普通高中教科书

化学

必修

第一册



微信公众号：电子课本大全

©上海科学技术出版社

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 /21
微项目　探秘膨松剂
——体会研究物质性质的方法和程序的实际应用 /33
本章自我评价 /38



第 2 章　元素与物质世界

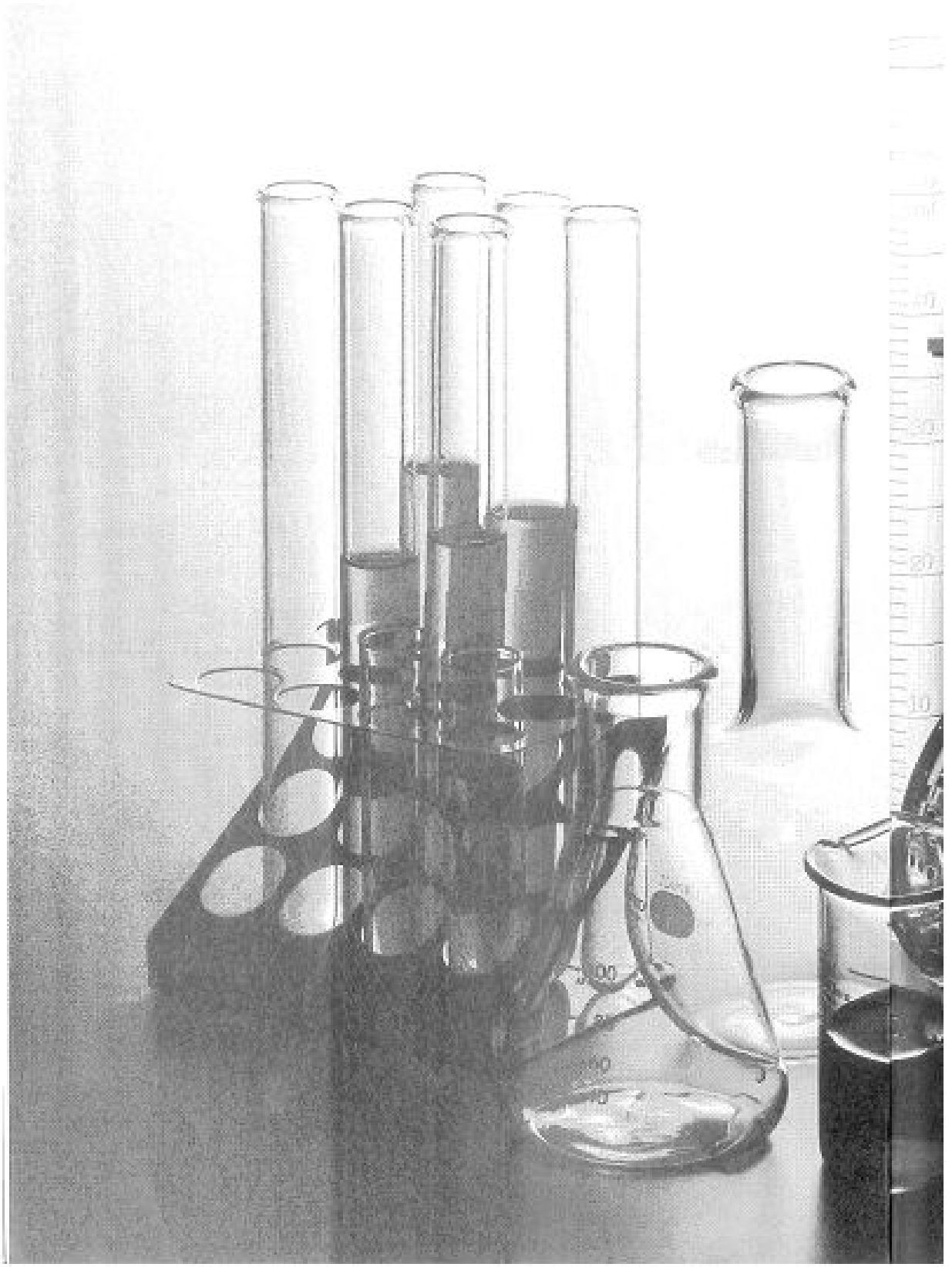
第 1 节　元素与物质的分类 /44
第 2 节　电解质 /53
第 3 节　氧化剂和还原剂 /65
微项目　科学认识和使用含氯消毒剂
——运用氧化还原反应原理解决实际问题 /75
本章自我评价 /80



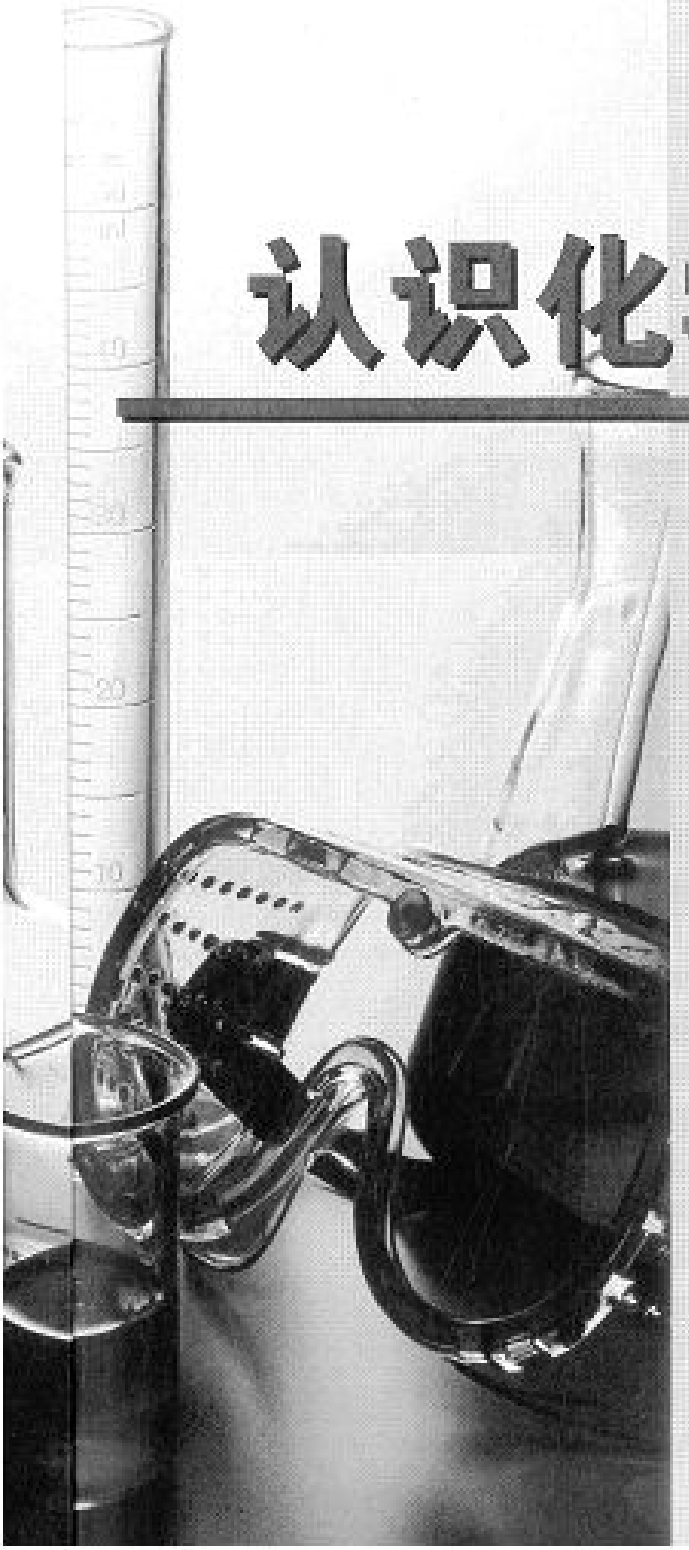
第 3 章　物质的性质与转化

第 1 节　铁的多样性 /86
第 2 节　硫的转化 /96
第 3 节　氮的循环 /108
微项目　论证应对重污染天气的“汽车限行”
议题
——探讨社会性科学议题 /122
本章自我评价 /128

微信公众号：电子课本大全



微信公众号：电子课本大全



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 [8]

第 3 节
化学中常用的物理量——物质的量 [19]

微项目
探秘膨松剂
——体会研究物质性质的方法和程序的实际应用 [29]

本章自我评价 [33]

微信公众号：电子课本大全

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探究：物质究竟是什么？物质是由什么组成的，又是如何发生变化的？怎样才能把一些普通的物质转化成更有价值的物质，使它们更好地为人类的生存与发展服务？……在漫长的探究过程中，人们对物质世界的认识越来越深刻，并建立起化学科学。



图1-1-1　自然世界的奇观之一——山水美

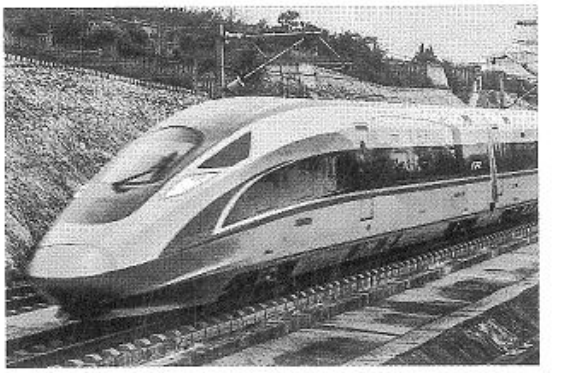


图1-1-2　人造世界的杰作之一——复兴号

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，并且渴望用一些常见的物质炼制出能使人长生不老的丹药或把一些廉价的金属炼制成贵重的金属金。

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的里程碑，是我们从化学视角认识与研究物质世界的重要基础。

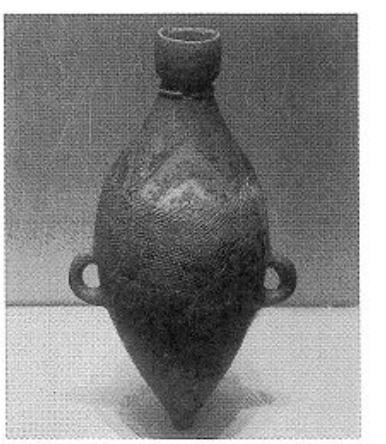


图 1-1-3　我国古代劳动人民的智慧结晶——陶瓷

微信公众号：电子课本大全



图 1-1-4 近代化学的里程碑

交流 · 研讨

人们对物质及其变化的认识在不断地发展完善。请选择上述某个学说或规律，讨论其对于化学科学发展的贡献以及对于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，都是现代化学的重大成就。

现代化学的发展带动了相关科学的进步。例如，化学家对蛋白质化学结构的测定和蛋白质合成的研究，使人们对生命过程有了更深刻的认识，促进了生命科学的发展。1965 年，我国科学家合成了牛胰岛素，这是世界上第一个人工合成的蛋白质，标志着人类在认识生命、探索生命奥秘的征途中迈出了关键一步。再如，化学科学和生命科学共同揭示了生命的遗传物质——DNA 的结构，

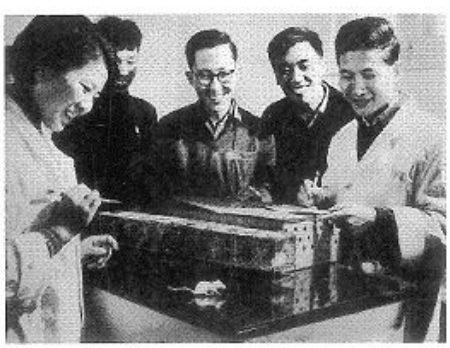


图 1-1-5 合成牛胰岛素的我国科学家

微信公众号：电子课本大全

使生命科学进入研究基因组成、结构和功能的新阶段。

化学科学的发展，对人类文明的进步也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，人们的生活会像现在这样丰富多彩吗？化学科学及其发展为人类的生存与发展做出了重要贡献。

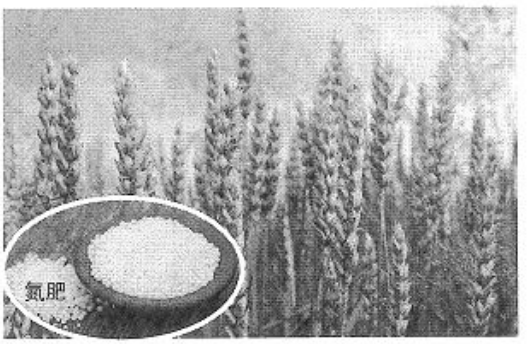


图 1-1-6　氮肥促进粮食增产

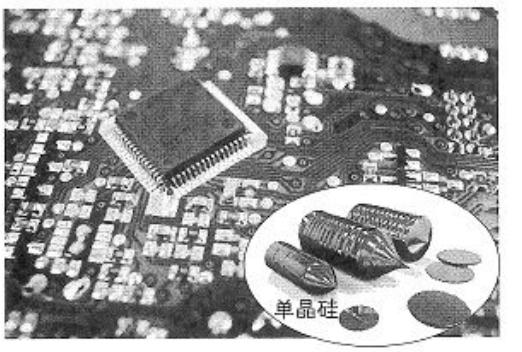


图 1-1-7　硅是信息技术的关键材料

资料在线

国家最高科学技术奖获得者中与化学科学领域相关的科学家

国家最高科学技术奖正式设立于 2000 年，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国际科学技术合作奖）中的最高等级奖项，由国家主席亲自签署、颁发荣誉证书和奖金。截至 2017 年，评选出的与化学科学领域相关的科学家有：

2007 年：闵恩泽（1924—2016），石油化工催化剂专家。

2008 年：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：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：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。

2016 年：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。

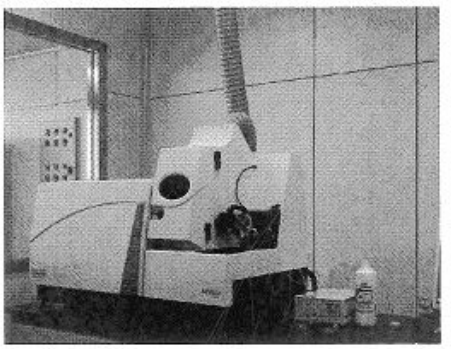
二、化学科学的主要特征

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，其特征是从微观层面上认识物质、以符号形式描述物质、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

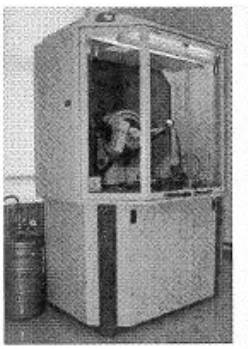
微信公众号：电子课本大全

或用已有的物质为原料把它们制造出来，而且通过对有关物质性质和结构的认识与研究，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。所以说，化学是一门具有创造性的学科。

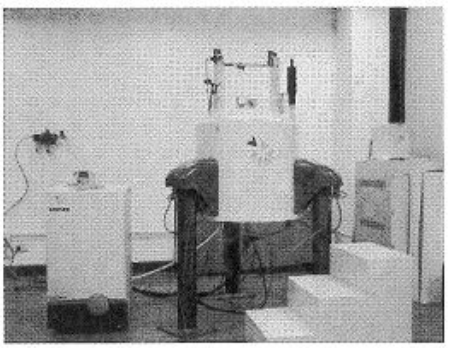
现代化学已经发展成为实验与理论并重的学科。一方面，实验技术手段不断升级优化，推动了化学科学的快速发展。各种分析和测试物质结构、跟踪化学反应过程的技术，如 X 射线衍射、原子吸收光谱、紫外和红外光谱、色谱、质谱、核磁共振等已经成为现代化学研究的重要手段。另一方面，理论化学以理论计算为主要手段，辅以计算机模拟，在研究物质结构、预测物质的反应活性、研究反应的微观过程等领域发挥着越来越大的作用，成为化学科学的重要支撑。



质谱仪



X 射线衍射仪



核磁共振仪

图 1-1-8　一组先进的现代化实验仪器

交流 · 研讨

2015 年 10 月，我国药学家屠呦呦获得诺贝尔生理学或医学奖。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”，“对全球的影响及其对人类福祉的改善是无可估量的”。在青蒿素的发现、提纯、组成与结构测定、合成与修饰、应用过程中，各个环节都有赖于化学科学的支持，饱含了一大批化学工作者的辛勤付出。



图 1-1-9　屠呦呦在实验室工作

参照图 1-1-10 交流研讨：

1. 对屠呦呦启发很大的古代药方中使用了怎样的方法？这种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？

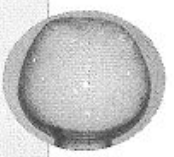
2. 青蒿素的相关研究经历了怎样的过程？这对于你了解化学科学的研究内容有哪些启示？这些研究内容之间有什么关系，用到了哪些基本的研究方法？

3. 通过了解青蒿素的发现与应用过程，你对科学家的科学态度和社会责任产生了哪些新的认识？

微信公众号：电子课本大全

❸ **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

❼ **广泛应用**

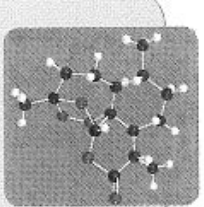
世界卫生组织于 2001 年向恶性疟疾流行的国家推荐以青蒿素为基础的联合疗法，于 2004 年正式将青蒿素复方药物列为治疗疟疾的首选药物。青蒿素问世 40 多年来，帮助 600 多万人摆脱了疟疾的威胁。

❶ **研究的缘起**

疟疾曾经大肆威胁全球人类的健康。1967 年 5 月 23 日，我国 60 多个单位、500 余名科研人员联合研发抗疟新药。

❺ **测定结构**

化学家借助波谱数据和化学反应进行了大量研究，但只获知青蒿素分子中的若干片段。1975 年，利用青蒿素晶体的 X 射线衍射数据攻克了许多难关，终于确定了分子中各原子的空间位置。



青蒿素的分子结构模型

1967 — 1969 — 1972 — 1973 — 1975 — 1978 — 2001

❷ **提取有效成分**

1969 年，屠呦呦研究小组发现青蒿具有抗疟效果，但用水煎熬青蒿无效，乙醇提取物药效不高。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，屠呦呦创造性地使用沸点更低的乙醚（34.6℃）获得了青蒿提取物。

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



青蒿

❻ **合成与修饰**

1978 年到 1984 年初，历时五年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。

❹ **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。化学家使用高分辨率质谱仪测定出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 $C_{15}H_{22}O_5$。但是，要进一步确定青蒿素分子中 42 个原子的空间排布谈何容易。

△ 图 1-1-10　青蒿素的发现、研究与应用

微信公众号：电子课本大全

三、化学科学的探索空间

化学科学将在微观领域的探索中取得更大进展。现在，化学家已经能够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，这就为进一步扩展化学科学的探索空间提供了良好的条件，为化学科学的发展创造了更广阔的未来。

化学科学将在资源和能源的合理开发、科学应用等方面大显身手。借助化学科学，人类可以合理、充分地利用资源和能源，处理好资源和能源的开发利用与生态环境保护之间的关系。

化学科学将继续推动材料科学的发展，使各种新型功能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。依据化学知识，人们可以利用快速灵敏的环境监测和治理手段，对环境问题实施科学的防治措施；利用化学方法，人们可以制造出对环境无害的产品，减少人类活动对环境的影响。

化学科学将进一步促进医学科学的发展，帮助研究人员在分子水平上了解疾病的病理，寻求有效的防治措施，研制新的药物，为人类提供健康保障。

现代化学作为一门“中心科学”，正在以崭新的姿态与国计民生的各个领域保持着密切的联系，使人类的生活更加幸福。

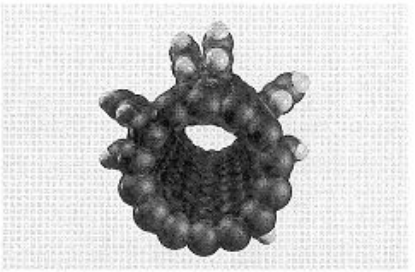


图 1-1-11　分子齿轮

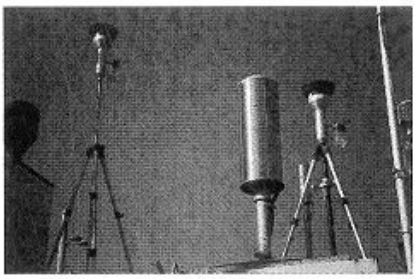


图 1-1-12　一组大气环境监测仪



图 1-1-13　一些合成药物与疾病检测试剂

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己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，就让这套化学教材陪伴大家一起走进丰富多彩的化学世界吧！

微信公众号：电子课本大全

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任务。只有深入地研究物质的性质，才能更好地利用物质。例如，通过对溴化银感光性的研究，制成了感光胶卷；通过对叠氮化钠（NaN_3）性质（在强烈撞击的情况下快速分解并产生大量氮气）的研究，制成了汽车安全气囊；通过对有关燃料性质的研究，制成了火箭推进剂……由此可见，研究物质的性质是十分重要的。那么，怎样才能更科学地研究物质的性质呢？

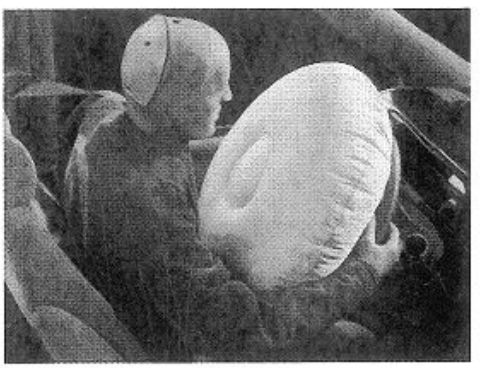


图 1-2-1　已膨起的汽车安全气囊

交流 · 研讨

1. 在初中化学的学习中，你认识了哪些物质？你是通过什么方法来研究它们的性质的？

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。人们既可以直接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观察。在观察过程中，不仅要用感官去搜集信息，还要积极地进行思考，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。

微信公众号：电子课本大全

观察·思考

观察金属钠及金属钠与水反应的现象

观察目的

1. 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。

2. 认识金属钠与水的反应。

观察内容

1. 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。

2. 向培养皿中加入适量水，滴入 1~2 滴酚酞溶液，取一块绿豆粒大小的金属钠投入水中，观察现象。



图 1-2-2　保存在煤油中的金属钠

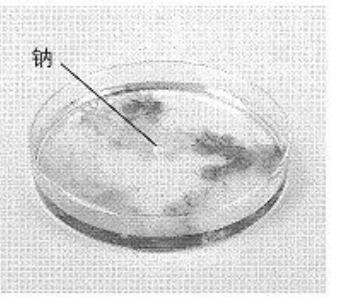


图 1-2-3　金属钠与水的反应

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

你是如何通过观察来认识金属钠的物理性质及它与水的反应的？在观察过程中，你发现了哪些问题？

微信公众号：电子课本大全

钠（sodium）是一种银白色的金属，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 $g \cdot cm^{-3}$。

金属钠能与水发生反应，生成物为氢氧化钠和氢气。

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$$

资料在线

金属钠的主要用途

高压钠灯（利用钠蒸气放电产生可见光）因其发出的黄光射程远、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。

在研究物质性质的过程中，可以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。在进行实验时，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。

在进行研究物质性质的实验时，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。

活动·探究

金属钠与氧气反应的实验

实验目的

1. 探究金属钠与氧气的反应。
2. 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

1. 将切好的金属钠放置在空气中，观察现象。
2. 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
金属钠放置在空气中		
金属钠在空气中加热		

微信公众号：电子课本大全

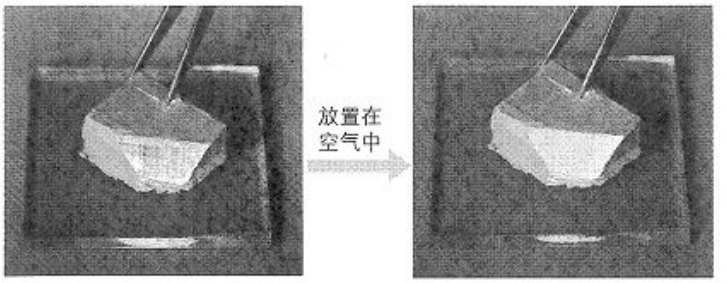


图 1-2-4　金属钠的切面在空气中的变化

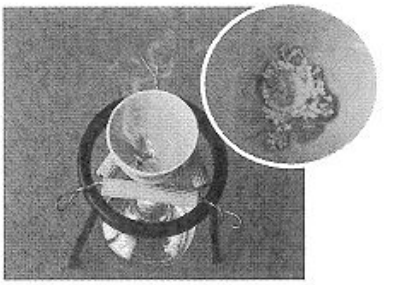


图 1-2-5　在空气中加热金属钠所发生的变化

思考

1. 通过这组实验，你对金属钠与氧气的反应有了哪些认识？
2. 请比较金属钠与其他金属在性质上的相同点和不同点。
3. 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，生成白色的氧化钠（Na_2O），失去金属光泽；金属钠在空气中加热会生成过氧化钠（Na_2O_2）。

$$4Na + O_2 = 2Na_2O$$

$$2Na + O_2 \xlongequal{\triangle} Na_2O_2$$

过氧化钠是一种淡黄色的固体粉末，与水或二氧化碳反应可以产生氧气，呼吸面具和潜水艇里氧气的供给常用到这一反应原理。

$$2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2\uparrow$$

$$2Na_2O_2 + 2CO_2 = 2Na_2CO_3 + O_2$$

除了观察和实验外，分类和比较也是研究物质性质的常用方法。在研究物质的性质时，运用分类的方法，可以对物质及其变化进行预测和研究并总结出各类物质的一般性质和特性；运用比较的方法，可以找出各类物质性质间的异同，认识各类物质性质间的内在联系。

除了研究物质性质的基本方法外，在进行化学研究时还需要用到假说和模型的方法。在已有事实材料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和规律的本质或未知事实进行推测性说明，通过建构模型对物质及其变化进行简化模拟。假说和模型具有解释性功能和预见性功能，但是运用假说、模型进行的预测是否正确，还需要通过实验来检验和证明。在科学研究中，当旧的假说和模型对已知的自然现象解释得有疏漏或解释不了新的实验事实时，科学工作者就会考虑提出新的假说和模型，并用实验来验证。

微信公众号：电子课本大全

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。在研究物质的性质时，通常首先要观察物质的外观，了解物质的颜色、存在状态、气味等；其次要通过实验来探究物质的有关性质；最后通过对实验现象的分析，总结和归纳物质的性质，并对实验中出现的特殊现象进行进一步的研究。在研究过程中，往往要先对物质的性质进行预测，再设计并实施实验方案来验证预测。研究物质性质的基本程序如图 1-2-6 所示。

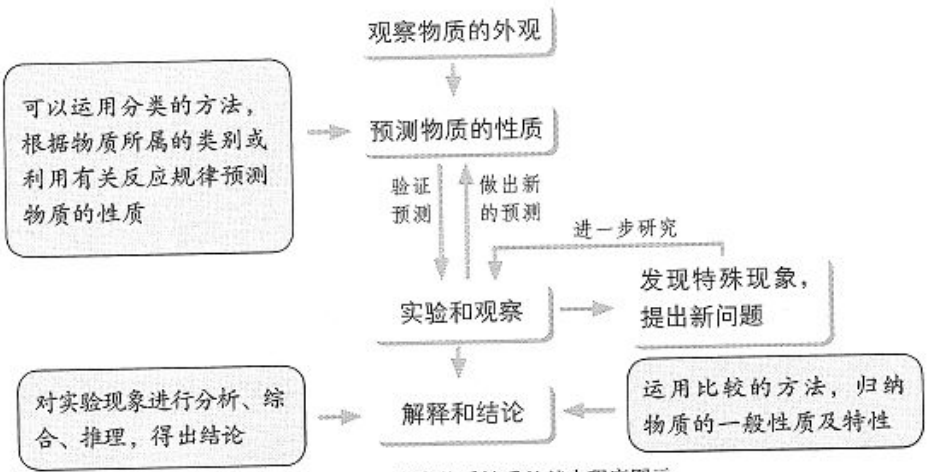


图 1-2-6　研究物质性质的基本程序图示

案例：研究氯气的性质

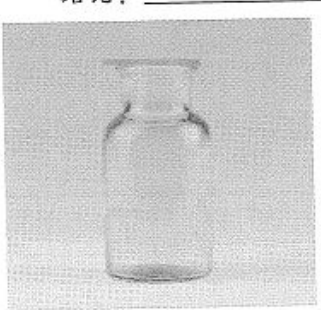
氯气（chlorine）是一种具有重要用途的气体。在工业上，氯气是重要的化工原料，大量用于制造盐酸、有机溶剂和杀菌消毒剂等。

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：_____。



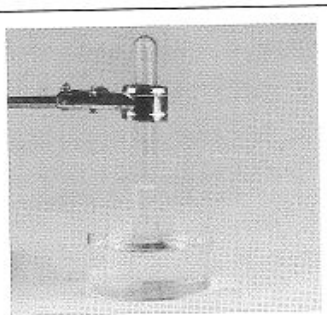


图 1-2-7　氯气及其溶解性实验

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。

微信公众号：电子课本大全

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？

通常可以根据物质的类别来认识一类物质的化学性质。氧气是一种非金属单质。根据氧气的化学性质，你能初步预测非金属单质能与哪些类别的物质反应吗？

在以后的学习中，你将掌握根据物质中元素的化合价来预测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（切去氧化层），用滤纸吸干煤油，放在石棉网上，用酒精灯微热。待钠熔成球状时，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】用排饱和食盐水法收集一瓶氯气（瓶内保留少量饱和食盐水），把一束烧得红热的细铁丝伸入充满氯气的集气瓶中，观察现象。

【实验 3】用排饱和食盐水法收集一瓶氯气（瓶内保留少量饱和食盐水），把一束烧得红热的细铜丝伸入充满氯气的集气瓶中，观察现象。

【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。

实验内容及实验记录

实验内容	实验现象	实验结论
氯气与钠的反应		
氯气与铁的反应		
氯气与铜的反应		
氯气与氢气的反应		

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。

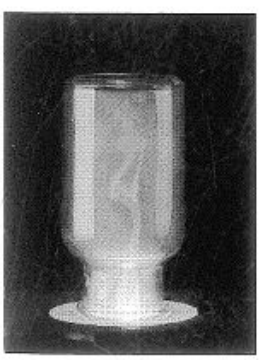


图 1-2-8　金属钠在氯气中燃烧

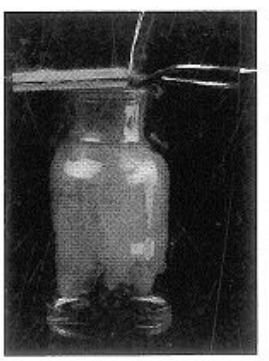


图 1-2-9　铁丝在氯气中燃烧



图 1-2-10　铜丝在氯气中燃烧

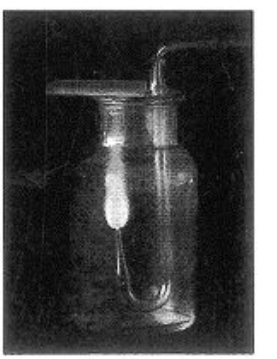


图 1-2-11　氢气在氯气中燃烧

微信公众号：电子课本大全

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，吸入少量氯气时会使鼻腔和喉头黏膜受到刺激并引起胸痛和咳嗽，吸入较多氯气时会使人窒息死亡；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，1 体积水可溶解约 2 体积氯气。

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

$$2Na + Cl_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2NaCl$$

$$2Fe + 3Cl_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2FeCl_3$$

$$Cu + Cl_2 \xlongequal{\text{点燃}} CuCl_2$$

$$H_2 + Cl_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2HCl$$

实验探究

氯气能与水反应吗

提出问题

在研究氯气的溶解性实验中，将氯水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？

预测与根据

预测	根据

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盛有干燥红纸条的广口瓶 A 和盛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能否与水发生反应。

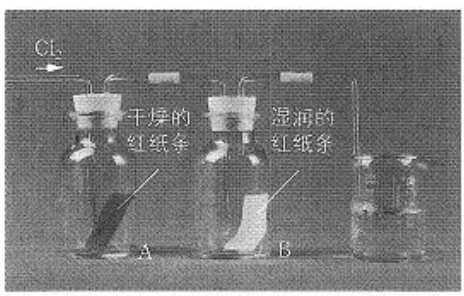


图 1-2-12　验证氯气能否与水反应的实验

实验用品

氯气，镁条，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。

微信公众号：电子课本大全

实验方案实施

实验内容	实验现象	实验结论

思考

1. 氯气能与水发生反应吗？你是如何确定的？

2. 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：

$$Cl_2 + H_2O \xlongequal{} \underset{\text{次氯酸}}{HClO} + HCl$$

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

氯气还能与碱发生化学反应，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。

$$Cl_2 + 2NaOH \xlongequal{} NaCl + \underset{\text{次氯酸钠}}{NaClO} + H_2O$$

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，都具有漂白作用与消毒作用。

次氯酸具有较强的漂白和消毒作用，它是一种不稳定的酸，见光易分解。

通常用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。以次氯酸盐为有效成分的漂白剂和消毒剂应避光并置于阴凉处密封保存。

“84”消毒液是一种常用的消毒液，其主要成分为次氯酸钠。

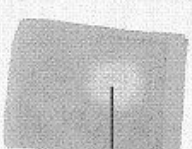
漂白粉（主要成分为次氯酸钙和氯化钙，有效成分为次氯酸钙）是一种常用的漂白剂，它是利用氯气与石灰乳反应制成的，所发生的反应为：

$$2Cl_2 + 2Ca(OH)_2 \xlongequal{} CaCl_2 + Ca(ClO)_2 + 2H_2O$$

二氧化氯（ClO_2）也可用于漂白和消毒。二氧化氯的漂白能力和消毒能力比氯气强且使用起来更加安全。现在，二氧化氯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。



“84”消毒液



被“84”消毒液漂白的部分

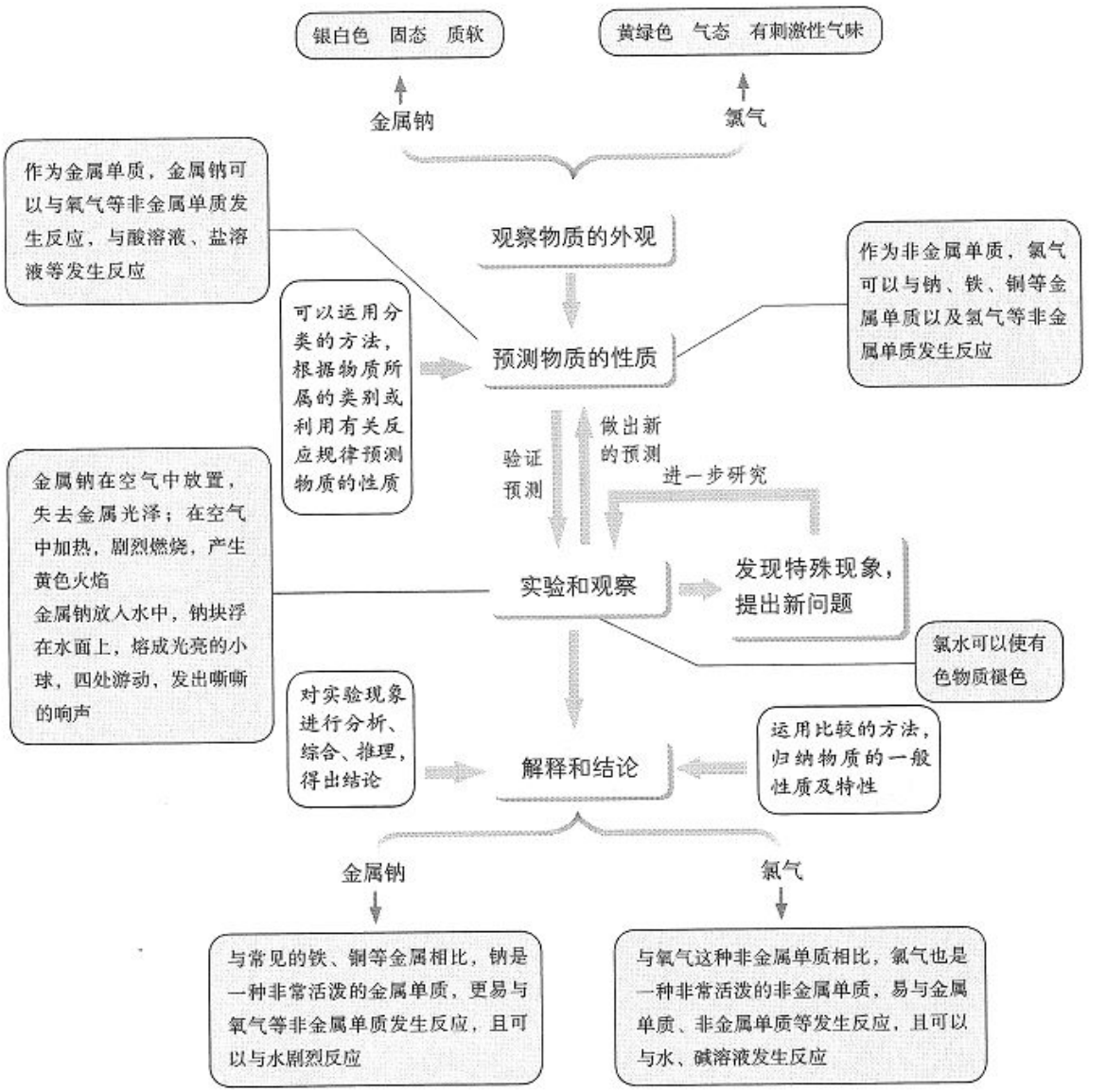
图 1-2-13 “84”消毒液及其漂白作用

微信公众号：电子课本大全

研究物质性质应遵循科学探究的基本方法和程序，以证据为基础进行分析和推理，并注重宏观与微观的联系等，这对于研究物质性质的科学探究活动非常重要。

概括·整合

请根据研究物质性质的基本方法的基本程序图示总结钠与氯气的性质，示例如下：



微信公众号：电子课本大全

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。请你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. 氯气是一种有毒的气体

（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. 本节学习了一些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，在空气中燃烧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样的基本方法，并说明理由。

应用·实践

4. 金属钠和氯气在工业中的用途都非常广泛。根据金属钠和氯气的性质完成下列各题。

（1）将金属钠放入 $CuSO_4$ 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：$2NaNO_3 + 10Na \xlongequal{} 6Na_2O + N_2\uparrow$。试说明不用金属钠与氧气的反应而采用此反应的理由：_____

_____。

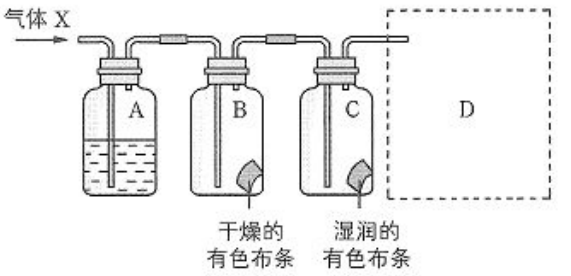
（3）将氯气通入石蕊溶液中，可以观察到的现象是_____。

微信公众号：电子课本大全

请解释其中的原因：_____。

（4）氯气在工农业生产中有着重要的应用，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，若不慎将氯气泄漏到环境中会造成空气污染。请你根据氯气的性质提出一种能有效消除氯气污染的方法：_____。

5. 某同学用下图所示的方法研究物质的性质，其中气体 X 的主要成分是氯气，还含有水蒸气。请完成下列各题。



第 5 题图

（1）该项研究（实验）的主要目的是_____。

（2）洗气瓶 A 中盛放的液体试剂为_____。

（3）与研究（实验）目的直接相关的实验现象是_____。

（4）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 处画图将实验装置和所用试剂补充完善。

微信公众号：电子课本大全

第 3 节　化学中常用的物理量——物质的量

通常，我们用质量、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研究中常常要关注的问题。对于一定量的物质，怎样才能既了解它的宏观量（如质量、体积），同时又知道它所含微观粒子的数量呢？为此，科学界引入了一个新的物理量——物质的量。

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中含有的水分子，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中含有多少个水分子呢？

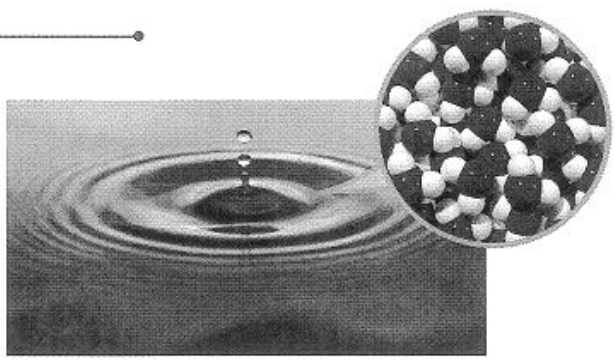


图 1-3-1　水与水的微观构成示意图

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宏观量（如质量、体积）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”。国际上规定，1 mol 任何微粒所含的微粒数与 0.012 kg 一种碳原子（^{12}C）所含的碳原子数相等。实验表明，0.012 kg ^{12}C 所含的碳原子数约为 6.02×10^{23}。国际纯粹与应用化学联合会（简称 IUPAC）规定，0.012 kg ^{12}C 所含的碳原子数为**阿伏加德罗常数**的数值，阿伏加德罗常数的符号为 N_A，通常用 $6.02\times10^{23}\ mol^{-1}$ 表示。那么：

微信公众号：电子课本大全

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

1 mol H_2O 含有约 6.02×10^{23} 个 H_2O；

1 mol NO_3^- 含有约 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，可以得出：3.01×10^{23} 个氧气分子的物质的量约为 0.5 mol，9.03×10^{23} 个铁原子的物质的量约为 1.5 mol。可见，物质的量是用 0.012 kg ^{12}C 中所含的原子数作为标准来衡量其他微粒集体所含微粒数多少的物理量。

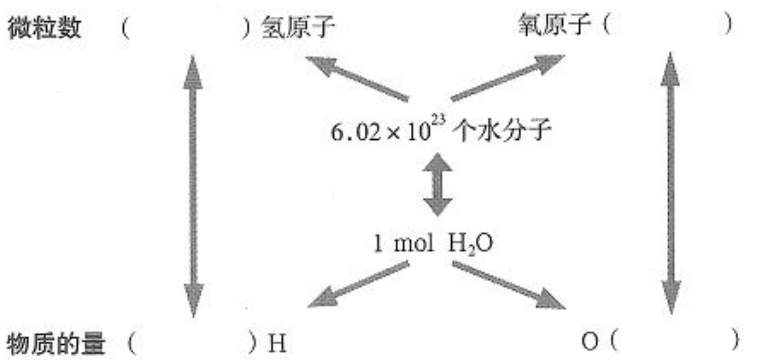
资料在线

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（cad），同时它们又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。

微信公众号：电子课本大全

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。那么，1 mol 不同物质的质量究竟是多少，它们的体积又是多大呢？

交流 · 研讨

请分析表 1-3-1 列出的有关数据。

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_2O	18	18 g	—	18.0 cm^3	—
C_2H_5OH	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

讨论

1．1 mol 物质的质量在数值上有什么特点？

2．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？

1. 摩尔质量

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），它的常用单位为 $g \cdot mol^{-1}$ 或 $kg \cdot mol^{-1}$。

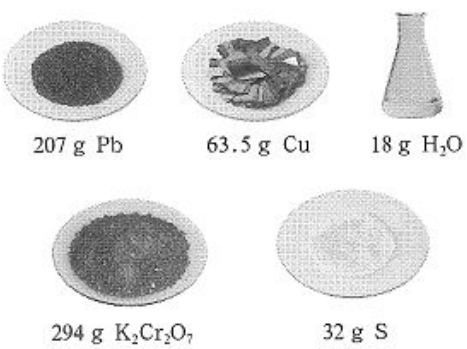


图 1-3-2　1 mol 不同物质的质量

微信公众号：电子课本大全

物质的量（n）、质量（m）和摩尔质量（M）之间存在以下关系：

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

根据上式，可以进行质量和物质的量之间的换算。例如，氧气的摩尔质量为 32 $g\cdot mol^{-1}$，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 $g\cdot mol^{-1}$，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，在常温、常压下，分子之间的平均距离比分子直径大得多，因此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，1 mol 任何气体含有的分子数都相同，分子之间的平均距离也近似相等，所以它们的体积基本相同。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），它的常用单位为 $L\cdot mol^{-1}$ 或 $m^3\cdot mol^{-1}$。标准状况（standard temperature and pressure，简写为 STP，指温度为 0 ℃、压强为 101 kPa 的状况）下，气体摩尔体积约为 22.4 $L\cdot mol^{-1}$。

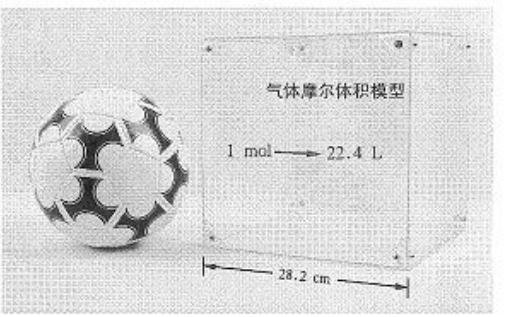


图 1-3-3　标准状况下 1 mol 气体体积大小示意图

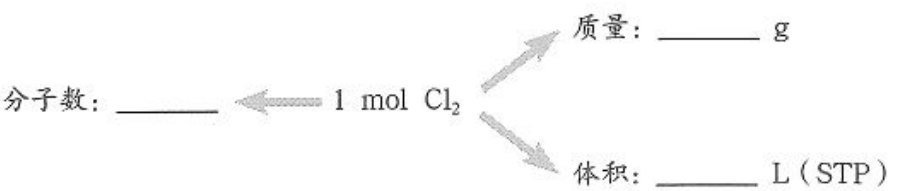
物质的量（n）、气体的体积（V）和气体摩尔体积（V_m）之间存在以下关系：

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

根据上式，可以得知：在标准状况下，33.6 L 氧气的物质的量约为 1.5 mol，2 mol CO_2 的体积约为 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。



微信公众号：电子课本大全

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（A.Avogadro）在大量实验的基础上总结出：在同温、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，表明微观原子或分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微观性质和数量。

1865 年，奥地利化学家洛喜密脱（J.J.Loschmidt）成功测定出标准状况下 1 cm^3 气体中所含的分子数约为 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 cm^3。以上两个数值相乘，即 $1.83\times10^{18}\times22\ 330$ 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.B.Perrin）用新的方法测定出，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 $6.023\ 38\times10^{23}$，2010 年国际科学技术数据委员会 (CODATA) 公布的测定结果为 $6.022\ 141\ 29\times10^{23}\pm0.000\ 000\ 27\times10^{3}$。

三、物质的量浓度

物质的量是一个化学中常用的物理量，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。

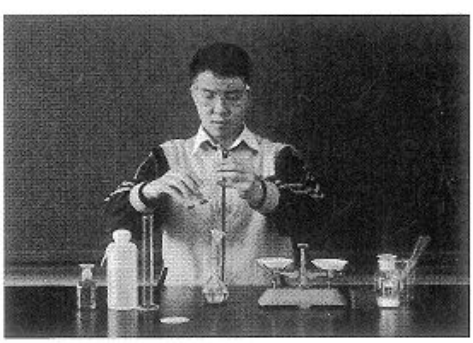


图 1-3-4　学生在配制一定物质的量浓度的溶液

微信公众号：电子课本大全

实验方案设计及实施

实验步骤	所用仪器及具体操作
1. 确定溶质的质量	
2. 溶解	
3. 将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

1. 在配制上述溶液的过程中，容量瓶所起的作用是什么？
2. 为了准确配制此溶液，在实验操作方面应注意哪些问题？
3. 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

配制一定物质的量浓度的溶液的方法

配制一定体积和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，溶液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。

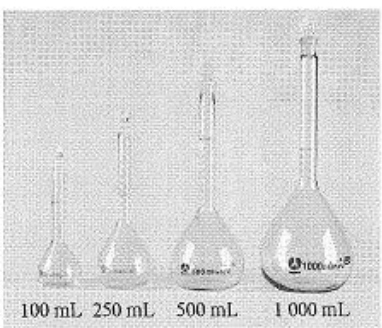


图 1-3-5　几种常用规格的容量瓶

配制一定体积的溶液时应主要注意以下两点：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凹液面不超过瓶颈上的刻度线。根据上述两点，应进一步采取具体措施来提高所配制溶液浓度的精确度。

为了提高称量的准确性，建议在本实验中使用电子天平。

对于溶液的组成，除了可用溶质的质量分数表示外，还可用单位体积溶液中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，所含溶质的物质的量为 0.04 mol，也就是说，1 L 这样的溶液中含有 0.4 mol NaCl，溶液的组成可表示为 0.4 mol · L^{-1}。像这样，单位体积溶液中所含溶质 B 的物质的量叫作溶质 B 的**物质的量浓度**（c_B，amount of substance concentration）。物质的量浓度是用来表示溶液组成的物理量，常用的单位为 mol · L^{-1} 或 mol · m^{-3}，有时也用 mmol · L^{-1}。



图 1-3-6　0.4 mol · L^{-1} NaCl 溶液

微信公众号：电子课本大全

迁移·应用

1. 小明的爷爷去医院检查身体，下表是血液检验单的部分数据，请你解读这些数据的含义。

项目名称	结果	单位	参考值
甘油三酯	1.52	$mmol \cdot L^{-1}$	0~1.71
总胆固醇	4.27	$mmol \cdot L^{-1}$	3.6~5.18
葡萄糖	7.94	$mmol \cdot L^{-1}$	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 H_2SO_4 的物质的量浓度为 $1.5\ mol \cdot L^{-1}$，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？

在一定物质的量浓度的溶液中，溶质 B 的物质的量（n_B）、溶液的体积（V）和溶质 B 的物质的量浓度（c_B）之间存在以下关系：

$$n_B = c_B \times V$$

由上式可以算出，对于 200 mL 物质的量浓度为 $2\ mol \cdot L^{-1}$ 的 H_2SO_4 溶液来说，所含 H_2SO_4 的物质的量为 $2\ mol \cdot L^{-1} \times 0.2\ L = 0.4\ mol$。因此，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中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。

学习了物质的量这一物理量后，我们可以从一个新的角度来认识化学反应。例如，对于化学反应 $2H_2 + O_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2H_2O$，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

在实验室里需要制取一定量的氢气。现将 0.65 g 金属锌放入一定体积的 $2\ mol \cdot L^{-1}$ 盐酸中，它们恰好完全反应。请完成下面的表格。

化学反应	$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$			
物质的量				
质量或气体体积（STP）	0.65 g			

微信公众号：电子课本大全

讨论

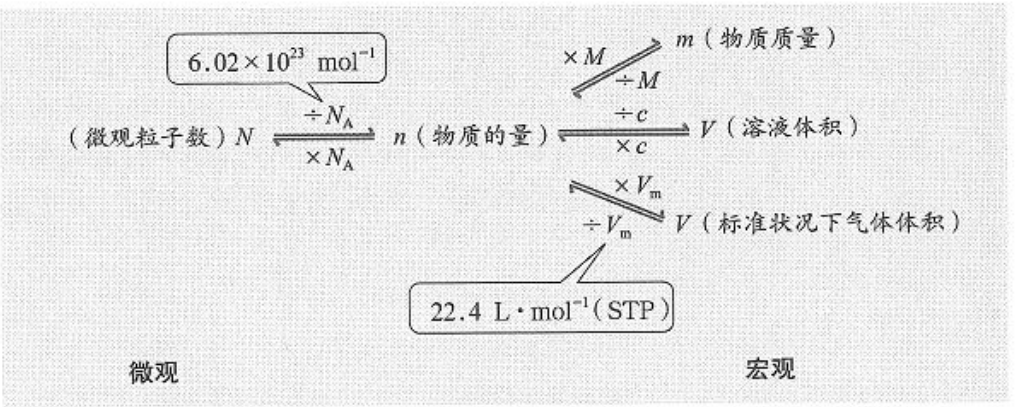
1. 分别用质量、物质的量计算所需盐酸的体积。比较使用哪种物理量进行计算更方便，更能反映出宏观物质之间进行反应时微观粒子之间的数量关系。

2. 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？

物质的量这一物理量就像一座桥梁，把物质的质量或体积等宏观量与微观粒子的数量联系起来。通过它，不仅可以了解一定质量或体积的物质所含有的微粒数，还可以知道化学方程式中反应物或生成物化学式前的计量系数之比就是它们的物质的量之比，从而能更清楚地认识化学反应中各物质之间的定量关系。

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 H_2O 约含_____个水分子；1.204×10^{24} 个水分子的物质的量约为_____mol。

（2）1 mol O 约含_____个电子。

（3）2 mol H^+ 约含_____个 H^+。

微信公众号：电子课本大全

（4）1.806×10^{24} 个电子的物质的量约为_____mol。

（5）5 mol CO_2 与 8 mol SO_2 的分子数之比是_____，分子中原子总数之比是_____。

（6）将 28 g 氢氧化钾配成 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 二氧化碳含有的分子数约为_____。

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 $CO+2H_2\xlongequal{\text{一定条件}}CH_3OH$ 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 碳酸钠溶于 1 L 水中所得溶液与 1 mol Na_2CO_3 溶于水稀释成 1 L 的溶液相比，Na_2CO_3 的物质的量浓度是否相等？为什么？

4. 在求相同质量的 SO_2 和 SO_3 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 SO_2 和 SO_3 的质量均为 m g，每个硫原子的质量为 a g。

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

解法 2：设 SO_2 和 SO_3 的质量均为 m g。

$$\left(\frac{m\text{ g}}{64\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}\times6.02\times10^{23}\text{ mol}^{-1}\right):\left(\frac{m\text{ g}}{80\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}}\times6.02\times10^{23}\text{ mol}^{-1}\right)=5:4$$

解法 3：设 SO_2 和 SO_3 的质量均为 m 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？你倾向于使用哪一种解法？为什么？

应用·实践

5. 4 ℃时在 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 mol·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

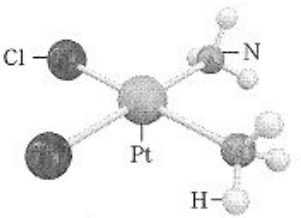
C. 该溶液溶质的质量分数因溶液的密度未知而无法求得

D. 该溶液的体积为 22.5 L

6. 咖啡中含有咖啡因（化学式为 $C_8H_{10}N_4O_2$）。如果一杯咖啡中含有 0.194 g 咖啡因，这杯咖啡中约含有多少个咖啡因分子？

微信公众号：电子课本大全

7. 顺铂［化学名称为顺二氯二氨合铂(Ⅱ)，化学式为 $Pt(NH_3)_2Cl_2$］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 3×10^{-4} 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. 对于反应 $2CO+O_2\xlongequal{点燃}2CO_2$，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约为多少？

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

10. 表示溶液浓度的方法通常有两种：溶液中溶质的质量分数和溶质的物质的量浓度。因此，在配制溶液时，根据不同的需要可选用不同的配制方法。例如：

(1) 用 10% 的 NaOH 溶液配制 27.5 g 2% 的 NaOH 溶液。

① 需 _____g 10% 的 NaOH 溶液（密度为 1.01 g·cm^{-3}），其体积为 _____mL，需加 _____mL 水（密度为 1 g·cm^{-3}）进行稀释。

② 用量筒量取 10% 的 NaOH 溶液 _____mL，量取时视线要跟量筒内 _____保持水平，然后注入烧杯中；用量筒量取蒸馏水 _____mL，也注入烧杯中。

③ 用 _____ 将上述溶液搅拌均匀，即得 27.5 g 2% 的 NaOH 溶液。

(2) 用 98% 的浓硫酸配制 100 mL 3 mol·L^{-1} 的稀硫酸。

① 需量取浓硫酸（密度为 1.84 g·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. 向容量瓶中注入少量蒸馏水，检查是否漏水

B. 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

C. 将已冷却的稀硫酸注入经检查不漏水的容量瓶中

D. 根据计算，用量筒量取一定体积的浓硫酸

E. 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

F. 盖上容量瓶塞子，振荡，摇匀

G. 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

H. 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

微信公众号：电子课本大全

微项目

探秘膨松剂

——体会研究物质性质的方法和程序的实际应用

项目学习目标

- 通过观察、实验、分类、比较等方法，结合研究物质性质的基本程序，对碳酸氢钠的蓬松作用原理进行实验探究，体会研究物质性质的基本方法和基本程序在化学研究中的作用。
- 学习如何在真实情景中分析、解决实际问题，探究陌生物质的性质。

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、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，从而使食品具有柔软或蓬松特点的一类物质。膨松剂可分为生物膨松剂（酵母）和化学膨松剂两大类，而化学膨松剂又可分为单一膨松剂和复合膨松剂。

在食品的加工过程中加入膨松剂，为什么可以使食品变得蓬松？我们发现，化学膨松剂中基本上都含有一种化学物质——碳酸氢钠。那么，碳酸氢钠为什么能起到蓬松作用呢？

在本项目中，你将运用研究物质性质的基本方法和基本程序，对碳酸氢钠的蓬松作用原理进行实验探究并自己设计和运用复合膨松剂，从而提高运用化学知识探究陌生物质的性质、解决实际问题的能力。

项目活动 1　探究碳酸氢钠的蓬松作用原理

一天，小丽发现妈妈蒸的馒头不像平常做得那么松软，而且色泽发黄、略带碱味，于是不解地询问妈妈这是怎么回事。妈妈说和面的时候放了酵头，但是准备蒸馒头时发现面团发得不太好，于是添加了一些碳酸氢钠。这激发了小丽的兴趣。查阅资料后，小丽了解到碳酸氢钠可以用作蒸馒头的膨松剂，但单独使用效果并不太好，如果在使用的同时加入一定量的食醋，就可以弥补其不足。在妈妈的帮助下，小丽直接用碳酸氢钠和食醋和面重新蒸了一锅馒头，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

微信公众号：电子课本大全

资料在线

酵头——老面

用老面发酵是我国传统的馒头制作方法。

老面又称面起子、酵头，是上次发面蒸馒头时剩下的小团面，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。

发酵是馒头制作中最关键的环节。面团在酵母菌以及其他一定数量和种类的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，会加入碱性物质（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，使面团变得更加蓬松。不过，碳酸钠加入的量过多，会使蒸出的馒头发黄、带有碱味。

结合此实例，与小组同学交流讨论，推测碳酸氢钠在妈妈和小丽制作馒头过程中的作用原理。请把推测的具体依据和推测的碳酸氢钠的作用原理填写在下面的表格中。

推测的具体依据	推测的碳酸氢钠的作用原理

根据你们小组对碳酸氢钠的蓬松作用原理的推测，设计实验探究碳酸氢钠的化学性质，并把设计的实验方案和探究的结果记录在下面的表格中。

实验用品

试剂：根据实验方案设计的需要，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

1. 依据碳酸氢钠的化学性质，进一步解释做馒头过程中发生的现象。
2. 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。
3. 如果面团没有发酵，能不能用加入纯碱的方法使其蓬松？

微信公众号：电子课本大全

碳酸氢钠是比较常用的价格低廉的能使面团蓬松的物质。碳酸氢钠溶于水时，其溶液呈碱性，可与酸反应。在烹饪中，利用 $NaHCO_3$ 溶液的碱性可以起到去油腻、调节面团酸度等作用。碳酸氢钠受热分解会产生二氧化碳气体，从而可以起到使面团蓬松的作用，而与其组成相似的碳酸钠受热却难以分解。在酸性物质存在的情况下，碳酸氢钠的蓬松效果会更好，因为酸可以与碳酸氢钠反应产生更多的二氧化碳气体。利用碳酸氢钠的上述性质，可以使糕点、馒头等变得松软可口。

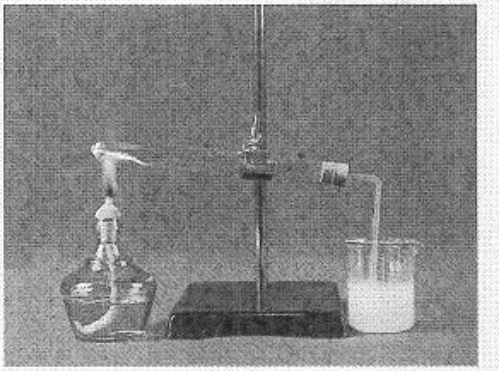


图 1-4-2　碳酸氢钠受热分解

$$2NaHCO_3 \xlongequal{\triangle} Na_2CO_3 + H_2O + CO_2\uparrow$$

$$NaHCO_3 + HCl = NaCl + H_2O + CO_2\uparrow$$

项目活动 2　设计并运用复合膨松剂

碳酸氢钠作为单一膨松剂，可能会造成食品口味不纯、颜色加深等问题。结合对碳酸氢钠蓬松作用原理的探讨，应如何选择合适的物质来制成复合膨松剂呢？

1. 请在白醋、柠檬酸中选择你认为合适的物质和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蓬松效果的因素。

2. 除了用碳酸氢钠，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 $C_6H_8O_7$）是一种重要的有机酸，为无色晶体，常含有一分子结晶水（化学式为 $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$），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 柠檬酸与 3 mol 碳酸氢钠能恰好完全反应生成柠檬酸钠、二氧化碳和水。

在单一膨松剂中加入酸性物质可以解决使用单一膨松剂时造成的一些问题。人们现在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。通常用量为膨松剂质量的 30%~50%，其作用是通过反应产生二氧化碳气体。常用的是碳酸氢钠和碳酸氢铵。

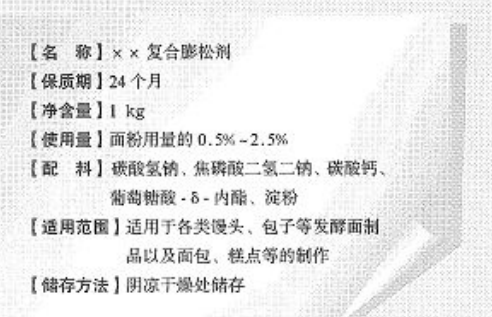


图 1-4-3　某复合膨松剂的说明书

微信公众号：电子课本大全

2. 酸性物质。通常用量为膨松剂质量的30%~40%，其作用是与碳酸盐发生反应产生二氧化碳气体，提升膨松剂的蓬松效果，并降低食品的碱性。

3. 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和失效，也具有调节气体产生速率或使气体均匀产生等作用。

化学前沿

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。微胶囊技术是当今一项用途广泛而又发展迅速的新技术，其应用于食品工业中，极大地推动了食品工业由低级产业向高级产业的转变。目前，该项技术在我国尚处于起步阶段。

利用微胶囊技术可以避免复合膨松剂中碳酸盐类和酸性物质在储存过程中过早接触反应而使膨松剂的蓬松效果减弱或失效，使它们在需要时再接触而发生反应产生气体。另外，利用微胶囊技术包埋碳酸氢钠，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，达到更佳的蓬松效果。

项目成果展示

总结你在项目实施过程中探究物质性质的思路，并说明你是如何在真实情景中分析和解决实际问题的。

微信公众号：电子课本大全

本章自我评价

本章学习主要促进“科学态度与社会责任”“宏观辨识与微观探析”和“科学探究与创新意识”化学学科核心素养的发展。请通过下表检查本章的学习情况。

核心素养	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、氯气等一系列的科学探究活动，发展安全意识和严谨求实的科学态度。	1. 能列举化学科学发展的重要事件，认同其对推动社会发展的贡献，能说出其中的创新点。 2. 能根据化学问题做出预测和假设，能依据实验目的和假设设计解决简单问题的实验方案，并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，树立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。 4. 能预测物质的某些性质，并利用实验进行验证。 5. 能列举钠和氯的重要化合物并了解金属钠和氯气的性质。 6. 能基于物质的量认识物质的组成及物质的化学变化，并能运用物质的量、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。
宏观辨识与微观探析	基于研究物质性质的方法和程序，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。	
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。	

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 $1\ g\cdot cm^{-3}$）中

C. 放在水中

D. 放在煤油中

2. 某学生将一小块金属钠投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（　　）。

微信公众号：电子课本大全

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．氯气不能溶于水，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（$CuSO_4 \cdot 5H_2O$）配制 1 L 0.1 $mol \cdot L^{-1}$ $CuSO_4$ 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_0 代表阿伏加德罗常数的值。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 $0.1N_0$

B．$0.2N_0$ 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_0

D．N_0 个氧气分子与 N_0 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，反应如下：

$$2Hg + O_2 \xlongequal{\triangle} 2HgO$$

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 mol HgO + 0.2 mol Hg

B．0.1 mol HgO + 0.1 mol Hg

C．0.2 mol HgO

D．0.2 mol HgO + 0.1 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：_____

微信公众号：电子课本大全

_____。

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如果你在该厂实验室准备撤离时，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：

$$Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaClO + H_2O$$

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

（1）这两种溶液各需多少升才能分别与 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 g·mL^{-1}、氯化氢的质量分数为 36.5% 的浓盐酸配制 250 mL 0.1 mol·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，其正确的操作顺序是_____（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

微信公众号：电子课本大全

（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。某膨松剂中起蓬松作用的物质为碳酸氢钠和碳酸氢铵。

（1）某学校兴趣小组为研究该膨松剂在加热情况下发生的反应和放出的气体的量，设计了以下实验。

实验Ⅰ：将一定质量的固体样品置于试管中，用酒精灯加热片刻，在试管口立即可以闻到刺激性气味；加热足够长时间后，试管中仍有固体残留。

①结合以上实验现象，请写出加热时试管中所发生反应的化学方程式：_____

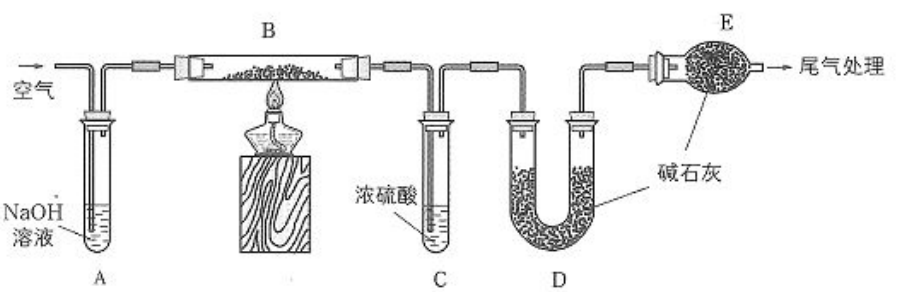
_____。

②结合运用物质的量的相关计算，说明在碳酸氢钠中添加一定量碳酸氢铵的好处：_____

_____。

实验Ⅱ：测定二氧化碳的质量

按下图所示连接装置（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和氨气。

b. 碱石灰是固体氢氧化钠和氧化钙的混合物，不与氨气反应。

微信公众号：电子课本大全

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_____。

实验Ⅲ：测定氨气的质量

调整上图装置的连接顺序为_____。另取相同质量的膨松剂装入装置B中，测定实验前后装置C的质量，其质量差即为样品产生的氨气的质量。

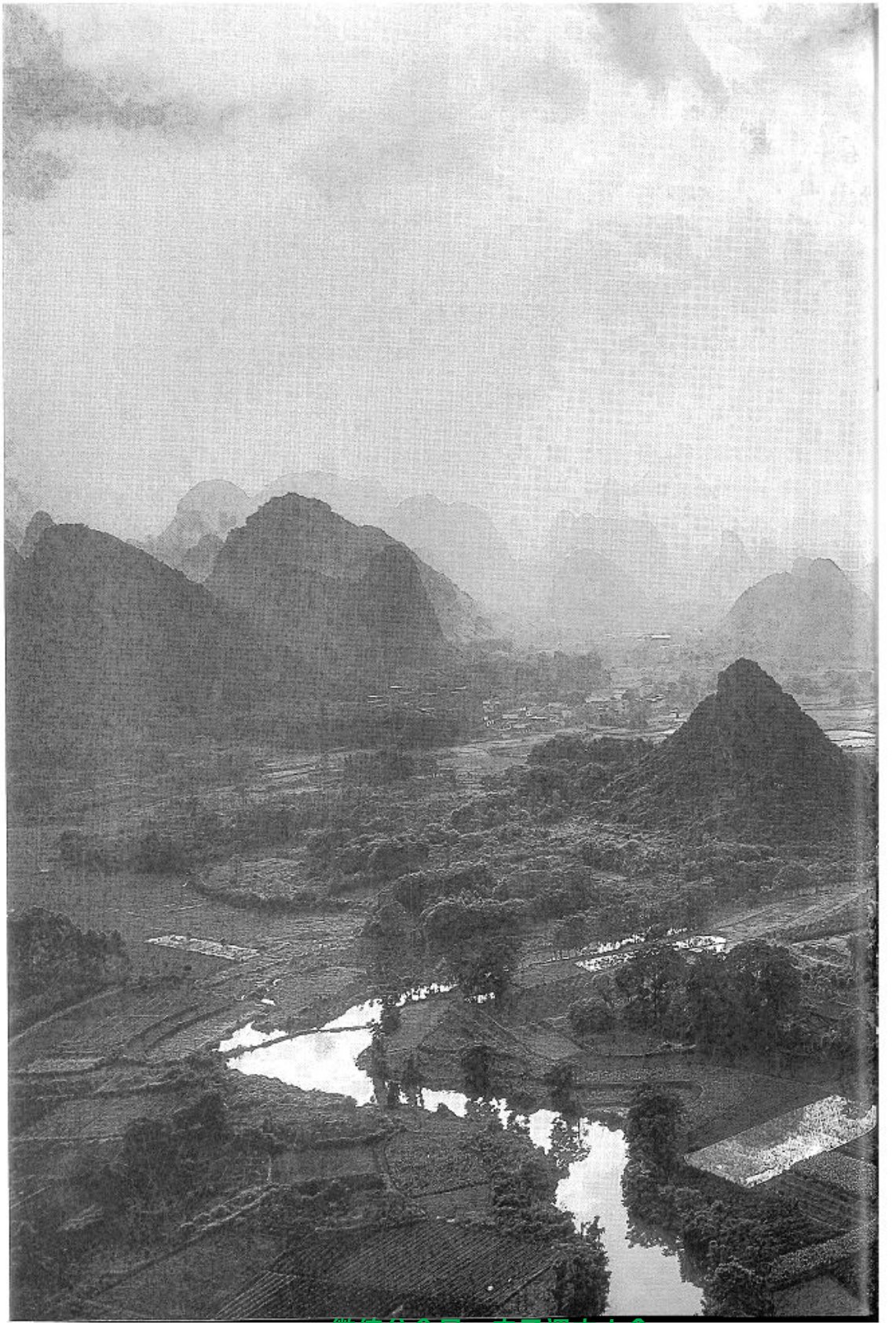
（2）实验Ⅱ中，若没有装置E，可能会造成测定结果_____（填“偏大”“偏小”或“不变”）。

（3）若实验Ⅱ和实验Ⅲ所取的膨松剂样品的质量一致，实验Ⅱ测得二氧化碳的质量为6.6 g，实验Ⅲ测得氨气的质量为1.7 g：

①通过计算分析该样品中碳酸氢钠和碳酸氢铵的物质的量之比。

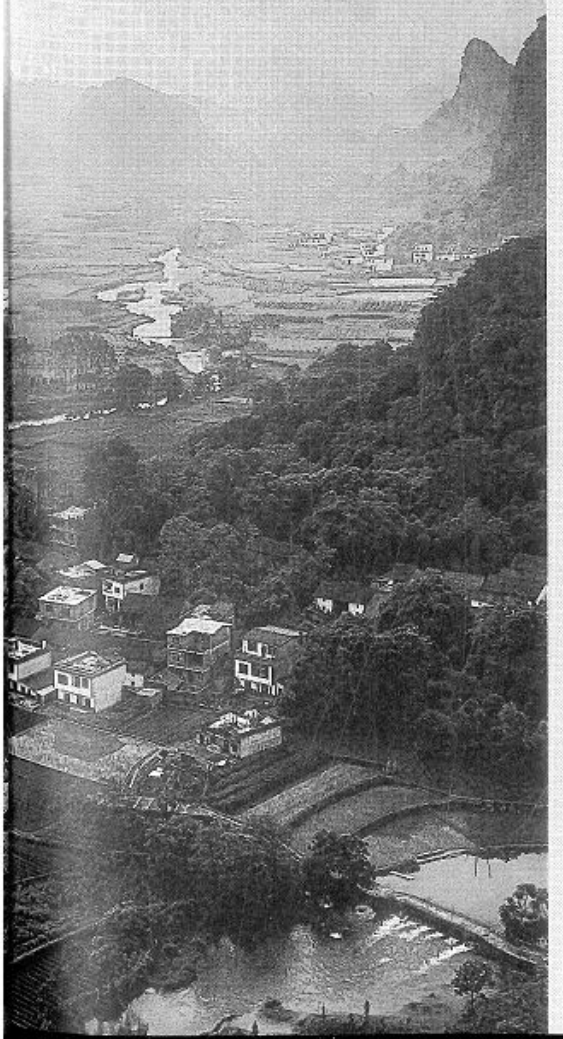
②计算生成的氨气和二氧化碳的体积（STP），体会该膨松剂在加热情况下的体积膨胀效果。

微信公众号：电子课本大全



微信公众号：电子课本大全

第2章 元素与物质世界



第 1 节
元素与物质的分类 [40]

第 2 节
电解质 [49]

第 3 节
氧化剂和还原剂 [61]

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 [71]

本章自我评价 [74]

微信公众号：电子课本大全

第 1 节　元素与物质的分类

在人类赖以生存与发展的物质世界里，既有自然界中已存在的物质，又有人类利用化学方法制备的物质。了解物质的元素组成和分类，可以帮助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？物质可以分类认识和研究吗？如果可以，怎样分类才能更有效地帮助我们认识物质世界呢？



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. 你能从元素组成的角度将这些物质分类吗？

微信公众号：电子课本大全

3. 图 2-1-1 中列出了一些含有碳元素的物质，你知道碳元素还能参与组成哪些物质吗？在这些物质中，碳元素的化合价是怎样的？碳元素参与组成的这些物质之间具有怎样的关系呢？

以上讨论对你认识元素与物质的关系有什么启发？

物质都是由元素组成的。人类已经发现的 110 多种元素通过不同的组合方式，组成了种类繁多的物质世界。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、盐等物质类别。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。

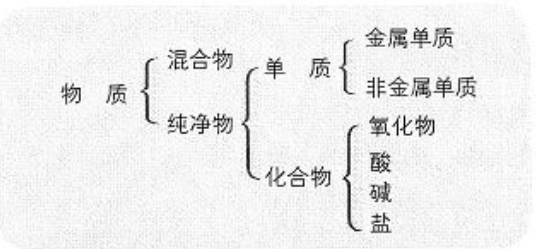


图 2-1-2 根据元素组成对物质进行分类

同一种元素可以存在于不同类别的物质中。例如，含有碳元素的物质有碳单质、碳的氧化物（如一氧化碳、二氧化碳）、碳酸盐（如碳酸钠）等；含有铁元素的物质有铁单质、铁的氧化物（如氧化亚铁、三氧化二铁）、含有铁元素的盐（如氯化亚铁、氯化铁）等。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。

从物质类别和元素化合价两个角度进行综合考虑，可以构建起元素的物质家族。图 2-1-3 展现了碳元素参与组成的不同物质所属的物质类别和碳元素化合价的对应关系。

基于核心元素认识物质，是研究物质的重要视角，为我们认识物质性质和实现物质转化提供了思路。

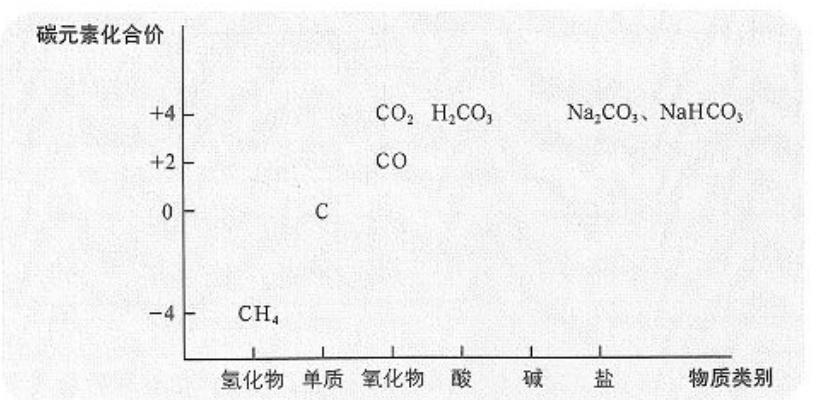


图 2-1-3 碳及其化合物“价—类”二维图

微信公众号：电子课本大全

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。

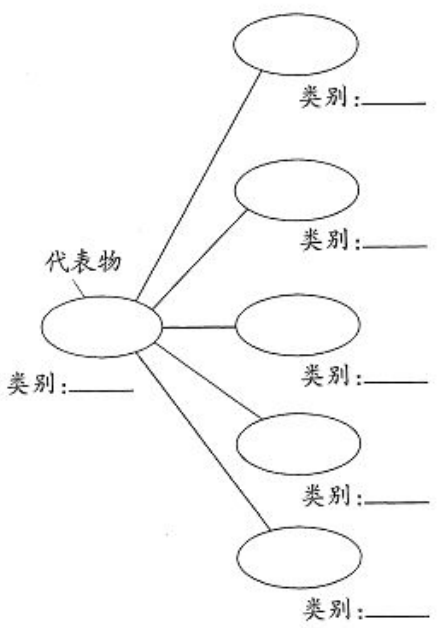
1. 按照物质类别将下列物质分类。

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 2. 选取可能与该物质发生反应的物质类别的代表物 3. 预测反应产物及现象 4. 设计实验装置及操作步骤，进行实验			

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。

微信公众号：电子课本大全

物质的组成是物质分类的常用依据，结合物质的性质还可以对物质进一步分类。例如，氧化物中还可以分出**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反应关系，某一类物质与相关类别物质的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、碱性氧化物等类别的物质发生化学反应；酸性氧化物通常能与碱、碱性氧化物发生化学反应；碱性氧化物通常能与酸、酸性氧化物发生化学反应；部分酸性氧化物和部分碱性氧化物分别能与水发生化学反应生成相应的酸和碱，等等。

研究一类物质的性质，可以认识该类物质的一般性质。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的化合价是否有所改变及如何改变，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

首先判断陌生物质的物质类别，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和反应产物。预测是否正确，需要用实验证实。

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

微信公众号：电子课本大全

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、均匀、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（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）。

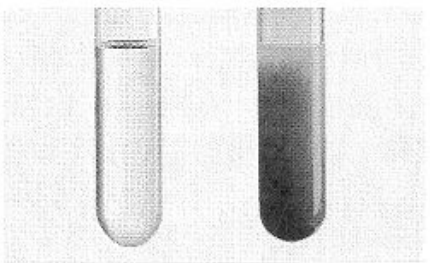


图 2-1-5　KNO_3 溶液（左）与泥土悬浊液（右）

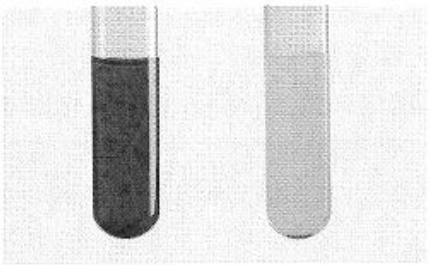


图 2-1-6　氢氧化铁胶体（左）与碘化银胶体（右）

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，这样的微粒能够透过滤纸，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、精制胶体的操作称为渗析。

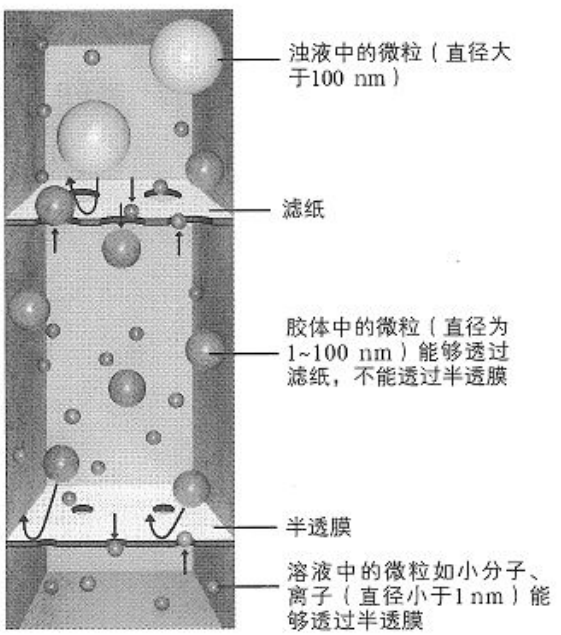


图 2-1-7　不同分散质微粒透过滤纸和半透膜的原理示意图

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，它在实验室里可用于鉴别一种分散系属于胶体还是溶液。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、烟都是胶体，这些胶体的分散剂是空气，分散质微粒是微小的液滴或尘埃等固体颗粒。

微信公众号：电子课本大全

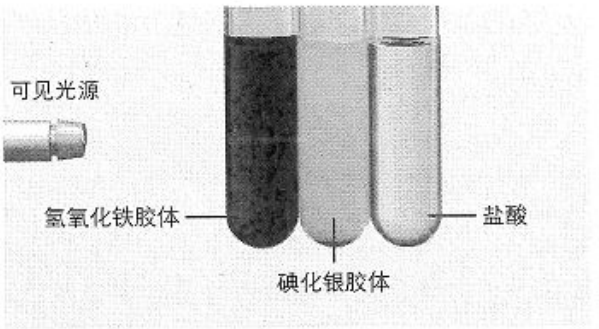


图 2-1-8　利用丁达尔现象鉴别胶体与溶液

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，达到净水的目的。随着科学技术的进步，胶体的应用领域正在不断拓展。

拓展视野

电　泳

胶体的分散质具有巨大的比表面积，其微粒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。胶体的这种特性具有很高的实用价值。例如，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。

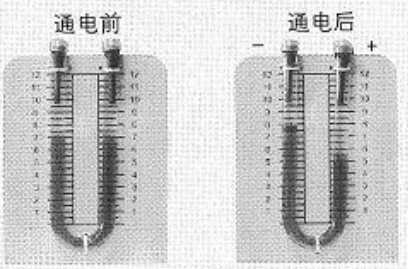


图 2-1-9　氢氧化铁胶体的电泳现象

聚　沉

当向胶体中加入酸、碱和盐等物质时，这些物质溶解时所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，从而使胶体的分散质微粒聚集成较大的微粒，在重力作用下形成沉淀析出。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。胶体的聚沉在生产和生活中有着重要的应用。例如，向豆浆（一种胶体）中加入硫酸钙使蛋白质等聚沉，便可制成可口的豆腐。

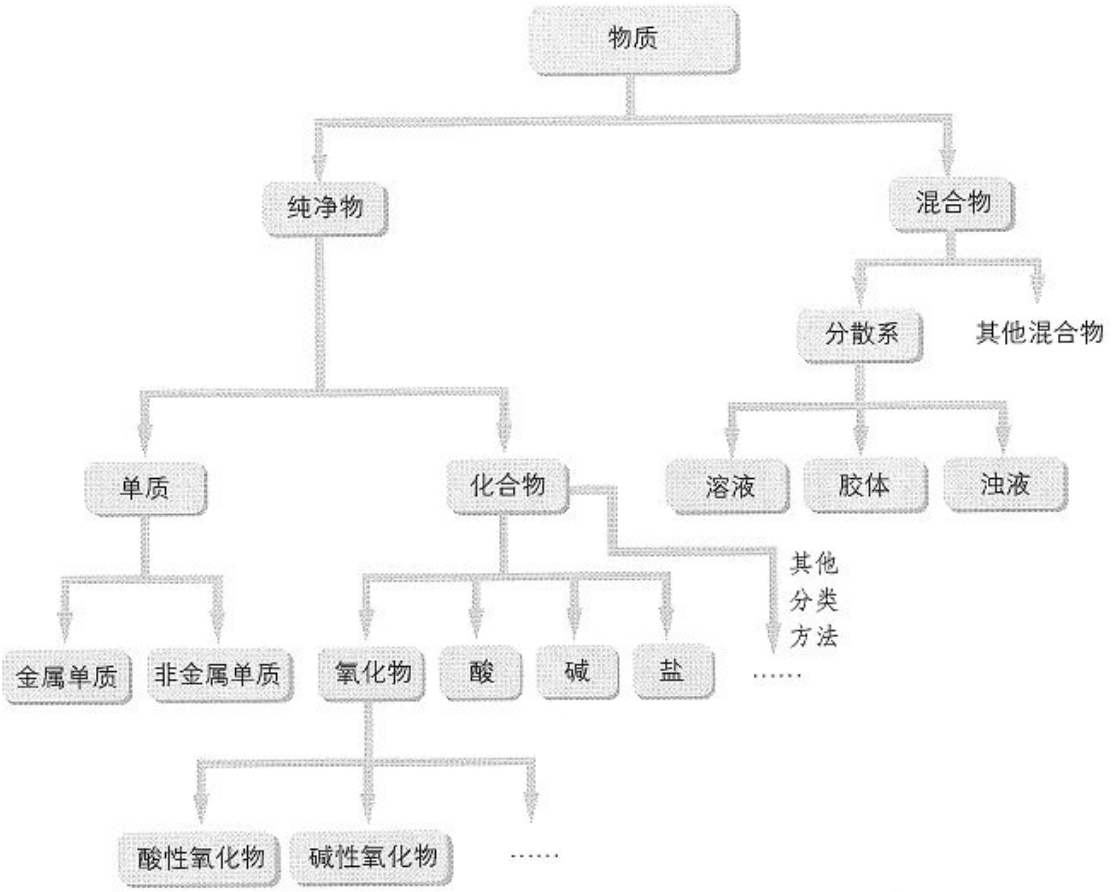


图 2-1-10　氢氧化铁胶体的聚沉

微信公众号：电子课本大全

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. 认识胶体的特征和性质。

微信公众号：电子课本大全

练习与活动

学习·理解

1. 用直线将下列物质与所属类别连接起来。

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. 酸性氧化物不可能具有的性质是（　　）。

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. 下列类别的物质中，既能与酸反应又能与酸性氧化物反应的是（　　），与酸、碱、盐都可能发生化学反应的是（　　）。

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. 一束平行光线射入鸡蛋清液体里，从侧面可以看到一束光亮的“通路”

C. 向石灰水中通入二氧化碳气体产生白色浑浊

D. 利用活性炭净水

6. 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 $FeCl_3$ 溶液，至液体呈透明的红褐色。

$$FeCl_3 + 3H_2O \xlongequal{\triangle} Fe(OH)_3(\text{胶体}) + 3HCl$$

微信公众号：电子课本大全

（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制备是否成功？

7. 结合所学内容，整理钠及其化合物的知识，完成下列题目。

（1）列举你知道的钠及其化合物。

（2）钠元素在不同物质中分别以什么形态存在？

（3）请对你所列出的钠及其化合物进行分类。

（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

8. 下列物质之间可以发生化学反应吗？选出可以发生化学反应的物质组合，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）氯气与 KOH 溶液

（8）铜与氯化银

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，故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”，其主要成分是生石灰（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）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失效。

微信公众号：电子课本大全

第 2 节　电解质

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，对于认识物质及其变化以及解决相关问题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，使药物喝起来像“汽水”，从而改善了口感。

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

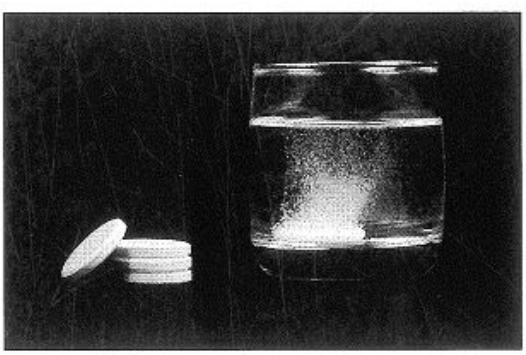


图 2-2-1　干燥的泡腾片和水中的泡腾片

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，物质溶解在水中到底发生了什么呢？

观察 · 思考

研究氯化钠的导电性

实验

检验固态氯化钠、熔融状态的氯化钠、NaCl 溶液是否具有导电性，认识氯化钠在什么情况下能够导电，并预测其导电的原因。

微信公众号：电子课本大全

实验记录

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，其原因是什么？

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，因此氯化钠晶体不导电。受热熔化时，氯化钠晶体中的 Na^+ 和 Cl^- 成为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而进入溶液，成为能够自由移动的离子。自由移动的 Na^+ 和 Cl^- 在电场的作用下能够定向移动，因此熔融状态的氯化钠和氯化钠的水溶液能够导电。

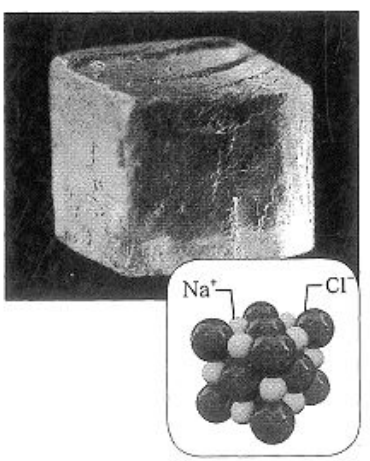
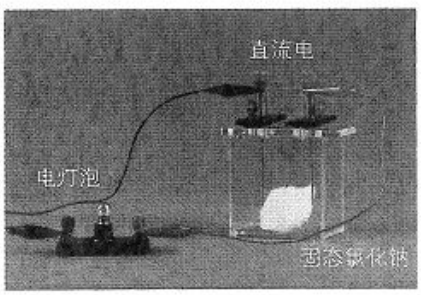
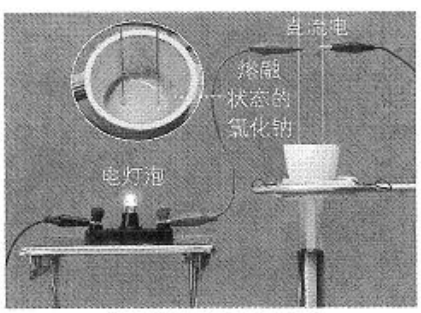


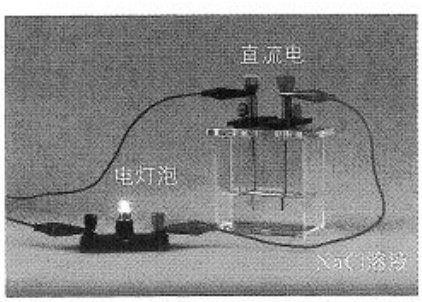
图 2-2-2　氯化钠晶体及其结构模型



固态氯化钠不导电



熔融状态的氯化钠导电



NaCl溶液导电

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）。

微信公众号：电子课本大全

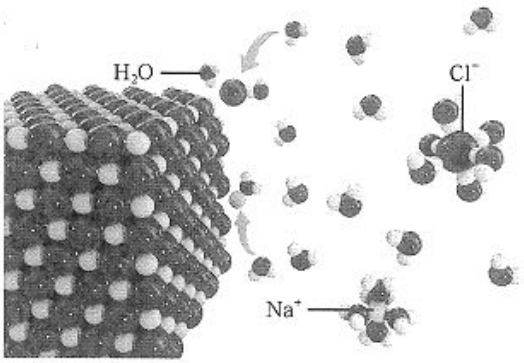


图 2-2-4　氯化钠溶于水发生电离示意图

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

$$NaCl = Na^+ + Cl^-$$

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，它们在水溶液中或熔融状态下会发生电离。电解质发生电离时，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：

$$HCl = H^+ + Cl^-$$
$$NaOH = Na^+ + OH^-$$
$$K_2SO_4 = 2K^+ + SO_4^{2-}$$

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中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（strong electrolyte），如强酸（H_2SO_4、HNO_3、HCl）、强碱［NaOH、KOH、$Ba(OH)_2$］、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（weak electrolyte），如弱酸（H_2CO_3、CH_3COOH）、弱碱（$NH_3 \cdot H_2O$）等。水是一种极弱的电解质。

微信公众号：电子课本大全

电解质溶液中有自由移动的阴、阳离子存在，会使溶液表现出一定的性质，如颜色、酸碱性和电导率等，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，有些离子在水溶液中有颜色，含有该种离子的电解质溶液也会呈现出相应的颜色，用比色计可以测量该种离子的浓度；电解质电离出的H^+或OH^-使溶液表现出酸性或碱性，可以使酸碱指示剂变色，也可以通过pH计检测出溶液中H^+或OH^-的浓度。



图2-2-5 比色计

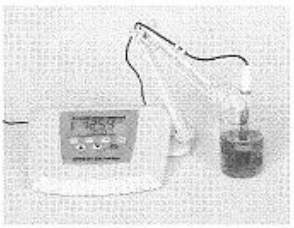


图2-2-6 pH计

迁移·应用

种植水培植物需要配制营养液。某种营养液中需要含有K^+、NH_4^+、NO_3^-、PO_4^{3-}。

1. 你会选择哪些物质配制营养液？

2. 配制某营养液时，要按以下浓度加入离子：K^+ 0.01 mol·L^{-1}，NH_4^+ 0.01 mol·L^{-1}，NO_3^- 0.015 mol·L^{-1}，PO_4^{3-} 0.005 mol·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^-等离子发挥着重要作用。人体神经和肌肉细胞内的Na^+浓度是细胞外体液中的1/20，而细胞内的K^+浓度则为细胞外体液中的30倍。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，神经和肌肉的应激性受到影响，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，以维持体内的电解质平衡。

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。电解质饮料中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。在家中也可以用饮用水、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（标准盐勺一平勺或者啤酒瓶盖半瓶盖）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
$C_6H_5O_7^{3-}$（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

微信公众号：电子课本大全

二、电解质在水溶液中的反应

电解质在水溶液中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

观察·思考

稀硫酸与$Ba(OH)_2$溶液反应的实质

你已经知道，硫酸和氢氧化钡都是电解质，那么它们在水溶液中分别能电离出哪些离子？它们之间能发生怎样的反应？

实验

利用如图 2-2-8 所示装置进行实验，向 0.01 mol·L^{-1} $Ba(OH)_2$ 溶液中滴入几滴酚酞溶液，然后向 $Ba(OH)_2$ 溶液中滴加 0.2 mol·L^{-1} H_2SO_4 溶液，观察溶液中的现象和溶液电导率的变化。

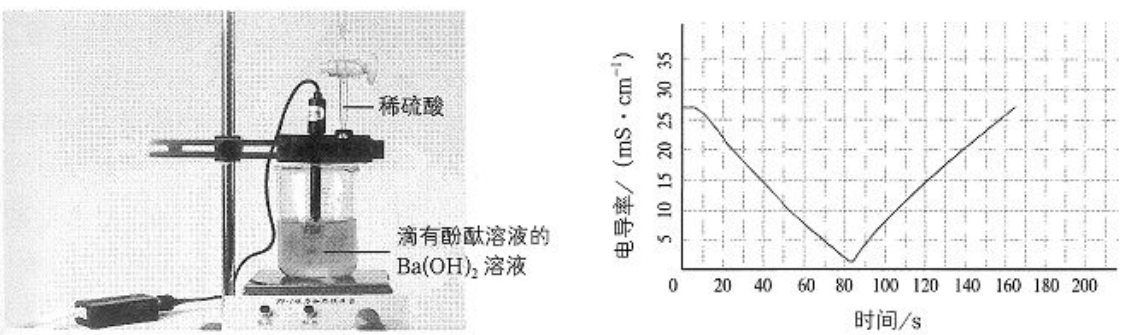


图 2-2-8　稀硫酸与 $Ba(OH)_2$ 溶液反应实质的研究

思考

通过上面的实验，你对稀硫酸与 $Ba(OH)_2$ 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 $Ba(OH)_2$ 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。

微信公众号：电子课本大全

交流·研讨

请从电离角度分析下列各组电解质溶液的微粒组成，说明混合后化学反应发生的实质以及反应前后溶液中微粒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）。电解质溶液之间发生的化学反应都是离子反应。

酸、碱和盐在溶液中所发生的复分解反应实质上是一种离子反应，只有生成难溶的物质（沉淀），或难电离的物质（如 H_2O），或挥发性物质（气体），导致溶液中某些离子的浓度降低，反应才能发生。

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为离子反应，其离子方程式为：

$$OH^- + H^+ = H_2O$$

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。

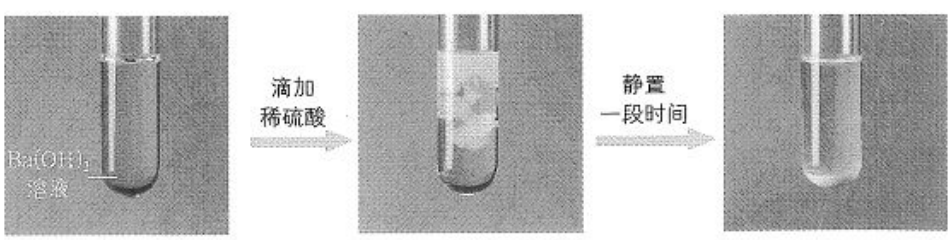


图 2-2-9　稀硫酸与 $Ba(OH)_2$ 溶液的反应

微信公众号：电子课本大全

1. 明确反应物在溶液中的主要存在形式及微粒数量关系，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、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。对于稀硫酸与 $Ba(OH)_2$ 溶液的反应来说：

硫酸的电离方程式为：

$$H_2SO_4 = 2H^+ + SO_4^{2-}$$

溶液中存在 H^+ 和 SO_4^{2-}，两种离子的物质的量之比为 2∶1；

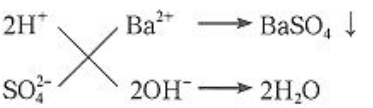
氢氧化钡的电离方程式为：

$$Ba(OH)_2 = Ba^{2+} + 2OH^-$$

溶液中存在 Ba^{2+} 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

判断微粒中哪些能够相互作用生成难溶、难电离或具有挥发性的物质，用化学式表示这些物质，并标注发生化学反应的微粒之间的数量关系。对于稀硫酸与 $Ba(OH)_2$ 溶液的反应来说：



硫酸与氢氧化钡在水溶液中的反应是因 H^+ 与 OH^- 结合生成水、Ba^{2+} 与 SO_4^{2-} 结合生成硫酸钡沉淀而发生的，且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 $Ba(OH)_2$ 溶液反应的离子方程式为：

$$2H^+ + 2OH^- + Ba^{2+} + SO_4^{2-} = 2H_2O + BaSO_4 \downarrow$$

交流·研讨

1. 书写下列各组物质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）$Ba(NO_3)_2$ 溶液与 Na_2SO_4 溶液

（5）碳酸钠与稀硫酸

（6）碳酸钙与稀盐酸

微信公众号：电子课本大全

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描述化学反应，但离子方程式所表示的不仅仅是一个化学反应，而是一类化学反应，并揭示了这类化学反应的实质。

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

盐酸与氢氧化钠在溶液中所发生发应的化学方程式为：

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

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、挥发性物质和水等难电离的物质仍用化学式表示，则上述化学方程式被改写为：

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- = H_2O + Na^+ + Cl^-$$

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：

$$H^+ + OH^- = H_2O$$

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，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，则可推断该溶液中含有 SO_4^{2-}。

$$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4 \downarrow$$

再如，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，则可推断该溶液中含有 Cl^-。

$$Ag^+ + Cl^- = AgCl \downarrow$$

微信公众号：电子课本大全

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+}。

$$Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3 \downarrow$$

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，氯碱工业的第一道工序是除去粗食盐水中的杂质。

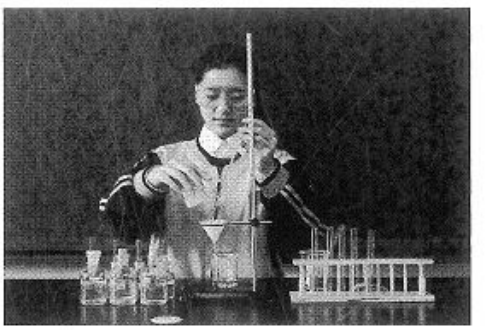


图 2-2-10　学生在精制粗食盐水

实验目的

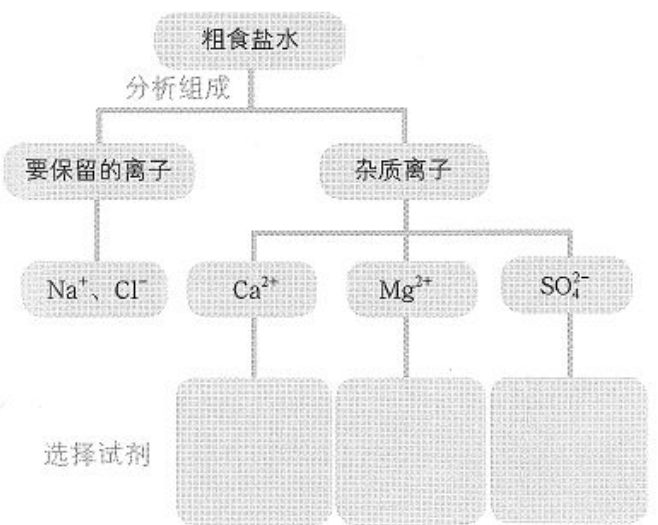
从粗食盐水中除去 Ca^{2+}、Mg^{2+}、SO_4^{2-}。

实验用品

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

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

实验方案设计



方法导引

利用离子反应除去杂质的思路方法

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新引入的杂质，确定试剂添加顺序和实验步骤。

微信公众号：电子课本大全

确定实验操作流程

（分析试剂添加顺序、实验操作步骤、每步操作后的结果，并用流程图表示）

实验方案实施

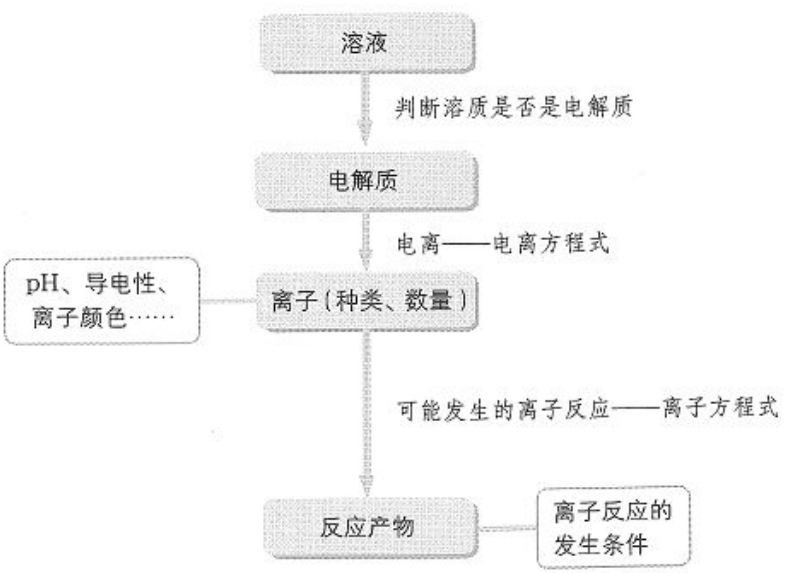
所用试剂及实验操作	实验现象	解释和结论

思考

1. 如何确定除杂过程中试剂的添加顺序？
2. 如何检验杂质离子是否去除干净？

概括·整合

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



2. 总结离子方程式和化学方程式的区别与联系。

微信公众号：电子课本大全

练习与活动

学习·理解

1. 结合本节学习内容，完成下列题目。

（1）列举一些你熟悉的电解质。

（2）在 KCl 溶液、$AgNO_3$ 溶液中大量存在的微粒分别有哪些？

（3）将 KCl 溶液与 $AgNO_3$ 溶液混合，分析 KCl 溶液与 $AgNO_3$ 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 溶液与稀硝酸的反应

（2）$BaCl_2$ 溶液与 K_2SO_4 溶液的反应

（3）K_2CO_3 溶液与足量稀硫酸的反应

（4）$AgNO_3$ 溶液与稀盐酸的反应

3. 下列离子反应分别可以表达哪类化学反应？说出该类化学反应的特征，并各举两个实例。

（1）$H^+ + OH^- = H_2O$

（2）$Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4\downarrow$

（3）$Cu^{2+} + 2OH^- = Cu(OH)_2\downarrow$

（4）$2H^+ + CO_3^{2-} = H_2O + CO_2\uparrow$

4. 某同学用离子方程式表达两种物质相遇时发生的变化。请判断下列离子方程式是否正确表达了相应的操作和结果；不正确的，请加以改正。

（1）向稀盐酸中加入碳酸钙	$H^+ + CO_3^{2-} = H_2O + CO_2\uparrow$
（2）向 $CuSO_4$ 溶液中滴加 $Ba(OH)_2$ 溶液	$SO_4^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_4\downarrow$
（3）向 Na_2SO_4 溶液中滴加 $CuCl_2$ 溶液	$SO_4^{2-} + Cu^{2+} = CuSO_4$
（4）向氢氧化铜悬浊液中滴加稀硫酸	$H^+ + OH^- = H_2O$

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。这些溶液的浓度均为 0.1 $mol \cdot L^{-1}$。请你根据溶液取用情况，判断得到的溶液中存在的主要离子种类及数量；或者根据最终溶液中含有离子的情况，推断最终溶液可能是哪些溶液混合的结果。

微信公众号：电子课本大全

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+} 的浓度为 0.1 mol·L^{-1}，OH^- 的浓度为 0.2 mol·L^{-1}
	Na^+、Cl^- 的浓度均为 0.05 mol·L^{-1}
	Ba^{2+}、Cl^-、OH^- 的浓度均为 0.05 mol·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^+、Cu^{2+}、Cl^-、SO_4^{2-}、NO_3^-。

（1）下面四种离子不可能存在于该废水中的是（　　）。

① K^+　② Ag^+　③ Fe^{3+}　④ CO_3^{2-}

（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 Cu^{2+} 和 SO_4^{2-}（用流程图表示），并写出可能发生的反应的离子方程式。

微信公众号：电子课本大全

第 3 节　氧化剂和还原剂

氧化还原反应是一类重要的化学反应，如燃烧、冶炼金属都属于氧化还原反应。人们通过这类反应可以获取物质、获得能量。那么，什么是氧化还原反应？哪些物质之间可以发生氧化还原反应呢？

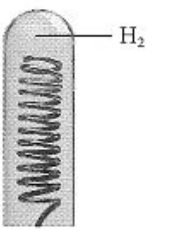
联想 · 质疑

在初中阶段我们学习过一些关于铜及其化合物的化学变化：铜在加热条件下可以与氧气反应生成氧化铜；氢气可以把氧化铜还原为铜；金属铁能从 $CuSO_4$ 溶液中将铜置换出来；NaOH 溶液与 $CuSO_4$ 溶液反应能生成氢氧化铜沉淀。

在这些变化中，铜元素发生了哪些变化？前三个化学反应都属于氧化还原反应，你认为这类化学反应的特征和本质是怎样的？含有铜元素的物质在这些化学反应中各体现了什么性质？



铜丝在空气中加热



用氢气还原氧化铜



将铁丝插入$CuSO_4$溶液中

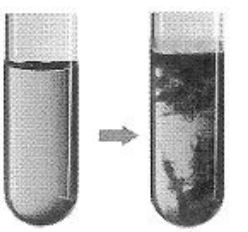

向$CuSO_4$溶液中滴加NaOH溶液

图 2-3-1　关于铜及其化合物的一些实验

一、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，在一些化学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，而在另外一些化学反应中各反应物所含元素的化合价都没有发生变化。例如：

微信公众号：电子课本大全

$$2\overset{0}{Cu} + \overset{0}{O_2} \xlongequal{\triangle} 2\overset{+2-2}{CuO}$$

$$\overset{0}{H_2} + \overset{+2}{CuO} \xlongequal{\triangle} \overset{0}{Cu} + \overset{+1}{H_2O}$$

$$\overset{0}{Fe} + \overset{+2}{CuSO_4} = \overset{0}{Cu} + \overset{+2}{FeSO_4}$$

$$\overset{+2+6-2}{CuSO_4} + 2\overset{+1-2+1}{NaOH} = \overset{+2\ -2+1}{Cu(OH)_2}\downarrow + \overset{+1+6-2}{Na_2SO_4}$$

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，在反应过程中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？

观察·思考

氧化还原反应的实质

讨论

1. 在前面的学习中，你已经知道金属钠能在氯气中剧烈地燃烧并生成氯化钠。这个反应属于氧化还原反应吗？为什么？

2. 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。看来在反应过程中，钠原子变成 Na^+，氯原子变成 Cl^-。那么，钠原子和氯原子是经过怎样的变化形成 Na^+ 和 Cl^-，进而形成氯化钠的呢？

观察实验

按照图 2-3-2 所示连接实验装置，完成铁与 $CuSO_4$ 溶液反应的实验。

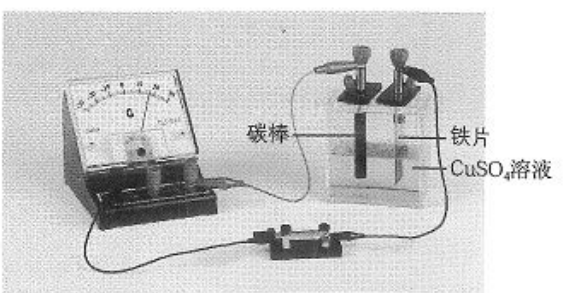


图 2-3-2　铁与 $CuSO_4$ 溶液的反应

微信公众号：电子课本大全

思考

1. 写出上述反应的化学方程式，判断这些反应是否属于氧化还原反应。

2. 该实验现象对于你认识铁与 $CuSO_4$ 溶液反应的实质有什么启发？

3. 根据以上讨论和实验观察，你认为氧化还原反应的实质是什么？

金属钠与氯气生成氯化钠的反应属于氧化还原反应。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。也就是说，这个氧化还原反应是通过电子转移实现的。

铁与 $CuSO_4$ 溶液的反应也属于氧化还原反应。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。也就是说，这个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观表现，可以通过分析反应中是否发生元素化合价的变化来判断某个反应是否属于氧化还原反应。

方法导引

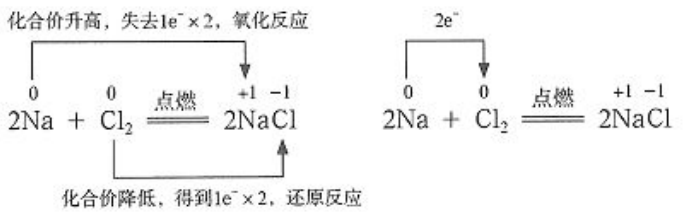
根据化合价分析氧化还原反应中的电子转移

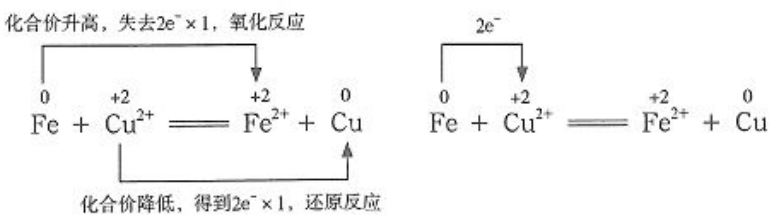
在氧化还原反应中，某种元素的一个原子或离子失去电子，则该元素的化合价升高，而且失去电子的数目与化合价升高的数值相等；某种元素的一个原子或离子得到电子，则该元素的化合价降低，而且得到电子的数目与化合价降低的数值相等。氧化还原反应中电子转移的总数与化合价升高或降低的总值是相等的。

元素化合价升高→原子或离子失电子→发生氧化反应

元素化合价降低→原子或离子得电子→发生还原反应

人们常用下面的两种方式表示氧化还原反应中电子转移和元素化合价升降的情况。





微信公众号：电子课本大全

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？哪种反应物中含有化合价升高的元素，哪种反应物中含有化合价降低的元素？

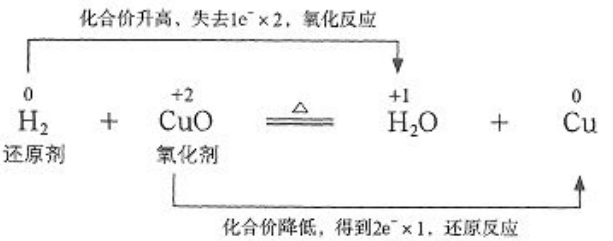
（1）$2Cu + O_2 \xlongequal{\triangle} 2CuO$

（2）$H_2 + CuO \xlongequal{\triangle} Cu + H_2O$

（3）$3CO + Fe_2O_3 \xlongequal{高温} 2Fe + 3CO_2$

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。



学习了氧化还原反应，我们认识物质时又多了一个角度——从氧化性、还原性的角度研究物质的性质。当物质中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；当物质中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，在酸性高锰酸钾（$KMnO_4$）溶液与碘化钾（KI）溶液的反应中，高锰酸钾中的锰元素为 +7 价，处于锰元素的最高价态，所以高锰酸钾具有氧化性，做氧化剂，在该反应中锰元素被还原；碘化钾中的碘元素为 −1 价，处于碘元素的最低价态，所以碘化钾具有还原性，做还原剂，在该反应中碘元素被氧化。

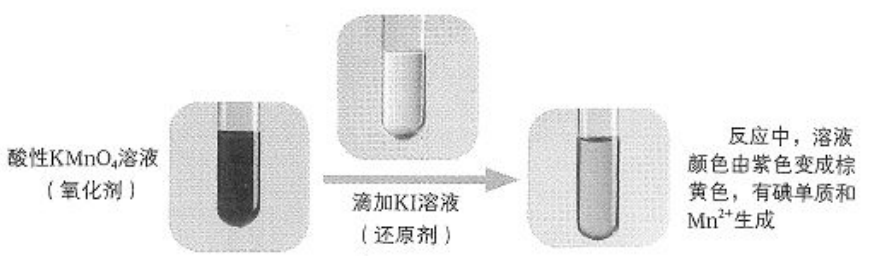


图 2-3-3　酸性 $KMnO_4$ 溶液与 KI 溶液的反应

微信公众号：电子课本大全

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. 在研究物质性质中的应用

我们可以利用氧化还原反应，通过分析物质中元素化合价的升降趋势，研究物质的氧化性或还原性。

活动·探究

探究物质的氧化性或还原性

过氧化氢（H_2O_2）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？请你设计实验证明自己的预测。

实验用品

H_2O_2 溶液（5%），酸性 $KMnO_4$ 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. 根据物质中所含元素化合价升或降的可能性，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。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。

微信公众号：电子课本大全

思考

1. 从氧化还原反应的角度，分析、归纳过氧化氢的性质。

2. 证明过氧化氢具有氧化性或还原性的依据是什么？

3. 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，请分析其中的电子转移情况。

判断一种物质在氧化还原反应中究竟是做氧化剂还是做还原剂，需要分析这种物质跟与之反应的物质之间还原性或氧化性的相对强弱。物质的氧化性或还原性的强弱由物质得失电子的能力决定。借助氧化还原反应可以比较不同物质氧化能力或还原能力的强弱。环境条件也会影响物质氧化性或还原性的强弱。我们常使用酸性条件下的 $KMnO_4$ 溶液做氧化剂，就是因为以含氧酸的酸根离子做氧化剂时，溶液的酸性越强，含氧酸根的氧化性就越强。

2. 在物质转化和能量转化中的应用

人们可以利用氧化还原反应设计有关路线实现物质转化。以金属的冶炼为例，冶炼金属的方法有热还原法、湿法、电解法等。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，如用一氧化碳还原氧化铁得到金属铁。湿法冶金是利用置换反应，以活泼金属为还原剂，将目标金属从其盐溶液中还原出来，如湿法炼铜是用铁从 $CuSO_4$ 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，从而完成氧化还原反应获得金属单质，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，人们可以用可燃物作为还原剂，选择合适的氧化剂与之发生燃烧这种氧化还原反应获得热能；另外，人们还可以通过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，化石燃料的燃烧与利用、金属的冶炼与金属材料的防腐蚀、食品的加工与保鲜、环境污染的预防与治理等都涉及氧化还原反应。运用好氧化还原反应规律，能帮助我们以更少的资源消耗和环境污染获取生产活动的更高社会效益和经济效益，实现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。

$$MnO_2 + 4HCl(浓) \xlongequal{\triangle} MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$$

微信公众号：电子课本大全

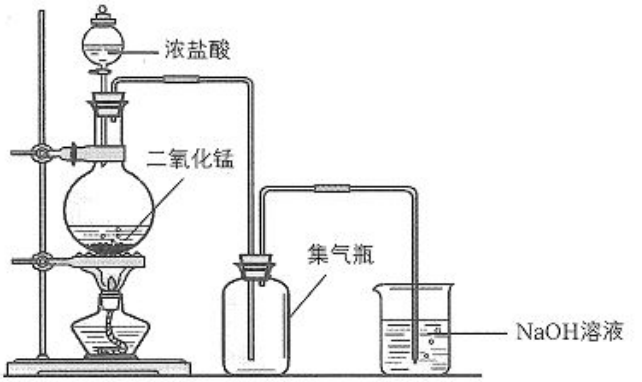


图 2-3-4　实验室制取氯气的装置示意图

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）在实验室制取氯气时，常使用 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。

（3）在实验室里也可以利用高锰酸钾与浓盐酸在常温下反应制取氯气，请你预测反应产物，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

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

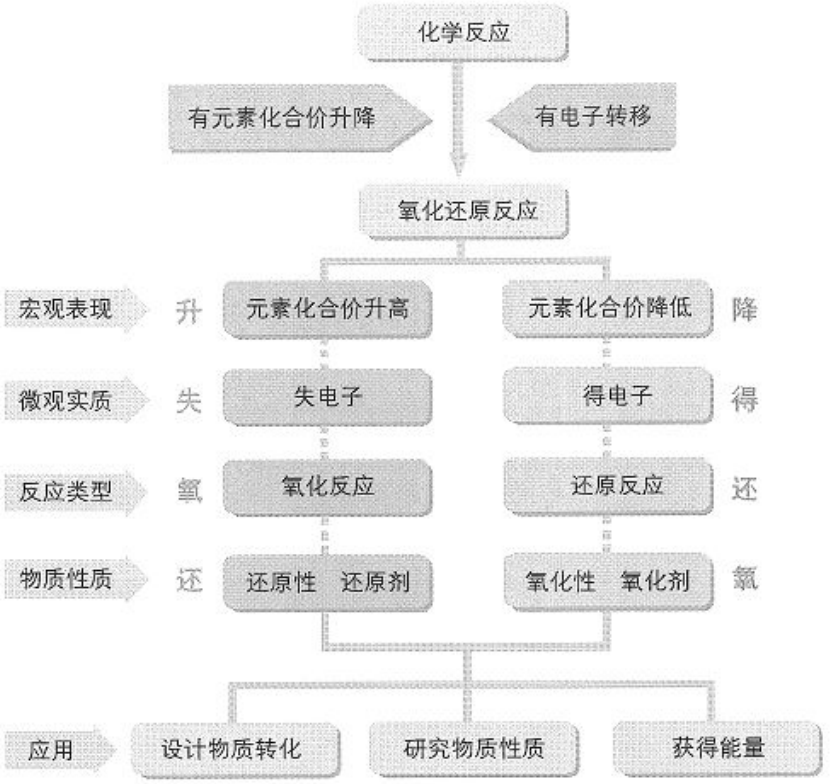
单质硅　有着非常重要的用途。自然界中没有单质硅，硅元素在自然界中主要以二氧化硅（SiO_2）的形式存在。用碳单质还原二氧化硅可以制得粗硅；使粗硅与氯气反应生成四氯化硅（$SiCl_4$），净化后再用氢气还原四氯化硅，可以制得比较纯的单质硅。

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。

微信公众号：电子课本大全

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）$CaCO_3 \xlongequal{\text{高温}} CaO + CO_2\uparrow$

（2）$CH_4 + 2O_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2H_2O + CO_2$

（3）$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2\uparrow$

（4）$2KMnO_4 \xlongequal{\triangle} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$

（5）$2FeCl_3 + Cu = 2FeCl_2 + CuCl_2$

（6）$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$

微信公众号：电子课本大全

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. 实现下列变化需加入氧化剂的是（　　），需加入还原剂的是（　　）。

A. $Cl_2 \rightarrow Cl^-$　　B. $H^+ \rightarrow H_2$　　C. $CO_3^{2-} \rightarrow CO_2$　　D. $SO_2 \rightarrow SO_3$

应用·实践

4. 试分析有关物质在化学反应中的作用。

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

① $MnO_2 + 4HCl(浓) \xlongequal{\triangle} MnCl_2 + Cl_2\uparrow + 2H_2O$

② $HCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + HNO_3$

③ $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$

④ $2HCl \xlongequal{通电} H_2\uparrow + Cl_2\uparrow$

（2）下列反应中，二氧化硫做氧化剂的是（　　），做还原剂的是（　　）。以二氧化硫为例，你会从哪些角度认识陌生物质的性质？

① $SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$

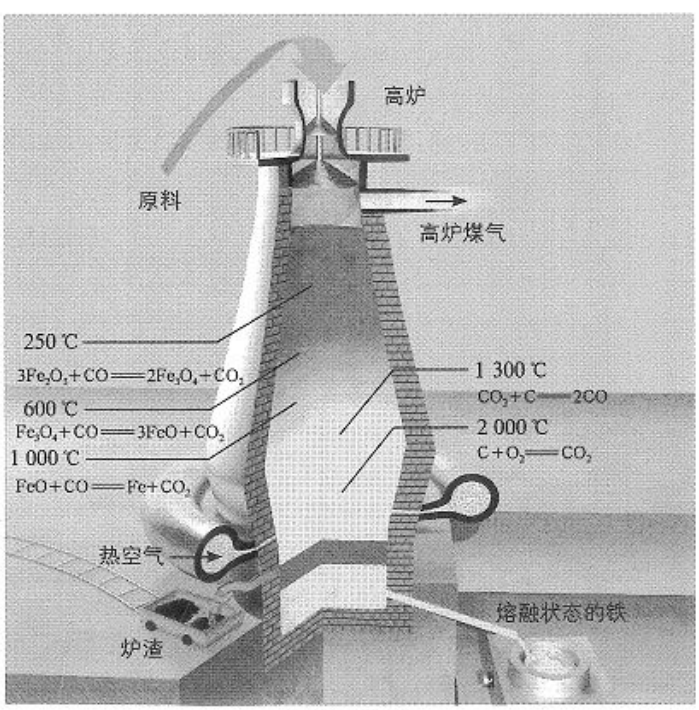
② $SO_2 + 2H_2S = 3S\downarrow + 2H_2O$

③ $SO_2 + Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$

5. 工业上高炉炼铁时常用赤铁矿和焦炭（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）右图是高炉炼铁流程示意图，请分析其中的化学变化，判断哪些是氧化还原反应。在这些氧化还原反应中，分析哪种物质是氧化剂、哪种物质是还原剂。任选其中的两个氧化还原反应，分析电子转移情况。



第 5 题图

微信公众号：电子课本大全

6. 氧化还原反应在生产和生活中的很多领域都得到了广泛应用。请运用氧化还原反应的知识完成下列题目。

（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、单质硅等。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　　B. 被还原

C. 有可能被氧化，也有可能被还原　　D. 由高价变为 0 价

（2）铀元素在核工业中有重要作用。物质自然界中存在的铀矿石中含有二氧化铀（UO_2）。工业上，可以用钾、钙、镁等金属与二氧化铀反应制得单质铀。若要获得等量的单质铀，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。

选择试剂	实验方法	关键现象	实验结论

（2）根据实验结果，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？

微信公众号：电子课本大全

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的性质。
- 从生活实际问题中提炼化学问题，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。
- 强化合理使用化学品的意识，能够正确地使用含氯消毒剂。

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，从而降低人体的发病率。例如，酒精可以吸收细菌蛋白中的水分，使其脱水变性，从而达到消毒杀菌的目的；医用双氧水常用于皮肤、黏膜伤口的消毒，因其具有氧化性，可以把脓液、污物中的细菌氧化，从而杀死细菌。

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

在本项目中，你将从氧化还原反应角度和物质类别角度，分析“84”消毒液有效成分的化学性质，从化学视角解读“84”消毒液的使用说明，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和能力。

项目活动1　解读“84”消毒液的产品说明

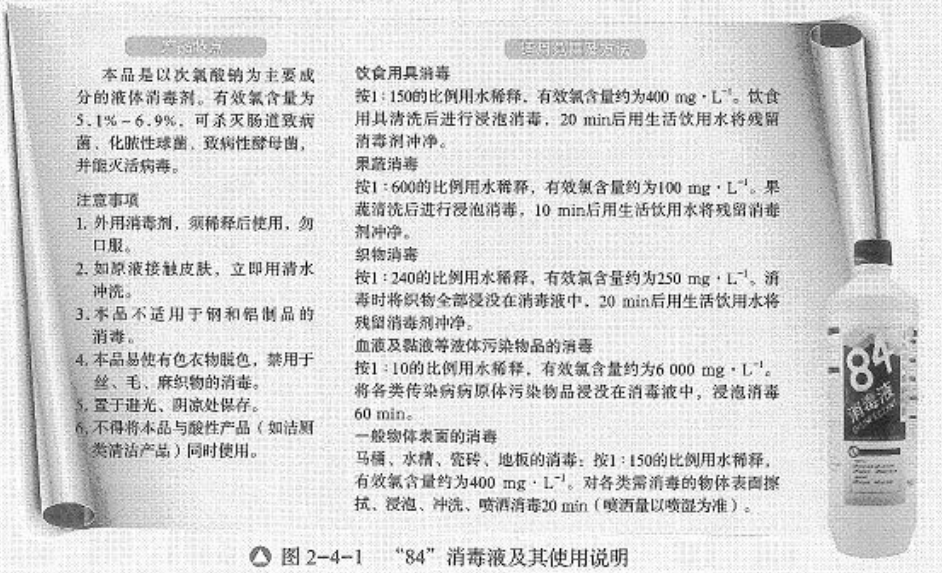


图 2-4-1　“84”消毒液及其使用说明

微信公众号：电子课本大全

阅读“84”消毒液的使用说明，完成以下分析和实验探究任务。

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. 使用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。从氧化还原角度看，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产品。

$$2HClO \xrightarrow{\text{光照}} 2HCl + O_2\uparrow$$

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（次氯酸钙）、二氧化氯等；有机含氯消毒剂，如二氯异氰尿酸钠。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，科学使用。消毒剂产品的不当使用，有时不仅不能避免致病微生物的侵害，还会产生严重后果。

微信公众号：电子课本大全

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。该泳池一直使用含氯消毒剂抑制藻类生长，这次事件中工作人员错用了过氧化氢消毒剂。

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。实验方案需经老师同意后方可实施。

实验方案设计及实施

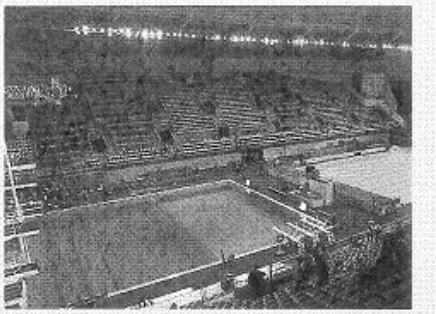
探究的问题	实验内容	实验现象	结论和解释

思考

1. 选取和使用消毒剂时应注意哪些问题？

2. 如何避免此类事件的发生？

3. 如果你是游泳场馆的负责人，你会怎样防止池水变绿？请说明理由。



▲ 图 2-4-2　变绿的游泳池水

• 方法导引 •

分析和解决与化学相关的实际问题的思路方法

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，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假设；如存在时，进行必要的验证。

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. 根据对次氯酸钠性质的研究，说一说应如何预测和研究物质的性质。

2. 向同学、家人和朋友分发并宣讲含氯消毒剂的正确使用方法，注意提醒人们，使用化学品时应认真阅读产品说明书。

微信公众号：电子课本大全

本章自我评价

本章学习主要促进“宏观辨识与微观探析”以及“变化观念与平衡思想”中“变化观念”化学学科核心素养的发展。请通过下表检查本章的学习情况。

核心素养	核心素养发展重点	学业要求
宏观辨识与微观探析	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。 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。	1. 能根据物质组成和性质对物质进行分类，了解各类物质的一般性质。 2. 知道同一种元素可以组成不同类别的物质，能设计方案实现含有某元素的不同类别物质之间的转化。 3. 能运用电离的观点认识酸、碱、盐，用电离方程式表示某些酸、碱、盐的电离；能依据离子反应发生的条件判断离子反应能否发生，并用离子方程式表达。 4. 能识别氧化还原反应，并判断氧化剂、还原剂；能根据核心元素化合价升降的趋势预测物质的氧化性或还原性，并设计实验进行验证。 5. 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。 6. 能举例说明胶体的典型特征。 7. 初步学会从物质类别和元素化合价两个角度认识物质的性质，分析、解释有关反应的现象。
变化观念与平衡思想	认识到可以从不同角度对化学反应进行分类。 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。	

学习·理解

1. 我们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、金属钠、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。

微信公众号：电子课本大全

2. 下面五种溶液中，能导电的是（　　），有颜色的是（　　），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。

①酸性 $KMnO_4$ 溶液　②澄清石灰水　③ $FeCl_3$ 溶液　④稀盐酸　⑤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） $BaCl_2$ 溶液与稀硫酸的反应

（2）铜与 $AgNO_3$ 溶液的反应

（3） $H^+ + OH^- = H_2O$

（4） $Cu^{2+} + Fe = Fe^{2+} + Cu$

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。对于这个新的化学反应类型你有哪些认识？结合你的认识完成下面的题目。

（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. $HCl \rightarrow H_2$　　B. $CO \rightarrow CO_2$

C. $Na_2SiO_3 \rightarrow Si$　　D. $FeCl_3 \rightarrow FeCl_2$

（4）下列化学反应中，水做氧化剂的是（　　）。

A. $2H_2O_2 \xlongequal{MnO_2} 2H_2O + O_2\uparrow$

B. $Cl_2 + H_2O = HCl + HClO$

C. $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$

D. $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$

6. 整理氯及其化合物的有关知识，完成下列各题。

（1）列举你知道的氯及其化合物。

（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。

微信公众号：电子课本大全

应用·实践

7. 下列化学方程式所表示的反应中，不能用 $Ca^{2+} + CO_3^{2-} = CaCO_3\downarrow$ 表示的是（　　）。

A. $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$

B. $CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3\downarrow + 2NaCl$

C. $Ca(OH)_2 + 2NaHCO_3 = CaCO_3\downarrow + Na_2CO_3 + 2H_2O$

D. $K_2CO_3 + Ca(OH)_2 = CaCO_3\downarrow + 2KOH$

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. Ca^{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。二氧化碳可以作为气体肥料促进植物的光合作用，也可以作为原料生产可降解塑料。某工厂废气中含有大量二氧化碳，但是二氧化碳的收集和转运是个难题。请你设计操作简单、经济合理的方案，实现二氧化碳的收集和转运，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，回收的废液中可能含有 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，以方便后续处理。请你设计废液处理方案，用流程图表示，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。在实验室制法中，从氧化还原反应的角度看，二氧化锰和高锰酸钾的作用是什么？要获得等量的氯气，消耗二氧化锰和高锰酸钾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。

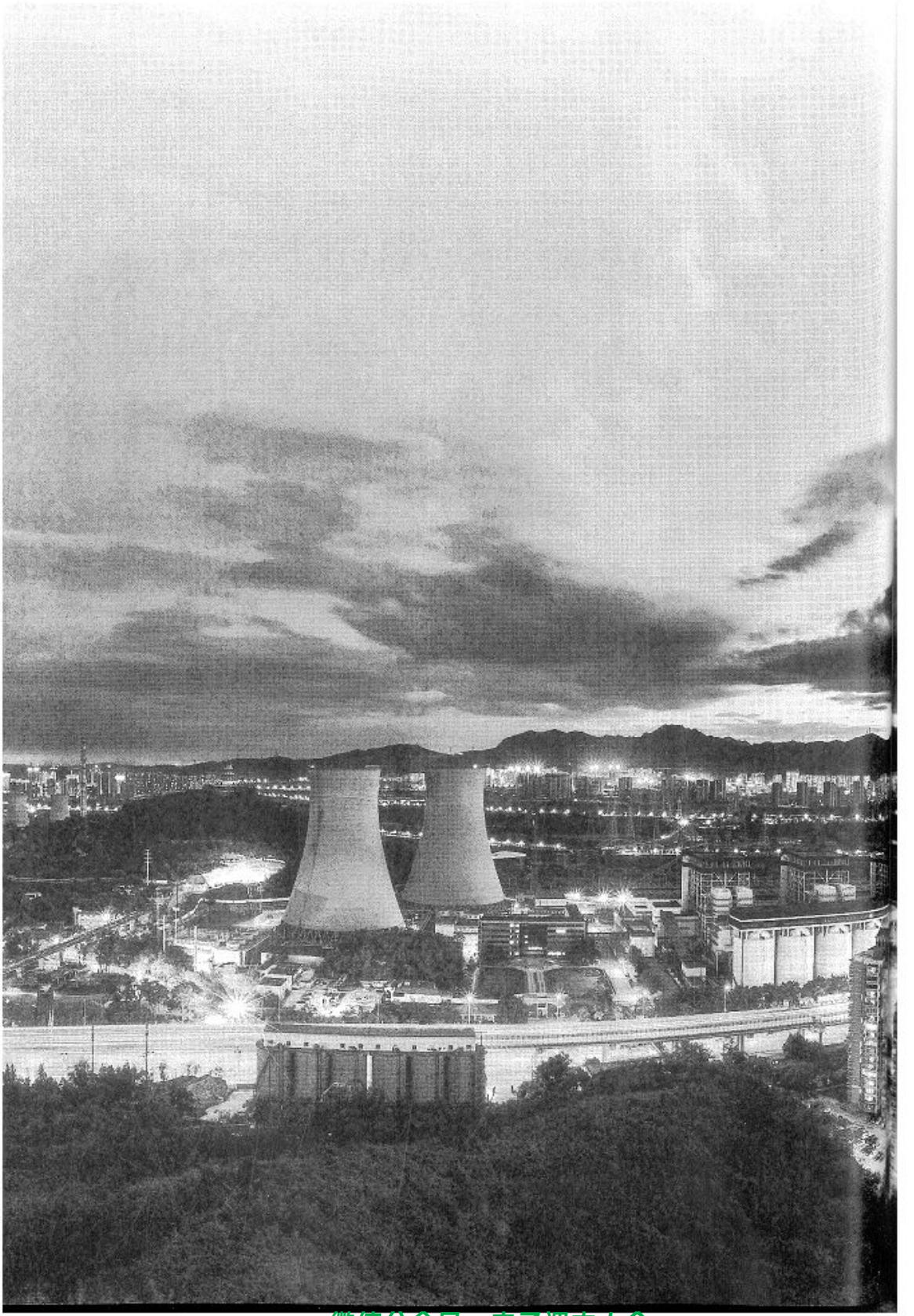
将氯气通入石灰乳［$Ca(OH)_2$］中可以制得漂白粉［主要成分为 $CaCl_2$ 和 $Ca(ClO)_2$］，写出所发生反应的化学方程式。在这个反应中，部分氯气被氧化，部分氯气被还原。请分析氯气被氧化得到的产物是什么，计算被氧化的氯气和被还原的氯气的质量比是多少。

微信公众号：电子课本大全

（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 该产品中含有多少克次氯酸钠？

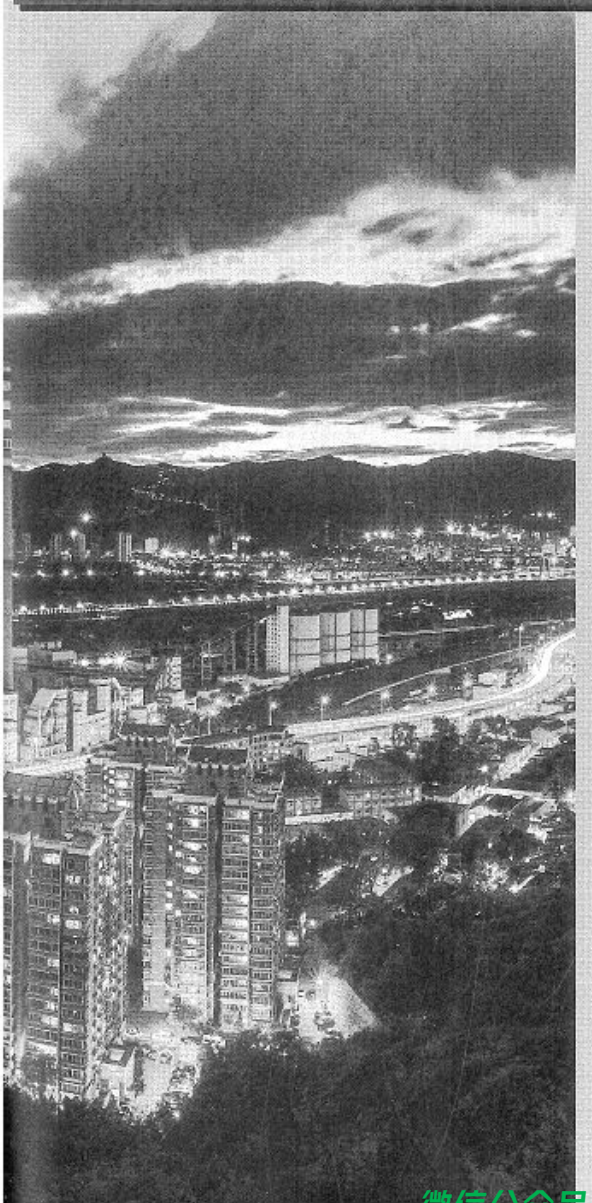
12. 动手实践：在食盐中加碘是预防碘缺乏症的有效方法。通常，在食盐中加碘有两种方法：一种是加入碘化钾（KI），另一种是加入碘酸钾（KIO_3）。请设计实验方案检测某种含碘盐中加入的是碘化钾还是碘酸钾，并检测自己家中的含碘盐。［提示：①碘单质（I_2）遇淀粉变蓝；②维生素 C 是生活中可利用的还原剂；③“84”消毒液是生活中可利用的氧化剂］

微信公众号：电子课本大全



微信公众号：电子课本大全

第3章 物质的性质与转化



第 1 节
铁的多样性 [80]

第 2 节
硫的转化 [90]

第 3 节
氮的循环 [101]

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 [115]

本章自我评价 [121]

微信公众号：电子课本大全

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，在生产、生活中也有着重要的应用。

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。

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其性质密切相关。

微信公众号：电子课本大全

一、亚铁盐和铁盐

亚铁盐是组成中含有 Fe^{2+} 的盐，如 $FeSO_4$、$FeCl_2$、$Fe(NO_3)_2$ 等；铁盐是组成中含有 Fe^{3+} 的盐，如 $Fe_2(SO_4)_3$、$FeCl_3$、$Fe(NO_3)_3$ 等。

活动 · 探究

学生必做实验

亚铁盐和铁盐的性质

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

$FeSO_4$ 溶液，$FeCl_3$ 溶液，酸性 $KMnO_4$ 溶液，氯水，0.1 $mol \cdot L^{-1}$ KSCN（硫氰酸钾）溶液，KI 溶液，淀粉溶液，稀硫酸，NaOH 溶液，铁粉，锌片，铜片；

试管，胶头滴管，镊子。

安全提示

氯水、稀硫酸、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，请用大量清水冲洗。

性质预测

预测硫酸亚铁、氯化铁分别具有怎样的性质，并说明预测依据。

方法导引

研究无机物性质的两个基本角度

物质类别、物质所含核心元素的化合价，是研究无机物性质的两个基本角度。可以从这两个角度去预测无机物可能具有的性质，再通过实验等获得证据进而得出结论。

Fe^{3+} 的检验

依据 Fe^{3+} 与 SCN^- 反应使溶液显红色的性质，可用 KSCN 溶液检验 Fe^{3+} 的存在。



图 3-1-2　Fe^{3+} 与 KSCN 溶液的反应

微信公众号：电子课本大全

实验方案设计及实施

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

1. 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？
2. 总结亚铁盐和铁盐的性质。
3. 实验室里如何保存 $FeSO_4$ 溶液？为什么？

从物质类别角度研究发现，亚铁盐（如硫酸亚铁）和铁盐（如氯化铁）都能与碱溶液反应生成相应的铁的氢氧化物。

从化合价角度研究发现，含有 +3 价铁元素的铁盐具有氧化性。$FeCl_3$ 溶液分别与金属铁、铜及 KI 溶液反应时，Fe^{3+} 皆被还原为 Fe^{2+}。

$$2Fe^{3+} + Fe = 3Fe^{2+}$$

$$2Fe^{3+} + Cu = 2Fe^{2+} + Cu^{2+}$$

含有 +2 价铁元素的亚铁盐既具有氧化性，又具有较强的还原性。在 $FeSO_4$ 溶液与金属锌的反应中，Fe^{2+} 被还原为铁单质，体现了 Fe^{2+} 的氧化性。在 $FeSO_4$ 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 Fe^{2+} 的还原性。

$$Fe^{2+} + Zn = Zn^{2+} + Fe$$

$$2Fe^{2+} + Cl_2 = 2Fe^{3+} + 2Cl^-$$

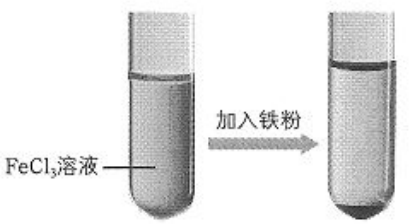


图 3-1-3　$FeCl_3$ 溶液与铁粉的反应

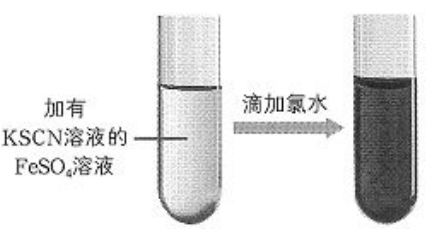


图 3-1-4　$FeSO_4$ 溶液与氯水的反应

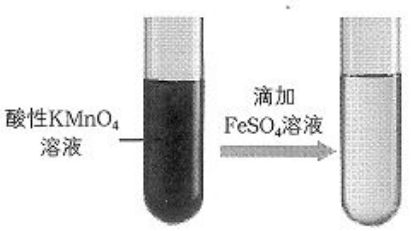


图 3-1-5　$FeSO_4$ 溶液与酸性 $KMnO_4$ 溶液的反应

微信公众号：电子课本大全

二、其他含有铁元素的物质

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、铁的各种氧化物、铁的两种氢氧化物分别可能具有哪些性质？为什么？请查阅相关资料，寻找证据。

2. 铁单质不能与冷、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。

$$3Fe + 4H_2O(g) \xlongequal{高温} Fe_3O_4 + 4H_2$$

图 3-1-7 所示的硬质试管中装有湿棉花和还原铁粉，表面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？

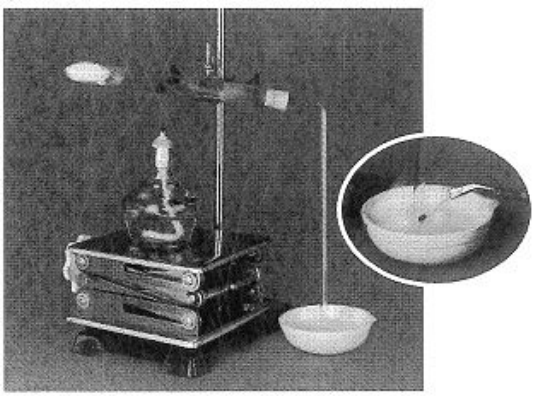


图 3-1-6　铁单质与水蒸气的反应

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。

$$2Al + Fe_2O_3 \xlongequal{高温} 2Fe + Al_2O_3$$

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？

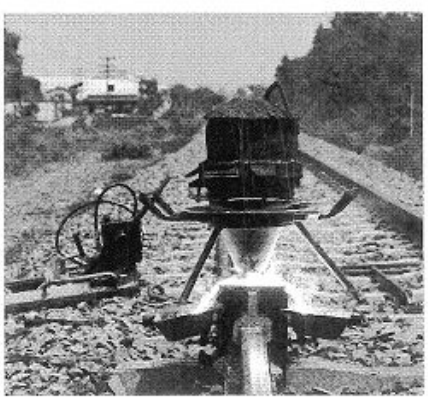


图 3-1-7　利用三氧化二铁粉末与铝粉的反应焊接钢轨

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。

纯净的铁是光亮的银白色金属，密度较大，熔点为 1 538 ℃。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，生成其他金属单质和亚铁盐。

氧化亚铁是一种黑色粉末；四氧化三铁是具有磁性的黑色固体；三氧化二铁是一种红棕色粉末，常用作油漆、涂料、油墨和红色颜料。

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是碱性氧化物，它们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。

微信公众号：电子课本大全

$$FeO + 2H^+ = Fe^{2+} + H_2O$$

$$Fe_2O_3 + 6H^+ = 2Fe^{3+} + 3H_2O$$

氢氧化亚铁是白色固体，难溶于水；氢氧化铁是红褐色固体，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。

$$Fe(OH)_2 + 2H^+ = Fe^{2+} + 2H_2O$$

$$Fe(OH)_3 + 3H^+ = Fe^{3+} + 3H_2O$$

从铁元素化合价的角度分析：

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。

氧化亚铁、氢氧化亚铁中铁元素的化合价是 +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。$FeSO_4$ 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。

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$$

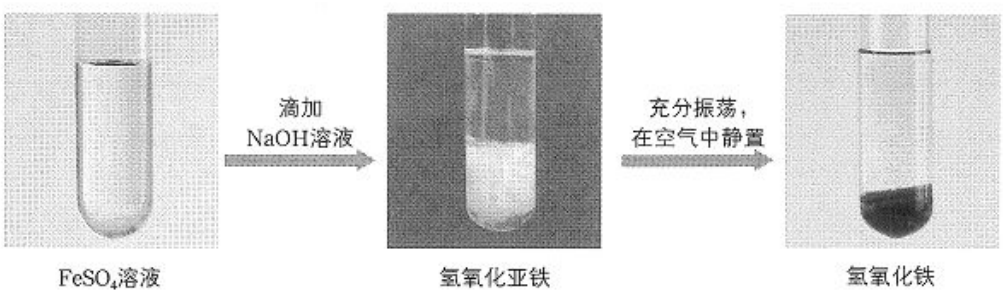


图 3-1-8　$FeSO_4$ 溶液与 NaOH 溶液反应产生的氢氧化亚铁被空气中的氧气氧化为氢氧化铁

三氧化二铁中铁元素的化合价是 +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。

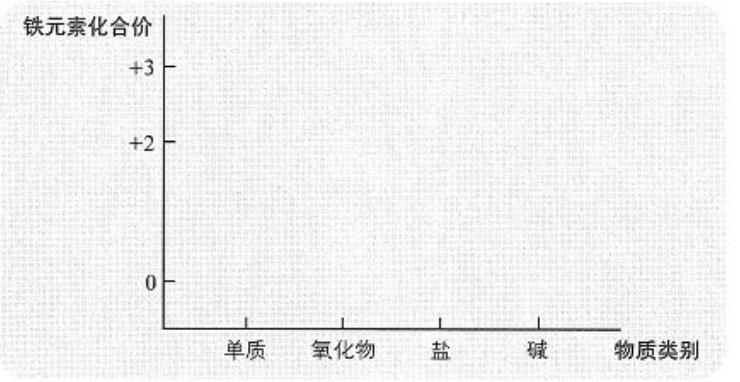
微信公众号：电子课本大全

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. 请在下图中适当位置标注常见的铁及其化合物，并用箭头标明物质之间的转化关系，说明依据。



2. 分析实现铁及其化合物之间转化的思路与方法。

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，其中除了含有铁元素的物质外，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 中含铁元素 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。

微信公众号：电子课本大全

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，请用大量清水冲洗。

实验用品

某补铁口服液，6 $mol \cdot L^{-1}$ 硫酸，NaOH 溶液，氯水，0.1 $mol \cdot L^{-1}$ KSCN 溶液，酸性 $KMnO_4$ 溶液；

试管，胶头滴管。

实验方案设计及实施

实验步骤	实验现象	实验结论

思考

1. 在你所实施的实验方案中，涉及哪些铁及其化合物之间的转化关系？为什么要选择这些转化关系，其目的是什么？

2. 可以用 NaOH 溶液检验补铁剂中铁元素的价态吗？为什么？

3. 补铁剂中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，来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。血红蛋白分子中含有 Fe^{2+}，正是这些 Fe^{2+} 使血红蛋白分子具有载氧功能：血红蛋白分子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。

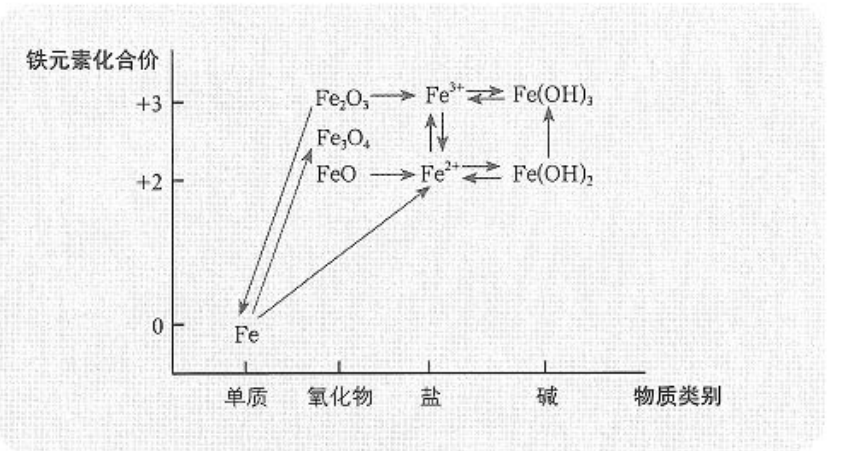
人体内的铁元素主要来源于食物。动物血、肝脏、骨髓以及蛋黄、菠菜、木耳、葡萄、红枣、大豆、芝麻等食物含有丰富的铁元素。已有的研究结果显示，源自食物中的铁元素主要在小肠（尤其是十二指肠）内被吸收，并且人体只能吸收 Fe^{2+}。由于维生素 C 具有还原性，可以将 Fe^{3+} 还原成 Fe^{2+}，所以食用维生素 C 含量较高的食物有利于人体对铁元素的吸收。需要指出的是，人体对体内铁元素的再利用率很高。对于健康的成年人，合理的膳食完全可以满足人体对铁元素的需求。儿童和孕期妇女因需要摄入较多的铁元素，可额外补充。

微信公众号：电子课本大全

概括·整合

1. 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、生活中的应用。

2. 绘制铁及其化合物之间转化的知识结构图，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接起来。

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. $Fe(OH)_2$ 是白色的，$Fe(OH)_3$ 是红褐色的

微信公众号：电子课本大全

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．下列物质中的铁元素，既能被氧化又能被还原的是（　　）。

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，不能一步实现的是（　　）。

A．$Fe \xrightarrow{Cl_2} FeCl_3$　　B．$Fe \xrightarrow{O_2} Fe_3O_4$

C．$Fe \xrightarrow{H_2O} Fe_3O_4$　　D．$Fe \xrightarrow{HCl} FeCl_3$

应用·实践

6．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

7．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．原溶液中一定含有 SCN^-

B．氧化性：$Fe^{3+} > Cl_2$

C．Fe^{2+} 与 SCN^- 不能形成红色物质

D．Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+}

8．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

9．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。

10．为探究 $FeCl_2$ 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 $mol \cdot L^{-1}$ $FeCl_2$ 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 _____ 性（填“氧化”或“还原”），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

微信公众号：电子课本大全

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。

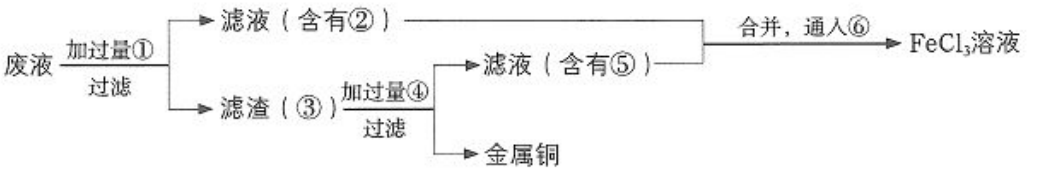
③设计实验证明 Fe^{2+} 具有氧化性：_____

_____。

11. 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. 请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. 请写出相关反应的化学方程式。

微信公众号：电子课本大全

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？

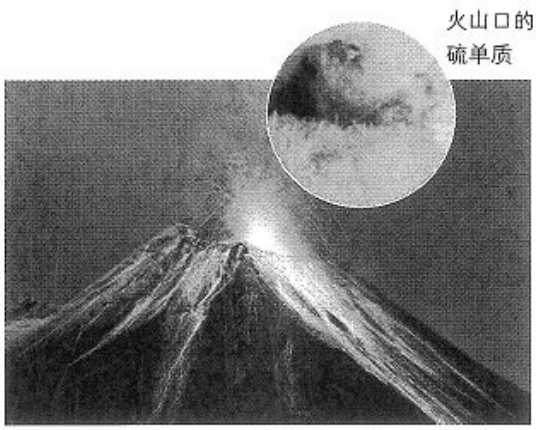


图 3-2-1　火山喷发的景象

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。

微信公众号：电子课本大全

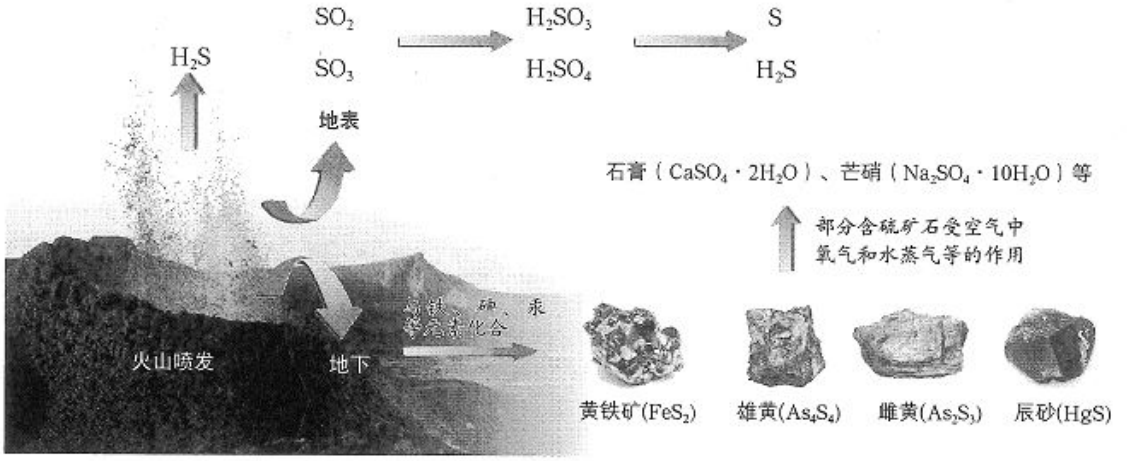


图 3-2-2　自然界中不同价态硫元素之间的转化

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、硫酸钙等。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，包括含有 −2、0、+4 或 +6 价硫元素的物质。硫及其化合物之间可以相互转化。

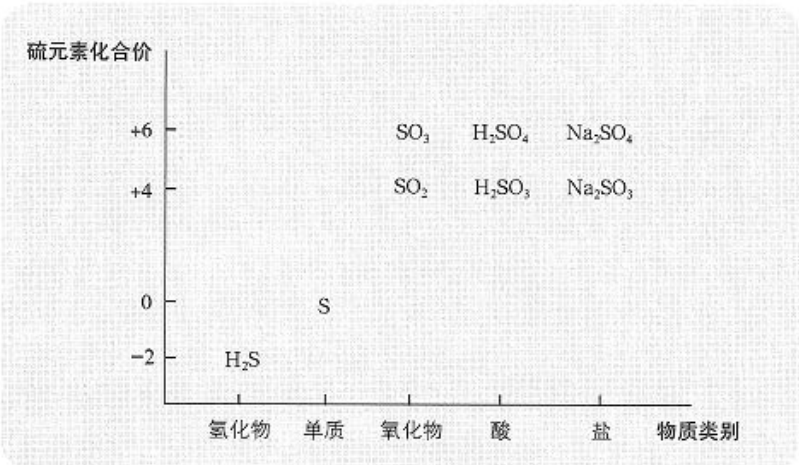


图 3-2-3　硫及其化合物“价—类”二维图

2. 认识硫单质

观察·思考

硫单质的性质

硫单质会有哪些化学性质？为什么？实验 2、3 能够支持你的哪些预测？

【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

微信公众号：电子课本大全

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。

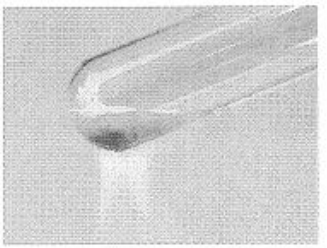


图 3-2-4　硫的熔化

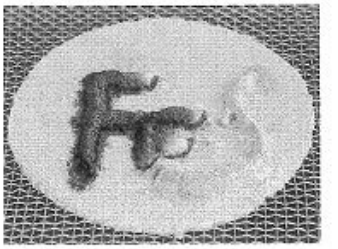


图 3-2-5　硫粉与铁粉的反应

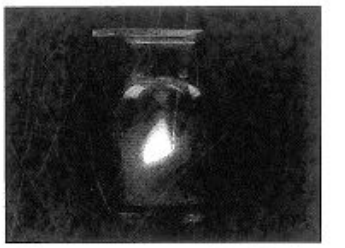


图 3-2-6　硫在氧气中燃烧

实验记录

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）。正交硫和单斜硫是硫元素的同素异形体。



正交硫（熔点：112.8 ℃）　　单斜硫（熔点：119.3 ℃）

图 3-2-7　硫的两种同素异形体

微信公众号：电子课本大全

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。硫单质能与氧气反应生成二氧化硫，体现了硫单质的还原性。

$$Fe + S \xlongequal{\triangle} FeS$$

$$S + O_2 \xlongequal{点燃} SO_2$$

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

含有硫元素的物质在自然界中可以依靠大自然的作用相互转化。那么，在实验室里怎样实现这些物质之间的转化呢？

活动·探究

学生必做实验

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

二氧化硫水溶液，Na_2SO_3 溶液，浓硫酸，酸性 $KMnO_4$ 溶液，氯水，Na_2S 溶液，KI 溶液，铜片，淀粉溶液，品红溶液，稀硫酸，NaOH 溶液；

试管，胶头滴管，铁架台，酒精灯，玻璃管，橡胶塞，导气管，试管夹等。

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演示完成。

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

微信公众号：电子课本大全

思考

1. 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。

2. 总结二氧化硫和浓硫酸的化学性质。

3. 谈谈你对元素不同价态之间的转化与相关物质氧化性、还原性关系的认识。

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。

第三，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（SO_2，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。

$$2SO_2 + O_2 \underset{\triangle}{\overset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons}} 2SO_3$$

$$SO_2 + 2H_2S = 3S\downarrow + 2H_2O$$

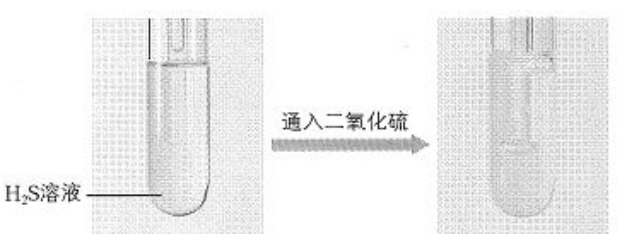


图 3-2-8　二氧化硫与 H_2S 溶液的反应

实际上，在二氧化硫与氧气反应生成三氧化硫的同时，三氧化硫也在分解生成二氧化硫和氧气。像这种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。前面学过的氯气与水的反应也属于可逆反应。在可逆反应的化学方程式中用“$\rightleftharpoons$”代替“$=$”。

微信公众号：电子课本大全

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。

$$SO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3$$
$$SO_2 + 2OH^- = SO_3^{2-} + H_2O$$

二氧化硫还具有漂白性，能使品红等有色物质褪色。

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和最大使用量。

浓硫酸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。

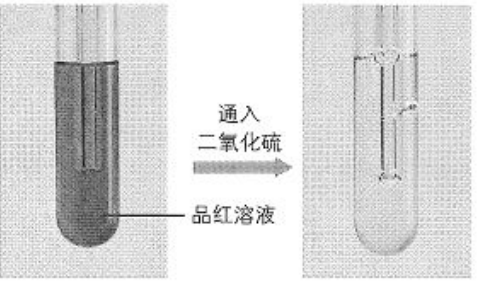


图 3-2-9　二氧化硫使品红溶液褪色

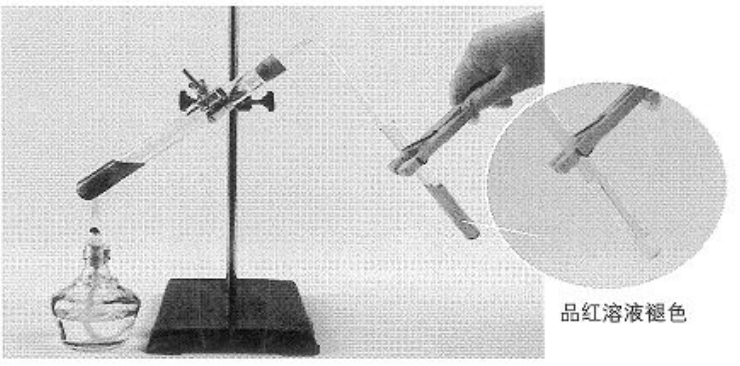


图 3-2-10　浓硫酸与铜反应的实验

$$2H_2SO_4(浓) + Cu \xlongequal{\triangle} CuSO_4 + SO_2\uparrow + 2H_2O$$
$$2H_2SO_4(浓) + C \xlongequal{\triangle} 2SO_2\uparrow + CO_2\uparrow + 2H_2O$$

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，能按水的元素组成比脱去纸屑、棉花中所含有机化合物中的氢、氧元素，使这些有机化合物碳化。

微信公众号：电子课本大全

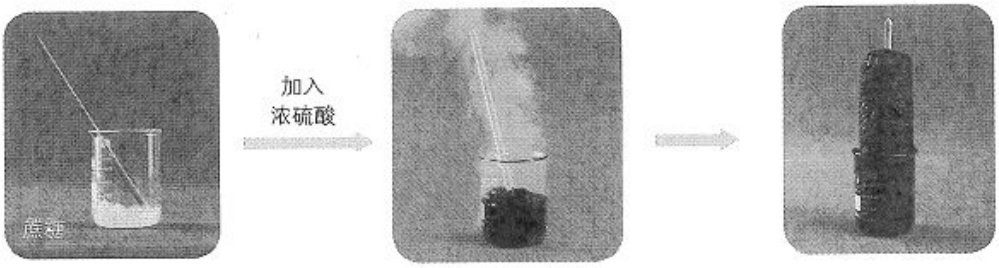


图 3-2-11　浓硫酸的脱水性实验

浓硫酸还能吸收空气中的水分，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。在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间的转化在工农业生产中有着重要的应用。例如，工业上常用氧气做氧化剂把硫单质或含硫矿石中的硫转化成二氧化硫，再将二氧化硫转化成三氧化硫，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（$CuSO_4 \cdot 5H_2O$）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（$FeSO_4 \cdot 7H_2O$）来制备硫酸。

17 世纪，炼金士勒·菲伏尔（N.L.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，顺利制得硫酸。

1740 年，英国人瓦尔特（J.Ward）在伦敦附近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，如用钒代替铂做催化剂、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，如充分利用煤、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）等做原料。

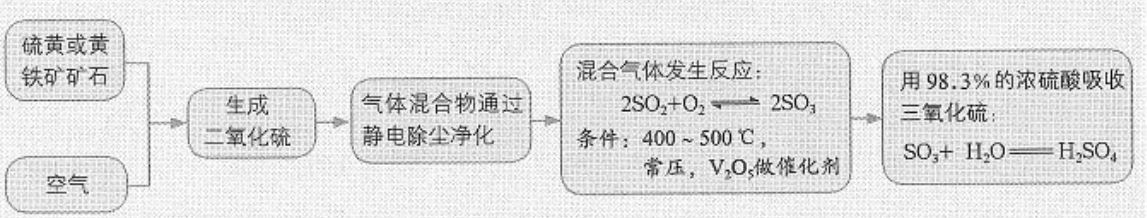


图 3-2-12　接触法制硫酸的生产流程

微信公众号：电子课本大全

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）请查找资料，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. 请谈谈科学、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为硫酸型酸雨。

$$2SO_2 + O_2 \overset{\text{催化剂}}{\rightleftharpoons} 2SO_3 \qquad SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

$$SO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3 \qquad 2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$$

酸雨带来种种灾害，严重威胁着自然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

微信公众号：电子课本大全

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；此外，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。

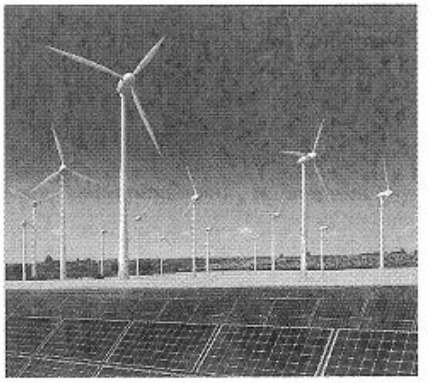


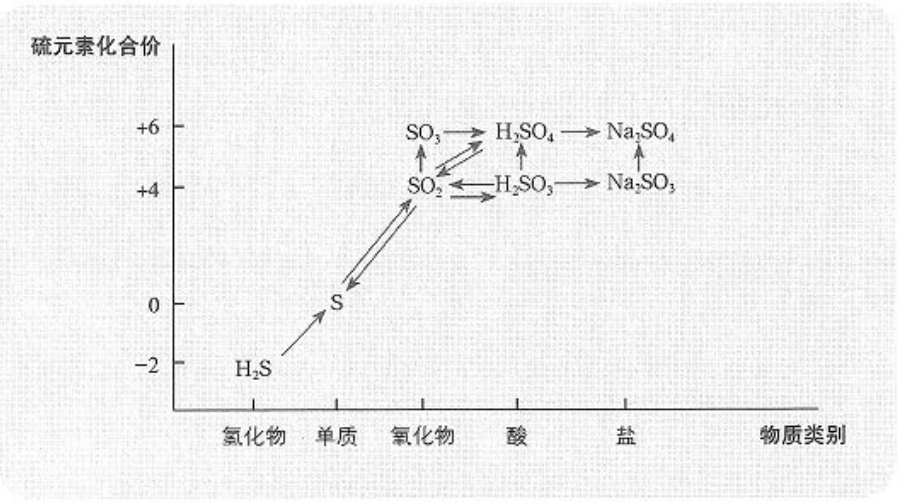
图 3-2-14　太阳能和风能互补发电



图 3-2-15　飞机向酸化的湖中撒石灰石粉

概括·整合

1. 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：



2. 提炼实现硫及其化合物之间转化的思路与方法。

3. 归纳解决酸雨问题的思路与方法，总结硫及其化合物的应用及其对生态环境的影响。

微信公众号：电子课本大全

练习与活动

学习·理解

1. 下列说法中，不正确的是（　　）。

A. 硫是一种淡黄色的能溶于水的固体　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. 下列物质间的反应中，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. 汽车尾气的排放

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气体

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

应用·实践

6. 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

7. 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。

8. 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，生成的沉淀中一定含有硫酸钡

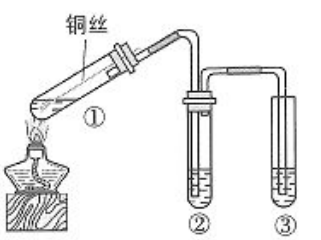
C. 加入稀硫酸后，不溶的沉淀一定是硫酸钡

D. 此实验不能确定亚硫酸钠是否部分被氧化

9. 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（　　）。

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



第 9 题图

微信公众号：电子课本大全

C. ③中选用 NaOH 溶液吸收多余的二氧化硫

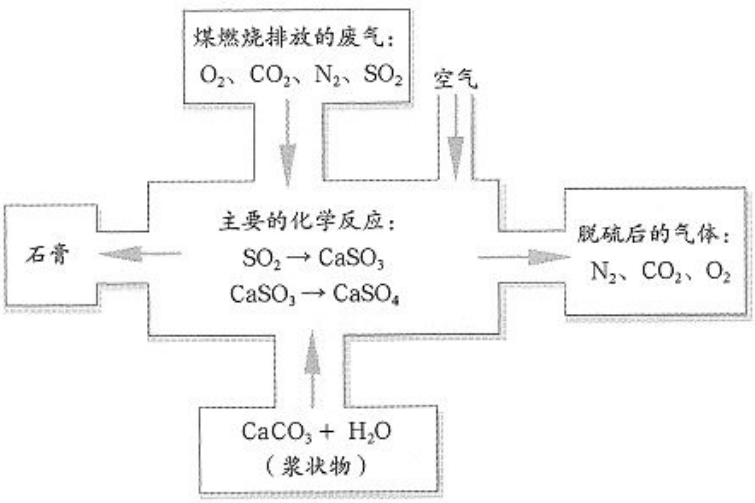
D. 为确认有硫酸铜生成，向①中加水，观察颜色变化

10. 煤是一种常用的燃料。煤燃烧产生的废气中含有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。

（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 10 题图

11. 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 t 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 $4FeS_2 + 11O_2 \xlongequal{\text{高温}} 2Fe_2O_3 + 8SO_2$。

12. 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”？

微信公众号：电子课本大全

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，氮元素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。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，空气里的氮气和部分含氮化合物发生了哪些化学反应吗？这些反应产生了哪些物质？这些反应和所产生的物质对于人类的生产和生活有什么意义？

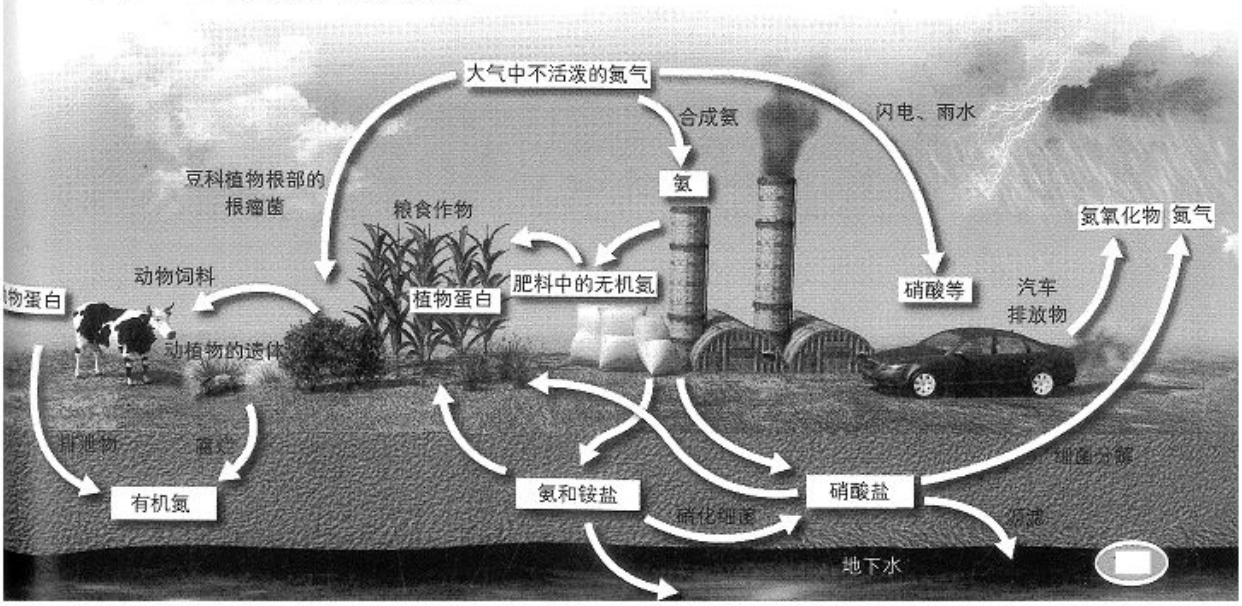


图 3-3-1　闪电

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



微信公众号：电子课本大全

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（如氮肥、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，请指出它们的物质类别和其中氮元素的化合价。

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其转化

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%；另一种是生物固氮，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%。

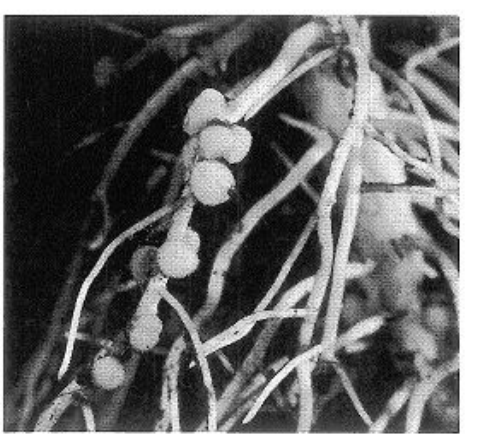


图 3-3-3　豆科植物的根瘤是生物固氮的重要媒介

微信公众号：电子课本大全

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，氮气与氧气反应生成一氧化氮”“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，分析所发生的化学反应，总结氮气、一氧化氮、二氧化氮的性质。

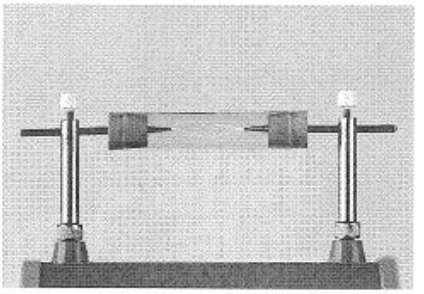


图 3-3-4　氮气与氧气反应生成一氧化氮



图 3-3-5　一氧化氮转化为二氧化氮

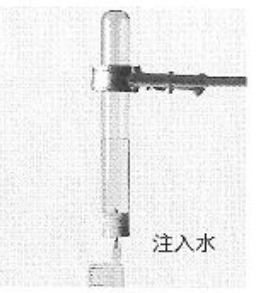


图 3-3-6　二氧化氮溶于水

氮气是无色、无味的气体，难溶于水。在通常状况下，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。

$$N_2 + O_2 \xlongequal{\text{放电}} 2NO$$

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。

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

二氧化氮（NO_2，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。

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

微信公众号：电子课本大全

大多数植物只能吸收化合态的氮元素，能否用人工方法把空气中的氮气转化成植物可以吸收的含氮化合物？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，氨的水溶液及氨形成的盐中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。

$$N_2 + 3H_2 \underset{\text{催化剂}}{\overset{\text{高温、高压}}{\rightleftharpoons}} 2NH_3$$

化学与技术

人工固氮的重要途径——工业合成氨

氨的工业合成是目前普遍使用的人工固氮方法。这种方法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.L.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。

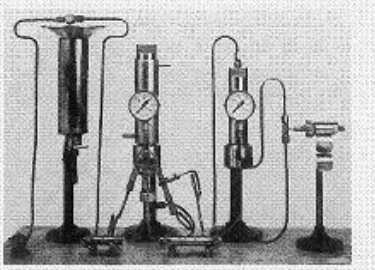


图 3-3-7　合成氨实验装置

在让合成氨的工艺走出实验室实现工业化生产的过程中，德国化学工程师博施（C.Bosch）做出了重大贡献。他经过大量试验，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，德国建立了世界上第一座合成氨试验工厂；1913 年，德国又建立了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。

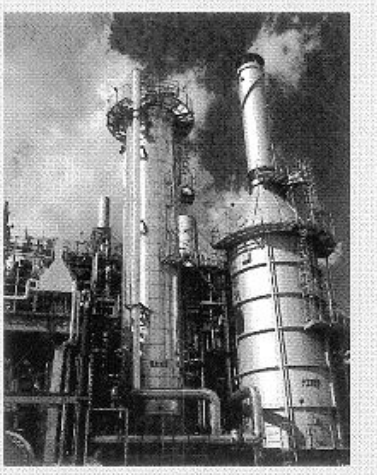


图 3-3-8　合成氨工厂

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。

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，开启了工业催化新纪元，也奠定了多相催化科学和化学工程科学的基础。

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，并用这些金属有机化合物做催化剂实现了常温、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。

微信公众号：电子课本大全

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和氧化性；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。

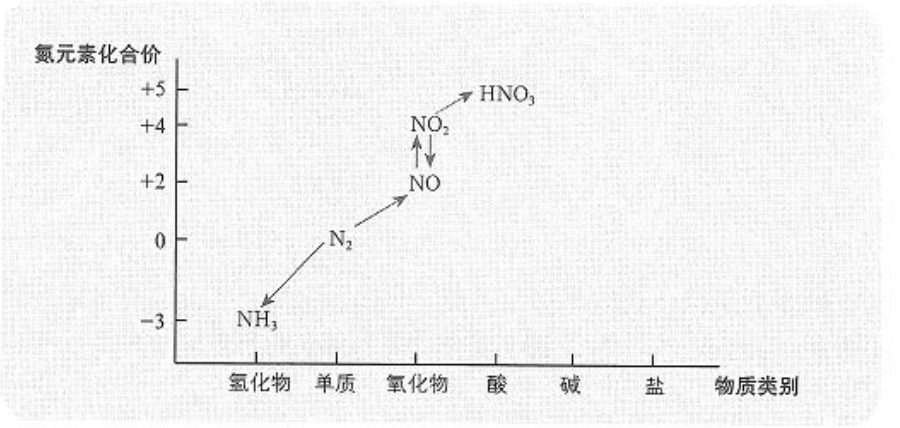


图 3-3-9　氮的固定中涉及的氮及其化合物的转化关系

2. 氨的转化

氨（NH_3，ammonia）是没有颜色、有刺激性气味的气体；在标准状况下，密度比空气小，为 0.771 $g \cdot L^{-1}$；极易溶于水且能快速溶解，在常温、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，它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［$CO(NH_2)_2$］。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，因此施用氮肥能促进作物生长，并能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 3-3-10　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？

请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。

微信公众号：电子课本大全

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
$NH_3 \rightarrow NH_3 \cdot H_2O$				
$NH_3 \rightarrow NH_4Cl$				
$NH_3 \rightarrow NO \rightarrow NO_2 \rightarrow HNO_3$				

思考

1. 将氨气分别转化为氨水、氯化铵，需要借助怎样的化学反应才能实现？
2. 如何将氨气转化为硝酸？
3. 氨气具有哪些性质？

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
$N_2 \rightarrow NH_3$				
$? \rightarrow NH_3$				

思考

1. 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。
2. 总结铵盐的性质。
3. 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（$NH_3 \cdot H_2O$），其溶液显弱碱性。氨不仅能与水发生反应，还能与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、氯化铵。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。

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_3 \cdot H_2O$$

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

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：

$NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

因此，氨水能使酚酞溶液变红。

微信公众号：电子课本大全

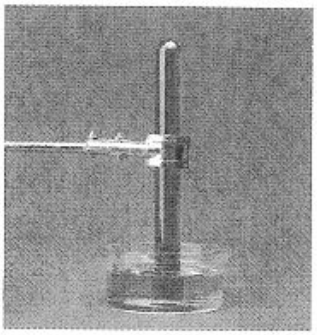


图 3-3-11　氨溶于水



图 3-3-12　氨的喷泉实验

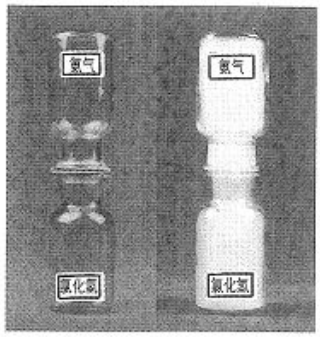


图 3-3-13　氨与氯化氢的反应

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。

$$4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow[\triangle]{\text{催化剂}} 4NO + 6H_2O$$

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。

$$NH_4HCO_3 \xlongequal{\triangle} NH_3\uparrow + CO_2\uparrow + H_2O$$

$$NH_4Cl \xlongequal{\triangle} NH_3\uparrow + HCl\uparrow$$

铵盐与碱溶液共热，也可以产生氨气。在实验室里常用这种方法检验溶液中的铵离子。

$$NH_4^+ + OH^- \xlongequal{\triangle} NH_3\uparrow + H_2O$$

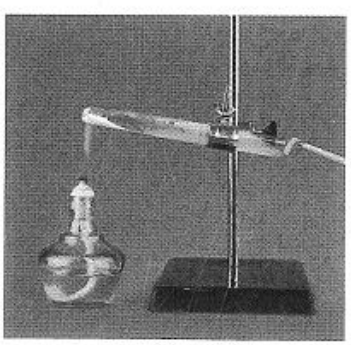


图 3-3-14　加热碳酸氢铵固体

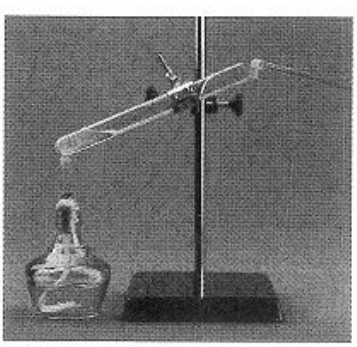


图 3-3-15　氯化铵固体与 NaOH 溶液的反应

微信公众号：电子课本大全

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 3-3-16　实验室制取氨气示意图

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \xlongequal{\triangle} 2NH_3\uparrow + CaCl_2 + 2H_2O$$

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含氮和磷的复合化肥，如磷酸二氢铵（$NH_4H_2PO_4$）和磷酸氢二铵［$(NH_4)_2HPO_4$］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

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

微信公众号：电子课本大全

【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】在两支试管中各放入一小块铜片，分别加入少量稀硝酸（4 $mol \cdot L^{-1}$）和浓硝酸（15 $mol \cdot L^{-1}$），立即用蘸有 NaOH 溶液的棉花封住试管口，观察试管中发生的现象。

【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。

实验记录

实验编号	实验现象	结论及化学方程式
1		
2		
3		

思考

1. 硝酸与金属的反应有什么特点？
2. 硝酸是否也具有酸的一般性质？
3. 浓硝酸通常保存在棕色试剂瓶里，这是为什么？

纯净的硝酸是无色、易挥发、有刺激性气味的液体，熔点为 −42 ℃，沸点为 83 ℃，密度为 1.5 $g \cdot cm^{-3}$。浓硝酸受热或见光分解产生红棕色的二氧化氮气体。为了防止硝酸见光分解，一般将它保存在棕色试剂瓶中，并放置在阴凉处。

$$4HNO_3 \xlongequal{\text{受热或光照}} 4NO_2 \uparrow + O_2 \uparrow + 2H_2O$$

通常市售硝酸中 HNO_3 质量分数为 68%～70%，密度为 1.42 $g \cdot cm^{-3}$。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，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。

$$4HNO_3（浓）+ Cu = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 \uparrow + 2H_2O$$

$$8HNO_3（稀）+ 3Cu = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO \uparrow + 4H_2O$$

微信公众号：电子课本大全

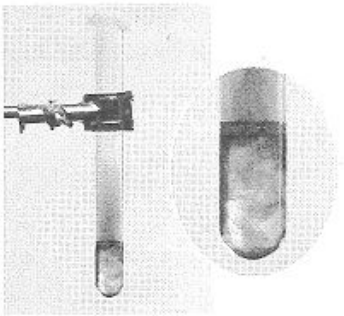


图 3-3-17　铜片与浓硝酸的反应

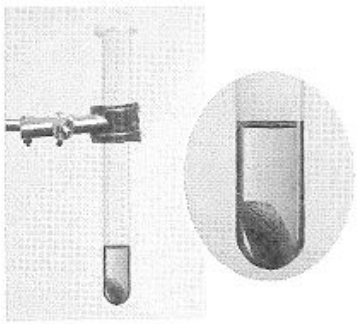


图 3-3-18　铜片与稀硝酸的反应

常温下，浓硝酸可使铁、铝因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。

浓硝酸在加热条件下，还能与碳单质等非金属单质发生氧化还原反应。

$$4HNO_3(浓) + C \xlongequal{\triangle} CO_2\uparrow + 4NO_2\uparrow + 2H_2O$$

硝酸还具有酸的一般性质。例如，硝酸能与碱发生中和反应，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。氮氧化物还是雾霾的主要成分之一。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，氮氧化物与空气中的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、磷等多种微量营养元素。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

微信公众号：电子课本大全

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。

在我国走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路的进程中，化学科学与技术将发挥更为重要的作用，促进美丽中国建设，为人民创造良好的生活环境，为全球生态安全做出贡献。

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。必须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，形成绿色发展方式和生活方式。



图 3-3-19　美丽中国一角

交流·研讨

1. 整理氮及其化合物的知识结构图。

2. 请从元素化合价和物质类别角度概括氮及其化合物的性质及其转化关系。

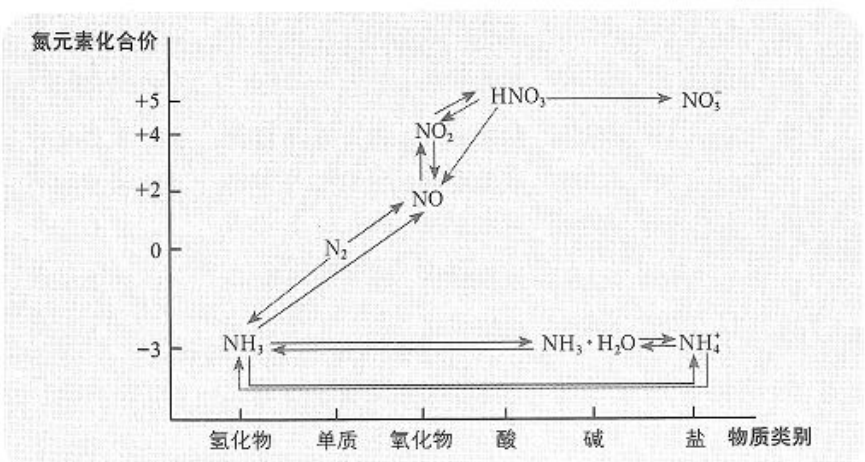
3. 请谈谈氮循环对人类社会和自然环境有怎样的影响。



图 3-3-20　认识无机物的主要角度

概括·整合

1. 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知识结构图，示例如下：



微信公众号：电子课本大全

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. N_2　　B. NO　　C. NO_2　　D. NH_3

（3）氨的喷泉实验体现了氨的哪些性质？（　　）

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

应用·实践

2. 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. Cl_2　　B. CO_2　　C. NO　　D. NH_3

微信公众号：电子课本大全

（4）将铁屑溶于过量盐酸后，再加入下列物质，会有 Fe^{3+} 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（　　）。

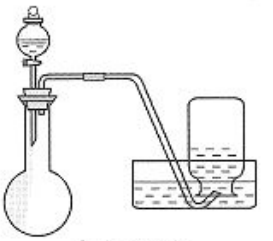
A．Na^+、H^+、Cu^{2+}、NO_3^-

B．Na^+、Fe^{2+}、H^+、NO_3^-

C．NH_4^+、Cl^-、SO_4^{2-}、OH^-

D．HCO_3^-、NH_4^+、Na^+、OH^-

3．利用下列各组中物质间的反应制备和收集少量气体，能采用如图实验装置的是（　　）。



第 3 题图

A．浓氨水与固体氢氧化钠　　B．稀硝酸与铜片

C．浓硫酸与铜片　　D．浓硝酸与铜片

4．请根据实验室制备氨气的反应原理设计制备和收集氨气的实验方案，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氨气，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？

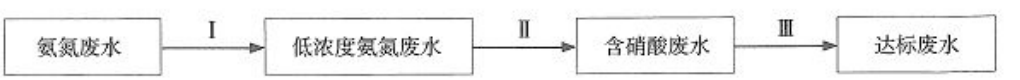
（3）如何检验氨气是否已收集满？简述实验操作和现象。

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 $NH_3 \cdot H_2O$ 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，你能否从分析教科书的图 3-3-2 中产生处理氨氮废水的进一步想法？

（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 $NH_4^+ \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$ 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 _____。

微信公众号：电子课本大全

③ 过程Ⅲ：在一定条件下向废水中加入甲醇（CH_3OH），实现 $HNO_3 \rightarrow NO_2^- \rightarrow N_2$ 转化，称为反硝化过程。1 mol HNO_3 完全转化成 N_2，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，你有什么想法？

6. 关于雾霾的成因，观点颇多。以下是其中的两种观点，请你分析是否可信，并通过进一步查阅资料寻求证据。

观点 1：某些地区的煤矿含有铀等半衰期达数亿年的核辐射物质，是导致 $PM_{2.5}$ 超标的主要原因。这部分物质通过煤炭燃烧后以粉尘形式排入大气中，并通过核辐射粉尘的方式污染大气。

观点 2：我国工业化进程中造成的污染和广大农村的土壤、水源严重污染的叠加效应，是严重雾霾形成的特殊机理。我国水土环境受到富营养化的严重污染，造成环境中微生物种群繁杂和富集；土壤中氨氮浓度高，造成冬春季节水分蒸发带走大量富营养水分，在低空与气溶胶相结合，在凝结核吸水膨胀的同时，也为吸附在凝结核上的微生物快速分裂繁殖提供了养分，长此以往形成了具有地域特征的微生物种群，为雾霾的快速形成、频发和爆发性增长提供了外部条件。

微信公众号：电子课本大全

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

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，有依据地做出决策。

“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，有很多与化学密切相关的社会性科学议题。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知识和科学问题，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，做出决策。

微信公众号：电子课本大全

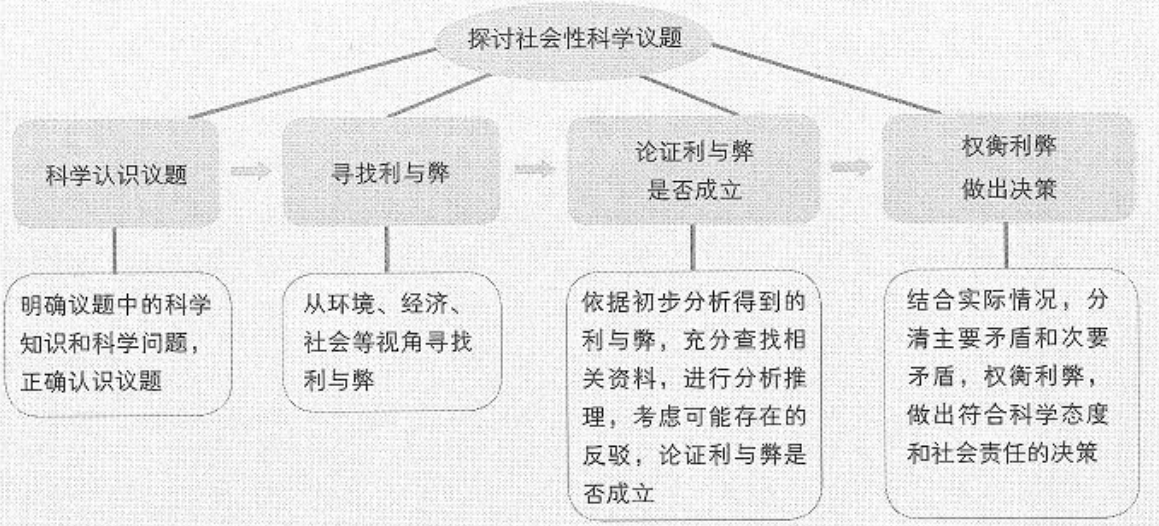


图 3-4-2　社会性科学议题的分析框架

在本项目中，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做出决策的能力。

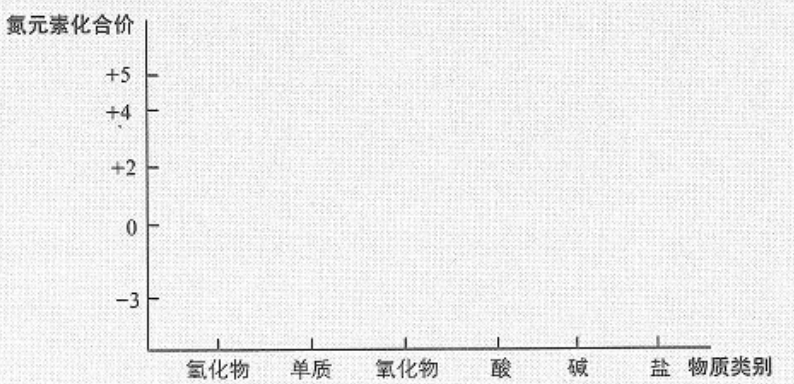
项目活动 1　科学认识社会性科学议题，寻找利与弊

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。



微信公众号：电子课本大全

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，才有助于做出合理的决策。

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。

微信公众号：电子课本大全

同学乙：大自然有自净化能力，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的 $PM_{2.5}$ 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 $PM_{2.5}$ 的浓度，没有测定氮氧化物的浓度，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做支撑，同时应考虑到可能存在的反驳。资料的翔实程度、推理过程的合理性以及是否考虑到了反驳，决定着科学论证的水平。

水　平	示　例
水平 1：有笼统的观点，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
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	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
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	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

微信公众号：电子课本大全

续表

水　平	示　例
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；考虑到了可能的反驳及其证据	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。我们国家的汽车更换净化装置的比率很低

项目活动 3　权衡利弊，做出决策

1. 将经过论证的利与弊进行分析后，分清主次，权衡利弊，做出决策。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。

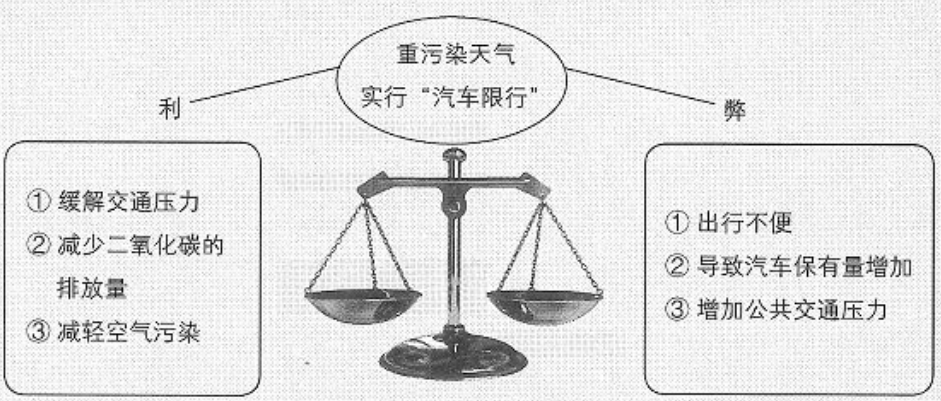


图 3-4-3　权衡利弊

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。

微信公众号：电子课本大全

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，还能应用相关的新知识	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，考虑到了反驳及其证据	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
科学态度和社会责任素养	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 ▶▶

1. 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。

2. 撰写应对重污染天气“汽车限行”议题的论证报告。

3. 总结在项目实施的整个过程中你对氮及其化合物的认识有了哪些丰富和发展。

4. 谈谈你对科学论证的理解，分析自己在论证方面的优势和不足。

微信公众号：电子课本大全

本章自我评价

本章学习主要促进“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。请通过下表检查本章的学习情况。

核心素养	核心素养发展重点	学业要求
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。	1. 能依据物质类别和元素化合价列举铁、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性质和化学性质及其实验现象，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。 2. 能从物质类别、元素化合价的角度，依据复分解反应规律和氧化还原反应原理，预测铁及其化合物、硫或氮及其化合物的性质及物质之间的转化，设计实验进行初步验证，并能分析、解释有关实验现象。 3. 能分别利用铁及其化合物、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化合价变化的视角说明转化路径。 4. 能分别根据铁及其化合物、硫或氮及其化合物的性质，分析科学实验、生产、生活以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。 5. 能分别说明硫或氮及其化合物的应用对社会发展的价值和对环境的影响；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。	

微信公众号：电子课本大全

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）下列物质均有漂白作用，其中漂白原理与其他三种物质不同的是（　　）。

A. $Ca(ClO)_2$　　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：$2Fe + 6H^+ = 2Fe^{3+} + 3H_2\uparrow$

B. SO_2 与 NaOH 溶液的反应：$SO_2 + 2OH^- = SO_3^{2-} + H_2O$

C. $FeCl_3$ 溶液与铁粉的反应：$Fe^{3+} + Fe = 2Fe^{2+}$

D. 稀硝酸与铜片的反应：$Cu + 4HNO_3$（稀）$= Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$

（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	向某溶液中加入盐酸酸化的 $BaCl_2$ 溶液，有白色沉淀生成	该溶液中一定含有 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的氯水，溶液变为红色	该溶液中一定含有 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	该溶液中一定含有 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

微信公众号：电子课本大全

2. 阅读材料，完成下列题目。

（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，以下六种物质是一个氧化还原反应的反应物和生成物：NO、$FeSO_4$、H_2O、$Fe(NO_3)_3$、HNO_3 和 $Fe_2(SO_4)_3$。

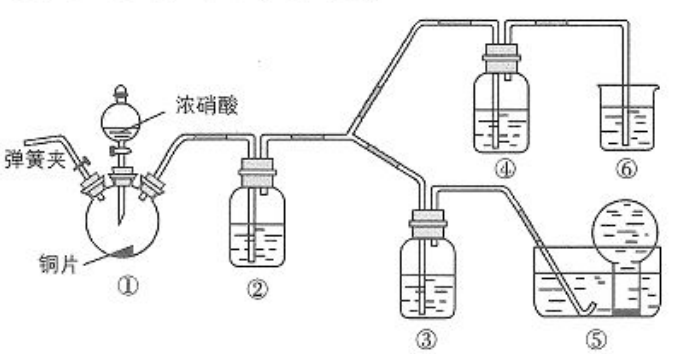
（1）这六种物质中，_____是反应物，_____是生成物。

（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、$FeSO_4$、$Fe_2(SO_4)_3$ 物质的量浓度相等，其中 SO_4^{2-} 的物质的量浓度为 5.0 mol·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，按下图装置进行实验（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

微信公众号：电子课本大全

可选试剂：浓硝酸，稀硝酸（3 mol·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。

$$2NO_2 + 2NaOH = NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O$$

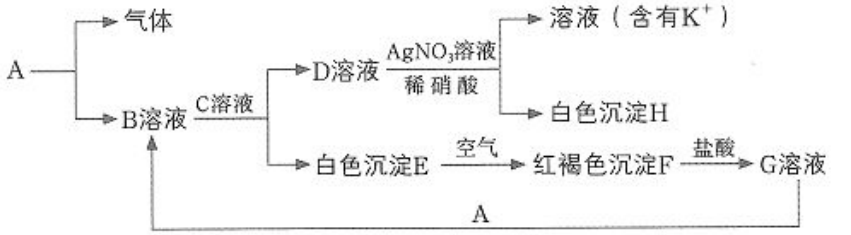
（1）做实验时应避免将有害气体排放到空气中，装置③④⑥中盛放的试剂依次是_____、_____、_____。

（2）装置①中所发生反应的化学方程式是_____。

（3）装置②的作用是_____，其中所发生反应的化学方程式是_____。

（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。



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 H_2SO_4 溶液、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。该反应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？

微信公众号：电子课本大全

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	10
氯气	chlorine	1	2	12
次氯酸	hypochlorous acid	1	2	15
物质的量	amount of substance	1	3	19
摩尔质量	molar mass	1	3	21
气体摩尔体积	molar volume of gas	1	3	22
标准状况	standard temperature and pressure	1	3	23
物质的量浓度	amount of substance concentration	1	3	24
酸性氧化物	acidic oxide	2	1	43
碱性氧化物	basic oxide	2	1	43
胶体	colloid	2	1	44
丁达尔现象	Tyndall effect	2	1	44
电离	ionization	2	2	50
电解质	electrolyte	2	2	51
电离方程式	ionization equation	2	2	51
酸	acid	2	2	51
碱	base	2	2	51
盐	salt	2	2	51
离子反应	ionic reaction	2	2	54
离子方程式	ionic equation	2	2	54
氧化还原反应	redox reaction	2	3	62
氧化反应	oxidation	2	3	62

微信公众号：电子课本大全

术语或物质名称	英文	章	节	页
还原反应	reduction	2	3	62
氧化剂	oxidizing agent	2	3	64
还原剂	reducing agent	2	3	64
硫单质	sulfur	3	2	92
同素异形体	allotrope	3	2	92
二氧化硫	sulfur dioxide	3	3	94
氮的固定	fixation of nitrogen	3	2	102
一氧化氮	nitrogen monoxide	3	2	103
二氧化氮	nitrogen dioxide	3	2	103
氨	ammonia	3	2	105
铵盐	ammonium salt	3	2	107
硝酸	nitric acid	3	2	108

微信公众号：电子课本大全

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	9
研究氯化钠的导电性	2	2	49
稀硫酸与$Ba(OH)_2$溶液反应的实质	2	2	53
氧化还原反应的实质	2	3	62
硫单质的性质	3	2	91
模拟闪电固氮，认识氮及其化合物的性质	3	3	103
硝酸的性质	3	3	108

活动·探究	章	节	页
金属钠与氧气反应的实验	1	2	10
*配制一定物质的量浓度的溶液	1	3	23
研究一类物质的性质	2	1	42
*食盐的精制	2	2	57
探究物质的氧化性或还原性	2	3	65
*亚铁盐和铁盐的性质	3	1	81
*补铁剂中铁元素价态的检验	3	1	85
*不同价态硫元素之间的转化	3	2	93
氨气的转化与生成	3	3	105

（上述带 * 的实验为学生必做实验）

微信公众号：电子课本大全

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（lǜ）	chlorine	Co	钴（gǔ）	cobalt
Cr	铬（gè）	chromium	Cu	铜（tóng）	copper
F	氟（fú）	fluorine	Fe	铁（tiě）	iron
Ga	镓（jiǎ）	gallium	Ge	锗（zhě）	germanium
H	氢（qīng）	hydrogen	He	氦（hài）	helium
Hg	汞（gǒng）	mercury	I	碘（diǎn）	iodine
K	钾（jiā）	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			

微信公众号：电子课本大全

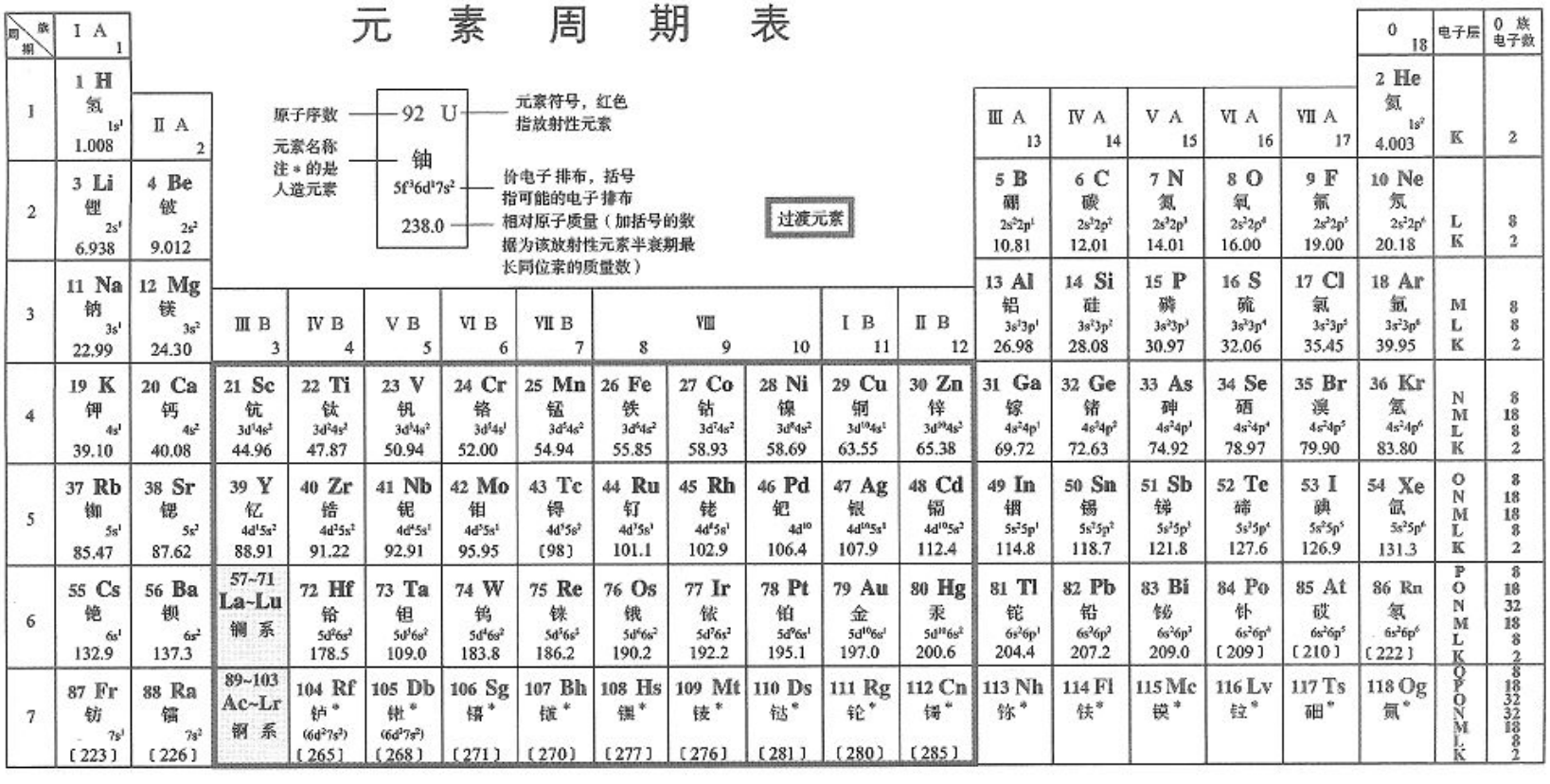
4. 部分酸、碱和盐的溶解性表（室温）

阴离子 / 阳离子	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	不
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。

微信公众号：电子课本大全

元 素 周 期 表



镧系	57 La 镧 $5d^16s^2$ 138.9	58 Ce 铈 $4f^15d^16s^2$ 140.1	59 Pr 镨 $4f^36s^2$ 140.9	60 Nd 钕 $4f^46s^2$ 144.2	61 Pm 钷 $4f^56s^2$ [145]	62 Sm 钐 $4f^66s^2$ 150.4	63 Eu 铕 $4f^76s^2$ 152.0	64 Gd 钆 $4f^75d^16s^2$ 157.3	65 Tb 铽 $4f^96s^2$ 158.9	66 Dy 镝 $4f^{10}6s^2$ 162.5	67 Ho 钬 $4f^{11}6s^2$ 164.9	68 Er 铒 $4f^{12}6s^2$ 167.3	69 Tm 铥 $4f^{13}6s^2$ 168.9	70 Yb 镱 $4f^{14}6s^2$ 173.0	71 Lu 镥 $4f^{14}5d^16s^2$ 175.0
锕系	89 Ac 锕 $6d^17s^2$ [227]	90 Th 钍 $6d^27s^2$ 232.0	91 Pa 镤 $5f^26d^17s^2$ 231.0	92 U 铀 $5f^36d^17s^2$ 238.0	93 Np 镎 $5f^46d^17s^2$ [237]	94 Pu 钚 $5f^67s^2$ [244]	95 Am 镅* $5f^77s^2$ [243]	96 Cm 锔* $5f^76d^17s^2$ [247]	97 Bk 锫* $5f^97s^2$ [247]	98 Cf 锎* $5f^{10}7s^2$ [251]	99 Es 锿* $5f^{11}7s^2$ [252]	100 Fm 镄* $5f^{12}7s^2$ [257]	101 Md 钔* $(5f^{13}7s^2)$ [258]	102 No 锘* $(5f^{14}7s^2)$ [259]	103 Lr 铹* $(5f^{14}6d^17s^2)$ [262]

注：相对原子质量录自2015年国际原子量表，并全部取4位有效数字。

微信公众号：电子课本大全