



全国优秀教材一等奖

普通高中教科书

化学

必修

第一册



山东科学技术出版社



全国优秀教材一等奖

普通高中教科书

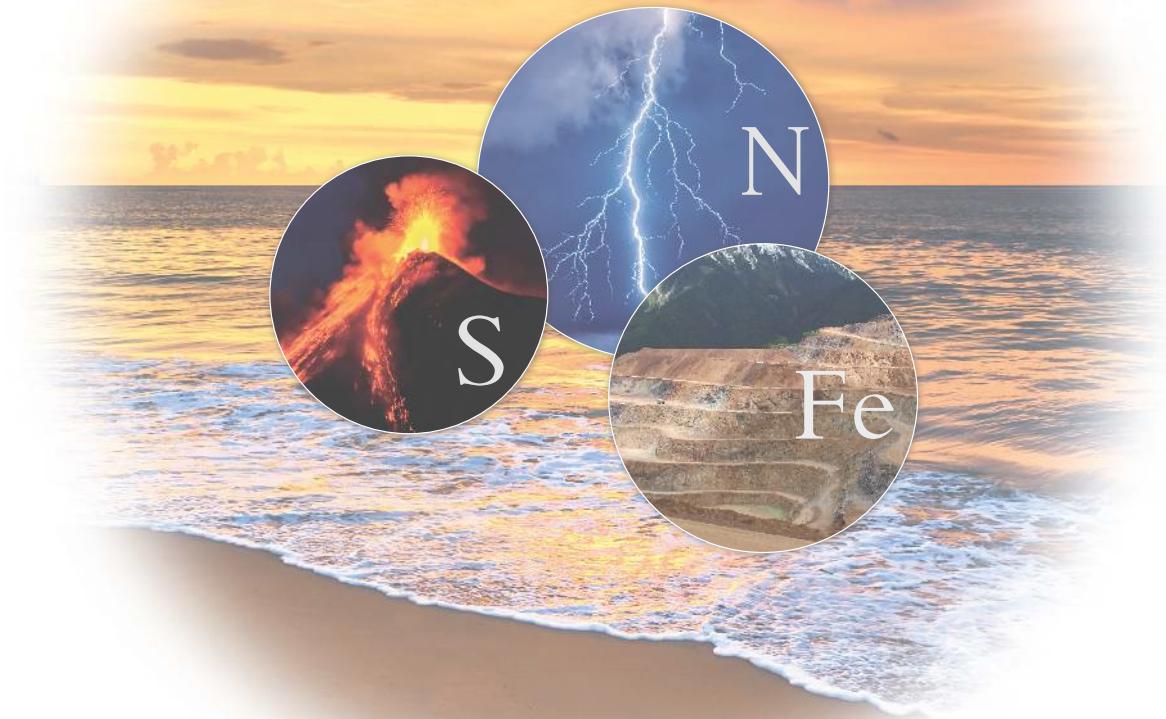
化学

必修

第一册

总主编 王磊 陈光巨

本册主编 王磊



山东科学技术出版社

·济南·

致同学们

欢迎同学们进入高中化学课程的学习！

依据《普通高中化学课程标准（2017年版）》，化学课程分为必修课程、选择性必修课程和选修课程三大类。其中，必修课程是普通高中学生发展的共同基础，努力体现化学基本观念与发展趋势，促进同学们化学学科核心素养的发展，以适应未来社会发展需求，是全体同学必须修习的课程。选择性必修课程包括“化学反应原理”“物质结构与性质”“有机化学基础”三个模块，培养同学们深入学习与探索化学的志向，引导同学们更加深入地认识化学科学、了解化学研究的内容与方法、提升化学学科核心素养的水平，是同学们根据个人需求与升学考试要求选择修习的课程。选修课程包括“实验化学”“化学与社会”“发展中的化学科学”三个系列，面向对化学学科有不同兴趣和不同需要的同学，拓展化学视野，深化对化学科学及其价值的认识，是同学们自主选择修习的课程。

依据《普通高中化学课程标准（2017年版）》的理念和要求，我们编写了本套教材，力求选取最具化学学科核心素养发展价值的知识内容和学习素材，按照科学、合理、有效的学习进阶，安排学习内容，设计学习活动，引导同学们学习最为核心的基础知识和基本技能，掌握最有价值的科学方法和思想方法，形成正确的思想观念和科学态度，达成“宏观辨识与微观探析”“变化观念与平衡思想”“证据推理与模型认知”“科学探究与创新意识”“科学态度与社会责任”等方面化学学科核心素养的发展目标。

为了便于同学们学习，我们将必修课程教材分成两册编写。在学习这两册教材的过程中，同学们将通过观察辨析一定条件下的物质形态及变化的宏观现象，初步掌握物质及其变化的分类方法，能够运用有关符号表征物质及其变化；从微观层面理解物质的组成、结构与性质的联系，形成“结构决定性质，性质决定应用”的观念，学会根据物质的微观结构推论元素及其化合物在特定条件下可能具有的性质和发生的变化；掌握探究物质性质的主要方法和基本程序，关注化学反应中的物质变化和能量变化，能够预测在一定条件下某种物质可能发生的化学反应，增强变化观念和平衡思想；初步学会收集各种证据，掌握对物质的性质及物质的变化提出可能的假设并予以验证的方法；发现和提出有研究价值的化学问题，独立或合作依据探究目的设计并优化实验方案，完成实验操作，对观察记录进行信息

加工、获得实验结论并提出进一步探究的设想，培养独立思考、敢于质疑、勇于创新的精神；关注与化学有关的社会问题，深刻理解化学、技术、社会和环境之间的关系，认识化学科学的独特魅力及对人类社会发展的重大贡献，强化社会责任意识。

本必修课程教材在呈现形式上具有一系列独具匠心的设计：每节开始设置“联想·质疑”栏目，铺设情境，提出问题，为同学们的探究学习做好铺垫；通过“观察·思考”“活动·探究”“交流·研讨”“迁移·应用”等活动性栏目组织同学们进行自主探究和开展合作学习，并利用“方法导引”栏目对有关活动进行有效的指导；利用“资料在线”“拓展视野”“身边的化学”“化学与技术”等资料性栏目丰富同学们的知识，拓展同学们的视野；每节的“练习与活动”及每章的自我评价设置“学习·理解”“应用·实践”“迁移·创新”三个层次，提供精选习题和有关活动，以提升同学们理论联系实际的迁移应用能力以及发现问题、分析问题和解决问题的能力；每章在“本章自我评价”中列出化学学科核心素养的发展重点和学业要求，以便同学们据此检查自己的学习情况；每章设置一个微项目，开展项目式学习，引导同学们面对实际的化学问题，学以致用，实现所学知识向关键能力和核心素养的转化。

本册教材是必修第一册，共3章，每章各有3节和1个微项目，主要是引导同学们走进化学世界，认识元素与物质的关系以及物质的分类与各类别物质的一般性质，掌握研究物质性质的主要方法和基本程序以及预测物质性质的视角和依据，了解化学反应及其分类并表征有关类型的化学反应，了解钠、铁、氯、氮、硫及其重要化合物的主要性质和实际应用，开展以化学实验为主的科学探究活动，认识物质转化的有关规律以及在自然资源综合利用和环境保护中的重要价值，在学习过程中发展同学们的化学学科核心素养。

相信本套教材能够成为同学们认识化学科学、学习化学学科的好帮手，为同学们在学校的组织和老师的指导下发展化学学科核心素养、提高学业水平，打下坚实的基础，开辟广阔的空间。



CONTENTS 目录



第1章 认识化学科学

- 第1节 走进化学科学 /2
- 第2节 研究物质性质的方法和程序 /10
- 第3节 化学中常用的物理量
 - 物质的量 /23
- 微项目 探秘膨松剂
 - 体会研究物质性质的方法和程序的实用价值 /34
- 本章自我评价 /38



第2章 元素与物质世界

- 第1节 元素与物质分类 /44
- 第2节 电解质的电离 离子反应 /53
- 第3节 氧化还原反应 /66
- 微项目 科学使用含氯消毒剂
 - 运用氧化还原反应原理解决实际问题 /76
- 本章自我评价 /80



第3章 物质的性质与转化

- 第1节 铁的多样性 /86
- 第2节 硫的转化 /97
- 第3节 氮的循环 /110
- 微项目 论证重污染天气“汽车限行”的合理性
 - 探讨社会性科学议题 /126
- 本章自我评价 /133

附 录

- 1. 各章节中的主要术语与物质名称 /138
- 2. 本册教材中主要的实验内容 /140
- 3. 常见元素中英文名称对照表 /141
- 4. 部分酸、碱和盐的溶解性表（室温）/142





第1章

认识化学科学

第1节

走进化学科学

第2节

研究物质性质的方法
和程序

第3节

化学中常用的物理量
——物质的量

微项目

探秘膨松剂
——体会研究物质性质的
方法和程序的实用价值

本章自我评价

第1节 走进化学科学

人类赖以生存与发展的物质世界是极其丰富的。面对五彩缤纷的物质世界，人们从远古时代开始就一直在思索与探究：物质究竟是什么？物质是由什么组成的？物质为什么会发生变化，又是如何发生变化的？怎样有目的地实现物质转化、创造物质，更好地为人类的生存与发展服务？……在漫长的思索与探究过程中，人们对物质世界的认识越来越深刻，并建立起化学科学。

那么，化学科学是如何逐步形成与发展的？它有什么特征，又具有怎样的探索空间呢？



▲ 图 1-1-1 自然界的杰作——山水美



▲ 图 1-1-2 人类社会的创造——复兴号

一、化学科学的形成与发展

早在远古时代，我们的祖先就知道了如何取火和保存火种。可以说，从那时起人类就开始了“化学活动”。在长期的生产和生活实践中，人们学会了烧制陶瓷、冶炼金属、酿造酒类。有一些被称为炼丹家或炼金士的人，甚至试图用一些物质炼制出能使人生不老的丹药，或把一些廉价的金属炼制成贵重的金属——金。



▲ 图 1-1-3 我国古代劳动人民的智慧结晶——陶瓷



进入近代，化学科学体系逐渐形成。在实践活动的基础上，化学家经过不断的努力，建立起科学的元素观，提出了氧化学说、原子论和分子学说，发现了元素周期律，等等。这些成就成为近代化学发展的里程碑。

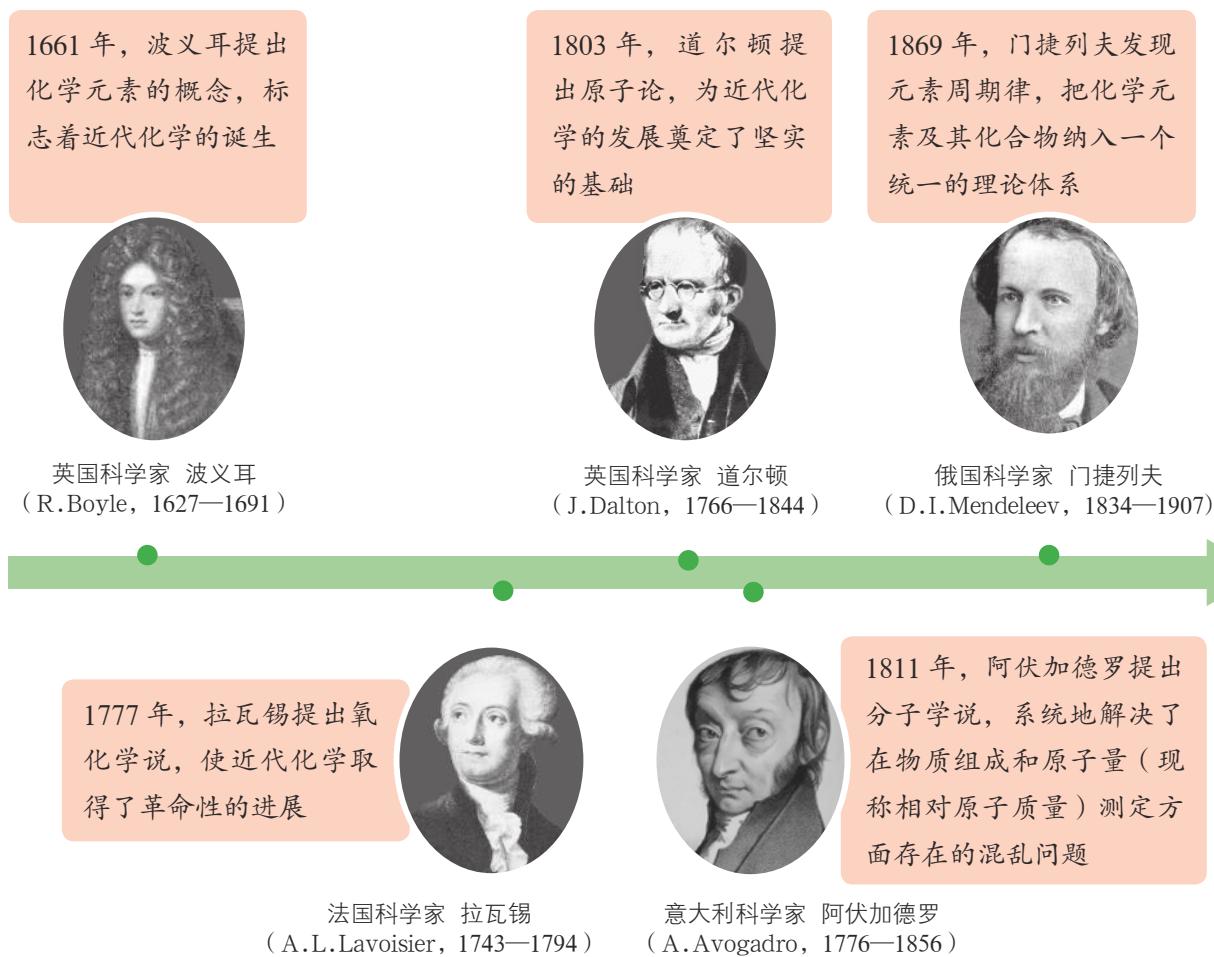


图1-1-4 近代化学的里程碑

交流·研讨

化学理论的创立或对有关化学规律的揭示，对于化学科学的发展有着极其重要的作用。请选择上述某一理论或规律，讨论其对于化学科学发展的贡献以及对于人们理解物质及其变化的作用。

进入20世纪后，随着人们对物质世界的认识由宏观向微观、由定性向定量、由静态向动态的不断深入，化学科学迅速发展，进入了辉煌的现代化学时代。放射性元素的发现、

现代量子化学理论的建立、化学热力学与动力学的开创性研究、创造新分子的合成化学的崛起、高分子化学的创立以及化学工业的快速发展等，都是现代化学发展中取得的重大成就。

现代化学的发展不仅使化学科学体系自身不断完善，也带动了相关科学的发展。例如，化学家对蛋白质结构的测定和对蛋白质合成的研究，使人们对生命过程有了更加深刻的认识，促进了生命科学的发展。1965年，我国科学家成功地合成了结晶牛胰岛素，在世界上首次实现了蛋白质的人工合成，标志着人类在认识生命、探索生命奥秘的征途上迈出了关键的一步。再如，化学科学促进了生态学的发展。以研究生物之间化学联系及其机制为目标的化学生态学于20世纪50年代末诞生，为病虫害的治理、生物多样性的保护、生物资源的合理利用等方面的研究提供了科学模式和理论依据。

化学科学和化学工业的发展，对于人类文明的进步发挥了巨大的推动作用。试想：如果没有合成氨的化工技术，如何制造出能促进粮食增产的大量氮肥，使成千上万的人免除饥饿的威胁呢？如果没有新药物的成功研制，如何战胜那些危及人类生命的疾病呢？如果没有功能各异的合成高分子材料的研制和生产，没有以硅及其化合物为原料制造出的芯片和光导纤维，人们的生活怎么会像现在这样丰富多彩呢？今后，化学科学与化学工业的发展将为人类社会的可持续发展作出更大的贡献。



▲ 图1-1-5 成功合成结晶牛胰岛素的
我国科学家



▲ 图1-1-6 氮肥促进粮食增产



▲ 图1-1-7 硅是信息技术的关键材料

**资料在线****研究领域与化学相关的国家最高科学技术奖获得者**

国家最高科学技术奖于2000年正式设立，每年评审一次，是我国五个国家科学技术奖（另外四个是国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖和中华人民共和国国际科学技术合作奖）中等级最高的奖项，由国家主席亲自签署、颁发荣誉证书和奖金。获奖者中许多科学家的研究领域都与化学密切相关，例如：

2007年度：闵恩泽（1924—2016），石油化工催化剂专家。

2008年度：徐光宪（1920—2015），量子化学、配位化学、萃取化学、稀土化学及化学教育专家。

2010年度：师昌绪（1918—2014），我国高温合金研究的奠基人，材料腐蚀领域的开拓者。

2013年度：张存浩（1928—），我国高能化学激光研究的奠基人，分子反应动力学的奠基人之一。

2016年度：屠呦呦（1930—），首先从中药青蒿中发现抗疟有效成分并成功提取的药学家；赵忠贤（1941—），我国高温超导研究的奠基人之一。

2017年度：王泽山（1935—），火炸药专家，含能材料专家。

二、化学科学的主要特征

化学是在原子、分子水平上研究物质的组成、结构、性质、转化及其应用的一门基础学科，其特征是从宏观和微观两个角度认识物质、以符号形式表征物质、在不同层面上创造物质。

利用化学方法，人们不仅从矿物和动植物体中发现了很多有用的物质，并把它们提取出来或利用已有的物质为原料制造它们，而且通过对有关物质结构和性质的认识与研究，根据需要创造出自然界中原本不存在的、具有特殊性质或功能的新物质。现在，化学家已发现和创造了上亿种物质。从这一角度来看，化学科学是一门具有创造性的科学。

现代化学已经成为实验与理论并重的科学。一方面，各种分析和测试物质结构、跟踪化学反应过程的技术如波谱、色谱、X射线衍射、飞秒化学、原子示踪等，成

为现代化学研究的重要手段；另一方面，理论计算辅以计算机模拟来研究物质的结构、预测物质的反应活性、研究反应的微观过程等，成为现代化学研究的热点。



图 1-1-8 质谱仪



图 1-1-9 核磁共振仪



图 1-1-10 X 射线衍射仪

交流·研讨

2015 年 10 月，我国科学家屠呦呦获得诺贝尔生理学或医学奖。诺贝尔奖评选委员会的颁奖词中写道：“屠呦呦发现了青蒿素，这种药品有效降低了疟疾患者的死亡率”“对全球的影响及对人类福祉的改善是无可估量的”。青蒿素的发现与提纯、组成与结构测定、合成与修饰及其广泛应用，促进了我国中医药的传承创新发展。在这一过程中，各个环节都有赖于化学科学的支持，饱含着一大批化学工作者的辛勤付出。

阅读图 1-1-12，请你和小组同学交流、研讨：

- 对屠呦呦启发很大的古代药方中使用了怎样的药物提取方法？这种提取方法与屠呦呦创造性采用的提取方法有何异同？青蒿素的提取利用了物质的哪些性质？屠呦呦工作的主要创新点表现在哪些方面？
- 对青蒿素的相关研究经历了怎样的过程？这对于你了解化学科学的研究内容和重要特征有哪些启示？
- 通过了解青蒿素的发现、研究与应用过程，你对科学家的科学态度和社会责任产生了哪些新的认识？



图 1-1-11 我国科学家屠呦呦在诺贝尔生理学或医学奖颁奖现场



③

获得晶体

屠呦呦研究小组继而致力于获取青蒿提取物中具有抗疟功效的活性化合物。1972年初，研究小组成功分离并结晶出“青蒿素Ⅱ”（后称青蒿素），其抗疟功效在临床试验中得到证实。



青蒿素

⑦

广泛应用

世界卫生组织于2001年向恶性疟疾流行的国家推荐以青蒿素为基础的联合疗法，于2004年正式将青蒿素复方药物列为治疗疟疾的首选药物。

青蒿素问世以来，帮助全世界不计其数的人摆脱了疟疾的威胁。同时，青蒿素对于其他疾病的治疗作用也越来越多地被发现和应用。

①

研究的缘起

疟疾曾经严重威胁全球人类的健康。自1967年5月23日起，我国60多个单位的500多名科研人员联合研发抗疟新药。

1967

1969

1972

1973

1975

1978

2001

②

提取有效成分

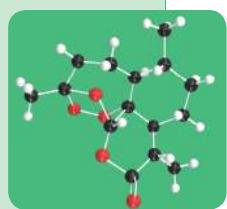
1969年，屠呦呦研究小组发现中药青蒿具有抗疟效果，但用水煎熬青蒿所得提取物无效，青蒿的乙醇提取物药效也不高。后来，受到古代文献《肘后备急方·治寒热诸疟方》中“青蒿一握，以水二升渍，绞取汁，尽服之”绞取方法的启发，屠呦呦使用沸点比乙醇更低的乙醚(34.6°C)来提取青蒿中的有关物质。

1971年10月4日，屠呦呦在实验室中观察这种提取物对疟原虫的抑制作用时，发现其抑制率达到100%。

⑤

测定结构

研究人员借助波谱数据和化学反应进行了大量研究，获知青蒿素分子的若干片段；1975年，利用X射线衍射技术攻克了许多难关，终于确定了青蒿素分子中各原子的空间位置。



青蒿素的分子结构模型

⑥

合成与修饰

从1978年到1984年初，研究人员历时5年多实现了青蒿素的全合成。

青蒿素结构的测定和全合成的实现，为青蒿素衍生药物（如双氢青蒿素、蒿甲醚）的开发奠定了基础。

1986年，青蒿素和双氢青蒿素获得一类新药证书。

④

确定组成

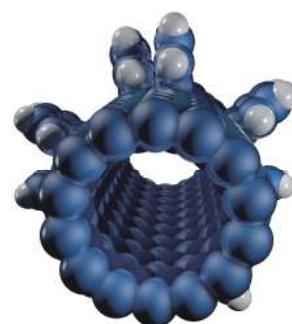
1973年，青蒿素分子结构的测定工作启动，一大批化学工作者为此付出了艰苦卓绝的努力。他们利用高分辨率质谱仪测得了青蒿素的相对分子质量，再结合碳氢分析数据确定了青蒿素的分子式为 $\text{C}_{15}\text{H}_{22}\text{O}_5$ 。但是，进一步确定青蒿素分子中42个原子的空间排布成一难题。

▲ 图1-1-12 青蒿素的发现、研究与应用之旅

三、化学科学的探索空间

当今，现代化学具有庞大的学科体系，在原有的有机化学、无机化学、物理化学、分析化学和高分子化学等学科的基础上，又发展出许多不同层次的新兴分支学科，并与材料、资源、能源、生态、环境、医药、生命、国防、信息技术等领域形成很强的交叉融合。新兴的化学分支学科以及与其他学科的交叉领域表现出强大的生命力，在促进人类社会发展和文明进步的过程中作出了巨大贡献。

化学科学将在微观领域的探索中取得更大进展，使人们进一步认识物质的微观结构与宏观性质之间的关系，更好地利用已有物质或创造出性能更为优异的新物质。现在，化学家已能在微观层面上操纵分子和原子，组装分子材料、分子器件和分子机器等。化学科学将在资源和能源的开发、利用方面大显身手，使人们更加科学、合理地开发与利用资源和能源。化学科学将继续推动材料科学的发展，使各种新型材料的制造成为可能，进一步丰富与人类的生存和发展息息相关的物质世界。化学科学将为解决环境问题提供有力保障，减少人类活动对环境的影响；使环境监测和治理手段更加快速、灵敏，实现对环境污染的科学防治。



▲ 图1-1-13 分子齿轮

资料在线

捕捉化学反应中分子、原子动态影像的科研装置

光能够帮助人类认识客观世界。科学家利用不同波段的光（如红外线、紫外线、X射线等）研发出各种科研装置，用于探测物质的结构及其变化。例如，“大连相干光源”由我国化学家设计、90%的仪器设备为我国自主研发，是当今世界上唯一运行在极紫外波段（紫外线中高频率的部分）的自由电子激光装置，也是世界上最亮的极紫外光源。这类先进的光源发出的高亮度光束可以捕捉到分子、原子在化学反应中的动态影像，能够用来给分子、原子“拍电影”，从而为观测分子的运动、揭示化学反应的微观过程、观测化学键成键和断键过程以及获得生物大分子的结构信息等研究提供强大的支撑，对于能源、化学、物理、生物、医学、材料等多个自然科学领域都具有革命性的推动作用。



直线加速器



波荡器



光束线及实验站

▲ 图1-1-14 极紫外自由电子激光综合实验研究装置



一种用于油水分离的膜材料

随着近海石油的开采以及工业含油污水的增加，油水分离成为一个广受关注的全球性难题。我国化学家在这一领域已经取得了重要的突破，他们合成了在水中具有超疏油性的膜材料，当油水混合物穿过水预湿润的膜材料时，水可以自由流动通过，而油则被阻隔富集，从而达到分离的目的。图1-1-15示意了这种材料的工作原理，表示这种材料是具有两种功能（超亲水性和超疏油性）的复合体。



▲ 图1-1-15 一种油水分离材料及其作用原理示意图

化学科学将为生命科学的发展作出更大贡献，帮助人们从分子层次上了解生命问题的本质、揭示生命运动的规律；使研究人员在分子水平上了解疾病的病理，寻求新方法，研制新药物，为人类提供健康保障。化学科学将大大提高信息科学的发展水平，指导人们研制功能各异的信息材料（主要是电子材料，如光电子材料），为传感技术、通信技术和计算机技术等的发展提供重要的物质基础。

现代化学作为一门“中心科学”，正在以崭新的姿态与人类经济社会的各个领域保持着密切的联系，在促进人类文明可持续发展的过程中发挥着重要的作用。

交流·研讨

请从升学深造、职业发展、社会生活等方面畅想个人与化学科学的关系。

升学深造

化学、应用化学、化学工程与工艺、生物工程、药学、材料科学……

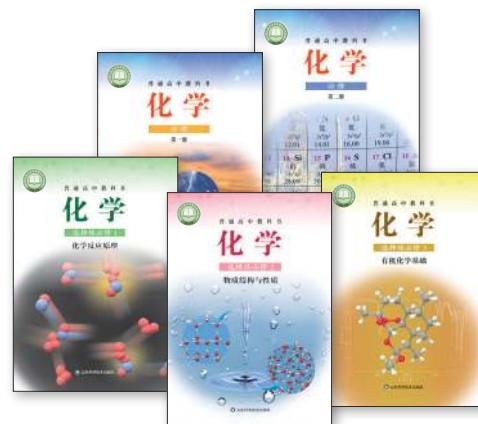
职业发展

化学家、化学工程师、生物化学家、环境学家、职业安全与健康专家、药剂师、教师……

社会生活

环境保护、城乡建设、交通出行、家居装修、服装材料、食品加工……

化学世界神奇美妙，化学天地广袤无垠，化学科学魅力无穷！进入高中阶段，同学们一定很想知道自已将面对哪些化学知识和方法，将走过怎样的化学学习历程，将如何提升化学学科核心素养。那么，就让这套化学教科书陪伴大家一起走进丰富多彩的化学世界吧！



▲ 图1-1-16 高中化学教科书

第2节 研究物质性质的方法和程序

研究物质的性质是化学研究的一项重要内容。只有深入地研究物质的性质，才能更好地利用物质。例如，通过对叠氮化钠（ NaN_3 ）性质的研究，制成了一种用于汽车安全气囊的气体发生剂；通过对液态氢和液态氧性质的研究，制成了一种火箭推进剂……那么，怎样才能科学地研究物质的性质呢？



图 1-2-1 已膨起的汽车安全气囊

联想·质疑

1. 在初中化学的学习中，你主要认识了哪些物质？请以其中一种物质为例说明你是通过什么方法来研究它的性质的。
2. 你认为研究一种物质的性质应该按照怎样的程序来进行？你能通过实例来说明吗？

一、研究物质性质的基本方法

研究物质的性质，常常运用观察、实验、分类、比较等方法。

观察是一种有计划、有目的地运用感官考察研究对象的方法。人们既可以直用肉眼观察物质的颜色、状态以及用鼻子闻物质的气味等，也可以借助一些仪器来进行更为细致的观察。需要注意的是，在观察过程中，不仅要用感官去搜集信息，还要积极地动脑思考并及时储存和处理所搜集的信息；观察要有明确而具体的目的，要对观察到的现象进行分析和综合。



观察·思考

观察金属钠及金属钠与水反应的现象

观察目的

- 认识金属钠的颜色、状态、硬度和密度的相对大小以及熔点的相对高低。
- 认识金属钠与水的反应。

观察内容

- 观察盛放在试剂瓶中的金属钠。用镊子将金属钠从试剂瓶中取出，用滤纸将其表面的煤油吸干，在玻璃片上用小刀切下一小块金属钠，观察钠块的切面。
- 向培养皿中加入适量的水，滴入1~2滴酚酞溶液，取一块绿豆粒大小的金属钠放入水中，观察现象。



图 1-2-2 保存在煤油中的金属钠



图 1-2-3 金属钠与水的反应



安全提示

金属钠与皮肤接触会腐蚀皮肤，千万不要用手直接接触金属钠！

观察记录

金属钠的物理性质

颜色	状态	硬度的相对大小	密度的相对大小	熔点的相对高低

金属钠与水的反应

实验现象	分析及结论

思考

你是如何运用观察的方法来认识金属钠的物理性质以及金属钠与水的反应的？你认为在观察过程中应注意哪些问题？

钠（Na，sodium）是一种银白色金属，通常保存在煤油或石蜡油中；熔点为97.8℃，沸点为882.9℃；密度为0.97 g·cm⁻³。

金属钠能与水发生反应生成氢氧化钠和氢气。



资料在线

金属钠的主要用途

金属钠可用于制造高压钠灯，这种灯因钠蒸气放电而产生的黄光射程远、透雾能力强，常用作路灯。金属钠还可用于钛、锆、铌、钽等金属的冶炼。钠和钾的合金可用作原子反应堆的导热剂。

实验是根据科学的研究目的，尽可能排除外界影响、突出主要因素，并利用一些专门的仪器设备，人为地变革、控制或模拟研究对象，使某一现象或过程发生或再现的研究方法。在研究物质性质的过程中，可通过实验来验证对物质性质的预测或探究物质未知的性质。

利用实验方法研究物质性质时，实验前要明确实验目的、实验用品和实验方案等；实验中要仔细观察实验现象，并做好实验记录；实验后要对实验结果进行分析，并写好实验报告。实验过程中，要注意控制温度、压强、溶液的浓度等条件，这是因为同样的反应物在不同的条件下可能会发生不同的反应。

活动·探究

金属钠与氧气的反应

实验目的

- 探究金属钠与氧气的反应。
- 认识条件控制对于实验研究的意义。

实验用品

金属钠；

酒精灯，坩埚，三脚架，泥三角，坩埚钳，镊子，小刀，玻璃片，滤纸，火柴。

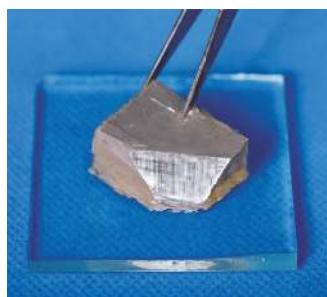
实验方案

- 将切好的金属钠放置在空气中，观察现象。
- 将一小块金属钠放入坩埚中加热，观察现象。



实验方案实施

实验内容	实验现象	实验结论
金属钠在空气中放置		
金属钠在空气中加热		



放置在空气中

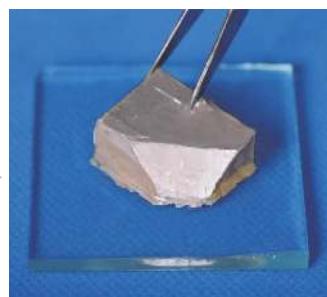


图 1-2-4 金属钠的切面在空气中的变化

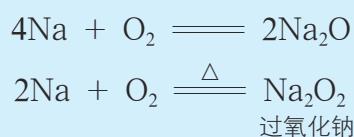


图 1-2-5 在空气中加热金属钠所发生的变化

思考

- 通过这组实验，你对金属钠与氧气的反应有了哪些认识？
- 金属钠除了能与氧气、水发生反应外，还能与哪些物质发生反应？请比较金属钠与其他金属在化学性质上的相同点和不同点。
- 在研究金属钠性质的过程中，你用到了哪些研究方法？

金属钠放置在空气中会迅速被氧化，失去金属光泽，生成白色的氧化钠（ Na_2O ）；金属钠在空气中加热会生成过氧化钠（ Na_2O_2 ）。



过氧化钠是一种淡黄色的固体粉末。它与水或二氧化碳反应皆可产生氧气，所发生的反应常用于呼吸面具和潜水艇里的氧气供给。



除了观察和实验外，分类和比较也是研究物质性质时的常用方法。在研究物质的性质时，可以运用分类的方法总结各类物质的一般性质，并根据物质所属的类别对物质及其变化进行预测；可以运用比较的方法，认识各种物质性质之间的异同与内在联系。

除了研究物质性质的基本方法外，在进行化学研究时还会用到假说和模型的方法。在已有事实和科学理论的基础上，科学工作者往往通过提出假说对有关现象或规律的本质以及未知物质或现象进行推测性说明，通过建构模型对物质或物质的变化进行简化模拟。假说和模型具有解释性功能和预见性功能，但是所做的预测或说明是否正确还需要通过实验来验证。在科学的研究中，随着研究的深入，往往是旧的假说或模型被推翻而建立起新的假说或模型。

二、研究物质性质的基本程序

人们对物质性质的研究是一个科学探究的过程，应当按照科学的程序来进行，以提高研究效率。对物质性质的研究，通常遵循图 1-2-6 所示的基本程序。

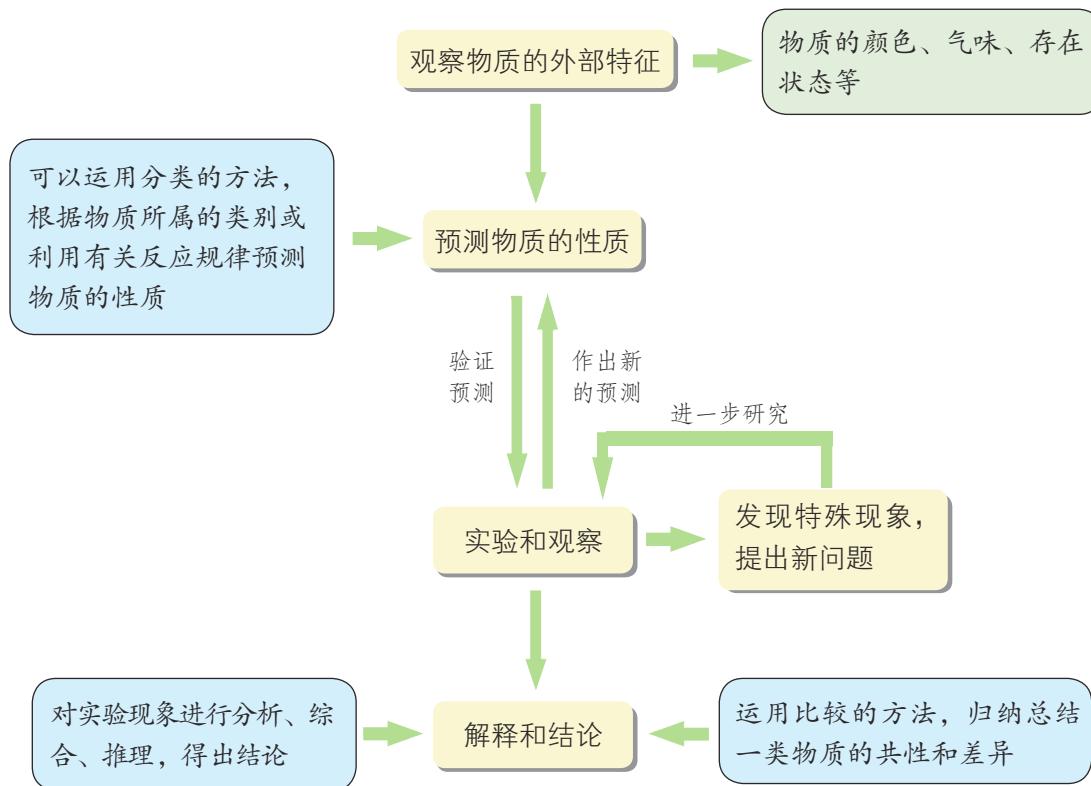


图 1-2-6 研究物质性质的基本程序图示



案例：研究氯气的性质

氯气（Cl₂, chlorine）是一种具有重要用途的气体，在工业上大量用于制造盐酸、有机溶剂和杀菌消毒剂等。

认识物质的物理性质

【实验1】取一个盛满氯气的集气瓶，观察氯气的颜色；稍打开玻璃片，用手轻轻地在瓶口扇动，使极少量的氯气飘进鼻孔，闻氯气的气味。

【实验2】取一支盛满氯气的试管，将其倒扣在水槽中，静置一段时间后观察现象。

结论：_____。



图 1-2-7 氯气及其溶解性实验

你知道通常从哪些方面认识物质的物理性质吗？

物质的某些物理性质可以通过直接观察来认识，而像熔点、沸点等物理性质则需要借助有关仪器进行研究。

预测物质的化学性质

1. 氯气是一种非金属单质，你认为它可能具有哪些化学性质？

2. 你希望通过哪些实验来验证你的预测？

通常可以根据某种物质所属类别来认识该物质的化学性质。例如，氯气是一种非金属单质，根据氧气等非金属单质的化学性质，便可初步预测氯气能与哪些类别的物质反应。

在以后的学习中，你将掌握根据物质所含元素的化合价来预测该物质化学性质的方法。

实验验证

【实验1】取一块绿豆粒大小的金属钠，用滤纸吸干其表面的煤油，切去表层，放在石棉网上，用酒精灯微热。待金属钠熔成球状时，将盛有氯气的集气瓶迅速倒扣在钠球的上方，观察现象。

【实验2】用坩埚钳夹住一束铁丝，灼烧后立刻放入充满氯气的集气瓶中，观察发生的现象。然后把少量的水注入集气瓶中，用玻璃片盖住瓶口，振荡，观察溶液的颜色。

【实验3】用坩埚钳夹住一束铜丝，灼烧后立刻放入充满氯气的集气瓶中，观察发生的现象。然后把少量的水注入集气瓶中，用玻璃片盖住瓶口，振荡，观察溶液的颜色。

【实验4】在空气中点燃氢气（点燃前要“验纯”），然后把导管伸入盛有氯气的集气瓶中，观察氢气在氯气中燃烧的现象。



安全提示

氯气有毒，有关氯气性质的实验要在通风条件下（如在通风橱里）进行。

实验内容及实验记录

实验内容	实验现象	实验结论
氯气与金属钠的反应		
氯气与铁丝的反应		
氯气与铜丝的反应		
氯气与氢气的反应		



▲ 图 1-2-8 金属钠在氯气中燃烧



▲ 图 1-2-9 铁丝在氯气中燃烧



▲ 图 1-2-10 铜丝在氯气中燃烧

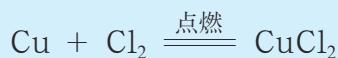
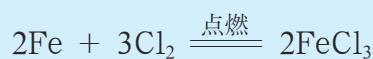
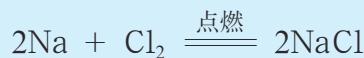


▲ 图 1-2-11 氢气在氯气中燃烧



氯气在常温、常压下是一种黄绿色气体；有强烈的刺激性气味，吸入少量时会使鼻腔和喉头黏膜受到刺激并引起胸痛和咳嗽，吸入较多时会使人窒息死亡；密度比空气大；易液化，经压缩可液化成黄绿色液氯；可溶于水，常温下1体积水可溶解约2体积氯气。

与氧气类似，氯气是一种非常活泼的非金属单质，容易与钠、铁、铜等金属单质以及氢气等非金属单质发生反应。



发现新问题，进一步研究

提出问题

在研究氯气的溶解性时，将氯水密闭放置一段时间后会发现氯水的颜色变浅。这说明氯气具有什么性质呢？

预测与依据

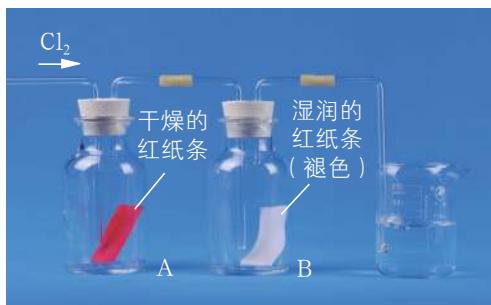
预测	依据

实验方案设计

实验目的	实验操作

如图 1-2-12 所示，将干燥的氯气依次通过内有干燥红纸条的广口瓶 A 和内有湿润红纸条的广口瓶 B，通过红纸条是否褪色可以推断氯气能否与水发生反应。

在此基础上，可以通过检验氯水中是否有除氯气和水以外的物质存在来进一步确定氯气是否与水发生了反应。



▲ 图 1-2-12 验证氯气能否与水发生反应的实验

实验用品

氯气，紫色石蕊溶液， AgNO_3 溶液；

红纸条，试管，胶头滴管，砂纸，烧杯，广口瓶，橡胶塞，导管。

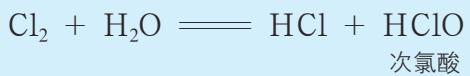
实验方案实施

实验内容	实验现象	实验结论

思考

- 氯气能与水发生反应吗？你是如何确定的？
- 如果氯气能与水发生反应，生成物是什么？

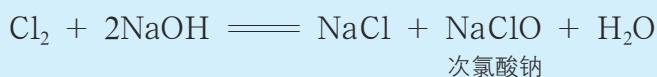
氯气不仅能溶于水，还能与水发生如下化学反应：



次氯酸（ HClO , hypochlorous acid）能使有色物质褪色，并能杀灭细菌，因此次氯酸具有漂白作用和消毒作用。



氯气不仅能与水发生反应，还能与碱发生反应生成盐酸盐、次氯酸盐和水。例如，将氯气通入 NaOH 溶液中可以得到氯化钠、次氯酸钠（NaClO）和水。



身边的化学

含氯化合物的漂白作用与消毒作用

某些含氯化合物如次氯酸、次氯酸盐、二氧化氯等，具有漂白作用和消毒作用。

次氯酸是一种不稳定的酸，见光易分解，通常以次氯酸盐作为漂白剂和消毒剂的主要成分。次氯酸盐与空气中的二氧化碳和水蒸气反应可生成次氯酸，从而发挥漂白作用和消毒作用。

84 消毒液是一种常用的含氯消毒剂，其主要成分为次氯酸钠。



▲ 图 1-2-13 84 消毒液及其漂白作用

漂白粉（主要成分为次氯酸钙和氯化钙，有效成分为次氯酸钙）是一种常用的漂白剂，它是利用氯气与石灰乳反应制成的。

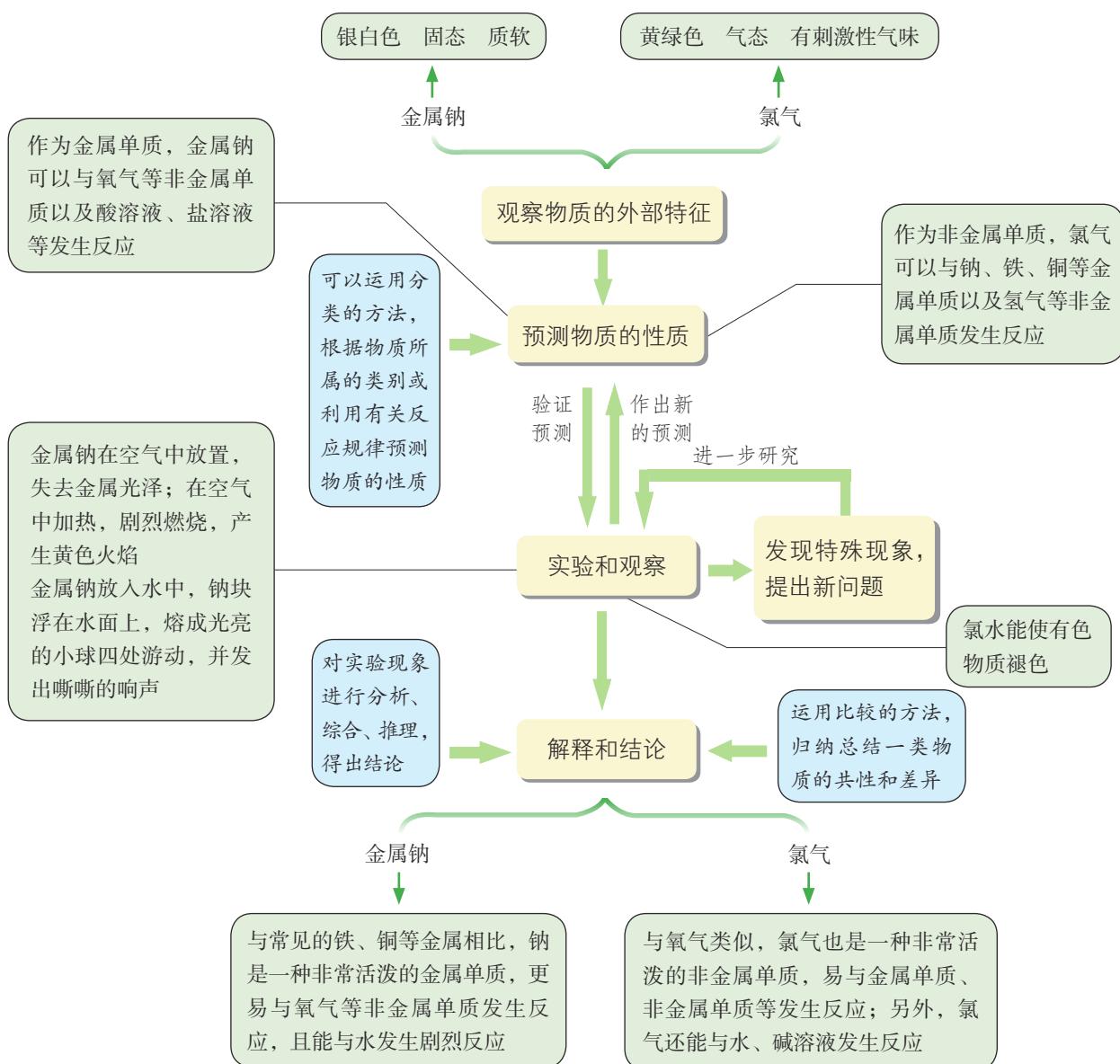


二氧化氯（ClO₂）的漂白能力和消毒能力比氯气强，使用起来比较安全，现正在越来越多地取代以次氯酸盐为有效成分的漂白剂和消毒剂。

含氯漂白剂和消毒剂通常应避光并置于阴凉处密封保存。

概括·整合

请根据研究物质性质的基本方法和基本程序总结金属钠与氯气的性质，示例如下：





练习与活动

学习·理解

1. 根据你对金属钠性质的了解，完成下列各题。

(1) 下列关于金属钠的叙述中，正确的是（ ）。

- A. 金属钠是银白色金属，硬度很大
- B. 在空气中加热时，金属钠剧烈燃烧，产生黄色火焰，生成过氧化钠
- C. 金属钠在空气中燃烧，生成氧化钠
- D. 金属钠的熔点很高

(2) 金属钠通常保存在煤油中，原因是_____。

2. 氯气是一种重要的化工原料，可用于制备盐酸、漂白剂和杀菌消毒剂等。请结合氯气的性质完成下列各题。

(1) 下列有关氯气的叙述中，不正确的是（ ）。

- A. 氯气是一种黄绿色、有刺激性气味的气体
- B. 氯气、液氯和氯水是同一种物质
- C. 氯气能溶于水
- D. 氯气是一种有毒气体

(2) 将氯气通入 NaOH 溶液中可以制得具有杀菌消毒作用的 84 消毒液，该反应的化学方程式为_____。

3. 本节学习了研究物质性质的基本方法和基本程序。某学习小组的同学在研究金属钠的性质时发现，金属钠暴露在空气中生成白色的氧化钠、在空气中受热生成淡黄色的过氧化钠。你认为该小组同学在研究金属钠的性质时运用了什么方法，请说明理由。

应用·实践

4. 金属钠和氯气的用途都非常广泛。根据金属钠和氯气的性质完成下列各题。

(1) 将金属钠放入 CuSO₄ 溶液中会产生蓝色沉淀，请解释这一现象：_____。

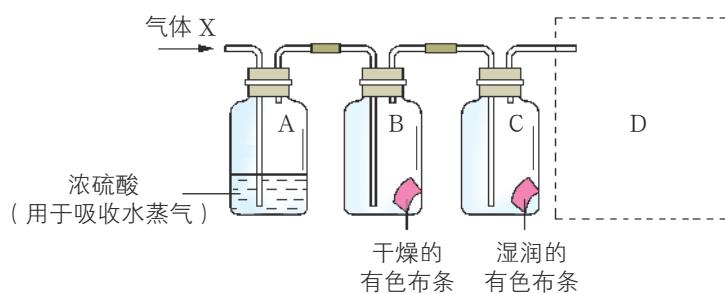
(2) 用金属钠制取氧化钠通常利用以下反应： $2\text{NaNO}_3 + 10\text{Na} \longrightarrow 6\text{Na}_2\text{O} + \text{N}_2 \uparrow$ 。试说明不用金属钠与氧气的反应而采用此反应制取氧化钠的理由：_____。

(3) 将氯气通入紫色石蕊溶液中，可以观察到的现象是_____。

请解释其中的原因：_____。

(4) 氯气可以用来制取多种含氯化合物以及用于自来水的消毒等。但是氯气有毒，会造成空气污染。请根据氯气的性质提出一种能有效消除氯气污染的方法：_____。

5. 某同学用如图所示的实验装置研究气体X的性质。气体X的主要成分是氯气，其中还含有水蒸气。请完成下列各题。



▲ 第5题图

(1) 该实验的主要目的是_____。

(2) 与实验目的直接相关的实验现象是_____。

(3) 图中所示的实验设计还存在不足。请根据相关物质的性质，在图中的D处画图补充有关实验装置和所用试剂。

第3节 化学中常用的物理量 ——物质的量

通常，人们用质量、体积等物理量分别来计量物质的多少和大小。然而，物质是由大量用肉眼无法分辨的分子、原子或离子等微观粒子构成的，因此一定质量或一定体积的物质究竟含有多少个微粒也是科学的研究中常常要关注的问题。

联想·质疑

水是大家非常熟悉的物质，它是由水分子构成的。一滴水（约0.05 mL）大约含有17万亿亿个水分子。如果一个个地去数一滴水含有的水分子，即使分秒不停，一个人一生也无法完成这项工作。那么，怎样才能既科学又方便地知道一定质量或体积的水含有多少个水分子呢？

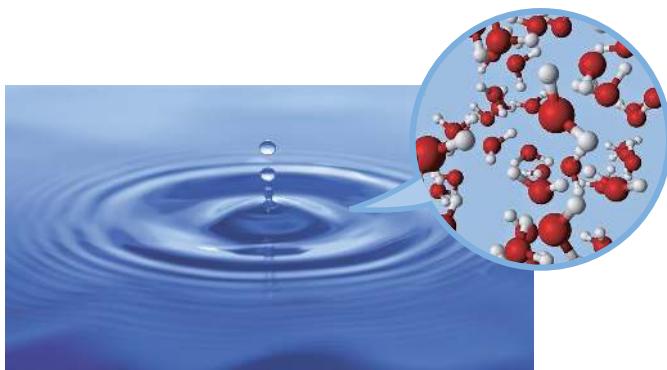


图1-3-1 水与水的微观构成示意图

一、物质的量及其单位——摩尔

物质的量(amount of substance)，像长度、质量、时间、电流等物理量一样，也是一种物理量，通过它可以把物质的质量、体积等宏观量与原子、分子或离子等微观粒子的数量联系起来。物质的量的单位是摩尔，简称摩，符号为mol。

“摩尔”起源于希腊文mole，原意为“堆量”。国际计量大会规定，1 mol包含 $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ 个基本单元（原子、分子或离子等微观粒子或它们的组合）。 $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}\ mol^{-1}$ 这一常数被称为阿伏加德罗常数，其符号为 N_A 。实验表明，阿伏加德罗常数个¹²C原子的质量约为0.012 kg。通常，阿伏加德罗常数可以近似表示为 $6.02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$ ，那么：

1 mol ^{12}C 含有 6.02×10^{23} 个 ^{12}C ;

1 mol H_2O 含有 6.02×10^{23} 个 H_2O ;

1 mol NO_3^- 含有 6.02×10^{23} 个 NO_3^- 。

物质的量 (n)、阿伏加德罗常数 (N_A) 与微粒数 (N) 之间存在以下关系:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

根据上式可以进行物质的量和微粒数之间的换算。例如, 3.01×10^{23} 个氧气分子的物质的量为 0.5 mol, 9.03×10^{23} 个铁原子的物质的量为 1.5 mol。从这个角度看, 物质的量是用阿伏加德罗常数作为标准来衡量微粒集体所含微粒数多少的物理量。

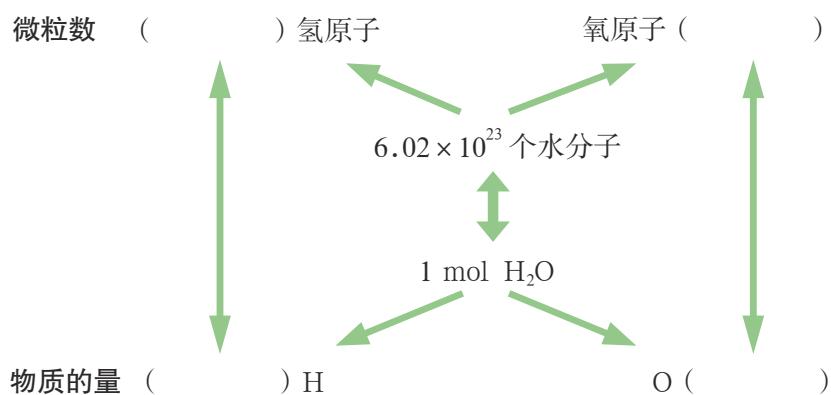
资料在线

基本物理量

1971 年, 第 14 届国际计量大会通过决议, 决定采用长度、质量、时间、电流、热力学温度、物质的量和发光强度这七个量作为基本物理量, 其他物理量则按其定义由基本物理量导出。这七个基本物理量的单位分别为米 (m)、千克 (kg)、秒 (s)、安培 (A)、开尔文 (K)、摩尔 (mol) 和坎德拉 (cd), 它们被规定为国际单位制 (简称 SI 制) 的基本单位。

迁移·应用

学习了物质的量这一物理量之后, 某同学想用下图表示自己对水的组成的进一步认识。请你协助他完成这幅关系图, 并说明这幅图的含义。



物质的量这一物理量为我们提供了一个定量认识物质组成的新视角。例如, 看到 CO_2 这一化学式, 就可以认识到 1 mol CO_2 含有 1 mol C 和 2 mol O。



二、摩尔质量和气体摩尔体积

物质的量是怎样把物质的宏观量与所含微观粒子的数量联系起来的呢？要解决这一问题，就需要研究1 mol不同物质的质量和体积究竟是多少。

交流·研讨

请分析表1-3-1列出的有关数据，讨论：

- 1 mol物质的质量在数值上有什么特点？
- 在相同的温度和压强下，1 mol不同气体的体积在数值上有什么特点？

表1-3-1 1 mol不同物质的质量和体积

化学式	相对原子质量或 相对分子质量	质量	体积		
			0 ℃, 101 kPa	20 ℃, 101 kPa	0 ℃, 202 kPa
Fe	56	56 g	—	7.2 cm ³	—
NaCl	58.5	58.5 g	—	27.0 cm ³	—
H ₂ O	18	18 g	—	18.0 cm ³	—
C ₂ H ₅ OH	46	46 g	—	58.3 cm ³	—
H ₂	2	2 g	22.4 L	24.0 L	11.2 L
O ₂	32	32 g	22.4 L	24.0 L	11.2 L
CO ₂	44	44 g	22.3 L	23.9 L	11.2 L

1. 摩尔质量

由表1-3-1可以看出，1 mol任何物质的质量，以克为单位时，在数值上都等于它的相对原子质量或相对分子质量。人们将单位物质的量的物质所具有的质量叫作摩尔质量（M, molar mass），其常用单位为g·mol⁻¹或kg·mol⁻¹。



图1-3-2 1 mol不同物质的质量

$$M = \frac{m}{n}$$

根据上式可以进行物质的质量和物质的量之间的换算。例如，氧气的摩尔质量为 $32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，那么 64 g 氧气的物质的量就是 2 mol ；氯化钠的摩尔质量为 $58.5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，那么 0.4 mol NaCl 的质量就是 23.4 g 。

2. 气体摩尔体积

对于气体来说，分子之间的平均距离比分子直径大得多，因此粒子数目相同的情况下，气体体积的大小主要取决于气体分子之间的平均距离。在相同的温度和压强下，气体分子之间的平均距离近似相等，所以 1 mol 任何气体的体积基本相同。人们将一定温度和压强下，单位物质的量的气体所占有的体积叫作气体摩尔体积 (V_m , molar volume of gas)，其常用单位为 $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或 $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ 。标准状况 (standard temperature and pressure, 简写为 STP, 指温度为 0°C 、压强为 101 kPa 的状况) 下，气体摩尔体积约为 $22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$ (为了计算方便，一般可看作 $22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$)。

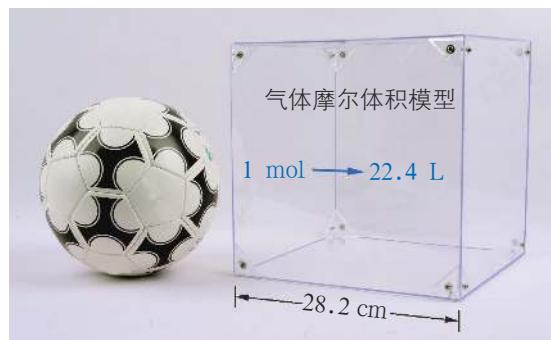


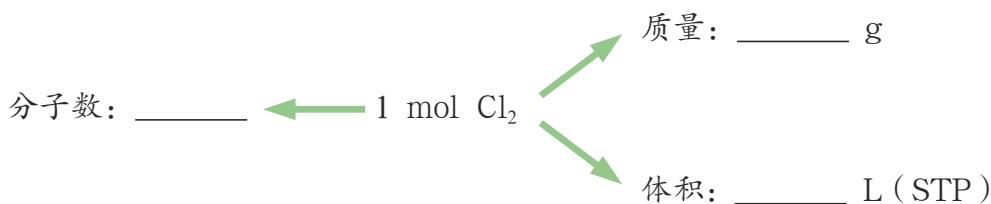
图 1-3-3 标准状况下 1 mol 气体体积与足球体积大小的比较

$$V_m = \frac{V}{n}$$

根据上式可以进行气体体积和气体的物质的量之间的换算。例如，在标准状况下， 33.6 L 氧气的物质的量为 1.5 mol ， 2 mol CO_2 的体积为 44.8 L 。

迁移·应用

请完成下图，并结合该图具体说明物质的量是如何把一定量的物质的宏观量与其所含微粒的数量联系起来的。




● ● ● 资料在线

阿伏加德罗定律与阿伏加德罗常数

1811年，意大利物理学家阿伏加德罗在大量实验的基础上得出结论：同温、同压下，相同体积的任何气体都含有相同数目的分子。后来，人们将这一结论称为阿伏加德罗定律。阿伏加德罗定律的提出，表明原子或分子等微观粒子的性质与物质的宏观性质之间具有对应关系。这启发了科学家通过大量分子的宏观性质来间接了解分子的性质和数量。

1865年，奥地利化学家洛喜密脱（J.Loschmidt）成功测定出标准状况下 1 cm^3 气体所含的分子数大约是 1.83×10^{18} 。1889年，匈牙利化学家泰安（K.Than）测定出标准状况下，以克为单位、质量在数值上等于其相对分子质量的气体所占体积大约是 $22\ 330\text{ cm}^3$ 。以上两个数值相乘，即 $1.83 \times 10^{18} \times 22\ 330$ 所得数值，就是阿伏加德罗常数的雏形。1908年，法国科学家佩兰（J.Perrin）用新的方法测得，以克为单位、质量在数值上等于其相对分子质量的物质所含的微粒数是个常数，大约是 6.7×10^{23} 。佩兰建议将这个常数命名为阿伏加德罗常数。

随着科学的进步，测定的阿伏加德罗常数的数值也越来越精确。1945年，科学家测定的阿伏加德罗常数的数值为 $6.023\ 38 \times 10^{23}$ 。2010年，国际科学技术数据委员会（简称CODATA）公布的测定结果为 $(6.022\ 141\ 29 \pm 0.000\ 000\ 27) \times 10^{23}$ 。2018年，国际计量大会通过了对国际单位制进行一系列调整的提案，将阿伏加德罗常数的数值修正为 $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ 。

三、物质的量浓度

物质的量是化学中常用的一个物理量，利用由它建立的物质的量浓度这一概念，可以十分方便地表示溶液的组成。

活动·探究

学生必做实验

配制一定物质的量浓度的溶液

实验目的

实验室计划配制 0.1 L 的NaCl溶液，其中溶质的物质的量为 0.04 mol 。请你利用实验室的固体氯化钠完成配制任务。

实验用品

固体氯化钠，蒸馏水；
 100 mL 容量瓶，烧杯，量筒，玻璃棒，药匙，胶头滴管，托盘天平，试剂瓶，标签纸。



▲ 图1-3-4 学生在配制一定物质的量浓度的溶液

实验方案设计及实施

实验步骤	所用仪器及具体操作
1. 计算溶质的质量并称取	
2. 溶解	
3. 将溶解后的溶质全部转移到容量瓶中	
4. 添加溶剂到容量瓶的刻度线	

思考

- 在配制上述溶液的过程中，容量瓶所起的作用是什么？
- 为了准确配制此溶液，在实验操作方面应注意哪些问题？
- 请结合配制过程，与同学们讨论可以怎样表示该溶液的组成。

• 方法导引 •

容量瓶及其使用方法

配制一定物质的量浓度的溶液，要用到一种特殊的仪器——容量瓶。

容量瓶是细颈、梨形的平底玻璃瓶，瓶口配有磨口玻璃塞或塑料塞。容量瓶上标有的温度和容积，表示在所指温度下瓶内液体的凹液面与容量瓶颈部的刻度线相切时，液体体积恰好与瓶上标注的容积相等。

为了避免溶质在溶解或稀释时因吸热、放热而影响容量瓶的容积，应该先将溶质在烧杯中溶解或稀释，待溶液温度恢复至室温后再将其转移到容量瓶中。



▲ 图 1-3-5 几种常用规格的容量瓶

配制一定物质的量浓度溶液的注意事项

第一，尽可能将溶质全部转移到容量瓶中。

第二，确保向容量瓶中加水时溶液的凹液面不超过瓶颈上的刻度线。

根据上述两点，进一步采取具体的措施来提高所配制溶液浓度的精确度。



溶液的组成，除了可用溶质的质量分数表示外，还可用单位体积溶液所含溶质的物质的量来表示。例如，上述实验所配制的 0.1 L NaCl 溶液中，溶质的物质的量为 0.04 mol，也就是说，1 L 这样的溶液含有 0.4 mol NaCl，溶液的组成可表示为 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。像这样，单位体积溶液所含溶质 B 的物质的量叫作溶质 B 的物质的量浓度 (c_B , amount of substance concentration)，其常用单位为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ ，有时也用 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。物质的量浓度是用来表示溶液组成的物理量。



▲ 图 1-3-6 $0.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液

$$c_B = \frac{n_B}{V}$$

根据上式可以进行溶质的物质的量和溶液体积之间的换算。例如，200 mL 物质的量浓度为 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液，所含 H_2SO_4 的物质的量为 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.2 \text{ L} = 0.4 \text{ mol}$ 。

使用溶液时，如果知道了溶液中溶质的物质的量浓度，就可以知道一定体积溶液所含溶质的物质的量，这对于生产实践和科学研究都是十分有意义的。

迁移·应用

1. 表 1-3-2 是某人体检时血液检验报告单的部分数据，请解读这些数据的含义。

表 1-3-2 某血液检验报告单的部分数据

项目名称	结果	单位	参考值
甘油三酯	1.52	$\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	0~1.71
总胆固醇	4.27	$\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	3.6~5.18
葡萄糖	7.94	$\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	3.61~6.11

2. 为了测定某废水中硫酸的总量，某化学兴趣小组取 100 mL 废水样品注入烧杯中，测定后得知其中 H_2SO_4 的物质的量浓度为 $1.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，然后通过该物质的量浓度和废水的总体积计算出废水中硫酸的总量。该兴趣小组的做法给了你怎样的启示？

学习了物质的量这一物理量后，我们可以从一个新的视角来认识化学反应。例如，对于化学反应 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$ ，可以理解为 2 mol H_2 与 1 mol O_2 在点燃的条件下恰好完全反应生成 2 mol H_2O 。


交流·研讨

现要在实验室里制取一定量的氢气。将 0.65 g 金属锌放入一定体积的 $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸中，它们恰好完全反应，据此完成下表。

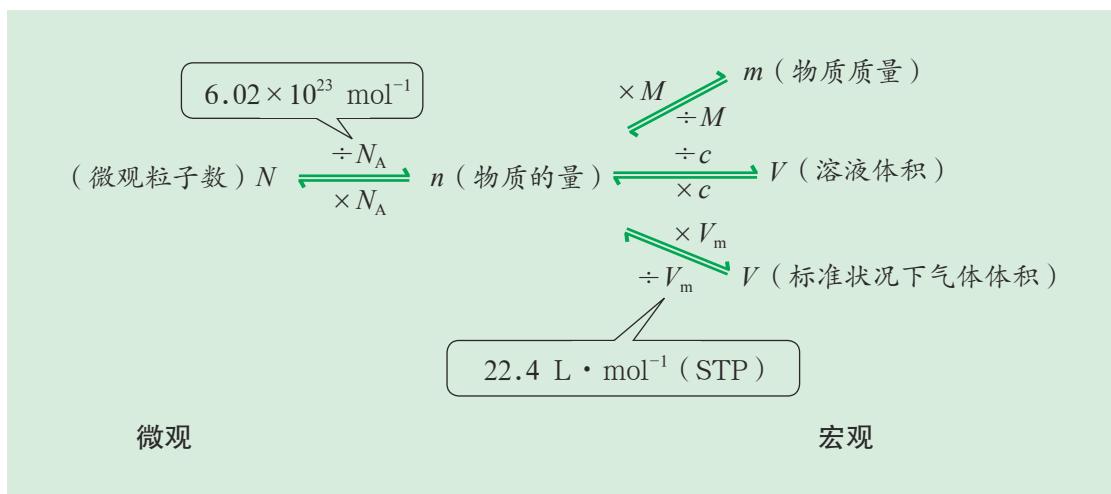
化学反应	Zn	+	2HCl	\equiv	ZnCl ₂	+	H ₂ ↑
物质的量							
质量或气体体积 (STP)	0.65 g						

讨论

- 分别用质量、物质的量计算所需盐酸的体积。比较一下，使用哪种物理量进行计算更方便，更能反映出宏观物质之间进行反应时微观粒子之间的数量关系？
- 学习了物质的量这一物理量后，你对化学反应中的定量关系有了哪些新的认识？

● ● ● 概括·整合 ● ● ●

通过物质的量这一物理量，借助阿伏加德罗常数、摩尔质量、气体摩尔体积和物质的量浓度，可以把物质的宏观量与构成物质的微观粒子的数量联系起来。请总结这种联系，示例如下：





练习与活动

学习·理解

1. 请根据物质的量的相关概念及计算公式，完成下列各题。

(1) 1 mol H₂O 含有_____个水分子； 1.204×10^{24} 个水分子的物质的量为_____mol。

(2) 1 mol O 含有_____个电子。

(3) 2 mol H⁺ 含有_____个 H⁺。

(4) 1.806 × 10²⁴ 个电子的物质的量为_____mol。

(5) 5 mol CO₂ 与 8 mol SO₂ 的分子数之比是_____，分子中原子总数之比是_____。

(6) 将 28 g KOH 配成 250 mL 溶液，溶质的物质的量为_____，该溶液中溶质的物质的量浓度为_____。

(7) 在标准状况下，33.6 L CO₂ 含有的分子数为_____。

2. 用甲醇作为燃料，可以降低汽车尾气对大气的污染。在一定条件下，可以利用一氧化碳和氢气合成甲醇。请你以 CO + 2H₂ $\xrightarrow{\text{一定条件}}$ CH₃OH 这一反应为例，分别从质量（或体积）、物质的量、微粒数等角度，定量地谈谈自己对化学反应的认识。

3. 106 g Na₂CO₃ 溶于 1 L 水中所得溶液与 1 mol Na₂CO₃ 溶于水稀释成 1 L 的溶液相比，Na₂CO₃ 的物质的量浓度是否相等？为什么？

4. 在求相同质量的 SO₂ 和 SO₃ 所含硫原子的个数比时，几位同学采用了不同的解法。

解法 1：设 SO₂ 和 SO₃ 的质量均为 m g，每个硫原子的质量为 a g。

$$\frac{m \text{ g} \times \frac{32}{64}}{a \text{ g}} : \frac{m \text{ g} \times \frac{32}{80}}{a \text{ g}} = 5:4 \text{ 或 } (m \text{ g} \times \frac{32}{64}) : (m \text{ g} \times \frac{32}{80}) = 5:4$$

解法 2：设 SO₂ 和 SO₃ 的质量均为 m g。

$$(\frac{m \text{ g}}{64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) : (\frac{m \text{ g}}{80 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 5:4$$

解法3：设 SO_2 和 SO_3 的质量均为 $m\text{ g}$ 。

$$\frac{m\text{ g}}{64\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} : \frac{m\text{ g}}{80\text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 5:4$$

这几种解法在解题思路上有什么差异？你倾向于使用其中的哪一种解法？为什么？

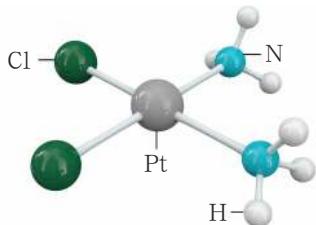
应用·实践

5. $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时， 100 mL 水中溶解了 22.4 L 氯化氢气体（在标准状况下测得）。下列关于所形成溶液的说法中，正确的是（ ）。

- A. 该溶液溶质的物质的量浓度为 $10\text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- B. 该溶液溶质的物质的量浓度因溶液的密度未知而无法求得
- C. 该溶液溶质的质量分数因溶液的密度未知而无法求得
- D. 该溶液的体积为 22.5 L

6. 咖啡含有咖啡因（化学式为 $\text{C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2$ ）。如果一杯咖啡含有 0.194 g 咖啡因，这杯咖啡含有多少个咖啡因分子？

7. 顺铂[化学名称为顺二氯二氨合铂(Ⅱ)，化学式为 $\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2$]是一种用于治疗癌症的药物，它的结构如图所示。



▲ 第7题图

一片顺铂药片所含顺铂的质量为 $3 \times 10^{-4}\text{ g}$ ，请计算：

- (1) 一片顺铂药片中顺铂的物质的量；
- (2) 一片顺铂药片中顺铂所含氮原子的物质的量和个数。

8. 根据反应 $2\text{CO} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{CO}_2$ 进行计算：在标准状况下体积为 4.48 L 的一氧化碳与足量的氧气发生反应，生成的二氧化碳所含有的分子个数为多少？

9. 现有一种泉水样品， 1.0 L 这种泉水含有 $4.8 \times 10^{-2}\text{ g Mg}^{2+}$ ，多少升这种泉水含有 1.0 mol Mg^{2+} ？



10. 实验室需使用 $80\text{ mL } 3\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 稀硫酸进行有关实验, 请你用 98% 的浓硫酸进行配制。

(1) 需量取 98% 的浓硫酸(密度为 $1.84\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) _____ mL。

(2) 配制操作可分解成如下几步, 其中正确的操作顺序是 _____。

- A. 用少量蒸馏水洗涤烧杯及玻璃棒, 将溶液注入容量瓶中, 并重复操作两次
- B. 将已冷却的稀硫酸注入经检查不漏水的容量瓶中
- C. 根据计算, 用量筒量取一定体积的浓硫酸
- D. 将浓硫酸沿烧杯内壁缓缓注入盛有蒸馏水的烧杯中, 并不断用玻璃棒搅拌
- E. 盖上容量瓶塞子, 振荡, 摆匀
- F. 用胶头滴管滴加蒸馏水, 使溶液的凹液面恰好与容量瓶瓶颈上的刻度线相切
- G. 继续往容量瓶中小心地滴加蒸馏水, 使液面接近瓶颈上的刻度线

探秘膨松剂

——体会研究物质性质的方法和程序的实用价值

项
学
目
标

- 对碳酸氢钠用作膨松剂的作用原理进行实验探究，体会研究物质性质的方法和程序的实用价值。
- 学习如何在真实情境中探究陌生物质的性质，分析和解决实际问题。

松软的面包和蛋糕、酥脆的饼干深受人们的欢迎。它们之所以那么松软或酥脆，是因为在制作过程中使用了膨松剂。膨松剂是在食品加工过程中加入的，能使面胚发起形成多孔组织，从而使食品具有松软或酥脆特点的一类物质。化学膨松剂是膨松剂中的一大类，它又分为单一膨松剂和复合膨松剂。

化学膨松剂为什么可以使食品变得松软或酥脆？这与化学膨松剂通常含有碳酸氢钠有关。那么，碳酸氢钠为什么可以用作膨松剂呢？

在本项目活动中，你将运用研究物质性质的基本方法和基本程序，对碳酸氢钠作为膨松剂的作用原理进行实验探究并自己设计和使用复合膨松剂蒸馒头，从而提高运用化学知识探究陌生物质性质的能力以及分析和解决实际问题的能力。

项目活动 1 探究碳酸氢钠用作膨松剂的作用原理

小鲁妈妈经常为家人蒸馒头。她一般用酵头发面，然后加入碳酸钠调节酸性。一天，小鲁妈妈准备蒸馒头时，发现面团发得不太好，于是没有像往常那样加入碳酸钠，而是添加了一些碳酸氢钠（小苏打），结果蒸的馒头色泽发黄并略带碱味。这件事激发了小鲁的兴趣。查阅资料后，小鲁了解到碳酸氢钠可以单独用作蒸馒头的膨松剂，但效果并不太好；如果在使用碳酸氢钠的同时加入一定量的食醋，效果就理想多了。在妈妈的帮助下，小鲁在和面时添加了碳酸氢钠和食醋，重新蒸了一锅馒头，证实了资料中所说的方法是有效的。



用酵头发面不成功，再加入碳酸氢钠后蒸出的馒头



直接在面团中加入碳酸氢钠和食醋蒸出的馒头

▲ 图 1-4-1 用不同方法蒸出的馒头



资料卡片

酵头

用酵头发酵是我国传统的馒头制作方法。酵头是前一次发面蒸馒头时留下的一小团面，由于里面有很多酵母菌等微生物，再次发面时可用来使面团发酵。酵头的发酵原理是面团在酵母菌以及一定种类和数量的其他微生物的共同作用下发生反应，生成二氧化碳、乳酸、醋酸、乙醇等物质，其中二氧化碳能使面团内部形成海绵状结构，变得疏松；为减轻酸味、改善口感，常在面团中加入碱性物质（如 Na_2CO_3 溶液，俗称碱水）中和乳酸、醋酸等，这个过程也会产生二氧化碳，使面团变得更加松软。不过，碳酸钠加入的量过多，会使蒸出的馒头发黄、带有碱味。酵头属于膨松剂中的生物膨松剂。

结合此实例，分小组交流、研讨，推测碳酸氢钠在妈妈和小鲁制作馒头过程中所发挥的作用。请把推测的具体依据和碳酸氢钠用作膨松剂的作用原理填写在表格中。

推测的具体依据	推测的作用原理

根据你们小组对碳酸氢钠用作膨松剂的作用原理的推测，探究碳酸氢钠的化学性质。

实验用品

试剂：根据所设计的实验方案，主要有_____。

其他用品：试管，酒精灯，铁架台（带铁夹）或试管夹，带导管的橡胶塞，药匙，胶头滴管，火柴。

实验方案设计及实施

实验方案	实验现象	结论或有关反应的化学方程式

思考

- 依据碳酸氢钠的化学性质，解释馒头制作过程中发生的现象。
- 结合讨论和实验探究，总结你获得碳酸氢钠化学性质的方法。
- 能不能在面团里直接加入纯碱做膨松剂？为什么？

碳酸氢钠受热分解会产生二氧化碳气体，从而可用作膨松剂；在酸性物质存在的情况下，碳酸氢钠的作用效果会更好，因为碳酸氢钠能与酸反应，且等量的碳酸氢钠与酸反应时比受热分解时能产生更多的二氧化碳气体。

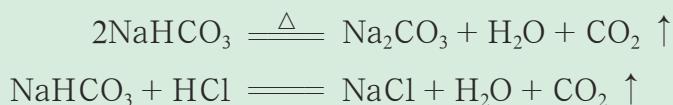


图 1-4-2 碳酸氢钠受热分解实验

碳酸氢钠能与酸反应，可用于调节面团的酸度。另外，因碳酸氢钠溶于水时所得溶液呈碱性，人们常利用碳酸氢钠来去除油腻。

碳酸钠能与酸反应，因而可用它来调节面团的酸度；但它受热难以分解，加之碱性较强，因此不能用作膨松剂。

项目活动 2 设计并使用复合膨松剂

碳酸氢钠作为单一膨松剂，可能会造成食品口味不佳、颜色加深等问题。如果选择有关物质与碳酸氢钠组成复合膨松剂，则可解决这些问题。

1. 白醋、柠檬酸等可与碳酸氢钠组成复合膨松剂。请选择其中的一种与碳酸氢钠组成复合膨松剂，尝试用其蒸馒头并讨论影响馒头松软的因素。

2. 除了碳酸氢钠外，你还可以利用哪些碳酸盐类物质设计复合膨松剂？

柠檬酸（化学式为 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ）是一种重要的有机酸，为无色晶体，分子中常含有一分子结晶水（化学式为 $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ），无臭，易溶于水，在食品加工业、化妆品制造业等工业领域具有广泛的用途。

1 mol 柠檬酸能与 3 mol 碳酸氢钠反应生成柠檬酸钠、二氧化碳和水。



现在人们广泛使用的复合膨松剂一般是由三部分组成的。

1. 碳酸盐类。碳酸盐类的通常用量为膨松剂质量的30%~50%，其作用是通过与酸性物质反应产生二氧化碳气体。常用的碳酸盐是碳酸氢钠和碳酸氢铵。

2. 酸性物质。酸性物质的通常用量为膨松剂质量的30%~40%，其作用是与碳酸氢钠、碳酸氢铵等发生反应产生二氧化碳气体，提升膨松剂的作用效果并降低食品的碱性。

3. 助剂。助剂指的是淀粉、脂肪酸等其他成分，通常用量为膨松剂质量的10%~30%，其作用是防止膨松剂吸潮结块而失效，也具有调节气体产生速率或使气体均匀产生等作用。

【名称】××复合膨松剂

【保质期】24个月

【净含量】1 kg

【使用量】面粉用量的0.5%~2.5%

【配料】碳酸氢钠、焦磷酸二氢二钠、碳酸钙、葡萄糖酸-δ-内酯、淀粉

【适用范围】适用于各类馒头、包子等发酵面制品以及面包、糕点等的制作

【储存方法】阴凉干燥处储存

▲ 图1-4-3 某复合膨松剂的说明书

●●●化学与技术

微胶囊技术在膨松剂中的应用

微胶囊技术是利用可形成胶囊壁的物质，将核心物质包嵌起来制成直径为2~1 000 μm的微小胶囊的技术。它可使核心物质与外界环境隔绝，从而达到保护核心物质和延长其有效使用期限的目的。

利用微胶囊技术，可以避免复合膨松剂中碳酸氢钠、碳酸氢铵等与酸性物质在储存过程中过早接触反应导致膨松剂的作用效果减弱或失效，而使它们在需要时接触并发生反应产生气体。另外，利用微胶囊技术包嵌碳酸氢钠，还可以控制其在达到适当的温度时才被释放，然后与酸性物质作用，达到更佳的作用效果。

微胶囊技术是当今一项用途广泛而又发展迅速的新技术，其应用极大地推动了食品工业由低级产业向高级产业的转变。

项目成果展示 ▶▶

1. 展示各小组利用膨松剂制作的各种发酵面食，分析、解释造成效果差异的原因。
2. 总结你在项目实施过程中研究物质性质的思路，并说明你是如何分析和解决实际问题的。

本章自我评价

本章通过认识化学科学，以及对研究物质性质的方法和程序、化学中常用的物理量——物质的量的学习，在初中化学学习的基础上，全面促进化学学科核心素养的提升，重点促进“科学态度与社会责任”“宏观辨识与微观探析”“科学探究与创新意识”的提升。请依据下表检查对本章的学习情况。

核心素养发展重点		学业要求
科学态度与社会责任	增强探索未知、崇尚真理的意识，赞赏化学对社会发展的重大贡献；通过对金属钠、氯气性质研究等一系列科学探究活动，增强安全意识和培养严谨求实的科学态度。	1. 能列举化学科学发展的重要事件，说明其对推动社会发展的贡献，能说出其中的创新点。 2. 具有较强的问题意识，能提出化学探究问题，能作出预测和假设。能依据实验目的和假设，设计解决简单问题的实验方案，能对实验方案进行评价。 3. 能运用实验基本操作实施实验方案，具有安全意识和环保意识。能观察并如实记录实验现象和数据，进行分析和推理，得出合理的结论。
宏观辨识与微观探析	基于研究物质性质的基本方法和基本程序，探究钠、氯及其化合物的性质；建立物质的量概念，基于物质的量定量认识物质的组成及物质的化学变化。	4. 能预测物质的某些性质，并进行实验验证。 5. 能列举、描述、辨识含有钠或氯元素的典型物质重要的物理和化学性质及实验现象。能用化学方程式正确表示含有钠或氯元素的典型物质的主要化学性质。 6. 能基于物质的量认识物质组成及其化学变化，运用物质的量、摩尔质量、气体摩尔体积、物质的量浓度之间的相互关系进行简单计算。
科学探究与创新意识	根据化学问题设计简单的实验方案并完成实验；观察并客观记录物质及其变化的现象；通过分析、推理获得实验结论，依据证据分析和解决实际问题。	7. 能列举事实说明化学科学在生产、生活中的应用价值，以及对人类文明的伟大贡献。能列举我国体现化学科学与技术应用的重要成果。能举例说明与化学有关的职业，简单分析这些职业与化学科学的关系。



学习·理解

1. 保存少量金属钠的方法是()。
 - A. 放在棕色试剂瓶中
 - B. 放在四氯化碳(密度大于 $1\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$)中
 - C. 放在水中
 - D. 放在煤油中

2. 某学生将一小块金属钠放入滴有酚酞溶液的水中,此实验能证明金属钠具有下列性质中的()。
 - ① 金属钠的密度比水的密度小
 - ② 金属钠的熔点较低
 - ③ 金属钠与水反应时放出热量
 - ④ 金属钠与水反应后的溶液呈碱性
 - A. 只有①④
 - B. 只有①②④
 - C. 只有①③④
 - D. ①②③④

3. 下列叙述中,正确的是()。
 - A. 氯气不溶于水,因此可用排水法收集氯气
 - B. 新制氯水可以使干燥的有色布条褪色
 - C. 因为氯气具有刺激性气味,所以可以杀灭细菌和病毒
 - D. 氢气在氯气中燃烧产生淡蓝色火焰

4. 下列氯化物中,既能由金属和氯气直接化合制得,又能由金属和盐酸反应制得的是()。
 - A. CuCl_2
 - B. FeCl_2
 - C. MgCl_2
 - D. FeCl_3

5. 用胆矾($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)配制 $1\text{ L }0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ CuSO_4 溶液,正确的做法是()。
 - A. 将胆矾加热除去结晶水后,称取 16 g 溶于 1 L 水中
 - B. 称取胆矾 25 g 溶于 1 L 水中
 - C. 将 25 g 胆矾溶于少量水中,然后将此溶液稀释至 1 L
 - D. 将 16 g 胆矾溶于少量水中,然后将此溶液稀释至 1 L

应用·实践

6. 用 N_A 代表阿伏加德罗常数的数值。下列说法中,正确的是()。
 - A. 2.3 g 金属钠由原子完全变成离子时,得到的电子数为 $0.1N_A$
 - B. $0.2N_A$ 个硫酸分子与 19.6 g 磷酸含有相同的氧原子数
 - C. 28 g 氮气所含的原子数为 N_A
 - D. N_A 个氧气分子与 N_A 个氢气分子的质量比为 $8:1$

7. 金属汞在加热条件下可以与氧气化合生成氧化汞,反应为 $2\text{Hg} + \text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{HgO}$ 。下列选项中,可以说明 0.2 mol Hg 与 0.2 mol O_2 充分反应后物质的种类及其数量的情况的是()。
 - A. $0.02\text{ mol HgO} + 0.2\text{ mol Hg}$
 - B. $0.1\text{ mol HgO} + 0.1\text{ mol Hg}$
 - C. 0.2 mol HgO
 - D. $0.2\text{ mol HgO} + 0.1\text{ mol O}_2$

8. 一块金属钠露置于空气中，可观察到如下现象：

银白色→变灰暗→变白色→出现液滴→成为白色固体

写出变化过程中可能发生的反应的化学方程式：_____。

9. 某化学试剂厂不慎发生了氯气泄漏事故，泄漏出的氯气迅速向周围的居民区蔓延。

(1) 请应用所学的相关化学知识进行自救：

① 如果你当时在现场，你应该往哪里撤离？_____（填“高坡上”或“低洼处”）。

② 如果你当时在该厂实验室，撤离时应该准备什么样的简易防毒面具避免吸入较多的氯气？_____。

③ 如果你当时在距离该厂较近的家中，如何利用家中的现成物品来制作简易的防毒面具？_____。

(2) 消防官兵赶到现场后，把泄漏的氯气钢瓶投入一盛有石灰水的水池中，写出有关物质之间所发生反应的化学方程式：_____。

(3) 归纳总结上述各种处理方法的思路：_____。

10. 某化学课外活动小组计划使用 NaOH 溶液制取简易消毒液，反应原理为：



实验室里有已配制好的 NaOH 溶液，一瓶所贴标签为 $4.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，另一瓶所贴标签为 14%（密度为 $1.14 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ）。

(1) 这两种溶液各需多少毫升才能分别与 2.24 L 氯气 (STP) 恰好完全反应？

(2) 你认为知道了某溶液中溶质的物质的量浓度后，在使用该溶液时有哪些方便之处？

11. 某同学欲用密度为 $1.18 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、氯化氢的质量分数为 36.5% 的浓盐酸配制 250 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 稀盐酸，请你帮助他完成这一任务。

(1) 计算并填写下表：

应量取的浓盐酸体积 /mL	应选用的容量瓶规格 /mL

(2) 配制时正确的操作顺序是_____（用字母符号表示，每个字母符号只能用一次）。

A. 用 30 mL 蒸馏水洗涤烧杯和玻璃棒各 2~3 次，将洗涤液全部注入容量瓶中，轻轻摇动容量瓶

B. 用量筒准确量取所需体积的浓盐酸，将其沿玻璃棒注入烧杯中，再向烧杯中加入少量蒸馏水（约 30 mL），用玻璃棒慢慢搅动，使其混合均匀

C. 将已恢复至室温的盐酸沿玻璃棒注入所选用的容量瓶中

D. 将容量瓶盖紧，振荡，摇匀

E. 改用胶头滴管滴加蒸馏水，使溶液的凹液面恰好与容量瓶瓶颈上的刻度线相切

F. 继续往容量瓶中小心地滴加蒸馏水，直到液面接近瓶颈上的刻度线 1~2 cm 处



(3) 操作 A 中, 将洗涤液全部注入容量瓶中, 其目的是_____; 溶液注入容量瓶前须恢复至室温, 这是因为_____。

(4) 若出现以下情况, 对所配溶液的浓度将有何影响? (填“偏高”“偏低”或“无影响”)

① 没有进行操作 A: _____。

② 加蒸馏水时不慎超过了容量瓶瓶颈上的刻度线: _____。

③ 定容时俯视容量瓶瓶颈上的刻度线: _____。

(5) 若实验过程中出现以下情况, 应该如何处理?

① 加蒸馏水时不慎超过了容量瓶瓶颈上的刻度线: _____。

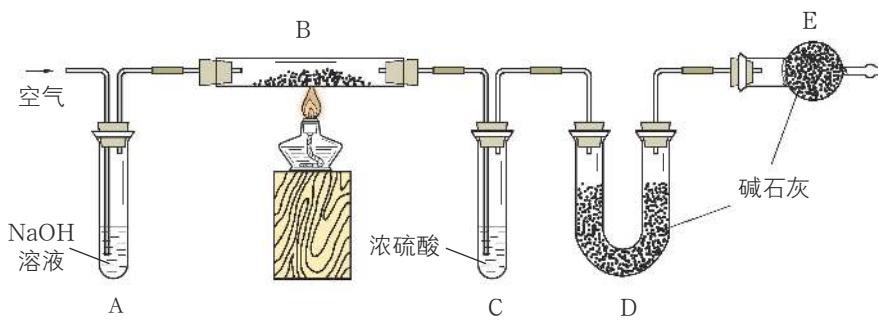
② 向容量瓶中转移溶液时(操作 C)不慎将少量溶液洒在容量瓶外面: _____。

迁移·创新

12. 膨松剂反应时产生气体的量是检验膨松剂品质的一项重要指标。某膨松剂中发挥作用的物质为碳酸氢钠。

(1) 某学校兴趣小组为研究该膨松剂在加热情况下放出气体的量, 设计了以下实验。

按如图所示连接装置(气密性良好, 各装置中的试剂皆为足量)。



▲ 第 12 题图

【资料】a. 浓硫酸常用于吸收水蒸气; b. 碱石灰是固体氢氧化钠和氧化钙的混合物。

将一定质量的膨松剂样品装入装置 B 中, 测定实验前后装置_____ (填装置对应的字母符号) 的质量, 其质量差即为样品产生的二氧化碳的质量。加热前, 先对已连接好的装置 A、B 和 C 通入一段时间的空气, 再连接上装置 D、E; 停止加热后, 应继续通入一段时间的空气。这样做的目的是_____。

(2) 上述实验中, 若没有装置 E, 可能会造成测定结果_____ (填“偏大”“偏小”或“不变”)。

(3) 若上述实验测得二氧化碳的质量为 6.6 g, 计算生成的二氧化碳的体积(STP), 体会该膨松剂在加热情况下的体积膨胀效果。





第2章

元素与物质世界

第1节

元素与物质分类

第2节

电解质的电离 离子反应

第3节

氧化还原反应

微项目

科学使用含氯消毒剂
——运用氧化还原反应原理
解决实际问题

本章自我评价

第1节 元素与物质分类

110多种元素组成了各种各样的物质，了解物质的元素组成和物质的分类，有利于我们更好地认识和利用物质的性质、实现物质之间的转化。

联想·质疑

面对丰富多彩的物质世界，你是否想过，这些物质之间有什么内在联系？我们可以分类认识和研究物质，那么，怎样分类才能更有效地帮助我们认识和研究物质呢？



图 2-1-1 一些含有碳元素的物质

一、元素与物质的关系

交流·研讨

你已经接触过许多物质，如钠、镁、铁、氧化镁、氯化钠、氢氧化钠、一氧化碳、二氧化碳、氯气、氢气、氧气、氯化亚铁、三氧化二铁、碳酸钠、碳单质、硫酸、碳酸、氯化铁等。

1. 组成这些物质的元素有哪些？
2. 如何从元素组成的角度对这些物质进行分类？



3. 图 2-1-1 列出了一些含有碳元素的物质，还有哪些含有碳元素的物质？在这些物质中，碳元素的化合价是怎样的？含有碳元素的这些物质之间具有怎样的关系？

以上讨论对你认识元素与物质的关系有什么启示？

物质都是由元素组成的。根据物质的元素组成，可以对物质进行分类。仅由一种元素组成的纯净物称为单质；其中，由金属元素组成的单质称为金属单质，由非金属元素组成的单质称为非金属单质。由两种或两种以上的元素组成的纯净物称为化合物，化合物又可以分为氧化物、酸、碱、盐等。元素以单质形式存在时，称为元素的游离态；以化合物形式存在时，称为元素的化合态。

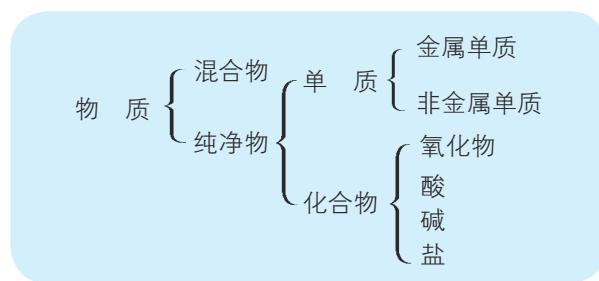


图 2-1-2 根据元素组成对物质进行分类

同一种元素可以存在于不同类别的物质中。例如，碳元素可以存在于碳单质、碳的氧化物（如一氧化碳、二氧化碳）、碳酸盐（如碳酸钠）等物质中；铁元素可以存在于铁单质、铁的氧化物（如氧化亚铁、三氧化二铁）、铁盐（如氯化亚铁、氯化铁）等物质中。有些元素在不同化合物中可能呈现不同的化合价。例如，碳元素在一氧化碳中呈现 +2 价，而在二氧化碳、碳酸钠等物质中呈现 +4 价；铁元素在氯化亚铁中呈现 +2 价，而在氯化铁中呈现 +3 价。

图 2-1-3 是关于碳及其化合物的“价—类”二维图，从图中可以清楚地看出碳及其化合物的所属类别和其中所含碳元素的化合价。基于核心元素的化合价和物质类别研究物质，为我们认识物质性质和实现物质转化提供了新思路。

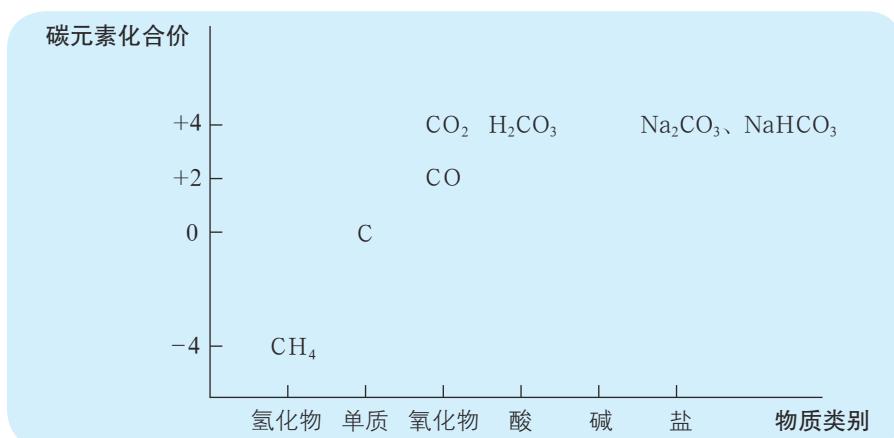


图 2-1-3 碳及其化合物的“价—类”二维图

二、物质分类与物质性质

同一类别的物质具有一定的相似性。分门别类地研究物质的组成、性质、用途，可以找到有关规律，发现同类物质之间的内在联系。

活动·探究

研究一类物质的性质

你已经学习过金属单质、非金属单质、氧化物、酸、碱、盐等类别的物质，那么，各类物质分别具有怎样的性质？各类物质之间的反应关系是怎样的？请你和小组同学分工合作完成下列任务。

1. 按照物质类别将下列物质分类。

金属铁、碳单质、二氧化碳、碳酸钙、碳酸钠、氧气、氧化钙、氢氧化钙、盐酸、氯化钠、氯化钡、硫酸、硫酸钠、硫酸铜、氢氧化铜、氢氧化钠、硝酸银。

2. 预测各类物质分别具有哪些相似的性质。

3. 选择一类物质，选取相应试剂，设计实验，证明你的预测。

实验方案设计及实施

实验设计	性质预测	实验现象	实验结论
1. 选择某类物质的代表物	类别：_____		
2. 选取可能与该物质发生反应的物质并标明其所属类别	类别：_____		
3. 预测反应产物及现象	类别：_____		
4. 设计实验装置及操作步骤，进行实验	类别：_____		
	类别：_____		

思考

1. 金属单质、非金属单质、氧化物、酸、碱和盐分别可能与哪些类别的物质发生反应？
2. 你能基于物质类别探究一种陌生物质的性质吗？说说你的思路。



物质的组成是物质分类的常用依据，结合物质的性质可以对物质进一步分类。例如，氧化物还可以分为酸性氧化物（acidic oxide）、碱性氧化物（basic oxide）等。其中，酸性氧化物能与碱反应生成盐和水，如二氧化碳、二氧化硫等；碱性氧化物能与酸反应生成盐和水，如氧化钠、氧化钙等。多数非金属氧化物属于酸性氧化物，多数金属氧化物属于碱性氧化物。

单质、氧化物、酸、碱和盐之间有一定的化学反应关系，某一类物质与相关类别物质的化学反应通常表现为这一类物质所具有的一般性质。例如，酸通常能与活泼金属、碱、盐或碱性氧化物等类别的物质发生反应；碱通常能与酸、盐或酸性氧化物等类别的物质发生反应；酸性氧化物通常能与碱或碱性氧化物等类别的物质发生反应；碱性氧化物通常能与酸或酸性氧化物等类别的物质发生反应；部分酸性氧化物和部分碱性氧化物能分别与水发生反应生成相应的酸和碱，等等。

知道了各类物质分别具有的一般性质，可以基于物质类别预测陌生物质的性质，还可以认识不同类别物质之间的转化关系，为物质的制备、鉴别和提纯提供思路。

人们对物质分类的角度还有很多。例如，根据在水溶液中或熔融状态下能否导电，可将化合物分为电解质和非电解质；根据在反应中所含元素化合价的改变情况，可将物质分为氧化剂和还原剂。另外，人们还根据被分散物质的颗粒大小，将分散系分为溶液、浊液和胶体。不同的分类方法体现了人们对物质的不同认识角度。在今后的学习中，你会逐步认识这些物质分类。

• 方法导引 •

根据物质类别预测 陌生物质的性质

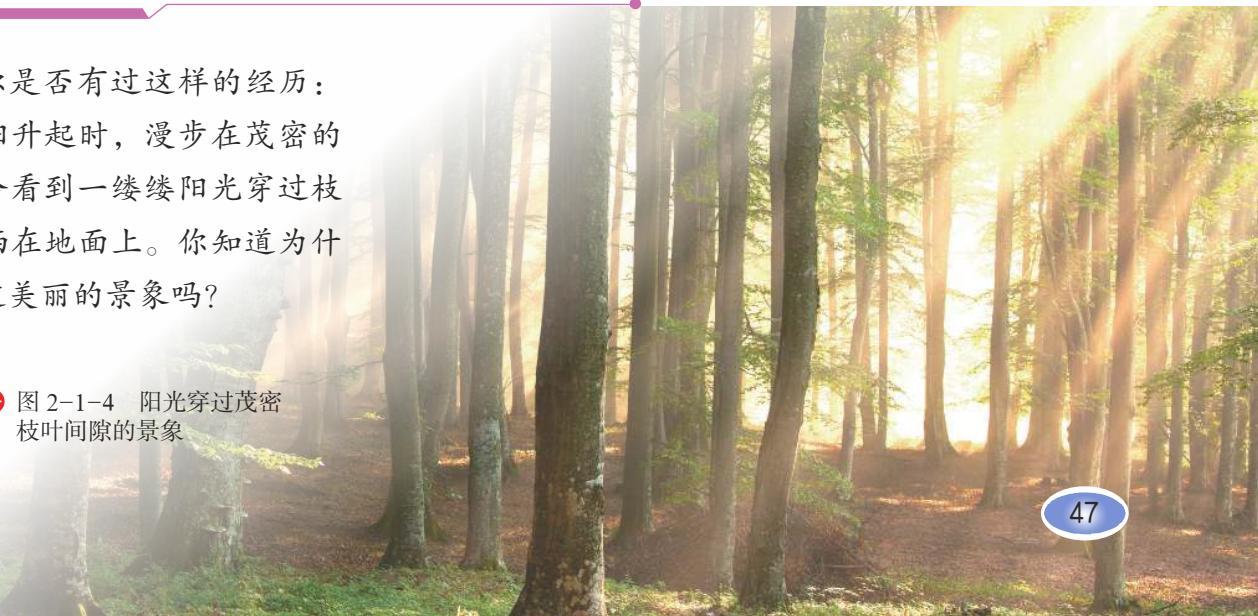
首先，判断陌生物质所属物质类别，根据该类别物质的一般性质及相关反应规律预测该物质可能会与哪些类别的物质发生反应；然后，选择可能与该物质反应的各类物质的代表物，推断可能发生的具体反应。预测是否正确，需要用实验验证。

三、一种重要的混合物——胶体

联想·质疑

不知你是否有过这样的经历：清晨当太阳升起时，漫步在茂密的森林里，会看到一缕缕阳光穿过枝叶间隙铺洒在地面上。你知道为什么会产生这美丽的景象吗？

图 2-1-4 阳光穿过茂密枝叶间隙的景象



溶液、悬浊液与乳浊液都是由一种(或几种)物质(分散质)分散到另一种物质(分散剂)里形成的分散系。溶液中的分散质微粒是直径小于1 nm(10^{-9} m)的分子或离子,使溶液这种分散系表现出透明、均一、稳定的宏观特征;而悬浊液、乳浊液中的分散质微粒是分子的集合体或离子的集合体(分别呈固态或液态),其微粒直径大于100 nm,使悬浊液或乳浊液这种分散系表现出浑浊、不稳定等宏观特征。还有一种分散系,其分散质的微粒直径介于1~100 nm,这种分散系称为胶体(colloid)。



图 2-1-5 KNO_3 溶液(左)与泥土悬浊液(右)



图 2-1-6 氢氧化铁胶体(左)与碘化银胶体(右)

胶体具有不同于溶液和浊液的独特性质。

胶体的分散质微粒比溶液的大,能够透过滤纸,但不能透过半透膜(如动物肠衣、鸡蛋壳膜、羊皮纸、胶棉薄膜、玻璃纸等)。半透膜具有比滤纸更细小的孔隙,只有小分子、离子能够透过,因此可以利用半透膜分离胶体中的杂质分子或离子。这种提纯、精制胶体的方法称为渗析。

当可见光束通过胶体时,在入射光侧面可观察到光亮的“通路”,这种现象称为丁达尔现象或丁达尔效应(Tyndall effect)。丁达尔现象是胶体中分散质微粒对可见光(波长为400~700 nm)散射而形成的,可用于实验室鉴别一种分散系属于胶体还是属于溶液。实际上,丁达尔现象对我们来说并不陌生。例如,清晨在密林中看到的一缕缕光束、阳光透过墙上的小孔在较暗房间里形成的一道道光柱等,都属于丁达尔现象。其实,云、雾、烟也都是胶体,只是这些胶体的分散剂是空气,分散质微粒是微小的液滴或固体颗粒。

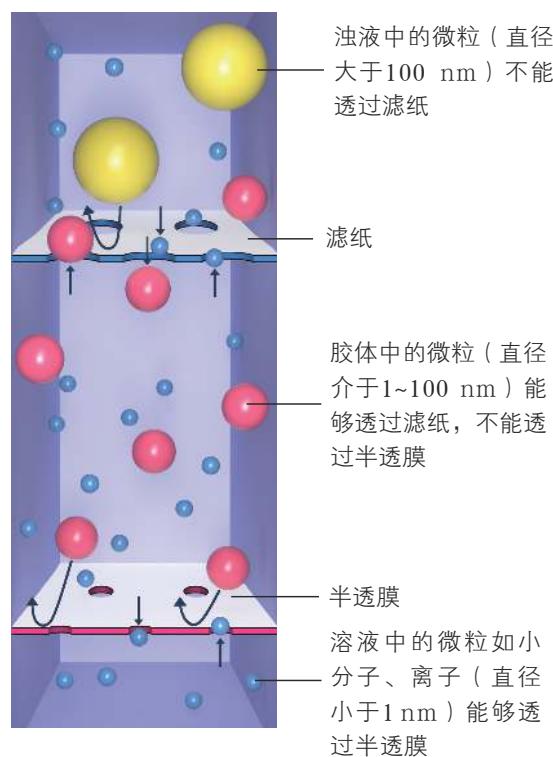


图 2-1-7 不同分散质微粒透过滤纸和半透膜的原理示意图

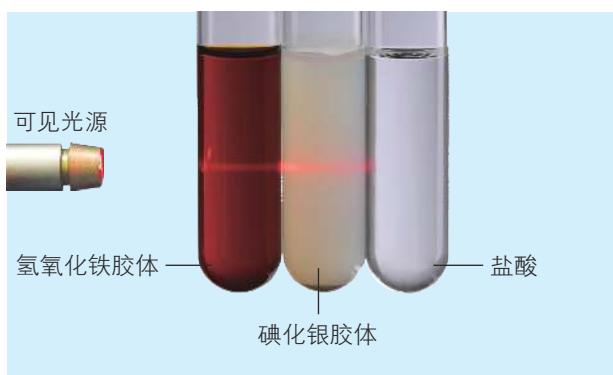


图 2-1-8 利用丁达尔现象鉴别胶体与溶液

胶体在自然界中广泛存在，人类的生产、生活以及人体的生命活动都与胶体有着密切的关系。例如，在水的净化过程中，向水中加入可以形成胶体的无害物质，利用胶体分散质具有巨大的比表面积（单位质量的微粒具有的表面积）的性质，形成较强的吸附能力，吸附水中的色素、悬浮固体等以达到净水的目的。

拓展视野

电泳

胶体的分散质具有巨大的比表面积，能吸附带有某种电荷的离子，从而形成带电微粒。有些胶体的分散质微粒吸附带有正电荷的离子，有些则吸附带有负电荷的离子。这些带电微粒在外电场的作用下会发生定向移动。例如，氢氧化铁胶体的分散质微粒带有正电荷，在通电的情况下会向与直流电源负极相连的一极移动，这种现象称为电泳。电泳具有很高的实用价值，如电泳电镀就是利用电泳将油漆、乳胶、橡胶等微粒均匀地沉积在镀件上的。

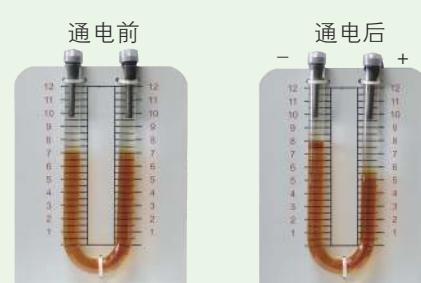


图 2-1-9 氢氧化铁胶体的电泳现象

聚沉

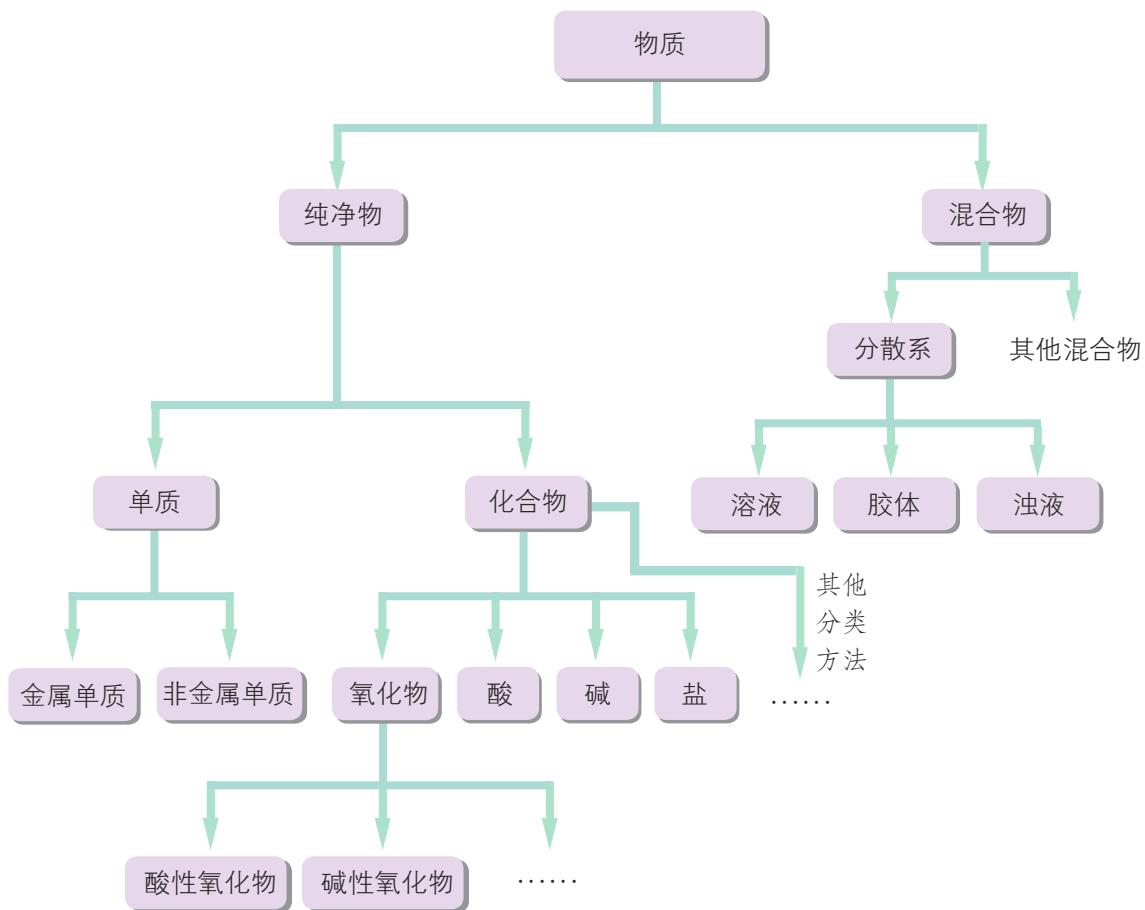
把酸、碱、盐等物质加入胶体中时，它们溶解产生的阳离子或阴离子所带电荷与胶体的分散质微粒所带电荷中和，会使胶体的分散质微粒聚集成较大的微粒，在重力作用下沉淀析出。这种胶体形成沉淀析出的现象称为聚沉。加热或搅拌也可能引起胶体的聚沉。胶体的聚沉在生活中有着重要的应用，如向豆浆（一种胶体）中加入硫酸钙使蛋白质等聚沉可制成可口的豆腐。



图 2-1-10 氢氧化铁胶体的聚沉

● ● 概括·整合 ● ●

1. 我们可以怎样分类认识身边的物质呢？请画出物质分类框架图，示例如下：



2. 归纳总结酸性氧化物、碱性氧化物、酸、碱、盐等类别的物质分别具有的一般性质。
3. 归纳总结胶体的特征和性质。



练习与活动

学习·理解

1. 将下列物质与所属类别连起来。

SO_2	•	• 金属单质
HClO	•	• 非金属单质
BaCl_2	•	• 酸性氧化物
Fe(OH)_3	•	• 碱性氧化物
Ca	•	• 酸
氯气	•	• 碱
硫酸钠	•	• 盐
高锰酸钾	•	
硝酸	•	
氧化镁	•	

2. 酸性氧化物一般不具有的性质是()。
- A. 与水反应生成酸 B. 与碱性氧化物反应生成盐和水
 C. 与酸反应生成盐和水 D. 与碱反应生成盐和水
3. 下列物质中,能与酸反应并将酸转化为具有相同酸根的盐的是()。
- A. 金属单质 B. 非金属单质 C. 碱性氧化物 D. 酸性氧化物
 E. 碱 F. 酸 G. 盐
4. 下列实验操作或现象中,能够区分溶液和胶体的是()。
- A. 观察颜色 B. 过滤 C. 利用半透膜渗析 D. 丁达尔现象
5. 下列事实中,与胶体有关的是()。
- A. 将植物油倒入水中,用力搅拌形成油水混合物
 B. 一束可见光射入鸡蛋清液体里,从侧面可以看到一条光亮的“通路”
 C. 向石灰水中通入二氧化碳产生白色浑浊
 D. 利用活性炭净水

6. 结合所学内容，整理钠及其化合物的相关知识，完成下列各题。
- (1) 列举你知道的含有钠元素的物质。
 - (2) 钠元素在不同物质中分别以什么形态存在？
 - (3) 请对你列出的含有钠元素的物质进行分类。
 - (4) 如何实现钠及其化合物之间的转化？请写出主要反应的化学方程式。

应用·实践

7. 某化学兴趣小组的同学按照下面的实验方法制备氢氧化铁胶体：用洁净的烧杯取少量蒸馏水，用酒精灯加热至沸腾，向烧杯中逐滴加入饱和 FeCl_3 溶液，至液体呈透明的红褐色。



(1) 氢氧化铁胶体中分散质微粒直径的范围是 _____ nm。

(2) 你认为可以用什么方法判断胶体的制备是否成功？

8. 下列物质之间可以发生化学反应吗？选出可以发生反应的物质组合，说明你的预测依据。

- (1) 硫酸与 Ba(OH)_2 溶液
- (2) 向 CaCl_2 溶液中通入二氧化碳
- (3) NaOH 溶液与 MgCl_2 溶液
- (4) 硫酸亚铁与盐酸
- (5) 氧化钙与盐酸
- (6) AgNO_3 溶液与 NaCl 溶液
- (7) 铜与硫酸锌

9. 氯化钙 (CaCl_2) 的用途十分广泛。在工业生产中，氯化钙常被用作干燥剂，因其溶解放热可用于制作自加热罐头，它还是制作豆腐等美食的食品添加剂。请你设计尽可能多的方案制得氯化钙。

10. 有些食品的包装袋中有一个小纸袋，上面写着“干燥剂”，主要成分是生石灰 (CaO)。

- (1) 生石灰属于哪种类别的物质？
- (2) 生石灰可做干燥剂的理由是 _____ (用化学方程式表示)。
- (3) 生石灰还可以与哪些类别的物质发生化学反应？列举两例并写出有关反应的化学方程式。
- (4) “干燥剂”小纸袋中的物质能否长期持续地做干燥剂？为什么？
- (5) 请设计实验检验某食品包装袋中的生石灰干燥剂是否已经失效。

第2节 电解质的电离 离子反应

电解质是一类重要的化合物，它们在人类的生产和生活中不可或缺。例如，人体生命活动所需要的各种离子都是通过体液这种电解质溶液输送到人体各个部位的，工农业生产中的许多化学反应都是在电解质溶液中进行的。学习电解质及其相互间反应的知识，对于发展关于物质及其变化的认识以及分析解决生产和生活中的相关问题都具有十分重要的意义。

联想·质疑

某些药用泡腾片是将药物与碳酸氢钠、固体酸及一些辅料混在一起压制而成的。泡腾片本身干燥，不含水分，一旦放入水中，立刻产生大量二氧化碳气体。在气体的作用下，泡腾片在水中翻腾，加速了药物的分散和溶解。同时，由于二氧化碳气体溶于水中，使药水喝起来像“汽水”，改善了口感。

为什么固体泡腾片本身不产生气体，放入水中就会立刻释放出二氧化碳气体？这其中发生了什么变化？



▲ 图 2-2-1 干燥的泡腾片和水中的泡腾片

一、电解质的电离

很多化学反应需要将物质溶解在水中才能进行。那么，这些物质溶解在水中到底发生了什么变化呢？

观察·思考

研究氯化钠的导电性

观察固态氯化钠、熔融状态的氯化钠、NaCl溶液的导电性实验，认识氯化钠在什么情况下能够导电。

观察记录

样品	固态氯化钠	熔融状态的氯化钠	NaCl溶液
能否导电			

思考

固态氯化钠、熔融状态的氯化钠和 NaCl 溶液，有的导电，有的不导电，原因是什 么？

氯化钠晶体是由带正电荷的 Na^+ 和带负电荷的 Cl^- ，通过静电作用按一定规律紧密排列所形成的，晶体中的离子 (Na^+ 和 Cl^-) 不能自由移动，因此氯化钠晶体不能导电。受热熔化时，氯化钠晶体中的 Na^+ 和 Cl^- 之间的相互作用被破坏，形成能够自由移动的离子；氯化钠晶体溶于水时，在水分子的作用下， Na^+ 和 Cl^- 也会逐渐脱离晶体表面进入溶液，成为能够自由移动的离子。自由移动的 Na^+ 和 Cl^- 在电场的作用下定向移动。因此，熔融状态的氯化钠和氯化钠的水溶液能够导电。

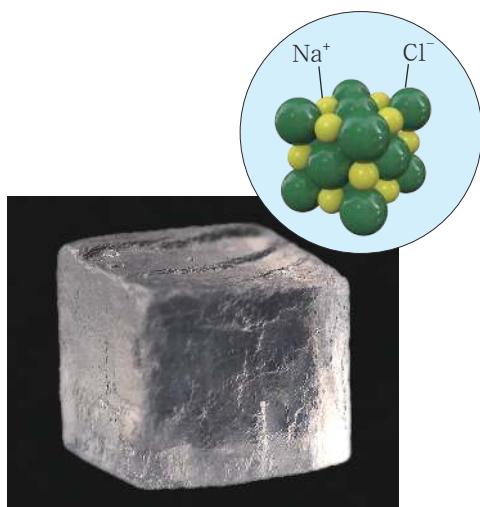
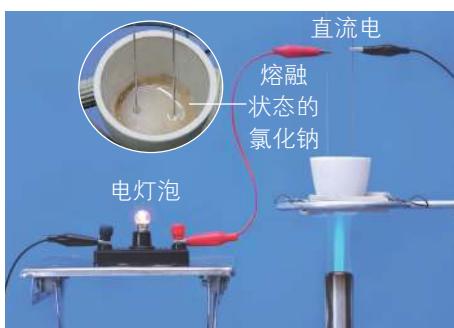


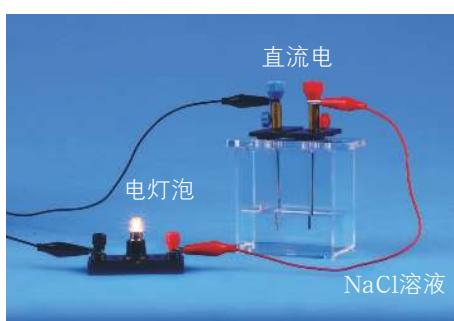
图 2-2-2 氯化钠晶体及其结构模型



固态氯化钠不能导电



熔融状态的氯化钠能够导电



NaCl溶液能够导电

图 2-2-3 氯化钠的导电性实验

像氯化钠这样，溶于水或受热熔化时解离成能够自由移动的离子的过程称为电离 (ionization)。

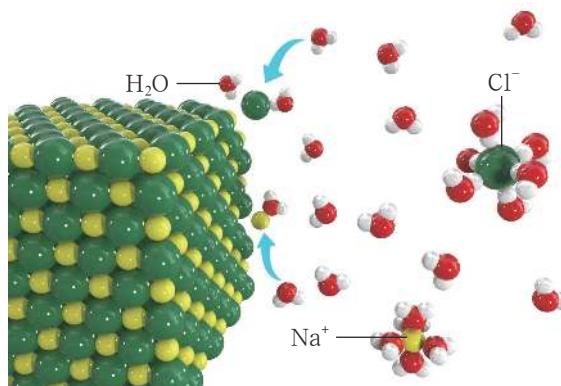


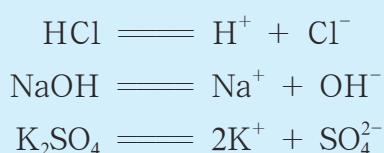
图 2-2-4 氯化钠溶于水发生电离示意图

电解质的电离可以用电离方程式 (ionization equation) 表示。例如：



实验表明，氯化氢气体、氢氧化钠固体等很多物质溶于水后，都可以发生电离使溶液导电。氢氧化钠、硫酸钾等化合物和氯化钠一样，在熔融状态下也能够发生电离而导电。据此，人们把在水溶液中或熔融状态下能够导电的化合物称为电解质 (electrolyte)。

酸、碱、盐都是电解质，其中溶于水发生电离时，生成的阳离子全部是 H^+ 的化合物称为酸 (acid)，生成的阴离子全部是 OH^- 的化合物称为碱 (base)，能生成金属阳离子 (或铵离子) 和酸根离子的化合物称为盐 (salt)。例如：



拓展视野

强电解质和弱电解质

实验表明，在相同温度下，相同浓度的盐酸比醋酸溶液的导电性强。这是因为氯化氢在水中完全电离，而醋酸在水中只是部分电离。因此，相同浓度的盐酸和醋酸溶液含有的离子的浓度不同，导致两种溶液的导电能力不一样。

人们把在水溶液中能完全电离的电解质称为强电解质，如强酸 (H_2SO_4 、 HNO_3 、 HCl)、强碱 [NaOH 、 KOH 、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$]、大部分盐 (NaCl 、 KNO_3 、 CuSO_4) 等；把在水溶液中部分电离的电解质称为弱电解质，如弱酸 (H_2CO_3 、 CH_3COOH)、弱碱 ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 等。水是一种极弱的电解质。

电解质溶液中存在自由移动的阴、阳离子，因而溶液会表现出一定的性质，如颜色、酸碱性和导电性等。我们可以直接观察到相应的现象或借助仪器检测到 pH、电导率等相关数据。例如，含有某些离子的电解质溶液会呈现出一定的颜色且溶液的颜色随着所含离子浓度的加大而加深，据此可以利用比色计测定溶液中相关离子的浓度。再如，溶液中的 H^+ 或 OH^- 会使溶液表现出酸性或碱性，可以利用酸碱指示剂检验或利用 pH 计测定溶液中 H^+ 或 OH^- 的浓度。



图 2-2-5 比色计



图 2-2-6 pH 计

迁移·应用

培养水培植物需要配制营养液。现需要配制含有 K^+ 、 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 的营养液。

- 你会选择哪些物质配制营养液？
- 配制营养液时，部分离子浓度需要达到以下要求： $\text{K}^+ 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $\text{NH}_4^+ 0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $\text{NO}_3^- 0.015 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ， $\text{PO}_4^{3-} 0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ （不考虑其他离子对植物的影响）。某同学从实验室中找到了下列物质： KCl 、 NH_4Cl 、 NH_4NO_3 、 KNO_3 、 Na_3PO_4 。这位同学的营养液配方可能是怎样的？

身边的化学

电解质与细胞活动

人体需要维持体内的电解质平衡，才能保证正常的生理活动。这其中，存在于体液中的 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 等离子发挥着重要的作用。人体大量排汗或腹泻时， Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 等离子会随汗液或排泄物排出，使电解质浓度失衡，人就会出现恶心、呕吐和肌肉痉挛等症状。因此，在高温环境中工作或从事剧烈运动的人以及有腹泻症状的人都要及时补充水分和盐分。

电解质饮料可以帮助人们在剧烈运动或大量流汗后及时、方便地补充电解质。电解质饮料首先要保证 Na^+ 、 K^+ 、 Cl^- 等离子浓度满足人体电解质平衡的需要，有些品牌的电解质饮



料还会提供 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等其他生命活动所需离子。电解质饮料常常含有糖类物质用于补充能量，还会添加柠檬酸等用于调节口感的添加剂。在家中可以利用饮用水、食盐、蜂蜜等自制电解质饮料，但要注意控制电解质的浓度，1 L 水中加入 2 g 左右的食盐即可。

● 配料

饮用水、白砂糖、食品添加剂（柠檬酸、柠檬酸钠、氯化钠、氯化钾、苹果酸、葡萄糖酸- δ -内酯、谷氨酸钠、氯化钙、维生素 C、食用香精）、西柚浓缩汁。

● 电解质浓度（平均值）

阳离子	mg/100 mL	mmol/L
Na^+	49	21
K^+	21	5.4
Ca^{2+}	2	0.5
阴离子	mg/100 mL	mmol/L
Cl^-	60	16
$\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$ （柠檬酸根）	63	3.3

▲ 图 2-2-7 某品牌电解质饮料的配料和电解质浓度说明

二、离子反应

电解质在溶于水时会发生电离产生自由移动的离子，因此它们在水溶液中所发生的反应一定与这些离子有关。

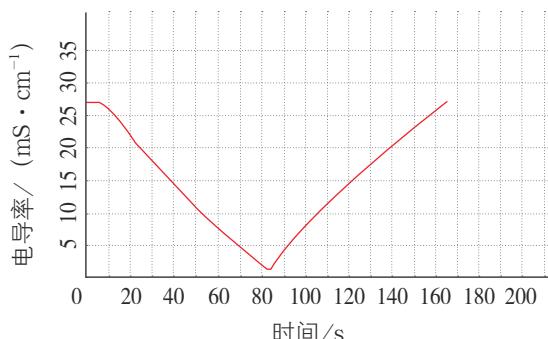
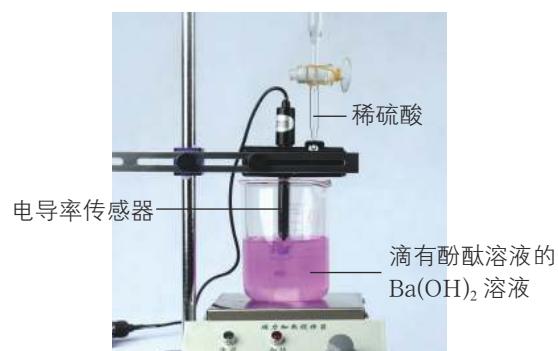
1. 离子反应的含义

观察·思考

稀硫酸与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液反应的实质

你已经知道，硫酸和氢氧化钡都是电解质。那么，它们在溶于水时分别能电离出哪些离子？这些离子之间能发生怎样的反应？

利用图 2-2-8 所示装置进行实验：向 $0.01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液中滴入几滴酚酞溶液，然后向 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液中匀速逐滴加入 $0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ H_2SO_4 溶液，注意观察溶液中的现象和溶液电导率的变化。



▲ 图 2-2-8 关于稀硫酸与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液反应实质的研究

思考

通过上面的实验，你对稀硫酸与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液的反应有了哪些新的认识？这个反应的实质是什么？

硫酸在水溶液中电离出 H^+ 和 SO_4^{2-} ，氢氧化钡在水溶液中电离出 Ba^{2+} 和 OH^- 。稀硫酸与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液反应的实质是溶液中的 H^+ 与 OH^- 结合生成难电离的水、 Ba^{2+} 与 SO_4^{2-} 结合生成硫酸钡沉淀，导致溶液中离子浓度的降低。类似地，盐酸与 NaOH 溶液反应的实质是溶液中的 H^+ 与 OH^- 结合生成水，使溶液中的 H^+ 和 OH^- 浓度降低，而 Na^+ 和 Cl^- 不参与反应。

交流·研讨

请分析下列各组电解质电离所产生的离子，说明混合后化学反应发生的实质，以及反应前后溶液中电解质所产生的离子的种类和数量的变化。

- (1) 稀硫酸与 NaOH 溶液
- (2) CuSO_4 溶液与 NaOH 溶液
- (3) Na_2CO_3 溶液与稀盐酸
- (4) NaCl 溶液与 AgNO_3 溶液
- (5) KCl 溶液与 AgNO_3 溶液

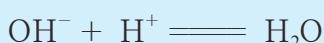
像上述反应这样，在溶液中有离子参加的化学反应称为离子反应 (ionic reaction)。

溶液中的某种或某些离子的浓度发生改变时，离子反应才能发生。酸、碱和盐在溶液中发生复分解反应时会生成难溶的物质（沉淀）、难电离的物质（如 H_2O ）或挥发性的物质（气体），导致溶液中某些离子的浓度降低。因此，复分解反应都属于离子反应。



2. 离子方程式

离子反应可以用离子方程式 (ionic equation) 表示。例如，NaOH 溶液与稀盐酸发生的反应属于离子反应，其离子方程式为：



• 方法导引 •

离子方程式的书写方法

现以稀硫酸与 Ba(OH)₂ 溶液的反应为例说明离子方程式的书写方法。

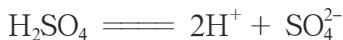


图 2-2-9 稀硫酸与 Ba(OH)₂ 溶液的反应

1. 明确反应物在溶液中的主要存在形式及微粒间的数量关系，分别用离子符号或化学式表示

分析反应物在水溶液中的主要存在形式。对于易溶于水且易电离的反应物（如强酸、强碱、可溶性盐），根据其电离方程式明确溶液中存在的离子，写出它们的离子符号；对于其他反应物，则用它们的化学式来表示。

硫酸的电离方程式为：



溶液中存在 H⁺ 和 SO₄²⁻，两种离子的物质的量之比为 2:1；

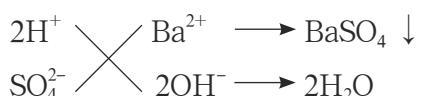
氢氧化钡的电离方程式为：



溶液中存在 Ba²⁺ 和 OH⁻，两种离子的物质的量之比为 1:2。

2. 确定发生化学反应的微粒、产物及其数量关系

判断哪些微粒能够相互作用，使溶液中某种或某些离子的浓度改变。推测反应后的产物，用离子符号或化学式表达产物在水溶液中的存在形式，并标注发生反应的微粒间的数量关系。复分解反应中生成的难溶、难电离或具有挥发性的物质用化学式表示。稀硫酸与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液发生复分解反应：



H^+ 与 OH^- 结合生成水、 Ba^{2+} 与 SO_4^{2-} 结合生成硫酸钡沉淀，且反应生成的水的物质的量是硫酸钡的物质的量的 2 倍。

3. 写出离子方程式并配平

将相互作用的微粒的符号写在等号左边，把微粒之间作用结果的符号写在等号右边，并根据电荷守恒以及原子种类和数量守恒配平离子方程式。稀硫酸与 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液反应的离子方程式为：



交流·研讨

1. 书写下列各组物质之间发生反应的离子方程式。

- (1) NaOH 溶液与稀硫酸
- (2) KOH 溶液与稀盐酸
- (3) BaCl_2 溶液与 Na_2SO_4 溶液
- (4) $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液与 Na_2SO_4 溶液
- (5) 碳酸钙与稀盐酸

2. 观察你写出的离子方程式，回答下列问题。

- (1) 你认为离子方程式与化学方程式有哪些区别和联系？
- (2) 对于你写出的每一个离子方程式，你能再补充一个与之对应的化学反应吗？

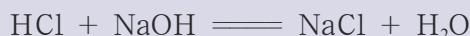
离子方程式和化学方程式都可以用来表示化学反应，但离子方程式所表示的不仅仅是一个反应，而是一类反应，并且揭示了这类反应的实质。


● ● ● 资料在线

离子方程式的另一种书写方法

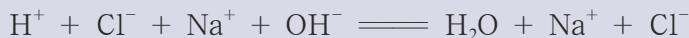
1. 写出化学方程式

例如，盐酸与氢氧化钠在溶液中所发生反应的化学方程式为：



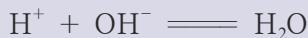
2. 改写化学方程式

将化学方程式中易溶于水且易电离的物质改用离子符号（即该物质电离产物的符号）表示，而难溶于水的物质、挥发性物质和水等仍用化学式表示，则上述化学方程式被改写为：



3. 删去未参与反应的离子的符号，得到离子方程式

将上式中没有参与反应的 Cl^- 、 Na^+ 删去，便可得到该反应的离子方程式：



4. 检查离子方程式是否配平

根据电荷守恒以及原子种类和数量守恒的原则，检查所写的离子方程式是否配平。

3. 离子反应的应用

离子反应广泛应用于化学研究、工业生产、医疗诊断、食品检验、环境保护等方面。

利用离子反应可以检验某种（或某些）离子是否存在。例如，向某溶液中先滴加稀盐酸没有明显现象，再滴加 BaCl_2 溶液有白色沉淀产生，则可推断该溶液含有 SO_4^{2-} 。这是实验室中检验 SO_4^{2-} 的常用方法。



又如，向某溶液中先滴加 AgNO_3 溶液有白色沉淀产生，再滴加稀硝酸时白色沉淀不溶解，则可推断该溶液含有 Cl^- 。这是实验室中检验 Cl^- 的常用方法。



离子反应还可以用于物质的除杂和分离。例如，可以利用 CO_3^{2-} 除去溶液中的 Ca^{2+} 。



活动·探究

学生必做实验

食盐的精制

氯碱工业通过电解饱和食盐水制得烧碱、氢气和氯气，并以它们为原料生产一系列化工产品。氯碱工业的主要原料是粗食盐。粗食盐中除了含有难溶性杂质外，还含有钙盐、镁盐等可溶性杂质。在氯碱工业中，这些可溶性杂质不但会增加生产能耗，还会带来安全隐患。因此，氯碱工业的一道重要工序是除去粗食盐水中的杂质。

实验目的

从粗食盐水中除去 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 。

实验用品

粗食盐水，稀盐酸，稀硫酸， NaOH 溶液， $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液， Na_2CO_3 溶液， BaCl_2 溶液；

烧杯，漏斗，玻璃棒，表面皿，pH 试纸，滤纸，试管，胶头滴管，铁架台（带铁圈）。

实验方案设计

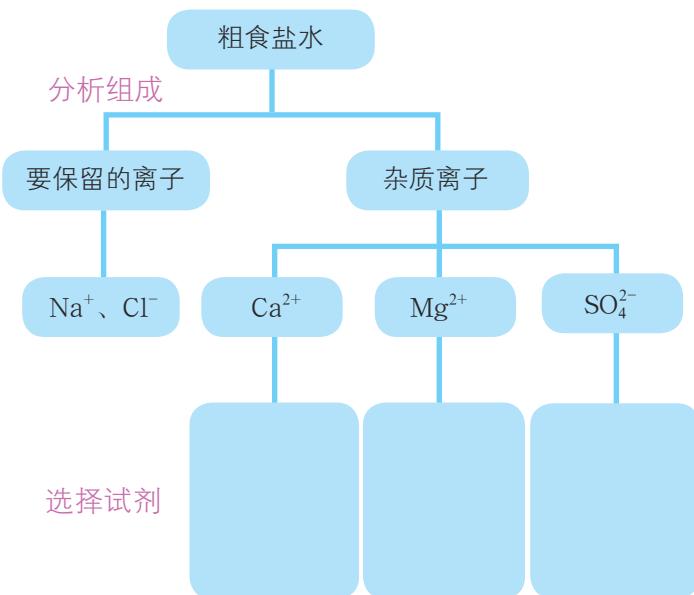


图 2-2-10 学生在精制粗食盐水

• 方法导引 •

利用离子反应除去杂质的思路和方法

1. 分析物质组成，确定要保留的物质和需要除去的杂质。
2. 明确要保留的物质和杂质之间的性质差异。
3. 选择能使杂质离子转化为气体或沉淀的物质作为除杂试剂。除杂试剂不能影响要保留的离子，且应适当过量。
4. 分析因除杂试剂过量而引入的新杂质如何除去。
5. 综合考虑原有杂质离子和可能新引入的杂质离子，确定试剂添加顺序和实验操作步骤。



确定实验操作流程

分析试剂添加顺序、实验操作步骤与每步操作后的结果，并用流程图表示。

实验方案实施

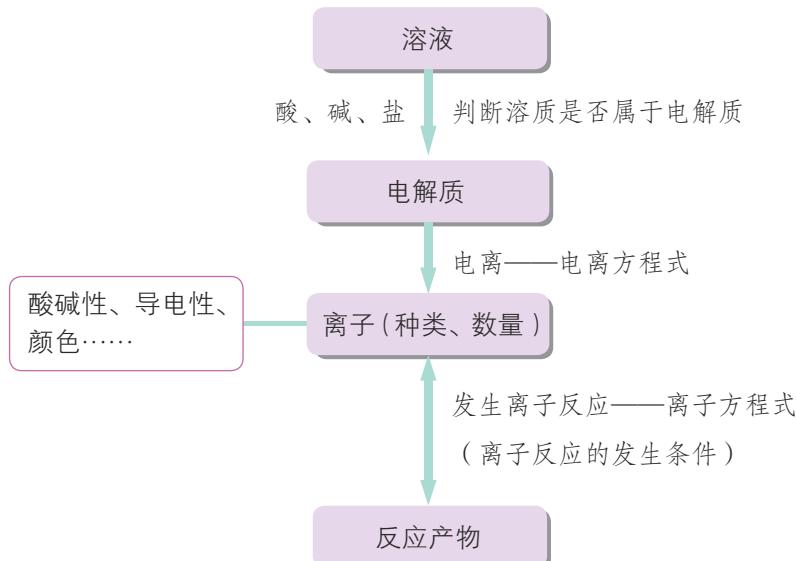
所用试剂及实验操作	实验现象	解释和结论

思考

- 如何确定除去杂质过程中试剂的添加顺序？
- 如何检验杂质离子是否去除干净？

概括·整合

- 根据电解质电离和离子反应的知识，归纳总结分析溶液体系的基本思路，示例如下：



- 归纳总结离子方程式和化学方程式的区别与联系。

练习与活动

学习·理解

1. 结合本节学习内容，完成下列各题。

(1) 列举一些你熟悉的电解质。

(2) 在 KCl 溶液、AgNO₃ 溶液中大量存在的微粒分别有哪些？

(3) 将 KCl 溶液与 AgNO₃ 溶液混合，分析 KCl 溶液与 AgNO₃ 溶液反应的实质，写出该反应的离子方程式。

(4) 离子方程式可以表示一类化学反应。请列举 2~3 个与上述反应实质相同的化学反应。

(5) 请从多个角度谈谈你对酸、碱、盐以及酸、碱、盐之间反应关系的认识。

2. 写出下列反应的离子方程式。

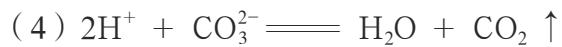
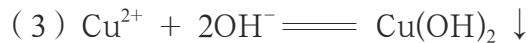
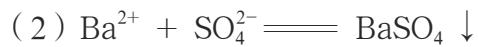
(1) NaOH 溶液与稀硝酸反应

(2) BaCl₂ 溶液与 K₂SO₄ 溶液反应

(3) K₂CO₃ 溶液与足量稀硫酸反应

(4) AgNO₃ 溶液与稀盐酸反应

3. 下列离子反应分别可以表达哪类化学反应？说说该类反应的反应物和生成物的特征，并各举两个反应实例。

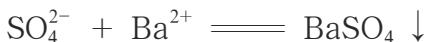


4. 某同学欲用离子方程式来表达两种物质相遇时发生的变化。请判断他写出的下列离子方程式是否正确表达了相应的操作和结果；对于不正确的，请帮他改正。

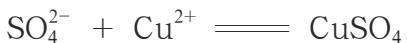
(1) 向碳酸钙中加入稀盐酸



(2) 向 CuSO₄ 溶液中滴加 Ba(OH)₂ 溶液



(3) 向 Na₂SO₄ 溶液中滴加 CuCl₂ 溶液



(4) 向氢氧化铜悬浊液中滴加稀硫酸





应用·实践

5. 现有五种无色溶液：A. 稀硫酸，B. 盐酸，C. NaCl溶液，D. NaOH溶液，E. Ba(OH)₂溶液。这些溶液溶质的物质的量浓度均为 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。请根据溶液取用情况，判断得到的溶液中存在的主要离子种类及浓度；或者根据最终溶液中离子的情况，推断最终溶液可能是哪些溶液混合的结果（忽略溶液混合前后的体积变化）。

溶液取用情况	溶液中的离子
只取溶液 D	
等体积混合溶液 A 和 B	
等体积混合溶液 B 和 E	
等体积混合溶液 B、C、D	
溶液 D 和 E 按体积比 2:1 混合	
	Ba ²⁺ 的物质的量浓度为 $0.1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, OH ⁻ 的物质的量浓度为 $0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
	Na ⁺ 、Cl ⁻ 的物质的量浓度均为 $0.05\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

6. 有三种白色固体分别为氯化钠、硫酸钠和碳酸钠，请设计实验方案进行鉴别，并写出相关反应的离子方程式。

7. 经检测，某工业废水显酸性，且废水中含有大量 Na⁺、Cu²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻。

(1) 下列离子中，不可能大量存在于该废水中的是()。

- A. K⁺ B. Ag⁺ C. Fe³⁺ D. CO₃²⁻

(2) 若将该废水调节至碱性，原废水中存在的离子会有哪些变化？

(3) 请设计实验方案除去原废水中的 Cu²⁺ 和 SO₄²⁻ (用流程图表示)，并写出可能发生的反应的离子方程式。

第3节 氧化还原反应

氧化还原反应是一类重要的化学反应，如燃烧、冶炼金属所涉及的一些反应就属于氧化还原反应。人们利用氧化还原反应可以制备物质、获得能量。在氧化还原反应中，有些物质做氧化剂，有些物质做还原剂。学习氧化还原反应及氧化剂和还原剂的知识，可以增加对物质及化学反应分类的角度，深化对物质性质及变化的认识。

联想·质疑

在初中阶段你已学习过一些关于铜及其化合物的化学反应：铜在加热条件下与氧气反应生成氧化铜，氢气把氧化铜还原为铜，金属铁从 CuSO_4 溶液中将铜置换出来， NaOH 溶液与 CuSO_4 溶液反应产生氢氧化铜沉淀。

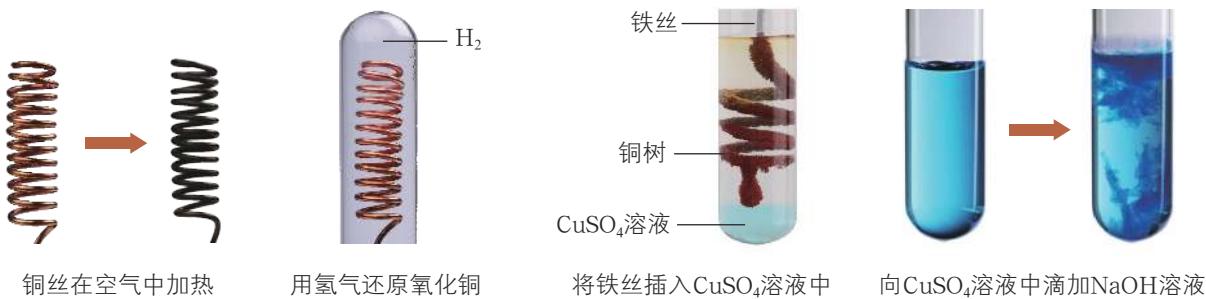


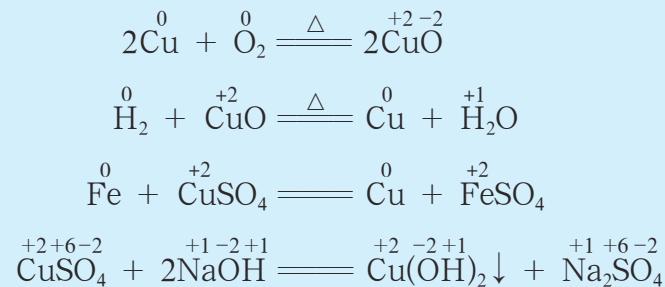
图 2-3-1 关于铜及其化合物的一些实验

在这些反应中，铜元素发生了哪些变化？前三个反应与最后一个反应的特征有什么不同？前三个反应的本质是怎样的？含有铜元素的物质在这些反应中各表现出什么性质？

一、认识氧化还原反应

1. 氧化还原反应的特征

人们在分析化学反应时发现，在一些反应中反应物所含有的一种或几种元素的化合价会发生变化，而在另外一些反应中各反应物所含元素的化合价都没有发生变化。例如：



从反应过程中有无元素化合价变化的角度，可以将化学反应分为两大类。在反应过程中有元素化合价变化的化学反应称为氧化还原反应（redox reaction），如铜与氧气的反应、氢气与氧化铜的反应、铁与 CuSO_4 溶液的反应等。像 CuSO_4 溶液与 NaOH 溶液的反应这样，没有元素化合价变化的化学反应则不属于氧化还原反应。

在氧化还原反应中，反应物所含某种（或某些）元素化合价升高的反应称为氧化反应（oxidation）；反应物所含某种（或某些）元素化合价降低的反应称为还原反应（reduction）。例如，在氢气与氧化铜发生的氧化还原反应中，氢气中的氢元素化合价升高，发生氧化反应；氧化铜中的铜元素化合价降低，发生还原反应。氧化反应和还原反应这两个对立的过程相互依存，统一于一个氧化还原反应之中。

2. 氧化还原反应的实质

在氧化还原反应中，元素的化合价为什么会发生变化呢？

交流·研讨

1. 金属钠可以在氯气中剧烈燃烧生成氯化钠，这个反应属于氧化还原反应吗？氯气由氯分子构成，一个氯分子由两个氯原子构成。金属钠由钠原子构成。氯化钠由 Na^+ 和 Cl^- 构成。可见在反应过程中，钠原子变成了 Na^+ ，氯原子变成了 Cl^- 。钠原子和氯原子是怎样变化为 Na^+ 和 Cl^- 并进而形成氯化钠的呢？

2. 写出铁与 CuSO_4 溶液反应的化学方程式，判断该反应是否属于氧化还原反应。利用图 2-3-2 所示实验装置进行铁与 CuSO_4 溶液反应的实验，实验现象之一是电流表的指针发生偏转。这一实验现象对于你认识铁与 CuSO_4 溶液反应的实质有什么启示？

3. 根据以上讨论和实验现象，你认为氧化还原反应的实质是什么？



▲ 图 2-3-2 铁与 CuSO_4 溶液的反应

当金属钠与氯气反应时，钠原子失去一个电子形成 Na^+ ，钠元素的化合价由0价变为+1价；氯原子则得到一个电子形成 Cl^- ，氯元素的化合价由0价变为-1价。 Na^+ 和 Cl^- 通过静电作用形成氯化钠。由此可知，这个氧化还原反应是通过电子转移实现的。

铁与 CuSO_4 溶液反应时，铁原子把电子转移给 Cu^{2+} 形成 Fe^{2+} ， Cu^{2+} 得到电子形成铜原子。由此可知，这个氧化还原反应也是通过电子转移实现的。

研究表明，所有的氧化还原反应中都存在着电子转移，电子转移是氧化还原反应的实质。元素化合价的变化是电子转移的外在表现，可以通过分析反应中是否有元素的化合价发生变化来判断某个反应是否属于氧化还原反应。

• 方法导引 •

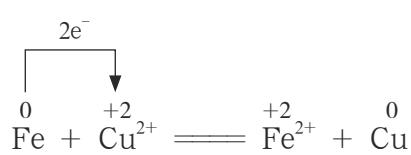
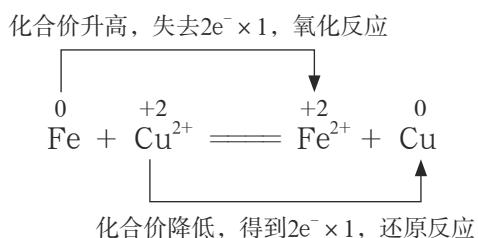
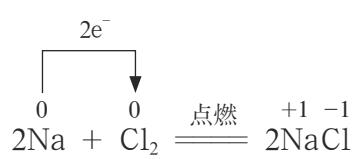
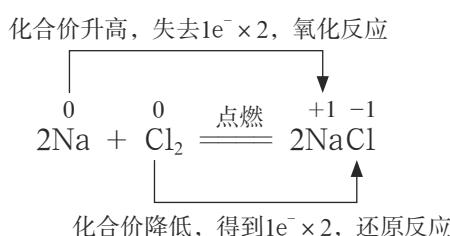
根据化合价变化分析氧化还原反应中的电子转移

在氧化还原反应中，某种元素的一个原子或离子失去电子，则该元素的化合价升高，而且失去电子的数目与化合价升高的数值相等；某种元素的一个原子或离子得到电子，则该元素的化合价降低，而且得到电子的数目与化合价降低的数值相等。

元素化合价升高 \longleftrightarrow 原子或离子失电子 \longleftrightarrow 发生氧化反应

元素化合价降低 \longleftrightarrow 原子或离子得电子 \longleftrightarrow 发生还原反应

人们常用以下两种方式表示氧化还原反应中元素化合价升降和电子转移的情况。

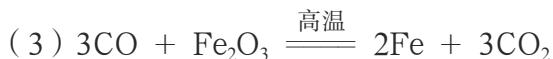
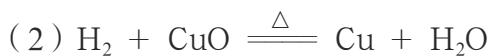




二、氧化剂和还原剂

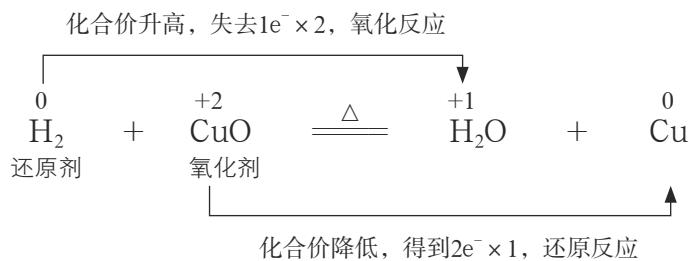
交流·研讨

以下氧化还原反应中，化合价升高的元素有哪些，化合价降低的元素有哪些？哪种反应物含有化合价升高的元素，哪种反应物含有化合价降低的元素？

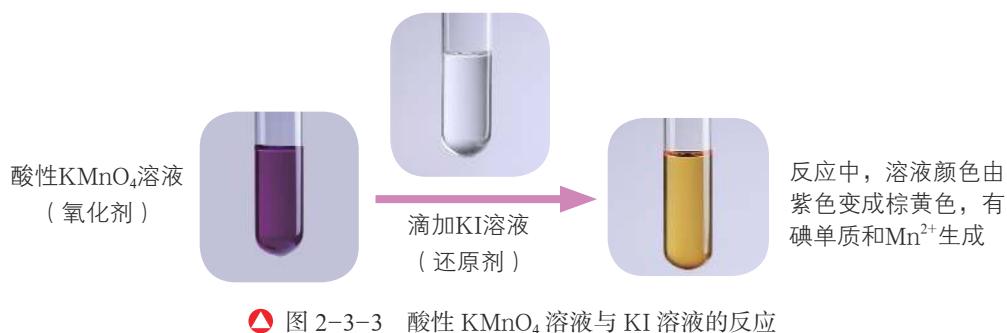


在氧化还原反应中，所含某种（或某些）元素化合价降低的反应物称为氧化剂（oxidizing agent）；所含某种（或某些）元素化合价升高的反应物称为还原剂（reducing agent）。氧化剂具有氧化性，在氧化还原反应中被还原，发生还原反应；还原剂具有还原性，在氧化还原反应中被氧化，发生氧化反应。

在氢气与氧化铜的反应中，氧化铜中的铜元素化合价降低，氧化铜是氧化剂；氢气中的氢元素化合价升高，氢气是还原剂。



氧化还原反应为我们认识和研究物质增添了新的视角——从氧化性、还原性的角度认识和研究物质的性质。当某物质所含元素处于较高价态时，元素有降低价态的趋势，该物质可能具有氧化性；当某物质所含元素处于较低价态时，元素有升高价态的趋势，该物质可能具有还原性。例如，高锰酸钾中的锰元素为+7价，为锰元素的最高价态，高锰酸钾具有氧化性；碘化钾中的碘元素为-1价，为碘元素的最低价态，碘化钾具有还原性。实验表明，酸性 KMnO_4 溶液与 KI 溶液能够发生氧化还原反应。在反应中锰元素的化合价降低，高锰酸钾做氧化剂；碘元素的化合价升高，碘化钾做还原剂。

图 2-3-3 酸性 KMnO₄ 溶液与 KI 溶液的反应

在中学化学里, 常见的氧化剂有氧气、氯气等活泼的非金属单质, 硝酸、浓硫酸等含有较高价态元素的含氧酸, 以及高锰酸钾、氯酸钾、氯化铁等含有较高价态元素的盐; 常见的还原剂有活泼的金属单质, 碳单质、氢气等非金属单质, 以及一些含有较低价态元素的氧化物(如一氧化碳、二氧化硫等)和盐(如碘化钾、亚硫酸钠、硫酸亚铁等)。

三、氧化还原反应的应用

1. 研究物质的性质

我们可以利用氧化还原反应, 通过分析物质所含元素化合价的升降趋势, 研究物质的还原性或氧化性。

活动·探究

探究物质的氧化性或还原性

过氧化氢(H₂O₂)中氢元素的化合价为+1价, 氧元素的化合价为-1价。过氧化氢是否具有氧化性或还原性呢? 请你设计实验验证自己的预测。

实验用品

5% H₂O₂溶液, 酸性 KMnO₄溶液, KI溶液, 淀粉溶液;
试管, 胶头滴管。

实验方案设计及实施

实验内容	实验现象	实验结论



• 方法导引 •

研究物质氧化性或还原性的思路

1. 根据物质所含元素化合价升高或降低的可能性，预测物质可能具有还原性或氧化性。若所含某元素的化合价有升高的趋势，说明该物质可能具有还原性；反之，若所含某元素的化合价有降低的趋势，说明该物质可能具有氧化性。

2. 如果预测某物质具有氧化性，就需要寻找具有还原性的另一物质，通过实验检验两者能否发生氧化还原反应，以验证预测是否正确。相应地，如果预测某物质具有还原性，就需要寻找具有氧化性的另一物质，通过实验来验证预测是否正确。

思考

- 从氧化还原反应的角度，分析、归纳过氧化氢的性质。
- 证明过氧化氢具有氧化性或还原性的依据是什么？
- 初中阶段我们就知道过氧化氢在催化剂的作用下可以分解产生氧气。这个反应属于氧化还原反应吗？如果属于氧化还原反应，请分析元素化合价变化和电子转移情况。

物质的氧化性或还原性的强弱是由物质得失电子的能力决定的。借助氧化还原反应可以比较不同物质氧化性或还原性的强弱。环境条件也会影响物质氧化性或还原性的强弱。例如，我们常使用酸性条件下的 KMnO_4 溶液做氧化剂（实际上是其中的 MnO_4^- 参与氧化还原反应），就是因为大部分含氧酸的酸根离子做氧化剂时，溶液的酸性越强，含氧酸根离子的氧化性就越强。

2. 实现物质转化与获得能量

人们可以利用氧化还原反应实现物质的转化。以金属的冶炼为例，热还原法、金属置换法、电解法等都是常见的方法。热还原法是以碳、一氧化碳等物质作为还原剂，在加热条件下将金属氧化物还原为金属单质，如用一氧化碳还原铁的氧化物得到金属铁。金属置换法是利用置换反应，以活泼金属为还原剂，将目标金属从其盐溶液中还原出来，如用铁从 CuSO_4 溶液中置换出铜。电解法则是利用外加电源提供电子，使金属元素的化合价降低，从而获得金属单质，如电解氧化铝制备金属铝。

无论是哪种冶炼方法，其本质都是利用氧化还原反应中的电子转移，使被还原的化合物中的金属元素的化合价从正价降低至0价，生成金属单质。

氧化还原反应不仅是人们获得物质的重要方式，也是人们获得能量的重要途径。例如，人们可以利用可燃物作为还原剂，选择合适的氧化剂与之发生氧化还原反应获得热能；另外，人们还可以利用氧化还原反应获得电能。

氧化还原反应在人类的生产和生活中无处不在。运用好氧化还原反应规律，可以丰富物质转化、能量转化的途径，获取生产活动的更高社会效益，促进人类社会的可持续发展。

迁移·应用

瑞典化学家舍勒（C.W.Scheele）是最早发现氯气的人。他在研究软锰矿矿石（主要成分是二氧化锰）时，把浓盐酸和软锰矿矿石混合加热，意外地得到了氯气。至今，实验室中还用这种方法制取氯气。

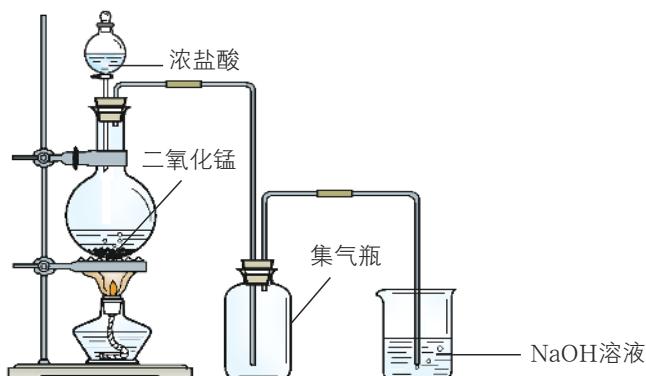
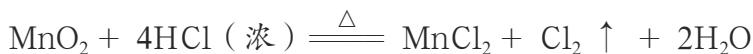


图 2-3-4 实验室制取氯气的装置示意图

请分析：

- (1) 用浓盐酸和二氧化锰制取氯气的反应属于氧化还原反应吗？如果属于氧化还原反应，请指出其中的氧化剂和还原剂；如果不属于氧化还原反应，请说明理由。
- (2) 在实验室中制取氯气时，常用 NaOH 溶液吸收尾气。写出相关反应的化学方程式，分析氯气在该反应中表现出什么性质。若想获得纯净氯气，对该装置还要进行哪些改进？
- (3) 在实验室中也可以利用高锰酸钾与浓盐酸在常温下反应制取氯气，请预测反应产物，写出该反应的化学方程式。

化学与技术

利用氧化还原反应制备物质和获得能量的实例

金属钛具有许多优异的性能，是航空、军工、电力等领域的必需材料。金红石〔主要成分为二氧化钛 (TiO_2)〕是地壳中钛矿石中的一种。目前大规模生产钛的方法是：第一步，让金红石、碳单质在高温下与氯气反应，制得四氯化钛 (TiCl_4)；第二步，在氩气氛围中加热，使金属镁与四氯化钛反应制得金属钛。



图 2-3-5 钛合金广泛应用于飞机制造业

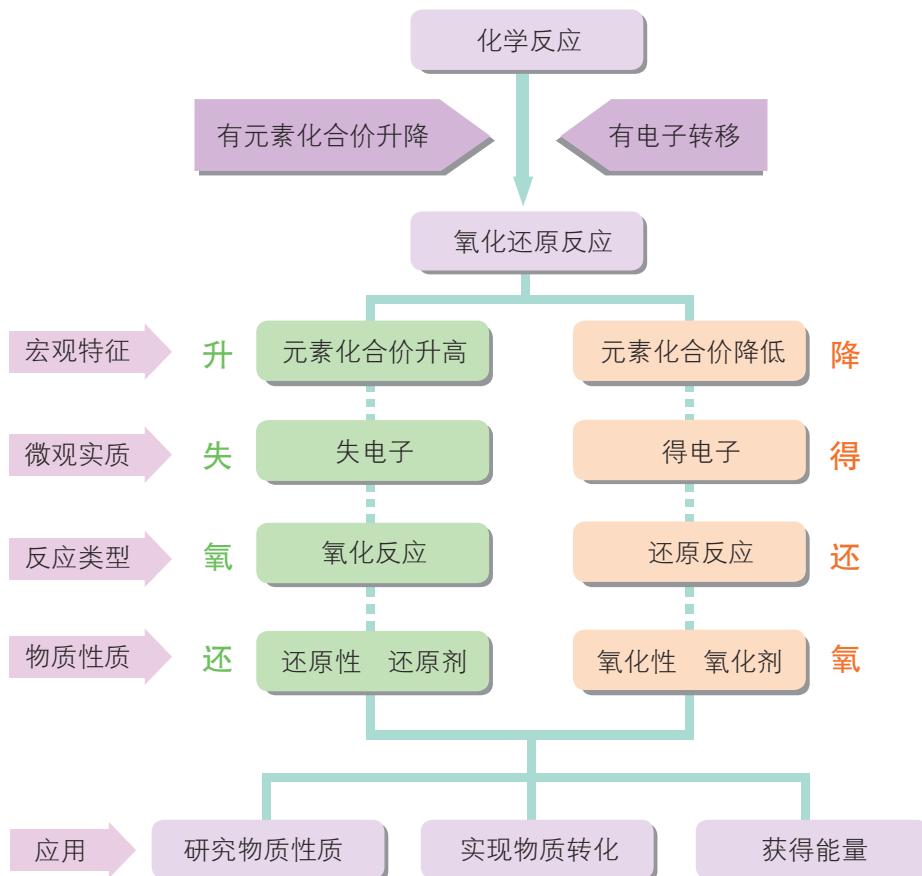


硅单质有很多重要的用途。硅元素在自然界中不以单质形式存在，主要以二氧化硅（ SiO_2 ）的形式存在。用碳单质还原二氧化硅可以制得粗硅；使粗硅与氯气反应生成四氯化硅（ SiCl_4 ），净化后再用氢气还原四氯化硅，可以制得比较纯净的硅单质。

燃料电池是很有发展前景的一种新型电源，其原理是：利用氢气、天然气等燃料做电池负极反应物，发生氧化反应；利用空气中的氧气做电池正极反应物，发生还原反应；连接外电路时，电子从负极移向正极形成电流。

概括·整合

什么是氧化还原反应？氧化还原反应的本质是什么？如何分析氧化还原反应？请整理你对氧化还原反应的认识，示例如下：



练习与活动

学习·理解

1. 下列化学反应中，哪些属于氧化还原反应？在所判断出的氧化还原反应中，哪种物质做氧化剂，哪种物质做还原剂？

- (1) $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$
- (2) $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- (3) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- (4) $2\text{KMnO}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2 \uparrow$
- (5) $2\text{FeCl}_3 + \text{Cu} = 2\text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$
- (6) $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$

2. 下列各种微粒中，只具有氧化性的是（ ），只具有还原性的是（ ）。

- A. Mg B. Cu C. Cu^{2+} D. H_2O_2 E. Cl^- F. Cl_2

3. 下列变化中，可以通过加入氧化剂实现的是（ ），可以通过加入还原剂实现的是（ ）。

- A. $\text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cl}^-$ B. $\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2$ C. $\text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CO}_2$ D. $\text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_3$

应用·实践

4. 回答下列问题。

(1) 下列化学反应都与盐酸有关。通过分析这些反应，你对盐酸的化学性质有了哪些新的认识？

- ① $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} (\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- ② $\text{HCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl} \downarrow + \text{HNO}_3$
- ③ $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$
- ④ $2\text{HCl} \xrightarrow{\text{通电}} \text{H}_2 \uparrow + \text{Cl}_2 \uparrow$

(2) 下列反应中，二氧化硫做氧化剂的是（ ），做还原剂的是（ ）。

- ① $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- ② $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} = 3\text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- ③ $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$

对于二氧化硫来说，你会从哪些角度认识它的性质？

5. 工业上高炉炼铁时常以赤铁矿和焦炭（主要成分为碳）为原料，而将赤铁矿中的三氧化二铁转化为铁的过程中实际起作用的是一氧化碳。



(1) 请分析高炉炼铁过程中碳元素的转化过程，以及含有碳元素的物质在转化过程中的作用。

(2) 如图是高炉炼铁流程示意图。请分析其中的化学变化，并判断所发生的反应中哪些是氧化还原反应。分析一下，在这些氧化还原反应中，哪些物质是氧化剂，哪些物质是还原剂。任选其中的两个氧化还原反应，标明电子转移情况。

6. 请运用氧化还原反应的知识完成下列各题。

(1) 自然界中的元素大多以化合态存在，而我们在生产和生活中需要许多单质如金属铁、硅单质等。如果需要把某元素由化合态转变为游离态，则该元素（ ）。

A. 被氧化

C. 有可能被氧化，也有可能被还原

B. 被还原

D. 由高价变为0价

(2) 钔元素在核工业中具有重要作用。自然界中存在的铀矿石含有二氧化铀(UO_2)。工业上，可以用钾、钙、镁等金属与二氧化铀反应制得铀单质。若要获得等质量的铀单质，钾、钙、镁三种金属中，哪种金属消耗得最多？为什么？

(3) 某危险品仓库中存放有化工原料氰化钠(NaCN)。该物质有剧毒，一旦进入城市排水系统，后果不堪设想。当仓库发生火灾爆炸事故时，工作人员一方面封堵氰化钠泄漏渠道，另一方面对已经泄漏的少量氰化钠做无害化处理。下列物质中，可用于处理泄漏的氰化钠的是（ ）。

A. 铁粉

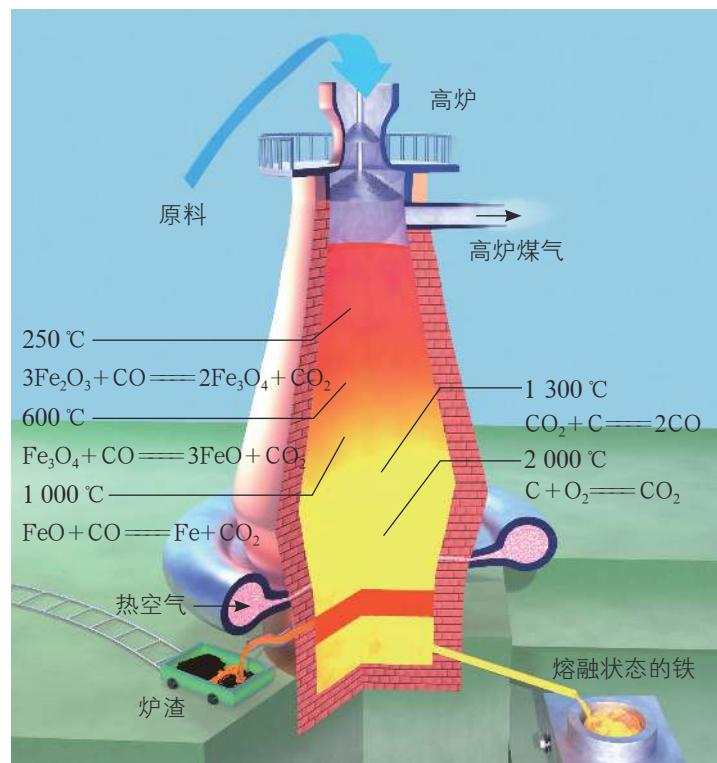
B. 双氧水

C. 臭氧(O_3)

D. 氯化钠

7. 某同学了解到维生素C具有抗氧化作用，他预测维生素C应该具有还原性。

(1) 请你帮助该同学设计实验方案并实施，以确定维生素C是否具有还原性。



▲ 第5题图

(2) 仿照此实验，你能否想办法探究家中哪种蔬菜或水果的维生素C含量较高？

选择试剂	实验方法	关键现象	实验结论

微项目

科学使用含氯消毒剂

——运用氧化还原反应原理解决实际问题

项目学习目标

- 从物质类别、元素化合价的角度预测含氯消毒剂有效成分的性质。
- 利用氧化还原反应分析并解释消毒剂在使用过程中产生的现象和出现的问题。
- 增强合理使用化学品的意识，科学使用含氯消毒剂。

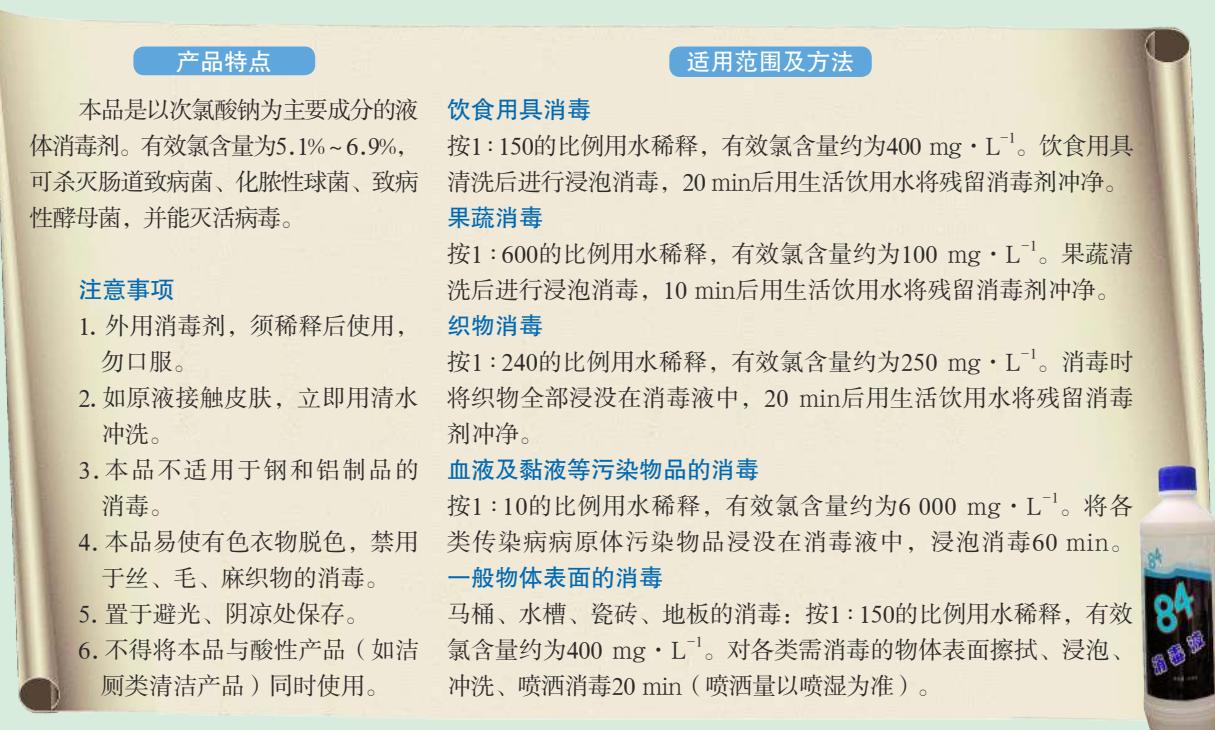
我们生活的环境中难免会有一些致病微生物，如细菌、病毒等。消毒杀菌可以减少致病微生物的数量，甚至杀死致病微生物的繁殖体和休眠体，降低人体的发病率。例如，酒精可以吸收细菌蛋白中的水分，使其脱水变性，达到消毒杀菌的目的；医用双氧水因具有氧化性，可以把脓液、污物中的细菌氧化来杀死细菌，因而常用于皮肤、黏膜伤口的消毒。

84消毒液是一种常见的含氯消毒剂，广泛用于家庭、宾馆、医院、食品加工行业的消毒。

在本项目活动中，你将从物质类别和元素化合价的角度，认识84消毒液有效成分的化学性质，从化学视角解读84消毒液的产品说明，尝试分析随意混用消毒剂可能带来的危害，从而提升预测陌生物质性质的能力以及增强合理使用化学品的意识。

项目活动1 解读84消毒液的产品说明

产品特点	适用范围及方法
<p>本品是以次氯酸钠为主要成分的液体消毒剂。有效氯含量为5.1%~6.9%，可杀灭肠道致病菌、化脓性球菌、致病性酵母菌，并能灭活病毒。</p>	<p>饮食用具消毒 按1:150的比例用水稀释，有效氯含量约为$400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$。饮食用具清洗后进行浸泡消毒，20 min后用生活饮用水将残留消毒剂冲净。</p> <p>果蔬消毒 按1:600的比例用水稀释，有效氯含量约为$100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$。果蔬清洗后进行浸泡消毒，10 min后用生活饮用水将残留消毒剂冲净。</p> <p>织物消毒 按1:240的比例用水稀释，有效氯含量约为$250 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$。消毒时将织物全部浸没在消毒液中，20 min后用生活饮用水将残留消毒剂冲净。</p> <p>血液及黏液等污染物品的消毒 按1:10的比例用水稀释，有效氯含量约为$6\,000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$。将各类传染病病原体污染物品浸没在消毒液中，浸泡消毒60 min。</p> <p>一般物体表面的消毒 马桶、水槽、瓷砖、地板的消毒：按1:150的比例用水稀释，有效氯含量约为$400 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$。对各类需消毒的物体表面擦拭、浸泡、冲洗、喷洒消毒20 min（喷洒量以喷湿为准）。</p>



A photograph showing a roll of paper on the left and a white plastic bottle of 84 disinfectant on the right. The bottle has a blue cap and a label with the number '84' and some Chinese characters.

图2-4-1 84消毒液及其产品说明



阅读 84 消毒液的产品说明，完成以下探究任务。

1. 84 消毒液的有效成分是次氯酸钠，它可能具有什么性质？
2. 设计实验验证你对次氯酸钠性质的预测是否正确。

实验用品

稀释的 84 消毒液，稀盐酸，稀硫酸，NaOH 溶液，淀粉碘化钾溶液；
淀粉碘化钾试纸，pH 试纸，胶头滴管，培养皿，表面皿，棉花，玻璃棒。

实验方案设计及实施

预测性质	实验内容	实验现象	实验结论

3. 产品说明中的哪些注意事项可以用次氯酸钠的性质来解释？
4. 84 消毒液为什么不能与洁厕剂（通常含盐酸）等酸性产品同时使用？
5. 资料表明，84 消毒液使用过程中起主要消毒作用的是次氯酸。你认为这里的次氯酸是怎样生成的？

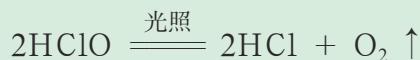


安全提示

- ◆ 84 消毒液有腐蚀性，取用时应戴好实验室专用手套，并戴上护目镜。若不慎将 84 消毒液沾到皮肤上，应立即用大量清水冲洗。
- ◆ 实验过程应在通风条件下完成，尽量使用微型及相对封闭的实验装置（如培养皿上盖上表面皿），同时注意尾气吸收。

84 消毒液的有效成分是次氯酸钠。从元素化合价的角度看，次氯酸钠中的氯元素为 +1 价，化合价可以降低，因而次氯酸钠具有氧化性；从物质类别的角度看，次氯酸钠属于盐，可以与稀酸反应生成次氯酸，次氯酸具有更强的氧化性。在使用过程中，84 消毒液中的次氯酸钠与水和空气中的二氧化碳反应生成次氯酸，从而发挥消毒功能。

次氯酸虽然有较好的消毒、漂白作用，但在光照条件下会分解，因此不宜直接用作消毒剂或漂白剂。



除84消毒液外，含氯消毒剂还有很多种，包括无机含氯消毒剂如液氯、漂白粉（有效成分为次氯酸钙）、二氧化氯等以及有机含氯消毒剂如二氯异氰尿酸钠等。无机含氯消毒剂易受热、光等环境条件的影响，丧失有效成分；有机含氯消毒剂则相对稳定，但是作用效果较慢。在使用含氯消毒剂时，一定要认真阅读产品说明，做到科学使用。消毒剂产品的不当使用，有时不仅不能消除致病微生物的侵害，还会产生严重后果。

项目活动2 探究消毒剂的使用问题

2016年巴西里约热内卢奥运会期间，室外游泳池中的水变绿成为当时的一大新闻。有关负责人说，池水变绿是藻类生长造成的。该泳池此前一直使用含氯消毒剂抑制藻类生长，这次事件中工作人员误用了过氧化氢消毒剂。



▲ 图2-4-2 变绿的游泳池水

针对上述事件，我们可以提出很多问题。例如，为什么泳池中原有的含氯消毒剂不起作用了？泳池中加入过氧化氢消毒剂后发生了什么？

请你和小组同学选取感兴趣的问题，将其转换成实验室中可研究的化学问题，并选择有关的含氯消毒剂（或含氯物质）展开实验探究。实验方案经老师同意后方可实施。

实验方案设计及实施

探究的问题	实验内容	实验现象	结论和解释



方法导引

分析和解决与化学相关的实际问题的思路和方法

1. 分析实际问题中涉及哪些物质；有多种可能时可逐一研究，也可将物质分类并选定代表物进行研究。
2. 预测选定的物质具有什么性质、可能发生哪些化学反应。
3. 推测事件中的现象或问题是由于什么物质和变化引发的，提出假设。
4. 设计实验验证假设，注意使实验条件与真实情境尽量保持一致，必要时设计控制变量的对比实验。
5. 思考对同一现象的解释是否存在其他可能；如存在时，进行必要的假设并验证。

思考

1. 选取和使用消毒剂时应注意哪些问题？
2. 如果你是游泳场馆的负责人，你会怎样解决池水变绿的问题，请说明理由。

除含氯消毒剂外，家用消毒产品还有很多，如厨房里的厨具消毒产品、洗衣服时加入的衣物消毒产品，还有皮肤上出现轻微伤口时涂抹的消毒药水。不同种类的消毒剂消毒原理不同、功能不同，适用范围和使用方法也不同，因此需要认真区分、合理选用。

项目成果展示 ►►

1. 利用含氯消毒剂完成一项家务劳动并分享实践体验，制作含氯消毒剂使用手册，向同学、家人、朋友宣讲、解读含氯消毒剂的正确使用方法，提醒人们使用化学品时要认真阅读产品说明。
2. 以含氯消毒剂的探究活动为例，说明在真实情境下研究陌生物质的思路和方法，以及如何利用物质性质分析、解释真实问题和现象。

本章自我评价

本章通过进一步认识物质的分类，以及对电解质的电离和离子反应、氧化还原反应的学习，继续发展“科学探究与创新意识”“科学态度与社会责任”，重点促进“宏观辨识与微观探析”、“变化观念与平衡思想”中的“变化观念”和“证据推理与模型认知”化学学科核心素养的发展。请依据下表检查对本章的学习情况。

核心素养发展重点		学业要求
宏观辨识与微观探析	<p>关注物质的元素组成，基于核心元素认识物质性质，包括分析物质类别以及依据核心元素的化合价推断物质的氧化性或还原性。</p> <p>从电离角度认识酸、碱、盐在水溶液中的状态，依据宏观现象判断溶液中离子的存在和改变，基于离子和离子反应认识酸、碱、盐的化学性质以及它们在水溶液中的反应。</p>	<ol style="list-style-type: none">体会实验、分类、模型等方法在化学科学研究中的运用。认识元素可以组成不同种类的物质，根据物质的组成和性质可以对物质进行分类；认识同类物质具有相似的性质，一定条件下各类物质可以相互转化；认识元素在物质中可以具有不同价态，可通过氧化还原反应实现含有不同价态同种元素的物质的相互转化。认识胶体是一种常见的分散系，能举例说明胶体的典型特征。
变化观念与平衡思想	<p>了解可以从不同角度对化学反应进行分类。</p> <p>发展对化学反应实质的认识，知道酸、碱、盐在水溶液中的反应是离子反应；知道氧化还原反应的实质是电子转移，可以通过氧化还原反应实现物质转化。</p>	<ol style="list-style-type: none">能依据物质类别和元素价态列举某种元素的典型代表物。能利用电离、离子反应、氧化还原反应等概念对常见的反应进行分类和分析说明。能用电离方程式表示某些酸、碱、盐的电离。能从物质类别、元素价态的角度，依据复分解反应和氧化还原反应原理，预测物质的化学性质和变化，设计实验进行初步验证，并能分析、解释有关实验现象。
证据推理与模型认知	从物质及其变化的事实中提取证据，建构电解质的电离、离子反应、氧化还原反应等核心概念，初步建立基于物质类别和氧化还原角度认识物质性质的思维模型。	<ol style="list-style-type: none">能利用物质性质完成简单的物质检验、分离、提纯任务。树立安全意识，合理使用化学品。



学习·理解

1. 通过学习，你已经知道了许许多多的物质，如氯化钠、氧化镁、硫酸铜、碳酸钙、钠、氯气、氢气、氧气、硫酸、铜、硫、液氮、二氧化硫、硫酸钙、氯化铁、硝酸钾、二氧化氮、氨气、二氧化硅、碘化钾、氢氧化铁等。

- (1) 请从多个角度对这些物质进行分类，并说明你的分类依据。
- (2) 制作物质分类示意图，再列举一些你知道的各类别的具体物质。

2. 下列五种溶液中，能导电的是()，有颜色的是()， $\text{pH} > 7$ 的是()。任选一种电解质溶液，写出该溶液中溶质的电离方程式。

- | | | |
|--------------------------|----------|-----------------------|
| A. 酸性 KMnO_4 溶液 | B. 澄清石灰水 | C. FeCl_3 溶液 |
| D. 稀盐酸 | E. 酒精水溶液 | |

3. 下列事实中，可以用胶体性质解释的是()。
 - A. 向 CuSO_4 溶液中滴加 NaOH 溶液产生蓝色沉淀
 - B. 可以用过滤的方法除去粗食盐水中的难溶杂质
 - C. 黑暗的电影院中，放映口发出的光会在影院中形成光柱
 - D. 利用醋酸除去水垢

4. 写出以下(1)(2)反应的离子方程式，依据(3)(4)离子方程式写出相应的化学方程式(至少各写两个)。

- (1) BaCl_2 溶液与稀硫酸反应
- (2) 铜与 AgNO_3 溶液反应
- (3) $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
- (4) $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$

5. 氧化还原反应是从元素化合价是否有变化的角度对化学反应进行分类的结果。对于这个新的反应类型你有哪些认识？结合你的认识完成下列各题。

- (1) 下列叙述中，正确的是()。
 - A. 氧化还原反应的实质是电子转移
 - B. 具有氧化性的物质在化学反应中一定做氧化剂
 - C. 氧化剂氧化其他物质时，本身被还原
 - D. 还原剂在反应中本身被还原
- (2) 下列类型的反应，一定属于氧化还原反应的是()。
 - A. 化合反应
 - B. 分解反应
 - C. 置换反应
 - D. 复分解反应
- (3) 下列变化中，需要加入氧化剂才能实现的是()。
 - A. $\text{HCl} \rightarrow \text{H}_2$
 - B. $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$
 - C. $\text{SiO}_2 \rightarrow \text{Si}$
 - D. $\text{FeCl}_3 \rightarrow \text{FeCl}_2$

(4) 下列反应中, 水做氧化剂的是()。

- A. $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{MnO}_2} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$
- B. $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$
- C. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$
- D. $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$

6. 整理氯及其化合物的相关知识, 完成下列各题。

(1) 列举你知道的含有氯元素的物质。

(2) 从不同角度对你所列举的物质进行分类。

(3) 如何实现这些物质之间的转化? 写出其中主要反应的化学方程式。

应用·实践

7. 下列化学方程式所表示的反应中, 不能用 $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow$ 表示的是()。

- A. $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- B. $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$
- C. $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{NaHCO}_3 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
- D. $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{KOH}$

8. 下列各组中的离子, 能在溶液中大量共存的是()。

- A. H^+ 、 Ag^+ 、 Na^+ 、 NO_3^-
- B. K^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 CO_3^{2-}
- C. H^+ 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 OH^-
- D. Na^+ 、 Cu^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 OH^-
- E. Ba^{2+} 、 Cl^- 、 OH^- 、 NO_3^-

9. 碳捕集技术是减少二氧化碳排放的一种途径, 其基本思路是将工业排放的二氧化碳分离出来, 以某种方式封存或者进一步利用。某工厂废气含有大量二氧化碳。请你设计操作简单、经济合理的方案, 实现二氧化碳的收集、转运和再利用, 并概括出你的设计思路。

10. 水污染是常见的环境问题, 每一个人都应该自觉地保护水资源, 防止污染物随意排放到水体中。当化学实验中产生的废液酸性、碱性过强或含有超出排放标准的离子时, 也需要集中处理后才能排放。

某次化学实验后, 回收的废液中可能存在 Cu^{2+} 、 Ba^{2+} 和 Ag^+ 。

(1) 如何确定废液中是否存在 Ag^+ ? 写出你的实验方案及相关反应的离子方程式。

(2) 若废液中存在 Cu^{2+} 、 Ba^{2+} 和 Ag^+ 这三种离子, 现需要从废液中除去这些离子且对铜、银两种金属分别回收。请设计废液处理方案, 用流程图表示出来, 并写出相关反应的离子方程式。



迁移·创新

11. 氯气（液氯）、84消毒液、漂白粉等都是含氯消毒剂。

(1) 工业上用电解食盐水的方法制取氯气，实验室中可以用二氧化锰或高锰酸钾与浓盐酸反应制取氯气。从氧化还原反应的角度看，氯气的实验室制法中，二氧化锰和高锰酸钾的作用是什么？利用高锰酸钾和二氧化锰制备等量的氯气，消耗HCl的物质的量一样多吗？为什么？

(2) 由于氯气不便于保存，生活中常用的含氯消毒剂是84消毒液或漂白粉。

将氯气通入石灰乳 $[Ca(OH)_2]$ 中可以制得漂白粉[主要成分为 $CaCl_2$ 和 $Ca(ClO)_2$]。在这个反应中，部分氯气被氧化，部分氯气被还原。请分析氯气被氧化得到的产物是什么，并求算被氧化的氯气与被还原的氯气的质量比。

(3) 含氯消毒剂的消毒能力可以用氧化性来衡量。商业上常用“有效氯”来说明消毒剂的消毒能力。“有效氯”的基本含义是指一定质量的这种消毒剂与多少质量的氯气的氧化能力相当，其数值可以用此时氯气的质量对消毒剂质量的百分比来表示。例如，100 g某84消毒液与3.5 g氯气的氧化能力相当，该产品的“有效氯”就是3.5%。请问：100 g该产品含有多少克次氯酸钠？

12. 动手实践：在食盐中加碘是预防碘缺乏症的有效方法。通常，在食盐中加碘有两种方法：一种是加入碘化钾(KI)，另一种是加入碘酸钾(KIO_3)。请设计实验方案检测某种含碘盐中加入的是碘化钾还是碘酸钾，并检测自己家中的含碘盐。[提示：①碘单质(I_2)遇淀粉变蓝；②维生素C是生活中可利用的还原剂；③84消毒液是生活中可利用的氧化剂。]





第3章

物质的性质与转化

第1节
铁的多样性

第2节
硫的转化

第3节
氮的循环

微项目
论证重污染天气“汽车限行”的合理性
——探讨社会性科学议题

本章自我评价

第1节 铁的多样性

铁元素是重要的金属元素，在地壳中的含量仅次于氧、硅和铝元素。含有铁元素的物质，与人体健康密切相关，在人类的生产和生活中也有着重要应用。

联想·质疑

提到铁元素，你能够想到什么？图3-1-1给出了一些含有铁元素的物质。你还知道哪些含有铁元素的物质？它们有哪些应用？



▲ 图3-1-1 含有铁元素的物质及其应用

铁元素在自然界中有的以游离态存在，如陨铁，更多的则以+2价或+3价的化合态存在。自然界中含有铁元素的矿石包括黄铁矿、赤铁矿、磁铁矿等。

我们日常生活用品中，也有许多含有铁元素的物质。例如，铁锅的主要成分是铁单质，补铁保健品中含有亚铁盐，粉刷墙壁的红色涂料中含有三氧化二铁，激光打印机的墨粉中含有四氧化三铁……这些含有铁元素的物质的应用与它们的性质密切相关。



一、亚铁盐和铁盐

常见的亚铁盐有硫酸亚铁、氯化亚铁等；常见的铁盐有硫酸铁、氯化铁等。

活动·探究

亚铁盐和铁盐的性质

学生必做实验

实验目的

以硫酸亚铁、氯化铁为例，通过实验探究亚铁盐和铁盐的性质。

实验用品

FeSO₄溶液，FeCl₃溶液，NaOH溶液，酸性KMnO₄溶液，氯水，KSCN（硫氰酸钾）溶液，KI溶液，淀粉溶液，铁粉，锌片，铜片；
试管，胶头滴管，镊子，药匙。

性质预测

预测硫酸亚铁、氯化铁分别具有怎样的性质，并说明预测的依据。

实验方案设计及实施



安全提示

氯水、稀硫酸、酸性KMnO₄溶液等具有腐蚀性，取用时应避免沾到皮肤或衣服上；若沾到，请立即用大量清水冲洗。

物质	预测性质	选取试剂	实验现象	结论及离子方程式
硫酸亚铁				
氯化铁				

思考

- 说明预测性质和选取试剂的思路。
- 什么样的实验现象可以作为证据支持你所预测的亚铁盐和铁盐的性质？
- 总结亚铁盐和铁盐的性质。
- 实验室里如何保存FeSO₄溶液？为什么？

• 方法导引 •

研究物质性质的两个基本角度

在研究物质的性质时，可以从物质类别、物质所含核心元素的化合价这两个基本角度预测物质可能具有的性质，并通过实验进行验证。

Fe³⁺ 的检验

依据 Fe³⁺ 与 SCN⁻ 反应使溶液显红色的性质，可以用 KSCN 溶液检验 Fe³⁺ 的存在。



图 3-1-2 FeCl₃ 溶液与 KSCN 溶液的反应

从物质类别的角度看，亚铁盐（如硫酸亚铁）和铁盐（如氯化铁）都属于盐类，都能与碱溶液反应生成相应的铁的氢氧化物。

从化合价的角度看，铁盐因含有 +3 价铁元素而具有氧化性。例如，FeCl₃ 溶液分别与金属铁、铜或 KI 溶液反应时，Fe³⁺ 皆被还原为 Fe²⁺。

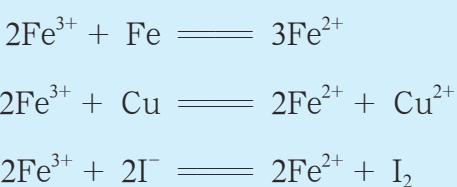


图 3-1-3 FeCl₃ 溶液与铁粉的反应

亚铁盐因含有 +2 价铁元素，既具有氧化性，又具有较强的还原性。例如，在 FeSO₄ 溶液与金属锌的反应中，Fe²⁺ 被还原为铁单质，体现了亚铁盐的氧化性；在 FeSO₄ 溶液与



氯水、酸性 KMnO_4 溶液的反应中, Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} , 体现了亚铁盐的还原性。

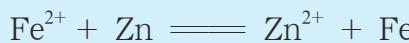


图 3-1-4 FeSO_4 溶液与氯水的反应



图 3-1-5 FeSO_4 溶液与酸性 KMnO_4 溶液的反应

二、铁、铁的氧化物和铁的氢氧化物

交流·研讨

1. 从物质类别和铁元素化合价的角度分析, 铁单质、铁的氧化物、铁的氢氧化物分别可能具有哪些性质? 为什么?

2. 铁单质不能与冷水、热水发生反应, 但能与水蒸气在高温条件下发生反应生成四氧化三铁和氢气。



图 3-1-6 所示的硬质试管中装有湿棉花和还原铁粉, 蒸发皿中装有用于检验氢气的肥皂液。该实验会有什么现象发生? 该反应体现了铁单质的什么性质?

3. 三氧化二铁粉末与铝粉在高温条件下发生反应生成铁单质和氧化铝, 并放出大量热。



该反应可用于焊接钢轨、制备金属纳米复合材料等。该反应为什么能够用于焊接钢轨? 它体现了三氧化二铁的什么性质?



图 3-1-6 铁单质与水蒸气的反应

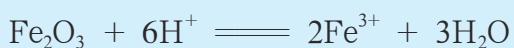


图 3-1-7 利用三氧化二铁粉末与铝粉的反应焊接钢轨

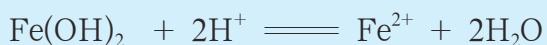
铁单质、铁的氧化物、铁的氢氧化物都分别具有它们所属物质类别的一般性质。

纯净的铁(Fe, iron)是光亮的银白色金属，密度为 $7.86\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，熔点为 $1538\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。纯铁的抗腐蚀能力很强，具有良好的延展性和导热性，导电性比铜、铝差，能被磁铁吸引。铁单质能与稀盐酸、稀硫酸等发生置换反应，放出氢气；还能与某些盐溶液发生置换反应，生成亚铁盐和其他金属单质。

氧化亚铁(FeO)是一种黑色粉末，可以用作色素，如应用于瓷器制作中使釉呈绿色；四氧化三铁(Fe₃O₄)是具有磁性的黑色固体，是一种常用的磁性材料；三氧化二铁(Fe₂O₃)是一种红棕色粉末，常用作油漆、涂料、油墨的红色颜料。铁的氧化物都不溶于水，也不与水反应。氧化亚铁和三氧化二铁都属于碱性氧化物，它们皆能与稀盐酸或稀硫酸发生反应，生成相应的亚铁盐或铁盐。



氢氧化亚铁[Fe(OH)₂, iron(Ⅱ) hydroxide]是白色固体，难溶于水；氢氧化铁[Fe(OH)₃, iron(Ⅲ) hydroxide]是红褐色固体，也难溶于水。这两种铁的氢氧化物都能与稀盐酸或稀硫酸发生反应，生成相应的亚铁盐或铁盐。



从铁元素化合价的角度进行分析，可以进一步认识铁单质、铁的氧化物、铁的两种氢氧化物的性质。

铁单质中铁元素的化合价为0价，铁单质具有还原性，能与具有氧化性的物质发生反应。例如，铁单质与稀盐酸或稀硫酸反应，铁的化合价从0价变成+2价，体现了铁单质的还原性；在高温条件下，铁单质被水氧化成四氧化三铁，也体现了铁单质的还原性。

三氧化二铁中铁元素的化合价为+3价，具有降低的趋势，三氧化二铁表现出氧化性。在三氧化二铁粉末与铝粉的反应中，三氧化二铁就是氧化剂，表现出氧化性。

氧化亚铁、氢氧化亚铁中铁元素的化合价为+2价，具有升高的趋势，氧化亚铁、氢氧化亚铁具有还原性。实验表明，氢氧化亚铁很不稳定，容易被氧化。FeSO₄溶液与NaOH溶液反应产生的氢氧化亚铁白色沉淀，在空气中迅速变成灰绿色，最后变成红褐色，这是氢氧化亚铁被空气中的氧气氧化为氢氧化铁的缘故。

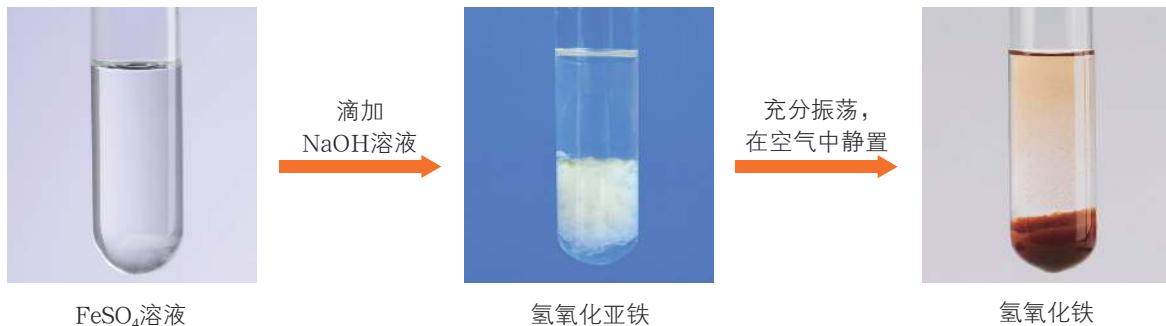


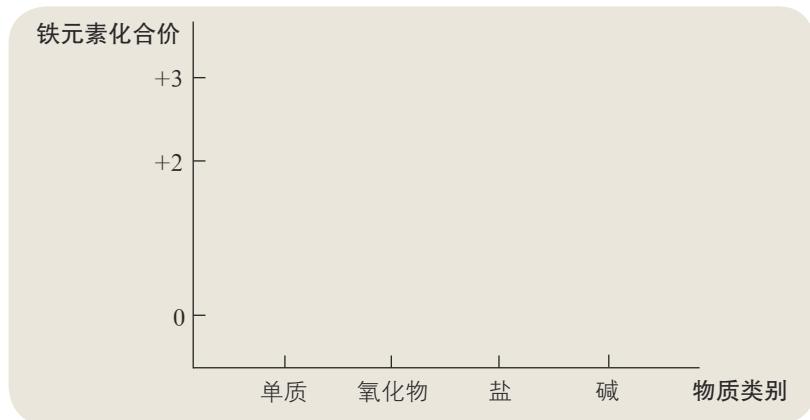
图 3-1-8 FeSO₄ 溶液与 NaOH 溶液反应产生的氢氧化亚铁被空气中的氧气氧化为氢氧化铁

三、铁及其化合物之间的转化关系 // / /

铁元素具有多种价态。含有同种价态铁元素的物质之间可以相互转化，含有不同价态铁元素的物质在一定条件下也可以相互转化。

交流·研讨

1. 在下图中适当的位置标注含铁物质，完成铁及其化合物的“价—类”二维图，用箭头标明物质之间的转化关系并说明依据。



2. 说明实现铁及其化合物之间转化的思路和方法。

铁及其化合物之间存在两种转化关系：含有相同价态铁元素的物质之间的转化，可借助复分解反应等实现；含有不同价态铁元素的物质之间的转化，可借助氧化还原反应实现。

活动·探究**学生必做实验****补铁剂中铁元素价态的检验**

铁元素在人体中起着重要的作用。如果人体缺铁，就会出现贫血症状。轻度缺铁性贫血可用饮食疗法治疗，严重缺铁时则需要服用补铁剂。

补铁口服液是常见的补铁剂，其中除了含铁化合物外，还常添加抗氧化物质（如维生素C）、甜味剂、香精等。例如，某补铁口服液100 mL含铁元素20~30 mg、维生素C 200~300 mg。

实验目的

检验某补铁口服液中铁元素的价态。

实验用品

某补铁口服液， H_2SO_4 溶液， NaOH 溶液，酸性 KMnO_4 溶液，氯水， KSCN 溶液；
试管，胶头滴管。

**安全提示**

氯水、酸性 KMnO_4 溶液等具有腐蚀性，取用时应避免沾到皮肤或衣服上；若沾到，请立即用大量清水冲洗。

实验方案设计及实施

实验步骤	实验现象	实验结论

思考

- 在你所设计的实验方案中，涉及哪些含铁物质之间的转化？为什么要利用这些转化？
- 可以用 NaOH 溶液检验补铁剂中铁元素的价态吗？为什么？
- 补铁剂含有的其他成分是否会影响实验结果的可靠性？

利用铁及其化合物之间的转化关系可以解决许多实际问题，如铁及其化合物的制备、亚铁盐溶液的保存等，以满足人们生产活动和日常生活的需要。



身边的化学

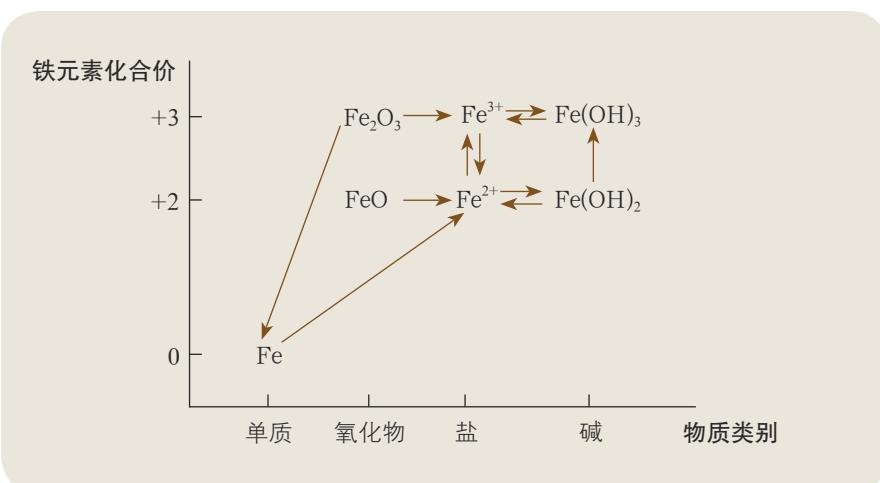
铁元素与人体健康

铁元素是人体中含量最高的生命必需微量元素，承担着极其重要的生理功能。血红蛋白分子含有 Fe^{2+} ，正是这些 Fe^{2+} 使血红蛋白分子具有载氧功能，能将肺部吸入的氧气输送到全身各组织，供细胞使用。如果因为某种原因血红蛋白分子中的 Fe^{2+} 被氧化成 Fe^{3+} ，这种血红蛋白分子就会丧失载氧能力，使人体出现缺氧症状。

人体内的铁元素主要来源于食物。动物血、肝脏、骨髓以及蛋黄、菠菜、木耳、葡萄、红枣、大豆、芝麻等食物含有丰富的铁元素。研究结果显示，源自食物中的铁元素主要在小肠（尤其是十二指肠）内被吸收，并且人体只能吸收 Fe^{2+} 。由于维生素C具有还原性，可以将 Fe^{3+} 还原成 Fe^{2+} ，所以食用维生素C含量较高的食物有利于人体对铁元素的吸收。对于健康的成年人来说，合理的膳食完全可以满足人体对铁元素的需求。儿童和孕期妇女因需要摄入较多的铁元素，可额外补充。

概括·整合

- 归纳总结铁单质、铁的氧化物、铁的氢氧化物、亚铁盐和铁盐的主要性质及其在生产和生活中的应用。
- 绘制铁及其化合物的“价—类”二维图，并表示各物质之间的转化关系，示例如下：



练习与活动

学习·理解

1. 将下列有关铁及其化合物的性质或用途与所对应的物质连起来。

- | | | |
|-------------|---|---------|
| 具有磁性的黑色固体 | • | • 铁单质 |
| 用于治疗缺铁性贫血 | • | • 三氧化二铁 |
| 涂料中的红色颜料 | • | • 四氧化三铁 |
| 用于保存亚铁盐溶液 | • | • 氢氧化亚铁 |
| 在空气中很不稳定 | • | • 亚铁盐 |
| 遇 KSCN 溶液变色 | • | • 铁盐 |

2. 下列说法中，不正确的是（ ）。

- A. FeCl_2 溶液和 FeCl_3 溶液都是黄色的
- B. $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 是白色的， $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 是红褐色的
- C. FeO 、 Fe_2O_3 都能与盐酸反应
- D. FeCl_3 溶液、 FeCl_2 溶液都能与 NaOH 溶液反应

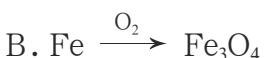
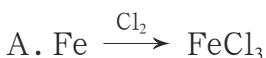
3. 下列含有铁元素的物质能够与稀盐酸反应，而且铁元素被氧化的是（ ）。

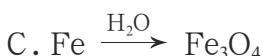
- A. Fe
- B. FeCl_2
- C. FeCl_3
- D. Fe_2O_3

4. 下列反应中， Fe^{3+} 表现出氧化性的是（ ）。

- A. FeCl_3 溶液使淀粉碘化钾试纸变蓝
- B. 向 FeCl_3 溶液中加入 NaOH 溶液产生红褐色沉淀
- C. 向 FeCl_3 溶液中加入 AgNO_3 溶液产生白色沉淀
- D. 向 FeCl_3 溶液中加入少量铁粉，铁粉消失

5. 下列变化过程中，不能一步实现的是（ ）。





6. 从理论分析、实验事实、实际应用三个方面讨论 Fe^{2+} 的还原性。

应用·实践

7. 下列物质与铁反应后的生成物，能与 KSCN 溶液作用生成红色溶液的是（ ）。

- | | |
|-----------------------|--------|
| A. 盐酸 | B. 氯气 |
| C. CuSO_4 溶液 | D. 稀硫酸 |

8. 向某溶液中加入含有 Fe^{2+} 的溶液后，溶液颜色无明显变化；当再滴入几滴新制氯水后，混合溶液变成红色。下列结论中，错误的是（ ）。

- | |
|---|
| A. 原溶液一定含有 SCN^- |
| B. 氧化性： $\text{Fe}^{3+} > \text{Cl}_2$ |
| C. Fe^{2+} 与 SCN^- 不能生成红色物质 |
| D. Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} |

9. 向 FeCl_3 溶液中同时加入铁粉和铜粉，充分反应后不会出现的结果是（ ）。

- | | |
|----------|----------|
| A. 铁、铜均有 | B. 铁、铜均无 |
| C. 有铜无铁 | D. 有铁无铜 |

10. 如何除去 FeCl_2 溶液中少量的氯化铁？如何除去 FeCl_3 溶液中少量的氯化亚铁？写出相关反应的离子方程式。

11. 为探究氯化亚铁的性质，某学习小组进行了如下探究。

(1) 向制得的 FeCl_2 溶液中加入铁粉，其目的是 _____。

(2) 预测 Fe^{2+} 既有氧化性又有还原性，你认为预测的依据是 _____。

(3) 进行实验探究。实验室提供了下列试剂： $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ FeCl_2 溶液， 3% H_2O_2 溶液，新制氯水， KSCN 溶液，锌片，铜片。

① 向 FeCl_2 溶液中滴入新制氯水，探究的是 Fe^{2+} 的 _____ (填“氧化”或“还原”) 性，所发生反应的离子方程式为 _____。

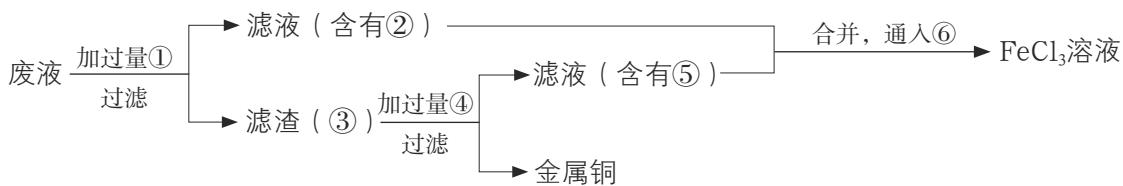
② 在实验中，甲同学发现现象不太明显，老师分析可能是反应产物的含量太低，建议通过检验 Fe^{2+} 反应产物的存在以获取证据。可选 _____ 滴入甲同学所得的混合溶液中，并通过溶液出现 _____ 的现象证明 Fe^{2+} 具有还原性，能被氯水氧化。

③ 设计实验证明 Fe^{2+} 具有氧化性： _____。

12. 电子工业中，人们常用 FeCl_3 溶液腐蚀覆在绝缘板上的铜箔制造印刷电路板。用耐腐油墨把预先设计好的电路印刷在覆铜板上，然后把覆铜板放到 FeCl_3 溶液中，未被油墨覆盖的铜被腐蚀掉，再将油墨清洗后就得到了电路板。

(1) 为什么用上述方法可以制造印刷电路板？

(2) 为了从腐蚀废液中回收铜并重新获得 FeCl_3 溶液，可以采用下列步骤：



A. 写出上述过程中加入或生成的有关物质的化学式：

① _____, ② _____, ③ _____, ④ _____, ⑤ _____, ⑥ _____。

B. 写出相关反应的化学方程式。

第2节 硫的转化

硫是重要的非金属元素，也是人类最早认识的化学元素之一。在古代，硫单质及含硫化合物就常常被炼丹家所使用。硫单质还是我国古代四大发明之一——黑火药的主要成分。硫及其化合物在现代生产和生活中仍发挥着重要的作用。

联想·质疑

火山喷发时熔岩喷涌、浓烟滚滚，不仅释放出巨大的能量，而且产生了许多含有硫元素的气体，在火山口还有硫单质出现。这是自然界中硫单质及含硫化合物的来源之一。

除此之外，自然界中还有哪些含硫化合物？它们在自然界中是怎样产生和以什么形态存在的？人们是怎样把它们转化成生产和生活中所需要的物质的？在使用硫单质及含硫化合物的过程中，人们遇到了哪些问题？这些问题是如何解决的？

火山口的硫单质



▲ 图 3-2-1 火山喷发时的景象

一、自然界中的硫

1. 自然界中不同价态硫元素之间的转化

硫元素广泛存在于自然界中。海洋、大气和地壳中乃至动植物体内，都含有硫元素。地层深处蕴藏着大量含有硫元素的物质。火山喷发时，部分硫元素转化成硫化氢气体，部分硫元素转化成二氧化硫和三氧化硫气体。二氧化硫在大气中存在的时间比较短，当有氧气、水蒸气、阳光等存在时，二氧化硫会被氧化成三氧化硫。二氧化硫和三氧化硫溶于水，分别生成亚硫酸和硫酸。一些微生物会把部分亚硫酸和硫酸转化成硫单质或硫化氢。

火山喷发时，熔融态的含有硫元素的物质与含有铁、砷、汞等元素的物质反应形成矿物。暴露于地球表面的多种含硫矿物，受到空气中氧气和水蒸气等的作用，转化成新的物质，如石膏、芒硝等。

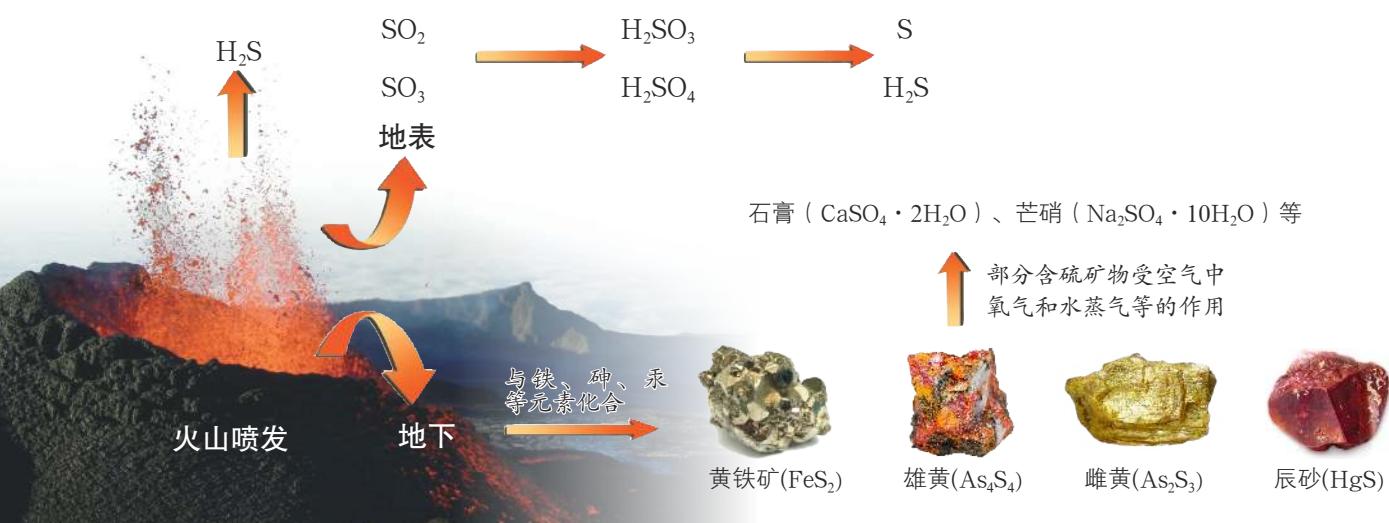
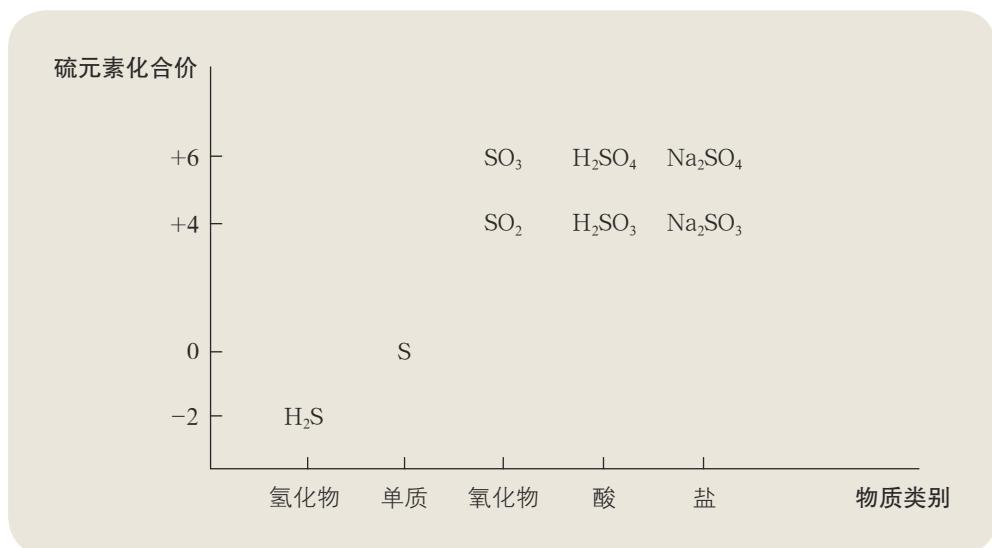


图 3-2-2 自然界中不同价态硫元素之间的转化

自然界中有丰富的含有硫元素的物质，如硫化氢、硫单质、二氧化硫、三氧化硫、亚硫酸、硫酸、硫酸钠等。从物质类别角度分析，硫及其化合物包括氢化物、单质、氧化物、酸、盐等；从硫元素的化合价角度分析，包括分别含有 -2 、 0 、 $+4$ 和 $+6$ 价硫元素的物质，如图 3-2-3 所示。硫及其化合物之间可以相互转化。





2. 认识硫单质

观察·思考

硫单质的性质

你认为硫单质会有哪些化学性质？为什么？

【实验1】取少量硫粉放入试管中，观察它的颜色、状态；在酒精灯上加热，观察发生的现象。

【实验2】把研细的硫粉和铁粉按照一定比例混合均匀，放在石棉网上堆成条状或如图3-2-5所示的形状。用灼热的玻璃棒触及一端，当混合物呈红热状态时移开玻璃棒，观察发生的现象。

【实验3】取少量硫粉放入燃烧匙中，将燃烧匙放在酒精灯上加热至硫粉熔化并燃烧后，迅速伸入盛满氧气的集气瓶（底部有少量水）中，观察发生的现象。



▲ 图3-2-4 硫的熔化



▲ 图3-2-5 硫粉与铁粉的反应



▲ 图3-2-6 硫在氧气中燃烧

观察记录

实验编号	预测性质	实验现象	结论及化学方程式
1			
2			
3			

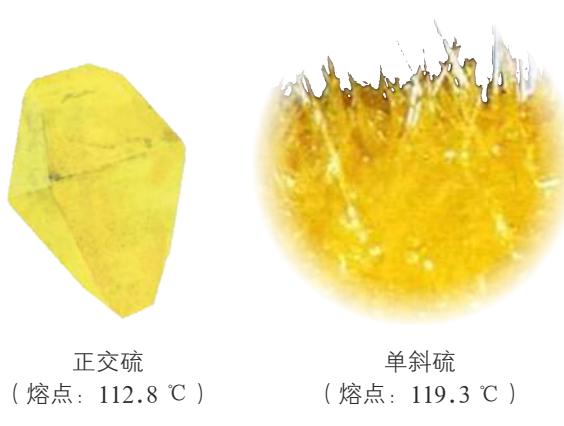
思考

硫单质具有哪些物理性质和化学性质？

硫单质 (sulfur) 俗称硫黄。通常状况下, 它是一种黄色或淡黄色的固体; 很脆, 易研成粉末; 不溶于水, 微溶于酒精, 易溶于二硫化碳 (CS_2); 熔点和沸点都不高。

由硫元素组成的单质有多种, 如正交硫和单斜硫。由同一种元素组成的性质不同的几种单质, 叫作该元素的同素异形体 (allotrope)。同素异形体之间的性质差异, 主要表现在物理性质上。正交硫和单斜硫是常见的硫元素的同素异形体。

硫单质能与金属铁反应生成硫化亚铁 (FeS), 体现了硫单质的氧化性; 能与氧气反应生成二氧化硫, 体现了硫单质的还原性。



▲ 图 3-2-7 硫元素的两种同素异形体



硫黄主要用于制造硫酸、化肥、火柴及杀虫剂等。

二、实验室里研究不同价态硫元素之间的转化

活动·探究

不同价态硫元素之间的转化

实验目的

选取含有硫元素的物质, 通过实验探究 0、+4、+6 这三种价态硫元素之间的相互转化。

实验用品

SO_2 水溶液, Na_2SO_3 溶液, 浓硫酸, Na_2S 溶液, 稀硫酸, NaOH 溶液, 酸性 KMnO_4 溶液, 氯水, KI 溶液, 淀粉溶液, 品红溶液, 铜片;

酒精灯, 玻璃管, 橡胶塞, 导气管, 试管夹, 试管, 胶头滴管, 铁架台等。

学生必做实验



安全提示

- ◆ 氯水、酸性 KMnO_4 溶液、浓硫酸等具有腐蚀性, 取用时应避免沾到皮肤或衣服上。
- ◆ 二氧化硫气体有毒, 应避免将其释放到空气中。
- ◆ 涉及浓硫酸的实验由教师辅助学生完成。



实验方案设计及实施

预期转化	选取试剂	实验现象	结论及化学方程式

思考

- 根据实验结果，用图示的方法表示不同价态硫元素之间的相互转化关系。
- 总结二氧化硫和浓硫酸的化学性质。
- 谈谈你对元素不同价态之间的转化与相关物质氧化性、还原性的认识。

• 方法导引 •

探究不同价态硫元素之间相互转化的思路

探究不同价态硫元素之间的相互转化，实际上是探究含有不同价态硫元素的物质之间的相互转化。

首先，要选择含有不同价态硫元素的物质，如含+4价硫元素的物质可以选择二氧化硫或亚硫酸钠。

其次，实现不同价态硫元素之间的相互转化，依据的是氧化还原理论，需要寻找合适的氧化剂或还原剂。

再次，提供表明相应转化实际发生的证据。

含有不同价态硫元素的物质之间转化时，所发生的反应属于氧化还原反应。

当硫元素处于中间价态时，含有这种价态硫元素的物质（如硫黄、二氧化硫、亚硫酸钠），既具有氧化性又具有还原性；当硫元素处于最高价态时，含有这种价态硫元素的物质（如三氧化硫、浓硫酸），只具有氧化性；当硫元素处于最低价态时，含有这种价态硫元素的物质（如硫化氢、硫化钠），只具有还原性。

二氧化硫 (SO₂, sulfur dioxide) 是一种无色、有刺激性气味的有毒气体，易溶于水。二氧化硫在催化剂和加热的条件下能被氧气氧化，体现了二氧化硫的还原性；二氧化硫能与硫化氢（或硫化钠）反应，则体现了二氧化硫的氧化性及硫化氢（或硫化钠）的还原性。

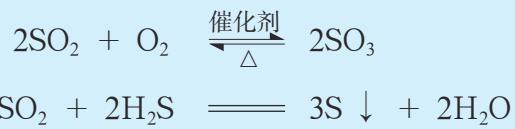


图 3-2-8 二氧化硫与 H₂S 溶液的反应

在相同条件下能同时向正、反两个方向进行的反应称为可逆反应。二氧化硫与氧气的反应以及前面学过的氯气与水的反应都属于可逆反应。在可逆反应的化学方程式中用“ \rightleftharpoons ”代替“ \rightleftharpoons ”。

二氧化硫除了具有氧化性和还原性外，还具有酸性氧化物的一般性质，如与水反应生成亚硫酸、与 NaOH 溶液反应生成亚硫酸钠和水。



二氧化硫具有漂白性，能使品红等有色物质褪色。但是，用二氧化硫漂白过的有色物质，在一定条件下会恢复原来的颜色。



图 3-2-9 二氧化硫使品红溶液褪色

二氧化硫是一种食品添加剂。我国《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》规定了二氧化硫作为漂白剂、防腐剂、抗氧化剂的使用范围、使用限量和残留量。



硫酸 (H_2SO_4 , sulfuric acid) 中的硫元素处于最高价态。浓硫酸能与许多物质发生氧化还原反应，是常见的氧化剂。例如，在加热时浓硫酸可与铜、木炭等单质发生反应。

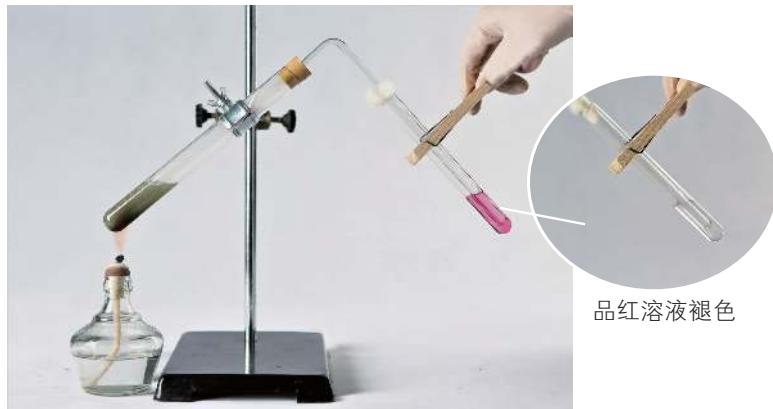
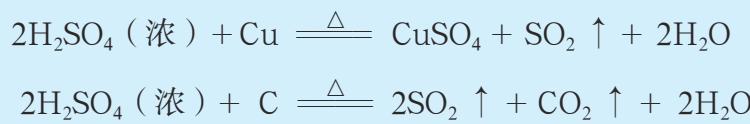


图 3-2-10 浓硫酸与铜反应的实验

在常温下，浓硫酸与铁、铝接触时，会使金属表面生成一层致密的氧化物薄膜而钝化，阻止了内部的金属继续与硫酸发生反应。因此，冷的浓硫酸可以用铁质或铝质容器储存。

浓硫酸具有脱水性，能按水的元素组成质量比脱去纸屑、棉花所含有机化合物中的氢、氧元素，使这些有机化合物炭化。



图 3-2-11 浓硫酸的脱水性实验

浓硫酸还具有吸水性，能吸收气体中的水分，在实验室里常用于干燥不与它发生反应的气体。

硫酸既是化学实验室中的重要试剂，也是重要的化工原料。工业上，硫酸常用于制造化肥、农药、炸药、染料等，还用于石油精炼、金属加工等。

含有不同价态硫元素的物质之间的转化在工农业生产中有着重要的应用。例如，工业上常以氧气为氧化剂把硫单质或含硫矿物中的硫转化为二氧化硫，再将二氧化硫转化为三氧化硫，最后制得硫酸。

化学与技术

硫酸工业生产的演变

我国制造硫酸的历史可以追溯到7世纪，炼丹家曾利用胆矾（ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）来制备硫酸。他们首先设法除去胆矾中的水，然后使之分解产生气体，将产生的气体溶于水便能制得硫酸。国外早期的炼金士曾用绿矾（ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ）来制备硫酸。

17世纪，炼金士菲伏尔（N.Fevre）和药剂师勒梅里（N.Lemery）采用一种类似钟罩的装置，在其中点燃硫黄和硝石的混合物制得硫酸。

1740年，英国人瓦尔特（J.Ward）建立了人类历史上第一座生产硫酸的工厂，将硫黄和硝石的混合物置于铁容器里加热后，再将产生的气体导入一个大玻璃瓶里用水吸收制得硫酸。

1831年，英国人菲利浦（P.Philips）把硫黄装入内部镶有铂催化剂的瓷管里加热，并通入足量的空气与其反应，再将生成的三氧化硫溶于水制得硫酸。这就是接触法制硫酸的雏形。后来，人们对这种方法进行了改进，如以钒代替铂为催化剂、用氧气代替空气等，使生产效率得到极大提高。

现代硫酸工业除了改进生产技术外，还注重原料来源的多样化，如以煤、石油加工过程中产生的含硫化合物以及金属冶炼过程中产生的炉气（含二氧化硫）等为原料。



图3-2-12 接触法制硫酸的生产流程



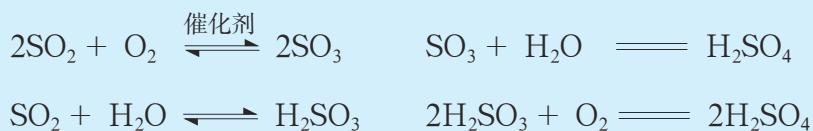
三、酸雨及其防治

工业生产和日常生活中要大量使用煤和石油等化石燃料。煤和石油中含有硫元素，燃烧时除了产生二氧化碳外还产生二氧化硫。硫的氧化物是形成酸雨的主要物质。

交流·研讨

1. 排放到大气中的二氧化硫是如何转化成硫酸的？请预测转化路径，并说明依据。
2. 酸雨有哪些危害？
3. 如何防治酸雨？
 - (1) 查找资料，了解生产和生活中减少二氧化硫排放的具体措施，并结合二氧化硫的性质进行分析。
 - (2) 如何治理已酸化的湖泊和土壤？如何保护暴露在大气中的建筑？
4. 谈谈科学、技术以及观念、法规在解决酸雨问题中的作用。

排放到空气中的二氧化硫在氧气和水蒸气的共同作用下形成酸雾，随雨水降落就成为酸雨。这样所形成的酸雨也常称硫酸型酸雨。



酸雨会严重威胁自然界的生态环境和人类的生存环境。酸雨会使湖泊的水质变酸，导致水生生物死亡；酸雨浸渍土壤，会使土壤变得贫瘠；长期的酸雨侵蚀会造成森林大面积死亡；酸雨腐蚀建筑，会使建筑变得面目全非。酸雨对人体健康也有直接影响，如酸雨渗入地下会导致地下水中的重金属元素含量增加，饮用这样的水会危害人体健康。因此，防治酸雨是一项十分迫切的任务。



图 3-2-13 被酸雨侵蚀的树木和雕像

防治酸雨，首先要从消除污染源着手，改变能源结构，开发利用氢能、风能、太阳能等清洁能源，从根本上解决问题；其次要从实际情况出发，对酸性物质的排放加以控制，利用物理方法和化学方法对含硫燃料预先进行脱硫，对废气中的二氧化硫进行回收处理等。为了防治酸雨，还需要健全法律法规，严格规定污染物的排放标准，提高人们的环境保护意识等。



图 3-2-14 太阳能和风能互补发电

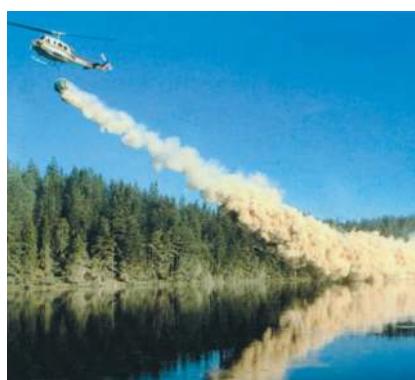
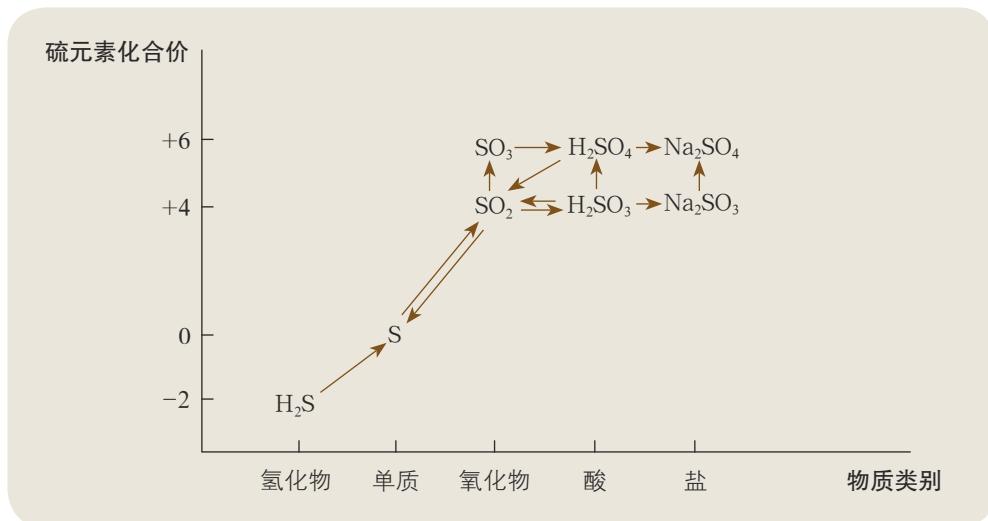


图 3-2-15 飞机向酸化的湖中撒石灰石粉

概括·整合

- 归纳总结硫单质、二氧化硫、浓硫酸的性质。构建硫及其化合物之间的转化关系，示例如下：



- 提炼实现硫及其化合物之间转化的思路和方法。
- 总结硫及其化合物的应用及其对生态环境的影响，概括解决酸雨问题的思路和方法。



练习与活动

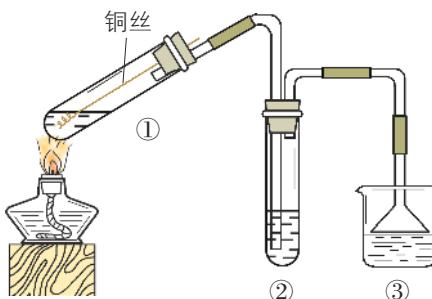
学习·理解

1. 下列说法中，不正确的是（ ）。
 - A. 硫是一种淡黄色、能溶于水的固体
 - B. 硫在自然界中仅以化合态存在
 - C. 硫与铁反应生成硫化亚铁
 - D. 硫在空气中的燃烧产物是二氧化硫
2. 下列关于二氧化硫的说法中，不正确的是（ ）。
 - A. 能使某些有色物质褪色
 - B. 无色，有刺激性气味，无毒
 - C. 既有氧化性，又有还原性
 - D. 既可溶于水，又可与水反应
3. 下列物质所发生的反应中，硫表现出还原性的是（ ）。

A. 硫与氢气	B. 硫与氧气
C. 硫与铁	D. 硫与钠
4. 形成硫酸型酸雨的主要原因是（ ）。
 - A. 未经处理的工业废水的任意排放
 - B. 大气中二氧化碳含量的增多
 - C. 工业上大量含硫燃料的使用
 - D. 氢能、风能、太阳能等的使用
5. 下列有关浓硫酸的说法中，不正确的是（ ）。
 - A. 浓硫酸能与铜反应释放出氢气
 - B. 浓硫酸能与灼热的木炭反应，产生二氧化碳和二氧化硫
 - C. 浓硫酸具有吸水性，在实验中常用作干燥剂
 - D. 冷的浓硫酸可以用铁质或铝质容器储存
6. 讨论科学合理使用含有硫元素的物质的重要性。

应用·实践

7. 下列物质中，能用于鉴别二氧化硫和二氧化碳的是（ ）。
- A. 酸性 KMnO_4 溶液 B. 品红溶液
 C. BaCl_2 溶液 D. 澄清石灰水
8. 二氧化硫和氯气都具有漂白作用。某同学认为，将两种气体共同作用于潮湿的有色物质时可增强漂白作用。你同意他的观点吗？请说明理由。
9. 有一瓶 Na_2SO_3 溶液，它可能部分被氧化。某同学取少量该溶液，滴加 BaCl_2 溶液，产生白色沉淀；再加入足量稀硫酸，充分振荡后仍有白色沉淀。下述结论中，正确的是（ ）。
- A. 亚硫酸钠已部分被空气中的氧气氧化
 B. 加入 BaCl_2 溶液后，产生的沉淀中一定含有硫酸钡
 C. 加入稀硫酸后，不溶的沉淀一定是硫酸钡
 D. 此实验不能确定亚硫酸钠是否部分被氧化
10. 用如图所示实验装置（夹持仪器已略去）探究铜丝与过量浓硫酸的反应。下列实验中，不合理的是（ ）。

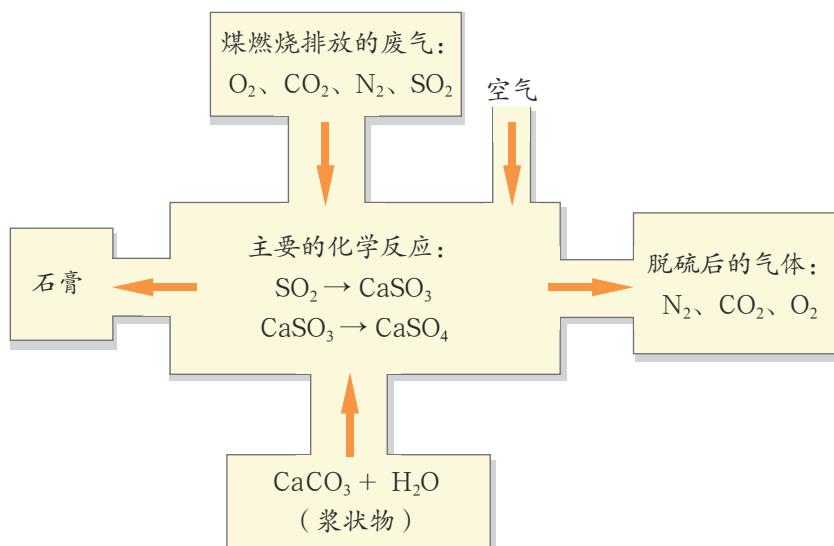


▲ 第10题图

- A. 上下移动①中的铜丝可控制生成二氧化硫的量
 B. ②中选用品红溶液验证二氧化硫的生成
 C. ③中选用 NaOH 溶液吸收多余的二氧化硫
 D. 为确认有硫酸铜生成，向①中加水，观察颜色变化
11. 煤是一种常用的燃料。煤燃烧产生的废气中的二氧化硫等有害气体会对环境造成污染，因此需要将废气净化后再排放。完成下列各题。
- (1) 这些废气会对环境造成怎样的影响？
 (2) 如果废气中的二氧化硫进入大气，会发生哪些化学变化？写出相关反应的化学方程式。



(3) 如图是对煤燃烧产生的废气进行脱硫处理的基本流程图, 试写出废气脱硫过程中发生的主要反应的化学方程式。



▲ 第 11 题图

12. 某化工厂生产硫酸, 使用一种含杂质为 25% 的黄铁矿原料。若取 1 吨该矿石, 可制得 98% 的浓硫酸多少吨(假设生产过程中硫的损失为零)? 已知黄铁矿与氧气反应的化学方程式为 $4\text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 8\text{SO}_2$ 。

13. 关于二氧化硫“功”与“过”的探讨: 二氧化硫是形成酸雨的主要物质, 酸雨会腐蚀建筑、使土壤酸化、影响动植物的生长、引起人们的呼吸道疾病; 二氧化硫是生产硫酸的主要原料, 而硫酸又是化工产业中最重要的产品之一, 另外二氧化硫还是国内外广泛使用的食品添加剂。由此可见, 二氧化硫既污染环境、危害人类健康, 又在工农业生产中具有重要的应用价值。那么, 应如何评价二氧化硫的“功”与“过”?

第3节 氮的循环

氮是一种地球上含量丰富的元素，除了以游离态的形式存在于大气中外，还以化合态的形式存在于动植物体、土壤和水体中。自然界中的氮元素在不停地循环着。正是由于存在着氮元素的循环、其他生命必需元素的循环以及水的循环，地球上的生命才能够生机勃勃、生生不息。

联想·质疑

闪电是大家非常熟悉的自然现象。你知道在电闪雷鸣的时候，空气里的氮气、部分含氮化合物分别发生了哪些反应吗？这些反应产生了哪些物质？这些物质对于人类的生产和生活有什么意义？

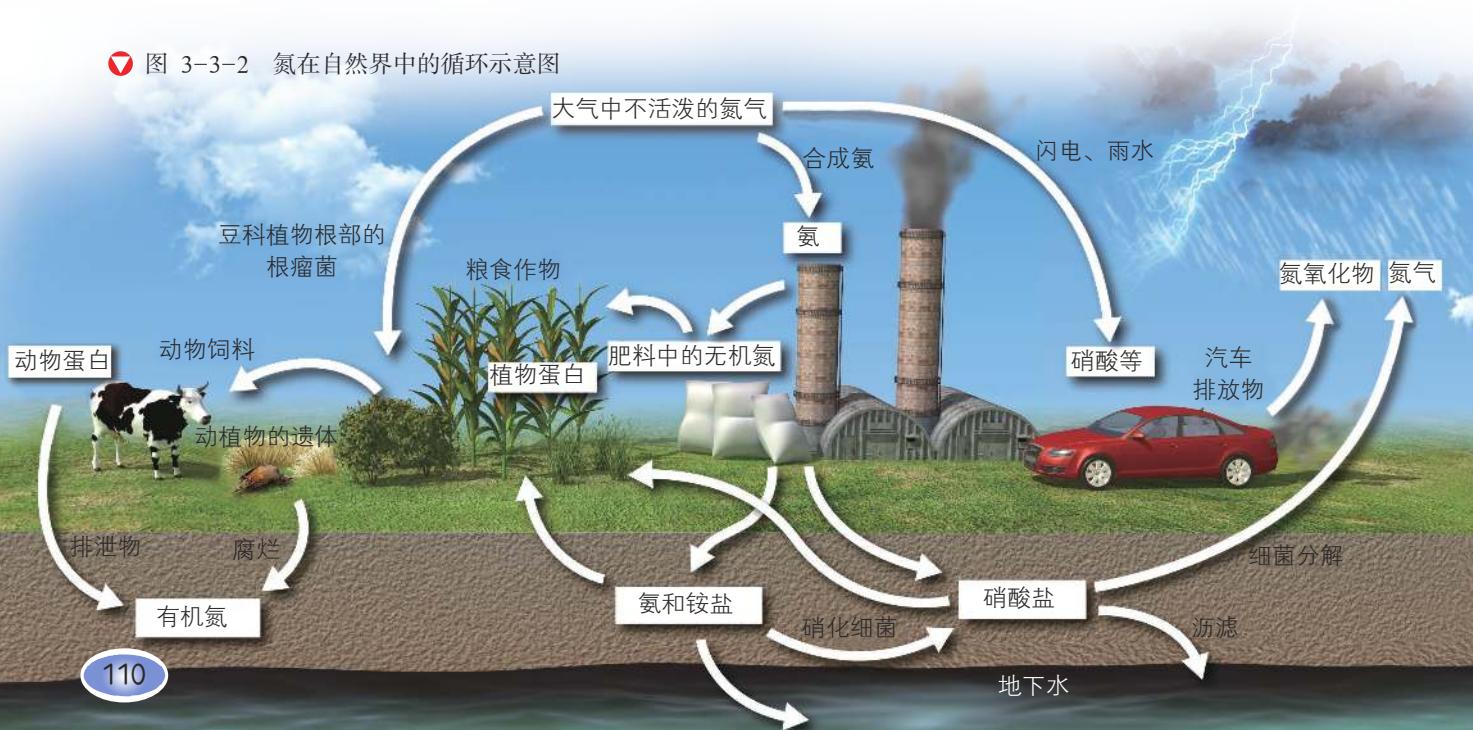


图 3-3-1 闪电

一、自然界中的氮循环

氮是生物体的重要组成元素，也是维持高等动植物生命活动的必需元素。氮的循环涉及地球上生物圈的方方面面。

图 3-3-2 氮在自然界中的循环示意图



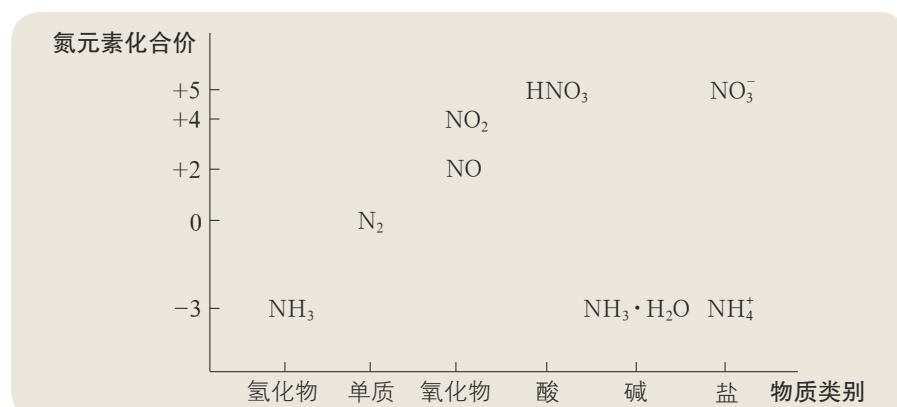


在自然界中，大豆、蚕豆等豆科植物根部的根瘤菌能把空气中的氮气转变为硝酸盐等含氮化合物。植物的根从土壤中吸收的 NH_4^+ 和 NO_3^- ，经过复杂的生物转化过程形成各种氨基酸，氨基酸最后转化成蛋白质。动物以植物为食物而获得植物蛋白，并将其转化为动物蛋白。动植物遗体中的蛋白质被微生物分解成 NH_4^+ 、 NO_3^- 和 NH_3 ，又回到土壤、大气和水体中，被植物再次吸收利用。另外，在放电条件下，空气中少量的氮气与氧气化合生成氮氧化物，这些氮氧化物随降水转化成硝酸等进入土壤和水体中。

影响氮在自然界中循环的另一个方面是人类的活动。人们通过化学方法把空气中的氮气转化为氨，再根据需要把氨转化成各种含氮化合物（如铵盐、硝酸）。某些含氮化合物进入土壤、大气和水体中进行转化。化石燃料燃烧、农作物的秸秆燃烧等所产生的氮氧化物通过大气进入土壤和水体，参与氮的循环。

交流·研讨

1. 自然界中的氮循环涉及许多氮及其化合物。请指出图3-3-3中所列物质的物质类别和其中氮元素的化合价。



▲ 图3-3-3 氮及其化合物的“价一类”二维图

2. 自然界中的氮循环包括多种形式的氮及其化合物的转化，这些转化有的对人类的生产、生活有益，有的则产生了负面影响，请举例说明。

二、氮循环中物质的性质及物质之间的转化

1. 氮的固定

将空气中游离态的氮转化为含氮化合物的过程叫作氮的固定（fixation of nitrogen），简称固氮。

氮的固定主要有自然固氮和人工固氮两种方式。

自然固氮的途径主要有两种：一种是生物固氮，即自然界中的一些微生物（如豆科植物的根瘤菌）将空气中的氮气通过生物化学过程转化为含氮化合物，这种固氮途径的固氮量约占自然固氮总量的90%；另一种是通过闪电将空气中的氮气转化为含氮化合物，这种固氮途径的固氮量约占自然固氮总量的10%。



▲ 图3-3-4 豆科植物的根瘤是生物固氮的重要媒介

观察·思考

模拟闪电固氮，认识氮及其化合物的性质

观察“在放电条件下氮气与氧气发生反应”“一氧化氮转化为二氧化氮”“二氧化氮溶于水”的实验，全面描述实验现象，分析所发生的反应。

观察记录

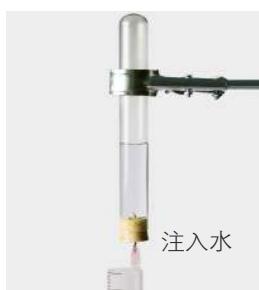
实验	实验现象	实验结论
在放电条件下氮气与氧气发生反应		
一氧化氮转化为二氧化氮		
二氧化氮溶于水		



▲ 图3-3-5 在放电条件下氮气与氧气发生反应



▲ 图3-3-6 一氧化氮转化为二氧化氮



▲ 图3-3-7 二氧化氮溶于水

思考

氮气、一氧化氮、二氧化氮分别具有哪些物理性质和化学性质？

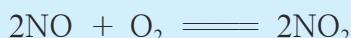


氮气（N₂, nitrogen）是无色、无味的气体，难溶于水。通常状况下，氮气的化学性质不活泼，它很难与其他物质发生反应。但是，在电闪雷鸣的雨天，空气中的氮气与氧气可以直接化合生成一氧化氮气体。



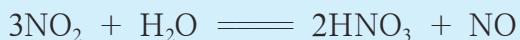
一氧化氮（NO, nitrogen monoxide）是无色、难溶于水的气体。一氧化氮结合血红蛋白的能力比一氧化碳还强，更容易造成人体缺氧。不过，人们也发现了它在生物学方面的独特作用。一氧化氮分子作为一种传递神经信息的“信使分子”，在扩张血管、提高免疫力、增强记忆力等方面有着重要的作用。

一氧化氮在常温下与空气中的氧气迅速化合，生成二氧化氮气体。



二氧化氮（NO₂, nitrogen dioxide）是红棕色、有刺激性气味的有毒气体，易溶于水。二氧化氮能使多种织物褪色，损坏多种织物和尼龙制品，对金属和非金属材料也有腐蚀作用。

二氧化氮溶于水时与水反应生成硝酸和一氧化氮（工业上利用这一原理制取硝酸）。生成的硝酸随雨水淋洒到地面上，与土壤中的矿物作用形成能被植物吸收的硝酸盐。这样，就使土壤从空气中得到氮元素，促进了植物的生长。



人工固氮现在普遍采用的是氨的工业合成。大多数植物只能吸收化合态的氮元素，而不能直接吸收空气中的氮气。经过大量的实验研究，科学家发现在一定的条件下氮气与氢气可以直接化合生成氨，而氨的水溶液及氨形成的盐含有能被植物吸收的铵态氮。工业上，以氮气和氢气为原料，在高温、高压和有催化剂存在的条件下合成氨。



合成氨工业化，对人类社会的影响极为深远。以合成氨为基础的化肥工业对粮食增产的贡献率占 50% 左右，使人类免受饥荒之苦。合成氨已经成为很多无机化工产品和有机化工产品的生产原料。另外，合成氨工业化作为工业史上加压催化技术的里程碑，开启了工业催化新时代。

化学与技术

人工固氮的重要途径——工业合成氨

氨的合成从实验室研制到工业化生产，经历了约 150 年的时间。1774 年，普利斯特里 (J.Priestley) 通过加热氯化铵和氢氧化钙的混合物，首先收集到氨。1784 年，贝托莱 (C.Berthollet) 经分析确定氨是由氮元素和氢元素组成的。19 世纪，很多化学家试图利用氮气和氢气来合成氨，但一直未能成功。1904 年，德国化学家哈伯 (F.Haber) 进行合成氨实验，测得反应所得气体混合物中有 0.012% 体积的氨。此后，他和他的学生反复进行研究，终于在 1909 年设计出一套高温、高压、催化合成氨的实验装置。

德国化学工程师博施 (C.Bosch) 经过大 量试验找到了较为理想的铁催化剂，设计并建造了能够耐高温、高压的合成氨装置。

1910 年，德国建成世界上第一座合成氨试验工厂；1913 年，德国又建成规模生产的合成氨工厂。从此以后，合成氨工业便迅速发展起来。

鉴于合成氨工业生产的实现以及相关研究推动了有关化学理论的发展，哈伯和博施先后获得了 1918 年度和 1931 年度的诺贝尔化学奖。

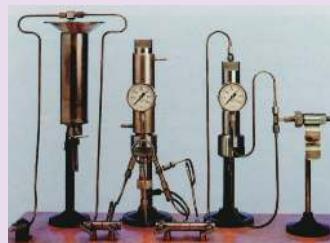


图 3-3-8 合成氨实验装置



图 3-3-9 我国现代合成氨工厂

除了合成氨这种人工固氮方式外，科学家还发现某些金属有机化合物可以起到根瘤菌的作用，并以这些金属有机化合物为催化剂实现了常温、常压固氮，即仿生固氮。仿生固氮是当前科学界最为关注的研究课题之一。

氮的固定，是以氮气为核心的氮及其化合物之间的转化。将氮气转化为氮氧化物或者氨气，实现了氮元素化合价的升高或降低，体现了氮气的还原性或氧化性；而通电、高温和高压等苛刻的反应条件则表明氮气的化学性质很稳定，其还原性和氧化性皆很弱。

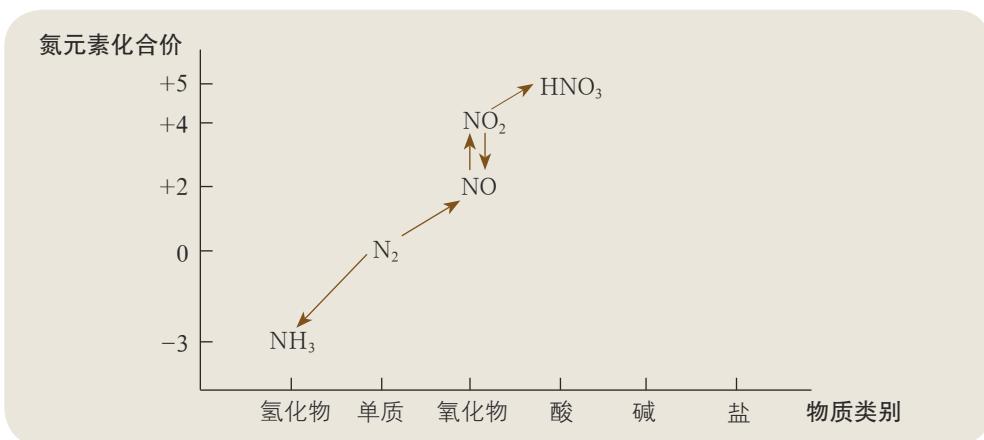


图 3-3-10 氮的固定涉及的氮及其化合物之间的转化关系

2. 氨的转化与生成

氨 (NH_3 , ammonia) 是无色、有刺激性气味的气体；在标准状况下，密度比空气小，为 $0.771 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ；极易溶于水且能快速溶解，常温、常压下 1 体积水能溶解约 700 体积氨气。

氨是氮循环中的重要物质，在人类的生产和生活中有着广泛的应用。氨易液化，液氨汽化时要吸收大量的热，因此氨可用作制冷剂。氨是氮肥工业和硝酸工业的重要原料。化学氮肥主要包括铵态氮肥（主要成分为 NH_4^+ ）、硝态氮肥（主要成分为 NO_3^- ）和有机态氮肥——尿素 [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$]。氮元素是植物体内氨基酸和蛋白质必需的组成元素，也是叶绿素的组成成分之一，因此施用氮肥能够促进作物生长，并提高作物中蛋白质的含量。



玉米植株缺氮时，叶绿素含量下降，叶片黄化

图 3-3-11 缺氮的玉米植株

活动·探究

氨气的转化与生成

氨气的应用非常广泛，氨气的转化与生成也就成为人们关注的课题。那么，以氨气为原料，如何将其转化为在农业生产中有着广泛应用的氨水、氯化铵和硝酸？另外，哪些含有氮元素的物质能够转化为氨气？

根据上述问题设计完整的实验方案，实施部分实验，实现氨气的转化与生成。

任务1：实现从氨气到其他含氮化合物的转化

预期转化	设计思路	选取试剂	实验现象	得出结论
$\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$				
$\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}$				
$\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$				

思考

- 将氨气分别转化为氨水、氯化铵，需要借助怎样的化学反应？
- 如何将氨气转化为硝酸？
- 从物质类别和氮元素化合价的角度总结氨气的性质。

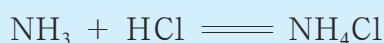
任务2：实现从氮气和其他含氮化合物到氨气的转化

预期转化	设计思路	选取试剂	实验现象	得出结论
$\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$				
其他含氮化合物 $\rightarrow \text{NH}_3$				

思考

- 从离子反应的角度认识铵盐与碱溶液的反应，总结铵离子的检验方法。
- 总结铵盐的性质。
- 在实验室里如何获取氨气？

氨溶于水时能与水发生反应生成一水合氨 ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)，氨水显弱碱性。氨不仅能与水发生反应，还能与酸发生反应生成铵盐，如与盐酸（或氯化氢）反应生成氯化铵 (NH_4Cl)。利用这些性质可以把氨气转化为氨水、铵盐。在这类转化中，氮元素的化合价没有改变，实现的是物质类别的转化。



一水合氨可以部分电离出 NH_4^+ 和 OH^- ，使氨水显弱碱性，其电离方程式为：

$$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$$

因此，氨水能使酚酞溶液变红。

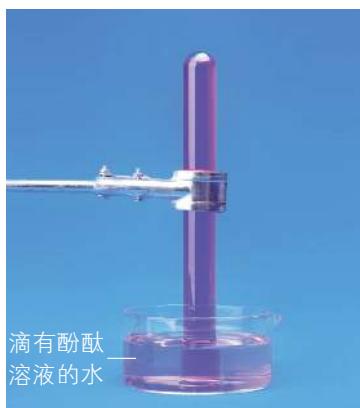


图 3-3-12 氨溶于水

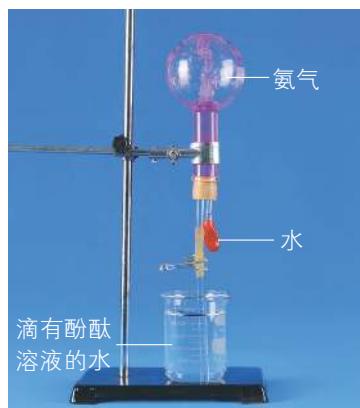


图 3-3-13 氨的喷泉实验

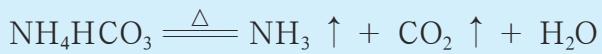


图 3-3-14 氨与氯化氢的反应

氨中氮元素的化合价为最低价，因此氨具有还原性，能与具有氧化性的物质发生反应。工业上利用氨在催化剂（如铂、铑等）存在的情况下与氧气的反应来制备生产硝酸所需要的一氧化氮。



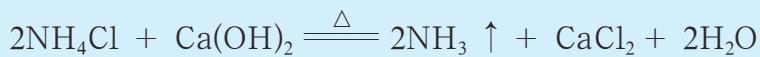
实验表明，通过加热碳酸氢铵、氯化铵等铵盐（ammonium salt）能够产生氨气。



铵盐与碱溶液共热也可以产生氨气，实验室里常用这种方法检验溶液中的铵离子。



在实验室里常用氯化铵与氢氧化钙反应制取少量氨气，用向下排空气法收集氨气，并用湿润的红色石蕊试纸检验氨气是否收集满。



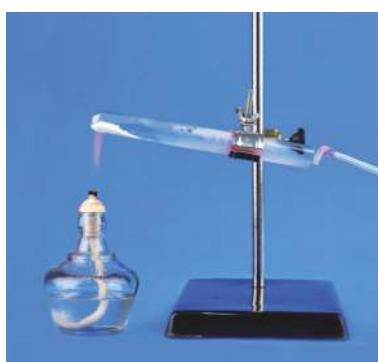


图 3-3-15 加热碳酸氢铵固体



图 3-3-16 氯化铵固体与 NaOH 溶液的反应

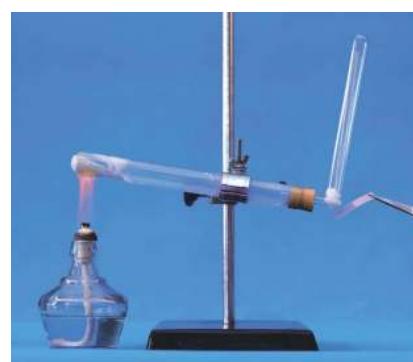


图 3-3-17 实验室制取氨气并检验氨气是否收集满

由于铵盐具有受热易分解的性质，在储存铵态氮肥时，应密封包装并放在阴凉通风处；施肥时，应将其埋在土中以保持肥效。铵盐能与碱发生反应，因此铵态氮肥不能与碱性物质如草木灰等混合施用。

身边的化学

尿素和复合化肥

工业上常用氨和二氧化碳在一定条件下合成尿素。尿素是一种白色晶体，它的含氮量高达 46.65%，是目前含氮量最高的氮肥。尿素施入土壤后，在微生物的作用下与水缓慢反应产生氨，因此尿素的肥效比较持久。作为一种中性肥料，尿素适用于各种土壤和作物。尿素易保存，使用方便，对土壤的破坏作用小，是目前使用量较大的一种化学氮肥。

复合化肥是一类优质、高效的化肥，目前使用较多的主要是一些含氮和磷的复合化肥，如磷酸二氢铵 ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) 和磷酸氢二铵 [$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$] 等。这类化肥具有养分含量高、无关成分少等优点。

科学合理地施用氮肥

合理地施用氮肥是实现农作物高产、稳产的一项重要措施，但是不合理地施用氮肥会导致环境污染。农田径流带入地表水体中过量的含有氮元素的物质会污染水资源；大量施用氮肥会导致大气中二氧化氮含量增多；长期施用氮肥特别是铵态氮肥会使土壤酸化，导致土壤板结。在提倡科学施肥的同时，还要改良化学肥料的生产工艺，改善氮肥的品种，向生产高效、多功能、生态环保的新型肥料方向发展。



3. 硝酸的性质

硝酸 (HNO_3 , nitric acid) 是一种重要的化工原料, 可用于制造炸药、染料、塑料和硝酸盐等。在实验室里, 硝酸是一种重要的化学试剂。

观察·思考

硝酸的性质

- 请预测硝酸具有哪些性质, 并说明预测的依据。
- 观察实验, 为预测寻求证据。

【实验1】取一瓶浓硝酸, 打开瓶盖, 小心地扇闻浓硝酸的气味。

【实验2】在两个装置中各放入一小块铜片, 分别加入少量稀硝酸 ($4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) 和浓硝酸 ($15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$), 观察发生的现象。

【实验3】将实验2中的铜片换成铁片进行相同的实验, 观察发生的现象。

由于铜与稀硝酸、浓硝酸发生反应产生对环境有污染的氮氧化物气体, 需要使用合适的实验装置(如试管、注射器、U形管等), 采取措施吸收气体, 并及时进行处理。

观察记录

实验编号	实验现象	结论及化学方程式
1		
2		
3		

思考

- 硝酸与金属的反应有什么特点?
- 硝酸是否也具有酸的一般性质?



图 3-3-18 铜片与稀硝酸反应的现象

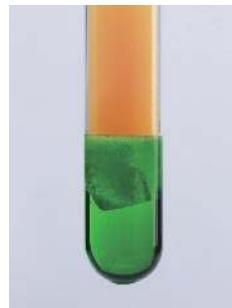


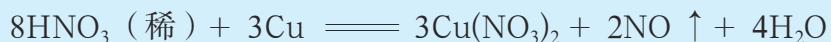
图 3-3-19 铜片与浓硝酸反应的现象

纯净的硝酸是无色、易挥发、有刺激性气味的液体；熔点为 $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，沸点为 $83\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；密度为 $1.5\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。硝酸受热或见光分解会产生二氧化氮气体。实验室长期保存浓硝酸，可使用棕色试剂瓶，并放置在阴凉处。



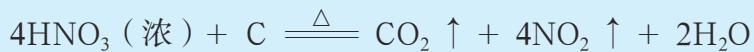
通常市售硝酸中 HNO_3 的质量分数为 $68\% \sim 70\%$ ，密度为 $1.42\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。 HNO_3 质量分数为 95% 以上的浓硝酸，在空气中挥发出硝酸蒸气会产生“发烟”现象，通常又叫作发烟硝酸。

硝酸具有强氧化性，能与除金、铂、钛以外的大多数金属反应，其还原产物与硝酸的浓度有关。通常，浓硝酸与金属反应生成的还原产物主要是二氧化氮，稀硝酸与金属反应生成的还原产物主要是一氧化氮。例如：



常温下，浓硝酸可使铁、铝等金属表面形成致密的氧化膜而钝化，保护内部的金属不再与酸反应，所以可以用铁质或铝质容器盛放冷的浓硝酸。

在加热条件下，浓硝酸还能与碳单质等非金属单质发生氧化还原反应。



硝酸还具有酸的一般性质，如硝酸能与碱发生中和反应，能与碱性氧化物、某些盐发生复分解反应等。

三、人类活动对氮循环和环境的影响

进入工业化社会以后，随着科学技术的进步和工农业生产的发展，人类开发和利用自然资源的规模越来越大，化石燃料的消耗量急剧增加，化学合成氮肥的量迅速上升，豆科植物的栽种面积也在陆续扩大，人类的固氮活动使活化氮的量大大增加。这一趋势虽然有助于农产品产量的提高，但也会给全球生态环境带来压力。

NH_4^+ 与 NO_3^- 是自然界中活化氮的主要形态。氮气是惰性的，通过自然固氮和人工固氮可使其活化。



以一氧化氮和二氧化氮为主的氮氧化物是形成光化学烟雾、雾霾及酸雨的一个重要原因。汽车尾气中的氮氧化物与碳氢化合物经紫外线照射发生反应形成的有毒烟雾，称为光化学烟雾。光化学烟雾具有特殊气味，会刺激眼睛、伤害植物，并能降低大气能见度。含有氮元素的物质的过度排放，导致它们在大气、土壤、水体中富集，在一定程度上促进了雾霾的形成。另外，氮氧化物与降水反应生成的硝酸和亚硝酸是酸雨的组成成分。大气中的氮氧化物主要来源于化石燃料的燃烧和植物体的焚烧，以及农田土壤和动物排泄物中含氮化合物的转化。

水体中含有氮元素的物质过量会对水体造成污染。任何自然水体都含有一定浓度的氮、磷等多种营养元素。通常情况下，水体中这些营养元素的自然浓度都比较低。当进入水体的氮元素的含量增大时，会造成水体的富营养化，导致藻类“疯长”并覆盖在水面上。水体中的氮元素主要来源于工业废水、生活污水、农田灌溉以及水产养殖所投入的肥料和饵料等。

为了减少人类活动对氮循环和环境的影响，一方面应控制进入大气、土壤和水体中含有氮元素的物质的量，另一方面应增强生态系统对含有氮元素的物质的吸收能力。

坚持人与自然和谐共生，建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计。我们必须牢固树立和践行“绿水青山就是金山银山”的理念，坚持节约资源和保护环境的基本国策，像对待生命一样对待生态环境，实行最严格的生态环境保护制度，形成绿色生产、生活方式。

图 3-3-20 美丽中国一角



化学与技术**绿色化学**

绿色化学又称环境无害化学、环境友好化学、清洁化学，倡导用化学技术和方法减少或停止对人类健康、社区安全、生态环境有害的原料、催化剂、溶剂和试剂以及生产过程中的产物、副产物等的使用和产生。

绿色化学的核心内容是原子经济性和“5R”原则。原子经济性指充分利用反应物中的各个原子，既充分利用资源又防止污染。“5R”原则包括：Reduction——减量使用原料，减少实验废弃物的产生和排放；Reuse——循环使用，重复使用；Recycling——资源的回收利用；Regeneration——变废为宝，资源和能源再利用；Rejection——拒用有毒有害品。

与污染控制化学研究如何用化学技术与原理治理已被污染的环境不同，绿色化学研究的是如何将污染消除在产业的源头，从根本上消除污染。现在，许多国家已把“化学绿色化”作为21世纪化学进展的主要方向之一。

交流·研讨

- 整理氯及其化合物的知识结构图。
- 从元素化合价和物质类别角度概括氯及其化合物的性质及其转化关系。

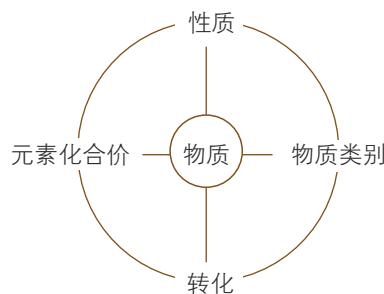


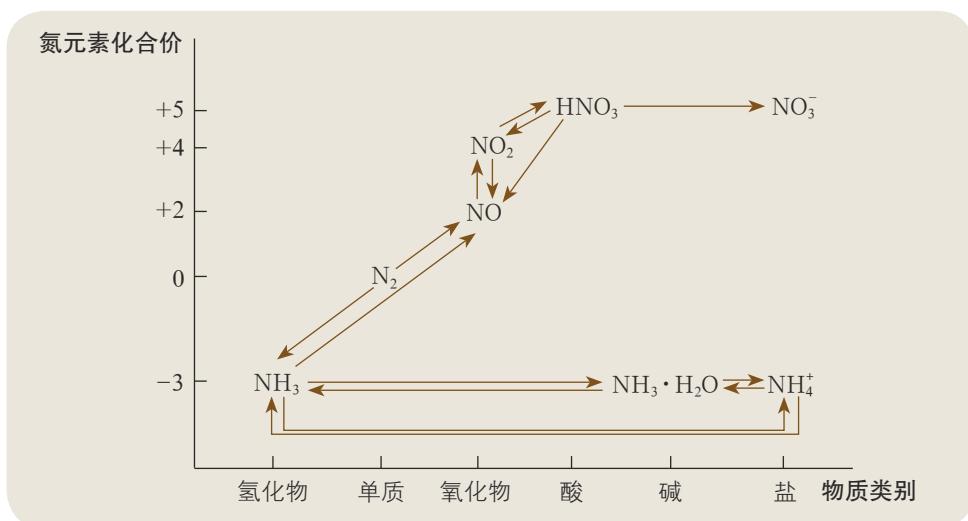
图3-3-21 认识物质的主要角度

- 谈谈氯循环对人类社会和自然环境有怎样的影响。



概括·整合

1. 归纳总结氮气、一氧化氮、二氧化氮、氨、铵盐、硝酸的性质。构建氮及其化合物的转化示意图，示例如下：



2. 分别绘制自然界中产生硝酸、人工制备硝酸的路径，写出相关反应的化学方程式。
3. 总结氮及其化合物在生产和生活中的应用，分析它们对自然环境的影响。

练习与活动

学习·理解

1. 回忆氮及其化合物的相关知识，完成下列各题。
- (1) 氮气的化学性质是()。
- A. 只有氧化性 B. 只有还原性
C. 既有氧化性，又有还原性 D. 既没有氧化性，又没有还原性
- (2) 下列气体中，可溶于水的无色气体是()；易液化，遇挥发性酸时冒白烟，而且适宜用作制冷剂的是()。
- A. N₂ B. NO C. NO₂ D. NH₃

- (3) 氨的喷泉实验体现出的氨的性质有()。
- A. 还原性 B. 极易溶于水
 C. 与水反应生成碱性物质 D. 氨气比空气轻
- (4) 在实验室里,下列试剂须储存在棕色试剂瓶中的是()。
- A. 浓硝酸 B. 浓盐酸 C. 浓硫酸 D. 氯化钠
- (5) 下列环境问题中,与二氧化氮的排放无关的是()。
- A. 酸雨 B. 光化学烟雾 C. 白色污染 D. 雾霾
2. 说明论证硝酸具有强氧化性。

应用·实践

3. 运用氮及其化合物的相关知识,完成下列各题。

- (1) 下列说法中,不正确的是()。
- A. 豆科植物通过根瘤菌吸收空气中的氮气的过程是化学变化
 B. 汽车尾气中排放的氮氧化物是由游离态氮转化来的
 C. 化石燃料燃烧时通常不释放出氮氧化物
 D. 植物秸秆燃烧时释放出氮氧化物,参与了氮的循环
- (2) 关于收集一氧化氮和二氧化氮两种气体的方法,下列叙述中正确的是()。
- A. 都可用排水法
 B. 一氧化氮用排水法,二氧化氮用向上排空气法
 C. 都可用向上排空气法
 D. 一氧化氮用向上排空气法,二氧化氮用排水法
- (3) 下列气体中,既能用浓硫酸又能用碱石灰干燥的是()。
- A. Cl₂ B. CO₂ C. NO D. NH₃
- (4) 将铁屑溶于过量盐酸后,再加入下列物质,会有Fe³⁺生成的是()。
- A. 硫酸 B. 氯水 C. 硝酸锌 D. 氯化铜
- (5) 下列各组离子在溶液中能大量共存的是()。
- A. Na⁺、H⁺、Cu²⁺、NO₃⁻
 B. Na⁺、Fe²⁺、H⁺、NO₃⁻
 C. NH₄⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、OH⁻
 D. HCO₃⁻、NH₄⁺、Na⁺、OH⁻

4. 请根据实验室制备氯气的反应原理设计制备和收集氯气的实验方案,并分析解决下列问题。

(1) 某同学用刚刚清洗过的未经干燥的集气瓶收集氯气,会对实验结果产生怎样的影响?



(2) 某同学认为可以用加热浓氨水或向浓氨水中加入生石灰的方法获得氨气，这两种方法是否可行？为什么？

(3) 如何检验氨气是否已收集满？简述实验操作和现象。

5. 化肥、炼油、稀土、钢铁等工业都会排放高浓度的氨氮废水。氨氮废水是造成河流及湖泊富营养化的主要因素，人们正不断寻求处理氨氮废水的高效措施。

(1) 某氮肥厂产生的氨氮废水中的氮元素多以 NH_4^+ 和 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的形式存在。请你设想该废水处理的方案，并给出理由。

(2) 氮及其化合物在自然界中进行着复杂的转化，分析本节图 3-3-2，尝试找到更多处理氨氮废水的思路。

(3) 某研究团队设计的处理流程如下：



① 过程 I：加 NaOH 溶液，调节 pH 至 9 后，升温至 30 ℃，通入空气将氨赶出并回收。请用离子方程式表示加 NaOH 溶液时所发生的反应：_____。

② 过程 II：在微生物的作用下实现 $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ 转化，称为硝化过程。在碱性条件下， NH_4^+ 被氧气氧化成 NO_3^- 的总反应的离子方程式为 _____。

③ 过程 III：在一定条件下向废水中加入甲醇 (CH₃OH)，实现 $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{N}_2$ 转化，称为反硝化过程。1 mol HNO₃ 完全转化成 N₂，转移的电子数是 _____。

(4) 该研究团队希望优化该废水的处理方案以达到节省成本的目的，对此你有什么想法？

6. 党的十八大以来，生态环境保护发生历史性、转折性、全局性变化，我们的祖国天更蓝、山更绿、水更清。

(1) 从含氮物质的性质及转化的视角，结合生产、生活的实际情况，分析雾霾的形成。

(2) 查找资料了解我国蓝天、碧水、净土三大保卫战的生态环境治理工程，从含氮物质的性质及转化的视角分析这些措施为什么可以减少雾霾。

论证重污染天气“汽车限行”的合理性

——探讨社会性科学议题

项目
学习
目标

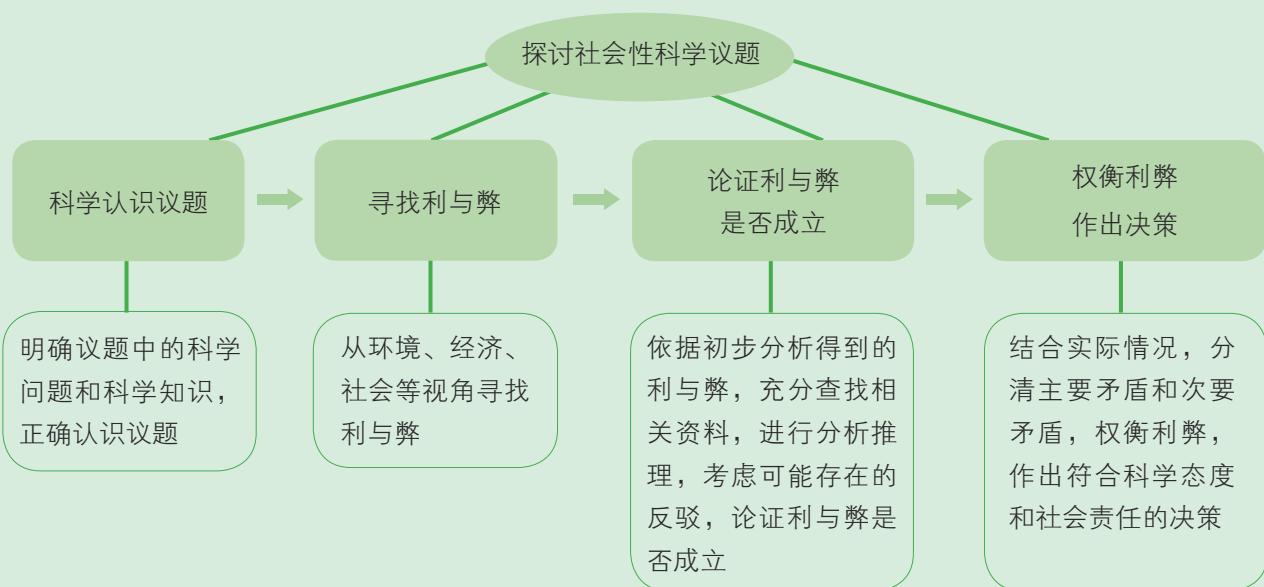
- 能够综合应用氮及其化合物的性质及转化关系探讨相关的社会性科学议题。
- 在寻求证据支持观点的过程中，能够综合运用信息查找、问卷调查、访谈等多种方法获得必要资料；能够对资料进行加工分析，依据观点、证据和结论之间的逻辑关系进行有条理的阐述。
- 能够从科学、环境、经济、社会等多个方面，权衡不同观点的利与弊，有依据地作出决策。

“社会性科学议题”（Socioscientific Issues，简称SSI），指由利用当代科学技术研究开发所引起的一系列与社会伦理道德、经济发展及自然生态环境等紧密相关的社会性问题。这其中，有很多议题与化学密切相关。例如，为了应对重污染天气，把空气污染指数控制在合理范围内，北京、广州等多个城市采取了汽车限行措施，以期降低机动车尾气排放量。部分市民对这样的举措不满，认为汽车尾气不是导致城市空气质量问题（如雾霾）的主要原因；也有人认为，这样的措施给人们的出行带来了诸多不便。由此，引发了关于“汽车限行”的争议。



▲ 图 3-4-1 为应对重污染天气是否应采取“汽车限行”措施

面对社会性科学议题，首先需要明确议题中的科学问题和科学知识，正确认识议题；然后从环境、经济、社会等视角寻找议题涉及的利与弊，论证这些利与弊是否成立；最后结合实际情况综合考虑，权衡利弊，作出决策。



▲ 图 3-4-2 社会性科学议题的分析框架

在本项目活动中，你将依据社会性科学议题的分析框架，论证重污染天气“汽车限行”是否合理，提升应用物质性质与转化分析和解决问题的能力、论证能力以及综合考虑作出决策的能力。

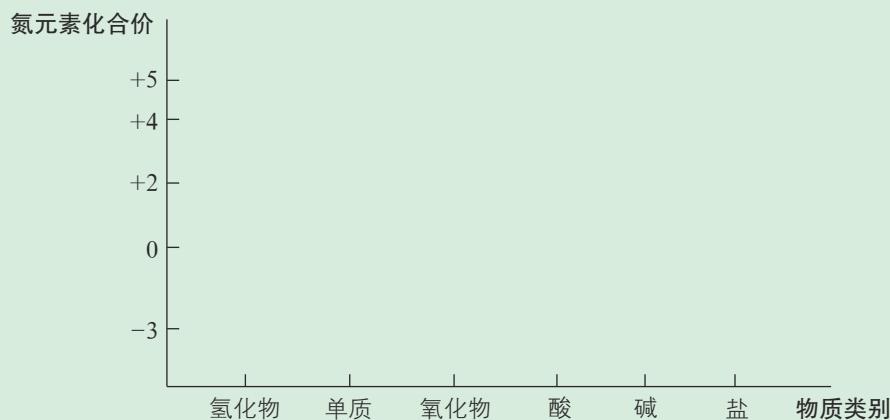
项目活动 1 科学认识社会性科学议题，寻找利与弊

探讨社会性科学议题时，首先需要对议题进行分析，厘清相关的科学问题和科学知识，在此基础上寻找议题涉及的利与弊。

1. 科学分析议题，厘清议题中的科学问题和科学知识。

(1) 应对重污染天气“汽车限行”议题涉及哪些科学问题？

(2) 该议题涉及哪些物质及其变化？书写相关反应的化学方程式，表示其中氮及其化合物之间的转化关系。



2. 分别从环境、经济、社会等视角列举应对重污染天气采取“汽车限行”措施的利与弊。

视角	利	弊
环境		
经济		
社会		
其他		

方法导引

社会性科学议题中利与弊分析的视角

社会性科学议题往往比较复杂，需要放在一定的社会背景中，从多个视角综合分析议题涉及的利与弊；其中，环境、经济、社会是基本的分析视角。

例如，关于应对重污染天气采取“汽车限行”措施，某小组分析出的利与弊如下所示。

环境视角：（利）“汽车限行”，减少有害气体排放，减轻空气污染和温室效应。

经济视角：（利）“汽车限行”，促使人们购买第二辆汽车，汽车销量增加，促进经济发展；（弊）导致汽车保有量增加。

社会视角：（利）“汽车限行”，缓解道路交通压力；（弊）增加公共交通压力，导致人们出行不便。

项目活动2 学习科学论证，论证利与弊

对于社会性科学议题涉及的各种利与弊的观点，经过论证才能明确是否成立。为了论证观点，需要依据观点充分收集相关资料，并对资料进行推理分析，使资料成为支持或者否定某种观点的证据，并且考虑是否存在对资料或者推理过程的反驳。观点、资料、推理过程、反驳是科学论证的基本要素。经过充分的科学论证，形成可靠的观点，才有助于作出合理的决策。



1. 以“汽车限行”能够减轻空气污染这一观点为例进行论证并交流。请你对某小组的论证情况进行分析评价，并完善这一论证过程。

同学甲：汽车行驶会产生污染，因为会产生氮氧化物。

同学乙：虽然会有氮氧化物产生，但不一定会排放到大气中。

同学甲：在汽缸中，氮气与氧气会发生反应，产生一氧化氮和二氧化氮，汽车尾气中肯定有氮氧化物。

同学丙：汽车中装有净化装置，会将氮氧化物转化成氮气，然后再排放到大气中。

同学乙：大自然有自我净化能力，能够消耗氮氧化物。

同学甲：虽然有净化装置，但装置中的催化剂很容易中毒；一旦催化剂中毒，就不能有效转化氮氧化物了。

同学丙：有人测定过汽车尾气中 $PM_{2.5}$ 的浓度，结果表明汽车尾气中的 $PM_{2.5}$ 比空气中的还少，可见汽车尾气不会污染空气。

同学甲：你测定的是汽车尾气中 $PM_{2.5}$ 的浓度，没有测定氮氧化物的浓度，氮氧化物进入大气中会转化为 $PM_{2.5}$ 的成分，因此不能证明汽车尾气不会污染空气。

2. 通过小组讨论，对项目活动 1 中提出的各种利与弊进行科学论证，形成可靠的观点。

方法导引

科学论证的水平

一个令人信服的观点，需要有充分、确凿的资料以及合理的推理过程作为支撑，同时应考虑可能存在的反驳。资料的翔实程度、推理过程的合理性以及是否考虑了反驳，决定着科学论证的水平。

水平	示例
水平 1：有观点，缺少必要的资料	观点：采取“汽车限行”措施能够减轻空气污染

续表

水平	示例
水平 2：有观点和资料，缺少从资料到观点的推理过程或者推理过程不合理，或者资料不充分	<p>观点：采取“汽车限行”措施能够减轻空气污染 资料：汽车行驶过程中会产生氮氧化物</p>
水平 3：有观点、资料以及从资料到观点的推理过程；资料充分，推理过程合理	<p>观点：采取“汽车限行”措施能够减轻空气污染 资料：汽车行驶过程中会产生氮氧化物；大量汽车行驶会产生较多的氮氧化物；氮氧化物进入大气，会导致光化学烟雾，还会转化成硝酸及其盐类物质导致酸雨、雾霾等环境问题，污染大气 推理过程：汽车行驶过程中产生氮氧化物→汽车尾气中有氮氧化物→氮氧化物进入大气（超过排放标准）→大气中的氮氧化物会导致光化学烟雾，也会转化成硝酸及其盐类物质导致酸雨、雾霾等环境问题</p>
水平 4：有观点、资料以及从资料到观点的推理过程；资料充分，推理过程合理；考虑了可能的反驳及其证据	<p>观点：采取“汽车限行”措施能够减轻空气污染 资料：汽车行驶过程中会产生氮氧化物；大量汽车行驶会产生较多的氮氧化物；氮氧化物进入大气，会导致光化学烟雾，还会转化成硝酸及其盐类物质导致酸雨、雾霾等环境问题，污染大气 推理过程：汽车行驶过程中会产生氮氧化物→汽车尾气中有氮氧化物→氮氧化物进入大气（超过排放标准）→大气中的氮氧化物会导致光化学烟雾，也会转化成硝酸及其盐类物质导致酸雨、雾霾等环境问题 反驳及其证据：汽车中装有净化装置，会将氮氧化物转化成氮气后再排放 进一步推理：虽然有净化装置，但装置中的催化剂很容易中毒；一旦催化剂中毒，就不能有效吸收氮氧化物了</p>



项目活动3 权衡利弊，作出决策

1. 将经过论证的利与弊进行分析后，分清主次，权衡利弊，作出决策。下面是某小组关于应对重污染天气采取“汽车限行”措施的利与弊的讨论，阅读并思考你从中获得的启示。



▲ 图 3-4-3 权衡利弊

同学甲：利和弊都是三条，很难做决定啊！

同学乙：对环境有污染，一条就决定了，同意采取“汽车限行”措施。

同学丙：造成环境重污染的因素有很多，汽车尾气只是其中的一种因素，但不是主要因素呀！

同学丁：我们家离学校远，采取“汽车限行”措施后出行太不方便了，我不同意。

同学戊：应该从大局出发，从长远考虑。“汽车限行”措施能够减轻空气污染、减少二氧化碳的排放量，这有利于社会的可持续发展，有利于未来人类的生存和发展。出行不便，是个人问题。汽车保有量是局部问题，可以逐渐达到新形态的平衡。增加公共交通压力，恰恰可以促进政府不断改善公共设施。因此，应该支持为应对重污染天气而采取的“汽车限行”措施。

2. 根据汇报展示的评价内容和小组活动的过程及结果，小组成员研讨汇报展示的内容和形式。

评价要素	评价等级			
	A	B	C	D
知识的应用	不仅能充分、科学、合理地应用有关元素及其化合物的知识进行阐述分析，还能应用相关的 <ins>新知识</ins>	能充分、科学、合理地应用有关元素及其化合物的知识进行阐述分析	能比较充分、科学地应用有关元素及其化合物的知识进行阐述分析	应用有关元素及其化合物的知识进行阐述分析时不够全面或出现错误
科学论证	有针对议题的明确观点，资料充分，从资料到观点的推理过程合理，考虑了反驳及其证据	有针对议题的明确观点，资料充分，从资料到观点的推理过程合理	有针对议题的明确观点，资料比较充分，从资料到观点的推理过程有瑕疵但基本合理	有针对议题的明确观点，资料基本充分，但缺少从资料到观点的推理过程
科学态度与社会责任素养	能根据实际情况，自主依据绿色化学思想和可持续发展观念对社会性科学议题进行综合分析	能根据实际情况，从科学、环境、经济、社会等方面面对社会性科学议题进行具体分析	能分析社会性科学议题可能给环境、社会发展、人类健康等带来的双重影响，但不够充分、具体	仅关注对个体的影响，缺乏对环境、社会发展、人类健康等社会性影响的关注

项目成果展示 ►

- 每个小组进行应对重污染天气采取“汽车限行”措施议题论证的汇报展示，其他小组同学进行质疑反驳，并对每个小组的汇报展示进行评价。要求每个小组的汇报能体现合作精神，形式适当，表达清晰流畅，注重与听众的交流，并能应对其他同学的反驳。
- 撰写应对重污染天气“汽车限行”议题的论证报告。
- 总结在项目实施的整个过程中对氮及其化合物的认识有了哪些丰富和发展。
- 谈谈对科学论证的理解，分析自己在论证方面的优势和不足。

本章自我评价

本章通过对铁、硫、氮及其化合物的学习，继续发展“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”，重点促进“变化观念与平衡思想”中的“变化观念”、“科学探究与创新意识”和“科学态度与社会责任”化学学科核心素养的发展。请依据下表检查对本章的学习情况。

核心素养发展重点		学业要求
变化观念与平衡思想	基于核心元素建立物质转化视角，能够从物质类别和元素价态两个角度理解物质之间的转化关系。	<ol style="list-style-type: none">能依据物质类别和元素价态列举铁、硫、氮元素的典型代表物。能列举、描述、辨识含有铁、硫、氮元素的典型物质重要的物理和化学性质及实验现象。能用化学方程式、离子方程式正确表示典型物质的主要化学性质。能从物质类别、元素价态的角度，依据复分解反应和氧化还原反应原理，预测铁、硫或氮及其化合物的化学性质和变化，设计实验进行初步验证，并能分析、解释有关实验现象。能分别利用铁、硫或氮及其化合物的性质和转化关系，设计制备、分离、检验等简单任务的方案。能从物质类别和元素价态变化的视角说明有关物质的转化路径。能分别根据铁、硫或氮及其化合物的性质，分析实验室、生产、生活及环境中的某些常见问题，说明妥善保存、合理使用化学品的常见方法。能分别说明硫或氮及其化合物的应用对社会发展的价值、对环境的影响。能有意识地运用所学的知识或寻求相关证据参与社会性科学议题的讨论（如酸雨和雾霾防治、水体保护、食品安全等）。
科学探究与创新意识	发展物质性质及物质转化的实验探究能力，从单一物质的多角度性质探究到一组物质的多角度性质及物质转化的探究。 能针对物质性质及物质转化的探究问题，提出有依据的假设，选取试剂，设计实验方案并实施，基于实验事实得出结论。	<ol style="list-style-type: none">能列举常见的大气、水体和土壤的污染物及其危害，能说明常见污染的成因和防治措施的化学原理，能结合具体的污染问题设计简单的防治方案。能举例说明化学对环境保护的作用。能主动运用所学的化学知识和方法解决生产、生活中简单的化学问题。在应用化学成果时能主动考虑其对自然和社会带来的可能影响，权衡化学成果在生产、生活中应用的利弊。能运用“绿色化学”思想分析和讨论化工生产的相关问题。
科学态度与社会责任	能应用物质性质及物质转化关系，分析和探讨某些化学过程对人类健康、社会可持续发展可能带来的双重影响，并对这些影响从多个方面进行评估，从而更加科学、合理地选择和应用物质及其变化。	

学习·理解

1. 回顾所学知识，完成下列各题。

- (1) 下列物质中，可与 Fe^{3+} 反应且能证明 Fe^{3+} 具有氧化性的是（ ）。
- A. KSCN B. NaOH
C. Fe D. H_2SO_4
- (2) 下列物质均具有漂白作用，其中漂白原理与其他三种物质不同的是（ ）。
- A. $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ B. H_2O_2
C. SO_2 D. 氯水
- (3) 下列物质中，属于“城市空气质量日报”报道的污染物的是（ ）。
- A. N_2 B. SO_2
C. CO_2 D. CO
- (4) 下列化学方程式或离子方程式中，正确的是（ ）。
- A. 盐酸与铁屑的反应： $2\text{Fe} + 6\text{H}^+ \xlongequal{\hspace{1cm}} 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2 \uparrow$
B. SO_2 与 NaOH 溶液的反应： $\text{SO}_2 + 2\text{OH}^- \xlongequal{\hspace{1cm}} \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
C. FeCl_3 溶液与铁粉的反应： $\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} \xlongequal{\hspace{1cm}} 2\text{Fe}^{2+}$
D. 稀硝酸与铜片的反应： $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3$ （稀） $\xlongequal{\hspace{1cm}} \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
- (5) 对下列事实的解释中，错误的是（ ）。
- A. 在蔗糖中加入浓硫酸后出现发黑现象，说明浓硫酸具有脱水性
B. 浓硝酸在光照下颜色变黄，说明浓硝酸不稳定
C. 氢氧化亚铁在空气中不稳定，会转化成氢氧化铁，说明氢氧化亚铁具有还原性
D. 常温下，浓硝酸可以用铝质容器储存，说明铝与浓硝酸不反应
- (6) 下列有关物质检验的实验结论中，正确的是（ ）。

选项	实验操作及现象	实验结论
A	向某溶液中加入用盐酸酸化的 BaCl_2 溶液，有白色沉淀生成	该溶液一定含有 SO_4^{2-}
B	向某溶液中加入 2 滴 KSCN 溶液，溶液不显红色，再向溶液中加入几滴新制氯水，溶液变为红色	该溶液一定含有 Fe^{2+}
C	将某气体通入品红溶液中，品红溶液褪色	该气体一定是 SO_2
D	向某溶液中加入浓 NaOH 溶液并加热，产生的气体使湿润的红色石蕊试纸变蓝	该溶液一定含有 NH_4^+



(7) 将①中溶液滴入②中，预测的现象与实际相符的是()。

选项	①	②	预测的现象
A	浓硝酸	铁片	产生大量红棕色气体
B	二氧化硫水溶液	酸性 KMnO_4 溶液	溶液褪色
C	氯水	FeSO_4 溶液	溶液褪色
D	二氧化硫水溶液	BaCl_2 溶液	产生白色沉淀

应用·实践

2. 阅读材料，完成下列各题。

(1) 常见的大气污染分为一次污染和二次污染。二次污染指的是排入环境中的一次污染物在物理、化学因素或生物因素作用下发生变化，或与环境中的其他物质发生反应生成新的污染物。二氧化硫、一氧化氮、二氧化氮是否会导致二次污染？写出相关反应的化学方程式：_____。

(2) 汽车尾气（含一氧化碳、氮气、二氧化硫和一氧化氮等）是城市空气的污染源之一。治理的方法之一是在汽车的排气管上装一个“催化转化器”，它能使一氧化碳与一氧化氮反应生成可参与大气生态循环的无毒气体。

① 汽车尾气中污染空气的主要物质是_____。

② 写出一氧化碳与一氧化氮反应的化学方程式：_____。

③ 使用“催化转化器”的缺点是在一定程度上提高了空气的酸度，其原因是_____。

④ 减少城市空气污染的方法有()。

- A. 开发氢能源 B. 使用电动车 C. 植树造林 D. 戴上呼吸面具

3. 室温下，在强酸和强碱性溶液中均能大量共存的离子组是()。

- A. NH_4^+ 、 Cu^{2+} 、 Cl^- 、 NO_3^- B. K^+ 、 Na^+ 、 SO_3^{2-} 、 S^{2-}
C. Fe^{2+} 、 NO_3^- 、 Na^+ 、 NH_4^+ D. Cl^- 、 NO_3^- 、 Na^+ 、 SO_4^{2-}

4. 实验证明，以下五种物质是一个氧化还原反应的反应物和生成物： NO 、 FeSO_4 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 、 O_3 和 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

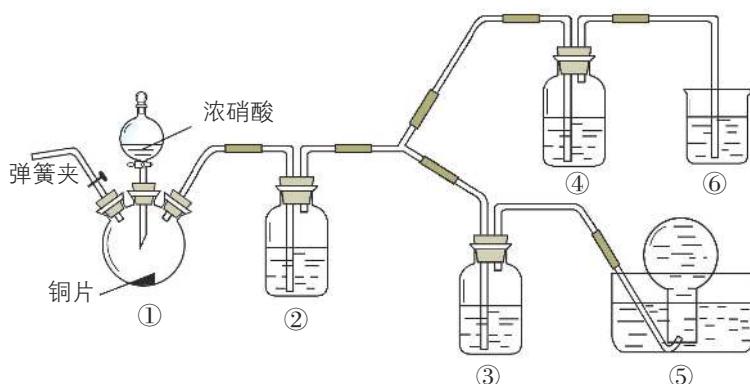
(1) 这五种物质中，_____是反应物，_____是生成物。

(2) 反应物中，氧化剂是_____，被还原的元素是_____。

5. 在1 L某混合溶液中， H_2SO_4 、 FeSO_4 、 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 物质的量浓度相等，其中 SO_4^{2-} 的物质的量浓度为 $5.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。该溶液最多能溶解铁粉（ ）。

- A. 28 g B. 56 g C. 78 g D. 112 g

6. 某学习小组探究浓、稀硝酸氧化性的相对强弱，按如图所示装置进行实验（夹持仪器已略去）。实验表明，浓硝酸能将一氧化氮氧化成二氧化氮，而稀硝酸不能氧化一氧化氮。由此得出的结论是浓硝酸的氧化性强于稀硝酸。



▲ 第6题图

可选试剂：浓硝酸，稀硝酸（ $3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ），蒸馏水，浓硫酸，NaOH溶液。

已知：NaOH溶液不与一氧化氮反应，能与二氧化氮反应。



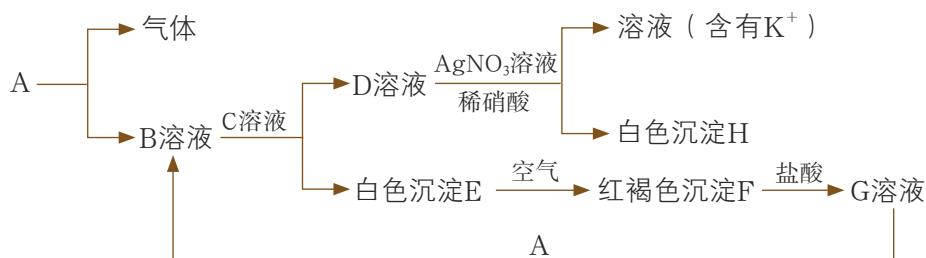
(1) 装置①中所发生反应的化学方程式是 _____。

(2) 装置②的作用是 _____，其中所发生反应的化学方程式是 _____。

(3) 做实验时应避免将有害气体排放到空气中。装置③④⑥中盛放的试剂依次是 _____、_____、_____。

(4) 该小组得出结论所依据的实验现象是 _____。

7. 已知存在以下物质之间的相互转化，分别写出A、B、C、D、E、F、G、H的化学式，并写出每步转化反应的离子方程式。



▲ 第7题图



迁移·创新

8. 葡萄酒是由葡萄汁发酵而成的。在酿造葡萄酒的过程中面临两大问题：一是在葡萄汁发酵过程中产生的杂菌会影响葡萄酒的酿造和保存；二是葡萄酒中所含的还原性物质一旦被氧化，葡萄酒的果香味就会消失，影响口感。在酿酒实践中，人们发现二氧化硫可以解决这两大问题。



贮藏条件：避免阳光直射，宜在5~25℃干燥通风处卧放或倒放，有少量沉淀不影响饮用。
原 料：葡萄、食品添加剂（二氧化硫）
保 质 期：八年

▲ 第8题图

- (1) 为什么二氧化硫能够解决酿酒中的这两大问题？
- (2) 在葡萄汁发酵过程中，会产生一定量的二氧化硫，但量比较少，不能完全解决问题，需要额外添加。国家对葡萄酒中二氧化硫的含量有上限规定，检测二氧化硫的含量是葡萄酒厂和相关食品质检部门的重要工作。
 - ① 你认为哪些化学反应可用于检测葡萄酒中二氧化硫的含量？为什么？
 - ② 某种检测方法用到碘水、淀粉溶液等试剂。请书写该方法涉及的反应的离子方程式。该方法为什么可以检测出二氧化硫的含量？
- (3) 有些人会对二氧化硫有过敏反应，出现头痛等症状。对哮喘病人来说，二氧化硫也是增加支气管痉挛概率的危险物质。所以，研究人员希望找到能够替代二氧化硫的物质。你认为替代物质需要满足哪些要求？

附录

1. 各章节中的主要术语与物质名称

术语或物质名称	英文	章 - 节 - 页		
钠	sodium	1	2	12
氯气	chlorine	1	2	15
次氯酸	hypochlorous acid	1	2	18
物质的量	amount of substance	1	3	23
摩尔质量	molar mass	1	3	25
气体摩尔体积	molar volume of gas	1	3	26
标准状况	standard temperature and pressure	1	3	26
物质的量浓度	amount of substance concentration	1	3	29
酸性氧化物	acidic oxide	2	1	47
碱性氧化物	basic oxide	2	1	47
胶体	colloid	2	1	48
丁达尔现象	Tyndall effect	2	1	48
电离	ionization	2	2	54
电离方程式	ionization equation	2	2	55
电解质	electrolyte	2	2	55
酸	acid	2	2	55
碱	base	2	2	55
盐	salt	2	2	55
离子反应	ionic reaction	2	2	58
离子方程式	ionic equation	2	2	59

续表

术语或物质名称	英文	章 - 节 - 页		
氧化还原反应	redox reaction	2	3	67
氧化反应	oxidation	2	3	67
还原反应	reduction	2	3	67
氧化剂	oxidizing agent	2	3	69
还原剂	reducing agent	2	3	69
铁	iron	3	1	90
氢氧化亚铁	iron(Ⅱ) hydroxide	3	1	90
氢氧化铁	iron(Ⅲ) hydroxide	3	1	90
硫单质	sulfur	3	2	100
同素异形体	allotrope	3	2	100
二氧化硫	sulfur dioxide	3	2	102
硫酸	sulfuric acid	3	2	103
氮的固定	fixation of nitrogen	3	3	111
氮气	nitrogen	3	3	113
一氧化氮	nitrogen monoxide	3	3	113
二氧化氮	nitrogen dioxide	3	3	113
氨	ammonia	3	3	115
铵盐	ammonium salt	3	3	117
硝酸	nitric acid	3	3	119

2. 本册教材中主要的实验内容

观察·思考	章 - 节 - 页		
观察金属钠及金属钠与水反应的现象	1	2	11
研究氯化钠的导电性	2	2	53
稀硫酸与Ba(OH) ₂ 溶液反应的实质	2	2	57
硫单质的性质	3	2	99
模拟闪电固氮，认识氮及其化合物的性质	3	3	112
硝酸的性质	3	3	119

活动·探究	章 - 节 - 页		
金属钠与氧气的反应	1	2	12
*配制一定物质的量浓度的溶液	1	3	27
研究一类物质的性质	2	1	46
*食盐的精制	2	2	62
探究物质的氧化性或还原性	2	3	70
*亚铁盐和铁盐的性质	3	1	87
*补铁剂中铁元素价态的检验	3	1	92
*不同价态硫元素之间的转化	3	2	100
氨气的转化与生成	3	3	115

[带*的实验为《普通高中化学课程标准（2017年版）》注明的学生必做实验]

3. 常见元素中英文名称对照表

元素符号	中文名称(拼音)	英文名	元素符号	中文名称(拼音)	英文名
Al	铝(lǚ)	aluminum	Ag	银(yín)	silver
Ar	氩(yà)	argon	Au	金(jīn)	gold
B	硼(péng)	boron	Ba	钡(bèi)	barium
Be	铍(pí)	beryllium	Br	溴(xiù)	bromine
C	碳(tàn)	carbon	Ca	钙(gài)	calcium
Cl	氯(lù)	chlorine	Co	钴(gǔ)	cobalt
Cr	铬(gè)	chromium	Cu	铜(tóng)	copper
F	氟(fú)	fluorine	Fe	铁(tiě)	iron
Ga	镓(jiā)	gallium	Ge	锗(zhě)	germanium
H	氢(qīng)	hydrogen	He	氦(hài)	helium
Hg	汞(gǒng)	mercury	I	碘(diǎn)	iodine
K	钾(jiǎ)	potassium	Kr	氪(kè)	krypton
Li	锂(lǐ)	lithium	Mg	镁(měi)	magnesium
Mn	锰(měng)	manganese	N	氮(dàn)	nitrogen
Na	钠(nà)	sodium	Ne	氖(nǎi)	neon
Ni	镍(niè)	nickel	O	氧(yǎng)	oxygen
P	磷(lín)	phosphorus	Pb	铅(qiān)	lead
Pt	铂(bó)	platinum	Ra	镭(léi)	radium
Rn	氡(dōng)	radon	S	硫(liú)	sulfur
Sc	钪(kàng)	scandium	Se	硒(xī)	selenium
Si	硅(guī)	silicon	Sn	锡(xī)	tin
Sr	锶(sī)	strontium	Ti	钛(tài)	titanium
U	铀(yóu)	uranium	V	钒(fán)	vanadium
W	钨(wū)	tungsten	Xe	氙(xiān)	xenon
Zn	锌(xīn)	zinc			

4. 部分酸、碱和盐的溶解性表（室温）

阳离子 \ 阴离子	OH^-	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	CO_3^{2-}
H^+		溶、挥	溶、挥	溶	溶、挥
NH_4^+	溶、挥	溶	溶	溶	溶
K^+	溶	溶	溶	溶	溶
Na^+	溶	溶	溶	溶	溶
Ba^{2+}	溶	溶	溶	不	不
Ca^{2+}	微	溶	溶	微	不
Mg^{2+}	不	溶	溶	溶	微
Al^{3+}	不	溶	溶	溶	—
Mn^{2+}	不	溶	溶	溶	不
Zn^{2+}	不	溶	溶	溶	不
Fe^{2+}	不	溶	溶	溶	不
Fe^{3+}	不	溶	溶	溶	—
Cu^{2+}	不	溶	溶	溶	—
Ag^+	—	溶	不	微	不

说明：“溶”表示可溶于水，“不”表示不溶于水，“微”表示微溶于水，“挥”表示具有挥发性，“—”表示不存在或遇到水就分解了。

元素周期表

周期	族	I A	1
1	1 H	氢	^{1s¹} 1.008
2	3 Li	锂	^{2s¹} 6.941
3	11 Na	钠	^{3s¹} 22.99
4	19 K	钾	^{4s¹} 39.10
5	37 Rb	铷	^{5s¹} 85.47
6	55 Cs	铯	^{6s¹} 132.9
7	87 Fr	钫	^{7s¹} 〔223〕

原子序数
 元素名称,
 注*的是
 人造元
 素
 238.0
 5f²6d¹7s²
 轴
 表示可能的价电子排布
 相对原子质量, 加括号的数
 据为该放射性元素半衰期最
 长同位素的质量数

III A	IV A	V A	VI A	VII A
13	14	15	16	17
5 B	6 C	7 N	8 O	9 F
10.81	12.01	14.01	16.00	19.00
2s ² 2p ¹	2s ² 2p ²	2s ² 2p ³	2s ² 2p ⁴	2s ² 2p ⁵

过度元素

III B	IV B	V B	VI B	VII B	8	9	10	I B	II B	12
3	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn
4	20 Ca	钛	钒	铬	锰	铁	钴	镍	铜	锌
4	19 K	钙	钛	钒	铬	铁	钴	镍	铜	锌
5	38 Sr	锶	钇	锆	铌	钼	铑	锇	铱	铂
6	56 Ba	镧系	镥	铈	钽	钨	铼	锇	铱	铂
7	89-103 Ac-Lr	锕系	镥	铈	钽	钨	铼	锇	铱	铂
8	88 Ra	钫系	镥*	铈*	钽*	钨*	铼*	锇*	铱*	铂*
9	90 Th	钍	镤	镎	钚	镅	锔	锔*	锔*	锔*
10	91 Pa	镤	镎	钚*	镅*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*
11	93 Np	镎	钚	镅*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*
12	94 Pu	钚	镅*	锔*						
13	95 Am	镅	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*
14	96 Cm	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*
15	97 Bk	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*
16	98 Cf	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*
17	99 Es	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*
18	100 Fm	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*	锔*
19	101 Md	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
20	102 No	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
21	103 Lr	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
22	104 Rf	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
23	105 Db	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
24	106 Sg	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
25	107 Bh	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
26	108 Hs	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
27	109 Mt	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
28	110Ds	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
29	111 Rg	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
30	112 Cn	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
31	113 Nh	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
32	114 Fl	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
33	115 Mc	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
34	116 Lv	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
35	117 Ts	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
36	118 Og	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
37	119 Ts	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
38	120 Os	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
39	121 Pt	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
40	122 Au	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
41	123 Hg	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
42	124 Tl	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
43	125 Pb	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
44	126 Bi	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
45	127 Po	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
46	128 At	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
47	129 Rn	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
48	130 At	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
49	131 Rn	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
50	132 Po	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
51	133 At	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
52	134 Te	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
53	135 I	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
54	136 Xe	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
55	137 Rn	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
56	138 Lu	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
57	139 La	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
58	140 Ce	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
59	141 Pr	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
60	142 Nd	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
61	143 Pm	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
62	144 Sm	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
63	145 Eu	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
64	146 Gd	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
65	147 Tb	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
66	148 Dy	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
67	149 Ho	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
68	150 Er	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
69	151 Tm	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
70	152 Yb	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
71	153 Lu	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
72	154 Hf	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
73	155 Ta	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
74	156 W	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
75	157 Re	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
76	158 Os	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
77	159 Ir	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
78	160 Pt	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
79	161 Au	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
80	162 Hg	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
81	163 Tl	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
82	164 Pb	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
83	165 Bi	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
84	166 Po	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
85	167 At	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
86	168 Rn	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
87	169 At	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
88	170 Po	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
89	171 At	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
90	172 Th	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
91	173 Pa	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
92	174 U	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
93	175 Np	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
94	176 Pu	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
95	177 Am	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
96	178 Cm	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
97	179 Bk	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
98	180 Cf	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
99	181 Es	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
100	182 Fm	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
101	183 Md	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
102	184 No	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*
103	185 Lr	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*	钔*

1 H	2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	11 Ar
1.008	4.003	238.0	9.012	10.81	12.01	14.01	16.00	19.00	20.18	24.31
II A	II B	VI B	V B	IV B	III B	VII B	VIII	VII A	V A	III A
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2s ²	3s ²	3d ¹ 4s ²	3d ² 4s ²	3d ³ 4s ²	3d ⁴ 4s ²	3d ⁵ 4s ²	3d ⁶ 4s ²	3d ⁷ 4s ²	3d ⁸ 4s ²	3s ²

元素符号, 红色
 指放射性元素
 价电子排布, 加括号的
 表示可能的价电子排布
 相对原子质量, 加括号的数
 据为该放射性元素半衰期最
 长同位素的质量数

1 H	2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	11 Ar
1.008	4.003	238.0	9.012	10.81	12.01	14.01	16.00	19.00	20.18	24.31
II A	II B	VI B	V B	IV B	III B	VII B	VIII	VII A	V A	III A
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2s ²	3s ²	3d ¹ 4s ²	3d ² 4s ²	3d ³ 4s ²	3d ⁴ 4s ²	3d<				

后记

鲁科版《普通高中教科书 化学》经教育部审定通过，共五册，包括必修两册、选择性必修《化学反应原理》《物质结构与性质》和《有机化学基础》三册。

本套教材的编写工作，认真贯彻《普通高中化学课程标准（2017年版）》的要求，全面体现学生发展核心素养和化学学科核心素养，落实“立德树人”的根本任务，综合反映学生发展、社会发展和学科发展对普通高中化学教材在基础性、时代性、选择性方面的要求，遵循科学教育的规律，倡导积极主动的多样化学习方式和科学有效的学习策略，培养学生的创新精神和实践能力，在义务教育的基础上为进一步提高学生的核心素养构建新的发展平台。

全套教材由普通高中化学课程标准研制组负责人和修订组核心成员、北京师范大学王磊教授，及北京师范大学陈光巨教授共同担任主编。参加本版教材编写的人员有北京师范大学、北京大学、清华大学、首都师范大学、北京海淀教师进修学校等著名高校和教研机构的化学学科专家与化学教育专家，以及来自全国多所著名重点中学和区域教研机构的特级教师与中青年骨干教师。高水平的编写队伍、审读专家和教学实践试用团队，保证了全套教材的科学性、先进性和教学适宜性。

必修化学教材主编为王磊教授；参加必修第一册教材编写的核心作者有：胡久华、齐红涛、赵河林、黄燕宁、魏锐、潘鸿章、张福涛、孙敏；参加必修第二册教材编写的核心作者有：支瑶、刘宗寅、陈颖、卢忠林、于乃佳、张文朴、孙红保、范晓琼。

严宣申、高盘良、薛芳渝、曹居东、刘正平、王明召、尹冬冬、邢国文、门毅、刘翠、全芙君、支二娟、申敬红、常洪德等老师参与了教材编写的研讨和教学试用研究。史凡为教材修订做了许多助理工作。本套教材部分模型图片由北京海码迷笛多媒体技术有限公司制作，实验图片由济南德润高级中学协助拍摄，部分学生实验由陈庆雨协助拍摄。

此次教材修订编写过程中，许多高校学科专家对教材提出了诸多宝贵的修改建议。同时，从第一版教材2004年进入实验区以来，山东、广东、海南、宁夏、安徽、福建、河南、陕西、四川等省区的教育部门和广大教研人员、一线教师，通过多种方式对教材提出了宝贵意见和修改建议，并积极参与到此次修订编写、讨论和试教试用中。在此，不一一列出姓名，编写组对他们的热忱付出，表示衷心的感谢！

本套教材的编写得到了教育部教材局的关心和指导。山东科学技术出版社对本套教材的出版极为重视，为教材的编写和出版给予了大力支持。

本套教材中的部分图片引自有关图书资料，特向这些图片的制作者和有关图书的出版者表示感谢；因多种原因，个别图片的制作者和出版者未能联系上，特向他们表示歉意，请相关图片的作者与我们联系。

在此，向所有关心和支持本套教材编写、出版、发行的单位和同志致以诚挚的谢意！

由于时间仓促，书中难免有疏漏之处，恳请广大师生和教学研究人员提出宝贵意见，以便使其不断完善。

北京师范大学基础教育化学教材编写委员会

2019年5月

普通高中教科书

化学

必修 第一册

必修 第二册

选择性必修1 化学反应原理

选择性必修2 物质结构与性质

选择性必修3 有机化学基础

普通高中教科书

化 学

必修 第一册

PUTONG GAOZHONG JIAOKESHU

HUAXUE BIXIU DI-YI CE

总主编 王磊 陈光巨

本册主编 王磊

主管单位：山东出版传媒股份有限公司

出 版 者：山东科学技术出版社

地址：济南市市中区舜耕路517号

邮编：250003 电话：(0531)82098088

网址：www.lkj.com.cn

电子邮箱：sdkj@sdcbcm.com

发 行 者：山东新华书店集团有限公司

地址：济南市市中区英雄山路189号

邮编：250002 电话：(0531)82797666

印 刷 者：山东新华印务有限公司

地址：济南市高新区世纪大道2366号

邮编：253074 电话：(0534)2671209

规格：大16开（210 mm×297 mm） 印张：9.5 字数：207千字

版次：2019年7月第1版 2022年12月第8次印刷

ISBN 978-7-5331-9848-0 定价：10.79元

价格批准编序号：鲁发改价格核〔2022〕609012 举报电话：12345



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5331-9848-0



定价：10.79元