

工程教育背景下《物理化学》水的相图思政探索

岳鑫* 霍月洋

聊城大学东昌学院

DOI:10.12238/er.v8i8.6362

[摘 要] 该研究采用“巧妙穿插+择机融合”的课程思政实施策略，围绕“面、线、点”集中阐述了物理化学《水的相图》一节蕴含的思想价值和精神内涵，以“深入的互动讨论、高瞻的前沿拓展、典型的项目应用”全面落实“三全育人”和“五育并举”，取得了很好的教学效果。

[关键词] 相图；动态分析；科学家精神；创新思维

中图分类号：G642.0 文献标识码：A

Practical Application, Revitalizing the Nation through Science and Education, Appreciating the Beauty of Phase Diagrams—An Interpretation of the Study “Phase Diagram of Water”

Yue Xin, Huo Yueyang

College of DongChang, Liaocheng University

Abstract: This paper adopts the implementation strategy of "skillful interweaving+ opportune integration" for ideological and political education in the curriculum. It focuses on the "plane, line, and point" to elaborate on the ideological value and spiritual connotation contained in the section of "Phase Diagram of Water" in Physical Chemistry. Through "in-depth interactive discussions, forward-looking frontier expansions, and typical project applications", it fully implements the "all-round education for all" and "five-education integration", achieving excellent teaching results.

Keywords: Phase diagram; dynamic analysis; scientist spirit; innovative thinking

引言

“水的相图”是第四章相平衡的第 3 节，前面学生已经掌握了吉布斯相律和克-克方程，下面将进行二组分系统相图的学习，因此该单元教学有承上启下的作用。围绕《水的相图》培养目标，主要采用“问题探究式”教学模式，按照“实

验现象和数据-纯物质相图的形成-分析与应用-前沿拓展-总结提升”依次展开教学活动，巧妙灵活运用各种策略，深入挖掘追求真理、严谨治学、勇攀科学高峰的责任感，科技报国的家国情怀和使命担当等思政元素。图 1 为课堂教学流程图^[1]，给出了每一个教学环节重点融入的精神内涵：



图 1 课堂教学流程图

1 教学设计与实施

1.1 问题的导入

播放短视频案例，见图 2。

①一瓶普通矿泉水在零下 20 摄氏度没有结冰，但拧开盖却自上而下结冰了；

②水可以一边沸腾、一边结冰的“神奇”现象，引出“问题”思考激发学生兴趣和求知欲，由此导入本节主题。



图 2 唐古拉山口打开水和冰-水蒸气同时出现现象

1.2 图形的建构

根据水的 p-T 实验数据，采用启发式教学方法，学生结合相律自主利用 Origin 软件逐一标出 s-g 曲线、l-g 曲线、s-l 曲线，最终完成从数据到直观相图的绘制^[2]，见图 3。透过分析特点规律，阐述并归纳纯物质相图为“333”基本要素，即三个面、三条线、三相点。按此构建模型可让学生体会综合运用数学等多种技能的科学思维，培养学生的逻辑思辨和概括能力。

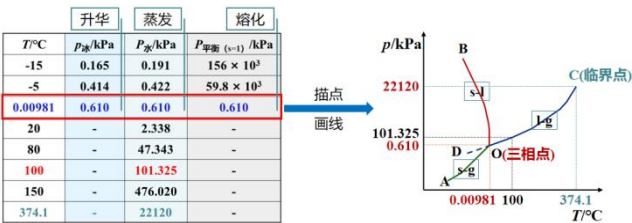


图 3 水两相平衡原始数据和水的相图

1.3 水的相图分析与应用

1.3.1 面的分析： $\Phi=1, f=2$

建立“面的状态是由物系点决定”的认识，此部分引用“解决青藏铁路冻土融化问题”作为思政案例^[3]。青藏高原夏天冻土融化会导致地基沉降，土壤承载能力降低，结合图 4 讲述建设者们发明了一种底部填充制冷剂液氨的“热棒”，吸热时可将热量从冻土层单向传输到空气解决这个难题。极寒之地水的物系点落在固相单相区，能创举出堪称世界铁路史上伟大的超级工程，自然让学生致敬“不辱使命的责任意识、务实创新的科学态度、勇攀高峰的攻坚品格”。



图 4 中国科学家修建青藏铁路精神和热棒结构图

1.3.2 线的分析： $\Phi=2, f=1$

建立“线与 Clapeyron 方程函数关系”的认识^[4]，此部分引用“武大靖超越自我的奥运精神”作为思政案例，如图 5。展示行云流水的比赛动画，以美育人、以事励人的同时，提问为什么溜冰鞋的冰刀那么窄呢？学生在熟悉两相平衡公式的基础上对 OB 线斜率进行分析，得出冰刀越窄，压力增大，熔点降低产生水，润滑冰刀为滑行提供动力。随即布置匹配计算题，进一步量化落实固-液线的能力目标。详细学完固液线后，由于气液线也具有很好的应用场景，切入如生物高压灭菌、减压蒸馏等专业案例，让学生继续学以致用自主分析，环环相扣式锻炼利用相平衡理论解释实际现象。



图 5 武大靖采访新闻和短道速滑冰点下降计算

1.3.3 点的分析： $\Phi=3, f=0$

1.3.3.1 三相点

建立“气-液-固三相可同时平衡共存”的认识，此部分引用“黄子卿院士精确测定水的三相点”作为思政案例，见图 6。



图 6 黄子卿院士简介

课前安排学习通分组，查阅资料^[5]准备好主题为“三相点测定相关故事”的 ppt 汇报任务，培养学生的自学能力和表达能力。图示三相点瓶共同分析三相点测定需要满足的条件，感叹这个实验的精妙之处与难度之大，让同学们深刻体会黄子卿教授测量出水的三相点是多么一件了不起的事情。补充黄老功成名就后在国家困难时期毅然选择西南联大坚守自己“尽责之处”的理念，激发学生的爱国主义情怀，以及对自己人生定位的思考，鼓励学生报效祖国。

1.3.3.2 临界点

建立“超临界水是高温高压既具有液体非常好的溶解性，又具有气体非常好的渗透性特殊流体”的认识。如下工艺流程图显示我国科学家将有机废水、固体废物溶解到超临界装置中，轻而易举完成了有毒污染物的分解^[6]，且最后产物是 CO₂、N₂ 以及无机盐等绿色环保循环可利用的物质，真正做到了“零污染、低排放、可回收”，见图 7。

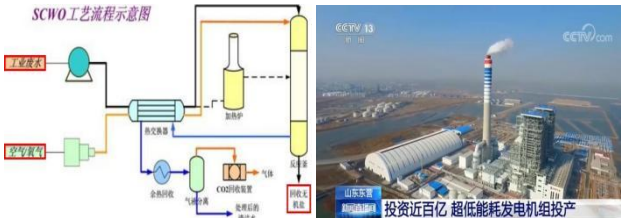


图 7 SCWO 工艺流程图和大唐电力超超临界燃煤发电机组

提出问题“怎样提高火电厂的效率呢？”，学生依据卡诺循环效率的公式探究发现只有无限提高高温热源的温度，随后播放新闻“大唐电力在山东东营建成百万千瓦级超超临界发电机组”作为思政案例。采用超临界水可将火力发电效率提高至 49.4%，此工程占到了我国超临界装机量的 26%，世界上首次采用的集成创新“六缸六排汽”技术，最大限度地降低了能耗，实现了两条腿走路，为国家完成“双碳目标”又迈进了一步。这使同学们对我国的科技强国水平树立了非常强的自信心，“物质性质-决定用途-工业生产”的工程化意识也激活了学生的专业使命感。

1.3.4 动态分析



图 8 真空冷冻干燥机结构图和产品用途

此部分选择广泛应用于生物、中药和食品等领域，衔接学生专业的“真空冷冻干燥技术”作为思政案例。有些物料通过升温去除水分会破坏营养成分活性，可用冻干的方法有效保护^[7]。训练学生借助水的相图动态演绎“水的液-固-气相区穿越”干燥原理：物料中的水先冷冻成冰，然后把压强降到三相点之下，最后冰直接升华成水蒸气抽气脱出，促进了学生动态思维及灵活设计层面的提升。此背景建立了物理化学与专业知识间的桥梁，有利于增强学生的专业自信心和荣誉感，见图 8。

1.4 前沿拓展

1.4.1 二氧化碳相图

CO₂ 相图三条线的形状与水的相图类似，引导学生自行

区分固-液平衡线斜率的正负，深化克拉佩龙方程的应用。继续采取提问形式“常压下干冰为什么可以气化？CO₂ 灭火器的原理是什么？”强化学生识图提炼分析解决问题“举一反三”的能力，见图 9。

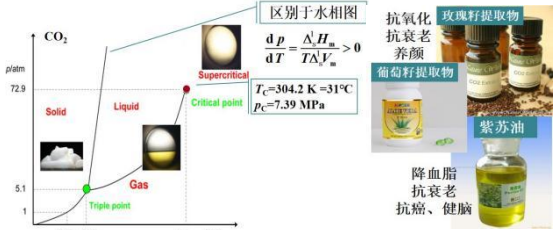


图 9 二氧化碳相图和二氧化碳萃取产品用途

学生对比水的超临界点，发现 CO₂ 超临界数值为 31℃、7.39MPa，比较容易实现，具有廉价、无毒、惰性、易分离等优势，为极佳的超临界萃取剂。教师阐明“相平衡”理论是工业分离和提纯技术的基础，可指导热敏性生物品、香料的精制和啤酒花的提取等^[8]，知识具象化充分调动学生学习的积极性，既让学生深刻感受基本相图是实际生产的原理，又可树立环境友好、生态友好的可持续发展理念。

1.4.2 碳的相图

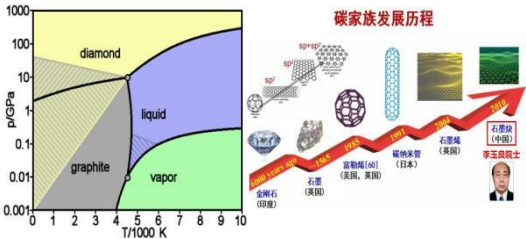


图 10 碳相图和碳同素异形体新家族

如图 10，继续引申到碳的相图，学生自发回顾无机化学元素部分碳的各种同素异形体^[9]：金刚石、石墨、富勒烯、碳纳米管、石墨烯的结构及性质，从相图中找到石墨和金刚石的相分布区域。教师传播碳家族的新成员石墨炔，它的特殊电子结构将在新能源及光电等领域具有重要的应用前景。学生通过线上预习了解李玉良院士在合成石墨炔中遇到的困难和挑战，定位我国化学、材料学科在世界领域的杰出地位，在潜移默化中培养弘扬科学家精神的创新意识，同时树立强烈的民族自豪感和增强对专业领域的兴趣。另指出碳的相图上还存在着一些未知的阴影区域，推荐学习新知识的参考文献，如图 11：

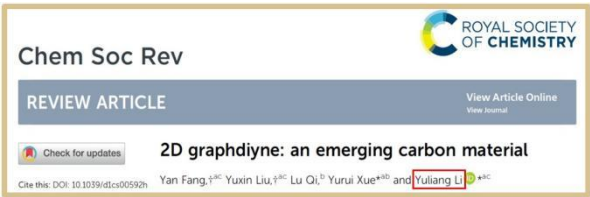


图 11 参考文献

1.5 总结提升

串联知识点间逻辑，建立系统的知识框架：

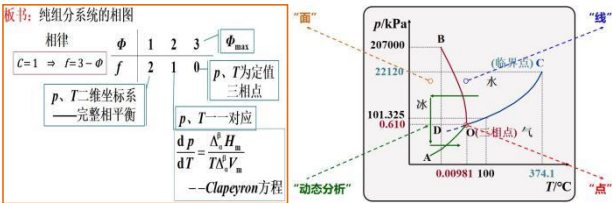


图 12 水单组分系统板书和水的相图特点总结设计

2 成效与价值



图 13 思政改革前后成绩对比图、学生评语和教学效果

经过“问题探究式”教学实践，《水的相图》变得更加立体和鲜活，学生参与度很高，普遍反映内容丰富、生动科技感强，在评教系统和问卷调查里都给予了高度赞扬，如下图所示。思政改革前后对比：改革前，对照班级平均分为 75.11，及格率为 92.67%；改革后，新班级平均分 85.44，及格率为 100%，学生成绩有显著的提升，充分说明能更好地掌握知识，教学目标达成度高，全方位提高了学生的综合素质和教师的教学质量。

[参考文献]

[1] 孙艳辉, 南俊民, 马国正, 等. 界面物理化学中的课程思政元素挖掘与教学实践——以“弯曲表面上的附加压力”为实践案例[J]. 大学化学, 2024, 39(11): 20.

[2] 王女, 赵勇, 刘兆阔. 相平衡的教学设计案例与思考[J]. 大学化学, 2023, 38(10): 129-136.

[3] 那立艳, 张丽影, 支德福, 等. 物理化学混合式教学设计与实践——以“单组分系统相变热力学”为例[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(2): 11-16.

[4] 毛双. 物理化学课程教学中的课程思政——以“水的相图”为例[J]. 大学教育, 2021(4): 97-100.

[5] 王渝生. 物理化学奠基人 创理论重实验 精确测定水的三相点[J]. 中国科技教育, 2021(1): 78-79.

[6] Williams PT, Onwudili J. Subcritical and Supercritical Water Gasification of Cellulose, Starch, Glucose, and Biomass Waste[J]. Energy & Fuels, 2006, 20, 1259-1265.

[7] 罗艳玲, 齐学洁, 申蕊, 等. 中医药院校物理化学课程思政教学的设计与实施——以水的相图为例[J]. 大学化学, 2024(11): 9-14.

[8] 郑晨明, 徐庆松. 超临界 CO₂ 流体萃取技术应用综述[J]. 低温与特气, 2024, 42(1): 12-16.

作者简介：
岳鑫(1986.06-), 女, 汉族, 山东聊城人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向为大学化学教育改革。

基金项目：
聊城大学东昌学院课程思政示范课程——物理化学(KCSZ2024012)。