

感受陶瓷之美

学院名称	材料科学与工程学院	课程名称	陶瓷工艺学
主讲教师	于岩	教师职称	教授
授课对象	材料科学与工程专业三年级本科生	课程性质	专业必修课

课程简介

我国的陶瓷生产有着悠久的历史 and 辉煌的成就，对世界文化的交流与发展产生了深远的影响。陶瓷工业在我国国民经济中占据着极其重要的地位。陶瓷材料和金属材料、高分子材料并列为当代三大材料。随着科学技术的日新月异，新型陶瓷材料和先进生产工艺不断涌现，陶瓷工业在新形势下必将再次产生飞跃。

本课程的内容紧紧围绕陶瓷材料的“组成-工艺-结构-性能”四要素展开，具体包括原料性质与工艺基础、坯釉组成及配方计算、陶瓷生产过程、陶瓷微观结构和主要性能、陶瓷装饰和后期加工等。本课程的目的在于让学生掌握陶瓷生产的共性原理，理解工艺因素对陶瓷产品性质与结构的影响，能够从技术、经济、环保的角度分析陶瓷生产中的问题和提出改进方案，并能够将所学知识推广和运用于现代陶瓷和一般无机非金属材料领域，为将来从事与材料学科相关的科研、开发、检测及工艺改进等打下基础。

作为材料专业的学生，通过本课程的学习，不但要掌握以陶瓷为代表的无机非金属材料的专业基础知识，还应主动了解陶瓷历史、文化等内容，增强民族自豪感，并立志投身现代材料科学研究与开发，在新时代为新材料事业作出贡献。

教学目标

(1) 掌握课程所讲授的陶瓷材料相关理论知识，进而掌握一般无机非金属材料相关知识；学会用理论知识来阐释工艺原理，全面掌握陶瓷材料的组成、工艺、结构和性能之间的联系，并能指导实际生产，能够对实际出现的一些问题进行综合分析和解决。

(2) 学以致用，能够从技术、经济、环境、法律、安全、社会、文化等角度分析陶瓷生产中的问题和提出改进生产的方案，并具有一定的设计和开发新材料的能力。

(3) 能够借助信息技术了解陶瓷及材料产业行业的发展概况，进行线上线下混合等多种形式的学习，鼓励以团队形式进行交流和讨论。

(4) 了解典型古代名瓷的历史与文化背景知识，了解现代陶瓷的发展趋势，理解陶瓷的发展与社会、健康、文化以及环境等的相互关联，增强专业认同感、民族自豪感和责任感。

(5) 以本课堂理论为基础，结合课内外实验实践活动，了解新技术、新工艺在陶瓷行业的发

展和进步，理解陶瓷材料性能的发展，增强对其本质认识，具备将来从事材料研究的创新能力和素质。

思政元素

专业自信，文化自信，文化素养，民族自豪感，家国情怀。

案例实施路径与方法

（一）育人理念

秉承“学生中心、产出导向”的理念，坚持教学内容的高阶性、创新性和挑战性。

（二）实施思路

按照听众可以最有效学习的思路进行 PPT 设计，注重逻辑和引导。首先借助历史名瓷名窑的典型图片，直观地演示窑变釉的随机呈色效果，引出本讲主要内容；其次利用列提纲等方式突出主讲内容，灵活插入图片，文字内容力求简练；最后用现代窑变釉的图片引导学生思考，激发他们学习的兴趣和探索的动力。

（三）思政元素融入方式

以古代著名的窑变釉为典型代表，结合 PPT，让学生认识窑变釉，掌握窑变釉产生的原因，为实现其可控制备打下基础；同时展示中国古代优秀陶瓷文化，概述窑变釉研究现状，指出不足和发展方向，激发学生学习和探究的兴趣。

（四）教育教学方法

依托在线开放课程资源，使用现代信息技术，综合传统板书、启发式讲解、现代多媒体软件、慕课堂智慧教学等手段，适时设疑，师生通过互动交流，使理论联系实际，将启发式教学与案例教学、发散思维与收敛思维有机地结合。

（五）教学活动设计

（1）简要复习上节课的内容，交代本节课主讲内容（板书：写出章节名称）（1分钟）。

（2）课程导入：展示古代典型窑变釉图片，简述窑变釉色变化多端的特点，引出窑变的定义（板书）（3分钟）。

（3）教学内容：

a. 陈述窑变釉的定义并加以解释。注意突出在古代窑变具有不可预测性，无法人为控制，系偶然所得。

提问：什么原因导致窑变的产生？难道真的完全不可控吗？引出窑变的原因（1分钟）。

b. 窑变釉产生的原因（板书，此部分为重点讲解内容）。主要从釉本身的组成及特性、烧成气氛、烧成温度和其他外部条件等方面讲解影响窑变的因素，并以建盏为例进行解释说明（20分钟）。

c. 在理解和掌握了窑变产生的机理和条件以后，以现代窑变釉的典型代表《世博鸿运当头》罗汉鱼为例（板书），围绕窑变产生的主要原因，解释说明该窑变釉的特点、工艺及控制要点，总结突出随着科技发展，已掌握窑变的机理，古代认为过程不可控制、结果不可预测的窑变釉瓷器已能部分实现可控制备（18分钟）。

d. 结束语采用互动方式：在掌握了窑变的机理和产生原因后，请问在座的同学们能不能根据需要设计和制备出窑变釉？最后以结束语“陶瓷已从古老的艺术宫殿走了出来，迈进现代科技的行列”结束本次课程（2分钟）。

（六）资源载体

教材、PPT、视频、图片、MOOC（慕课）等。

（七）特色与创新

将传统教学方法与现代教育技术相结合，实施“传统+现代”的混合式教学模式。以学生为主体，根据每一堂课教学内容的不同，优选最合理的教学模式，构建多模态课程教学模式和课程评价模式，调动学生的学习兴趣和积极性。

（1）建设在线课程。发挥教师主导和学生主体作用，灵活运用线上线下混合教学方式，引导学生参与线上自学互助和线下师生研讨课，通过“师生互动”“生生互动”，激发学生学习兴趣，发掘学生潜能。

（2）改革实验教学模式。鼓励学生自己或者以小组为单位根据实验原理自行探索设计实验方案，并进行自主实施和验证，提升学生的实践创新能力。

（3）拓展实践教学途径。从经费和课程评价上鼓励和支持学生自主选择与自愿参与实习、设计、实践、竞赛等课内外实践活动，引导学生树立家国情怀。

（4）改变评价方式。开展“四位一体”（增量性评价+累进性评价+个性化评价+导向性评价）的发展性课程评价，将期末考试成绩比重降至20%，关注学生知识持续内化积累的过程，保持学生学习热情和动力，给学生个性发展留空间。

教学成效

几千年的文明给我们留下了大量的历代名瓷，此次课程改革在授课内容中增加约3课时该部分内容，目的是结合古代文化，在专业教育中进行美学教育。带领学生走进历史：去认识、去剖析、去欣赏、去品位美轮美奂的历代名瓷。按历史顺序，选取代表性的名瓷图片，介绍其生产背景，文化氛围，再结合专业知识，讲授这些瓷器的技术特色及生产工艺。教学生如何去赏析名瓷，如何从艺术和专业的角度去评价名瓷。我国陶瓷历史知识之博大精深，令人震撼，准确恰当地把握讲课内容和学生的心理特点，会收到很好的教学效果。

核磁共振基本原理及化学位移

学院名称	化学学院	课程名称	波谱学
主讲教师	陈义平	教师职称	教授
授课对象	化学专业三年级本科生	课程性质	专业必修课

课程简介

“波谱学”课程主要介绍红外光谱、拉曼光谱、紫外光谱、核磁共振谱和质谱等现代仪器分析的基本原理、方法特点及释谱研究方法，为学生本科学习、学位论文，以及今后深造或走上工作岗位打下较坚实的专业理论基础。培养学生理论联系实际能力，可以运用专业理论知识开展科学研究，发现、分析和解决问题；培养学生文献查阅能力，以及跟踪本专业最新动态、研究前沿的意识；培养学生团队合作精神。努力推进学生理论联系实际，为社会培养创新研究型人才；同时培养学生辩证唯物主义的世界观和正确的人生观、价值观，掌握科学的学习方法，重视创新理念。

教学目标

(1) 掌握核磁共振基本原理；理解化学位移概念、形成原因和表达方式，掌握影响化学位移的因素，并学会解析核磁共振谱。

(2) 学会运用核磁共振原理分析解决化学、医学等领域中的实际问题。培养学生跟踪谱学最新动态、研究前沿的意识；培养学生团队合作精神。努力推进学生理论联系实际，为社会培养一批实践创新型和科学研究型人才。

(3) 培养学生辩证唯物主义的世界观和正确的人生观、价值观，掌握科学的学习方法，重视创新理念。

思政元素

从实际出发，理论联系实际，培养学生辩证唯物主义的世界观和方法论；立德树人，坚守职业道德和匠心精神，提高学生的社会责任感，培养学生的家国情怀。

案例实施路径与方法

(一) 育人理念

培养健全人格，服务社会。

（二）实施思路

理论与实践相结合，在教授理论知识的同时与科学实践相结合，结合科学家故事，引入科学精神等思政元素。

（三）思政元素融入方式

采用问题导入法，结合日常生活问题——核磁共振医学检查，激发学生的学习兴趣。课前小测，跟踪学生预习核磁共振基本原理的情况，教师根据小测结果重点讲授知识点、难点。分组讨论，通过学生互评等方式，让学生总结核磁共振的原理，并进行图谱解析，提高分析问题的能力。引用谱学会议最新科研报告视频和屠呦呦等科学家故事，引导学生科研方向，培养创新意识，布置科研性体会作业（含思政），让学生互评，互相学习。

（四）教育教学方法

（1）采用 PPT 演示、板书推导、比较启发等讲授方法相结合的教学手段讲授学生薄弱的知识点，并让学生分组讨论和总结。

（2）通过引入生活中常见的实际问题，理论联系实际，分组讨论。增进师生的互动交流，并训练学生分析问题、解决问题的思维能力。

（3）引用谱学会议最新科研报告视频，引入思政元素鼓励学生努力学习，培养家国情怀；通过课后思政作业让学生凝练体会通过图谱作业，培养学生的创新思维能力，提高学生的科研素养。

（五）教学活动设计

（1）课前小测，跟踪学生预习核磁共振基本原理的情况，教师根据小测结果以启发式重点讲授知识点、难点。

（2）导课：结合核磁共振应用（医疗检测），激发学生对核磁共振相关知识的学习兴趣，引导和启发学生思考知识点的现实意义，提出悬念——核磁共振为什么能这么用？进而引出本节要讲解的主题——核磁共振。

（3）展开阐述：利用板书、论述法和启发学生思考等教学方法讲解“核磁共振基本原理”，利用雨课堂分组讨论核磁共振原理与前述的谱学原理（如紫外光谱）的异同点。

利用理论推导、类比拓展等教学方法引出化学位移及其应用，类比核磁共振发展史，根据这个过程：“理论—应用研究—设计出仪器”，指出这些成就的研究关键点，讲述我国在仪器研究方面的薄弱环节。同时指出国家也注意到了这点，播放在第 21 届（2020 年）全国分子光谱会议上的视频，讲述通过相同的经历，研究者研发了仪器并推广应用。介绍杨黄浩校长获得的一项仪器专项，鼓励学生往这方面研究。

【科研提升】播放在第 21 届（2020 年）全国分子光谱会议上的国家基金委视频，讲述多学科交叉的创新科研思路，学习国家科研重点方向，鼓励学生往这些方向研究，以解决社会需求问题，培养家国情怀。

通过以上教学过程，学生对化学位移产生的原因和应用有了更深刻的领悟，达到了教学目标。同时通过类比科学研究线路，学习科研线路中的创新点。最后指出国家对仪器研究和多学科交叉创新的需求，鼓励学生利用谱学知识解决社会需求问题，培养家国情怀。

（4）深入研讨：通过板书公式推导、随堂小测、图解讲授等方法深入研讨化学位移的表示方法和影响化学位移的因素，并学以致用，利用所学的化学位移的结构影响因素对有机官能团中氢核的化学位移进行排序记忆（图 1），避免死记硬背。

（5）分组讨论，通过学生互评等方式，让学生总结核磁共振的原理，并进行图谱解析，提高分析问题能力。

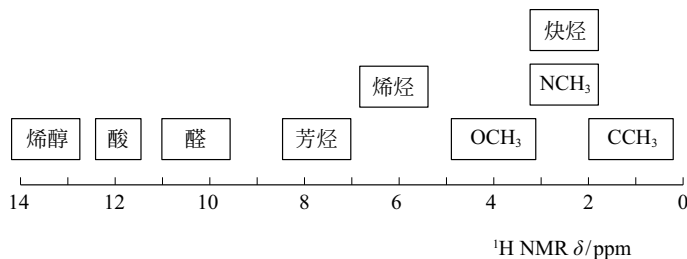


图1 有机官能团化学¹H化学位移

【雨课堂分组讨论】 $C_4H_8O_2$ 的¹H NMR 谱峰面积比为 2 : 3 : 3, 请确定其结构, 并总结解析谱图的技巧和注意点。

(6) 引用谱学会议最新科研报告视频和屠呦呦的科学故事(图2), 引导学生科研方向, 培养创新意识。



图2 青蒿素化学结构及文献

【延伸】提炼出中国科学家坚忍不拔的科学精神。

【过渡】介绍当时国情, 当时流行病——疟疾蔓延, 国家领导人毛主席鼓励科学家们投身疟疾的研究, 重视科学防疫路线方针。

【延伸】新冠病毒流行阶段, 国家领导人也高度重视科学防疫路线方针, 并取得了举世瞩目的成绩。正如梁启超先生《少年中国说》中所述:“美哉, 我少年中国, 与天不老! 壮哉, 我中国少年, 与国无疆!” 鼓励学生努力学习科学知识, 成为强国之路的建设者, 实现中国梦!

【设问】有了化合物的结构后, 可以做什么? 提出药物合成的线路。

【学术前沿】科学家们设计合成青蒿素(图3)。

【延伸】药物合成的线路——科研创新的线路。

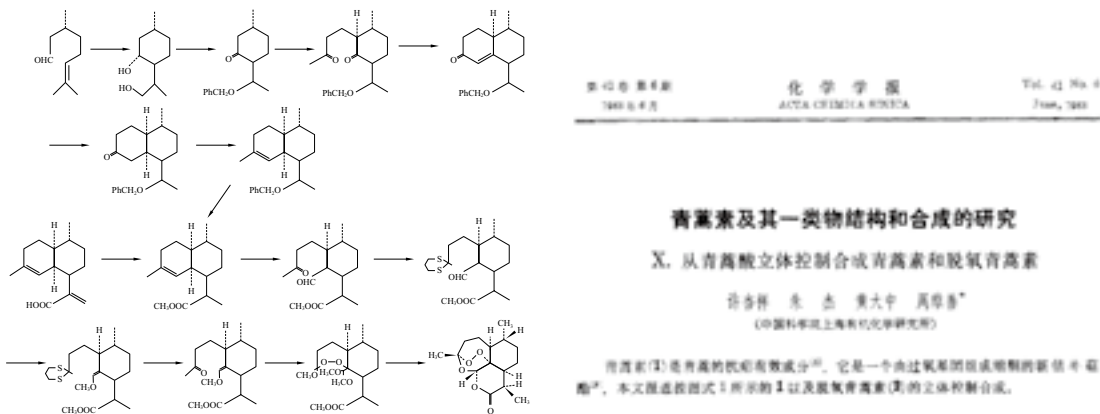


图3 青蒿素化学合成途径及其文献

结合 PPT 演示, 并配合启发式讲授, 帮助学生化抽象为具体, 化难为易, 更好地学会运用化学位移的影响因素有关知识来理解官能团的化学位移位置, 避免死记硬背, 达到教学目标。

(六) 资源载体

教材:

张汉辉. 波谱学原理及应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.

参考资料:

Roger S. Macomber. A Complete Introduction to Modern NMR Spectroscopy [M]. New Jersey: Wiley, 1997.

参考文献:

[1] 刘静明, 倪慕云, 樊菊芬, 等. 青蒿素 (Artemisinin) 的结构和反应 [J]. 化学学报, 1979, 37 (2): 129-143.

[2] 许杏祥, 朱杰, 黄大中, 等. 青蒿素及其一类物结构和合成的研究 X. 从青蒿酸立体控制合成青蒿素和脱氧青蒿素 [J]. 化学学报, 1983, 41 (6): 574-576.

(七) 特色与创新

引用谱学会议最新科研成果, 凝练获得成功成就的科研关键点, 培养学生的创新思维能力, 提高学生的科研素养。

教学成效

利用“最近发展区理论”, 结合学生现有知识水平, 调动学生的积极性, 发挥其潜能。引导学生在已掌握有机化学、结构化学的基础上, 加深和拓展核磁共振的相关知识及其应用, 培养学生多角度思维能力和综合分析问题的能力。课程得到学生好评, 学生评教分为 99.85 分, 学校督导评教为优。学生不仅学习了波谱学的基本原理, 还增强了辩证唯物主义的世界观和正确的人生观、价值观, 增进了家国情怀; 掌握了科学的学习方法与创新理念。

塔板理论中蕴含的科学思维

学院名称	化学学院	课程名称	仪器分析 A
主讲教师	王建	教师职称	副教授
授课对象	化学专业三年级本科生	课程性质	专业必修课

课程简介

“仪器分析 A”课程是化学专业必修课程。通过教学,使学生掌握电化学分析法、色谱分析法、光谱分析法的基本原理,仪器的基本构造,实验技术、定性定量方法,以及在分析测试领域中的应用特点;了解仪器分析发展的新方向及新动向,在解决实际问题时具有选择适宜的研究与测试方法或手段的能力;建立起认识物质的严格的“量”的概念,养成实事求是的科学态度和严谨的科学作风;具备坚韧的科学精神和服务国家发展战略的家国情怀。

教学目标

通过本节课的学习,帮助学生解答以下问题并达到以下主要目标:

- (1) 塔板理论的提出是为了解决什么问题?
- (2) 塔板理论的几个假设是否合理?
- (3) 塔板理论有何优缺点?
- (4) 塔板理论如何用于指导实验,即如何优化条件,实现高效高速分离?
- (5) 训练和培养科研思维能力,充分认识到哲学思想和数学思想是构建科研思维的基础。

思政元素

启发、引导学生构建科研思维的能力,阐述哲学思想和数学思想是构建科研思维的基础,而科研思维是分析问题和解决问题的方法论;培养学生“笃学尚行,止于至善”的科学素养。

案例实施路径与方法

(一) 育人理念

以培养科研高阶思维为中心,问题和案例驱动,产出导向。

（二）实施思路

- （1）课程思政与专业知识互浸，训练科学思维方法。
- （2）构建“课前需求驱动、课堂问题驱动、课后实践驱动”的教学模式。
- （3）采用“引导—思辨—阐释—实训”的教学策略。

（三）思政元素融入方式

启发引导学生构建科研思维的能力，通过实例，阐述哲学思想和数学思想（不是具体的数学知识）是构建科研思维的基础，而科研思维是分析问题和解决问题的方法论；培养学生“笃学尚行，止于至善”的科学素养。

（四）教育教学方法

依托线上资源，进行课前预习，并线上反馈学习难点。针对课程内容和学生反馈，凝练课堂问题。利用 QQ 群，组织学生讨论、互问互答，促进学生的辩证思考能力。编写计算机程序对色谱流出曲线进行模拟，加强学生对抽象概念的理解，既促进知识点理解，又提升解决实际问题的能力。

（五）教学活动设计

问题导入：将学生原有的萃取分离的知识或者经验与色谱分离关联起来，逐步从旧知识过渡到新知识。

教学内容：先简要回顾线上学习情况，通过提问，考察学生对色谱曲线基本术语的理解。

基本术语：比移值，半高峰宽，峰宽，标准偏差，死时间 (t_M)，死体积 (V_M)，保留时间 (t_R)，调整保留时间 (t'_R)，相对保留值，容量因子 k' (也称为分配容量或分配比)，定量校正因子。

色谱理论是为了说明色谱曲线的本质与曲线变化形状的影响因素，以及各种实验操作条件变化所引起色谱峰展宽的原因。

但是根据色谱柱内组分移动的实际情况列出相应的偏微分方程，然后求解这些偏微分方程组而获得描述色谱流出曲线的状态方程是十分困难的，因此色谱工作者不得不采用较简便的模拟方法来研究色谱动力学过程。Martin 和 Syngde 在平衡色谱理论的基础上，提出了塔板理论，该理论为广大色谱工作者所接受。

塔板理论的基本假设如下：

（1）物质在理论塔板上能够迅速达到平衡各小段色谱柱的集合。从统计的角度来看，可以认为平衡能在一小段色谱柱内形成。整个色谱柱由一系列按顺序排列的塔板所形成。

（2）柱内各处塔板高度 (H) 为常数。

（3）流动相在柱内每个塔板上跳动的次数是相等的。

（4）流动相是不可压缩的。

（5）塔板编号依次为 $0, 1, 2, 3, \dots, n$ ，塔板总数为 $n+1$ ，由于 n 很大，故 $n+1$ 与 n 近似相等。

（6）全部样品在开始洗提时都在第一个塔板，即第 0 号塔板上。

（7）在确定的温度下，物质的分配系数 (k) 为常数，不随其浓度变化。

（六）特色与创新

色谱问题基本都是物理问题，数学是物理的基础。数学工具解决工程问题的思路常常是将结构先离散化，再单元分析，最后再整体分析，得到的结果也是近似解。色谱可以不用经验公式，而用理论公式解决问题，但主要存在两个问题：一是理论推导涉及到偏微分方程，过程过于复杂；二是目前的数学还没有发展到准确描述物理世界的地步，我们只能用数学来逼近物理世界，即使

是有限元分析，也只是得到一个近似正确的解。

把塔板理论建立的数学模型和色谱流出曲线（近似为高斯曲线）匹配起来，涉及很多计算公式，但教科书中通常直接给出最终结论，跳过了推导过程，让学生无所适从。因此，在教学中，我们需要对公式的推导过程进行适当补充。

依据二项式分布的原理，原始塔板理论中色谱柱的外浓度流出曲线表达式为

$$P_{m,n} = \frac{(n+m)!}{n!m!} \cdot p^{n+1} \cdot q^m \quad (1)$$

其中， $P_{m,n}$ 为一个样品分子在柱内完成 m 次跳动后出现在第 n 块塔板上的概率， p 是溶质在流动相中的萃取率， q 是溶质在固定相中的萃取率。

当 n 很大时，求解式（1）通常很困难，因此人们通常在近似条件下采用其简化的高斯函数形式：

$$P_{m,n} = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sqrt{nk(k+1)}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{[n(1+k)-m]^2}{nk(1+k)}\right] \quad (2)$$

式（2）表示的高斯分布形式的流出曲线相对简单，虽然不能精确描述实际流出曲线的拖尾形式，但更容易理解。

对应于柱后流出曲线：

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (3)$$

在学习此章节时，化学专业学生首先需要明确二项式分布与高斯分布之间的联系。事实上，当试验次数 N 较大且概率 p 不太小时，二项式分布会趋向于高斯分布。其次，学生需要理解二项式分布函数中参数与热力学参数之间的关系，以便将统计学的概念与化学领域的应用相结合。此外，学生还需理解高斯函数中参数与色谱流出曲线上测量值的关系。例如，高斯函数的方差 σ 对应着色谱峰底宽的 $1/4$ ，高斯函数的均值 μ 对应着色谱保留时间。最后，学生可以通过测量色谱流出曲线上的宏观测量值来推断色谱柱内微观热力学参数之间的关系。通过分析这些测量值，我们可以更好地理解色谱柱内的微观热力学参数，并评估不同参数对色谱分离过程的影响。

教学成效

科学之成功源于其有限的目标：揭示物体行为的规律。通过抛开宏大的目标，将范围限定在具体的领域，我们能更好地解释一般现象。简化与抽象是构建认识世界模型的重要思维方法和步骤，通过弱化与研究对象关系不大的影响因素，我们能够留下有效的信息。在讲授塔板理论时，我们需强调简化的假设，以便更好地理解为什么塔板理论能跻身于诺贝尔奖之列。科学的应用范围是通过“感兴趣的对象”和“明确定义的条件”来限定的，这增强了科学的预测能力。实际上，没有一种方法能够有效地处理所有的系统，只有适用的方法才是科学的方法。在适用的范围内，我们才能运用科学，而在不适用的范围内，我们则需要寻找其他方法。