

化学“101计划”普通化学课程建设

杨娟*

北京大学化学与分子工程学院, 北京 100871

摘要: 普通化学是教育部化学“101计划”12门专业核心课程的第一门, 是大学化学课程的基础, 在大学化学课程体系中具有独特的地位。本文从课程信息、知识模块与知识点、核心师资团队建设、核心教材与教案建设等方面, 详细介绍了“101计划”普通化学课程设计理念及建设情况。以“101计划”为契机, 建设一流核心课程、核心教材和核心师资团队, 以期达到提升化学学科人才培养质量的目标。

关键词: 普通化学; 化学“101计划”; 课程建设; 知识模块

中图分类号: G64; O6

Construction of General Chemistry Course in the Chemistry “101 Plan”

Juan Yang *

College of Chemistry and Molecular Engineering, Peking University, Beijing 100871, China.

Abstract: General Chemistry is the first of the 12 core courses in the Chemistry “101 Plan” of the Ministry of Education, and serves as the foundation of university-level chemistry courses. It has a unique position in the university chemistry curriculum system. This article provides a detailed introduction to the design ideas and construction of the General Chemistry course in the Chemistry “101 Plan” from the aspects of course information, knowledge modules and knowledge points, core faculty team building, and construction of core textbook and teaching plans. Taking the Chemistry “101 Plan” as an opportunity, we aim to build a first-class core course, a core textbook, and a core faculty team, in order to improve the quality of talent cultivation in the field of chemistry.

Key Words: General chemistry; Chemistry “101 Plan”; Course construction; Knowledge module

习近平总书记在中共中央政治局第五次集体学习时指出,“建设教育强国,龙头是高等教育^[1]”。教育部基础学科系列“101计划”于2023年4月19日在北京大学启动。教育部副部长吴岩强调,“‘101计划’是高等教育‘龙头’上的‘龙睛’”。“101计划”是拔尖创新人才培养的一项筑基性工程,通过一流核心课程、一流核心教材、一流教师团队和一流实践项目等基础要素“小切口”,牵引解决人才培养“大问题”,带动实现高等教育改革“强突破”,提升基础学科人才培养质量^[2]。化学“101计划”于2023年4月27日在北京大学化学与分子工程学院启动,由高松院士担任化学学科牵头人,在30所化学拔尖学生培养计划2.0基地获批高校的相关院系展开教育教学改革试点工作。化学“101计划”专家组选定了12门专业核心课程,包括8门理论课与4门实验课,其中第一门即为普通化学^[3]。自从化学“101计划”启动以来,普通化学课程组迅速组建了一支高水平核心师资团队,在课

收稿: 2024-08-10; 录用: 2024-08-12; 网络发表: 2024-09-19

*通讯作者, Email: yang_juan@pku.edu.cn

基金资助: 高等教育质量保障专项(化学“101计划”专项)

程建设、教材建设、教研活动以及课堂提升环节均开展了一系列工作，以探索化学拔尖人才培养的新理念、新内容和新方法。

1 课程信息

1.1 课程定位

普通化学，也称化学原理或化学概论，是大学化学类专业入门课程，是大学化学课程的基础。“101计划”普通化学课程的建议学分为4，建议学时数为64，建议开课学期为大学第一学期。化学是研究物质的组成、结构、性质以及物质间转化的科学分支，其特征是从分子层次认识物质和创造物质。作为大学化学类专业的一门纲领性课程，普通化学系统地介绍化学的基本概念、原理、方法及其发展过程。课程从原子、分子等微观层面出发，介绍物质的概念，阐述化学原理，辩证分析微观与宏观的联系，建立对化学体系的理解。

1.2 课程建设目标

作为化学类专业本科生进入大学后学习的第一门化学课程，普通化学课程设定的总体目标为：在教授专业基础知识的同时，帮助学生顺利从高中学习过渡到大学学习，培养优秀的研究型人才。通过普通化学课程的学习，使学生掌握化学的基本概念、原理和方法，理解化学学科的特点，为后续专业课程的深入学习奠定基础。希望学生不仅理解基本的化学方法和原理，还能强化从化学角度表述、分析和解决科学问题的能力，培养科学思维，提升拔尖人才培养质量。强化与中学化学的衔接，帮助学生从中学化学以定性描述为主过渡到半定量分析。此外，增加基础知识的覆盖面，兼顾近化学类专业学生提升拔高的学习需求。

1.3 课程设计思路

普通化学课程强调微观与宏观的联系，希望学生能从原子、分子等微观层面建立对化学体系的理解。课程从科学方法论和化学概论开始，介绍化学作为“中心科学”的学科特点及主要分支领域，培养学生的科学思维，强化对化学学科的整体认识。接下来以相互作用为核心、由小到大地讲解物质的微观结构，具体内容包括原子结构(从最小的氢原子，到类氢原子，再到多电子原子)、分子结构(原子相互结合时形成的共价键、离子键、金属键等化学键，以及分子间作用力)和晶体结构(原子或分子进一步结合形成的金属晶体、离子晶体、共价晶体和分子晶体等)。在从微观层面建立了对化学体系的理解基础之上，再来讲解描述物质状态与物质转化的方向、限度和过程等的宏观化学原理，辩证分析微观与宏观的联系，具体内容包括物质状态(气体、液体、固体和溶液)、化学热力学(化学热力学基本概念、原理，以及运用原理判断反应的自发性和条件的有利性等)、化学平衡(平衡原理、四大化学平衡和电化学等)和化学动力学(化学反应速率及其影响因素、化学动力学理论模型与反应机理等)。

2 知识模块与知识点

普通化学课程包含7个知识模块和48个知识点。7个知识模块划分为三大块：第一块为化学概论，包含模块1；第二块为微观物质结构，包含模块2原子结构和模块3分子结构与晶体结构；第三块为描述物质状态与转化规律的宏观化学原理，包含模块4物质状态、模块5化学热力学、模块6化学平衡和模块7化学动力学。描述各模块之间的关系如图1所示。具体知识点名称、主要内容和参考学时汇总于表1，其中各知识点的主要内容按A、B、C分级，A代表基础和核心(必修)，B代表高级和综合(限选)，C代表扩展和前沿(选修)。课程的总和参考学时数为70，包含必修和限选(A+B) 64学时、选修(C) 6学时。各化学拔尖学生培养计划2.0基地可根据学生基础和自身办学特色，充分利用模块化教学的优势，在涵盖各知识点必修内容的基础之上，合理选择限选和选修内容，组成各具特色的普通化学课程内容。

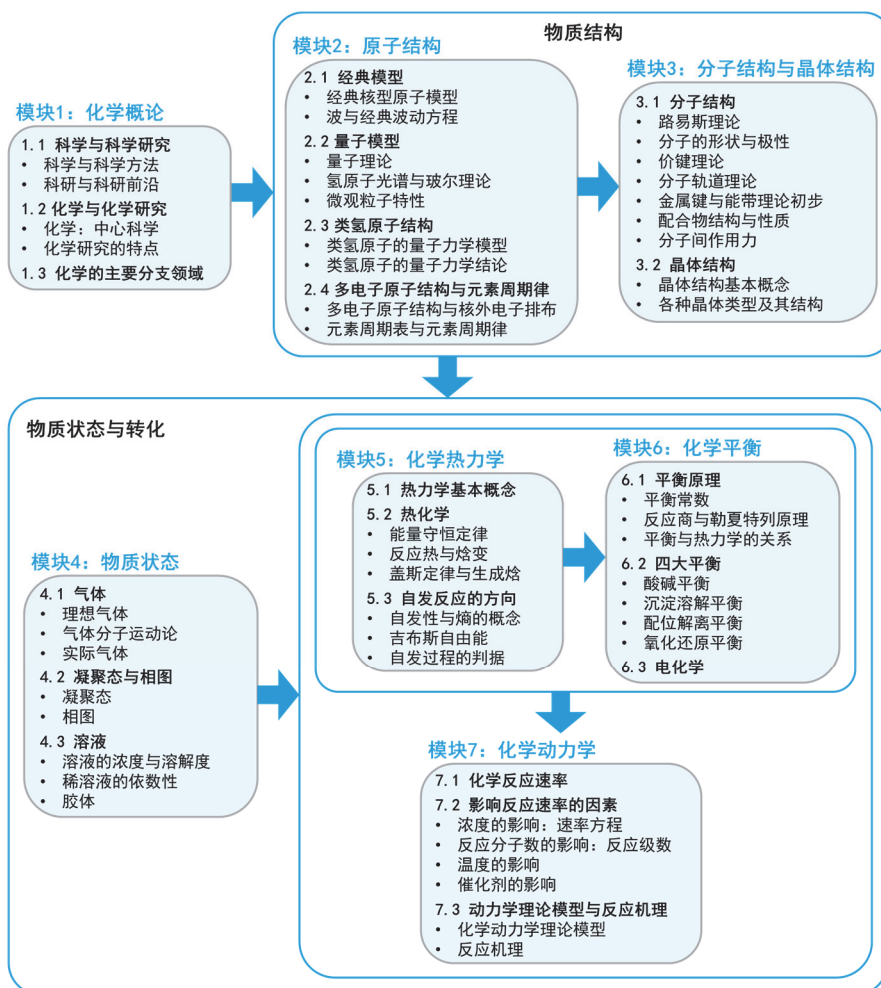


图1 普通化学课程知识模块关系图

表1 普通化学课程知识点汇总

序号	知识点名称	主要内容	参考学时 ^a
模块1 化学概论(责任高校: 北京大学)			1+1
1.1	科学与科学研究	科学与科学方法(A); 科研与科研前沿(C)	0.5
1.2	化学与化学研究	化学: 中心科学(A); 化学研究的特点(C)	0.5
1.3	化学的主要分支领域	无机化学(A); 有机化学(A); 分析化学(A); 物理化学(A); 理论与计算化学(A); 高分子化学(A); 核化学(A); 化学生物学(A)	1
模块2 原子结构(责任高校: 北京航空航天大学、四川大学、大连理工大学、兰州大学)			11+1
2.1	经典核型原子模型	元素与原子的概念(A); 电子的发现及其性质(A); α 粒子散射实验(A); 核型原子模型及其局限性(A)	1
2.2	波与经典波动方程	波与电磁辐射的概念(A); 经典波动方程(B); 电磁波谱区域(B)	1
2.3	量子理论	黑体辐射(B); 普朗克量子理论(A); 光电效应(B); 爱因斯坦光子理论(A)	1
2.4	氢原子光谱与玻尔理论	连续光谱与线状光谱(A); 氢原子光谱(A); 玻尔理论(A); 能级图与电离能(A)	1
2.5	微观粒子特性	波粒二象性(A); 不确定性原理(A); 概率波与驻波(B)	1

(待续)

(续表1)

序号	知识点名称	主要内容	参考学时 ^a
2.6	类氢原子的量子力学模型	量子力学与波动力学(A); 波函数(A); 概率与概率密度(A); 薛定谔方程的一般形式(A); 箱中粒子模型的薛定谔方程及其求解(C); 类氢原子的薛定谔方程(B)	3
2.7	类氢原子的量子力学结论	四个量子数(A); 量子化能级(A); 角度波函数(A); 径向波函数(A); 概率密度空间分布图像(A); 径向分布函数(A); 类氢原子的电子结构(A)	2
2.8	多电子原子结构与核外电子排布	多体效应(A); 屏蔽与钻穿(A); 原子轨道能级图(A); 核外电子排布规律(A); 构造原理(A)	1
2.9	元素周期表与元素周期律	元素周期表(A); 原子半径与离子半径的周期性(A); 电离能的周期性(A); 电子亲和能与电负性的周期性(A)	1
模块3 分子结构与晶体结构(责任高校: 华东师范大学、浙江大学、南京大学、华中科技大学、吉林大学)			12+2
3.1	路易斯理论	路易斯符号与路易斯结构(A); 八隅律(A); 形式电荷(A); 路易斯理论的局限性(A)	0.5
3.2	分子的形状与极性	价层电子对互斥理论(A); 分子的形状(A); 偶极矩与键矩(A); 静电势图(C); 分子的极性(A)	2
3.3	价键理论	成键理论的目标(A); 价键理论的要点(A); 共价键的特性与分类(A); 杂化轨道理论(A); 共振理论(A)	2
3.4	分子轨道理论	分子轨道理论的要点(A); 不同结构类型的分子轨道(A); 前线轨道理论(B)	2
3.5	金属键与能带理论初步	金属键的特性(A); 电子海模型(A); 能带理论初步(C)	1.5
3.6	配合物结构与性质	配合物的概念与结构(A); 配合物的命名(A); 晶体场理论(A); 配合物的性质(B); 配位化学的应用(C)	2
3.7	分子间作用力	三类偶极(A); 色散力(A); 取向力(A); 诱导力(A); 氢键(A); 其他分子间作用力(A)	1
3.8	晶体结构基本概念	晶体的定义(A); 晶格、结构基元与晶胞(A); 晶格类型与晶格参数(B)	1.5
3.9	各种晶体类型及其结构	金属晶体结构(A); 离子晶体结构(A); 分子晶体结构(A); 共价晶体结构(A); 混合晶体简介(A)	1.5
模块4 物质状态(责任高校: 厦门大学、北京大学、中国科学技术大学、上海交通大学)			9+1
4.1	理想气体	理想气体基本假定(A); 简单气体定律(A); 理想气体状态方程(A); 混合气体分压与分体积定律(A)	1
4.2	气体分子运动论	三点基本假定(A); 压强体积方程及其意义(B); 温度的含义(A); 气体分子的速率分布(B); 扩散与隙流(B)	2
4.3	实际气体	实际气体的体积(A); 实际气体的压强(A); 范德华方程(A)	1
4.4	凝聚态	凝聚态的定义(A); 气、液、固三态转变(A); 液体的性质(A); 固体的性质(A); 物质的其他相态(C)	2
4.5	相图	单相区(A); 相图上的直线与曲线(A); 三相点(A); 临界点与超临界流体(A); 相图示例(A)	1.5
4.6	溶液	溶液的浓度(A); 溶解度(A); 稀溶液的依数性(B); 胶体(C)	2.5
模块5 化学热力学(责任高校: 华南理工大学、同济大学、北京师范大学)			9+1
5.1	热力学基本概念	体系、环境和宇宙(A); 状态和状态函数(A); 热力学常见过程(A)	1
5.2	能量守恒定律	能量与内能(A); 热和功(A); 热力学第一定律(A); 可逆与不可逆过程(A)	1
5.3	反应热、焓变与盖斯定律	反应热及其实验测定(A); 焓与焓变(A); 反应进度(A); 热力学标态与标准焓变(A); 热化学方程式(A); 盖斯定律(A)	2
5.4	自发性与熵的概念	自发与非自发过程(A); 熵与混乱度(A); 微观状态数与玻尔兹曼方程(C); 焓变(A); 热力学第三定律(A)	3

(待续)

(续表1)

序号	知识点名称	主要内容	参考学时 ^a
5.5	吉布斯自由能与自发过程的判据	熵增原理(A); 吉布斯自由能与吉布斯自由能变(A); 自发过程的判据(A)	2
5.6	生成焓与生成吉布斯自由能	标准摩尔生成焓(A); 标准摩尔熵(A); 标准摩尔生成吉布斯自由能(A)	1
模块6 化学平衡(责任高校: 兰州大学、中山大学、华东理工大学、南京大学、南开大学)			14+0
6.1	平衡常数	化学平衡及其特点(A); 平衡常数(A); 平衡常数之间的关系(A); 多重平衡原理(A)	1.5
6.2	反应商与勒夏特列原理	反应商的概念(A); 化学平衡的移动(A); 勒夏特列原理(A)	1
6.3	平衡与热力学的关系	范托夫等温式(A); 范托夫方程(A); 吉布斯自由能变、平衡与自发过程的方向(B)	1.5
6.4	酸碱平衡	酸碱理论(A); 水的自耦电离与pH (A); 非水溶剂的自耦电离(B); 弱酸弱碱的电离平衡(A); 同离子效应(A); 缓冲溶液(A)	3
6.5	沉淀溶解平衡	溶度积常数(A); 同离子效应与盐效应(A); 沉淀的生成、溶解和转化(A)	1.5
6.6	氧化还原平衡	氧化态(A); 氧化还原半反应(A); 氧化还原平衡与氧化还原电对(A)	1
6.7	配位解离平衡	配合物稳定常数(A); 多重平衡(A)	1.5
6.8	电化学	电极电势与电池电动势(A); 电化学与热力学和平衡的关系(A); 元素电势图(A); 能斯特方程与浓差电池(B); 电解(B); 化学电源(B)	3
模块7 化学动力学(责任高校: 天津大学、北京化工大学、山东大学、中国科学院大学)			8+0
7.1	化学反应速率	平均反应速率及其测量方法(A); 瞬时反应速率及其测量方法(A); 初始反应速率(A)	1
7.2	速率方程	基元反应与复杂反应(A); 基元反应的质量作用定律(A); 复杂反应的微分速率方程(A); 初始速率法确定速率方程(A)	1
7.3	反应级数	零级反应(A); 一级反应(A); 二级反应(A); 准N级反应(B)	1.5
7.4	温度对反应速率的影响	阿伦尼乌斯方程(A); 活化能的概念(A); 活化能的应用(A)	1
7.5	化学动力学理论模型	碰撞理论(A); 过渡态理论(A)	1.5
7.6	反应机理	反应机理的概念(A); 常见的复杂反应类型(A); 两种常用的近似方法(B)	1
7.7	催化与催化化学	催化剂的特性(A); 均相催化(A); 多相催化(A); 酶催化(A)	1

^a参考学时显示为两个数字之和, 前一数字为必修与限选学时之和, 各模块总计64学时; 后一数字为选修学时, 各模块总计6学时

3 核心师资团队建设

2023年7月“101计划”普通化学课程虚拟教研室获批教育部第三批虚拟教研室。依托虚拟教研室, 普通化学课程组组建了一支由北京大学、北京航空航天大学、北京化工大学、北京师范大学、中国科学院大学、南开大学、天津大学、大连理工大学、吉林大学、同济大学、上海交通大学、华东理工大学、华东师范大学、南京大学、浙江大学、中国科学技术大学、厦门大学、山东大学、华中科技大学、中山大学、华南理工大学、四川大学和兰州大学共计23所化学拔尖学生培养计划2.0基地64位教师组成的高水平核心师资团队。每所拔尖2.0基地选定一位教师担任本单位联络人, 负责材料汇总和联络工作。根据参与教师人数不同, 每所拔尖2.0基地分别负责普通化学48个知识点中的1-4个。每个知识模块由3-5所拔尖2.0基地组成责任小组, 共同负责教材的审查修订和教案的撰写工作。

4 核心教材与教案建设

与前述知识模块相对应, “101计划”普通化学教材拟分为七章, 覆盖普通化学课程各个知识点,

兼顾不同基础的学生。普通化学教材采用一人主笔、责任小组审阅修订的方式进行，可以增加各章节之间的联系，且行文风格统一，便于学生阅读。在对化学体系定性描述的基础之上，教材重点强调半定量分析，即基于公式绘制图表、通过对图表的解读深化对化学体系的理解。与此相匹配，教材计划采用四色印刷，做到图文并茂，拟绘制一系列颜色鲜明、细节丰富的矢量图，强化学生从图表中获取知识的能力——这是一个研究型人才不可或缺的能力。此外，教材在格式上拟采用双栏设计，文字填入正栏，在边栏插入图片和思考题，特别是在合适的位置插入一些注意事项以及对可能存在疑问的解答。通过格式的设计，增加教材的可读性，便于学生使用教材进行自主学习。

为了体现“101计划”的“高阶性、创新性、挑战度”，增加教材的深度和难度，供拔尖学生进一步提升，教材中还拟包含一系列与课程内容密切关联的案例，平均每章2-3个。案例具体分为三类：第一类是将课程内容与实际应用相关联的案例，如案例5.1日常生活中一些常见能量估算，从常见电器能耗、常见交通工具能耗、日常人类活动能耗、常见可再生及不可再生能源的估算等方面，与教材第五章化学热力学密切相关。第二类是问题导向案例，先提出问题，再利用教材原理分析问题，最终解答问题。如案例5.2卡诺循环与热机效率，一开始提出问题：热机效率是否存在上限？为什么柴油机的效率高于汽油机？在教材第五章的可逆过程和绝热过程基础上，引入卡诺循环，分析热机效率，最终解答这两个问题。第三类是与课程内容密切相关的前沿案例，如稀土配合物的性质、胶体化学、氢燃料电池等，拟邀请做相关方面科研工作的教师撰写，使教材内容反映学术前沿、具有中国科学家特色。

与此同时，拟建设一套与核心教材配套使用的电子教案，内容包含基本信息、教学目标、学情分析、教学重点、教学难点、教学设计和教学过程等。教案编写的重点在于教学手段和教学方法的改进，从教师“如何教”和学生“如何学”两方面精心设计，从以线下讲授为主的教学模式，向多样化设计、强化学生课堂参与度等有效提升课堂教学效果的综合设计转变^[4]。作为电子出版物，电子教案无纸质，容量不受限制，可及时更新迭代。教案蕴含教师思想、凝聚教师智慧，可以署名以体现教师的个人贡献。

5 结语

普通化学是化学“101计划”12门专业核心课程的第一门，是化学类专业本科生进入大学后学习的第一门专业课程，在大学化学课程体系中具有独特的地位。“101计划”普通化学课程组在专家组对化学学科进行顶层设计和全面指导下，确立了从微观物质结构到宏观化学原理的课程设计思路。普通化学课程组持续推进具有“高阶性、创新性、挑战度”的一流核心课程建设，并配套课程开发反映学术前沿、具有中国特色的一流核心教材和教案，通过教师培训、交流研讨等活动提升教师的教育教学能力，以期达到提升化学学科人才培养质量的目标。

参 考 文 献

- [1] 在教育强国建设中充分发挥高等教育龙头作用. [2024-07-30]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5148/202306/t20230627_1065948.html
- [2] 基础学科系列“101计划”工作推进会暨计算机“101计划”成果交流会召开. [2024-07-30]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/moe_1485/202404/t20240419_1126372.html
- [3] 高松, 苏成勇. 高等学校化学类专业人才培养战略研究报告暨核心课程体系. 北京: 高等教育出版社, 2024.
- [4] 张树永. 中国大学教学杂志, 2023, No. 12, 8.