

## 基于“翻转课堂”的Nernst方程的教学设计

蒋海英, 郭慧林\*, 程永亮, 徐同玉, 刘季铨, 彭明丽

西北大学化学与材料科学学院, 西安 710127

**摘要:** 为应对日益严峻的国际竞争形势和国家对尖端人才的需求, 西北大学物理化学教学团队从教学内容(融入课程思政元素)和教学模式(翻转课堂)两方面进行改革创新, 激发学生的求知欲, 调动学生学习的积极性和主动性, 培养学生的综合学习能力, 提高人才培养质量。本论文以“Nernst方程”的教学为例, 建立了以教师启发为引导、以学生为中心的“翻转课堂”教学模式。通过开展小组讨论, 在探究过程中提升学生研究学习和交流合作的能力, 培养学生的创新能力和思辨能力, 增进学生的民族自信心和社会责任感。

**关键词:** 物理化学; 一流课程; 思政建设; 翻转课堂; Nernst方程

**中图分类号:** G64; O646

## Teaching Design of the Nernst Equation Based on the “Flipped Classroom” Method

Haiying Jiang, Huilin Guo\*, Yongliang Cheng, Tongyu Xu, Jiquan Liu, Mingli Peng

College of Chemistry and Materials Science, Northwest University, Xi'an 710127, China.

**Abstract:** To address the increasingly fierce international competition and the demand for top-notch talent, the physics and chemistry teaching team at Northwest University has implemented innovative reforms in both teaching content (integrating ideological and political elements into the curriculum) and teaching mode (flipped classroom). This aims to stimulate students' curiosity, motivation, and proactivity in learning, foster their comprehensive learning abilities, and enhance the quality of talent development. This paper presents a teaching model for the Nernst Equation, employing a “flipped classroom” approach that centers around students and is guided by teachers' inspiration. Through group discussions and inquiry-based learning, students' research, communication, collaboration skills, as well as their innovative and critical thinking abilities, are cultivated, fostering a sense of national confidence and social responsibility.

**Key Words:** Physical chemistry; First-class curriculum; Ideological and political construction; Flipped classroom; Nernst equation

自党的十八大以来, 习近平总书记高度重视关键核心技术创新攻关, 突破“卡脖子”技术刻不容缓。为适应新时代对人才需求的多样化, 落实我校化材学院3个国家一流专业和化学学科拔尖人才2.0培养目标, 团队教师以“两性一度”为切入口<sup>[1]</sup>, 从教学理念、教学方法到教学内容进行全面改进提升, 以满足一流课程“两性一度”的新要求。本课程分两个学期开设, 由主讲课(54学时/学期)和辅导课(36学时/学期)一起推动并完成课程教学内容和目标达成。经过多年教学经验的总结, 团队总结出一套将课程思政融入教学设计的教学方法。本论文以“Nernst方程”的教学设计为例, 基于

收稿: 2023-12-26; 录用: 2024-02-27; 网络发表: 2024-03-19

\*通讯作者, Email: hlguo@nwu.edu.cn

基金资助: 2019年陕西省线下一流本科课程建设项目(物理化学); 西北大学本科人才培养建设项目(XM05232428, XM05222079, XM05232381)

“翻转课堂”的教学模式，采取“以学生为主体、教师为主导”的教学方式，实现集知识传授、价值塑造和能力培养的多元统一教学模式，培养学生“热爱学习、主动学习、深入学习”的能力。

## 1 教学目标

### 1.1 素质(思政育人)目标

- (1) 通过介绍Nernst在青年时期的求学经历，了解科学的传承与发展精神。
- (2) 通过了解Nernst方程对化学学科发展的重要贡献和对电化学发展的限制这一对矛盾的探讨与反思，认识事物的两面性，树立辩证唯物主义和历史唯物主义的世界观。

### 1.2 知识目标

- (1) 能够推导Nernst方程并说明其使用条件和重要应用。
- (2) 能够应用Nernst方程解决相关的电化学问题。

### 1.3 能力目标

通过“翻转课堂”模式的教学培养学生的研究学习能力、逻辑思维能力，交流合作能力、演讲展示能力和反思总结能力。

## 2 教学内容分析

能斯特(Nernst)方程是由德国物理化学家Walther Hermann Nernst于1889年提出的，用于描述可逆电池电动势与参加电池反应各物质的性质、浓度、温度等之间的定量关系，它实际上反映了化学能与电动势(或电极电势)之间的关系，是电池热力学的基础。Nernst方程对现代电化学技术具有极大的推动作用，主要体现在电解与电镀、化学电源、金属防腐和电化学分析等领域，并拓展至生物化学、材料化学等领域。然而，目前物理化学教材中关于Nernst方程的内容较为简单，且没有明确指出Nernst方程的使用条件，造成学生在公式使用时容易产生错误的认识。这就要求我们在教学时进行合理设计，从而让学生充分理解并熟练运用Nernst方程<sup>[2]</sup>。

## 3 学情分析

学生在学习《物理化学》上册的热力学基本定律时，已经了解到Nernst在化学热力学发展中的贡献。他提出的热定理，被运用发展为热力学第三定律，解决了平衡常数计算等工业生产的难题，其现实意义深远，并因此获得了1920年的诺贝尔化学奖。除此之外，Nernst在电化学领域也有重要建树，他提出的Nernst方程是可逆电池热力学的基本方程，也是电化学分析的理论基础。学生在前期课程(无机化学和分析化学)中已经对Nernst方程有所了解，但是对Nernst方程的提出与发展、物理意义、推导方法、使用条件及应用等并不了解，这也是学生在本节课中要学习的重要内容。

## 4 教学方法

在教学过程中，我们注重培养学生“热爱学习、主动学习、深入学习”的能力，采取“教师为主导、以学生为主体”的教学方式，实现集知识传授、价值观塑造和能力培养的多元统一教学模式。课程教学采取主讲课与辅导课相结合，以“翻转课堂”为基本教学模式，增强教师在教学过程的主导性，提高学生在课堂中的主动性和参与度，最大程度地提升教学效果。具体采取教师引导、组织学生分组学习与讨论，公开陈述讨论结果与观点，教师总结和点评的“翻转课堂”教学模式。

## 5 教学过程

### 5.1 教学活动设计

采用翻转课堂的教学模式，通过引导、启发式教学，以教师为主导，学生为主体进行Nernst方程的教学。教学活动流程如图1所示：① 问题导入→② 引导学生推导Nernst方程→③ 组织学生分组

讨论(Nernst方程的使用条件、Nernst方程的实际应用)→④ 总结点评→⑤ 学习成果巩固(辅导课: 设置选择题题目, 通过“雨课堂”作答)→⑥ 知识拓展(课后: 了解Nernst方程的其他推导方法)→⑦ 学习效果分析(课后)。

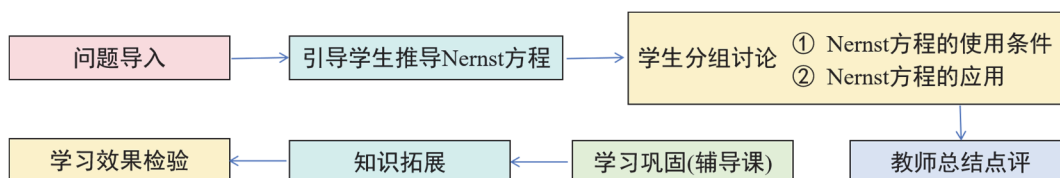


图1 教学活动设计流程图

## 5.2 具体实施流程

### 5.2.1 问题导入

化学电源, 如燃料电池、蓄电池等, 在人们的日常生活中占据重要的地位, 其在放电过程中对外输出电能的同时, 电池内部也必然要发生化学反应。那么, 可逆电池电动势与参加电池反应的各物质之间存在什么样的联系? 这就是Nernst方程。

### 5.2.2 Nernst方程的推导

(1) 回顾前节课学过的内容: 联系电化学与热力学的桥梁公式,  $(\Delta_r G_m)_{T,p} = -nFE$ , 即等温等压可逆条件下电池反应的Gibbs自由能的减少 $\Delta G$ 等于电池可逆放电所做的最大电功 $-nFE$ 。

(2) 引导学生复习化学反应等温方程式, 即在等温等压条件下, 有一巨大的可逆电池放出 $n \text{ mol } e^-$ 的电量时, 电池内发生反应进度为 $1 \text{ mol}$ 的化学反应, 即 $\sum_i \nu_i \mu_i = 0$ 。将化学势的定义 $\mu_i = \mu_i^\ominus + RT \ln a_i$ 代入, 即可得到相应的化学反应等温方程式 $\Delta_r G_m = \Delta_r G_m^\ominus + RT \ln \prod_i a_i^{\nu_i}$ 。可以看出, 化学反应等温方程式的物理意义就是在化学反应过程的Gibbs自由能的减少 $\Delta G$ 与参加反应的各物质 $i$ 的活度 $a_i$ 之间建立了关系(图2)。

(3) 在(1)和(2)之间建立联系, 引导学生推导出Nernst方程。学习Nernst方程的物理意义。

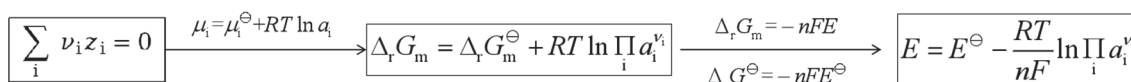


图2 基于化学反应等温方程式的Nernst方程的推导

(4) 教师对Nernst的重要求学经历(图3)、Nernst方程及其科学背景、提出与发展作简要介绍。通过介绍Nernst方程的提出与发展(范霍夫方程、 $(\Delta_r G_m)_{T,p} = -nFE$ 公式、Nernst研究扩散电势的经验), 指出Nernst对学科发展、科学发展和社会发展的重要贡献。(思政元素: 科学的传承与发展精神<sup>[3]</sup>)

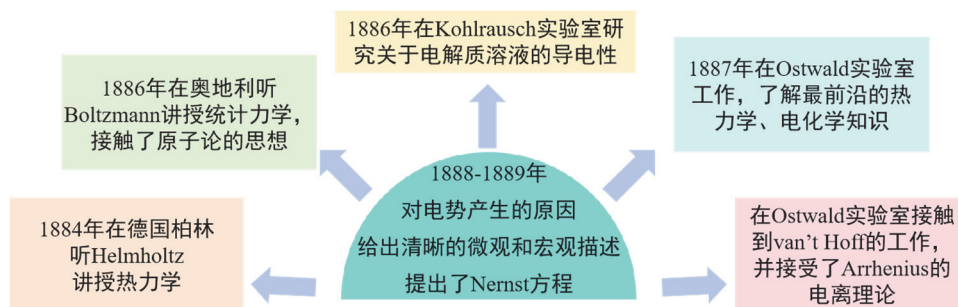


图3 Nernst的重要求学经历

### 5.2.3 分组讨论

讨论(1): 教师引导学生根据Nernst方程的推导过程进行分组讨论, 提出Nernst方程的使用条件, 并指定一名学生代表进行陈述。(培养目标: 锻炼学生的交流讨论、总结归纳和表达能力)

讨论(2)(辅导课完成): 教师引导学生查阅Nernst方程应用的相关资料, 每组学生至少提出Nernst方程的一种应用<sup>[4-6]</sup>, 并指定一名学生代表详细解释其原理。(培养目标: 锻炼学生查阅资料和深入学习的能力)

Nernst方程应用举例: 电分析化学中的电势滴定, 即通过电势法指示滴定终点, 其基本原理就是基于Nernst方程。在酸碱、氧化还原、络合、沉淀滴等定过程中, 被滴定溶液中某种离子的浓度随滴定液的加入而变化, 且在终点前后发生几个数量级的剧烈变化。若在滴定容器内浸入一个对该离子可逆的指示电极和另一参比电极组成电池(图4A), 则只要测定电池电动势随滴定液加入量的变化, 就可以知道离子浓度的变化从而确定滴定终点(图4B)。

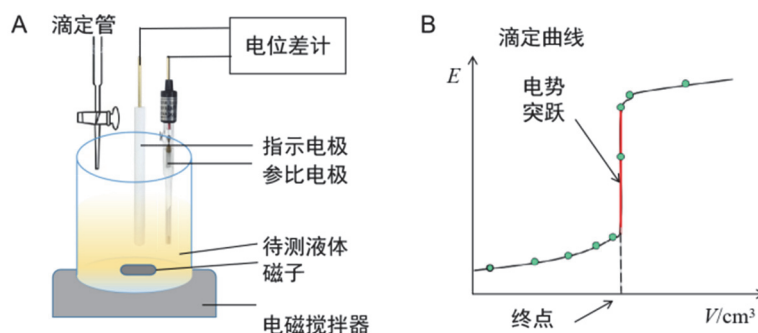


图4 电势滴定原理

### 5.2.4 总结与点评

教师对Nernst方程的使用条件、物理意义及应用进行归纳总结和补充讲解。(思政元素: 使学生了解Nernst方程对化学学科发展的重要贡献<sup>[7,8]</sup>和对电化学发展的限制<sup>[9]</sup>, 培养学生的思辨精神和能力)

Nernst方程描述了可逆电池电动势与参加电池反应的所有物质的性质、浓度、温度等之间的定量关系。在使用Nernst方程时需要注意:

(1)  $E^\ominus$ 为参加电池反应的所有物质均处于各自标准态时的电动势, 反映了电化学体系自身的性质, 与各物质的实际状态无关。 $E^\ominus$ 仅是温度的函数, 因此在使用上述公式时,  $E$ 与 $E^\ominus$ 应处于同一温度下。298.15 K和 $p^\ominus$ 下, 水溶液中一些电极的标准电极电势 $\varphi^\ominus$ 可以通过查表获得。

(2) 严格意义讲, 该公式只适用于计算电化学平衡时可逆电极电势(或电池电动势)。因为当有电流通过电极时, 电极表面双电层电荷分布会受到影响或发生改变, 还会表现出由于在金属/溶液表面的电荷转移所需的活化能垒带来的超电势, 以及电阻损耗等其他因素的影响, 使电极电势偏离其可逆电极电势, 这时则不能使用Nernst方程。当然有一种特殊情况, 就是电流通过电极时, 如果在金属/溶液表面的电荷转移速率足够快(如扩散步骤作为控制步骤), 也即在动力学上电荷转移步骤能够近似满足电化学平衡条件, Nernst方程也可以使用。

### 5.2.5 学习巩固(辅导课完成)

(1) 课程总结。

① Nernst方程的使用条件是什么? 使用Nernst方程时需要注意什么?

② 总结Nernst方程的应用及其基本原理。

(2) 针对Nernst方程的物理意义、使用条件和具体应用案例的计算等知识点设置一些选择题来考查学生对所学知识的掌握程度, 学生通过“雨课堂”进行作答。教师可根据作答情况了解学生的学

习情况，并对其中的难点进行再次讲解和强调。

### (3) 开放性讨论题(选择讨论)。

通过对开放性题目的讨论，锻炼学生深入思考和学习的能力，使学生更加深入地理解Nernst方程的原理、应用及其对理论发展和实际生产的重要意义。

① 在酸性和碱性溶液中电解水析氢电极反应有所不同，对应的标准电极电势也不同，请分析 $\varphi^\ominus(\text{H}^+|\text{H}_2(\text{g})|\text{Pt}(\text{s}))$ 与 $\varphi^\ominus(\text{OH}^-|\text{H}_2(\text{g})|\text{Pt}(\text{s}))$ 之间的关系。

② 试分析氢氧燃料电池中溶液pH和气压分压对电极电势的影响，并画出相应的电势-pH图。

③ 仿金镀层是一种的装饰性镀层，其主要成分是Cu和Zn。然而，由于 $\varphi^\ominus(\text{Cu}(\text{s})|\text{Cu}^{2+}) = 0.337 \text{ V}$ 与 $\varphi^\ominus(\text{Zn}(\text{s})|\text{Zn}^{2+}) = -0.762 \text{ V}$ 相差甚远，因此很难通过电沉积的方法从它们的简单离子水溶液中共沉积获得Cu-Zn合金。请查阅相关资料说明如何才能实现Cu-Zn合金的共沉积。

④ 电动势是衡量电池做功本领的物理量，是描述电池性能的重要指标之一。请查阅相关资料比较锂离子电池、铅酸电池、碱性锌锰电池、氢氧燃料等电池的组成、电池反应及电动势的大小，并从电极电势角度分析电池正负极材料的选择依据。

### 5.2.6 知识拓展(课后)

阅读课外资料，了解Nernst方程的另外两种推导方法，即基于化学势和统计热力学的推导方法。

### 5.2.7 学习效果分析

#### (1) 知识目标达成度分析。

根据2021级普通班1班、2班学生在课堂上使用雨课堂答题的情况进行分析，得出本节课知识目标的达成度。总共20道题目，其中，涉及设计课程目标一的题目有12道，涉及课程目标二的题目有8道。具体计算方式如下：分数 =  $\Sigma(a_1 \times a_2)$ ， $a_1$ 为答题人数占班级总人数的比例， $a_2$ 为答题人数中答题正确的比例。本节课的评定成绩计算方式为：(课程目标一平均成绩 + 课程目标二平均成绩)  $\times$  50%。

计算结果如图5所示，其中1班的课程目标一平均成绩为81.9，课程目标二平均成绩为74.3，评定成绩为78.1；2班的课程目标一平均成绩为84.2，课程目标二平均成绩为75.2，评定成绩为79.7。该课程的评定成绩超过70分，认为达到了课程目标要求。根据学生成绩的分布情况分析，总体表现良好，评定成绩高于期望值。

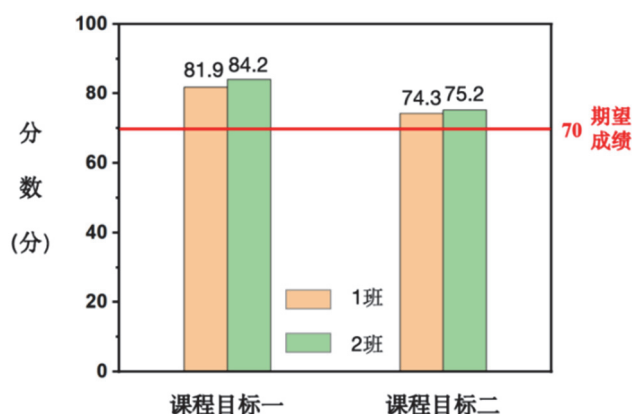


图5 课程知识目标达成度分析

#### (2) 素质目标 and 能力目标达成度分析(课后调查，学生反馈自己在本节课的收获)。

学生1：在先前的无机化学及分析化学的学习过程中，我们已经初步了解了Nernst方程的形式，并会使用它做一些基本的电势能运算。通过本节课对Nernst方程的提出背景、推导过程以及具体的应用条件等的学习，我们不仅巩固了先前对于Nernst方程的初步了解，同时学会了运用化学热力学

知识, 推导电化学的公式。一定程度上提高了我们对于Nernst方程的了解及运用, 更锻炼了我们的总结和反思的能力。

学生2: 相较于传统讲授式课堂, “翻转课堂”模式更侧重学生与老师、学生与学生之间的互动交流, 师-生、生-生互动性更强; “翻转课堂”模式更注重让学生去思考, 使学生思维更加活跃, 同学上课也更加专注, 能主动学习交流, 深入体验研究学习的过程。

## 6 思政理念分析

教师引导学生在阅读课外资料(已提前上传至班级QQ群)的基础上, 了解基于电化学势和统计热力学的Nernst方程的推导方法, 深入挖掘Nernst方程背后的科学遗产(从历史发展角度看, 无疑得益于当时热力学和电化学的发展; 从社会发展的角度看, 得益于当时德国学术自由精神的倡导; 从学科发展的角度看, 则体现了科学的传承与发展精神; 从科学家的角度看, 无疑也是Nernst科学洞察力和思想创造力的表现。然而, 当时人们过于依赖Nernst方程所描述的电池过程热力学, 使得电极过程动力学的研究长期得不到重视, 延迟了电化学学科的发展<sup>[2]</sup>), 并鼓励学生参与建设一个与Nernst方程相关的课程思政资源库(如对化学电源的影响、诺贝尔奖等)。

## 7 教学反思

在教学过程中, 我们经过长期的观察和总结, 就课程内容学习而言, 存在如下问题: 学生的水平参差不齐, 对于Nernst方程的推导这个环节, 不是所有同学都能充分理解并完成任务。因此, 我们认为在这个环节中, 可以针对不同水平的学生提出不同的要求。如对于普通班的学生, 还是应该以教师讲解为主, 但是在讲解的过程中, 针对两个关键点(如化学反应的等温方程式、电化学与热力学的桥梁公式)进行提问; 对于基地班的同学, 则可以事先指出公式推导的关键点, 让学生自行讨论; 对于拔尖班的学生, 可以引导学生学习并讲解Nernst方程的其他推导方法。

就教学活动的设计和实施情况而言, 存在如下问题: (1) 在分组讨论的过程中, 学生虽有强烈的交流意愿, 但往往不得法, 不知道要交流什么、怎样交流。这就对教师的组织和引导能力提出了更高的要求, 如教师布置任务时主题要明确、具体, 不可太过宽泛, 否则学生的讨论容易偏离主题, 无法凝聚到一点上; 此外, 教师要现场给学生提供可供参考的资料和可行的讨论方法, 确保讨论能顺利开展和进行, 保证讨论的效果; (2) 学生上台讲解的欲望不强烈, 或者说有些同学虽然讨论得很清楚了, 但是不好意思上台。这就需要我们的教师想办法调动学生的积极性, 如在最开始的时候可以指定同学上台讲解, 不过分苛责学生, 形成轻松的氛围; 引入合适的考评机制, 对于讲解效果进行分等级打分, 原则上鼓励学生主动上台, 养成良好的习惯。长此以往, 学生大多能够克服最初的羞涩感, 并积极主动上台进行讲解。

## 8 教学总结

本教学团队深入挖掘出Nernst的求学经历、Nernst方程提出的科学背景与发展过程, 以及Nernst方程背后的科学遗产等思政元素, 将思政元素与专业知识的有机融合。我们采取以教师为主导、学生为主体的“翻转课堂”教学模式, 引导学生在学习课程知识点的同时, 认识到科学的传承与发展 and 事物发展的两面性, 培养学生敏锐的洞察力、思想的创造力和科学思辨精神。

## 参 考 文 献

- [1] 张树永, 刁国旺, 侯文华. 大学化学, 2019, 34 (11), 74.
- [2] 郭慧林, 程永亮, 蒋海英. 大学化学, 2023, 38 (8), 293.

- [3] 廖斯达, 贾志军, 马洪运, 吴旭冉, 王保国. 储能科学与技术, **2013**, 1 (2), 63.
- [4] 印永嘉, 奚正楷, 张树永. 物理化学简明教程. 第4版. 北京: 高等教育出版社, 2007: 243.
- [5] 朱文涛. 基础物理化学(下册). 北京: 清华大学出版社, 2011: 46-48, 63-64.
- [6] 彭笑刚. 物理化学讲义. 北京: 高等教育出版社, 2012: 53-61, 487-498.
- [7] 祁天杰, 尹晓冬. 科学文化评论, **2020**, 17 (4), 87.
- [8] 赵玉杰, 杨谦, 王洪见. 大学物理, **2014**, 33 (1), 51.
- [9] 朱裕贞. 化学原理史实. 北京: 高等教育出版社, 1992: 176-179.