

基于PBL教学法的医学专业“基础化学”教学设计 ——以“溶液的渗透压”为例

吴一诺*, 叶建涛, 周颢, 钱宇, 郭磊

中山大学药学院, 广州 510000

摘要: “基础化学”是医学专业本科生的必修课程, 将为学生后续学习医学专业课程及工作奠定基础。学生无法意识到医学与化学的联系是学生学习兴趣不高的重要原因。为提升学生的学习积极性, 本教学团队基于PBL教学法进行教学设计。以溶液的渗透压教学为例, 通过引入多个与生活或医学密切相关的问题, 有效激发学生学习兴趣, 使学生带着问题去学习知识, 提升了学生独立思考、举一反三、融会贯通的能力。多个思政元素的有效融入, 有助于培养学生的爱国情怀、民族自豪感以及良好的医德医风。

关键词: 基础化学; 问题导向教学法; 课程思政

中图分类号: G64; O6

Teaching Design of Basic Chemistry Based on PBL Methodology for Medical Undergraduates: A Case Study on “Osmotic Pressure of Solution”

Yinuo Wu*, Jiantao Ye, Xie Zhou, Yu Qian, Lei Guo

School of Pharmaceutical Science, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510000, China.

Abstract: Basic Chemistry is a mandatory course for medical undergraduates, serving as the foundation for their subsequent specialized medical studies and professional endeavors. A major obstacle in engaging students' learning interests lies in their inability to perceive the connection between medicine and chemistry. To address this challenge and stimulate student involvement, problem-based learning teaching has been incorporated into the curriculum design. Taking the teaching of osmotic pressure of solutions as an example, various scenarios closely related to daily life or medical practice are introduced to stimulate students' interest in learning. The teaching design also encourages them to explore the subject matter through problem-solving, effectively improving their abilities in independent thinking, analogical reasoning, and integrated comprehension. Additionally, the seamless integration of ideological and political elements within the course contributes to nurturing patriotic sentiments, ethnic pride, and good medical ethics among the students.

Key Words: Basic chemistry; Problem-based learning; Ideological and political education

“基础化学”是临床医学、口腔医学、预防医学等医学相关专业本科生在大学一年级第一学期的基础必修课程^[1-4]。课程内容涵盖无机化学、物理化学、结构化学、分析化学等多门化学学科的基础知识, 目的在于使学生掌握与医学相关的现代化学概念、原理及其应用, 培养学生独立分析和解

收稿: 2023-09-20; 录用: 2023-10-23; 网络发表: 2023-10-30

*通讯作者, Email: wyinuo3@mail.sysu.edu.cn

基金资助: 中山大学2023年教学质量工程项目

决问题的能力,为后续学习药理学、生理学、免疫学、临床诊断学等专业课程奠定基础;并为其未来从事医疗工作提供科学思路和创新思维。该门课程教学内容多,知识点覆盖面广且零碎,需通过记忆、理解、计算等多方面训练掌握,学习难度高。然而,学生在学习该门课程时常常无法理解化学与医学间的相互联系,学习兴趣和主动性不高。

问题导向教学法(problem-based learning, PBL)是近年来广受教育工作者关注和使用的一种教学方法^[5-7]。与传统以教师为中心的授课方式不同,PBL教学法以学生为授课中心,教学过程中围绕授课内容设定若干问题引导学生思考,在思考中学习和掌握知识点。该方法可有效提升学生的学习兴趣,增强师生间的教学互动,培养学生的积极主动性,加强学生对知识的掌握。此外,PBL教学法授课过程中可通过小组讨论,课外拓展等多种方式,提高学生自主学习意识和团队协作能力,有助于学生成长为具有主动思考、独立解决问题能力的创新型医学人才。

我院“基础化学”教学团队为提升课程教学质量,在教学过程中基于PBL教学法对本课程进行系统设计,使学生在问题的启发下学习化学知识,大大提升了学生的兴趣及课堂参与度。教学过程中坚持以“立德树人”为根本任务,将思政元素融入课堂教学中,对学生进行人生观、世界观、价值观及医德医风的塑造^[8,9]。本文将“溶液的渗透压”课程教学设计为例,说明PBL教学法在我校医学专业“基础化学”教学中的应用。

1 教学内容及教学目标

1.1 教学内容

本课程选取魏祖期等人编写的“基础化学”第9版为教学用书^[10]。“溶液的渗透压”是该教材的第一章“稀薄溶液的依数性”的第四节,教学时长为1课时。在前三节学习中,学生已学习溶液及其浓度的各种表示方法、稀薄溶液的依数性的概念以及沸点上升和凝固点降低两个依数性质,对“稀薄溶液的依数性仅与溶液中溶质质点数目有关,与溶质本性无关”这一特征已基本掌握。本节课程中学生将学习稀薄溶液依数性之渗透压,需掌握渗透现象、渗透压、反渗透和等渗、低渗、高渗溶液等概念,熟练渗透浓度的计算,了解渗透压力在医学上的意义。

学情分析:1) 本节课程与高中阶段化学联系较少,与医学应用联系较为密切。良好的课堂设计将大大提升学生使用化学知识解决医学问题的能力。然而,学生尚不了解生理盐水、电解质紊乱等医学术语,教师可通过布置课前预习任务使学生预先掌握课程中涉及到的医学概念。2) 作为大学生涯的第一门化学课程,多数学生学习方法仍是高中阶段时对知识点的“死记硬背”,教师应通过问题的引入,引导学生主动思考,培养学生举一反三、融会贯通的能力,使学生在掌握知识点的同时,学会灵活应用知识点解决生活、医学等相关问题。3) 该年龄段学生思想观念多元化,对多媒体接受度良好。教师授课过程中可通过动画、问卷星等多媒体教学手段与学生进行互动沟通,调动学生学习积极性,提高学生课堂参与度(图1)。

1.2 教学目标

1.2.1 知识目标

- (1) 掌握渗透现象、渗透压等概念,渗透现象发生的条件;
- (2) 熟悉渗透压与渗透浓度的关系并可灵活运用进行计算;
- (3) 掌握等渗、低渗、高渗溶液及其医学应用;
- (4) 了解医学上常用的等渗溶液。

1.2.2 能力目标

- (1) 培养学生观察能力、综合分析思维和逻辑判断能力;
- (2) 提升学生自主学习能力、灵活运用知识能力和对知识融会贯通的能力。

1.2.3 情感目标

- (1) 使学生认识到化学与人类健康的密切关系,激发学生对基础化学的学习兴趣;

- (2) 培养学生严谨治学的科学态度和坚持不懈追求真理的科学精神；
 (3) 培养学生“大医精诚、胸怀天下”的医德医风。

1.3 学习重点与难点

- (1) 重点：渗透现象，渗透压与渗透浓度的关系；
 (2) 难点：等渗、低渗、高渗溶液。

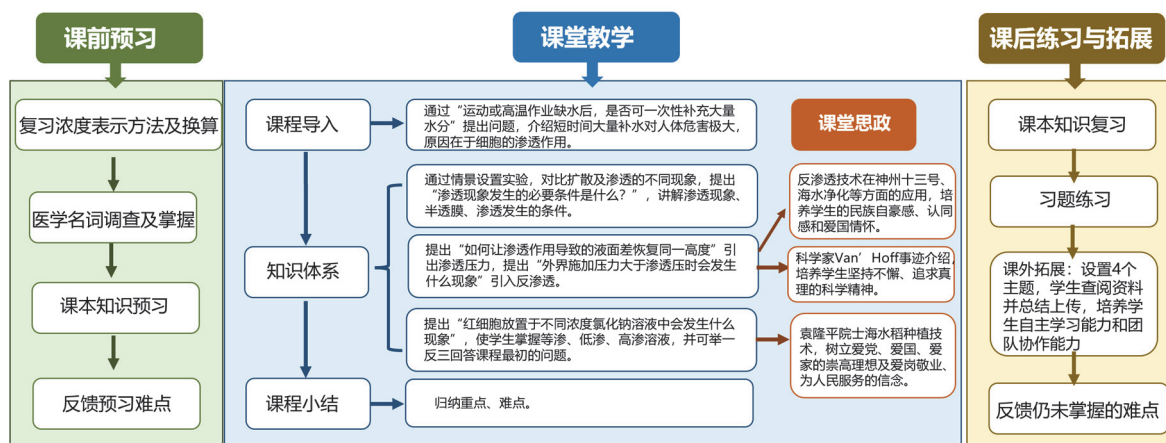


图1 教学设计流程

2 教学实施案例

2.1 课前预习

良好的课前预习有助于提升学生的自主学习能力, 激发学生的学习潜能, 为课堂教学做好铺垫。针对学生对医学概念了解尚少的现状, 教师提前在课堂派平台发布预习内容, 包括: 1) 复习溶液浓度的不同表示方法以及各类方法间的换算; 2) 查找临床输液时常用的生理盐水及葡萄糖溶液的浓度, 思考是否可以选择其他浓度? 3) 对课程进行预习并上传预习过程中的疑问。

2.2 课堂教学

2.2.1 课程导入

问题1: 同学们运动时或者工人在高温下作业时都会大量出汗, 为了补充水分恨不得一口气喝完一瓶纯净水。这样的补水方式正确吗?

【学生】应该不太好, 但是不知道原因是什么。

【教师】水是生命之源, 万物生长离不开水。同学们每天必须要喝水, 尤其是运动后。但是短时间内迅速补充大量水分这样的补水方式并不利于健康, 会导致肌肉抽筋甚至出现水中毒现象。引用“女子3小时狂喝两升水险丧命住ICU”的新闻再次引起同学们的注意。讲述大量快速饮水不利于健康的原因与本门课程学习的渗透压密切相关, 引导学生带着疑问和兴趣进入本门课程的学习(图2)。

2.2.2 渗透现象、渗透压力与反渗透现象

问题2: 将氯化钠水溶液和水分别从U型管的两侧注入, 会发生什么现象?

【学生】氯化钠溶液和水将混合为均一的氯化钠水溶液。原因在于分子在不断地做无规则运动, 发生了扩散。

问题3: 使用半透膜将U型管中部隔开。该半透膜只允许水分子透过, 氯离子和钠离子无法透过。随后, 将氯化钠水溶液和水分别从U型管两侧注入, 会发生什么现象?

【学生】氯离子和钠离子继续保留在氯化钠溶液一侧, 但半透膜两侧的水分子将透过半透膜做无规则运动进行扩散。



图2 源于生活的问题进行课程导入

图中所涉及图片均来自网络

【教师】水分子透过半透膜进行扩散只是行为，那么结果是怎么样的呢？使用动画视频演示该实验，使学生直观地观察到：半透膜两侧的溶液在放置一段时间后，氯化钠一侧的溶液液面上升，水一侧的液面下降。讲述溶剂分子透过半透膜进入溶液中的自发过程称为“渗透”。通过扩散和渗透的两个实验结果，同学们可总结出：渗透现象发生的前提条件是半透膜的存在。进一步讲述半透膜是只允许某些小分子透过而大分子无法透过的膜。细胞膜、肠衣等均为常见的半透膜，但用于过滤残渣等物质的滤纸不属于半透膜。

问题4：渗透现象中溶剂分子的流动方向是如何的？

【学生】氯化钠溶液一侧液面升高，因此渗透中水分子流动方向是由纯水一侧向氯化钠溶液一侧。

【教师】渗透的发生是双向的，而非单纯由水分子从纯水一侧流向氯化钠溶液一侧。半透膜仅允许水分子通过，其两侧溶液中水分子同时透过半透膜向另一侧溶液进行扩散。但由于低浓度溶液一侧水分子的浓度更高，扩散速度更快，最终导致高浓度一侧溶液液面升高。因此，渗透现象发生的必要条件之一是半透膜两侧单位体积内溶剂的分子数不等。

问题5：渗透现象是否液面会一直上升？

【学生】根据常识应该不会一直上升。但根据渗透作用的原理，纯水一侧的质点浓度永远小于氯化钠溶液一侧，从该角度考虑应该会一直上升。

【教师】渗透作用使得高浓度一侧液面上升，上升过程中水柱的静水压增大。当液面上升到一定高度时，静水压使得U型管两侧水分子进出半透膜的速度相等而达到动态平衡，这时液面不再上升。由此而产生的压力称之为溶液的渗透压，符号用 π 表示，单位为Pa或kPa。

问题6：如何使U型管两侧液面重新恢复到同一高度？

【学生】从外界施加压力使氯化钠溶液一侧液面下降。

【教师】氯化钠溶液一侧因液面升高而产生静水压，即溶液的渗透压，当外界施加与渗透压相等的压力时，可使U型管两侧液面恢复到同一高度。

问题7：当外界施加压力大于渗透压时，会发生什么现象？

【学生】在大于渗透压的压力作用下，氯化钠溶液一侧的水分子将更多地向低浓度一侧扩散。

【教师】当在高浓度溶液一侧施加的压力大于溶液的渗透压时，溶剂的流动方向将变为更多地

从高浓度溶液一侧向纯溶剂一侧扩散，该过程称为“反渗透”。反渗透技术目前已在海水净化、家用纯净水制备中广泛应用。我们常用的家用净水器经常宣传其使用RO膜，RO就是反渗透(reverse osmosis)的英文缩写。

该部分内容中，通过问题引入进行层层递进的教学设计，使同学们带着问题思考，通过现象分析可能产生的原因，加深了学生对知识点的掌握程度。

2.2.3 渗透压与温度、浓度成正比

问题8：渗透压与哪些因素有关？

【学生】渗透现象发生的必要条件之一是半透膜两侧单位体积内溶剂的分子数不等，因此是一种依数性，与溶液中溶质的质点数目有关。

【教师】荷兰物理化学家van't Hoff通过实验发现稀薄溶液的渗透压力与溶液的浓度、绝对温度的关系可通过公式 $\Pi = n_B RT$ 计算， R 为气体常数， T 为绝对温度。一定温度下溶液的渗透压与单位体积溶液中所含质点数目成正比，而与溶质本性无关。溶液中所有可产生渗透作用的溶质总浓度称为渗透浓度，常用渗透浓度的大小来衡量渗透压的大小。医学中使用 c_{os} 表示渗透浓度，单位为 $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 或 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

渗透浓度及其相关计算是本节课程的教学重点之一。针对该重点问题，教师通过问卷星发布课堂练习题，学生提交答案后，教师将对结果进行现场解答，加深学生对该知识的理解。题目中设定五个选项，A. $0.200 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的蔗糖($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)溶液；B. 5%的葡萄糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)溶液；C. 生理盐水(NaCl)；D. $0.200 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的乳酸钠($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$)溶液；E. $0.100 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 CaCl_2 溶液；F. $36 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的葡萄糖($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)溶液。该习题考察以下三个知识点：1) 各个选项中使用不同的溶液浓度表示方法，引导学生复习溶液浓度的不同表示方式间的换算。2) 非电解质溶液中的渗透压仅与单位体积内溶质质点数目成正比，与溶质本性无关。3) 强电解质溶液的渗透压需考虑其解离后质点的总数目。

问题9：渗透压作为一种依数性，也可用于计算溶质的分子量。与沸点上升、凝固点下降的方法计算分子量相比，哪种方法更优？

【学生】各类方法的本质是一样的，决定哪个方法更优时需考虑仪器操作使用的简便性。

【教师】利用稀薄溶液的依数性测定溶质的相对分子质量原理相同，但是对于蛋白质等高分子化合物，使用渗透压力法测试分子量较凝固点下降等方法更加灵敏，且可在常温下进行，不损害生物样品，因此，测量血红素等大分子物质的分子量常用渗透压力法，而测量小分子物质的分子量常用凝固点下降的方法。

2.2.4 等渗、低渗、高渗溶液

等渗、低渗、高渗溶液是本节内容需要掌握的重点也是难点。教师首先讲述：半透膜两侧溶液中溶质的质点数目相等，则渗透压力相等，该两种溶液互相称为等渗溶液。渗透压力不等的两种溶液，渗透压力相对高的称为高渗溶液，渗透压力相对低的称为低渗溶液。引导学生总结：渗透现象发生方向是溶剂从低渗流向高渗溶液。

问题10：将红细胞分别放置于生理盐水、10%浓度的氯化钠水溶液和纯净水中，会发生什么现象？

【学生】需根据红细胞中细胞液渗透浓度，进而判断渗透作用发生的方向。

【教师】以课堂板书的形式，带领学生共同分析红细胞内外渗透作用发生的方向。当红细胞放置于生理盐水中时，细胞与生理盐水互为等渗溶液，细胞内外水分子扩散速度相等，细胞保持形状不变。当红细胞放置于10%的氯化钠溶液中时，红细胞中细胞液为低渗溶液，渗透作用将导致细胞中的水分子更多的流向细胞外，细胞失水皱缩。当放置于纯净水中时，红细胞中细胞液为高渗溶液，渗透作用将导致细胞外纯净水中更多的水分子流入细胞内，细胞吸水膨胀甚至破裂。

问题11：同学们是否可以使用等渗、低渗、高渗溶液解释课程最初提出的问题“为什么运动或高温作业后，不可以一次性大量补充纯净水”。

【学生】大量水分的补充使人体血液的渗透浓度降低，相比于细胞液，血液属于低渗溶液，细胞因渗透作用吸水发生肿胀甚至破裂。为避免发生该现象，应补充等渗溶液，如电解质饮料等。

【教师】钠离子浓度是调节细胞内外水平衡的关键因素。当人体缺水时，血钠浓度过高，使得细胞处于高渗溶液中发生失水皱缩，产生血管栓塞等疾病。当喝水过快过多时造成人体血钠浓度过低，使得细胞处于低渗溶液中，大量吸水导致破裂，出现溶血性贫血等疾病。

问题12：盐碱地为何不能种植农作物？

【学生】植物的细胞膜也是渗透膜，会发生渗透现象。盐碱地中溶液相当于高渗溶液，种植农作物时将使得植物细胞液失水皱缩，难以正常生长，因此无法种植。

【教师】总结学生的答案，并结合科学前沿拓展知识，通过介绍袁隆平院士的“海水稻种植技术”，使学生认识到如何使用化学知识解决生活实际问题。

2.2.5 渗透作用的医学应用

问题13：输液时为什么需要使用50.0 g·L⁻¹葡萄糖溶液和9.00 g·L⁻¹氯化钠溶液？如果溶液浓度配置错误则会发生什么现象？

【学生】50.0 g·L⁻¹葡萄糖溶液和9.00 g·L⁻¹氯化钠溶液是等渗溶液，可有效地维持细胞内外水平衡。如果配置错误将导致细胞失水或肿胀。

【教师】介绍临床中以正常人体血浆总渗透压为标准，渗透浓度280–320 mmol·L⁻¹为等渗溶液，小于280 mmol·L⁻¹的溶液为低渗溶液，大于320 mmol·L⁻¹的溶液为高渗溶液。因此，50.0 g·L⁻¹葡萄糖溶液和9.00 g·L⁻¹氯化钠溶液通过浓度换算，均为血浆的等渗溶液。随后，教师进一步介绍临床中常用的等渗溶液，并简要介绍临床上常见的水中毒、水肿等现象及其产生原因。让学生对所学知识学以致用、融会贯通。

2.2.6 课程总结

教师在讲述完全部知识点后，帮助学生梳理本节课的知识点与概念，再次明确学习目标，并请同学们列举生活中其他的渗透现象，考察学生对渗透概念及其应用的掌握。引导学生意识到化学对人体健康和医学的重要性，注重学生在学习过程中观察能力、自学能力、分析和归纳能力的提高，使学生学会灵活运用知识解决生活或医学中的问题。

2.3 课后习题与拓展

课后通过“课堂派”等学习平台推送课后习题，要求学生在规定时间内独立完成。教师根据统计结果分析课堂中易产生混淆及难以理解的知识点，并在下节课程中重点讨论，讲解具体的解题思路和方法，使学生真正内化掌握知识点。

为提升学生的自主学习能力，教师在学习平台上发布与渗透作用相关的多个话题，学生通过分组形式、调查资料完成(图3)。包括：1) 肾病患者进行血液透析的原理是什么？2) 配制眼用制剂时是否需要考虑所配溶液的浓度问题？3) 海鸥在海上飞行可以直接喝海水吗？4) 淡水鱼在海水中是否可以存活？以上话题的调研和总结，加深了学生对知识的理解和吸收，提升了学生自主学习、分析问题和解决问题的能力，增强了学生的逻辑思维能力和团队协作能力，更好地辅助了课堂教学，达到事半功倍的教学效果。

3 课堂思政

2016年，习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上提出：要坚持把立德树人作为中心环节，把思想政治工作贯穿教育教学全过程，实现全程育人、全方位育人，努力开创我国高等教育事业发展新局面^[11]。大一新生刚刚步入大学，对未来充满了憧憬，可塑性强。授课教师有责任在教导学生掌握自主学习的思维方式外，传授社会主义核心价值观，引领学生树立正确的世界观、人生观和价值观。同时，作为未来的医生，除需具备更高水平的专业知识外，也需加强对医德医风的培养。本节课程中重点通过以下三个内容进行课堂思政教育(图4)。

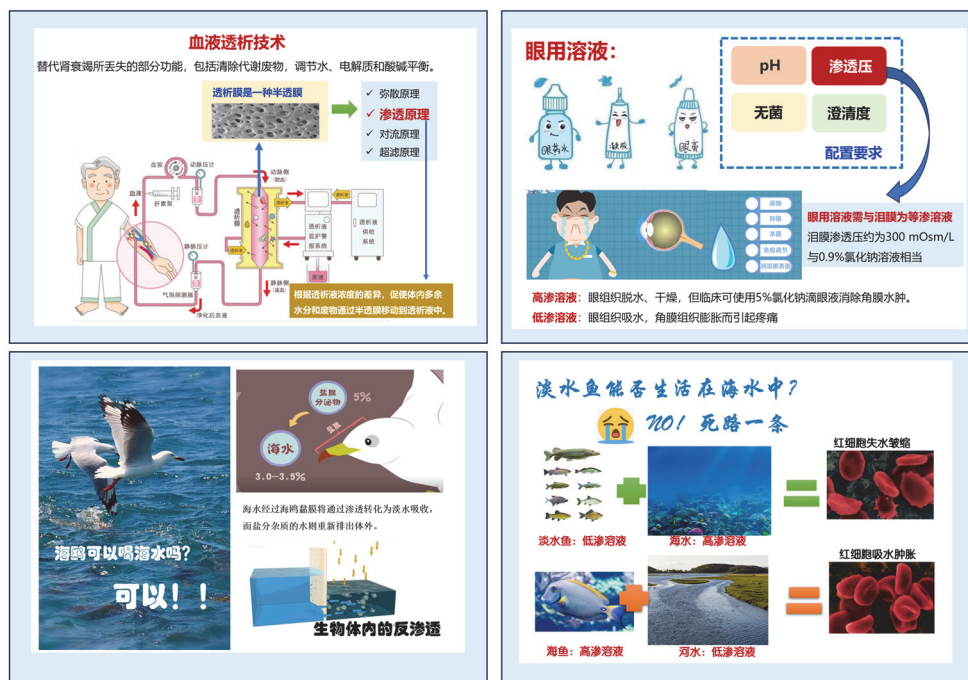


图3 课外拓展中学生PPT截图展示

图中所涉及图片均来自网络



图4 课堂思政内容

图中所涉及图片均来自网络

3.1 渗透浓度的van't Hoff公式

van't Hoff公式是计算渗透压的重要公式，由荷兰化学家van't Hoff通过大量实验研究发现。鉴于van't Hoff在化学平衡、渗透压、化学动力学等多方面的重要贡献，该科学家获得了第一届诺贝尔化学奖。将该科学家事迹融入于课程教学中，使学生认识到科学研究成果是在大量反复实验基础上获得的，培养学生坚持不懈、追求真理的科学精神。

3.2 反渗透技术的应用

反渗透技术目前已广泛应用于海水净化等方面，是解决全球淡水资源短缺的有效途径。我国利

用反渗透原理在海水净化中已取得突出成绩,如位于河南省的“亚海水”脱盐装置,日产量可高达18000立方米。此外,神舟十三号飞船中三名航天员在太空为时半年的生活中,也是通过高分子反渗透膜的过滤装置,将各类废水及自己的尿液转换为饮用水循环使用。通过以上案例的引入,在有效传授知识的同时,增加了学生的民族自豪感和认同感,培养了学生的爱国情怀,增强了维护国家荣誉和尊重民族英雄的意识。

3.3 海水稻种植技术

长时间以来,由于渗透作用盐碱地无法种植各种农作物。然而,我国盐碱地面积广大,实现盐碱地的水稻种植将大大增加我国的粮食储备。因此,海水稻繁育技术被袁隆平院士视为其第三个梦想。经过多年开发,袁隆平院士及其团队成功繁育可在盐碱地种植的海水稻品种,目前已在我国四大盐碱地地区实现大规模种植。海水稻的关键技术之一,在于发现了细胞液浓度较高的品种,与本次课程所学习的渗透作用密切相关。通过该事迹的介绍,不仅加深了学生对渗透作用及其应用的掌握,也使学生感受到袁隆平院士对国家、对人民的热爱,引导学生树立爱党、爱国、爱家的崇高理想以及爱岗敬业、为人民服务的信念。

4 教学总结与反思

本次教学设计基于“PBL教学法”,通过若干问题的设定引导学生学习渗透作用及其相关知识。与生活及医学等密切相关的多个问题的引入,有效激发了学生的学习兴趣,调动了学生的学习积极性,活跃了课堂的学习氛围。学生在学习过程中,通过自主思考,掌握学习的重点和难点,并掌握了运用理论知识解决实际生活问题的能力。通过演示实验、动画辅助、问卷星、课堂派平台等多元化的教学手段,让化学中抽象的概念变得具体化和形象化,有效地增加了学习的趣味性,提高了教学效率,实现了“以学生为主体、教师为主导”的课堂教学,使学生真正成为知识的探索者而非接受者。

教学过程中仍存在以下可继续提高的方面:1) 教学前期虽已通过课堂派平台发布预习课件等资料指导学生预习,但仍有部分学生未能及时预习;后续应在加强对预习情况的检查以获得更好的课堂教学效果。2) 课后拓展以学生调查资料为主,后续可通过分组讨论等“翻转课堂”形式进一步提升学生主动参与学习的积极性。

5 结语

综上所述,本教学团队基于PBL教学法对医学专业“基础化学”课程进行合理化的教学设计。以“溶液的渗透作用”为例,通过多个与生活及医学相关问题的引入,引导学生带着问题主动探究答案从而学习知识,将抽象枯燥的理论生动化和具体化,极大程度地增加了课程的趣味性,调动了学生学习基础化学的积极性。在授课过程中融入与知识点相关的思政元素,助力学生树立民族自豪感和为人民服务的崇高信念。课后学习中则通过与医学、生活等相关主题的探索,使学生掌握了主动查阅资料的自主学习能力,并进一步巩固了课堂教学。在后续教学中,我们将继续进一步深入挖掘多元化教学方法在课堂设计中的应用,实现知识传授、素质教育与技能培养的三位一体化培养,助力培养德才兼备、具有家国情怀的高层次医学人才。

参 考 文 献

- [1] 周加贝,鲁厚芳,赖雪飞,谢川. 大学化学, 2021, 36 (7), 2006085.
- [2] 余燕敏,唐一通,舒先涛. 高教学刊, 2020, No. 33, 99.
- [3] 谈春霞,张义福,戴红霞,施小宁,许丽丽. 大学化学, 2023, 38 (3), 197.
- [4] 王志鹏,申镇,蒋振雄,汪璐,马新雨,尹晟,王鹏,郑少庸,张军. 化学教育(中英文), 2021, 42 (16), 1.

- [5] 张卓旻, 黄路, 李攻科. 大学化学, **2020**, *35* (3), 32.
- [6] 于述伟, 王玉孝. 中国高等医学教育, **2011**, No. 5, 100.
- [7] 胡锴, 蔡苹, 程功臻. 大学化学, **2016**, *31* (7), 20.
- [8] 解从霞, 李光九, 耿延玲, 王小燕. 大学化学, **2019**, *34* (11), 38.
- [9] 钮因尧, 李春霞, 孟凌华, 何伟娜, 陈聪颖. 化学教育, **2023**, *44* (16), 81.
- [10] 魏祖期. 基础化学. 第9版. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 9.
- [11] 习近平. 人民日报, 2016-12-09 (1).