

以生命健康理念为导向的物理化学课程改革创新

王中武^{1*} 刘莹¹ 孙玲杰¹ 陈小松¹ 郭淑婧¹ 蒋妍彦^{2*} 张志成^{1*}

1. 天津大学 分子聚集态科学研究院 理学院, 天津 300072

2. 山东大学 材料科学与工程学院, 山东 济南 250061

[摘要]物理化学是化学专业的基础课程,在倡导人民健康理念的大背景下,将健康检测产业引入传统理论课程的教学,不仅能够提升教学质量,帮助学生夯实理论基础、提升实践能力,还有利于培养具有新质生产力素养的复合型创新人才,为“健康中国”战略提供可持续的人才支撑。文中以医疗检测中常见电化学传感技术为例,设计了电化学章节的教学方案,依据循环学习的教学路径、注重理论教学和实践环节的多样融合。同时,利用反馈式的教学评估体系,增加师生间的互动交流,进一步完善教学体系。

[关键词]物理化学; 科教一体; 电化学传感; 课程改革

DOI: 10.33142/fme.v6i7.17269

中图分类号: G642

文献标识码: A

Reform and Innovation of Physical Chemistry Curriculum Guided by the Concept of Life and Health

WANG Zhongwu^{1*}, LIU Ying¹, SUN Lingjie¹, CHEN Xiaosong¹, GUO Shujing¹, JIANG Yanyan^{2*}, ZHANG Zhicheng^{1*}

1. Institute of Molecular Aggregation Science, School of Science, Tianjin University, Tianjin, 300072, China

2. School of Materials Science and Engineering, Shandong University, Ji'nan, Shandong, 250061, China

Abstract: Physical chemistry is a fundamental course in chemistry. In the background of advocating the concept of people's health, introducing the health testing industry into traditional theoretical courses can not only improve teaching quality, help students consolidate theoretical foundations and enhance practical abilities, but also cultivate compound innovative talents with new quality productivity literacy, providing sustainable talent support for the "Healthy China" strategy. Taking the common electrochemical sensing technology in medical testing as an example, a teaching plan for the electrochemical chapter was designed in this article, which based on the teaching path of cyclic learning. It emphasizes the diverse integration of theoretical teaching and practical activities. At the same time, a feedback based on teaching evaluation system will be used to increase interaction and communication between teachers and students, further improving the teaching system.

Keywords: physical chemistry; integration of science and education; electrochemical sensing; curriculum reform

党的二十大报告明确提出“推进健康中国建设”,将“把保障人民健康放在优先发展的战略位置”提升为国家意志。《健康中国 2030 规划纲要》进一步指出,要“加强健康监测产品的自主创新”,实现从“以治病为中心”向“以健康为中心”的整体转变。在这一战略指引下,面向生物应用的电化学传感器因其“高灵敏、低成本、可便携”的独特优势,正成为疾病早筛、慢病管理、公共健康监测乃至智慧城市建设的核心技术。然而,传统物理化学课程在讲授电化学内容时,仍局限于经典的丹尼尔电池、电解池模型,缺乏与真实健康场景的深度耦合,学生难以将抽象的电极电势、极化与传质等概念转化为解决“健康中国”重大需求的能力,人才培养与产业需求之间出现了明显的“最后一公里”断层。

新一轮科技革命与产业变革的交汇,催生了以“数字化、绿色化、智能化”为特征的新质生产力,对高等教育提出了“厚基础—强交叉—重实践”的新要求。面向生物应用的电化学传感器正是“化学原理+工程技术+健康场

景”的天然交叉载体:它既需要学生深刻理解界面电子转移动力学、传质极化与界面热力学等物理化学核心知识,又要求其结合实际应用开拓思维。本文以“面向生物应用的电化学传感器”为案例,通过“原理-器件-应用”三阶项目化教学,探索一条面向健康中国的《物理化学》课程重构路径,旨在培养能够灵活学习应用教材内容、具备新质生产力素养的复合型创新人才,为“健康中国”战略提供可持续的人才与智力支撑。

1 物理化学课程的学习方法和要求

物理化学是化学的理论基础,概括地说是用物理的原理和方法来研究化学中最基本的规律和理论。它是一门探究物质的物理性质和化学性质间相互联系的学科,涵盖原子与分子结构、化学键断裂和形成、化学反应热力学与动力学、电化学、界面化学等多个重要章节。它不仅仅是化学家实验室里的象牙塔,而且和工业生产、国计民生紧密相连。经典物理化学的核心是化学热力学和化学动力学。化学热力学主要是关于能量转化和过程进行方向与限度

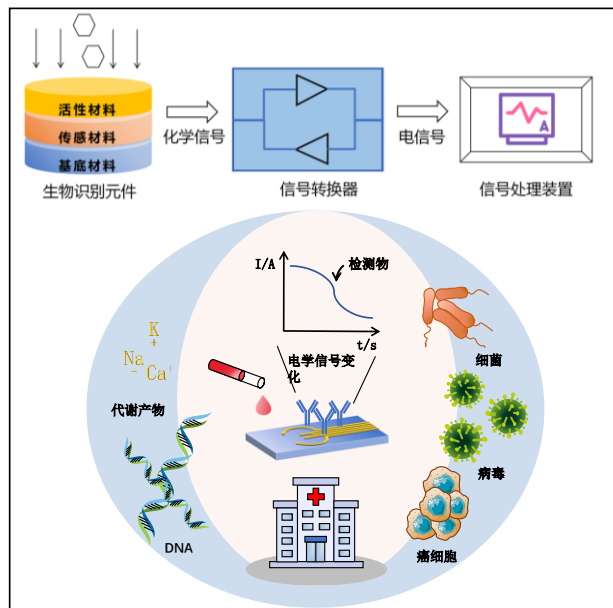
的科学，而化学动力学则是研究化学反应速率的科学^[1]。人们的生产生活离不开热力学和动力学的知识，物理化学知识被广泛用于各个领域。因此，物理化学课程的学习，首先，要领会物理化学解决实际问题的科学方法，培养将复杂的实际问题经过简化、假设后建立物理模型的能力，并要求利用所学知识设计解决方案，融会贯通地理解概念、定理、公式的本质。

2 以电化学传感器为例的物理化学课程改革设计

2.1 电化学传感器的物理化学原理

深入学习物理化学，有助于理解物质的本质及其在实际应用中的机制分析，为解决现实问题提供理论依据和有力指导。本文以《物理化学》（第六版）中电化学部分作为主线，联动电解质、反应动力学等相关内容，围绕能斯特方程、离子迁移、电极电势等核心知识展开。旨在探究如何将生物健康领域被广泛应用的电化学传感检测技术巧妙融合在课堂教学中，实现经典物理化学与现代应用前沿接轨的教学新范式^[2]。

电化学传感器主要由三部分组成，即生物识别元件、信号转换器和信号处理装置（图 1）。其中，生物识别元件起着至关重要的作用，能够实现体内外 DNA、抗体、酶、电解质等代谢产物和病原体、微生物多类分析物的半定量或定量检测，通过反映人体健康状况和疾病指标达到诊断目的，现已普及到临床应用阶段。



电化学传感器通过传感元件对特定物质进行选择性识别，并将检测到的生物信号转变为可识别的数电信号，这一过程涉及多个物理化学知识点。依据检测原理，将电化学传感器分为直接型传感器和间接型传感器。直接型传感器是对于具有电化学活性的生物分子，能够在电极表面

发生法拉第反应，根据其特定的氧化还原电位实现直接测定。而针对电活性较低或无电活性的生物分子，直接型传感器难以采集到可用于分析的响应信号，需要在检测体系中引入探针分子与目标物进行特异性结合，因此，间接型传感器可以通过电流或阻抗、电容或电导率变化测定目标物及其浓度变化。

2.2 在物理化学课堂中融合电化学传感的设计和创新

本文以“健康中国”战略需求为指引，对《物理化学》电化学板块进行系统重塑，打破“公式-习题”单向度模式，构建“知识-能力-素养”螺旋上升的学习新范式。课程不再以章节为边界，而是围绕例如“生物应用的电化学传感器”这一真实产业需求，将电解质溶液理论、能斯特方程、极化动力学、双电层模型、酶促反应热力学、吉布斯自由能与最大可逆功等核心概念重新编织为一条连续的知识链。本文通过结合科教一体的多元教育理念和 大卫·科尔布提出的“学习循环模型”，如图 2 所示，制定以下四阶段学习路径^[3]。

具体经验——设计真实情境驱动的探究式学习模块：设计丰富有趣、寓教于乐的教学环节，物理化学课程的改革应体现科技应用的前沿性，开展生活化实验观察：通过虚拟仿真让学生实时调整皮下氧分压、酶负载量与电极粗糙度，直观感受极化曲线从电荷传递控制区滑向扩散控制区的全过程；组织学生拆解家用血糖仪，结合物理化学理论分析其三电极体系（工作电极、对电极、参比电极）的协同作用机制。通过动态演示葡萄糖氧化酶（GOD）催化下，葡萄糖（ $C_6H_{12}O_6$ ）被氧化生成葡萄糖酸（ $C_6H_{12}O_7$ ）和过氧化氢的反应过程^[4]。

反思观察——构建问题导向的批判性思维框架：结合过往学习的电解池、原电池等化学基础知识，大胆假设，勇于提问，在师生互动中逐步理解电化学传感器运行原理。以血糖仪为例，引导学生分析传感器如何通过检测葡萄糖氧化酶催化反应产生的电流变化实现血糖监测，可通过氧电极（测氧气的消耗）、过氧化氢电极（测 H_2O_2 的产生）和 pH 电极（测酸度的变化）来间接测定葡萄糖的含量。以跨学科对比为锚点展开“头脑风暴”：引导学生对比电化学传感器与其它生物传感器（荧光传感器、磁阻抗传感器等）的检测原理，建立不同技术路线的优劣矩阵^[5]。

抽象概括——建立理论模型与实际应用的认知桥梁：掌握电化学章节的基本理论，理解物理化学中电化学理论（如能斯特方程、法拉第定律）在传感器设计和定量分析中的应用，能够解释电化学传感器的工作原理，包括电极反应、信号转换机制及影响传感器性能的关键因素（如温度、pH、特异性等）。

主动实验——开展理论指导的实践验证活动：将教材中的法拉第定律、电动势测定、极化曲线与阻抗谱转化为器件性能参数，实现“理论-实验”的贯通培养。学习分

析电化学传感器在生命健康领域的具体应用案例,并迁移至其他医学健康检测场景;具备利用物理化学理论优化传感器灵敏度、稳定性、特异性的能力^[6]。通过生命健康领域案例(如血糖监测、肿瘤细胞检测等),将物理化学中的电化学理论与传感器设计实践紧密结合,避免“重理论轻应用”的弊端。课程设计强调物理化学与生物医学、材料科学的交叉,培养学生从多学科视角解决问题的能力。例如,在小组项目中,学生需综合运用电化学理论、纳米材料特性及生物分子相互作用知识,设计出兼具灵敏度与选择性的传感器方案。

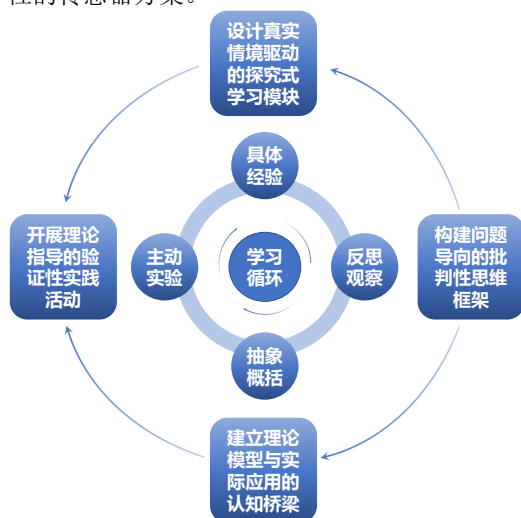


图2 四阶段学习路径

2.3 物理化学与实际健康检测应用结合的课程评价体系设计

本文提出通过将在物理化学课程中,融入实际应用的或目前科研前沿的医疗健康领域相结合,鼓励学生多接触实际应用,将物理化学知识应用到实际研究中,实现课堂的科教一体化。同时,多元的教学模式需要多维度的评价体系来全面考察学生的学习和科研、实践能力^[7]。通过设计课堂知识、实践能力、课堂参与度三个方面进行考核,提升了学生对电化学核心概念的深层理解与跨学科迁移能力,使课程真正成为服务健康中国的新质生产力人才培养枢纽。

物理化学课程的首要任务是让学生掌握更扎实的理论知识,通过实践活动培养更深刻的学科思维。因此,设计合理的考核体系,分阶段评估学生在学习过程中对知识掌握程度是十分关键的。通过平时的随堂测验和课下作业完成情况,教师能够即时了解学生的学习状态;同时,可以利用线上平台进行查漏补缺,布置多学科融合的习题、案例,打开学生的视野培养跨学科知识交叉能力。采用平时分(30%)、期中(30%)和期末(40%)考试成绩加权评分的方式(表1),对学生的知识掌握情况进行可量化评估。

融入生命健康观念的实践设计是本文教学改革的一

大亮点,通过设置案例分析汇报和小组项目设计环节,对学生的实践和创新能力进行考核。在案例分析中,学生可以分享在特定生命健康场景中的检测案例以及其中蕴含的物理化学原理,例如电化学传感器在癌症早期诊断中的应用,并采取选用新探针或优化电极界面等方法,向原有检测方案提出新意见。除此之外,组织学生开展小组任务,设计一种更舒适、更适合日常使用的电化学传感器方案(如可穿戴式、织物式汗液传感器等),要求学生组内分工合作,团队各成员分别负责理论验证(如计算电极反应速率)、材料选择(如纳米材料修饰电极)及可行性分析(如成本、便携性)。通过以上实践,能够考查学生知识迁移与解决实际问题能力,评估学生团队协作与创新思维水平。而课堂参与度主要评估课堂中师生互动的表现情况,鼓励学生积极提问,加强与教师的互动交流;此外,也倡导教师实时沟通,师生达到动态反馈的良好效果。教师能够根据学生的作业情况与课堂表现进行教学反思,通过课堂点评及时指出学生的理解偏差;汇总共性问题,在后续课程中调整教学策略,进行有的放矢地讲解,并通过拓展案例深化理解、开阔知识面。另外,提供学生自评的进一步反馈机制,学生可以通过提交反馈日志、填写调查问卷的形式,提出在传感器测试实践、小组设计任务中的心得与建议,进一步促进课堂效率的提升,实现师生互动良性发展。

表1 课程评价体系

	考核内容	考核方式	考核占比
考核评价体系	课堂知识	依据随堂测验和作业核定平时分,平时分、期中成绩和期末成绩按照(30%、30%、40%)占比汇总	50%
	实践能力	分为案例分析实践和小组创新设计实践两部分,最终依据汇报情况进行打分	30%
	课堂参与度	通过师生互动交流情况有效次数、学生课程建议数核定	20%

3 结语

本文物理化学课程改革设计是以“健康中国”战略需求为指引,对《物理化学》电化学板块进行系统重塑,打破“公式-习题”单向度模式,构建“知识-能力-素养”循环上升的学习新范式。课程不再以章节为边界,而是围绕例如“生物应用的电化学传感器健康检测”这一应用端产业需求,串连起物理化学核心概念,重新编织为一条完整连续的知识链。

为培养更多具备跨学科思维与健康产业实践能力的复合型人才,在理论层面,通过引入健康监测领域的前沿案例,引导学生理解电化学原理在生物医学中的创新应用;在实践环节,让学生亲历从原理验证到产品原型设计的完整过程,激发学生对健康传感领域的科研兴趣。这种改革不仅深化了学生对专业知识的理解,更培养了其解决实际

问题的综合能力,为健康产业输送既懂基础理论又具有实践能力的创新型人才,充分彰显了新时代高等教育服务国家战略需求的使命担当。

[参考文献]

- [1]天津大学物理化学教研室编.物理化学.第6版[M].北京:高等教育出版社,2017.
- [2]陈曼芳,张婉琦,刘思思,等.物理化学教学改革:提高学生学习效率与兴趣的策略和方法[J].高教学刊,2025,11(14):42-45.
- [3]桑国元,叶碧欣,黄嘉莉,等.构建指向中国学生发展核心素养的项目式学习标准模型[J].中国远程教育,2023,43(6):49-55.
- [4]杨妍,王晴,张雯钰,等.电化学多层组装纳米金和电还原氧化石墨烯修饰电极的非酶葡萄糖传感[J].分析试验

室,2025,44(3):424-431.

- [5]梁华润,马浩轩,段新荣,等.柔性电化学传感器及其在无创医学检测中的应用[J].化学学报,2023,81(10):1402-1419.
- [6]李学峰,赵艳茹.案例法在物理化学教学中的应用[J].大学化学,2012,27(5):14-16.
- [7]王鉴,张文熙.大单元教学:内涵、特点与实施策略[J].中国教育学报,2023(10):5-9.

作者简介:王中武(1992—),男,理学博士,天津大学分子聚集态科学研究院,英才副教授,研究方向:有机场效应晶体管;蒋妍彦(1985—),女,工学博士,山东大学材料科学与工程学院,教授,研究方向:低维功能材料的智能化设计与制备及其在生物医药等交叉学科领域的应用;张志成(1982—),男,理学博士,天津大学理学院化学系,英才教授,研究方向:纳米电催化。