

教学

生物科学类专业无机化学中“化学平衡”章节的教学思考与设计

韩琦, 唐炳华*

(北京中医药大学生命科学院, 北京 102488)

摘要: 创新人才培养的核心内涵是培养学生的创新素质。然而, 无机化学课程教学目标与方法单一及理论与实际不能有机融合的教学痛点不利于创新素质的培养。据此, 针对生物科学类专业的无机化学课程, 本文以“化学平衡”章节为例, 通过引入生物学相关案例并以问题为导向, 展示了贯穿于课堂教学的创新思维训练与创新人格培养的教学设计, 通过对教学目标与教学内容的优化, 在学习理论知识的过程中, 训练了学生具有主动性、综合性、创新性和批判性的思维意识和思维能力, 培养了学生的高度社会责任感和不懈追求真理的科学品质。本文旨在促进学生知识、能力和素养的综合培养, 以期培养生物科学类拔尖创新人才。

关键词: 无机化学; 创新素质; 创新思维; 创新人格; 化学平衡

Teaching design and reflection of chemical equilibrium in Inorganic Chemistry course for biological science

HAN Qi, TANG Binghua*

(School of Life Sciences, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 102488, China)

Abstract: The core connotation of cultivating innovative talents is to cultivate students' innovative qualities. Highlighting the cultivation of students' innovative qualities in teaching design is a topic that university teachers must face in the new era. This paper takes the “chemical equilibrium” as an example to demonstrate the teaching design of innovative idea training and innovative personality cultivation that runs through classroom teaching for inorganic chemistry courses in biological science majors. By optimizing teaching objectives and content, students are trained to have proactive, comprehensive, innovative, and critical thinking abilities in the process of learning theoretical knowledge, cultivating a high sense of social responsibility and a scientific quality of relentless pursuit of truth. Promote the comprehensive cultivation of students' knowledge, abilities and literacy, with the aim of cultivating top-notch innovative talents in the field of biological science.

Key Words: inorganic chemistry; innovative quality; innovative idea; innovative personality; chemical equilibrium

党的二十大报告指出, 我们要坚持教育优先发展、科技自立自强、人才引领驱动, 加快建设教育强国、科技强国、人才强国, 坚持为党育人、为国育才, 全面提高人才自主培养质量, 着力造

就拔尖创新人才, 聚天下英才而用之^[1]。生命科学领域是21世纪最具活力的发展领域, 培养生物科学类创新人才是支撑该领域发展的首要要素。创新人才培养的核心内涵是培养学生的创新素质。

收稿日期: 2024-04-16

第一作者: E-mail: hanqi807@163.com

*通信作者: E-mail: 33742008@qq.com

创新素质包括创新思维和创新人格两个方面。其中,创新思维引发新观点的产生,是认知系统;创新人格能够发现和分析问题,是动力系统^[2]。

生命科学专业的本质是研究生命活动的化学机制,从微观角度揭示生命现象及其规律^[3]。因此,本专业的学生不仅要有丰富的生物医学方面的知识积累,还应该具有雄厚的化学基础。无机化学是生物科学类专业本科一年级上学期开设的一门必修基础课程,授课内容包括化学反应原理与物质结构基础两个部分。无机化学的教学效果直接影响到学生学习后续化学基础课程和专业核心课程的主动性和信心。然而,关于生物科学类专业无机化学的教学,存在两个痛点问题:第一,教学目标与教学方法相对单一,传统的教学是以教师为中心,以“填鸭式”教学方法灌输知识,并且往往忽视学生的核心需求,导致学生很难在枯燥的理论学习中保持初始学习的热情与积极性,不利于发挥学生在学习和发展中的主体性;第二,教学内容很少涉及理论联系实际的实例,加之学生容易忽视非专业核心课程的重要性,导致很多学生错误地认为无机化学是一门纯理论课程,学习起来枯燥无味,不利于解决问题能力的培养和自主学习能力的提升^[4,5]。这些痛点问题对于创新人才的培养产生了严重的负面作用。

据此,本文以“化学平衡”章节为例,通过引入生物学相关案例并以问题为导向的教学方式解决教学痛点,优化了教学目标与教学内容,展示了贯穿于课堂教学的创新思维训练与创新人格培养教学过程,训练学生具有主动性、综合性、创新性和批判性的思维意识和思维能力,培养高度的社会责任感和不懈追求真理的科学品质。

1 重构教学目标

本科学生不仅要学习化学知识与技能,更重要的是通过学习过程训练科学方法和思维,培养科学精神和品德。据此,本章教学目标立足于学生知识、能力、素养三个维度的综合培养。知识目标为掌握化学平衡移动及其影响因素、自发变化与熵的基本概念及一般规律、热力学第二定律,熟悉标准摩尔生成Gibbs自由能及其与化学平衡的关系,了解标准平衡常数的表达式以及标准平衡

常数在化学反应中的应用。能力目标为培养学生具有主动性、综合性、创新性和批判性的思维能力。素养目标为培养学生高度的社会责任感和不懈追求真理的科学品质。

2 设置问题情景,导入新课

创新素质培养的源动力在于对发现问题、分析问题和解决问题能力的需求。课堂导入时,教师以大多数肿瘤细胞的代谢特征及相关治疗策略的可行性分析为切入点设置问题情景。教师介绍葡萄糖是生命活动的重要供能物质。在有氧条件下,葡萄糖通过有氧氧化分解为 CO_2 、 H_2O 并偶联ATP合成;在无氧条件下,葡萄糖通过无氧酵解分解为乳酸并偶联ATP合成。由于葡萄糖通过有氧氧化分解生成的ATP更多,所以生命活动所需的能量主要来自葡萄糖的有氧氧化。然而,人体的某些正常细胞,如视网膜、皮肤和胃肠道细胞,即使在有氧条件下,也是以无氧酵解为主合成ATP;成熟的红细胞只能通过无氧酵解获得能量。除了上述的正常细胞外,德国生物化学家Warburg在1928年发现了Warburg效应,即由于实体瘤毛细血管生成不足、局部缺氧等多种因素,导致大多数肿瘤细胞主要通过葡萄糖有氧酵解合成ATP,并会产生大量乳酸。乳酸积累可导致血液pH降低,因此在肿瘤治疗中,有人认为应及时清除乳酸以缓解酸中毒。此外,由于肿瘤患者还会出现不同程度的发热,有人认为应及时退烧以减轻患者的痛苦。教师通过设置问题情景,使学生思考这些肿瘤治疗策略是否科学合理,激发学生的学习兴趣与思维的主动性。

3 化学平衡移动的规律

以知识学习为目的的问题导向,帮助学生掌握“化学平衡”章节的基础知识。首先,什么是化学反应的限度?如何定量描述化学反应的限度?反应的可逆性是化学反应的普遍特征。当正、逆反应速率相等时,化学反应达到最大限度,即平衡状态。标准平衡常数(K^θ)定量描述了标准状态下化学反应的平衡状态,平衡系统的物质组成不变, K^θ 可表示为各物质以标准态为参考态,生成物的相对浓度或分压以其反应方程式中化学计量数绝对

值幂的乘积与反应物的比值。 K^0 如何测定?有何实际意义?通过实验测定平衡系统的物质组成可以计算 K^0 ,也可以通过已知 K^0 和系统始态的物质组成计算平衡时系统的物质组成。根据标准平衡常数表达式, K^0 越大,反应达到平衡时,反应物的浓度或分压越低,生成物的越高,即反应进行得越完全。因此, K^0 可用于判断反应的限度。在任意时刻下,将反应物和生成物的相对浓度或分压带入标准平衡常数表达式中,即为反应商(J)。当 $J=K^0$,系统处于平衡状态;当 $J<K^0$,前者表达式中的分子项较小,表明生成物的浓度或分压比平衡时要小,为了达到平衡状态,反应会正向进行;当 $J>K^0$,与上述情况相反,反应会逆向进行,直至达到平衡状态,这就是反应商判据,可用于预测反应的方向。影响化学平衡移动的因素有哪些?这些因素影响平衡状态的本质有何异同?某些外界因素的改变可使化学反应从一种平衡状态转变为另一种平衡状态的过程,称为化学平衡的移动,其中浓度与压力对化学平衡的影响是通过 J 改变, K^0 不改变,而温度的变化对化学平衡的影响则是通过 K^0 改变,导致系统 $J\neq K^0$,使化学平衡发生了移动。因此,从宏观角度,可以概括为:如果改变平衡系统的条件之一,平衡就向能消除这种改变的方向移动。这就是法国化学家勒夏特列提出的化学平衡移动规律,被称为勒夏特列原理。

以发现、分析、解决问题为导向,培养学生创新素质并引导学生运用勒夏特列原理回答课程开始时提出的问题。教师提示利用一些碱性物质,如 NaHCO_3 中和乳酸后,尽管能临时改善酸中毒的一些症状,但随之而来的却是肿瘤细胞的疯狂增殖;学生容易分析得出正是由于乳酸浓度降低,平衡向生成ATP的方向移动导致的。教师展示丹毒与一些肿瘤细胞自发性消退有关的文献材料^[6]:一方面,丹毒是一种由溶血性链球菌引起的传染性皮肤病,发生丹毒的肿瘤患者,当丹毒痊愈后肿瘤也有所好转,引导学生意识到无氧酵解是红细胞获取能量的唯一方式,溶血性链球菌裂解红细胞,机体乳酸水平升高导致乳酸在肿瘤细胞中积累,抑制葡萄糖的分解供能;另一方面,肿瘤患者发烧的原因是肿瘤细胞增殖的直接结果,引导学生意识到丹毒可诱导体温升高,可使化学平衡

逆向移动抑制肿瘤细胞增殖。学生总结得出,勒夏特列原理可作为肿瘤防治新的控制点。同时引发学生思考——如果在治疗中直接增加乳酸的浓度,会引起严重的酸中毒症状,因此应输入乳酸和乳酸钠缓冲对,既能大幅度提高乳酸浓度,又能防止血液pH降低。这一过程激发学生批判性的思维倾向,并且训练学生把系统的各部分、各方面和各种因素联系起来,培养了学生的综合性思维能力,激发了学习兴趣,活跃了课堂气氛。

4 化学平衡移动与热力学函数

教师展示葡萄糖转运蛋白与单羧酸转运蛋白分别负责葡萄糖转入与乳酸转出,并且这两种蛋白质在肿瘤细胞中往往特异性高表达,引导学生意识到肿瘤治疗还可以通过筛选或设计药物抑制这两个靶蛋白,从而降低细胞内葡萄糖浓度,升高乳酸浓度,抑制葡萄糖的分解供能。教师通过提示药物对靶蛋白的抑制作用是以自发性结合为前提的,引发学生思考如何判断化学反应的自发性。学生可根据酸碱中和反应与氢气在氧气中点燃等反应,总结得出放热反应有利于反应自发进行,系统有趋向于最低能量状态的倾向。根据水的沸腾及碳酸钙的分解等吸热过程也能够自发进行,容易掌握系统的焓变(ΔH)是影响反应自发性的因素之一,在热力学中,决定反应自发性的另一个因素是熵变(ΔS)。综合以上两个因素引出热力学第二定律,即在任何自发过程中,系统和环境的熵变化的总和是增加的。因此,可通过总熵变判断化学反应进行的方向。然而,系统是我们的研究对象,环境不是,根据定温定压下 $\Delta S_{\text{环境}} = -\Delta H_{\text{系统}}/T$,将其代入 $\Delta S_{\text{总}} = \Delta S_{\text{系统}} + \Delta S_{\text{环境}}$,整理得到 $-T\Delta S_{\text{总}} = \Delta H_{\text{系统}} - \Delta S_{\text{系统}}$ 。美国物理学家吉布斯将 $-T\Delta S_{\text{总}}$ 定义为Gibbs自由能变(ΔG),基于热力学第二定律,可通过 ΔG 来判断反应的自发性,即 ΔG 判据: $\Delta G < 0$,反应正向自发进行; $\Delta G = 0$,反应达到平衡状态; $\Delta G > 0$,正向反应不能自发进行。 ΔG 判据与反应商判据又有怎样的关系呢?如何通过实验的方法测定反应的 ΔG ?当反应达到平衡时, $\Delta G = 0$, $J = K^0$,代入化学反应的等温方程 $\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln J$,可得到 $\Delta G = -RT \ln K^0 + RT \ln J$,在该表达式中,已知理想气体常数 R 、温度 T ,通过实验测定标准平衡常数和反应商

可以计算 ΔG ,从而判断化学反应进行的方向,并且通过该表达式可得 ΔG 判据与反应商判据相一致。

教师展示 ΔG 判据与药物分子设计流程的相关材料^[7]:对靶蛋白的直接药物设计首先基于结构生物学解析蛋白结构,利用计算机技术采用分子对接的方式预测并筛选候选药物,通过实验测定结合反应的 ΔG 以确定结合反应的自发性,通过生物学实验确定其功能。此外,还可以通过人工合成互补寡核苷酸片段,即反义药物,与靶基因mRNA特定序列相结合,产生RNA干扰效应,抑制靶蛋白的合成。由于RNA具有二级结构,不同的寡核苷酸片段与其结合能力不同,因此研究反义药物与其靶基因mRNA相结合的 ΔG 至关重要。

通过材料的阅读与讨论,引导学生从新的角度审视 ΔG 在药物分子设计中的应用,训练学生具有主动性、综合性和创新性的思维能力。

5 课后延伸,增加挑战

课后通过扩展化学平衡在中医药研究领域中的应用,适当地提升学习难度,增加学生学习的广度及深度。归经是中药的重要属性,指中药选择性地作用于特定的组织或器官以达到调节机体代谢的目的。教师通过提示中药药性是根据长期临床实践,从药物作用于人体所产生的不同反应和疗效总结出来的,不同文献对中药药性记载可能不同,激发学生批判性思维,引发学生思考有无客观且有效的研究方法能够解释中药归经的科学内涵,并能够主动地运用无机化学所学知识通过设计实验对中药归经做出科学解释。

通过课后线上讨论,教师提示学生通过热量计的等温滴定量热法可测定热量变化^[8],引导学生自主设计可行的实验方法,即制备不同组织细胞等量匀浆,再滴定中药,根据热力学参数关系式 $\Delta G = -RT \ln K$,通过测定所得 K 计算得出 ΔG ,用于判断中药与靶组织的相互作用强弱,揭示归经属性。此外,学生也可通过测定所得 ΔH 确定中药对不同组织的热效应,解释四性属性。这一过程通过引导学生运用化学反应原理解释中医药归经及四性的科学内涵,理论联系实际,极大地引发了学生的学习兴趣,课后讨论气氛非常热烈。在巩固理论知识的同时,运用课堂上学习到的无机化学理

论知识,以及查阅资料,提高了学生分析解答中医药相关问题的能力,培养了学生具有创新性和批判性的思维能力,提升了学生的中医药文化底蕴,增强了学生继承和发扬祖国中医药事业的社会责任感和不懈追求真理的科学品质。

6 结论与展望

实现党的二十大提出的创新驱动发展战略、人才强国战略和教育强国战略需要大批拔尖创新人才。个体的主动性、综合性、创新性和批判性的思维意识和思维能力以及高度的社会责任感和不懈追求真理的科学品质是培养生物科学类拔尖创新人才的重要内容。在教学过程中必须将知识传授、能力培养和价值塑造三者融为一体、不可割裂。由于无机化学课程具有知识点多、内容抽象的特点,如果教师只侧重于知识点本身的讲解,会导致学生缺乏对课程学习意义和价值的思考,并且很难在枯燥的理论学习中保持初始学习的热情与积极性。采用以生物科学类创新人才培养为导向的创新教学设计,能够明显感受到课堂气氛活跃,参与回答问题、积极讨论的人数明显增加。课后采用匿名问卷调查方式,征求62位学生对本节课的教学评价,经统计,93.7%的学生对本节课教学设计的合理性、对学习兴趣和理解的帮助、对理解无机化学知识及其在生命科学与医学领域研究中应用的帮助表现出了较高的满意度。

在实际教学中,仍存在部分学生没有参与到课堂或者不能够正确地回答出问题,因此提供几点改进方法。首先,教学案例的挖掘和整理是重要环节,问题情境与讨论话题的设定应以学生日常所见所闻为基础,能够体现生命科学与无机化学的联系,如讲授酸碱反应与平衡时,引入人体血液中三大缓冲体对,并对其维持机体正常功能的重要性展开课堂讨论;讲授沉淀反应与平衡时,以龋齿病及含氟牙膏预防龋齿的机制为切入点引入本章将要学习的内容;讲授热化学时,以中医寒热辨证为切入点,将热化学教学内容与中药药性的科学内涵相结合等。其次,将教学案例融入实际教学过程的设计同样不可或缺,既要恰到好处、不生硬,又要让学生在学的过程中自然而然地接受,达到潜移默化培养创新素质的教学效

果。最后,应合理规划课堂时间,掌握好教学进度,增加学生主动思考与讨论的时间,提高课堂提问与讨论在形成性评价中的占比,鼓励学生主动回答问题并表达自己的见解。笔者将基于创新教学设计在教学实践中不断优化,以期取得更好的教学效果。

参考文献

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜,为全面建设社会主义现代化国家而奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[M]. 北京:人民出版社,2022: 33-34
- [2] 郭广生. 创新人才培养的内涵、特征、类型及因素. 中国高等教育, 2011(5): 12-15

- [3] 葛涵博. 化学在生命科学中的作用. 科技创新导报, 2015, 12(30): 164-165
- [4] 李延红, 汤书妍, 韩民乐. 无机化学教学中存在的问题及策略. 化学工程与装备, 2022(9): 329-330
- [5] 王巍. 基于创新型人才培养的无机化学课程教学问题分析及改革探讨. 延边教育学院学报, 2021, 35(4): 80-83
- [6] 璩榜琴. 用化学平衡移动原理建立癌症新的控制点. 中国肿瘤临床与康复, 2002(5): 133-134
- [7] 刘毅敏, 周红, 赵华文, 等. 自由能与药物分子设计. 实用医药杂志, 2005(11): 81-82
- [8] 陈红珊, 杨玉琴, 张昊, 等. 基于分子热力学特征探讨中药黄芩的归经特性. 药理学, 2020, 55(2): 330-334

《生命的化学》2022年高被引论文

在广大的作者、读者和专家的大力支持和帮助下,《生命的化学》有了长足的进步与发展。本刊根据中国知网数据(截止日期为2023年9月12日),评选出2022年度高被引学术论文9篇、高被引教学论文3篇。在此,对各位获奖者表示衷心的祝贺,并衷心感谢各位作者为提升本刊影响力做出的重要贡献。

2022年度高被引学术论文

序号	标题	作者	发表时间	被引频次
1	血脂血症发病机制及药物治疗	田时秋, 李依林, 裴海鸾, 田颖颖, 左泽平, 赵新月, 刘闯, 王志斌	第12期	32
2	抑郁的中枢神经炎症机制相关研究进展	何沙潼, 蒋梦若, 陈嘉豪, 盛慧	第7期	15
3	磷脂酰胆碱的生物学功能及其在心血管疾病中的作用	姜月华, 陈健乔, 李晓, 姜萍, 杨传华	第3期	14
4	昆虫蜕皮激素介导的蜕皮和变态发育	林曼婷, 陆俊鸿, 王岩, 元冬娟	第1期	13
5	肿瘤免疫治疗研究进展	张川川, 谭颖, 王铭遥, 姚翠芳	第11期	11
6	雪旺细胞凋亡与糖尿病周围神经病变的相关性	陈彦旭, 何流, 宋小彪, 胥雨成, 王春媛, 袁凤英, 金智生	第1期	11
7	基于网络药理学探索金银花抗菌有效成分及其分子机制	徐楠, 杜丽桦, 刘一涵, 陈彦超, 汪启明, 饶力群	第4期	11
8	花青素对神经退行性疾病的作用	张挺, 李冀宏, 周浩楠, 闫洪旭, 姜学涛, 张如云, 贾若丹, 彭亚会	第9期	11
9	中药制剂治疗新冠肺炎的机制	刘莉, 王娜, 许迪魁, 刘春燕	第12期	10

2022年度高被引教学论文

序号	标题	作者	发表时间	被引频次
1	成果导向教育理念下的生物化学与分子生物学课程教学改革和实践	沈何放, 黄静, 宋小平	第1期	12
2	课程思政在药学专业生物化学课程中的融入式设计与实践	易霞, 马利伟, 云彩红, 贾竹青, 俞文华, 陈颖, 韩丽敏, 杨笑茵, 张巍方, 武欣, 倪菊华	第11期	10
3	课程思政背景下的生物化学教学目标与内容的重构	刘晨光	第2期	10