

报国赤心·守正创新·倾心育新 ——电动势法测定化学反应热力学函数实验的课程思政设计

袁汝明*, 吴平平, 张来英, 徐晓明, 傅钢

厦门大学化学化工学院, 化学国家级实验教学示范中心(厦门大学), 福建 厦门 361005

摘要: 课程思政的有效融入是教学质量提升和高素质人才培养的关键。我们以“电动势法测定化学反应的热力学函数”这一实验项目为例, 构建了一次深入的实验探究与思政教育相结合的教学实践活动。通过对电动势测定原理和方法的探讨以及反应热力学量的导出, 学生们不仅深化了对相关基础理论知识的理解, 提升了他们解决实际问题的实验技能和创新能力; 同时强化了学生的家国情怀以及责任担当意识。

关键词: 电动势; 热力学函数; 课程思政

中图分类号: G64; O6

Patriotic Devotion, Upholding Integrity and Innovation, Wholeheartedly Nurturing the New: The Ideological and Political Design of the Experiment on Determining the Thermodynamic Functions of Chemical Reactions by Electromotive Force Method

Ruming Yuan*, Pingping Wu, Laiying Zhang, Xiaoming Xu, Gang Fu

National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (Xiamen University), College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, China.

Abstract: The effective integration of ideological and political education into the curriculum is the key to improving teaching quality and cultivating high-quality talent. Taking the experiment “Determining the Thermodynamic Functions of Chemical Reactions by Electromotive Force Method” as an example, we have constructed a deep exploratory laboratory inquiry combined with ideological and political education. Through the exploration of the principles and methods of electromotive force determination, as well as the derivation of thermodynamic quantities of reactions, students have not only deepened their understanding of related fundamental theoretical knowledge, enhanced their experimental skills and innovation ability to solve practical problems; they have also strengthened their patriotic sentiments and sense of responsibility.

Key Words: Electromotive force; Thermodynamic functions; Curriculum ideology and politics

1 引言

在新时代背景下, 我们不仅要学习科学知识和技能, 更要学会如何运用这些知识服务社会、报效国家。教育部印发的《高等学校课程思政建设指导纲要》明确提出, 要将思政教育融入到每一个

收稿: 2023-11-20; 录用: 2024-01-09; 网络发表: 2024-02-01

*通讯作者, Email: yuanrm@xmu.edu.cn

基金资助: 教育部第三批虚拟教研室建设试点“101计划”化学测量学实验课程虚拟教研室; 基础学科拔尖学生培养计划2.0研究课题(20222108); 厦门大学本科思政示范课程“基础化学实验(三) — (物理化学部分)”

课程当中^[1]。物理化学实验课程，作为化学类专业的核心实验课程，不仅要培养学生的实验技能和科研能力，更要帮助学生树立正确的世界观、价值观和人生观。

厦门大学物理化学学科一个非常重要的“根”、化学家卢嘉锡先生的日省之言，为我们提供了一个深入反思的方向：“吾日三省吾身：为四化大局谋而不忠乎？与国内外同行交流学术而乏创新乎？奖掖后进不落实乎？”这不仅是对高校教师的自我检讨，更是对自身精神追求和时代使命的深度思考^[2]。因此，在本科教学过程中，不仅要使学生能够理解和掌握专业的核心知识，培养学生的实验技能和科学思维，更要培养学生“忠于科技、为国献身”的精神，并积极为科学的发展和国家的进步贡献自己的力量。同时，我们也要培养学生“创新至上，与时俱进”的精神，鼓励学生敢于探索，勇于创新。为了能更好地践行“培育新人、传承火炬”的使命，教师本身也应努力提升自己的专业和品德素养。

本课程思政设计聚焦“电动势法测定化学反应的热力学函数”这一实验项目^[3]，旨在深化学生对化学反应能量转换的微观认识，掌握相关的实验技能和理论知识，并切身感受科学研究与国家发展、环境保护的密切联系；同时，继承和发扬老一辈科学家如卢嘉锡先生那种“忠于科技、为国献身”的崇高精神和“创新至上，与时俱进”的创新意识，帮助学生理解和体会科学研究的意义和价值。

2 教学目标

2.1 实验知识目标

- (1) 理解并掌握电动势的概念以及用对消法测定电动势的基本原理和方法。
- (2) 掌握电动势法导出化学反应热力学函数的科学原理和实践方法。
- (3) 熟练操作电位差计，准确处理和分析实验数据。

2.2 课程思政目标

- (1) 结合电池的发展、电动势测量技术及方法的更新等，鼓励学生追求创新，与时俱进。
- (2) 结合老一辈科学家在电动势测量相关技术方面的贡献，培养学生“忠于科技、为国献身”的家国情怀以及责任担当意识。
- (3) 将复杂的理论知识应用于实践，培养学生分析和解决实际问题的综合能力以及培养安全意识、环保意识等。

3 教学流程

课前首先通过线上慕课平台发布预习要求，让学生提前观看实验原理和实验操作视频，并思考和回答相关问题，引导学生对原理和操作有较为直观、清晰的理解；阅读课前补充材料，如电池发展状况、新能源在国家发展中的战略地位等。在课堂教学过程中，本实验将分为六个教学模块。教师通过六个教学模块，达成相关知识目标，同时将思政元素融入其中，表1展示了教学活动过程中主要的知识线和思政线。

4 教学实施

4.1 电池基本概况

课程主题引入：在当前全球能源危机与环境问题日益严峻的大背景下，探索新能源技术、实现经济可持续发展已成为国家发展的重要战略。而电池体系是其中一个重要方向。

电池发展史：从标志着电能时代开端的世界上第一个真正电池——伏打电堆，到第一个成功的商业电池——丹尼尔电池，从具有良好的大电流放电特性、耐过充放电能力强、最早应用于手机等设备的镍镉电池，再到具有更高能量密度、更长使用寿命、轻量级和无记忆效应等优点的锂离子电池来介绍电池的发展史。穿插介绍亚历山德罗·伏打、约翰·丹尼尔、约翰·古迪纳夫等科学家执着探

索真理的历程，并启示学生，科学探索需要持之以恒的精神，以及对未知领域无畏的探求。从改进电池性能到探索更为环保的电池材料，从提升电池的安全性能到降低成本，现代电池体系的发展都是为了满足人类社会对于更为清洁、高效能源的需求。由于电池是能源、信息和交通革命的关键支持技术，许多国家都制定了战略研发计划以发展先进的电池技术；我国也一直将先进的电池技术，特别是锂离子电池技术的发展纳入国民经济和社会发展的五年计划，目前我国已成为生产锂离子电池的领先国家。

表1 教学流程

教学模块	知识线	思政线
电池基本概况	<ol style="list-style-type: none"> 1. 介绍电池的发展历史及其重要性 2. 讲解电极反应、电池反应、可逆电池等知识点 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 科学家为追求真理坚持不懈的科研态度，培养学生的科学精神和人文素养 2. 通过了解电池技术的重要性引导学生关注国家战略发展方向，培养学生家国情怀以及责任担当意识
电动势与热力学量之间的关联	<ol style="list-style-type: none"> 1. 讲解电动势的物理意义，以及电动势与电池反应ΔG建立关联的条件 2. 推导电动势与各个热力学量之间的定量关系 3. 补充阅读电动势、电压基准和标准电池的概念及其重要性，以及我国在电压基准方面的贡献等 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 将物理化学课程中复杂的理论知识应用于实践，突出逻辑思维和辩证分析能力的重要性 2. 通过了解中国电压基准的发展以及科学家们对电压基准技术的进步做出的杰出贡献，激发学生的国家荣誉感以及培养为国献身的精神
对消法原理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 理解电动势难以用伏特计准确测量的原因 2. 讲解对消法测定电动势的原理 3. 介绍田昭武院士自行研制的“DHZ-1型电化学综合测试仪”以及对我国电化学研究方面的贡献 4. 补充材料阅读或自行查阅各种电动势的测量技术和方法 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通过田昭武院士的研究历程向学生传达老一辈科学家“忠于科技、为国献身”的科研态度 2. 与时俱进，了解各种电动势测量技术和方法，教育学生解决实际问题时如何有效选择合适的途径
原电池的设计	<ol style="list-style-type: none"> 1. 引导学生如何将化学反应设计成电池，了解电池的组成部分以及每部分的作用 2. 查阅文献了解当前热门电池研究体系的结构和特点 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 体现创造力与实用性的结合，促进学生在实际操作中体验创新的乐趣 2. 理解电化学理论在新能源技术领域的重要应用，激发学生的社会责任感
实验操作和数据处理及分析	<ol style="list-style-type: none"> 1. 引导学生掌握各种实验技能，包括盐桥的准备、电极的处理、原电池的组装以及电位差计的使用等 2. 自主搭建电动势测定装置 3. 确保数据的完整性和准确性，引导学生学习如何处理实验数据，计算并分析相关热力学函数 4. 理解热力学概念在实际化学过程中的应用 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 通过实验废液的回收，向学生强调环境保护的重要性，培养绿色环保意识 2. 强调实验中的安全意识，培养学生的责任感 3. 培养学生的耐心、细心与动手能力，以及面对复杂问题时的冷静和理性 4. 强调科学研究的真实性和严谨性，强调精确度对于科研的重要性，培养学生的科学精神以及批判性思维能力
拓展学习和讨论	<ol style="list-style-type: none"> 1. 结合线上慕课平台，发布与新能源相关的材料和视频，如氢能技术、第三代光伏技术等，激发学生对电化学以及相关领域的兴趣 2. 针对新能源主题，设置各类讨论性问题，如新能源技术的发展和推广面临哪些技术挑战和市场壁垒？中国应如何定位自己在全球新能源领域的角色？等等 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 讨论科技发展如何服务社会、提高人民生活质量 2. 培养学生对环境保护的意识，以及作为化学科学工作者对社会责任的认知 3. 培养学生创新至上，与时俱进的追求

知识点讲解：通过翻转课堂的形式，以学生为主体，结合伏打电堆、丹尼尔电池和锂离子电池(如图1所示)讲解电池的基本概念，包括电极反应、电池反应、可逆电池等知识点。通过上述教学过程，使学生在复习以往知识点的同时，锻炼他们的表达能力。由于实验中涉及到的知识点都是电化学基础理论知识，在本文中不再具体赘述，只说明讲解流程。

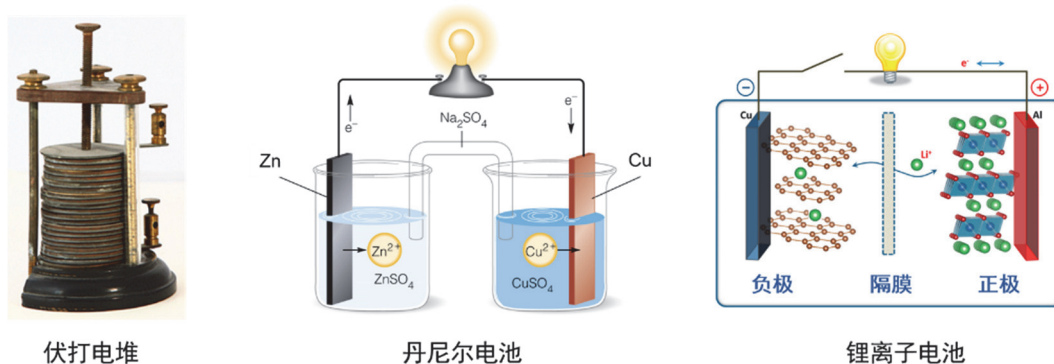


图1 标志性电池^[4-6]

讨论：大家平时在生产和生活中接触到的电池有哪些？各有什么优缺点？(部分讨论结果：(1) 电动单车常用的电池主要有铅酸电池和锂电池两大类，铅酸电池的成本低廉，电压稳定，但是重量较大，能量密度低，所以使用寿命短，由于含有重金属，存在环境污染问题；锂电池的能量密度高，相对较轻，使用寿命长，环境友好，但是成本较高，安全性问题较为严重，在某些情况下可能发生热失控。(2) 几乎所有的现代智能手机都使用锂离子电池或锂聚合物电池，锂离子电池能量密度高，轻便，无记忆效应；但是衰减严重，存在安全性风险；锂聚合物电池适用于超薄设备，可塑性好，但是成本较高，能量密度一般低于锂离子电池等。)

4.2 电动势的物理意义及其与热力学量之间的关联

知识点讲解：电动势的物理意义，电动势与电池反应 ΔG 建立关联的条件，再进一步通过严格的定量公式推导电动势与各个热力学量之间的定量关系。

通过讲解严格的公式推导，将物理化学课程中复杂的理论知识应用于实践，突出逻辑思维和辩证分析能力的重要性。而且通过电动势与各个热力学量之间的定量关系，化难为易、化抽象为具体，将难以测量的热力学量转换为易于测量的电动势，培养学生解决实际问题的能力。

补充阅读：提供相关阅读资料^[7-10]，让学生了解电动势概念的提出及其重要性，尤其是电压基准的概念，了解标准电池的由来及其重要意义，了解我国在国际电压基准方面所做的贡献等；并要求在实验报告中做相应的总结讨论。

电动势是电化学中的一个核心概念，最早由伏打(Alessandro Volta)在19世纪初提出，用于描述化学反应产生的电能。电动势是电池两端零电流条件下的电势差，是衡量电池能量转换效率的重要参数。电压基准是指被确定为标准的电压值，用于校准和比较其他电压源。在早期电压测量时，由于缺乏电压测量标准，导致了测量结果的不一致和不准确。从19世纪开始，科学家们开始尝试制造稳定可靠的电压源。1893年由英国化学家爱德华·韦斯顿(Edward Weston)发明的韦斯顿标准电池，由于其高度的稳定性在1911年被采纳为电动势的国际标准。但韦斯顿标准电池的漂移和可传输性问题将世界电压基准限制在约 10^{-6} 量级。随着科技发展和全球化进程的加快，电压基准技术也在不断地革新与提升。1962年，Brian Josephson推导了由分隔两个超导体的薄绝缘屏障组成的结上电流和电压的方程，预测结以频率 f 驱动时，其电流-电压曲线将形成值为 $nhf/2e$ 的恒定电压区域(其中 n 是整数， e 为基本电荷， h 为普朗克常数)，称为ac约瑟夫逊效应，以此作为电压基准相比于原来的实物电压基

准, 测量不确定度减小了至少三个量级^[9,10]。从1990年1月1日开始, 在世界范围内启用直流约瑟夫森量子电压基准。中国计量科学研究院(NIM)从20世纪80年代初开始致力于约瑟夫森电压基准的研究工作。1999年, NIM对10 V直流电压标准的量值传递将不确定度指标为提升到 5.4×10^{-9} 量级; 随着可编程约瑟夫森结阵研究的开展, 到2013年, NIM又将该指标提升到 10^{-10} 量级, 与国际计量局的量级保持高度一致。高洁院士对电压基准技术方面做出了杰出的贡献。1995年, 其课题组研究的“约瑟夫森结阵列电压基准”在与美、日、英、法等十余个国家的比较中, 电压基准的不确定度数最小, 且最靠近中心值^[11]。

通过上述补充阅读, 学生不仅能加深对物理化学中基本概念的理解, 同时通过阅读电压基准的发展历程, 以及我国在电压基准领域的贡献, 了解我国在电压基准技术方面的强大实力, 也突显了中国科学家在国际科技领域的重要地位, 激发了学生的国家荣誉感。

4.3 对消法原理

知识点讲解: 针对下述问题进行分析讲解, 电动势难以用伏特计准确测量的原因是什么? 为什么要用对消法测定电动势? 如何测定? 并由此引申出实验课程中所用电位差计的测量原理和方法。

拓展学习: 电动势测量是电化学中一项关键技术。通过提供阅读资料或自行查阅文献, 要求学生在实验报告中总结分析当前常用的电动势测量技术和方法^[12,13]。

在电动势测量技术中, 有两组不同的方法, 一组依赖于零电流实验, 即松弛、外壳脉冲电流实验和恒电流间歇滴定技术(GITT), 另一组依赖于(恒定)电流负载下的实验, 包括插值、外推到零电流和直接采用充电或放电曲线^[12,13]。其中基于弛豫的GITT是一种先对电池施加一段时间的恒定电流, 然后再等待电池电压松弛到稳态值。由于GITT结合了恒电流充放电和电压松弛, 故能够提供关于电池电动势和动力学的综合信息。但是该方法需要较长的时间, 除了需要对电池进行充电或放电外, 还要将电池松弛到零电流, 以达到平衡电压; 所以长时间的实验检测容易受电池自放电的影响。基于电流的方法是给电池一个或多个恒定电流进行充电和/或放电, 随后测定电池在整个工作范围内的电压, 获得平滑的曲线, 再将测量的曲线插值或外推到零电流得到电动势。该方法实验时间较短, 但后续处理相对比较复杂。同时还会受低电流的信噪比差、大电流的非等温行为等影响。

不过在实际的电池性能测试中, 通常研究电池在充放电情况下电极的动力学行为, 比较常用的方法为循环伏安法和电化学阻抗谱^[14]。循环伏安法是通过控制电极电势在两个极限值之间以三角波形反复扫描, 并记录电流-电势曲线。这种方法的独特之处在于其能够提供电极反应的全面信息, 包括反应的可逆性、中间体的形成和反应机理。对于一个新的电化学体系, 首选的研究方法往往就是循环伏安法, 故称之为“电化学的谱图”。电化学阻抗谱是通过测量电化学系统在不同频率下的阻抗来了解电极过程的动力学和电化学界面的性质, 能够提供电化学系统的复杂动力学和界面特性, 分析和理解电极反应的速率控制步骤。图2为科研上开展电池性能测量技术的常用仪器——电化学工作站。它将恒电位仪、恒电流仪和电化学交流阻抗分析仪进行有机的结合, 既能检测电池电压、电流、容量等基本参数, 又能检测体现电池反应机理的交流阻抗参数, 从而完成对多种状态下电池参数的跟踪和分析。

通过查阅并总结分析这些技术和方法, 学生不仅能够深入理解电化学原理, 还能够将这些知识应用于以后的科学研究和技术开发中, 教育学生碰到实际问题时如何选择有效的解决方法, 从而为电化学和相关领域的发展做出贡献。

人文历史: 引入我国第一台电化学综合测试仪研制者田昭武院士的事迹。田昭武院士是我国现代电化学创始人和推动者之一, 他认准目标、迎难而上、敢为人先、不懈探索, 做出了学术界公认的富有特色、国际一流的业绩。田昭武院士领导厦大电化学团队在极端困难的条件下仍然坚持开展电化学能源、电化学腐蚀等研究, 并设计和推广了多种电化学技术和仪器, 包括DHZ-1型电化学综合测试仪、DD-1型电镀参数测试仪、WF-II型微区电位电流密度分布测试仪等十五台富有特色的电化学仪器, 并实现技术转化进行批量生产; 其中“DHZ-1型电化学综合测试仪”是我国第一台比较

大型、综合性强、集成电路化的电化学综合测试仪(图3), 其零件全部采用国产材料, 改变了当时我国电化学仪器主要依靠进口的历史^[15]。通过上述人文历史的介绍向学生传达老一辈科学家“忠于科技、为国献身”的科研态度, 以及所学技能在服务社会、解决实际问题中的作用, 激发学生运用所学知识为社会作贡献的意识, 培养学生的社会责任感和国家使命感。



图2 多通道电化学工作站

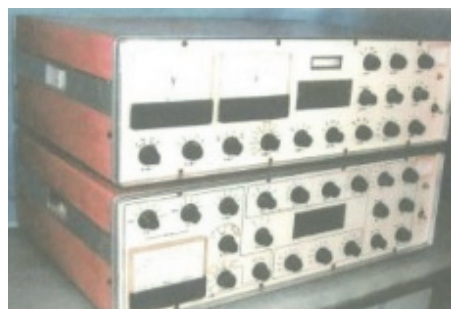


图3 DHZ-1型电化学综合测试仪

4.4 原电池设计

知识点讲解: 以学生为主体, 针对常见的化学反应, 让他们设计成电池, 如反应: $\text{Zn(s)} + 2\text{Fe(CN)}_6^{3-} \rightarrow 2\text{Fe(CN)}_6^{4-} + \text{Zn}^{2+}$, $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}$ 等, 写出相应的电极反应和电池图式, 并说明使用盐桥的原因以及盐桥中所使用电解质需要满足的条件, 分析讨论不同电池体系需要采用何种对应的盐桥。

拓展学习: 建议课后学有余力的同学可查阅当前热门电池研究体系, 如锂离子电池、锂硫电池、锂-空气电池、钠离子电池、燃料电池等, 开阔视野, 了解各个热门电池体系的结构以及它们的特性, 尝试写出相应的电池反应。电动势测定实验能帮助学生理解这些电池的工作原理, 了解如何通过电化学方法高效利用资源, 从而减少对化石燃料的依赖, 增强学生对环保和可持续发展的认识, 培养其对社会和环境保护的责任感。

4.5 实验操作、数据处理分析

知识点讲解: 针对下述问题进行分析讲解, 如何准备盐桥? Pt电极如何除去表面杂质? Zn电极如何进行表面汞齐化? 如何进行原电池的组装? 电位差计如何使用?

实验改进: 目前的电位差计基本都是暗箱式操作, 学生虽然可以通过教师PPT讲解了解电动势的测量原理, 但这种方式明显不够直观。因此, 在实验过程中, 除了电位差计, 我们还为学生提供了测定电动势需要的相关电子部件, 包括工作电源、均匀滑线变阻器、韦斯顿标准电池、电键以及导线等, 学生可自组装测量回路, 直观了解对消法的原理。同时比较自组装测量装置与商业电位差计两组实验数据的差别, 分析各自的误差来源以及两者的优劣性。

实验过程注意事项: 物理化学实验是一门严格定量的实验科学, 任何一个细节都会导致实验误差的产生, 甚至实验失败, 要求学生有足够的耐心与细心以及严谨的科学态度。实验过程中需要注意: (1) 盐桥制备中U型管内不得有气泡或空隙; (2) 电极处理时, 锌电极要先打磨(要轻, 勿拧断), 汞齐化后用蒸馏水洗净并用滤纸擦干, 且滤纸要回收, 以免污染; 同时向学生强调环境保护的重要性, 培养绿色环保意识; (3) 铂电极用王水处理几秒即可, 用蒸馏水洗净后再用滤纸擦干; (4) 电动势测量时, 每次测量电动势前都要对工作电流进行标准化, 且调节工作电流或测定未知电动势时, 旋钮开关要由粗到细, 严格按照操作规程进行操作, 培养学生严谨的态度和科学精神。

数据处理分析: 记录实验过程中收集到的所有原始数据, 并确保数据的完整性和准确性。对于遗漏或异常值, 需进行必要的纠正或重复实验以获取可靠数据。对待每一次实验结果都要进行严格分析, 并强调科学研究的真实性和严谨性。对实验结果进行误差分析, 包括仪器精度、操作过程、

温度控制等，并估计它们对最终结果的影响，强调精确度对于科研的重要性。将实验结果与理论值或文献值进行比较，分析可能导致差异的原因。讨论实验结果的意义，讨论温度变化如何影响反应的热力学性质和平衡常数。提出可能的改进措施，以优化实验设计、减少误差源或进一步验证和扩展研究结果。通过上述步骤，以期学生不仅能学习和掌握数据处理和分析的基本方法，而且可以深入理解热力学概念在实际化学过程中的应用，培养科学思维和解决问题的能力。

4.6 课后拓展学习、讨论

在慕课平台发布与新能源相关的材料和视频，让学生阅读和观看，鼓励学生立足实验，了解前沿科研动态，比如固态电池技术、氢能源技术、第三代光伏技术、人工光合作用等。

针对新能源主题，教师可以设置以下讨论性问题，激发学生思考和讨论，比如：

- (1) 新能源技术的发展和推广面临哪些技术挑战和市场壁垒？
- (2) 如何平衡新能源发展与环境保护之间的关系？新能源开发是否可能对环境造成新的威胁？
- (3) 新能源汽车在未来交通中将扮演怎样的角色？对传统汽车产业又意味着怎样的改变？
- (4) 在能源全球化的今天，中国应如何定位自己在全球新能源领域的角色？
- (5) 能源存储技术的突破将给新能源发展带来怎样的影响？

通过上述线上资料的阅读和讨论，引导学生关注与国家战略和经济相关的能源问题，培养学生“忠于科技、为国献身”的卢嘉锡精神；同时通过前沿科研动态的学习和讨论，为后续实验和科研打下基础，实现“创新至上，与时俱进”的教学目的。

4.7 思政效果考核

为了检测学生能否达成相应的思政目标，我们针对重要的思政元素设置了考核方式和相应的考核标准，具体情况见表2。

表2 思政目标达成度的考核建议

思政教学目标	考核方式	考核标准
追求创新，与时俱进	实验过程讨论，课后通过查阅文献并在实验报告中总结分析，参与线上讨论或设置调查问卷	能够了解电池发展的现状，能够了解国内外的电压基准以及未来发展的方向，了解现代化的电化学测量技术和方法，了解新能源技术的发展情况
忠于科技、为国献身的家国情怀以及责任担当意识	课堂讨论、师生交流或个别访谈	能够对老一辈科学家在艰苦条件下开展科学研究并取得的杰出贡献产生共鸣；能够表现出积极向上的人生态度
分析和解决实际问题的综合能力、安全意识、环保意识等	实验过程评分和实验报告的总结分析	能够细致规范地进行操作，合理地处理废液，能够对实验设计提出建设性的意见，并对实验结果进行合理的分析和总结

5 教学效果及反思

通过上述教学实践活动，学生不仅可学会如何设计对消电路来精确测定原电池的电动势，并能够运用这一数据计算相关热力学函数的变化，更在实践中理解和掌握了电化学的重要原理和方法，加深学生对理论知识的理解和对实际应用能力的提升。

更为重要的是，本次实验教学不仅是一次科学技能的训练，更是一次深刻的思政教育。在教学过程中，我们引入了与国家能源战略、环境保护密切相关的实际问题，让学生们明白了化学科学技术在国家发展中的重要作用，由此提升他们的创新能力，增强他们的社会责任感。通过讲述老一辈科学家坚持不懈的科研精神和故事，激发学生们的爱国情感和科研热情，也帮助学生树立正确的世界观、人生观和价值观。

课程思政的融入是一个需要长期坚持和不断完善的系统工程。作为教师，我们意识到在未来的教学中，还需要更多地思考如何将思政教育更自然地融入专业学习，使之既不显得突兀，又能深入学生心灵，真正实现理论教育和思想政治教育的有机结合。这不仅是提高教学质量的关键，也是培养德才兼备、具有社会责任感高素质人才的重要路径。后续我们将继续努力，探索更有效的方法，为学生提供更为丰富、更有深度的学习体验。

参 考 文 献

- [1] 教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知. [2023-11-13].
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/06/content_5517606.htm?eqid=d916c495000758c60000000364609916
- [2] 卢嘉锡的三重身份：“谋忠”“创新”“掖后”. [2023-11-10].
https://www.chinastory.cn/PCzwdbk/detail_v2/20200507/1006000000039761588838026523730925_1.html
- [3] 韩国彬, 陈良坦, 李海燕、袁汝明. 物理化学实验. 厦门: 厦门大学出版社, 2010: 103–113.
- [4] 亚历山德罗·伏特. [2023-11-13].
https://baike.baidu.com/item/%E4%BA%9A%E5%8E%86%E5%B1%B1%E5%BE%B7%E7%BD%97%C2%B7%E4%BC%8F%E7%89%B9?fromtitle=%E4%BC%8F%E6%89%93&fromid=2190963&fromModule=lemma_search-box
- [5] 15 Fascinating Facts About Daniell Cell. [2023-11-13]. <https://facts.net/science/chemistry/15-fascinating-facts-about-daniell-cell/>
- [6] Goodenough, J. B.; Park, K. S. *J. Am. Chem. Soc.* **2013**, *135* (4), 1167.
- [7] 李红晖, 王曾敏, 徐晴, 田正其, 段梅梅, 王磊. 计量学报, **2023**, *44* (10), 1564.
- [8] 李荻. 电化学原理. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008: 24–55.
- [9] 王保帅, 麻滨麒, 肖勇, 胡珊珊, 宋宏天, 刘小虎, 赵伟, 李世松. 中国电机工程学报, **2024**, in press. [2024-01-30].
<https://link.cnki.net/urlid/11.2107.TM.20231215.1539.002>
- [10] Hamilton, C. A. *Rev. Sci. Instrum.* **2000**, *71* (10), 3611.
- [11] 院士名单, 高洁. 中国工程院. [2019-06-04]. https://baike.baidu.com/reference/8907932/533aYdO6cr3_z3kATKDan_mjYXrBY9-v67PbVbdzzqIP0XOpX5nyFIsz5Zk88LhkFQ6EulxvbJkY1-GkFRgasr5TbukzRbEnmHD5TWuGIOI
- [12] Hoekstra, F. S. J.; Raijmakers, L. H. J.; Donkers, M. C. F.; Bergveld, H. J. *J. Energy Storage* **2022**, *56*, 105910.
- [13] Petzl, M.; Danzer, M. A. *IEEE Trans. Energy Convers.* **2013**, *28* (3), 675.
- [14] 谢德明, 童少平, 曹江林. 应用电化学基础. 北京: 化学工业出版社, 2013: 211–222.
- [15] 吴清玉, 吴奕纯. 电化学, **2011**, *17* (1), 1.