节的核心内容,

【基金项目】四川轻化工大学校级教学改革研究项目(项目编号: JG-25014)。

【作者简介】张应琳(1994-), 女, 中国重庆人, 博士, 讲师, 从事能源存储与转换材料研究。

既承接吉布斯相律、克拉佩龙方程等前置理论,又为二组分、多组分系统相图学习奠定基础,兼具理论性、衔接性与应用性,是践行三维融合教学理念的优质载体<sup>[2]</sup>。本文以单组分系统相图教学为切入点,从思教、科教、专业三个维度探索物理化学课程教学改革路径,破解传统教学难题,为工科基础课程教学创新提供实践参考。

## 2 三维融合教学体系的核心理念与内涵

### 2.1 核心理念

本研究秉持“立德树人、学生发展为中心、研学融合为路径、持续改进为目标”的教育理念,以单组分系统相图等核心知识点为抓手,从课程内容重构、教学方法创新、评价体系优化三个维度,构建思教融合为价值引领、科教融合为能力驱动、专业融合为应用导向的三维融合教学体系。通过整合信息技术、科研成果、专业应用与思政元素,实现抽象理论具象化、知识学习力化、价值塑造常态化,最终培养适应新工科发展需求的高素质应用型人才。

### 2.2 三维融合的内涵

思教、科教、专业三维融合并非独立分割,而是相互渗透、相互支撑的有机整体,三者围绕物理化学知识点深度融合,共同服务于“知识-能力-素养”三位一体的培养目标,在单组分系统相图教学中具体体现为:

#### (1) 思教融合:价值引领与知识传授的深度统一

深度挖掘相图知识中蕴含的思政元素,将我国科学家的科研事迹、工程技术中的民族精神、学科知识中的社会责任与课堂教学自然融合,实现科学精神、家国情怀、环保理念与知识传授的同频共振<sup>[3]</sup>。

#### (2) 科教融合:科学研究与教学过程的双向赋能

将相图的实验测定方法、学科前沿研究成果、科学探究思维融入教学过程,让学生理解知识的生成逻辑与科研方法,培养学生的科学探究能力和学术视野<sup>[4]</sup>。

#### (3) 专业融合:基础理论与专业应用的精准对接

结合应用化学、化工、材料等不同专业的培养需求,对接相图在冻干工艺、涂层材料设计、化工分离、食品加工等领域的工程应用,让学生感知基础理论的专业价值,实现基础课程为专业课程赋能<sup>[5]</sup>。

## 3 三维融合在单组分系统相图教学中的实践路径

以45分钟单组分系统相图教学为载体,依托超星学习通智慧教学平台,构建课前预探—课中深研—课后拓展的三段式教学流程,将思教、科教、专业融合贯穿教学全环节,实现教与学双向互动,推动学生从“被动学”向“主动探”转变。

### 3.1 重构教学资源:以知识图谱搭建系统化学习路径

针对物理化学知识点关联性强、学生易出现知识碎片化的问题,依托学习通平台构建以单组分系统相图为核心的

层次化知识图谱,衔接前置的吉布斯相律、克拉佩龙方程,关联后续的二组分系统相图,形成“概念—原理—应用—拓展”的完整知识网络。

为知识图谱中每个节点配套个性化教学资源:概念节点(相、相数、自由度)链接微课讲解、概念辨析习题;原理节点(相律应用、克拉佩龙方程推导)链接公式推导视频、实验数据案例;应用节点(水的相图分析、冻干工艺)链接工程案例、实物图片;拓展节点(相图数据库、超临界流体)链接科研论文、前沿应用资料。同时,平台根据学生线上答题、预习任务完成情况,智能分析学习短板并推送个性化学习资源,实现“因材施教”,解决学生学习基础差异问题。

### 3.2 创新教学模式:以问题链驱动全环节深度互动

打破传统“满堂灌”教学模式,以真实情境问题链为核心,驱动学生课前、课中、课后的主动探究,让学生在解决问题的过程中建构知识、培养能力、塑造价值。

课前预探:情境问题引导自主学习。教师在学习通发布冬奥短道速滑冰刀设计、冰川移动等真实情境视频,提出启发性问题:“冰刀为何设计为锋利状?运动员高速滑行的科学原理是什么?”“冰川移动与相图知识存在何种关联?”,引导学生带着问题预习相图基本概念、水的相图结构等知识点,查阅资料并在讨论区分享观点。教师提前梳理学生的认知疑点,为课堂教学精准定位重难点。

课中深研:阶梯式问题链突破教学重难点。以基础问题链—核心问题链—应用问题链为线索,结合小组讨论、案例分析、随堂测验等形式,实现三维融合的深度渗透。基础问题链:聚焦知识夯实,如“单组分系统的独立组分数如何确定?相律的具体表达形式是什么?”,引导学生运用相律分析单组分系统相平衡规律。核心问题链:聚焦难点突破,如“水的相图中单相区、两相线、三相点的物理意义是什么?”“冰的熔点曲线斜率为负的原因是什么?”,结合克拉佩龙方程推导、实验数据可视化,让学生理解水的相图独特性。应用问题链:聚焦知识应用,如“高压锅缩短烹饪时间的科学原理是什么?”“冻干食品加工如何利用水的相图原理?”,引导学生将相图知识与生活、工程实际结合。同时,利用学习通实时投屏、随堂测验功能,及时展示学生答题正确率,针对共性问题精准点拨,提升课堂教学效率。

课后拓展:分层任务实现知识迁移与能力提升。布置基础—应用—拓展—科研四层分层化课后任务,兼顾不同基础学生的学习需求:基础任务为完成相图相关习题,巩固课堂知识;应用任务为线上讨论“雪能捏成雪球的相图原理”,引导学生分析生活现象;拓展任务为预习二氧化碳相图,分析灭火器工作原理,衔接后续教学;科研任务为阅读水的相图前沿文献,了解其在航空航天涂层材料中的应用,拓宽学术视野。

### 3.3 丰富教学内容:以三维案例库实现深度融合

围绕单组分系统相图教学,构建思教-科教-专业一体

化案例库,将抽象的相图知识转化为生动具体的案例,让学生在案例分析中学习知识、培养能力、塑造价值,实现“一课多效”。

### 3.3.1 思政融合案例:厚植家国情怀,涵养科学精神

讲解水的三相点时,引入我国科学家黄子卿的科研事迹——黄子卿远赴美国,精准测定水的三相点温度,为热力学温标奠定重要基础,让学生感受我国科学家攻坚克难、求真务实的科研品格,激发科技报国的使命感。结合冬奥短道速滑案例,讲解冰刀滑行的相图原理,同时介绍中国短道速滑队的夺冠历程,激发学生的民族自豪感;分析冰川移动原理时,关联全球气候变化议题,引导学生关注生态环境,增强社会责任。

### 3.3.2 科教融合案例:对接学科前沿,培养科研思维

展示水的相平衡实验原始数据,引导学生完成从实验数据到 $p-T$ 相图的绘制过程,让学生理解“实验数据—理论模型—图形表征”的科研思维方法。介绍相图数据库在航空航天防护涂层材料设计中的应用:通过相图分析材料在不同温度、压力下的相态变化,优化涂层材料的成分与制备工艺,让学生了解相图知识的前沿科研价值。讲解克拉佩龙方程时,引导学生运用“公式推导—现象解释—实际验证”的科学方法,培养逻辑推理与科学探究能力。

### 3.3.3 专业融合案例:立足专业需求,衔接工程实践

针对应用化学、化工、材料等专业的差异化需求,设计贴合专业的工程应用案例:结合食品工程,讲解如何利用水的固-气平衡线实现食品冻干,保留营养成分;结合化工分离,介绍超临界水在污染物降解、萃取中的应用;结合材料设计,讲解相图在涂层材料成分优化中的应用,让学生感受基础理论的专业应用价值,衔接后续专业课程。

## 3.4 完善教学评价:以过程考核促进深度学习

改革后的课程评价采用“平时表现+过程考核+期末测评”的多元模式。平时表现包括课堂互动、小组讨论、线上答题等;过程考核通过知识图谱学习进度、课后作业、项目式任务等记录学生阶段性学习成果;期末测评注重考查学生综合运用知识分析问题的能力。这种评价方式打破了“一考定成绩”的局限,引导学生关注学习过程,注重能力养成,促进了深度学习的发生。

## 4 实施效果与反思

### 4.1 教学成效

经过两轮教学实践,三维融合教学模式在教学中取得显著成效:从线上平台数据来看,学生的平均登录次数、课堂互动频次、预习任务完成率较传统教学有所提升,学生从“被动听”转变为“主动探”,课程参与度大幅提升;从学习效果来看,学生对相图知识的理解与应用能力显著增强,

在后续二组分系统相图学习中,知识衔接更为顺畅;从科研实践来看,多名学生主动查阅相图相关科研文献,参与教师的涂层材料、食品冻干相关科研项目,实现了从课堂学习到科研实践的初步衔接,专业认同感与科研兴趣显著提升。

### 4.2 存在的问题与改进方向

在教学实践中,也发现部分需要进一步优化的问题:一是部分基础薄弱学生对知识图谱的自主学习存在门槛,相律与相图的综合应用能力不足;二是部分思政案例与知识的衔接仍显生硬,尚未实现“润物细无声”的融入效果;三是专业融合的覆盖面有待拓展,针对化工、材料等专业的差异化案例仍需完善。

针对以上问题,后续将从三方面进行改进:优化分层教学策略,在知识图谱中增加基础入门资源,为基础薄弱学生设置阶梯式学习任务,降低自主学习门槛。打磨思政案例设计:深入挖掘知识点与思政元素的内在逻辑关联,避免贴标签式设计,让思政元素与知识教学深度融合。完善专业案例库:针对不同专业,设计差异化的相图应用案例,实现基础课程与不同专业培养需求的精准适配。

## 5 结语

本文以单组分系统相图教学为实践载体,构建的思政、科教、专业三维融合教学体系,通过知识图谱重构教学资源、问题链驱动教学互动、三维案例库丰富教学内容,有效破解了传统物理化学教学的痛点,实现了从“知识传授”向“价值塑造—能力培养—知识建构”的教学范式转变。该教学模式不仅在单组分系统相图教学中取得良好效果,也为物理化学其他章节(如化学动力学、电化学、界面化学)及同类工科基础课程的教学改革提供了可借鉴的思路。未来,将继续以核心知识点为载体,深化三维融合教学改革,完善教学资源与评价体系,推动该模式在更多课程中推广应用,为培养适应新工科发展需求的高素质应用型人才奠定坚实基础。

### 参考文献

- [1] 傅杨武,胡传波,陈书鸿.“新工科”背景下的地方院校物理化学课程教学改革与实践[J].大学化学,2025,40(03):237-244.
- [2] 陈欣,刘学军,翟翠萍.基于融合教学模式的物理化学单组分系统相平衡课程设计[J].化工时刊,2026,40(01):65-67.
- [3] 赵红梅,陆自强,李崧,等.课程思政引领下的物理化学教学探索与实践[J].大学化学,2024,39(03):210-217.
- [4] 李霞,郭志光.探究科教融合:物理化学教学的精彩之处——培养学生综合素养与创新能力的关键路径[J].教育进展,2023,13(10):7904-7908.
- [5] 鲍长远,刘玉鑫,徐国栋,等.储能科学与工程专业物理化学课程“知识图谱+科教融汇”创新教研方法的研究与实践[J].大学化学,2026,03(30):1-8.