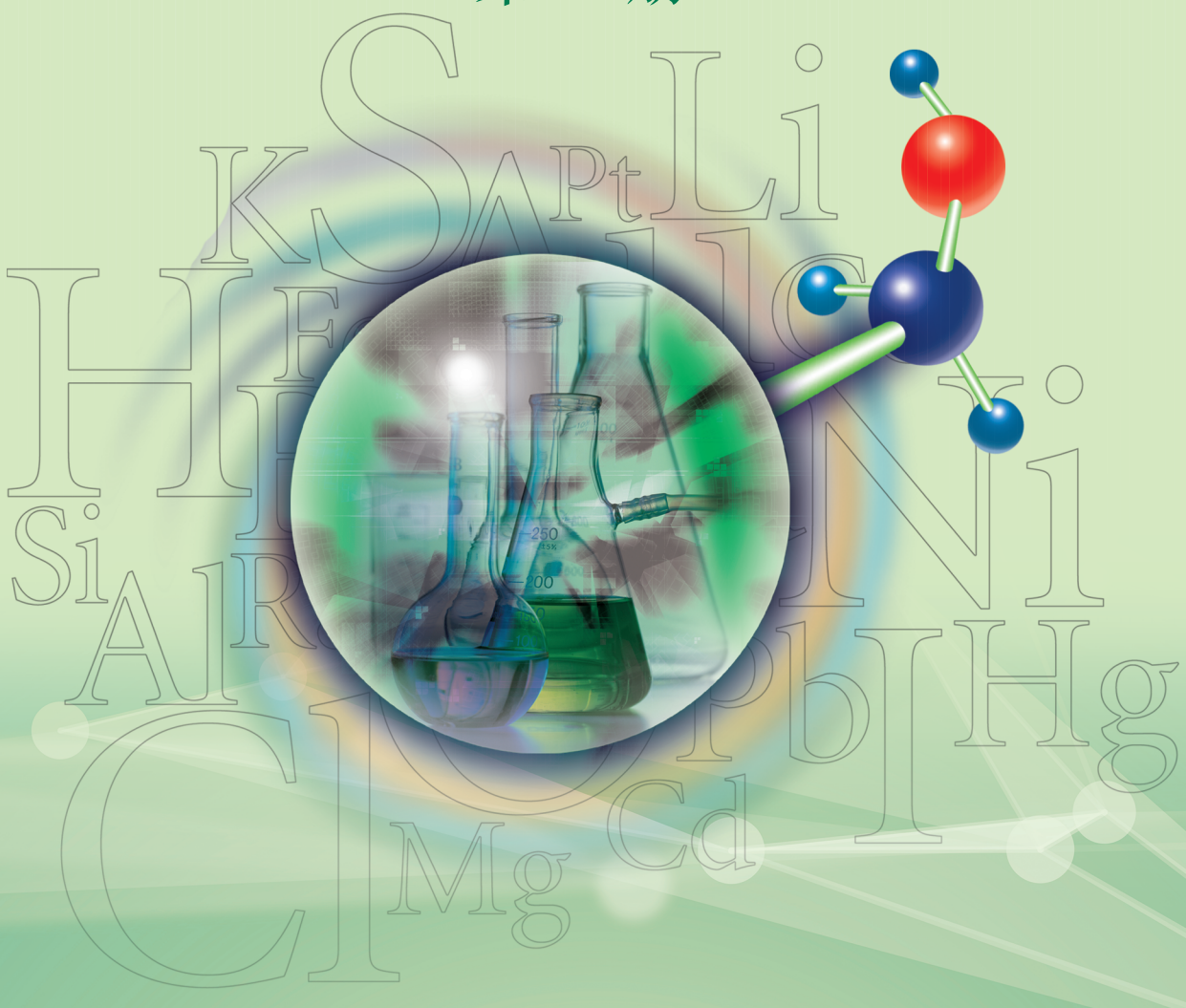
普通高中教科书

国家教材委员会专家委员会审核通过 2019

化 学

必修

第二册



江苏凤凰教育出版社
Phoenix Education Publishing, Ltd

普通高中教科书

化 学

必修

第二册

主编　王祖浩

江苏凤凰教育出版社
Phoenix Education Publishing, Ltd

主　　编　王祖浩

副 主 编　吴　星　刘宝剑　王云生

本册主编　王祖浩

本册副主编　王云生

写给同学们的话

CHEMISTRY

亲爱的同学们，祝贺你们进入高中这一人生的重要阶段。回顾初中化学学习的经历，同学们也许有过曲折，但更多的是快乐。初中化学虽然只是化学的启蒙，但你们已经初步了解了化学科学发展的历程，领略了化学符号的魅力，体验了实验探究的乐趣，初步锻炼了科学思维的能力。毫无疑问，高中阶段的化学课程将带给同学们更多的科学知识、更多动手和动脑学习的机会，帮助我们从中领悟化学博大精深的科学思想，进一步认识化学发展对人类文明的伟大贡献。

化学是在原子、分子水平上研究物质的组成、结构、性质、转化及其应用的一门基础学科。物质结构决定物质性质，而物质性质直接关系到物质的用途。时至今日，化学家们积累起来的知识和技术虽不能解决与社会发展有关的全部问题，但也结出了丰硕的果实。与人类已知的几百万种生物相比，已知的化合物已达上亿种，近年来每年化学家创造的新物质就达数百万种以上。化学不仅与制药、石油、橡胶、造纸、建材、钢铁、食品、纺织、皮革、化肥等传统行业荣衰与共，还带动了信息、能源、航天、生命等高科技领域产业的兴起。据统计，活跃在全球与化学相关行业和领域中的科学家、工程技术人员，是一支最为庞大的研究队伍。

为了保卫地球，化学家们开创了绿色化学时代。“绿色发展”已经成为我国可持续发展的基本国策。我们正在努力并且已经能够做到：使天空更清洁，从源头防治水污染，修复污染的土地，建构清洁低碳、安全高效的能源体系，实现绿色低碳的生活方式……

千姿百态的物质世界与高度发达的科学技术将一个飞速膨胀的知识系统呈现在我们眼前，引发了无数充满好奇的中学生的一系列疑问：物质世界为什么是这样的？为什么会发生这些变化？哪些证据能帮助我们去预测未来？在“多样”与“变化”的背后，同学们或许已隐隐发现，物质世界的变化都有其内在的规律。高中化学课程将为同学们探索这些规律提供必要的基础。

如果说在初中阶段，我们只是泛舟荡漾在化学的河川之上，为沿途的旖旎风景所倾倒，那么一旦进入高中，我们会发现眼前的河面越发开阔，景色更加优美。扬起风帆，我们将遨游于神奇的化学海洋之中。

我细心观察过今天的高中学生，欣喜地发现，随着时代的进步，同学们的视野更为开阔，思维愈发活跃。老师们常常在为高中生各种新奇的创意与问题惊讶甚至烦恼的同时，不能不从内心叹服他们对化学内涵的深刻理解，以及表现出来的思维潜力。有了如此乐观的基础，在高中化学学习过程中，同学们能充分领略实验探究和科学方法的重要性，学会去寻找解决复杂问题的各种突破口，尝试用化学的眼光和思维去审视我们赖以生存的物质世界，增强对自然界、对社会的责任感，为日后参加社会决策打下较为扎实的知识基础，从而获益终身。

《普通高中教科书·化学》（必修）是高一年级起步的化学课程，她从一系列与我们变化的时代密切相关的专题和化学研究的方法展开，教材融合了化学发展的学科线索、社会的应用价值和高中生的认知特点，揭示了化学的基础知识和重要的思想观念，大力弘扬科学精神，用生动的事例阐明化学对人类社会可持续发展中面临重大挑战时作出的巨大贡献。

依据2017年修订完成的新版《普通高中化学课程标准》，我们积极探索化学课程学习对促进学生核心素养发展的重要影响，从内容选择、编写思路和活动设计等多个方面对化学教材进行了修订。

教材的主要栏目体现了作者对化学学科特点和化学必修课程学习的认识，希望有助于同学们在阅读过程中更好地理解化学。

【温故知新】在新旧知识之间架起“桥梁”，引导同学们回顾已有知识和思维经验，寻找与新学知识之间的密切联系，激发探究新知识的欲望。

【交流讨论】结合学习目标设置了一系列与内容有关的问题情境，引导同学们展开讨论，为理解知识和深化思维提供基础。

【基础实验】要求同学们在学习中同步完成的必做实验，不仅要了解这些实验的基本原理，还要学会动手操作，切实提高自己观察、记录和分析实验现象的能力。

【实验探究】引领同学们积极投身更多的实验活动，熟悉实验流程，设计探究方案，独立或合作完成实验操作，记录实验现象，基于实验证据进行推理。

【观察思考】教师展示实验现象、模型、图表等，提出相关问题激发同学们思考，尝试解析其中蕴涵的化学原理，帮助同学们开启化学思维。

【学以致用】在教材阐述新知识之后插入典型问题，启迪同学们运用所学知识去解决实际问题，提高知识的迁移能力。

【拓展视野】提供与学习内容相关的更多生动的素材，帮助同学们在完成必修的学习任务之余，进一步开拓视野，领略化学的奇妙和魅力。

【科学史话】选取相关的、意义重大的化学史实，生动地还原其发展过程，帮助同学们能从科学家的角度去思考问题，感受中外科学家的创新精神。

【学科提炼】以简洁的语言介绍与化学核心知识相关的基本原理、思想方法等，尝试探索化学科学的本质特点，揭示化学知识的认识功能。

化学，伴随我们一生的科学。在过去的岁月中，我们渴望了解化学，为此我们有过喜悦，也有过失望，但探索的步伐一直没有停歇。今天，当我们以一种新的姿态学习高中化学，你眼中的物质世界将会变得更加绚丽多彩！让我们充满信心，用智慧和勤奋去迎接新的学习任务，探索更多的科学奥秘，攀登更高的科学台阶，创造更加美好的明天！

王祖浩

2020年6月

目录

专题6 化学反应与能量变化 1

第一单元　化学反应速率与反应限度 / 2

第二单元　化学反应中的热 / 10

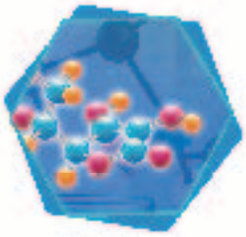
第三单元　化学能与电能的转化 / 19

专题7 氮与社会可持续发展 31

第一单元　氮的固定 / 32

第二单元　重要的含氮化工原料 / 39

第三单元　含氮化合物的合理使用 / 45



专题8 有机化合物的获得与应用 55

第一单元　化石燃料与有机化合物 / 56

第二单元　食品中的有机化合物 / 69

第三单元　人工合成有机化合物 / 82

CHEMISTRY

专题9 金属与人类文明 93

第一单元　金属的冶炼方法 / 94

第二单元　探究铁及其化合物的转化 / 100

第三单元　金属材料的性能及应用 / 106

附录 Ⅰ　相对原子质量表 / 116

附录 Ⅱ　常见酸、碱和盐的溶解性表（20 ℃）/ 117

附录Ⅲ　中英文名词对照表 / 118

元素周期表

CHEMISTRY

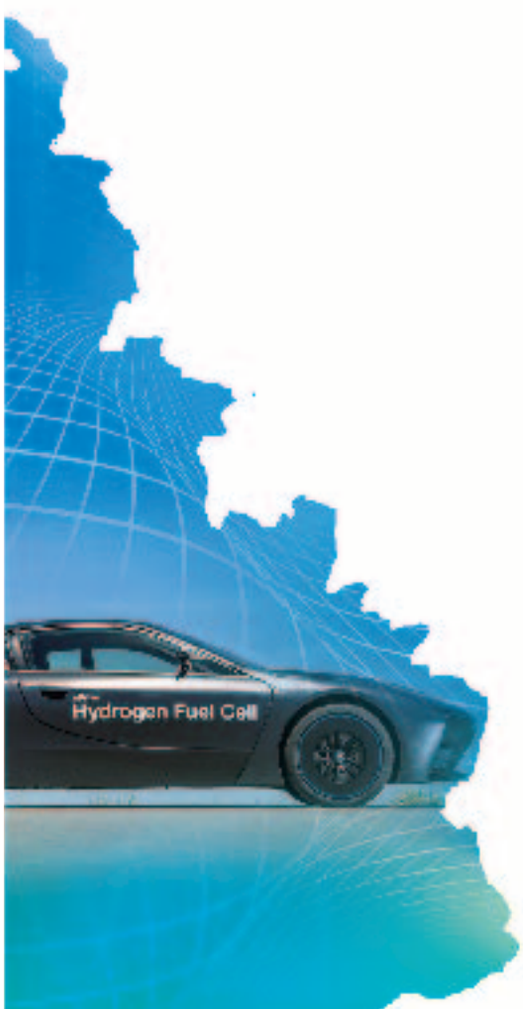
专题 6

化学反应与能量变化

化学反应速率与反应限度

化学反应中的热

化学能与电能的转化



世界是由物质构成的，物质相互之间发生的化学反应随处可见，快如烟花爆炸转瞬即逝，慢如溶洞形成要数百万年。除了快慢不一，各种化学反应进行的程度也有所差异，有的能进行到底，有的反应有一定的限度。化学反应总是伴随着能量的转化，如热、电、光等，给世界带来了生机和光明。研究化学反应中的这些规律并加以利用，能够更好地造福人类。

第一单元 化学反应速率与反应限度

化学反应是一个有新物质生成的过程。在不同的化学反应中，反应进行的快慢不同，这是反应速率问题；投入的反应物转变为生成物的程度有多大，这是反应限度问题。在生产与生活中，化学家探索并掌握化学反应速率和反应限度的有关规律，能依据实际需要更合理地调控反应，从而更好地为人类服务。

目标预览

通过本单元内容的学习，要求同学们努力达到：

能从内因、外因两方面认识化学反应速率；学会运用控制变量方法研究影响化学反应速率的因素；初步建立变化观念与平衡思想，能运用动态平衡的观点看待和分析化学变化；认识化学反应速率的研究在生产、生活中的重要作用。

化学反应速率

不同化学反应进行的快慢程度不同。爆炸反应几乎能在瞬间完成；食物腐败和钢铁生锈则较为缓慢，一般需要数日或数月；溶洞中钟乳石和石笋的形成则极为缓慢，在短时间内无法观察到明显的变化。

图 6-1 爆炸

图 6-2 铁锈

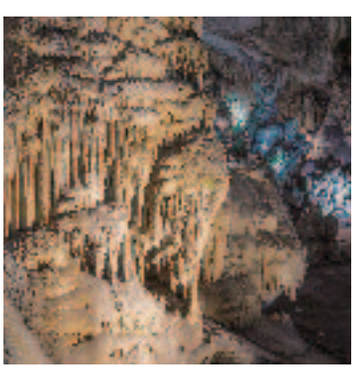


图 6-3 石灰岩溶洞

学生必做实验

基础实验

进行下列实验，观察并比较两个反应放出氢气的快慢。

取两支试管，各加入5 mL 0.5 mol·L^{-1}盐酸，再剪取相同大小的镁条和铁片，用砂纸打磨后，分别放入两支试管中。

在上述实验中可以观察到，两支试管中气泡产生的快慢有所不同，镁与盐酸的反应比铁更快。化学反应的快慢通常用**化学反应速率**（chemical reaction rate）来定量表示。

温故知新

请回忆物理学中是如何定义物体运动速率的，试举例加以说明。

在物理学中，物体运动的速率可用单位时间内物体运动的距离来表示（即$v=\frac{\Delta s}{\Delta t}$）。化学反应速率可用单位时间内反应物浓度的减少或者生成物浓度的增加来表示，即$v=\frac{\Delta c}{\Delta t}$，其常用的单位有mol·L^{-1}·min^{-1}或mol·L^{-1}·s^{-1}等。v即化学反应在Δt内的平均速率。

例如，在一定条件下，某过氧化氢溶液（即双氧水）放置100 min后，H_2O_2的浓度从5×10^{-2} mol·L^{-1}下降到4×10^{-2} mol·L^{-1}，则在这100 min中，H_2O_2的浓度减少了1×10^{-2} mol·L^{-1}。在此过程中，H_2O_2分解反应的平均速率是1×10^{-4} mol·L^{-1}·min^{-1}。

学以致用

在体积为100 mL的溶液中，发生下列反应：

$$16H^+ + 2MnO_4^- + 10Br^- = 2Mn^{2+} + 5Br_2 + 8H_2O$$

已知，反应开始时，Br^-的物质的量为0.01 mol；经过10 s后，Br^-的物质的量变为0.002 mol。假设反应过程中溶液的体积保持不变，则在这10 s内，Br^-消耗的平均速率是多少？反应过程中，Br_2增加的平均速率是多少？

影响化学反应速率的因素

我们已经知道，对于金属与盐酸的反应，即使使用的盐酸浓度和体积相同、金属片的形状和大小也相同，只改变金属片的材质，化学反应速率也会出现较大的差异。由此可见，化学反应速率会受到反应物自身性质的影响。对于特定的某个化学反应而言，它的反应速率也不是一成不变的，还会受到其他多种外界因素的影响。

基础实验

学生必做实验

化学反应速率的影响因素

1. 完成下列实验，分析影响H_2O_2分解反应速率的因素，填写表6-1。

【实验1】取两支试管，各加入5 mL 4%的H_2O_2溶液，向其中一支试管内加入少量MnO_2粉末，观察并比较两支试管中气泡生成的快慢。

【实验2】取两支试管，各加入5 mL 12%的H_2O_2溶液，将其中一支试管用水浴加热，观察并比较两支试管中气泡生成的快慢。

【实验3】取两支试管，分别加入5 mL 4%、5 mL 12%的H_2O_2溶液，再各加入2滴0.2 mol·L^{-1} $FeCl_3$溶液，观察并比较两支试管中气泡生成的快慢。

表 6-1　过氧化氢分解实验

实验序号	实验现象	实验结论
实验1		
实验2		
实验3		

通过以上实验，你对影响H_2O_2分解反应速率的因素有何认识？

2. 取两支试管，向其中一支加入约5 g块状大理石，另一支加入约5 g粉末状大理石，再各加入5 mL 4 mol·L^{-1} 盐酸，观察并记录实验现象。

在上述实验中，加入MnO_2（或$FeCl_3$溶液）作为催化剂、加热H_2O_2溶液或增加H_2O_2的浓度，都能加快气泡的产生，即增大了化学反应速率。可见，催化剂、反应温度和反应物浓度都是影响反应速率的外界因素。一般来说，其他条件相同时，加入催化剂能显著地增大反应速率；反应的温度越高，反应速率越大；反应物的浓度越大，反应速率越大。此外，对于有气体参加的反应，反应体系的压强越大，反应速率越大。

块状、粉末状的大理石分别与相同浓度的盐酸反应，反应速率有显著差异。可见，增大反应物的接触面积，能增大反应速率。此外，光照等条件对一些化学反应的速率也有一定影响。

学以致用

1. 应用化学反应速率的有关知识解释下列现象。

（1）加热氯酸钾制取氧气时，添加少量二氧化锰能使气体产生的速率增大。

（2）0.1 mol·L^{-1}硫代硫酸钠（$Na_2S_2O_3$）溶液与0.1 mol·L^{-1}稀硫酸反应生成硫单质，溶液变浑浊。在其他条件相同的情况下，该反应在90 ℃时只需十几秒即出现浑浊现象，而在20 ℃时大约需要几分钟才出现浑浊现象。

（3）煅烧硫铁矿制取二氧化硫时，将矿石粉碎后投入沸腾炉中，并鼓入强大的空气流，使矿粒在炉中剧烈翻腾。

2. 为了研究碳酸钙与稀盐酸反应的反应速率，某同学通过实验测定反应中生成的CO_2气体体积随反应时间变化的情况，绘制出图6-4所示的曲线。已知随着反应的进行，反应体系的温度逐渐升高。请分析讨论以下问题。

（1）在O~t_1、t_1~t_2、t_2~t_3三个相同的时间段里，反应速率最大的是_____时间段，收集到气体最多的是_____时间段。

（2）试分析上述三个时间段里，反应速率不同的可能原因。

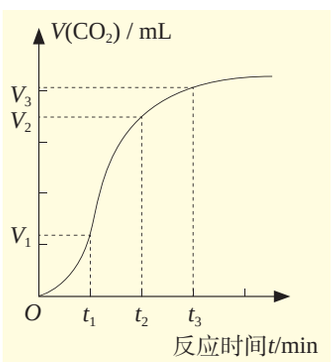


图 6-4　二氧化碳的体积随时间的变化

学科提炼

控制变量法

受多种因素影响的问题往往比较复杂。科学家为简化对这类问题的研究，每次只改变其中的一个因素，而控制其余几个因素不变，研究被改变的因素对事物发展的影响。这样，就将多因素问题拆解为多个单因素问题分别开展研究，化繁为简，再进行综合分析，最后得出结论。这种方法称为控制变量法。

控制变量法是科学探究中非常重要的思想方法，广泛应

用于化学、物理学、生物学等学科的研究中。例如，化学反应速率受反应物浓度（或气体压强）、温度、催化剂、反应物的表面积等多种因素的影响。研究者在其他条件不变的情况下，分次改变其中一个因素进行实验，即可分别得出浓度、温度、催化剂、反应物的表面积等条件对化学反应速率影响的结论。

化学反应的限度

温故知新

请描述Cl_2与H_2O的反应。哪些证据能说明该反应有一定的限度？

我们已经知道，在常温下氯气能溶解于水，得到的氯水中既含有Cl_2、H_2O、HClO分子，也含有H^+、Cl^-、ClO^-等离子。这说明溶解的Cl_2只有一部分与水发生了化学反应，它们的反应只能进行到一定的限度，用化学方程式表示为：

$$Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HClO$$

同一条件下，Cl_2与H_2O能转变成HCl与HClO，而HCl与HClO也能转变成Cl_2与H_2O。像这种在同一条件下，既能向正反应方向进行，又能向逆反应方向进行的化学反应叫作**可逆反应**（reversible reaction）。在书写化学方程式时，可逆反应用符号“$\rightleftharpoons$”表示。

拓展视野

醋酸在水溶液中的电离

常温下，在0.1 $mol \cdot L^{-1}$醋酸水溶液中，大约只有1%的醋酸分子电离成H^+和CH_3COO^-，绝大多数仍以CH_3COOH的形式存在，所以醋酸是一种弱酸。在醋酸溶液中，既有醋酸分子在水分子的作用下，电离产生H^+和CH_3COO^-，也有电离生成的H^+和CH_3COO^-结合生成醋酸分子的过程。该过程也是一个可逆过程，故醋酸的电离方程式可表示为：

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

观察思考

已知$FeCl_3$溶液和KI溶液在常温下能发生如下反应：

$$2Fe^{3+} + 2I^- \rightleftharpoons 2Fe^{2+} + I_2$$

1. 取5 mL 0.1 mol·L^{-1} KI溶液，向其中加入1 mL 0.1 mol·L^{-1} $FeCl_3$溶液，振荡，观察实验现象。

2. 继续向上述溶液中加入2 mL苯，充分振荡后静置，观察实验现象。

3. 分液后，重复步骤2的操作2 ~ 3次，将下层溶液分装在两支洁净的试管中，向其中一支试管滴加5 ~ 6滴15%硫氰化钾（KSCN）溶液，观察并比较两支试管中溶液的颜色。（注：KSCN溶液遇Fe^{3+}变为红色，该反应可用于溶液中Fe^{3+}的检验）

将实验现象和结论填入表6-2。

表 6-2　$FeCl_3$溶液与KI溶液的反应

实验步骤	实验现象	实验结论
向 KI 溶液中加入 $FeCl_3$ 溶液并振荡		
向充分反应后的溶液中加入苯，振荡，静置		
取下层溶液，滴加KSCN溶液		

在上述实验中，少量$FeCl_3$溶液与过量KI溶液反应。从充分反应的溶液中分离出I_2单质后，加入KSCN溶液仍然能检测到Fe^{3+}的存在，说明Fe^{3+}并未完全转化为Fe^{2+}。由此可见，$FeCl_3$和KI的反应没有完全进行到底，该反应有一定的限度。

事实上，像这样有一定限度的化学反应还有很多，它们都是可逆反应，反应物不能完全转化为生成物。如SO_2与O_2在一定条件下合成SO_3的反应，就是可逆反应，见图6-5。

SO_2、O_2　　$2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$（平衡状态）　　SO_3

图 6-5　SO_2与O_2生成SO_3的可逆反应

化学平衡状态

在上述SO_2与O_2的反应中，一定条件下向反应器中充入SO_2和O_2，刚开始SO_2与O_2的浓度很大，而SO_3的浓度为零，反应正向进行。随着反应的进行，SO_2与O_2的浓度逐渐减小，正反应的速率减小；SO_3的浓度逐渐增大，逆反应的速率增大。当正、逆反应的速率相等时，反应物和生成物的浓度不再发生变化，反应达到**化学平衡**（chemical equilibrium）状态。

学以致用

在高温、高压和催化剂存在条件下，氮气和氢气发生反应生成氨气。无论反应时间多长，在反应容器中总是同时存在氮气、氢气和氨气。请参考图6-6，描述从反应开始至平衡时各物质浓度的变化和正、逆反应速率的变化。

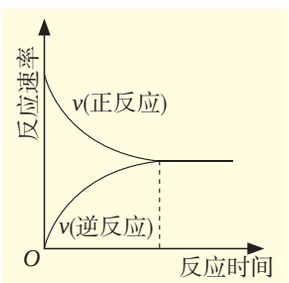


图 6-6　化学平衡示意图

可逆反应达到化学平衡后，反应混合物的组成保持不变，但是正、逆反应仍在进行，因此化学平衡是一种动态平衡。当反应条件发生改变时，如升高反应的温度等，原有的化学平衡状态会被打破，一段时间后反应会达到新的平衡状态。

学科提炼

化学平衡观念

化学平衡具有丰富的思想内涵。

化学反应达到平衡，宏观上表现为“静止”状态，反应物和生成物其实仍在不断进行更新，只是同一物质生成和消耗的量相等，即正、逆反应速率相等，但不为零，表现出化学平衡的动态性。这说明事物的表象与本质之间有时存在较大差异，停留于事物的表面容易得出片面乃至错误的结论。只有探索事物本质，才能对事物具有更为深刻、全面的认识。

从反应物与生成物变化的角度看，正反应消耗反应物，积累生成物；逆反应积累反应物，消耗生成物。正、逆反应相互削弱，又共处于同一化学平衡体系中，对立而又统一。

从化学平衡的角度看，正、逆反应的对立统一关系使化学反应具有一定的限度，在一定条件下达成平衡。但这种平衡又是暂时的、相对的，温度、压强、浓度等条件的改变可能会打破化学平衡，从而达到新的平衡。这说明改变外界条件能促进事物的进一步发展。

理解应用

1. 下列关于化学反应速率的说法中，错误的是（　　）

A. 化学反应速率用于表示化学反应进行的快慢

B. 化学反应速率会受到反应物本身性质的影响

C. 可逆反应达到化学平衡状态时，正、逆反应的速率都变为0

D. 增大反应物的浓度、提高反应体系温度都能增大反应速率

2. 对于二氧化硫与氧气化合生成三氧化硫的反应，下列说法中错误的是（　　）

A. 降低温度会使反应速率减小

B. 使用合适的催化剂能使反应速率增大

C. 达到平衡状态时，仍有SO_2与O_2反应生成SO_3

D. 增大压强能使SO_2完全转化为SO_3

3. 请解释下列现象。

（1）把食物放在冰箱里，可以延长食物的保质期。

（2）将大小相同的铁片分别放入相同体积的 0.1 mol·L^{-1} 和 1 mol·L^{-1} 盐酸中，后者产生氢气的速率比前者大。

（3）常温常压下合成氨反应的速率极小，工业上常采用的反应条件是约 500 ℃、20 ~ 50 MPa（约 200 ~ 500 个大气压）下用铁触媒作催化剂。

4. 在一个体积固定的密闭容器中加入反应物A、B，发生如下反应：A + 2B ═══ 3C（A、B、C均为气体）。反应经2 min后，A的浓度从开始时的1.0 mol·L^{-1}降到0.8 mol·L^{-1}。已知反应开始时B的浓度是1.2 mol·L^{-1}，求：

（1）2 min 末 B、C 的浓度。

（2）用单位时间内 A 浓度的减小来表示 2 min 内该反应的平均速率。

5. 甲酸（HCOOH）是一种弱酸，一定条件下在水溶液中部分电离出氢离子和甲酸根离子（$HCOO^-$），达到平衡。

（1）请写出甲酸的电离方程式。

（2）0.1 mol · L^{-1} 的甲酸溶液，当其电离达到平衡时，溶液中的 $HCOO^-$ 浓度 c 为____（填字母）。

A. c > 0.1 mol·L^{-1}　　B. c = 0.1 mol·L^{-1}　　C. 0 < c < 0.1 mol·L^{-1}　　D. c = 0

6. 酶是一种非常重要的催化剂，生物体内的众多化学反应都需要酶的催化才能顺利、快速进行。请查阅资料，了解酶催化的特点。

第二单元　化学反应中的热

火的使用实质上是利用燃烧反应放出的光和热，如煤炭燃烧时发光、放热；有些反应则需要吸热，如煅烧石灰石生成生石灰需要吸热才能进行。总之，我们身边的许多化学反应都伴随着能量的变化。其实，在化学反应中，反应物转化为生成物的同时，必然发生能量的变化。反应中化学能可以转化为热能、光能、电能等，热能、光能、电能等也可以转化为化学能，如制水煤气、植物的光合作用、水的电解等。

研究化学反应中的能量转化，可以帮助我们更深刻地认识化学反应，更好地为生产和生活服务。

图 6-7　天然气燃烧放热

图 6-8　用氧炔焰焊接钢轨

图 6-9　古法高温煅烧石灰石制得生石灰

目标预览

通过本单元内容的学习，要求同学们努力达到：

能正确表示化学反应中热的释放或吸收；能从宏观与微观相结合的角度解释化学反应中的能量变化；能运用化学计量单位定量分析化学变化伴随的能量转化；能利用化学反应中的能量变化解决生产、生活中的简单问题。

放热反应与吸热反应

化学上，我们把放出热的反应称为**放热反应**（exothermic reaction），把吸收热的反应称为**吸热反应**（endothermic reaction）。例如，氢气在氧气中燃烧生成水的反应是放热反应，而水分

解为氢气和氧气的反应则是吸热反应。

观察思考

完成下列实验，感受化学反应中的热。

【实验1】向一支试管中放入用砂纸打磨光亮的镁条，加入5 mL 2 mol·L^{-1}盐酸，用手触摸试管外壁，感受试管外壁的温度变化。

【实验2】在100 mL烧杯中加入约20 g经研磨的八水合氢氧化钡晶体［$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$］，然后加入约10 g氯化铵晶体，用玻璃棒搅拌，使之充分混合。在烧杯下垫一块沾有水的玻璃片，一段时间后提起烧杯，观察实验现象。用手触摸烧杯外壁，感受温度变化。

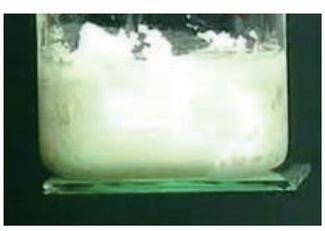


图 6-10　氢氧化钡晶体与氯化铵晶体的反应

上述两个实验中，一个反应放热使温度升高，另一个反应吸热使温度降低。此外，天然气、酒精、汽油、木材等可燃物的燃烧反应，酸碱中和反应等都是放热反应；而高温下煅烧石灰石等反应则是吸热反应。

通过触摸反应容器可以感受到化学反应伴随的放热或吸热现象。但如何定量地表示一个特定的反应放出或吸收的热呢？用**热化学方程式**（thermochemical equation）可以帮助我们解决这一问题。在热化学方程式中，要标明所有物质在反应条件下的状态（气态、液态、固态分别用g、l、s表示），反应放出或吸收的热用ΔH表示，负值表示在该条件下反应放热，正值表示在该条件下反应吸热。例如：

$$CaCO_3(s) = CaO(s) + CO_2(g) \quad \Delta H = 178.2\ kJ \cdot mol^{-1} \quad (1)$$

$$C(s) + O_2(g) = CO_2(g) \quad \Delta H = -393.6\ kJ \cdot mol^{-1} \quad (2)$$

反应（1）中，1 mol $CaCO_3$吸收178.2 kJ的热，完全分解生成1 mol CaO和1 mol CO_2气体；反应（2）中，1 mol C与1 mol O_2完全反应生成1 mol CO_2气体，放出393.6 kJ的热。

学以致用

1. 在一定条件下，1 mol氮气与1 mol氧气反应生成2 mol一氧化氮气体，吸收180 kJ的热。则该反应的热化学方程式为

_____。

2. H_2、CO、CH_4完全燃烧的热化学方程式可以分别表示为：

$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) = H_2O(l)$　$\Delta H = -285.8\ kJ\cdot mol^{-1}$

$2CO(g) + O_2(g) = 2CO_2(g)$　$\Delta H = -565.2\ kJ\cdot mol^{-1}$

$CH_4(g) + 2O_2(g) = CO_2(g) + 2H_2O(l)$

$\Delta H = -890.3\ kJ\cdot mol^{-1}$

完全燃烧相等物质的量的上述物质，放出热的大小顺序为_____。

参加化学反应的每一种物质内部都贮存着一定的能量。当反应物的总能量小于生成物的总能量时，反应物需要吸收能量才能转化为生成物；当反应物的总能量大于生成物的总能量时，反应物转化为生成物就会放出能量。如果化学反应中的能量变化主要表现为热的形式，反应就伴随着热的吸收或释放（图6-11）。

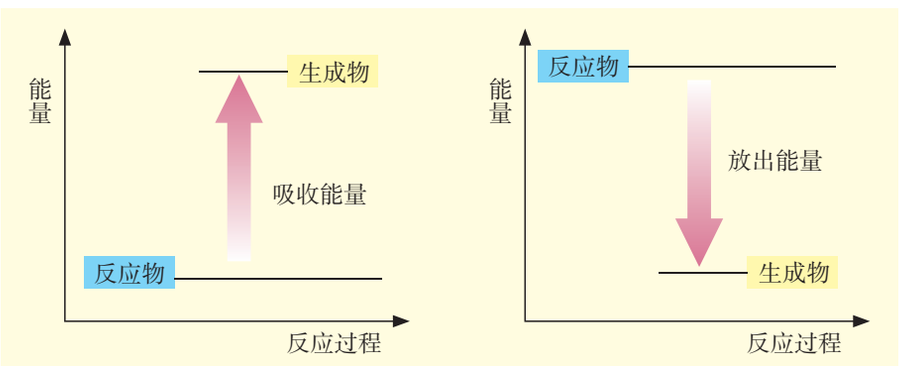


图 6-11　化学反应中的能量变化

化学反应中的能量变化是宏观上的变化，不仅可以用反应物与生成物的总能量的变化来说明，还可以用微观上化学键的断裂与形成来解释。研究表明，物质发生化学反应时，需要吸收能量以断开反应物中的化学键，在形成生成物中的化学键时放出能量。若反应过程中断开化学键所吸收的总能量大于形成化学键所放出的总能量，则反应过程中吸收能量；反之，若反应过程中断开化学键所吸收的能量小于形成化学键所放出的能量，则反应过程中放出能量。

拓展视野

利用键能估算化学反应中的能量变化

断开气态物质中1 mol某种共价键生成气态原子需要吸收的能量，就是该共价键的键能（bond energy）。共价键的键能

越大，该共价键越牢固。部分共价键的键能如下表所示：

表 6-3　某些共价键的键能

共价键	键能 /（kJ·mol^{-1}）	共价键	键能 /（kJ·mol^{-1}）
H—H	436.4	C—C	347.7
Cl—Cl	242.7	H—Cl	431.8
H—O	462.8	N≡N	941.7

对于化学反应$H_2 + Cl_2 = 2HCl$，能量的变化可以表示为：

断开反应物中的化学键所吸收的能量	1 mol H_2中的H—H键	436.4 kJ
	1 mol Cl_2中的Cl—Cl键	242.7 kJ
	总和	679.1 kJ
形成生成物中的化学键所放出的能量	2 mol HCl中的H—Cl键	431.8 kJ × 2
	总和	863.6 kJ
反应最终放出的能量	863.6 kJ – 679.1 kJ =	184.5 kJ

所以该反应的热化学方程式可以表示为：

$$H_2(g) + Cl_2(g) = 2HCl(g) \quad \Delta H = -184.5\ kJ\cdot mol^{-1}$$

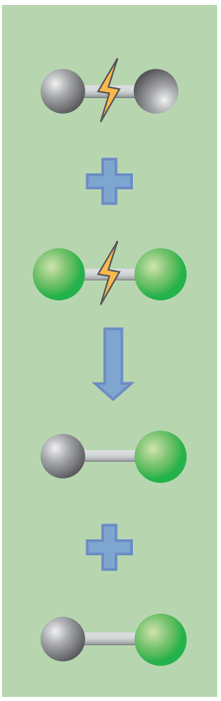


图 6-12　氯化氢形成过程中化学键的变化

燃料燃烧释放的能量

人类自从学会了用火，便以草、木等作为燃料，利用燃烧放出的热从事各种活动。而后，煤、石油等化石燃料相继被开采出来，供人类使用，燃料的更替为人类工业文明的产生和发展奠定了基础。

生活中常见的燃料有煤、石油、天然气等。为什么质量相同的不同燃料，完全燃烧后放出的热不相等？这与燃料的**热值**（heat value）有关。热值是指一定条件下单位质量的可燃物完全燃烧所放出的热。常见燃料的热值如表6-4所示。

表 6-4　几种燃料的热值

物质	煤炭	石油	天然气	氢气
热值 /（$kJ \cdot g^{-1}$）	约33	约48	约56	143

由表6-4的数据可知，热值最大的是氢气，其次是天然气，较小的是石油、煤炭。但由于氢气在制备、存储、运输、开采成本等方面存在诸多的问题，煤、石油等化石燃料仍然是当今较为主要的能源。

交流讨论

近30年来，我国部分年份的能源消费结构如图6-13所示。它呈现什么特点？在30年间发生了哪些变化？为什么会发生这样的变化？请你查阅资料，并与同学讨论。

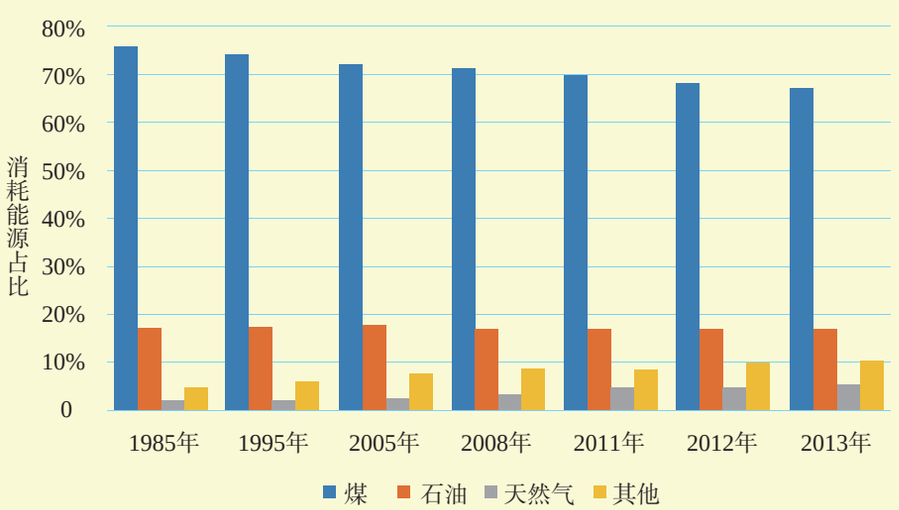


图 6-13　我国能源消费结构的变化

我国是非常依赖化石燃料的国家，尤其是煤，它在我国的能源消费结构中占据了相当大的比例，约为60%，远高于世界平均水平（约27%）。煤等化石燃料的燃烧常常伴随着大量烟尘、CO、SO_2、氮氧化物（NO_x）等有毒有害物质的排放，后两者还能导致酸雨，对环境的破坏非常严重。而且，燃料燃烧过程中，一般只有约1/3的能量可以实现有效转化，其他部分则转化为废热排出或损耗掉，燃料使用效率不高。

当今环境问题突出，环境保护刻不容缓。为了解决燃料燃烧中存在的问题，化学工作者在许多方面进行了卓有成效的努力与探索。一是节约现有的能源，尤其是减少作为燃料的煤和石油的开采，将更多的化石燃料留给后人；二是提高燃料的使用效率，减少对环境的污染，利

用化学方法将化石燃料转化为清洁燃料，如将煤经气化转化成煤气，或使煤经液化形成液体燃料，降低氧、氮、硫元素含量，减少污染，增大其中氢元素含量，提高燃烧效率；三是积极开发优质的新能源，氢能、水能、太阳能、风能等都是更清洁、更高效的能源。

图 6-14　水力发电

图 6-15　太阳能的利用

图 6-16　风力发电

氢燃料的应用前景

选择决策

氢气燃烧只生成水，对环境无污染，符合“低碳”原则，是一种非常理想的清洁燃料，但目前氢能的大规模使用受到限制。如何解决氢燃料应用面临的困境?

氢气的热值在普通燃料中是最高的，燃烧1 g氢气能释放出143 kJ的热，是汽油的3倍多。氢气燃烧的产物只有水，不会产生对环境有害的污染物，是一种清洁燃料。因此，氢气被普遍认为是未来理想的绿色燃料。目前，制氢和储氢已成为全球瞩目的课题。将太阳能转化为电能，再将水催化电解获得氢气，其中最关键的高效、廉价、绿色的催化技术已有突破性的进展。

氢气密度小，熔点低，难液化，贮存液氢的容器要求高。科学家正致力于研究具备良好吸收和释放氢气性能的合金（如镧镍合金等），这将为解决氢气贮存问题开辟新的方向。贮氢合金在一定条件下吸收氢气形成金属氢化物，在加热时又可释放出氢气。

氢气作为燃料，已有广泛的应用。发射人造卫星和载人飞船的运载火箭常用液氢作燃料。我国于1980年研制成功低温条件下也容易发动，对发动机腐蚀作用小的氢动力汽车。2017年10月，我国的氢燃料混合动力有轨电车在世界上首次成功投入商业运行（图6-17），最高运行时速70 km。这种零排放、无污染、低噪声、能源可再生、转化效率高的新型轨道交通工具，将给人类文明带来新的机遇。

图 6-17　世界首列氢燃料有轨电车

利用氢燃料电池发电，逐步取代当前污染环境、不可再生的化石燃料，最终形成“无碳”的清洁能源产业。化学科学发展将在极大程度上促进现有的石油经济体系向氢经济（hydrogen economic）结构转型，实现绿色发展目标。

拓展视野

太阳能及其利用

大自然利用太阳能最成功的是植物的光合作用，地球上每年通过光合作用储藏的太阳能相当于全球能源年消耗量的10倍左右，这就是光–生物质能的转化。植物体内的叶绿素等物质将水、二氧化碳转化为葡萄糖，进而生成淀粉、纤维素，其本质是发生了光–化学能的转换。

$$6H_2O + 6CO_2 \xrightarrow[\text{叶绿素}]{\text{光}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

动物摄入体内的淀粉、纤维素能水解转化为葡萄糖，葡萄糖氧化生成二氧化碳和水，释放出热，供给生命活动的需要。

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O \xrightarrow{\text{催化剂}} nC_6H_{12}O_6$$

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) = 6H_2O(l) + 6CO_2(g)$$

$$\Delta H = -2\,804\ kJ\cdot mol^{-1}$$

图 6-18　太阳能的转化

人类直接利用太阳能，有两种常见的方式：

1. 光–热转换

这是目前技术最成熟、成本最低廉、应用最广泛的形式。其基本原理是利用太阳辐射能加热物体而获得热能，如地膜、大棚、温室、太阳能热水器、反射式太阳灶、高温太阳炉等。

2. 光–电转换

光–电转换主要用于发电，有两种方式：一种是光–热–电转换方式，另一种是光–电转换方式。

（1）光–热–电转换是利用太阳能发电，一般是由太阳能集热器发电，太阳能集热器吸收的热能使水转化为水蒸气，再驱动汽轮机发电。

（2）光–电直接转换是利用光电效应，将太阳辐射能直接转换为电能。光–电转换的基本装置是太阳能电池，它适用于电子仪表、光电信号器件、无人中继站、高山气象站等方面。

图 6-19　光–电转换

理解应用

1. 下列说法中错误的是（　　）

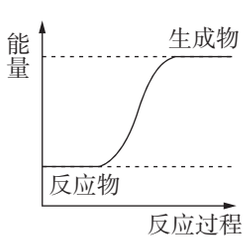
A. 燃料的燃烧反应都是放热反应

B. 一定量的燃料完全燃烧放出的热比不完全燃烧放出的热多

C. 清洁燃料的首要条件是燃烧不会产生对环境有害的污染物

D. 选择燃料只需考虑燃料热值的大小

2. 某反应A + B ═══ C + D的能量变化如右图所示，下列说法中正确的是（　　）



A. 该反应为放热反应

B. 该反应为吸热反应

C. 反应物的总能量高于生成物的总能量

D. 该反应只有在加热条件下才能进行

3. 氢能是最具前景的清洁能源之一，目前水分解制氢技术及贮氢材料的开发应用都取得了很大进展。已知：$2H_2(g) + O_2(g) \xlongequal{} 2H_2O(l)$　$\Delta H = -571.6\ kJ\cdot mol^{-1}$。下列说法错误的是（　　）

A. 1 mol $H_2O(l)$分解制得1 mol H_2需要吸收571.6 kJ的能量

B. 氢气作为新能源具有热值高、无污染、资源丰富、可再生等优点

C. 贮氢材料具有能大量、快速和高效率地吸收和释放氢气的特点

D. 利用太阳能光催化分解水制氢是一种理想的制氢手段

4. 下列变化过程中放出热的是_____（填序号）。

① 液态水汽化　② 稀释浓硫酸　③ 高温下碳酸钙分解　④ 镁条与盐酸反应　⑤ 硝酸铵固体溶于水　⑥ 铁丝在纯氧中燃烧　⑦ 氢氧化钾溶液与硝酸反应　⑧ 八水合氢氧化钡固体与氯化铵固体混合搅拌

5. 依据下列气体燃烧的化学方程式，比较完全燃烧相同条件下等体积的下列气体需要的空气体积的大小。

天然气（以甲烷计）、石油液化气（以丁烷计，丁烷化学式为C_4H_{10}）、水煤气（以CO、H_2体积比1∶1计）。

6. 乙炔（C_2H_2）气体在氧气中完全燃烧放出大量热，形成高温火焰（氧炔焰），可以用于焊接或切割钢板。已知乙炔在氧气中完全燃烧的热化学方程式是：

$$2C_2H_2(g) + 5O_2(g) = 4CO_2(g) + 2H_2O(l)$$

$$\Delta H = -2\,599.2\ kJ\cdot mol^{-1}$$

则1 kg乙炔在氧气中完全燃烧生成CO_2和液态水放出多少热？

7. 已知碳酸钙分解的热化学方程式为：

$$CaCO_3(s) = CaO(s) + CO_2(g) \quad \Delta H = 178.2\ kJ\cdot mol^{-1}$$

欲使1 t $CaCO_3$完全分解，需要提供多少热？若通过煤炭燃烧来提供热，则至少需要燃烧多少千克煤炭？（已知煤炭的热值为33 $kJ\cdot g^{-1}$）

8. 我国煤炭的年消耗量较大，不仅利用率低，给环境也带来了不利影响。请查阅资料，阐述如何对煤炭进行技术处理，以解决目前存在的问题。

9. 为什么说氢气是最理想的“绿色燃料”？它有哪些方面的具体应用？

第三单元 化学能与电能的转化

我们已经知道，化学反应伴有吸热或放热现象，这是化学能与热能相互转化的表现。除热能以外，化学能还可以转化为光能、机械能、电能等其他形式的能量。各种各样的电池就是化学能与电能转化的最好体现。

图 6-20 家用干电池

图 6-21 纽扣电池

图 6-22 手机电池

目标预览

通过本单元内容的学习，要求同学们努力达到：

能理解化学能与其他形式能量的转化；认识化学能转化为电能的原理及其在生产、生活中的应用；形成化学有助于提高人类生活质量的观念。

化学能转化为电能

在现代生活中，化学电源发挥着越来越重要的作用。大到人造卫星、飞机、新能源汽车，小到电脑、手机、电子手表，都离不开化学电源。尤其是电子产品的日趋丰富，化学电源与人类生活的关系越来越密切。那么，化学电源是如何对外提供电能的呢?

学生必做实验

基础实验

完成下列实验，将观察到的实验现象和得到的实验结论填入表6-5。

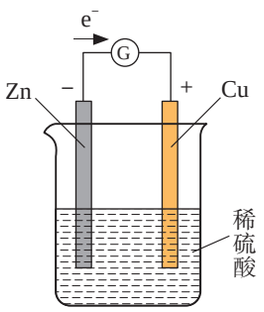


图 6-23　原电池示意图

1. 把一块锌片和一块铜片分别插入盛有稀硫酸的烧杯里，观察实验现象。

2. 把一块锌片和一块铜片同时插入盛有稀硫酸的烧杯里，观察实验现象。

3. 用导线把步骤2中的锌片和铜片连起来，观察实验现象。

4. 在步骤3的导线中间连接一个灵敏电流计（图 6-23），观察实验现象。

表 6-5　化学能转化为电能的实验

实验步骤	实验现象	实验结论
步骤1		
步骤2		
步骤3		
步骤4		

通过步骤4的实验可以看出，锌片逐渐溶解，铜片表面有气泡产生，电流计指针发生偏转，说明这个装置可以将化学能转化为电能。

反应过程中的电流是这样形成的：

1. 在锌片（负极）上，锌失去电子形成锌离子（Zn^{2+}）进入溶液：$Zn - 2e^- = Zn^{2+}$。电子经锌电极流向导线。

2. 从锌电极流出的电子经导线通过电流计流入铜电极。

3. 在铜片（正极）上，流入铜电极的电子使溶液中的氢离子还原成氢气：$2H^+ + 2e^- = H_2\uparrow$。

4. 铜电极附近溶液中的氢离子减少，电解质溶液中的阳离子向铜电极附近发生定向迁移，使电极和溶液形成电流回路。

上述化学能转化为电能的反应可表示为：

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

我们把将化学能转变为电能的装置称为**原电池**（primary battery）。在原电池中，两个电极上分别发生氧化反应和还原反应。还原剂在负极发生氧化反应，失去电子；电子通过导线由原电池的负极流向正极，氧化剂在正极得到电子发生还原反应。原电池就是这样通过化学反应将化学能转化为电能的。

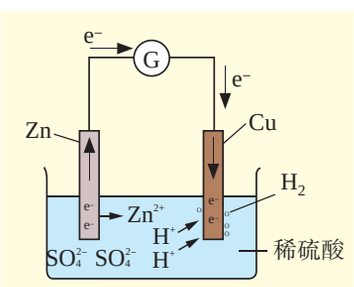


图 6-24　原电池反应原理示意图

拓展视野

钢铁的电化学腐蚀原理及其应用

钢铁在潮湿的空气中很容易被腐蚀，因为在潮湿的空气里，钢铁表面吸附了一层薄薄的水膜，水膜里含有少量H^+、OH^-和氧气等，从而形成一层电解质溶液，它与钢铁里的铁和少量碳形成了无数微小的原电池。在这些微小的原电池中，主要发生了下列反应：

负极（铁）：$2Fe - 4e^- = 2Fe^{2+}$

正极（碳）：$2H_2O + O_2 + 4e^- = 4OH^-$

铁失去电子被氧化，Fe^{2+}与OH^-结合成$Fe(OH)_2$，$Fe(OH)_2$进一步被氧气氧化为$Fe(OH)_3$。

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

$Fe(OH)_3$在一定条件下发生脱水反应，生成红色的铁锈（主要成分为$Fe_2O_3 \cdot xH_2O$）。

不纯的金属与电解质溶液接触，发生原电池反应，比较活泼的金属失去电子被氧化，这种腐蚀（corrosion）叫作电化学腐蚀。

钢铁电化学腐蚀的原理在生活中应用广泛。例如，生活中常用的取暖产品——暖贴，就是以此原理制成的。暖贴的内部含有铁粉、活性炭、食盐、蛭石、木粉的混合物。铁粉、活性炭、食盐一旦与空气中的氧气和水蒸气接触就会形成原电池，木粉能够吸水并保持水分，蛭石能够保温。原电池的形成加快了铁被氧气氧化的速率，短时间内产生较多的热，供人们取暖。

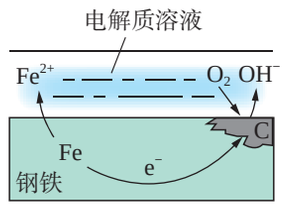


图 6-25 钢铁的电化学腐蚀原理示意图

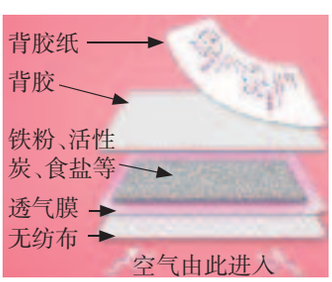


图 6-26 暖贴的内部结构示意图

化学电源

依据原电池反应的原理，我们可以设计一个装置，通过氧化还原反应即可实现化学能向电能的转化。

实验探究

利用铜片、锌片（可从废旧干电池中拆取）或铝片、纯碱溶液、白醋（或橙子、芦柑）等日常生活中的材料即可制作简

易电池。如图6-27所示，利用橙子、金属片以及导线制作的简易电池能使电流计指针偏转。

图 6-27　由橙子制成的简易电池

简易电池无法长久稳定地使用，于是人们发明并制造了多种多样的能够较长时间稳定持续供电的**化学电源**（chemical power source）。化学电源的能量转化率比燃料燃烧高得多。化学电源不仅在生活中得到了广泛的应用，在高科技领域乃至航天技术中也是不可或缺的。

化学电源有一次电池、二次电池和燃料电池之分。一次电池用过之后不能复原，二次电池充电后能继续使用。

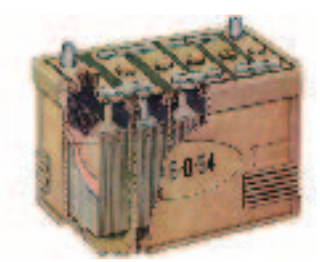


图 6-28　铅蓄电池

拓展视野

常见化学电源

化学电源在生产、生活中应用十分广泛。常见化学电源主要有锌锰干电池、银锌纽扣电池、铅蓄电池等。它们的组成及反应原理如表6-6所示。

表 6-6　常见化学电源的组成与反应原理

电池名称	电池组成	电池反应	特点与应用
锌锰干电池	锌、石墨棒、二氧化锰、氯化锌、氯化铵	$Zn + 2NH_4Cl + 2MnO_2 = Zn(NH_3)_2Cl_2 + 2MnO(OH)$	电压1.5 V，用途广泛
银锌纽扣电池	锌、氧化银、氢氧化钾溶液	$Zn + Ag_2O + H_2O \underset{\text{充电}}{\overset{\text{放电}}{\rightleftharpoons}} Zn(OH)_2 + 2Ag$	电压1.6 V，放电平稳
铅蓄电池	铅、二氧化铅、硫酸	$PbO_2 + Pb + 2H_2SO_4 \underset{\text{充电}}{\overset{\text{放电}}{\rightleftharpoons}} 2PbSO_4 + 2H_2O$	电压2.0 V，广泛用于机动车辆
镍氢电池	贮氢合金、泡沫氧化镍、氢氧化钾溶液	$NiO(OH) + MH \underset{\text{充电}}{\overset{\text{放电}}{\rightleftharpoons}} NiO + M + H_2O$（MH表示贮氢合金M中吸收结合的氢）	电压1.2 V，寿命长，性能好
氢氧燃料电池	铂碳/氢气、铂碳/氧气、氢氧化钾溶液	$2H_2 + O_2 = 2H_2O$	用于航天飞机、牵引车等
甲醇-空气燃料电池	钯碳/甲醇、铂-烧结镍/空气、氢氧化钾溶液	$2CH_3OH + 3O_2 + 4OH^- = 2CO_3^{2-} + 6H_2O$	能量转化率高

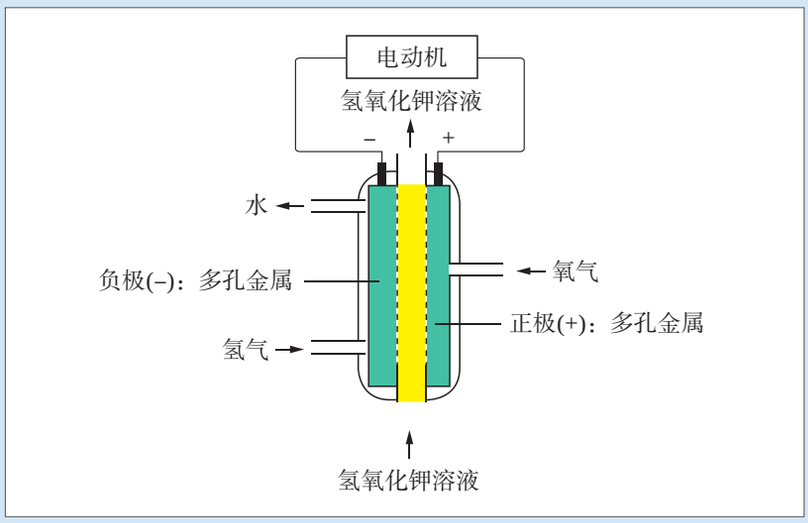


图 6-29　氢氧燃料电池反应原理示意图

当电池与用电器相连时，电池中能转化成电能的化学能是一定的，一旦电能耗尽后便无法继续放电，此时一次电池需要更换电池，二次电池需连接电源充电。

拓展视野

简易燃料电池的制备

1. 将碳电极放在高温火焰上灼烧到红热，迅速浸入冷水中，制得多孔碳棒电极。选用0.5 mol·L^{-1}的Na_2SO_4溶液为电解质溶液。电源用3~6 V直流电源，发光二极管的起辉电压为1.7 V，电流为0.6 mA。将上述材料组装成简易的燃料电池装置（图6-30）。

2. 按下开关S_1，接通电源，电解溶液约半分钟，碳棒上分别产生明显的气泡。

3. 断开开关S_1，按下开关S_2，可以观察到二极管的发光现象。

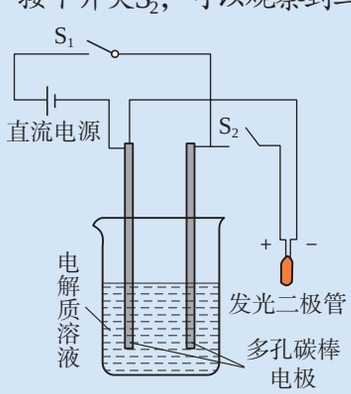


图 6-30　自制燃料电池装置图

随着科技的发展，越来越多的新型电池面世，其中锂离子电池是笔记本电脑、手机等数码产品中使用最为广泛的电池。它兴起于20世纪90年代，具有供电稳定、可反复充放电、使用寿命长、便携、无污染等优点，在一定程度上改变了人们的生活方式。

与原电池将化学能转化为电能相反，**电解池**（electrolytic cell）是将电能转化为化学能的装置。在生产、生活实际中，许多化学反应都是通过**电解**（electrolysis）的方法来实现的。例如，电解水制得氢气和氧气；电解饱和食盐水制备烧碱、氯气和氢气。在这些例子中，电能转化为化学能。利用电解我们可以获得普通化学方法难以制备的物质。

拓展视野

电解在物质制备中的应用

钠、镁、铝、钙等单质的化学性质很活泼，不能在自然界中稳定存在，用普通的化学方法难以将它们制备出来。工业上采用电解的方法制取这些金属单质。以石墨作为电解池的两个电极电解熔融的氧化铝（氧化铝的熔点特别高，需要加入冰晶石以帮助其熔化）可得到单质铝。

在直流电作用下，铝离子在阴极得到电子，被还原为单质铝。

$$\text{阴极：}Al^{3+} + 3e^- = Al$$

氧离子在阳极失去电子，被氧化为氧原子，并结合成氧分子。

$$\text{阳极：}2O^{2-} - 4e^- = O_2\uparrow$$

上述反应可综合表示为：

$$2Al_2O_3 \xlongequal{\text{通电}} 4Al + 3O_2\uparrow$$

与电解熔融的氧化铝类似，电解熔融的氯化钠、氯化镁、氯化钙可分别得到钠、镁、钙的单质和氯气。

电解的方法能使通常条件下无法自发进行的化学反应进行下去，在一些活泼单质的制取、金属的精炼、某些有机化合物的合成中应用广泛。

理解应用

1. 在盛有稀硫酸的烧杯中放入用导线连接的铁片和铜片，下列叙述中正确的是（　　）

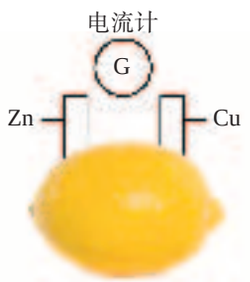
A. 铜片上有H_2逸出

B. 电子通过导线由铜片流向铁片

C. 溶液中的H^+向铁片附近定向迁移

D. 铁片发生的反应是$Fe - 3e^- \xlongequal{} Fe^{3+}$

2. 将锌片和铜片按图示方式插入柠檬中，电流计指针发生偏转。下列关于该装置的说法中，正确的是（　　）



A. 将电能转换为化学能

B. 电子由铜片流出

C. 锌片是负极

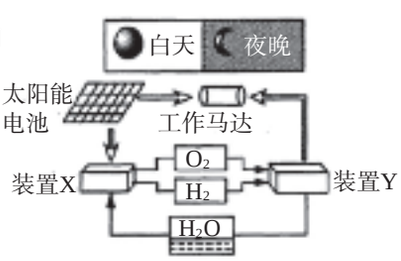
D. 铜片逐渐被腐蚀

3. 银锌纽扣电池放电时的反应为$Zn + Ag_2O + H_2O \xlongequal{} Zn(OH)_2 + 2Ag$，下列有关说法中错误的是（　　）

A. Zn是电池的负极　　B. Ag_2O为正极，发生还原反应

C. 电解质溶液可能是稀盐酸　　D. 银锌电池具有体积小、质量轻的优点

4. 右图是一种航天器能量储存系统原理示意图。下列说法中正确的是（　　）



A. 该系统中只存在3种形式的能量转化

B. 装置Y中在负极发生反应的物质是O_2

C. 装置X能实现燃料电池的燃料和氧化剂再生

D. 装置X、Y形成的子系统能实现物质的零排放，并能实现化学能与电能间的完全转化

5. “盐水动力”玩具车的电池以镁片、活性炭为电极，向极板上滴加食盐水后电池便可工作，电池反应为$2Mg + O_2 + 2H_2O \xlongequal{} 2Mg(OH)_2$。下列关于该电池的说法中，错误的是（　　）

A. 镁片作为正极

B. 食盐水作为电解质溶液

C. 电池工作时镁片逐渐被消耗

D. 电池工作时实现了化学能向电能的转化

6. 请说出下列过程中能量转化的主要形式。

（1）铅蓄电池的充电过程。

（2）铅蓄电池的放电过程。

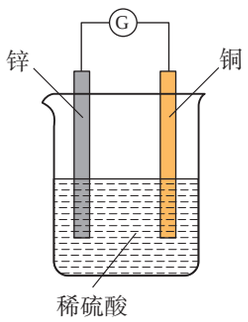
（3）氢气在氧气中燃烧。

（4）氢气和氧气在燃料电池中反应。

（5）电解水。

（6）高温分解水。

7. 如右图所示，将锌、铜通过导线相连，置于稀硫酸中。



（1）铜片上的现象是_____，电极反应式为_____。

（2）电流由_____经导线流向_____，说明_____为正极，_____为负极。

（3）若反应过程中有 0.2 mol 电子发生转移，则生成的氢气在标准状况下的体积为 _____。

（4）若将电解质溶液换成硫酸铜溶液，能否形成原电池？若能，请写出电极反应式；若不能，请说明理由。

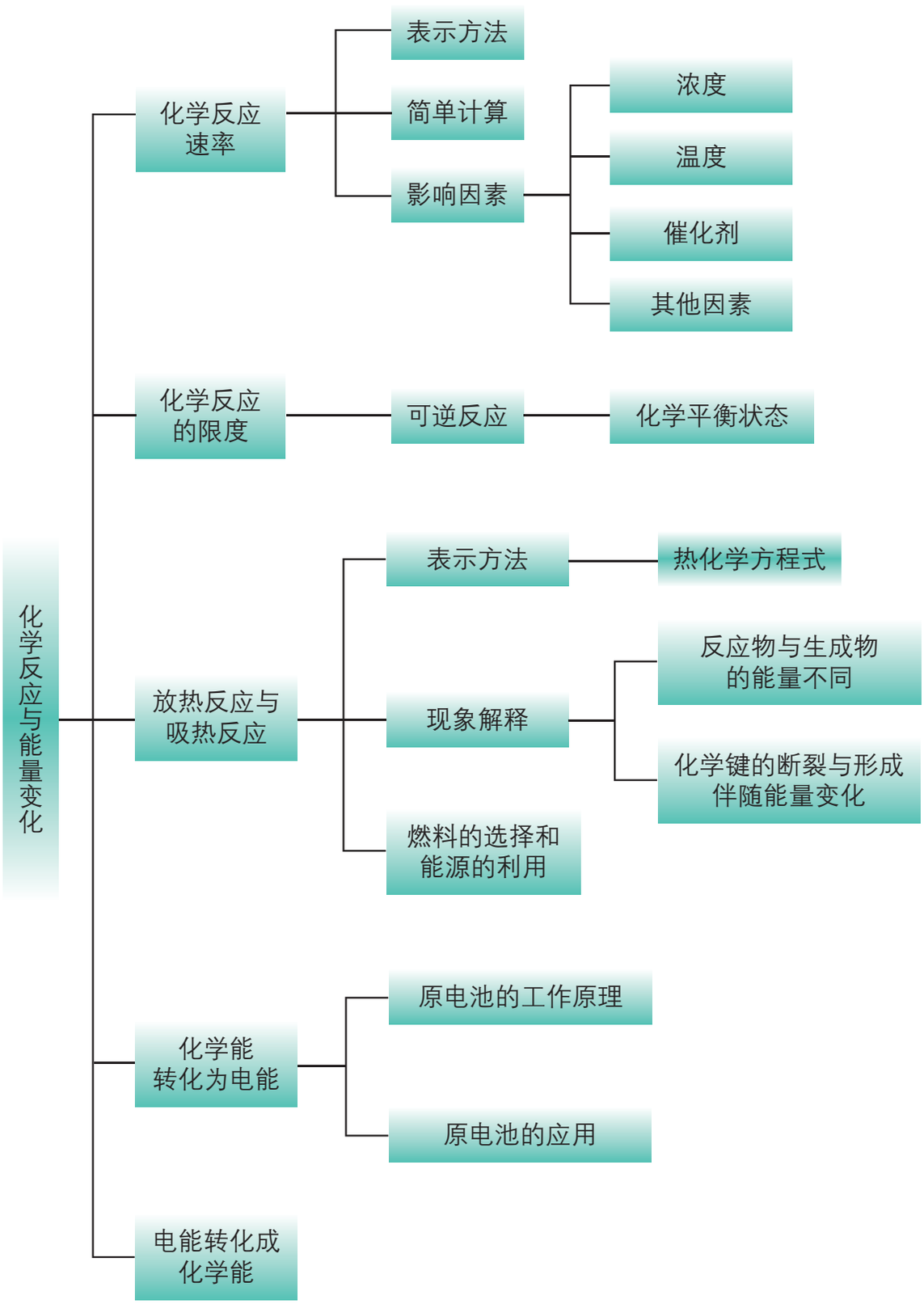
8. 现有锌片、铁片、铜片、石墨棒、稀硫酸、稀醋酸、硫酸铜溶液等药品，请根据要求回答下列问题。

（1）将锌片直接插入稀硫酸中，发生反应的化学方程式是 _____。

（2）用导线将锌片和石墨棒连接，再插入稀硫酸中，发生的反应_____（填“是”或“不是”）原电池反应，外电路中电子移动的方向是_____，石墨棒上的现象是_____。

（3）请你在题目所给药品中进行适当的选择，另组三个不同的原电池，并写出每个原电池的正、负极反应及总反应。

建构整合


化学反应与能量变化
化学反应速率
表示方法
简单计算
影响因素
浓度
温度
催化剂
其他因素
化学反应的限度
可逆反应
化学平衡状态
放热反应与吸热反应
表示方法
热化学方程式
现象解释
反应物与生成物的能量不同
化学键的断裂与形成伴随能量变化
燃料的选择和能源的利用
化学能转化为电能
原电池的工作原理
原电池的应用
电能转化成化学能

回顾与总结

请参照下列问题或线索，回顾和总结本专题的学习内容。

- 研究化学反应速率有何意义？
- 怎样表示化学反应速率？如何计算平均反应速率？
- 影响化学反应速率的因素有哪些？它们是如何影响化学反应速率的？
- 何为控制变量法？试举例说明。
- 如何理解化学反应的限度？
- 举例说明什么是可逆反应。
- 从正、逆反应角度描述化学平衡状态。
- 什么是放热反应？什么是吸热反应？
- 如何表示化学反应中热的释放和吸收？
- 举例说明热化学方程式与普通的化学方程式有何异同。
- 从化学键的角度解释为什么化学反应会伴随能量变化。
- 举例说明什么是热值。为什么煤炭的热值不高，但使用的比例很高？
- 如何解决当今面临的燃料使用效率低和环境污染的问题？
- 氢作为燃料有何优点？推广使用氢能需要具备哪些条件？
- 举例说明原电池是如何将化学能转化为电能的。写出铜锌原电池的电极反应式和电池反应方程式。
- 列举生活中常见的化学电源，它们各具有什么特点？
- 举例说明氢氧燃料电池的工作原理。
- 举例说明电解的特点及应用。

综合评价

1. 下列反应中，生成物能量总和高于反应物能量总和的是（　　）

A. $Zn(s) + CuSO_4(aq) = ZnSO_4(aq) + Cu(s)$　$\Delta H = -216\ kJ\cdot mol^{-1}$

B. $CaO(s) + CO_2(g) = CaCO_3(s)$　$\Delta H = -178.2\ kJ\cdot mol^{-1}$

C. $H_2(g) + I_2(s) = 2HI(g)$　$\Delta H = 53\ kJ\cdot mol^{-1}$

D. $H^+(aq) + OH^-(aq) = H_2O(l)$　$\Delta H = -57.2\ kJ\cdot mol^{-1}$

（注：aq表示某物质的水溶液）

2. 2 L恒容密闭容器中，充入0.6 mol X气体和0.4 mol Y气体，发生如下反应：$3X(g) + Y(g) = nZ(g) + 2W(g)$，5 min末容器中W的物质的量为0.2 mol。若测得前5 min以Z浓度变化来表示的平均反应速率为0.01 $mol\cdot L^{-1}\cdot min^{-1}$，则：

（1）上述反应的化学方程式中 Z 的化学计量数 n 的值是（　　）

A. 1　　B. 2　　C. 3　　D. 4

（2）上述反应在 5 min 末时，已消耗掉 Y 的物质的量分数是（　　）

A. 20%　　B. 25%　　C. 33%　　D. 50%

（3）下列措施可以加快该反应速率的是（　　）

A. Y 的物质的量减少为 0.2 mol

B. 将容器体积扩大至 4 L

C. 升高温度

D. 向容器中充入与反应无关的氩气

3. 某锌–空气电池反应为$2Zn + O_2 = 2ZnO$，电解质溶液为NaOH溶液。下列说法错误的是（　　）

A. 锌片作电池的负极

B. 氧气在正极发生还原反应

C. 理论上每转移1 mol 电子消耗标准状况下氧气的体积为5.6 L

D. 电池工作时，电解质溶液中OH^-向正极移动

4. 在下列化学方程式后面的括号中，填入与反应相应的能量转换形式，并讨论其实际应用。

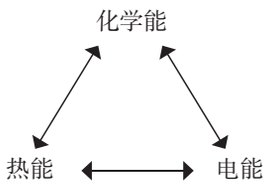
（1）银锌电池：$Zn + Ag_2O + H_2O \underset{\text{充电}}{\overset{\text{放电}}{\rightleftharpoons}} Zn(OH)_2 + 2Ag$（　　）

（2）氧炔焰切割金属：$2C_2H_2 + 5O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 4CO_2 + 2H_2O$（　　）

（3）$6H_2O + 6CO_2 \xrightarrow[\text{叶绿素}]{\text{光}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$（　　）

（4）$CaCO_3 \overset{\text{高温}}{=\!=} CaO + CO_2\uparrow$（　　）

5. 举例说明下列各能量形式之间的相互转化。



你还能说出其他形式的能量转化吗？

6. 某种燃气的组成是：50%氢气、30%甲烷、10%一氧化碳、6%氮气和4%二氧化碳（均为体积分数）。已知：

$$2H_2(g) + O_2(g) = 2H_2O(l) \quad \Delta H = -571.6\ kJ\cdot mol^{-1}$$

$$2CO(g) + O_2(g) = 2CO_2(g) \quad \Delta H = -565.2\ kJ\cdot mol^{-1}$$

$$CH_4(g) + 2O_2(g) = CO_2(g) + 2H_2O(l) \quad \Delta H = -890.3\ kJ\cdot mol^{-1}$$

计算1 m^3（标准状况）燃气燃烧时放出的热。

7. 利用身边的物品（如废金属片、水果等）制作一个简易电池，测试是否有电流产生。找一个发光二极管，与同学比比看谁制作的电池能使发光二极管更亮。

8. 查阅资料了解电池的发展史，并与同学交流讨论。

9. 我国的民用燃料有蜂窝煤（由煤和少量石灰、黏土等组成）、瓶装液化气（主要成分为丙烷、丁烷等）、煤气（主要成分为氢气和一氧化碳）以及天然气（主要成分为甲烷）等。请你查阅资料调查我国民用燃料变更的历程，分析各种燃料的生产、运输和使用中的优缺点，与同学探讨燃料选择时应注意的问题。

10. 请查阅资料说明氢燃料的具体应用，了解氢燃料推广使用中尚需解决的技术问题。

专题 7

氮与社会可持续发展

氮的固定

重要的含氮化工原料

含氮化合物的合理使用

氮元素在地球上含量丰富，是构成生命体的基本元素之一。大气中的氮是取之不尽的天然资源，它以氮气分子形式稳定存在于自然界，通过化学方法可以将其转变为人类需要的各种含氮化合物。随着社会的不断发展，氮及其化合物在科学技术、工农业生产、人类生活中扮演着越来越重要的角色。

第一单元 氮的固定

化学家在18世纪70年代初发现了空气中含量最多的气体——氮气。氮是粮食作物生长必需的元素，科学家一直探索将空气中的氮转化为植物可吸收的含氮物质。随着世界人口的增长，人类对粮食的需求日益增加，粮食危机成为人类发展难以逾越的鸿沟。直到20世纪初，德国化学家哈伯（F. Haber，1868—1934）在实验室中首次用氮气和氢气合成了氨，从此人类进入了新的农业时代，化肥的使用大大提高了粮食产量。

目标预览

通过本单元内容的学习，要求同学们努力达到：

能依据氮分子的微观结构预测其化学性质；认识人工固氮的化学原理和社会价值；体会化学科学在解决人类社会面临的粮食危机中所发挥的重要作用。

氮分子的结构

温故知新

空气的组成稳定，其总体积中约78%是氮气，约21%是氧气。氮气可能具有怎样的性质？

在自然界中，绝大部分氮元素以游离态的氮气分子形式存在于空气中。实验证明，在通常情况下，氮气与大多数物质很难发生化学反应，说明氮气的化学性质很不活泼。一般认为，氮气分子是由两个氮原子通过共用三对电子结合而成的，氮气分子中存在氮氮三键。氮气分子的电子式和结构式分别为：

$$:N\vdots\vdots N: \qquad N\equiv N$$

破坏氮气分子中氮原子之间的共价键需要很大的能量，所以氮气分子很稳定。但在高温或放电等特殊条件下，氮气分子获得了足够多的能量，也能与一些金属或非金属单质发生反应，生成含氮化合物。

自然固氮

充足的氮能使植物枝叶茂盛，叶片增大，光合作用增强，促进氨基酸和蛋白质的形成，从而使农作物的产量和产品质量得以提高。

将空气中游离态的氮转化成含氮化合物叫作**氮的固定**（fixation of nitrogen），简称固氮。氮的固定主要有**自然固氮**和**人工固氮**两种方式。植物通过自然固氮可以从空气中获得化合态的氮，但这不能满足许多植物生长的需要。

图 7-1　氮是农作物生长的必需元素

自然固氮的途径主要有两种：一种是生物固氮，即自然界中的一些微生物种群（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%；另一种是高能固氮，即通过闪电、火山爆发等途径产生含氮化合物，约占自然固氮的10%。

豆科植物的根部常附有小根瘤，其中含有固氮菌（nitrogen-fixing bacteria），能把空气中的游离氮转化为化合物形态的氨（或铵态氮肥）作为自身的养分。

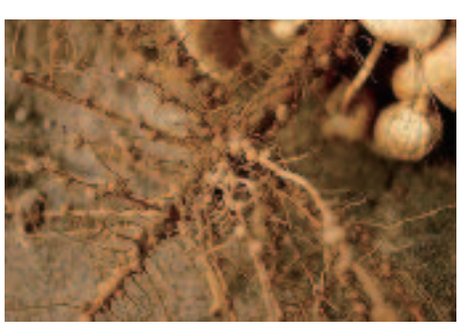


图 7-2　豆科植物的根瘤结构

科学家正致力于探索豆科植物“轻而易举”实现固氮的机理，建立了多种化学模型模拟生物固氮，争取实现在温和条件下固定空气中的氮为人类所用，以解决人工化肥效率不高，以及对土壤和环境带来一定副作用等问题。

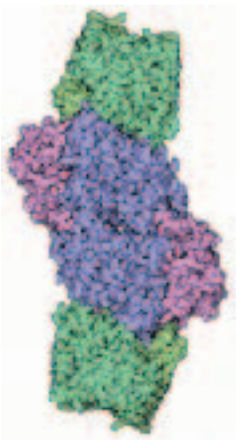


图 7-3　固氮酶

拓展视野

固氮酶

经过几十年的研究，科学家发现根瘤菌中存在固氮酶。固氮酶的分子很大，结构也很复杂，它是由二氮酶和二氮还原酶两种蛋白质组成的。这两种蛋白质对氧非常敏感，一旦遇氧就很快导致固氮酶的失活。在空气中暴露30 s，二氮还原酶的活性就会丧失一半；在空气中暴露10 min，二氮酶的活性也会丧失一半。固氮酶如此怕氧气，所以整个研究过程必须在严格无氧气的条件下进行，这无疑给研究增加了难度。所以，时至今日，化学模拟生物固氮仍在探索之中。

然而，自然界中并不是所有种类的植物都可以像豆科植物那样能利用根瘤自行固氮。在人类合成氮肥之前，大部分植物对化合态氮元素的需求，除动物粪便等有机肥在微生物作用下进入土壤中的成分外，主要依赖于闪电条件下大气中氮元素的转化。

俗话说，“雷雨发庄稼”。这是因为在放电条件下，空气中的氮气与氧气发生反应，生成一氧化氮。一氧化氮在空气中很不稳定，易被空气中的氧气进一步氧化生成二氧化氮，二氧化氮与水反应生成硝酸。

图 7-4　闪电有助于生成氮氧化物

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

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

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

雨水中的硝酸渗入土壤后与矿物质作用生成硝酸盐，其中的硝酸根离子被植物的根系吸收，转化为植物生长所需的养料。

拓展视野

NO和NO_2的性质

在常温下，NO为无色、无味的气体，微溶于水；NO_2为红棕色、有刺激性气味的气体。二氧化氮与水反应生成硝酸和一氧化氮。大气中NO和NO_2达到一定浓度时都会对人体造成伤害，能引发上呼吸道及肺部疾病。人体中极少量的NO有助于促进血管扩张，防止血管栓塞。一氧化氮在调节心脑血管、神经和免疫系统等方面有着十分重要的生物学作用和医学前景，受到人们的普遍重视。二氧化氮在火箭燃料中用作氧化剂，在工业上可以用来制造硝酸。

然而，仅靠自然界的生物固氮和高能固氮，远远不能满足农业生产对氮元素的需求，世界各国越来越迫切需要发展氮肥工业。人工固氮技术是20世纪人类最伟大的成就之一，化学家通过化学反应制得了植物可吸收的含氮化合物，为人类解决粮食短缺问题作出了巨大贡献。

人工固氮——合成氨

温故知新

人工固氮能否以大气中约4/5体积的氮气作为原料，将其转化为氮的化合物？虽然氮气资源丰富、廉价，适合大规模生产，但氮气分子结构稳定，难以发生化学反应。那么，人工固氮需要什么条件才能实现呢？

哈伯和博施（C. Bosch，1874—1940）等化学家经过无数次的失败和不懈努力，最终用锇催化剂在1.75×10^7 Pa、550 ℃的条件下以氮气和氢气为原料，得到浓度为8%的氨，为合成氨的工业化奠定了基础。此后，他们又经过数千次实验的尝试，改变反应条件，并寻找到廉价易得的多种含铁化合物组成的催化剂，于1913年建成了世界上第一座合成氨厂。哈伯和博施也因此在1918年和1931年分别荣获诺贝尔化学奖。

$$N_2(g) + 3H_2(g) \underset{\text{催化剂}}{\overset{\text{高温、高压}}{\rightleftharpoons}} 2NH_3(g) \qquad \Delta H = -92.4\ \text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

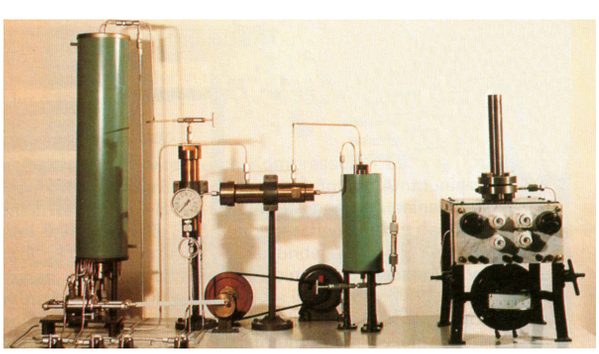


图 7-5　哈伯发明的合成氨实验装置

图 7-6　现代的合成氨工厂

合成氨的原料是氮气和氢气，在较高温度下将混合气体加压后送到合成塔中进行反应。该反应放出大量的热，工业上往往用来预热原料气，以达到反应所需的温度，节约能源。合成氨达到平衡时，混合气体中氨的含量为20%左右，从中分离出氨后，将未反应的氮气、氢气送回合成塔循环使用。

合成氨工业的成功，为植物生长提供足够的氮肥，在很大程度上缓解了地球上有限的耕地资源与庞大的粮食需求之间的矛盾，改变了世界粮食生产的历史，使人类免受饥荒之苦。

交流讨论

据联合国粮农组织（FAO）的统计，化肥对粮食生产的贡献率占40%左右。从20世纪初合成氨技术发明至今，地球上的人口增长了4.5倍，而粮食产量却增长了7.7倍。如果没有这项发明，地球上将有50%的人不能生存，我国也不可能以占世界7%的耕地养活占世界21%的人口。

请以上述数据为线索，查阅资料，写出一篇小论文，并与同学交流讨论。

氮元素在地球大气圈、岩石圈和生物圈中都有广泛的分布，不同圈层的氮元素通过多种化学反应在层间循环。氮循环是自然界中一种重要的循环，对生态系统的调节起着重要的作用。为了促进氮的良性循环，我们要注意维护生态平衡，保护森林，植树绿化，增强生态系统对有害物质的吸收能力；不能过度使用含氮化肥以免污染土壤和水体；控制化石燃料燃烧排放的氮氧化物进入大气。

跨学科链接

自然界的氮循环

不同圈层的氮元素是如何循环的呢？氮分子很稳定，大气中只有少量的氮气通过生物固氮和高能固氮的方式从游离态转化为化合态，进入土壤和海洋。

岩石和矿物中的氮被风化后也进入土壤和海洋，植物从土壤中吸收含氮化合物制造蛋白质，动物则靠食用植物以获得蛋白质；动物的排泄物和尸体残骸以及植物的腐败物等在土壤中被细菌分解，变为含氮化合物，部分被植物吸收；土壤中的硝酸盐也会被细菌分解而转化为氮气，氮气再返回大气中。

海洋接纳了来自土壤和大气中的氮，一部分被生物体吸收。生物死亡后，体内的氮一部分被其他生物体吸收，一部分以挥发性氮化合物的形式进入大气，一部分又返回土壤，还有一部分以沉积物的形式沉积在海洋深处。

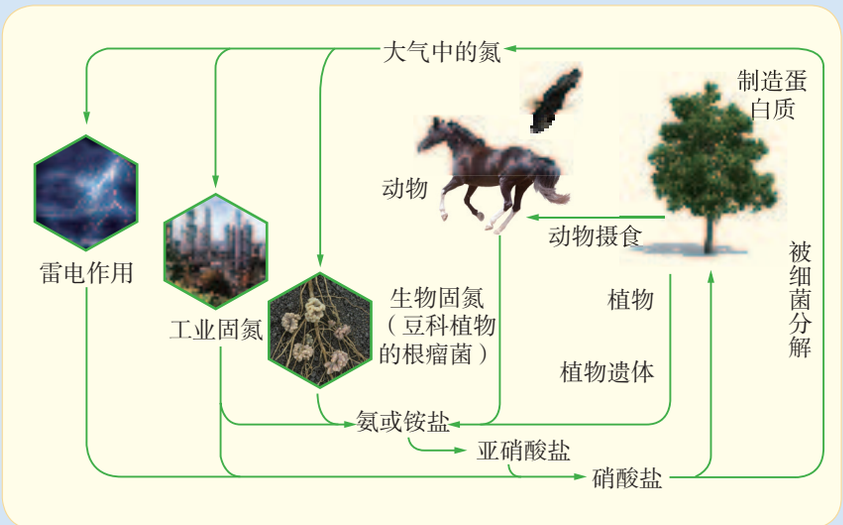


图 7-7　氮元素在自然界中的循环

理解应用

1. 下列反应中，不属于氮的固定的是（　　）

A. N_2和H_2在一定条件下合成NH_3

B. 豆科植物把空气中的氮气转化为化合态的氮

C. 雷电时，空气中的N_2与O_2反应生成NO

D. 由NH_3制碳酸氢铵

2. 生物固氮是指（　　）

A. 生物从土壤中吸收含氮养料

B. 将含氮化合物转变为植物蛋白质

C. 土壤中的硝酸盐被细菌分解转化为氮气

D. 豆科植物根瘤菌将空气中的氮气转变为含氮化合物

3. 下列氮气的用途利用了氮气的哪些性质？

（1）氮气用来代替稀有气体作焊接金属时的保护气。

（2）用充氮包装技术保鲜水果等食品。

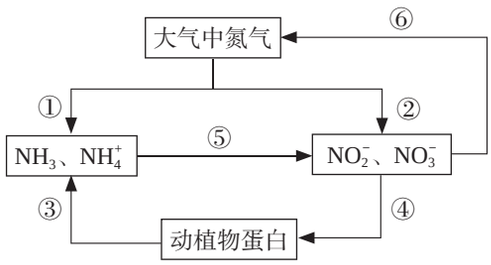
（3）医学上用液氮保存待移植的活性器官。

（4）用氮气生产氮肥。

4. 闪电是大家非常熟悉的自然现象。雷雨天空气中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影响？

5. 全球人工固氮所产生的比氮气更活泼的活性氮数量的增加，虽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。请查阅资料，说明如何减少人类活动对氮循环的影响。

6. 下图所示的氮循环是生态系统物质循环的重要组成部分。



（1）下列说法中错误的是_____（填字母）。

A. 图中①和②的转化过程属于氮的固定

B. ③和④的转化说明含氮有机物和含氮无机物可以相互转化

C. 发生⑤转化的过程中，氮元素被还原

D. ⑥是在反硝化细菌作用下的反硝化过程，该过程有助于弥补人工固氮对氮循环造成的影响

（2）氮循环过程中发生的反应之一可表示为$NH_4^+ + 2O_2 \xlongequal{\text{硝化细菌}} NO_3^- + 2H^+ + H_2O$，该反应中转移的电子数目是_____。

7. 写出镁带在点燃条件下与氮气反应生成氮化镁的化学方程式。分析该反应中化合价发生变化的元素，指出氧化剂和还原剂，并标出电子转移的方向和数目。

第二单元 重要的含氮化工原料

氨气是人工固氮的产物，也是人类制备各种含氮化合物的基础原料。与化学性质相对稳定的氮气不同，氨气容易参与多种化学反应，转化为其他含氮化合物。例如，氨气与酸反应可用于制备各种铵盐，铵盐是最常用的氮肥；氨气经过氧化等一系列过程可以生成硝酸，硝酸是最重要的无机强酸之一，也是重要的化工原料。氮的许多化合物在工农业生产和人类生活中发挥着极为重要的作用。

目标预览

通过本单元内容的学习，要求同学们努力达到：

能从不同视角认识含氮化合物之间转化的条件和方式；能运用化学变化的知识说明氨气、硝酸的化学性质；能根据实际需要设计无机化合物转化与制备的方案。

氨　气

氨气（ammonia）在通常状况下是无色、具有刺激性气味的气体，密度比空气小（在标准状况下，氨的密度是0.771 $g \cdot L^{-1}$）。

氨气容易被液化，在常压下冷却至–33.5 ℃或在常温下加压至700~800 kPa，氨气就液化成无色液体，同时放出大量的热。液态氨汽化时要吸收大量的热，使周围的温度急剧下降，所以液态氨在工业上常用来作制冷剂。

图 7-8　液氨制冷系统

观察思考

观察下列实验，将观察到的实验现象和分析得到的结论填入表7-1。

【实验1】在干燥的烧瓶内充满氨气，塞上带有玻璃管和胶头滴管（预先吸入少量水）的胶塞。按图7-9所示组装实验装置。打开橡皮管上的止水夹，挤压胶头滴管，观察现象。

【实验2】在一支洁净的试管中滴加几滴浓氨水，将湿润的红色石蕊试纸（或pH试纸）粘在玻璃棒一端靠近试管口，观察试纸颜色的变化情况。

【实验3】在一只洁净的烧杯中放两个棉花球，在两个棉花球上分别滴几滴浓氨水和浓盐酸，用表面皿盖住烧杯口，观察现象。

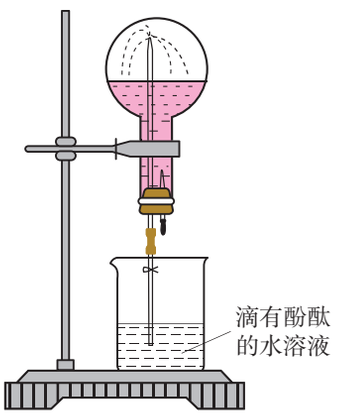


图 7-9　喷泉实验

表 7-1　氨的性质实验

实验序号	实验现象	主要结论
实验1		
实验2		
实验3		

氨气极易溶于水，常温常压下，1体积水大约可溶解700体积氨气。氨气溶于水形成的水溶液称为氨水。氨水中的氨分子大部分与水分子结合成一水合氨（$NH_3 \cdot H_2O$），一水合氨可部分电离成铵根离子和氢氧根离子，所以氨水显弱碱性。

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

用氨水作氮肥，成本较低，但易挥发，直接施用肥效低，浓度较大时还会烧伤作物茎叶，必须加大量的水稀释。氨水对眼睛、呼吸道等有强烈的刺激作用，贮存、运输和施用的要求也比较高。目前人们已很少在农田中直接施用氨水。

氨可以与酸反应，生成**铵盐**（ammonium salt）。

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$
$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

铵盐大多是无色晶体，运输、储存比较方便，并且都能溶于水，易于被农作物吸收。因此，固态氮肥已经代替了氨水，成为目前使用最广泛的化肥。

NH_3是氮的最低价（–3价）化合物，氨中的N可以失去电子，化合价升高，在一定条件下氨与氧化剂作用时作还原剂，表现出还原性。在通常情况下，氨与氧气不易反应，但在加热和催化剂（如铂丝或Cr_2O_3）存在下，氨与氧气反应生成一氧化氮和水，并放出热。这一反应叫作氨的催化氧化，它是工业制备硝酸的重要反应之一。

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \xlongequal[\triangle]{\text{催化剂}} 4NO(g) + 6H_2O(g) \qquad \Delta H = -904\ kJ\cdot mol^{-1}$$

硝　酸

硝酸（nitric acid）是一种无色、易挥发、具有刺激性气味的液体，沸点为83 ℃，密度为1.42 $g\cdot cm^{-3}$，能与水以任意比互溶。

硝酸不稳定，在常温下受热或见光会发生分解，生成红棕色的二氧化氮气体。因此，硝酸应密封贮存在低温、避光处。市售浓硝酸的质量分数约为69%，常因溶有少量NO_2而略显黄色。

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

观察思考

观察下列有关硝酸性质的实验，将实验现象和分析所得结论填入表7-2中。

【实验1】将铜片置于具支试管的底部，通过分液漏斗加入2 mL浓硝酸，将产生的气体通入倒置于水槽里充满水的集气瓶中（图7-10），观察实验现象。

【实验2】在上述装置中，用分液漏斗向试管内加5 mL水，稀释硝酸，继续收集产生的气体，观察实验现象。

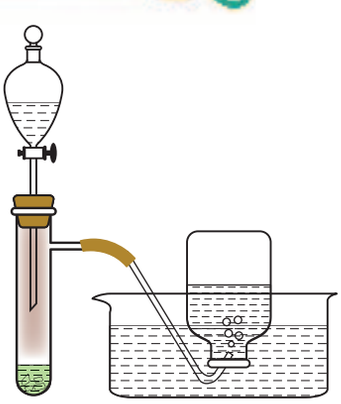


图 7-10　铜片与浓硝酸的反应装置

表 7-2　硝酸的性质实验

实验序号	实验现象	化学方程式
实验1		
实验2		

硝酸是一种氧化性很强的酸，能与绝大多数金属（除金、铂等少数金属以外）、许多非金属以及有机物发生氧化还原反应，其中+5价的氮被还原。浓硝酸与铜反应生成的气体主要是二氧化氮，稀硝酸与铜反应生成的气体主要是一氧化氮。

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

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

常温下，浓硝酸与浓硫酸相似，也能使铝、铁表面形成致密的氧化膜而钝化，所以可以用铝质或铁质容器盛放浓硝酸。

浓硝酸在加热的条件下，还能与木炭等非金属单质发生氧化还原反应。

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

硝酸是一种重要的化工原料，常用来制造氮肥、染料、塑料、炸药、硝酸盐等。

学科提炼

氮及其化合物的转化

在大量实验的基础上，化学家利用大气中的氮气为原料建立了合成氨工业。氨的合成不仅为人类解决粮食危机作出了不可磨灭的贡献，而且为含氮化合物的制备奠定了重要的基础。以氨气为原料，通过非氧化还原反应的途径可以将氨转化成铵态氮肥，而以氧化还原反应方式则可将氨转化成硝酸等重要的无机化工产品。

理解应用

1. 在实验室里，应当储存在棕色试剂瓶中的试剂是（　　）

A. 浓硝酸　　B. 浓盐酸

C. 浓硫酸　　D. 氯化钠

2. 氨的喷泉实验体现了氨的下列性质中的（　　）

A. 还原性　　B. 极易溶解于水

C. 易液化　　D. 氧化性

3. 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

4. 简单分析下列现象或做法。

（1）久置浓硝酸呈黄色。

（2）常温下，铝质或铁质容器可用于贮运浓硫酸和浓硝酸。

（3）实验室浓硝酸需用棕色试剂瓶盛放，并置于冷暗处。

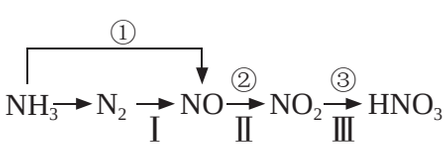
5. 写出下列反应的化学方程式，若为氧化还原反应，请标出电子转移的方向与数目。

（1）铜与稀硝酸反应。

（2）氨气与氯化氢气体反应。

（3）硫与浓硝酸反应生成 H_2SO_4 并产生红棕色气体。

6. 不同价态含氮物质的转化可用下图表示，图中线路①②③是工业生产硝酸的主要途径，线路Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ是雷电固氮过程中硝酸的产生途径。

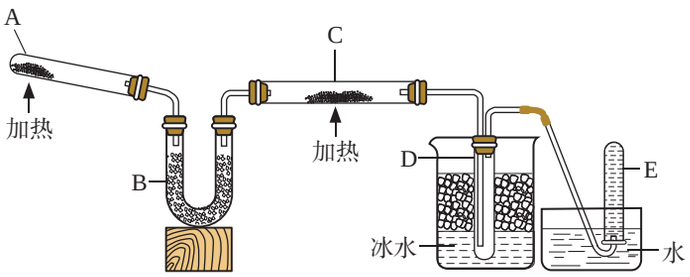


（1）写出各变化的化学方程式，如果属于氧化还原反应，指出其中的氧化剂和还原剂。

（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条件下，用氨把一氧化氮还原成可直接排入大气的无色、无毒气体。请写出有关反应的化学方程式。

7. 溶质质量分数为25%的浓氨水，密度是0.91 $g\cdot cm^{-3}$。用等体积水稀释，所得氨水的溶质质量分数是多少？若稀释后的氨水密度是0.95 $g\cdot cm^{-3}$，试计算它的物质的量浓度。

8. 已知氨可以与灼热的氧化铜反应生成氮气和金属铜，用下面示意图中的装置可以实现该反应。



A中装有的NH_4Cl和$Ca(OH)_2$混合物在加热条件下，可以发生反应生成$CaCl_2$、NH_3和H_2O。

试回答下列问题：

（1）B中加入的物质是碱石灰（CaO和NaOH的混合物），其作用是_____。

（2）实验时在C中（装有CuO）观察到的现象是_____，发生反应的化学方程式是_____。

（3）实验时在D中观察到的现象是_____，收集到的物质是_____。

9. 向质量为3.36 g的Cu和CuO的混合物中加入足量的稀硝酸，在加热条件下反应至混合物完全溶解，同时收集到224 mL（标准状况）NO气体。试回答下列问题：

（1）写出Cu和CuO分别与稀硝酸反应的化学方程式：_____，_____。

（2）计算产物中$Cu(NO_3)_2$的物质的量。

第三单元 含氮化合物的合理使用

含氮化合物在生产、生活中发挥着越来越重要的作用。含氮化合物的生产和使用，也会给我们的生活和社会发展带来一些不利的影响。如过量和不当施用氮肥引起的土壤和水体污染，汽车发动机尾气中的氮氧化物导致空气污染等。合理使用含氮化合物必须首先了解其性质，以减少或消除有害环境的物质。

目标预览

通过本单元内容的学习，要求同学们努力达到：

能以含氮化合物之间的转化为例，分析和探讨化学工业对人类健康、社会可持续发展可能带来的双重影响；能运用绿色化学的思想对化学品的生产和使用进行初步的评估，提出处理环境污染物的建议。

铵盐的性质

通常把由铵根离子与酸根离子形成的离子化合物称为铵盐。对铵盐性质的研究，是科学、高效使用氮肥的前提和基础。

铵盐多为无色、易溶于水的晶体，都含有铵根离子，具有一些类似的性质。下列实验可以帮助我们进一步探究铵盐的化学性质。

实验探究

仔细观察下列实验现象，并将有关反应的化学方程式填入表7-3中。

【实验1】取少量氯化铵和碳酸氢铵，分别放入两支试管中，在酒精灯火焰上微热，观察发生的现象。

【实验2】将少量氯化铵与少量氢氧化钙混合后放入试管中，在酒精灯火焰上微热，用湿润的红色石蕊试纸检验反应产生的气体。

表 7-3　铵盐的性质实验

实验序号	实验现象	化学方程式
实验1		
实验2		

从上述实验可以看出，铵盐受热容易分解。

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

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

铵盐与强碱共热能放出氨气。

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

该反应常用于实验室制备NH_3。

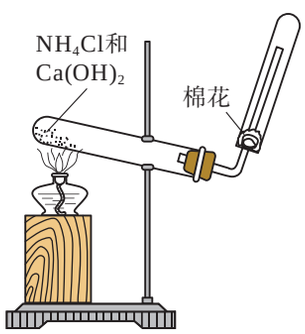


图 7-11　实验室制备NH_3的反应装置

学以致用

实验发现，把少量硫酸铵放在研钵中，再加入一些熟石灰，用研杵混合研磨，慢慢可以闻到刺激性气味。请用化学方程式解释产生上述实验现象的原因。

常见氮肥及其使用

氮肥主要有铵态氮肥、硝态氮肥和尿素。

根据铵盐的化学性质，铵态氮肥在使用时要注意两点：低温保存，深施盖土，避免受热；不可以跟碱性物质（如草木灰等）混合使用。

硝态氮肥包括硝酸钠、硝酸钙等，易溶于水。NO_3^-不易被以带负电荷为主的土壤胶粒所吸附，在潮湿的土壤中流动性大，容易被植物吸收。在土壤湿度大的情况下，硝酸根经微生物作用可还原成气体（NO、N_2O、N_2）逸出，这种反硝化作用往往导致硝态氮肥的损失。

学以致用

请根据氮肥的特性回答下列问题：

（1）为什么硝态氮肥不宜在高温天气、多雨的水田区施用，而多用于冷凉的旱地？

（2）为什么适应在pH较高的石灰性土壤中生长的植物优先使用硝态氮肥，而适应在酸性土壤中生长的植物优先使用铵态氮肥？

尿素（urea）的分子式为$CO(NH_2)_2$，属于有机氮肥，是一种白色晶体，其中氮的质量分数约为46.7%，是目前固态氮肥中含氮量最高的一种化肥。

图 7-12　尿素晶体

图 7-13　生长茂盛的农作物

工业上用氨气和二氧化碳在一定条件下合成尿素。尿素是一种中性肥料，适用于各种土壤和作物。施用尿素后，土壤中的微生物将其吸收，使其水解成碳酸铵或碳酸氢铵，缓慢释放氨气被作物吸收利用。因此，通常在作物需肥期前4～8天施用。由于尿素肥效高、易保存、使用方便，长期使用对土壤的破坏作用小，所以它是目前使用量最大的一种氮肥。

拓展视野

复合肥料

氮、磷、钾是植物生长必需的三种营养元素，土壤中的氮、磷、钾通常不能满足农作物生长的需求，需要施用含氮、磷、钾的化肥来补充。依据化学肥料中含有的植物营养素，可以把化肥分为氮肥（含有N元素）、磷肥（含有P元素）、钾肥（含有K元素）、微肥（微量元素肥料的简称）和复合肥料（含有两种或两种以上主要营养元素）等。其中，氮肥、磷肥、钾肥是植物需求量较大的化学肥料。

复合化肥是一种优质、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、副成分少且物理性状好等优点，是正在大力发展和推广的化肥。

化学肥料为增加粮食产量作出了重要的贡献。然而，我国作为化肥使用大国（化肥用量占世界用量的1/5还多），必须高度关注化肥使用不当所引起的环境问题。长期使用化肥的土壤，容易酸化、板结。雨水冲刷使肥料离开土壤，进入溪水、河水和湖泊。水中的肥料会使细菌和藻类迅速生长，并消耗水中的氧气，严重时导致水中含氧量减少，许多水生生物随之死亡、腐烂，水质下降。

从直接施用氨水到广泛使用尿素，人们一直在寻找使用方便、肥效高、对土壤影响小的氮肥。从长远看，要确保国家的粮食安全，必须开发更多绿色的化肥，更科学、合理地使用化肥，同时修复被污染的土壤。在坚持优先保护环境的前提下，力求达到农作物的丰收，是我们未来努力的方向。

氮氧化物的无害化处理

化石燃料的燃烧、硝酸生产等产生的工业废气处理不当和日益增多的机动车辆尾气排放，使得大量氮氧化物排放到空气中，给原本洁净的空气带来了一定程度的污染。那么，怎样用化学的方法来降低和消除这些污染呢?

氮氧化物（NO_x）是大气污染物，主要包括一氧化氮（NO）、二氧化氮（NO_2）。其中，二氧化氮不但会形成酸雨，在日光照射下还能使氧气经过复杂的反应生成臭氧（O_3）。臭氧与空气中的氮氧化物和一些碳氢化合物在紫外线的照射下发生作用后，产生了一种有毒的烟雾，人们称它为**光化学烟雾**（photo-chemical smog）。光化学烟雾具有特殊气味，刺激眼睛，对人体健康、植物生长等都有很大的危害。

拓展视野

光化学烟雾事件

1943年，美国洛杉矶市发生严重的光化学烟雾事件，持续数十天之久，这种烟雾使人眼睛发红、咽喉疼痛、呼吸憋闷、头昏、头痛，不少老人因呼吸衰竭而死亡。光化学烟雾还使远离城市100 km以外的高山上的大片松林枯死，柑橘减产。之后日本的东京、英国的伦敦以及加拿大、澳大利亚、荷兰等国的城市或地区也曾出现过光化学烟雾。

图 7-14　光化学烟雾笼罩下的城市

为了预防和控制氮氧化物的污染，人们采取了许多措施。目前，国际上减少汽车尾气危害的措施主要有以下三种：以甲醇、液化气代替汽油；安装汽车尾气净化装置，将NO_x转化为中性的、无污染的氮气；使用以液化天然气（LNG）或高效燃料电池作为动力的新型环保汽车。

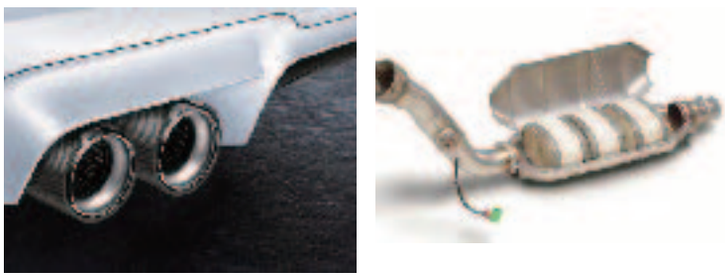


图 7-15　处理汽车尾气的催化转化器

净化装置里含有钯（Pd）等金属元素催化剂，尾气通过净化装置后，其中的有害气体NO、CO转化为无害气体，反应的化学方程式如下：

$$2NO + 2CO \xlongequal{\text{催化剂}} N_2 + 2CO_2$$

氮元素与人类社会的可持续发展密不可分。人们在转化和利用氮元素造福人类的过程中，要重视用化学方法和手段减少甚至消除含氮化合物对环境和人类产生的负面影响。这是21世纪化学工作者义不容辞的社会责任。

理解应用

1. 铵盐可以用于实验室制取氨气，实验装置如图7-11所示。

（1）写出实验室制取氨气的化学方程式：_____。

（2）收集氨气用_____法；干燥氨气可选用_____为干燥剂。

（3）如何检验氨气是否收集满？_____。

（4）实验装置中棉花的作用是_____。

（5）若要制得224 mL（标准状况）氨气，至少需要多少克氯化铵？

（6）若将4 480 mL（标准状况）氨气溶于水配成200 mL溶液，则所得氨水中NH_3的物质的量浓度是多少（氨水浓度以NH_3计）？

2. 硫酸铵是农业生产中常用的一种铵态氮肥。

（1）硫酸铵中氮元素的质量分数是_____。

（2）测得某硫酸铵肥料中氮元素的质量分数为20%，其中可能混有_____（填字母）。

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

（3）如何检验某种化学肥料是铵态氮肥？

3. 大气中下列气体含量的升高会对环境产生一定的影响，请用物质的序号填空。

① 二氧化碳　② 二氧化硫　③ 氮氧化物NO_x

（1）过量会导致温室效应加剧的主要物质是_____。

（2）会造成酸雨的物质是_____。

（3）会导致光化学烟雾的物质是_____。

4. 氮氧化物进入大气后，不仅会形成硝酸型酸雨，还可能形成光化学烟雾，因此必须对含有氮氧化物的废气进行处理。用氢氧化钠溶液可以吸收废气中的氮氧化物，反应的化学方程式如下：

$$NO_2 + NO + 2NaOH = 2NaNO_2 + H_2O \quad ①$$

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

在反应①中，氧化剂是_____，还原剂是_____。在反应②中，氧化剂是_____，还原剂是_____。

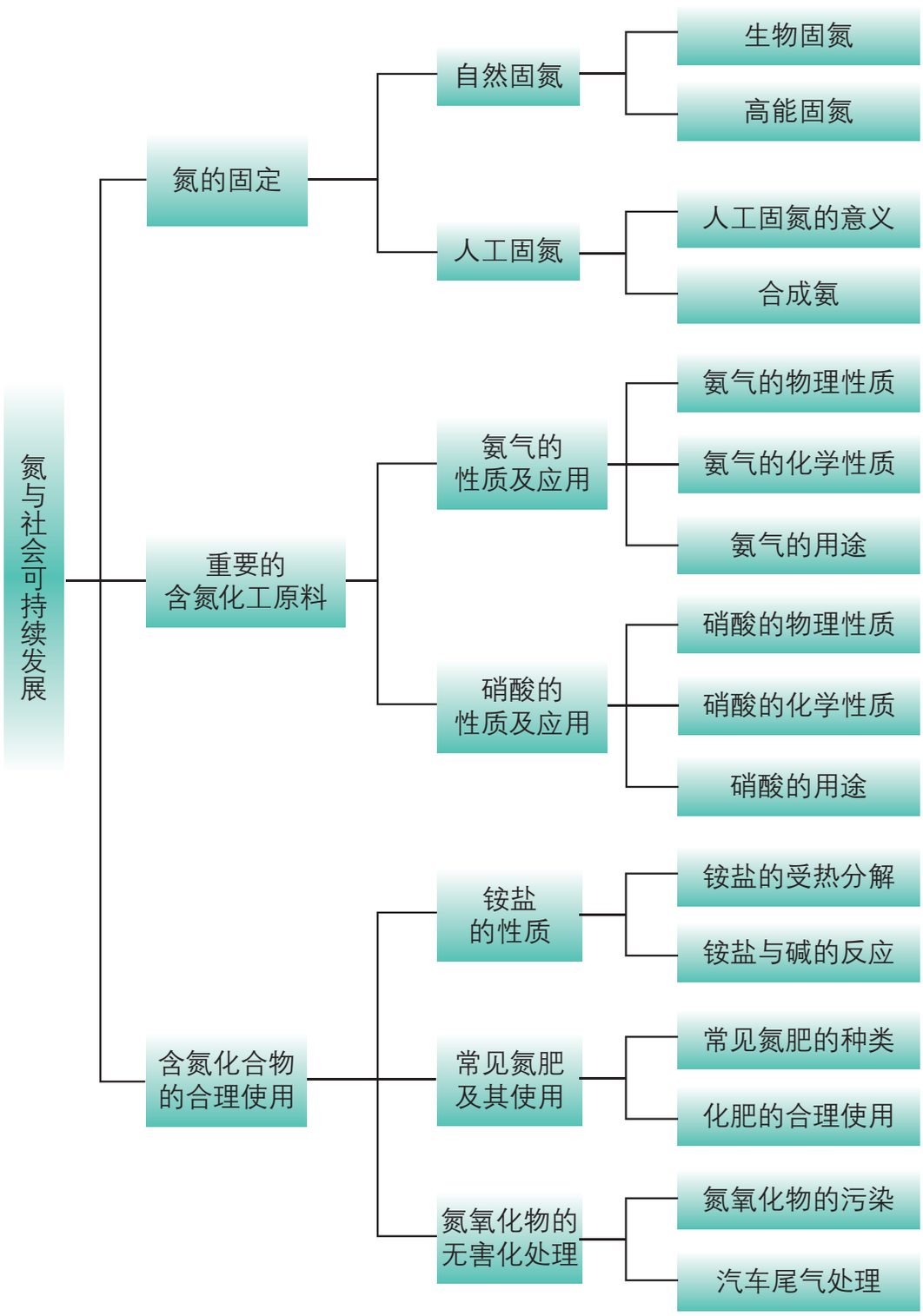
5. 煤炭在我国能源结构中占有重要地位，合理使用有利于社会可持续发展。

（1）控制燃煤产生的SO_2排放，能够减少_____型酸雨的形成。燃煤排放的烟气中还含有其他污染物，请列举一种：_____。

（2）燃煤产生的CO_2用NH_3处理可生产多种化工产品。用氨水吸收CO_2可制得碳酸氢铵（NH_4HCO_3），写出该反应的化学方程式：_____。用液氨与CO_2反应可制备尿素［$CO(NH_2)_2$］。碳酸氢铵和尿素这两种氮肥中，氮元素的质量分数较高的是_____。

（3）煤的气化和液化是实现能源清洁化的重要途径。水煤气中CO和H_2在加热、加压和催化剂存在条件下可以合成甲醇（CH_3OH），甲醇可作为液体燃料。该合成反应的化学方程式为_____。

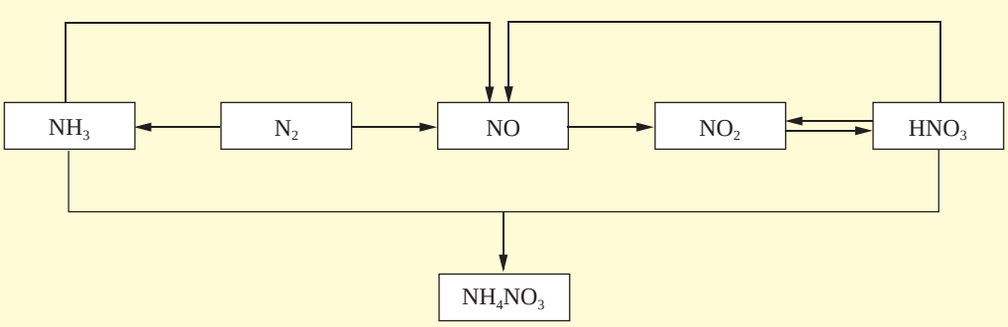
建构整合


氮与社会可持续发展
氮的固定
自然固氮
生物固氮
高能固氮
人工固氮
人工固氮的意义
合成氨
重要的含氮化工原料
氨气的性质及应用
氨气的物理性质
氨气的化学性质
氨气的用途
硝酸的性质及应用
硝酸的物理性质
硝酸的化学性质
硝酸的用途
含氮化合物的合理使用
铵盐的性质
铵盐的受热分解
铵盐与碱的反应
常见氮肥及其使用
常见氮肥的种类
化肥的合理使用
氮氧化物的无害化处理
氮氧化物的污染
汽车尾气处理

回顾与总结

请参照下列问题或线索，回顾和总结本专题的学习内容。

- 常见的固氮方式有哪些？
- 从氮气分子的结构特征能预测其具有什么性质？
- 为什么说人工固氮是20世纪最伟大的科学成就之一？
- 说明合成氨的化学原理和工艺过程。
- 如何从可持续发展的角度理解和维护自然界的氮循环？
- 氨气的物理性质和主要化学性质有哪些？
- 氨气有哪些主要的用途？
- 氨水为什么逐渐退出了化肥市场？
- 铵盐的主要性质有哪些？如何检验铵盐？
- 在农作物的生长过程中过量施用氮肥会对环境造成什么不良影响？
- 硝酸有哪些性质和应用？
- 为什么可用铝质或铁质容器盛放浓硝酸？
- 用化学方程式表示工业上是如何制备硝酸的。
- 空气中污染物NO_x的主要来源有哪些？它们对环境造成了哪些危害？
- 氮氧化物无害化处理的基本原理是什么？
- 我们应如何防治NO_x对空气的污染？
- 按下列线索归纳氮气及含氮化合物的性质和转化条件。



综合评价

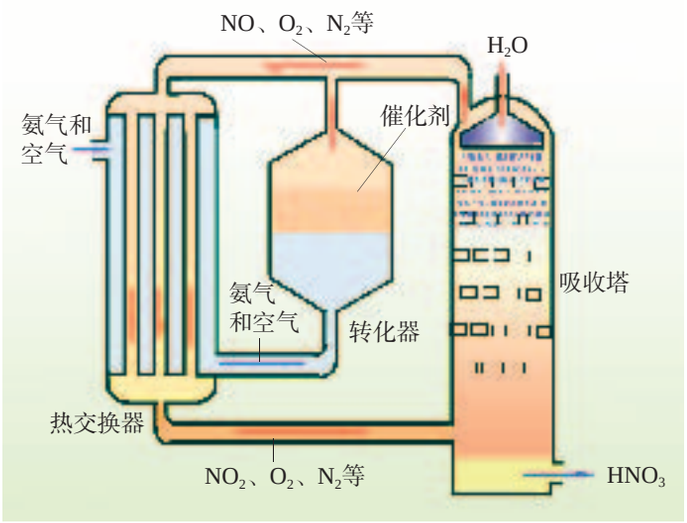
1. 右图是工业上制备硝酸的设备和流程示意图。主要的化学反应如下：

（1）氨气在催化剂作用下与氧气发生反应，生成一氧化氮。

（2）一氧化氮进一步被氧气氧化，生成二氧化氮。

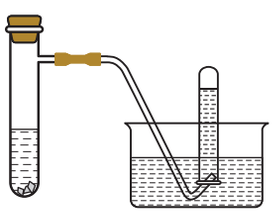
（3）用水吸收二氧化氮，生成硝酸。

请写出工业上制备硝酸的化学方程式。

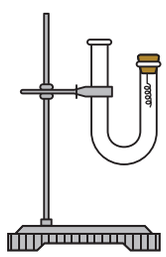


2. 将铁屑溶于过量的稀硫酸中，再加入适量硝酸，反应完全后加入过量的氨水，有红褐色沉淀生成。过滤，灼烧沉淀物至质量不再发生变化，得到红棕色的残渣。上述沉淀是_____，残渣是_____。

3. 甲同学采用图Ⅰ装置验证铜与稀硝酸的反应，并用排水法收集一氧化氮气体。



图Ⅰ



图Ⅱ

（1）反应过程中的实验现象是_____。

（2）乙同学认为虽然收集到的气体为一氧化氮，但并不能说明反应中一定生成一氧化氮。你认为他的理由是_____。

（3）丙同学采用图Ⅱ装置进行实验，证明了铜与稀硝酸反应生成一氧化氮。该实验的步骤如下表所示，请在表格中填写对应的实验现象。

实验步骤	实验现象
① 从U形管左端加入稀硝酸，直至充满U形管右端	—
② 用附有铜丝的胶塞塞住U形管右端，观察现象	
③ 待反应停止后打开胶塞，观察实验现象	

（4）从环境保护角度看，丙同学的实验存在什么缺陷？

4. 金属切削加工废液中含有2%~5%的亚硝酸钠（$NaNO_2$）。为了防止亚硝酸钠污染环境，可以用氯化铵溶液处理废液。亚硝酸钠和氯化铵溶液在加热条件下发生反应，使亚硝酸钠转化为无毒物质。反应可看成两步，亚硝酸钠和氯化铵先反应生成氯化钠和亚硝酸铵，亚硝酸铵再受热分解生成氮气和水。

（1）写出亚硝酸钠与氯化铵反应的化学方程式：_____。

（2）第二步反应中，1 mol亚硝酸铵完全分解，共有_____mol电子转移。

5. 氨气遇到氯气会产生白烟。氯碱工业中用氨气检验氯气管道是否泄漏。

（1）已知白烟成分是氯化铵，反应还生成一种无毒的气态单质。试写出反应的化学方程式：_____。

（2）在反应中，每生成1 mol氯化铵，有_____mol氯气被还原，_____mol氨气被氧化，发生反应的氨气是_____mol。

6. 常见的铵态氮肥有$(NH_4)_2SO_4$（俗称硫铵）、NH_4HCO_3（俗称碳铵）和$CO(NH_2)_2$（俗称尿素）等。试从“含氮量”和“稳定性”的角度解释为什么尿素是目前最优质的氮肥。

7. 阅读下列材料并回答问题。

（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$2NO + O_2 = 2NO_2$，二氧化氮就是二次污染物。在SO_2、NO、NO_2、HCl、CO五种物质中，不会导致二次污染的是_____。

（2）汽车尾气（含一氧化碳、二氧化硫和氮氧化物等）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“催化转化器”，它能使一氧化碳和氮氧化物发生反应生成可参与大气生态循环的无毒气体。

① 汽车尾气中易造成光化学烟雾的物质是_____。

② 写出一氧化碳与一氧化氮反应的化学方程式：_____。

③ 请提出有利于控制城市空气污染源的具体措施：_____。

（3）氨气亦可用来处理氮氧化物。例如，氨气与二氧化氮发生如下反应：

$$6NO_2 + 8NH_3 = 7N_2 + 12H_2O$$

若某工厂排出的废气中二氧化氮含量为0.5%（体积分数），处理$1 \times 10^3\ m^3$（标准状况）这种废气，需要多少千克氨气？

8. 查阅资料或走访环保部门，了解氮氧化物对环境的影响。你可与同学合作，在下列课题中选择一个方面有重点地进行调查。

（1）硝酸型酸雨的产生和危害。

（2）光化学污染。

（3）氮氧化物对臭氧层的破坏。

将收集到的资料以“氮氧化物对环境的污染”为题写一篇小论文，并与其他同学交流。

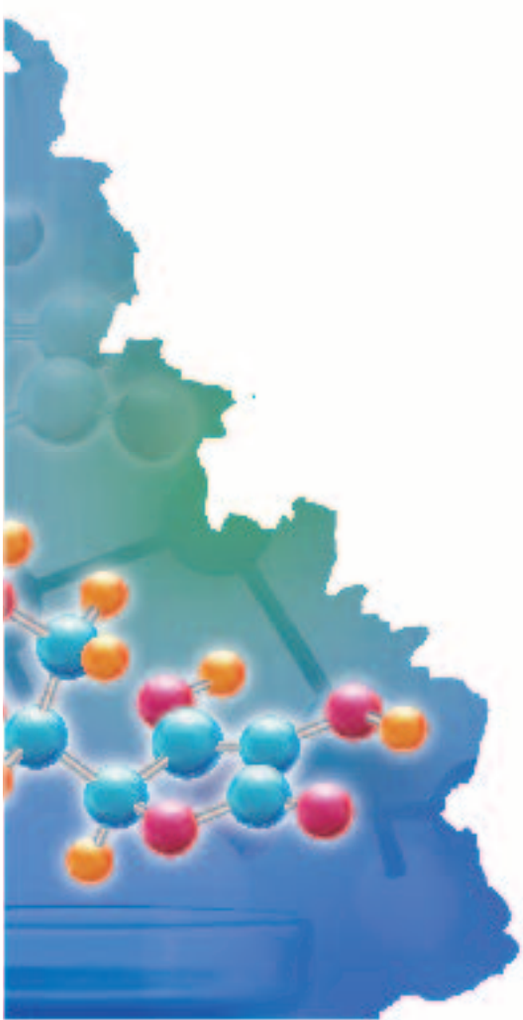
专题 8

有机化合物的获得与应用

化石燃料与有机化合物

食品中的有机化合物

人工合成有机化合物



人类的衣、食、住、行一刻都离不开有机化学。有机化合物是生命活动的物质基础，也是能源开发和新型合成材料研制的基础物质。

近200年来，有机化学蓬勃发展，人工合成的有机物层出不穷。从自然界发现和人工合成的有机物总数已近亿种，且每年仍以近百万种的速度增加着。如此绚烂多彩的有机化合物世界中，蕴藏着物质组成、性质、转化及应用的一系列重要规律。先让我们从最简单的有机化合物——甲烷起步，开启有机化学的探究之旅。

第一单元 化石燃料与有机化合物

煤（coal）、石油（petroleum）和天然气（natural gas）等化石燃料是人们熟悉的物质，也是提高生活水平、发展国民经济、加强国防建设的重要资源。从化石燃料中能获得许多重要的有机化工原料。

我国西部丰富的天然气资源通过“西气东输”工程已在人们的日常生活和经济发展中发挥了巨大的作用，也为西部大开发和有效治理大气污染创造了条件。根据近年的勘察，我国先后在渤海、黄海、东海和北部湾等海域发现了多个较大的油气盆地。据《BP世界能源统计年鉴》统计，截至2016年底，我国石油的探明储量已高达35亿吨，但由于人口众多，我国的人均石油拥有量与世界平均水平之间仍存在着较大的差距。

目标预览

通过本单元内容的学习，要求同学们努力达到：

认识有机化合物的组成和结构特点；能运用结构模型和结构式正确表示简单的有机化合物；能从微观结构说明常见的简单有机化合物的性质和特点。

天然气的利用　甲烷

天然气往往在地层与煤、石油伴生，其主要成分是甲烷（methane），它是最简单的有机化合物。在我国南海和东海的海底已经发现了储量较大的天然气的水合物，并在南海成功进行了试开采。这种水合物外形似冰，被人们称为“可燃冰”。“可燃冰”的发现与开采，将在一定程度上帮助我们缓解目前面临的能源紧缺问题。

图 8-1　“可燃冰”的燃烧

交流讨论

1.已知在标准状况下甲烷的密度是0.717 g·L^{-1}，含碳75%，含氢25%。利用这些数据怎样确定甲烷中碳、氢原子个数比和分子式？

2.写出甲烷分子的电子式，并说明甲烷分子中化学键的形成。

甲烷是一种无色、无味、难溶于水的气体，熔点为–182.5 ℃，沸点为–164 ℃，密度比空气小。

碳原子的最外层有四个电子，可以和其他原子形成四对共用电子对。甲烷分子中碳原子最外层的4个电子分别与4个氢原子的电子形成4个C—H共价键，其分子式为CH_4。

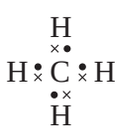


图 8-2　甲烷的电子式

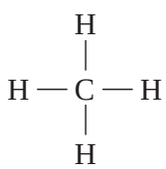


图 8-3　甲烷的结构式

学生必做实验

基础实验

搭建甲烷的球棍模型

观察图8-4所示的碳原子与氢原子的空间位置关系，搭建甲烷分子的球棍模型，说明甲烷分子结构的特点。

图 8-4　甲烷的球棍模型

从图8-4搭建的球棍模型可以看出，甲烷分子具有正四面体空间结构。与甲烷类似，有机化合物分子都有着一定的空间结构，这与有机物的性质有着密切的关系。

CH_4性质稳定，不与强酸、强碱、$KMnO_4$等物质反应。

观察思考

【实验1】点燃甲烷气体，观察燃烧现象，并检验燃烧产物。

表 8-1　甲烷燃烧的实验

燃烧现象	检验产物		
	方法	现象	结论

1 mol 甲烷在空气中完全燃烧生成液态水和二氧化碳，放出 890 kJ 的热，请写出甲烷燃烧的热化学方程式。

【实验2】用一只集气瓶作反应容器，用排饱和食盐水法在集气瓶中先后收集4/5体积的氯气和1/5体积的甲烷气体，用灯光照射瓶中的混合气体。

请描述实验现象：

_____

这些现象说明了什么？

_____

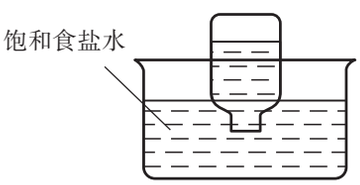


图 8-5　收集甲烷、氯气

甲烷完全燃烧生成二氧化碳和水。与许多气体燃料相比，在相同的条件下，等体积甲烷燃烧释放出较多的热，且燃烧后的产物可直接参与大气循环，所以甲烷是一种高效而洁净的燃料。

甲烷和氯气的混合气体在光照下发生反应，瓶壁上有油状液体生成物附着。这是因为甲烷和氯气在光照条件下发生了下列反应：

$$CH_4 + Cl_2 \xrightarrow{光照} CH_3Cl + HCl \qquad CH_3Cl + Cl_2 \xrightarrow{光照} CH_2Cl_2 + HCl$$

$$CH_2Cl_2 + Cl_2 \xrightarrow{光照} CHCl_3 + HCl \qquad CHCl_3 + Cl_2 \xrightarrow{光照} CCl_4 + HCl$$

在上述反应中，甲烷分子里的4个氢原子逐步被氯原子取代，生成一系列甲烷的氯取代物，如一氯甲烷（CH_3Cl，常温下呈气态）、二氯甲烷（CH_2Cl_2）、三氯甲烷（$CHCl_3$）和四氯化碳（CCl_4）等，后三种生成物在常温下均为油状液体。像这样，有机化合物分子中的某种原子（或原子团）被另一种原子（或原子团）所取代的反应，叫作**取代反应**（substitution reaction）。

从石油炼制的产品中可以获得一系列与甲烷结构很相似的化合物，如乙烷（C_2H_6）、丙烷（C_3H_8）等，它们的结构简式分别为CH_3CH_3、$CH_3CH_2CH_3$，结构式如下图所示：

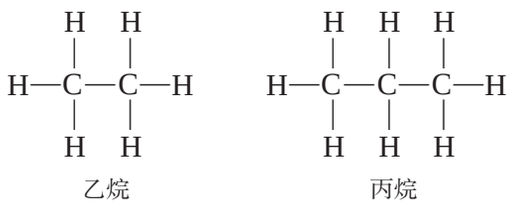


图 8-6　乙烷和丙烷的结构式

这些有机化合物都由碳、氢两种元素组成，我们称之为碳氢化合物，又叫**烃**（hydrocarbon）。在甲烷、乙烷、丙烷、丁烷等分子中，碳原子都以碳碳单键相连，其余的价键均用于与氢原子结合，达到“饱和”，这一系列化合物被称为烷烃。

烷烃的分子组成可用通式C_nH_{2n+2}（n代表分子中碳原子的个数）表示。分子中含1～10个碳原子的烷烃，按分子中碳原子的数目依次称它们为甲烷、乙烷、丙烷、丁烷、戊烷、己烷、庚烷、辛烷、壬烷和癸烷。如果分子中碳原子数超过10个，就直接根据碳原子数称之为某烷。例如，我们将$C_{16}H_{34}$称为十六烷。

我们把这些结构相似、分子组成相差1个或若干个“CH_2”原子团的有机化合物互称为**同系物**（homologue）。

石油炼制　乙烯

石油是一种重要的化石燃料，其组成元素主要是碳和氢，同时还含有少量的硫、氧、氮等元素。石油中含多种液态烃，并溶有少量的气态和固态烃。

通过炼制，我们可以从石油中获得多种有机化合物，石油炼制与国民经济发展的关系十分密切，无论工业、农业、交通运输，还是国防建设都离不开石油产品。分馏、催化裂化、裂解等都是炼制加工石油的常用手段。

观察思考

观察实验室蒸馏石油的实验，分析有关操作和现象。

在250 mL蒸馏烧瓶中加入100 mL石油和一些沸石（或碎瓷片），按图8-7所示装置进行实验，分别收集60～150 ℃、150～300 ℃温度段的馏分。

1. 观察装置中温度计水银球的位置，并分析这样放置的原因。

2. 观察实验中冷凝管内冷凝水的流向，并说明这样做的理由。

3. 结合图8-8说明石油分馏收集得到60～150 ℃、150～300 ℃温度段馏分的主要成分。分别取少量馏分点燃，观察并比较燃烧的现象。

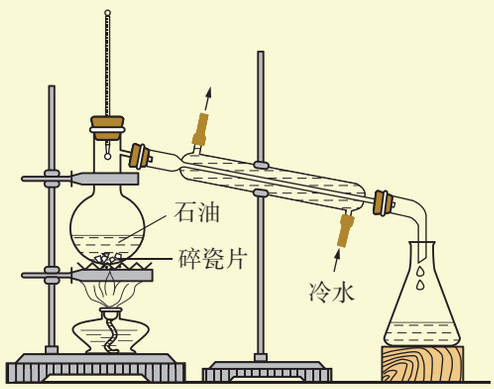


图 8-7　石油蒸馏装置

加热石油时，沸点低的成分先汽化，经冷凝后收集，沸点较高的成分随后汽化、冷凝，这样不断操作，能使沸点不同的成分（馏分）逐步分离出来。这一过程在石油工业中是在分馏塔内进行的，称为石油分馏。

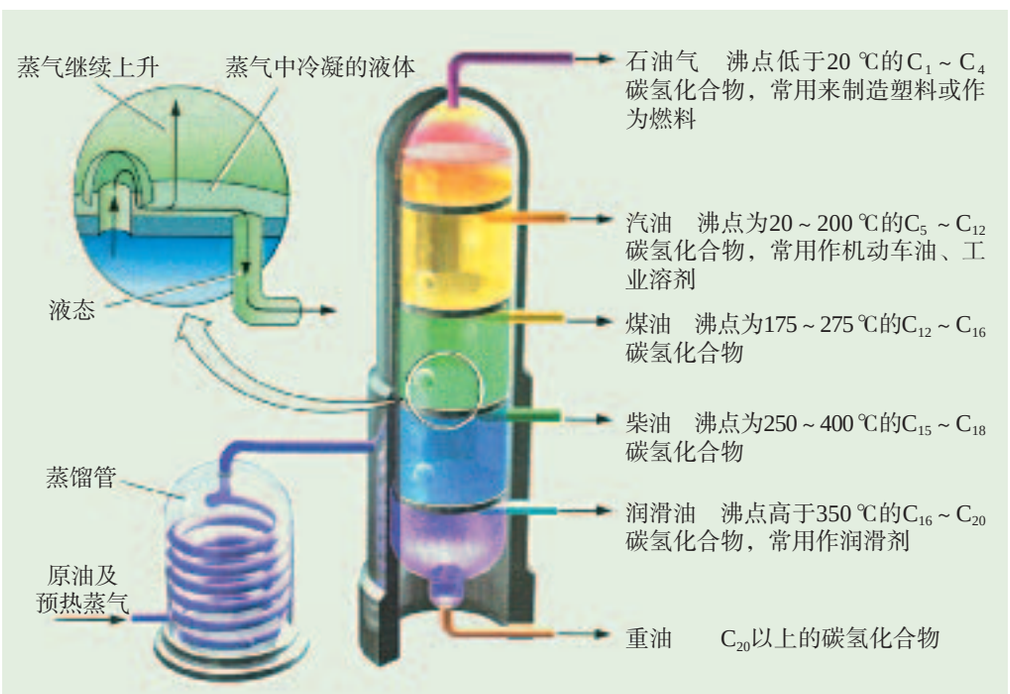


图 8-8　石油分馏产品示意图

石油分馏得到的各种馏分都是混合物，各馏分含有沸点相近的若干种烃，各种烃分子中含有的碳、氢原子数各不相同。随着馏分中烃分子含有的碳原子数增加，碳链增长，相对分子质量增大，它们的沸点也逐渐升高。

为了提高石油分馏产品中低沸点的汽油等轻质油的产量和质量，可以用石油分馏产品中沸点较高的馏分为原料，在加热、加压和催化剂存在条件下，使相对分子质量较大、沸点较高的烃断裂成相对分子质量较小、沸点较低的烃。石油在这种加工炼制过程中发生催化裂化（catalytic cracking）反应。例如，相对分子质量较大的十六烷就可以被裂化为含8个碳原子的烷烃和烯烃。

$$C_{16}H_{34} \xrightarrow[\text{加热、加压}]{\text{催化剂}} C_8H_{18} + C_8H_{16}$$

如果想要获得碳原子数更小的烃类（如乙烯），我们就需要对石油分馏产物（包括石油气）中的长链烃进行裂解（pyrolysis），以比裂化更高的温度（700～800 ℃，有时甚至高达1 000 ℃以上），使这些长链烃断裂成乙烯（$CH_2=CH_2$）、丙烯（$CH_3—CH=CH_2$）等气态短链烃。

拓展视野

汽油的辛烷值

经催化裂化得到的汽油，称为裂化汽油，它就是汽油的基础油，但这种基础油抗爆性较差，无法直接使用。汽油的不完全燃烧造成发动机强烈震动，导致输出功率下降、机件受损。若想提高裂化汽油的抗爆性，必须向其中加入抗爆性优良的成分。早期使用的抗爆剂是四乙基铅，但由于其易造成环境污染，现已被淘汰，改用甲基叔丁基醚（MTBE）等。

为确定所使用的某种汽油在气缸内的抗爆震能力，常常选择最理想的抗爆剂——异辛烷（2,2,4–三甲基戊烷）为参照标准，这就是通常所说的辛烷值，其值越高表示抗爆性越好。不同结构的烃类，具有不同的抗爆震能力。异辛烷的抗爆性好，其辛烷值定为100。正庚烷的抗爆性差，其辛烷值定为0。其他的碳氢化合物也有不同的辛烷值，有可能小于0（如正辛烷），也有可能大于100（如甲苯）。

汽油辛烷值的测定是以异辛烷和正庚烷为标准燃料进行的。调节标准燃料组成的比例，使标准燃料产生的爆震强度与试样相同，此时标准燃料中异辛烷所占的体积分数就是试样的辛烷值。如某种标号的汽油与含异辛烷90%、正庚烷10%

的标准汽油具有相同的抗爆性，则该汽油的辛烷值为90。我们常用的93#汽油的辛烷值为93，就代表与含异辛烷93%、正庚烷7%的标准汽油具有相同的抗爆性，以此类推，97#汽油就是与含异辛烷97%、正庚烷3%的标准汽油抗爆性相同。

石油裂解的化学过程比较复杂，生成的裂解气也是成分复杂的混合气体。经过净化和分离后，我们才能得到纯度较高的乙烯、丙烯等基本有机化工原料。目前石油裂解已经成为生产乙烯的主要方法。

乙烯（ethene）是一种不饱和烃，分子式为C_2H_4，分子中含有碳碳双键，结构简式为$CH_2{=}CH_2$。

图 8-9　乙烯的电子式和结构式

基础实验

学生必做实验

比较乙烯、乙烷结构上的差异

1. 观察图8-10和8-11，搭建乙烯、乙烷结构的球棍模型。

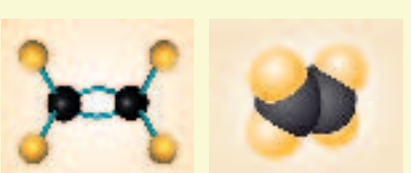


图 8-10　乙烯的球棍模型和空间填充模型

图 8-11　乙烷的球棍模型和空间填充模型

2. 比较乙烯、乙烷在组成、结构上的差异，预测乙烯可能具有的性质。

乙烯和乙烷都属于烃类，但两者的组成不同，分子中原子间的成键方式也有差异。乙烷分子中的化学键都是单键，乙烯分子中含有双键和单键，乙烯中6个原子都在同一平面上。乙烷的化学性质比较稳定，乙烯相对比较活泼。

观察思考

观察、记录下列实验现象，并说明乙烯有什么性质。

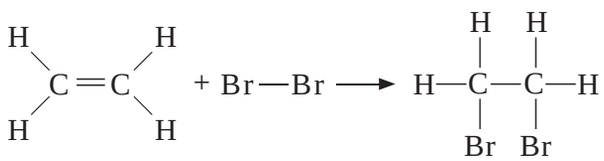
【实验1】把乙烯气体通入酸性高锰酸钾溶液中。

【实验2】把乙烯气体通入溴的四氯化碳溶液中。

表 8-2　乙烯的性质实验

实验序号	实验现象	结　论
实验1		
实验2		

乙烯能被酸性高锰酸钾溶液氧化，使酸性高锰酸钾溶液褪色。乙烯和溴的四氯化碳溶液反应时，乙烯分子双键中的一个键断裂，两个碳原子分别与一个溴原子结合，生成无色的1,2-二溴乙烷，可观察到反应液的橙红色褪去。



1,2-二溴乙烷

我们把有机物分子中双键（或三键）连接的碳原子与其他原子或原子团直接结合生成新的化合物的反应，叫作**加成反应**（addition reaction）。研究发现，乙烯在一定条件下还能与水、氢气、卤化氢（用HX表示，其中X代表卤素原子）等发生加成反应。

烷烃是饱和的碳氢化合物。碳原子所结合的氢原子数小于饱和烃里的氢原子数的碳氢化合物属于不饱和烃。不饱和烃除了含有碳碳双键的烯烃外，还有含碳碳三键的炔烃。乙炔是最简单的炔烃，分子式为C_2H_2，乙炔分子中四个原子都在同一条直线上。

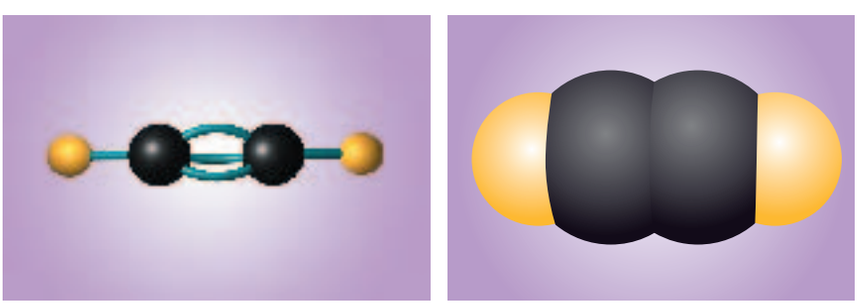


图 8-12　乙炔的球棍模型和空间填充模型

拓展视野

乙炔的加成反应

加成反应是不饱和碳碳键所具有的特征反应，乙炔也可以发生加成反应。例如，乙炔与足量溴的四氯化碳溶液反应，分子中碳碳三键中有两个键可以断裂发生加成反应，每个碳原子与两个溴原子结合，生成新的物质。

$$HC{\equiv}CH + Br{-}Br \longrightarrow \begin{matrix} HC{=}CH \\ | \quad | \\ Br \quad Br \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} HC{=}CH \\ | \quad | \\ Br \quad Br \end{matrix} + Br{-}Br \longrightarrow \begin{matrix} Br \quad Br \\ | \quad | \\ HC{-}CH \\ | \quad | \\ Br \quad Br \end{matrix}$$

煤的综合利用　苯

煤是由有机物和无机物所组成的复杂混合物。煤中含量最高的元素是碳，其次是氢和氧，另外还有少量的硫、磷、氮等元素。

交流讨论

人类利用煤炭的历史悠久。在煤的利用方面，人们最关注的是煤的综合利用问题，例如，如何提高煤燃烧的热效率？如何减少煤燃烧引起的污染？如何从煤中提取、分离出有用的化学原料？请查阅相关资料说说你的看法。

煤的气化、液化和干馏是煤综合利用的主要方法，利用这些加工手段可以从煤中获得多种有机化合物（图8-13）。

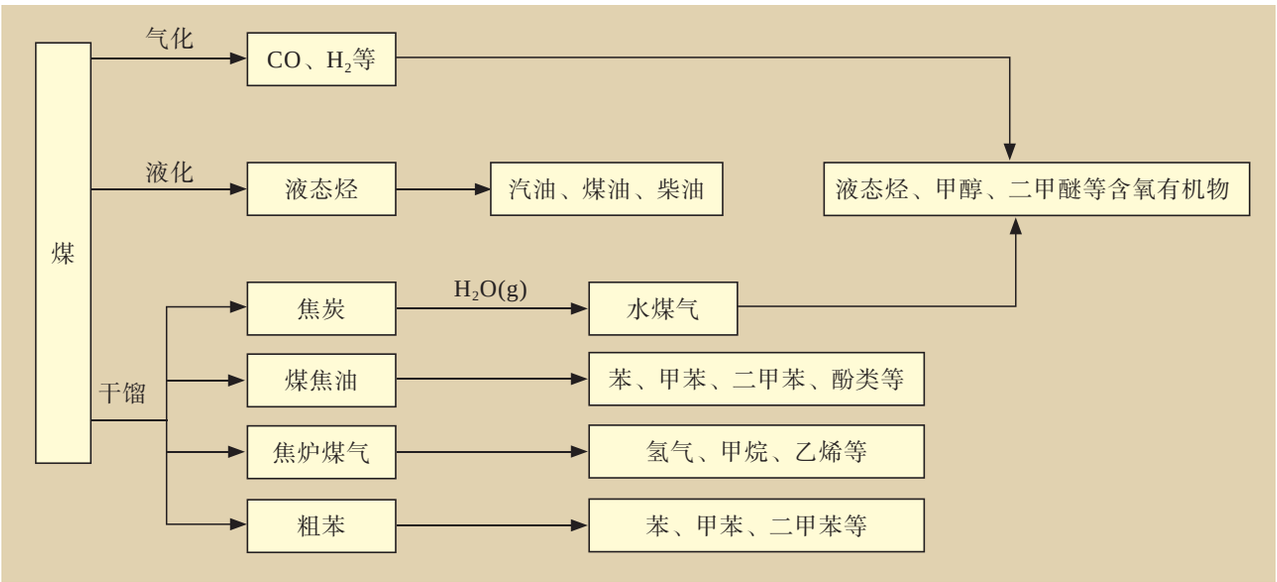


图 8-13　煤的综合利用

煤的气化就是把煤转化为可燃性气体的过程。在高温下，煤和水蒸气作用得到CO、H_2等气体，可作为燃料或化工原料气。

煤的液化是把煤转化为液体燃料的过程。在高温、催化剂存在条件下，煤和氢气作用可以得到液体燃料，也可以获得洁净的燃料油（汽油、煤油、柴油等）和化工原料。

煤的干馏是将煤隔绝空气加强热，使其发生复杂的变化，得到焦炭、煤焦油、焦炉煤气、粗苯和粗氨水等。从煤干馏得到的煤焦油、粗苯中均可分离出苯、甲苯和二甲苯等有机化合物，利用这些有机化合物可以制得染料、化肥、农药、洗涤剂、溶剂和多种合成材料。

从煤焦油中分离得到的苯（benzene）是一种重要的化工原料。苯的分子式是C_6H_6，它是一种无色、有特殊气味的液态烃。苯具有较强的挥发性，有毒，使用苯时应注意防护，并保持良好的通风条件。

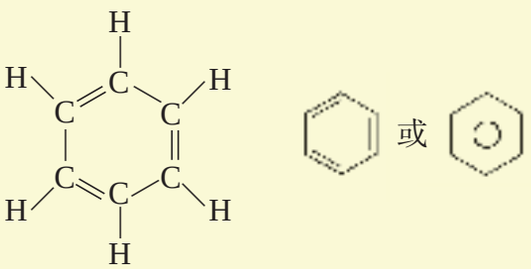
调查研究

请查阅资料，了解煤干馏的工艺和主要产物的用途，以及煤化工绿色化发展的趋势。

我国的炼焦和煤化工产业的生产规模和产能巨大，传统的煤干馏工艺能耗大，对环境有一定的影响。目前，煤焦工艺改造以清洁能源产业要求为目标，探索清洁高效的气体燃烧技术和提升能源利用效率，实现污染气体零排放和CO_2气体低排放，建构清洁高效的煤干馏工艺过程。同时，新型煤化工将向煤炭—能源化工一体化方向转型，以生产洁净能源和可替代石油化工的产品为主，减轻燃煤造成的环境污染，降低对进口石油的依赖，促进煤化工的绿色发展。

实验探究

苯分子中有6个碳原子，是一种环状有机化合物，其结构可表示为：



有人猜想苯分子呈现碳碳单键和碳碳双键交替出现的结构。请你设计实验探究苯分子中是否存在碳碳双键。

表 8-3　验证苯分子中是否存在碳碳双键实验

实验过程	现　象	结　论

实验证明，苯不能使溴的四氯化碳溶液褪色，也不能被酸性高锰酸钾溶液氧化，这说明苯分子中不存在碳碳双键，也不具有碳碳单键和碳碳双键交替出现的结构。研究表明，苯分子的碳碳键是一种介于碳碳单键和碳碳双键之间的特殊共价键。苯分子中6个碳原子连接成平面正六边形，每个碳原子分别结合1个氢原子，分子中6个碳原子和6个氢原子完全等价。人们称苯的这种特殊结构为苯环结构。

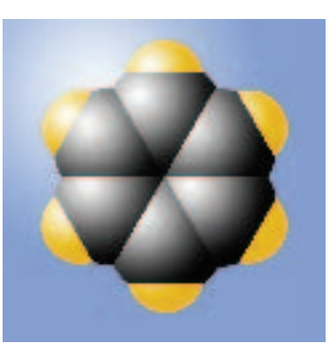
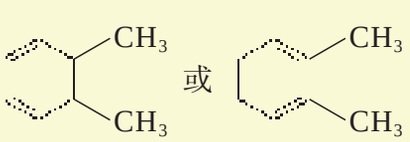


图 8-14　苯分子的空间填充模型

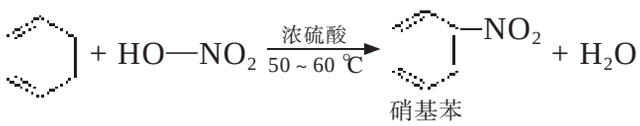
学以致用

下面两个结构简式所表示的有机化合物是同一种物质，还是同分异构体？请说明判断的理由。



苯具有可燃性，完全燃烧生成水和二氧化碳。苯在空气中不易燃烧完全，燃烧时会有明亮的火焰，并伴有浓烟产生。

在一定条件下，苯能发生多种化学反应，苯分子中的氢原子可被其他原子或原子团所取代，生成一系列重要的有机化合物。例如，苯能与浓硝酸在浓硫酸作催化剂和一定的温度条件下发生取代反应，生成硝基苯和水。



硝基苯

苯发生取代反应得到一系列生成物，如氯苯、溴苯、苯磺酸（图8-15），它们都是重要的有机化工原料，常被用来合成多种染料、医药、农药和炸药等。

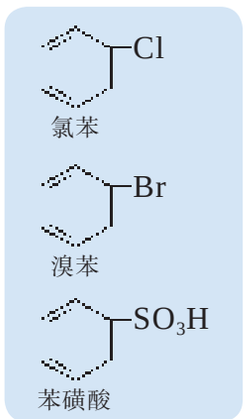


图 8-15　苯的取代产物

拓展视野

有机化合物分子中的基团

有机化合物分子失去一个原子或原子团剩余的部分被称为基团。常见的基团有甲基（—CH_3）、乙基（—C_2H_5）、羟基（—OH）等。如一氯甲烷（CH_3Cl）分子可以看成是由甲基（—CH_3）原子团和氯原子结合而成的；硝基苯分子可以看成是由苯基（—C_6H_5）原子团和硝基（—NO_2）原子团结合而形成的。

理解应用

1. 在光照条件下，甲烷与Cl_2充分反应，得到的生成物中物质的量最多的物质是（　　）

A. CH_3Cl　　B. CH_2Cl_2　　C. CCl_4　　D. HCl

2. 下列有关甲烷的说法中，正确的是（　　）

A. 是天然气的主要成分

B. 能使酸性高锰酸钾溶液褪色

C. 可与氯气发生加成反应

D. 与乙烷互为同分异构体

3. 下列对苯结构或性质的描述中，错误的是（　　）

A. 将溴水加入苯中，振荡、静置后分层，水层颜色变浅，说明苯与溴发生了加成反应

B. 苯中的6个碳原子之间的键完全相同，是一种介于碳碳单键和碳碳双键之间的独特的键

C. 由于含碳量较大，苯在空气中燃烧常伴有黑烟产生

D. 在浓硫酸存在和加热的条件下，浓硝酸可与苯发生取代反应

4. 某种煤气的主要成分是CO、H_2。

（1）分别写出该煤气和天然气在空气中燃烧的化学方程式。

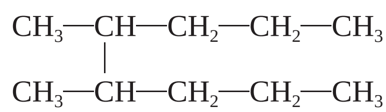
（2）把一套以煤气为燃料的灶具改为以天然气为燃料的灶具时，应对空气和燃气的进气量做怎样的调整？

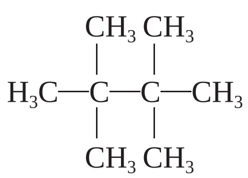
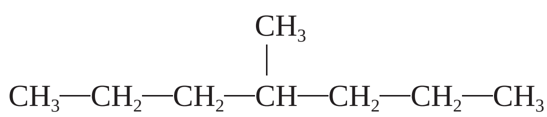
5. 用结构简式书写下列有机反应的化学方程式。

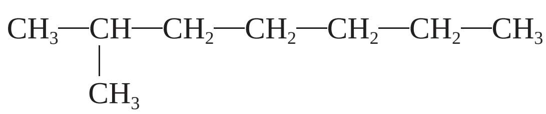
（1）乙烷与氯气在光照下生成氯乙烷。

（2）乙烯在 Ni 作催化剂的条件下与 H_2 发生加成反应。

6. 下列物质中，互为同分异构体的是 ____________________（填字母）。

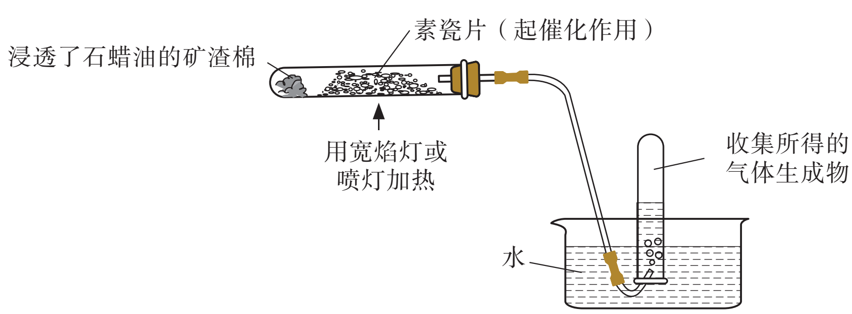
A. $CH_3(CH_2)_8CH_3$　　B. $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$　　C. 

D.  　　E. 

F. 

7. 在两支试管中各加入10 mL溴水，再分别加入5 mL正己烷（分子式为C_6H_{14}，结构简式为$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$）。把其中一支试管中的混合液在避光处振荡后静置，液体分为两层，上层是橙红色的溴的己烷溶液，下层是几乎褪成无色的稀溴水。把另一支试管中的混合液在光照下振荡后静置，溶液也分层，上、下两层液体几乎均是无色的，用玻璃棒蘸取浓氨水伸入试管内液面上方，有白烟出现。由此你对正己烷的性质有什么认识？

8. 利用下图所示的装置进行实验。



（1）实验中得到的气体生成物能使酸性高锰酸钾溶液褪色，它可能含有哪类物质？

（2）石蜡油分子在通过热的素瓷片的过程中可能发生了什么变化？

第二单元 食品中的有机化合物

有机化合物是生命活动的物质基础，人类日常食物的主要成分大多是有机化合物，如我们熟知的葡萄糖、蔗糖、淀粉、纤维素、油脂和蛋白质等人体重要的营养物质。人体摄入富含这些物质的食物，它们在体内发生复杂的变化，经消化、吸收，转化为能量，构成人体的组织。人们还通过一定的加工手段从各种农作物或动物体内获取淀粉、蔗糖、油脂和蛋白质等，供食用或作为工业原料。

目标预览

通过本单元内容的学习，要求同学们努力达到：

能识别烃的衍生物中起关键作用的原子或原子团，并将其与整体进行联系，预测有机化合物可能的化学性质；能运用实验方法探究有机化合物官能团的主要性质；认识有机化合物对人类生活和生命活动的重要意义。

乙　醇

乙醇（ethanol）是由碳、氢、氧三种元素组成的有机化合物，分子式是C_2H_6O。乙醇分子中含有羟基（—OH），其结构式如图8-16所示，结构简式可表示为C_2H_5OH或C_2H_5—OH。酒类饮料中含有浓度不等的乙醇，医疗上常用体积分数为75%的乙醇溶液进行消毒。

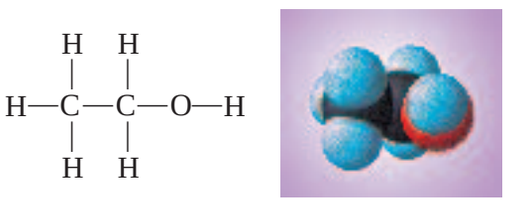


图 8-16　乙醇分子的结构式和空间填充模型

基础实验

乙醇的性质

学生必做实验

【实验1】取一小块钠，用滤纸吸干钠表面的煤油，并用小刀切去钠的表层，然后投入到盛有1～2 mL无水乙醇的试管中，观察实验现象。

【实验2】向一支洁净的小试管中加入3～4 mL无水乙醇，将该试管浸入50 ℃左右的热水中。另取一根一端已经卷曲好的铜丝，将铜丝在酒精灯上烧至红热状态，迅速插入乙醇中，反复多次，观察铜丝颜色的变化，并感受整个实验过程中乙醇气味的变化。

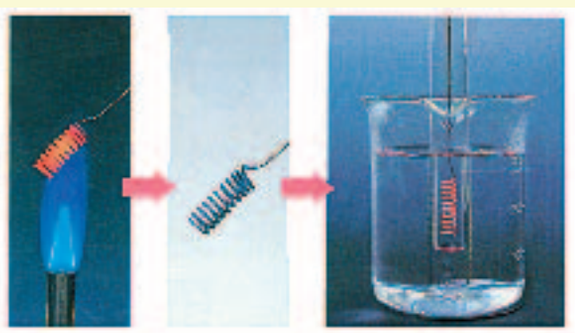


图 8-17　乙醇的催化氧化实验

思考下列问题：

1. 实验1中金属钠与煤油、无水乙醇是否发生反应？从实验中你能得到什么启示？

2. 在进行实验2的过程中，铜丝的颜色先后发生什么变化？乙醇在实验中是被氧化还是被还原？综合整个反应过程，说明铜丝所起的作用。

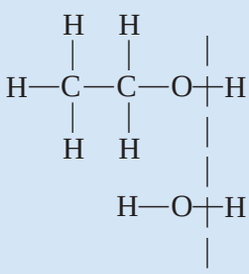


图 8-18　乙醇与水的分子结构比较

煤油是多种烃的混合物，实验表明烷烃分子中与碳原子相连的氢不能被金属钠置换。而乙醇分子中羟基（—OH）上的氢原子能被金属钠置换生成氢气，但反应比钠与水要缓慢得多。

乙醇与金属钠反应的化学方程式为：

$$2CH_3CH_2OH + 2Na \longrightarrow 2CH_3CH_2ONa + H_2\uparrow$$

乙醇在铜、银等催化剂的作用下可以被氧气氧化，生成具有特殊气味的乙醛。乙醛的结构式为 H—C(H)—C(=O)—H，结构简式为CH_3CHO或$CH_3—C(=O)—H$。乙醛分子中含有醛基（—C(=O)—H）。

$$2CH_3CH_2—OH + O_2 \xrightarrow[\triangle]{\text{催化剂}} 2CH_3—C(=O)—H + 2H_2O$$

乙醛有较强的还原性。在适当条件下，乙醛可以进一步被氧气氧化生成乙酸。

$$2CH_3CHO + O_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2CH_3COOH$$

乙醇分子中含有的羟基（—OH），乙醛分子中含有的醛基（—CHO），这些基团对乙醇、乙醛的性质起着决定性作用，这样的基团叫作**官能团**（functional group）。

生活向导

甲醛的危害和去除

甲醛是最简单的醛类化合物。甲醛是一种无色、有刺激性气味的气体。甲醛的水溶液（俗称福尔马林）常用于种子的杀菌消毒和标本的防腐等。甲醛对人体有害，不能用甲醛溶液浸泡食品，也要注意防止装修材料中挥发出的甲醛气体污染居室空气。

去除新居装饰材料中的甲醛污染主要有“通风”和“吸附”两种方法。大叶面或香草类的植物、活性炭、甲醛清除剂等对去除室内甲醛都有一定的效果。

乙　酸

食醋是一种生活中常见的调味品，食醋中含有3%～5%的乙酸（acetic acid）。乙酸又称醋酸，纯净的乙酸在16.6 ℃以下呈冰状固体，故又称冰醋酸。

乙酸的分子式是$C_2H_4O_2$，结构式如图8-19所示，结构简式是CH_3COOH或$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$。乙酸分子中含有羧基（—COOH），羧基是乙酸的官能团。

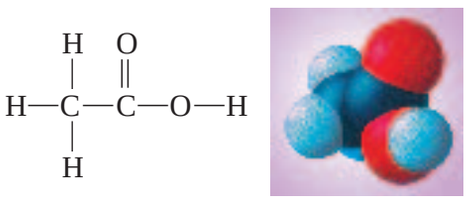


图 8-19　乙酸分子的结构式和空间填充模型

基础实验

学生必做实验

乙酸的性质

观察实验现象，思考并回答有关问题。

【实验1】向两支试管中各加入3 mL稀醋酸溶液，分别滴加石蕊试液和碳酸钠溶液。

【实验2】向一支试管中加入3 mL乙醇，然后边振荡试管，边慢慢加入2 mL 98%的浓硫酸和2 mL冰醋酸，按图8-20所示连接好装置。用酒精灯小心加热试管3～5 min，产生的蒸气经导管通到饱和碳酸钠溶液的液面上方。

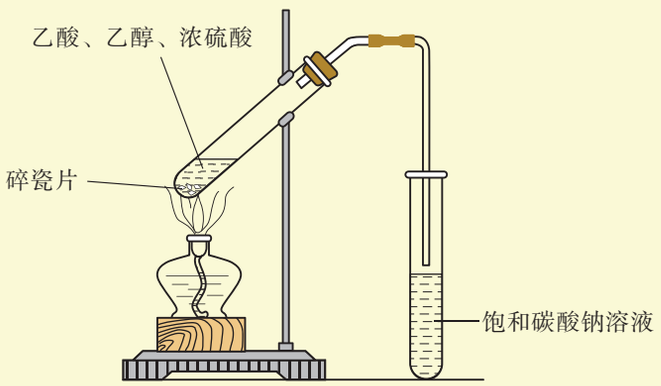


图 8-20　乙醇和乙酸反应装置图

表 8-4　乙酸的性质实验

实验序号		实验现象	结　论
实验1	向稀醋酸溶液中滴加石蕊试液		
	向稀醋酸溶液中滴加碳酸钠溶液		
实验2			

1. 通过实验1，你对醋酸酸性的相对强弱有怎样的认识？

2. 实验2得到的产物是乙酸乙酯（$CH_3COOCH_2CH_3$）。对比乙酸乙酯、乙酸、乙醇的分子结构，试推测乙酸和乙醇可能以怎样的方式反应形成乙酸乙酯。

乙酸在水溶液中可部分电离生成H^+和CH_3COO^-，因而具有一定的酸性，能使石蕊试液变红。

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

醋酸的酸性比碳酸强，能与碳酸盐溶液反应放出CO_2气体。

$$2CH_3COOH + Na_2CO_3 \longrightarrow 2CH_3COONa + H_2O + CO_2\uparrow$$

实验表明，乙酸和乙醇在浓硫酸存在的条件下可以反应生成有浓郁香味、不易溶于水的油状液体——乙酸乙酯。

乙酸乙酯是乙醇分子中的乙氧基（CH_3CH_2O—）取代了乙酸分子中羧基上的羟基（—OH）的生成物，即乙酸分子和乙醇分子反应脱去一个水分子的产物。化学方程式可表示为：

$$CH_3COOH + CH_3CH_2OH \underset{\triangle}{\overset{\text{浓硫酸}}{\rightleftharpoons}} CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O$$

我们把这种醇和某些酸作用生成酯和水的反应叫作**酯化反应**（esterification reaction）。

酯　油脂

许多水果、花卉有芳香气味，这些芳香气味是水果、花卉中含有的有机化合物——酯（ester）的气味。乙酸和乙醇发生酯化反应生成的乙酸乙酯就是一种酯。酯类物质含有酯基（图8-21）。

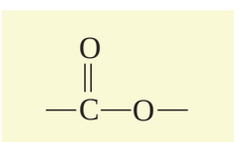


图 8-21　酯基的结构

乙酸乙酯在酸或碱存在的条件下能与水发生水解反应，生成乙醇和乙酸（或乙酸盐）。

$$CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O \underset{\triangle}{\overset{\text{稀硫酸}}{\rightleftharpoons}} CH_3COOH + CH_3CH_2OH$$

$$CH_3COOCH_2CH_3 + NaOH \xrightarrow{\triangle} CH_3COONa + CH_3CH_2OH$$

植物油、动物脂肪的主要成分是油脂（lipids）。油脂属于高级脂肪酸甘油酯，即把它看成是高级脂肪酸（RCOOH，R表示烃基，其中的碳原子数一般多达十几个）和甘油（丙三醇）发生酯化反应的产物。

油脂是热值最高的营养物质。花生油、豆油或菜籽油是从植物果实中榨取出来的，通常呈液态；牛油、羊油是动物体内含有的脂肪，通常呈固态。油脂也是一种重要的工业原料，可以用来制造肥皂和油漆等。

实验探究

通过下列实验了解怎样从油脂制得肥皂。

（1）在小烧杯中加入约5 g新鲜动物脂肪（如牛油）和6 mL 95%的乙醇，微热使脂肪完全溶解。

（2）在（1）的反应液中加入6 mL 40%的氢氧化钠溶液，

边搅拌，边小心加热，直至反应液变成黄棕色黏稠状。用玻璃棒蘸取反应液，滴入装有热水的试管中，振荡，若无油脂滴浮在液面上，说明反应液中的油脂已完全反应，否则要继续加热。

（3）在（2）的反应液中加入60 mL热的饱和食盐水，搅拌，观察浮在液面上的固体物质。用药匙将固体物质取出，用滤纸或纱布沥干，挤压成块，观察，并与日常使用的肥皂作比较。

图 8-22　油脂的水解

实验表明，油脂在酸或碱存在的条件下，可以加快发生水解反应。将以硬脂酸甘油酯为主要成分的油脂和烧碱溶液混合加热，水解生成的硬脂酸钠就是肥皂的主要成分，所发生的化学反应可表示为：

$$\begin{array}{l} C_{17}H_{35}COO{-}CH_2 \\ | \\ C_{17}H_{35}COO{-}CH \\ | \\ C_{17}H_{35}COO{-}CH_2 \end{array} + 3NaOH \xrightarrow{\triangle} 3C_{17}H_{35}COONa + \begin{array}{l} CH_2{-}OH \\ | \\ CH{-}OH \\ | \\ CH_2{-}OH \end{array}$$

硬脂酸甘油酯　　硬脂酸钠　　甘油

油脂在碱性条件下的水解反应又叫**皂化反应**。油脂水解的另一种产物——甘油是一种重要的工业原料。

拓展视野

肥皂的去污作用

硬脂酸钠在水溶液中电离生成钠离子和硬脂酸根离子（$C_{17}H_{35}COO^-$）。

硬脂酸根离子由两部分组成：一部分［$CH_3(CH_2)_{16}$—］与油脂的亲和力大，是亲油基团；另一部分（—COO^-）与水的亲和力大，是亲水基团。将沾了油污的衣物擦上肥皂搓洗时，硬脂酸根离子一头“拉着油”，另一头“拉着水”，

将油污“拖下水”，从而将衣物洗净。合成洗涤剂的分子也由亲水基团和亲油基团两部分组成，它的去污原理与肥皂相似。

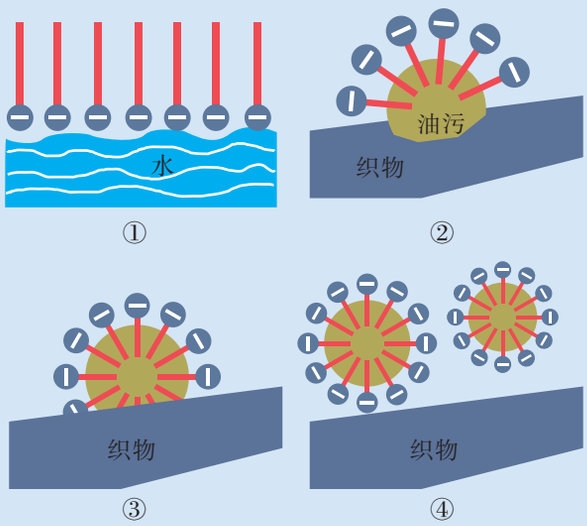


图 8-23　肥皂的去污作用示意图

分析乙醇、乙酸、乙醛、乙酸乙酯的结构，不难发现这些物质可以看成是饱和烃中的氢原子被某些具有特殊结构的官能团取代后形成的。这些官能团的存在，往往决定了有机化合物的性质和特征反应。

学科提炼

有机化合物官能团的特征反应

有机化合物中，官能团决定该物质的主要化学性质和特征反应。我们可以根据其特征反应来鉴别物质或预测物质可能的性质。

表 8-5　有机物中的官能团及特征反应

官能团	典型有机化合物	特征反应
碳碳双键	乙烯	加成反应
碳碳三键	乙炔	加成反应
羟基（–OH）	乙醇	取代反应 催化氧化
羧基（–COOH）	乙酸	酯化反应
酯基（–COO–）	乙酸乙酯	水解反应

在化学研究中，可以通过仪器分析方法获得有关信息，确定有机化合物中所含的官能团，从而解析该有机物可能的结构和性质。

糖　类

在人体所需的基本营养物质中，除了脂肪以外，糖类是另一种重要的人体供能物质。在有机化学中，葡萄糖、蔗糖、淀粉和纤维素都属于糖类（carbohydrate）。糖类的组成及其在自然界的存在见表8-6。

表 8-6　糖类化合物的组成与存在

物质	葡萄糖	蔗糖	淀粉	纤维素
组成	$C_6H_{12}O_6$	$C_{12}H_{22}O_{11}$	$(C_6H_{10}O_5)_n$ 相对分子质量从几万到几十万	$(C_6H_{10}O_5)_n$ 相对分子质量在200万以上
在自然界的存在	葡萄汁、蜂蜜、带甜味的水果	甘蔗、甜菜等植物体内	植物种子和块根、大米、小麦	植物的细胞壁、棉花、木材

交流讨论

分析上述糖类化合物的元素组成以及碳、氢、氧原子数的比例，说明为什么人们曾把这些糖类化合物称为“碳水化合物”。

葡萄糖、蔗糖、淀粉、纤维素的形态不同，在水中的溶解性也不同。淀粉、纤维素没有甜味，它们都是天然高分子化合物，组成与结构比葡萄糖复杂得多。

人们从食物中摄入淀粉，淀粉在淀粉酶的作用下发生复杂的变化，水解生成葡萄糖。

$$\underset{\text{淀粉}}{(C_6H_{10}O_5)_n} + nH_2O \xrightarrow{\text{催化剂}} \underset{\text{葡萄糖}}{nC_6H_{12}O_6}$$

葡萄糖在人体组织中发生缓慢氧化，放出热，提供生命活动所需要的能量。

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) = 6CO_2(g) + 6H_2O(l) \qquad \Delta H = -2\,803\ kJ\cdot mol^{-1}$$

工业上可以用淀粉、纤维素为原料生产葡萄糖。

实验探究

观察下列实验，思考并回答有关问题。

【实验1】观察葡萄糖、蔗糖、淀粉（用可溶性淀粉作样品）、纤维素（用脱脂棉作样品）的颜色、状态以及它们在水中的溶解性。

表 8-7　糖类的颜色、状态和水溶性

	葡萄糖	蔗糖	淀粉	纤维素
颜色、状态				
水溶性				

【实验2】在洁净的试管中加入2 mL 2%的硝酸银溶液，边振荡试管，边滴加2%的稀氨水，直到析出的沉淀恰好溶解为止（制得澄清的银氨溶液），再加入1 mL 10%的葡萄糖溶液，将试管在温水浴里加热3～5 min，观察并记录实验现象。

【实验3】在试管中加入2 mL 10%的氢氧化钠溶液，滴加4～5滴5%的硫酸铜溶液，得到含氢氧化钠的氢氧化铜悬浊液。再加入2 mL 10%的葡萄糖溶液，加热至沸腾，观察并记录实验现象。

【实验4】向两支试管中分别加入4 mL淀粉溶液。①向一支试管中滴加碘水，观察溶液颜色的变化。②向另一支试管中加入少量20%的硫酸溶液，加热4～5 min，待溶液冷却后分装在其他两支试管中。向其中一支试管中滴加碘水；将另一支试管中的水解液用氢氧化钠溶液中和，然后加入新制的氢氧化铜碱性悬浊液，加热至沸腾。

图 8-24　用新制的氢氧化铜碱性悬浊液检验葡萄糖

你能观察到什么现象？实验说明了什么？

你认为酸在淀粉水解中起到什么作用？为什么检验淀粉水解生成的葡萄糖时，要先用氢氧化钠溶液中和水解混合液？

葡萄糖可以与银氨溶液反应生成光亮的“银镜”，也可以与新制的氢氧化铜碱性悬浊液反应生成砖红色沉淀，这两个反应均可用于检验葡萄糖的存在。医学上曾用类似的反应来检验病人尿液中葡萄糖的含量是否偏高。

含淀粉的物质可以用来酿酒，植物秸秆（主要成分是纤维素）可以用来制造工业用途的酒精。这是因为淀粉、纤维素在一定条件下能够水解成葡萄糖，葡萄糖在酒化酶的作用下能转化为酒精。葡萄糖转化为酒精的反应可简略地表示为：

$$C_6H_{12}O_6 \xrightarrow{\text{酒化酶}} 2C_2H_5OH + 2CO_2\uparrow$$

产生的酒精在某些微生物的作用下能进一步发生反应得到醋酸。

蛋白质和氨基酸

蛋白质（protein）是组成细胞的基础物质。动物的肌肉、毛皮以及在人体新陈代谢中起催化作用的酶、运输氧气的血红蛋白、引起疾病的细菌和病毒、抵抗疾病的抗体中都含有蛋白质。一切重要的生命现象和生理机能都与蛋白质密切相关，不同结构的蛋白质发挥着不同的生理功能，可以说没有蛋白质就没有生命。

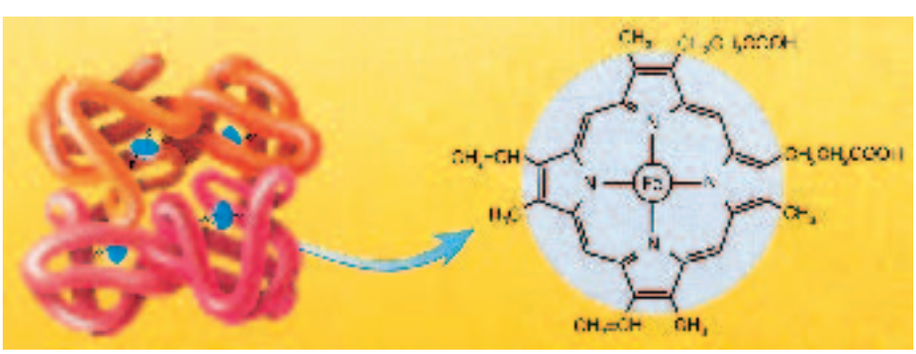


图 8-25　血红蛋白中血红素的结构

组成蛋白质的元素有碳、氢、氧、氮、硫等，蛋白质是结构非常复杂的高分子化合物，相对分子质量从几万到几千万不等。

观察思考

观察下列实验，思考并回答有关问题。

【实验1】向鸡蛋清溶液中分别加入饱和硫酸铵溶液、稀硫酸、硫酸铜溶液、甲醛溶液，观察现象。再加入蒸馏水，振荡，观察生成物是否发生变化。

【实验2】加热鸡蛋清溶液，再加入蒸馏水，观察发生的现象。

表 8-8　蛋白质的性质实验

	实验操作	实验现象
蛋白质溶液	加饱和硫酸铵溶液，再加蒸馏水	
	加稀硫酸，再加蒸馏水	
	加硫酸铜溶液，再加蒸馏水	
	加甲醛溶液，再加蒸馏水	
	加热，再加蒸馏水	

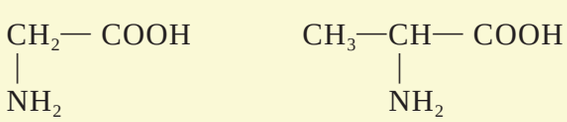
大豆蛋白、鸡蛋清中所含的蛋白质可溶于水，在这些蛋白质溶液中加入某些浓的无机盐溶液［如$(NH_4)_2SO_4$溶液、Na_2SO_4溶液等］，可使蛋白质的溶解度降低而析出。我们把这一过程称为**盐析**。盐析的过程中，蛋白质的化学组成和空间结构没有发生改变。

在加热、强酸、强碱、重金属盐、紫外线、福尔马林（36%～40%甲醛溶液）的作用下，蛋白质原有的化学组成或空间结构会发生改变，其生理功能也会随之改变，我们把这种变化称为蛋白质的**变性**。变性后的蛋白质不能再恢复，变性是不可逆过程。

蛋白质是一种很大的分子，它们在一定条件下能发生水解反应，最终转化为各种小分子的氨基酸（amino acid）。

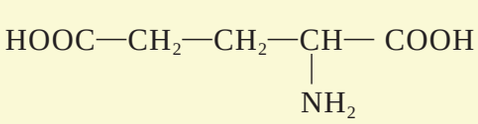
交流讨论

请观察以下三种氨基酸的结构，说明氨基酸在结构上的共同点。



甘氨酸（氨基乙酸）

丙氨酸（α-氨基丙酸）



谷氨酸（α-氨基戊二酸）

氨基酸分子中均含有羧基（—COOH）和氨基（$—NH_2$）基团。氨基酸的种类较多，α-氨基酸分子中氨基连接在离羧基最近的碳原子上。在一定条件下，氨基酸之间能发生反应，生成较为复杂的化合物——多肽，多肽再经过一系列复杂的变化，从而构成结构更为复杂的蛋白质。

我们从食物中摄取的蛋白质，在体内先水解成各种氨基酸，生成的不同种类氨基酸能以不同的数目和顺序彼此重新结合，构成人体组织所需的蛋白质。

拓展视野

酶

酶（enzyme）是一种具有催化作用的物质，它是一种最有效的天然生物催化剂。绝大多数酶是蛋白质。生命活动中的新陈代谢，与遗传信息传递和表达有关的所有化学变化都是在酶的催化作用下进行的。

酶的催化作用具有很强的专一性和高效性。人的唾液中有催化淀粉水解的淀粉酶，胃液中有催化蛋白质水解的胃蛋白酶，血液和新鲜的动物肝脏中有过氧化氢酶（能催化双氧水的分解）。酶的催化反应速率比一般的催化反应速率大10^{10}～10^{14}倍。到目前为止，人们还没有找到一种无机催化剂，能够像酶这样在很温和的条件下就具有如此强的催化效能，因此，酶在催化剂的研究领域中具有很广阔的前景。

理解应用

1. 下列关于食品中的有机化合物的叙述中，错误的是（　　）

A. 凡有甜味的有机化合物均属于糖类

B. 许多水果中含有酯类化合物

C. 天然油脂的主要成分是高级脂肪酸甘油酯

D. 组成蛋白质的基本单位是氨基酸

2. 清洁能源乙醇汽油是将燃料乙醇和汽油以一定比例混合形成的一种汽车燃料。下列关于乙醇汽油的说法中，错误的是（　　）

A. 使用乙醇汽油可以有效减少有害气体的排放

B. 乙醇可由植物油水解制得

C. 乙醇中含有氧元素，可使汽油燃烧得更加充分

D. 乙醇属于可再生能源

3. 下列反应不属于取代反应的是（　　）

A. 乙醇与氧气的反应：$2CH_3CH_2OH + O_2 \xrightarrow[\triangle]{Cu} 2CH_3CHO + 2H_2O$

B. 乙醇与乙酸的酯化反应：$CH_3COOH + CH_3CH_2OH \underset{\triangle}{\overset{\text{浓硫酸}}{\rightleftharpoons}} CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O$

C. 乙酸乙酯的水解反应：$CH_3COOCH_2CH_3 + H_2O \xrightarrow[\triangle]{\text{稀硫酸}} CH_3COOH + CH_3CH_2OH$

D. 油脂的皂化反应：

$$\begin{array}{l} C_{17}H_{35}COO{-}CH_2 \\ \quad\quad | \\ C_{17}H_{35}COO{-}CH \\ \quad\quad | \\ C_{17}H_{35}COO{-}CH_2 \end{array} + 3NaOH \xrightarrow{\triangle} \begin{array}{l} CH_2OH \\ \quad | \\ CHOH \\ \quad | \\ CH_2OH \end{array} + 3C_{17}H_{35}COONa$$

4. 将蛋白质溶液分别作如下处理，仍不失去其生理活性的是（　　）

A. 高温加热　　B. 紫外线照射　　C. 加浓食盐水　　D. 加福尔马林

5. 写出实现下列物质转化的化学方程式。

乙烯 → 乙醇 → 乙醛 → 乙酸 → 乙酸乙酯

6. 水、二氧化碳在一定条件下可以转化为葡萄糖、淀粉和纤维素，葡萄糖在一定条件下可以转化为酒精。

（1）请写出葡萄糖转化成酒精的化学方程式。

（2）结合以上的转化过程，说明开发和利用太阳能的重要意义。

7. 为了检验过氧化氢分解酶的作用，在室温下进行如下实验：

（1）在试管A中加入3%的双氧水3 mL，再加入二氧化锰0.5 g，有气体产生。

（2）在试管B中加入3%的双氧水3 mL，再加入新鲜的鸡肝片1 g，有气体产生。

（3）在试管C中加入3%的双氧水3 mL，再加入煮熟的鸡肝片1 g，无气体产生。

（4）在试管D中加入3%的双氧水2 mL和10%的盐酸1 mL，再加入新鲜的鸡肝片1 g，无气体产生。

（5）在试管E中加入3%的双氧水2 mL和10%的氢氧化钠溶液1 mL，再加入新鲜的鸡肝片1 g，无气体产生。

通过以上实验，你能得出什么结论？

第三单元 人工合成有机化合物

近100年来，化学家已经设计和合成了数千万种有机化合物，在一定程度上满足了生产、生活和科学技术各个领域对性能各异的新物质的需求，促进了科技和经济的发展，提高了人类的生活质量。20世纪以来，化学家在有机化学合成方面取得的成就举世瞩目，已有10多项相关研究成果获得了诺贝尔化学奖。

目标预览

通过本单元内容的学习，要求同学们努力达到：

能根据目标产物设计和优化有机化合物的合成路线；初步形成绿色化学观念，具有风险评估的意识；认识有机合成化学对人类社会可持续发展的伟大贡献。

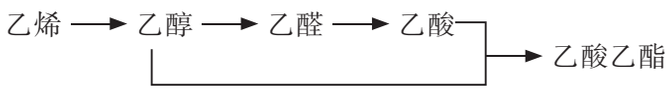
常见有机化合物的合成

由于自然条件的限制，天然有机物往往难以满足生产、生活的需求，人们需要通过化学方法来合成新的有机化合物。合成有机物要依据被合成物质的组成和结构特点，选择合适的起始原料和反应原理，精心设计合理的合成方法和路线。

交流讨论

乙酸乙酯是一种常见的有机溶剂，在化工生产中具有广泛用途，而乙烯是一种常见的化工原料。根据已学的知识，你能找到以乙烯为原料合成乙酸乙酯的方法吗？

我们可以从乙酸乙酯这个目标产物开始分析，乙酸乙酯可以由乙醇和乙酸经酯化反应获得。乙酸是乙醛的氧化产物，乙醛又可以由乙醇氧化得到，而乙醇可以由乙烯与水发生加成反应而制得。因此，可按照以下反应路线由乙烯合成乙酸乙酯：



除了上述合成路线外，我们还可以设计出由乙烯合成乙酸乙酯的其他合成路线，如图8-26所示（不同颜色的线条代表不同的合成途径）。

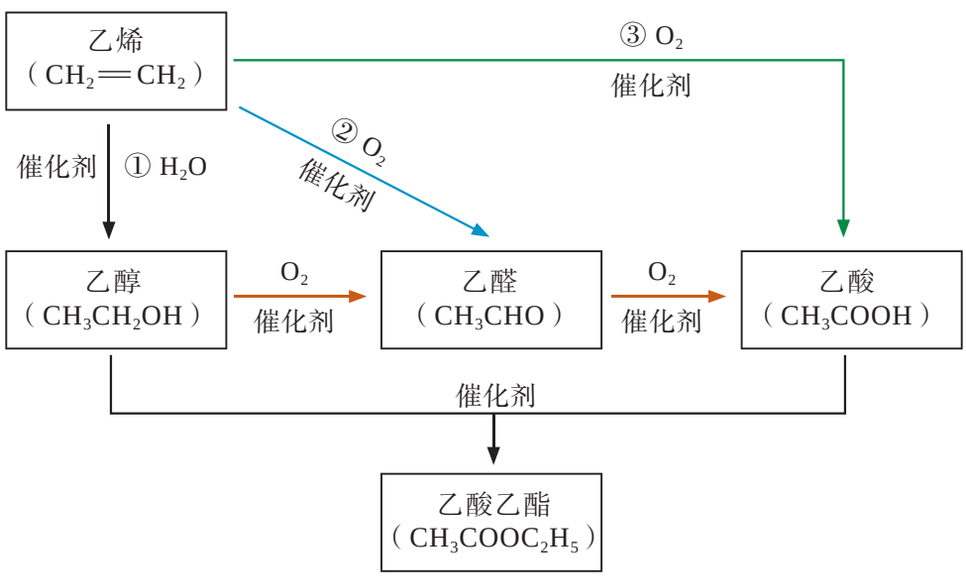


图 8-26　制备乙酸乙酯可能的合成路线

这些合成路线从理论上看都可以实现，但在实际生产中，我们还要综合考虑原料来源、反应物利用率、反应速率、设备和技术条件、是否有污染物排放以及生产成本等因素，综合选择最佳的合成路线。

学科提炼

有机合成中的绿色化学思想

设计和创造新的有机化合物分子是有机化学研究的重要课题，如何把常见的反应物转化为具有特定组成结构的生成物，是有机合成的关键。在有机合成中，我们要秉持绿色化学的理念，注意避免环境污染物的产生，尽可能降低能量消耗，最大限度地提高反应过程中的原子利用率。例如，改变所用的试剂或反应方式；避免分离中间体，从几个原料经一步合成目标产物；使用含水的溶剂代替有机溶剂作为反应介质等。

有机高分子的合成

交流讨论

1. 在我们的生活用品中，哪些是由有机高分子材料制成的？

2. 我国航天员穿的航天服使用了高强度、高韧性的特种尼龙。你还知道哪些尼龙制品？

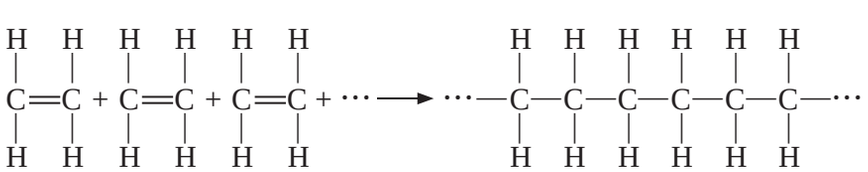
有机高分子材料是利用化学方法合成的，相对分子质量高达几万乃至几百万的有机化合物。塑料、合成纤维、合成橡胶（统称为三大合成材料）都是高分子化合物。有机高分子是由小分子有机化合物通过聚合反应制得的。

图 8-27　生活中常见的有机合成材料制品

生活中用于制造水杯、奶瓶、食品保鲜膜等用品的聚乙烯是以乙烯为原料，在一定条件下通过化学反应得到的。

图 8-28　吹塑法生产聚乙烯薄膜

乙烯发生反应的过程可表示为：



上述反应可简单表示为：

$$n\underset{\text{乙烯}}{CH_2{=}CH_2} \xrightarrow{\text{一定条件}} \underset{\text{聚乙烯}}{+CH_2{-}CH_2+_n}$$

含有碳碳双键（或碳碳三键）的相对分子质量小的有机物分子，在一定条件下，通过加成反应，互相结合成相对分子质量大的高分子，我们把这样的有机化学反应叫作**加成聚合反应**（addition polymerization），简称加聚反应。加聚反应是合成有机高分子化合物的一种重要的反应类型。

拓展视野

大量用于制造玩具、标本架、各种笔杆、包装用泡沫塑料的聚苯乙烯是苯乙烯在一定条件下，通过下列反应得到的：

$$n\underset{\text{苯乙烯}}{CH(C_6H_5){=}CH_2} \xrightarrow{\text{一定条件}} \underset{\text{聚苯乙烯}}{+CH(C_6H_5){-}CH_2+_n}$$

该反应中，小分子有机物苯乙烯通过加聚反应生成高分子化合物。

除聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯外，日常生活中常见的腈纶、有机玻璃、合成橡胶等都是通过加聚反应得到的。

学以致用

用于制造塑料薄膜、人造革、塑料管材和板材的聚氯乙烯是以氯乙烯（$CH_2{=}CHCl$）为原料，在一定条件下通过加聚反应得到的。请写出氯乙烯发生加聚反应的化学方程式。

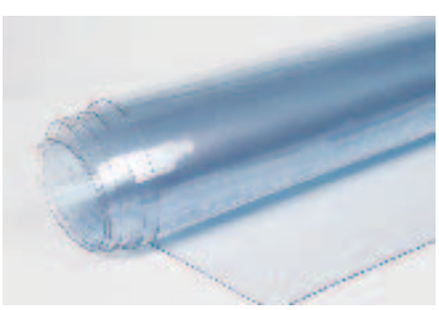


图 8-29　聚氯乙烯制品

有机高分子的合成为人类提供了大量的新材料，这些新材料不仅改善了人们的生活品质，也使我们的生活变得更加丰富多彩。

为了满足经济、生活、科技、国防等方面的发展需求，在有机高分子合成领域中，化学工作者们正在研究和着力解决以下课题：

（1）对重要的通用有机高分子材料继续进行改进和推广，如导电高分子的应用研究等。

（2）研制具有特殊功能的高分子材料，如合成仿生和智能高分子材料等。

（3）研制用于物质分离、能量转换的高分子膜，如合成能将化学能转换成电能的传感膜，合成将热能转换成电能的热电膜等。

（4）研制易分解的新型合成材料，防止“白色污染”，如研制可生物降解的特种塑料等。

图 8-30　塑料瓶底的数字符号

生活向导

塑料瓶底的数字密码

细心的同学一定会发现，我们生活中常见的塑料瓶底往往标有一些数字符号，这些数字到底是什么意思？它们与我们的健康生活有没有直接的关系？

表 8-9　常用塑料的类别和用途

数字	代表含义	用途	使用注意事项
1	PET，聚对苯二甲酸乙二醇酯	矿泉水瓶、碳酸饮料瓶	耐热70 ℃，装高温液体或加热容易变形，会有对人体有害的物质逸出
2	HDPE，高密度聚乙烯	盛装清洁用品的塑料容器、塑料袋	可耐110 ℃高温，标明食品用的可用来盛装食品
3	PVC，聚氯乙烯	雨衣、塑料盒	耐热81 ℃，材质中的增塑剂和没有完全聚合的氯乙烯对人体有害，使用中千万不要对其加热
4	LDPE，低密度聚乙烯	保鲜膜	不耐热，加热食物时一定要去除表面的保鲜膜
5	PP，聚丙烯	微波炉餐盒	耐130 ℃高温
6	PS，聚苯乙烯	碗装方便面盒、塑料餐盒	既耐热又抗寒，但不能用微波炉加热
7	PC及其他类	奶瓶、水杯	不宜盛放热水，温度过高会释放出塑料中残存的双酚A，对人体有害

理解应用

1. 下列物质中，属于高分子化合物的是（　　）

① 蛋白质　② 氨基酸　③ 油脂　④ 淀粉　⑤ 氯乙烯　⑥ 纤维素　⑦ 聚乙烯

A. 只有①⑦　　B. 除②外都是　　C. 只有①④⑥⑦　　D. 只有①③

2. 下列说法中正确的是（　　）

A. 聚乙烯塑料的老化是因为发生了加成反应

B. 煤经过气化和液化转化为清洁燃料是物理变化

C. 合成纤维、人造纤维及碳纤维都属于有机高分子材料

D. 粮食酿酒经过了下列化学变化过程：淀粉→葡萄糖→乙醇

3. 下列是人们在日常生活中的一些做法，错误的是（　　）

A. 用灼烧的方法可以区分蚕丝和人造纤维

B. 废旧塑料露天焚烧处理

C. 加热杀死流感病毒

D. 用75%的酒精杀菌消毒

4. 科学家研制的一种使沙漠变绿洲的新技术，是在沙漠中喷洒一定量的某聚丙烯酸酯（$\left[CH_2-\underset{\underset{COOR}{|}}{CH}\right]_n$）与水的混合物，使其与沙粒结合，起到既能阻止地下盐分上升，又能蓄积雨水的作用。下列关于聚丙烯酸酯的叙述中，正确的是（　　）

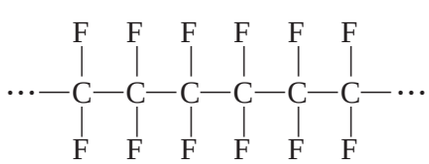
① 合成聚丙烯酸酯的小分子有机物的结构简式为$CH_2=CHCOOR$

② 聚丙烯酸酯没有固定的熔、沸点

③ 由丙烯酸酯小分子合成聚丙烯酸酯的反应为加聚反应

A. ②③　　B. ①②　　C. ①②③　　D. ①③

5. 不粘锅的表面涂敷了一层有机高分子材料——聚四氟乙烯。它的结构可表示为：

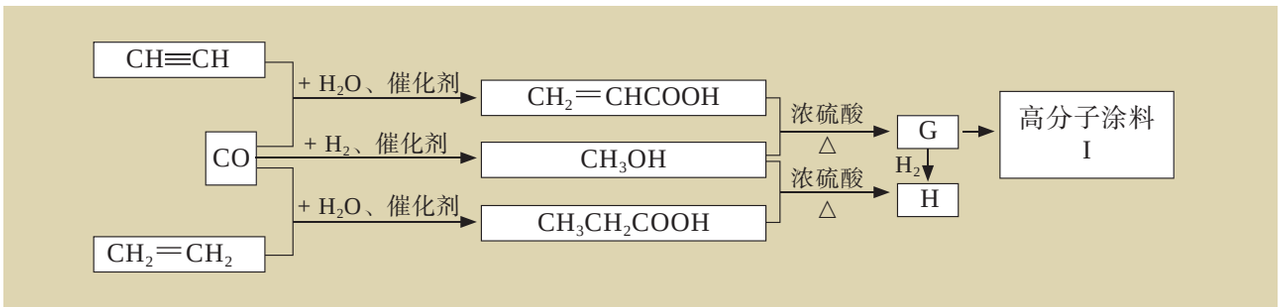


它是由哪一种有机物通过加聚反应制得的？写出它的结构式。

6. 已知乙炔（$CH\equiv CH$）与HCl在一定条件下反应：$CH\equiv CH+HCl\longrightarrow CH_2=CHCl$。请用化学方程式表示以食盐、水、乙炔为原料合成聚氯乙烯各步反应的化学方程式。

7. 已知$CH_2Br-CH_2Br+2NaOH\xrightarrow{\triangle}HOCH_2CH_2OH+2NaBr$，试以乙烯为主要原料合成$CH_3COOCH_2CH_2OOCCH_3$，请写出有关的化学方程式。

8. CO不仅是家用煤气的主要成分，也是重要的化工原料。下图是用某些简单化合物在低温、低压和催化剂的条件下，合成具有优良性能的高分子涂料的基本过程。

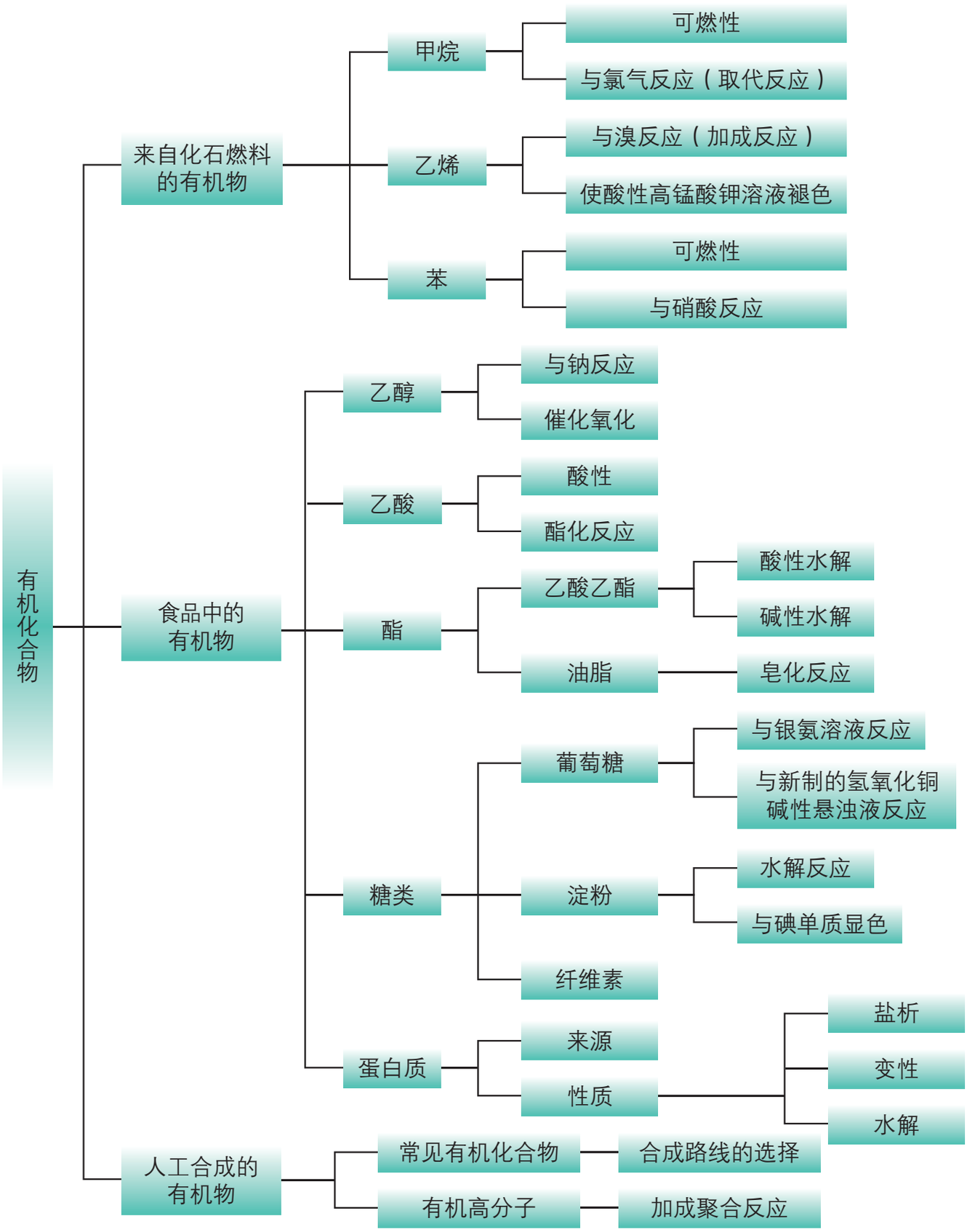


（1）写出 G、H、I 的结构简式。

（2）写出图中生成甲醇和 H 的化学方程式。

9. 日常使用的手机贴膜、学校操场上的塑胶跑道、“水立方”的外立面膜结构材料——ETFE膜，它们的主要成分都是合成有机高分子。收集这些合成材料的信息，了解这些材料的优缺点。

建构整合


有机化合物
来自化石燃料的有机物
甲烷
可燃性
与氯气反应（取代反应）
乙烯
与溴反应（加成反应）
使酸性高锰酸钾溶液褪色
苯
可燃性
与硝酸反应
食品中的有机物
乙醇
与钠反应
催化氧化
乙酸
酸性
酯化反应
酯
乙酸乙酯
酸性水解
碱性水解
油脂
皂化反应
糖类
葡萄糖
与银氨溶液反应
与新制的氢氧化铜碱性悬浊液反应
淀粉
水解反应
与碘单质显色
纤维素
蛋白质
来源
性质
盐析
变性
水解
人工合成的有机物
常见有机化合物
合成路线的选择
有机高分子
加成聚合反应

回顾与总结

请参照下列问题或线索，回顾和总结本专题的学习内容。

- 说明甲烷的主要来源及分子结构特点。
- 甲烷的主要性质及在生产、生活中的主要用途。
- 什么是石油分馏？石油分馏能得到哪些主要产品？它们有何用途？
- 石油的裂化、裂解的目的是什么？石油的分馏、催化裂化、裂解从变化的本质上看有什么不同？
- 实验室如何区分甲烷和乙烯？试描述实验现象。
- 什么是加成反应？举例说明乙烯的加成反应。
- 举例说明煤的综合利用有哪些主要方法。讨论煤加工技术与社会可持续发展的关系。
- 苯分子的结构有何特点？苯有哪些主要的化学性质？
- 乙醇的分子结构有什么特点？乙醇表现出哪些性质？
- 乙酸的分子结构有什么特点？乙酸表现出哪些性质？
- 酯化反应的实验操作需要注意哪些问题？
- 有机化合物中有哪些常见的官能团？举例说明官能团与性质的关系。
- 说说油脂、糖类和蛋白质的组成、性质，以及它们在生产、生活中的应用。
- 油脂、淀粉、蛋白质在什么条件下会发生水解反应？水解的最终产物是什么？
- 氨基酸分子在结构上有何共同点？氨基酸是如何合成蛋白质的？
- 说明从乙烯到乙酸乙酯的合成路线设计和优选需要考虑哪些因素。
- 举例说明绿色化学思想对有机化学合成的重要意义。
- 合成高分子材料（塑料、合成纤维、合成橡胶等）在生产、生活和高科技领域中具有广泛的应用，请各举2～3例加以说明。

综合评价

1. 下列物质中，只表示一种分子的是（　　）

A. 二溴甲烷（CH_2Br_2）　　B. 分子组成为C_2H_6O的有机物

C. 分子组成为C_4H_{10}的有机物　　D. 聚乙烯

2. 下列各组混合物中，不能互溶的是（　　）

A. 植物油和乙醇　　B. 苯和水

C. 酒精和水　　D. 汽油和煤油

3. 下列各组有机物中，仅使用溴水不能鉴别出的是（　　）

A. 苯和四氯化碳　　B. 乙烯和丙烯

C. 乙烷和乙烯　　D. 苯和酒精

4. 16 g某醇与足量的金属钠完全反应，在标准状况下得到5.6 L氢气。该物质可能是（　　）

A. CH_3OH　　B. C_2H_5OH　　C. C_3H_7OH　　D. C_4H_9OH

5. 下列物质中，一定不是天然高分子的是（　　）

A. 尼龙　　B. 蛋白质　　C. 淀粉　　D. 纤维素

6. 分离下列混合物：

（1）乙酸乙酯和乙酸钠溶液_____；

（2）溴化钠溶液和溴水的混合液_____。

7. 1 mol某气态烃完全燃烧，生成3 mol二氧化碳和2 mol水，则此烃的分子式是_____。

8. 在用淀粉制取葡萄糖的实验中，请设计实验方案证明：① 淀粉已发生水解；② 淀粉已完全水解。

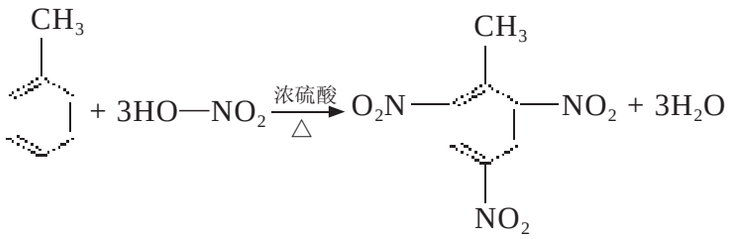
9. 聚乙烯塑料薄膜适宜做食品包装袋，聚氯乙烯塑料薄膜不能用于食品包装。取两小片聚乙烯、聚氯乙烯塑料薄膜，分别在酒精灯上点燃后，移开酒精灯，观察它们的燃烧现象有什么不同。你能根据它们燃烧的情况区分它们吗？

10. 蛋白质在一定条件下与浓硫酸反应可转化为硫酸铵，后者在浓氢氧化钠溶液和水蒸气作用下，其中的氮元素可转化为氨放出。现用30.0 mL牛奶进行上述实验，将牛奶中蛋白质里的氮元素完全转化成氨，再用50.0 mL 0.500 mol·L^{-1}硫酸溶液吸收放出的氨，剩余的酸用38.0 mL 1.00 mol·L^{-1}氢氧化钠溶液可恰好完全中和。

（1）30.0 mL牛奶中共含有多少克氮？

（2）如果牛奶中蛋白质含氮16%（质量分数），则牛奶中蛋白质的质量分数是多少？（已知牛奶的密度是1.03 g·mL^{-1}）

11. 甲苯与浓硫酸、浓硝酸在一定条件下反应，生成2,4,6–三硝基甲苯（TNT）。TNT是一种烈性炸药。



该反应是加成反应，还是取代反应？请说明你的判断依据。

12. “绿色化学”思想的主要特点是：

●充分利用资源和能源，采用无毒、无害的原料；

●在无毒、无害的条件下进行反应，以减少废物向环境排放；

●提高原子利用率，力图使所有原料转化成产物，实现“零排放”；

●生产出有利于环境保护、社区安全和人体健康的环境友好产品。

乙酸甲酯是一种重要的有机溶剂。其主要合成过程为：乙醇被酸性重铬酸钾（$K_2Cr_2O_7$）溶液氧化为乙酸，其中铬元素被还原为+3价的Cr^{3+}；再以浓硫酸作催化剂，乙酸与甲醇溶液共热发生酯化反应，生成乙酸甲酯。也有研究以甲醇、乙醇和氧气作原料，使用二氧化钛作催化剂来合成乙酸甲酯：在甲醇溶剂中，用O_2氧化乙醇生成乙酸，再与甲醇反应生成乙酸甲酯。该合成过程的副产物只有水，催化剂可从产物中分离出来进行回收。

（1）写出乙醇被酸性重铬酸钾溶液氧化为乙酸的离子方程式。

（2）写出乙酸与甲醇发生酯化反应的化学方程式。

（3）写出以二氧化钛作催化剂，合成乙酸甲酯的化学方程式。

（4）比较上述两种合成乙酸甲酯的路线，哪种方法更符合“绿色化学”的特点？

专题 9

金属与人类文明

金属的冶炼方法

探究铁及其化合物的转化

金属材料的性能及应用

从某种意义上说，人类文明史就是一部人类利用材料、制造材料和创造材料的历史。人类使用材料经历了石器时代、青铜器时代和铁器时代的变迁，到 20 世纪又步入了信息时代，金属在其中一直起着重要作用。人们熟悉的钢铁，促成了历史上传统农业向近代工业的转型，对人类社会的进步起过关键的推动作用，在今天仍然深刻地影响着人们的生产和生活方式。铝合金和其他具有特殊功能的新型金属材料正在生产、生活和科学研究领域发挥着越来越重要的作用。

第一单元 金属的冶炼方法

地壳中蕴含丰富的矿石，人类在寻找石器的漫长过程中认识了矿石，在烧陶生产中逐步发展了炼金术。矿石中含有丰富的金属元素，人类在长期的生产实践中探索出了各种冶炼金属的化学方法。早在公元前4 000多年，人类就通过煅烧矿石炼铜，以制造各种器皿、工具、兵器和饰品等；商周时期，我国的青铜冶铸技术已十分发达；到了春秋晚期，冶炼铁的技术已比较成熟。随着金属冶炼的方法越来越先进，人们能够制备的金属种类也越来越多，金属在生产、生活中的应用也越来越广泛。

目标预览

通过本单元内容的学习，要求同学们努力达到：

能从物质性质与反应条件角度解释不同金属冶炼方法的差异；认识我国古代文明与金属冶炼的关系；感受物质制备中丰富的化学思想。

金属的存在形式

从青铜器时代开始，人类就开始使用金属制作各种各样的工具。与传统的陶瓷和石器材料相比，金属材料既有良好的可塑性，坚固耐用，而且还有导电、导热等诸多优良性能，因而具有广泛的应用。大量的金属元素存在于地壳的矿石中，必须把它们提炼出来，以满足人类生存和发展的需要。

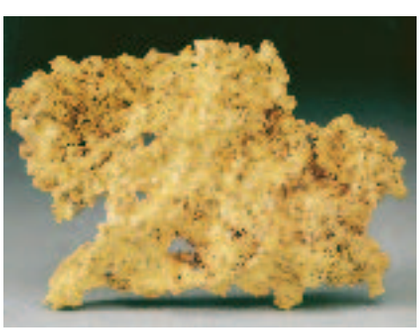


图 9-1 自然金

图 9-2 铝土矿

图 9-3 赤铁矿

在自然界中，只有少量的金属元素以游离态形式存在于地壳中，如自然金和自然银等。这些矿石中的金属元素以单质形式存在，表现出金属的特性，通过熔铸的方法即可对金属进行加工和锻造。

地壳中的大部分金属元素都是以化合态形式存在的。例如，铁元素存在于赤铁矿（主要成分为Fe_2O_3）中，铝元素存在于铝土矿（主要成分为Al_2O_3）中。这些矿石需要通过化学方法进行冶炼，才能获得较为纯净的金属。除了地壳外，还有一些金属以离子或矿石的形式分布于海洋中，如钠、镁、锰等。

交流讨论

下图表示金属活动性顺序表中铜、锡、铁和铝元素被人类大规模开发利用的大致年限。

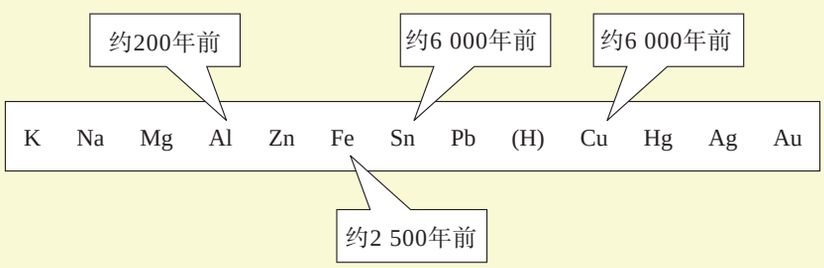


图 9-4　铜、锡、铁、铝被人类开发利用的大致年限

（1）新石器中期，在我国的河北和甘肃等地就已用自然铜来打制铜器，俄罗斯和意大利都有自然铜的矿产地。但很少听闻关于自然铁（单质铁）矿产的报道。为什么？

（2）根据以上金属的活动性和人类开发利用这些金属时间的数据，你发现了什么规律？

（3）找出你熟悉的2~3种金属单质，说明它们的制备方法，写出有关的化学方程式。

在漫长的生产、生活实践中，人们逐步认识到金属的存在形式与其活动性有关。一般而言，活动性较强的金属，在自然界以各种各样的化合态存在；活动性较弱的金属，有可能以游离态形式存在。有的金属元素的存在形式既有游离态又有化合态，如铁元素有单质（主要存在于陨石中）、氧化物和硫酸盐等存在形式，银元素有自然银、辉银矿（Ag_2S）、碲银矿（Ag_2Te）等存在形式。

金属的冶炼

无论原料是开采的矿石，还是从海水中获取的物质，利用化学反应使金属元素从化合态变为游离态的过程称为**金属冶炼**（metal smelting）。金属冶炼和其他物质的制备一样，需要

选择合适的金属化合物为原料，利用特定的设备，在一定条件下通过化学方法将原料转化为金属单质，并将其分离出来。工业上常用的金属冶炼方法有热分解法、高温还原法和电解法等。

像银这样的不活泼金属，可以采用热分解法进行冶炼，即通过加热它们的氧化物使其分解生成金属单质和氧气。例如，我们可以通过加热氧化银（Ag_2O）的方法来制取金属银。

$$2Ag_2O \xlongequal{\triangle} 4Ag + O_2\uparrow$$

利用金属化合物与还原剂在高温下的反应，可以制备大部分金属（如Fe、Zn等）。常用的还原剂有C、CO、H_2和活泼金属等。这种高温下借助还原剂的冶炼方法称为高温还原法。

工业上冶炼铁的原料是铁矿石、焦炭和石灰石等，该反应在高炉中进行，又被称为高炉炼铁。冶炼的基本过程为：从高炉下方通入热空气，原料从高炉上方的传送带送入炉中，焦炭先与热空气中的氧气反应生成二氧化碳，并放出大量的热；二氧化碳再与灼热的焦炭反应，生成一氧化碳；一氧化碳在高温下将氧化铁还原为液态的金属铁，并从高炉中分离出来。

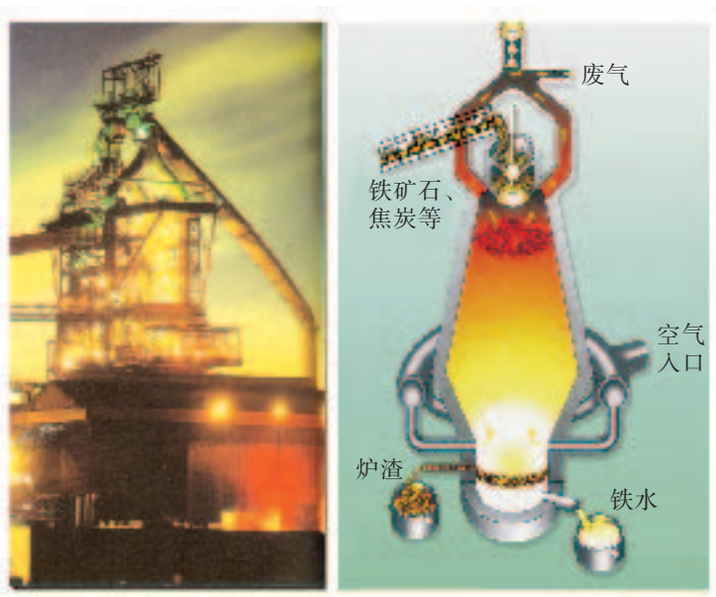


图 9-5　高炉炼铁

学以致用

以赤铁矿（主要成分为Fe_2O_3）为例，写出工业炼铁过程中涉及的主要反应的化学方程式。并解释：（1）一氧化碳是怎样形成的？（2）原料中的石灰石起什么作用？

活动性较强的单质铝也可还原出铁。将铝粉和氧化铁混合，在高温条件下发生反应，该反应能够放出大量的热，生成氧化铝和液态铁。该反应叫作**铝热反应**（aluminothermics），工业上常利用该反应原理来焊接钢轨。

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

观察思考

将两张圆形滤纸分别折叠成漏斗状，在其中一个纸漏斗的底部剪一个小孔，用水湿润，再与另一个纸漏斗套在一起，有孔纸漏斗置于内层（使纸漏斗每边都有4层），架在铁架台的铁圈上，其下方放置盛有细沙的蒸发皿或铁盘。

将5 g干燥的氧化铁粉末和2 g铝粉均匀混合后放入纸漏斗中，在混合物的上面加适量氯酸钾，再在混合物中间插一根镁条。点燃镁条，观察并记录实验现象。

表 9-1　铝热反应

实验现象	
反应的化学方程式	

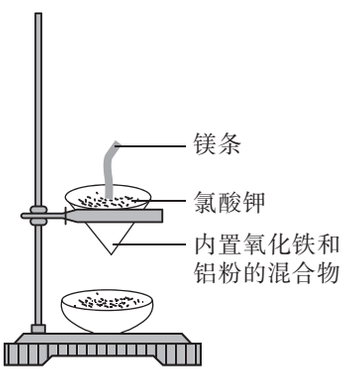


图 9-6　铝热反应装置图

某些金属氧化物（如V_2O_5、Cr_2O_3、MnO_2等）与氧化铁化学性质相似，也能发生铝热反应生成相应的金属。工业上常利用铝热反应来冶炼这些熔点较高的金属（如钒、铬、锰等）。铝粉与某些难熔的金属氧化物（如Fe_2O_3等）以一定比例形成的混合物被称为铝热剂。

对于较活泼的金属（钠、镁、铝等），一般的还原剂很难将它们从化合物中还原出来，常采用电解熔融化合物的方法来制备这些金属。

拓展视野

铝的冶炼

铝元素是地壳中含量最多的金属元素（约占地壳总量的7.73%），主要以铝土矿（主要成分是Al_2O_3）形式存在。要从铝土矿中提取铝，首先要获得纯度较高的氧化铝。主要的工艺流程如图9-7所示：

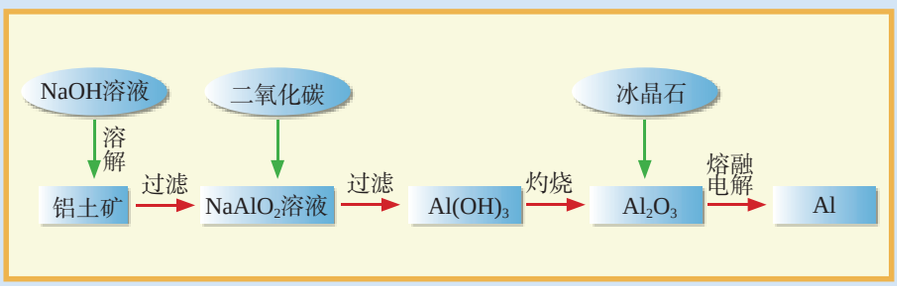


图 9-7　从铝土矿中提取铝的工艺流程

从上述工艺流程可知，铝土矿与氢氧化钠溶液混合时，铝土矿中的Al_2O_3与NaOH能发生反应，生成可溶于水的偏铝酸钠（$NaAlO_2$）。

$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$

将反应得到的混合物过滤，除去残渣，向滤液中通入过量CO_2气体，将其酸化，$NaAlO_2$便转化为$Al(OH)_3$沉淀析出。

$$NaAlO_2 + CO_2 + 2H_2O = Al(OH)_3\downarrow + NaHCO_3$$

将$Al(OH)_3$在高温下灼烧，即可得到Al_2O_3。但氧化铝的熔点高达2 054 ℃，直接加热氧化铝到熔融消耗的能量很大。1886年，美国化学家霍尔（C. M. Hall，1863—1914）在氧化铝中添加了冰晶石（Na_3AlF_6），使氧化铝熔融温度降低至950 ℃，从而减少了冶炼过程中的能量消耗。

从矿石中提取人们想要的元素大多需要经历非常复杂的变化过程，其中最关键的是根据目标产物选择合适的化学反应，以实现物质的转化。冶炼得到的金属有时仍含有较多杂质，需要经过进一步的精炼提纯，以满足实际使用。在金属冶炼过程中，必须坚持绿色环保、循环利用、节约成本等原则。

理解应用

1. 下列变化过程不属于金属冶炼的是（　　）

A. 电解氧化铝　　B. 铁在氧气中燃烧

C. 铁矿石与焦炭在高温下反应　　D. 铝粉与二氧化锰在高温下反应

2. 下列物质中，属于纯净物的是（　　）

A. 赤铁矿　　B. 铝热剂

C. 漂粉精　　D. 胆矾

3. 电解熔融的氯化钠和电解饱和氯化钠溶液时，产物有什么不同？试写出反应的化学方程式。

4. 在打捞出来的“南海一号”沉船的文物中，“鎏金龙纹手镯”光彩夺目，完好无损；铜镜表面有铜锈；铁器则锈迹斑斑，残存很少。请结合所学知识解释出现这些现象的原因。

5. 请写出冶炼下列金属的化学方程式。

（1）加热氧化汞可以得到单质汞，同时生成氧气。

（2）在高温下，一氧化碳与氧化铁反应可以制得金属铁。

（3）湿法炼铜（将铁加入硫酸铜溶液中）。

（4）电解熔融氧化铝制得金属铝。

（5）电解熔融氯化钠制得金属钠。

6. 铝热反应常被用来制取某些难熔金属。

（1）将铝粉和氧化铁的混合物点燃，反应放出大量的热，生成的液态铁可焊接钢轨。请写出反应的化学方程式。

（2）用铝与二氧化锰反应可以制取金属锰。请写出反应的化学方程式。

（3）铝热反应中铝的作用是_____（填字母）。

A. 催化剂　　B. 氧化剂　　C. 还原剂

7. 电解熔融氧化铝制取金属铝时，若有0.3 mol电子发生转移，则理论上能得到金属铝多少克？需要氧化铝多少克？

第二单元 探究铁及其化合物的转化

自然界蕴藏着大量的金属化合物，为了更好地开发和利用这些自然资源，探索金属及其化合物的转化规律至关重要。在人类的生产、生活实践中，为了合理利用已经获得的金属及其化合物，必须深入了解它们的性质和反应。金属种类多，性质也有差异，必须结合具体的金属进行分析。本单元侧重探究铁及其化合物转化的思路。

目标预览

通过本单元内容的学习，要求同学们努力达到：

能依据金属及其化合物的性质提出物质间的转化思路；能从多个方面对可能的转化路径进行优选；能运用变量控制方法设计转化的实验方案，根据实验现象进行推理。

反应的合理选择

物质转化首先必须明确目标产物是什么。有了目标产物，可以依据产物特性选择反应原料和可能的反应路径，确定反应的类型和反应条件，依据所发生的化学反应和产物分离的要求合理选择反应的装置等。

铁元素有多种不同价态的存在形式和不同的物质类型，如单质、氧化物、氢氧化物和硫酸盐等。这些物质具有不同的性质，在一定条件下能相互转化。下面以铁及其化合物为例，尝试探索物质之间转化路径的设计。

温故知新

请设计制备氯化铁的实验方案，写出可能的反应路径和有关反应的化学方程式。

金属及其化合物之间的相互转化，既有非氧化还原反应，也有氧化还原反应。例如，铁元素的常见价态有+2、+3价，在相同价态铁元素化合物之间相互转化，通过非氧化还原反应

即可实现；在不同价态铁元素化合物之间相互转化，则需通过氧化还原反应才能实现。以铁屑为原料制取氯化铁，有多条反应路径。如：

$Fe \rightarrow FeCl_3$ （1）

$Fe \rightarrow FeCl_2 \rightarrow FeCl_3$ （2）

$Fe \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow FeCl_3$ （3）

从理论上看，上述3条反应路径都可以制备氯化铁：路径（1），在点燃条件下氯气将铁氧化为+3价的铁化合物，并从反应炉中排出，经冷凝后得到固体三氯化铁；路径（2），用盐酸溶解铁，生成的$FeCl_2$在溶液中被Cl_2氧化为$FeCl_3$，分离提纯后得到产物；路径（3），在一定条件下用空气将铁氧化成氧化铁，再将氧化铁溶解在盐酸中得到氯化铁，分离提纯后得到产物。铁、氯化亚铁与氯气的反应如下：

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

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$$

学科提炼

物质制备反应路线的选择

实际制备物质时，必须根据反应原料、反应条件、反应步骤、产物要求、反应装置、环境保护、生产成本等因素进行综合判断，选择合适、可控的反应路径。

在实验室中，可从与Fe^{3+}有关的多种反应中选择合适的反应，以检验溶液中的Fe^{3+}。如在含有Fe^{3+}的溶液中加入氢氧化钠溶液，通过观察是否生成红褐色的氢氧化铁沉淀，便可定性地检验出Fe^{3+}的存在。这种方法需要加入的碱量较多，现象也容易受到干扰，反应的灵敏度和精确性都不高。

$$Fe^{3+} + 3OH^- = Fe(OH)_3\downarrow$$

方法导引

Fe^{3+}的检验

在溶液中，某些金属离子能与一些特定的物质结合生成有颜色的物质，即使金属离子的含量很少，溶液颜色也会因特定物质的加入而发生显著变化。在含有Fe^{3+}的溶液中滴加KSCN溶液，反应混合液立刻变成了血红色，而Fe^{2+}遇KSCN溶液不显色。这种方法灵敏度高，常用于检验溶液中是否存在Fe^{3+}。

用KSCN溶液检验Fe^{3+}，发生的反应可简单表示为：

$$Fe^{3+} + 3SCN^- = Fe(SCN)_3$$

基础实验

铁及其化合物的性质实验

学生必做实验

【实验1】取两支试管分别编为A、B，向A试管中加入3 mL 0.1 mol·L^{-1} $FeCl_3$溶液，向B试管中加入3 mL 0.1 mol·L^{-1} $FeCl_2$溶液。然后向两支试管中各滴加2滴硫氰化钾溶液，观察实验现象。

【实验2】向实验1的A试管中加入过量铁粉，观察实验现象。

【实验3】向实验1的B试管中加入少量新制氯水，观察实验现象。

表 9-2　铁及其化合物的性质实验

实验序号	实验现象	结论
实验1		
实验2		
实验3		

Fe^{2+}在溶液中容易被一些氧化剂（如氯水中的Cl_2、空气中的O_2、H_2O_2等）氧化为Fe^{3+}，而Fe粉可以将Fe^{3+}还原为Fe^{2+}。

$$2Fe^{2+} + H_2O_2 + 2H^+ = 2Fe^{3+} + 2H_2O$$

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

学以致用

在配制含Fe^{2+}的溶液时，为防止溶液中的Fe^{2+}被氧化，可以采取什么措施？为什么？

为实现+2价的亚铁盐、+3价的铁盐之间的相互转化，可以选择适当的氧化剂或还原剂。Fe^{2+}和Fe^{3+}之间的转化常发生在溶液中。例如，若要除去废水中的Fe^{2+}，我们常先将其氧化为Fe^{3+}，再调节溶液的pH使Fe^{3+}转化为红褐色的$Fe(OH)_3$沉淀析出，通过过滤的方法将其除去。

实验探究

用毛笔蘸取少量30%的$FeCl_3$溶液，在铜片上画一个“+”，放置片刻后，用少量水将铜片上的溶液冲到小烧杯中。

记录实验现象，并分析原因。

表 9-3　Fe^{3+}与Cu反应的实验探究

实验现象	原因

$FeCl_3$溶液中的Fe^{3+}具有较强的氧化性，能将Cu氧化成Cu^{2+}。在制作印刷电路板时常用到这一反应。

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

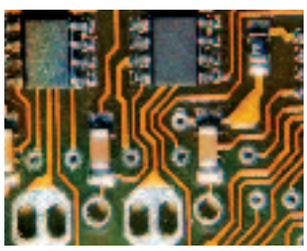


图 9-8　印刷电路板

反应条件的控制

化学反应都是在一定条件下发生的。反应条件对化学反应的方向、速率和限度都会有不同程度的影响。在研究物质的性质和制备时，应依据化学反应的规律和反应物、生成物的特点，合理选择并控制好反应条件，才能达到预期的结果。

例如，亚铁盐与氢氧化钠溶液反应能生成白色氢氧化亚铁沉淀。

$$Fe^{2+} + 2OH^- = Fe(OH)_2\downarrow（白色）$$

亚铁盐非常容易被氧气或其他氧化剂氧化，生成的氢氧化亚铁也很不稳定，容易被空气中的氧气氧化。在实验室中，希望利用亚铁盐与氢氧化钠溶液反应制得氢氧化亚铁，反应的原料必须使用新制的、不含三价铁盐的亚铁盐溶液与不含溶解氧的氢氧化钠溶液；在反应过程中还要采取措施，防止反应混合物与氧气或其他氧化剂接触，才能得到白色氢氧化亚铁沉淀。

实验探究

取A、B两支试管，分别加入6 mL 0.1 $mol·L^{-1}$的新制$FeSO_4$溶液。

（1）向A试管中滴加 0.1 $mol·L^{-1}$ NaOH溶液，边滴加边振荡试管，观察实验现象。

（2）用长胶头滴管吸取几滴经过煮沸并冷却的 0.1 $mol·L^{-1}$ NaOH溶液，将胶头滴管末端伸入B试管中$FeSO_4$溶液的液面之下，慢慢挤出NaOH溶液，观察实验现象。

根据上述实验，与同学交流讨论如下问题：

A和B两试管中生成的沉淀有什么不同？请分析可能的原因，写出有关的化学方程式。

实验表明，在不同的反应条件下，$FeSO_4$溶液与NaOH溶液反应的实验现象不同，得到的产物也不同。A试管中开始生成白色絮状的氢氧化亚铁沉淀，并迅速被溶解在溶液中和液面上方的氧气氧化，逐步变成灰绿色，最后变成红褐色沉淀。

$$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3$$（红褐色沉淀）

B试管中控制了反应条件，生成物尽量避免与空气中的氧气接触而被氧化，因此可得到白色的氢氧化亚铁絮状沉淀。

在化学研究和化学工业中，控制反应条件十分重要。例如，二氧化硫的催化氧化、氨的合成反应等，都需要严格控制反应的温度、压强，选择合适的催化剂，确定反应物的配比，才能使物质制备的过程得以顺利进行。

生活向导

铁元素与人体健康

在人体膳食结构中，铁元素有血红素铁和非血红素铁。血红素铁是与血红蛋白、肌红蛋白中的卟啉结合的二价铁，而非血红素铁则主要以三价铁形式存在于植物中。血红素铁容易被人体吸收利用，而非血红素铁则需要将三价铁还原为二价铁才能被吸收。

维生素C具有还原性，能将三价铁转化为二价铁。因此，营养学家建议进食含铁的植物食品时，补充一定量的维生素C，以促进铁的吸收。为了预防缺铁性贫血，人们应合理进食含铁食物，如动物血、肝脏、骨髓、蛋黄、红枣、大豆、芝麻等。

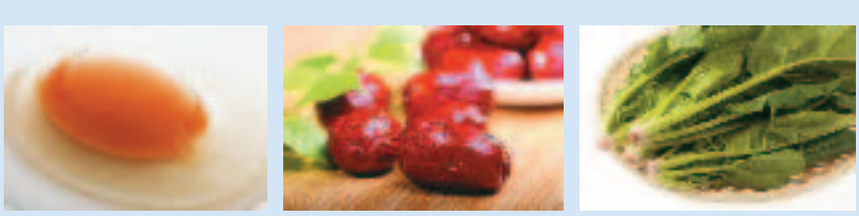


图 9-9　富含铁的食物

理解应用

1. 下列物质中，在一定条件下能将铁元素从0价转变为+3价的是（　　）

A. 氯气　　B. 盐酸

C. 硫酸铜溶液　　D. 稀硫酸

2. 将铁屑溶于过量的稀盐酸后再加入下列物质，会有Fe^{3+}生成的是（　　）

A. 硫酸　　B. 氯水

C. 硫酸锌　　D. 氯化铜

3. 下列反应中，可通过置换反应得到铁的是（　　）

A. 氯化铁溶液中加入铜片

B. 一氧化碳通过炽热的氧化铁

C. 铝粉末和氧化铁粉末混合并加热至高温反应

D. 氯化铁溶液中加入少量锌粉

4. 往浅绿色的$Fe(NO_3)_2$溶液中逐滴加入少量稀盐酸，溶液的颜色变化应该是（　　）

A. 颜色变浅　　B. 变为绿色

C. 基本没有变化　　D. 变棕黄色

5. 下列溶液中，滴加KSCN溶液不变红色的是（　　）

A. 过量的Fe与稀硝酸充分反应后的溶液

B. Fe与过量的稀硝酸充分反应后的溶液

C. FeO溶解于稀硝酸后的溶液

D. 敞口放置一段时间的$FeSO_4$溶液

6. 请写出下列反应的化学方程式和离子方程式。

（1）铁与稀硫酸反应。

（2）氯化铁溶液与铜反应。

（3）氧化铁与盐酸反应。

（4）硫酸亚铁溶液与氢氧化钠溶液反应。

7. 现有下列物质：① 新制氯水、② 铁、③ 铜。

（1）将 Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+}，可选用的物质有_____（填序号，下同）。

（2）将 Fe^{3+} 转化为 Fe^{2+}，可选用的物质有_____。

8. 电路板刻蚀的废液中主要含有Cu^{2+}、Fe^{2+}、Fe^{3+}、Cl^-，试设计简单的实验方案，从废液中回收铜并重新获得$FeCl_3$溶液，写出有关的化学方程式。

第三单元 金属材料的性能及应用

人们已经发现的金属元素有90余种，形成了丰富多样的金属材料。金属材料因其优良的性能，在改善人类生活、促进生产力发展的过程中发挥了巨大的作用，有力地推动了人类文明的进程。人们在金属材料的开发和应用实践中，也拓展了化学科学研究的新领域。

目标预览

通过本单元内容的学习，要求同学们努力达到：

通过对金属材料和合金应用案例的分析，初步认识金属的组成与其性能的关系；认识化学发展对人类社会可持续发展的重要贡献。

金属材料的性能

温故知新

请说出你对常见金属材料的印象，并尝试用下列关键词描述这些金属材料：导电性、导热性、密度、光泽、延展性、化学稳定性等。

金属材料在工农业生产和社会生活的各个方面应用广泛。从使用的要求和性能看，可以从以下几个方面来分析。

金属材料在使用过程中，必然会受到多种力的作用，从而体现出一些力学性能，如延展性、硬度、塑性等。

金属材料常在工业产品中起到导热和导电的作用，而且能够在一定温度范围内稳定工作，与金属材料的密度、熔点、导电性、导热性等物理性能密切相关。

金属材料在使用过程中不可避免地会暴露在空气中，或者接触到一些化学药品。所以，人们也希望金属材料能够具有抗氧化性、耐酸碱性等化学性能。

从金属原材料到最后的金属产品，加工成型这一步骤必不可少，那么，就必须考虑它们的可铸性、可锻性、切削加工性等工艺性能。

调查研究

请收集反映我国金属材料研究和发展现状的有关资料，分析金属材料的应用前景，尝试写一篇小论文。

合金及其应用

随着时代的发展，人们对材料性能的要求也越来越高，需求越来越多样化。纯金属材料的性能比较单一，难以满足生产、生活和高新科技领域的需要。科学家在长期的研究和实践中发现，将两种或两种以上的金属（或金属与非金属）共熔，可制备出特殊的金属材料，这种材料叫作**合金**（alloy）。例如，在焊接电子元件中使用的焊锡是锡和铅的合金，生铁和钢都是铁和碳的合金。合金与纯金属在组成和结构上的不同，使得它们的性质存在较大的差异，人们恰好利用这一点制备出了性能更强、用途更广的合金材料。

合金的硬度一般都比组成它的纯金属大。20世纪初，德国工程师维尔姆（A. Wilm，1869—1937）将铜、镁、锰等加到铝中，得到了强度比铝高得多的合金，人们将这种新型的合金称为硬铝。硬铝等铝合金材料的硬度比纯铝大，但又保持了铝密度小的特点，常被用于飞机部件和门窗等受力构件的制造。

铝合金成本低，性能优异，密度小、强度大、塑性好，可加工成各种型材，具有优良的

图 9-10　铝及其合金的应用

导电性、导热性，抗腐蚀能力强，装饰效果好，在航空、航天、汽车、机械制造、船舶及化学工业中都得到广泛的应用。目前铝合金的使用量仅次于钢，发展前景广阔。

多数合金的熔点低于组成它的任何一种组分金属。例如，由锡（熔点232 ℃）、铋（熔点271 ℃）、镉（熔点321 ℃）和铅（熔点327 ℃）等金属按照一定的质量比制成的武德合金熔点只有67 ℃，它可以用来做电器、火灾报警等装置中的保险丝。

拓展视野

合金硬度大、熔点低的秘密

合金与纯金属的性质差异是由它们的结构决定的。在纯金属中，所有的原子大小相同，排列比较整齐。而形成合金后，加入了较大或较小的其他元素的原子，改变了金属中规则的层状排列，层与层之间的滑动变得困难，所以合金常比组成合金的纯金属硬度更高。

固体的熔点与原子排列是否整齐有关。合金中原子的大小不一，与纯金属相比，排列整齐程度下降，使得原子之间的相互作用力减小。所以，多数合金的熔点一般比其组成金属的熔点低。

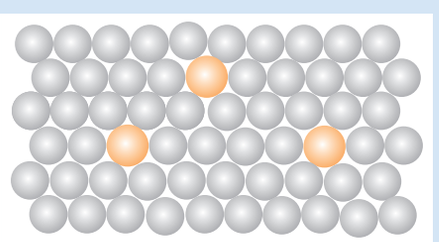


图 9-11　合金的微观结构示意图

合金的导电性和导热性一般低于任一组分金属。像镍铬铝铁、镍铬铝铜等合金，具有很高的电阻率，可用于制备电路中的精密元件。

学以致用

以下面的素材为线索收集资料，说明铝锂合金的特点和特殊应用。写出小论文。

铝锂合金具有低密度、高强度的特点。若用其代替常规的铝合金，可使构件质量减轻10%～20%，强度提高15%～20%，具有较高的工作温度、较好的高温韧性与加工性

能，且价格便宜，因此是21世纪航空飞行器较理想的结构材料之一。我国“神舟号”航天飞船的许多部件就是用铝锂合金制造的。

图 9-12　用铝锂合金制成的航空飞行器

钢铁有诸多优良的机械性能和电学特性，但在使用过程中却很容易被腐蚀，抗腐蚀性能优越的不锈钢材料就很好地解决了这个问题。不锈钢中除了铁元素外，主要的合金元素是铬（占12%～32%）。铬具有很强的耐腐蚀性，在空气中表面会生成一层致密的氧化物，防止内部进一步被氧化，从而保护了内层金属。

钛合金是一种新型的金属材料，其强度高，密度小，耐热性好，易于加工，抗腐蚀性强，远优于不锈钢，即使将它们放入海水中数年，取出后仍然光亮如新。

拓展视野

钛的应用

钛和钛合金被认为是21世纪的重要金属材料，被广泛应用于医疗、火箭、导弹、航天飞机、船舶、化工和通信设备等领域。

例如，在飞机的发动机、骨架、紧固件及起落架等部位都可使用钛合金；钛与人体骨骼相近，具有良好的生物相容性，钛和钛合金可作人体的植入物，制造股骨头和各种关节等；在汽车制造行业，用钛合金代替钢铁能减轻汽车质量，提高汽车的安全性能，减少汽车的油耗。钛和钛合金还被广泛用于核潜艇、深潜器、破冰船、扫雷艇等军事和海洋工程装备上。在日常生活中，钛合金还可用于制造网球拍、轮椅、眼镜架等。

除金属材料外，生产、生活中大量使用的还有无机非金属材料。从人类早期使用的石器工具、陶瓷器皿，再到现代社会广泛利用的水泥、玻璃，无机非金属材料在人类的生产、生活中已不可或缺。20世纪60年代以来，无机非金属材料迅猛发展，半导体材料和光导纤维等

相继被发现和发明，它们的出现也成为现代信息技术和通信技术发展过程中重要的里程碑。这些非金属材料具有某些比金属材料更优越的性能，可以弥补金属材料的不足。

非金属元素及其化合物是无机非金属材料的主要成分。硅的导电性介于导体和绝缘体之间，是一种重要的半导体材料，被广泛用于电子工业的各个领域。工业上利用二氧化硅可以制得高纯度的硅。

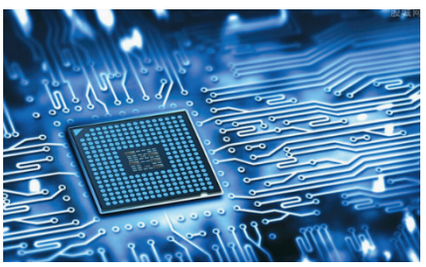


图 9-13　半导体材料

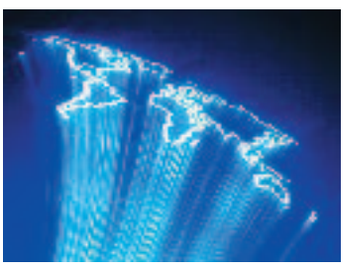


图 9-14　光导纤维

光导纤维的主要成分是二氧化硅，可用来制造通讯光缆，用于光纤通信或传送高强度的激光等。光导纤维导光能力非常强，一条光缆由上万条光导纤维组成，因此可以利用其传输大量的信息。用光缆代替普通的金属通信电缆可以节约大量有色金属。

拓展视野

新型陶瓷材料

新型陶瓷分为结构陶瓷和功能陶瓷两大类。结构陶瓷具有机械功能、热功能和部分化学功能，如高温结构陶瓷等；功能陶瓷具有光、电、磁、化学和生物等方面的特殊功能，如压电陶瓷等。

高温结构陶瓷主要是指能在高温条件下承受静态或动态机械负荷的陶瓷，主要有高温氧化物（如氧化铝陶瓷）和高温非氧化物（如氮化硅陶瓷）两大类。它们具有较好的高温强度、耐热震性、抗腐蚀、抗氧化和结构稳定性等特性。高温结构材料弥补了金属材料在高温下不耐氧化、易腐蚀的不足。

压电陶瓷是具有压电特性的电子陶瓷材料，其主要成分是钛酸钡和钛酸铅。压电陶瓷对外力极为敏感，可将极其微弱的机械振动转换成电信号，常被用于声呐系统、气象探测、遥测环境保护等领域。用它制作的压电地震仪能精确地测出地震强度、方位和距离。

理解应用

1. 下列物质中，不属于合金的是（　　）

A. 硬铝　　B. 黄铜　　C. 钢铁　　D. 铁锈

2. 下列金属材料中，最适合用于制造飞机部件的是（　　）

A. 镁铝合金　　B. 铜合金　　C. 不锈钢　　D. 铅锡合金

3. 下列物质中，属于纯金属的是（　　）

A. 水银　　B. 生铁　　C. 钢　　D. 保险丝

4. 生铁的熔点是1 100~1 200 ℃，纯铁的熔点可能是（　　）

A. 1 055 ℃　　B. 1 100 ℃　　C. 1 200 ℃　　D. 高于1 200 ℃

5. 列举下列合金的组成和主要性能。

黄铜　　硬铝　　焊锡（锡铅合金）　　武德合金　　生铁

6. 考古出土的吴王夫差剑为春秋末期制造的青铜剑，历经2 500余年，剑的表面虽有一层蓝色薄锈，但仍寒光逼人，剑刃锋利。查阅资料回答下列问题。

（1）青铜是一种金属材料，该合金的主要成分是_____（填元素符号）。

（2）从上述信息可以看出，青铜具有的性质有_____（填字母）。

A. 强度高　　B. 可塑性好　　C. 耐腐蚀　　D. 易加工

（3）青铜剑表面的蓝色薄锈，其主要成分为碱式碳酸铜［$Cu_2(OH)_2CO_3$］，这层蓝色薄锈形成的可能原因是什么？

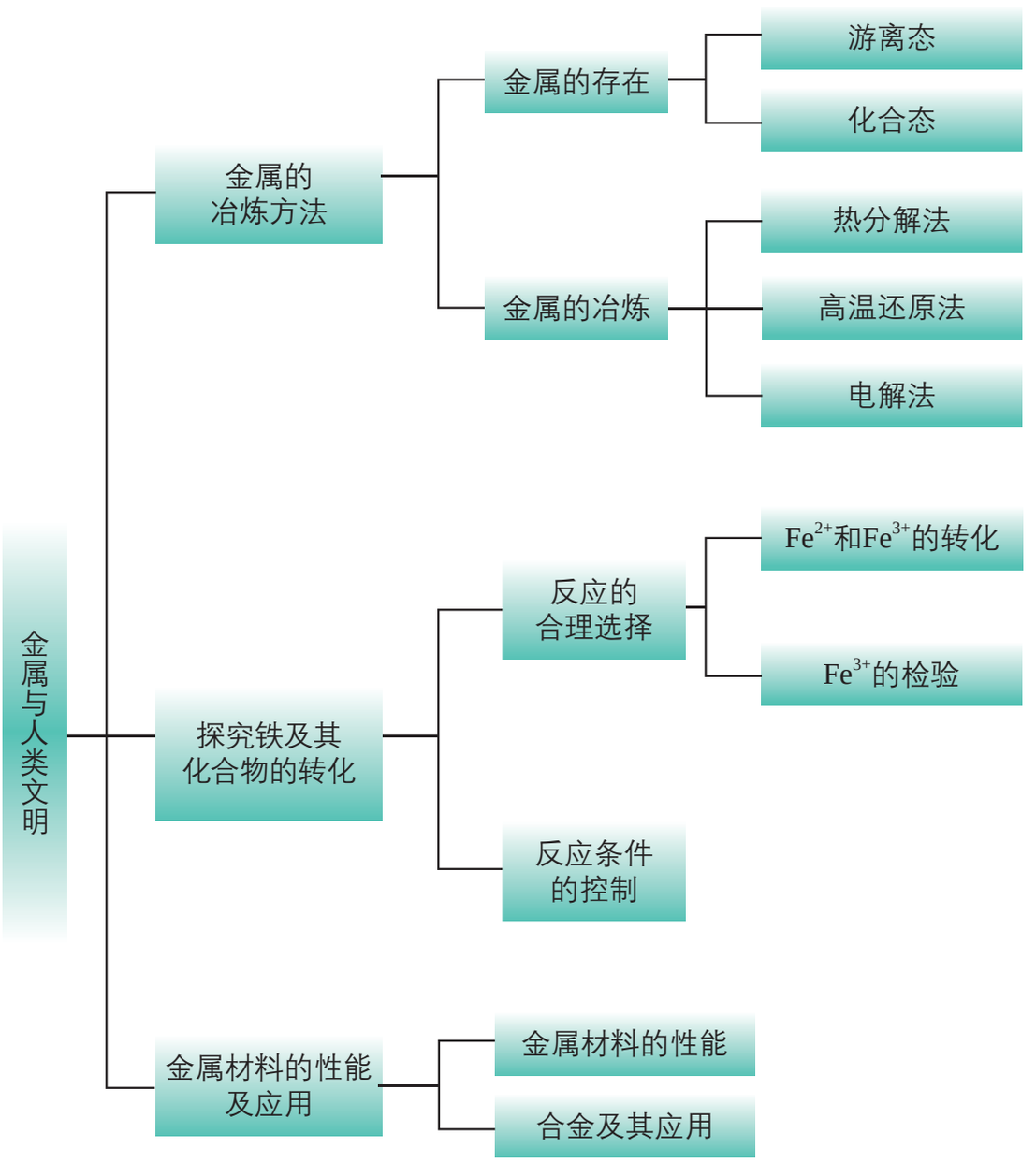
7. 从金属材料到无机非金属材料，再到高分子材料，不同的组成和性能决定了材料独特的功能和用途。

（1）合金是生活中常见的材料。某合金具有密度小、强度高的优良性能，常用于制造门窗框架。该合金中含量最高的金属为_____（填元素符号）。

（2）生产、生活中常见的无机非金属材料主要有_____。

（3）结合实例比较金属材料与无机非金属材料各有什么优缺点。

建构整合


金属与人类文明
金属的冶炼方法
金属的存在
游离态
化合态
金属的冶炼
热分解法
高温还原法
电解法
探究铁及其化合物的转化
反应的合理选择
Fe^{2+}和Fe^{3+}的转化
Fe^{3+}的检验
反应条件的控制
金属材料的性能及应用
金属材料的性能
合金及其应用

回顾与总结

请参照下列问题或线索，回顾和总结本专题的学习内容。

- 举例说明自然界金属元素的存在形态。
- 金属冶炼的常用方法有哪些？试举例说明。
- 写出以铁矿石为原料冶炼铁的化学方程式。
- 为什么铁的冶炼方法与铝不同？
- 什么是铝热反应？它有什么应用？
- 举例说明电解法冶炼金属。
- 以铁及其化合物为例，说明合理选择物质转化的依据。
- 怎样实现Fe^{2+}和Fe^{3+}的相互转化？
- Fe^{2+}和Fe^{3+}的相互转化有何实际应用？
- 如何检验溶液中的Fe^{3+}？
- 以氢氧化亚铁的生成为例，说明控制反应条件对反应产物的影响。
- 金属材料的性能有哪些？
- 什么是合金？铝合金在生产、生活中有哪些应用？
- 举例说明金属材料变迁为人类文明作出的贡献。
- 举例说明非金属材料在生产、生活中的应用。

综合评价

1. 下列有关金属的应用与相应性质不对应的是（　　）

序号	金属	应用	相应性质
A	铝	包装用的铝箔	延展性好，易被空气中的O_2氧化，表面形成致密的氧化膜
B	镁	镁合金做汽车部件	密度小，化学性质活泼
C	钨	白炽灯灯丝	熔点高，导电性好
D	锌	锌锰干电池	还原性强，导电性好

2. 下列有关金属的说法中，正确的是（　　）

A. 生铁是合金，钢是纯金属

B. 活泼的金属往往采用电解法冶炼

C. 纯金属与其合金相比，一般具有更低的熔点

D. 铝的化学性质不活泼，因此铝合金在生产、生活中应用非常广泛

3. 一定质量的Fe和Cu的混合物中加入少量稀硝酸，若充分反应后剩余固体质量为m g，再向其中加入少量稀硫酸，充分反应后剩余固体质量为n g，则下列判断正确的是（　　）

A. 加入稀硫酸前，溶液中一定有Cu^{2+}

B. m可能等于n

C. m一定大于n

D. 最终溶液中可能有Fe^{3+}

4. 聚合硫酸铁可用于水的净化，其化学式可表示为$[Fe_a(OH)_b(SO_4)_c]_m$。取一定量聚合硫酸铁样品与足量盐酸反应，所得溶液平均分为两份。一份溶液中加入足量的$BaCl_2$溶液，得到白色沉淀1.747 5 g。另一份溶液，先将Fe^{3+}还原为Fe^{2+}，再用0.020 00 mol·L^{-1} $K_2Cr_2O_7$标准溶液滴定至终点，消耗$K_2Cr_2O_7$标准溶液50.00 mL。该聚合硫酸铁样品中a∶b的比值为（已知：$Cr_2O_7^{2-}+6Fe^{2+}+14H^+=2Cr^{3+}+6Fe^{3+}+7H_2O$）（　　）

A. 1∶1　　B. 2∶1

C. 3∶1　　D. 2∶5

5. 当人体缺铁时，往往需要服用补铁剂，人体能吸收的是+2价铁元素。查看一些补铁剂的主要成分，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的铁元素？

（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价铁元素并被人体更好地吸收，你认为应该采取哪些措施？请查阅资料寻找办法。

6. 下表列举了三种常见金属材料的一些基本性质，尝试利用表中的数据回答有关问题。

金属	密度/（$g \cdot cm^{-3}$）	抗拉强度/10^{10} Pa	电导率/（$10^8 S \cdot m^{-1}$）
铝	2.70	7.0	0.38
铁	7.86	21.1	0.10
铜	8.92	13.0	0.59

（1）为什么使用铝而不是铜来生产钢芯电导线？

（2）为什么用铝合金而不是钢铁来制造汽车发动机的部件？

7. 某久置的$FeCl_2$溶液略显黄色，某同学认为已有部分Fe^{2+}被空气中的氧气氧化为Fe^{3+}。

（1）写出 Fe^{2+} 被空气中的氧气氧化的离子方程式。

（2）请设计实验验证溶液中是否存在 Fe^{3+}。

（3）若溶液中存在 Fe^{3+}，应如何除去？

8. 在5.1 g镁铝合金的粉末中加入盐酸至过量，得到5.6 L（标准状况）H_2。试计算：

（1）该合金中铝的质量分数。

（2）该合金中铝和镁的物质的量之比。

9. 某研究小组通过以下方法测定某铁矿石样品（主要成分为Fe_2O_3）中铁元素的质量分数：取20.0 g铁矿石样品，粉碎后加入足量盐酸，充分反应后过滤，向滤液中加入足量氢氧化钠溶液，过滤、洗涤，将所得的沉淀灼烧，冷却后称得固体质量为16.0 g。请根据以上信息计算该铁矿石样品中铁元素的质量分数。（假设杂质不与盐酸反应）

附录Ⅰ　相对原子质量表

（按照元素符号的字母次序排列）

元素		相对原子质量	元素		相对原子质量	元素		相对原子质量
符号	名称		符号	名称		符号	名称	
Ac	锕	[227]	Ge	锗	72.64(1)	Po	钋	[209]
Ag	银	107.868 2(2)	H	氢	1.007 94(7)	Pr	镨	140.907 65(2)
Al	铝	26.981 538(2)	He	氦	4.002 602(2)	Pt	铂	195.078(2)
Am	镅	[243]	Hf	铪	178.49(2)	Pu	钚	[244]
Ar	氩	39.948(1)	Hg	汞	200.59(2)	Ra	镭	[226]
As	砷	74.921 60(2)	Ho	钬	164.930 32(2)	Rb	铷	85.467 8(3)
At	砹	[210]	Hs	𨨏	[277]	Re	铼	186.207(1)
Au	金	196.966 55(2)	I	碘	126.904 47(3)	Rf	𬬭	[261]
B	硼	10.811(7)	In	铟	114.818(3)	Rg	𬬩	[281]
Ba	钡	137.327(7)	Ir	铱	192.217(3)	Rh	铑	102.905 50(2)
Be	铍	9.021 182(3)	K	钾	39.098 3(1)	Rn	氡	[222]
Bh	𨨨	[264]	Kr	氪	83.798(2)	Ru	钌	101.07(2)
Bi	铋	208.980 38(2)	La	镧	138.905 5(2)	S	硫	32.065(5)
Bk	锫	[247]	Li	锂	6.941(2)	Sb	锑	121.760(1)
Br	溴	79.904(1)	Lu	镥	174.967(1)	Sc	钪	44.955 910(8)
C	碳	12.010 7(8)	Lr	铹	[262]	Se	硒	78.96(3)
Ca	钙	40.078(4)	Lv	𫟷	[293]	Sg	𬭳	[266]
Cd	镉	112.411(8)	Mc	镆	[289]	Si	硅	28.085 5(3)
Ce	铈	140.116(1)	Md	钔	[258]	Sm	钐	150.36(3)
Cf	锎	[251]	Mg	镁	24.305 0(6)	Sn	锡	118.710(7)
Cl	氯	35.453(2)	Mn	锰	54.938 049(9)	Sr	锶	87.62(1)
Cm	锔	[247]	Mo	钼	95.94(2)	Ta	钽	180.947 9(1)
Cn	鿔	[285]	Mt	鿏	[268]	Tb	铽	158.925 34(2)
Co	钴	58.933 200(9)	N	氮	14.006 7(2)	Tc	锝	[98]
Cr	铬	51.996 1(6)	Na	钠	22.989 770(2)	Te	碲	127.60(3)
Cs	铯	132.905 45(2)	Nb	铌	92.906 38(2)	Th	钍	232.038 1(1)
Cu	铜	63.546(3)	Nd	钕	144.24(3)	Ti	钛	47.867(1)
Db	𨧀	[262]	Ne	氖	20.179 7(6)	Tl	铊	204.383 3(2)
Ds	𫟼	[281]	Nh	鉨	[286]	Tm	铥	168.934 21(2)
Dy	镝	162.500(1)	Ni	镍	58.693 4(2)	Ts	𫓧	[293]
Er	铒	167.259(3)	No	锘	[259]	U	铀	238.028 91(3)
Es	锿	[252]	Np	镎	[237]	V	钒	50.941 5(1)
Eu	铕	151.964(1)	O	氧	15.999 4(3)	W	钨	183.84(1)
F	氟	18.998 403 2(5)	Og	氮	[294]	Xe	氙	131.293(6)
Fe	铁	55.845(2)	Os	锇	190.23(3)	Y	钇	88.905 85(2)
Fl	𫓶	[289]	P	磷	30.973 761(2)	Yb	镱	173.04(3)
Fm	镄	[257]	Pa	镤	231.035 88(2)	Zn	锌	65.409(4)
Fr	钫	[223]	Pb	铅	207.2(1)	Zr	锆	91.224(2)
Ga	镓	69.723(1)	Pd	钯	106.42(1)			
Gd	钆	157.25(3)	Pm	钷	[145]			

注：1. 相对原子质量录自2013年国际原子量表，以$^{12}C = 12$为基准。

2. 相对原子质量加方括号的为放射性元素的半衰期最长的同位素的质量数。

3. 相对原子质量末尾的不确定度加注在其后的括号内。

附录Ⅱ　常见酸、碱和盐的溶解性表（20 ℃）

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

说明：“溶”表示那种物质可溶于水，“难”表示难溶于水，“微”表示微溶于水，“挥”表示挥发性，“–”表示那种物质不存在或遇到水就分解了。

附录Ⅲ　中英文名词对照表

化学反应速率	chemical reaction rate	3
可逆反应	reversible reaction	6
化学平衡	chemical equilibrium	8
放热反应	exothermic reaction	10
吸热反应	endothermic reaction	10
热化学方程式	thermochemical equation	11
键能	bond energy	12
热值	heat value	13
氢经济	hydrogen economic	16
原电池	primary battery	20
腐蚀	corrosion	21
化学电源	chemical power source	22
电解池	electrolytic cell	24
电解	electrolysis	24
氮的固定	fixation of nitrogen	33
固氮菌	nitrogen-fixing bacteria	33
氨气	ammonia	39
铵盐	ammonium salt	41
硝酸	nitric acid	41
尿素	urea	47
光化学烟雾	photo-chemical smog	48
煤	coal	56
石油	petroleum	56
天然气	natural gas	56
甲烷	methane	56
取代反应	substitution reaction	58

烃	hydrocarbon	59
同系物	homologue	59
催化裂化	catalytic cracking	61
裂解	pyrolysis	61
乙烯	ethene	62
加成反应	addition reaction	63
苯	benzene	65
乙醇	ethanol	69
官能团	functional group	71
乙酸	acetic acid	71
酯化反应	esterification reaction	73
酯	ester	73
油脂	lipids	73
糖类	carbohydrate	76
蛋白质	protein	78
氨基酸	amino acid	79
酶	enzyme	80
加成聚合反应	addition polymerization	85
金属冶炼	metal smelting	95
铝热反应	aluminothermics	97
合金	alloy	107

后 记

2003年，教育部颁布了《普通高中化学课程标准（实验）》，确定了高中化学课程由必修、选修两大部分组成。其中，必修教材2册（化学1、化学2），选修教材6册（化学与生活、化学与技术、物质结构与性质、化学反应原理、有机化学基础、实验化学）。“苏教版”教材由高中化学课程标准研制组组长、华东师范大学博士生导师王祖浩教授任主编，以高中化学课程标准研制组多位核心成员为主体进行了设计和编写。教材在15年左右的使用、修改基础上不断完善，形成了自己的特色。

2017年教育部完成了对普通高中课程标准的修订，颁布《普通高中化学课程标准》（2017年版）。该标准弘扬立德树人，坚持继承发展，提出了化学学科核心素养，并将其贯通于高中化学课程之中。本套教材修订坚持思想性、时代性、科学性、实践性和继承性等原则，着力体现化学学科独特的育人价值。本编写组在依据课程标准修订教材的过程中，重点关注化学学科核心素养在教材中的具体落实，重建化学教材的内容结构，力求反映化学课程学习对学生未来发展的重要价值。本套修订教材于2019年经国家教材委员会审查通过。

《普通高中教科书·化学》（必修）立足初中基础，着眼于发展学生的化学学科核心素养，突出化学核心概念、思想观念的统领作用。教材尝试通过各种方法激发学生的学习兴趣，帮助学生打下扎实的化学知识基础，认识化学的本质，初步学会收集证据进行分析推理，提高科学探究的能力。教材创设了一系列情境，帮助学生较为全面地认识化学、技术、社会与环境之间的相互关系，为学生形成严谨求实的科学态度和科学价值观提供基础。

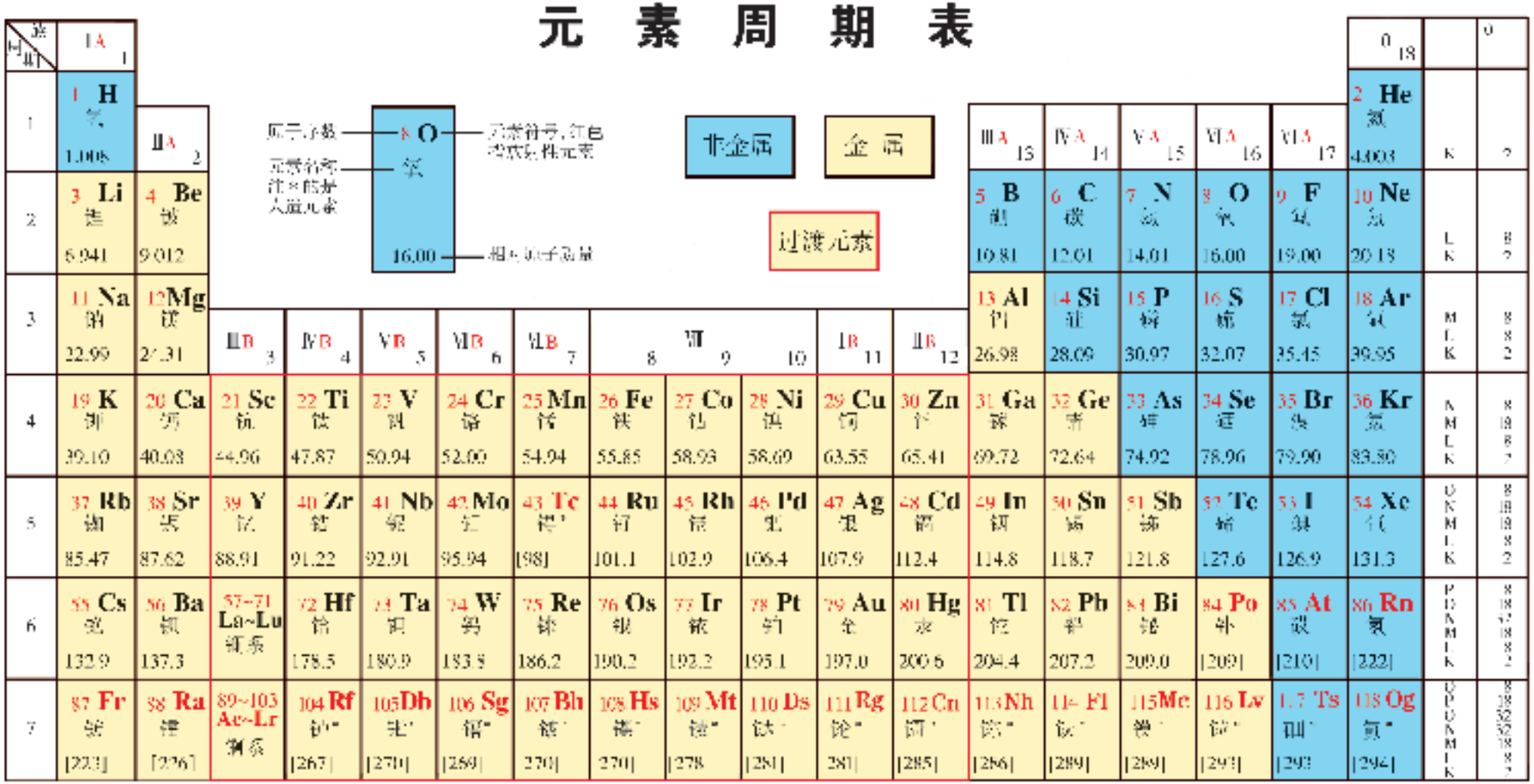
《普通高中教科书·化学》（必修）分第一册、第二册。第二册由王祖浩教授任主编，王云生教授任副主编。参与编写、修改的有王祖浩、王云生、江敏、杜开颜、赵华、迟少辉、丁伟、陈红、吴先强等同志，全书由王祖浩教授、王云生教授定稿。

本教材编写和修订一直得到教育部教材局、基础教育课程教材发展中心的关心和支持，得到国内化学界和化学教育界刘知新教授、严宣申教授等著名的老一辈专家的指导。原版作者早年付出了辛勤劳动，长期使用本教材的化学教师、教研员提出了不少建设性的意见，教材试教和协助拍摄单位给予了大力支持，华东师范大学为教材编写和修订提供了良好的条件，江苏凤凰教育出版社责任编辑李婷婷、丁金芳和美术编辑张金风、王怡等同志为教材的高质量出版付出了辛劳，王志庚、曹旭琴、王伟群、张红俊、田长明、杨茵、蒋新芳、丁浩等老师在本册教材编写、修订过程中给予了具体的帮助，我们在此一并表示由衷的感谢。

苏教版高中化学教材编写组

2020年6月

元 素 周 期 表



1.相对原子质量引自国际纯粹与应用化学联合会（IUPAC）相对原子质量表（2013），并全部取4位有效数字。

2.相对原子质量加括号的为放射性元素的半衰期最长的同位素的质量数。

ISBN 978-7-5499-8132-8
9 787549 981328 >
定价:9.74元

绿色印刷产品　审批号:苏费核(2021年)0509号　举报电话:12315

YOUJ
365优教
大学生共享家教联盟

致力于用榜样的力量提升学生成绩的共享家教平台

中国家庭教育学会荣誉会员单位

985/211大学生

1对1上门辅导

找家教就像叫“代驾”一样简单

家长们都在偷偷用的家教预约神器

记得拍照留存哦

扫码关注 预约上门

关注送200元优惠券

小初高全科辅导

学霸云集任您挑

学历真实可担保

与优秀大学生同行，激发孩子无限潜能

微信搜索公众号：365优教网

咨询热线：4000—711—365

YOUJ优教

既是找老师，更是找榜样

家教老师全国招募中