

物理化学课程教学中的思政设计 ——以“理想稀溶液中任一组分的化学势”为例

霍甲*, 李佳, 李永军, 王玉枝*

湖南大学化学化工学院化学系, 长沙 410082

摘要: 立德树人是高校教育的根本任务, 将思政元素无声融入课堂教学之中, 有利于引导学生树立正确的世界观、价值观和人生观, 从而成为合格的社会主义接班人。屠呦呦先生是中国第一位荣获诺贝尔自然科学奖的本土科学家。本文以其获得诺贝尔奖的工作“青蒿素高效提取并成功应用于疟疾防治”为例, 结合物理化学多组分系统热力学章节中的“分配定律”, 改进“理想稀溶液中任一组分的化学势”的教学过程, 引导学生充分认识原理对实践的直接指导作用和中华优秀传统文化在解决实际问题中的重要价值, 理解科学发现的必然历程以及科学家在不断攀登科学高峰过程中所付出的艰辛和收获, 将自己的聪明才智和所学所得应用于祖国的社会主义建设。

关键词: 分配定律; 青蒿素提取; 诺贝尔奖; 物理化学; 课程思政

中图分类号: G64; O6

Ideological and Political Design of Physical Chemistry Teaching: Chemical Potential of Any Component in an Ideal-Dilute Solution

Jia Huo *, Jia Li, Yongjun Li, Yuzhi Wang *

Department of Chemistry, College of Chemistry and Chemical Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China.

Abstract: Moral education is the fundamental mission of higher education institutions. Seamlessly integrating ideological and political elements into classroom instruction is beneficial for guiding students to establish a correct worldview, values, and life perspective, thereby becoming qualified successors of socialism. Taking Tu Youyou's groundbreaking work on “artemisinin extraction” as an example, which led her to become the first Chinese native scientist awarded the Nobel Prize in science, this paper focuses on enhancing the teaching process concerning “the chemical potential of any component in an ideal-dilute solution”, by combining the principles of the “distribution law” outlined in the multi-component systems of thermodynamics. The aim is to help students fully appreciate both the direct guiding role that principles play in practical applications and the invaluable contribution traditional Chinese culture makes towards solving real problems. Furthermore, students could comprehend the inevitable trajectory of scientific discovery as well as the sacrifices and rewards that scientists experience in their continuous ascent to the peaks of scientific achievement. Ultimately, this approach will inspire students to love our motherland deeply and apply their acquired knowledge and wisdom towards contributing to the socialist development.

Key Words: Distribution law; Artemisinin extraction; Nobel prize; Physical chemistry;
Course ideology and politics

收稿: 2023-07-26; 录用: 2023-09-11; 网络发表: 2023-10-13

*通讯作者, Emails: jiahuo@hnu.edu.cn (霍甲); wyzss@hnu.edu.cn (王玉枝)

基金资助: 湖南省普通高等学校教学改革研究项目(课程思政) (HNJG-20230185); 湖南大学课程思政建设研究项目

1 引言

2016年12月, 习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上的讲话中指出, 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。要用好课堂教学这个主渠道, 思想政治理论课要坚持在改进中加强, 提升思想政治教育亲和力和针对性, 满足学生成长发展需求和期待, 其他各门课都要守好一段渠、种好责任田, 使各类课程与思想政治理论课同向同行, 形成协同效应^[1]。总书记的讲话充分体现专业类课程在传授理论知识的同时, 也要承担起培养学生品德的重任, 与思政课程协同发展、优势互补。因而, 新形势下的教育理念为专业理论课程教学提出了更高的要求, 如何在专业理论课中实现知识传播和立德树人成为高校教师必须研讨的课题。

物理化学作为化学类四大核心课程之一, 对人才培养, 特别是化学类专业人才起着至关重要的作用。但是物理化学由于其自带“理论化学”的光环, 往往成为学生在向更高阶段攀登时的拦路虎。因而如何将晦涩难懂的化学原理用通俗易懂的方式传播出来, 成为知识传授和立德树人的关键环节。将理论知识转化为一个个思政案例, 为实现上述双重目标提供了一条有效途径。

屠呦呦先生的“青蒿素高效提取并成功应用于疟疾防治”工作与多组分系统热力学中溶质化学式表达式的重要应用——分配定律直接关联。“青蒿素提取”工作主要原理是萃取, 而萃取是分配定律在工业生产中的一个重要应用。萃取是一种常用的分离混合物的手段, 在中药有效成分提取方面起着至关重要的作用。即使在高科技飞速发展的今天, 萃取仍然是一种中药提取的主要手段。虽然萃取形式日渐成熟, 效率也得到大幅提高, 例如超临界CO₂萃取, 但其基本原理仍是分配定律。也正因为此工作, 屠先生成为中国第一位荣获诺贝尔自然科学奖项的本土科学家^[2], 这件事本身具有很强的教育意义。而且从项目的起源、项目的探索过程和项目本身蕴含的意义等方面挖掘, “青蒿素高效提取并成功应用于疟疾防治”这一实例包含了很多思政元素。因而, 以“青蒿素高效提取”作为案例, 设计“理想稀溶液中任一组分的化学势”思政教学, 不仅可促使学生领悟物理化学基本原理学习的重要性, 提高学生学习兴趣, 还可通过案例中蕴含的思政元素, 引导学生树立正确的世界观、价值观和人生观, 增强中华民族自豪感, 为祖国发展贡献力量^[3-5]。

2 课程思政案例的设计与实施

2.1 案例的导入

2021年6月30日, 世界卫生组织宣布, 中国正式获得消除疟疾认证, 意味着中国疟疾感染病例为零, 这是一项非常了不起的壮举。而疟疾曾经是一种非常古老且几乎遍及全球的传染病, 据统计, 2010年全球疟疾病例达到2.39亿例, 死亡人数超过120万, 而90%以上来自于非洲^[6]。我国也曾是疟疾流行的国家之一, 在新中国成立之初, 全国疟疾病例约有3000万例, 死亡率约为1%, 疟疾严重威胁着人们的日常生活和工业生产。虽然古今中外已有多种治疗和预防疟疾的方案, 但因为条件有限, 疟疾疫情并没有得到有效控制。20世纪60年代初, 世界上很多国家和地区已经出现恶性疟原虫对氯喹产生抗药性的问题, 尤以东南亚最为严重。再加上越南战争逐步升级, 疟疾不断扩散, 严重威胁着越南军民的健康。1964年, 在毛主席会见越南党政负责人时, 越方谈到该国疟疾非常严重, 恳请中方帮助解决疟疾防治问题。毛主席等国家领导人结合国内外情形, 将疟疾防治列为一项紧急援外、事关战备的重要任务。

屠呦呦先生临危受命, 成为此项攻关课题的组长。在屠先生的带领下, 攻关小组不断探索、尝试、寻找思路, 甚至以身试药, 经过了一系列艰苦的攻坚工作之后(图1), 终于研发出低温乙醚提取方法获得青蒿素有效成分, 并应用于疟疾的治疗。现在, 以青蒿素为基础的联合疗法已经成为世界卫生组织推荐的抗疟疾标准疗法。屠先生的此项成果不但解决了中国自身的抗疟难题, 也挽救了全

球数百万人的生命，因而受到国际上普遍认可，屠先生也因此荣获2015年的诺贝尔生理学或医学奖，成为迄今为止中国第一位获得诺贝尔自然科学奖的本土科学家，实现了中国人在自然科学领域诺贝尔奖零的突破。这项成果得以完美完成的关键就在于选择低沸点的有机溶剂作为萃取剂有效提取并保护所需的活性成分，而且根据分配定律推断采用少量多次的方法可以提高青蒿素提取物的产量。基于“青蒿素高效提取”这一生动的案例，我们能够更加完善地改进“理想稀溶液中任一组分的化学势”相关内容的教学过程。

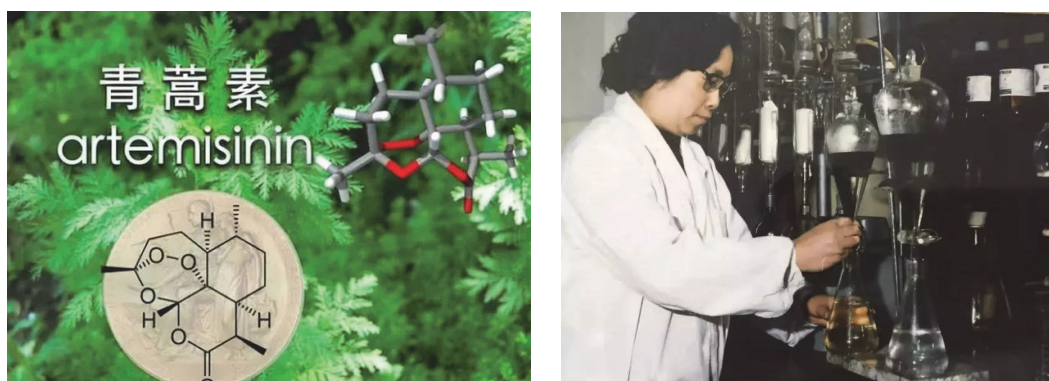


图1 青蒿素的化学结构(左)以及屠呦呦在做实验(右)

2.2 案例的创新设计

从授课形式上，采用线上线下混合式教学，学生在课前通过爱课程平台上建设的物理化学慕课在线上预习相关章节，教师在课堂上详细讲解基本原理并与学生分析讨论实例，课后师生通过线上平台的论坛板块进行互动讨论(图2)。

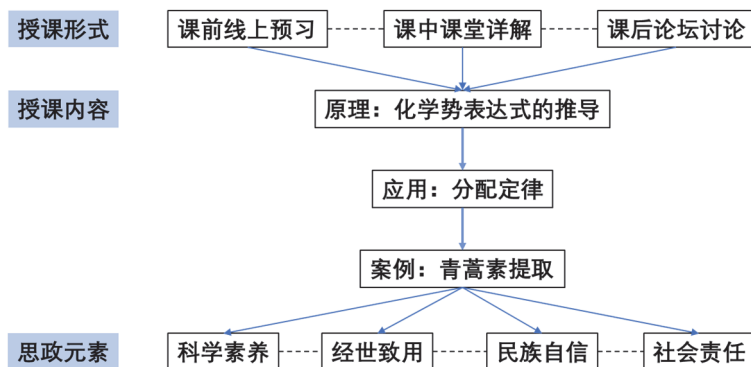


图2 “理想稀溶液中任一组分的化学势”课程思政的教学设计思路

从具体内容上，采用案例教学策略讲授基本原理。“理想稀溶液中任一组分的化学势”这一部分从理论上明确了如何推导理想稀溶液体系中溶剂和溶质的化学势表达式，为物质平衡(相平衡和化学平衡)的确定提供了理论依据。但学生理解基本原理仍然存在一定困难，而案例教学可使晦涩难懂的原理直观化、具体化，一方面可以将单调的原理知识以“鲜活”的形式展现在学生面前，提高学生学习兴趣；另一方面具有双重引导意义，指明原理的实际应用价值，引导学生主动学习，同时案例本身具有很多教育意义，有助于学生树立正确的世界观、人生观、价值观。

教师在引入理想稀溶液的溶剂和溶质化学势并推导分配定律之后，通过与学生互动，思考分配定律在实际生活和生产中有什么应用，从而引入“萃取”案例。进一步引导学生思考结合分配定律，

如何提高萃取效率？屠先生研发的低温法提取青蒿素对自身有何启发？

2.3 案例的研讨

在课堂教学之前，引导学生通过线上学习平台或查阅相关文献资料，了解“理想稀溶液中任一组分的化学势”在实际生活和生产的应用，说明化学势表达式推导的重要意义，重点了解中国科学家在该领域是否有重大突破。课堂上教师抽查学生深入探讨重要应用并分析如何利用分配定律获取提高该应用(萃取)效率的策略。课后学生通过线上学习平台的“课堂讨论”板块充分发表自己的观点。教师根据学生的见解和对拓展知识的理解程度进行评分，鼓励学生主动学习。

2.4 案例的实施

本教学案例的实施分三步走：课前线上预习、课堂理论与案例教学和课后扩展讨论(图3)。

07 3. 溶质化学势表示式的应用举例——分配定律

Nernst分配定律: 在一定温度, 压力下, 当溶质在共存的、两不互溶液体间达成平衡时, 若形成溶液浓度不大, 则溶质在两液相中的浓度之比为一常数。

设溶质 B 在 α, β 相中有相同的分子形式, 两相平衡时的浓度分别为 $b_B(\alpha)$ 与 $b_B(\beta)$ 。

有: $\mu_B(\alpha) = \mu_{B,B}^\ominus(\alpha) + RT \ln(b_B(\alpha) / b^\ominus)$
 $\mu_B(\beta) = \mu_{B,B}^\ominus(\beta) + RT \ln(b_B(\beta) / b^\ominus)$

根据相平衡条件有: $\mu_B(\alpha) = \mu_B(\beta) \Rightarrow \ln\left(\frac{b_B(\alpha)}{b_B(\beta)}\right) = \frac{\mu_{B,B}^\ominus(\beta) - \mu_{B,B}^\ominus(\alpha)}{RT}$

令: $K = \frac{b_B(\alpha)}{b_B(\beta)}$; $K = \exp\{[\mu_{B,B}^\ominus(\beta) - \mu_{B,B}^\ominus(\alpha)]/RT\}$ **K称为分配系数**

在指定的温度下, $\mu_{B,B}^\ominus(\alpha), \mu_{B,B}^\ominus(\beta)$ 为常数, K为常数

07 分配定律的应用: 萃取

★重要实例: 乙醚提取青蒿素

解决重大需求: 疟疾四起, 国家需要


思想起源: 中医古籍

东晋葛洪《肘后备急方》

荣获2015年诺贝尔生理学或医学奖

几乎不溶于水, 对热不稳定, 对氧化剂和还原性物质的影响而分解

07 中华古籍已成为现代科研的源泉之一



中国人在物理化学原理和应用领域做出了巨大的贡献, 我们古人在科学界留下了很多宝贵财富。

07 分配定律的指导作用: 提高萃取效率

(1) 可以计算萃取的效率问题。例如, 使某一量溶液中溶质降到某一程度, 需用一定体积的萃取剂萃取多少次才能达到。

(2) 可以证明, 当萃取剂数量有限时, 分若干次萃取的效率要比一次萃取的高。

结合分配定律如何更高效的萃取青蒿素?

图3 “理想稀溶液中任一组分的化学势”中课程思政的实施方案

课前, 学生根据物理化学慕课平台自主学习物理化学第四章“多组分系统热力学”中的第七节“理想稀溶液中任一组分的化学势”, 初步了解理想稀溶液中溶剂和溶质化学势的推导过程, 利用相平衡条件推导分配定律, 以及思考分配定律的可能应用。物理化学的特点是理论性较强, 需要更多的逻辑推导过程, 而在课时缩减的背景下, 如何高质量授课成为一大挑战, 线上预习成为破解此难题的关键之一。通过线上学习, 学生不但可以提前了解课堂基本知识从而明确自己难以理解的知识, 为梳理需重点听讲的内容做准备, 而且还能够培养自身的主动学习能力。同时, 通过在线上学习过程中设置问题, 引导学生在“课堂讨论”板块充分发表化学势的实际应用实例。

课堂授课时, 教师首先将理想稀溶液分成溶剂和溶质两部分, 引导学生回顾理想稀溶液中溶剂和溶质分别遵循的规律, 加深学生对拉乌尔定律和亨利定律的认识。之后用板书分别推导溶剂和溶质的化学势表达式, 并重点分析溶质化学势标准态的定义, 通过作图加深学生对标准态的理解。再利用溶质化学势的数学表达式, 推导分配定律。在讲述原理之后, 通过设计互动话题, 引导学生思考分配定律在实际生活和生产中有哪些应用, 从而自然引入分配定律的重要应用——萃取。通过“萃取”, 介绍中国科学家屠呦呦先生取得的重要成果“乙醚提取青蒿素”, 简要分析该工作的重要性、

问题得以解决的途径以及体现的思政元素，并从原理角度理解为何采用乙醚低温提取青蒿素。之后引导学生基于分配定律思考如何提高青蒿素提取的效率，实现理论指导实践这一重要目的，让学生充分认识到理论知识在实际生活或生产中的重要作用，从而帮助学生更深层次地掌握知识原理。

课后，通过在慕课平台布置作业、论坛讨论等形式，进一步拓展学生对“青蒿素高效提取”这个案例的理解。

2.5 课后拓展

在课堂采用案例教学的基础上，进一步通过在慕课平台布置作业和论坛讨论等形式，安排学生自由组队协力完成以下内容，从而拓展学生的知识和应用视野，加深学生对思政案例的理解。

(1) 了解青蒿素提取的整个过程，体会科学家在追求真理过程中需要具备的科学素养。科学家成功提取青蒿素并将其应用于治疗疟疾的过程并不是一帆风顺而是充满了挑战和坎坷。在开始阶段，屠先生领导的团队研究了超过2000种中药，发现了其中640种可能有抗疟效果，进一步再用小鼠模型评估了其中380种提取物。但是过程并没有那么顺利，直至成功获得一份青蒿提取物，才给研究工作带来了转机。这份青蒿提取物能很好地抑制引发疟疾的寄生虫的生长；然而，此发现在之后很长时间内并没有被很好地重复出来，并且与此前文献中的记载有所冲突。在翻阅了大量文献之后，屠先生等科学家才在出自于葛洪《肘后备急方》中的一篇文献中获得研究思路，经过漫长过程最终研发出获取高活性抗疟药的低温提取法。通过了解此工作的成功之路，引导学生领悟获得科研的成功非“一朝一夕之功”，需要具备坚持不懈、勇于探索以及团队合作等科学素养，并时刻做好可能“坐冷板凳”的准备，认真踏实工作，脚踏实地，最终才可能获得科研的成功。

(2) 认真回顾和学习案例，理解物理化学基本原理如何指导解决实际问题。课本的基础知识对实际问题的解决具有重要的指导作用。例如青蒿素的提取主要有两个注意事项，一是获取稳定的有效成分，二是获取高产量的青蒿素。前者是在青蒿素治疗疟疾研发过程中一直困扰科学家们的一个重要问题，而后者是青蒿素能够规模化应用的前提。青蒿素是一种脂溶性强的有机物，但热稳定性差，需要选择沸点低的有机物作为萃取剂。分配定律指导我们萃取的时候需要采用对青蒿素溶解性更好的有机溶剂，而不是传统的用水煎制，才能获得更高产量的青蒿素；而且分配定律指导我们采用“少量多次”的策略可以提高萃取效率。基于这些基本原理，我们可以更好地解决青蒿素有效成分的提取问题。通过对案例中活性青蒿素提取研发历史的学习，能够促使学生清楚地理解基础知识的实际价值，经世致用，从而提高学生学习的兴趣和热情。

(3) 青蒿素提取物活性问题的解决体现了中华文化的重要价值。屠先生是中国第一位获得诺贝尔自然科学奖的科学家，获奖的重要原因就是低温提取青蒿素并应用于疟疾的治疗，这本身就是中华文化瑰宝——中药现代化的胜利。中药在治疗疟疾方面发挥着重要作用，有利于提高中华民族的自豪感和自信。而屠先生能够开发出低温提取青蒿素的方法还是受中医文献《肘后备急方》的启发，可进一步激发我们对中华文化的深层次学习兴趣。

(4) 国家需求与科技进步之间的密切关系。疟疾曾经是全球主要的健康威胁之一。据世卫组织统计，2017年仍有87个国家和地区的2.19亿人患病，43.5万人死亡，全球半数人口面临感染风险。中国关于疟疾感染的历史数据可以追溯到20世纪40年代，当时全国大约有3000万感染病例。到了20世纪60年代，传统疗法的疗效逐渐降低，导致发病率再次升高，特别是与我国毗邻的一些东南亚国家疫情肆虐，随时可能危害到中国边境居民甚至蔓延至全国。在如此严峻的国际和国内形势下，研制防治疟疾药物成为我国重大战略需求。学生可以举一反三，认识到分配定律在多个领域中的重要应用，充分认识到国家需求对我国科技进步的巨大促进作用。同时，这也可以提高学生的社会责任感，鼓励学生未来投身于国家重大需求的相关研究领域。例如在环境污染处理方面，分配定律可以指导设计吸附剂去除水中的污染物，而且萃取技术也是水环境中污染物监测的一种样品前处理技术；在治

金方面，分配定律可以在采用湿法炼铜时帮助去除铁元素；在食品方面，萃取可以应用于萃取食品油脂、分离蛋白质等；在石油化工领域，萃取可用于从重整油中获取芳烃、去除润滑油中的多环短侧链的芳烃和胶质等。

3 实施建议与效果考核

本案例通过线上预习、课堂详解和课后讨论等环节展开，教师可以通过随堂交流、论坛讨论、小组报告等形式，对学生需要达成的相关素质进行考核，实现课程思政的目标(表1)。课程思政的考核标准可按照学生对思政元素的理解程度分等级进行评判，等级可分为A(95分)、B(80分)、C(60分)三个等级。三个等级的评价标准可参考：C-知道，知道案例中相关事例以及反映的思政元素；B-理解，理解思政元素如何体现基本原理和促进原理与实践相结合；A-领悟，举一反三，领悟相关原理在多个领域中的应用，并能通过对内容的梳理和反思，领悟到只有自身全面发展，才能更好地促进社会进步。

表1 课程思政教学目标达成度的考核设计

教学目标	考核形式	考核标准
科学素养：坚持不懈、勇于探索以及团队合作	课后小组报告	学生以小组为单位，组织材料并作汇报，需要能够充分说明案例中涉及的科学素养、科学发现的历程以及屠呦呦获取成功的可能原因
经世致用：掌握基本原理，指导实践活动	课后小组报告/论坛讨论	对原理与实践关系的理解，能够利用分配定律分析青蒿素成功提取之前所经历的长时间探索的原因以及如何正确利用分配定律提取有效成分
民族自信：发扬中华优秀传统文化，增强民族自信和自豪感	课后小组报告/论坛讨论	理解中华优秀传统文化在解决实际问题中的价值，说明中国在分配定律应用中的巨大作用以及中药的重要价值
社会责任：未来投身于国家重大需求领域	课后小组报告/论坛讨论	说明“青蒿素提取”的立项依据和对中国乃至国际的影响，并且能够举一反三，认识到分配定律在多个领域中的重要应用

在通过此案例进行教学时，教师和学生充分互动，适当引入思政元素，能够让学生更加清楚地认识到所学知识的重要性，明显增强学生的理解程度和学习热情；同时也促进学生理解科学研究需要具备的基本素质，以及增强自身的民族自信和社会责任感。

在课程思政教学过程中，教师应清醒认识到无论是常规教学还是课程思政教学，最终都要回归课程内容，讲授基本原理^[7,8]。本知识点在传统教学时，常以“青蒿素提取”为例，阐述“原理指导实践”的思想。这样的案例为在课程思政背景下引入育人元素并与课程原理有机融合奠定基础。因而，教师在进行课程思政教学时，应该在原先课程体系的基础上切入课程思政要点，在稍作延伸的同时，不应过度扩展甚至于与知识要点冲突。教师需要始终坚持一方面实现课程思政育人，另一方面加深学生对课程知识要点的理解^[9-11]。

4 结语

屠呦呦先生是中国第一位获得诺贝尔自然科学奖的本土科学家，本课程思政案例以“基本原理指导实践活动”为出发点，通过引入“屠呦呦提取青蒿素解决疟疾难题并获得诺贝尔生理学或医学奖”这一重要事件，改进“理想稀溶液中任一组分的化学势”的教学过程，不但能够为中国社会主义建设的未来接班人树立一个优秀的榜样。更重要的是，将课本知识原理与科学发现的历程、指导实践的重要性、解决国家重大需求等紧密关联起来，充分展现了思政元素与基础知识的高度融合。作为一个有中国特色的新型教学方式，思政教学的过程需要不断地尝试和探索，并且需继续探索新的教学模式，以期实现“润物细无声”潜移默化地培养高素质的大学生。

参 考 文 献

- [1] 习近平. 在全国高校思想政治工作会议上的讲话. [2023-10-05]. http://www.xinhuanet.com/politics/2016-12/08/c_1120083340.htm
- [2] 新华网. 屠呦呦等人获诺贝尔生理学或医学奖. [2023-10-05]. https://www.most.gov.cn/ztlz/tyy/ttxw/201510/t20151006_121866.html
- [3] 张树永. 大学化学. **2019**, *34* (11), 4.
- [4] 张树永, 朱亚先, 张文清, 王玉枝, 陆靖. 大学化学. **2024**, *39* (2), 1.
- [5] 宦双燕, 王玉枝, 蔡焯, 陈增萍, 唐丽娟, 雷春阳, 刘剑波, 李永军. 大学化学, **2021**, *36* (3), 2006028.
- [6] Murray, C. J.; Rosenfeld, L. C.; Lim, S. S.; Andrews, K. G.; Foreman, K. J.; Haring, D.; Fullman, N.; Naghavi, M.; Lozano, R.; Lopez, A. D. *Lancet* **2012**, *379* (9814), 413.
- [7] 毛双. 大学教育. **2021**, No. 4, 97.
- [8] 王旭珍, 王新平, 王新葵, 田福平, 田东旭, 陈冰冰. 大学化学. **2019**, *34* (11), 77.
- [9] 张进, 刘利, 姚思童. 大学化学, **2021**, *36* (3), 2010076.
- [10] 刘万强, 刘鑫微, 张崇华. 大学化学, **2022**, *37* (10), 2205064.
- [11] 袁宁, 刘淑琴, 王建兵. 大学教育, **2021**, No. 9, 27.