

•教育专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX201812004

www.dxhx.pku.edu.cn

从知识到智慧：自然美和科学美的统一 ——“魅力印象·化学”通识教育课程设计理念和实践探索

钟鸿英*

华中师范大学化学学院，武汉 430079

摘要：在现代多元化社会 and 知识高速更新的大数据时代背景下，作为超越专业技能训练的通识核心课程更加关注人性教育和智慧发展，并赋予学生在毕业后漫长职业生涯中终生受益的高层次思考问题方法。如何将这种教育理念融入课程体系并设计合理的课堂教学模式是当今高等教育面临的重要问题。本文以面向人文社会专业本科生的“魅力印象·化学”课程为例，从课程定位、教学内容、教学方式、课外实践、学习评价等方面，创新教学理念和实施策略，探讨培养学生自主学习能力、驾驭知识能力以及探索新领域能力的有效途径，在美的感受和体验中，通过理解、想象和逻辑思维认识潜藏在自然美中的科学概念、原理和规律，领悟大自然所呈现的和谐、简单、对称和新奇的科学美。

关键词：自然美；科学美；美感教育；知识；智慧

中图分类号：G64；O6

From Knowledge to Intelligence: Integrated Beauty of Nature and Science: The Design and Practice of General Educational Course “The Beauty of Chemistry”

ZHONG Hongying *

College of Chemistry, Central China Normal University, Wuhan 430079, P. R. China.

Abstract: In the era of diverse societies and big data, general educational core curriculum that is beyond of the limit of knowledge and skills in specific fields pays close attention to humanistic education and intelligence development. It is aimed to build educational foundations for high-order thinking skills and values that are needed by students in their personal and professional lives after graduation. How to put this educational philosophy into the curriculum and design innovative classroom teaching is one of the most important issues that confront current universities and colleges. In this work, the course “The Beauty of Chemistry” that is open for undergraduates in the fields of humanities and social sciences was used as an example to demonstrate the innovative philosophy and implementation strategies based on course goal, orientation, contents, teaching strategies, extra-curricular activities and learning assessment in order to find effective ways for independent learning, knowledge management and exploration of new areas. Aesthetic experiences refer to the perception of hidden fundamental concepts, principles and rules as well as the understanding of harmonious, simple, symmetrical and original beauty of sciences presented by the nature.

Key Words: Beauty of nature; Beauty of science; Aesthetic education; Knowledge; Intelligence

收稿：2018-12-06；录用：2018-12-26；网络发表：2019-01-14

*通讯作者，Email: hyzhong@mail.ccnu.edu.cn

高等教育是当今教育系统的基本组成部分,在人才培养、科学研究、社会服务、文化传承以及国际文化交流中发挥着重要作用,不断提升高等教育质量与人才培养水平是高等教育实现内涵发展的永恒主题。面对日趋多元化的社会和知识高速更新的大数据时代背景,通识教育超越专业基础理论和技能课程的实用性,突破不同学科的界限,成为20世纪以来中西方教育中广泛认同的非职业、非功利,以“全人培育”为宗旨的大学必修课程。

1 课程建设意义

1.1 通识教育概述:大学理念

纵观古今,通识教育理念在我国有着悠久的历史。儒学经典《大学》开篇第一句“大学之道”为后人描绘了学术之博大、思想之深远、情怀之厚重、明德而至善的大学之大和大学内涵,以及如何学会学习和学会创造的大学灵魂。《礼记·中庸》作为中国古代思想史上重要的思维方法论和践行本体论代表著作,孔子后裔子思在其中精辟地定义了治学的几个递进层次,即“博学之,审问之,慎思之,明辨之,笃行之”,其体现的博学、质疑、思辨和知行合一思想不仅对后人治学和修身产生了重要影响,也为当今高等院校倡导通识教育提供了丰厚的文化基础和哲思智慧。强烈好奇心所驱动的广采博闻是治学的前提和基础,孕育的不仅是开阔的眼光,还有博大宽容的情怀和兼容并包的开放胸襟。探问和质疑是治学的第二层次,正如清朝刘开在《问学·孟涂文集》中所述“君子学必好问。问与学,相辅而行者也,非学无以致疑,非问无以广识。好学而不勤问,非真能好学者也”。在学习过程中发现问题、提出问题是推动创新的原动力,近代教育家胡适称质疑为“科学之精神的处所,是积极寻求真理的唯一途径”。而“疑是思之始”,质疑之后,还要通过层次分明的逻辑思维来仔细考查、分析,否则所学知识不能为自己所驾驭,这是第三层次的“慎思”。“明辨”为治学的第四阶段,在逻辑分析的基础上能够清楚地辨别是非,学是越辨越明的。“笃行”是治学的最后阶段,只有踏踏实实、坚持不懈地努力践履所学,才能达到“知行合一”的境界。

我国从古至今源远流长的这种治学理念与19世纪初美国博德学院(Bowdoin College)的帕卡德(A. S. Parkard)教授提出的通识教育(General Education)概念不谋而合,将“通识教育”或“自由教育”“博雅教育”作为一种大学理念和办学思想引入高等教育体系,目的是在专业技能学习之外,训练科学方法,孕育具有远大视野、独立思考、通融识见、优雅情怀等高贵品质的“全人”,使青年在多样化的选择中从容、自然地成长,充分发展不同个体的独特潜能和精神气质,造就完整人格和创新活力,在学习和科学研究中成就真善美的统一。

1.2 知识增长更新和社会多元化发展的时代背景

科技高速发展和知识信息爆炸是当今时代的重要特征,知识量的无限增长和更新速度的日新月异都给当代教育提出了严峻的挑战。一方面,随着社会的不断进步,经过多年的发展和长期积累,人类对大自然的认识越来越深刻,拥有的知识体系和信息量也越来越庞大,越来越复杂,如果想要获得某一专业的全部知识,注定需要付出越来越长的时间。可以想象,当知识体系庞大到一定程度后,即使穷尽一生也无法学完所有的知识,更无法有时间进一步创新发展。另一方面,除了新知识的不断出现,科技的发展还是一个日臻完善的过程,而每一次新理论的提出都推动新工艺的产生,促进社会生产发生变革,产品更新换代速度急剧加快,旧知识不断被淘汰更新。据统计,知识半衰期在18世纪为80-90年,19-20世纪初期为30年,20世纪60年代为15年,到了80年代,缩短为5年左右。进入21世纪信息技术高度发达的知识经济时代,某些领域知识更新周期甚至远远小于5年,人们拥有的知识和技能不断面临现实工作和竞争发展的挑战。知识的无限增长与课堂教学的有限时间则形成鲜明的对比,学生学什么?老师教什么?怎么学?怎么教?如何在有限的课堂教学时间里赋予学生终生受益的学习方法成为当今教育关注的热点^[1-3]。

不仅如此,强大的科技力量还推动社会多元化发展。在始于18世纪60年代的工业革命中,人类从漫长古老的农业社会步入工业社会。以英国人瓦特改良蒸汽机为代表的一系列技术革命使传统

手工劳动被动力机器所代替,科学技术得到迅速发展,生产力突飞猛进。由于社会分工的日益细化和技术化,各行各业急需大批掌握专业知识的工程师和技术工人,因此以传授知识和技术为主要宗旨的学校教育形式在近代工业社会应运而生,取代了农业社会那种以保存和延续前人经验和习俗为代表的简单教育体系。当今社会已进入以互联网、大数据和人工智能为标志的后工业时代,与以消耗自然资源为基础的工业经济不同,后工业时代的知识经济是建立在知识和信息生产、分配、使用基础上的经济,其核心是知识的生产,创造性智力劳动成为社会发展的源动力。此外,大数据与人工智能不仅引发生产方式的改变,还带来生活方式、思维方式和价值观的巨大变革,并为人类追求个性化、多样化发展创造无限可能。在这种多元化时代背景下,单一强调专业和技能的工业化教育方式势必造成学术分科过细、知识割裂等问题,严重制约创新人才的培养。现代社会的多元化发展促使以传授知识和技能为主要目标的“被动接受”教育方式向以探索发现为宗旨的“主动研究”教育方式转变,如何营造宽松自然的教育氛围?如何培育学生的独特潜能和创新活力是当今教育研究的一大难点^[4-6]。

1.3 课程定位:“授之以渔”的教学理念

作为面向人文社会科学专业本科生的通识教育课程,“魅丽印象·化学”的课程关注从知识到智慧的凝练发展以及自然美和科学美的统一,其课程定位如下:

(1) “魅丽印象·化学”通识教育课程不是科学普及。与重在传播科学思想和弘扬科学精神的科普不同,“魅丽印象·化学”通识教育课程重在训练科学方法。其次,科普教育在教学内容上比较浅显,对自然现象、自然规律和科学原理只做一般性介绍。与此相反,“魅丽印象·化学”通识教育从学生感兴趣的问题点切入,训练学生自主获取知识,并能够驾驭知识去深入探索发现未知领域,以点带面,培养学生的知识凝练能力、智慧发展能力、未知问题研究能力、想象力、好奇心以及演绎升华等深度思考问题的科学素养。

(2) “魅丽印象·化学”通识教育课程在“全人”培育方面高于专业基础课。专业课一般侧重于特定领域的知识和技能训练,注重系统性专业基础理论和标准化实验技术的“教”。“魅丽印象·化学”面向“全人”能力培养,突破专业知识和技能的局限,注重独立思考、好奇心、想象力的“育”。与专业课程体现的系统性和标准化形成鲜明对比,“魅丽印象·化学”关注灵活性和学生的应变能力,课程内容虽然涵盖四大基础化学(有机化学、无机化学、物理化学和分析化学)的基本概念、原理和方法,但这门课程并不对相关知识和技能进行系统讲解,而是从任意问题切入,引导学生去分析问题,去发现和领悟自然现象背后体现的这些化学概念、原理和变化规律。

(3) “魅丽印象·化学”追求自然美和科学美的统一。蔡元培先生是中国近代倡导美感教育的先驱,他认为“美育者,应用美学理论于教育,以陶养感情为目的者也”。朱光潜先生在《谈美感教育》中指出,“物有真、善、美三面,心有知、情、意三面,教育的功用就在顺应人类求知、向善、爱美的天性,使一个人在这三方面得到最大限度的和谐发展,以达到完美的生活,在人生世相中寻出丰富的兴趣”。李泽厚先生曾谈论过美感教育的独特意义:“看齐白石的画,感到的不仅是草木鱼虫,而是那种唤起清新的春一般生活的快慰和喜悦;听柴可夫斯基的音乐,感到的也不只是交响乐,而是听到那种如托尔斯泰所说的:俄罗斯的眼泪和苦难,那种动人心魄的生命哀伤。读一首诗、看一幅画、听一段交响乐,常常是通过有限的感知形象,不自觉地感受到某些更深远的东西,从有限的、偶然的、具体的诉诸感官视听的形象中,领悟到那日常生活中无限的内在内容,从而提高我们的心意境界”。由此可见,美育怡情养性,成就富于美感的生活。然而,虽然美育思想具有悠久的历史传统,其与美学、教育的关系也得到充分认识,但在教育实践中如何将美育思想有效地融入课堂教学至今没有公认的定义和实施方案。“魅丽印象·化学”课程旨在寻求一种将科学教育与美育结合的课堂教学模式,培养学生的审美素养,提升欣赏美和创造美的能力,领悟自然的美、生活的美和科学美。

2 课程总体设计

2.1 课程结构

面向全校人文社会科学专业本科生,基于拟定的教学理念和课程定位,我们为“魅丽印象·化学”设计了三大模块:

第一大模块是“化学与美概述”,旨在向学生介绍美的一般定义、主要形态、主要美学思想流派以及美的物质基础,分析当代主要美学思想的内涵意义,并从主观、客观、主客观统一以及实践四个方面,阐述以高尔泰、蔡仪、朱光潜和李泽厚为代表的中国近代美学思想,以及以康德、黑格尔为代表的德国古典美学。此外,近代西方美学思想则介绍以叔本华、尼采等为代表的形而上学美学和以杜威为代表的实用主义美学。这些美学思想流派的介绍在意识形态方面为美的理解进行了铺垫,从审美的享受、思想的启迪、心灵的震撼三个层次为寻求大自然感性美中蕴含的化学科学美奠定基础。

审美意识形态离不开物质基础。这个模块从物质的化学变化和化学理论体系两个角度概述美的物质基础,呈现集结构和形式于一体的自然美和科学美,在美的感受和体验中,通过理解、想象和逻辑思维认识潜藏在自然美中的科学概念、原理和规律,领悟大自然所呈现的和谐、简单、对称和新奇的科学美,使认知的过程同时也是一种审美的过程,以美求知,寻求真善美的统一。

第二大模块在与日常生活密切相关的八个专题中深入展开,即“生命的化学、食品营养化学、化妆品化学、衣物织品化学、自然景观化学、珠宝与贵金属化学、古代文物与艺术品化学、建筑与装饰材料化学”。在这个模块的课堂教学中,首先分别以推动生命繁衍生息的生物化学反应、叹为观止的自然景观、晶莹闪亮的人造宝石、恢宏壮观的建筑装饰、柔美高贵的人造织物,以及艺术家笔下至情至性、色彩斑斓的艺术作品唤起人们对自然美的兴趣和好奇,然后以相关的化学基本概念、原理和规律作为课堂教学重点和难点,阐述化学中自然美和科学美的统一,包括结构美、变化美、实验美、理论美等,及其所体现的和谐与统一、对称与守恒、简单与深远、新奇与雅致。

第三大模块是课外实践,这个模块与传统专业课程中以传授技能为目的的实践教学环节迥然不同,我们旨在开展以学生自主学习为鲜明特点并以学生为主体的“品学”和“探索”活动。“品学会”由学生分享科学探索在其内心激起的欢乐和喜悦等审美感知,以及在科学认知过程中所获得的高层次理解能力、想象能力和逻辑思维能力的提高。在这个“品学会”中,我们还安排从事交叉科学研究的硕士生和博士生给大家分享在新兴交叉领域的探索过程,与大家一起品味、鉴赏从好奇到深入、从无知到有知、以美求知所带来的美感体验。此外,我们开放了五个现代化实验室(包括高分辨质谱、核磁共振波谱、气相色谱、液相色谱和电化学传感实验室)来开设“化探之旅”课外实践环节,以这些实验室所涉及的主要技术和应用为基础,由学生自主提出拟探索的问题,教师辅助其分析问题并最终提出解决问题的方案。

综上所述,如图1所示“魅丽印象·化学”课程所包含的三大模块、九个专题虽然从内容上完全不同,但都是以化学中的自然美为线索,通过教学和课外实践环节,揭示感性美背后蕴含的化学基本概念、原理和规律,与化学四大基础课(分析化学、物理化学、有机化学和无机化学)有机地融为一体。

2.2 教学内容

基于“魅丽印象·化学”课程的总体设计思想,我们在教学内容的选择上首先以人与自然的感性美唤起心灵的震撼,激发学生的好奇心,以此进入抽象的化学概念、原理和规律的深入阐述。在透彻理解科学知识的基础上,引导学生通过归纳、类比、演绎等逻辑推理过程,挖掘蕴含在感性美之后的科学内涵,并能够从已知走向未知,发现美的新领域。下面以“生命的化学”和“自然景观化学”为例,分析如何使拟定的教学理念融入教学内容。

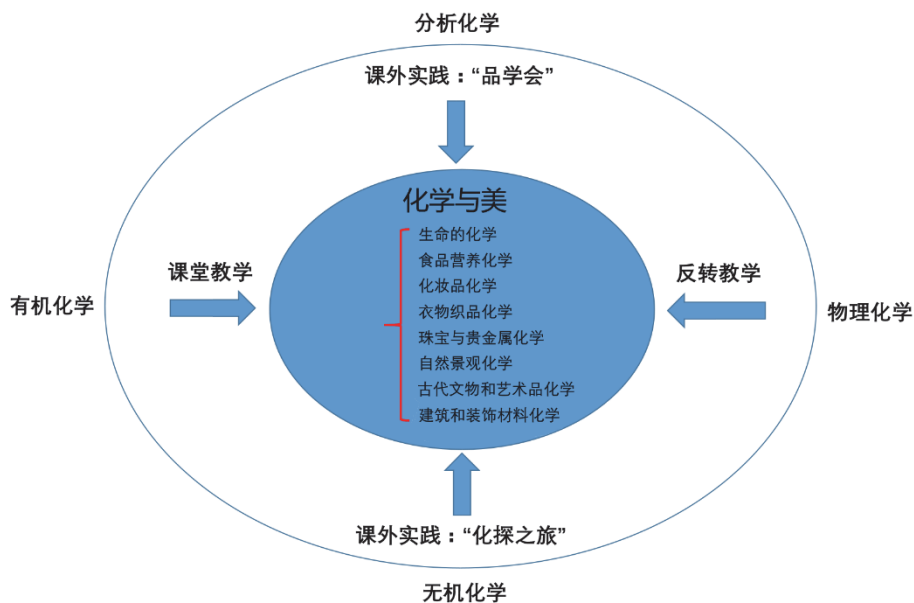
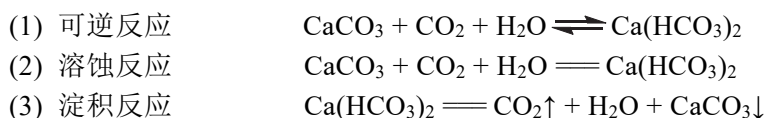


图1 “魅力印象·化学”课程结构

“生命的化学”专题以生生不息的生命为主题，从遗传物质 DNA 和 RNA 以及功能执行者蛋白质的结构切入，引导学生深入研究原子结构、化学键、有机分子结构、生物大分子结构、分子间基本相互作用力、主要生物化学反应类型和反应规律(包括缩合、氧化、还原、水解四大主要类型，特别是与 DNA/RNA 和蛋白质有关的脱水缩合反应)等基本化学理论知识，进而发现这两大重要生物分子由结构决定的性质，以及由性质决定的生物功能，并探索这些分子与生理、病理的关系，认识美的内在分子本质(黑色素合成障碍的遗传因素、色斑的形成、胰岛素与肥胖、多巴胺与认知等等)。比如以五元糖、碱基和磷酸等基本结构单元为基础，经过脱水缩合反应得到核苷酸，核苷酸之间再通过磷酸的脱水缩合形成磷酸二酯键得到核酸。由于五元糖和碱基的不同，核酸分为脱氧核糖核酸(Deoxyribonucleic Acid, DNA)和核糖核酸(Ribonucleic Acid, RNA)。基于分子间相互作用力的理解，认识维持 DNA 双螺旋稳定结构的氢键、碱基堆积作用、疏水相互作用、范德华力(取向力、诱导力和色散力)，并进一步引导学生分析由于五元糖和碱基的差异所带来的 DNA 和 RNA 分子间相互作用力之间的差异，从而认识 RNA 一般以单链形式存在的结构基础。基于对 DNA 结构的理解，进一步引导学生认识编码酪氨酸酶基因的 81 密码子由 CCT 变为 CTT 所造成的酪氨酸结构的变化，及其导致的酶功能缺失，最终使黑色素不能正常合成。由此可见，通过从结构→性质→功能层层推进的逻辑分析，可以帮助学生清晰地认识生命中蕴含的科学内涵。

“自然景观化学”则以叹为观止的黄山风景、桂林山水、人间瑶池、黄龙景观为主题，从火山和熔岩地貌、喀斯特地貌、反喀斯特地貌的成因、特点切入，引导学生研究物理变化、化学变化、原子晶体、离子晶体、化学平衡、勒夏特列原理等基本化学理论知识，探索这三类地貌的形成与地质、气候、土壤和植被之间的关系，及其所反映的温度、压力、浓度等因素对化学变化过程的影响，理解花岗岩、石灰石结构的差异所决定的性质差异，探索山峰、溶洞、石钟乳、石笋、黄龙钙华、五彩池、洗身洞等景观形成过程中化学所赋予的鬼斧神工。比如，原子晶体是相邻原子之间通过强烈的共价键结合而成的空间网状结构晶体，而离子晶体是由正、负离子按一定比例通过离子键结合形成的晶体，这种结构特点决定原子晶体具有很高的稳定性。火山熔岩地貌中的花岗石其主要成分 SiO_2 (石英)中，硅原子的 4 个价电子与 4 个氧原子形成 4 个共价键，硅原子位于正四面体的中心，4 个氧原子位于正四面体的 4 个顶角上，熔点高、硬度大、耐磨损、不溶于水，不与一般的酸(如碳酸)反应。由花岗岩形成的石柱、石峰、石林、峰林等火山熔岩地貌是黄山风景的主要特点，与桂林

受侵蚀的山体地表形态、地下溶洞,以及石钟乳、石笋等特征地貌形成鲜明对比。桂林山水展现的是典型的喀斯特地貌,石灰岩的溶蚀以及可溶性钙质的反向淀积作用是喀斯特地貌的主要成因。在抛出问题之后,引导学生理解相关的化学知识。式(1)描述了碳酸钙(石灰岩的主要成分,不溶于水)与水和二氧化碳反应生成可溶于水的碳酸氢钙的过程。这是一个可逆的化学反应,当方程式左边的反应物浓度增大时(比如水量充足,二氧化碳含量高),反应速度加快,推动反应向右进行,生成可溶于水的碳酸氢钙,这就是式(2)所描述的石灰岩溶蚀反应。相反,当水分挥发,二氧化碳含量减少,反应则向左进行,可溶性的碳酸氢钙发生分解,再次回到不溶于水的碳酸钙形式,这是式(3)所描述的淀积反应。



基于对化学知识的透彻掌握,进一步引导学生从岩石的可溶性、透水性,以及水的溶蚀性、流动性等自然环境条件,分析桂林地区喀斯特地貌的成因。首先,桂林 50%的地表面积被石灰岩覆盖,石灰岩的主要成分是不溶于水的碳酸钙,碳酸钙不具有原子晶体的稳定性,露出来的石山和地下的石缝底座,长期受具有溶蚀力的水冲刷侵蚀(化学变化),并伴随冲击、坍塌等物理变化过程,形成具有空隙、裂隙的岩石结构,地下则形成溶洞。溶有二氧化碳的水具有溶蚀石灰岩的能力,石灰岩溶蚀的过程实际就是碳酸钙与水与二氧化碳反应生成可溶于水的碳酸氢钙。二氧化碳的浓度越高,反应速度越快。那么,桂林地貌形成过程中高浓度的 CO_2 从哪里来呢?我们又引导学生从地质因素、气候因素、土壤因素、植被因素等展开深入分析。很显然,空气中 CO_2 的含量不到万分之三,这点 CO_2 不足以对石灰岩产生溶蚀作用,真正的来源是地表中植物或微生物的根部所产生的大量 CO_2 ,气候越热(温度越高),生物产生的 CO_2 越多,水流经时携带的 CO_2 也就越多,水的溶蚀力也就越强。而地处亚热带的桂林地区水资源十分丰富,年平均降水量可达到 1200 mm 以上,加上独特的季风气候,为各种植物的生长发育提供了有利的气候条件。这些茂密的植被、充沛的雨水以及合适的温度造就具有溶蚀力的水,将石灰岩地表溶蚀冲刷成幽深的峡谷和秀美的山峰,最终形成“无峰不奇,有山必穴”的喀斯特地貌。与此同时,由石灰石的溶蚀所生成的含有碳酸氢钙的水从洞顶的裂隙滴下时,由于水分蒸发, CO_2 逸出,发生淀积反应,碳酸氢钙分解又变成固体碳酸钙,由上而下逐渐增长而成钟乳石,或者在洞底自下向上生成石笋。由此可见,以化学反应平衡为基础,从反应物本身性质(内因)到温度、浓度等(外因)对平衡的影响层层递进地分析,可以引导学生充分理解桂林山水的成因及其背后的科学内涵。

2.3 教学目标

“魅丽印象·化学”课程旨在通过美的感受和体验来培养学生独立思考、灵活演绎的能力,以及鉴赏美、创造美的能力。我们的目标是将“魅丽印象·化学”作为一种训练学生科学方法和审美能力的课程,要求学生针对问题能够从理论到实践进行自主探索、深度挖掘,培养高层次的思维能力。通识教育课程的意义重在于“识”,孕育学生跨越专业知识和技能局限的远见卓识,注重从知识到智慧的凝练和提升,以“识”为基础,以“通”为目的,并将科学教育与美感教育有机地融为一体。与专业课程以面展开的系统知识和技能相比,“魅丽印象·化学”以点突破再延伸、铺开,关注思辨和新奇,在每一个极小甚微的细节追求极致,达到物性的透彻、内涵的深入和智慧的升华。

这门通识课程的教学旨在引导学生达到三个层次:第一层次是知识的自主获取和剖析,除课堂讲解,更多的是引导学生从互联网、云平台、图书馆和课程视频等学习资源自主获得所需的知识,并透彻理解其内涵;第二层次是逻辑分析问题和解释性研究能力,针对问题,能够进行文献调研,通过归纳总结和分析,得出恰当的结论,提出合理的解决方案;第三层次是更高层次的研究能力,即对未知领域的好奇、自由想象和探索,利用拥有的知识和分析问题的能力,探索新领域,发现新规律,解决新问题。

3 课程创新理念

3.1 知识：自主获取、细节观察与深度挖掘

在当今信息时代，知识更新的速度比以往任何时候都快，赋予学生终生受益的学习方法是非常重要的，也是高等教育一直寻觅的以不变应万变的方法。信息社会极大发展的互联网、大数据、人工智能无疑为知识的获取提供了多样化的途径和选择，但是也对知识的灵活驾驭能力较以往任何时候都提出了更高的要求。在知识层面，“魅力印象·化学”从完全不同的九个专题任意切入(没有固定的顺序，兼顾每个教师的其他课程时间)，引导学生自主灵活地根据需求去获取知识，再基于对基本概念、原理和规律的透彻理解，从结构、性质、功能等角度进行微小细节的认真观察、层层递进的逻辑推理以及科学内涵的深度挖掘。比如，根据分子间相互作用力(知识的自主获取)，引导学生分析DNA双螺旋结构的稳定性(检验学生对分子间相互作用力基本概念的理解)，再进一步解释为什么RNA难以形成稳定的双螺旋结构(深度挖掘)。就这样一步一步地推进，引导学生去观察对比DNA和RNA的结构，探索碱基和五元糖的细微结构差异所带来的性质差异，以及对分子间相互作用力的影响，并最终决定其功能的差异。

3.2 研究：发现问题、认识问题与逻辑思维

知识的自主获取和深度挖掘为研究能力的培育打下坚实基础。在这里，这个层次的研究能力是指针对具体问题能够进行解释性或描述性研究的能力，旨在训练学生探索自然现象与条件因素之间的因果关系，探寻现象背后的科学原理，揭示人与自然现象发生或变化的内在规律。比如对给定题目“多巴胺与认知发展和疾病”“胰岛素和肥胖”“钟乳石和溶洞的产生原因”等，引导学生通过教材、互联网、课程视频等途径获取知识，并在此基础上进行归纳和逻辑推理，得出合理的结论，能够解决问题。与此同时，认识问题不是终极目标，比解决问题更重要的是提出问题，因此在课堂教学中特意设计针对现象的提问启发。比如，碳酸氢钙分解为二氧化碳和水是一个在不同条件下的可逆反应，并分别导致黄龙和桂林山水景观中的反喀斯特地貌与喀斯特地貌，引导学生从岩石、气候、水和植被等角度思考，激励学生提出问题“为什么黄山不能形成喀斯特地貌？”

3.3 探索：好奇心与无约束的自由想象

爱因斯坦曾说过，逻辑分析把你从A点带到B点，但是好奇心和想象力可将你带到任何一个地方。在第二层次训练逻辑推理的基础上，我们进一步训练学生更高层次的研究能力，即针对未知领域和新领域的探索能力。在这个层次，旨在发现和开拓新的知识领域，引导学生充分利用掌握的知识和逻辑推理能力，探索新领域，对未知物或新物质进行结构、性质和功能的研究，并发现新规律，研究新问题。我们为这门课程的课堂教学和课外实践设计了许多场景，激发学生的好奇心和想象力，培养学生的主动探索精神。比如，我们在课堂上讲解了DNA和RNA中的磷酸二酯键，磷酸的两个—OH分别与五元糖的两个—OH脱水缩合，形成多聚核苷酸。接下来，我们让学生比较磷酸(图2A)和硫酸的结构(图2B)，引导学生仔细观察，发现其实硫酸也可以提供两个—OH与五元糖的两个—OH脱水缩合形成硫酸二酯键，但是大自然为什么选择的是由磷酸二酯键连接的脱氧核糖核酸(图3A)而不是由硫酸二酯键连接的脱氧核糖核酸(图3B)？通过细节分析和大胆想象描绘出的图3一定会震撼许多学生的想象力和好奇心，从外形上看，臆想的图3B与公认的脱氧核糖核酸非常相似，如果真的一模一样，这两种分子都应该存在。但是存在与不存在都需要有合理的条件，所以我

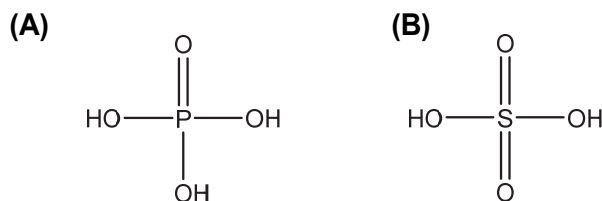


图2 磷酸(A)和硫酸(B)的结构

们进一步引导学生从磷酸和硫酸的结构差异入手, 分析有没有可能产生这样由硫酸二酯键连接的 DNA 和 RNA? 其稳定性和反应活性如何? 能否形成双螺旋结构? 这样的生物会在什么环境中生活? 其生理、生活习性和人类又有何区别和共同特点呢? 经过这一系列异想天开但是有一定科学依据的探索, 引导学生打开思路, 大胆设想。

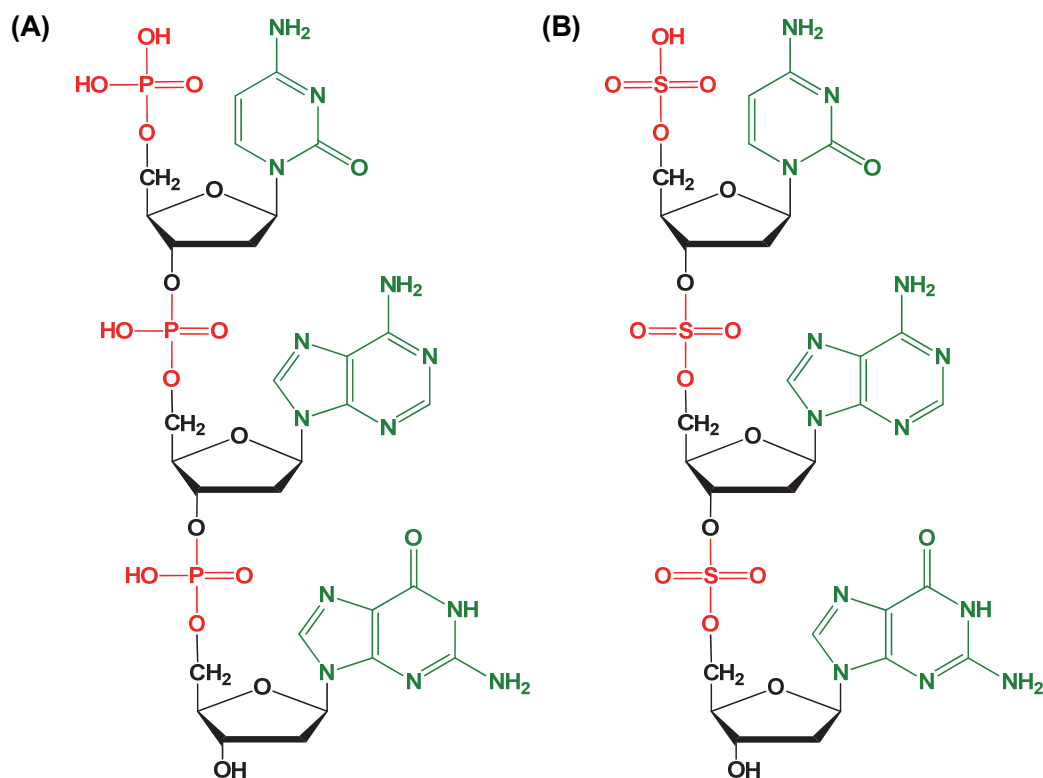


图3 具有磷酸二酯键(A)和硫酸二酯键(B)的核酸

又比如, “化探之旅”其中的一个课外实践项目引导学生探索了核磁共振波谱仪的原理及应用, 有位经济与工商管理学院的学生提问, “碳氢氧是有机物的主要元素, 现在有核磁共振氢谱和碳谱, 为什么迄今为止还没有氧谱?” 这个学生的提问其实是非常有深度的, 说明我们开展的自由探索教育对学生产生了有效的影响。这个问题在课堂上并没有直接讲到, 学生自己在学习过程中认识到了碳氢氧元素的差异, 然后发现没有一个可以测定氧谱的仪器, 这个问题的深入研究很自然地引入自旋量子数和天然丰度两个科学概念。我们引导学生从核磁共振信号产生的条件开始, 进而分析不同氧原子的核外电子结构特点, 通过自主学习找出问题的答案。原子产生核磁共振现象的前提是这个原子的自旋量子数必须不能为 0, 只有那些自旋量子数等于 1/2 的原子才能够产生磁共振信号, 比如常见的 ^1H 、 ^{11}B 、 ^{13}C 、 ^{17}O 、 ^{19}F 、 ^{31}P 等。 ^{16}O 是氧天然丰度最大的同位素, 含有 16 个核外电子和 16 个中子, 因其自旋量子数为 0, 不能产生核磁共振信号。而含有相同电子数、但是多一个中子的 ^{17}O 自旋量子数不为 0, 虽具有产生核磁共振信号的条件, 但是由于其天然丰度非常低, 只有万分之四左右, 其微弱的核磁信号难以被现有的仪器所检测, 所以至今没有氧谱。像这样的自由探索研究, 使学生一步一步从已知走向未知, 使每一次课堂或课外教学实践变成难忘的探索之旅。

3.4 科学教育和美育的结合: 真善美的统一和追求

我国的美育思想和美育实践一直就有悠久的历史传统, 但究竟什么是美育, 如何在课堂教学中实施美学教育, 至今尚未形成一个公认的标准。在中国, 蔡元培先生是较早给美育下定义的教育家, 他在《教育大辞书》的美育条目中定义了美育与美学、教育的关系, 为探索美育的具体方案和途径

奠定了基础。

化学作为一门研究物质结构、性质和变化规律的自然科学，为从分子水平认识绚丽多彩生命世界的繁衍进化和自然界万物变迁所历经的沧海桑田提供了从实践到理论的科学工具。在“魅丽印象·化学”课程中，学生以化学为工具，通过理解、逻辑推理和自由想象感悟大自然内在的和谐、简单、对称和新奇美。这种创造性地发现自然界内在规律的科学探索，不仅在其内心世界激起欢乐和愉悦，而且使科学认知活动成为一种审美感知过程。求知与审美相结合不仅能提高教学效率，唤起学生的好奇和科学美感，而且能营造从容、宽松的学术氛围，正如法国著名数学家彭加勒所说，“科学家研究自然，并非因为这样做有功利之用，而是因为它美。”

4 课程教学方式

4.1 师资准备：统一理念与风格独特

因“魅丽印象·化学”的教学内容涉及不同的学科领域，本课程邀请具有不同研究背景的教师承担各个专题的教学。为统一教学理念，期中和期末分别组织一次集体备课，期中的集体备课以讨论各专题的知识点和教学难点为主，期末的集体备课以讨论教学过程中出现的问题为主，并就相关问题组织教学观摩、讲解示范，提出下一学期教学改进的措施和方案。集体备课除统一教学理念外，还促使各专题保持相对风格独特，侧重于不同的化学背景。比如，“生命的化学”专题立足于化学键、分子间相互作用力等基本物理化学概念以及脱水缩合等重要生物化学反应，“自然景观化学”专题立足于化学平衡原理，“衣物织品化学”专题以高分子聚合反应为主等。由两名低年级博士研究生担任助教，负责微助教和云平台上与学生的互动，助教岗前由主讲教师进行培训，明确助教的主要职责。本课程注重学生在教学过程中的参与度，所以助教的主要工作除解释、讲解外，更多的是以反问的方式引导学生进行自问自答型学习。比如，助教在云平台讨论区抛出问题“生活中有哪些神奇的化学现象？你仔细观察并曾特意去了解过它的原理吗？”学生给出了各式各样的答案，其积极性超过了预期水平，答案不仅包括现象的描述，还有原理解释，甚至还有安全注意事项，其间无不闪烁着孩子的天真童趣和新奇感，比如“会自动长毛的鸭子”等，其乐融融的云平台展现出从容、和谐、宽松的科学气氛，教师、博士研究生助教和本科生一起体验感受自然美背后的科学美。

4.2 课堂教学模式：基于专题的启发式教学与翻转式教学

基于宽广的知识背景和孕育学生自主学习能力的宗旨，本课程的教学方式采用基于专题的启发式教学方法(Project and Discovery Based Learning, PDBL)和翻转式教学模式。四大化学基础课“有机化学、无机化学、物理化学、分析化学”包括浩瀚的理论知识体系和实验技能，通识课程有限的48学时肯定无法完成这种庞大的知识体系。因为“魅丽印象·化学”通识课程关注的是训练科学方法，与此相对应的课堂教学分为两部分，第一部分是点的突破，第二部分是点的延伸和演绎。基于专题的PDBL启发式教学法以点作为起步，在每一个极小甚微的细节追求极致，见微知著，引导学生自主地构建知识体系。与此同时，我们还在每一个专题安排两个学生展示的10分钟翻转式教学，翻转式教学是以点为基础的延伸和演绎，内容分为研究型(针对已知问题的解释性研究)和探索型(针对未知领域的自由想象)两种，由教师指定课堂上没有涉及的子专题，引导学生通过文献查阅、归纳、类比和逻辑推理，以及自由想象、理解、领悟等得出恰当的结论。比如“胰岛素和肥胖”“基于硫酸二酯键的脱氧核糖核酸可能成为生命的遗传物质吗？”等等。

4.3 课外实践：自主“品学”和探索未知

除了以教师为主体的课堂教学，我们还设计了以学生为主体的课外实践活动。“魅丽印象·化学”推出了“品学会”，将传统的“评教”转变为“品学”，让学生成为学习的主体，引导学生如何“品味鉴赏”、如何“发现”、如何“领悟”等等。我们的“品学会”包括三部分内容：第一部分是主讲教师与学生分享课程的设计理念和教学宗旨；第二部分是学生与大家分享自己在生活中发现的化学现象，以及对其认识过程和感悟；第三部分是邀请从事交叉科学研究的博士研究生或硕士研究生

与大家分享科研历程。“品学会”的会议纪要发布于云平台,便于没有参加的学生也能分享大家品学的乐趣。

为激励大家发现问题、提出问题,“魅丽印象·化学”还推出了“化探之旅”课外实践。在我们开放的五个高科技大型仪器实验室中,由学生自己拟定探索内容,入选的五个课题由学生自己组织团队,在指定的时间前往相关实验室,由教师协助解答。实践证明,这种将学生置身于现代化科技场景的方式,不仅给予学生感官上的冲击,而且在其内心唤起对未知领域的好奇、向往以及探索的欲望。比如在气相色谱-质谱实验室,学生提出的探索项目“分析食品、饮料和香烟烟雾里面的化学物质”,学生纷纷感悟“科技的发展真是快,化学在我们生活中起着不可替代的作用”“体验到了化学的神奇和魅力”。

4.4 学习资源建设:视听的艺术

如前所述,“魅丽印象·化学”涵盖的知识面广,课堂教学和课外实践为学生提供了以点突破再延伸、演绎的环节,而我们设计制作的十七集教学视频则为进一步引导学生构筑以点带面的知识体系提供框架,学生可通过云平台在线浏览视频内容。这十七集视频浓缩了各个专题的知识点和难点解读,每集 20 min,“化学与美概述”专题为第一集,其余每个专题两集。这样不仅在细节追求极致,也便于引导学生着眼整体,从“点”的分析走向“面”的综合。

此外,科学美的审美感知与大众美感认识一样,也包括两个层次:第一层次是通过视觉和听觉对自然界色彩、形态和声音等外在形式因素的审美感知,第二层次是通过理解、想象和逻辑思维所获得的更高层次的审美体验,从观其形,到见其神,从外在形态看到科学内涵,从而发现潜藏在自然美中的科学原理和规律。基于现代科技的教学视频综合利用图像、文本、声音、色彩等,通过唤起学生感官的震撼和内心的新奇、愉悦,在生动活泼的多媒体动画、虚拟现实等场景中,帮助学生理解抽象的概念,比如蛋白质的三维结构、DNA 的双螺旋结构、细胞的分裂等,借助科技本身的力量,使课堂教学成为视听的艺术。

4.5 测评方式:多维度测评

与“魅丽印象·化学”的教学宗旨和教学目标相呼应,我们采取注重学习过程的多维度测评方式来检验教学效果。这门课程中没有采取通识课程传统的期末小论文考核形式,而是采取了针对不同层次教学目标的定向考评机制。学生的基本成绩为 8 次书面作业的平均成绩,第一章“化学与美概述”留给自我探索的空间,没有书面作业,其余每个专题均由教师给出检验学生知识(50%)、研究(25%)和探索(25%)能力的作业,学生提交书面作业。

此外,学生的加分成绩包括以下几个方面:

- (1) 课外实践:“品学会”每次 3 分,“化探之旅”每次 5 分。
- (2) 鼓励提问,对具有一定思想深度,有一定水准的提问,入选“桂子山星星人之问”,每次计入 2 分。
- (3) 激励参与和互动:微信和云平台的互动,每次发帖或回帖,计入成绩 0.5 分。
- (4) 书面成绩与口头成绩相结合,节省学生时间,参与一次翻转课堂教学可相当于一次书面作业。

5 总结和展望:学海无涯你做主,乘风破浪智慧为舟

《论语》说“知之者不如好之者,好之者不如乐之者”。“魅丽印象·化学”课程以感动灵魂的人与自然的感性美唤醒内心对美好世界的热爱,通过知识、研究、探索等三个层次科学方法的训练,以点为突破并延伸、演绎,深度发现自然美背后的科学原理和变化规律,并从点走向面,引导学生面对新领域能够自主构建知识体系,解决新问题。这种从科学认知过程所获得的审美感受是自然美与科学美的统一,以美求知不仅带来内心的愉悦且怡情养性,更是为广大学生和年轻教师提供一种从容、宽松的学术生态,充分领悟和享受大自然惊人的内在和谐、秩序和统一。

自然美与科学美的统一让学生能够站在更高的学术高度，以更加开阔的视野，更加敏锐的洞察力和更加灵活的思维能力，超越特定专业知识和技能的局限，获取终身受益的学习方法。面对知识高速更新的浩瀚大数据海洋，唯有训练学生不断自主构建新知识体系，将知识凝练为融入灵魂的智慧，获取驾驭知识的能力，才能成功地驶向彼岸。

参 考 文 献

- [1] 钟鸿英. 中国大学教学, **2012**, No. 1, 49.
- [2] Pienta, N. J. *J. Chem. Educ.* **2012**, 89, 963.
- [3] Kaliva, J. H. *J. Chem. Educ.* **2008**, 85, 1410.
- [4] 孙向晨, 刘丽华. 复旦教育论坛, **2018**, No. 16, 49.
- [5] 周叶中. 中国大学教学, **2016**, No. 12, 6.
- [6] 曲铭峰. 中国大学教学, **2005**, No. 7, 19.