

一流本科课程建设背景下无机化学“金课”建设路径研究与实践

郭丽, 陈春霞, 韩福芹, 王丽丽, 冯伟, 陈大树, 周志强*

东北林业大学化学化工与资源利用学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2021年10月24日; 录用日期: 2021年11月22日; 发布日期: 2021年11月30日

摘要

以无机化学课程为载体进行了“金课”建设实践。体现以学生为中心、以产出为导向、持续改进的理念, 提升课程的高阶性, 突出课程的创新性, 增加课程的挑战度, 切实提高课程教学质量, 突出立德树人。围绕目标达成、教学内容、组织实施和多元化评价进行整体规划, 突出教学策略、教学方法、教学过程、教学评价的合理设计。致力于实现“知识传授、能力培养和价值引领”同步提升。无机化学“金课”建设取得了良好的效果, 具有一定的参考借鉴意义。

关键词

一流本科课程, 金课, 无机化学

“Golden Course” Construction Path and Practice in *Inorganic Chemistry* under the Overall Background of First-Class Undergraduate Programs Construction

Li Guo, Chunxia Chen, Fuqin Han, Lili Wang, Wei Feng, Dashu Chen, Zhiqiang Zhou*

College of Chemistry, Chemical Engineering and Resource Utilization, Northeast Forestry University, Harbin Heilongjiang

Received: Oct. 24th, 2021; accepted: Nov. 22nd, 2021; published: Nov. 30th, 2021

*通讯作者。

文章引用: 郭丽, 陈春霞, 韩福芹, 王丽丽, 冯伟, 陈大树, 周志强. 一流本科课程建设背景下无机化学“金课”建设路径研究与实践[J]. 教育进展, 2021, 11(6): 2438-2448. DOI: 10.12677/ae.2021.116380

Abstract

“Golden Course” construction was carried out with *Inorganic Chemistry* as a demonstrative course. The educational philosophy of student-centered, output-oriented and continuous improvement idea was embodied. The degree of advancement, innovation and challenge of the course was enhanced. Overall planning was carried out focusing on goal achievement, teaching content, organization and implementation, and diversified evaluation. Therein, teaching strategy, teaching method, teaching process, and teaching evaluation were highlighted. The ultimate goal of “simultaneous progress of knowledge learning, ability cultivation and value guidance” was primarily realized. Good results have been achieved in the “golden course” construction in *Inorganic Chemistry*, suggesting that this work has certain significance of reference and promotion.

Keywords

First-Class Undergraduate Program, Golden Course, *Inorganic Chemistry*

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

一流本科课程建设是贯彻落实习近平总书记关于教育的重要论述和全国教育大会精神，落实新时代全国高等学校本科教育工作会议要求，坚持立德树人根本任务，深化高等教育教学改革，提高教育教学质量的重要举措[1]。大力推进适应新时代高质量发展要求的一流本科课程建设，意义重大。它将营造改革创新浓厚氛围，促进信息技术与教育教学深度融合，完善以质量为导向的课程建设激励机制，带动教材建设和专业发展，实现以“学习革命”推动高等教育人才培养的“质量革命”，助推中国高等教育跃上新台阶[2]。一流课程也称“金课”，其评价标准为“两性一度”，即高阶性、创新性和挑战度[3]，要求坚持以学生为中心、以产出为导向、持续改进的理念，提升课程的高阶性，突出课程的创新性，增加课程的挑战度，切实提高课程教学质量。课程是人才培养的核心要素，课程质量直接决定人才培养质量。课程是专业建设的核心内容，课程的优劣直接关系到人才培养的质量，学生在校期间受益最直接、最显效的就是课程。一流课程既是建设一流学科、一流专业的重要抓手，也是培养卓越拔尖人才的重要支撑[4]。为全面振兴本科教育、培养新时代高质量人才，在一流本科课程建设背景下探索研究“金课”建设路径，具有现实意义。

无机化学是高等院校化学化工近源专业的第一门基础化学课，向新生比较全面地介绍化学学科的全貌、化学学科的分支、化学的基本原理、元素化学的基本知识与理论、现代化学研究的前沿领域，等等。该课程是培养化学化工类专业技术人才整体知识结构及能力结构的重要组成部分，也是后续专业课程的基础。无机化学的学习能够培养学生诸多方面的能力与素质，如认知、观察、思维、实验和自学等，同时还能够培养创新精神，完善品格。无机化学蕴含着丰富的思想政治教育元素，不仅具有巨大的智力价值，还具有巨大的精神道德价值，表现出科学性、知识性和思想性的统一，可以实现“知识传授、能力培养和价值引领”同步提升。进行一流本科课程建设背景下无机化学课程“金课”建设路径研究与实践，

有必要性，有可行性，有重要意义。

2. “金课”建设路径规划

坚持以学生为中心、以产出为导向、持续改进的理念，提升课程的高阶性，突出课程的创新性，增加课程的挑战度，切实提高课程教学质量，突出立德树人。围绕目标达成、教学内容、组织实施和多元化评价需求进行整体规划，突出教学策略、教学方法、教学过程、教学评价等合理设计。无机化学“金课”建设的重点与整体规划如表1所示。

Table 1. Key points and overall planning of “golden course” construction in *Inorganic Chemistry*

表 1. 无机化学“金课”建设的重点与整体规划

“金课”建设的重点	整体规划
课程内容与时俱进	选用教材符合教育部和学校的教材选用规定，教学资源丰富多样；课程内容结构符合学生求知与成长规律，契合课程目标，强调广度和深度，体现知识体系的持续更新；体现思想性、科学性与时代性，及时引入科学技术前沿成果；融入思想政治教育元素，突出课程思政，实现立德树人润物无声。
教学组织与实施——突出学生中心地位	教学资源与教学形式的组织符合学生认知规律，考虑学生人格和能力的个体化差异，关注其未来发展的需要；根据学生认知规律和接受特点，创新教授与学习模式，因材施教，促进师生间、生生间的交流互动、资源共享、知识生成；深度融合信息技术与课程教学，引导学生进行探究式与个性化学习；教学方法体现先进性和互动性，强化师生、生生互动，避免教师满堂灌、学生被动听。
考核评价体现过程性和多元化	课程评价与课程目标对应，加大学生投入，科学“增负”，让学生体验“跳一跳才能够得着”、“跑跳够得更高”的学习挑战；增强学生经过刻苦学习收获知识、素质和能力的成就感；加强非标准化、综合性评价，强化阅读量和阅读能力考查。

3. “金课”建设实施方案

依据“金课”建设的路径规划，围绕“金课”建设的重点进行设计并实践，具体如下：

3.1. 课程内容与时俱进

保障教学资源的优质性与适用性，以提升学生综合能力为重点，重塑课程内容。课程内容体现前沿性与时代性，反映学科专业和行业先进的进展与成果；聚焦新工科建设，增加体现多学科融合、产学研融合、跨专业融合等内容；落实课程思政建设，通过专业知识教育与思想政治教育的有机融合，实现“知识传授、能力培养和价值引领”同步提升。

3.1.1. 依据大纲，立足教材，开展专题式教学

依据大纲，立足教材并适当高于教材，针对主要知识点采用专题式教学，与主题式教学相辅相成。通过专题式教学，教师能够灵活安排教学计划，充分利用各种教学手段，克服教材内容相对滞后、逻辑更新慢的固有不足，实现知识逻辑、认知逻辑、教学逻辑与学习逻辑四大系统的统一，突出体现知识的必然联系、高度整合与持续提升。从纵横两个方面将教学内容及学科知识点进行整理、归并、提炼与升华。纵向上，以教学结构中螺旋反复为指向，走“积极前进，循环上升”之路；横向上，以教学内容中知识的相互作用为指向，走知识结构与认知结构相结合的道路。举例如下。

以“化学反应自发进行的判据”为专题讲述下列知识：自发过程；影响化学反应方向与限度的因素；熵和吉布斯函数；热力学第二定律、第三定律；化学反应标准摩尔焓变、熵变和吉布斯函数变；吉布斯

函数判据等。内容设计以有科学趣味性、有逻辑性、有深度和广度、有科学性和时代性、信息不过载等为原则,同时引入能源领域的前沿进展、融入思想政治教育元素,以拓展课程深度、激发学习兴趣、强化专业认同感、建设课程思政。教学设计上,引入案例呈现、设疑式导学等教学模式,充分应用现代多媒体技术与资源,以问题为导向步进式推进,引入科学前沿拓展视野;同时,结合知识点,恰当地融入思想政治教育,隐性渗透,润物无声,提高学生的思想政治素质。以“影响化学反应速率的因素”为专题讲述浓度、温度和催化剂对反应速率的影响。引入实例,生动形象地说明问题:空气中即将熄灭的余烬,于纯氧中复燃;食物于低温下延长保质期;高压锅煮饭熟得更快;向灶膛内扇风火更旺;食品包装袋充入 N_2 或抽真空,减慢氧化,延长保质期;加酶洗衣粉洗衣服更容易干净;蜂窝煤更易燃烧;碳敲成小块燃烧火更旺。要求学生结合实例思考影响反应速率的因素,引导学生思考、讨论、归纳、总结,提高学生分析问题和解决问题的能力。

3.1.2. 融入思想政治教育元素, 突出课程思政

深入挖掘课程蕴含的思想政治教育元素,充分发挥课程承载的思想政治教育功能。立德树人,润物无声。加强课程规划设计,修订教学大纲,完善教学教案,创新教学方法,结合课程知识特点恰当地融入思想政治教育,提高学生思想政治素质,增强其社会责任意识,使学生坚定理想信念、增强社会主义核心价值观、发扬中华优秀传统文化、提高职业素养、树立生态文明思想、践行以人为本科学发展观;等等。表 2 给出了无机化学“金课”课程思政建设设计。

Table 2. Ideological and political education design in *Inorganic Chemistry* “golden course” construction [5] [6] [7]
表 2. 无机化学“金课”课程思政设计[5][6][7]

授课知识点	思政教育融入点设计	教学方法	思政育人成效
无机化学发展史	讲述我国古代璀璨文明和我国化学家在化学发展史上的突出贡献;举例侯式制碱法,人工合成有生物活性的结晶牛胰岛素,诺贝尔得主屠呦呦的科研历程;突出以爱国主义为核心的民族精神。	画龙点睛,金句嵌入	厚植爱国主义情怀,增强民族自豪感,树立文化自信。
理想气体状态方程	于讲解道尔顿分压定律中穿插道尔顿生平事迹,如坚持观测气相 56 年。	故事说理	弘扬科学精神和工匠精神。
反应级数	分析日本福岛核泄漏事故,引入安全教育。	案例分析	树立安全意识。
Arrhenius 方程	借助 Arrhenius 电离理论的提出,凸显思辨精神、科学创新之可贵。	案例分析	培养科学思维精神。
Gibbs 公式	讲解吉布斯函数变(ΔG)对化学反应方向的影响,通过钱逸泰教授“稻草变黄金”反应,进行社会主义核心价值观教育。	循循善诱,采用进阶提问法	增强学生对我国化学工业的自信心以及对中国特色社会主义事业的道路自信。
配合物	讲解固氮酶的发现,引入爱国情怀教育。	故事说理	激发学生的爱国情怀。
原电池	讲解废旧电池的处理,引入生态文明教育。	案例分析	树立生态文明思想。
原子结构	人类对原子结构的认识经历了漫长的历史和曲折的历程,科学研究没有坦途,弘扬科学探究精神。	故事说理	弘扬科学探究精神。
原子半径的变化规律	通过稀土原子镧系收缩,讲述稀土之父徐光宪先生在该领域的重大贡献,引入爱国主义精神和中华优秀传统文化教育。	故事说理	弘扬爱国主义精神,弘扬中华优秀传统文化。

Continued

多电原子的轨道能级图	判断基态多电子原子轨道的能级高低中, 讲述徐光宪先生提出的“ $n + 0.71$ ”规则, 讲述其生平事迹, 引入爱国主义精神和中华优秀传统文化教育。	故事说理	弘扬爱国主义精神, 弘扬中华优秀传统文化。
元素周期律	通过门捷列夫经历 20 余年发现元素周期律的过程, 引入探索求真的科学精神教育和唯物辩证法与科学认识论教育。	进阶提问	培养探索求真的科学精神, 加强唯物辩证法与科学认识论教育。
杂化轨道	美国化学家鲍林两次获得诺贝尔奖, 其中一次是由禁止核试验条约而获得诺贝尔和平奖, 由此引申至价值观教育上, 启发学生从国家意识、法治意识、社会责任意识等方面树立正确的世界观、人生观、价值观, 引导学生学习和践行社会主义核心价值观。	案例对比	从国家意识、法治意识、社会责任意识树立正确的世界观、人生观、价值观, 学习和践行社会主义核心价值观。
元素性质综述	介绍超导元素, 举例“中国的人造太阳”, 引入以爱国主义为核心的民族精神教育。	画龙点睛, 为知识赋予意义	爱国主义为核心的民族精神教育, 激励学生立志肩负民族复兴的时代重任。
碳族元素	讲解 CO_2 温室效应, 引入生态文明教育。	情景分析	树立生态文明思想。
氮族元素	三聚氰胺案例, 引入社会责任意识教育和职业道德教育。	案例分析	增强社会责任意识和职业道德意识。
氮族元素	讲解酸雨的形成、危害与治理, 以“绿水青山就是金山银山”的发展理念和习近平总书记生态文明思想经典论述为切入点, 启迪学生生态文明思想, 使学生进一步增强环境保护意识和生态文明理念。	画龙点睛, 为知识赋予意义	树立生态文明思想。
氧族元素	讲解臭氧层破坏的原因、危害与治理, 引入生态文明教育。	画龙点睛, 为知识赋予意义	树立生态文明思想。
卤素	讲述巴拉尔向李比希的氯化碘挑战发现了溴的事例, 弘扬科学探究精神。	故事说理	培养科学探究精神。
卤素	讲述莫瓦桑攻克游离氟的历程, 弘扬科学探究精神。	故事说理	培养科学探究精神。
稀有气体	通过讲述英国物理学家瑞利发现氩的历史弘扬科学探究精神。	故事说理	培养科学探究精神。
元素铬	讲解 Cr^{3+} 水污染的原理、危害与治理, 引入生态文明教育。	画龙点睛, 为知识赋予意义	树立生态文明思想。

3.1.3. 引入科学前沿、科研实践和社会热点

教师结合自己的科研方向和学科发展, 有针对性地解读当前最新前沿动态, 激发学生对科学研究的兴趣, 拓宽视野, 为培养科学思维能力、科学分析能力、科学研究能力和科学创新精神提供一定的基础。跟进发展前沿, 不断更新授课内容, 保持科学前沿对学生的吸引力、激发力。例如: 讲解通过吉布斯函数变判断“水分解生成氢气”反应的自发性时, 引入我国在海水分解制氢方面的前沿技术和重大进展[8]; 讲解钙钛矿型(ABX_3)晶体结构、离子占位规律等时, 引入我国科学家在钙钛矿结构太阳能电池领域的前

沿案例[9]；讲解 d-d 跃迁时，引入北京大学黄春辉课题组最新研究成果[10] [11]；等等。在授课过程中，随时穿插介绍本专业相关教师的科研方向，引导有兴趣、有精力的同学到相关教师的实验室进行一定的科学研究实践，理论联系实际加深对知识点的理解、拓展和应用，同时也为日后发展打下一定的科研基础。

3.2. 教学组织与实施中突出学生中心地位

始终秉持以学生为中心、以产出为导向、持续改进的理念。打破传统课堂“满堂灌”的“填鸭”模式，转变传统教学中“教师负责讲，学生负责听”的固化理念，将师生间“我讲-你听”的单向单调关系转变为“讲授与学习、探索与反馈”的双向合作关系，提高学生在学习中的主体地位，以教为中心向以学为中心转变，被动学习向主动学习转变。同时，培养学生分析问题、解决问题的能力和审辩式思维能力。合理运用数字化教学工具，线上线下相结合，学生个别化学习与合作学习相结合。强化课堂教学中师生互动、生生互动环节，加强研究型、项目式学习，运用案例式、研讨式等教学方法，建立促进价值塑造、知识更新和能力培养为主的新型课堂教学方式。教学组织与实施可以分为课前、课中和课后三个阶段，其总体规划如表 3 所示。

Table 3. Teaching organization and implementation

表 3. 教学组织与实施

	教师活动	学生活动
课前	借助数字化教学平台布置相关导向问题和探究内容，给出基本知识点，上传相关讲解视频；根据学生的预习反馈优化教学设计。	预先结合视频讲解学习基本知识，研读教材并查阅资料，分析、梳理导向问题和探究内容背后蕴含的科学知识，归纳总结，形成解决问题的方案。
课中	实施各项教学设计，体现“金课”的“两性一度”，实现知识传授、能力培养与价值引领。	参加完成各项课堂活动，使自己成为课堂的主体，学习知识、培养能力、提升价值。
课后	借助数字化教学平台设置课程复习模块、能力提升模块和价值引领模块，适时适当进行线上测试，以强化所讲所学。	完成各模块学习任务，强化所学，实现“知识学习、能力培养、价值提升”。

3.2.1. 课前

依据教学目标和教学大纲，教师于课前列出将要学习的知识点，合理设置启发学生思考的导向问题。导向问题应能很好地体现将要学习的知识点，应基于教材并适当高于教材，应是开放的、真实的、具有一定复杂程度的，应具有趣味性和应用背景。要求学生于课前对所设置的导向问题进行分析，梳理解决问题需要哪些科学知识，查阅资料从中提取关键信息，探寻问题与科学知识的内在联系，获得解决问题的方案，思考如何拓展知识的应用，等等。学生受到问题的激发而去积极分析、梳理其中涉及的科学知识，主动探究，拿出一定的问题解决方案。待到课堂上，学生带着问题和自己做出的方案，有目的地听教师对知识点的讲授和对问题的分析，与教师和同学合作讨论、挖掘问题背后的科学知识，举一反三，理性而透彻的理解其中蕴含的科学知识，从中培养分析问题和解决问题的能力，养成自主学习的习惯，培养构建力、想象力、批判力和创造力等辩证性能力，同时也培养团队协作的精神。无机化学课程章节、课程知识点、导向问题概括设计如表 4 所示。在课程实施过程中依据实际情况的动态变化，导向问题可适时调整，每章所列导向问题亦有适当增减，有全选亦有部分选，有个人选亦有分组选。

Table 4. Layout of course sections [12], knowledge points, and orienting problems
表 4. 课程章节[12]、课程知识点及导向问题概括设计

课程章节	课程知识点	导向问题
绪论	化学的研究对象和分支；无机化学的地位、目标、任务、内容；无机化学的学习方法。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 化学的核心与特点是什么？化学在国民经济中的地位和作用如何？ 2) 什么是无机化学？它的研究的对象和目的是什么？其发展分哪几个阶段？ 3) 现代无机化学在哪些领域比较活跃、取得的研究成果较大？其共同特点是什么？
第 1 章 气体	理想气体；理想气体状态方程；分压及分压定律；分体积及分体积定律；范德华气体状态方程。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 非理想气体可以使用理想气体状态方程吗？ 2) “混合气体中，某组分气体的分压与其物质的量成正比”，这种说法正确吗？
第 2 章 热化学	状态函数；功和热；体积功；热力学能；热力学第一定律；化学反应热效应(恒容反应热与恒压反应热)；焓与焓变；反应进度；热化学方程式；赫斯定律；标准摩尔生成焓；标准摩尔燃烧焓；化学反应热效应的计算方法。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 始末态确定后，在不同过程中，Q、W、$Q+W$ 是否都具有确定值？ 2) 什么是热力学能 U (及变化值)，它有什么性质？什么是热力学第一定律，有何意义？ 3) 对于化学过程，$Q_p = Q_V + \Delta nRT$ ($\Delta H = \Delta U + \Delta(PV)$)，是否 Q_p 一定大于 Q_V，为什么？试举例说明。 4) 因为 $Q_p = \Delta H$，$Q_V = \Delta U$，所以 Q_p 和 Q_V 也是状态函数。这种说法对吗，为什么？
第 3 章 化学反应速率	基元反应及质量作用定律；反应速率、反应速率方程、反应速率系数；反应级数；碰撞理论；过渡态理论；活化能；半衰期；范特霍夫规则；阿伦尼乌斯公式；催化剂及催化作用。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 速率方程的数学表达式是什么？书写时应注意什么？ 2) 温度影响反应速度的本质是什么？阿仑尼乌斯方程的意义何在？如何通过阿伦尼乌斯方程求化学反应的活化能？ 3) 什么叫基元反应、非基元反应？它们与通常的计量化学方程式有何关系？ 4) 试述反应速率碰撞理论的要点。 5) 试述反应速率过渡态理论的要点。
第 4 章 化学平衡、 焓、Gibbs 函数	自发过程与非自发过程；可逆过程与不可逆过程；热力学第二定律；熵与焓变；热力学第三定律；吉布斯函数；吉布斯函数判据；吉布斯-亥姆霍兹公式；转变温度；化学反应标准平衡常数；标准摩尔吉布斯函数变及其相关计算。	<ol style="list-style-type: none"> 1) “放热反应都是自发反应”，这种表述对吗？ 2) “一切自发过程，系统的熵总是增大的”，这种表述对吗？ 3) 讨论 U、H、G、S 之间有什么联系和区别。 4) 温度(及压力)如何影响化学反应的方向？升高温度、加大压力，ΔG 就一定增大吗？为什么？ 5) 按 ΔH 和 ΔS 的符号不同，可将化学反应分为几种类型？试讨论其反应的自发性，并举例说明。
第 5 章 酸碱反应和 配位反应	酸碱质子理论；一元弱酸(碱)的解离平衡及 pH 值计算；解离度；同离子效应；盐类水解及影响因素；缓冲溶液、缓冲作用原理、缓冲溶液 pH 值近似计算；配合物的组成、命名和分类；配位平衡的表示方法；配合物的稳定常数；配位平衡的移动；配合物的主要应用。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 根据酸碱质子理论，如何理解酸碱的对立统一关系，酸碱反应的本质是什么？ 2) 什么是弱电解质的，弱电解质具有什么性质？ 3) 如何推导一元弱酸(碱)溶液中 $[H^+]$ 的近似公式，精确 $[H^+]$ 又如何求算？ 4) 影响盐类水解的因素有哪些，如何计算其溶液的 pH 值？ 5) 如何理解同离子效应？ 6) 什么是缓冲溶液，举例说明缓冲溶液的原理；缓冲溶液如何分类，其 pH 值如何计算；缓冲溶液的缓冲能力与哪些因素有关？

Continued

第 6 章 沉淀反应	溶解度与溶度积之间的关系；溶度积规则；溶度积规则的应用及相关计算；同离子效应；盐效应；沉淀的酸溶解、配位溶解、氧化还原溶解；分步沉淀及相关计算；沉淀的转化。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 什么是溶度积？讨论其意义及其与溶解度的联系与区别。 2) 什么是溶度规则？利用溶度积规则解释沉淀的生成与溶解。 3) 什么是完全沉淀、分步沉淀、沉淀转化？
第 7 章 氧化还原反应	氧化数；离子 - 电子配平法；原电池的组成与符号；电极电势；能斯特方程；利用能斯特方程计算电极电势；影响电极电势大小的主要因素；利用电极电势判断氧化剂与还原剂的相对强弱、判断氧化还原反应方向、判断反应进行的程度、计算特殊平衡常数；元素电势图及其应用。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 氧化还原反应的实质是什么？ 2) 试述氧化还原反应方程式的配平方法。 3) 试述电极电势和电动势的能斯特方程的意义，如何运用能斯特方程来判断离子浓度、温度对电极电势及氧化还原反应方向的影响？ 4) 如何应用电极电势判断氧化还原反应进行的方向和限度？ 5) 什么是元素电势图，有何应用？
第 8 章 原子结构	微观粒子的量子化特征；微观粒子的波粒二象性；薛定谔方程；波函数；原子轨道；四个量子数及其物理意义；波函数和电子云图形；概率密度与电子云；屏蔽效应与钻穿效应；多电子原子核外电子的排布规律；基态原子的电子层结构；原子结构与元素周期律；原子半径、电离能、电子亲和能、电负性的周期性变化。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 玻尔理论的主要内容是什么？该理论解决了哪些问题？为何解释非氢原子的光谱时误差难以容忍？如何评价？ 2) 什么是波函数、原子轨道、概率密度、电子云？这些概念间有何联系和区别？ 3) 什么是四个量子数？各表示什么意义？ 4) 什么是屏蔽效应、钻穿效应？它们之间有什么联系，其本质是什么？ 5) 在过渡元素的原子结构中，能级交错有什么意义？是什么原因造成的？ 6) 如何由已知原子序数写出元素的电子构型？如何由已知电子构型写出原子序数、周期数、族数和元素名称？ 7) 什么是元素的电离能、电子亲和势、电负性？它们与原子结构有何关系？
第 9 章 分子结构	路易斯理论；现代价键理论；共价键的特点；共价键的类型(σ 键、 π 键、 δ 键)；键参数；原子轨道的杂化；杂化轨道类型与分子空间构型的确定；价层电子对数；价层电子对的空间构型的确定；分子稳定结构及空间构型的确定；分子轨道；原子轨道组合形成分子轨道的基本原则；同核双原子分子的分子轨道能级图。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 什么是 σ、π 键？各有什么特点？是由什么原因造成的？与重键有什么关系？ 2) 什么是轨道杂化和杂化轨道，原子轨道为什么要杂化？为什么能杂化？ 3) 常见的杂化类型有哪几种？由什么轨道组成？ 4) 什么是价层电子对互斥理论？如何判断共价分子的几何构型？ 5) 为什么第二周期各双原子分子的分子轨道大都是由左至右能量越来越低？ 6) 表征分子的键参数有哪些？如何理解？ 7) 什么是氢键？形成的条件是什么？有什么特点？有哪几种类型？对物质性质有何影响？
第 10 章 固体结构	晶体、非晶体和准晶体；晶胞和晶胞参数；晶系与空间点阵型式；晶体缺陷；金属键理论；等径圆球的密置层与非密置层；金属晶体的密堆积结构；离子晶体的结构型式；离子晶体的半径比规则；晶格能；离子极化与变形性；离子极化对键型、晶形及物质性质的影响；分子间力 - 范德华力(取向力、诱导力、色散力)；氢键；原子晶体；混合型晶体。	<ol style="list-style-type: none"> 1) 晶体的微观特征是什么？ 2) 晶胞的基本特征是什么？试述晶胞与晶体的区别与联系？ 3) 试分析三种金属晶体的堆积模型、配位数、空间利用率。 4) 讨论离子半径比与配位数、晶体构型之间的关系，晶体构型与哪些因素有关？ 5) 五种典型的离子晶体空间构型各具什么特征？ 6) 对比原子晶体与分子晶体的差异性。 7) 试总结各类晶体的结点、质点间作用力、晶体特性，并举出实例。

Continued

第 11 章
配合物结构

配合物的空间构型；中心离子与配体的关系对配离子稳定性的影响；配合物价键理论的要点，配离子的空间构型与杂化方式的关系；配合物的磁性；内轨型和外轨型配合物及其判断；中心离子 d 轨道的能级分裂；影响分裂能大小的因素；中心离子 d 电子的分布；晶体场稳定化能及其计算和应用；配离子的电子吸收光谱。

- 1) 讨论生成内、外轨型配合物的条件及配合物特征。
- 2) 晶体场理论的本质和核心是什么？
- 3) 根据晶体场理论，配合物稳定性的主要因素是什么？
- 4) 中心离子的 d 轨道为什么要分裂？如何分裂(在不同的配位场中)？
- 5) 什么是分裂能(Δ)？试比较 d 轨道在不同配位场中分裂能 Δ 的大小，配位场相同时决定分裂能 Δ 大小的因素有哪些？
- 6) 什么是 CFSE？它与哪些因素有关？是否 CFSE 越大的配合物越稳定？
- 7) 高低自旋、内外轨型各自的含义是什么？各自的决定因素、应用有何不同？
- 8) 如何理解光谱化学序列？如何应用？

3.2.2. 课中

在充分了解学生课前学习情况的基础上进行教学内容和教学模式的设计，总体体现“金课”的高阶性、创新性和挑战度；考虑教师为主导和学生为主体的时间分配；考虑个人、小组之内、小组之间等多种组织形式及过程性评价。课堂中教师讲解重点难点，并通过数字化教学平台中的随堂练习、抢答、主题讨论、问卷、分组任务等形式调动学生的积极性、促进学生充分掌握课程内容。学生采用数字化学习终端实现课上实时答题互动，教师也可实时根据学生答题的正确率充分研判学生的学习情况，并实时进行查缺补漏。教师根据课前预习反馈，指定某些同学针对某些知识点进行讲解，穿插“翻转课堂”、“微课”等多样授课形式。通过以上形式，锻炼提高学生的自学能力，体现“教师主导、学生为主”的教学原则，促使学生理性而透彻的理解所讲课程知识，从中培养分析问题和解决问题的能力，养成自主学习的习惯，培养构建力、想象力、批判力和创造力等辩证性能力，同时也培养团队协作的精神。

3.2.3. 课后

借助数字化教学平台，以章节为单位，设置习题、知识点总结、拓展资源、典型问题解析等模块，供学生课后复习和总结凝练知识点。学生完成数字化教学平台上的线上作业、单元测试等一系列任务后，制作章节知识点的思维导图上传至分组任务区，图 1 为化学反应方向判断的思维导图实例。通过分析学生在数字化教学平台上任务的完成情况，教师可及时获知学生的学习情况，有针对性地进行辅导；同时，通过分析总结，可根据实际情况改进、提高、合理安排下一章节的教学。

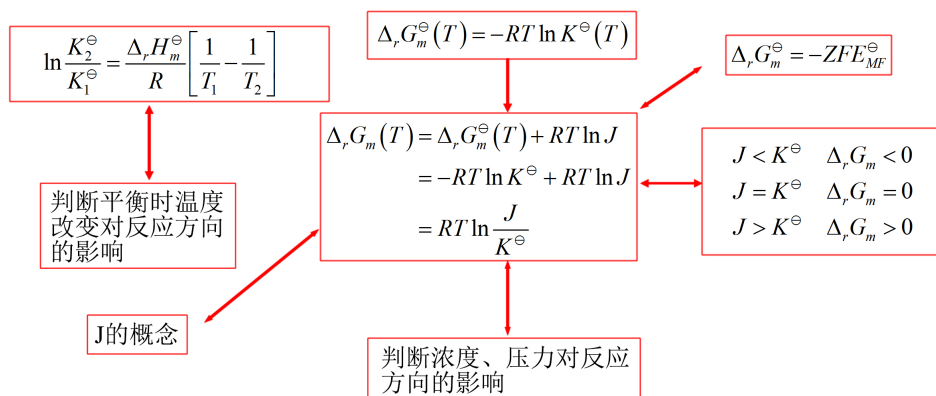


Figure 1. Mind map for the prediction of chemical reaction direction

图 1. 化学反应方向判断的思维导图

3.3. 考核评价体现过程和多元评价

科学合理的评价方式有利于引导学生正确、高效地学习,有利于提升教学质量,对于培养新时代高素质人才具有重要意义。本课程考核评价中,充分体现了过程性评价及评价的多元化,如增加章节小测试、课程小论文、专题讨论、探究性作业等过程性、多元化评价方式。对学生的学习全过程进行动态、实时评价、总结和反馈,为教师提供及时准确的信息,有利于教学方法、教学内容和教学进度等的调整、改进与提高,有利于“课程思政”建设落实和强化。同时,通过增加非标准化、尊重个性化差异、发扬正面个性的评价机制,在各个流程中多角度地考察学生的学习能力、投入程度以及学习成果,激发学生学习动力和专业志趣。本课程最终成绩由平时成绩和期末考试成绩两部分组成。平时成绩设置如表5所示,分为随堂测试、章节作业、与知识点相关的科学小论文或思政小论文、在线抢答、在线讨论等几个方面。通过随堂测试、章节测试、在线抢答、在线讨论,教师可及时了解学生的学习状态和对课程知识的掌握情况,及时发现并处理学生学习过程中存在的问题。通过与知识点相关的科学小论文或思政小论文,教师可以了解学生分析问题、解决问题等能力,了解学生科学思维能力,了解学生发展潜力,了解学生思想动态等。只有对学生学习全过程有了充分的了解,教师才能对学生精准辅导,对教学精准改进。相对于传统单一的期末考试为主的考核评价方式,突出过程性和多元化的考核评价方式具有明显的科学性、合理性、进步性,值得探索研究。

Table 5. Usual performance assessment

表 5. 平时成绩考核设计

组成	考核/评价细则	满分	占平时成绩的权重(%)
随堂测试	闭卷(共3次),试题通过数字化教学平台发放,总分为3次测试之平均值。	100	30
章节作业	依据作业完成的时效性、质量等打分,总分为所有作业成绩之平均值。	100	20
在线抢答	针对课程知识,适当拔高,在数字化教学平台上发布抢答内容,设置积分奖励。	10	10
小论文	依据课程知识和思政教育融入点,布置相关论文题目,鼓励学生查阅文献资料,一定时间内完成论文。论文成绩由评价、小组评价、自我自评几部分组成。总分为所有论文之平均值。	100	30
在线讨论	在数字化教学平台上发布在线讨论题目,鼓励学生自由讨论,成绩由教师评价、学生相互评价、学生自我评价几部分组成。总分为所有在线讨论之平均值。	10	10

4. “金课”建设成效

无机化学“金课”建设,充分体现以学生为中心、以产出为导向、持续改进的理念,提升课程的高阶性,突出课程的创新性,增加课程的挑战度,切实提高课程教学质量,突出立德树人;围绕目标达成、教学内容、组织实施和多元化评价需求进行整体规划,突出教学策略、教学方法、教学过程、教学评价等合理设计;努力实现“知识传授、能力培养和价值引领”同步提升。通过期末课程考核,结合任课教师整学期的观察,委托第三方教师访谈学生,开展学生问卷调查等途径,得出较一致的结论:学生学习兴趣普遍提高,主动性明显增强,主体地位得到大幅提升;学生的课程参与度、获得感、对课程的满意

度有明显的提高；师生互动、生生互动得到明显加强；教师进行教学改革、学生进行创新学习的信心明显增强；思想政治教育有机融入到课程教学中，隐性教育效果显著；同步提升“知识传授、能力培养和价值引领”得到较好体现。无机化学“金课”建设取得了良好的效果，具有一定的参考借鉴意义。

5. 结语

高等教育“金课”建设大幕已全面开启，“金课”是一场以质量为核心的自我升华和变革，“金课”建设涉及从理念到实践的复杂变革，“金课”不是阶段性任务，而是高等教育的常态。教育教学改革永远在路上，课程教学需要不断改革创新、与时俱进，教育工作者需要脚踏实地、实事求是、大胆创新、科学总结、不断改进。唯有改革创新才能突破现有理念、方法上的固有问题，促进高等教育高质量、内涵式发展。

基金项目

东北林业大学教育教学研究项目(DGY2021-35, DGYZD2021-02, DGY2020-04); 黑龙江省高等教育教学改革项目(SJGY20200034)。

参考文献

- [1] 习近平. 把思想政治工作贯穿教育教学全过程开创我国高等教育事业发展新局面[N]. 人民日报, 2016-12-09.
- [2] 蔡映辉. 评估与“金课”建设[J]. 中国大学教学, 2019(5): 49-54.
- [3] 吴岩. 建设中国“金课”[J]. 中国大学教学, 2018(12): 4-9.
- [4] 中华人民共和国教育部. 实施一流本科课程“双万计划”让本科课程优起来——教育部印发《关于一流本科课程建设的实施意见》[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/xw_fbh/moe_2606/2019/tqh20191031/sfcl/201910/t20191031_406261.html, 2019-10-31.
- [5] 张家治. 化学史教程[M]. 太原: 山西教育出版社, 2005.
- [6] 林承志. 化学之路——新编化学发展简史[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [7] 汪朝阳, 肖信. 化学史人文教程[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [8] Kuang, Y., Kenney, M.J., Meng, Y.T., *et al.* (2019) Solar-Driven Highly Sustained Splitting of Seawater into Hydrogen and Oxygen Fuels. *PNAS*, **116**, 6624-6629. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900556116>
- [9] Que, M.D., Dai, Z.H., Yang, H.J., *et al.* (2019) Quantum-Dot-Induced Cesium-Rich Surface Imparts Enhanced Stability to Formamidinium Lead Iodide Perovskite Solar Cells. *ACS Energy Letters*, **4**, 1970-1975. <https://doi.org/10.1021/acsenergylett.9b01262>
- [10] Li, J.Y., Wang, L.D., Zhao, Z.F., *et al.* (2020) Highly Efficient and Air-Stable Eu(II)-Containing Azacryptates Ready for Organic Light-Emitting Diodes. *Nature Communications*, **11**, Article No. 5218. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-19027-x>
- [11] Wang, L.D., Zhao, Z.F., Zhan, G., *et al.* (2020) Deep-Blue Organic Light-Emitting Diodes Based on a Doublet *d-f* Transition Cerium(III) Complex with 100% Exciton Utilization Efficiency. *Science & Applications*, **9**, Article No. 157. <https://doi.org/10.1038/s41377-020-00395-4>
- [12] 孟长功, 主编. 《无机化学》(第六版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018.