

doi:10.3969/j.issn.1671-9247.2018.01.025

# 线性关系在物理化学教学中的应用

伊廷锋, 朱彦荣, 周安娜, 叶明富, 诸荣孙  
(安徽工业大学 化学与化工学院, 安徽 马鞍山 243002)

**摘要:**在物理化学的教学过程中,注重公式推导的线性化关系,可以对物理化学教学和物理化学公式的记忆带来极大的便利。我们针对物理化学教材中常见的线性化的公式,结合科研在教学思想、教学内容和方法等方面有意识地进行一些探索与实践,激发了学生的学习兴趣,培养了学生的发散思维能力和创新能力。

**关键词:**物理化学;线性化;教学

**中图分类号:**G642

**文献标识码:**A

**文章编号:**1671-9247(2018)01-0081-02

## Application of Linear Relationship in Physical Chemistry Teaching

YI Ting-feng, ZHU Yan-rong, ZHOU An-na, YE Ming-fu, ZHU Rong-sun

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243002, Anhui, China)

**Abstract:** In the teaching process of physical chemistry, the linear relationship of formula deduction should be emphasized, which can bring great convenience to the teaching of physical chemistry and the memory of physical chemistry formula. In view of the linearization formulas commonly used in physical chemistry textbooks, some conscious exploration and practice should be made in teaching ideas, teaching contents and teaching methods combine with scientific research. Through the teaching methods above, students' interest in learning is stimulated; meanwhile, their divergent thinking ability and innovative ability are cultivated.

**Key words:** physical chemistry; linearization; teaching

物理化学课程是化学化工、材料科学与工程、冶金工程、制药工程、化学生物学、生物工程等相关专业的必修课,是一门重要的专业基础理论课程。物理化学是一门理论性和逻辑性很强的学科,涉及的公式比较抽象、特别多而且难以记忆<sup>[1-2]</sup>。此外,即使是同一个函数,如果条件不同,所应用的求值公式亦不相同,表现出了严格的应用条件,是大多数学生感觉较难的一门课程,也是挂科率较高的一门课程。因此,如何对物理化学的公式进行系统的分析,找出公式与应用条件间的关系,探求其变化的规律和本质,是每一位物理化学学习者必须掌握的基本功。

尽管物理化学课程中公式繁多,但不同公式之间却有很多的相似性。因此,探求不同公式之间的相似性与内在联系,可以最大限度地提高对公式的记忆,是提高物理化学学习兴趣和教学水平的重要方法。线性化的函数关系可以很方便地通过作图求出直线的斜率和截距,进而求出所需要的物理量数值,并可以通过公式之间的相似性,提高了对物理化学公式的理解与记忆。因此,在物理化学的教学过程中,注重公式的推导的线性化关系,尽可能地对所有公式进行线性化处理,从而给物理化学教学和物理化学公式的记忆带来极大的便利<sup>[3]</sup>。如果能将这种思想传授给学生,使其能熟练应用到物理化学学习以及未来的科学研究中,无疑会对生物物理化学成绩的提高、处理实验数据的能力以及科研素养的提高大有好处。本文通过总结笔者在物理化学教学过程中的经验,针对物理化学教材中常见的线性化的公式,结合科研在教学思想、教学内容和

方法等方面有意识地进行了一些探索与实践,以期对物理化学的教学有所帮助。

### 一、阿伦尼乌斯活化能

电化学是物理化学的一个重要分支,是最具有应用性的一个分支学科,具有科学性和先进性强的鲜明特点,与化学热力学和化学动力学有着密切的联系。一般的教学往往注意到了电化学与热力学之间的紧密联系,并专门讲述原电池热力学。但是,物理化学教学应该增加反映现代科学技术、体现现代科学发展水平、反映学科的专业特点和学术水平的教学内容<sup>[4]</sup>。因此,在电化学这一章的教学时,在教学内容上不但要体现热力学基本原理在电化学理论中的应用,更要突出动力学原理在电化学中的应用,将理论电化学转向应用电化学,这有助于提高学生的学习兴趣<sup>[5]</sup>。物理化学中定义,活化能是全部活化分子的平均能量与全部反应物分子平均能量之差<sup>[6]</sup>,反应速率是由活化能垒决定的,是化学反应动力学中的重要参量<sup>[7]</sup>。众所周知,阿伦尼乌斯方程的线性化关系式为:

$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \frac{1}{T} + \ln A \quad (1)$$

显然  $\ln k$  与  $1/T$  成线性化关系,通过斜率可以求出活化能  $E_a$ 。自 1990 年锂离子电池问世以来,由于其具有电压高、循环稳定性好、寿命长、无记忆效应等优点,近年来获得了飞速发展。锂离子电池的工作原理是,锂在充放电过程中,离子在正极和负极之间移动来工作,通常被称之为“摇椅电池”。以目前常见的磷酸亚铁锂(LiFePO<sub>4</sub>)/石墨锂离子电池为例,其工作原理如

收稿日期:2017-07-03

基金项目:安徽省重大教学改革研究项目(2013zdy076);安徽省物理化学精品课程项目(2015gxxk020)

作者简介:伊廷锋(1979-),男,山东蒙阴人,安徽工业大学化学与化工学院教授,博士生导师。

图1所示<sup>[8]</sup>。充电时,锂离子从磷酸亚铁锂正极脱出进入电解液,穿过隔膜,嵌入石墨负极,放电时则相反。

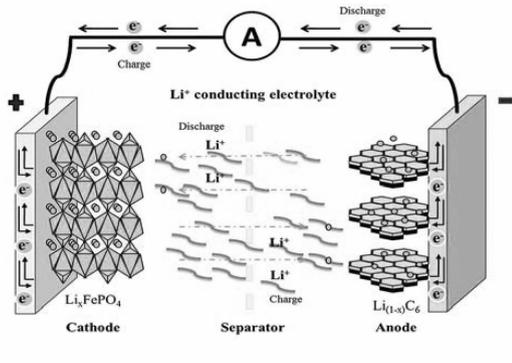


图1 磷酸亚铁锂/石墨锂离子电池原理示意图

但是磷酸铁锂材料电子电导率较低,因此需要通过掺杂或者包覆来提高材料的导电性。利用活化能来判断什么样的掺杂可以提高电导率显得简单而有效。锂离子电池电极材料的电荷转移电阻( $R_{ct}$ )在一定程度上可以反映电极材料的导电性以及锂离子嵌入脱出的难易程度。 $R_{ct}$ 与锂离子嵌入脱出的活化能 $E_a$ 存在类似阿伦尼乌斯方程的关系式<sup>[9]</sup>:

$$\ln R_{ct} = 1 + \ln \frac{R}{n^2 F^2 C_T A_f [(M^{+}) (1-x)]^{(1-x)} x^x} + \frac{(E_a - R)}{R} T^{-1} \quad (2)$$

因此,可以通过电化学阻抗谱测试得出不同掺杂元素或者不同掺杂量的磷酸铁锂材料在不同温度下的 $R_{ct}$ 值,进而作图,通过斜率可以求出活化能 $E_a$ ,进而通过活化能的大小判断掺杂何种元素适合或者最佳的掺杂量是多少。结合教学内容,将自己的科研实例和现代科学发展的新成果结合理论知识转化为教学内容进入课堂,让学生感受到物理化学知识并不是一些枯燥的概念,而是活生生的现实,从而激发出学习的兴趣。

## 二、克拉佩龙-克劳修斯方程和范特霍夫方程

标准平衡常数( $k^0$ )和饱和蒸汽压( $\Delta_{vap} H_m$ )的大小受温度的影响均比较大,其线性化公式分别为:

$$\ln p = -\frac{\Delta_{vap} H_m}{R} \frac{1}{T} + C \quad (3)$$

$$\ln k^0 = -\frac{\Delta_r H_m^0}{R} \frac{1}{T} + C \quad (4)$$

标准平衡常数仅仅是温度的函数,与浓度、压强等物理量无关。通过标准平衡常数的求解,可以得出一个化学反应达到平衡后产物的量。饱和蒸汽压的大小与温度有直接的关系,以水为例,温度升高水的饱和蒸汽压增大,在空气中的分压也会相应提高,这就是为什么南方的夏天湿热的原因。两个公式具有高度的相似性,通过对比后可以发现很容易记忆。本身标准平衡常数及摩尔蒸发焓与温度并无线性关系,但是通过简单对数处理,则可以得到线性关系。这种取对数处理的方法是物理化学大部分公式线性关系推导的常用方法。通过直线的斜率,可以求出两个重要的物理化学量摩尔蒸发焓以及摩尔反应焓。此外,在温度变化不大的时候,也可以假设摩尔蒸发焓以及摩尔反应焓为

定值,通过线性化作图,可以求出不同大气压下液体的沸点以及不同温度的平衡常数。以水为例求高原地区水的沸点,已知水的 $\Delta_{vap} H_m = 40.668 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,水蒸气可作为理想气体,求西藏某地区大气压力为78.50 kPa下水的沸点。显然通过方程式(3)的变形,可以得到:

$$\ln \frac{p_2}{p_1} = -\frac{\Delta_{vap} H_m}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (5)$$

然后通过水正常沸点( $T_1 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ),正常饱和蒸汽压( $p_1 = 101.325 \text{ kPa}$ ),可求出西藏某高原地区水的沸点为 $92.8 \text{ }^\circ\text{C}$ 。实际上,克拉佩龙-克劳修斯方程与我们的日常生活息息相关。它解释了为什么在高原地区利用水煮食物很难煮熟的原因(水的沸点下降了),也解释了为什么利用高压锅煮食物可以煮得更烂,因为高压锅是一个密闭系统,温度升高时,水蒸气不能挥发到空气中,从而增大了液态水上方的压强,进而提高了水的沸点。结合日常生活,用物理化学的基本理论来解释一些常见的生活现象,由传统的理论知识讲解改变到强化物理化学理论的实际应用,可以激发学生学习的物理化学的兴趣,培养学生的发散思维能力和推理能力。

## 三、结语

在物理化学的教学过程中,注重公式的推导的线性化关系,尽可能地对所有公式进行线性化处理,从而给物理化学教学和物理化学公式的记忆带来极大的便利,这对学物理化学成绩的提高、处理实验数据的能力以及科研素养的提高大有好处。结合教学内容,将自己的科研实例和现代科学发展的新成果结合理论知识转化为教学内容进入课堂,让学生感受到物理化学知识并不是一些枯燥的概念,而是活生生的现实,从而激发出学习的兴趣。

## 参考文献:

- [1] 伊廷锋, 金红, 朱彦荣, 等. 工科专业物理化学教学提高学生学习兴趣的几点尝试[J]. 化工高等教育, 2010, 27(2): 71-74.
- [2] 伊廷锋, 朱彦荣, 周安娜, 等. 物理化学课程改革探索与实践[J]. 安徽工业大学学报(社会科学版), 2011, 28(6): 134-135.
- [3] 全艳, 李晓飞. 物理化学常用公式的线性化探讨[J]. 中国教育技术装备, 2012, 24: 88-89.
- [4] 木合塔尔·依米提, 帕提古丽·依明. 重新认识物理化学的地位和教学改革的必要性[J]. 化工高等教育, 2007, 24(3): 98-101.
- [5] 谢颖, 朱彦荣, 伊廷锋, 等. 活化能在处理电化学工程问题中的灵活应用[J]. 化工高等教育, 2015, 32(2): 64-67.
- [6] 罗渝然, 俞书勤, 张祖德, 等. 再谈什么是活化能: Arrhenius活化能的定义、解释、以及容易混淆的物理量[J]. 大学化学, 2010, 25(3): 35-42.
- [7] 王新平, 王旭珍, 王新葵, 等. 关于化学反应表观活化能和指前因子的教学讨论[J]. 大学化学, 2011, 26(3): 33-37.
- [8] H. Lee, M. Yanilmaz, O. Toprakci, et al. A Review of Recent Developments in Membrane Separators for Rechargeable Lithium-Ion Batteries[J]. Energy Environ. Sci., 2014, 7: 3857-3886.
- [9] 庄全超, 魏国祯, 许金梅, 等. 温度对 $\text{LiCoO}_2$ 中锂离子嵌脱过程的影响[J]. 化学学报, 2008, 66(7): 722-728.

(责任编辑 汪继友)