

科教融合背景下大中衔接化学教育探索与实践

李晨瑶, 潘钺柠, 章鹏飞, 徐伟明*

杭州师范大学材料与化学化工学院, 杭州 311121

摘要: 科学教育和人文教育的融合是科技发展和时代大潮的必然, 是一个渐进的过程, 它需要教育者和受教育者共同行动并融于教育的全过程。现教育体制下高中阶段所学的知识体系基础而全面, 是大学阶段专业学习的重要基础, 如何在化学基础教育中有效提取和延伸高中知识、启迪化学智慧是需要教育者思考的问题, 因此科教融合的教学模式非常契合也迫切需要应用到现阶段大中化学教育的衔接式教学中。本文在笔者多年相关教学的基础上, 提出了科教融合大中衔接化学的教学体系, 探讨了大中衔接化学教育的新路径, 期望达到拓宽学生视野和引领学生深入化学世界的目的。

关键词: 化学基础教育; 大中衔接; 科教交融; 教学体系

中图分类号: G64; O6

Exploration and Practice of Chemistry Education between Universities and High Middle Schools in the Context of Science-Education Integration

Chenyao Li, Yuening Pan, Pengfei Zhang, Weiming Xu *

College of Material, Chemistry and Chemical Engineering, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, China.

Abstract: The integration of science and humanities education is imperative for the advancement of science and technology in line with the current societal trends, constituting a gradual process. This integration necessitates collaborative efforts from educators and learners alike, seamlessly incorporated into the entirety of the educational journey. The foundational knowledge acquired during the high school phase under the prevailing educational system is comprehensive and pivotal, serving as a crucial underpinning for specialized studies at the university level. Effectively extracting and extending high school knowledge while fostering chemical insight in basic chemistry education pose significant challenges for educators. Consequently, the teaching paradigm of science-education integration aligns aptly and urgently needs to be applied to the transitional chemistry education at present. Drawing upon years of relevant teaching experience, this paper proposes a comprehensive teaching framework that amalgamates science and education principles with chemistry, charting a novel course for chemistry education with the aim of broadening students' horizons and guiding them deeper into the realm of chemistry.

Key Words: Basic chemistry education; Link between universities and high middle schools; Integration of science and education; Teaching framework

1 引言

习近平总书记指出“科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼, 要把科学普及放在与科技创

收稿: 2024-01-19; 录用: 2024-02-04; 网络发表: 2024-03-25

*通讯作者, Email: wmxu@zju.edu.cn

基金资助: 浙江省普通本科高校“十四五”教学改革项目(jg20220477); 2023年度校级教学建设和改革项目

新同等重要的位置。没有全民科学素质普遍提高,就难以建立起宏大的高素质创新大军”^[1]。这一重要论述为新时代科技创新与科学普及指明了前进方向、提供了根本遵循。2023年5月29日中央政治局第五次集体学习时习近平总书记进一步强调:“建设教育强国,龙头是高等教育。必须大力加强基础学科、新兴学科、交叉学科建设,瞄准世界科技前沿和国家重大战略需求推进科研创新,不断提升原始创新能力和人才培养质量”^[2]。高等教育建设的重要性显而易见。世界百年未有之大变局迅速推进,在新科技革命以及产业革命大背景下,加强科教融合、培养创新性复合型人才已逐渐成为世界各国高等教育发展的共同趋势。

然而随着人民生活水平的日益提高,“学好数理化,走遍天下都不怕”这句老话在人们心中的地位已在悄然间发生改变,更有“生化环材四大天坑”的戏称,即使是化学或化工类专业的学生对化学的认识都极为浅薄^[3]。化学基础教育是拓宽学生视野、激发化学兴趣的有效手段,是兼具“科学精神与社会责任”、衔接大中化学内容的重要课程,是实现科学教育人文化、人文教育科学化的主要路径^[4,5]。借助化学基础教育平台,更好体现专业教育、素养教育和文化教育深度融合,更多采用中国元素,进一步了解并增强文化自信和家国情怀,更好衔接大中化学教育的需要迫在眉睫。

2 探索大中衔接化学教育的目的

2.1 夯实化学基础,拓展学生视野

根据终身教育理念,大学和中学是相互衔接、相互贯通的两个阶段,同时人才培养也是一个长期的、渐进的过程,要想打造高层次人才培养体系必须贯通中等教育到高等教育的链条。现阶段在中学和大学之间主要存在着创新人才培养需求不一致的问题^[6],中学主要负责全科理论知识教学,学习的内容全而杂,而大学则是为培养专业人才而服务的,需要朝着一个领域深入钻研,大学学术性、前沿性、创新性的人才培养理念与中学阶段的“应试型”教育存在的差距也进一步导致课程衔接问题逐渐突出。在专业化教育中大多忽视了原有高中知识的有效提取,忽略了高中阶段打下的良好基础,既不利于学习内容的衔接,又在一定程度上加剧了专业学习的难度。因此落实大中衔接视域下的化学教育是培养高端化学人才的必然选择,而科教融合的教学模式也非常契合现阶段大中衔接式化学教学。

高等院校是人才培养的主要阵地,而课程教学是人才培养的首要途径。化学作为自然科学体系的“中心学科”,为未来社会高质量发展、人类生活质量不断提高提供着重要支持。通过化学基础课程学习,结合趣味化、民族化案例,可以相对有效地挖掘学生的已有知识,在原有旧知的基础上引导学生主动构建新的知识结构,夯实化学知识基础,同时可以让学生在理论-实际一体化的过程中了解到更多自己感兴趣的、更深层次的内容,明确自己的兴趣和未来发展方向。从高中到大学,从中等教育到高等教育,在这样一个角色转变的过程中学生面临着认知、行为以及心理等多元的变化和挑战^[7]。在初入大学时,学生往往对陌生的学习方式、复杂的学习内容感到无措、迷茫,而化学基础课程可以在这一阶段为学生有效提供促成长、去迷茫的引领作用,指导学生转变学习模式,更迅速地适应大学学习节奏,从而更好过渡到化学专业课程的学习^[8]。

2.2 激发科研热情,启迪化学智慧

作为一门与人类生产生活息息相关的应用型学科,从人们赖以生存的衣食住行再到新材料的开发、新技术的改革、新产业的崛起,都可以看见化学学科的身影。但人们对化学有着一定的偏见,化工行业的各种安全事故更是加重了学生内心的隐忧,甚至化学专业的学生都缺乏对这一行业的认可和信念。与此同时,传统的教学模式过于注重理论知识的讲解,缺少理论知识背后繁杂科研过程的介绍,进一步消磨了学生对化学的兴趣,难以有效发挥学生学习的积极主动性、启迪化学智慧。而化学基础教育则发挥着引导学生从高中化学内容过渡到专业知识学习的重要作用。

当今大学生对行动主义和实践活动越来越感兴趣,这种心态恰好与化学这一实验学科的学习相吻合,改变教师的“填鸭式”教学方式,在教材中加入科研成果所对应的“发现问题-分析问题-解

决问题—得出结论”的逻辑过程^[9]，更有助于学生提高理解、分析实际问题的深度，在科学与教学的交互中培养复合型人才。

3 大中衔接视角下化学教育实践思路

化学教育是一个循序渐进、螺旋上升的过程，而厘清各学段化学教育教学的联系与进阶是衔接大中阶段化学内容的前提，是科学构建化学教育教学体系的方向保证，是凸显学生主体地位、发展学生学科核心素养的重要支撑，是提升化学教学系统性、时效性、创新性的需要。从义务教育段到高中段到大学段，依次进阶、逐级深入：义务教育科学较为浅显，注重在活动化、游戏化、生活化的情境中培养学生“知科学”“懂探究”；高中阶段细化至化学学科，学习内容逐渐抽象化，重视在实验和认知冲突中引导学生“善推理”“窥本质”；大学的专业课程内容则更加晦涩、更加强调与实际应用的适切性，主要启发学生“晓科研”“铸信念”。基于以上阶段，在化学教育的大中衔接工作中必须注重大中阶段化学教育中相同、相似内容及主题的教学联结，进一步加强学段知识的互动性，努力构建大中化学教育有机衔接的教学体系。

大中衔接化教育保证了化学学习的渐进式深入，而科教融合理念夯实了化学教育高质量发展、高端学科人才建设的基础。大中衔接化学教育最终期望能在课程教学中潜移默化地激发学生的化学智慧和探究热情，培养学生的科学精神和人文素养，进一步落实教育改革需求之下的跨学科教学理念，促进学生的全面发展，提升对中华民族优秀文化的自豪感和归属感，为培养担当民族复兴大任的时代新人添砖加瓦。

4 化学基础教育的大中衔接案例

本文以案例式教学为基础，从碳元素的发展史到身边的化学、非遗文化、双碳目标以及货币演变背后的化学足迹，一点一点唤醒学生探究化学的热情和兴趣，让学生惊叹化学出现之早、涉及之广的同时提升其民族自豪感和认同感，既有理性的思考，又是实践经验的概括，进一步从源头培育学生肩负起现代中国伟大复兴时代重任的社会责任感。

4.1 以碳化学为主线，弘扬科学精神

中学阶段学生初步学习了金刚石、石墨等碳单质以及烷烃、烯烃、芳香烃等含碳化合物，也认识了 sp 、 sp^2 、 sp^3 等杂化方式，而鲜少接触学科知识的实际用途。碳作为最常见的化学元素之一，从碳单质的发现到碳元素的广泛应用这一过程中见证了化学学科的发展和人类社会的进步，以碳的应用史为线索展开历史画卷能够让学生鲜明地感受到化学的奇妙(图1)^[10]。1985年英国萨塞克斯大学H. W. Kroto与美国莱斯大学R. E. Smalley、R. F. Curl教授合作研究，在氦气流中以激光汽化蒸发石墨实验中首次发现碳元素可以形成由60个或70个碳原子构成的有笼状结构的 C_{60} 和 C_{70} 分子，在11年后荣获1996年诺贝尔化学奖。1991年，碳纳米管由日本电镜学家饭岛教授通过高分辨电镜发现，作为碳材料家族中的新成员在高新技术诸多领域有着诱人的应用前景。2010年，诺贝尔物理学奖授予英国曼彻斯特大学科学家安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫，以表彰他们在石墨烯材料方面的开创性研究，同时也掀起了科学家们对碳的同素异形体的研究热潮。2010年，中国科学院化学研究所李玉良团队利用化学方法首次在铜箔表面成功合成了大面积(3.61 cm^2)的石墨炔薄膜，首次运用汉语将其命名为“石墨炔”，充分展现了中国研究者在科研领域的强大潜能。不同于 sp^2 杂化的石墨、 sp^3 杂化的金刚石，石墨炔是一种由1,3-二炔键将苯环共轭连接形成的一种新型碳的同素异形体，具有由 sp 和 sp^2 杂化成的二维平面网络结构，化学性能、热稳定性、半导体性能优良，是继富勒烯、碳纳米管、石墨烯之后的新的全碳二维平面结构材料，在催化、力学、纳米电子等领域具有广阔应用前景。

碳化学的研究并不止于此，在麻省理工就读的中国留学生曹原发现：石墨烯层与层之间不同的堆积方式还可以实现拓扑绝缘体到超导体之间的转化，展现同样的分子式下多样的空间结构和物理

化学性质，22岁的他荣登英国自然杂志2018年度十大人物榜首。看起来非常简单的碳单质却存在着迥异的结构和性质，即使是已知的碳单质都存在人类尚未发现的结构和用途，更别提新的碳的同位素、碳单质的同素异形体了。化学离我们并不遥远，它渗透在生产生活的方方面面，只要敢想、肯学、敢试，都可能收获意想不到的成果。以石墨、富勒烯、石墨烯、石墨炔为主线的大中衔接教学网络层次分明，碳的世界逐步呈现在学生眼前，让学生充分意识到：人类对碳的认知从单一到丰富，它们的相继发现中存在着偶然但更多的是必然，这一背后是社会生产力进步以及文明发展的推动，从而引导学生树立勇于探索、追求真理的世界观，弘扬科学精神、提升其科学素养。

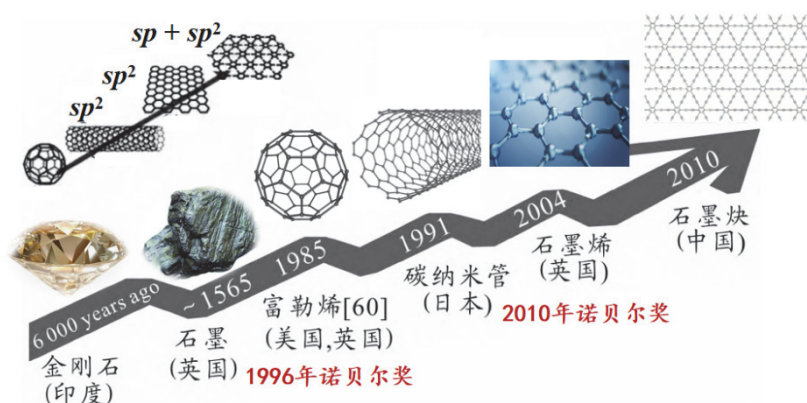


图1 碳化学发展历程

4.2 正确看待身边的化学，增强社会责任感——以三聚氰胺为例

学生已经接触了化学的基础原理、掌握了一定的化学方法，但化学的实际应用必须符合社会实际需求。在大中衔接化学教育理念下，如何培养构建学生的学科道德至关重要。现以三聚氰胺事件为例：

凯氏定氮法涉及浙教版高中化学选修3的蛋白质结构、分解反应、硝化反应等有机知识，是测定化合物或混合物中总氮量的一种方法：利用浓硫酸将有机氮都转变成无机铵盐，并通过滴定分析计算得到样品中的含氮量。由于蛋白质含氮量比较恒定，利用由其氮量计算蛋白质含量是经典的蛋白质定量方法，也是用于测量奶粉营养价值的重要途径。而其中含氮物质的不确定性成为了不法分子偷工减料的漏洞，加入三聚氰胺来提高产品的“质量”，由此引发三聚氰胺事件，为资本敛财提供了便捷的通道。三聚氰胺($C_3N_6H_6$)作为白色粉末状固体(图2)，微溶于水($3.1\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ ，常温)，是一种氮杂环有机化工原料。为何能将其加入奶粉而不被发现呢？蛋白质的含氮量一般不超过30%，而三聚氰胺的含氮量高达66%，是牛奶的151倍、奶粉的23倍，只需少许就能大大提高奶粉的表观蛋白质含量数据，即使是当时含量最高的三鹿奶粉($2563\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)也足够在热水冲泡下溶解。而且牛奶这一乳浊液本身也对微量三聚氰胺的析出有一定的“掩护”作用。

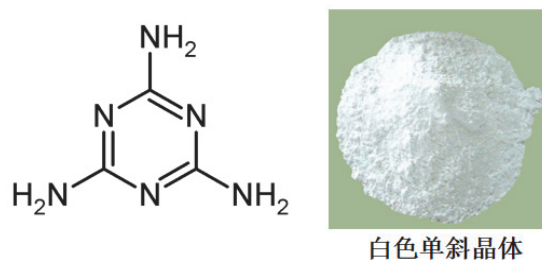


图2 三聚氰胺化学式与性状

为什么选择加三聚氰胺，表面上是化学工作者利用了凯氏定氮法的漏洞，实则是资本背后博弈的必然结果，与经济活动密不可分，与人的社会归属感紧密相关。蒙牛与摩根士丹利、英联、鼎辉等资本的“对赌协定”驱使蒙牛需要疯狂抢占国内有限的奶源及市场，大大挤压其他乳品制造商的生存空间才能完成目标，这种压力下企业人员选择忽略那轻微的毒性、忽视社会道德，导致牛奶行业演变成添加三聚氰胺来提升含氮量这种“病态”的发展模式^[11]。这一事件为社会敲响了警钟，化学这一利器需要法律，更需要人为的约束。化学教育是培育未来社会顶梁柱的主要平台，必须注重在教学过程中构建化学学科道德，引导学生深刻认识化学学科知识的正当用途，让学生成长为一个有理想、有担当、有思考、有底线、更有社会责任感的祖国接班人，扣好人生的第一粒纽扣。

4.3 保护非物质文化遗产，传承中华文明

杨叔子院士曾说：“一个国家、一个民族，没有现代科学，没有先进技术，就是落后，一打就垮；然而，一个国家、一个民族，没有民族传统，没有人文文化，就会异化，不打自垮。”化学课程中应坚持“立德树人”导向，秉承“科学文化和人文文化交融教育”的理念，而社会文明中必不可缺的主角——非物质文化遗产是一个很好的切入点。以古陶瓷修复技术为例(2014年进入第四批国家级非物质文化遗产名录)：

在高中化学必修2中提到，以铝硅酸盐为主要原料的陶瓷早在唐宋时期就已享誉海内外。然而陶瓷质脆，在中华民族的悠悠历史中极难保存，这也昭示着古陶瓷技术对于中华民族传承的重要意义。那么该如何修复呢？古人先是想到了最为简单粗暴的物理方法——绳索系扎，又因该方法对器物本身较大的破坏性而被舍弃；后来古人从原料着手，选用石灰和鸡蛋清的混合物作裂缝填充物，在与空气中的 CO_2 作用下形成我们熟知的 CaCO_3 固体，利用 Ca^{2+} 与硅铝酸根的静电作用进行加固，但其粘合度也并不理想；随着物质生活的改善，人们对瓷器审美价值的要求日益提高，金缮修复、铜钉修复方法随之衍生，选用延展性良好、性质稳定的金、铜、铁等金属装饰或修复陶瓷(图3)^[12]。古人或许对化学理论知识的了解较为浅薄，但他们的“土方法”却蕴含了无数化学元素。现如今的科技迅速进步，陶瓷修复技术进一步引入无机纳米 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、环氧树脂等高分子材料，耐高温、使用寿命长的新材料可以更大程度地保护和修复古陶瓷，而纳米材料也是近阶段无数学者研究的热点，是化学专业学生未来研究的重要方向。 CO_2 、 CaCO_3 、 SiO_2 等都是较为简单的化学物质，频繁出现在学生熟悉的化学反应中，可又有多少学生能够想到他们竟然可以用来修复材料呢？而这恰恰成为了衔接高中基础知识和大学科研实践的一大突破点，凸显理论与实践相结合的重要性。



图3 古陶瓷修复方法

化学内涵不仅仅体现在古陶瓷修复领域，而是非物质文化遗产中拥有的共性，冶铁、青铜等工艺制品，酿酒、制作火腿等传统技艺以及白蛇传等民间文学中都能发现化学的痕迹，借此能够让生切身感受到中华文明与化学学科的密切联系，在认同感和自豪感中提升学生的学习兴趣 and 热情。

4.4 落实双碳目标，增强民族自豪感

CO₂作为初高中阶段反复接触、反复练习的一种气体，学生对它的性质、用途早已烂熟于心，然而它作为一种温室气体，对地球环境造成了不可逆的负面影响。2020年9月，习近平总书记在第七十五届联合国大会上郑重提出中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和(以下简称“双碳”目标)。“碳达峰 碳中和”是我国现阶段结合时代要求在碳排放上亟待达成的短期目标与中期目标，是为全球环境提供的中国贡献与中国力量。

要想尽快达成“双碳”目标，其一是节能减排，即选用清洁能源、减少CO₂排放，其二则是开源，即以CO₂为原料生产高附加值的化学产品。从秸秆资源化到微生物固碳再到地质封存技术，从催化还原CO₂到生物质炭化再到储能技术，这些固碳减排方法都离不开与之相关的基础化学学科的进步(表1)。高中阶段的学习大多以理论知识为主、以高考为“指挥棒”，而大学专业学习更需要启迪学生的大局意识，打破“唯分数观”，本案例选择“节能减排”和“变废为宝”两个角度入手，帮助学生树立对立统一思想，使得CO₂在学生心中的形象从单一走向立体、走向鲜活，使得学生更加明确：“有利”还是“有害”往往取决于人类的运用方法。同时，将国家的宏观政策与化学微观粒子相结合，无形中引导学生站在人类命运共同体的层面去更多关注整个时代的发展，拓展学生视野。

表1 落实“双碳”目标的化学技术

减少CO ₂ 排放率	提高CO ₂ 利用率
秸秆资源化利用技术	电催化还原CO ₂ 技术
沼气综合利用技术	光催化还原CO ₂ 技术
微生物固碳技术	生物质炭化技术
碳捕集与封存技术	超临界CO ₂ 动力系统
CO ₂ 海底地质封存技术	压缩CO ₂ 储能技术
...	...

这个时代教书育人的初心，是创新能力的培养和开拓性思维的提升。以碳标签为切入点启发学生自主思考、自由探索，加强学生创新意识的培养以及将理论转化为实际研究的能力，支持国家政策的同时让学生为中华民族的强大力量感到自豪^[13]。在教育改革、加强基础科学建设形势下，高校的专业学科教育应顺应时代发展和国家“双碳”政策要求，立足以学生为主体，为“双碳”目标的达成夯实科技基础、人才基础和教育基础，为“双碳”理念的普及提供不竭动力和源泉，为“双碳”政策落地实施行稳致远提供现实条件。

4.5 着眼货币演变史，推进中国式现代化

历时千年的货币演变见证了一个个民族的兴衰与崛起，货币铸造技术的发展见证了化学技术的提升。社会发展催生货币，而货币的演变反作用于人类社会。这一块的内容更多出现在高中政治必修一《经济生活》的学习中，大多学生并不会将其与化学相联系，而事实上，货币的演变史中化学功不可没。从学生高中阶段就已接触过的湿法炼铜法入手，唤醒学生的有关记忆，进一步抛出其他货币形态，从铜、银到黄金，再到纸币，最后发展至数字货币，是炼铜术、炼银术到冶金术、造纸术再到半导体材料、量子通讯技术的进步，由此一点点揭开货币演变背后的化学力量^[14]。如图4所示，前期铸币的化学原理并不复杂，主要涉及的是四大基本反应类型中的置换反应、复分解反应，可在熟悉化学反应的学生眼中，能否从铸造结果中独立推得反应本质呢？这更能体现古人的智慧，

强化学生的民族自豪感。现如今互联网技术迅速发展，数字货币的时代即将到来，微信、支付宝等第三方支付工具几乎取代了纸币的存在。数字货币通过微观粒子的量子态传输信息，通过区块链互联网数据库技术进行记账，让资金交易可以在国家授权下可以追踪溯源，为资金传递的安全性和可靠性提供了更多保障，而这都得益于科学技术的创新发展。

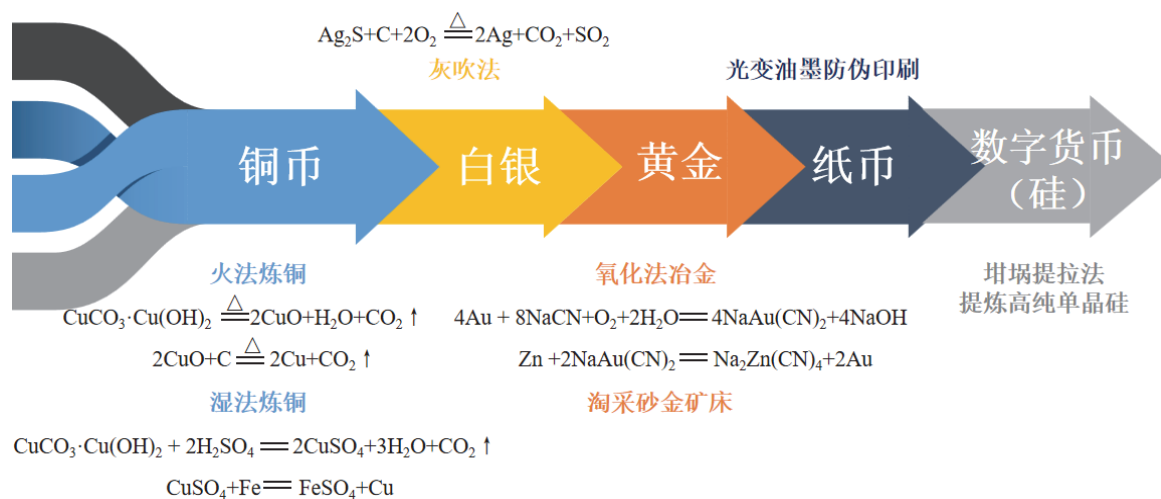


图4 货币演变进程

金属货币尤其是铜币、白银、黄金作为货币使用和流通社会阶段，中华民族一直是遥遥领先，一度拥有世界上半的货币储备，而这离不开古人在金属货币铸造上的智慧。虽在近代鸦片战争影响下中国货币走向衰退，但这只是暂时的，数字货币繁荣发展、数字人民币的发行与使用，是中国在货币领域走向世界、向世界展示中国风范的又一机会。结合货币形态变更原因，培养学生从宏观现象归纳微观本质的能力，培养学生运用化学解决实际问题的能力，培养学生积极学习、探索新材料的信心与热情，为推进中国式现代化新征程而不懈奋斗。

5 结语

十年树木，百年树人，融合科学与人文的教育应该是一个渗透的、主动接纳的漫长过程。笔者期待通过化学基础教育建设，将化学教学融入到社会发展和进步以及学生个人人生观培养的相互渗透中，衔接好中学升入大学的化学认知差异，利用好中学阶段的良好知识基础，加深学生对化学学科的理解和认识，更好体现教育个性化、科学化、多样化和普适化(图5)。在此基础上，进一步帮助学生主动建构自己知识体系、激发化学智慧，并在潜移默化中体现学科渗透、协作，培养创新能力和综合素养，提升学生的自然科学素养、人文情怀和社会责任感。



图5 大中衔接化学教育路径

参 考 文 献

- [1] 习近平. 为建设世界科技强国而奋斗——在全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会上的讲话. [2024-12-25].
http://www.xinhuanet.com/politics/2016-05/31/c_1118965169.htm?agt=8
- [2] 管培俊, 刘伟, 王希勤, 周玉, 孙维杰, 王稼琼. 中国高教研究, **2023**, No. 7, 1.
- [3] 李厚金, 陈六平. 大学化学, **2020**, *35* (11), 1.
- [4] 娄延常. 中国高教研究, **2003**, No. 1, 23.
- [5] 李丽萍, 张璐. 化学教育(中英文), **2019**, *40* (10), 6.
- [6] 程艳霞, 龚春燕. 教育家, **2022**, No. 43, 21.
- [7] 张娜. 大中衔接背景下大学新生角色转换问题及原因分析[硕士学位论文]. 上海: 华东理工大学, **2023**.
- [8] 邱晓航, 朱宝林, 马建功, 程鹏. 化学教育(中英文), **2021**, *42* (18), 66.
- [9] 卢晓中. 中国高教研究, **2023**, No. 11, 32.
- [10] 徐伟明, 俞敏强, 章鹏飞. 大学化学, **2013**, *28* (1), 10.
- [11] 谢旻轩, 邹培杰, 徐伟明. 大学化学, **2021**, *36* (3), 2011058.
- [12] 陈璐瑶, 朱祉翡, 李晨瑶, 黄又举, 徐伟明. 大学化学, **2023**, *38* (9), 6.
- [13] 李晨瑶, 林锴, 申屠宁, 徐伟明. 当代教育实践与教学研究, **2023**, No. 6, 64.
- [14] 岑智核, 朱彬琰, 黄又举, 章鹏飞, 徐伟明. 大学化学, **2023**, *38* (2), 132.