

元素化学“课程思政”教学设计与实践——以碳族元素为例

陈春霞, 彭进松, 周志强, 郭丽*

东北林业大学化学化工与资源利用学院, 哈尔滨 150040

摘要: 以碳族元素教学为例, 介绍了元素化学“课程思政”教学设计与实践。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, 将科技前沿、唯物辩证法与科学认识论、爱国主义精神、生态文明思想、新时代中国“双碳”故事、化学元素发现史和科学伦理道德教育等有机融入课程内容和课堂教学等环节中, 培养学生的创新精神、科学思维、爱国情怀、生态文明思想、探究精神、职业道德观等, 实现“知识传授”和“价值引领”同步提升。

关键词: 元素化学; 碳族元素; 课程思政

中图分类号: G64; O6

Teaching Design and Practice for Incorporating Ideological and Political Education into Chemistry of Elements: Taking Carbon Family as an Example

Chunxia Chen, Jinsong Peng, Zhiqiang Zhou, Li Guo *

College of Chemistry, Chemical Engineering and Resource Utilization, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China.

Abstract: Taking the carbon family as an example, this paper introduces the teaching design and practice for incorporating ideological and political education into chemistry of elements. Frontiers of science and technology, materialist dialectics and scientific epistemology, patriotism, ecological civilization thought, China's "double carbon" story in the new era, history of discovery of elements, scientific ethics and morality, etc. were aptly incorporated into the links of content setting and classroom teaching aiming at cultivating students' spirit of the craftsman, scientific thinking, patriotism, ecological civilization thought, exploration spirit, and professional ethics. Simultaneous promotion of "knowledge transfer" and "value guidance" was realized.

Key Words: Chemistry of elements; Carbon family; Ideological and political education

课程是课程思政建设的“主渠道”。元素化学是无机化学的重要组成部分, 也是无机化学的主脉。元素化学的教学内容是人类数百年来认识和改造大自然的智慧结晶, 元素知识与人类生产生活紧密关联, 蕴含着丰富的思想政治教育元素。元素化学教学体系多以元素周期表中的族为章节进行安排, 其中碳族元素属元素化学中的教学重点之一, 内容丰富, 思政元素多, 以碳族元素为例介绍元素化学“课程思政”教学设计与实践具有代表性。碳族属于 p 区元素, 位于元素周期表中的第四主族(IVA), 包括碳(C)、硅(Si)、锗(Ge)、锡(Sn)、铅(Pb)等元素。该族元素经历了一个完整的从典型的非金属元素到典型的金属元素过渡, 其中碳、硅属于非金属, 锗属于准金属, 锡、铅属于金属。碳

收稿: 2023-05-12; 录用: 2023-06-23; 网络发表: 2023-08-08

*通讯作者, Email: guoli_nefu@163.com

基金资助: 黑龙江省高等教育教学改革项目(SJGY20210049); 东北林业大学本科教育教学研究项目(DGY2023-49)

族元素具有丰富的物化性质，其教学内容广博，与材料、环境、能源、食品、健康等主题和科学前沿紧密关联。以碳族元素为载体，提炼蕴藏在化学知识中的思政教育因子，将专业教学与思政育人有机融合，将显性教育与隐性教育有机融合，形成协同效应，从而更好地实现知识目标、应用目标、素质目标 and 能力目标等综合目标的达成。

1 融入科技前沿，培养科学创新精神

21世纪，被称为“碳时代”！关于碳单质，除了自然界中原本存在的，科学家们还合成了许多结构不同、性质各异的碳的同素异形体。富勒烯、碳纳米管、石墨烯、石墨炔等的出现，都曾在科研圈掀起过研究热潮，尤其石墨烯堪称能改变世界格局的“世纪新材料之王”。如图1所示，讲解碳元素的单质时，介绍这些新材料的发现过程，并按照杂化方式分类介绍其结构和性能。例如，自然界中天然存在的最坚硬的物质——金刚石为 sp^3 杂化，三维石墨、二维石墨烯、一维碳纳米管和零维富勒烯等为 sp^2 杂化，介绍杂化方式、结构、性能之间的关系，引申出“结构决定性能，内部原因决定外部表现”，暗喻提升自身内在修养是成功的前提和保障。介绍各材料的发现历程中引申出探索精神的重要性。零维富勒烯于1985年在模拟星际尘埃的实验中被“意外”收获^[1]，富勒烯的发现者于1996年获诺贝尔化学奖。1991年，研究人员将石墨加热到1200℃以上，碳环重新排列形成一种两端封闭的管状结构——一维碳纳米管^[2]。2008年，碳纳米管的发现者获得被学术界誉为“纳米科技界的诺贝尔奖”的Kavli科学奖。2004年，英国两位物理学家用微机械剥离法成功从石墨中分离出一种由碳原子以 sp^2 杂化形成的六角型呈蜂巢晶格的二维碳纳米材料——石墨烯^[3]。6年之后的2010年，两位科学家被授予诺贝尔物理学奖。石墨烯的发现推翻了所谓“热力学涨落不允许二维晶体在有限温度下自由存在”的原有认知，震撼了整个物理界^[4]。石墨烯是目前世上最硬(比钻石还坚硬)、最薄(仅有一个原子层厚)、电阻率最小、几乎完全透明的材料，且具有极好的热稳定性、导热性和化学稳定性^[5]。石墨烯优异的物理性质，使与其有关的新闻或者研究成果都受到了人们极大的关注。介绍中国学者在石墨烯研究中的卓越贡献，提高学生的民族自信心。如，2018年22岁的中国“天才少年”曹原发现石墨烯超导角度轰动国际学界^[6,7]，开辟了凝聚态物理研究的新领域，成为*Nature*杂志创刊以来以第一作者身份发表论文的最年轻的中国学者，位居“2018年度世界十大科学人物”榜首，被称为“石墨烯驾驭者”^[8]，并获2021年凝聚态物理领域青年物理学家最高奖(William L. McMillan Award)。sp和 sp^2 混合杂化产生的碳材料家族的新成员——石墨炔，这一原本不存在于自然界中的同素异形体于2010年被中国科学院院士、中科院化学研究所研究员李玉良团队发现^[9,10]。2018年，科学家又发现了基于 sp^2 和 sp^3 混合杂化的全新的稳定碳结构碳同素异形体——Protomene^[11]。关于碳材料，还可以联系到学生们喜欢的科幻电影如《流浪地球2》，其中有一项吸引了无数影迷目光的“黑科技”——太空电梯，而“太空电梯”的梦想也是基于碳纳米技术的发展^[12]。

最新科研前沿成果的引入不仅可以让学生对新型碳同素异形体的结构、性能有更全面的掌握，同时拓宽了学生的学科国际视野，培养了学生的科学创新精神，鼓励学生将来在新材料、新技术领域勇于探索，取得更多更大开拓性的突破。



图1 课堂植入的科技前沿案例

2 融入唯物辩证法与科学认识论, 培养学生的辩证思维与科学思维能力

元素化学知识中蕴含着深刻的哲学原理。将唯物辩证法与科学认识论融入到元素化学课堂教学中, 培养学生的辩证思维能力、科学思维能力, 为其将来在科学工作中更加全面、深刻、科学地认识问题奠定基础。如图2所示, 以碳族元素涉及的两个典型例子为载体将唯物辩证法与科学认识论融入课堂教学中。金刚石和石墨同为碳的同素异形体, 但性质截然不同。金刚石中的碳为 sp^3 杂化, 每个碳原子与其周围4个碳原子以共价键连接形成三维网络结构, 所有的价电子都参与了C—C共价键的形成, 所以金刚石硬度大、熔点高、不导电。石墨晶体中, 碳原子为 sp^2 杂化, 每个碳原子以共价键与同一平面中周围的3个碳原子连接形成二维结构, 即层状结构, 每个碳原子具有一个未参与杂化的含1个电子的 p 轨道, 这些 p 轨道肩并肩形成离域大 π 键, 因此石墨硬度低、润滑性好、导电。在教学过程中渗透“结构决定性质, 性质决定用途”“事物内部结构与外部功能是一对矛盾, 它们是对立的, 又是统一的, 两者具有对立统一的关系, 内部结构是内部原因, 外部功能是外部表现, 外部表现是由内部原因决定的”哲学思想, 引导学生辩证地、科学地看待问题, 培养其辩证思维与科学思维。石墨和金刚石结构不同, 性质各异, 各有各的用途。教导学生, 人亦如此, 各有各的特点, 各有各的优点, 扬长避短, 人人可有作为, 正如汉·司马迁《史记·高祖本纪》中刘邦曰: “夫运筹帷幄之中, 决胜千里之外, 吾不如子房; 镇国家, 抚百姓, 给饷馈, 不绝粮道, 吾不如萧何; 连百万之众, 战必胜, 攻必取, 吾不如韩信。”在讲解碳单质石墨和金刚石时, 引入石墨转变为金刚石的案例, 石墨在一定条件下可以转变成金刚石, 实现“稻草变黄金”, 实现古人梦寐以求的“点石成金”的梦想, 引导学生领悟其中蕴含的哲学道理。在讲述中尤其突出我国科学家在这一领域的贡献^[13,14]。

除了碳的同素异形体间存在相变外, 锡的三个同素异形体之间也存在相变。人们所见到的通常是白锡, 正方晶系, 在13.2–161 °C之间稳定。161 °C以上, 白锡转变为斜方晶系的脆锡。温度低于13.2 °C时, 白锡开始转变为无定形的灰锡, 但转变速度较慢, 温度低至–30 °C时, 转变速度达到最大值。灰锡先是以分散的小斑点出现在白锡表面, 随后斑点逐渐布满整个表面, 随之整块锡碎成粉末, 这就是所谓的“锡疫”现象。只要碰上灰锡, 哪怕是碰上一点点, 白锡也会全部转变成灰锡, 其中灰锡既是生成物又是催化剂。在讲解锡的相变时引入两个重大历史事件(图2)。一个事件是, 1812年法俄战争中拿破仑的惨败竟是锡质纽扣发生“锡疫”所致。另一个事件是, 1912年一支探险队去南极考察, 其所用的汽油桶是用锡焊接的, 在南极的冰天雪地之中, 焊锡变成粉末状的灰锡, 汽油漏光了, 致使燃料短缺, 探险队全军覆灭。讲解这些相变过程时引入唯物辩证法的质量互变规律。事物的变化往往是由微小的量变开始并慢慢积累, 当这种积累达到一定程度时就会导致事物由一个性质变化到另一个性质(即质变)。通过质量互变规律揭示事物发展的状态, 培养学生的辩证科学思维。在讲述中, 以学生感兴趣的事件为切入点, 引导学生进入课程知识领域, 同时使其掌握事件背后的道理。

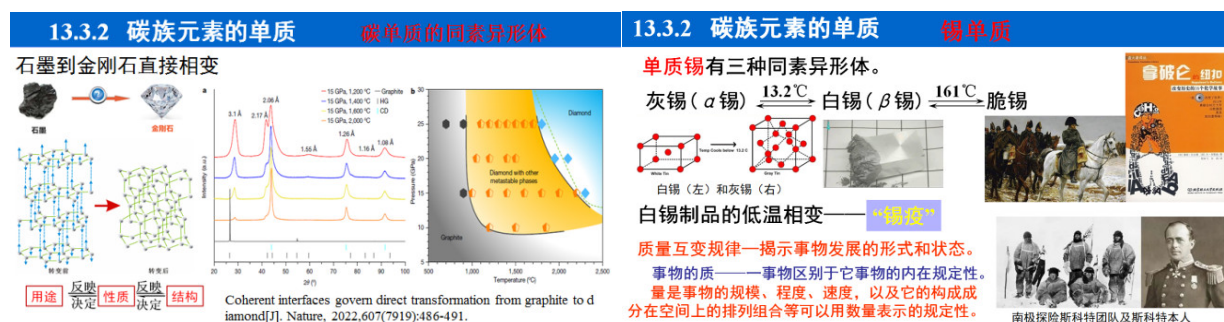


图2 课堂植入的唯物辩证法案例

3 融入爱国主义, 培养学生爱国情怀

化学家侯德榜先生及其发明的联合制碱法是构筑课程思政的重要素材(图3)。20世纪初, 我国食品制作中使用的纯碱碳酸钠(Na_2CO_3)完全依赖进口。第一次世界大战爆发后, 欧亚交通受阻, 我国人民无碱使用, 解决纯碱制造受制于人的问题迫在眉睫。侯德榜协助民族实业家范旭东先生创办中国首家制碱企业, 发明了联合制碱法, 揭开了“索维尔”制碱技术的秘密, 砸开了技术封锁的铁链, 使制碱技术成为全人类的财富^[15]。侯德榜先生用制碱技术开启了中华民族化工工业大厦的构筑。介绍老一辈科学家、实业家的先进事迹, 让学生了解、学习他们在艰苦岁月中力学笃行、无私奉献、报效祖国的崇高精神和爱国情操, 使学生厚植爱国主义情怀。

硅的丰度在所有元素中位居第二, 硅产业促进了技术进步、经济发展和人类文明。在硅单质及其化合物的应用中蕴含着丰富的思政元素。硅是典型的具有半导体性质的元素, 硅作为半导体电子元件以及光导纤维的原料, 被称为信息时代的基石。在讲解单质硅时重点强调半导体硅片是芯片制造的核心材料(图3)。单质硅主要有单晶、多晶以及非晶形态, 后两者缺陷多, 不能用于芯片制造, 唯有高纯的单晶硅可作为芯片的基元材料。讲解关于硅的知识特别是高纯单晶硅的制备时, 引入众所周知的“中兴通讯危机事件”、“芯片禁令”、中国芯片产业链被“卡脖子”等案例。既能使学生了解前沿技术, 又能教育学生发愤图强、不断创新、坚定理想信念、勇担时代使命, 将来为国家破解“卡脖子”技术难题贡献力量, 培养学生爱国情怀。

二氧化硅光纤已成为通信系统的基石, 在讲解二氧化硅时强调其作为光导纤维原料的重要性(图3), 引入两位重要科学家的案例。“光纤之父”高锟因在“有关光在纤维中的传输以用于光学通信方面”做出的突破性成就而获得2009年诺贝尔物理学奖。高锟于1966年提出利用高纯度的玻璃(二氧化硅)光纤来传送讯息时, 人们认为这简直是天方夜谭。如果当年他因此而放弃研究的话, 便没有今天的互联网了。教育学生学习高琨先生永不放弃的科学精神及其作为华裔对祖国的一片赤诚之心。赵梓森是我国光纤通信技术的主要奠基人和公认的开拓者, 他“拉出”我国第一根实用型石英(二氧化硅)光纤, 建成了我国第一条光缆通信工程和连通全国的光纤通信线路, 为我国光纤通信接近或达到国际先进水平做出了杰出贡献, 被誉为“中国光纤之父”。从20世纪70年代, 赵梓森便怀着振兴民族通信事业的梦想, 为我国光通信事业的飞速发展作出了巨大贡献^[16]。

13.3.3 碳的化合物	碳酸盐	13.3.2 碳族元素的单质	硅单质
1、碳酸盐的溶解度 NH_4^+ 、碱金属(Li除外)碳酸盐易溶于水, 其它金属(含Li)碳酸盐难溶, 且酸式盐溶解度大于正盐。 水溶液中存在碳酸盐的水解: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ $K_1(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{K_w}{K_2(\text{H}_2\text{CO}_3)}$ $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$ $K_2(\text{CO}_3^{2-}) = \frac{K_w}{K_1(\text{H}_2\text{CO}_3)}$	易溶碳酸盐: 水溶液呈碱性 易溶碳酸氢盐: 水溶液呈微碱性 常见易溶盐: Na_2CO_3 (苏打、纯碱) NaHCO_3 (小苏打) K_2CO_3 KHCO_3	20世纪初, 中国制革、造纸、肥皂、纺织、染料等工业都得到了发展, 纯碱用量日益增多, 而国产“口碱”则量少质次价高, 无法满足市场需求, 严重影响了中国工业发展和民众生活。 著名科学家, 杰出化学家, 侯氏制碱法的创始人, 中国重化学工业的开拓者。近代化学工业的奠基人之一, 是世界制碱业的权威。 “氨碱法”	硅单质 硅是很重要的半导体材料, 集成电路99%以上是用硅材料制作, 可以说硅信息时代的基石。 硅在地壳中含 量仅次于氧, 是地球表面大多数土壤和岩石的一种基本成分。 烟晶 宝石 透辉石 方沸石 石英
13.3.4 硅的化合物 结构 Si采用 sp^3 杂化轨道与氧形成硅氧四面体 应用 二氧化硅是制造玻璃、石英玻璃、水玻璃、光纤纤维、电子工业的重要部件、光学仪器、工艺品和耐火材料的原料。 二氧化硅与信息材料 “中国光纤之父”赵梓森	二氧化硅 SiO_2 高纯。“光纤之父”, 诺贝尔奖获得者 结构 硅酸盐结构复杂, 但它的基本结构单位仍为硅氧四面体, 所以一般写成氧化物形式。 白云石: $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 沸沸石: $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	13.3.4 硅的化合物 硅酸盐 在自然界分布极广, 是构成地壳、上地幔的主要矿物, 占整个地壳的90%以上。 溶解性 可溶性: Na_2SiO_3 (水玻璃) 不溶性: 大部分硅酸盐难溶于水, 且有特征颜色。 应用 玻璃 水泥 陶瓷 硅酸盐水泥 港珠澳大桥是世界最长的跨海大桥! 被外媒评为“世界新七大奇迹”之一。建造这样的一座大桥共计水泥使用量约198万吨。	

图3 课堂植入的爱国主义教育

在讲解硅酸盐时以世界最长的跨海大桥——港珠澳大桥作为导入(图3)。港珠澳大桥全长55公里,傲然跨越伶仃洋,被外媒评为“世界新七大奇迹”之一,共计使用水泥198万吨^[17]。港珠澳大桥堪称施工难度最大的跨海桥梁项目,高温、高湿、多盐的海洋环境对混凝土的抗海水渗透性、耐腐蚀性等方面有着极高的要求。强调我国自主研发的高性能硅酸盐水泥成就这个超级工程,培养学生的道路自信、理论自信、制度自信、文化自信。

4 融入新时代中国“双碳”故事,培养学生生态文明思想

在讲解二氧化碳时,引入我国的“双碳”战略目标(图4)。国家主席习近平于2020年9月22日在第七十五届联合国大会一般性辩论上向全世界郑重宣布——“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”^[18]。实现碳达峰、碳中和,是新时代我国的重大战略决策,事关中华民族永续发展和人类命运共同体的构建。随着“碳达峰”“碳中和”写入政府工作报告^[19-21],2021年被称为中国的“碳中和”元年。各地区各部门深入贯彻习近平生态文明思想,贯彻习近平总书记重要讲话和指示批示精神,认真贯彻党中央、国务院决策部署,扎实推进各项任务,“双碳”工作实现了良好开局。这些行动充分彰显中国言必信、行必果的大国担当。

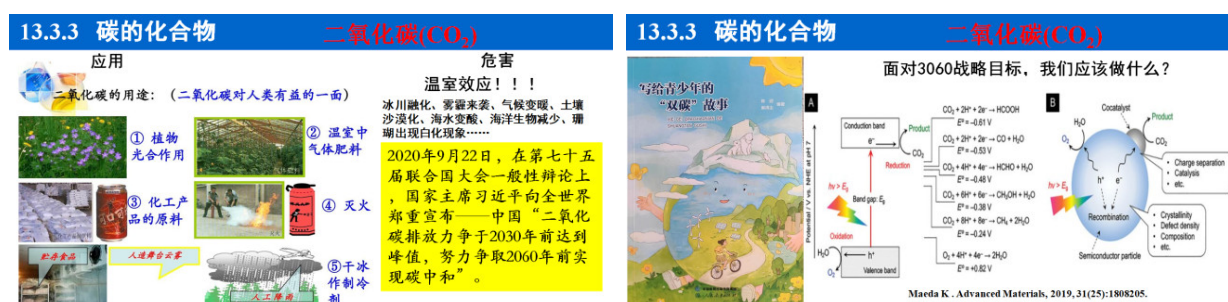


图4 课堂植入的中国“双碳”故事

“双碳”战略目标是我国向国际社会做出的庄严承诺,彰显了中国积极应对气候变化、走绿色低碳发展道路、推动全人类共同发展的坚定决心。实现这个目标,中国需要付出极其艰巨的努力。让学生认识到,“双碳”战略与我们每一个人都有关系,尤其青少年是未来碳中和世界的主人,也是落实“双碳”目标的生力军。用习近平总书记在考察清华大学时的讲话^[22]“当代中国青年是与新时代同向同行、共同前进的一代,生逢盛世,肩负重任”来加强对学生的“双碳”教育。降低碳排放,引导绿色技术创新,有效利用二氧化碳,使之通过化学反应转化为可利用的资源,引入科学文献,教导学生作为化学工作者要为“双碳”目标的实现贡献力量^[23,24]。通过讲解,提高学生绿色发展意识、培养生态文明思想。

5 融入化学元素发现史,培养学生探索精神

锗是碳族元素中的准金属元素,是地壳中最分散的元素之一。锗发现得较晚,并且其发现过程历经艰难曲折(图5)。1871年,门捷列夫在元素周期表中留下了有待于填补的空白,预言了三种未知元素,其中有一种称之为“类硅”。1885年,德国夫顿堡矿业学院矿物学教授威斯巴赫(A. Weisbach)发现一种新矿石,邀请同校的文克勒(Winkler)做定量分析。经过分析后,文克勒得出了矿石中含有一种新元素的结论。经过大量的分析工作,最终发现新元素恰巧是伟大化学家门捷列夫预言的“类硅”元素。实验数据与门捷列夫的预言惊人的一致,引起了科学界的轰动。此时,他没有忘记养育他的祖国,给新元素取名为“GERMANIUM”,以此歌颂他的祖国德意志^[25]。

户介绍还是在产品说明书上,全部统一口径,只说“乙基”不说“铅”,甚至动用一切手段打压人们对其危害的质疑。小托马斯·米奇利的两大杰作——四乙基铅和氟利昂都曾风光一时,创造了难以计数的物质财富。但这两项发明的应用对人类健康和环境有着巨大的破坏作用。其本人也因此被称为“地球历史上对大气影响最大的个体生物”“历史上杀戮最多的个体”和“几乎毁灭地球的男人”^[26]。测定地球年龄的反铅斗士克莱尔·帕特森(Claire C. Patterson)通过长时间坚持不懈的抗争,终于迫使汽车工业巨头停止使用含铅抗爆剂,在某种意义上拯救了整个地球,被称为20世纪影响最大的地质学家。科学本身是无从选择利益和良知的,但是科学家可以。

科学技术推动着人类文明进步,甚至成为了第一生产力,但在某些特定的条件下,科学技术也可能带来负面的影响。教导学生树立正确的科学伦理观和职业道德观,应用好科学技术这把“双刃剑”,在进行科学研究和技术创新的过程中辩证地看待问题,在积极发展科学技术的同时考虑其可能产生的负面影响,使科学技术更好地服务于人类。

7 结语

课程承载思政,思政寓于课程。深入挖掘课程蕴含的思政教育元素,充分发挥课程承载的思政教育功能,构建全员、全程、全课程育人的大思政教育体系,寓思政教育于知识传授中,立德树人润物无声,实现“知识传授”和“价值引领”同步提升。积极探索课程思政建设路径具有重要意义。本文以碳族元素为例的课程思政建设教学设计与实践具有一定的借鉴意义。

参 考 文 献

- [1] Kroto, H. W.; Heath, J. R.; O'Brien, S. C.; Curl, R. F.; Smalley, R. E. *Nature* **1985**, *318* (6042), 162.
- [2] Iijima, S. *Nature* **1991**, *354* (7), 56.
- [3] Novoselov, K. S.; Geim, A. K.; Morozov, S. V.; Jiang, D.; Zhang, Y.; Dubonos, S. V.; Grigorieva, I. V.; Firsov, A. A. *Science* **2004**, *306*, 666.
- [4] Novoselov, K. S.; Jiang, D.; Schedin, F.; Booth, T. J.; Khotkevich, V. V.; Morozov, S. V.; Geim, A. K. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2005**, *102*, 10451.
- [5] Geim, A. K.; Novoselov, K. S. *Nat. Mater.* **2007**, *6* (3), 183.
- [6] Cao, Y.; Fatemi, V.; Demir, A.; Fang, S.; Tomarken, S. L.; Luo, J. Y.; Ashoori, R. C. *Nature* **2018**, *556*, 80.
- [7] Cao, Y.; Fatemi, V.; Fang, S.; Watanabe, K.; Taniguchi, T.; Kaxiras, E.; Jarillo-Herrero, P. *Nature* **2018**, *556*, 43.
- [8] Cao, Y. Graphene wrangler. A PhD student Coaxed Superconductivity from Sheets of Atom-Thick Carbon. By Elizabeth Gibney. [2023-03-28]
<https://www.nature.com/immersive/d41586-018-07683-5/index.html>
- [9] Li, G. X.; Li, Y. L.; Liu, H. B.; Guo, Y. B.; Li, Y. J.; Zhu, D. B. *Chem. Commun.* **2010**, *46* (19), 3256.
- [10] 李玉良, 李勇军. 石墨炔: 从发现到应用. 北京: 科学出版社, 2018.
- [11] Delodovici, F.; Manini, N.; Wittman, R. S.; Wittman, R. S.; Choi, D. S.; Fahim, M. A.; Burchfield, L. A. *Carbon* **2018**, *126*, 574.
- [12] 太空电梯: 或许就在不远的未来. 中国人民解放军新闻传播中心时政部. [2023-03-28].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1756835023371313166>
- [13] Luo, K.; Liu, B.; Hu, W. T.; Dong, X.; Wang, Y. B.; Huang, Q.; Gao, Y. F.; Sun, L.; Zhao, Z. S.; Wu, Y. J.; et al. *Nature* **2022**, *607* (7919), 486.
- [14] Xie, Y. P.; Zhang, X. J.; Liu, Z. P. *J. Am. Chem. Soc.* **2017**, *139*, 2545.
- [15] 侯德榜. 跨越元素世界. 天津: 百花文艺出版社, 2011.
- [16] 周甲禄, 徐海波. 决策探索(上), **2019**, No. 8, 84.
- [17] 中国砂石骨料网. 港珠澳大桥通车背后: 16亿元砂石填海 每粒砂石都可溯源. [2023-04-02]. <https://cssglw.com/news/924656002276190.html>
- [18] 中国日报网. 习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话(全文). [2023-04-06].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1678597110426202250&wfr=spider&for=pc>
- [19] 新华社. 韩正主持碳达峰碳中和工作领导小组第一次全体会议并讲话. [2023-04-06].
http://www.gov.cn/guowuyuan/2021-05/27/content_5613268.htm

- [20] 中国新闻网. 中国的全国碳排放权交易于2021年7月16日开市. [2023-04-06].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1705352718135973898&wfr=spider&for=pc>
- [21] 央广网. 中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念 做好碳达峰碳中和工作的意见. [2023-04-06].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=171455442496123074&wfr=spider&for=pc>
- [22] 人民日报. 习近平: 当代中国青年生逢盛世肩负重任. [2023-04-08].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1697477030535159193&wfr=spider&for=pc>
- [23] Huang, H. N.; Shi, R.; Li, Z. H.; Zhao, J. Q.; Su, C. L.; Zhang, T. R. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2022**, *61* (17), e202200802.
- [24] Gu, J.; Hsu, C. S.; Bai L. C.; Chen, H. M.; Hu, X. *Science* **2019**, *364*, 1091.
- [25] 凌永乐. 化学元素的发现. 第3版. 北京: 商务印书馆, 2014.
- [26] 新华社客户端. 米奇利: 一个几乎“毁灭地球”的男人. [2023-04-09].
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1724973996052188083&wfr=spider&for=pc>

欢迎订阅《物理化学学报》

2024 年全国报刊杂志征订工作已经开始, 敬请向贵单位推荐订阅 2024 年《物理化学学报》。

《物理化学学报》是由中国科学技术协会主管, 中国化学会和北京大学共同主办, 北京大学化学与分子工程学院学报编辑部编辑出版的学术刊物。设有“通讯”、“展望”、“专论”、“综述”、“论文”等栏目, 报道物理化学学科及交叉学科的基础研究及应用研究的创新成果。

中国科学院院士、北京大学刘忠范教授担任主编; 编委会中有 9 位两院院士, 1 位欧洲科学院外籍院士, 1 位加拿大科学院院士, 15 位海外学者。2004 年, 获得国内期刊界最高奖——第三届国家期刊奖百种重点期刊奖; 2015 年入选国家新闻出版广电总局“百强报刊”。中国科协精品科技期刊工程项目资助出版。WOS 公布的 2022 年期刊影响因子(JIF)为 10.9。读者普遍认为《物理化学学报》具有极高的学术价值和收藏价值。

《物理化学学报》已被美国《科学引文索引》(SCI)网络版、美国《化学文摘》(CA)、日本《科技文献速报》、俄罗斯《文献杂志》(AJ)、中国科协和国家自然科学基金委主办的《中国学术期刊文摘》、中国科学技术部万方数据网络中心的《中国科技论文与引文数据库》(CSTPCD)、中国科学院文献情报中心的《中国科学引文数据库》、中国生物学文献数据中心的《中国生物文摘》等国内外多种著名检索刊物和文献数据库摘引和收录。

《物理化学学报》现为月刊, 大 16 开本, 亚光铜版纸印刷。2024 年订价 80.00 元/册, 全年订价 960.00 元。国内邮发代号 82-163, 欢迎国内读者到当地邮局订阅, 国外读者可通过中国国际图书贸易总公司订阅(Code No 1443-MO)。若通过邮局订阅有困难或错过订阅, 请直接与编辑部联系。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆订阅。

地址: 北京大学化学学院《物理化学学报》编辑部

邮编: 100871

电话: +86-10-62751724

邮箱: whxb@pku.edu.cn

网址: <http://www.whxb.pku.edu.cn>

《物理化学学报》编辑部