

青年教师如何提高物理化学课程的教学水平

吴从意*

中国地质大学(北京)数理学院, 北京 100083

摘要: 物理化学课程是化学化工及相关理工科专业的一门重要基础课, 具有理论概念抽象和公式推导较多等特点, 是公认的教学难度大的课程。随着大批青年教师进入高校承担起物理化学的教学工作, 如何提高教学水平是一件重要且紧迫的事情。本文从作者自身体会谈起, 总结五年来在注重积累、重视习题、密切交流、联系实际、内容关联和重视实验等方面的经验, 以期抛砖引玉, 为青年教师提高教学水平提供一定的借鉴和参考。

关键词: 物理化学; 青年教师; 教学水平

中图分类号: G64; O6

Advice for Young Teachers to Promote Teaching Level of Physical Chemistry

Congyi Wu *

School of Science, China University of Geosciences, Beijing 100083, China.

Abstract: Physical chemistry is an important yet difficult course for students to study in chemistry, chemical engineering and relevant major. As more and more young teachers are beginning to teach physical chemistry course in university. It is an important and urgent issue for them to promote their teaching level. In this paper, I present my own experience and advice on teaching physical chemistry such as paying great attention to exercises and experiments and linking theory with practice, in order to provide some useful suggestions for young teachers.

Key Words: Physical chemistry; Young teachers; Teaching level

物理化学是从研究化学现象和物理现象之间的相互联系入手, 从而找出化学运动中最具有普遍性的基本规律的一门学科^[1]。物理化学课程主要包括化学热力学、化学动力学和结构化学, 是化学化工及相关理工科专业的一门重要专业基础课。通过物理化学课程的学习, 学生可以更加深入地理解物理过程和化学过程的本质特征, 构建严密的逻辑思维推理方式, 为相关专业的学习打下坚实的基础。

物理化学课程的逻辑性强, 抽象概念和公式推导较多, 需要学生具备较好的高等数学基础和逻辑思维能力。同时, 理论课程的学习需要与该课程的实验课程紧密配合, 如果二者的教学进度不匹配, 会导致学生无法通过实验操作和数据处理来获得对物理化学课程内容的感性认识, 造成理论课程的学习难度增加。为提高物理化学课程的教学效果, 有不少经验丰富的前辈和年轻同仁从教材编写、虚拟仿真实验、教学方法等多方面进行了研究探讨, 发表了多篇优秀的教学研究论文^[2-7]。但是面向青年教师如何提高教学水平的研究还很少见^[8]。特别是近年来, 随着大批青年教师开始在校

收稿: 2024-02-26; 录用: 2024-03-20; 网络发表: 2024-04-22

*通讯作者, Email: wucongyi@cugb.edu.cn

基金资助: 中国地质大学(北京) 2022 年度本科教育质量提升计划建设项目(JG202234)

承担起物理化学课程的教学工作。在实际教学过程中，他们会遇到缺少经验和缺乏自信心等困难，学生也对物理化学课程抱有畏惧情绪，这些因素的叠加导致青年教师教学压力大和教学效果不佳等问题。本文针对青年教师在物理化学课程教学中遇到的困难和问题，分享作者在该课程教学研究探讨中的经验，以期抛砖引玉，为青年教师提供一定的借鉴和帮助。

1 认真备课，注重积累

在讲课前，一定要认真准备，特别是青年教师不能心存侥幸，做到不打无准备之仗。在备课过程中，必须准确把握概念和公式的含义，尽力为概念讲解找到简洁易懂的解释，并能熟练推导公式。多查阅学习相关专著并利用好网络教学资源，尤其是国家级规划教材和网络精品课程，比如南京大学编著的《物理化学》第5版以及侯文华教授团队在“中国大学慕课”的线上课程。以作者自身经验来看，北京大学赵凯华教授编写的《新概念物理教程·热学》和《定性与半定量物理学》是不可多得的参考书^[9,10]，赵老师从一个物理学工作者的角度研究热力学内容的教学，提供了大量生动有趣的案例，作者在备课过程中从书中学到了很多新的思路和教学案例。特别值得一提的是，现阶段有多种途径助力青年教师提高教学水平，比如参加教学研讨会，参加校级、省市级和国家级的教学比赛，以及多层次的教学培训等，作者本人从中学到了新的教学理念和教学方法如成果导向教育(OBE)理念、集科学、技术、工程和数学为一体(STEM)的模式、翻转课堂和学习-实践-再学习(Sandwich)教学法等^[11-14]，大开眼界，获益良多。

此外，作者在教学的起步阶段积极向有经验的老教师学习请教，全程旁听他们的讲课，在讲解思路和内容板书方面受益良多。另外，年轻教师对于课堂节奏的把控也要给予足够重视，如果整堂的课程讲解都是平铺直叙，或持续紧张的大量公式推导会导致学生缺乏学习兴趣，造成注意力下降和学习效果差等问题。作者在给一位经验丰富的教授担任助教的两个学期中，发现他在授课过程中会调节课堂节奏，做到生动活泼、张弛有度，取得了很好的教学效果。青年教师由于缺乏经验，容易忽视课堂节奏对教学效果的影响，这一点尤其需要引起重视。对于教学设计和板书也要给予足够的重视，不能因为有了PPT课件就不写教学设计，也不能因为PPT课件中有现成的公式推导就省略在黑板上的板书过程。实际上，在备课过程中准备教学设计可以当成课堂教学的预演，对于教学设计要精心组织内容，明确授课目标，从而理清逻辑，有的放矢地讲清楚课堂内容的重点和难点。

2 注重板书，重视习题

现在的PPT软件功能强大，教师可以做出精致美观的图片和生动形象的动画展示，极大地丰富了教学资源，为教学活动提供了很大便利。但是，在物理化学课程的教学活动中绝对不能忽视板书的作用。青年教师可能由于对公式推导不够熟练或担心粉笔字不够美观等原因而较少板书，这样会大幅度降低教学效果。对于重要公式的推演过程一定要在黑板上板书，学生可以在板书过程中跟着教师的思路进行思考，从而对公式的来龙去脉和应用范围有较深入的理解认识。在讲解重要例题和作业题特别是证明题的时候，同样可以将解题思路一步一步地写在黑板上，引导学生在课堂上认真思考，真正做到用心用脑听课，从而提升教学质量。比如，在推导理想气体的过程方程 $pV^\gamma = K$ (K 为常数)时，作者从 $dU = \delta W$ 出发，讲述公式的第一个限制条件为绝热过程，即 $\delta Q = 0$ 。当 $\delta W = pdV$ 时，表明该公式在可逆过程才可以使用。使用 $pV = nRT$ 状态方程以 (nRT/V) 来代替压力 p 带入方程式中时，告诉学生该公式只有对理想气体才成立，如果是范德华气体，就不能使用理想气体的状态方程了。再比如，热力学基本公式、派生公式和麦克斯韦关系式对学生来说是一个难点。作者在讲解板书该部分内容时，从热力学第一定律和第二定律联合出发，逐步推导出四个基本公式，并以 M 和 N 分别代替 $dU = TdS - pdV$ 中的 T 和 p ，然后以 M 和 N 作为一阶偏导数，再分别对 V 和 S 求二阶偏导数，从而得到麦克斯韦关系式，受到学生的欢迎和好评。同时，作者还给学生讲解了一些数学运算技巧，从而使学生真正明白公式的使用条件和推导过程。该部分内容的教学效果提升在随后的作业和期中考试

得到了验证。与此类似的还有化学势、化学平衡、相平衡以及反应动力学等内容的板书。在板书时，还要密切观察学生的反应，及时回应他们的疑难点。

想要教好物理化学，一定不能忽视习题特别是作业题的作用。随着教辅资料的日益普及，有不少学生购买了与教材配套的习题解答或从网上找到了电子版的习题答案。好处是学生遇到疑难问题可以参考，坏处是学生往往不经过认真思考就直接参考甚至拷贝答案以完成作业，造成学生没有真正掌握相关的概念理解及公式应用，致使教学活动中缺少了重要一环，降低了教学效果。针对这一情况，作者尝试自己设计作业题，从模仿教材习题到逐步原创，从而引导学生认真思考以完成课程作业，取得了较好的效果。

3 密切交流，教学相长

在教学过程中，作者发现学生有不少问题需要老师答疑解惑，然而由于害羞或不善于交流等原因，他们通常会回避、拖延或者选择自己苦思冥想，增加了不必要的学习困难和负担。有鉴于此，作者在每章作业都有一道固定的题目：简述本章学习的心得体会以及遇到的学习困难。实践证明该交流方式取得了良好的效果，有相当比例的学生会详细叙述他们遇到的学习困难，包括但不限于公式推导和量纲换算等。作者在后续的课堂教学中针对集中反映的问题进行详细讲解，取得了良好的效果。此外，为了方便沟通交流，建立了课程的微信交流群，以便及时了解学生在学习过程中遇到的困难并答疑解惑。学生普遍期望得到老师的关心和关注，青年教师在授课过程和课下要多关注学生的动态，通过课堂提问和收发作业记住学生的名字，多与学生沟通交流，以便收到学生关于授课方式的意见和建议，做出相应调整。此外，鼓励学生积极提出问题，并予以表扬，以激发学生的学习热情。有位学生对于相平衡内容中杠杆规则求解二组分系统气液两相平衡的相组成问题进行了深入思考，提出如何求解气相和液相中的具体成分，作者在思考之后进行了解答并当众表扬他深入思考，值得大家学习，该学生受到鼓舞，学习成绩有了显著提高。作者认为只有当学生愿意与老师积极沟通交流，主动思考探索，才能从被动的学习转换成主动的探索，从而提升教学质量。

4 深入浅出，联系实际

不可否认的是，物理化学课程中的抽象概念比较多且不容易理解，比如熵、吉布斯自由能、化学势、焓、节流膨胀和相律等等，学生学起来深感困难，对概念的理解往往一知半解，囫圇吞枣。作者在讲解熵的概念时，强调熵作为度量系统混乱度的状态函数，系统的状态发生了变化即对应着熵值的改变，自然界中物质的气液固相态变化和气体扩散过程等都会导致熵值的增大或减小。比如可逆过程的概念难以准确理解，学生通常会举出一些似是而非的例子。作者根据可逆过程的特征指出自然界中能自发进行的过程都是不可逆过程，否则的话人可以返老还童、长生不老就成为了可能，锂电池的寿命也会无限长。然而人的寿命和锂电池的使用时间都是有限的，因此，可逆过程是抽象出来的高度理想化的概念。

在讲解节流膨胀概念时，作者从运载火箭“胖五”的食物——液氢液氧的制备为切入点，讲授了节流膨胀过程的关键作用。在讲解化学势概念时，以大禹治水来类比，大禹顺应水往低处流的习性才能治水成功，以此类比说明化学势是决定物质传递方向和限度的强度因素，物质要从化学势大的相向化学势小的相输运。在讲解相律和相图时，作者播放了从盐湖中提取锂和冶金过程的视频，学生观看之后认为相平衡不再那么枯燥和难懂，并且具有重要的实际应用价值。

通常每个青年教师都有自己的研究方向和课题，在备课过程中可以精心准备，适当引入与课程内容相关的示例，从而激发学生的兴趣，增强学习的意愿，达到较好的听课效果。例如，在讲解节流膨胀时，作者讲述了攻读博士学位期间一个由于偶然失误制得干冰的实验，即在高压密闭反应釜内充入超临界 CO_2 ，然后迅速开启阀门，排气结束后快速打开反应釜，会得到一块白色固体——干冰，可以将该操作看成粗略的节流膨胀过程，该示例给学生留下了深刻印象。作者在讲解吉布斯函数 G

时,通过讲解不同金属(Al、Cu、Zn、Mg、Ni、Ag、Au)与氧气反应形成氧化物的标准生成吉布斯函数,给学生解释了为什么金可以作为首饰和货币等价物。进一步地,强调这些数据适用于金属的体相材料,当金属在纳米尺度时情况会发生变化。比如,纳米尺度的Au催化剂可以活化O₂催化CO氧化反应,进而为表面现象和化学反应动力学的讲解做了铺垫。又比如,在讲解固体表面的吸附热时,作者以加氢反应后的Cu/SiO₂纳米催化剂可以将称量纸引燃的例子,引导学生思考称量纸燃烧的原因,指出Cu纳米颗粒的比表面积大而且表面存在大量配位不饱和的悬挂键,与空气中的O₂接触后发生氧化反应放出大量热,达到称量纸的燃点。根据作者自身经验,第一堂课的绪论部分非常重要,要提出生动活泼的问题或实例以充分引起学生的兴趣。在讲授每一章课程内容时都会给学生提出一些有趣的问题:1)为什么减肥要管住嘴,迈开腿?(热力学第一定律);2)燃油汽车发动机的效率极限是多少?(卡诺定理);3)万历皇帝的定陵发掘之后,为何龙袍会风化成灰?苹果手机不慎落入水中,如何最大程度去除手机内残留的水分?(化学势);4)梦幻反应:N₂+O₂+H₂O制硝酸是否可行?(反应方向);5)石墨能否变成金刚石?纯度极高的半导体材料如何制备?(相平衡);6)锂电池和锂离子电池的差异?(电化学);7)活性炭口罩的工作原理?(表面现象);8)如何确定考古年代?(化学反应动力学)等等,启发学生动脑思考,并主动查阅资料。在讲解对应章节的内容时,不仅解答上述问题,而且从理论上对相关问题进行归纳总结,以提高学生分析解决实际问题的能力。实践表明,这种方式受到学生的欢迎,取得了良好的成效。

5 注重关联,融会贯通

物理化学课程的教学内容较多,学生在学习过程中容易忽视甚至割裂各章节内容之间的关联,从而造成一叶障目不见泰山,影响了学习效果。作者在讲课过程中注意前后呼应,从而达到学而时习之,温故而知新的效果。在讲授化学热力学和动力学的联系与区别时,作者以二氧化碳加氢反应为例,使用不同的催化剂在不同的反应条件下可以制得甲酸、甲醇、甲烷和乙醇等,以列表的形式给出不同反应对应的热力学参数(表1),并与化学平衡和化学反应动力学结合起来。

表1 CO₂加氢不同反应路径的化学热力学和动力学信息

化学反应方程式	$\Delta_r G_m^\ominus / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	$\Delta_r H_m^\ominus / (\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1})$	K^\ominus	催化剂	反应条件
$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{HCOOH}$	43.5	14.9	2.43×10^{-8}	Au/TiO ₂	40 °C, 18 MPa
$\text{CO}_2 + 3\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$	3.5	-49.3	2.41×10^{-1}	Cu/ZnO/Al ₂ O ₃	220 °C, 5 MPa
$\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	-113.5	-165.0	7.79×10^{19}	Ni/CeO ₂	290 °C, 0.5 MPa
$2\text{CO}_2 + 6\text{H}_2 = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{H}_2\text{O}$	-64.8	-173.4	2.21×10^{11}	Rh-Li/SiO ₂	300 °C, 5 MPa

从表1可以看出,对于不同的反应产物,其 $\Delta_r G_m^\ominus$ 、 $\Delta_r H_m^\ominus$ 和 K^\ominus 有着显著差异,其使用的催化剂和反应条件也各不相同。在不同的催化剂表面,CO₂和H₂分子通过吸附活化之后生成不同的反应产物,表明反应经历了不同反应机理。CO₂加氢直接生成甲酸在热力学上是不利于进行的反应,标准平衡常数很小,实际反应中通常需要加入三乙胺才能拉动反应向右进行,平衡转化率低。CO₂加氢制甲醇和甲烷是热力学有利的反应,已经用于工业生产。值得注意的是,CO₂加氢制乙醇看起来是一个反应趋势和 K^\ominus 都很大的反应,似乎比制甲醇更容易进行。然而,由于必须经过C—C键偶联才能生成乙醇分子,这在化学反应动力学上是一个高活化能的中间步骤。实际上该反应较难进行,除了反应温度和压力较高之外,副产物也比较多,表明同时存在多个反应路径。通过比较热力学和动力学的联系与区别,学生能更好地从整体上认识理解课程内容,达到融会贯通的效果。

6 重视实验,相互支撑

物理化学实验是学科的重要研究内容和基础,由于课程设置的原因,物理化学的理论教学内容

和相关实验安排有可能不是同步进行的,这导致了不少问题:学生做实验时不具备相应的理论基础,不能充分领会实验设置目的,也就很难从实验中获得深刻的认识;同样,如果讲授理论课程时不了解相关实验,在没有感性认识的情况下学生也不容易深入理解相关理论知识。因此,除了在设置课程安排时尽可能做到理论教学和实验进度同步之外,年轻教师在课堂教学中应该多使用网络视频和虚拟仿真实验,对相关实验进行讲解,使学生获得对理论知识的直观认识。如果具备条件,可以利用所在院系的科研平台开展更深入的创新实验教学,比如使用 N_2 等温吸附比表面积自动分析仪表征固体吸附剂的比表面积和孔径分布,以金属纳米催化剂催化炔烃选择性加氢反应,使用低温共熔溶剂催化聚合物解聚等等。学生在实验过程中会获得对相关知识的直观认识,有助于对理论内容的理解和掌握,并通过理论知识的学习更好地开展实验,以达到理论和实验相结合、相互支撑,更好地提升教学效果^[15,16]。

7 结语

通过作者的不断努力,学生在课堂上认真听讲的比例明显增多,遇到问题也勇于提问交流,课堂测验、期中考试和期末考试成绩也都得到了提升,比如学生的期末考试成绩平均分由2021年度的67分提升至2022年度的70分和2023年度的72分,80分及以上的人数占比分别为9%、14%和16%,不及格率分别为9%、3%和2%。作者认为,尽管青年教师面临着经验不足和缺乏自信等困难,但是只要用心学习提高,不断积累,努力做到用生动形象的语言解释抽象难懂的概念,通过板书把学习重点难点清晰地展示出来,并将生活和科研中的典型案例与课堂内容相结合,激发学生的学习热情,形成自身的讲课风格,就一定能做好物理化学课程的教学工作。

参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] 朱志昂. 大学化学, 2023, 38 (6), 152.
- [3] 陈宗元, 祖甘霖, 牛智伟, 靳强, 郭治军, 吴王锁. 大学化学, 2023, 38 (5), 308.
- [4] 方亚辉, 李会英, 郑丹, 袁联群. 大学化学, 2013, 28 (2), 48.
- [5] 刘兆阅. 化学教育, 2018, 39 (24), 15.
- [6] 刘晓璐, 余林梁, 陈洁. 大学化学, 2023, 38 (1), 76.
- [7] 陈亚芍, 冯佳米, 王长号, 张颖, 白翠娥. 大学化学, 2023, 38 (6), 158.
- [8] 王伟涛. 大学化学, 2017, 32 (6), 31.
- [9] 赵凯华, 罗蔚茵. 热学. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2005.
- [10] 赵凯华. 定性半定量物理学. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [11] 贺国旭, 吴华涛, 张秋霞, 周延彪, 刘丹丹. 大学化学, 2023, 38 (1), 34.
- [12] 李志新, 蒲金凤, 马秀平. 化学教育, 2020, 41 (19), 32.
- [13] 贾雪平, 丁津津, 朱玥, 缪建文, 葛存旺, 张跃华, 葛明. 大学化学, 2023, 38 (1), 56.
- [14] 赵慧平, 陈嵘. 化学教育, 2019, 40 (10), 25.
- [15] 郭慧敏, 刘新, 张永策, 宿艳, 姜文凤, 孟长功. 大学化学, 2023, 38 (1), 41.
- [16] 王女, 赵勇, 刘兆阅, 田东亮. 大学化学, 2020, 35 (3), 26.