北京师范大学国家基础教育
课程标准实验教材总编委会组编

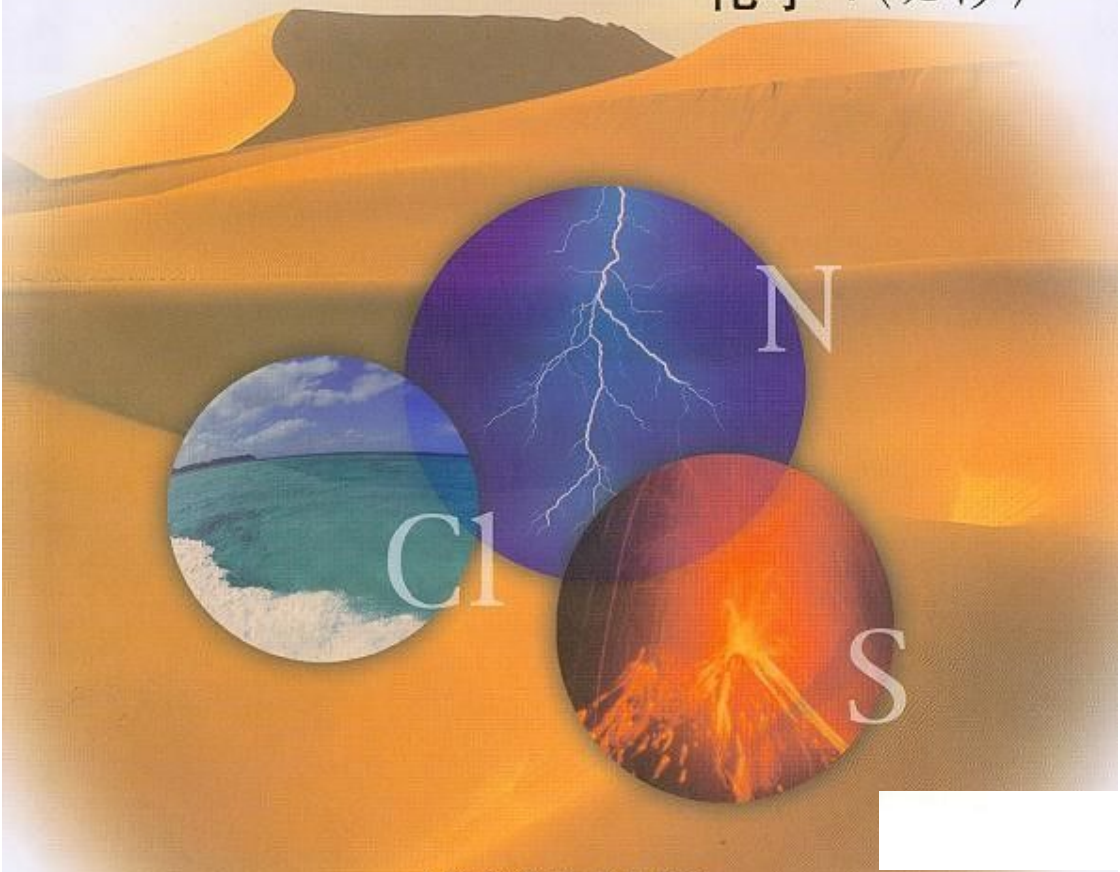
经全国中小学教材审定委员会 2004 年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

化学

HUA XUE

化学 1（必修）



第1章

认识化学科学



第1节　走进化学科学



第2节　研究物质性质的方法和程序



第3节　化学中常用的物理量——物质的量



本章自我评价

第1节 走进化学科学



图 1-1-1 化学家在制备新物质

面对生机勃勃、变化无穷的大自然，人们从远古时代就开始探寻：是什么物质构成了如此丰富多彩的自然界？物质是怎样形成的？物质是如何变化的？怎样才能把普通的物质转化成更有价值的物质？……在长期认识和利用大自然的过程中，人们对物质的认识越来越深刻，并逐渐建立起研究对象不同的各门自然科学。化学就是在原子、分子水平上研究物质的组成、结构、性质、变化、制备和应用的自然科学，它对于我们认识和利用物质具有重要的作用。

交流·研讨

1. 通过初中化学课程的学习，你对化学有了哪些认识？你能否用简短的几句话或几个词语描述一下你心中的化学？

2. 化学与人类生活水平的提高和人类社会的发展密切相关，研究领域十分广泛。你对化学研究的哪些问题感兴趣？



燃烧



铜与 $AgNO_3$ 溶液的反应



溶洞景观

图 1-1-2 奇妙的物质及化学变化

一、化学是具有创造性的、实用的科学

在探索大自然奥秘的过程中，人们从矿物、岩石及植物、动物等生物体中发现了很多有用的物质，并想方设法认识物质的性质和结构，以便把它们从矿物、岩石或生物体中提取出来，或者从已有的物质出发制造出来。不仅如此，根据需要，化学家们还设计出具有特殊性质或功能的新分子，创造出自然界中不存在的物质。现在，化学家们发现和创造的化合物已经超过3 500万种。

所以，化学的特征就是认识分子和制造分子，它是一门具有创造性的科学。

化学还是一门在人类生产和生活中有着重要作用的实用的科学。试想，20世纪初，如果没有合成氨的化工技术，就不可能制造出增产粮食所需要的大量氮肥，人类将面临饥饿的威胁；如果没有新药物的成功研制，面对许多疾病人们将束手无策；如果没有功能各异的食品添加剂，没有琳琅满目的化妆品，没有塑料、合成纤维、合成橡胶的大量生产，没有以硅及其化合物为原料制出的芯片和光导纤维引领我们进入信息时代，我们的生活就不会像现在这样丰富多彩。



图1-1-3 用途广泛的合成高分子材料

二、化学科学的形成和发展

早在远古时代，人类的祖先就知道了如何取火和保存火种。可以说，从使用火起，人类就开始了化学实践活动。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“仙丹”或把一些廉价的金属炼制成金。在这些实践的基础上，经过几代化学家的不断努力，近代化学逐渐形成。



图1-1-4 古代炼金场景



图1-1-5 近代化学发展的里程碑

进入20世纪后，随着人们对物质世界的认识由宏观向微观深入，化学科学经历了迅速发展的创新百年。放射性元素的发现、现代量子化学理论的建立、创造新分子的合成化学的崛起、高分子化学的创立、化学热力学与动力学的开创性研究以及化学工业的迅速发展等，都是现代化学的重大成就。

资料在线

诺贝尔化学奖获奖成果举例

1901年范特霍夫（J.H. van't Hoff，荷兰）获奖：发现溶液中的化学动力学法则和溶液渗透压的有关规律。

1903年阿伦尼乌斯（S.A.Arrhenius，瑞典）获奖：提出电解质溶液理论。

1909年奥斯特瓦尔德（W.Ostwald，德国）获奖：从事催化作用、电化学、化学平衡以及反应速率的研究。

1911年居里夫人（M.Curie，法国，波兰裔）获奖：发现钋和镭，提纯了它们的化合物；从事元素蜕变系统的研究。

1913年维尔纳（A.Werner，瑞士）获奖：研究分子中原子的配位，提出配位理论。

1914年理查兹（T.W.Richards，美国）获奖：致力于原子量的研究，精确地测定了多种元素的原子量。

1918年哈伯（F.Haber，德国）获奖：发明氨的工业合成方法。

1920年能斯特（W.H.Nernst，德国）获奖：研究热化学，提出热力学第三定律。

1925年席格蒙迪（R.A.Zsigmondy，德国）获奖：从事胶体的研究，阐明胶体的多相性。

1954年鲍林（L.C.Pauling，美国）获奖：将量子力学应用于化学，阐明了化学键的本质，解释了一些复杂的分子结构。

1965年伍德沃德（R.B.Woodward，美国）获奖：合成出甾醇、叶绿素、喹宁、麦角酸等许多存在于生物体中的物质。

1966年马利肯（R.S.Mulliken，美国）获奖：用量子力学创立了分子轨道理论，阐明了分子的共价键本质和电子结构。

1995年克鲁森（P.Crutzen，荷兰）、莫利纳（M.Molina，美国）、罗兰（F.S.Rowland，美国）获奖：阐述了影响臭氧层厚度的化学机理，证明了人造物质对臭氧层构成的破坏作用。

1996年柯尔（R.F.Curl，美国）、克鲁托（H.W.Kroto，英国）、斯莫利（R.E.Smalley，美国）获奖：发现球状碳分子即C_{60}。

1999年泽维尔（A.H.Zewail，埃及和美国双重国籍）获奖：将飞秒光谱学（1 fs=10^{-15} s）应用于研究化学反应的过程。

2000年黑格（A.J.Heeger，美国）、马克迪尔米德（A.G.MacDiarmid，美国）和白川英树（H.Shirakawa，日本）获奖：在导电聚合物领域发现和发展导电聚合物——聚乙炔。

2001年诺尔斯（W.S.Knowles，美国）、野伊良治（Ryojinoyori，日本）和夏普莱斯（K.B.Sharpless，美国）获奖：在“手性催化氢化反应”领域做出贡献。

2004年切哈诺沃（A.Ciechanover，以色列）、赫什科（A.Hershko，以色列）和罗斯（I.Rose，美国）获奖：发现泛素调节的蛋白质降解。

随着现代化学的发展，出现了各种分析和测试物质结构、跟踪化学反应过程的技术。现在，X射线、原子吸收光谱、紫外和红外光谱、质谱、核磁共振等，已经成为现代化学研究的重要手段。

现代化学的发展带动了相关科学的进一步发展。例如，化学家们对蛋白质化学结构的测定和合成，使人们对生命过程有了更深刻的认识；20世纪中叶，化学科学和生物科学共同揭示了生命的遗传物质DNA的结构和遗传规律，使生命科学进入研究基因组成、结构和功能的新阶段。



图1-1-6 高效液相色谱仪（左）和紫外可见分光光度计（右）

资料在线

我国化学家在现代化学研究中的贡献

我国的化学科学在基础研究、应用研究和开发工作等方面都取得了许多重要的研究成果。

在基础研究方面，对配位场理论的研究和对分子轨道图形理论方法及其应用的研究取得重大突破；1965年人工全合成的牛胰岛素，是世界上第一个人工合成的、具有生理活性的蛋白质，胰岛素人工合成的成功为我国蛋白质的基础研究和实际应用开辟了广阔的前景；1981年人工全合成的酵母丙氨酸转移核糖核酸，是世界上首次人工合成的核糖核酸，这项研究带动了多种核酸类药物包括抗肿瘤药物、抗病毒药物的研制和应用。

早在20世纪50年代，我国的化学科学在应用研究和开发工作领域就取得了丰硕成果。例如，50年代初对抗生素药物的研究与开发，结束了我国不能自己生产青霉素、链霉素类抗生素药物的历史；1959年我国报导了氢化锂和氢化铝锂的研制工作，后来有关单位成功地开发出氢燃料汽车。



图1-1-7 合成牛胰岛素的我国科学家

三、化学科学的探索空间

展望未来，化学科学具有十分广阔的探索空间。在化学科学领域，化学家们可以在微观层面上操纵分子和原子，组装分子材料、分子器件和分子机器等。

化学科学将在能源和资源的合理开发、安全应用方面大显身手。有了化学科学，人类既



图1-1-8 分子齿轮和分子马达


新型药物


汽车用燃料电池组


导电塑料电位器

图 1-1-9 新药物、新能源、新材料

能得到充足的能源和资源，又能处理好能源和资源的开发利用与生态环境保护之间的关系。

化学将继续推动材料科学的发展，使各种新型功能材料的生产成为可能，进一步丰富与人类的生存和发展息息相关的物质世界。

化学将为环境问题的解决提供有力保障。依靠化学知识，可以为治理环境找到快速灵敏的检测手段，并提出防治措施；依靠化学知识，可以制造出对环境无害的化学品和生活用品，减少对环境的污染。

化学可以让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，促进人类的身心健康。

现代化学，作为一门“中心科学”，正在以崭新的观念和方式，与国计民生的各个方面密切联系，使人类的生活更加健康、安全、幸福。

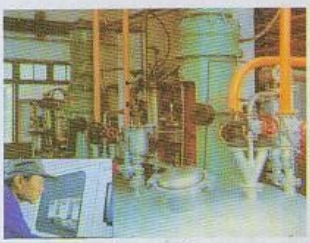
交流·研讨

在初步认识化学科学的基础上，你认为哪些职业与化学有关？它们涉及到化学哪些方面的内容？你最喜欢其中的哪种职业？


药物研制人员


化学教师


化学科研人员


化工厂工人


质量检测师


医　生

图 1-1-10 与化学紧密相关的一些职业

化学世界神奇美妙，化学天地广袤无垠，化学科学魅力无穷！那么在高中阶段，你将学习哪些化学科学知识和方法呢？你将走过怎样的化学学习历程呢？还是让这套化学教材带你走进化学科学吧！



图 1-1-11　高中化学新教材

第2节 研究物质性质的方法和程序



图 1-2-1 叠氮化钠受到强烈撞击后分解，产生的气体迅速充起汽车安全气囊

认识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，在强烈撞击的情况下能快速分解并产生大量氮气）性质的研究，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，怎样才能更科学地认识物质的性质呢？

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，应该按照什么程序来进行？你能通过实例说明吗？

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** (observe)、**实验** (experiment)、**分类** (classify)、**比较** (compare)等方法。

观察是一种有计划、有目的地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，用鼻子闻物质的气味，也可以借助一些仪器来进行观察，从而提高观察的灵敏度。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。



图 1-2-2 保存在煤油中的金属钠

观察·思考

观察金属钠的物理性质及钠与水反应的现象

观察目的：

1. 认识金属钠的状态、颜色、硬度和密度的相对大小、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钠（黄豆粒大小），观察钠块的切面。（注意：金属钠有强烈的腐蚀性，千万不要用手直接接触它。）

2. 向培养皿中加适量水，滴入1～2滴酚酞溶液，将切好的钠投入到水中，观察现象。

观察记录：

金属钠的物理性质

状　态	颜　色	硬度和密度的相对大小	熔点的相对高低

金属钠与水的反应

现　象	分　析

思考：

1. 你是如何通过观察来认识金属钠的有关物理性质及它与水的反应的？在观察过程中，你发现了什么问题？

2. 金属钠是怎样保存的？为什么？



图 1-2-3　钠与水反应的实验

钠（sodium）是一种银白色的金属；熔点为97.81 ℃，沸点为882.9 ℃；密度为0.97 $g \cdot cm^{-3}$。金属钠与水发生反应，生成氢氧化钠和氢气。

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

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。

资料在线

金属钠的用途

金属钠具有重要的用途。钠和钾的合金可用做原子反应堆的导热剂。高压钠灯发出的黄光射程远、透雾能力强，常用做路灯。金属钠还可用于钛、锆、铌、钽等金属的冶炼。

在进行研究物质性质的实验前，要明确实验的目的要求、实验用品和实验步骤等；实验中，要仔细观察实验现象，并做好实验记录；实验后，要写好实验报告，并对实验结果进行分析。



图 1-2-4 金属钠的切面在空气中的变化



图 1-2-5 金属钠在空气中燃烧

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. 认识条件控制在实验研究中的意义。

试剂和仪器：

金属钠，酒精灯，石棉网，铁架台，铁圈。

实验步骤：

1. 将切好的金属钠放置在空气中，使其与氧气反应。
2. 将金属钠放在石棉网上加热，使其与氧气反应。

实验记录：

实验内容	实验现象	结 论
金属钠在空气中放置		
在空气中加热金属钠		

思考：

这组实验对你有什么启示？

金属钠放置在空气中，会迅速被氧化而生成氧化钠（Na_2O），失去金属光泽（因此金属钠通常保存在煤油里）；金属钠在空气中燃烧生成过氧化钠（Na_2O_2）。

$$4Na + O_2 = 2Na_2O$$

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

在研究物质的性质时，运用分类的方法，分门别类地对物质及其变化进行研究，可以总结出各类物质的通性和特性；运用比较的方法，可以找出物质性质间的异同，认识物质性质间的内在联系

知识点击

钠的氧化物

钠有两种氧化物：氧化钠（Na_2O）和过氧化钠（Na_2O_2）。其中，氧化钠为白色固体，过氧化钠为淡黄色固体。

过氧化钠可作为呼吸面具和潜水艇里氧气的来源，因为它能发生以下反应：

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

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

案例：研究氯气的性质

氯气（chlorine）是一种化学性质活泼的非金属单质。在工业上，氯气是一种重要的化工原料，大量用于制造盐酸、有机溶剂和杀菌消毒剂等。氯气对人体有强烈的刺激性，吸入少量氯气会刺激鼻腔和喉头黏膜并引起胸痛和咳嗽，吸入较多氯气会使人窒息死亡。

认识物质的物理性质

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、折光率等物理性质则需借助有关仪器进行研究。

【实验1】取一只盛满氯气的集气瓶，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：_____。

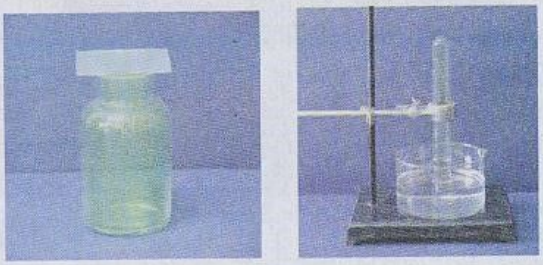


图1-2-7 氯气及其溶解性实验

预测物质的性质

氧气、氢气等都是非金属单质。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。

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验证你的预测？

以下实验供你参考。

实验探究

【实验 1】把烧得红热的一束细铁丝伸入充满氯气的集气瓶中，观察现象；然后向集气瓶中加入少量水，振荡，观察溶液的颜色。

【实验 2】在空气中点燃氢气，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时发生的现象。

你认为还可以选择哪些物质代替铁丝或氢气与氯气反应？



图 1-2-8 铁丝在氯气中燃烧的实验



图 1-2-9 氢气在氯气中燃烧的实验

实验记录：

实验内容	实验现象	推断生成物
氯气与铁的反应		
氯气与氢气的反应		

工 具 栏

$FeCl_3$溶液呈黄色。氯化氢极易溶于水，在空气中会形成白雾。

安全提示：关于氯气性质的实验要在通风条件下或在通风橱里进行。

氯气是一种黄绿色气体，其化学性质与氧气有相似之处。它是一种非常活泼的非金属单质，能与铁、铜和钠等金属以及氢气、红磷、硫等非金属发生反应。

$$2Fe + 3Cl_2 \xrightarrow{点燃} 2FeCl_3$$

$$Cu + Cl_2 \xrightarrow{点燃} CuCl_2$$

$$H_2 + Cl_2 \xrightarrow{点燃} 2HCl$$



图 1-2-10 铜丝在氯气中燃烧的实验

由于氯气化学性质活泼，因此氯元素在自然界里不能以游离态存在。

除了上述与氧气类似的性质外，氯气具有什么特性呢？

实验探究

氯气能与水反应吗

预测与假设：

实验设计（经老师认可后实施）：

试剂和仪器：

（供参考：氯水，镁条，石蕊溶液，$AgNO_3$溶液，红纸条，试管，胶头滴管，砂纸）

实验记录：

实验内容	实验现象	结　论

思考：

将干燥的氯气依次通过盛有干燥红纸条的集气瓶A和盛有湿润红纸条的集气瓶B，只有湿润的红纸条退色了。那么，是氯气具有漂白性，还是氯气与水反应生成的物质具有漂白性？

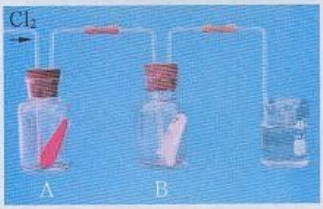


图 1-2-11　氯气的漂白性实验

氯气不仅能溶解于水，还能与水发生化学反应，生成盐酸和次氯酸（HClO，hypochlorous acid）。次氯酸具有漂白性，它遇到有色物质时，能破坏其中的有机色质使有色物质退色。

$$Cl_2 + H_2O \xlongequal{} HCl + HClO$$

氯气还能与碱发生化学反应。例如，漂白粉（次氯酸钙和氯化钙的混合物，其有效成分为次氯酸钙）就是利用氯气与氢氧化钙反应制成的，所发生的反应为：

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

身边的化学

含氯化合物的漂白与消毒作用

次氯酸盐是一些漂白剂和消毒剂的有效成分。例如，84消毒液的有效成分就是次氯酸钠。次氯酸盐与稀酸或空气里的二氧化碳和水反应可生成次氯酸，起到漂白和消毒作用。

以次氯酸盐为有效成分的漂白剂和消毒剂的有效期较短，放久了，会因分解而失去漂白与消毒功能。

将氯气通入碱液（如NaOH溶液）可制得次氯酸盐（如次氯酸钠，NaClO）。

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

二氧化氯（ClO_2）也可用于漂白和消毒。实验证明，二氧化氯的消毒能力是等质量氯气的2.63倍。



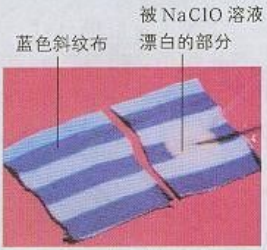


图 1-2-12 次氯酸钠的消毒和漂白作用

通过观察和实验认识了物质的性质后，人们往往要探究产生相关性质的原因，这就要涉及物质结构方面的问题，如：金属钠和氯气各是由什么微粒构成的？这些微粒各有什么特点？它们与金属钠或氯气的性质有什么关系？这些问题仅通过一般实验是无法解决的，还需要利用模型、假说等方法进行有关研究。

假说（hypothesis）是以已有事实材料和科学理论为依据，面对未知事实或规律所提出的一种推测性说明。假说提出后须得到实践的证实，才能成为科学理论。道尔顿提出的原子学说起初就是一种假说，后来经过反复验证和修正，才发展成科学理论。



图 1-2-13 甲烷的球棍模型

模型（model）是以客观事实为依据建立起来的，是对事物及其变化的简化模拟。模型一般可分为物体模型和思维模型两大类。例如，在研究有机化合物的结构时经常用到的球棍模型就是一种物体模型，而在研究原子结构的过程中所建立起的各种模型则属于思维模型。



图 1-2-14 历史上曾经提出的“葡萄干布丁”原子结构模型

关于物质性质的研究只是化学研究的任务之一，除此之外，还需要通过化学研究为物质发生的各种变化寻求合理的理论解释，测定物质组成中各成分的含量，探究物质的内部结构，以及设计物质的合成方法，等等。现在，化学工作者不仅使用试管、烧杯等一般的化学仪器，而且使用许多先进的仪器来进行化学研究，使化学研究水平大为提高。

化学前沿

现代化学实验室



图 1-2-15 现代传感系统在化学实验中的应用

并非所有的化学实验都是在试管、烧杯等简单的化学仪器中完成的。随着科学技术的发展，化学实验室中出现了各种先进的仪器，帮助人们完成研究任务。例如，利用色谱仪可以把某种物质从混合物中分离出来，而X射线仪、质谱仪、核磁共振仪等则可以帮助人们测定化学物质的结构。

计算机技术的兴起为化学实验研究开辟了一个新领域——计算化学。在这个领域里进行化学研究的人们用计算机做实验。利用速度快、存储量大的计算机和计算化学家们编制的新程序，可以计算出化学物质的结构，还可以预测未知化合物的性质。随着科学技术的发展，人们对计算机有着更高的期望：教会计算机按照优秀化学家的思考方式去思考；让计算机去评估浩如烟海的反应，确定哪一个反应最适于得到某种预期的目标化合物；开发一种计算机——受控机器人系统，让它们在实验室里实施合成反应，等等。



图 1-2-16 一组现代化学仪器

概括·整合

1. 你是按照什么程序、运用哪些方法研究金属钠和氯气的性质的？

2. 金属钠是一种活泼金属，除了具有金属的通性外，还具有自己的特性。请归纳金属钠的性质。

钠						
物理性质	颜色	状态	硬度	密度	熔点
化学性质	与氧气反应	常温：_____			
		加热：_____			
	与水反应：_____				

3. 氯气是一种重要的非金属单质，请你列表归纳氯气的性质。

练习与活动

1. 根据你对金属钠性质的了解，回答问题。

（1）关于钠的叙述中，正确的是（　　）。

A. 钠是银白色金属，硬度很大

B. 将金属钠放在石棉网上用酒精灯加热后，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）由于金属钠很容易与空气中的_____、_____等物质反应，通常将它保存在_____里，以使它与_____、_____等隔绝。

（3）将金属钠放入 $CuSO_4$ 溶液中会产生蓝色沉淀。你能解释这一现象吗？

2. 氯气是一种重要的化工原料，除了用于消毒、制备盐酸和漂白剂外，还用于制备有机溶剂和杀菌消毒剂等。请你通过对氯气性质的研究回答下列问题。

（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）下列化合物中，不能通过单质间化合直接制取的是（　　）。

A. $FeCl_3$　　B. $CuCl_2$　　C. HCl　　D. $FeCl_2$

（3）把氯气通入紫色石蕊溶液中，可以观察到的现象是_____。请你解释其中的原因。

3. 动手实践：下面是某同学研究过氧化钠（Na_2O_2）性质过程中的一个片断。

（1）请你帮助他完成部分实验并补全活动记录。

活动记录

观察：过氧化钠的颜色、状态：_____色；_____态。

预测：从组成上分析，过氧化钠为金属氧化物，可能会与水、二氧化碳反应生成盐。

实验内容	实验现象	解释及结论
① 取一支小烧杯，向其中加入少量过氧化钠固体，然后加入适量蒸馏水，充分振荡后再向其中滴加酚酞溶液。		
你观察到什么现象？应怎样继续实验？		

结论：

① 过氧化钠与水反应生成 _____。

② 通过比较过氧化钠与其他曾经学习过的金属氧化物的性质，发现：_____

_____。

（2）这位同学是按照怎样的程序来研究物质的？

（3）在上述过程中，他用到了哪些研究物质性质的方法？

方法导引

第3题 这是一道动手实践的习题。你要运用本节学过的观察、实验、分类等研究物质性质的基本方法，按照研究物质性质的基本程序，亲自研究一个你尚不太熟悉的物质。

在动手实践的过程中，一是要注意观察实验现象，并在获得结论的同时发现新问题，继续探究；二是要注意对探究过程进行反思，体验观察、实验、分类等方法及研究物质性质的基本程序在认识物质性质过程中的应用。

第3节 化学中常用的物理量——物质的量

用质量、体积等物理量来计量物质，对你来说已是非常熟悉的事情了。当知道了物质是由大量的、肉眼无法分辨的分子、原子或离子等微观粒子构成的之后，你是否想过，一定质量或一定体积的物质究竟含有多少个微粒呢？怎样才能既了解物质的宏观数量，同时又方便地知道它们所含微观粒子的数量呢？

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，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量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数量与原子、分子或离子等微观粒子的数量联系起来。物质的量的单位是**摩尔**，简称**摩**，符号为mol。

“摩尔”起源于希腊文mole，原意为“堆量”。国际上规定，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所含的碳原子数为6.02×10^{23}。$6.02\times10^{23}\ mol^{-1}$称为**阿伏加德罗常数**（$N_A$）。那么：

1 mol ^{12}C　含有 6.02×10^{23} 个 ^{12}C；
1 mol H_2O　含有 6.02×10^{23} 个 H_2O；
1 mol NO_3^-　含有 6.02×10^{23} 个 NO_3^-。

物质的量（n）、阿伏加德罗常数（N_A）与微粒数（N）之间存在着以下关系：

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

根据这个式子，可以得出：3.01×10^{23} 个氧分子的物质的量为 0.5 mol，9.03×10^{23} 个铁原子的物质的量为 1.5 mol。可见，**物质的量**是用0.012 kg ^{12}C中所含的原子数目作为标准来衡量其他微粒集体所含微粒数目多少的物理量。

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7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7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），同时它们又被定为国际单位制（简称SI制）的基本单位。

迁移·应用

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



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

二、摩尔质量和气体摩尔体积

物质的量是如何把物质的宏观数量与其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 mol的任何物质的质量,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做**摩尔质量**(M, molar mass),它的常用单位为g·mol^{-1}或kg·mol^{-1}。物质的量(n)、物质的质量(m)和物质的摩尔质量(M)之间存在着以下关系:

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

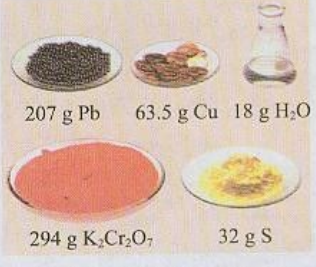


图1-3-2　1 mol几种物质的质量

根据这个式子,可以进行物质的质量和该质量物质的物质的量之间的换算。例如,氧气的摩尔质量为32 g·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·mol^{-1},那么0.4 mol NaCl的质量就是23.4 g。

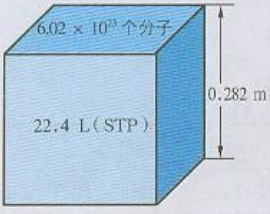


图 1-3-3 标准状况下 1 mol 气体体积大小的示意图

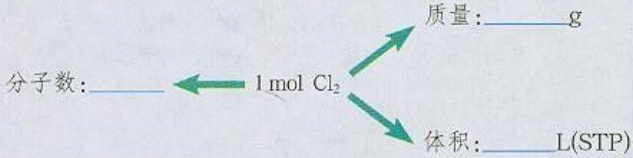
在相同的温度和压强下，1 mol任何气体所占的体积在数值上近似相等。人们将一定的温度和压强下，单位物质的量的气体所占的体积叫做**气体摩尔体积**（V_m，molar volume of gas），它的常用单位为 $L \cdot mol^{-1}$ 和 $m^3 \cdot mol^{-1}$。标准状况（standard temperature and pressure，简写为STP，指温度为 0 ℃、压强为 101 kPa 的状况）下，气体摩尔体积约为 22.4 $L \cdot mol^{-1}$。物质的量（n）、气体的体积（V）和气体摩尔体积（V_m）之间存在着以下关系：

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

根据这个式子，可以得出：标准状况下，33.6 L氧气的物质的量为 1.5 mol，2 mol H_2 的体积为 44.8 L。

迁移·应用

请完成下图，并结合示意图具体说明物质的量是如何把物质的宏观数量与所含微粒的数量联系起来的。



资料在线



图 1-3-4 意大利物理学家阿梅代奥·阿伏加德罗（A. Avogadro，1776–1856）

1811年，阿伏加德罗指出：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。但是，直到多年以后《近代化学理论》一书出版，才使科学家们了解并接受了这一观点，并把它称为阿伏加德罗定律。后来，科学家们通过测量发现：在标准状况下，1 mol任何气体的体积基本相等，于是把1 mol气体（STP）含有的分子数目称为阿伏加德罗常数，以纪念阿伏加德罗的贡献。

追根寻源

不同气体的气体摩尔体积为什么相同

从表1-3-1 "1 mol不同物质的质量和体积" 中可以看出：有些数据基本相同，有些数据相差较大。对于固态物质或液态物质来说，构成它们的微粒之间的距离非常小，它们的体积主要取决于微粒的大小。对于气体来说，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的大小，而不取决于分子本身的大小。在相同状况下，由于 1 mol任何气体所含有的分子数目相同，分子之间的平均距离相同，所以它们的体积基本都相同。这为我们了解气体体积与微观粒子数之间的关系提供了方便，使"气体摩尔体积"这一概念在科学研究和生产实践中得以广泛应用。



图1-3-5 同种物质在气态、液态和固态时分子间距离示意图

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

配制一定体积的溶液并表示其组成

现欲配制0.1 L NaCl溶液，其中溶质的物质的量为0.04 mol。请你利用实验室中的固体氯化钠试剂，完成配制任务。

实验步骤：_____

_____

_____

_____

请结合配制过程，与同学们讨论该溶液的组成可以怎样表示。

方法导引

配制一定体积的溶液，要用到一种特殊的仪器——容量瓶，并应遵循以下原则：首先，选择溶解物质的仪器；其次，尽可能将溶质全部转移到容量瓶中；第三，确保向容量瓶中加水时不超过瓶颈上的刻度线。根据这些原则，可以采取具体的措施来提高溶液配制的精确度。

工具栏

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。容量瓶常用于配制一定体积的、浓度准确的溶液。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体积相等。实验室里常用的容量瓶有100 mL、250 mL、500 mL和1 000 mL等几种规格。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，溶质应该首先在烧杯中溶解或稀释并待溶液温度恢复到室温后，再将其转移到容量瓶中。



图1-3-6 容量瓶



图 1-3-7 0.4 mol·L⁻¹ NaCl 溶液

溶液的组成除了可用溶质的质量分数表示外，还可用单位体积溶液所含溶质的物质的量来表示。例如，上述实验所配制的 0.1 L NaCl 溶液，所含溶质的物质的量为 0.04 mol，也就是说，1 L 这样的溶液含有 0.4 mol NaCl，溶液的组成可表示为 0.4 mol·L^{-1}。像这样，以单位体积溶液所含溶质B的物质的量来表示溶液组成的物理量，叫做溶质 B 的**物质的量浓度**（c_B，amount of substance concentration），常用的单位为 mol·L^{-1} 或 mol·m^{-3}。

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

$$n_B = c_B \times V$$

由此式可以看出，对于 200 mL 物质的量浓度为 2 mol·L^{-1} 的 H_2SO_4 溶液来说，所含的硫酸的物质的量为 2 mol·L^{-1} × 0.2 L = 0.4 mol。看来，使用溶液时，如果知道了溶液中溶质的物质的量浓度，就可以知道一定体积溶液所含溶质的物质的量，这对于生产实践和科学实验都是十分有意义的。

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。

一定物质的量浓度的溶液，在生产、生活及科学实验中常用于物质含量的测定。例如，根据酸碱中和反应的原理，运用中和滴定的方法，可以用已知物质的量浓度的盐酸，非常方便地测定NaOH溶液中溶质的含量。

交流·研讨

实验室需要制取一定量的氢气。现将 0.65 g 金属锌放入 10 mL 物质的量浓度为 2 mol·L^{-1} 的盐酸中，它们恰好完全反应，生成的氢气的体积为 0.224 L（STP）。请完成下面的表格。

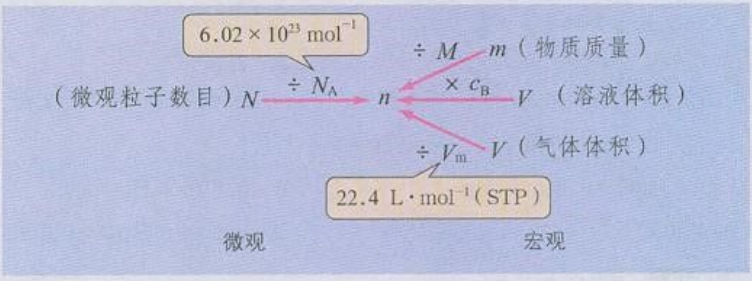
化学反应	Zn + 2HCl ═ $ZnCl_2$ + $H_2\uparrow$			
物质的量				
质量或气体体积	0.65 g			0.02 g或0.224 L(STP)

讨论：

学习了物质的量这一物理量后，你对化学反应中的定量关系有了哪些新的认识？

概括·整合

1. 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，可以把宏观物质的数量与构成它们的微观粒子的数量联系起来。

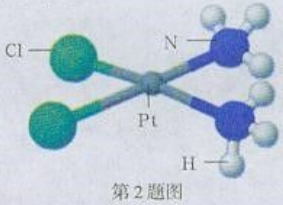


2. 物质的量这一物理量为我们认识化学反应提供了新的视角。请利用图示的形式来概括你对化学反应的新认识。

练习与活动

1. 咖啡含有咖啡因（化学式为 $C_8H_{10}N_4O_2$），咖啡因能兴奋中枢神经、消除疲劳。如果一杯咖啡含有 194 mg 咖啡因，你知道这杯咖啡中有多少个咖啡因分子吗？

2. 顺铂［化学名称为顺二氯二氨合铂(Ⅱ)，化学式为 $PtCl_2(NH_3)_2$］是一种用于治疗癌症的药物，它的分子结构可用右图表示。



第2题图

一片顺铂药片所含顺铂的质量为 0.3 mg，那么：

（1）一片顺铂药片中顺铂的物质的量是多少？

（2）一片顺铂药片中顺铂所含氮原子的物质的量和个数各是多少？

3. 现有一种泉水样品，1.0 L 这种泉水含有 48.0 mg Mg^{2+}。那么，该泉水中 Mg^{2+} 的物质的量浓度是多少？含1.0 mol Mg^{2+}的这种泉水的体积是多少升？

4. 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，物质的量浓度是否相等？为什么？

5. 为了降低汽车尾气对大气的污染，有关部门拟用溶有甲醇的液化石油气代替汽油作为公交车的燃料。甲醇作为燃料，它的优点是燃烧时排放的污染物少。在一定条件下，可以利用一氧化碳和氢气合成甲醇。请你以 $CO + 2H_2 \xrightarrow{\text{一定条件}} CH_3OH$ 这一反应为例，从质量（体积）、物质的量、微粒数等定量的角度谈谈自己对化学反应的认识。

6. 实验表明，在相同的温度和压强下，氢气与氯气反应生成氯化氢气体的体积关系是：1体积氢气与1体积氯气化合生成2体积氯化氢气体。如果氢气和氯气都是单原子分子，你是否能解释这一实验结果？

7. 对于反应 $2NO + O_2 = 2NO_2$，在标准状况下，4.48 L一氧化氮与足量的氧气发生反应，生成的二氧化氮分子个数是多少？

8. 金属汞在加热条件下可以与氧气化合生成氧化汞：$2Hg + O_2 \xrightarrow{\triangle} 2HgO$。下列哪个选项可以说明0.2 mol Hg与0.2 mol O_2充分反应后物质的种类及其量的情况？

$$0.2\ mol\ Hg + 0.2\ mol\ O_2 \longrightarrow (\quad)$$

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

方法导引

第7题 本题是以物质的量为核心的有关化学方程式的计算题。它与同学们初中所学习的以质量体系为核心的有关化学方程式的计算题所不同的是在计算中要将物质质量、气体体积（标准状况下）、溶液中溶质的质量转化为相应的物质的量。

在计算中，请大家参照以下解题格式，注意解题的规范性。

解：4.48 L一氧化氮的物质的量为：

$$n(NO) = \frac{V(NO)}{V_m} = \frac{4.48\ L}{22.4\ L \cdot mol^{-1}} = 0.2\ mol$$

$$\begin{array}{lcl} 2NO & + O_2 = & 2NO_2 \\ 2\ mol & & 2\ mol \\ 0.2\ mol & & n(NO_2) \end{array}$$

$$\frac{2\ mol}{0.2\ mol} = \frac{2\ mol}{n(NO_2)} \qquad n(NO_2) = 0.2\ mol$$

0.2 mol NO_2分子个数〔$N(NO_2)$〕为：

$$N(NO_2) = n(NO_2) \times N_A$$
$$= 0.2\ mol \times 6.02 \times 10^{23}\ mol^{-1}$$
$$= 1.20 \times 10^{23}$$

答：生成的二氧化氮分子个数为 1.20×10^{23}。

若将本题改为："对于反应 $2NO + O_2 = 2NO_2$，生成3.36 L 二氧化氮（STP），需要的氧气的物质的量是多少？"请你参照以上解题格式求解。

第8题 在化学反应中，反应物的微粒按照一定的数量关系进行反应，亦即按照一定的物质的量的关系进行反应；不符合这种关系，就会有某种反应物剩余。

$$\begin{array}{lcl} 2Hg & + O_2 \xrightarrow{\triangle} & 2HgO \\ 2\ mol & 1\ mol & 2\ mol \end{array}$$

依据化学方程式中Hg和O_2以及HgO的物质的量的关系，即可以知道0.2 mol Hg和0.2 mol O_2反应时生成了多少HgO、剩余了哪种物质、剩余物质的物质的量是多少。

本章自我评价

1. 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→白色固体

写出变化过程中可能发生的反应的化学方程式：_____

_____。

2. 有X、Y、Z三种元素，它们的单质在常温、常压下皆为气体。

① X单质可在Z单质中燃烧生成XZ，其火焰为苍白色；

② 化合物XZ的水溶液可使蓝色石蕊试纸变红；

③ 每2 mol X_2可与1 mol Y_2化合生成2 mol X_2Y，X_2Y在常温下为液体；

④ Z单质溶于化合物X_2Y，所得溶液具有漂白作用。

试推断：

（1）元素符号：X:_____，Y:_____，Z:_____。

（2）化学式：XZ:_____，X_2Y:_____。

（3）写出Z单质与化合物X_2Y反应的化学方程式。

3. 在求相同质量的SO_2和SO_3所含硫原子的个数比时，不同的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。

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

解法2：设SO_2和SO_3的质量均为m g。

$$\frac{m\,\text{g}}{64\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}}\times 6.02\times10^{23}:\frac{m\,\text{g}}{80\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}}\times 6.02\times10^{23}=5:4$$

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？

4. 血液中的血清素（摩尔质量为176 $g \cdot mol^{-1}$）在人体中起着镇定情绪、解除焦虑的作用。血清素所含碳元素的质量分数为68.2%，所含氢元素的质量分数为6.82%，所含氮元素的质量分数为15.9%，所含氧元素的质量分数为9.08%。请你尝试写出血清素的化学式。

5. 甲烷燃烧的化学方程式为 $CH_4 + 2O_2 \xlongequal{点燃} CO_2 + 2H_2O$。在常温、常压下，1体积的甲烷在3体积氧气中完全燃烧，将生成的气体恢复到常温、常压，若忽略二氧化碳在水中的溶解，请你分析反应完成后存在哪些气体，它们的体积各是多少。

6. 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 $mol \cdot L^{-1}$，另一瓶所贴标签为14%。

（1）这两种溶液各多少升才能分别与2.24 L（STP）的氯气恰好完全反应？（14%的NaOH溶液的密度为1.14 $g \cdot mL^{-1}$）

（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？

第2章

元素与物质世界



第1节　元素与物质的分类



第2节　电解质



第3节　氧化剂和还原剂



本章自我评价

第1节 元素与物质的分类

人类赖以生存和发展的物质世界是极其丰富的。这其中有自然界存在的物质，也有人类利用化学方法制备的物质。不过，无论是天然的，还是人造的，物质都是由元素组成的。由110多种元素组成的几千万种物质之间存在着丰富的内在联系。

联想·质疑

处于庞大繁杂的物质世界中，你是否想过，110多种元素是如何组成几千万种物质的？为了更好地探讨物质的性质和用途，应怎样对物质进行分类？各类物质之间具有怎样的关系？



图2-1-1 丰富多彩的物质世界

一、元素与物质的关系

交流·研讨

1. 到目前为止，你在学习和生活中接触到许多物质，如氯化钠（NaCl）、氧化镁（MgO）、五水合硫酸铜（$CuSO_4 \cdot 5H_2O$）、碳酸钙（$CaCO_3$）、金属钠（Na）、氯气（Cl_2）、氢气（H_2）、氧气（O_2）、硫酸（H_2SO_4）、金属铜（Cu）、金属镁（Mg）等。

（1）组成这些物质的元素都有哪些？

（2）你知道这些元素还能组成哪些物质？举例说明。

2. 现有物质：木炭，一氧化碳，二氧化碳，大理石，碳酸（H_2CO_3），碳酸钠（Na_2CO_3）。

（1）这些物质含有哪种相同的元素？该元素分别与哪些元素组成了这些物质？

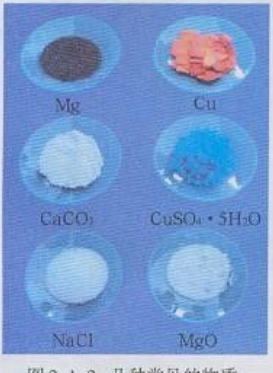


图2-1-2 几种常见的物质

（2）这种元素常见的化合价为0、+2、+4。在以上物质中，分别找出含有这些价态的该元素的物质。

以上讨论对你认识元素与物质的关系有什么启发？

元素是物质的基本组成成分，物质都是由元素组成的。每一种元素都能自身组成物质——单质，如碳单质（C）、金属铁（Fe）等。一种元素可以与其他种类的元素组成物质——化合物，如氧化钙（CaO）、氯化氢（HCl）、硫酸（H_2SO_4）、碳酸氢铵（NH_4HCO_3）等；而且相同的元素可以组成不同的化合物，如碳元素和氧元素可以组成二氧化碳（CO_2）和一氧化碳（CO）等。由于可以按照一定的规律以不同的种类和不同的方式进行组合，所以为数不多的元素能够组成种类繁多的物质。

由上可知，元素在物质中以两种形态存在：一种是游离态，一种是化合态。例如，铁元素在金属铁中呈游离态，在三氧化二铁中呈化合态。每一种元素都有自己的单质和化合物，这些物质构成了这种元素的物质家族。

知识点击

元素的化合价和对应的化合物

根据元素的化合价可以找出该价态元素对应的化合物。在非金属元素的氢化物中，非金属元素显负价，如在硫的氢化物中硫元素显-2价，对应的氢化物为硫化氢（H_2S）。在某种元素的氧化物中，该元素显正价，如在硫的氧化物中硫元素可显+4或+6价，对应的氧化物分别为二氧化硫（SO_2）和三氧化硫（SO_3），其中三氧化硫是硫的最高价氧化物。有些氧化物有其对应的水化物，如亚硫酸是二氧化硫对应的水化物；硫酸是硫元素最高价氧化物——三氧化硫对应的水化物。

迁移·应用

1. 学习了元素与物质的关系后，一位同学用图2-1-3对有关知识进行了总结。

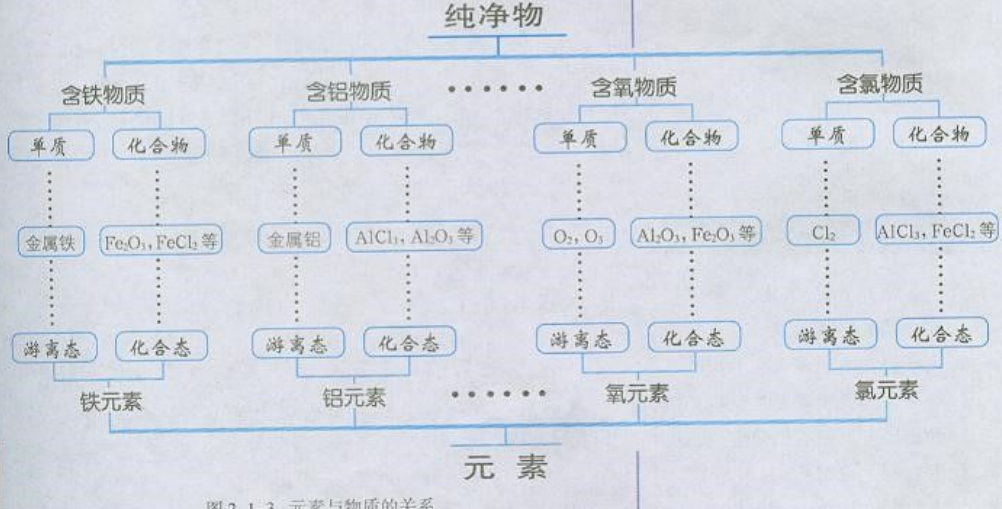


图2-1-3 元素与物质的关系

你对这个图示是怎样理解的？你能丰富这个图示，进一步展现元素与物质的关系吗？

2. 硫元素常见的化合价为 −2、0、+4、+6，你能说出分别含有这些价态硫元素的常见物质吗？这些物质分别属于哪个类别？

二、物质的分类

1. 物质分类的方法

物质的种类繁多、数量巨大，新的物质还在不断地被制备出来。如果能对物质进行科学的分类，再分门别类地研究它们的结构、性质和用途，就容易找到有关规律，把握物质的本质属性和内在联系。根据研究的需要，可以从多种角度对物质进行分类，并得到不同的分类结果。

交流·研讨

尽可能多地列举你所知道的物质，然后选择不同的角度对它们进行分类，说明分类依据并绘制简图表示分类结果。

将纯净物分为单质和化合物，再将化合物分为氧化物、酸、碱和盐是一种重要的分类方法，但并不是惟一的分类方法。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；根据在某些化学反应中的表现，可将反应物分为氧化剂和还原剂，等等。另外，人们还根据被分散物质的颗粒大小，将混合物分为溶液、浊液和胶体。在后面的学习中，你会逐步认识这些物质分类的方法。

2. 单质、氧化物、酸、碱和盐之间的相互关系

方法导引

研究单质、氧化物、酸、碱、盐之间的相互关系，首先要选定一类物质，预测它们可能与哪些类别的物质发生反应；然后选出各类物质的代表物，探究它们之间能否发生反应。

活动·探究

单质、氧化物、酸、碱和盐之间的相互关系

单质、氧化物、酸、碱和盐之间有什么样的关系？请根据提供的试剂，以小组合作的方式探究单质、氧化物、酸、碱和盐之间可发生哪些反应。

主要试剂：

金属铁，木炭，氧气，氧化钙，氧化铜，大理石（可用于制二氧化碳），稀盐酸，稀硫酸，NaOH溶液，$Ca(OH)_2$溶液，NaCl溶液，Na_2SO_4溶液，$AgNO_3$溶液，$CuSO_4$溶液，石蕊溶液。

实验方案：

实验记录：

反应物	实验现象	结　论
类别：_____ 类别：_____ 类别：_____ 类别：_____ 类别：_____ 类别：_____		

思考：

金属、非金属、碱性氧化物、酸性氧化物、酸、碱和盐分别能与哪些类别的物质发生反应？将图2-1-4中可能发生反应的物质类别用线连起来。

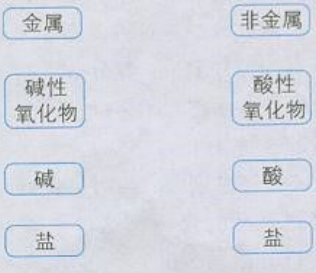


图2-1-4　单质、氧化物、酸、碱和盐之间的相互关系

知识支持

碱性氧化物是能与酸反应生成盐和水的氧化物，如氧化钠、氧化钙等。酸性氧化物是能与碱反应生成盐和水的氧化物，如二氧化碳、二氧化硫等。

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通性。利用物质间的反应关系，人们可以研究物质的性质、制备物质以及鉴别和提纯物质。

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感受：清晨当太阳升起时，你漫步在茂密的森林里，会看到缕缕阳光穿过林木的枝叶铺洒在地面上。你知道为什么会产生这美丽的景象吗？

图2-1-5 阳光穿过茂密的林木枝叶所产生的美丽景象

阳光穿过茂密的林木枝叶所产生的景象与一种特殊的混合物有关。溶液、悬浊液与乳浊液都是由一种（或几种）物质（分散质，disperse phase）分散到另一种物质（分散剂，disperse agent）里形成的，这样的混合物统称为分散系（disperse system）。溶液中的分散质微粒是分子或离子，其微粒粒度小于1 nm（10^{-9} m），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），其微粒粒度大于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，其分散质的微粒粒度介于1～100 nm之间，这种分散系称为**胶体**（colloid）。胶体具有一些不同于溶液和浊液的独特性质。

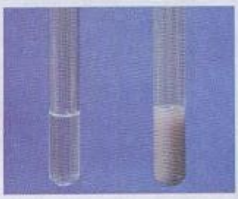


图2-1-6 KNO_3溶液与泥土悬浊液

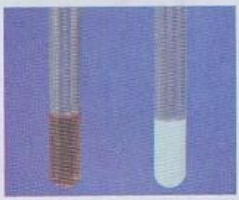
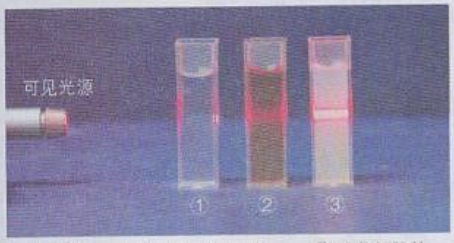


图2-1-7 氢氧化铁胶体与碘化银胶体

丁达尔现象 当可见光束通过胶体时，在入射光侧面可观察到明亮的光区，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胶体与溶液的鉴别。实际上，丁达尔现象对你来说并不陌生。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，都是丁达尔现象的体现。这是因为云、雾、烟尘也是胶体，只是这些胶体的分散剂是空气，分散质是微小的尘埃或液滴。



① 盐酸　② 氢氧化铁胶体　③ 碘化银胶体

图 2-1-8　胶体的丁达尔现象

电泳　胶体分散质微粒细小而具有巨大的比表面积，能较强地吸附电性相同的离子，从而形成带电微粒。这些微粒在外电场的作用下会发生定向移动，如氢氧化铁胶体微粒带正电荷，在通电的情况下胶体微粒向直流电源的负极移动，这种现象称为电泳。胶体的这种特性有着广泛的实用价值。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　当向胶体中加入可溶性盐等物质时，其中的阳离子或阴离子能中和分散质微粒所带的电荷，从而使分散质聚集成较大的微粒，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。胶体的聚沉在人类的生产和生活中有着重要的应用。例如，在豆腐的制作过程中，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

胶体普遍存在于自然界里尤其是生物体中，它与人体的生命活动以及人类的生产和生活有着密切的关系，如食品中的牛奶、豆浆、果冻、粥等都与胶体有关。随着科学技术的进步，胶体的应用领域在不断扩大。

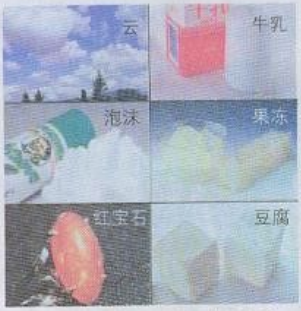


图 2-1-11　与胶体有关的物质

知识点击

胶体与渗析

胶体的分散质微粒粒度介于1～100 nm之间，这样的微粒能够透过滤纸，而不能穿过半透膜[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，只有分子、离子能够透过，而粒度较大的胶体分散质微粒不能通过，因而可以用它将胶体微粒与分子或离子分离开。利用半透膜分离胶体中的杂质分子或离子，提纯、精制胶体的操作称为渗析(dialysis)。目前，膜分离——渗析已经成为很有发展前景的高新技术之一，在微电子材料制造、化学工程、生物工程、环境工程、海水淡化等方面都有重要的应用。

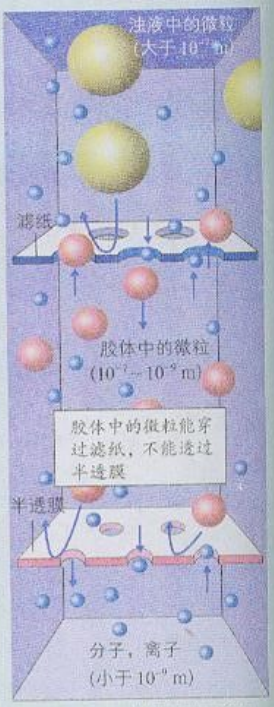
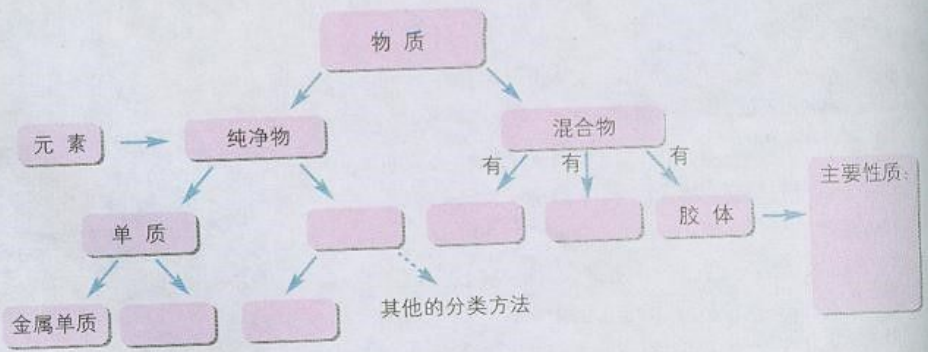


图2-1-12 渗析原理示意图

概括·整合

1. 请补充完善下面的知识结构示意图。



2. 请归纳总结单质、氧化物、酸、碱和盐之间的主要反应关系。

练习与活动

1. 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）在你所认识的化学物质中，还有哪些物质可以用做干燥剂？举例说明。

2. 结合所学内容，整理钠及其化合物的知识，完成下列问题。

（1）列举你所知道的含有钠元素的物质。

（2）钠元素在不同物质中分别以什么形态存在？

（3）请对你所列出的含有钠元素的物质进行分类。

（4）如何完成含有钠元素的物质之间的转化？请写出能实现其中转化的主要反应的化学方程式。

（5）查阅资料，撰写小论文《钠的“家族”》。

3. 化学兴趣小组的同学们按照下面的实验方法制备氢氧化铁胶体：首先用洁净的烧杯取少量蒸馏水，用酒精灯加热至沸腾，向烧杯中逐滴滴加1 mol·L^{-1} $FeCl_3$溶液，至液体呈透明的红褐色。

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



第3题图

（1）氢氧化铁胶体中微粒粒度的范围是_____nm。

（2）你认为可以用什么方法判断胶体制备是否成功？

（3）一位同学在实验过程中边滴加$FeCl_3$溶液边用玻璃棒搅拌，没有制得胶体，反而出现了浑浊；另一位同学向烧杯中一次加入大量$FeCl_3$溶液，也没有制得胶体。请你帮他们分析原因。

第2节 电 解 质

物理学上，根据能否导电，可将物体分为导体和绝缘体。化学上，根据在水溶液里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。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具有十分重要的作用。



图 2-2-1 溶液的导电性实验

联想·质疑

1. 盐酸、NaOH溶液和NaCl溶液的导电性实验表明，盐酸、NaOH溶液、NaCl溶液具有导电性，这是为什么？

2. 将NaOH溶液加入$CuSO_4$溶液，会生成蓝色氢氧化铜沉淀。这个反应的实质是什么？



图 2-2-2 NaOH 溶液与 $CuSO_4$ 溶液的反应

一、电解质的电离

1. 酸、碱、盐的电离

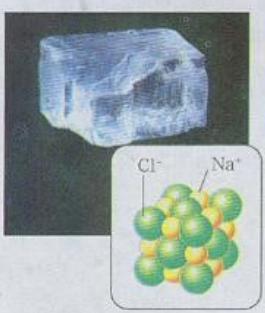
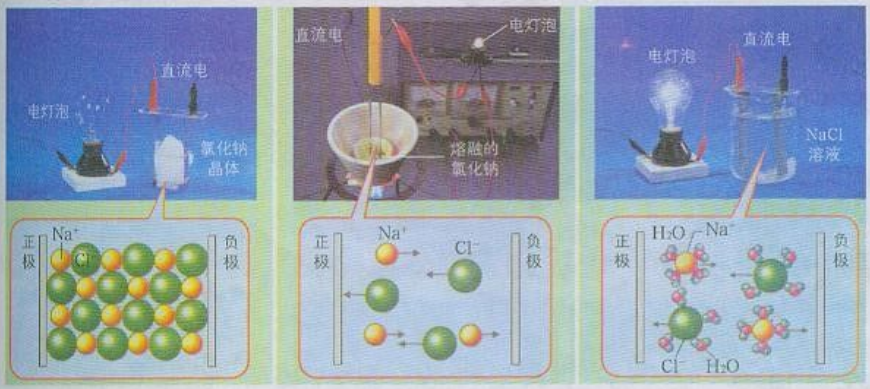


图 2-2-3 氯化钠晶体及其结构模型

酸、碱、盐的溶液为什么具有导电性？现以氯化钠为例进行分析。

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地排列所形成的（图2-2-3）。晶体中的离子（Na^+和Cl^-）不能自由移动，因此晶体不能导电。当氯化钠晶体溶解于水时，Na^+和Cl^-就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。受热熔化时，氯化钠晶体中的Na^+和Cl^-也能成为自由移动的离子。

在外加电场的作用下，能够自由移动的离子就会发生定向移动形成电流，因此氯化钠的水溶液和熔融的氯化钠能够导电。



氯化钠晶体不导电　　熔融的氯化钠导电　　NaCl 溶液导电

图 2-2-4　氯化钠的导电性实验

像氯化钠这样溶解于水或受热熔化时，离解成能够自由移动的离子的过程称为**电离**（ionization）。酸、碱、盐在溶解于水或受热熔化时能发生电离。

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）和酸根阴离子的化合物称为**盐**（salt）。

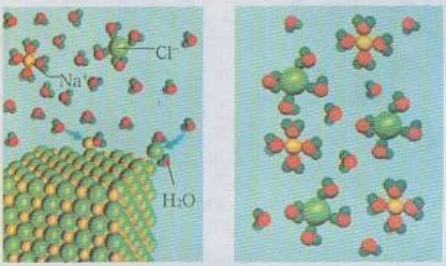


图 2-2-5　氯化钠溶于水发生电离示意图

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

$$HCl = H^+ + Cl^-$$

$$NaOH = Na^+ + OH^-$$

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

迁移·应用

请分别书写下列各组物质的电离方程式，并进一步从电离的角度认识酸、碱和盐。

1. 硫酸，硝酸；
2. 氢氧化钾，氢氧化钡；
3. 硫酸铜，氯化钡。

2. 酸、碱、盐是电解质

在水溶液里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。在上述两种情况下都不能导电的化合物称为**非电解质**（non-electrolyte），蔗糖、乙醇等都是非电解质。



0.1 mol·L^{-1} 盐酸



0.1 mol·L^{-1} 醋酸溶液

图2-2-6 0.1 mol·L^{-1}盐酸和醋酸溶液的导电性

知识点击

强电解质和弱电解质

实验表明，氯化氢在水中完全电离，醋酸在水中部分电离。相同体积的0.1 mol·L^{-1}的盐酸和醋酸溶液所含有的H^+多少不同，因此两种溶液的导电能力不一样。

人们把在水溶液里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，$Ba(OH)_2$]、盐（NaCl，KNO_3，$CuSO_4$）等。

在水溶液中只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。

人类的生产和生活，时时处处都离不开电解质溶液。例如，人的生命活动所需要的各种离子都是通过体液——电解质溶液输送到人体的各个部位的，工农业生产中的许多化学反应都是在电解质溶液里进行的。



图2-2-7 电解质饮料标签

身边的化学

电解质与细胞活动

细胞是生物体的结构和功能的基本单位。细胞被一层薄膜包裹着，细胞膜内外分别充满着细胞液和体液。为了保证人体生理活动的正常进行，需要维持体内的电解质平衡，存在于细胞液和体液中的Na^+、K^+、Cl^-等对这种平衡发挥着重要作用。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。Na^+、K^+等在细胞内外保持正常的平衡浓度，有助于神经和肌肉保持正常的、适当的应激水平。剧烈运动或天气炎热会引起人体大量排汗，Na^+、K^+、Cl^-等离子随汗液排出，导致细胞液和体液中这些离子的浓度大为降低，出现电解质浓度失衡、紊乱，使

神经和肌肉的应激受到影响，就会产生恶心、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们，要及时补充水分和盐分，以维持体内的水、电解质平衡。

二、电解质在水溶液中的反应

1. 电解质在水溶液中反应的实质

酸、碱、盐是电解质，在水溶液中发生电离，产生自由移动的离子，那么，酸、碱、盐在水溶液中发生的反应一定与这些离子有关。

观察·思考

稀硫酸与氢氧化钡在水溶液中的反应

你已知道，硫酸和氢氧化钡是电解质，那么它们在水溶液中能电离出哪些离子？它们之间的反应是怎样发生的？

实验：

向0.01 mol·L^{-1} $Ba(OH)_2$溶液中滴入几滴酚酞溶液，按图2-2-8所示连接装置，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电流表（量程：15 A）指针的变化。

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？

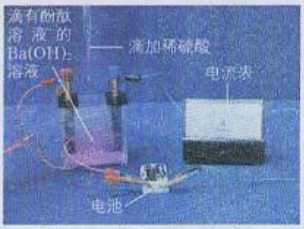


图2-2-8 稀硫酸与$Ba(OH)_2$溶液反应实质的研究

稀硫酸与$Ba(OH)_2$溶液反应的实质是溶液中的H^+与OH^-结合生成水、Ba^{2+}与SO_4^{2-}结合生成硫酸钡沉淀，溶液中离子的浓度降低。你所熟悉的盐酸与NaOH溶液反应的实质是溶液中的OH^-与H^+结合生成水，溶液中的Na^+和Cl^-并没有参与反应。

迁移·应用

请从电解质电离的角度分析下列反应的实质，并尝试总结这些反应有哪些共同的特点。

1. NaOH溶液与$CuSO_4$溶液的反应。
2. NaCl溶液与$AgNO_3$溶液的反应。
3. KCl溶液与$AgNO_3$溶液的反应。

知识点击

酸、碱、盐之间离子反应发生的条件

酸、碱、盐在溶液里发生的互相交换成分的反应是复分解反应。复分解反应是离子反应。只有生成了难溶的物质（如$BaSO_4$，AgCl），或难电离的物质（如H_2O），或挥发性的物质（如CO_2），这类离子反应才能发生。

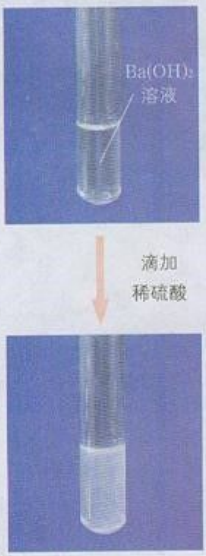


图 2-2-9 稀硫酸与$Ba(OH)_2$溶液的反应

像上述反应这样，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反应都是离子反应。

2. 离子方程式

离子反应可用**离子方程式**（ionic equation）表示。例如，NaOH溶液与盐酸的反应属于离子反应，它的离子方程式为：

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

离子方程式和化学方程式一样，也是描述化学反应的一种化学用语，二者之间既有联系又有区别。

交流·研讨

以硫酸与氢氧化钡在溶液中发生的反应为例，学习离子方程式的书写。

（1）分析反应物在水溶液里的存在形式。对于易溶于水、易电离的反应物写出其电离方程式，明确溶液中存在的微粒，写出它们的离子符号；对于难溶于水的反应物、气态反应物等，用它们的化学式来表示。

硫酸的电离方程式：

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

溶液中存在着H^+和SO_4^{2-}。

氢氧化钡的电离方程式：

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

溶液中存在着Ba^{2+}和OH^-。

（2）判断上述微粒中哪些能够相互作用生成沉淀、水或气体，用化学式表示这些物质。

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（$BaSO_4$）沉淀而发生的。

（3）综合（1）和（2），写出离子方程式，并配平（电荷守恒以及微粒种类和数量守恒）。

硫酸与氢氧化钡在溶液中反应的离子方程式为：

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

请你按照上述方法书写下列反应的离子方程式：

（1）NaOH溶液与H_2SO_4溶液的反应。

（2）KOH溶液与盐酸的反应。

（3）$BaCl_2$溶液与Na_2SO_4溶液的反应。

（4）$Ba(NO_3)_2$溶液与Na_2SO_4溶液的反应。

讨论：

对上述各反应的离子方程式进行比较，你发现了什么？你能说出离子方程式与化学方程式有哪些区别吗？

离子方程式和化学方程式都能描述化学反应，但离子方程式的描述更加本质，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。例如，可溶性钡盐与可溶性硫酸盐（或硫酸）在溶液中反应的实质是Ba^{2+}与SO_4^{2-}结合生成难溶的硫酸钡（$BaSO_4$），其离子方程式为：

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

利用离子反应可以检验某种（或某些）离子是否存在。例如，当向某物质的溶液滴加$AgNO_3$溶液后有白色沉淀产生，再滴加稀硝酸时白色沉淀并不溶解，可推断该溶液含有Cl^-。检验溶液中是否有Cl^-存在的反应的离子方程式为：

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

离子检验广泛用于化学研究、化工生产、医疗诊断、环境保护等方面。

迁移·应用

有一包白色固体粉末，可能是由氯化钠、硫酸钠和碳酸钠组成的，请用实验方法确定该白色粉末的成分，写出相关反应的离子方程式。

方法导引

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发生反应的化学方程式为：

$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

2. 改写化学方程式

将化学方程式中易溶解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、气态物质和水仍用化学式表示，则可将上述化学方程式改写为：

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

3. 写出离子方程式

将上式中在反应前后没有发生变化（实质是不参与反应）的离子的符号删去，便可得到该反应的离子方程式：

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

概括·整合

1．酸、碱、盐在水溶液中能够发生电离。电离的实质是什么？

2．电解质和非电解质是从一个新的视角对化合物分类所得到的结果。那么，什么是电解质？将化合物分为电解质和非电解质的依据是什么？

3．酸、碱、盐都是电解质。如何从电解质电离的角度认识酸、碱和盐？

4．酸、碱和盐在溶液里发生的反应属于离子反应。什么是离子反应？离子方程式与一般的化学方程式有什么区别和联系？复分解反应这类离子反应发生的条件是什么？

练习与活动

1．结合本节学习内容，回答下列问题。

（1）列举一些你所熟悉的电解质。

（2）酸、碱、盐在溶解于水或受热熔化时能够_____出自由移动的离子，所以它们在水溶液里或熔融状态下能够_____。人们从这个角度对化合物进行分类，酸、碱、盐属于_____。酸、碱、盐在水溶液中相互间发生的反应都有离子参加，这样的反应叫做_____。

（3）在KCl溶液与$AgNO_3$溶液中大量存在的微粒分别有哪些？为什么？

（4）通过分析KCl溶液与$AgNO_3$溶液反应的实质，写出该反应的离子方程式。

（5）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。

（6）请从多个角度谈谈你对酸、碱、盐的认识。

2．写出下列反应的离子方程式。

（1）$BaCl_2$溶液与K_2SO_4溶液的反应；

（2）NaOH溶液与稀硝酸的反应；

（3）Na_2CO_3溶液与盐酸的反应。

3．计算下列溶液中的H^+或OH^-浓度。

（1）0.1 mol·L^{-1} NaOH溶液；

（2）0.1 mol·L^{-1} H_2SO_4溶液。

4．水污染问题是当前全世界关注的焦点问题。我们每一个人都应该自觉地保护水资源，防止污水的随意排放。化学实验过程中往往会产生污水，污水中的重金属离子如Cu^{2+}、Ba^{2+}、Ag^+对水的污染作用很强。

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

（1）请你用实验的方法检验该废液中是否含有这些离子，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，你认为该废液应该进行怎样的处理后才能够倒掉？写出你设计的废液处理方案及相关反应的离子方程式。

方法导引

第4题 在设计实验方案时，需要利用学过的离子反应将 Cu^{2+}、Ba^{2+}、Ag^{+} 转化成难溶物质除去，同时不要引入其他有污染的离子。

你可能设计出多种可行的实验方案，对这些方案要从实验步骤是否简便、除杂是否有效等方面进行评价。

第3节 氧化剂和还原剂

氧化还原反应是一类非常重要的化学反应。人类的生产、生活乃至人体生命过程中的新陈代谢等，都离不开氧化还原反应。那么，什么样的化学反应是氧化还原反应？哪些物质之间能够发生氧化还原反应？

一、氧化还原反应

1. 元素化合价在化学反应中的变化

交流·研讨

在化学学习和日常生活中，你已经认识了许多化学反应，例如，铜与氧气的反应，氧化铜与氢气的反应，碳酸钙高温下的分解反应，NaCl溶液与$AgNO_3$溶液的反应，铁与$CuSO_4$溶液的反应等。请你写出它们的化学方程式，分析参加反应的各种物质所含元素的化合价在反应前后是否发生了变化。

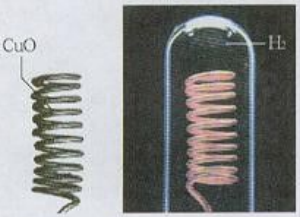


图2-3-1 氧化铜与氢气的反应



图2-3-2 铁与$CuSO_4$溶液的反应

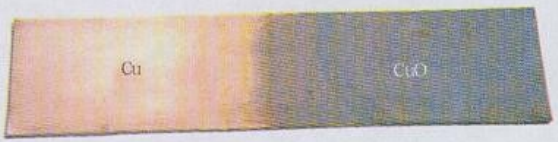


图2-3-3 铜片被加热的一端生成氧化铜

人们在分析各种各样的化学反应时，发现在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，而在另一些化学反应中有的反应物所含的一种或几种元素的化合价发生了变化。

例如，在下列化学反应中，Cu、O、Fe、H元素的化合价在相关反应前后分别发生了变化。

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

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

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

在下面的两个化学反应中，反应前后各元素的化合价都没有发生变化。

$$\overset{+2\ +4\ -2}{CaCO_3} \xrightarrow{\text{高温}} \overset{+2\ -2}{CaO} + \overset{+4\ -2}{CO_2}\uparrow$$

$$\overset{+1\ -1}{NaCl} + \overset{+1\ +5\ -2}{AgNO_3} = \overset{+1\ +5\ -2}{NaNO_3} + \overset{+1\ -1}{AgCl}\downarrow$$

由此看来，从反应过程中元素化合价有无变化的角度，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叫做**氧化还原反应**（redox reaction）。铜与氧气的反应、氧化铜与氢气的反应、铁与$CuSO_4$溶液的反应都是氧化还原反应。碳酸钙的分解反应、NaCl溶液与$AgNO_3$溶液的反应都不是氧化还原反应。

在氧化还原反应中，反应物所含元素化合价升高的反应称为**氧化反应**（oxidation）；反应物所含元素化合价降低的反应称为**还原反应**（reduction）。氧化与还原这两个对立的过程相互依存而统一于一个氧化还原反应之中。例如，在氧化铜与氢气发生的氧化还原反应中，铜元素的化合价降低，铜元素发生的是还原反应；氢元素的化合价升高，氢元素发生的是氧化反应。

人们曾经从得氧、失氧的角度定义氧化反应和还原反应。把物质得氧的反应叫做氧化反应，把物质失氧的反应叫做还原反应。

2. 氧化还原反应的实质

在氧化还原反应中，有些元素的化合价发生了变化，这种变化的实质是什么呢？

活动·探究

氧化还原反应的实质

讨论：

1. 在前面的学习中，你已经知道金属钠在氯气中剧烈地燃烧生成氯化钠。这个反应是氧化还原反应吗？为什么？

2. 氯气是由氯分子构成的，一个氯分子是由两个氯原子构成的。金属钠是由钠原子构成的。氯化钠是由Na^+和Cl^-构成的。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？

实验：

1. 把几颗锌粒放到盛有少量$CuSO_4$溶液的烧杯中，观察现象，写出该反应的化学方程式，判断它是不是氧化还原反应。

2. 按照图2-3-5连接装置进行实验，电流计的指针发生

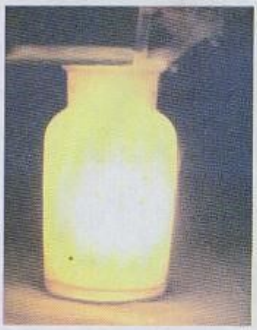


图2-3-4 金属钠在氯气中燃烧



图2-3-5 锌与$CuSO_4$溶液的反应

偏转。这一现象，对你认识金属锌与$CuSO_4$溶液反应的实质有什么启发？

根据以上讨论和实验，分析氧化还原反应的实质。

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，钠原子失去最外层上的一个电子形成Na^+，氯原子则得到一个电子形成Cl^-，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。

金属锌与$CuSO_4$溶液的反应也是氧化还原反应。由于硫酸铜是电解质，因此这个反应是一个离子反应，离子方程式为：

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

由离子方程式可以清楚地看出，锌原子把电子转移给Cu^{2+}，形成Zn^{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。原子间或原子与离子间的电子转移必将引起元素化合价的变化，因此元素化合价的变化是电子转移的外观表现。我们可以通过元素化合价是否发生变化来判断一个反应是不是氧化还原反应。

氧化还原反应广泛存在于自然界中，对人类的生产和生活有着十分重要的作用。例如，化石燃料的燃烧与利用、金属材料的冶炼与防腐、食品的加工与保鲜、环境污染的监测与治理等，都涉及到氧化还原反应。只有深入研究相关的氧化还原反应，才能以最少的资源消耗、最小的环境污染，获取生产活动的最佳社会效益和经济效益，实现人类社会的可持续发展。

知识点击

氧化还原反应的表示方法

人们常用下面的式子表示氧化还原反应中电子转移和元素化合价的升降情况。

失去$2 \times e^-$，化合价升高

$$\overset{0}{2Na} + \overset{0}{Cl_2} \xrightarrow{\text{点燃}} \overset{+1\ -1}{2NaCl}$$

得到$2 \times e^-$，化合价降低

$2e^-$

$$\overset{0}{Zn} + \overset{+2}{Cu^{2+}} = \overset{+2}{Zn^{2+}} + \overset{0}{Cu}$$

化学与技术

单质硅和金属钛从哪里来

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。用单质碳还原二氧化硅可以制得粗硅。如果使粗硅与氯气反应生成四氯化硅（$SiCl_4$），然

后再用氢气还原四氯化硅可以制得比较纯的单质硅。

金属钛具有许多神奇的功能，是航空、军工、电力等工业部门的必需原料。地壳中的钛矿石之一是金红石（主要成分为 TiO_2）。如何把二氧化钛转化成具有重要用途的金属钛？目前大规模生产钛的方法是：第一步，让金红石、单质碳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。



铁丝在氧气中燃烧

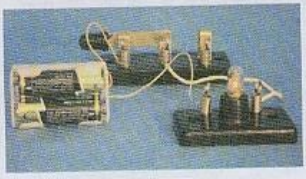


铜与 $AgNO_3$ 溶液的置换反应



金属的冶炼

氧化还原反应



电池放电



有氧运动



锈蚀

图 2-3-6 广泛存在的氧化还原反应

二、氧化剂和还原剂

交流·研讨

1. 下列化学反应中，哪些属于氧化还原反应？为什么？

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

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

$$Cl_2 + H_2O = HCl + HClO$$

$$Fe + 4HNO_3(\text{稀}) = Fe(NO_3)_3 + 2H_2O + NO\uparrow$$

$$BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2HCl$$

$$2H_2O_2 \xlongequal{\text{催化剂}} 2H_2O + O_2\uparrow$$

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

2. 在以上氧化还原反应中，哪些元素的化合价升高了？哪些元素的化合价降低了？指出含有这些元素的具体物质。

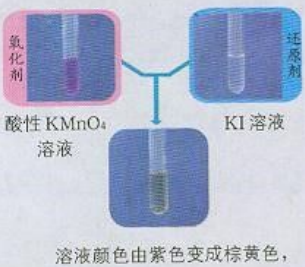
知识支持

氢分子是由两个氢原子分别提供一个电子形成一对共用电子而构成的。氯分子是由两个氯原子分别提供一个电子形成一对共用电子而构成的。在氢气与氯气反应生成氯化氢的氧化还原反应中，氢原子和氯原子都没有完全失去或完全得到电子，它们之间只是存在着共用电子的偏移。研究表明，共用电子偏离氢原子，氢元素的化合价升高，氢气做还原剂；共用电子偏向氯原子，氯元素的化合价降低，氯气做氧化剂。

在氧化还原反应中，所含元素的化合价降低的反应物，称为**氧化剂**（oxidizing agent）；所含元素的化合价升高的反应物，称为**还原剂**（reducing agent）。

在金属铁与氯气反应生成氯化铁的反应中，氯气中氯元素的化合价降低（$\overset{0}{Cl} \rightarrow \overset{-1}{Cl}$），氯原子得到电子，氯气在这个反应中做氧化剂，具有氧化性；铁元素的化合价升高（$\overset{0}{Fe} \rightarrow \overset{+3}{Fe}$），铁原子失去电子，金属铁在这个反应中做还原剂，具有还原性。

根据物质中所含元素的化合价，可以推测该物质具有氧化性还是还原性，它们在氧化还原反应中可做氧化剂还是还原剂。例如，高锰酸钾（$KMnO_4$）中锰元素显+7价，即显锰的最高化合价，所以高锰酸钾具有氧化性，可做氧化剂；碘化钾（KI）中碘元素显−1价，即显碘元素的最低化合价，所以碘化钾具有还原性，可做还原剂；双氧水（H_2O_2）中氧元素显−1价，化合价既可升高为零价又可降低为−2价，所以双氧水既可做还原剂又可做氧化剂。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，需要考虑与之反应的物质的氧化性或还原性的相对强弱。



溶液颜色由紫色变成棕黄色，生成碘单质和Mn^{2+}

图2-3-7 KI溶液与酸性$KMnO_4$溶液的反应

迁移·应用

举例说明在你所了解的众多物质中，哪些物质具有氧化性可做氧化剂，哪些物质具有还原性可做还原剂。试从元素化合价的角度进行分析。

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。活泼的金属单质可做还原剂，常见的还原剂还有碳单质、氢气等非金属单质，以及一些含有较低价态元素的氧化物和盐（如一氧化碳、二氧化硫、亚硫酸钠、硫酸亚铁等）。

知识支持

不同的氧化剂或还原剂，因其得失电子的能力不同，其氧化能力或还原能力不同。我们可以借助氧化还原反应来了解不同的氧化剂或还原剂氧化能力或还原能力的强弱。

三、探究铁及其化合物的氧化性和还原性

铁元素在地壳中的质量分数为4.65%，仅次于氧、硅和铝。它在自然界中可以单质形态（如陨铁）存在，更多的则以+2价和+3价的化合态存在。含有三种价态的含铁物质在一定条件下可通过氧化还原反应相互转化。

资料在线

铁的化合物

铁的化合物很多。氧化物主要有黑色的氧化亚铁、红棕色的三氧化二铁和具有磁性的黑色四氧化三铁。含有铁元素的盐有硫酸亚铁、氯化铁等。铁的氢氧化物为氢氧化亚铁和氢氧化铁。氢氧化亚铁是白色固体，不溶于水，很不稳定，容易被氧化。硫酸亚铁与NaOH溶液反应生成的氢氧化亚铁沉淀，在空气中迅速变成灰绿色，最后变成红褐色。这是因为氢氧化亚铁被空气中的氧气氧化成了红褐色的氢氧化铁。

铁的化合物在自然界中主要以矿石的形式存在，如黄铁矿、赤铁矿、磁铁矿等。

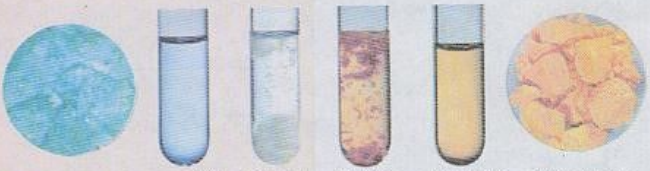


图2-3-8 一些铁的化合物



黄铁矿（主要成分为FeS_2）　赤铁矿（主要成分为Fe_2O_3）　磁铁矿（主要成分为Fe_3O_4）

图2-3-9 一些含铁的矿物

活动·探究

铁及其化合物的氧化性和还原性

在铁单质和铁的化合物中，哪些具有氧化性？哪些具有还原性？哪些既具有氧化性，又具有还原性？我们分别以金属铁、氯化亚铁和氯化铁为例进行探究。

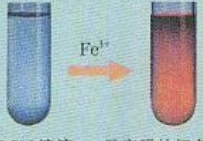
方法导引

如果你预测某物质具有氧化性，就应该寻找具有还原性的另一物质，通过实验证实两者能发生氧化还原反应来检验你的预测。相应地，如果你预测某物质具有还原性，就应该寻找具有氧化性的另一物质，通过实验来检验你的预测。

工具栏

实验试剂：铁粉，稀硫酸，$FeCl_3$溶液，$FeCl_2$溶液，氯水，稀硝酸，KSCN（硫氰酸钾）溶液，锌片，铜片。

利用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。



KSCN溶液　反应后的红色溶液

图2-3-10　Fe^{3+}与KSCN溶液的反应

预测与假设：

具有氧化性的物质：

具有还原性的物质：

既具有氧化性又具有还原性的物质：

实验方案：

实验记录：

实验内容	实验现象	结　论

实验结论：

归纳整理：

请你用图示的方法，总结金属铁、氯化亚铁和氯化铁之间的相互转化关系，写出相互转化的化学方程式，并指出每个反应中的氧化剂和还原剂。

铁单质具有还原性，如它能将硫酸电离出的H^+还原生成氢气。

$$Fe + 2H^+ = Fe^{2+} + H_2\uparrow$$

含有+3价铁元素的化合物通常具有氧化性，如在$FeCl_3$溶液与金属铜的反应中，铜由零价被氧化成+2价，氯化铁自身被还原成氯化亚铁。

$$2FeCl_3 + Cu = 2FeCl_2 + CuCl_2$$

含有+2价铁元素的化合物既具有氧化性，又具有还原性。在有关的氧化还原反应中，含+2价铁元素的化合物既可做氧化剂，又可做还原剂。例如，在$FeCl_2$溶液与锌的反应中，氯化亚铁做氧化剂。

$$FeCl_2 + Zn = ZnCl_2 + Fe$$

在$FeCl_2$溶液与氯气的反应中，氯化亚铁做还原剂。

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

迁移·应用

人们利用铁及其化合物间的相互转化的知识可以解决许多实际问题。例如，利用$FeCl_3$溶液腐蚀铜箔制造印刷线路板，在$FeSO_4$溶液里加铁钉或铁粉来防止溶液里的Fe^{2+}被氧化等。

你能说出其中的道理吗？请分析所发生的化学反应。



图2-3-11 加有铁粉的$FeSO_4$溶液

身边的化学

铁元素与人体健康

铁元素是生物体中含量最高的生命必需微量元素。健康的成年人体内大约含4 g铁元素。铁的化合物在生物体内承担着极其重要的生理功能，其中以血红蛋白的功能最为显著。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：血红蛋白分子从肺部将吸入的氧气输送到全身各组织，供细胞使用。如果人体缺铁，就会出现贫血症状。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。关于铁元素在人体内的吸收过程目前仍然有许多问题不清楚。已有的实验结果显示，源自食物的铁元素主要在小肠（尤其是十二指肠）被吸收，并且人体只吸收Fe^{2+}。由于维生素C具有还原性，可以将Fe^{3+}还原成Fe^{2+}，所以适量服用维生素C有利于铁元素的吸收。动物血、肝、骨髓以及蛋黄、菠菜、红枣、大豆、芝麻等食物含铁丰富，可以多食用。需要指出的是，人体对体内铁元素的再利用率很高，合理的膳食完全可以满足人体对每天1 mg铁元素的需求。孕期妇女和儿童需要摄入较多的铁元素，健康成年人并不需要每天大量补充铁元素。



图2-3-12 富含铁元素的食品

概括·整合

1. 什么是氧化还原反应？它的实质是什么？如何判断一个反应是否属于氧化还原反应？

2. 氧化还原反应与化合、分解、置换等反应既有联系，又有区别。以下图示反映了它们之间的联系。



3. 氧化反应、还原反应是两个相反的过程，它们统一于一个氧化还原反应中。氧化剂和还原剂是同一氧化还原反应中既相互对立又相互依存的反应物。请用图示的方式，表示下列术语之间的关系。

氧化剂　还原剂　氧化反应　还原反应　化合价升高　化合价降低　得到电子　失去电子

4. 铁元素是一种重要的金属元素，铁及其化合物之间可以发生相互转化。通过实例说明不同价态的铁元素之间的相互转化关系，并归纳铁及其化合物的主要性质。

练习与活动

1. 下列化学反应中，哪些属于氧化还原反应？在氧化还原反应中，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）$2KMnO_4 \xlongequal{\triangle} K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2\uparrow$

2. 我们生活中的许多现象及大量物质的应用都与氧化还原反应有关。请运用氧化还原反应的知识回答下列问题。

（1）氯气与水反应生成的次氯酸（HClO）具有杀菌作用，常用于自来水的消毒。在次氯酸（HClO）中，氯元素的化合价为_____，氯原子容易得到电子，从而使氯元素化合价降低，因此次氯酸具有_____。次氯酸具有漂白作用就是基于它的这个性质。

（2）现榨的苹果汁在空气中会由淡绿色变为棕黄色，其原因可能是（　　）。

A．苹果汁中的Fe^{2+}变成Fe^{3+}　　B．苹果汁含有Cu^{2+}

C．苹果汁含有 OH^-　　D．苹果汁含有 Na^+

（3）自然界中存在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。试想，如果把某元素由化合态变为游离态，则它（　　）。

A．被氧化　　B．被还原

C．有可能被氧化，也有可能被还原　　D．由高价态变为零价

3. 试分析物质在化学反应中的作用。

（1）下列反应中，盐酸既表现出酸性又表现出氧化性的是（　　）。

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

B．$HCl + AgNO_3 = AgCl\downarrow + HNO_3$

C．$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$

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

（2）在下列三个反应中：①$SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$，②$SO_2 + 2H_2S = 3S\downarrow + 2H_2O$，③$SO_2 + Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$，二氧化硫所起的作用（　　）。

A．相同　　B．不同

C．是氧化剂的作用　　D．是还原剂的作用

4．运用铁及其化合物的知识，完成下列各题。

（1）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

（2）所含铁元素既有氧化性又有还原性的物质是（　　）。

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

（3）要除去 $FeCl_2$ 溶液中的少量氯化铁，可行的办法是（　　）。

A．滴入 KSCN 溶液　　B．通入氯气

C．加入铜粉　　D．加入铁粉

（4）当人体缺铁时，往往需要吃补铁保健品，人体能够吸收的是+2价铁元素，但是+2价铁元素很容易被氧化。查看一种补铁保健食品，了解其中铁元素的价态。

① 你认为可以采用什么方法检验补铁剂中铁元素的价态？

② 天然食品中含有的大多是+3价铁元素。为了使+3价铁元素转化为+2价铁元素并被人体较好地吸收，你认为应该采取哪些措施？请查找资料，寻找办法。

5．实验室里常用浓盐酸与二氧化锰反应来制取少量的氯气，反应的化学方程式为：

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

（1）该反应属于氧化还原反应吗？如果是，指出其中的氧化剂和还原剂；如果不是，说明理由。

（2）取一定量的浓盐酸使其与二氧化锰发生反应，产生的氯气在标准状况下的体积为 11.2 L。计算参加反应的 HCl 的物质的量，以及反应中被氧化的 HCl 的物质的量。

本章自我评价

1．生活中有许多现象和问题，需要我们运用化学知识解释和解决。请结合本章的学习内容，完成以下任务。

（1）静电除尘是治理悬浮颗粒污染的方法之一，其依据的原理是让带电的物质微粒在电场的作用下，移向并吸附到电极上。请运用胶体的有关知识解释其中的道理。

（2）设计从食盐中除去所含碳酸钠杂质的实验方案，并进行实验操作。

2．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，完成下面的选择题。

（1）下列叙述中，正确的是（　　）。

A．氧化还原反应的实质是电子的转移

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）下列变化中，需加入氧化剂才能实现的是（　　）。

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

C．$SO_2 \rightarrow SO_3$　　D．$FeCl_3 \rightarrow FeCl_2$

（3）下列变化中，加入还原剂可以实现的是（　　）。

A．$Ag^+ \rightarrow Ag$　　B．$CuO \rightarrow Cu$　　C．$FeO \rightarrow Fe_2O_3$　　D．$NO \rightarrow NO_2$

（4）下列反应中，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．写出（1）、（2）反应的离子方程式，并写出离子方程式分别为（3）、（4）的反应的化学方程式（至少两个）。

（1）$AgNO_3$溶液与KCl溶液的反应；

（2）金属铜与$AgNO_3$溶液的反应；

（3）$H^+ + OH^- = H_2O$；

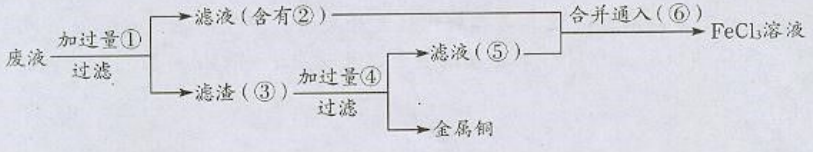
（4）$Cu^{2+} + Fe = Fe^{2+} + Cu$。

4．电子工业常用30%的$FeCl_3$溶液腐蚀敷在绝缘板上的铜箔，制造印刷电路板。

（1）检验溶液中Fe^{3+}存在的试剂是_____，证明Fe^{3+}存在的现象是_____。

（2）写出$FeCl_3$溶液与金属铜发生反应的化学方程式：_____。

（3）某工程师为了从使用过的腐蚀废液中回收铜，并重新获得$FeCl_3$溶液，准备采用下列步骤：



A．请写出上述实验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。

5．钙元素是人体必需的常量元素，所有的细胞都需要钙元素。正常人体血液含Ca^{2+}为$2.2\times10^{-3}\sim2.7\times10^{-3}$ mol·L^{-1}。现抽取某人血样10 mL，稀释后用草酸铵[$(NH_4)_2C_2O_4$]溶液处理，使Ca^{2+}完全转变为草酸钙（CaC_2O_4）沉淀；过滤，洗涤，将得到的沉淀用稀硫酸溶解可得到草酸（$H_2C_2O_4$），并用2.0 mL 5.0×10^{-3} mol·L^{-1} $KMnO_4$溶液与溶解得到的草酸恰好完全反应。求此人血液中Ca^{2+}的浓度，并判断其血液含钙量是否正常。

（提示：$2KMnO_4+5H_2C_2O_4+3H_2SO_4=2MnSO_4+K_2SO_4+10CO_2\uparrow+8H_2O$）

6．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、金属铜、硫单质、液溴、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，并说明你的分类标准。

（2）制作物质分类的示意图，再举出一些你知道的各类别的具体物质。

方法导引

第5题 首先利用题目给出的信息分别找出Ca^{2+}与CaC_2O_4、CaC_2O_4与$H_2C_2O_4$的反应关系；再结合题目提供的化学方程式找出$KMnO_4$与Ca^{2+}间的定量关系；最后将数据代入由上述关系所建立的关系式中，即可求解。

这种解决问题的方法在根据化学方程式的计算中经常使用。

第3章

自然界中的元素



第1节　碳的多样性



第2节　氮的循环



第3节　硫的转化



第4节　海水中的化学元素



本章自我评价

第1节 碳的多样性

碳既是构成生物体的基本元素，又是构成地壳中岩石和化石燃料（煤、石油、天然气）的主要元素。碳以多种形态存在于自然界中。

联想·质疑

下列各图所涉及的物质中，哪些物质含有碳元素？哪些现象与碳及其化合物有关？碳及其化合物在自然界中是如何转化的？它们各有什么用途？



图3-1-1 溶洞



图3-1-2 煤块



图3-1-3 珊瑚

在自然界中有游离态的碳元素，如硬度极高的金刚石、深灰色的石墨等；有化合态的碳元素，如植物光合作用所依赖的二氧化碳、可用做建筑材料的大理石、海底储量巨大的可燃冰、生命的基石——蛋白质等。

一、多种多样的碳单质

金刚石、石墨和C_{60}都是由碳元素组成的单质。石墨是一种深灰色、质软、不透明、易导电的片状固体；金刚石是硬度极高、无色透明的晶体；C_{60}是灰黑色的固体。像这样，由同一种元素组成的性质不同的几种单质，叫做该元素的**同素异形体**（allotrope）。金刚石、石墨和C_{60}是碳元素的同素异形体。再如，氧气和臭氧（O_3）是氧元素的同素异形体。

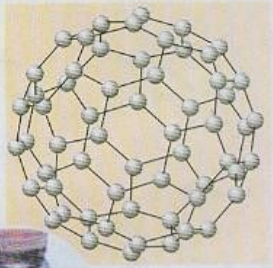




图3-1-4 C_{60}中碳原子的排列方式

同是碳元素，为什么能组成不同的碳单质？通过分析它们的微观结构发现，在这些单质中碳原子的排列方式不同。在石墨中，碳原子呈层状排列，每一层上的碳原子以强的相互作用形成平面六边形结构；层与层之间的相互作用较弱，容易发生相对滑动。在金刚石中，每个碳原子都与相邻的四个碳原子以强的相互作用直接连接，形成正四面体结构。C_{60}分子是由60个碳原子构成的分子，形似足球，碳原子位于球的表面，呈正六边形和正五边形排列，球内是空的。结构不同，决定着碳的各种单质有着不同的性质。

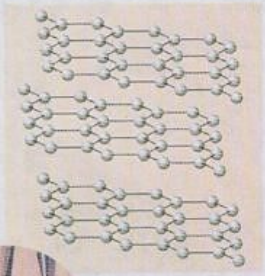




图3-1-5 石墨中碳原子的排列方式

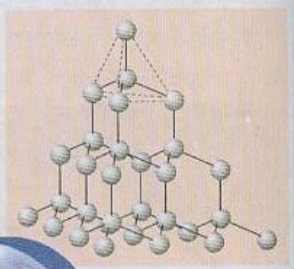




图3-1-6 金刚石中碳原子的排列方式

化学前沿

C_{60}与碳纳米管

1985年，英国化学家克鲁托（H.W.Kroto）、美国化学家斯莫利（R.E.Smalley）和柯尔（R.F.Curl）在世界著名的学术期刊《自然》（*Nature*，英国）上发表文章，介绍他们在实验室里发现了一系列新的碳的同素异形体。这些碳的同素异形体的碳分子是由偶数个碳原子构成的，其中最稳定的是C_{60}。C_{60}分子的结构什么样？克鲁托受美国建筑师富勒设计的蒙特利尔万国博览会美国馆的球形建筑的启发，绘出了C_{60}分子的结构，并将C_{60}家族命名为“富勒烯”。克鲁托等预测，由于C_{60}笼内有一个空腔，可以填入金属原子，形成的物质具有特殊的性质，有可能成为新型的催化剂或催化剂的载体。这三位科学家因

发现 C_{60} 而于 1996 年荣获诺贝尔化学奖。



图 3-1-7 获得诺贝尔化学奖的 C_{60} 发现者

日本科学家用高分辨电镜观察电弧蒸发石墨所得的阴极沉积物，又发现了由单层或多层石墨卷曲而成的碳纳米管。碳纳米管独特的结构和物理化学特性，决定着它在物理化学和材料科学等领域具有广阔的发展前景。



图 3-1-8 C_{60} 结构的提出源于“穹隆”型建筑

二、广泛存在的含碳化合物

尽管碳元素有多种同素异形体，但它在自然界中主要是以化合物的形式存在的。蛋白质、淀粉以及天然气的主要成分甲烷等是由碳元素与氢、氧、氮等元素中的一种或几种组成的有机化合物；大气中的二氧化碳，多种碳酸盐矿石像大理石、方解石($CaCO_3$)、白云石[$CaMg(CO_3)_2$]、菱锌矿($ZnCO_3$)、菱镁矿($MgCO_3$)和菱铁矿($FeCO_3$)等，则是含有碳元素的无机化合物。



大理石　　方解石　　白云石



菱锌矿　　菱镁矿　　菱铁矿

图 3-1-10 几种碳酸盐矿石



图 3-1-9 天然气和胡萝卜中都含有有机化合物

碳酸钠（sodium carbonate）和碳酸氢钠（sodium bicarbonate）都是有着重要用途的含碳无机化合物，它们在组成上的差异使得它们的性质有所不同。

方法导引

你已经知道了碳酸钙的化学性质，碳酸钠和碳酸氢钠是否具有类似的化学性质？

活动·探究

碳酸钠和碳酸氢钠的化学性质

碳酸钠(Na_2CO_3)俗称纯碱或苏打，是白色固体，广泛用于玻璃、造纸等工业；碳酸氢钠($NaHCO_3$)俗称小苏打，也是白色固体，是焙制糕点所用的发酵粉的主要成分之一。

请通过实验探究碳酸钠和碳酸氢钠的化学性质。

假设：

碳酸钠可能与哪些物质发生反应？

碳酸氢钠可能与哪些物质发生反应？

实验方案及实验记录：

实验内容	实验现象	结　论

归纳整理：

1. 总结碳酸钠和碳酸氢钠的化学性质，写出相关反应的化学方程式。

2. 如何鉴别一种白色固体粉末是碳酸钠还是碳酸氢钠？

碳酸钠与其他的碳酸盐一样，都能与盐酸等酸反应产生二氧化碳气体。

$$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2\uparrow$$

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2\uparrow$$

碳酸氢钠也能与盐酸等酸反应产生二氧化碳气体。另外，碳酸氢钠还能与NaOH溶液反应生成碳酸钠和水，而碳酸钠则不能与NaOH溶液发生反应。

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

$$NaHCO_3 + NaOH = Na_2CO_3 + H_2O$$

实验表明，在酒精灯加热的条件下，碳酸钠不能分解，而碳酸氢钠则能分解并生成碳酸钠、水和二氧化碳。

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

知识点击

碳酸盐与碳酸氢盐

像碳酸钠这样含有CO_3^{2-}的盐称为碳酸盐，像碳酸氢钠这样含有HCO_3^-的盐称为碳酸氢盐。碳酸盐与碳酸氢盐之间可以相互转化。一般来说，碳酸盐能与碳酸（二氧化碳和水）反应转化为碳酸氢盐，碳酸氢盐能与碱反应转化为碳酸盐。

三、碳及其化合物间的转化

1. 自然界中碳及其化合物间的转化

在自然界中，碳及其化合物间进行着永不停息的转化，这些转化是非常重要的。

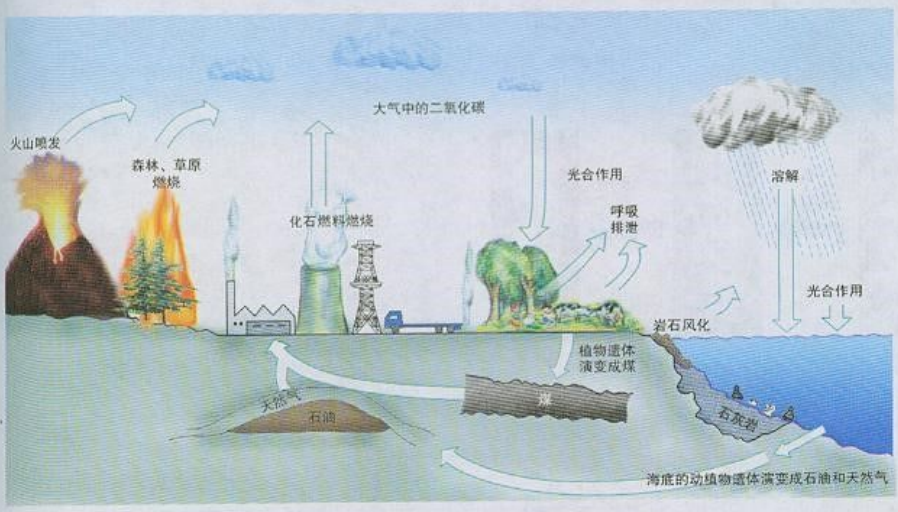


图 3-1-11 碳及其化合物在自然界中的转化示意图

植物通过光合作用吸收空气中的二氧化碳，形成葡萄糖，并释放出氧气，葡萄糖再转化为淀粉。植物被动物采食后，淀粉被动物吸收并转化为葡萄糖，部分葡萄糖在动物体内被氧化

成二氧化碳。同时，植物和动物在呼吸过程中吸入氧气，放出二氧化碳。此外，动物的遗体经微生物分解破坏，最后变成二氧化碳、水和其他无机盐，这些物质又被植物利用。化石燃料如煤、石油、天然气等是动植物遗骸经过长期演化形成的，当它们燃烧时，释放出二氧化碳。

空气中的二氧化碳有很大一部分被海水吸收，这种交换发生在气和水的界面处。溶入水中的二氧化碳逐渐转变为碳酸盐沉积海底形成新的岩石，或通过水生生物的贝壳和骨骼转移到陆地。这些碳酸盐又与空气中的二氧化碳和水反应，生成碳酸氢盐而溶于水中归入海洋。

碳的化合物在自然界中的转化创造了许多奇迹，自然界中美妙的石笋、钟乳石和石柱的形成，都与这种转化密切相关。



图3-1-12 石笋和钟乳石

活动·探究

模拟溶洞的“形成”

请阅读下面的材料，与同学们讨论溶洞形成的原因，并设计和实施简单的实验——模拟溶洞的“形成”。

石灰岩里不溶性的碳酸钙受水和二氧化碳的作用转化为微溶性的碳酸氢钙。由于石灰岩层各部分所含碳酸钙的多少不同，被侵蚀的程度不同，石灰岩就逐渐被溶解分割成互不相依、千姿百态、陡峭秀丽的山峰或被溶解侵蚀成奇异壮观的溶洞。

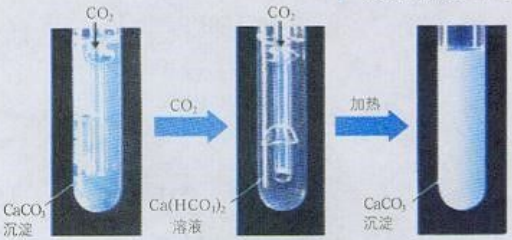


图3-1-13 模拟溶洞“形成”的实验

溶有碳酸氢钙的水，当从洞顶向洞底滴落时，水分的蒸发、压强的减小及温度的升高都会使其析出碳酸钙沉淀。

这些沉淀经过千百万年的聚积，渐渐形成了钟乳石、石笋等。洞顶的钟乳石与地面的石笋连接起来，便形成奇特的石柱。

实验方案及实验记录：

实验内容	实验现象	结　论

自然界中碳及其化合物间的转化有时是非常剧烈的。现有的研究表明，地质史上有过这样的时代，那时候火山活动比较频繁，把大量的二氧化碳喷发到大气里；还有过这样的时代，生长得非常茂盛的热带植物大量死亡，经过漫长的过程转化成煤。

碳及其化合物在自然界中的转化本来处于平衡状态，但是由于人类的活动，特别是生产和生活中化石燃料燃烧量的大幅度增加，使大气中二氧化碳的含量猛增，破坏了自然界中碳及其化合物间的原有平衡，对人类的生存环境造成了一定的影响。

2. 生产和生活中碳及其化合物间的转化

碳及其化合物间的转化也广泛存在于人类的生产和生活中。

交流·研讨

通过对以下实例的交流研讨，体会生产和生活中碳及其化合物间的转化。

1. 高炉炼铁的过程是将铁矿石还原成金属铁的过程，原料是焦炭和铁矿石（主要成分为Fe_2O_3），但实际起还原作用的主要是一氧化碳。那么，一氧化碳是如何产生的？在一氧化碳还原铁矿石的过程中，碳元素发生了怎样的变化？请写出相关反应的化学方程式。

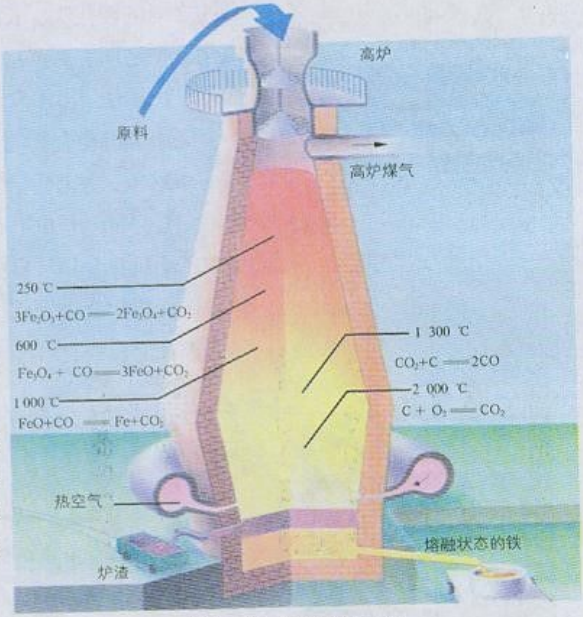
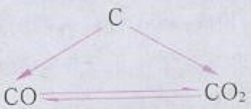


图3-1-14 高炉炼铁示意图

2. 如图3-1-15所示，木炭在燃烧时会呈现淡蓝色的火焰，这是一氧化碳燃烧产生的。在木炭燃烧的过程中发生着碳单质、一氧化碳和二氧化碳之间的转化：



图3-1-15 木炭的燃烧



用化学方程式描述上述转化过程，指出所发生的氧化还原反应的氧化剂和还原剂。



图3-1-16 内壁上积有大量水垢的热水管道

3．我们使用的自来水往往含有碳酸氢钙，因此水壶、输送热水的管道的内壁常常积有水垢。由此你推断水垢的成分中一定含有哪种物质？它是怎样形成的？写出相关反应的化学方程式。

4．在生产和生活中还有哪些碳及其化合物间转化的实例？



图3-1-17 德国化学家 维勒（F.Wohler，1800－1882）

通过上面的讨论，我们知道碳及其化合物间的转化有的属于单质、氧化物和盐之间的转化，有的属于盐与盐、氧化物与氧化物之间的转化。那么，能否实现含碳无机化合物与有机化合物之间的转化呢？长期以来，人们一直认为有机化合物和无机化合物之间有着严格的界限，有机化合物只有活的有机体在所谓“生命力”作用下才能创造出来，不能用人工方法制造，更不可能用无机化合物制造。

1828年，德国化学家维勒（F.Wohler）用无机化合物氰酸铵（NH_4CNO）合成出有机化合物——尿素［$CO(NH_2)_2$］，由此突破了无机化合物与有机化合物之间的界限。继维勒之后，人们以含碳无机化合物为原料，相继合成出大量的有机化合物，满足了人类在能源和材料等方面的需要。



图3-1-18 美国化学家 伍德沃德（R.B.Woodward，1917-1979）

资料在线

化学创造了一个“新的自然界”

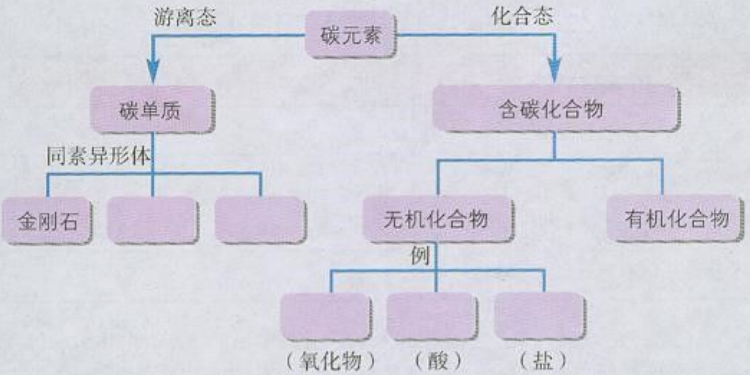
现在，化学家们从石油化工产品出发，不仅用简单的物质合成出各种天然的有机化合物，还合成出许许多多自然界中并不存在的有机化合物。

有机合成大师——著名的美国化学家伍德沃德（R.B.Woodward）在1945～1954年间，人工合成了喹宁、类固醇、麦角酸等20余种复杂的有机化合物。由于在有机合成方面的杰出成就，他于1965年荣获诺贝尔化学奖。

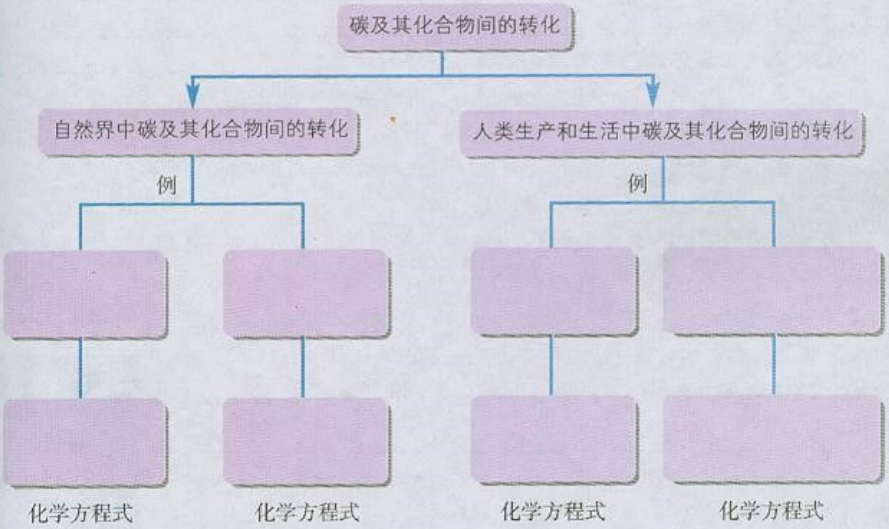
伍德沃德评价有机合成时，这样说：“有机合成使人类在旧的自然界旁又建立起一个‘新的自然界’，大大地改变了社会上物质及商品的面貌，使人类的生活发生了巨大的革命。”

概括·整合

1. 完成下图，列举碳的同素异形体和含碳化合物，并总结它们的主要性质。



2. 举出碳及其化合物间转化的具体实例并写出相关反应的化学方程式。



练习与活动

1. “碳的多样性”体现在多个方面。请完成下表，进一步认识碳的多样性。

碳的多样性	事 实
碳单质的多样性	
含碳化合物的多样性	
碳转化的多样性	
碳及其化合物应用的多样性	

2. 随着工业化程度的提高以及世界范围内人工采伐林木量的增加，森林面积锐减，大气中的二氧化碳浓度逐渐增加。由于二氧化碳对从地表射向太空的长波特别是红外辐射有强烈的吸收作用，从而部分阻碍了地球向太空辐射能量。

（1）人们把大气中二氧化碳所产生的效应称为_____。

（2）这种效应会使_____。

（3）大量采伐森林会使大气中二氧化碳浓度增加的原因是_____。

（4）为了减缓大气中二氧化碳浓度的增加，有哪些可行的措施？

（5）碳的另一种氧化物——一氧化碳在工业上常用做还原剂，人们常说的煤气中毒也是由一氧化碳导致的。请查找相关的资料，评述一氧化碳的功与过。

3. 回答下列问题。

（1）用墨书写的字画年长日久也不变色，说明碳单质在常温下性质_____；工业上利用高温下焦炭与水蒸气的反应：$C + H_2O \xlongequal{高温} CO + H_2$ 来制取水煤气，说明碳单质在较高温度下能夺取某些氧化物里的_____发生氧化还原反应，碳单质具有_____，在工业上可用做还原剂。

（2）长期存放石灰水的瓶子，内壁会出现一层白色固体。请解释这一现象，想办法除去这层白色固体，并写出相关反应的化学方程式：_____

_____。



第3（2）题图

4. 某种牙膏中的摩擦剂是碳酸钙，可以用石灰石来制备。某同学设计了一种制备碳酸钙的实验方案，流程图为：

石灰石 —①高温→ 生石灰 —②加水→ 石灰水 —③加 Na_2CO_3 溶液→ 碳酸钙

（1）请写出上述方案中有关反应的化学方程式：

①_____。

②_____。

③_____。

（2）请你仍用石灰石为原料（其他试剂自选），设计另一种制备碳酸钙的实验方案，将你的实验方案用流程图表示出来：

石灰石

你所设计的方案的优点是_____。

（3）检验牙膏中是否含有碳酸盐的实验方法是_____。

5．金刚石、石墨和C_{60}是碳元素的同素异形体。请思考下列问题。

（1）设计一个实验证明金刚石、石墨和C_{60}都是由碳元素组成的。

（2）金刚石价格昂贵，石墨则价格低廉，那么，能不能把石墨转化为金刚石？

（3）大胆想像，对于C_{60}这种结构独特的物质，化学家们可能进行哪些研究工作？

（4）关于金刚石、石墨和C_{60}，你是否还有其他有趣的想法和奇妙的问题？请把你的问题和感想写出来。

第2节 氮的循环

氮是地球上含量丰富的一种元素。除了以单质的形式存在于大气中外，氮元素也以化合态的形式存在于动植物体里、土壤中和水体中。大气、陆地和水体中的氮元素在不停地进行着循环。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，地球上的生命才生生不息、生机勃勃。



图 3-2-1 闪电

联想·质疑

闪电是大家非常熟悉的自然现象。你知道在雷电交加的时候，空气里的氮气和有关的含氮化合物发生了哪些化学反应？产生了哪些物质？这些化学反应和所产生的物质对于人类的生产和生活有什么意义？

一、氮在自然界中的循环

氮是动物、植物和原生生物体（如真菌、细菌）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，因此氮的循环涉及到地球上生物圈的各个方面。

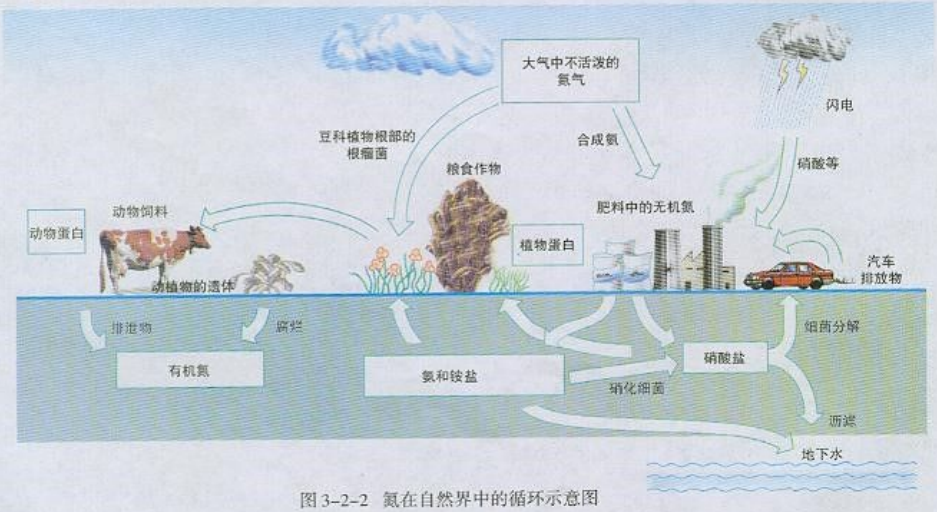


图 3-2-2 氮在自然界中的循环示意图

在自然界中，大豆、蚕豆等豆科植物根部的根瘤菌，把空气中的氮气转变为硝酸盐等含氮的化合物。植物的根从土壤中吸收的铵离子（NH_4^+）和硝酸盐，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铵离子、硝酸根离子和氨，又回到土壤和水体中，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的氧化物，并随降水进入土壤和水体。

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、硝酸等。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、森林和农作物的枝叶燃烧所产生的氮氧化物通过大气进入陆地和海洋，参与氮的循环。

二、氮循环中的重要物质及其变化

1. 氮气与氮的固定

在通常状况下，氮气的化学性质不活泼，很难与其他物质发生反应。但是，在一定条件下，氮气能与氧气、氢气等物质发生反应。

在雷电交加的雨天，空气中的氮气与氧气可以直接化合，生成无色、难溶于水的一氧化氮（NO，nitrogen monoxide）气体。一氧化氮气体在常温下与空气中的氧气迅速化合，生成红棕色、有刺激性气味的二氧化氮（NO_2，nitrogen dioxide）气体。二氧化氮溶解于水时与水反应生成硝酸和一氧化氮。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，促进植物的生长。

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

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

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

知识支持

氮分子是由氮原子构成的双原子分子，两个氮原子之间共用3对电子，使每个原子都达到稳定结构。要破坏这种牢固的结合，需要很高的能量。



图 3-2-3　在通风橱中打开盛有一氧化氮气体的集气瓶，一氧化氮与空气中的氧气反应，迅速生成红棕色的二氧化氮气体

资料在线

二氧化氮和一氧化氮

二氧化氮是一种有毒气体。它能使多种织物退色，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。

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。NO 分子作为一种传递神经信息的“信使分子”，在使血管扩张、免疫、增强记忆力等方面有着极其重要的作用。1992 年，NO 分子被世界著名学术期刊《科学》（*Science*，美国）评为明星分子。

知识支持

实际上，在氮气与氢气反应生成氨的同时，氨也在分解生成氮气和氢气。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。在可逆反应的化学方程式中用“$\rightleftharpoons$”代替“$=\!=\!=$”。

植物只能吸收化合态的氮，那么，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，科学家们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。工业上就是利用这一反应原理，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制备氨的。

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

使空气中游离态的氮转化为含氮化合物的方法叫做**氮的固定**（fixation of nitrogen），简称固氮。氨的合成、在放电条件下氮气与氧气直接化合等都是氮的固定。



图 3-2-4 生物固氮是一种重要的自然固氮形式

氮的固定主要有**自然固氮**和**人工固氮**（或工业固氮）两种方式。自然固氮的途径主要有两种：一种是通过闪电等产生含氮化合物的高能固氮，约占自然固氮的 10%；另一种是生物固氮，即自然界中的一些微生物种群（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，约占自然固氮的 90%。

除了合成氨这种人工固氮方式外，科学家们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，相信在不久的将来这一研究课题会有重大突破。

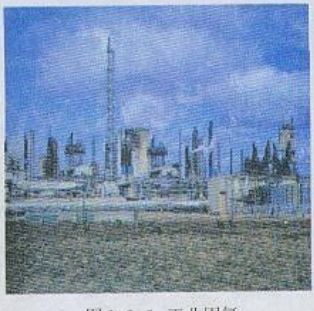


图 3-2-5 工业固氮

化学与技术

氨的合成

氨的工业合成是目前普遍使用的人工固氮方法。不过，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)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)进行实验，测得反应所得气体混合物中有0.012%体积的氨。以后，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。

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，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。

鉴于合成氨工业生产的实现以及对它的研究推动了相关化学理论的发展，哈伯和博施先后获得了1918年度和1932年度的诺贝尔化学奖。

2. 氨与铵态氮肥

氨（ammonia）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。

氨是没有颜色、有刺激性气味的气体；在标准状况下，密度为0.771 $g \cdot L^{-1}$，比空气轻；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。

观察·思考

氨的性质

【实验1】在干燥的圆底烧瓶里充满氨气，用带有玻璃管和滴管（滴管里预先吸入水）的塞子塞紧瓶口；立即倒置烧瓶，使玻璃管插入盛有水的烧杯里（水里事先滴入少量酚酞溶液），按图3-2-6所示安装好装置；挤压滴管的胶头，使少量水进入烧瓶，观察现象。

【实验2】分别在两个集气瓶中滴入几滴浓氨水和浓盐酸，盖上玻璃片，如图3-2-7所示放置，然后抽去中间的玻



图3-2-6 氨的喷泉实验



图 3-2-7 氨与氯化氢的反应

玻璃片，观察发生的现象。

实验记录：

实 验	实验现象	结 论
1		
2		

思考：

1. 氨溶解于水仅是简单的溶解过程吗？喷泉呈现红色说明了什么？

2. 【实验2】中的现象为什么会发生？这个实验说明浓氨水和浓盐酸各具有什么性质？

3. 氨中氮元素的化合价是−3，请从化合价的角度分析，氨还可能具有什么性质？它可能与哪些物质发生反应？

知识支持

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。

氨溶解于水时与水发生反应，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，还能与盐酸反应，生成氯化铵（NH_4Cl）。

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_3 \cdot H_2O$$
$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

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。

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



玉米植株缺氮时，叶绿素含量下降，叶片黄化。轻微缺氮时，植株呈浅绿色；严重缺氮时，下部老叶显著黄化并很快衰萎，导致植物生长发育缓慢、植株矮小细弱。

图 3-2-8 缺氮的玉米植株

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。

铵态氮肥包括硫酸铵［$(NH_4)_2SO_4$］、碳酸氢铵（NH_4HCO_3）、氯化铵（NH_4Cl）等，是使用较早的氮肥。那么，应当怎样科学地施用铵态氮肥呢？要解决这一问题，首先要了解铵态氮肥的主要成分——铵盐的性质。

资料在线

尿素和复合化肥

尿素[$CO(NH_2)_2$]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，受微生物的作用，与水缓慢反应产生NH_4^+，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植物。它易保存，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。工业上用氨气和二氧化碳在一定条件下合成尿素。

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、其他成分少等优点，是正在大力推广和发展的化肥。

3. 硝酸及其应用

硝酸（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

【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·L^{-1}）和浓硝酸（14 mol·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】中的金属铜换成金属铁进行相同的实验，观察发生的现象。

实验记录：

实　验	实验现象	结　论
1		
2		
3		



图3-2-12　铜片与浓硝酸反应的实验

思考：

1. 通过实验探究，你对硝酸的氧化性有了哪些认识？
2. 浓硝酸通常保存在棕色试剂瓶里，这是为什么？

通常市售硝酸中 HNO_3 的质量分数为 68%～70%，密度为 1.42 $g \cdot cm^{-3}$。HNO_3 质量分数 95% 以上的浓硝酸（一级品）在空气中由于挥发出硝酸蒸气会产生“发烟”现象，通常叫做发烟硝酸。

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里，放置在阴凉处。

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

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

$$4HNO_3(\text{浓}) + Cu = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$$
$$8HNO_3(\text{稀}) + 3Cu = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$$

常温下，浓硝酸可使铁、铝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，所以可以用铝质或铁质容器盛浓硝酸。

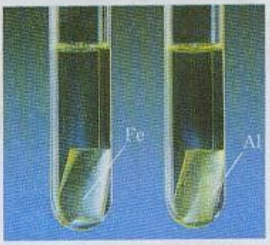


图 3-2-13 常温下铁、铝在浓硝酸中钝化

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。

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

三、人类活动对自然界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，化石燃料的消耗量剧烈增加，化学合成氮肥的数量迅速上升，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数量大大增加。科学家们预测，从现在到 2020 年，人工固氮活动所产生活化氮的年均数量将增加 60%，达到年均 2.24×10^{11} kg。

知识支持

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

氮氧化物 氮氧化物种类很多，如NO、N_2O、NO_2、N_2O_3、N_2O_4、N_2O_5等。其中，NO和NO_2是最主要的空气污染物。

有的科学家担心，全球人工固氮所产生活化氮数量的增加，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，使与氮循环有关的温室效应、水体污染和酸雨等生态环境问题进一步加剧。

氮氧化物是形成光化学烟雾和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一种有毒的烟雾，称为光化学烟雾。光化学烟雾具有特殊气味，刺激眼睛，伤害植物，并使大气能见度降低。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。



图3-2-14 汽车尾气排放与光化学烟雾

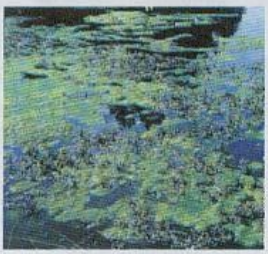


图3-2-15 水体的富营养化

水体中过量的氮会对水体造成污染。任何自然水体都含有一定浓度的氮、磷、钾、钠、钙、镁和多种微量营养元素。通常情况下，水体中这些营养元素的自然浓度都比较低。但是，进入水体的氮的含量增大，会造成水体的富营养化，导致藻类“疯长”，迅速地覆盖在水面上。水体中的氮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饵料和肥料等。

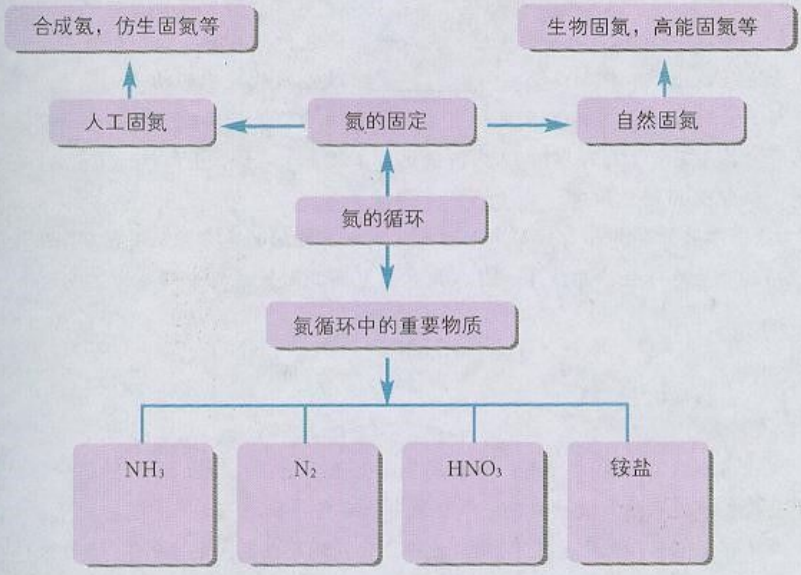
交流·研讨

1. 如何减少人类活动对自然界中氮循环的影响？
2. 如何减少氮氧化物对环境的影响？

为了减少人类活动对自然界中氮循环和环境的影响，一方面应控制进入大气、陆地和海洋的有害物质的数量，另一方面应增强生态系统对有害物质的吸收能力。因此，应保护森林，植树造林，促进全球氮的良性循环。

概括·整合

1. 形成并完善本节知识结构图，总结归纳氮及其化合物的主要性质。



2. 雷电高能固氮时都发生了哪些化学反应？

3. 合成氨是一种重要的人工固氮方式。工业上合成氨的反应原理是什么？

4. 人类生产和生活中的哪些活动会对自然界中的氮循环和环境产生影响？

练习与活动

1. 运用氮及其化合物的知识，完成下列各题。

(1) 在实验室里，储存在棕色瓶中的药品是（　　）。

A. 浓硝酸　　B. 浓盐酸　　C. 浓硫酸　　D. 氯化钠

(2) 下列环境问题与二氧化氮的排放有关的是（　　）。

A. 酸雨　　B. 光化学烟雾　　C. 臭氧空洞　　D. 温室效应

(3) 教材中氨的喷泉实验体现了氨的哪些性质？（　　）

A. 还原性　　B. 极易溶解

C. 与水反应生成碱性物质　　D. 氧化性

（4）下列气体中，可溶于水的无色气体是（　　）。

A. N_2　　B. NO

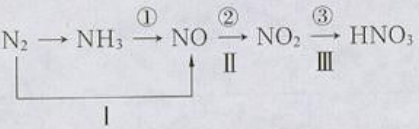
C. NO_2　　D. NH_3

2. 亚硝酸钠（$NaNO_2$）是一种工业用盐，有像食盐一样的咸味，常被误食引起中毒。已知亚硝酸钠能与氢碘酸（HI）发生反应，生成一氧化氮和碘单质。

（1）上述反应中，氧化剂是_____，发生氧化反应的物质是_____。

（2）根据上述反应，可以用试纸和生活中常见的物质进行实验，以鉴别亚硝酸钠和氯化钠。可选用的物质有：①自来水，②淀粉碘化钾试纸，③淀粉，④白糖，⑤食醋，⑥白酒。进行实验时，必须选用的物质有_____。

3. 工业上硝酸的制备和自然界中硝酸的生成既有相同的地方，又有区别。路线①②③是工业生产硝酸的主要途径，路线Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ是雷电高能固氮过程中硝酸的生成途径。



（1）写出各变化的化学方程式；如果属于氧化还原反应，指出其中的氧化剂和还原剂。

（2）硝酸生产过程中排放出来的一氧化氮是大气污染物之一。目前有一种治理方法，是在400 ℃左右且有催化剂存在的情况下，用氨把一氧化氮还原成无色无毒气体（填名称）_____，直接排入空气中，有关反应的化学方程式为：_____。

4. 氮肥是广泛使用的肥料。硫酸铵就是农村常用的一种铵态氮肥。那么：

（1）硫酸铵中氮元素的质量分数是_____。

（2）实验测得某硫酸铵肥料氮元素的质量分数为20%，则该样品中可能混有（　　）。

A. 碳酸氢铵　　B. 硝酸铵　　C. 氯化铵　　D. 磷酸氢二铵[$(NH_4)_2HPO_4$]

5. 动手实践：请你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，并实施实验。

（1）某同学用刚刚清洗过、未经干燥的集气瓶收集氨气，你认为会对实验结果产生怎样的影响？

（2）某同学认为还可以通过加热氯化铵或碳酸氢铵的方法获得氨气，你认为这些方法是否可行？为什么？

第3节 硫的转化

硫是重要的非金属元素，是人类最早认识的化学元素之一。对硫单质及含硫化合物的应用，从我国古代炼丹家们炼丹时就开始了。硫单质还是我国四大发明之一——黑火药的一种主要成分。硫及其化合物对人类的生产和生活有着重要的作用。

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，而且产生许多含有硫元素的气体，在火山口还有硫单质生成。这是硫单质及含硫化合物的来源之一。

除此之外，自然界里还有哪些含硫化合物？它们在自然界中是怎样产生和存在的？人们是怎样把它们转化成人类生产和生活所需要的物质的？在使用硫及其化合物的过程中，人们遇到了哪些问题？这些问题是如何解决的？



图3-3-1 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，部分硫转化成硫化氢气体，部分硫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，二氧化硫被氧化成三氧化硫。二氧化硫和三氧化硫溶解于水，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。



图3-3-2 自然界中不同价态硫元素间的转化

火山喷发时还有部分硫溶解在地下水里。在地下裂缝中，熔融态的硫与含有铁、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的作用，生成新的物质如石膏、芒硝等。

2. 认识硫单质

观察·思考

硫单质的性质



图3-3-3 硫粉与铁粉反应

【实验1】取少量硫粉，放在试管中，观察它的颜色、状态；在酒精灯上将其加热至熔化，观察发生的现象。

【实验2】把研细的硫粉和铁粉按照一定的比例（铁粉稍过量）混合均匀，放在石棉网上堆成条状（或相连的字母形状），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。



图3-3-4 硫在氧气中燃烧

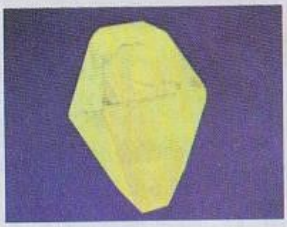
【实验3】取少量硫粉放入燃烧匙中，将燃烧匙放在酒精灯上加热至硫粉呈熔化状态后，迅速伸入底部有少量水的盛满氧气的集气瓶中，观察发生的现象。

实验记录：

实 验	实验现象	结 论
1		
2		
3		

硫单质俗称硫黄（sulfur）。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。

硫有多种同素异形体，常见的有斜方硫和单斜硫。



斜方硫（熔点：112.8 ℃）



单斜硫（熔点：119.3 ℃）

图3-3-5 硫的两种常见的同素异形体

硫单质与金属铁反应生成硫化亚铁（FeS），体现了硫单质的氧化性。硫的氧化性比氧气和氯气都弱。硫单质与氧气反应生成二氧化硫（sulfur dioxide），体现了硫单质的还原性。

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

$$S + O_2 \xlongequal{点燃} SO_2$$

硫黄具有广泛的用途，主要用于制造硫酸、化肥、火柴及杀虫剂等，还用于制造火药、烟花爆竹等。

资料在线

硫黄的用途

黑火药的主要成分是硫黄、硝石和木炭。点燃后，硫黄、硝石和木炭发生迅猛的氧化还原反应，主要反应的化学方程式为：

$$S + 2KNO_3 + 3C \xlongequal{点燃} K_2S + 3CO_2\uparrow + N_2\uparrow$$



硫黄可作为酸性速效肥料施用，供给作物营养，促进根系发育。图为硫营养正常的小麦（左）与硫营养缺乏的小麦（右）。



天然橡胶经硫黄硫化后具有良好的耐磨性和弹性，可用于制造轮胎、胶管、胶鞋、胶垫等橡胶制品。



“硫黄”温泉可以医治皮肤病。

图3-3-6 硫黄用途举例

二、实验室里研究不同价态硫元素间的转化

含有硫元素的物质在自然界中依靠大自然的作用进行相互转化。那么，在实验室里怎样实现这些物质间的转化呢？

方法导引

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

首先，要选择含有不同价态硫元素的物质，如硫黄、二氧化硫（或亚硫酸钠）和硫酸。

其次，是获取这些物质。实验室里，备有硫黄、亚硫酸钠和浓硫酸试剂，常用亚硫酸钠与较浓的硫酸反应制备少量二氧化硫。

第三，实现不同价态硫元素间的相互转化，依据的主要是氧化还原反应规律，需要寻找合适的氧化剂或还原剂。

工具栏

常用的氧化剂有酸性$KMnO_4$溶液、氯水、硝酸、氧气等；常用的还原剂有硫化氢、碘化钾、金属单质等。

活动·探究

不同价态硫元素间的转化

你已经初步认识了硫黄和一些含硫化合物，如二氧化硫和硫酸等。在硫黄、二氧化硫和硫酸这三种物质中，硫元素的化合价分别为0、+4、+6。请设计实验，探究这三种价态硫元素间的相互转化，并实施部分实验。

实验方案和实验记录：

实验编号	预期的转化	选择的试剂	实验现象	结　论

归纳整理：

1. 根据实验，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. 通过实验，总结二氧化硫和浓硫酸的化学性质。

3. 在实验过程中，你遇到了哪些问题？是如何解决的？

4. 你还能实现其他含有不同价态硫元素的物质间的相互转化吗？

含有不同价态硫元素的物质间的转化属于氧化还原反应。

当硫元素处于中间价态时，含有这种价态硫元素的物质（如硫黄和二氧化硫）既具有氧化性，又具有还原性。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反应，则体现了二氧化硫的氧化性。

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

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

当硫元素处于最高化合价态时，含这种价态硫元素的物质可能具有氧化性。浓硫酸是一种氧化剂，能够与许多物质发生氧化还原反应。例如，在加热时浓硫酸可与铜、木炭分别发生下列化学反应：

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

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

但在常温下，浓硫酸与铁、铝接触时，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。

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应用。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，再转化成三氧化硫，最后制得基本化工原料硫酸。



图 3-3-7 接触法制硫酸的流程

化学与技术

硫酸的工业生产

我国制造硫酸的历史可以追溯到公元7世纪，炼丹家们曾利用胆矾来制备硫酸。他们首先设法除去胆矾（$CuSO_4 \cdot 5H_2O$）中的水，然后使之分解产生气体，将产生的气体溶于水便制得硫酸。国外早期的炼金士们曾用绿矾（$FeSO_4 \cdot 7H_2O$）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，在其中燃烧硫黄并混入硝石，顺利地制得硫酸。

1740年，英国医生瓦尔特（J.Ward）在伦敦附近建立了第一座生产硫酸的工厂，该厂将硫黄和硝石的混合物置于铁容器里加热，将产生的气体导入一个大玻璃瓶里用水吸收而制得硫酸。

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了硫酸。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，如用钒代替铂催化剂、用氧气代替空气等，使这种方法的效率大大提高。

为使资源得到综合利用并保护环境，现代硫酸工业除了改进技术外，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。

三、酸雨及其防治

煤和石油含有硫元素。这些燃料燃烧时除了产生二氧化碳外，还产生二氧化硫。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（acid rain）。



图 3-3-8 被酸雨侵蚀的雕像和树木

因此，除了氮氧化物外，硫的氧化物也是形成酸雨的主要物质。形成酸雨时，主要发生了下列反应：

$$2SO_2 + O_2 \overset{\text{粉尘等催化}}{\rightleftharpoons} 2SO_3$$

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

$$SO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3$$

$$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$$



图 3-3-9 飞机向湖中撒石灰石粉

酸雨给人类带来种种灾害，严重威胁着生态环境。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；酸雨对人体健康也有直接影响，如酸雨渗入地下可使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，防治酸雨是一件十分重要的任务。

防止或减少酸雨的形成，一般应从两方面着手。其一，从实际情况出发，对酸性物质的排放加以控制；其二，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。

关于酸雨的网站：
http://www.kepu.org.cn/gb/earth/acidrain 等

交流·研讨

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. 根据所学知识，你知道采取什么办法能解决下列问题吗？

（1）治理已酸化的湖泊和土壤。

（2）保护暴露在大气中的建筑。

身边的化学

二氧化硫和某些硫酸盐的用途

二氧化硫 具有杀菌作用，可做消毒剂和防腐剂，用于杀灭地下室、地窖、酒桶、发酵桶中的霉菌。二氧化硫具有漂白作用，能够使品红溶液等有色物质退色，这是因为二氧化硫溶于水生成的亚硫酸能与有色物质结合，生成一种无色且不稳定的化合物。可利用二氧化硫的这种性质来漂白织物等。

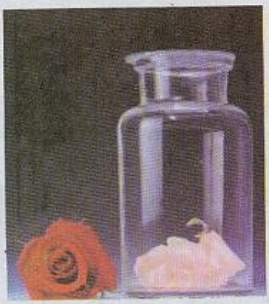


图 3-3-10 二氧化硫的漂白作用

石膏 是一种结晶水合物，化学式为 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$。将石膏加热到 150 ℃～170 ℃时，石膏失去所含的大部分结晶水变成熟石膏（$2CaSO_4 \cdot H_2O$）。熟石膏与水混合成糊状物后会很快凝固，重新变成石膏。人们利用石膏的这种性质制作各种模型和医疗上用的石膏绷带。石膏还是豆腐制作过程中的凝固剂。制作豆腐时，首先将大豆用水浸泡，泡胀后再磨细，然后过滤；在滤去渣滓后的豆浆中



图 3-3-11 石膏粉与石膏雕像

加入石膏，可以降低蛋白质在豆浆中的溶解度，并促使蛋白质聚沉。

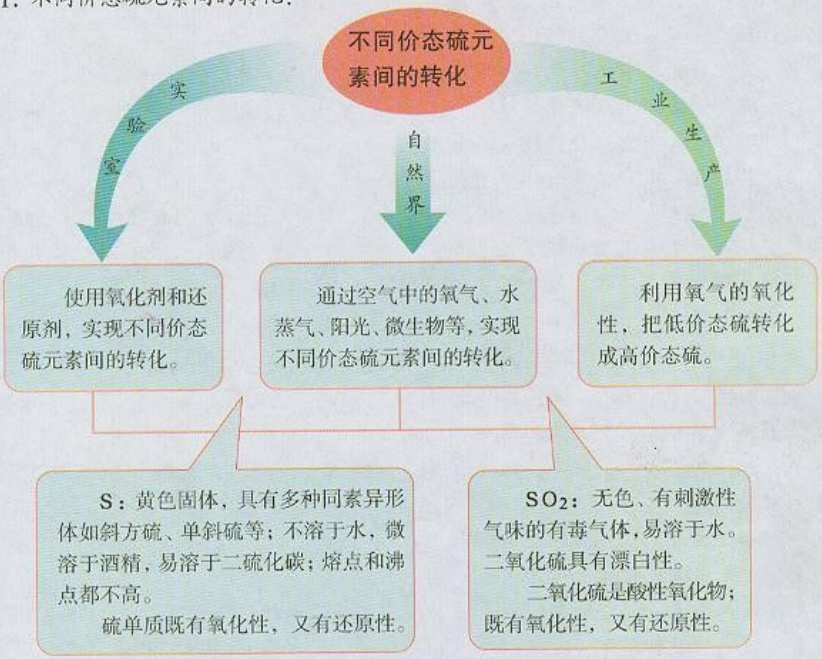
硫酸钡 非常稳定，不溶于水，也不溶于酸。医学上将其加工，做成高密度的医用硫酸钡，用做消化系统的X射线造影剂，进行内腔比衬检查，这种方法称为钡餐透视。其具体做法是病人先服用调好的硫酸钡，稍后便可进行X射线检查，基于硫酸钡($BaSO_4$)对X射线的阻抑作用，可以清晰地显示硫酸钡在消化系统中的分布情况。医生将所显示的情况与正常情况进行对比，便可做出相应的病理判断。



图3-3-12 钡餐透视

概括·整合

1. 不同价态硫元素间的转化：



2. 在硫黄和二氧化硫中硫元素的化合价处于中间价态，所以硫黄和二氧化硫既具有氧化性又具有还原性。那么，哪些反应分别体现了硫黄和二氧化硫的氧化性？哪些反应分别体现了硫黄和二氧化硫的还原性？

3. 不同价态的硫元素间是可以相互转化的，这些转化都属于氧化还原反应。那么，哪些反应可实现不同价态硫元素之间的相互转化？

4．酸雨给人类带来种种灾害，严重威胁着生态环境。二氧化硫与酸雨的形成有什么关系？由此你想到，应怎样防治酸雨？

5．人类很早就认识和应用硫及其化合物了。举例说明硫及其化合物都有哪些重要用途。

练习与活动

1．回忆硫及其化合物的知识，完成下列各题。

（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）关于二氧化硫的说法中，不正确的是（　　）。

A．使某些有色物质退色　　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）在加热条件下：$H_2S \xlongequal{\triangle} S + H_2$，硫元素在此反应中表现出（　　）。

A．酸性　　B．不稳定性　　C．氧化性　　D．还原性

（5）能够用于鉴别二氧化硫和二氧化碳的溶液是（　　）。

A．澄清的石灰水　　B．品红溶液　　C．紫色石蕊溶液　　D．$BaCl_2$溶液

（6）形成酸雨的主要原因是（　　）。

A．未经处理的工业废水任意排放

B．大气中二氧化碳含量增多

C．工业上大量燃烧含硫燃料和以含硫矿石为原料冶炼金属

D．汽车排放的尾气

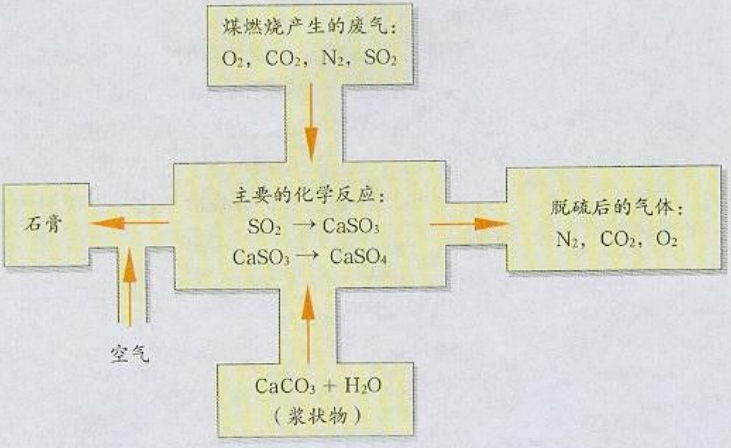
2．某同学在研究硫单质的性质时，将硫粉与铁粉的混合物放在石棉网上直接加热，观察到有蓝色火焰。请你帮他分析，在这一过程中可能发生了哪些化学反应？写出有关反应的化学方程式。

3．煤是一种常用的燃料。由于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，因此需要对煤进行加工，或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？导致哪些环境问题？

（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）下图是对煤燃烧产生的废气进行常温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。



4. 某化工厂生产硫酸，使用一种含杂质为25%的黄铁矿样品。已知黄铁矿与氧气反应的化学方程式为 $4FeS_2 + 11O_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2Fe_2O_3 + 8SO_2$。

若取1吨该矿石，可制得98%的浓硫酸多少吨？（设生产过程中硫损失2%）

5. 通过本节内容的学习，你对硫元素家族有了哪些认识？硫单质、二氧化硫、三氧化硫、硫酸是硫元素家族中的核心成员，它们之间可以相互转化。

（1）表示它们之间的转化关系，写出主要反应的化学方程式。

$$S \qquad SO_2 \qquad SO_3 \qquad H_2SO_4$$

（2）请用简洁的语言描述它们的主要性质和用途。

（3）除了它们之外，对于硫元素家族的成员，你还知道哪些？列举三例。

（4）你对硫元素家族中的哪种物质感兴趣？请查找资料，写一个关于该物质的小短文，谈谈你对它的认识。

方法导引

第4题　可以利用硫酸工业生产中相关反应找出参与反应的 FeS_2 与 H_2SO_4 间的定量关系，然后将数据代入由此关系建立的关系式中进行计算。

也可以利用原子守恒的思想（在化学反应过程中，原子的种类和数目不变）直接找出参与反应的 FeS_2 与 H_2SO_4 间的定量关系。

第4节 海水中的化学元素

宇航员们从太空遥看地球时发现，人类赖以生存的地球是一颗蓝色的星球。这与地球表面70%以上的面积被海洋覆盖有很大的关系。在浩瀚的大海里有几十种化学元素，蕴藏着丰富的化学资源。我国大陆海岸线长达18 000 km，海岛海岸线长达14 000 km，这为我们开发海水化学资源提供了良好的自然条件。

联想·质疑

尝过海水的人都知道，海水又苦又咸，不能直接饮用。看来，海水除了含有氢、氧元素外，一定还含有其他元素。那么，海水还含有哪些元素？它们在海水中是以什么形式存在的？它们在海水中的含量如何？人类是怎样提取它们并加以利用的？

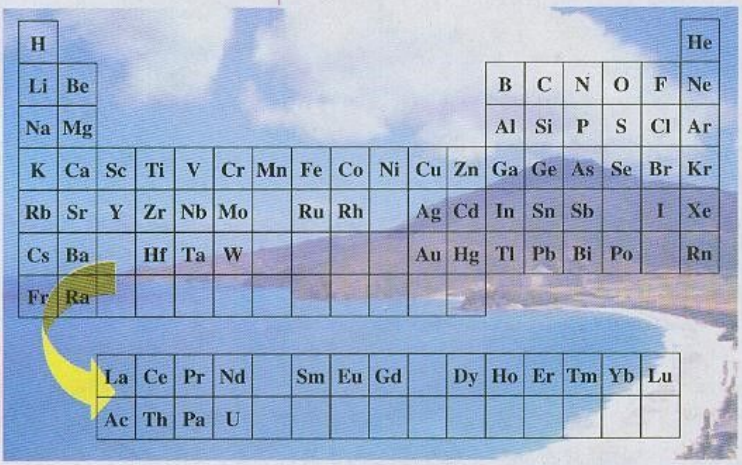


图3-4-1 海水中的化学元素

一、海水——化学元素宝库

元素周期表列出的110多种元素，有80多种能在海水中找到。目前人们认为，这些元素是在漫长的地质变化过程中，通过河流、大气等途径以及海底火山活动，从地球的其他圈层进入海洋的。据科学家们估算，世界平均每年由陆地和大气进入海洋的物质（除水外）总量约为2.5×10^{10}吨。其中，90%是由

江河输入海洋的，这些物质绝大部分不能溶解；其余10%的物质是由冰和大气尘埃输入海洋的。输入海洋的物质的数量随地理位置和时间的不同而有所变化，也就是说，世界各地向海洋中输入的物质存在着不平衡性。尽管如此，由于海水特殊的混合作用，使某一海区海水的性质趋于一致。

海水中元素含量的差异是很大的。例如，氯元素的总量约为 2.6×10^{19} kg，而氡元素的总量还不到1 kg。

氯、钠、镁、硫、钙、钾、碳、锶（Sr）、溴（Br）、硼（B）、氟（F）这11种元素在每升海水中的含量均大于1 mg，称为海水中的常量元素。常量元素的总量占海水所溶解物质总量的99.9%。

海水中所含有的元素大部分以盐的形式存在。在整个海洋中，溶解的盐类物质达 5×10^{17} 吨之多。如果把这些盐类物质全部提取出来，均匀地铺在陆地表面，会形成150多米厚的盐层。在这些盐类物质中，氯化钠占80%以上。我国有着悠久的生产食盐的历史，同时又是当今世界生产食盐最多的国家。食盐不仅是常用的调味品，而且是人体必需的物质，它对人体的血液循环和新陈代谢都有着重要作用。人体缺盐会使人感到头晕、倦怠、全身无力，学习和工作效率降低，长期缺盐甚至会导致心脏病，然而过多地摄入食盐又可能引发肾脏疾病和高血压病等。健康成年人摄入食盐量以每天2～6 g为宜。现在供人类食用的食盐只占世界食盐总产量的很小一部分，绝大部分食盐用于化工生产，被进一步加工成各种化工产品。

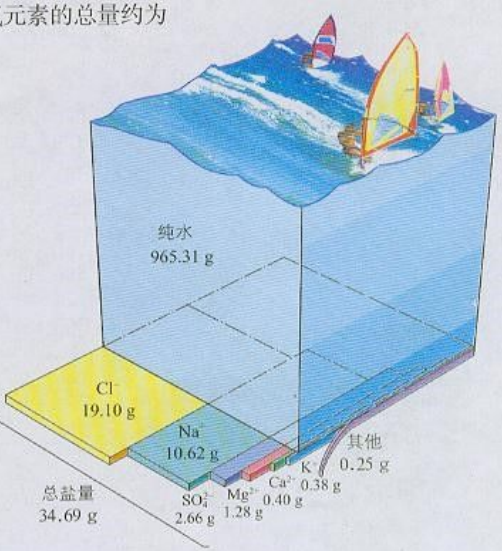


图3-4-2 1 000 g海水的化学组成示意图

交流·研讨

在日常生活中，除了食盐，你还接触过哪些含氯化合物？以食盐为原料可制得哪些化工产品？这些化工产品有什么用途？请查阅资料了解有关情况，并与同学们交流。



图3-4-3 海水晒盐

化学与技术

氯碱工业

工业上用电解饱和食盐水的方法制取氢氧化钠、氯气和氢气，其反应原理为：

$$2NaCl + 2H_2O \xlongequal{\text{通电}} 2NaOH + H_2\uparrow + Cl_2\uparrow$$

氢氧化钠、氯气和氢气都是重要的化工原料，可用于制取多种化工产品，这样，就形成了一个重要的化学工业分支——氯碱工业。氯碱工业的产品涉及国计民生的各个方面。

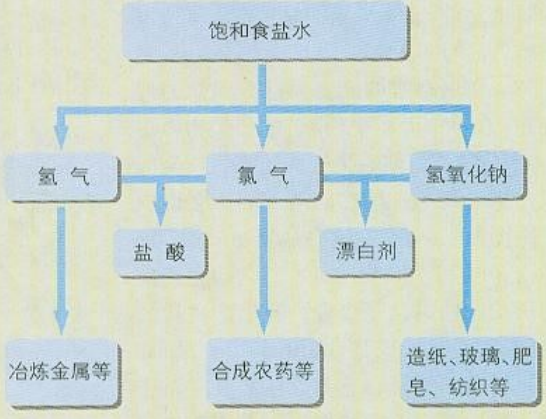


图 3-4-5 氯碱工业及有关化工产品



图 3-4-4 氯气用于游泳池消毒



图 3-4-6 加碘食盐的标志



图 3-4-7 核能原料——铀

在每升海水中含量低于 1 mg 的元素称为海水中的微量元素。虽然这些元素的含量低，但由于海水总量很大，所以它们的总储量也很大。例如，海水中大约含有 2.5×10^{11} 吨锂元素（Li）、9.3×10^{10} 吨碘元素（I）。锂是热核反应的重要材料之一，也是制造锂电池和特种合金的原料。碘可用于制药，平常所用的碘酒就是用碘制成的。另外，碘具有极其重要的生理作用：人体中的碘主要存在于甲状腺里，如果缺碘，甲状腺就得不到足够的碘，形成甲状腺肿瘤，即我们常说的大脖子病。我国是世界上缺碘较为严重的国家。为了消除碘缺乏病，我国政府规定在食用盐中必须加入一定量的碘酸钾（KIO_3），以确保人体对碘的摄入量。

值得一提的是，海水中含有可用做核燃料的铀元素（U）。

1 kg铀全部裂变所释放的能量相当于2 500吨优质煤燃烧释放出来的能量。随着和平利用原子能事业的发展，对铀的需求量越来越大。海水中大约有4.5×10^9 吨铀，储量相当于陆地上铀矿储量的4 500倍，因此人们越来越重视对海水提铀的研究。



图 3-4-8 以铀为燃料的核潜艇

二、镁和海水提镁

海水中镁（magnesium）的含量一般为1.28 $g \cdot L^{-1}$，总储量约为2×10^{15} 吨。目前，世界上生产的镁有60%来自海水。

海水提镁，最基本的方法就是往海水里加碱，得到氢氧化镁沉淀，将沉淀分离出来后再加入盐酸把它变成氯化镁；之后，经过滤、干燥、电解，就可得到金属镁。

交流·研讨

海水提镁的工业流程如图3-4-9所示。

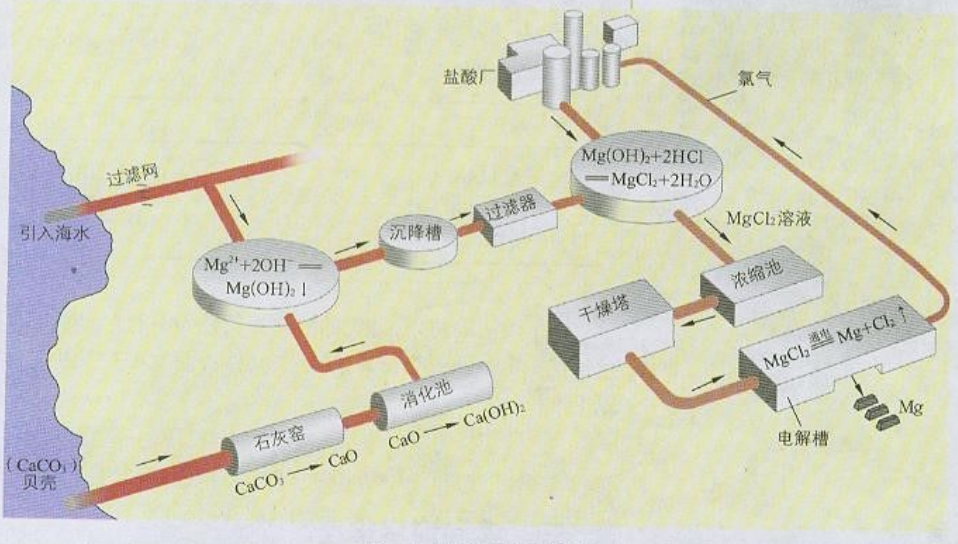


图 3-4-9 海水提镁的工业流程

讨论：

1. 海水提镁要用到海滩上的贝壳。那么，贝壳在生产流程中起什么作用？其主要成分发生了怎样的化学变化？

2．从海水中的Mg^{2+}到金属镁，经历了哪些化学变化？

3．在用上述方法提镁的过程中，采取了哪些措施来提高经济效益？这对你有什么启示？

金属镁的密度较小，只有铝的密度的2/3；另外，镁合金的强度高、机械性能好。这些特性使金属镁成为制造汽车、飞机、火箭的重要材料，从而获得“国防金属”的美誉。在冶金工业上，金属镁常用做还原剂和脱氧剂。

观察·思考

金属镁的还原性

取一段镁条，观察它的颜色。用砂纸把表面的氧化膜擦净，观察金属镁的颜色和光泽。用坩埚钳夹住镁条，点燃后伸入盛有二氧化碳的集气瓶中（集气瓶底部要放一些细沙或少量水），观察发生的现象。

实验记录：

实验内容	实验现象	结　论
镁与氧气反应		
镁与二氧化碳反应		



图3-4-10　金属镁在二氧化碳中燃烧的实验

镁是较活泼的金属，它的还原性较强，不仅能与氧气反应，而且在一定条件下能与某些氧化物反应，将其中的某些元素还原出来。

$$2Mg + CO_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2MgO + C$$

三、溴和海水提溴

溴（bromine）是海水中重要的非金属元素。地球上99%的溴元素以Br^-的形式存在于海水中，所以人们也把溴称为“海洋元素”。

溴和氯、碘（iodine）等元素在原子结构和元素性质方面具有一定的相似性，化学上常把它们放在一起研究。氯、溴和碘

师者论坛

这三种元素都属于卤族元素（简称卤素），它们在元素周期表中排在同一纵列（族）里。

观察·思考

溴单质和碘单质的物理性质

【实验1】观察溴单质和碘单质的状态、颜色；取少量的溴单质和碘单质，分别观察它们在水、酒精和四氯化碳溶剂中的溶解情况和所形成溶液的颜色，把观察结果填入下表中。

实验记录：

物理性质		溴单质	碘单质
颜　色			
状　态			
溶解性和溶液颜色	水　中		
	酒精中		
	四氯化碳中		



图3-4-11 溴单质



图3-4-12 碘单质

【实验2】取少量碘单质，放入烧杯中，将盛有冷水的圆底烧瓶置于烧杯上方。加热烧杯，观察发生的现象。



图3-4-13 碘升华

思考：

1. 在保存溴单质和碘单质时应分别注意哪些问题？

2. 碘容易升华的性质有什么重要用途？

氯、溴和碘单质除了具有以上物理性质之外，在化学性质方面有什么特点呢？

活动·探究

氯、溴和碘单质的氧化性强弱比较

你已经认识了氯气的强氧化性，那么，溴单质和碘单质的氧化性如何呢？请设计实验，探究这三种单质的氧化性强弱。

试剂：

氯水，溴水，碘水，NaCl溶液，NaBr溶液，KI溶液，四氯化碳。

方法导引

萃取与物质分离

溴单质和碘单质在四氯化碳中的溶解度比它们在水中的溶解度要大得多，而水与四氯化碳又不互溶。据此可以用四氯化碳将溴或碘单质从它们的水溶液中提取出来，这种操作属于萃取。

利用混合物中一种溶质在互不相溶的溶剂里溶解性的不同，用一种溶剂把溶质从它与另一溶剂所组成的溶液中提取出来的分离方法叫做萃取。

实验方案与实验记录：

实验内容	实验现象	结　论

归纳整理：

1．通过实验探究，你认为氯、溴和碘单质的氧化性强弱如何？

2．氯、溴和碘单质的氧化性强弱对于从溴化物中提取溴有什么作用？

溴单质的氧化性介于氯和碘单质的氧化性之间，因此在海水提溴的化工生产中可以选用氯气做氧化剂。从海水中提取溴，一般要经历浓缩、氧化和提取三个步骤。海水中 Br^- 的含量一般为0.067 $g \cdot L^{-1}$，而苦卤（海水晒盐后得到的母液）中 Br^- 的含量大得多，可做提取溴的原料。要将苦卤中的 Br^- 氧化成游离态的溴，需加入氧化剂。

$$2Br^- + Cl_2 = Br_2 + 2Cl^-$$

通过上述反应，生成的溴单质依然溶解在苦卤中，利用溴的挥发性，鼓入热空气或水蒸气，就可将溴分离出来。



图3-4-14　海水提溴厂



图3-4-15　溴化银被用做胶卷的感光材料

溴在工业、农业、医药等方面有着广泛的用途。在工业上，溴大量地用来制造燃料的抗爆剂，见光容易分解的溴化银常被用做感光材料；在农业生产中，常常使用含溴的杀虫剂；在医药方面，你所熟悉的红药水的主要成分就是含溴和汞的有机化合物，溴化钠和溴化钾则常被用做镇静剂。

海水虽然是一个巨大的化学资源宝库，但由于开发技术比较复杂、生产成本较高，因此目前海水化学资源中能得到工业规模开发的主要是食盐、镁、溴、氯化钾和硫酸钠等的提取。对于碘、铀、锂、金等微量元素，直接从海水中提取非常困难，至今还没有达到工业开发的程度，但是科学家们在这个领域的探索从没有停止过。例如，我国科学家成功地研究出一种新型吸附剂，对碘有较强的吸附能力；研制出的某种含钛化合物，每

克可从海水中吸附铀约1 mg。今后，人类对海水化学资源的利用将走综合开发的道路，如将海水淡化与海水化工结合起来，一次提取海水，同时获取多种物质。这样做，可以有效地降低生产成本，提高海水化学资源开发利用的经济效益。

交流·研讨

1．在海水提镁和提溴的过程中，运用了哪些分离方法？你还知道哪些分离方法？

2．通过本节的学习，你对海水的综合利用有了哪些认识？请查找相关资料，并与其他同学进行交流。

概括·整合

1．海水的综合利用：



2．镁被称为“国防金属”。镁元素的哪些性质和用途使它得到这一美誉？金属镁能在二氧化碳气体中燃烧，说明它具有什么性质？

3．氯、溴、碘三种元素在原子结构和元素性质方面有一定的相似性，均属卤族元素。这三种元素的单质各呈什么颜色和状态？它们氧化性强弱的关系如何？在工业上是如何利用这一关系从海水中提取溴的？

练习与活动

1. 海水中有非常丰富的化学资源，从海水中可提取多种化工原料。下图是某工厂对海水资源综合利用的示意图。



试回答下列问题：

（1）粗盐中含有 Ca^{2+}、Mg^{2+}、SO_4^{2-} 等杂质，精制后可得饱和 NaCl 溶液，精制时通常在溶液中依次加入过量的 $BaCl_2$ 溶液、过量的 NaOH 溶液和过量的 Na_2CO_3 溶液，过滤后向滤液中加入盐酸至溶液呈中性。请写出加入盐酸后可能发生的化学反应的离子方程式：_____

_____。

（2）海水提取食盐后的母液中有 K^+、Na^+、Mg^{2+} 等阳离子。从离子反应的角度思考，在母液里加入石灰乳起什么作用？

（3）海水中的镁元素处于游离态还是化合态？从海水中提取氯化镁的反应是不是氧化还原反应？用电解法冶炼金属镁的反应是不是氧化还原反应？为什么？

2. 二氧化碳常被用做灭火剂，但是，当把点燃的镁条伸入盛有二氧化碳的集气瓶中时，镁条却能继续燃烧。请针对这种现象，谈一谈你对燃烧实质的认识。

3. 溴的氧化性介于氯和碘之间，利用这一性质解决下面的问题。

（1）你认为：将含有下列哪种分子或离子的试剂加入到含有 Br^- 的溶液中，可以将 Br^- 氧化为 Br_2？（　　）

A. I_2　　B. I^-　　C. Cl_2　　D. Cl^-

（2）如果把氯气缓慢地通入含有相同物质的量浓度的 Br^-、I^- 的混合溶液里，哪种离子先被氧化？为什么？

（3）把滤纸用淀粉和碘化钾的溶液浸泡，晾干后就是实验室常用的淀粉碘化钾试纸。这种试纸润湿后遇到氯气会发生什么变化？为什么会发生这种变化？

4. 变色眼镜的变色镜片是特制的。在熔制普通光学玻璃时，加入微量的溴化银及氧化铜，就可得到能变色的光学玻璃。在


第4题图

太阳光照射下，无色透明的玻璃就变成灰黑色。将已经变成灰黑色的玻璃放到暗处时，玻璃又变成无色透明。请你分析，在这一过程中可能发生了什么化学反应（氧化铜为催化剂）？写出有关反应的化学方程式。

5．找出家中以含卤素的化合物为成分的物品，如食品、调味品、清洗剂、药品、化妆品以及各类杀虫剂等，仔细阅读上面的标签，指出其中所含的卤素的名称，并查阅资料了解相关化合物的性质，与同学们交流自己的发现。

6．动手实践：利用碘的一些性质，如受热会升华成碘蒸气、碘蒸气能溶解在手指上的油脂等分泌物中等，设计“在白纸上显现你的指纹”的实验。实验用品包括蒸发皿、铁架台（附铁圈）、酒精灯、碘和白纸。

本章自我评价

1．阅读材料，回答问题。

（1）常见的大气污染分为一次污染和二次污染。二次污染指的是排入环境中的一次污染物在物理、化学因素或生物作用下发生变化，或与环境中的其他物质发生反应生成新的污染物，如 $2NO + O_2 = 2NO_2$，则二氧化氮就是二次污染物，由二氧化氮导致的污染就是一氧化氮的二次污染。下列物质：①SO_2，②NO，③NO_2，④HCl，⑤CO 中，不会导致二次污染的是_____。

（2）汽车尾气（含一氧化碳、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，并促进二氧化硫的转化。

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 控制城市空气污染源的方法有（　　）。

A．开发氢能源　　B．使用电动车　　C．植树造林　　D．戴上呼吸面具

2．食盐、食醋、纯碱等均为家庭厨房中常用的物质，利用这些物质你能完成下列哪些实验？请你进行这些实验活动，并思考运用了哪些化学知识。

① 检验自来水中是否含 Cl^-　　② 鉴别食盐和纯碱

③ 检验蛋壳能否溶于酸　　④ 除去热水瓶内壁上的水垢

3．碘缺乏症（IDD）给患者的智力与健康造成了明显的伤害，对婴幼儿的危害尤其严重。为控制该病的发生，最有效的方法是食用加碘盐。我国政府规定在食盐中必须添加碘酸钾（KIO_3）。

为检验家中的食盐中是否含有碘元素，某同学查阅了资料，确定采用以下反应：

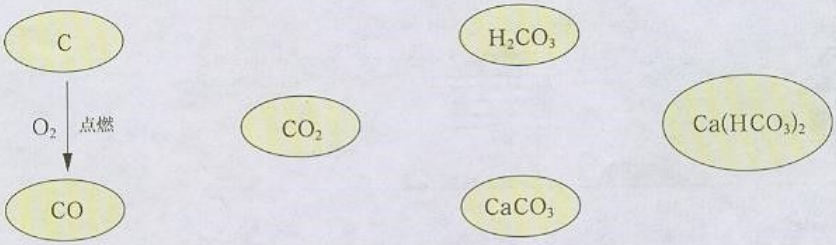
$$KIO_3 + 5KI + 3H_2SO_4(\text{稀}) = 3I_2 + 3H_2O + 3K_2SO_4$$

（1）上述反应是氧化还原反应吗？如果是，在反应中碘化钾做氧化剂还是还原剂？如果不是，说明理由。

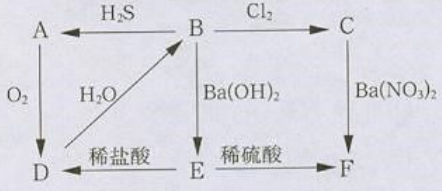
（2）请帮他设计一个合理的实验步骤，并进行检验。

（3）你还有其他的检验方法吗？如果有，请写出你的方法。

4．仿照下图中 C→CO 转化的表示方法，将图中 C、CO、CO_2、H_2CO_3、$CaCO_3$ 和 $Ca(HCO_3)_2$ 等 6 种物质之间的转化关系用“→”连接起来，并在箭头旁标明所需要的其他反应物及反应条件。



5. 下图中A为淡黄色的固体，B、C为溶液，D为气体，E、F为白色沉淀。



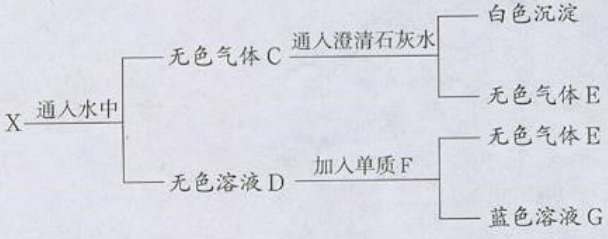
（1）A为_____，B为_____，C为_____，

D为_____，E为_____，F为_____。

（2）写出B→C的化学方程式：_____。

（3）写出C→F的离子方程式：_____。

6. 把某黑色固体A加热至红热，投入到一种无色溶液B中，产生由两种气体组成的混合气体X；将X做如下图所示的实验：



由此可以推断：A为_____，B为_____，C为_____，D为_____，E为_____，F为_____，G为_____，X为_____。

第4章

元素与材料世界





第1节　硅　无机非金属材料



第2节　铝　金属材料



第3节　复合材料



本章自我评价

第1节 硅 无机非金属材料

无机非金属材料（inorganic nonmetallic material）主要包括陶瓷、玻璃、无机非金属涂层等。这类材料一般耐高温、硬度高、抗腐蚀，有些材料还有独特的光电特性。以硅酸盐为主要成分的传统无机非金属材料如玻璃、水泥、陶瓷等的应用，有着悠久的历史；随着科学技术的发展，一些具有特殊功能的新型无机非金属材料不断涌现，并越来越广泛地应用于人类的生产和生活之中。

联想·质疑

计算机的芯片、传导电话的光缆、化学实验室的玻璃仪器，你能想像得出它们都是以硅或硅的化合物为材料制成的吗？除了以硅酸盐为主要成分的传统无机非金属材料外，你还知道其他无机非金属材料吗？



图4-1-1 硅及其化合物制品

一、半导体材料与单质硅

半导体材料特指导电能力介于导体和绝缘体之间的一类材料。最早使用的半导体材料是锗（Ge），但由于锗在地壳中含量

很低、提炼工艺复杂，因此价格昂贵，不适于广泛使用。硅（silicon）在地壳中的含量仅次于氧，储量丰富，现已成为应用广泛的半导体材料。

方法导引

从具体的非金属单质如碳单质、硫单质、氮气、氯气、氧气等着手，对它们的性质进行比较分析，便可初步归纳总结出非金属单质的一般性质。

交流·研讨

1. 在前面的学习中，你已探讨过许多非金属单质，它们在性质上具有许多相似之处。硅作为非金属，它具备这些性质吗？

2. 硅能够成为一种重要的半导体材料，除了上述原因外，还可能与它具备的什么性质有关？



图4-1-2 单质硅

单质硅有晶体硅和无定形硅（非晶硅）两种。晶体硅是灰黑色、有金属光泽、硬而脆的固体。单质硅的导电性介于导体和绝缘体之间。

在常温下，硅的化学性质不活泼，除氟气（F_2）、氢氟酸（HF）和强碱外，它不易与其他物质如氢气、氧气、氯气、硫酸、硝酸等反应。在加热条件下，硅能与某些非金属单质发生反应。例如，加热时研细的硅能在氧气中燃烧，生成二氧化硅并放出大量的热。

$$Si + O_2 \xlongequal{\triangle} SiO_2$$



图4-1-3 硅芯片和计算机

硅是常温下化学性质稳定的半导体材料，广泛应用于计算机技术领域。世界上第一台电子管计算机问世时，其总质量达几十吨，占地100多平方米，耗电量大，但计算速度还不如今天的一台微型计算器的计算速度。硅芯片的使用大大减小了计算机的体积与质量，加快了计算速度。现在，人们可以在一块芯片上集成上亿个晶体管，研制出运算速度达每秒几十万亿次的超级计算机。

自然界中没有游离态的硅，常见的化合态的硅有二氧化硅和硅酸盐等。工业上，用焦炭在电炉中还原二氧化硅得到含有少量杂质的粗硅。

$$SiO_2 + 2C \xlongequal{\text{高温}} Si + 2CO\uparrow$$

师者论坛

将粗硅提纯后，可以得到可用做半导体材料的高纯硅。没有超高纯度的硅芯片，大规模集成电路及相应的计算机技术就难以实现。

硅不但用于制造晶体管、集成电路，还用于制造硅整流器和太阳能电池等。此外，硅合金的用途也很广。例如，含硅4%的钢具有良好的导磁性，可用来制造变压器铁芯；含硅15%左右的钢具有良好的耐酸性，可用来制造耐酸设备等。

二、二氧化硅与光导纤维

二氧化硅（silicon dioxide）广泛存在于自然界中，沙子、石英的主要成分就是二氧化硅。二氧化硅晶体是由氧原子和硅原子构成的。它的熔点高，硬度大。透明的石英晶体是通常所说的水晶，常用来制造电子部件和光学仪器等。

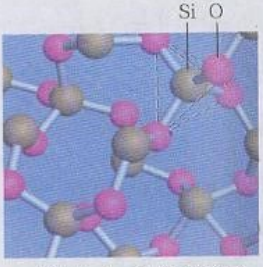


图4-1-4　二氧化硅的结构模型

交流·研讨

1. 从物质分类角度来看，二氧化硅属于哪类物质？
2. 二氧化硅可能具有哪些化学性质？


图4-1-5　水晶

二氧化硅的化学性质不活泼。它是一种酸性氧化物，能与碱溶液缓慢反应；高温时，它能与碱性氧化物反应。

$$SiO_2 + 2NaOH = Na_2SiO_3 + H_2O$$
（硅酸钠）

$$SiO_2 + CaO \xlongequal{\text{高温}} CaSiO_3$$
（硅酸钙）

常温下二氧化硅能与氢氟酸反应，此反应常被用来刻蚀玻璃。

$$SiO_2 + 4HF = SiF_4\uparrow + 2H_2O$$

二氧化硅用途广泛，常被用来制造石英表中的压电材料和高性能的现代通讯材料——光导纤维（optical fiber）。光纤通讯克服了声音信号和图像信号在铜丝或铝丝这两种传统媒介中传播损耗大的缺点，并节约了大量金属资源。

光导纤维除了用于通讯外，还可用于能量传输、信息处理、遥测遥控和医疗器械（如光导纤维内窥镜）制造等方面。


图4-1-6　医生正在用内窥镜检查病情

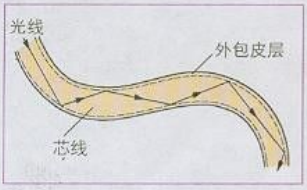


图 4-1-7 光纤传导光线的原理示意图

化学与技术

光导纤维

光导纤维，简称“光纤”，是一种利用光的全反射作用来传导光线的透明度极高的细丝。为了防止光线在传导过程中“泄漏”，必须给细丝穿上“外套”。所以，光导纤维的构造一般由芯线和外包皮层这两部分组成。外包皮层的折射率通常比芯线的折射率小。这样，进入芯线的光线在芯线与外包皮层的界面上做多次全反射而曲折前进，不会透过界面，仿佛光线被外包皮层紧紧地封闭在芯线内。在光导纤维里，光线只能沿着芯线传送，就像自来水只能在水管里流动那样。

以光导纤维为传输媒介的光纤通讯，是将要传送的语音、图像和数据信号等转化为光信号，以光纤进行传输的通讯方式。工业上可以用石英玻璃（以 SiO_2 为主要成分，掺杂 P_2O_5、B_2O_3、GeO_2 等组分的一种或几种制成的玻璃）、多组分玻璃［由一种或多种玻璃形成体（SiO_2、B_2O_3 或 P_2O_5）通过引入有关物质（Na_2O、CaO、MgO、Al_2O_3 等）共同组成的玻璃］、红外玻璃（包括重金属氯化物玻璃、氟化物玻璃和硫化物玻璃等）、掺稀土元素玻璃等为原料制造光导纤维。



图 4-1-8 你相信吗，图中的光导纤维和电缆传输信息的能力居然一样强

表 4-1-1 光纤光缆与普通电缆的比较

光纤光缆	普通电缆
每根光缆可同时通过 10 亿路电话	8 管同轴电缆，每条通话 1 800 路
原料来源广	资源较少
质量轻，不怕腐蚀，铺设方便	质量重，怕腐蚀
抗电磁干扰，保密性好，不发生电辐射	不抗电磁干扰，发生电辐射

三、硅酸盐与无机非金属材料

硅酸盐（silicate）材料是传统的无机非金属材料。硅酸盐制品性质稳定，熔点较高，大都难溶于水。为了满足生产和生活的需要，人们以黏土（$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$）、石英（$SiO_2$）和长石（钾长石 $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ 或钠长石 $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$）等为原料，生产出大量的硅酸盐制品，如玻璃、水泥、各种陶瓷、砖瓦、水玻璃（Na_2SiO_3 的水溶液）等。

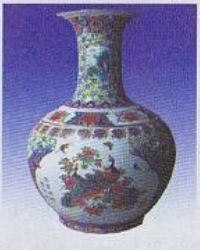


图 4-1-9 陶瓷花瓶

工具栏

硅酸盐矿物的成分复杂，多用氧化物的形式表示它们的组成。

玻璃、水泥是常见的硅酸盐材料。制造普通玻璃的主要原料是纯碱（Na_2CO_3）、石灰石（$CaCO_3$）和石英（SiO_2）。生产玻璃时，把原料粉碎并按适当比例混合后，放入玻璃熔炉里加强热，原料熔融后发生比较复杂的变化，其中主要的化学反应有：

$$CaCO_3 + SiO_2 \xlongequal{\text{高温}} CaSiO_3 + CO_2\uparrow$$

$$Na_2CO_3 + SiO_2 \xlongequal{\text{高温}} Na_2SiO_3 + CO_2\uparrow$$



图4-1-10　玻璃制造车间

制造玻璃的原料里，石英的用量较多，所以普通玻璃是硅酸钠（Na_2SiO_3）、硅酸钙（$CaSiO_3$）和二氧化硅（SiO_2）熔化在一起所得到的物质。这种物质没有一定的熔点，只是在某一温度范围内逐渐软化。在软化状态时，玻璃可以制成任何形状的制品。

身边的化学

有色玻璃

玻璃的种类很多，除上述普通玻璃外，还有铅玻璃、有色玻璃、钢化玻璃等。铅玻璃折光率强，常用于制造光学仪器。有色玻璃，一般是在原料里加入某些金属氧化物制成的。金属氧化物均匀地分散到玻璃态的物质里，使玻璃呈现出特征颜色，如加氧化钴（Co_2O_3）呈蓝色、加氧化亚铜（Cu_2O）呈红色等。钢化玻璃是把普通玻璃放入电炉里加热，使它软化，然后急速冷却而制成的。钢化玻璃的机械强度为普通玻璃机械强度的4～6倍，不易破碎；破碎时碎块也没有尖锐的棱角，不易伤人，可用来制造汽车和火车的车窗等。



图4-1-11　有色玻璃

水泥是非常重要的建筑材料。制造水泥的主要原料是石灰石和黏土。普通水泥的主要成分是硅酸三钙（$3CaO \cdot SiO_2$）、硅酸二钙（$2CaO \cdot SiO_2$）和铝酸三钙（$3CaO \cdot Al_2O_3$）等。水泥具有水硬性，与水掺和搅拌并静置后，很容易凝固变硬。正是由于具有这一优良特性，水泥才被广泛用做建筑材料。现在，人们还发明了特种水泥，如矾土水泥、膨胀水泥以及凝固水泥等。其中，水下凝固水泥常应用于桥梁、大坝等水下工程。

水泥、沙子和碎石的混合物叫做混凝土。混凝土常用钢筋做结构，这就是通常所说的钢筋混凝土。钢筋混凝土强度大，常用来建造高楼大厦、桥梁等高大建筑。

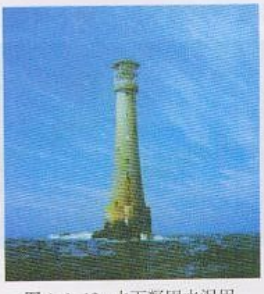


图4-1-12　水下凝固水泥用于建造灯塔基座

师者论坛

陶瓷材料是人类应用最早的硅酸盐材料。随着信息科学、能源技术、航天技术、生物工程、超导技术和海洋技术等现代科学技术的发展，一些具有特殊结构、特殊功能的新型无机非金属材料如高温结构陶瓷、生物陶瓷和压电陶瓷等被相继研制出来。



图4-1-13 发动机中的氮化硅陶瓷部件

高温结构陶瓷 高温结构陶瓷包括氮化硅（Si_3N_4）陶瓷、碳化硅（SiC）陶瓷等。氮化硅具有较高的硬度和耐磨性、较强的抗化学侵蚀性和电绝缘性等。用氮化硅陶瓷制成的陶瓷发动机，由于能耐高温而又不需要水冷系统，使热效率大幅度提高，并节省燃料，减轻了汽车的重量。我国早在1990年就装配了一辆使用陶瓷发动机的汽车并完成了试车。

生物陶瓷 在修复或再造人体器官和组织时，需要将人工器官植入体内，这就要求选用的材料对机体无排异反应，不会引起代谢作用异常。生物陶瓷能达到这些要求，适于植入人体。例如，氧化铝陶瓷做成的假牙与天然齿十分接近，这种陶瓷还可用于制造膝关节、肘关节、肩关节等；氧化锆（ZrO_2）陶瓷的强度、断裂韧性和耐磨性比氧化铝陶瓷的相关性能都好，也可用于制造假牙、骨和股关节等。现已发现，用熔融法制得的以$CaO-Na_2O-SiO_2-P_2O_5$为主要成分的生物陶瓷，能与骨骼良好地腱合。



图4-1-14 生物陶瓷制品

压电陶瓷 具有压电效应的陶瓷称为压电陶瓷。目前应用较为广泛的压电陶瓷以钛酸钡（$BaTiO_3$）和钛酸铅（$PbTiO_3$）等为主要成分。压电陶瓷十分敏感，可以将极其微弱的机械振动转换成电信号，常用于声纳系统、气象探测、遥测环境保护、家用电器等。用压电陶瓷制作的压电地震仪，能精确地测出地震强度，并指示地震的方位和距离。



图4-1-15 压电陶瓷点火器

师者论坛

概括·整合

1．硅及其化合物间的转化和这些物质的用途如下图所示。请写出其中有关反应的化学方程式。



2．硅是一种重要的非金属元素。对碳、硫、硅、氢、氧、氯等非金属的性质进行比较分析，归纳总结非金属单质具有哪些主要的物理性质和化学性质。

3．无机非金属材料是材料世界的一大家族，它的某些成员的性质和用途你早已熟悉。通过本节学习，你对无机非金属材料有了哪些新的认识？

练习与活动

1．玻璃不仅被广泛用做建筑中的采光、隔热及装饰材料，而且还常用于制造化学玻璃仪器等。

（1）世界著名的科技史专家、英国剑桥大学的李约瑟博士考证说："中国至少在距今3 000年以前，就已经使用玻璃了。"下列关于普通玻璃的叙述中，正确的是（　　）。

A．玻璃是人类最早使用的硅酸盐材料

B．玻璃在加热熔化时有固定的熔点

C．制普通玻璃的原料主要是纯碱、石灰石和石英

D．普通玻璃的成分主要是硅酸钠、硅酸钙和二氧化硅

（2）盛放碱液的试剂瓶不能用玻璃塞，是为了防止发生_____反应（用化学方程式表示），而使瓶塞与瓶口粘在一起。

师者论坛

2．工业上，硅是在电炉中用炭粉还原二氧化硅制得的。

（1）若往电炉里加入60 g 二氧化硅和适量炭粉的混合物，通电，使它们发生如下反应：

$$SiO_2 + 2C \xlongequal{\text{高温}} Si + 2CO\uparrow$$

求生成物的质量各是多少，生成的一氧化碳在标准状况下的体积是多少。

（2）以上生产所得到的硅不纯，称为“粗硅”。一些高新技术产品的元件中使用的硅是极其纯净、几乎没有任何缺陷的单晶硅。

① 工业上，硅的提纯原理为在高温下让粗硅与氯气反应，其产物在高温下被氢气还原，从而得到较纯的硅。请写出上述过程中有关反应的化学方程式。

② 实验室中，将细砂粉（SiO_2）与镁粉混合加热，也可制得粗硅。这种粗硅往往含有过量的镁、氧化镁和硅化镁（Mg_2Si），这些杂质可用盐酸除去（提示：Mg_2Si与盐酸反应的产物之一是SiH_4）。请写出此过程中有关反应的化学方程式。

3．陶瓷和玻璃都属于传统无机非金属材料。在陶瓷发明以前，人们用篮子、皮革袋子、木碗等来储存食物。

（1）陶器和瓷器的哪些性质使它们可以作为盛放食物的容器？

（2）陶瓷的哪些性质使它们可以用做炉壁材料和绝缘材料？

（3）你认为玻璃的主要优点和缺点各是什么？

（4）新型无机非金属材料继承了传统无机非金属材料的许多优点，并克服了某些弱点，具有更加优异的特性，用途更加广泛。请举例说明。

师者论坛

第2节　铝　金属材料

人类已经发现的110多种元素中，大约有4/5是金属元素，由此足以看出金属元素在元素世界中的重要地位。

金属材料（metallic material）对推动社会文明的发展做出了巨大贡献。青铜器时代和铁器时代曾在人类历史上留下光辉的篇章，钢铁的大规模应用则成为工业化时代的基础。现在，新型金属材料层出不穷，在工业、农业、国防、科学技术以及人类生活等方面正发挥着日益重要的作用。

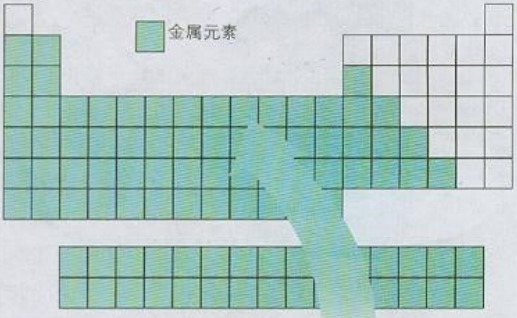


图4-2-1　元素周期表中金属元素的分布



图4-2-2　应用广泛的金属材料

一、铝与铝合金

1. 认识铝及其化合物

交流·研讨

你已经学习过钠、镁、铁等金属单质的知识，这些金属在性质上具有相似之处。

方法导引

从钠、镁、铁等具体金属着手，通过对它们所具有性质的比较和分析，便可归纳总结出金属单质具有的一般性质。

讨论：

1．铝作为一种金属，它可能具有哪些性质？

2．铝是一种重要的金属材料，这可能与它具有的哪些性质有关？

铝（aluminum）为银白色金属，熔点为660.4 ℃，沸点为2 467 ℃；密度为2.7 g·cm^{-3}，仅为钢的1/3左右；导电性仅次于银、铜和金。

铝是一种活泼金属，它容易与氧气发生反应。常温下，金属铝被空气里的氧气氧化，在表面生成一层致密的氧化物薄膜，阻止内部的金属继续与氧气发生反应。铝还能与某些金属氧化物发生化学反应，表现出较强的还原性。



图4-2-3 铝与三氧化二铁的反应

观察·思考

金属铝的还原性

【实验1】铝箔的燃烧：把2 cm × 5 cm大小的铝箔的一端固定在粗铁丝上，另一端裹一根火柴。点燃火柴，待火柴快燃尽时，立即把铝箔伸入盛有氧气的集气瓶中（瓶底放一些细沙），观察发生的现象。

【实验2】将两张圆形滤纸分别折叠成漏斗状并套在一起，使四周都是四层。把内层“纸漏斗”取出，在底部剪一个孔，用水润湿，再与另一“纸漏斗”套在一起，架在铁架台的铁圈上，下面放置盛有细沙的蒸发皿。把5 g炒干的三氧化二铁粉末和2 g铝粉混合均匀，放在“纸漏斗”中，上面加少量氯酸钾并在混合物中插一根镁条，用燃着的木条点燃镁条，观察发生的现象。

实验记录：

实验内容	实验现象	结　论
铝与氧气反应		
铝与三氧化二铁反应		

金属铝在氧气里燃烧时发生的反应为：

$$4Al + 3O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2Al_2O_3$$

这个反应放出大量的热和耀眼的白光，因此金属铝可用于制造燃烧弹、信号弹、火箭推进剂等。

金属铝在高温条件下与三氧化二铁发生的反应为：

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

这个反应称为**铝热反应**，铝粉和氧化铁粉末的混合物称为**铝热剂**。铝热反应可以应用在生产上，如焊接钢轨等。这种焊接不用电源，而且焊接的速度快、设备简易，适于野外作业。此外，在工业上，也利用铝热反应焊接大截面的钢材部件。



图4-2-4 利用铝热反应焊接钢轨

与铁、镁等金属相似的是，金属铝能与盐酸、稀硫酸等发生反应；与它们不同的是，金属铝还能与碱溶液发生反应。

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow$$

$$2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2\uparrow$$

四羟基合铝酸钠

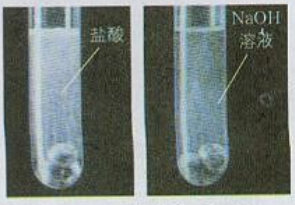


图4-2-5 铝与盐酸、NaOH溶液的反应

氧化铝（aluminum oxide）和氢氧化铝（aluminum hydroxide）是铝的两种化合物，它们具有不同于一般金属氧化物或金属氢氧化物的特殊性质。

观察·思考

氢氧化铝与酸、碱溶液的反应

在一支大试管中放入1/4试管容积的0.5 mol·L^{-1}的$Al_2(SO_4)_3$溶液，滴加氨水直到不再产生沉淀为止。将沉淀分成两份：一份滴加盐酸，另一份滴加NaOH溶液，观察发生的现象。

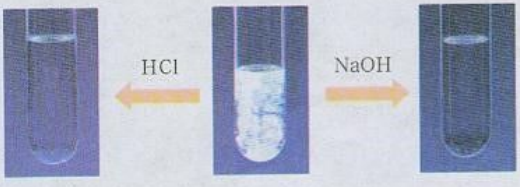


图4-2-6 氢氧化铝分别与盐酸、NaOH溶液反应

资料在线

四羟基合铝酸钠

金属铝和NaOH溶液反应生成的化合物曾被认为是$NaAlO_2$，但科学研究证明该产物实际上是$Na[Al(OH)_4]$，它属于配位化合物。配位化合物的结构中包含中心体和配位体，例如：

$$Na[\underset{\text{中心体}}{Al}(\underset{\text{配位体}}{OH})_4]$$

配位化合物在医药科学、催化反应等领域有着广泛的应用。

实验记录：

实验内容	实验现象	结　论
硫酸铝与氨水反应		
氢氧化铝与盐酸反应		
氢氧化铝与NaOH溶液反应		

氢氧化铝是几乎不溶于水的白色胶状物质，可以通过铝盐溶液与氨水反应制得。例如：

$$AlCl_3 + 3NH_3 \cdot H_2O = Al(OH)_3\downarrow + 3NH_4Cl$$

氢氧化铝能凝聚水中的悬浮物，又能吸附色素，因此可用于水的净化。

实验表明，氢氧化铝在强酸或强碱溶液里都能溶解。

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

$$Al(OH)_3 + OH^- = [Al(OH)_4]^-$$

四羟基合铝酸根离子

氢氧化铝这类氢氧化物属于两性氢氧化物。两性氢氧化物既能与酸反应，又能与碱反应。

氧化铝也一样，既能溶于强酸溶液，又能溶于强碱溶液。

$$Al_2O_3 + 6H^+ = 2Al^{3+} + 3H_2O$$

$$Al_2O_3 + 2OH^- + 3H_2O = 2[Al(OH)_4]^-$$

氧化铝这类氧化物属于两性氧化物。两性氧化物既能与酸反应，又能与碱反应。

迁移·应用

生活中，你或许有这样的经验：铝制器具不能用来盛放醋、酸梅汤和碱水等物质。如果盛放这些物质的话，铝制器具就容易被腐蚀。请你尝试分析其中所发生的化学反应。

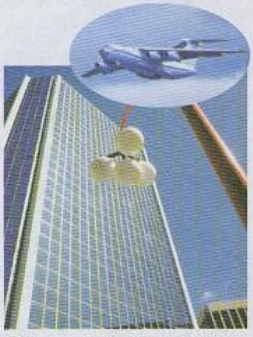


图4-2-7　铝合金用做飞机蒙皮与建筑外墙材料

2. 铝合金及其制品

将金属制成合金（alloy），可以保持甚至强化单一金属的长处，克服其不足，所以合金的性能一般优于纯金属。金属铝的强度较低、耐磨性较差，加入其他元素如铜、镁、硅、锌、锂等，就形成了各种性能优良的铝合金。

铝合金具有密度小、强度高、塑性好、易于成型、制造工艺简单、成本低廉等特点，并且因表面易形成致密的氧化物保护膜而具有一定的抗腐蚀能力，可用于制造能承受大载荷及强烈磨损的构件。

铝合金主要用于建筑业、容器和包装业、交通运输以及电子行业。例如，用铝合金材料制成的汽车车轮的骨架，质轻、强度大且热变形性小；用铝合金做散热材料制成的硬盘抽取盒，既坚固耐用，散热效果又好。另外，铝合金还广泛用于制造飞机构件。



图4-2-8　铝合金制的车轮骨架



图4-2-9　铝合金硬盘抽取盒

二、金属与金属材料

除了金属铝外，人们在生产、生活中还要用到大量的其他金属材料。冶金工业上，人们常将金属材料分为黑色金属材料和有色金属材料两大类。黑色金属材料通常包括铁、锰、铬以及它们的合金，是应用最广的金属材料。除黑色金属以外的其他金属材料及其合金称为有色金属材料。

1. 重要的黑色金属材料——钢铁

铁在人类的生产和生活中有着十分重要的作用。铁的应用，经历了“铁——普通钢——不锈钢等特种钢”的演变过程。由铁矿石炼得的生铁虽然硬度很大，但较脆且不易机械加工，人们便设法减少生铁里的碳元素并增加硅、锰等元素，把铁转化为钢，改善了铁的性能，使钢铁成为工业社会的支柱。但是，由于其中残留着其他杂质，钢铁很容易锈蚀，尽管采取了大量防锈措施，每年仍然有大量的钢铁被锈蚀掉，于是不锈钢应运而生。

不锈钢（stainless steel）是在普通钢的基础上，加入铬、镍等多种元素炼成的钢材，它在空气中能保持金属光泽，也就是具有不生锈的特性。不锈钢有多种类型，其共同的特征是含铬量一般在12%以上。铬元素的加入，能使钢材表面形成致密且坚固的氧化膜，防止内部的铁与外界物质接触。镍元素的加入，使不锈钢在多种酸、碱、盐的水溶



图4-2-10　手术中应用的不锈钢医疗器械

知识支持

铬（Cr）是质硬、性脆、有光泽的银白色金属，常温下对一般腐蚀剂的抗蚀性强。

镍（Ni）是一种银白色金属，质硬且坚韧，具有优良的耐腐蚀性。

师者论坛

液中也具有很好的化学稳定性和耐腐蚀性。不锈钢具有的优良性能，使它在化工生产、医疗器械制造、建筑装饰业及人类生活中得到广泛应用。例如，不锈钢在高温下仍具有很强的韧性，用它制成的手术器械可以进行高温消毒。

2. 几种有色金属材料——金、银、铜

金（gold）是质地柔软的黄色金属，银（silver）是具有金属光泽、质地柔软的银白色金属，铜（copper）是硬度较小的紫红色金属。它们都具有良好的延展性、导电性和导热性。

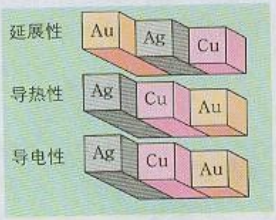


图4-2-11 金、银和铜三种金属物理性质比较

金、银和铜都属于不活泼金属，其中金的化学性质尤为稳定。常温下，铜在干燥的空气中性质稳定，但在潮湿的空气里则会被锈蚀，在其表面逐渐形成一层绿色的铜锈。

$$2Cu + O_2 + H_2O + CO_2 = Cu_2(OH)_2CO_3$$

碱式碳酸铜

在加热或点燃条件下，铜能与许多非金属发生反应。例如：

$$2Cu + O_2 \xlongequal{\triangle} 2CuO$$

$$2Cu + S \xlongequal{\triangle} Cu_2S$$



图4-2-12 铜的化合物的转化

铜及其化合物之间可以相互转化，在转化时常常伴随着颜色变化。例如，黑色的氧化铜在高温下转化为红色的氧化亚铜，蓝色的硫酸铜晶体（$CuSO_4 \cdot 5H_2O$）受热时转化为白色的硫酸铜粉末。

$$4CuO \xlongequal{\text{高温}} 2Cu_2O + O_2\uparrow$$

$$CuSO_4 \cdot 5H_2O \xlongequal{\triangle} CuSO_4 + 5H_2O\uparrow$$

资料在线

货币金属——金、银、铜

自古以来，金、银就以其迷人的光泽吸引着人们。由于它们的化学性质稳定，在地壳中含量少，曾长期作为货币金属进行流通或被制成高贵的装饰品。目前，一个国家的黄金储备仍然是这个国家经济实力的象征。铜的熔点较低、冶炼方便，使它成为人类在生产、生活中最早使用的金属。在我国，有着悠久的使用铜器的历史。



图4-2-13 金币、银币和铜币

随着人类社会的发展，人们越来越重视金、银和铜这些材料在工业生产中和高科技领域里的应用。

金和它的合金几乎能达到各种电子元件对稳定性、导电性、韧性、延展性等的要求，所以它们在电子工业中的用量占金及其合金的工业用量的90%以上。在航空、航天工业中，金的应用范围在不断地扩大，极高的抗腐蚀性、优良的导热和导电性以及稳定的化学性质使它在制造飞机和航天器有关部件所用的材料中占有重要位置。

现在，银在有机合成、能源开发、材料制造等方面的应用越来越被重视。例如，在有机合成中，银作为催化剂的成分之一，使许多有机化合物的合成反应速率大大提高；在化学电源开发方面，人们研制出银镉（Cd）电池、银铁电池、银镁电池及银锌电池等，目前银锌电池（即锌氧化银电池）广泛用于飞机、潜水艇、浮标、导弹、空间飞行器和各种电子仪表中；在医学上，银镓（Ga）合金牙科填充材料以良好的性能受到人们的青睐。


图4-2-14　银锌纽扣电池

铜具有良好的导电性和导热性，在电气和电子工业中主要用于制造电线、通讯电缆等，这方面的用量占铜的工业总用量的一半左右。目前，在半导体器件生产中展开了一场“铜芯片”的革命——在硅芯片上用铜代替铝进行布线，这标志着在人类发展史上曾发挥过重要作用的古老金属在现代科技领域的应用又取得新的突破。进入20世纪90年代，建筑业常利用铜材制造水管及其他排水设施，原因在于铜材不仅在较高温度下不易老化，而且耐高水压；同时，铜还具有独特的杀菌功能，能较好地抑制病菌的生长。


图4-2-15　铜合金制品

金属材料的开发一直是材料科学的研究热点，一些新的金属材料相继被开发出来并应用于工农业生产和高科技领域。例如，铀（U）用做核电厂反应堆的核燃料，镅（Am）在烟雾探测器中用做烟雾监测材料；特别是被誉为“21世纪的金属”——钛（Ti），应用前景更为广阔。


图4-2-16　金属镅在烟雾探测器中用做烟雾监测材料

化学前沿

21世纪的金属——钛

钛（titanium）是一种活泼金属，但因其表面容易形成致密的氧化物保护膜使它不易与其他物质反应，而具有一定的抗腐蚀能力。除此之外，它还具有熔点高、硬度大、可塑性强、密度小等优点。



图4-2-17 钛制人造关节

金属钛具有优异的性能且储藏量大，可广泛用于制造飞机、火箭、导弹、人造卫星、宇宙飞船、舰艇、化工设备、纺织机械、医疗器械等。例如，在电影胶片的制作中，需要使用多种强酸、强碱等试剂，如果使用钛材，设备可以长时间地连续运转。再如，钛可以制成“人造骨骼”。在骨头损坏的地方，用钛片与钛螺丝钉修补，过了几个月，骨头就会生长在钛片的小孔里与螺丝钉上，新的肌肉纤维会包在钛的薄片上。钛骨骼宛如真正的骨骼与血肉相连，起到支撑和加固作用。所以，钛被认为是一种“亲生物金属”。

目前金属钛的冶炼技术还不很成熟，生产成本还比较高，使得金属钛的应用受到限制。我们相信，随着研究的深入，钛将成为继铁、铝之后的“第三金属”而被广泛应用。

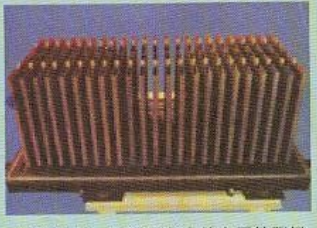


图4-2-18 电解设备中的金属钛阳极

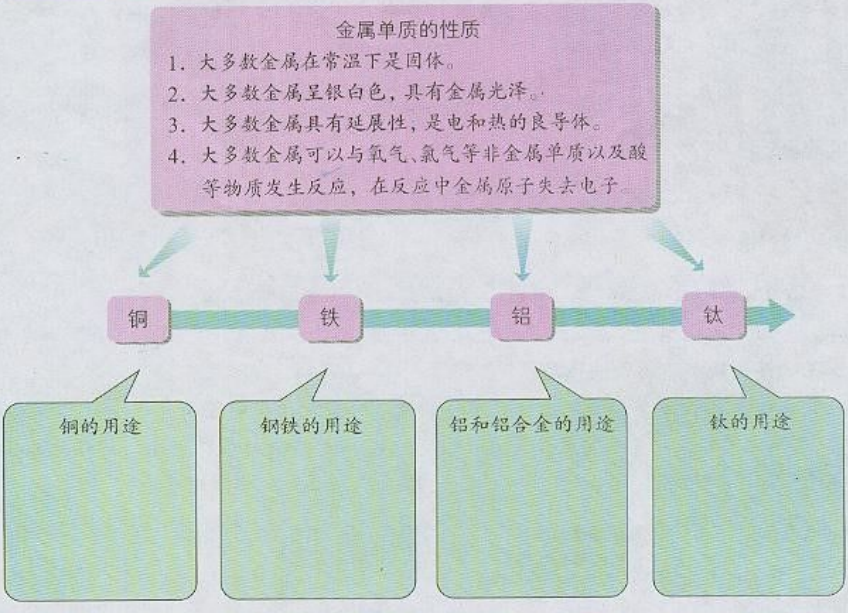
概括·整合

1．对铁、镁、铝、铜、金、银等金属的性质进行比较，归纳总结金属具有哪些主要的物理性质和化学性质。

2．铝是一种活泼的金属元素。铝及其化合物［Al_2O_3，$Al(OH)_3$］有哪些主要的化学性质？这些性质决定着它们有些什么重要用途？

3．钢铁、铝合金等是一些重要的金属材料。金属材料一般是怎样分类的？举例说明各类金属材料的主要用途，将其填写在空白处。

师者论坛



练习与活动

1. 把以下左栏列举的金属的用途与右栏列举的有关金属的性质用线连起来。

金可制成比纸还薄的金箔	•	• 导电性
生活用铁锅	•	• 导热性
用铁回收照相定影废液中的银	•	• 延展性
用铜制作印刷电路	•	• 还原性

2. 铝热反应不仅被用于焊接钢轨，而且还常用于冶炼熔点较高的金属如钒、铬、锰等。

（1）试从铝粉与氧化铁之间的反应出发，思考铝热反应为什么可以被用来冶炼这些金属？

（2）请配平下列用铝热反应原理冶炼金属钒和钴的反应的化学方程式，指出哪些物质是还原剂、哪些物质是氧化剂，并计算生成 1 mol 各种金属分别需要纯铝的质量。

$V_2O_5 + Al \longrightarrow Al_2O_3 + V$

$Co_3O_4 + Al \longrightarrow Al_2O_3 + Co$

3．含镁3%～5%的铝镁合金，现已成为轮船制造、化工生产、机械制造等行业的重要原材料。现有一块已知质量的铝镁合金，欲测定其中镁的质量分数，几位同学设计了不同的实验方案。

实验设计1：

铝镁合金 $\xrightarrow{\text{盐酸}}$ 测定生成气体的体积

实验设计2：

铝镁合金 $\xrightarrow{\text{NaOH溶液}}$ 充分反应后测定剩余固体的质量

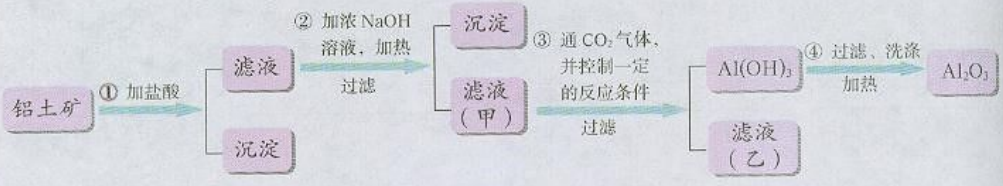
实验设计3：

铝镁合金 $\xrightarrow{\text{盐酸}}$ 溶液 $\xrightarrow{\text{过量NaOH溶液}}$ 过滤，测定沉淀的质量

（1）上述实验方案中，各发生了哪些化学反应？请尝试写出有关反应的化学方程式。这些反应体现了铝、镁单质的哪些性质？

（2）上述各实验方案能否测出合金中镁的质量分数？请说明理由。

4．工业上用铝土矿（主要成分为 Al_2O_3、Fe_2O_3、SiO_2）提取氧化铝做冶炼铝的原料，提取的操作过程如下：



（1）写出步骤①②④中所发生反应的化学方程式：_____，

_____，_____。

（2）氢氧化铝除了可以受热分解外，还可以分别与酸、碱发生反应，请你各举一个反应实例。

5．铁是人类较早使用的金属之一。据有关报道，目前已能冶炼出纯度高达99.999 9%的铁。

（1）你估计它不会具有的性质是（　　）。

A．硬度比生铁低　　B．在潮湿的空气中放置不易生锈

C．在冷的浓硫酸中钝化　　D．不能与盐酸反应

（2）纯铁的实际使用范围有限，人们大量使用的是铁的合金。钢铁是铁和碳的合金的总称，其强度高、价格便宜、应用广泛。在以下关于不锈钢和普通钢的认识中，你认为正确的是（　　）。

A．它们的组成元素是相同的

B．耐腐蚀的性能不同

C．它们都属于钢，因此物理性质是一样的

D．构成普通钢和不锈钢的主要元素都是铁，因此它们的化学性质完全相同

6．黄金的纯度以K为单位来表示，24 K的黄金是纯金，12 K的黄金含50%的金，其余是银和铜。

（1）18 K的黄金含金多少？

（2）为什么经常用掺入其他金属的黄金做首饰？

（3）请你尝试找出合金比纯金属更有用的两种性质，并举例说明。

7．全世界铜的年产量约为8×10^6吨，工业上由辉铜矿（主要成分为Cu_2S）生产铜的主要反应为：

$$Cu_2S + O_2 \xlongequal{\text{高温}} 2Cu + SO_2$$

（1）若采用这种方法冶炼铜，每年需要消耗Cu_2S的质量为多少？

（2）每年产生二氧化硫的体积（STP）为多少？

（3）如果二氧化硫被排放到大气中，会对环境造成污染。请你根据所学知识，提出吸收二氧化硫以减少污染的途径。

（4）你认为用什么办法可有效地缓解因此而造成的酸雨问题？

8．中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心预测，锌在3年内、铜在5年内、铝在10年内，消费量将均超过5×10^7吨；我国将成为这些金属的世界第一消费大国。据估计，未来20年我国钢铁缺口总量为3×10^9吨，铜缺口总量超过5×10^7吨，精炼铝缺口总量为1×10^8吨……

根据以上预测，请你查阅资料，调查我国金属矿产资源的储量分布情况及金属材料在生产生活中的广泛应用，并就矿产资源的可持续发展问题发表你的看法。

第3节 复合材料

金属材料、无机非金属材料以及各种有机合成材料各有其优势和缺陷。为了克服单一材料存在的问题，满足人类的生产和生活对材料越来越多、越来越高的要求，人们尝试将不同类型的材料通过复合工艺组合成新型材料，使其既能保持或发展原来材料的长处，又能弥补它们的不足。迅猛发展的科学技术使这一努力变成现实，由此产生了复合材料。

联想·质疑



图4-3-1 神州五号载人飞船

“神州五号”载人飞船穿过大气层时，外壳和大气层摩擦产生几千摄氏度的高温，是什么材料经受了这种考验而使飞船安然无恙呢？运动员在撑杆跳项目中使用的撑杆极富弹性，你知道它是用什么材料制成的吗？是金属、陶瓷，还是塑料？





图4-3-2 运动员在撑杆跳

一、认识复合材料

交流·研讨

请结合具体实例，讨论各种单一材料的优缺点，完成下面的表格。

材 料	实 例	优 点	缺 点
金属材料	钢铁		
无机非金属材料	普通玻璃		
有机合成材料	塑料		

在撑杆跳项目中，运动员使用的撑杆的材料，既不是金属材料、无机非金属材料，也不是有机合成材料。这种材料是将两种或两种以上性质不同的材料经特殊加工而制成的，像这样的材料称为**复合材料**（composite material）。复合材料由两部分组成，一部分称为基体，在复合材料中起黏结作用；另一部分称为增强体，在复合材料中起骨架作用。

追根寻源

人们是怎样想到制造复合材料的

木材坚固、耐用，可作为建筑材料。它由木质长纤维组成，靠被称为木质素的物质黏结起来。木质长纤维比较柔软，木质素较脆，它们各自都不能承受重压，但这两种物质复合后就构成了强壮的树干。

人们做泥砖时，往泥中掺入禾秸，这样可以提高泥砖的强度。将沙子、砾石与水泥混在一起，其强度比单纯水泥的强度大得多。人们还把钢筋嵌入混凝土中，制成了更为坚固的钢筋混凝土，用来建造高楼。

其实，人们正是根据这种将不同性质的材料合在一起有可能获得性能更佳的材料的想法来制造复合材料的。

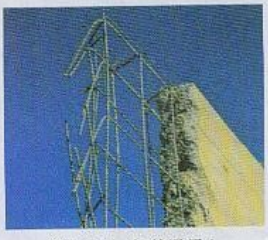


图4-3-3　钢筋混凝土

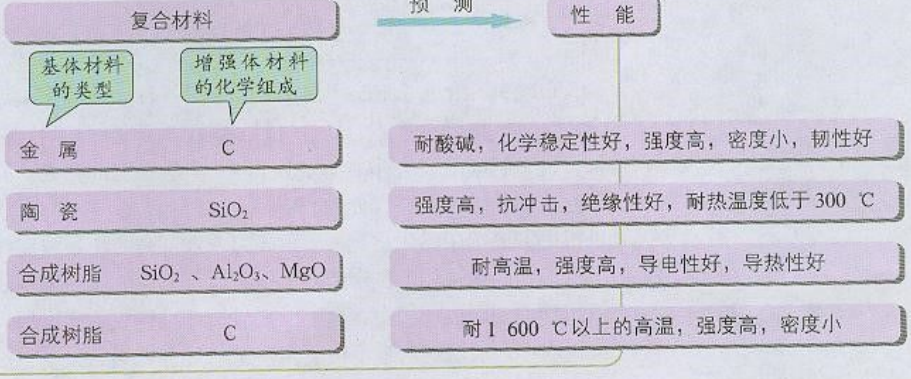
复合材料既保持了原有材料的特点，又使各组分之间协同作用，形成了优于原材料的特性。例如，金属材料易被腐蚀，有机合成材料易老化、不耐高温，陶瓷材料易破碎，这些缺点都可以通过复合的方法予以改善和克服。

知识支持

合成树脂是有机高分子化合物，无固定熔点，一般不导电，受热会变软并逐渐熔化，大多不溶于水，可溶于乙醇和乙醚等有机溶剂。它们是塑料最基本的成分。

交流·研讨

请与同学们讨论：下面给出的基体材料和增强材料经过一定的复合，得到的材料可能具备什么样的性能。在材料与性能之间建立相应的连线。



二、形形色色的复合材料

资料在线

复合材料的分类

将复合材料按基体分类，可分为树脂基复合材料、金属基复合材料和陶瓷基复合材料。将复合材料按增强体的形状分类，可分为颗粒增强复合材料、夹层增强复合材料和纤维增强复合材料。

组成复合材料的基体材料多种多样，增强体又可做成不同的形状，因而复合材料种类繁多。在复合材料这个大家族中，发展较快、应用较广的是纤维做增强体的复合材料。

1. 生产、生活中常用的复合材料

交流·研讨

图4-3-4给出的是一些生产、生活中常见用品的图片，这些用品都是由一种叫做玻璃钢的复合材料制成的。



垃圾筒



游乐设施



格栅



电话亭



废水管道

图4-3-4 玻璃钢在生产、生活中的应用

请与同学们讨论：玻璃钢具有什么特性？

玻璃钢（fiber reinforced plastic）是一种以玻璃纤维做增强体、合成树脂做基体的复合材料。玻璃本身是易碎的脆性材料，由它制成的玻璃纤维却异常柔软，具有很高的强度。除了普通玻璃纤维（主要成分为SiO_2、Al_2O_3、Na_2O等）外，还可以根据需要选用耐化学腐蚀、耐高温或强度高的特种玻璃纤维做玻璃钢的增强体。在制造玻璃钢时，可以将玻璃纤维制成纱或织物加到合成树脂中，也可以把玻璃纤维切成短纤维加到合成树脂中。玻璃钢的强度可达到甚至超过合金钢的强度，而密

度只有钢铁的1/5左右；同时，这种材料保持着较好的耐化学腐蚀性、电绝缘性和机械加工性能，而且又不像普通玻璃那样硬脆。

化学与技术

玻璃纤维

玻璃纤维是将熔化的玻璃以极快的速度拉成的极细的丝。这种纤维柔软如蚕丝，可以像棉纱一样纺织。直径为5～10 μm的玻璃纤维，只有头发丝直径的1/10左右，但其拉伸强度却接近高强度钢的拉伸强度，为天然纤维或合成纤维拉伸强度的5～30倍。为了节约成本、简化工艺，一般采用直径为10～20 μm的玻璃纤维，只有在制造一些具有特殊用途的制品如防火衣、宇航服和宇宙飞船时，才采用直径为3～5 μm的超细玻璃纤维或中空玻璃纤维，以提高制品的柔性、减轻制品的质量。



图4-3-5 身穿防火衣的消防人员

玻璃钢已大量用于游乐车、水上滑梯、运输罐、电话亭、餐桌椅等产品的生产，这些产品充分发挥了玻璃钢重量轻、强度高、耐水、耐磨、耐撞、产品美观及制造方便等特点。玻璃钢在排水管道工程中也得到了广泛的应用。最近几年，越来越多的废水处理系统的管道用玻璃钢制造，一个重要原因是废水所含的腐蚀物质的种类在不断增加、腐蚀作用在不断增强，这就要求管道材料具有更好的耐腐蚀性，玻璃钢便是一种理想材料。

交流·研讨

你经常打羽毛球吗？现在打羽毛球使用的大多是碳素球拍，但几年前用的多是铝合金球拍，人们还曾使用过木制球拍。

请与同学们讨论：用于制造碳素球拍的材料有哪些优越性？它为什么会具有这些优越性？

关于复合材料的网站：
www.ht43.com.cn等

目前制造高尔夫球杆、网球拍、羽毛球拍、钓鱼竿、赛车、赛艇、滑雪板和冲浪板等体育用品，采用的大多是碳纤维增强复合材料。这种复合材料是在合成树脂的基体中加入了碳纤维（carbon fiber）做增强体，具有韧性好、强度高而质轻的特点。这种碳纤维增强复合材料也广泛应用于纺织机械和化工机械的制造，以及医学上人体组织中韧带的制作等。

资料在线

碳纤维

碳纤维从外观上看呈暗黑色，具有许多优异而奇特的性质。它的化学稳定性好；耐酸碱腐蚀；在空气里加热到400 ℃无明显氧化；在没有氧气的环境里加热到1 500 ℃，强度也不会下降；有良好的耐低温性能，在−200 ℃时也不会发脆。



图4-3-6 碳纤维及碳纤维增强树脂基复合材料的应用

2. 航空、航天领域中的复合材料

在火箭、导弹、卫星、宇宙飞船、航天飞机上，复合材料有着广泛的应用。



图4-3-7 工程师正在进行用碳纤维增强金属基复合材料制造高性能飞机机翼的设计

飞机、火箭的机翼和机身以及导弹的壳体、尾翼中的复合材料，大多是以纤维为增强体、金属为基体的复合材料。这些材料具有耐高温、强度高、导电性好、导热性好、不吸湿和不易老化等优点。作为增强体的纤维是碳纤维、硼纤维、碳化硅纤维和氧化铝纤维等耐热性能好的纤维，其中应用最广泛的是碳纤维；作为基体的金属用得较多的是铝、镁、钛等密度小的轻金属。



图4-3-8 航天飞机使用的隔热陶瓷瓦

航天飞机机身上使用的隔热陶瓷瓦是由纤维和陶瓷复合而成的材料制成的。在这种复合材料中，增强体多为碳纤维、碳化硅纤维或氧化硅纤维，基体的主要成分有Al_2O_3陶瓷、$MgO \cdot Al_2O_3$陶瓷、SiO_2陶瓷、$Al_2O_3 \cdot ZrO_2$陶瓷、Si_3N_4陶瓷、SiC陶瓷等。纤维增强陶瓷保持了陶瓷耐高温的特性，增加了陶瓷的韧性，使航天飞机能安全地穿越大气层返回地球。

现在，材料的复合正向着精细化方向发展，出现了诸如仿生复合、纳米复合、分子复合、智能复合等新方法，使得复合材料大家族中增添了许多性能优异、功能独特的新成员。随着科学技术的进步，复合材料展现出不可估量的应用前景。材料科学专家普遍认为，当前人类已经从合成材料时代进入复合材料时代。

概括·整合

1. 材料科学的发展过程如图4-3-9所示。

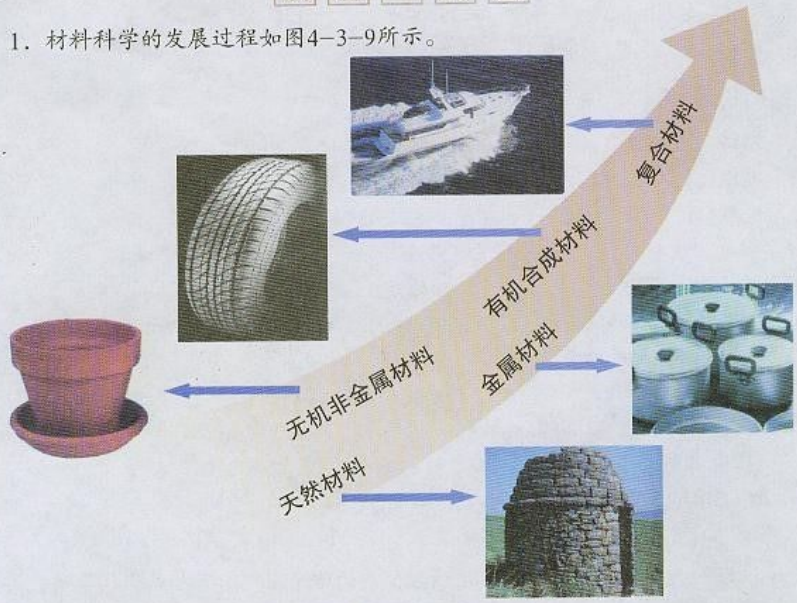


图4-3-9 材料科学发展的过程示意图

2. 复合材料的发展前景不可估量。什么是复合材料？人们为什么要研制复合材料？你能举例说明吗？

3. 试讨论元素及其化合物的组成和性质与材料性能的关系。

练习与活动

1. 完成下面表格，体会复合材料和合金的异同。

举　例	复合材料	合　金
成　分		
用　途		

2. 查阅资料，列举一些其他复合材料，分别指出作为基体和增强体的物质是什么，各起什么作用。

3. 假如你发明了一种复合材料，可以用做钢铁、塑料的替代品。写一篇准备在科学会议上用的简短发言稿，解释该复合材料可用做钢铁、塑料替代品的原因，并谈一谈化学在复合材料研制方面所起的作用。

本章自我评价

1．下列离子方程式中，书写正确的是（　　）。

A．铝与盐酸反应：$Al + H^+ = Al^{3+} + H_2\uparrow$

B．氢氧化铝与 NaOH 溶液反应：$Al(OH)_3 + OH^- = [Al(OH)_4]^-$

C．铁与 $FeCl_3$ 溶液反应：$Fe + Fe^{3+} = 2Fe^{2+}$

D．铝与 NaOH 溶液反应：$Al + 2OH^- = [Al(OH)_4]^- + H_2\uparrow$

2．下列关于物质用途的叙述中，不正确的是（　　）。

A．硅可以用做制造变压器的铁芯材料　　B．二氧化硅可用于制造光导纤维

C．石墨可用做绝缘材料　　D．石英玻璃可用于制造光学仪器

3．a、b、c、d、e 分别是 Cu、Ag、Fe、Al、Mg 五种金属中的一种。已知：① a、c 皆能与稀硫酸反应放出气体；② b 与 d 的硝酸盐反应，置换出单质 d；③ c 与强碱反应放出气体；④ c、e 在冷浓硫酸中发生钝化。由此可判断 a、b、c、d、e 依次为（　　）。

A．Fe　Cu　Al　Ag　Mg　　B．Al　Cu　Mg　Ag　Fe

C．Mg　Cu　Al　Ag　Fe　　D．Mg　Ag　Al　Cu　Fe

4．请通过下面表格所列出的几种单质物理性质的信息，判断哪些是金属单质、哪些是非金属单质，并说明你的理由。

单　质	密度/g·cm^{-3}	熔点/℃	导热性	导电性
A	7.86	1 535	较好	导电
B	2.07	113	较差	不导电
C	13.59	−39	较好	导电
D	1.56	−101	较差	不导电
E	0.97	98	较好	导电

5．物质的用途和该物质的性质密切相关。请尝试把左栏某些物质的特性与右栏物质的某种用途用线连接起来。

特　性	主要用途
钨丝能承受高温，但一受热就会发光	制造晶体管、集成电路
钛制品非常轻，却非常坚固，不易变形	制造太空飞船和人造卫星的部件
锡无毒，抗蚀能力又高	制造灯丝
硅的导电性介于导体和绝缘体的导电性之间	制造罐头筒

6. 将一只铝制的易拉罐内充满二氧化碳，然后往罐内注入足量的NaOH溶液，立即用胶布密封罐口，经过一段时间后，罐壁内凹而瘪，又过一段时间后，瘪了的罐壁重新鼓起来。

（1）罐壁内凹而瘪的原因是_____，反应的化学方程式是：_____；

（2）瘪罐重新鼓起来的原因是_____，反应的化学方程式是：_____。

7. 某化学课外小组用含铜96%的废铜屑制取胆矾（$CuSO_4 \cdot 5H_2O$）。将铜粉放入稀硫酸中加热并不断鼓入空气，在氧气作用下便生成硫酸铜。

（1）写出生成硫酸铜反应的化学方程式：_____。

（2）现用1 kg这种废铜屑，理论上能制取胆矾多少千克？

（3）将胆矾与生石灰、水按1:0.56:100的质量比混合配成波尔多液（常用于杀灭果树害虫），此波尔多液中Cu^{2+}与Ca^{2+}的物质的量的比为_____。

8. 青铜是哪些金属的合金？为什么青铜器能取代铜器，在历史上开创了一个金属应用的新时代？人类除了冶炼纯金属外，为什么还要制造合金呢？

9. 心脏起搏器是一种通过向心脏发送小的电脉冲使心脏跳动的器械。在人体内安置起搏器的金属盒是用金属钛制作的。大多数起搏器由锂电池或银锌电池驱动。

（1）查阅资料，说明可以使用金属钛做的金属盒在人体内安置起搏器的原因。

（2）金属钛的机械强度高、抗蚀能力强，被誉为“21世纪的金属”。工业上常用硫酸分解钛铁矿石（其主要成分为钛酸亚铁，$FeTiO_3$）的方法来制取二氧化钛，再由二氧化钛制取金属钛，主要反应有：

① $FeTiO_3 + 2H_2SO_4 = TiOSO_4 + FeSO_4 + 2H_2O$

② $TiOSO_4 + 2H_2O = H_2TiO_3\downarrow + H_2SO_4$

③ $H_2TiO_3 = TiO_2 + H_2O$

④ $TiO_2 + 2C + 2Cl_2 = TiCl_4\uparrow + 2CO\uparrow$

⑤ $TiCl_4 + 2Mg \xlongequal{\text{高温}} 2MgCl_2 + Ti$

下列叙述中，错误的是（　　）。

A. 反应①不是氧化还原反应

B. 反应②是置换反应

C. 反应④中TiO_2是氧化剂

D. 反应⑤表现了金属镁的还原性比金属钛的还原性强

10. 请选择一种复合材料来代替图中的造船材料，并解释你选择这种材料的原因。



第10题图

11. 普通玻璃、普通钢和玻璃钢是三种不同的材料，它们在性能方面差别很大。请根据学过的知识，完成下面的表格。

	普通玻璃	普通钢	玻璃钢
主要组成元素或物质			
材料类别			
性质特点			
用 途			

12. 动手实践：试从已弃置不用的物品中寻找材料，完成一件有实际用途的制作，并以“变废为宝，从我做起”为题做一次演讲。