

## BOPPPS有效教学模式在双语物理化学教学中的应用 ——以“稀溶液的依数性”为例

张歌珊<sup>1,2</sup>, 唐浩东<sup>2</sup>, 刘宗健<sup>2</sup>, 丰枫<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> 武汉工程大学化学与环境工程学院, 武汉 430205

<sup>2</sup> 浙江工业大学化学工程学院, 杭州 310014

**摘要:** 基于BOPPPS有效教学模式, 本文对物理化学课程中“稀溶液的依数性”内容进行教学设计并实施教学实践, 通过六大模块“起承转合”地巧妙转换及参与式学习的深度应用, 充分调动学生的学习积极性。教学过程还结合了雨课堂, 实现教学实时互动, 同时“润物细无声”地在课程中融入课程思政, 为物理化学课程的有效教学设计提供实操性案例。

**关键词:** BOPPPS; 教学设计; 雨课堂; 物理化学; 课程思政

**中图分类号:** G64; O6

## Application of the BOPPPS Effective Teaching Model in Bilingual Physical Chemistry Instruction: A Case on Colligative Properties of Dilute Solutions

Geshan Zhang<sup>1,2</sup>, Haodong Tang<sup>2</sup>, Zongjian Liu<sup>2</sup>, Feng Feng<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> School of Chemistry and Environmental Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, China.

<sup>2</sup> College of Chemical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China.

**Abstract:** On the basis of BOPPPS teaching mode, “colligative properties of dilute solutions” of Physical Chemistry course was designed and implemented in teaching practice, which could effectively enhances student engagement and learning motivation through the strategic integration of six core modules and the comprehensive application of participatory learning methodologies. In addition, the Rain Classroom technology was combined in the BOPPPS mode to facilitate the real-time interactive learning experiences. Furthermore, the course seamlessly integrates ideological and political education elements through subtle and natural pedagogical approaches. This case study provides a practical reference for effective instructional design in Physical Chemistry teaching.

**Key Words:** BOPPPS; Teaching design; Rain classroom; Physical chemistry; Ideological and political education

随着本科教育教学改革的不断深化, 许多本科课程结合自身课程特点和学情应用了不同的教学模式, 努力落实“学生忙起来、教师强起来、管理严起来、效果实起来”, 提高人才培养质量。比如, 河北师范大学的大学英语课程采用美国的庇护式教学模式(SIOP), 将语言学习与应用能力相结合,

收稿: 2024-12-30; 录用: 2025-02-19; 网络发表: 2025-06-24

\*通讯作者, Email: ffeng@zjut.edu.cn

基金资助: 浙江省“十四五”第二批本科省级教学改革备案项目(JGBA2024064); 浙江省2022年普通本科高校“十四五”教学改革项目(jg20220079); 浙江工业大学2023年教学改革项目(JG2023006)

学科知识与思维发展相结合,验证了该模式能有效提升大学英语学习者的批判性思维能力<sup>[1]</sup>;江西理工大学将STEM(科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)和数学(Mathematics)教育)教学模式应用于GNSS(全球导航卫星系统)测量原理与应用课程,将跨学科、跨专业的教育理念与“学、赛、研”的教学框架相融合,搭建了互联网虚拟仿真实验STEM教学模式信息化平台,完善了考核机制,明显提升了课程的达成度,教学效果显著<sup>[2]</sup>;中国药科大学将项目式学习(PBL)教学模式融入药学微生物学实验课程的各个教学环节,有机引导学生主动思考,积极探索问题的解决方法,提高学生的学习兴趣和乐趣,提升学生的操作技能和科研能力,有效提高教学质量<sup>[3]</sup>。BOPPPS有效教学法将课堂分为课堂导入(Bridge-in)、学习目标(Objective)、前测(Pre-assessment)、参与式学习(Participatory Learning)、后测(Post-assessment)、总结(Summary)六大模块,使课堂教学的安排更为合理、有效,且该模式实操性极强,已为许多教师(尤其是青年教师)提供了清晰的教学设计思路<sup>[4,5]</sup>。雨课堂是一款近几年应用较为广泛的智慧教学工具,其应用界面简单,功能较为完备,能有效打通学生与教师间的沟通壁垒,实现教与学的实时教学反馈<sup>[6]</sup>。雨课堂可以自然而有效地融入BOPPPS的前测、参与式学习、后测等环节,也已成功应用于有多门课程的实际教学<sup>[4,7-9]</sup>。

物理化学课程是探求化学变化中具有普遍性基本规律的课程,是承上(公共理论层次)启下(专业理论层次)的重要枢纽性课程。深入理解并掌握物理化学的理论知识不仅可以帮助化学相关专业的学生构建其化学理论知识体系,而且可以训练学生的逻辑思维能力、观察和分析事务的能力以及获取新知识的能力,对培养化学、化工、环境、材料、生化、制药、食品等专业人才至关重要。物理化学课程的理论性较强,内容较多,概念、知识点普遍较为抽象和枯燥,是学生普遍反映难度较大的课程。如果教师在授课过程中一味强调知识的传授,不注重激发学生的思维热情,很容易让学生丧失专注力及学习兴趣。而BOPPPS教学模式根据学生的专注力特点(约15分钟左右),将六大模块自然融于课堂实践,在教学中实现教学内容的有效组织,吸引学生注意力,引导学生“变被动为主动”地参与教学过程,进而实现物理化学的教学目标。本文以物理化学课程中“稀溶液的依数性”内容为例,介绍笔者利用BOPPPS教学模式进行教学设计,在双语课程中自然地开展课程思政,并应用雨课堂作为辅助教学工具开展教学实践的过程。

## 1 教学内容及学情分析

“稀溶液的依数性”为物理化学课程“多组分热力学”这章的内容,该节课程将利用化学势分析稀溶液依数性产生的原因,并推导沸点升高系数、凝固点下降系数和稀溶液渗透压等热力学公式。本节内容的授课对象是物理化学(双语选修)的学生,是来自化工、制药、材料等专业二年级的学生。这些学生思维活跃,但学习自主性不强,还有部分学生数理基础较差,抽象思维和逻辑思维能力有待提高。在本节课前,学生已经学习了本节课所涉及的化学势的概念,但由于这一概念较为抽象,学生对其理解往往不够准确、深入,且本节课的相关内容逻辑性强并涉及大量公式推导,部分学生会觉得比较有难度且枯燥。因此在本节课中,科学地安排教学进程,有效地组织教学内容,积极地调动学生兴趣,尤为重要。

## 2 教学设计与实施

将BOPPPS教学模式的6个教学模块(导入、学习目标、前测、参与式学习、后测、总结)有机地融于物理化学“稀溶液的依数性(colligative properties of dilute solutions)”的教学设计,简略教学方案设计如表1所示。

### 2.1 环节一:列举生活现象,导入课程主题

教师首先举例生活中有趣的现象(图片展示)来吸引学生的兴趣,将抽象乏味的理论知识联系到生活实践,激发学生的兴趣和探知的欲望:①高原上的藏民煮鸡蛋都会往水里加少量食盐,他们为何要这样做?②大雪纷飞的日子,环卫工人忙碌地在道路上布撒融雪剂,融雪剂的融雪原理是什

么? ③ 在过去几十年中, 南海守岛战士在南海岛礁上的生活环境发生了翻天覆地的变化: 从简陋的高脚屋到设备健全的人造岛礁(弘扬祖国建设的巨大成就)。但在20世纪80年代, 生活在高脚屋中的守岛战士只能在一个个面积不足8平方米的棚屋里, 默默地为祖国和人民守护海疆(致敬最可爱的人)。就这些守岛战士的生存条件提问, 他们会面临哪些困难? 引出海岛饮水安全问题, 提问海水淡化的方法有哪些? 再根据学生的回答, 简单介绍海水淡化的几种传统方法(如蒸馏法、冷冻法等), 再介绍学生不太熟悉的反渗透技术, 即反向的渗透过程。看似不相干的几个现象有没有共通的科学原理? 自然导入本节课的主题: “稀溶液的依数性”, 让学生带着问题专注于本节课的学习内容。

表1 教学设计简表

教学内容	用时/min	BOPPPS模块	雨课堂	课程思政
① 导入课程主题	15	导言 + 学习目标 + 参与式学习		√
② 蒸气压下降	10	前测 + 参与式学习	√	
③ 沸点升高	10	参与式学习	√	
④ 凝固点下降	10	参与式学习	√	
⑤ 渗透压	35	参与式学习(小组讨论)	√	√
⑥ 总结	10	后测 + 总结	√	

引起学生的学习兴趣后, 教师进一步介绍稀溶液依数性的概念, 即“the properties of dilute solutions depend only on the number of solute particles present, not their identity<sup>[10]</sup>”, 利用定性分析让学生对稀溶液的依数性有一定理解, 解释这些性质与溶质的本性无关, 只取决于所含溶质的数目, 同时提出接下来将利用热力学的方法分析稀溶液的依数性, 引发学生兴趣和思考。

为了让学生明确学习这节课需要达成的预期结果, 让学生有目标地学习, 也便于他们课后检查自身的学习效果, 教师明确本节课的知识目标如下:

- ① Understand the nature of colligative properties of dilute solutions;
- ② Analyze the colligative properties of dilute solutions thermodynamically;
- ③ Solve problems by using colligative properties of dilute solutions.

同时教师要明确本节课课程教学的能力目标(即培养学生应用“稀溶液的依数性”分析相关化学问题的能力, 学习相关物理化学的科学思维方法, 培养学生逻辑思维的能力以及获取新知识、用所学知识解决实际问题的能力)和素养目标(培养学生利用辩证唯物法分析问题、解决问题的科学学习习惯以及严谨求实的科学精神, 增强学生创新发展、协调发展、绿色发展、开放发展及共享发展的意识), 主动而有技巧地引导学生达成目标。

## 2.2 环节二: 分析蒸气压下降

教师介绍第一项依数性: 非挥发溶质稀溶液的蒸气压下降(lowering of vapor pressure), 并利用拉乌尔定律简单推导分析得到结论。在此教学环节, 教师首先通过雨课堂进行前测, 回顾拉乌尔定律这一知识点: 通过选择题“*What is the mathematic expression of Raoult's law?*”帮助同学们回忆拉乌尔定律的数学表达式, 也让教师了解学生对已讲解知识点的掌握情况。雨课堂统计结果表明(表2), 学生对拉乌尔定律的基本知识掌握情况良好, 便于接下来教学内容的开展。教师再从拉乌尔定律出发, 通过板书一步一步地推导蒸气压下降公式, 加深学生的印象, 最终推导出蒸气压下降为纯溶剂饱和蒸气压( $p_A^*$ )与非挥发性溶质摩尔分数( $x_B$ )的乘积 $\Delta p = p_A^* x_B$ 。再请学生分析溶液蒸气压的改变值与哪些因素有关? 教师直观地表述“依数性”的概念, 指出为什么蒸气压的变化只与溶质的“数”有关。

## 2.3 环节三: 分析沸点升高

教师请学生们由稀溶液蒸气压下降这一结论定性分析其沸点的变化: “Will the boiling point of

a dilute solution increase or decrease?”利用雨课堂实时统计学生的分析结果(表2),数据表明绝大多数的学生认为稀溶液沸点会升高,说明大多数学生理解溶液蒸气压和沸点之间的关系。之后教师请一位学生口述原因,再引出沸点升高的理论推导“the mathematic proof of the elevation of boiling point”。首先给出稀溶液在沸点时的直观图片模型,介绍推导过程的基础是气液两相平衡时两相中溶剂A的化学势相等,再逐步推导出沸点升高值 $\Delta T_b$ 的计算公式,并再次明确“依数性”的概念,这里逻辑严谨的公式推导过程也体现了严谨求实的科学精神。整个推导过程步骤较多,且需做数学上的近似处理,因此,针对学生高数基础薄弱的学情,教师尽量弱化这些数学处理的讲解,突出热力学意义较为明确的步骤,以减少学生的畏难情绪。得到结论后,请学生分析讨论课前提出的高原上煮蛋要加盐的问题,理论联系实际,并让学生完成课后思考题,计算在84 kPa下升高水的沸点1 °C需要加多少盐:“Please search related data and calculate how much salt would be needed to raise the boiling point of water by 1 °C at 84 kPa.”

表2 雨课堂学生表现结果统计

雨课堂的应用点	参与人数/人	正确率/%
前测(拉乌尔定律)	23	100
蒸气压与沸点的关系	23	82.6
凝固点下降公式推导	20	69.6
小组讨论(海水淡化)	3(组长)	-
后测	23	78.3

#### 2.4 环节四：分析凝固点下降

凝固点下降值 $\Delta T_f$ 计算公式的推导与 $\Delta T_b$ 的推导非常类似,因此,教师先给出稀溶液在凝固点时的直观模型,指出溶液中溶剂A和固体A的化学势相等(提示和 $\Delta T_b$ 推导过程的不同之处),之后让学生“照猫画虎”自行推导稀溶液凝固点下降值 $\Delta T_f$ 的计算公式“Can we get a similar equation of  $\Delta T_f$  like  $\Delta T_b$ ?”之前的教学环节中都涉及公式推导,学生已萌生疲倦与乏味感,注意力开始下降,此时让学生直接参与相似公式的推导可以提高他们的注意力。学生所得结论上传至雨课堂,结果表明大部分学生都得到了正确结果(表2),个别学生不能在规定时间内完成。之后教师请学生分析融雪剂的融雪原理,呼应课程开始时提出的问题,并提出思考题:融雪剂主要成分是什么?由学生进行发言讨论,进一步加强他们对“依数性”理解的准确性。

#### 2.5 环节五：分析渗透压的产生

教师通过课件图片直观介绍稀溶液最后一个依数性:渗透现象(the phenomenon of osmosis)。首先介绍什么是渗透现象,为什么会有渗透压,如何达到渗透平衡;再通过图片模型建立化学势等式,进一步推导出渗透压的计算公式。教师接着通过动画过程简单介绍反渗透过程,并介绍利用反渗透法进行海水淡化的原理。之后设计了小组讨论环节:让学生们分别用三种方法(蒸发法、冷冻法及反渗透法)分组讨论并计算从海水中提取1 mol淡水消耗的能量“How much energy is required to get 1 mole H<sub>2</sub>O from sea water?”提供给学生的基础参数包括纯水及海水在298 K时的饱和蒸气压,水的恒压摩尔热容 $C_{p,m}$ 、摩尔蒸发焓 $\Delta_{\text{vap}}H_m$ 、摩尔熔化焓 $\Delta_{\text{fus}}H_m$ (图1a)。笔者经多年实践总结,小组讨论环节若偶尔为之,学生容易放不开、不敢表达,无法达到预期的教学效果;若经常为之,不但能活跃课堂气氛、调动学生的学习积极性,还能激发学生的发散性思维,但教师需注意时间和节奏的把控。本次小组讨论的前两种方法可利用物理化学前期学习过的热力学第一定律和第二定律中的知识处理计算,而对于第三种反渗透法,学生需利用本节课学习的内容进行计算,实现了“温故而知新”。小组讨论环节的计算结果最后由组长提交至雨课堂,每组请一位学生对其计算结果进行简要介绍,教师再对其进行点评和总结,指出反渗透技术的优越性。教师再通过展示图片介绍反渗透技术在我

国南海海岛上的应用(凸显南海稳定发展的来之不易,我们更应该珍惜今天的幸福生活,图1b)。最后引导学生参与讨论渗透和反渗透技术的其他应用实例:比如介绍其在“娃哈哈”纯净水生产过程中的应用,提升地方自豪感(图1c);介绍反渗透膜的发展历程,重点介绍学校高从培院士在反渗透技术方面做出的研究贡献,弘扬以“厚德健行”为校训的大学精神(图1d)。



图1 课程环节五课件图例

## 2.6 环节六: 归纳总结, 铺垫新课

最后通过雨课堂上的几个综合后测题考查学生对本节课内容的基本认识(如图2)。根据统计结果,很多学生得出了完全正确的结论,其他同学还有一定知识缺漏(表2),说明教学效果较好。后测之后,教师鼓励学生回顾本课的教学内容,理清知识点脉络,绘制一张融会贯通的知识思维导图,这有助于培养学生归纳总结的能力,让学生改“学会”为“会学”。教师再通过课件展示本课题的知识关系,完成总结环节,并提出思考题:“In daily life and scientific research, what phenomena can be

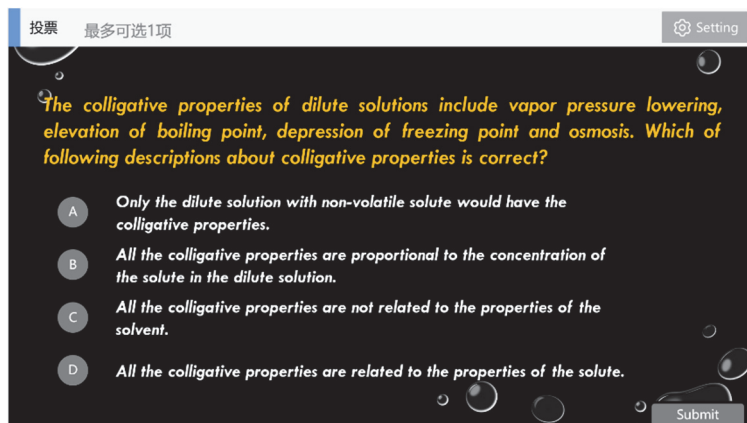


图2 雨课堂后测题例

explained by colligative properties of dilute solutions?”并布置作业，以巩固知识点，学生完成的思考题和作业皆提交至雨课堂。最后，教师提出关于非理想溶液化学势表示方法的铺垫问题，引发学生对新课的学习兴趣。

### 3 结语

本文将BOPPPS教学模式应用于“稀溶液的依数性”这部分内容的教学实践：

教学过程首先将枯燥的理论知识转化为生活中常见的生动实例，以吸引学生注意力，作为导言，以一种既有趣又准确的形式引出本堂课的核心学习目标；

用拉乌尔定律的相关问题作为前测，回顾已讲解知识点，承前启后；

结合图片、动画等多样化教学资源，将“稀溶液依数性及其产生原因的热力学分析”等重点基础内容以学生更易接受的形式将知识点介绍出来，激发学生的学习兴趣，同时通过设置问题、引导思考、组织讨论、教师点评等环节(即参与式学习)，增强学生参与度，营造轻松活泼的课堂氛围，同时加深学生对概念、原理的理解，从而提升课堂的教学效果；

最后以几个综合后测题，以及简练精干、脉络清晰的知识点总结作为结尾，并提出铺垫新课的话题，继续引发学生的思考和兴趣。

在教学设计中，参与式学习的深度应用不仅培养了学生利用物理化学的观点和方法来观察、分析化学问题的能力以及用所学知识解决实际问题的能力，还有助于学生学会物理化学的科学思维方法，培养学生的高阶能力。教学过程还利用雨课堂智慧教学工具实现教与学的实时教学反馈，同时在双语课程中“润物细无声”地融入课程思政，为BOPPPS教学模式在物理化学教学中的进一步综合应用和推广提供参考。经问卷调研，学生普遍对BOPPPS教学模式有较高的接受度(96%)和认可度(100%)，不同模块的转换能帮助学生“张弛有度”地投入学习，有效提高学习效率；参与式学习(自由发言、小组讨论、自行推导公式等)能提高学生的专注力，让他们有更多的机会表达想法，有助于提高他们的表达能力；也有部分同学表示不太喜欢公开表达自己的想法，但会参与思考、雨课堂互动及小范围讨论，也认可这样良好的学习氛围。经过努力，教学团队已利用BOPPPS教学模式对物理化学大部分的教学内容进行了有效重构，基本构建了“提问-前测-回顾-讲述-讨论-应用-拓展-后测-总结”的闭环教学体系，有利于提高学生的课堂学习积极性及参与度，也利于教师及时发现存在的问题，提升教学效果。

总之，BOPPPS教学模式已成功地应用于物理化学的教学实践，该模式通过多种模块“起承转合”地巧妙转换及参与式学习的深度应用，课程思政在双语课程中的自然开展，雨课堂教学工具的灵活运用，积极调动学生的学习兴趣，有效提高学生的专注力，真正实现“有效”教学。

### 参 考 文 献

- [1] 李迎新, 李正栓. 外语教学理论与实践, **2022**, No. 2, 102.
- [2] 贺小星, 孙喜文, 鲁铁定. 实验室研究与探索, **2024**, *43* (2), 135.
- [3] 储卫华, 朱卫. 生物学杂志, **2022**, *39* (3), 116.
- [4] 孙博, 周晖, 刘瑞卿, 李美星, 陆峰, 范曲立. 大学化学, **2024**, *39* (12), 40.
- [5] 朱丹, 苏邵, 晁洁. 大学化学, **2024**, *39* (12), 11.
- [6] 李丽东, 杨青林, 赵东宇. 大学化学, **2022**, *37* (4), 2107054.
- [7] 王宇超, 王志兵, 石金静, 杨国程. 大学化学, **2022**, *37* (1), 2104012.
- [8] 董桂伟, 赵国群, 管延锦, 王娟. 高等工程教育研究, **2020**, No. 5, 176.
- [9] 高艳宏, 王宏丹, 张明远, 万新. 实验室研究与探索, **2024**, *43* (2), 110.
- [10] Atkins, P. W.; Paula, J. D. *Physical Chemistry*, 8th ed.; Oxford University Press, New York, USA, 2006; pp. 150–155.