大 学 化 学
Univ. Chem. **2024,** *39* (10), 433

•专题• doi: 10.12461/PKU.DXHX202405073 www.dxhx.pku.edu.cn

物理化学课程思政教学探索与实践
——以“表面张力和表面Gibbs自由能”为例

梁红莲*，邝晓哲，王福萍，陈钰
廊坊师范学院化学与材料科学学院，河北 廊坊 065000

摘要：在物理化学课程中引入思维导图和探究实验，搭建思政元素与物理化学教学内容的桥梁，培养了学生的创新思维能力和科学探究精神，提升了学生的社会责任感和自豪感。以物理化学课程中“表面张力和表面Gibbs自由能”部分内容作为教学案例，阐述了课程思政融入教学的实施过程。

关键词：物理化学；课程思政；探索与实践
中图分类号：G64；O647

Exploration and Practice of Integrating Ideological and Political Education into Physical Chemistry: a Case on Surface Tension and Gibbs Free Energy

Honglian Liang *, Xiaozhe Kuang, Fuping Wang, Yu Chen
College of Chemistry and Materials Science, Langfang Normal University, Langfang 065000, Hebei Province, China.

Abstract: This study introduces mind mapping techniques and inquiry-based experiments into the physical chemistry curriculum, thereby establishing a connection between ideological and political elements and the subject matter of physical chemistry. This approach fosters students' innovative thinking and scientific inquiry skills while enhancing their sense of social responsibility and pride. Using the topics of surface tension and surface Gibbs free energy as a case study, this paper outlines the implementation process of integrating ideological and political education into the teaching of physical chemistry.

Key Words: Physical chemistry; Course ideological and political education; Exploration and practice

党的二十大报告指出“育人的根本在于立德”，要求“全面贯彻党的教育方针，落实立德树人根本任务，培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人”。在立德树人教育根本任务的驱动下，课程思政建设应时而生，顺势而为[1–4]。在新时代进行课程思政教学改革和建设，必须与时俱进，以润物细无声的形式将科学的价值观传递给学生，促进专业课程教育与思政教育协同共行[5–7]。

课程思政建设是落实立德树人根本任务的关键环节，也是专业课程教学改革的重要内容[8,9]。物理化学是化学、化工、材料化学和应用化学等专业的重要核心课程，在培养学生的学科素养和创新能力中的地位和作用至关重要[10–12]。物理化学课程的系统性和逻辑性较强、难度较大，部分学生在学习该课程时感到枯燥，兴趣较低。因此，很多教师在教学过程中侧重在教学方法、手段等层面进行教学设计与教学改革，在物理化学课程中进行思政元素的优秀课例近几年才有报道[13,14]。本课程

收稿：2024-05-07；录用：2024-08-06；网络发表：2024-08-27
*通讯作者，Email: lianghonglian@lfnu.edu.cn
基金项目：河北省高等教育教学改革研究与实践项目(2023GJJG362)；廊坊师范学院教学改革课题重点项目(K2020-10)

组将思维导图引入课堂，梳理物理化学中庞杂的知识体系和逻辑关系，使学生深刻理解物理化学知识的内涵，提高学生的创新思维能力；通过探究实验，学生实际操作和观察，能够更加深入地理解科学原理并树立科学探究的意识。本课程组经过多年的教学经验发现，以课程思政元素为融入点，思维导图和探究实验为桥梁，能够激发学生的专业自豪感和家国情怀、社会责任感，有利于实现“育人”和“育才”的有机统一。本文以物理化学课程中第十三章中第一节“表面张力和表面Gibbs自由能”为例阐述教学实施过程。

1 教学内容及学情分析

1.1 教学内容及重点、难点

本节课的教学内容选自《物理化学(下)》[15]教材中第十三章第一节“表面张力和表面Gibbs自由能”。

本节课的教学重点：1) 表面张力、表面自由能的概念；2) 表面张力、表面自由能的区别和联系。教学难点：表面张力方向的判断。

1.2 学情分析

本节课的教学对象是师范类本科三年级学生，已经有了无机化学、普通物理、物理化学(上)等课程的学习基础，而且思维活跃，勇于接受和尝试新事物，动手能力强，具有一定的创新能力和探索精神。

表面张力和表面Gibbs自由能等概念是学生在物理化学课程中界面化学部分极为重要的概念，为后续弯曲液面上的附加压力和蒸气压、各种界面(包括液-液、固-液、气-液界面)的学习奠定基础，本节课的学习效果很大程度上会影响学生对整个界面化学知识的理解和掌握。

此外，在物理化学(上)、物理化学(下)课程的学习中，学生已经采用思维导图的方法进行学习，并熟练掌握了思维导图软件的使用方法，具有一定的发散思维能力。因此，本节课采用线上学习通和线下的混合式教学模式，PPT教学与思维导图结合，以思维导图和探究实验为桥梁，充分发掘课程思政元素并开展教学。

2 教学目标和教学流程

2.1 教学目标

本节课的教学目标如下。

知识目标：1) 掌握表面张力、表面自由能的概念及其区别；2) 掌握表面张力的方向。

能力目标：1) 理论联系实际，能够利用表面张力和表面自由能解释常见的现象；2) 培养学生的化学学科核心素养和学科交叉的能力。

情感目标：1) 通过表面张力探究实验，提高学生的学习兴趣和动手能力，培养学生科学探究的能力和创新精神；2) 课程思政元素融入，激发学生对伟大祖国的自豪感和责任感。

2.2 教学流程

本校物理化学课程主要采用“学生为主体、教师为主导”的教学理念，知识传授、能力培养、价值塑造的三位一体的育人模式，以演示实验、思维导图为桥梁，积极改进教学方法和考核方式，达到课程思政“润物细无声”的育人效果。为了达到本节课的知识、能力和情感目标，设计了如图1所示的教学流程图。通过本次教学实施，学生掌握了表面物理化学中最为重要和核心的概念，能够理论联系实际解决生活中的常见问题，提高了科学探究的能力和社会责任感。

3 部分课堂教学过程介绍

课堂围绕本节新课“表面张力和表面Gibbs自由能”进行讲述，主要包括新课引入、复习旧知、实验探究、新课讲授、理论联系实际解决问题、课程思政元素融入和总结等环节。以下就部分环节展开介绍。

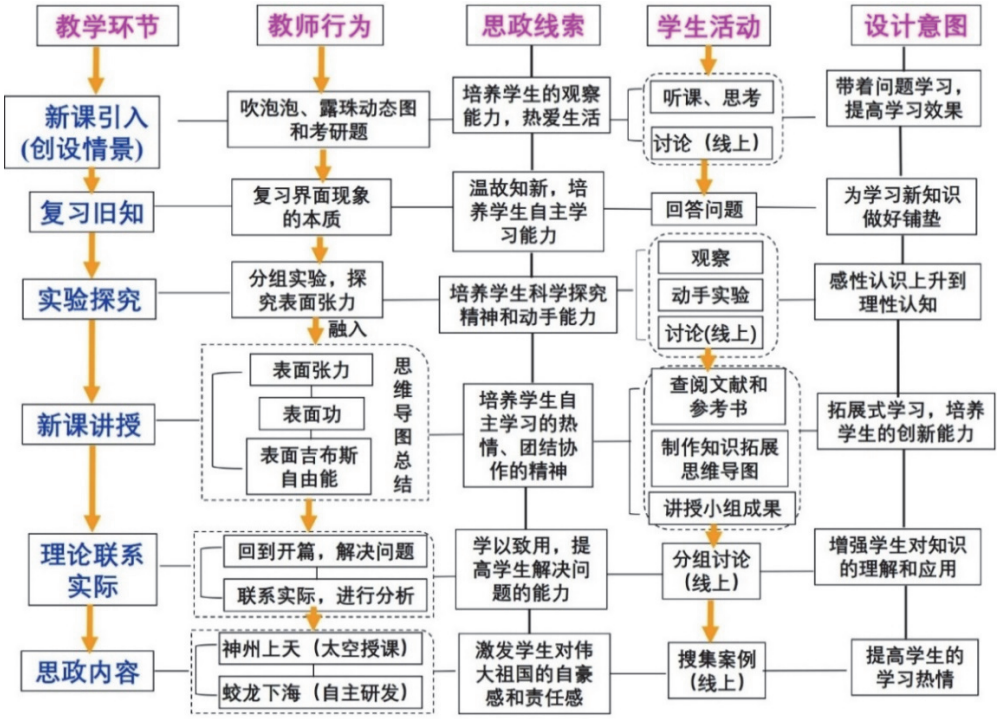

图1　表面张力和表面Gibbs自由能的教学流程图

3.1　新课导入

结合生活实际，针对性地构建教学情景，从而引出表面张力和表面Gibbs自由能的相关知识。

【教师】课前学习通平台发布讨论主题：荷叶上的露珠、小孩子吹的泡泡为什么是球形的(图2a)？2005年中国科学技术大学物理化学考研试题(图2b)：请解释人走在刚退潮的沙滩上时，沙滩可以承受人的重量；而走在干的沙滩上时，会陷入沙子。该过程可以引发学生思考，带着问题预习。

【学生】学生进入学习通平台，按照教师的分组进行讨论，并提交答案。(注：部分小组在课前可能因为没有表面化学的知识基础不能提交答案，后面教师讲授新课时可以继续提交)

设计意图：通过日常生活中的现象，一方面激发同学的学习兴趣，形成良好的学习氛围，另一方面提高学生利用所学知识分析问题、解决问题的能力，为后面的思政教育埋下伏笔。



图2　新课引入图片

(a) 吹泡泡、露珠；(b) 考研试题

3.2 实验探究

在新课引入的案例中，存在气-液、固-气、固-液、固-固等界面，在这些界面上存在着神奇的作用力——表面张力。表面张力的大小、方向又会是怎样的呢？大部分教材对于表面张力概念和产生的原因解释过于简单化，学生产生的迷惑较多。本课程组教师和学生自制两套实验教具，分别利用自制的实验教具进行探究实验，取得了较好的教学效果。

探究实验一：

【教师】取一个塑料圆环，在塑料圆环的中间固定有彩色的棉线圈，把塑料圆环连同棉线圈放入盛满洗衣粉水的水槽中，轻轻取出使之形成完整的液膜，引导学生观察圆环中彩色棉线圈的形状。

【学生】分组跟随教师操作，有部分学生提出了自己的猜测，并用实验验证了棉线圈呈现任意的不规则形状(图3a)。

【教师】将棉线圈中液膜刺破后，棉线圈会如何变化，引导学生进行实验。

【学生】分组实验，将棉线圈四周的液膜依次刺破后，棉线圈呈现出规则的圆形，如图3b所示。

实验探究的结果：棉线圈被指向四周的作用力拉成规则的圆形，该拉力存在于气-液界面，这种力就是表面张力。

在后续表面张力的方向探究的部分，教师和学生继续进行实验：

【教师】将四周的液膜刺破而保留中间的液膜，中间彩色棉线圈会如何变化，引导学生进行实验。

【学生】分组实验，将棉线圈四周的液膜依次刺破后，棉线圈最大程度地紧缩到一起，如图3c所示。

实验一的设计意图：该探究实验使学生能够形象直观地感知在两相界面上，存在着一种收缩力，进而理解表面张力的概念。既增强教师和学生的互动，又活跃了课堂教学气氛。同时，学生分组进行探究实验可以培养学生的团结协作和科学探究的精神。

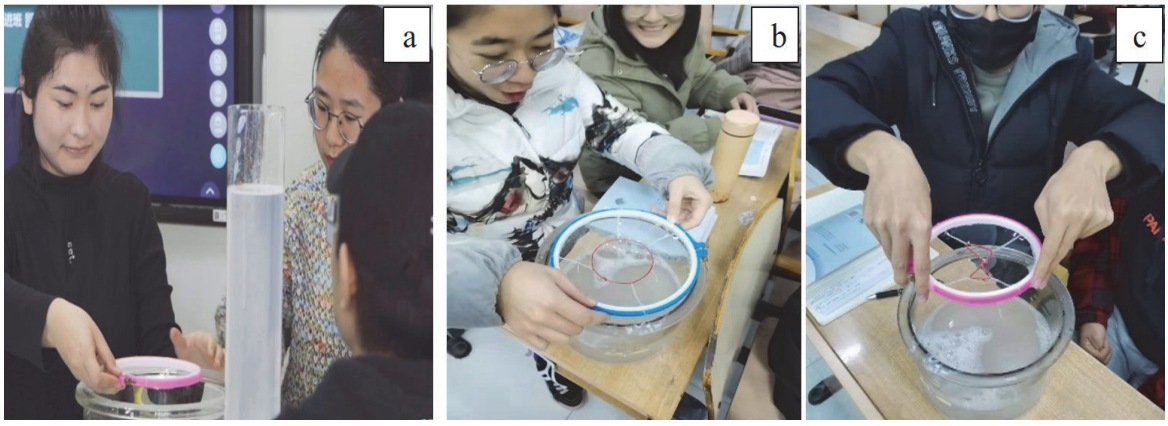

图3 表面张力的探究实验——自制塑料圆框教具

(a) 完整液膜；(b) 刺破中间液膜；(c) 刺破四周液膜

探究实验二：

【教师】本课程组教师带领学生自制U型实验教具，并获批了国家实用新型专利[16]。该专利中主体机构为U型铁框，铁框下方悬挂可以活动的铜边框。教师引导学生把铁框连同铜边框一起放入盛满洗衣粉水的大号量筒中，取出U型铁框形成完整液膜后，观察实验现象(图4a)。

【学生】动手操作发现，可以活动的铜边框向上滑动，与上方铁框形成一个较小的液膜。

【教师】在两相界面上，存在表面张力，它是一种收缩力。通过实验二，我们一起探寻表面张力的方向。

【学生】实验二中，表面张力存在于气-液界面，垂直于铜边框，并促使液膜缩小。因此，可以总结出：表面张力的方向是与表面相切，垂直于表面的边界，并促使表面缩小的方向。

【教师】同学们，在这个实验中我们可以观察到铜丝快速向上移动，只能形成一个很小的液膜(图4b)，那么有什么办法可以防止铜丝向上滑动呢？接下来同学们自己设计实验进行探究。

【学生】铜丝下方悬挂一个重物(课前教师提前为各组准备不同种类、不同重量的重物)，再次将铁框放入盛满肥皂液的大号量筒中，取出铁框后，发现U型线框能形成一个完整的液膜，铜边框没有向上滑动。这可能是因为铜边框上表面张力所产生的合力和下方悬挂的重物和铜丝的重力大小相等，方向相反，达到平衡。

【教师】实验二表明可以通过悬挂重物的方式使表面张力与重力平衡，从而保持液面稳定。因此，我们可以计算出表面张力的大小。其公式如下：

$$F = (W_1 + W_2) \cdot g = 2\gamma l$$

$$\gamma = \frac{F}{2l} = \frac{(W_1 + W_2) \cdot g}{2l}$$

实验二的设计意图：通过该演示实验，使学生能够形象、直观地理解表面张力的方向，进而通过探究得到表面张力的计算公式，即表面张力的大小。该过程为学生提供挑战性问题和情境，可以培养学生的思考能力和坚持不懈、不断探索的精神。

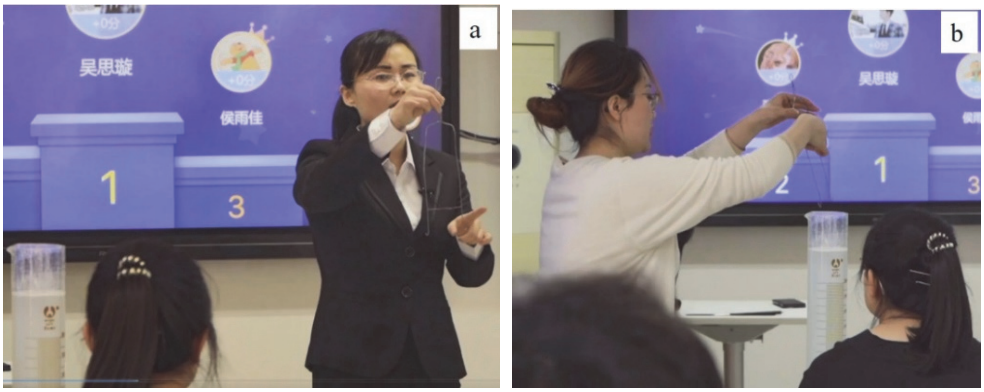

图4　表面张力的探究实验-自制U型铁框教具

(a) 教师引导实验；(b) 学生分组实验

3.3　新课教授(多媒体+思维导图)

思维导图是20世纪60年代，英国教育学家、心理学家托尼·巴赞发明的简单却极为有效的思维模式。思维导图的应用可以提高学生对物理化学中众多概念和复杂公式的理解，提高学生的学习兴趣，激发学生的创新思维。本课题组已经将思维导图应用到物理化学课程教学过程的课前预习、课堂教学和课后复习等过程，取得了较好的成效。

【教师】我们已经通过两个探究实验感知到了表面张力，探寻到表面张力的方向和计算公式。在学习通平台我们已经提前发布了拓展学习的任务，即：在学习了表面张力的定义、大小和方向之后，大家还想获得哪些关于表面张力的知识，可以通过思维导图给其他小组呈现并进行讲解。

【学生】学生通过学习通系统抢答的方式，展示本组提交的知识拓展成果(图5a)。

【教师】将我们通过实验探究的关于表面张力的知识和刚才小组呈现的拓展知识汇总并整合，利用图5b的思维导图进行总结。

多媒体+思维导图的设计意图：利用思维导图开展头脑风暴、翻转课堂、启发式教学、讨论式教学等活动，提高了学生的自学能力、知识梳理能力和创新思维能力，并且转变了以教师传授知识为中心的传统教学观念，有助于树立学生的主体地位[17]。

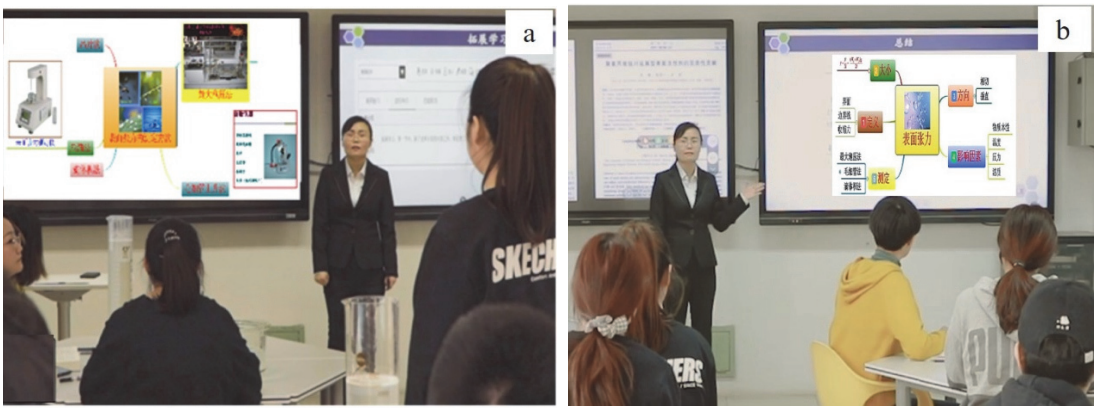

图5　思维导图教学过程

(a) 学生利用思维导图拓展式学习；(b) 教师利用思维导图总结

3.4　理论联系实际解决问题

这部分主要是利用新课所学知识，对课堂引入情景中的问题进行分析，解决问题。

【教师】今天我们学习了表面张力和表面Gibbs自由能，已经掌握了相关知识，那么前面我们提到的露珠、小孩吹的泡泡呈现球形和考研题，可以用这些知识解释吗？

【学生】学习通平台小组讨论并抢答，某小组抢答后给出的答案：露珠、小孩吹的泡泡，是由于表面张力的作用，球形可以使液滴或者气泡达到受力平衡。

【教师】此小组的同学是从表面张力，即受力的角度进行分析的，我们还可以从表面Gibbs自由能，即能量的角度进行分析。根据表面热力学的基本公式之一，$\mathrm{d}G=-S\mathrm{d}T+V\mathrm{d}p+\sum_B\mu_B\mathrm{d}n_B+\gamma\mathrm{d}A$，等温、等压且系统组成不变的条件下，系统向着吉布斯自由能减少的方向进行，即向着表面积缩小的方向进行。而相同质量、相同体积的物体，球体的表面积最小。因此，肥皂泡呈现球形(图6)。

【教师】2005年中国科学技术大学物理化学考研试题中：人走在刚退潮的沙滩上时，沙滩可以承受人的重量；而走在干的沙滩上时，会陷入沙子，我们如何解释呢？

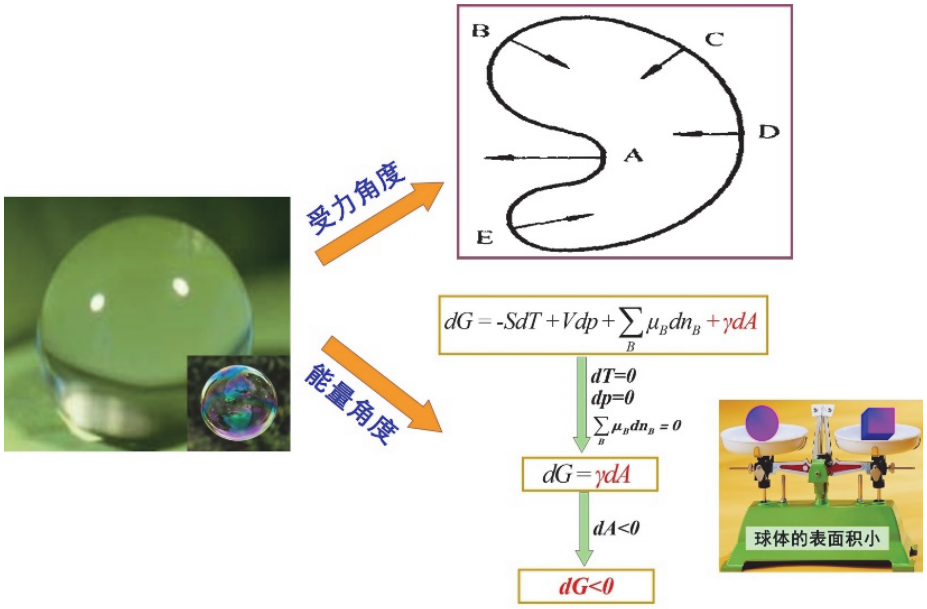

图6　学生和教师共同解决实际问题

【学生】刚退潮的沙滩中含有一定量水，表面张力的作用比较明显，脚踩上去相当于扩大了水的表面积，因此要对体系做功，增大体系的表面吉布斯自由能，因此可以承受住人的重量。而干的沙滩中，沙子的粒径较小、空隙较大，人会陷入沙子。

【教师补充】另外，通过查阅资料[18,19]发现：干、湿沙滩砂粒颗粒间分别是空气和水时，两种情况下沙粒间的粘滞性不同，这也造成了人踩上去产生不同的结果。

本部分的设计意图：理论联系实际，通过对知识的运用，激发学生的学习兴趣，使学生能够利用所学的知识解决问题。

3.5 课程思政元素融入

【教师】同学们，我们已经学习了表面化学的相关知识并解决了实际生活中的问题，我们信心满满。近年来，国家在航空航天领域突飞猛进，取得了举世瞩目的成就，让我们倍感自豪。“神州上天，蛟龙下海”，这些令全国人民无比自豪的伟大成就，也都与我们表面化学的知识密不可分。2013年6月20日，我国神舟十号航天员曾在太空中为大家讲解失重条件下物体运动的特点、液体表面张力的作用，2022年3月23日，神舟十三号航天员进行了第二次天空授课，进行了太空“冰雪”实验，展示了过饱和乙酸钠溶液形成液体球。蛟龙号是我国自主设计、研发的深海载人潜水器。目前，已完成8次大洋科考，2012年成功到达7062米的海底，是世界上下潜能力最强的载人潜水器(图7)。

蛟龙号主要从外型流线型设计、削尖潜水器头部、涂覆低阻涂层等方面来减小阻力[20,21]，这和我们后续要学习的固-液界面的润湿作用有关。除了上述实例，大家还知道我们国家在哪些方面的成就与表面化学的知识有关？我已经在学习通平台发布调查任务，大家课下可以调查我们国家更多的与表面化学相关的科学成就，并完成学科小论文。

【学生】完成调查任务，分组提交成果。

本部分课程思政元素融入的设计意图：通过和表面化学知识密切相关的“神州上天，蛟龙下海”内容的引入，使学生了解我们国家在航空、航海领域的巨大成就，培养学生的爱国情怀和民族自豪感，激发学生的责任感和使命感。



图7 课程思政元素融入

(a) 神舟十号天空课堂；(b) 神舟十三号天空课堂；(c) 蛟龙号潜水器

4 教学效果与反思

4.1 思政元素与学科教育有机融合

在以化学为代表的理工类学科的教学中，鉴于大部分教师的学科背景，在课程思政元素融合的过程中，可能存在着生拉硬拽的现象，衔接不自然、不流畅。因此，采用多种教学方法和手段，在新课引入、知识拓展、内容总结等不同教学环节灵活引入与学科教学紧密联系的思政元素，可以更好地实现思政元素与学科内容的有机融合[22]。

4.2 思维导图和实验探究的桥梁作用需要持续探索

大多数情况下，教师将思维导图的方法引入课堂时，一般会在知识总结的过程中对知识逻辑体系进行总结和呈现，而忽略了学生的中心地位。因此，在课堂教学中，教师更应该注重学生的学习能力的提高，将思维导图绘制的主动权交给学生，从而更有利于激发学生的学习热情，提高学生自主学习能力和创新思维能力。

“纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行。”因此，可以提前利用学习通平台，发布教学内容，让学生更多地参与到实验教具的自主设计→研发→使用→申请知识产权→批量生产的过程，有助于提高学生的科学研究精神和服务社会的能力。

5 结语

在新时代教育背景下，教师要提高自身的职业素养和专业能力，将思想政治教育工作贯穿于整个教学过程，从而全面贯彻实行“三全育人”的教育理念，培养学生树立正确的世界观、人生观、价值观。在物理化学课堂教学过程中，利用思维导图、课堂探究实验为桥梁，将思政元素融入学科教学，有利于培养学生科学的探索精神，提高学生对祖国发展的自豪感。在课程思政建设过程中，要坚持整体性、创新性、时代性的原则，循序渐进地从表层向深层渗透，才能推动学生全方位的发展和立德树人根本任务的实现。

参 考 文 献

[1] 王秋怡. 中国高等教育, **2021,** No. 2, 37.

[2] 李蕉, 方雾. 中国大学教学, **2022,** No. 11, 64.

[3] 王培, 谢清宇, 欧阳威. 思想政治课研究, **2023,** No. 1, 133.

[4] 林贤明. 高教学刊, **2020,** No. 3, 3.

[5] 冯颖, 潘小东, 田俐萍. 教育探索, **2019,** No. 5, 74.

[6] 陈鹤, 李佳琦. 大学: 思政教研, **2023,** No. 4, 127.

[7] 杨景景, 姚茵, 肖虹, 秦赛. 现代教育论坛, **2022,** *4* (11), 20.

[8] 张树永. 大学化学, **2019,** *34* (11), 6.

[9] 陶占良, 张凯, 李海霞, 陈军. 化学教育, **2022,** *43* (20), 36.

[10] 范康年, 陆靖. 大学化学, **2007,** *22* (3), 4.

[11] 张芯, 李亚萍, 王和平. 广州化工, **2021,** *49* (21), 140.

[12] 赵东江, 徐丽英. 继续教育研究, **2012,** No. 8, 142.

[13] 张婷. 化工管理, **2023,** No. 12, 19.

[14] 候雨佳, 王秀英, 贾能勤. 大学化学, **2023,** *38* (8), 44

[15] 傅献彩, 侯文华. 物理化学(下). 北京: 高等教育出版社, 2022: 335.

[16] 梁红莲, 王树军, 陈钰, 梁红瑞, 邝晓哲, 裴莉洁, 武玉凤, 刘君浩. 一种表面张力演示实验教具: 中国, ZL 2022 2 2772058.0. [P]. 2023-03-24.

[17] 朱志昂. 大学化学, **2012,** *27* (5), 9.

[18] 曹玉苹. 中国港湾建设, **2007,** No. 3, 21.

[19] 徐雪峰. 东北水利水电, **2007,** *25* (11), 59.

[20] 李浩, 李志伟, 崔维成. 船舶力学, **2013,** No. 12, 1411.

[21] 吕晓军, 王路才, 纪刚. 舰船科学技术, **2023,** *45* (17), 10.

[22] 邱微, 南军, 刘冰峰. 高等工程教育研究, **2020,** No. 6, 57.