

## 哈佛大学“普通化学”课程设置与重构

王璐\*

哈佛大学化学与化学生物系, 美国 剑桥 02138

**摘要:** 在综合介绍哈佛大学普通化学课程设置的基础上, 重点介绍詹姆斯·G.安德森(James G. Anderson)教授的教材《大学化学——基于全球视野与分子角度的前沿和基础》在物质科学11 (简称PS 11)课程中十多年来的应用情况。哈佛普通化学课程结构独特, 设计理念在于为化学和生物学基础不同的新生设计多样的课程选择。PS 11是一门将化学基本原理与全球气候变化和能源等重大议题相结合的普通化学课程, 通过现实案例优化学生对化学概念的学习, 该课程核心内容设置以背景驱动、案例分析为特色。这种有针对性的情境教学不仅能够激发学生学习动力, 深化其对知识的理解, 还能帮助学生将化学知识广泛应用于科学领域和社会问题的解决中。

**关键词:** 普通化学; 课程设置; 全球视野; 分子角度

**中图分类号:** G64; O6

## Introduction to Curriculum Design and Restructuring of General Chemistry Courses at Harvard University

Lu Wang \*

Department of Chemistry and Chemical Biology, Harvard University, Cambridge 02138, USA.

**Abstract:** This article provides an overview of the general chemistry curriculum at Harvard University, with particular emphasis on the use of Professor James G. Anderson's textbook, *University Chemistry: Foundations and Frontiers from a Global and Molecular Perspective*, in Physical Sciences 11 (PS 11) more than a decade ago. The unique structure of Harvard's general chemistry sequence is introduced, detailing the range of courses available to first-year students with varying backgrounds in chemistry and biology, as well as the rationale for their design. The article highlights PS 11, a general chemistry course that integrates fundamental chemical principles with global issues in climate change and energy, making use of real-world applications to optimize conceptual learning. The curriculum's core features, including its context-driven content and case studies are discussed. Reflections on the benefits and challenges of this integrated approach are shared, emphasizing how focused, context-based teaching can foster student motivation, deepen understanding, and prepare students to apply chemical knowledge broadly across scientific and societal challenges.

**Key Words:** General chemistry; Course design; Global perspective; Molecular level

在詹姆斯·G.安德森(James G. Anderson)教授撰写的普通化学教材《大学化学——基于全球视野与分子角度的前沿和基础》<sup>[1]</sup>的中译本<sup>[2]</sup>付梓发行之际, 本文在介绍哈佛大学普通化学课程设置情况的基础上, 重点介绍近十多年来安德森教授进行的大学化学课程重构和该教材的使用情况, 并分享笔者参与安德森教授课程教学中的收获和感悟。

## 1 哈佛大学的普通化学课程设置

哈佛大学有近7000名本科生，入学时采用统招模式，学生在大二上学期确定专业，所以哈佛大学普通化学的课程设置既要考虑到大一新生选修的基本要求，也会兼顾学生探索自己未来专业选择的需求。目前，哈佛大学设有四门普通化学类课程供学生选择：

(1) LPS A (Life and Physical Sciences A, 生命与物质科学A)：基础化学与生物。

(2) LS 1a (Life Sciences 1a, 生命科学1a)：生命科学综合导论——化学、分子生物学和细胞生物学。

(3) PS 11 (Physical Sciences 11, 物质科学11)：现代化学基础和前沿——基于分子角度与全球视野。

(4) Chem 10 (Chemistry 10, 化学10)：化学的量子、统计和计算基础。

LPS A和LS 1a均在秋季开设，是面向生物和化学的基础课程。对任何生命或者物质科学专业感兴趣的学生都可以选择其中一门作为入门课程。哈佛大一新生中，有些在上大学之前可能没有上过任何化学课，有些学生也许上过化学课程但因所在中学教学资源限制并没有扎实的高中化学基础。LPS A为化学背景较少或完全没有化学背景的学生开设，前半学期学习普通化学基础知识，后半学期延伸到分子和细胞生物学；LS 1a则面向在中学有一定生物和化学基础的学生，整个学期都是整合化学和生物学原理的介绍，并将这些概念应用于更广泛的生物学问题，例如艾滋病毒和癌症。尽管LPS A和LS 1a采用不同的方法来学习化学和生物学，但这两种课程都会为学生以后的科学课程做好准备。LPS A每学期有100–200名学生，LS 1a每学期有250–350名学生。

PS 11每年春季授课，对应我们通常所说的普通化学(下)，是对化学基础知识的进一步深化和拓展。选修了LPS A和LS 1a的学生若希望继续学习化学的，可在春季学期汇聚在PS 11这门课程中，PS 11每学期有350–400人选修。选修人数占学生总数的5%左右，是本科课程里春季选修人数最多的前十门课程之一。选修PS 11的学生中，大一学生占2/3，大二占1/5，其余是大三、大四的学生。

Chem 10也在秋季开设，为在高中就有很扎实的数理化基础的学生而设计。Chem 10虽然属于普通化学课程范畴，但是其讨论内容以量子力学、统计力学为主，加以MATLAB编程的计算和模拟，让学生们对这些抽象的物理化学概念有更直观的理解和应用，以便他们之后学习任何化学课程的时候都有这个理论基础做支撑。大一新生中会有10–20名学生选择这一课程。

还有些学生有一定的化学基础，但其数理基础达不到Chem 10的要求，他们在秋季不选普通化学课，而会在春季直接选修PS 11，或者直接上有机化学课程。在哈佛大一新生入学以前，他们会参加哈佛大学在网上进行的生物学和化学的分班考试，考试结果提供给学生选择最适合他们的课程建议供学生参考。

综上，PS 11是选修学生最多的一门普通化学课程，为众多科学专业的学生提供化学基础知识并拓展应用。要求学生学习普化课程的专业有<sup>[3]</sup>：

化学类专业：化学(Chemistry)，化学与物理(Chemistry and Physics)，化学与物理生物(Chemical and Physical Biology)；地球、环境、工程类专业：地球与行星科学(Earth and Planetary Sciences)，环境科学与工程(Environmental Science and Engineering)，工程科学(Engineering Sciences)；生物类专业：分子与细胞生物学(Molecular and Cellular Biology)，人类发展与再生生物学(Human Developmental and Regenerative Biology)；以及辅修专业：环境科学与公共政策(Environmental Science and Public Policy)。

## 2 安德森教授的大学化学教材与PS 11课程

安德森教授撰写的《大学化学——基于全球视野与分子角度的前沿和基础》就是普化课程PS 11使用的教科书。事实上，这本教材是安德森教授在讲授普通化学课程的过程中，认识到重构大学化学入门课程的重要性和必要性，而重构课程就需要有与之配合的教材，所以一边教学，一边为课程

撰写教材。

## 2.1 PS 11课程目标

PS 11是一门以全球气候变化和能源为背景的普通化学课程。气候变化的全球危机需要全人类共同面对、寻找出路。也正因为这是人类史上所面临的全方位的危机，需要提高全民意识，需要培养科学、工程、建筑、碳交易、社科、法律、管理、新闻等多方面具有科学基础素养的人才。PS 11的目标是帮助学生在全球气候变化和能源创新的背景(context)下掌握化学基本概念(concepts)，在实际应用的例子当中灵活应用概念，加深对气候和能源相关问题的量理解，从而能够理性参与社会讨论、继续深造以加入解决世界性难题的行动中。概念(concepts)与背景(context)的有机结合是课程的一大特色。

在参与这门课程的教学中，关于内容处理，我的体会是在于教学应该侧重点还是面。化学对社会有诸多方面的影响(“面”)，PS 11这门课着重选取了化学在气候能源方向的应用(“点”)。虽然看上去在广度上有所削弱，但是安德森教授进行如此选择的有效之处在于：

(1) 该方向与主讲教授的研究专长密切相关，其强烈的责任感会在课程中充分体现，这样的激情会感染学生，从而激发他们对该问题的兴趣和热情，安德森教授深厚的学识也让学生受益匪浅，不仅学到知识，也会领悟到一般教课书上没有的见地。

(2) 用一学期时间深度探讨一个问题，让学生有机会多次看到化学的各个概念在这一方面的应用，这样的量的积累更容易形成质的飞跃，让学生成为在这一方面的“专家”——即学生在学习理论定义中从“新手(novice)”到“专家(expert)”的转变，也就是学生们可以比较自信地运用知识理解问题，内化所学知识使之成为自己知识体系的一部分，对外界消息和新闻报道合理与否有一定判断能力。

可见，虽然PS 11看上去在化学应用的广度上有所削弱，但是激发出的学生的学习热情和内化的知识体系，让他们可以举一反三、融会贯通，具备可以探索化学在其他方面应用的综合能力。比如，很多PS 11的学生是将来准备从事生物、医学方面的专业，但是他们一方面看到气候变化对公共卫生、健康的影响，另一方面也很扎实地学习了在这些背景下的知识点，在期末个人项目里仍然展示出他们对这些知识的深刻理解和他们自己发掘出的这些概念在生物、医学方向的应用。

## 2.2 PS 11课程内容与教学安排

### 2.2.1 课程主线与教学环节

课程有一条主线：能量/能源(energy)。能量的数量级跨度很大，上到全球能源，下到分子原子的能量。要理解各个数量级和各个层面的能量，就需要了解自然界如何在不同类别之间无缝地转换各种形式的能量。用这样一个主线贯穿整个课程，让学生形成结合现实的能源问题进行思考的习惯。

教材每一章都以全球相关的问题开头，因为学习概念(concept)最好的方式，就是把它们放在重要的背景问题(context)中。在教学中，我们设置了以下环节帮助学生将概念和背景联系起来：

- (1) 案例研究：与每章节的概念(concepts)相对应，向学生介绍概念与实际问题的联系；
- (2) 每周新闻：利用课堂的一小部分时间，组织学生讨论与气候、能源相关的新闻；
- (3) 每周作业：设置与背景联系的题目；

(4) 参观和实践：在与课程配套的实验中增加了让学生们接触新型能源的机会，比如让学生都可以试开教授的电动汽车以及带学生参观哈佛校园供电供暖节能设施。

这样的方式也受到学生欢迎，在反馈留言里，学生们也表达了对这些环节的肯定。

### 2.2.2 教学内容讲授的取舍

因为课程的学时有限，必须进行选择。每一章内容中不同概念的取舍、所讲的概念的深浅，取决于其跟全球相关的问题的紧密度。虽然有很多概念在化学专业角度来看很重要，但我们还是选择略过——我们也相信课上讲授过的内容可以让学生具备进一步自主学习的能力；而另一些概念可能

有些超出普通化学范围，但是因为需要来理解重要的背景问题，我们还是会讲。

例如，在讲授热力学第一定律时，涉及到卡诺循环，这个主题讨论有一定难度，但它对于学生理解能源利用效率非常重要，可以帮助学生理解热泵(heat pump)，从而看到其在当今社会制冷制暖领域的应用潜力，所以我们花时间精力帮助学生们认识卡诺循环、理解热机和热泵效率概念的内涵。

再如，在讲授酸碱平衡内容时，为帮助学生理解CO<sub>2</sub>对海洋pH的影响，一方面，我们会充分介绍海洋体系及影响其pH的因素，虽然这个体系复杂，但是意义重大，我们会不遗余力地讲解；另一方面，我们砍掉了酸碱滴定曲线的细节来节省课堂时间。

### 2.2.3 教学方式

除了课堂讲授之外，课程给学生们提供尽可能多方位的学习方式和多渠道的沟通：课程设有研究生助教和本科生小助教，负责习题讨论课和答疑，学生通过和老师、助教在课上课下等方方面面的深度接触，以及通过和其他学生组成学习小组，逐渐形成良好的学习习惯。很多学生之前对科学类课程心有畏惧，但是通过和老师、助教的一起努力，找回信心，而收获的认识自我、提高自我的学习方法也对今后其他课程的学习大有裨益。

## 3 参与课程的收获和体会

我在参与这门课程的教学中，一个重要的心得体会就是初学者很难自己建立概念和背景的联系，所以需要课程设置专门的环节帮助他们清晰地看到，并有机会应用所学概念解释背景问题。要注意挑战-支持(challenge-support)的平衡，不能让学生觉得太难而失去兴趣，也不能流于表面，没有真正用到概念。

受到安德森教授的启发，我在设计期末考试开卷试题的时候，大胆尝试帮助学生们应用概念。比如，我让学生在开卷考试的一周时间内观看一部关于气候变化的纪录片的多处片段，针对里边讲到的不同的学术细节，我编写了考试题目，让学生们应用所学的知识给出定性的解释或定量的计算，让他们看到自己所学专业知识在日常生活中的应用，鼓励他们在考试之后和家人、朋友一起观看纪录片并为他们加以讲解。

还有一件有趣的事情，有次考试在交卷的时候，一位学生拎来了一大袋的铝制饮料罐！在哈佛地铁站，有一个鼓励大家回收铝制饮料瓶的公益广告，我就在考试题中加了一道计算题来对比用电解方式制铝所需能量和融解回收铝制品所需的能量，通过悬殊的量级差突出回收的益处。这位学生告诉我，那个计算题让他吃了一惊，以后一定都回收铝罐！

## 4 结语

本文介绍了哈佛大学普通化学课程设置情况，重点介绍安德森教授集深厚的教学经验和研究积累进行大学化学课程重构的理念和实践，分享了笔者协助安德森教授参与课程建设和教学工作的做法和体会。面向未来，如何使学生深入了解人类社会发​​展所面临的挑战并认识物质科学在解决社会需求和实现可持续发展目标中的作用，《大学化学——基于全球视野与分子角度的前沿和基础》教材给出了引领，为大学基础课程的教学带来新的视角。哈佛大学化学课程的教学改革以及相应教材的出版，对于培养面向未来的人才具有借鉴和促进作用。

**致谢：**感谢詹姆斯·G.安德森(James G. Anderson)教授让我成为他课程团队的一员参与PS 11近十几年的教学工作。他对教学的热情和理念使我受益匪浅，让我在和他一起教学的过程中对化学的应用和化学的教学都有了不同以往的认识。感谢哈佛大学化学与化学生物系本科系主任Gregg Tucci博士对我在教学工作中的指导和支持。感谢高松院士、王颖霞教授，以及所有其他参与翻译安德森教授所写教材的译者老师们，是他们精益求精的努力使得该书中译版得以和更多的读者见面。在和他们讨论翻译细节的过程中，他们所提的建议对我们的PS 11教学也很有帮助。

参 考 文 献

- [1] Anderson, J. G. *University Chemistry: Frontiers and Foundations from a Global and Molecular Perspective*, 1st ed.; The MIT Press: Cambridge, MA, USA, 2022.
- [2] Anderson, J. G. 大学化学: 基于全球视野与分子角度的前沿和基础. 高松, 王颖霞, 等译. 北京: 科学出版社, 2025.
- [3] Fields of Concentration at Harvard College. [2025-09-01].  
[https://prod-collegestudenthandbook.drupal/sites.harvard.edu/sites/g/files/omnuum5551/files/2025-05/fields\\_2025-26\\_4.3.25.pdf](https://prod-collegestudenthandbook.drupal/sites.harvard.edu/sites/g/files/omnuum5551/files/2025-05/fields_2025-26_4.3.25.pdf)