

普通高中课程标准实验教科书  
化学必修1

普通高中课程标准实验教科书

# 化学 ①

人民教育出版社 化学工业出版社 编  
北京人民教育出版社 化学工业出版社



人民教育出版社  
化学工业出版社


普通高中课程标准实验教科书

# 化学 ①

必修

人民教育出版社 课程教材研究所 编著  
化学课程教材研究开发中心



 人民教育出版社

主 编：宋心琦  
副 主 编：王 晶 李文鼎

本册主编：宋心琦  
副 主 编：王 晶  
编写人员：宋心琦 王 晶 郑长龙 李文鼎 王作民（按编写顺序）  
责任编辑：乔国才  
美术编辑：李宏庆  
摄 影：朱 京  
绘 图：李宏庆

普通高中课程标准实验教科书

化学 1

必修

人民教育出版社 课程教材研究所  
化学课程教材研究开发中心 编著

人民教育出版社出版发行

网址：<http://www.pep.com.cn>

人民教育出版社印刷厂印装 全国新华书店经销

开本：890 毫米×1 240 毫米 1/16 印张：7.25 插页：2 字数：160 000

2007 年 3 月第 3 版 2009 年 12 月第 13 次印刷

ISBN 978-7-107-17648-7 定价：9.55 元  
G·10737（课）

著作权所有·请勿擅自用本书制作各类出版物·违者必究

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与本社出版科联系调换。

（联系地址：北京市海淀区中关村南大街 17 号院 1 号楼 邮编：100081）

# 目 录

## 引言

## 第一章 从实验学化学 2

第一节 化学实验基本方法 4

第二节 化学计量在实验中的应用 11

归纳与整理 19

## 第二章 化学物质及其变化 22

第一节 物质的分类 24

第二节 离子反应 30

第三节 氧化还原反应 35

归纳与整理 40

## 第三章 金属及其化合物 44

第一节 金属的化学性质 46

第二节 几种重要的金属化合物 55

第三节 用途广泛的金属材料 64

归纳与整理 68

## 第四章 非金属及其化合物 72

第一节 无机非金属材料的主角——硅 74

第二节 富集在海水中的元素——氯 82

第三节 硫和氮的氧化物 89

第四节 氨 硝酸 硫酸 97

归纳与整理 105

附录 I 相对原子质量表 109

附录 II 部分酸、碱和盐的溶解性表（室温） 110

附录 III 一些常见元素中英文名称对照表 111

元素周期表

# 引言

化学是一门充满神奇色彩的科学，它通过探索那些肉眼看不见的粒子——原子、分子的特征和行为，引导着人们来认识整个物质世界。从最简单的氧气、氮气和水到复杂的DNA和病毒；从我们身边的金属、陶瓷和塑料到太空中的臭氧、氟氯代烷光解后的碎片；从起光合作用的叶绿素到以海滩沙子为原料的计算机芯片；等等，在化学家看来，它们都是由为数不多的化学元素的原子构成的。形形色色的物质是怎样构成的？它们为什么会有各种各样的性质和用途？通过化学的学习就可以找到答案。

化学是一门实用性很强的科学。通过对原子的了解，化学家学会了对原子和分子的控制。利用分析和模拟的方法，解开了许多物质的构成之谜（如橡胶、染料和香料等），从而可以在工厂里大规模地进行生产。除此之外，合成与开发大量自然界并不存在的新物质、新材料，也是现代化学的重要任务之一。化学不仅支持了高新技术的快速发展，而且将为解决困扰现代社会的环境问题、能源问题和资源问题等提供更多的有效途径。例如，太阳能的利用，将为人类提供充足的氢能源，从而使与化石燃料伴生的能源危机和环境问题同时得到缓解。有了充足的能源，再加上化学家的智慧和灵巧的双手，化学将对解决资源问题作出重大贡献。因为在化学家看来，只要能源充足而且价格低廉，废弃物中的原子都可以成为有用物质的原料。

化学与社会发展以及人们生活质量的提高有密切的关系，基础化学知识对于识别伪科学、判断某些商品是否会影响环境质量或人体健康等也是必需的。

用近乎“抽象”的原子分子理论为基础，运用像试管、烧杯、酒精灯一类的简单器具，就可以探索物质构成的奥秘；从颜色的变化、沉淀的生成和溶解、气体的吸收和释放，以及所用试剂的化学式，就可以推断体系中的变化本质，并且能够用简单的符号来记录和传递其中的信息。化学与我们密切相关，生活中有着数不清的化学过程，可是有的就像是令人目瞪口呆的魔术表演，使人产生扑朔迷离的感觉。当掌握了这些现象的化学本质之后，我们又会觉得这一切是如此的合乎逻辑和情理，人人都可以在实验室中重现这些化学过程。所以，化学和其他科学一样，也是属于大众的科学。神奇而又平凡，正是化学最为引人入胜之处！

学习化学和学习其他课程一样，要从基础开始。实验是学习化学、体验化学和探究化学过程的重要途径。日常生活中有很多化学现象，对它们的观察、探究和思索，可以加深我们对化学原理的理解，可以开阔我们的眼界。所以，学习化学不限于书本和实验室。成功的关键在于如何激发自己对于自然现象的兴趣，学习并逐步掌握科学探究的方法和养成良好的科学习惯。

高中化学课程以模块的形式呈现，在我国是第一次，这是为了尊重你们的兴趣和学习的需要。高中化学新教材将由两个必修模块教材和六个选修模块教材组成，所涉及的内容

基本覆盖了初等化学的所有领域。必修模块教材将在初中化学的基础上起到巩固和提高的作用，并为学习选修模块和今后继续提高化学知识水平作必要的铺垫。选修模块教材各有自己所侧重的方面：或注重于实用的化学知识；或着重于化学理论的系统深入；或着眼于化学和现代科学技术发展的关系；或为有兴趣于实验探究的同学而开设；等等。你们将在老师的指导和建议下，自主地选择它们。

尊重个人兴趣，可以根据自己的学习情况安排课程学习的内容和时间。高中三年的学习计划将具有明显的个性，它将更加有利于学习潜能的激发。学习生活仍然是紧张的，但是将充满乐趣。高中化学也会是这样，让我们一起来努力！



## 第一章

# 从实验学化学

化学是一门以实验为基础的自然科学。人们对科学规律的发现是通过  
对自然现象的反复观察、探究和验证逐步完成的。化学研究主要用的是  
实验方法，所以，学习化学也离不开实验。掌握实验方法以及完成化  
学实验所必需的技能，是学好化学的关键。





做好化学实验，并保证实验的顺利进行和实验者的安全，要掌握一些基本的实验方法和操作技能。我们在初中曾经学习过一些基本的化学实验操作，如固体和液体药品的取用、物质的加热以及一些基本仪器的使用等。为了完成更多的实验，我们需要在原有基础上进一步提高，还要进一步学习一些新的实验方法和基本操作。

## 一、化学实验安全

学习和研究化学，经常要进行实验。无论是在化学实验室还是在家中进行的实验或探究活动，安全是顺利进行实验及避免伤害和事故的保障。为此，应注意以下问题：

1. 遵守实验室规则。当你走进化学实验室时，首先要认真阅读并牢记实验室的安全规则。
2. 了解安全措施。了解危险化学品在存放和使用时的注意事项、着火和烫伤的处理、化学灼伤的处理、如何防止中毒、意外事故的紧急处理方法，以及灭火器材、煤气、电闸等的位置和使用方法、报警电话等。
3. 掌握正确的操作方法。包括仪器和药品的使用、加热、气体收集等。
4. 重视并逐步熟悉污染物和废弃物的处理方法。包括有害气体、废液、固体废弃物（如破损玻璃、反应后剩余的金属等）的处理。

### 资料卡片

#### 常用危险化学品的分类

|     |                      |
|-----|----------------------|
| 第1类 | 爆炸品                  |
| 第2类 | 压缩气体和<br>液化气体        |
| 第3类 | 易燃液体                 |
| 第4类 | 易燃固体、自燃物<br>品和遇湿易燃物品 |
| 第5类 | 氧化剂和<br>有机过氧化物       |
| 第6类 | 有毒品                  |
| 第7类 | 放射性物品                |
| 第8类 | 腐蚀品                  |



图 1-1 一些常用危险化学品的标志<sup>①</sup>

<sup>①</sup> 标志中的数字为常用危险化学品按其主要危险特性的分类。

## 思考与交流

根据你做化学实验和探究活动的经验，想一想在进行化学实验和探究时应注意哪些安全问题。将注意事项写在不同的卡片上，与小组同学讨论，并归类总结，在班上交流。选择使你留下深刻印象的事故作为例子，分析引发安全事故的主要原因。你认为主要的教训是什么？

## 二、混合物的分离和提纯

### 思考与交流

你知道沙里淘金吗？淘金者是利用什么性质和方法将金子从沙里分出来的？如果有铁屑和沙的混合物，你能用哪些方法将铁屑分离出来？

自然界中的物质绝大多数以混合物的形式存在。单纯的混合虽然不会改变其中某组分的性质，但对于研究其中某物质的性质或将其应用于生产和生活中时，就会受到影响。例如，由于粗盐中含有泥土和一些其他化学物质，使我们不但无法观察到食盐晶莹剔透的外观，而且也不能将其作为调味品来使用。又如，饮用水中混入有异味的杂质后，不仅影响口感，也不能达到卫生标准。在生产中，某些技术的实现也要求使用纯净的材料，如计算机芯片就要求使用高纯度的单晶硅等。所以，从化学学科本身以及社会生活和生产的需要考虑，混合物的分离和提纯是非常必要的。为此，研究出了许多分离和提纯物质的方法，用于实验研究和生产。在化工生产中已形成了多种有效的分离技术，并发展成为专用的过程和设备。

### 学与问

分离和提纯物质就是要除掉杂质。化学上所指的杂质都是有害和无价值的吗？你怎样看待这个问题？能举出一些例子吗？

#### 1. 过滤和蒸发

过滤 filtration

蒸发 evaporation

#### 实验 1-1

#### 粗盐的提纯

(1) 用海水、盐井水、盐湖水直接制盐，只能得到粗盐，其中含有较多的杂质，如不溶性的泥沙，可溶性的  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$  以及一些硫酸盐等。下面我们先利用初中学过的方法来提纯粗盐。

(2) 操作步骤 (请写出具体操作方法及现象):

| 步 骤                                 | 现 象 |
|-------------------------------------|-----|
| 1. 溶解: (称取约 4 g 粗盐<br>加到约 12 mL 水中) |     |
| 2. 过滤:                              |     |
| 3. 蒸发:                              |     |



图 1-2 过滤

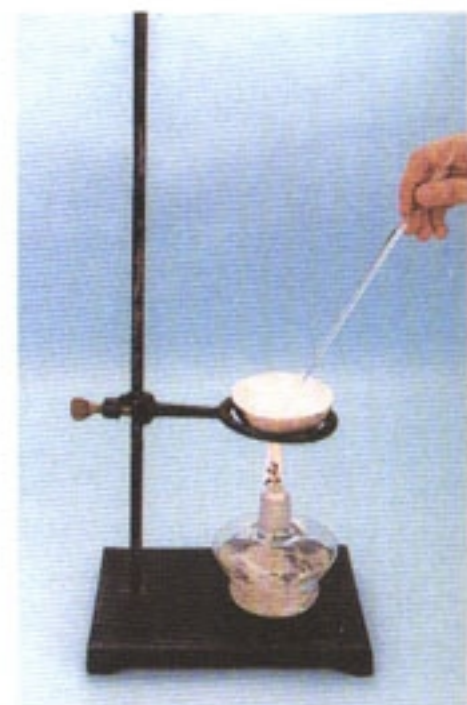


图 1-3 蒸发

(3) 思考: 你认为通过上述操作得到的是比较纯的氯化钠吗? 可能还有什么杂质没有除去? 用什么方法可以检验出它们呢?

一些可溶性物质在水溶液中以离子的形式存在, 如  $\text{NaCl}$  在水溶液中以  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  的形式存在。我们可以通过检验溶液中的离子来确定某些物质的成分。下面我们利用化学方法来检验 [实验 1-1] 得到的盐中是否含有  $\text{SO}_4^{2-}$ 。

### 实验 1-2

取 [实验 1-1] 得到的盐约 0.5 g 放入试管中, 向试管中加入约 2 mL 水配成溶液, 先滴入几滴稀盐酸使溶液酸化, 然后向试管中滴入几滴  $\text{BaCl}_2$  (氯化钡) 溶液。观察现象。

在溶液中解离能产生  $\text{SO}_4^{2-}$  的化合物与  $\text{BaCl}_2$  溶液反应, 生成不溶于稀盐酸的白色  $\text{BaSO}_4$  (硫酸钡) 沉淀。利用这一反应可以检验硫酸和可溶性硫酸盐。例如,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液与  $\text{BaCl}_2$  溶液反应的化学方程式为:



[实验 1-2] 表明, 经过溶解、过滤和蒸发操作得到的盐中仍然含有可溶性杂质硫酸盐。实际上, 除硫酸盐外, 还含有  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$  等其他可溶性杂质, 所以, [实验 1-1] 除去的只是不溶于水的杂质, 并没有得到较纯的食盐。对于可溶性杂质中的盐类, 可以利用化学方法检验出, 而且可以用化学方法除去。实际的粗盐提纯过程, 就是将不溶性杂质过滤后再进一步除去可溶性杂质。

### 思考与交流

(1) 如果要除去粗盐中含有的可溶性杂质  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{MgCl}_2$  及一些硫酸盐, 按下表所示顺序, 应加入什么试剂? 可参考资料卡片中相应物质的溶解性。

| 杂质              | 加入的试剂 | 化学方程式 |
|-----------------|-------|-------|
| 硫酸盐             |       |       |
| $\text{MgCl}_2$ |       |       |
| $\text{CaCl}_2$ |       |       |

(2) 加入你选择的试剂除掉杂质后, 有没有引入其他离子? 想一想可用什么方法再把它们除去?

在实际进行方案设计时, 除要考虑所加试剂外, 还要考虑加入试剂的先后顺序、试剂用量, 以及试剂过量后如何处理等。

## 2. 蒸馏和萃取

从混合物中分离和提纯某些物质, 除了可用过滤、蒸发等方法外, 对于液态混合物, 还可以利用混合物中各组分的沸点不同, 用蒸馏的方法除去易挥发、难挥发或不挥发的杂质。例如, 实验室通过蒸馏的方法除去自来水中含有的  $\text{Cl}^-$  等杂质制取蒸馏水。实验室制取蒸馏水常用的装置如图 1-4 所示。

蒸馏 distillation 萃取 extraction

### 提示

在检验试样或配好的试样溶液中是否含有某种物质时, 每次应取少量进行检验, 不能将检测试剂一次加入全部待检验试样或配好的试样溶液中。

想一想: 为什么?

### 资料卡片

#### 一些物质的溶解性

|                  | $\text{OH}^-$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{CO}_3^{2-}$ |
|------------------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|
| $\text{H}^+$     |               | 溶、挥           | 溶                  | 溶、挥                |
| $\text{Na}^+$    | 溶             | 溶             | 溶                  | 溶                  |
| $\text{Ca}^{2+}$ | 微             | 溶             | 微                  | 不                  |
| $\text{Ba}^{2+}$ | 溶             | 溶             | 不                  | 不                  |
| $\text{Mg}^{2+}$ | 不             | 溶             | 溶                  | 微                  |

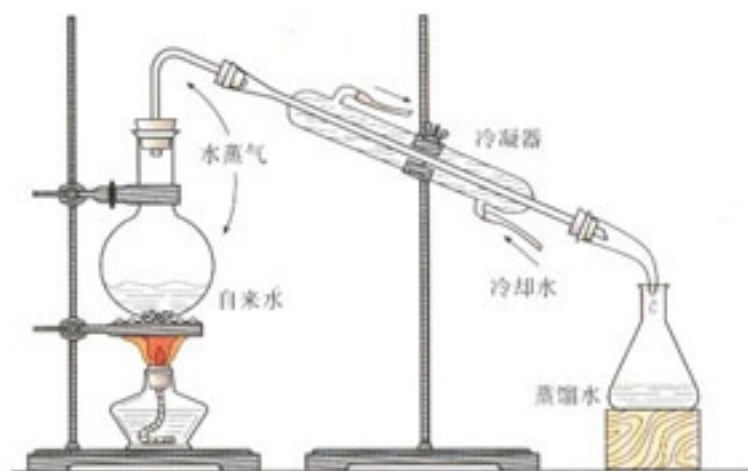


图 1-4 实验室制取蒸馏水的装置

## 实验 1-3

| 实 验  | 现 象 |
|--|-----|
| 1. 在试管中加入少量自来水，滴入几滴稀硝酸 <sup>①</sup> 和几滴 $\text{AgNO}_3$ (硝酸银) 溶液。  |     |
| 2. 在 100 mL 烧瓶中加入约 1/3 体积的自来水，再加入几粒沸石 (或碎瓷片)，按图 1-4 连接好装置，向冷凝管中通入冷却水。加热烧瓶，弃去开始馏出的部分液体，用锥形瓶收集约 10 mL 液体，停止加热。 |     |
| 3. 取少量收集到的液体加入试管中，然后滴入几滴稀硝酸和几滴 $\text{AgNO}_3$ 溶液。(得到的液体中还含有 $\text{Cl}^-$ 吗?)                               |     |

有些能源比较丰富而淡水短缺的国家，常利用蒸馏法大规模地将海水淡化为可饮用水，但这种方法的成本很高。寻找淡化海水的其他方法是化学研究和应用中的重要课题之一。

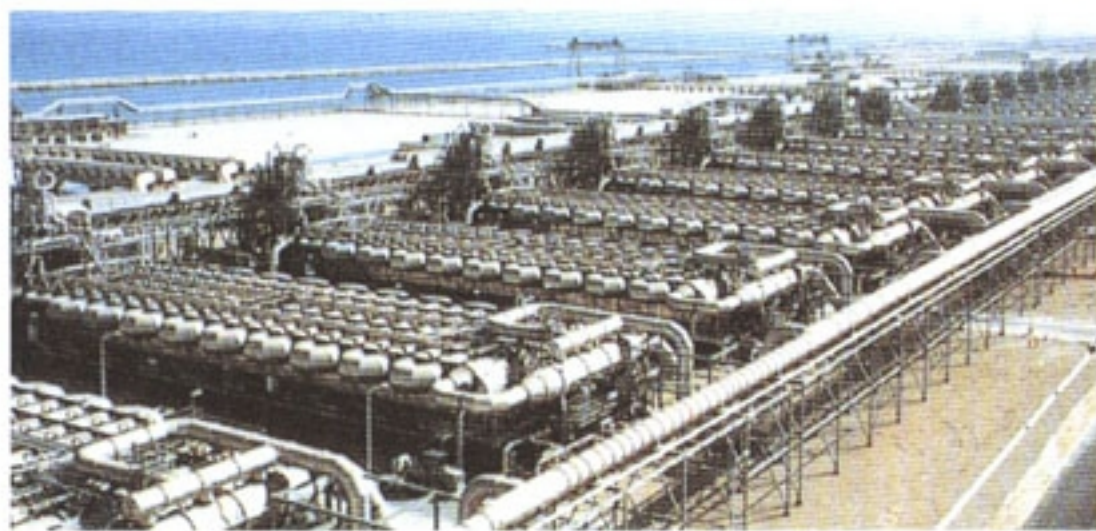


图 1-5 海水淡化工厂



图 1-6 分液漏斗

此外，还可以利用物质在互不相溶的溶剂里溶解度的不同，用一种溶剂把物质从它与另一种溶剂所组成的溶液里提取出来，这种方法叫做萃取。将萃取后两种互不相溶的液体分开的操作，叫做分液。分液常要使用分液漏斗 (如图 1-6)。萃取在天然香料、药物的提取及核燃料的处理等技术中得到了广泛的应用。

<sup>①</sup> 用稀硝酸和  $\text{AgNO}_3$  溶液可以检验溶液中的氯离子。

## 实验 1-4

(1) 用量筒量取 10 mL 碘的饱和水溶液，倒入分液漏斗，然后再注入 4 mL 四氯化碳<sup>①</sup>，盖好玻璃塞。

(2) 用右手压住分液漏斗口部，左手握住活塞部分，把分液漏斗倒转过来振荡，使两种液体充分接触（如图 1-7）；振荡后打开活塞，使漏斗内气体放出。

(3) 将分液漏斗放在铁架台上，静置（如图 1-8）。

(4) 待液体分层后，将分液漏斗颈上的玻璃塞打开，或使塞上的凹槽（或小孔）对准漏斗上的小孔，再将分液漏斗下面的活塞拧开，使下层液体慢慢沿烧杯壁流下（如图 1-9）。



图 1-7 倒转分液漏斗时，应关闭玻璃塞和活塞



图 1-8 萃取



图 1-9 分液

我们学习了混合物的分离和提纯，如过滤、蒸发、蒸馏和萃取，以及离子（如  $\text{SO}_4^{2-}$ ）检验的化学方法。在化学实验及科学研究中，还有许多分离和提纯的方法，如分馏等。此外，利用物质的特殊性质来分离和检验物质的方法也很多，如用试纸对血糖或尿糖的监测、农产品残余农药的快速检测、大气中污染物的测定，以及法医常用的 DNA 测序等，应用已十分广泛。化学方法和技术的应用是我们在探索物质世界奥秘时有力的助手，并能给我们带来无穷的乐趣。

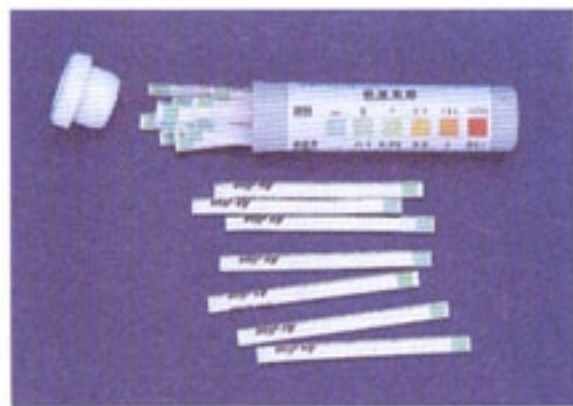


图 1-10 检测尿糖用的试纸

<sup>①</sup> 一种有机溶剂，与水互不相溶，密度比水的大。曾用作灭火剂，但因与水在高温下反应时会产生有毒物质，现已被禁用。

# 习 题

- 下列各组混合物中，能用分液漏斗进行分离的是（ ）。
  - 酒精和水
  - 碘和四氯化碳
  - 水和四氯化碳
  - 汽油和植物油
- 在汽车加油站见到的油罐车上，所贴的危险化学品标志是（ ）。



A.



B.



C.



D.

- 下列操作中不正确的是（ ）。
  - 过滤时，玻璃棒与三层滤纸的一边接触
  - 过滤时，漏斗下端紧贴烧杯内壁
  - 加热试管内物质时，试管底部与酒精灯灯芯接触
  - 向试管中滴加液体时，胶头滴管紧贴试管内壁
- 列举生活中混合物分离和提纯的例子。
- 如果不慎将油汤洒到衣服上，可以用什么方法除去？说明你依据的原理。
- 碳酸盐能与盐酸反应生成二氧化碳，利用这一性质可以检验  $\text{CO}_3^{2-}$ 。设计实验检验家中的纯碱（或碎大理石）中是否含有  $\text{CO}_3^{2-}$ ；找一些碎的陶瓷片或玻璃片，洗净并晾干后，检验它们中是否含有  $\text{CO}_3^{2-}$ 。
- 某混合物中可能含有可溶性硫酸盐、碳酸盐及硝酸盐。为了检验其中是否含有硫酸盐，某同学取少量混合物溶于水后，向其中加入氯化钡溶液，发现有白色沉淀生成，并由此得出该混合物中含有硫酸盐的结论。你认为这一结论可靠吗？为什么？应该怎样检验？（提示：碳酸盐能溶于稀硝酸和稀盐酸。）

在化学实验室做实验时，取用的药品无论是单质还是化合物，都是可以用器具称量的。而物质间发生的化学反应是原子、离子或分子之间按一定的数目关系进行的，对此，不仅我们用肉眼直接看不到，也难以称量。那么，可称量物质与原子、离子或分子之间有什么联系呢？能否用一定数目的粒子集合体来计量它们之间的关系呢？为此，国际科学界建议采用“物质的量”将一定数目的原子、离子或分子等微观粒子与可称量物质联系起来。

### 一、物质的量的单位——摩尔

在日常生活、生产和科学研究中，人们常常根据不同需要使用不同的计量单位。例如，用米、厘米等来计量长度；用千克、毫克等来计量质量；等等。同样，人们用摩尔作为计量原子、离子或分子等微观粒子的“物质的量”的单位。

物质的量 amount of substance

摩尔 mole

物质的量是一个物理量，它表示含有一定数目粒子的集合体，符号为  $n$ 。物质的量的单位为摩尔，简称摩，符号为 mol。国际上规定，1 mol 粒子集体所含的粒子数与 0.012 kg  $^{12}\text{C}$ ①中所含的碳原子数相同，约为  $6.02 \times 10^{23}$ 。把 1 mol 任何粒子的粒子数叫做阿伏加德罗②常数，符号为  $N_A$ ，通常用  $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  表示。

物质的量、阿伏加德罗常数与粒子数 ( $N$ ) 之间存在着下述关系：

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

作为物质的量的单位，mol 可以计量所有微观粒子（包括原子、分子、离子、原子团、电子、质子、中子等），如 1 mol Fe、1 mol  $\text{O}_2$ 、1 mol  $\text{Na}^+$ 、1 mol  $\text{SO}_4^{2-}$  等。

1 mol 不同物质中所含的粒子数是相同的，但由于不同粒子的质量不同，1 mol 不同物质的质量也不同。例如，1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  和 1 mol Al 所含的粒子数

#### ● 资料卡片

国际单位制 (SI) 的 7 个基本单位

| 物理量   | 单位名称   | 单位符号 |
|-------|--------|------|
| 长度    | 米      | m    |
| 质量    | 千克(公斤) | kg   |
| 时间    | 秒      | s    |
| 电流    | 安[培]   | A    |
| 热力学温度 | 开[尔文]  | K    |
| 物质的量  | 摩[尔]   | mol  |
| 发光强度  | 坎[德拉]  | cd   |

①  $^{12}\text{C}$  是指原子核内有 6 个质子和 6 个中子的碳原子。

② 阿伏加德罗 (A. Avogadro, 1776—1856)，意大利物理学家，最早提出分子的概念。



都是  $6.02 \times 10^{23}$ ，但它们的质量不同（如图 1-11）。



18 g  $\text{H}_2\text{O}$   
 $6.02 \times 10^{23}$  个水分子  
1 mol  $\text{H}_2\text{O}$



27 g Al  
 $6.02 \times 10^{23}$  个铝原子  
1 mol Al

图 1-11 1 mol 物质的质量及所含粒子数

1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  的质量是 18 g，约含有  $6.02 \times 10^{23}$  个水分子；  
0.5 mol  $\text{H}_2\text{O}$  的质量是 9 g，约含有  $3.01 \times 10^{23}$  个水分子；  
1 mol Al 的质量是 27 g，约含有  $6.02 \times 10^{23}$  个铝原子；  
2 mol Al 的质量是 54 g，约含有  $1.204 \times 10^{24}$  个铝原子。



图 1-12 微观粒子与可称量物质之间存在着一定的联系

1 mol 任何粒子集合体都含有  $6.02 \times 10^{23}$  个粒子；而 1 mol 任何粒子或物质的质量以克为单位时，其数值都与该粒子的相对原子质量或相对分子质量相等。单位物质的量的物质所具有的质量叫做**摩尔质量**。摩尔质量的符号为  $M$ ，常用的单位为  $\text{g/mol}$ （或  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ）。例如：

Mg 的摩尔质量是 24 g/mol；  
KCl 的摩尔质量是 74.5 g/mol；  
 $\text{SO}_2$  的摩尔质量是 64 g/mol；  
 $\text{CO}_3^{2-}$  的摩尔质量是 60 g/mol。

摩尔质量 molar mass

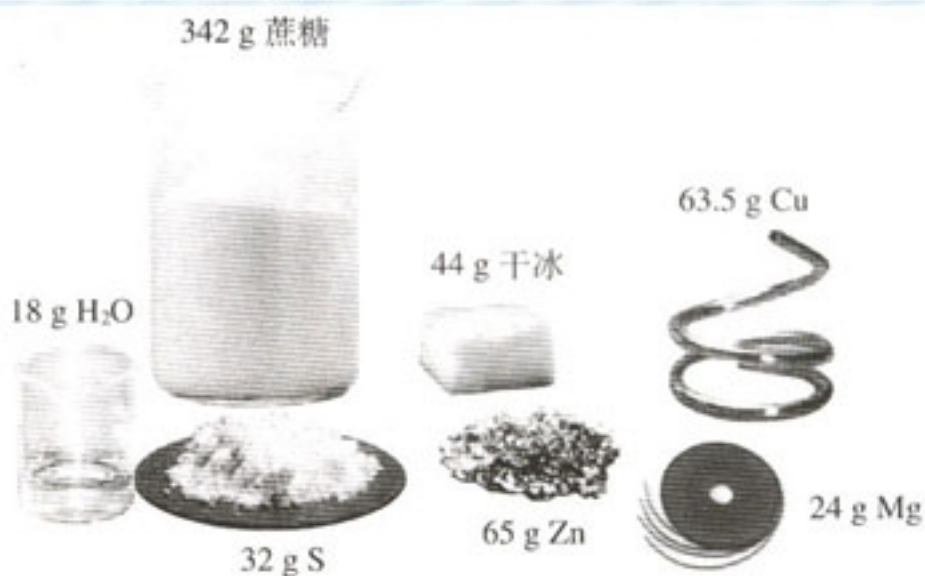


图 1-13 1 mol 的几种物质

物质的量( $n$ )、质量( $m$ ) 和摩尔质量( $M$ ) 之间存在着下述关系:

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

## 学与问

24.5 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的物质的量是多少? 1.50 mol  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的质量是多少?

## 二、气体摩尔体积

在科学研究或实际生产中,涉及到气态物质时,测量体积往往比称量质量更方便。所以,一般都是计量体积,而不是称量质量。那么,气体体积与物质的量、物质的质量之间有什么关系呢?

## 科学探究

1. (1) 根据图 1-14 所示的电解水原理进行实验,观察不同时间试管内的气体体积的变化。生成的  $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2$  的体积比各约是多少?

(2) 假设电解了 1.8 g  $\text{H}_2\text{O}$ , 根据电解水的化学方程式计算生成的  $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2$  的质量。根据  $\text{O}_2$ 、 $\text{H}_2$  的摩尔质量,计算物质的量,并通过下表进行比较。

|              | 质量 | 物质的量 | $\text{H}_2$ 和 $\text{O}_2$ 的物质的量之比 |
|--------------|----|------|-------------------------------------|
| $\text{H}_2$ |    |      |                                     |
| $\text{O}_2$ |    |      |                                     |

根据实验观察和推算能否初步得出下列结论:在相同温度和压强下,1 mol  $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2$  的体积相同。

2. 下表列出了  $0^\circ\text{C}$ 、101 kPa (标准状况) 时  $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2$  的密度,请计算出 1 mol  $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2$  的体积。

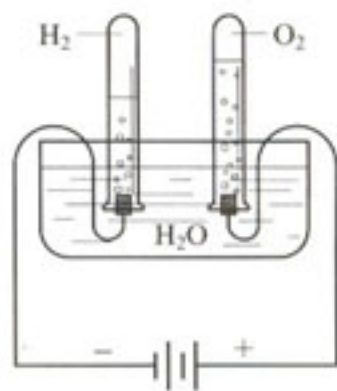


图 1-14 电解水实验原理示意图

|              | 密度/ $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ | 1 mol 物质的体积 |
|--------------|------------------------------------|-------------|
| $\text{O}_2$ | 1.429                              |             |
| $\text{H}_2$ | 0.089 9                            |             |

下表列出了  $20\text{ }^\circ\text{C}$  时几种固体和液体的密度，请计算出 1 mol 这几种物质的体积。

|                         | 密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ | 1 mol 物质的体积 |
|-------------------------|-------------------------------------|-------------|
| Fe                      | 7.86                                |             |
| Al                      | 2.70                                |             |
| $\text{H}_2\text{O}$    | 0.998                               |             |
| $\text{H}_2\text{SO}_4$ | 1.83                                |             |

根据上面两表数据及计算结果讨论，在相同条件下，1 mol  $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2$  的体积是否相同？1 mol 固体和液体的体积是否相同？你还能得出什么结论？

我们知道，物质体积的大小取决于构成这种物质的粒子数目、粒子的大小和粒子之间的距离这三个因素。

1 mol 任何物质中的粒子数目都是相同的，即为  $6.02 \times 10^{23}$ 。因此，在粒子数目相同的情况下，物质体积的大小就主要取决于构成物质的粒子的大小和粒子之间的距离。

1 mol 不同的固态物质或液态物质含有的粒子数相同，而粒子之间的距离是非常小的，这就使得固态物质或液态物质的体积主要决定于粒子的大小。但因为粒子大小是不相同的，所以，1 mol 不同的固态物质或液态物质的体积是不相同的。

对于气体来说，粒子之间的距离远远大于粒子本身的直径，所以，当粒子数相同时，气体的体积主要决定于气体粒子之间的距离。而在相同的温度和压强下，任何气体粒子之间的距离可以看成是相等的，因此，粒子数相同的任何气体都具有相同的体积。这一规律在 19 世纪初就已经被发现了。

我们也可以说，在相同的温度和压强下，相同体积的任何气体都含有相同数目的粒子。

单位物质的量的气体所占的体积叫做**气体摩尔体积**，符号为  $V_m$ ，常用的单位有  $\text{L/mol}$ （或  $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ ）和  $\text{m}^3/\text{mol}$ （或  $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ ）。

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

气体摩尔体积的数值不是固定不变的，它决定于气体所处的温度和压强。例如，在  $0\text{ }^\circ\text{C}$  和  $101\text{ kPa}$ （标准状况）的条件下，气体摩尔体积约为  $22.4\text{ L/mol}$ ；在  $25\text{ }^\circ\text{C}$  和  $101\text{ kPa}$  的条件下，气体摩尔体积约为  $24.5\text{ L/mol}$ 。

气体摩尔体积

molar volume of gas

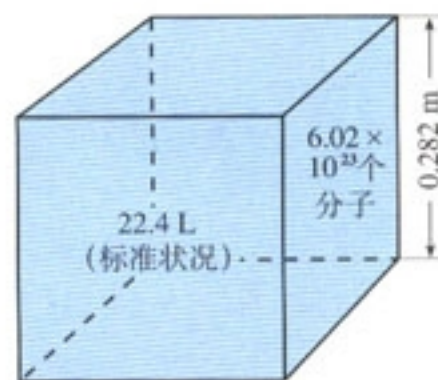


图 1-15 标准状况时的气体摩尔体积示意图

### 三、物质的量在化学实验中的应用

在化学实验中经常要用到溶液，我们有时用溶质的质量分数来表示溶液的组成。为了操作方便，一般取用溶液时并不是称量它的质量，而是量取它的体积。在化学反应中，反应物与生成物之间的比例关系是由化学方程式中的化学计量数所决定的。如果知道一定体积的溶液中溶质的物质的量，对于计算化学反应中各物质之间量的关系是非常便利的，对生产和科学研究也有重要意义。

我们使用物质的量浓度<sup>①</sup>这个物理量，来表示单位体积溶液里所含溶质 B<sup>①</sup> 的物质的量，也称为 B 的物质的量浓度，符号为  $c_B$ 。物质的量浓度可表示为：

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

物质的量浓度常用的单位为 mol/L (或  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ )。如果 1 L 溶液中含有 1 mol 溶质，这种溶液中溶质的物质的量浓度就是 1 mol/L。

我们知道了物质的量与质量的关系，以及用物质的量和溶液体积来表示溶液的组成，就可以在实验室配制一定物质的量浓度的溶液了。

[例] 配制 500 mL 0.1 mol/L NaOH 溶液需要 NaOH 的质量是多少？

解：500 mL 0.1 mol/L NaOH 溶液中 NaOH 的物质的量为：

$$\begin{aligned} n(\text{NaOH}) &= c(\text{NaOH}) \cdot V[\text{NaOH}(\text{aq})]^{②} \\ &= 0.1 \text{ mol/L} \times 0.5 \text{ L} \\ &= 0.05 \text{ mol} \end{aligned}$$

0.05 mol NaOH 的质量为：

$$\begin{aligned} m(\text{NaOH}) &= n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) \\ &= 0.05 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} \\ &= 2 \text{ g} \end{aligned}$$

在实验室，我们可以直接用固体或液体试剂来配制一定物质的量浓度的溶液。如果要求比较精确，就需使用容积精确的仪器，如容量瓶。容量瓶有不同的规格，常用的有 100 mL、250 mL、500 mL 和 1 000 mL。

| 项目名称         | 结果   | 单位                | 参考值       |
|--------------|------|-------------------|-----------|
| 1 谷丙转氨酶      | 7    | U/L               | <40       |
| 2 谷草转氨酶      | 16   | U/L               | 0-40      |
| 3 谷氨转氨酶      | 15   | U/L               | 0-50      |
| 4 碱性磷酸酶      | 77   | U/L               | 34-114    |
| 5 总胆红素       | 12.3 | $\mu\text{mol/L}$ | 0-19      |
| 6 总蛋白        | 70.6 | g/L               | 60-80     |
| 7 白蛋白        | 42.9 | g/L               | 35-55     |
| 8 球蛋白        | 26.7 | g/L               | 20-30     |
| 9 白球比        | 1.6  |                   | 1.5-2.5   |
| 10 乳酸脱氢酶     | 161  | U/L               | 114-249   |
| 11 磷酸肌酸激酶    | 56   | U/L               | 25-200    |
| 12 甘油三酯      | 0.92 | $\text{mmol/L}$   | 0-1.71    |
| 13 总胆固醇      | 4.27 | $\text{mmol/L}$   | 3.6-5.18  |
| 14 高密度脂蛋白胆固醇 | 1.57 | $\text{mmol/L}$   | 1.0-1.6   |
| 15 低密度脂蛋白胆固醇 | 1.40 | $\text{mmol/L}$   | 0-3.36    |
| 16 葡萄糖       | 4.94 | $\text{mmol/L}$   | 3.61-6.11 |

送检日期:2002-09-16 报告日期:2002-09-16

图 1-16 体检的一些指标用物质的量浓度表示 (1 mmol/L =  $10^{-3}$  mol/L)

B 的物质的量浓度  
amount-of-substance  
concentration of B



图 1-17 几种规格的容量瓶

① B 表示各种溶质。

② aq 表示某种物质的水溶液，如 NaOH(aq) 表示 NaOH 的水溶液。

## 实验 1-5

配制 100 mL 1.00 mol/L NaCl 溶液。

(1) 计算需要 NaCl 固体的质量：\_\_\_\_\_ g。

(2) 根据计算结果，称量 NaCl 固体<sup>①</sup>。

(3) 将称好的 NaCl 固体放入烧杯中，用适量蒸馏水溶解。

(4) 将烧杯中的溶液注入容量瓶（如图 1-18），并用少量蒸馏水洗涤烧杯内壁 2~3 次，洗涤液也都注入容量瓶。轻轻摇动容量瓶，使溶液混合均匀。

(5) 将蒸馏水注入容量瓶，液面离容量瓶颈刻度线下 1~2 cm 时，改用胶头滴管滴加蒸馏水至液面与刻度线相切。盖好瓶塞，反复上下颠倒，摇匀。



图 1-18 向容量瓶中转移溶液

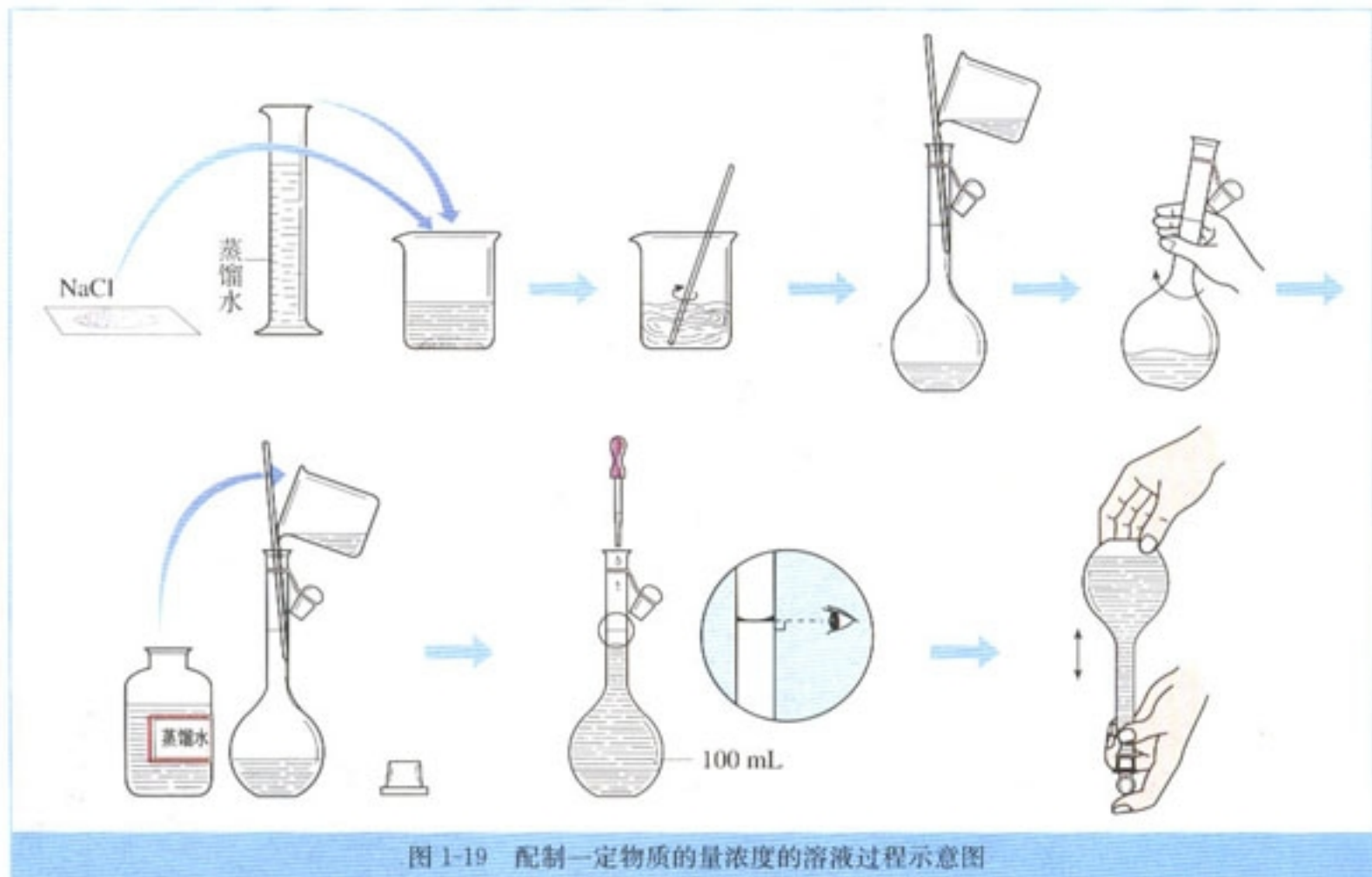


图 1-19 配制一定物质的量浓度的溶液过程示意图

## 学与问

1. 为什么要用蒸馏水洗涤烧杯，并将洗涤液也注入容量瓶？
2. 如果将烧杯中的溶液转移到容量瓶时不慎洒到容量瓶外，最后配成的溶液中溶质的实际浓度比所要求的大了还是小了？

<sup>①</sup> 为了与容量瓶的精度相匹配，本实验称量固体时，应使用分析天平（或电子天平）。考虑到学校的实际情况，可用托盘天平代替。

3. 你是用什么仪器称量 NaCl 固体的？如果是托盘天平，你称量的质量是多少？与计算量一致吗？为什么？

不同的物质具有不同的性质，同一物质的溶液浓度不同时，有时在某些性质上也会表现出差异。我们在实验室做化学实验或进行科学研究时，需要根据不同的情况选择不同浓度的溶液进行实验。所以，在实验室不仅用固体物质来配制溶液，还经常要将浓溶液稀释成不同浓度的稀溶液。

## 思考与交流

1. 以硫酸为例，讨论不同浓度的溶液在性质上可能会出现什么差异。
2. 如果将 5 mL 浓硫酸稀释为 20 mL 的稀硫酸，得到的稀硫酸与原浓硫酸中所含  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的物质的量相等吗？能说出你的理由吗？

在用浓溶液配制稀溶液时，常用下面的式子计算有关的量：

$$c(\text{浓溶液}) \cdot V(\text{浓溶液}) = c(\text{稀溶液}) \cdot V(\text{稀溶液})$$

在稀释浓溶液时，溶液的体积发生了变化，但溶液中溶质的物质的量不变，即在溶液稀释前后，溶液中溶质的物质的量相等。

## 习 题



1. 在图 1-16 所示的体检指标中，表示总胆红素指标的物理量是（ ）。  
A. 质量分数                      B. 溶解度  
C. 摩尔质量                        D. 物质的量浓度
2. 在 0.5 mol  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  中含有  $\text{Na}^+$  的数目是（ ）个。  
A.  $3.01 \times 10^{23}$                     B.  $6.02 \times 10^{23}$   
C. 0.5                                D. 1
3. 瓦斯中甲烷与氧气的质量比为 1:4 时极易爆炸，此时甲烷与氧气的体积比为（ ）。  
A. 1:4                                B. 1:2  
C. 1:1                                D. 2:1
4. 将 30 mL 0.5 mol/L NaOH 溶液加水稀释到 500 mL，稀释后溶液中 NaOH 的物质的量浓度为（ ）。  
A. 0.3 mol/L                        B. 0.03 mol/L  
C. 0.05 mol/L                      D. 0.04 mol/L
5. 检测人的血液中葡萄糖（简称血糖，相对分子质量为 180）的含量，参考指标常以两种计量单位表示，即“mmol/L”和“mg/dL”（1 L=10 dL）。以“mmol/L”表示时，人的血糖正常

值在  $3.61 \sim 6.11 \text{ mmol/L}$  之间。如果以 “ $\text{mg/dL}$ ” 表示，血糖正常值范围是多少？若某人的血糖检测结果为  $92 \text{ mg/dL}$ ，他（她）的血糖正常吗？

6. 某同学用容量瓶配制溶液，加水时不慎超过了刻度线，他（她）把水倒出一些，重新加水至刻度线。这样做会造成什么结果？

7. 配制  $250 \text{ mL } 1.0 \text{ mol/L H}_2\text{SO}_4$  溶液，需要  $18 \text{ mol/L H}_2\text{SO}_4$  溶液的体积是多少？

8. 成人每天从食物中摄取的几种元素的质量分别为： $0.8 \text{ g Ca}$ 、 $0.3 \text{ g Mg}$ 、 $0.2 \text{ g Cu}$  和  $0.01 \text{ g Fe}$ ，试求这 4 种元素的物质的量之比。

9. 现有  $0.270 \text{ kg}$  质量分数为  $10\%$  的  $\text{CuCl}_2$  溶液。计算：

(1) 溶液中  $\text{CuCl}_2$  的物质的量；

(2) 溶液中  $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Cl}^-$  的物质的量。

10. 在标准状况下， $100 \text{ mL}$  某气体的质量为  $0.179 \text{ g}$ 。试计算这种气体的相对分子质量。

## 一、混合物的分离和提纯

| 分离和提纯的方法 | 分离的物质          | 应用举例 |
|----------|----------------|------|
| 过滤       | 从液体中分离出不溶的固体物质 |      |
| 蒸发       |                |      |
| 蒸馏       |                |      |
| 萃取       |                |      |

## 二、离子的检验

| 离子                 | 检验试剂 | 实验现象 | 化学方程式 (以两种物质为例) |
|--------------------|------|------|-----------------|
| $\text{SO}_4^{2-}$ |      |      |                 |
| $\text{CO}_3^{2-}$ |      |      |                 |

## 三、物质的量及物质的量浓度

物质的量表示含有一定数目粒子的集合体。物质的量的单位是摩尔。

物质的量( $n$ )、质量( $m$ )和摩尔质量( $M$ )之间存在着下述关系:

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

物质的量( $n$ )、气体体积( $V$ )和气体摩尔体积( $V_m$ )之间的关系为:

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

物质的量浓度是以单位体积溶液里所含溶质的物质的量来表示溶液组成的物理量。

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

在实验室中, 配制一定物质的量浓度的溶液, 可以用固体直接配制, 也可以将浓溶液稀释成稀溶液。将浓溶液配制成稀溶液时, 常用下面的关系式计算有关的量:

$$c(\text{浓溶液}) \cdot V(\text{浓溶液}) = c(\text{稀溶液}) \cdot V(\text{稀溶液})$$



## 复 习 题

- 下列仪器中不能用于加热的是 ( )。
  - 试管
  - 烧杯
  - 量筒
  - 坩埚
- 下列行为中符合安全要求的是 ( )。
  - 进入煤矿井时,用火把照明
  - 节日期间,在开阔的广场燃放烟花爆竹
  - 用点燃的火柴在液化气钢瓶口检验是否漏气
  - 实验时,将水倒入浓硫酸配制稀硫酸
- 下列实验方案设计中,可行的是 ( )。
  - 加稀盐酸后过滤,除去混在铜粉中的少量镁粉和铝粉
  - 用萃取的方法分离汽油和煤油
  - 用溶解、过滤的方法分离  $\text{KNO}_3$  和  $\text{NaCl}$  固体的混合物
  - 将  $\text{O}_2$  和  $\text{H}_2$  的混合气体通过灼热的氧化铜,以除去其中的  $\text{H}_2$
- 下列各组物质中,所含分子数相同的是 ( )。
  - 10 g  $\text{H}_2$  和 10 g  $\text{O}_2$
  - 5.6 L  $\text{N}_2$  (标准状况) 和 11 g  $\text{CO}_2$
  - 9 g  $\text{H}_2\text{O}$  和 0.5 mol  $\text{Br}_2$
  - 224 mL  $\text{H}_2$  (标准状况) 和 0.1 mol  $\text{N}_2$
- 某无土栽培用的营养液,要求  $\text{KCl}$ 、 $\text{K}_2\text{SO}_4$  和  $\text{NH}_4\text{Cl}$  3 种固体原料的物质的量之比为 1:4:8。若配制该营养液,取 428 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 则需  $\text{KCl}$  和  $\text{K}_2\text{SO}_4$  的质量分别为 ( )。
  - 53.5 g 和 214 g
  - 74.5 g 和 348 g
  - 74.5 g 和 696 g
  - 149 g 和 696 g
- 下列说法是否正确。如不正确,请你说出原因。
  - 22.4 L  $\text{O}_2$  中一定含有  $6.02 \times 10^{23}$  个氧分子。
  - 将 80 g  $\text{NaOH}$  溶于 1 L 水中,所得溶液中  $\text{NaOH}$  的物质的量浓度为 2 mol/L。
  - 18 g  $\text{H}_2\text{O}$  在标准状况下的体积是 22.4 L。
  - 在标准状况时,20 mL  $\text{NH}_3$  与 60 mL  $\text{O}_2$  所含的分子个数比为 1:3。
- 病人输液用的葡萄糖注射液是葡萄糖(化学式为  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) 的水溶液,其标签上的部分内容如右图所示。利用标签所提供的信息,回答下列问题:
  - 该注射液中葡萄糖的质量分数为\_\_\_\_\_;
  - 该注射液中葡萄糖的物质的量浓度为\_\_\_\_\_。
- 某工厂的工业废水中含有大量的  $\text{FeSO}_4$ 、较多的  $\text{Cu}^{2+}$  和少量的  $\text{Na}^+$ 。为了减少污染并变废为宝,工厂计划从该废水中回收硫酸亚铁和金属铜。请根据流程图(见下页),在方框和括号内填写物质名称(或主要成分的化学式)或操作方法,完成回收硫酸亚铁和铜的简单实验方案。

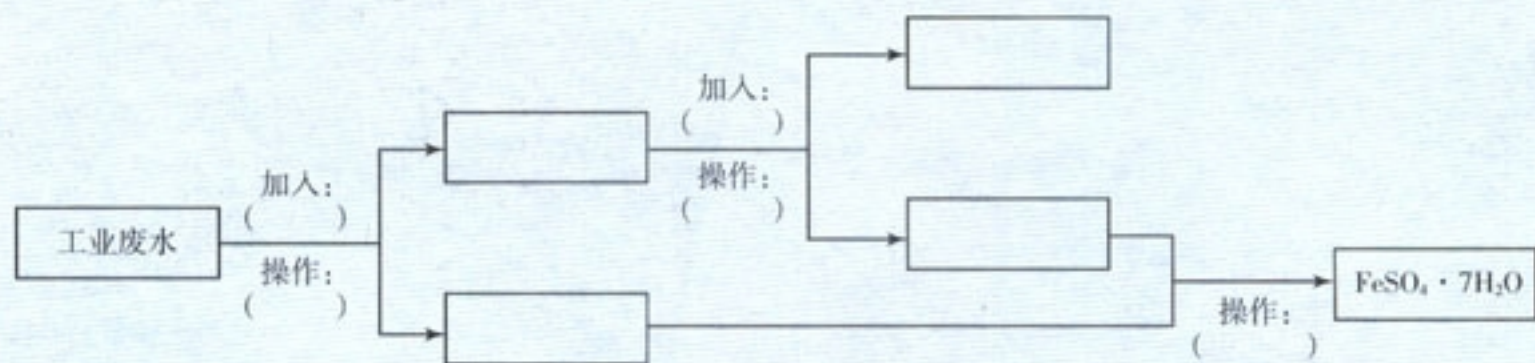
### 5%葡萄糖注射液

500 mL

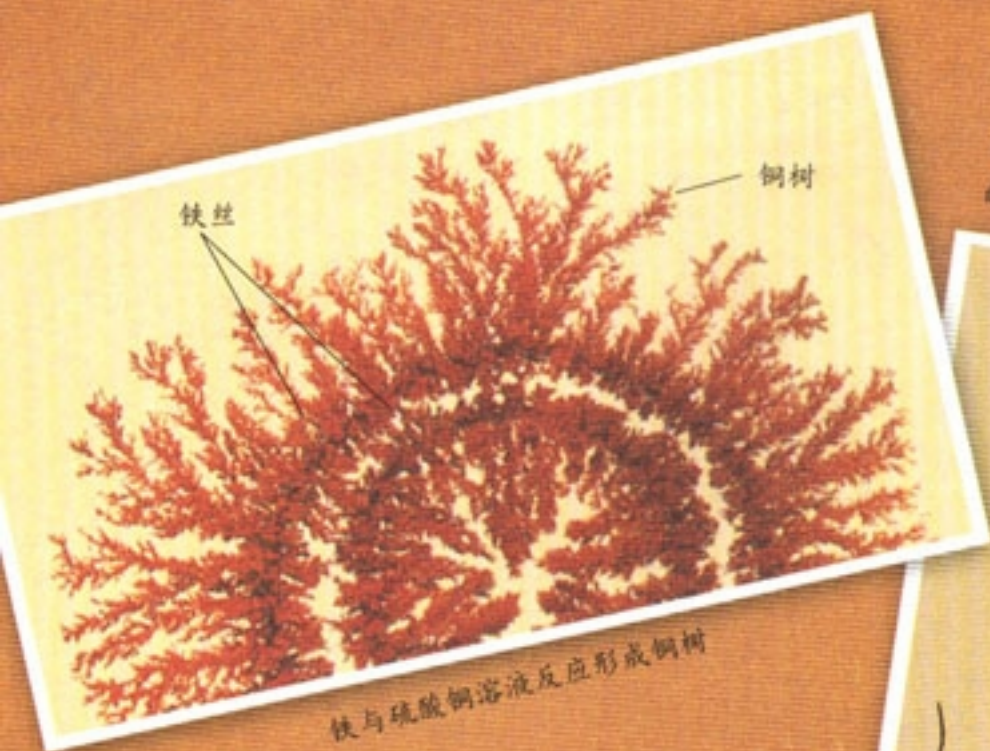
**【性状】** 本品为无色或几乎无色的透明液体, 味甜。

**【规格】** 500 mL, 25 g

**【贮藏】** 密闭保存。

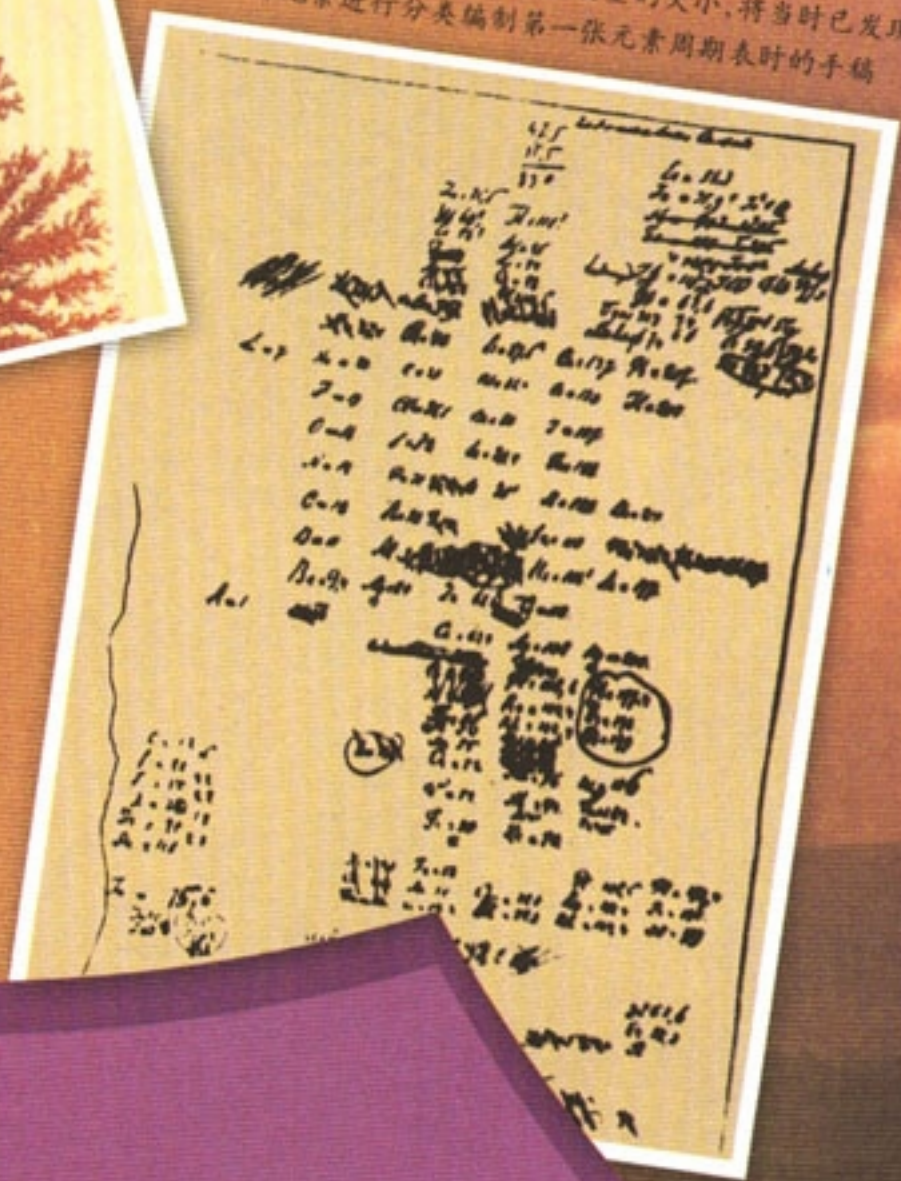


9. 配制  $0.2 \text{ mol/L}$   $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液  $50 \text{ mL}$ ，需要称取固体  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  的质量是多少？简述操作步骤。



铁与硫酸铜溶液反应形成铜树

1869年门捷列夫根据相对原子质量的大小,将当时已发现的63种元素进行分类编制第一张元素周期表时的手稿



## 第二章

# 化学物质及其变化

据统计,目前人类发现和合成的化学物质已超过3 000 万种,人类社会正是在化学发展的基础上构筑起现代物质文明的。在感叹化学科学的飞速发展及其对人类社会所作出的巨大贡献之余,你们是否想过:对于这么多的化学物质和如此丰富的化学变化,人们是怎样认识和研究的呢?

分类是学习和研究化学物质及其变化的一种常用的科学方法。运用分类的方法不仅能使有关化学物质及其变化的知识系统化,还可以通过分门别类的研究,发现物质及其变化的规律。



铁丝在氧气中燃烧

## 一、简单分类法及其应用

图书馆或图书大厦里有许多许多的书籍，为什么你能够很快就找到你所需要的图书？大超市里有成千上万种商品，为什么你能够迅速挑出你所需要的商品？这是因为人们在将这些物品陈列到书架或货架之前，已经事先对它们进行了分类处理。把大量事物按照事先设定的“标准”进行分类，是人们最熟悉、也是最方便的一种工作方法。这种方法在社会生活、经营管理和科学技术中得到了广泛的应用。

对于数以千万计的化学物质和为数更多的化学反应，分类法的作用几乎是无可替代的。例如，在初中化学中，我们曾经把元素分为金属元素和非金属元素，把化合物分为酸、碱、盐和氧化物，把化学反应分为化合反应、分解反应，等等。

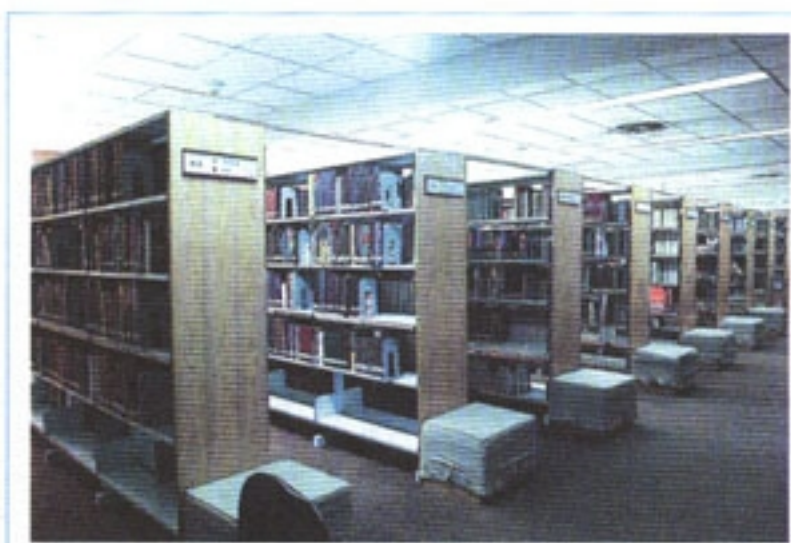


图 2-1 图书馆中分类陈列的图书

## 思考与交流

1. 请尝试对你所学过的化学物质和化学反应进行分类，并与同学交流。
2. 请从其他方面收集一些应用分类法的例子，讨论对它们进行分类的目的和意义。

经过收集例证和思索，我们可以发现分类法应用的普遍性。当分类的标准确定之后，同类中的事物在某些方面的相似性可以帮助我们做到举一反三；对于不同类事物的了解使我们有可能做到由此及彼。所以，分类法是一种行之有效、简单易行的科学方法。

由于一种分类方法所依据的标准有一定局限，所能提供的信息较少，人们在认识事物时往往需要采用多种分类方法（如交叉分类法），来弥补单一分类方法的不足。例如，对于  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ，从其组成的阳离子来看，属于钠盐；而从其组成的阴离子来看，则属于碳酸盐（如图 2-2）。

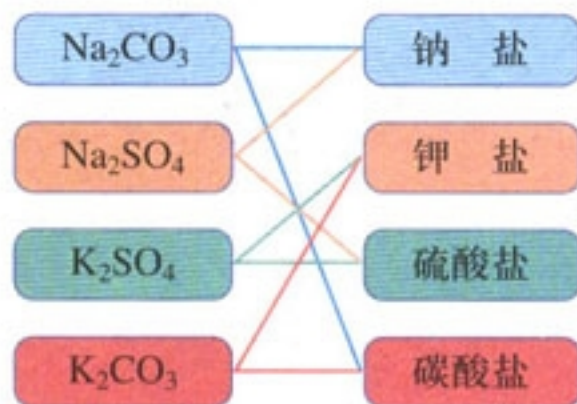


图 2-2 交叉分类法举例

此外，还可以对同类事物进行再分类，如树状分类法（如图 2-3）等。生物学中把动植物按照界、门、纲、目、科、属、种进行分类的方法可能是最有代表性的实例之一，对生物学的发展起到重要作用。

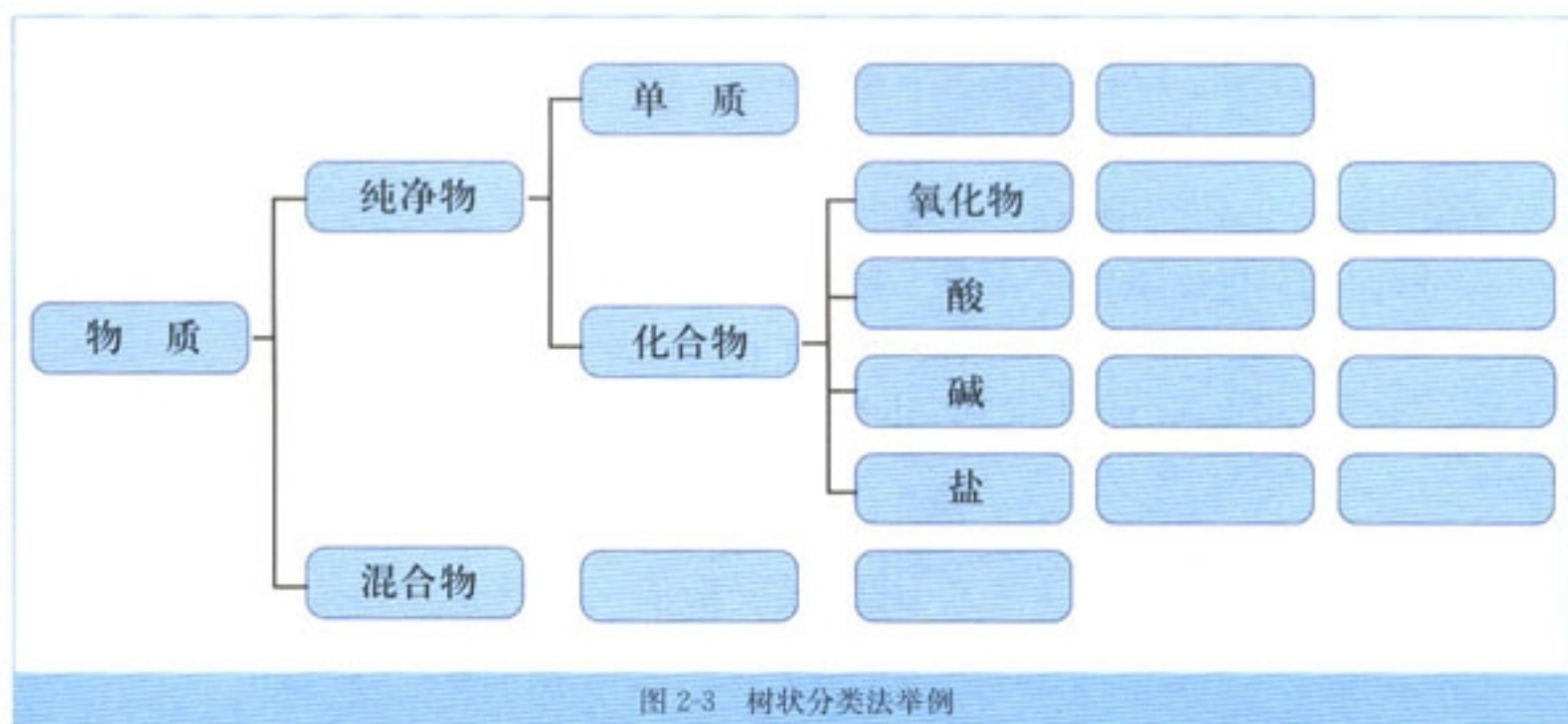


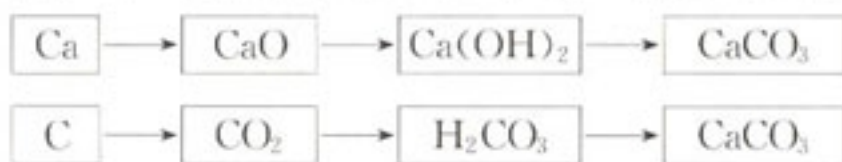
图 2-3 树状分类法举例

## 实践活动

1. 请在图 2-3 的方框内填上具体的化学物质，进一步体会树状分类法的应用。如果你对分类法有兴趣，还可以通过查找资料或与同学合作，为石油加工后的产物或用途制作一张树状分类图。

2. 请选择你熟悉的化学物质，制作一张交叉分类图。

3. 图 2-3 是对物质的一种分类方法，可以帮助我们更好地认识物质的性质，找出各类物质之间的关系。请分别以钙和碳为例，用化学方程式表示下列转化关系。



你发现了什么规律？你能用图来表示酸、碱、盐、氧化物之间的转化关系吗？

4. 这些活动对你学习化学和学会应用分类法是否有帮助？你是否同意掌握方法比死记硬背更有效？

## 二、分散系及其分类

把一种（或多种）物质分散在另一种（或多种）物质中所得到的体系，叫做分散系。前者属于被分散的物质，称作分散质；后者起容纳分散质的作用，称作分散剂。按

分散系 dispersion system  
胶体 colloid

照分散质或分散剂所处的状态（气态、液态、固态），它们之间可以有9种组合方式（如图2-4）。

### 思考与交流

请试着举出几种分散系的实例，并与同学交流。

当分散剂是水或其他液体时，如果按照分散质粒子的大小来分类，可以把分散系分为溶液、胶体和浊液。溶液中的溶质粒子通常小于1 nm，浊液中的粒子通常大于100 nm。介于二者之间的胶体粒子，其大小在1~100 nm之间。

如果考察溶液、胶体和浊液这三类分散系的稳定性，我们会发现溶液是最稳定的。不论存放的时间有多长，在一般情况下溶质都不会自动与溶剂分离；而浊液很不稳定，分散质将在重力的作用下沉降下来，如河水中夹带的泥沙会逐渐沉降；胶体则介于二者之间，在一定条件下能稳定存在，属于介稳体系。

有些液态胶体也是透明的，用肉眼很难与溶液相区别。那么，用什么方法能够将它们区分开呢？

### 科学探究

1. 取3个小烧杯，分别加入25 mL蒸馏水、25 mL  $\text{CuSO}_4$  溶液和25 mL 泥水。将烧杯中的蒸馏水加热至沸腾，向沸水中逐滴加入5~6滴  $\text{FeCl}_3$  饱和溶液。继续煮沸至溶液呈红褐色，停止加热。观察制得的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体，并与  $\text{CuSO}_4$  溶液和泥水比较。

2. 把盛有  $\text{CuSO}_4$  溶液和  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体的烧杯置于暗处，分别用激光笔（或手电筒）照射烧杯中的液体，在与光束垂直的方向进行观察，并记录实验现象。

3. 将  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体和泥水分别进行过滤，观察并记录实验现象。

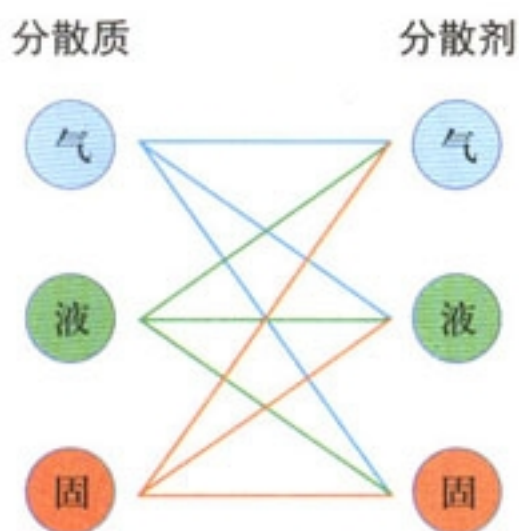


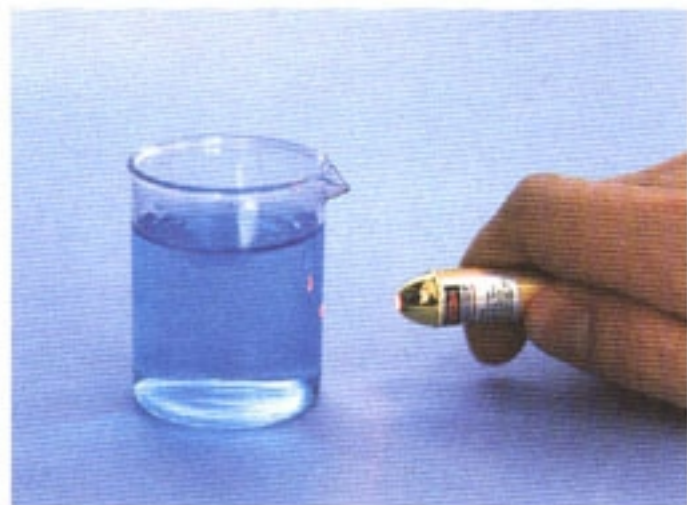
图2-4 9种分散系



图2-5 豆浆是一种胶体

|                             | 光束照射时的现象 |
|-----------------------------|----------|
| $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体 |          |
| $\text{CuSO}_4$ 溶液          |          |

|                             | 过滤后的现象 |
|-----------------------------|--------|
| $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体 |        |
| 泥 水                         |        |



$\text{CuSO}_4$  溶液



$\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体

图 2-6 光束通过溶液和胶体时的现象

可以看到，胶体的分散质能通过滤纸孔隙，而浊液的分散质则不能，这说明浊液的分散质粒子比胶体的大。当光束通过  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体时，可以看到一条光亮的“通路”，而光束通过  $\text{CuSO}_4$  溶液时，则看不到此现象。这条光亮的“通路”是由于胶体粒子对光线散射（光波偏离原来方向而分散传播）形成的，叫做**丁达尔效应**。利用丁达尔效应是区分胶体与溶液的一种常用物理方法。

丁达尔效应在日常生活中随处可见。例如，当日光从窗隙射入暗室，或者光线透过树叶间的缝隙射入密林中时，可以观察到丁达尔效应；放电影时，放映室射到银幕上的光柱的形成也属于丁达尔效应。

### 科学史话

#### 丁达尔效应

丁达尔效应因英国物理学家丁达尔 (J. Tyndall, 1820—1893) 于 1869 年发现而得名。

当光束通过胶体时，看到的光柱是被胶体粒子散射的现象，并不是胶体粒子本身发光。可见光的波长在 400~700 nm 之间，胶体粒子的直径在 1~100 nm 之间，小于可见光的波长，能使光波发生散射；溶液也发生光的散射，但由于溶液中粒子的直径小于

#### 丁达尔效应 Tyndall effect

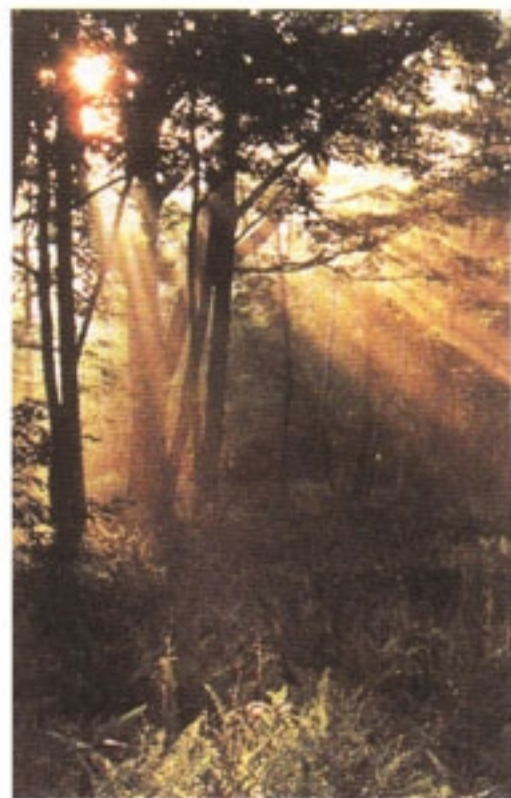


图 2-7 树林中的丁达尔效应



1 nm, 散射极其微弱。所以, 当光束通过胶体时可观察到丁达尔效应, 而通过溶液时则观察不到这种现象。

20 世纪末, 纳米科技开始为世人所瞩目, 而纳米粒子的尺寸正和胶体粒子的大致相当。原有的胶体化学原理和方法不仅有助于纳米科技的发展, 胶体化学也从中获得了新的研究方向和动力。

## 科学视野

为什么溶液是最稳定的分散系? 因为这类分散系中的分散质(溶质)对于分散剂(溶剂)而言是可溶性的。溶质以分子、原子或离子的形式自发地分散在溶剂中, 形成均一、稳定的混合物。例如,  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$  等气体一旦进入大气, 会自动地向大气中扩散, 当浓度达到一定程度时, 就会造成大气污染, 而且绝不会自动与大气分离。溶液的稳定性决定了大气污染的长期性。

胶体之所以具有介稳性, 主要是因为胶体粒子可以通过吸附而带有电荷。同种胶体粒子的电性相同, 在通常情况下, 它们之间的相互排斥阻碍了胶体粒子变大, 使它们不易聚集。此外, 胶体粒子所作的布朗运动<sup>①</sup>也使得它们不容易聚集成质量较大的颗粒而沉降下来。胶体的介稳性, 使得它们在工农业生产和日常生活中的应用非常普遍, 如涂料、颜料、墨水的制造, 洗涤剂、喷雾剂的应用等。

由于胶体粒子带有电荷, 在电场的作用下, 胶体粒子在分散剂里作定向移动, 这种现象叫做电泳。例如, 在盛有红褐色  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体的 U 形管的两个管口 (U 形管上方用少量导电液使电极与胶体分开, 避免胶体粒子与电极直接接触), 各插入一个电极。在电极两端加上直流电压后, 带有正电荷的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体粒子将向阴极移动, 阴极附近的颜色逐渐加深, 阳极附近的颜色逐渐变浅 (如图 2-8)。

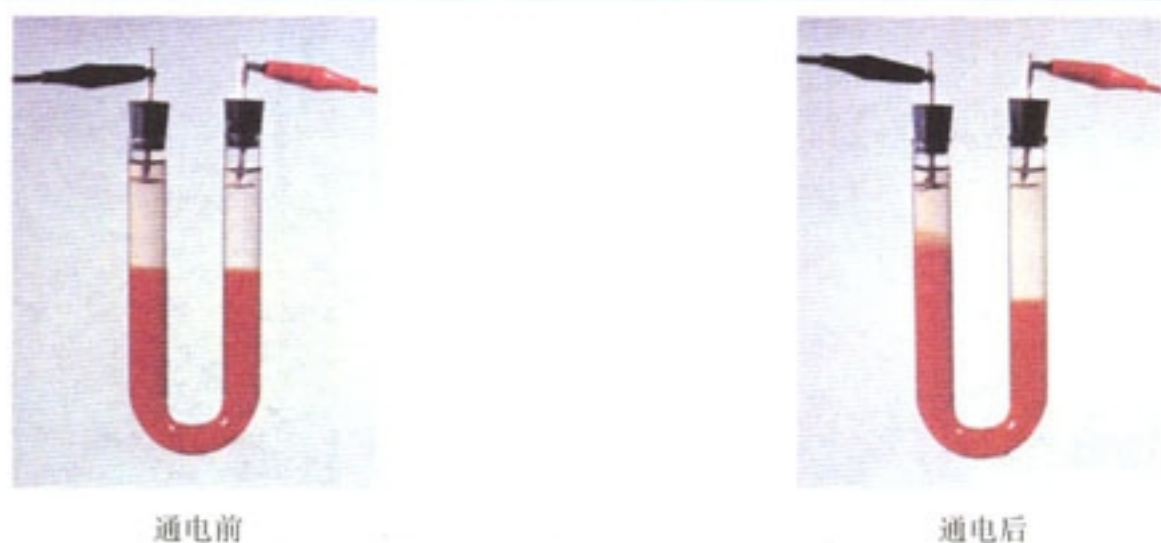


图 2-8 电泳现象

<sup>①</sup> 1827 年, 英国植物学家布朗 (R. Brown, 1773—1858) 把花粉悬浮在水中, 用显微镜观察, 发现花粉的小颗粒在作不停地、无秩序地运动, 这种现象叫做布朗运动。胶体粒子也作布朗运动。布朗运动的产生, 与粒子所处体系中的分散剂分子对粒子无休止的随机撞击有关, 并不是粒子本身固有的性质。

向胶体中加入少量电解质溶液时，由于加入的阳离子（或阴离子）中和了胶体粒子所带的电荷，使胶体粒子聚集成为较大的颗粒，从而形成沉淀从分散剂里析出，这个过程叫做聚沉。当带有相反电荷的胶体粒子相混合时，也会发生聚沉。如果聚沉后的胶体仍然包含着大量分散剂，就成为半固态的凝胶态。豆腐、肉冻、果冻是生活中经常见到的凝胶态物质。

有的胶体体系，如大气中的飘尘、工厂废气中的固体悬浮物、矿山开采地的粉尘、纺织厂或食品加工厂弥漫于空气中的有机纤维或颗粒等都极为有害，均可以利用胶体粒子的带电性加以清除。工厂中常用的静电除尘装置就是根据胶体的这个性质而设计的。

存在于污水中的胶体物质，则常用投加明矾、硫酸铁等电解质的方法进行处理。

胶体化学的应用很广，是制备纳米材料的有效方法之一。

## 习 题



1. 现有下列 10 种物质：①  $\text{H}_2\text{O}$ 、② 空气、③  $\text{Mg}$ 、④  $\text{CaO}$ 、⑤  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、⑥  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、⑦  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、⑧ 碘酒、⑨  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  和⑩  $\text{NaHCO}_3$ 。

其中，属于混合物的是\_\_\_\_（填序号，下同）；属于氧化物的是\_\_\_\_；属于酸的是\_\_\_\_；属于碱的是\_\_\_\_；属于盐的是\_\_\_\_；属于有机物的是\_\_\_\_。

2. 请对下列 5 种酸进行分类：盐酸（ $\text{HCl}$ ）、硫酸（ $\text{H}_2\text{SO}_4$ ）、硝酸（ $\text{HNO}_3$ ）、磷酸（ $\text{H}_3\text{PO}_4$ ）和氢硫酸（ $\text{H}_2\text{S}$ ），并说出分类的方法和依据。

3. 对于混合物，你能从哪些角度对它们进行分类？举例说明。

4. 查阅有关资料，列举几个具体实例，说明分类法对于化学科学发展的重要意义。

5. 完成下列表格。

| 分散系 | 分散质粒子大小 | 主要特征 | 举例 |
|-----|---------|------|----|
| 浊液  |         |      |    |
| 溶液  |         |      |    |
| 胶体  |         |      |    |

6. 当光束通过下列分散系时，可能产生丁达尔效应的是（ ）。

- A.  $\text{NaCl}$  溶液      B.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体      C. 盐酸      D. 稀豆浆

7. 胶体区别于其他分散系的本质特征是什么？举例说明胶体的应用。

许多化学反应是在水溶液中进行的，参加反应的物质主要是酸、碱、盐。在科学研究和日常生活中，我们经常接触和应用这些反应。因此，非常有必要对酸、碱、盐在水溶液中反应的特点和规律进行研究。

### 一、酸、碱、盐在水溶液中的电离

我们在初中曾观察过酸、碱、盐在水溶液中导电的实验现象。不仅如此，如果将氯化钠、硝酸钾、氢氧化钠等固体分别加热至熔化，它们也能导电。这种在水溶液里或熔融状态下能够导电的化合物叫做**电解质**。

电解质 electrolyte

电离 ionization

酸、碱、盐在水溶液中能够导电，是因为它们在溶液中发生了**电离**，产生了能够自由移动的离子。

例如，将氯化钠加入水中，在水分子的作用下，钠离子( $\text{Na}^+$ )和氯离子( $\text{Cl}^-$ )脱离 $\text{NaCl}$ 晶体表面，进入水中，形成能够自由移动的水合钠离子和水合氯离子（如图 2-9）， $\text{NaCl}$  发生了电离。这一过程可以用电离方程式表示如下（为简便起见，仍用离子符号表示水合离子）：

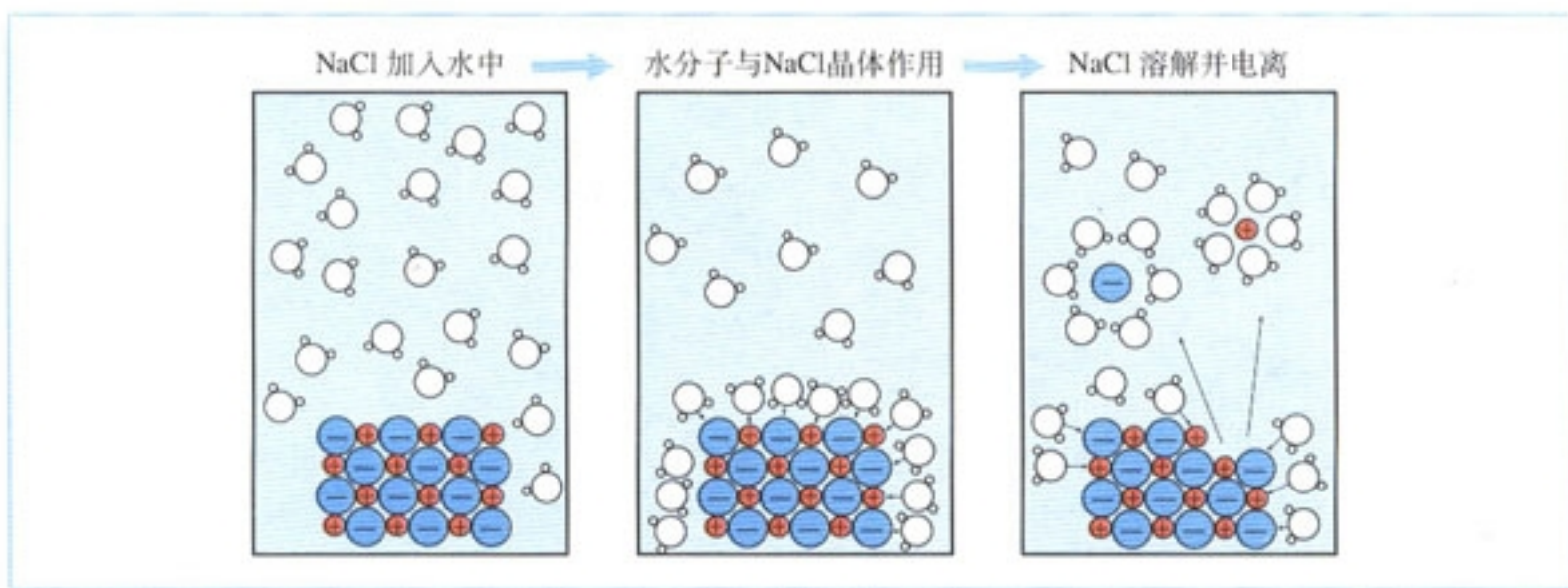
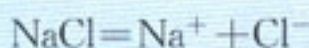
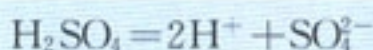
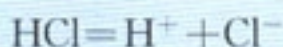


图 2-9  $\text{NaCl}$  在水中的溶解和电离示意图

$\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  和  $\text{HNO}_3$  的电离也可以用电离方程式表示如下：





HCl、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 和 HNO<sub>3</sub> 都能电离出 H<sup>+</sup>，因此，我们可以从电离的角度对酸的本质有一个新的认识。电离时生成的阳离子全部是氢离子(H<sup>+</sup>)<sup>①</sup>的化合物叫做酸。

### 思考与交流

请参考酸的定义，尝试从电离的角度概括出碱和盐的本质。

## 二、离子反应及其发生的条件

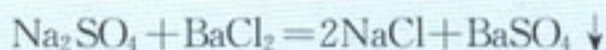
由于电解质溶于水后电离成为离子，所以，电解质在溶液中的反应实质上是离子之间的反应，这样的反应称作离子反应。

离子反应 ionic reaction

### 实验 2-1

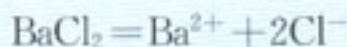
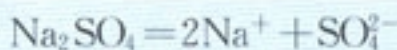
| 实 验   | 现 象 |
|---|-----|
| 1. 向盛有 2 mL Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 溶液的试管里加入 2 mL 稀 KCl 溶液。             |     |
| 2. 向盛有 2 mL Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 溶液的试管里加入 2 mL BaCl <sub>2</sub> 溶液。 |     |

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液与稀 KCl 溶液混合观察不到现象。实际上，只是 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 电离出来的 Na<sup>+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 与 KCl 电离出来的 K<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> 的混合，没有发生化学反应。而 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液与 BaCl<sub>2</sub> 溶液则发生了化学反应，生成了 BaSO<sub>4</sub> 白色沉淀，反应的化学方程式如下：



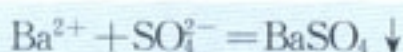
我们来分析一下这个反应：

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 和 BaCl<sub>2</sub> 在溶液中发生了电离，其电离方程式如下：



<sup>①</sup> 氢原子失去电子后，剩余 1 个质子构成的核，即氢离子。氢离子是“裸露”的质子，半径很小，易和水分子结合成水合氢离子，通常用 H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> 表示。为了简便，也常把 H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> 写作 H<sup>+</sup>。

当  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液与  $\text{BaCl}_2$  溶液混合时,  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  之间没有发生化学反应; 而  $\text{SO}_4^{2-}$  与  $\text{Ba}^{2+}$  之间则发生了化学反应, 生成难溶的  $\text{BaSO}_4$  白色沉淀。所以,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液与  $\text{BaCl}_2$  溶液反应的实质是:



像这种用实际参加反应的离子符号来表示反应的式子叫做**离子方程式**。离子方程式的书写一般按以下步骤:

(1) 写出反应的化学方程式:

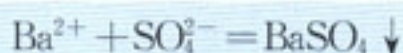


离子方程式 ionic equation

(2) 把易溶于水、易电离的物质写成离子形式, 把难溶的物质、气体和水等仍用化学式表示。上述化学方程式可改写成:



(3) 删去方程式两边不参加反应的离子:



(4) 检查方程式两边各元素的原子个数和电荷总数是否相等。

## 实验 2-2

向盛有 2 mL  $\text{NaOH}$  稀溶液的试管中加入 2 mL 稀盐酸, 观察现象。

在上述实验中, 我们观察不到明显的现象, 但我们知道, 实际上发生了中和反应。下表是几种不同的酸与不同的碱发生反应的化学方程式和离子方程式。

| 化学方程式   | 离子方程式   |
|---|---|
| $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$                         | $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ |
| $\text{KOH} + \text{HCl} = \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$                           | $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ |
| $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ | $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ |
| $2\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$   | $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ |

上面的 4 个反应都是中和反应, 虽然每一个反应的化学方程式不同, 但它们的离子方程式却是相同的。这表明: 酸与碱发生中和反应的实质是由酸电离出来的  $\text{H}^+$  与由碱电离出来的  $\text{OH}^-$  结合生成了  $\text{H}_2\text{O}$ 。离子方程式与一般的化学方程式不同, 它不仅表示某一个具体的化学反应, 而且还可以表示同一类型的离子反应。

## 实验 2-3

|  | 现象及离子方程式 |
|--|----------|
| 1. 向盛有 2 mL $\text{CuSO}_4$ 溶液的试管里加入 2 mL $\text{NaOH}$ 溶液。          |          |
| 2. 向盛有 2 mL $\text{NaOH}$ 稀溶液的试管里滴入几滴酚酞溶液，再用滴管向试管里慢慢滴入稀盐酸，至溶液恰好变色为止。 |          |
| 3. 向盛有 2 mL $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液的试管里加入 2 mL 稀盐酸。              |          |

酸、碱、盐在水溶液中发生的复分解反应，实质上就是两种电解质在溶液中相互交换离子的反应。这类离子反应发生的条件是：生成沉淀、放出气体或生成水。只要具备上述条件之一，反应就能发生。

### 思考与交流

离子反应在混合物分离、物质提纯和鉴定，以及清除水中污染物等方面有重要意义。请举出几个具体实例，并与同学交流。



1. 在\_\_\_\_\_里或\_\_\_\_\_下能够导电的化合物叫做电解质。电解质溶液之所以能够导电，是由于它们在溶液中发生了\_\_\_\_\_，产生了\_\_\_\_\_。电离时生成的\_\_\_\_\_离子全部是\_\_\_\_\_的化合物叫做酸；生成的\_\_\_\_\_离子全部是\_\_\_\_\_的化合物叫做碱；生成\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的化合物叫做盐。酸与碱发生中和反应的实质是\_\_\_\_\_。

2. 酸、碱、盐在水溶液中发生的复分解反应，实质上是\_\_\_\_\_。这类离子反应发生的条件是\_\_\_\_\_，只要具备上述条件之一，反应就能发生。

3. 下列物质中，不属于电解质的是（ ）。

A.  $\text{NaOH}$

B.  $\text{H}_2\text{SO}_4$

C. 蔗糖

D.  $\text{NaCl}$

4. 下列电离方程式中, 正确的是 ( )。

- A.  $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- B.  $\text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{Ba}^{2+} + \text{OH}_2^-$
- C.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 2\text{Al}^{3+} + 3\text{SO}_4^{2-}$
- D.  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = \text{Ca}^{2+} + 2(\text{NO}_3)^{2-}$

5. 下列化学方程式中, 不能用离子方程式  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow$  表示的是 ( )。

- A.  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HNO}_3$
- B.  $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$
- C.  $\text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- D.  $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HCl}$

6. 下列离子方程式中, 正确的是 ( )。

- A. 稀硫酸滴在铜片上:  $\text{Cu} + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2 \uparrow$
- B. 氧化镁与稀盐酸混合:  $\text{MgO} + 2\text{H}^+ = \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
- C. 铜片插入硝酸银溶液中:  $\text{Cu} + \text{Ag}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{Ag}$
- D. 稀盐酸滴在石灰石上:  $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{CO}_3$

7. 下列各组中的离子, 能在溶液中大量共存的是 ( )。

- A.  $\text{K}^+$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{OH}^-$
- B.  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$
- C.  $\text{Na}^+$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$
- D.  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$

8. 写出下列物质的电离方程式。

- (1)  $\text{NaOH}$       (2)  $\text{CuCl}_2$       (3)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$       (4)  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

9. 对于下面 4 组物质, 能起反应的, 写出有关反应的化学方程式; 属于离子反应的, 还要写出离子方程式; 不能起反应的, 说明不起反应的理由。

- (1) 硫酸钠溶液与氯化钡溶液
- (2) 铝片与硝酸汞溶液
- (3) 稀盐酸与碳酸钠溶液
- (4) 硝酸钠溶液与氯化钾溶液

10. 写出与下列离子方程式相对应的化学方程式。

- (1)  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$
- (2)  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
- (3)  $2\text{H}^+ + \text{CaCO}_3 = \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- (4)  $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$
- (5)  $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$

11. 金属也能够导电, 金属是电解质吗? 电解质溶液导电与金属导电有什么不同?

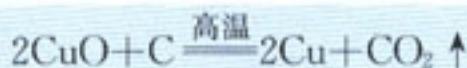
## 一、氧化还原反应

## 思考与交流

1. 请列举几个氧化反应和还原反应的实例，讨论并交流这类化学反应的分类标准。
2. 氧化反应和还原反应为什么一定是同时发生的？

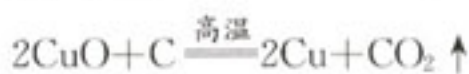
在初中化学中，我们曾经学过木炭还原氧化铜的化学反应。在这个反应中，氧化铜失去氧变成单质铜，发生了还原反应。如果进一步分析，我们还会发现，在这个反应中碳得到了氧变成了二氧化碳，发生了氧化反应。也就是说，氧化反应和还原反应是同时发生的，这样的反应称为氧化还原反应。

氧化反应 oxidation  
reaction  
还原反应 reduction  
reaction



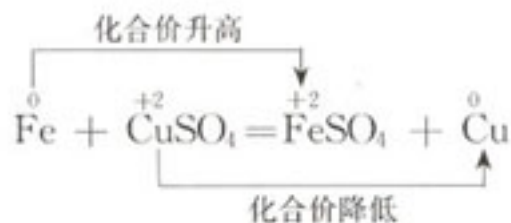
## 思考与交流

请分析下列 3 个氧化还原反应中各种元素的化合价在反应前后有无变化，讨论氧化还原反应与元素化合价的升降有什么关系。



可以看出，在氧化还原反应中，某些元素的化合价在反应前后发生了变化。因此，我们可以说物质所含元素化合价升高的反应是氧化反应，物质所含元素化合价降低的反应是还原反应。

我们再看以下反应：





并非只有得氧、失氧的反应才是氧化还原反应，凡是有元素化合价升降的化学反应都是氧化还原反应。

在我们学过的化学反应中，如果从反应物变为产物时元素的化合价是否发生了变化来分类，可以分为两类。一类是元素的化合价有变化的反应，即氧化还原反应。另一类是元素的化合价没有变化的反应，例如：



化学反应的实质是原子之间的重新组合。从原子结构来看，原子核外的电子是分层排布的（如图 2-10）。原子核外电子的排布，特别是最外层的电子数目与化学反应有密切的关系。我们知道，元素化合价的升降与电子转移密切相关。因此，要想揭示氧化还原反应的本质，需要从微观的角度来认识电子转移与氧化还原反应的关系。

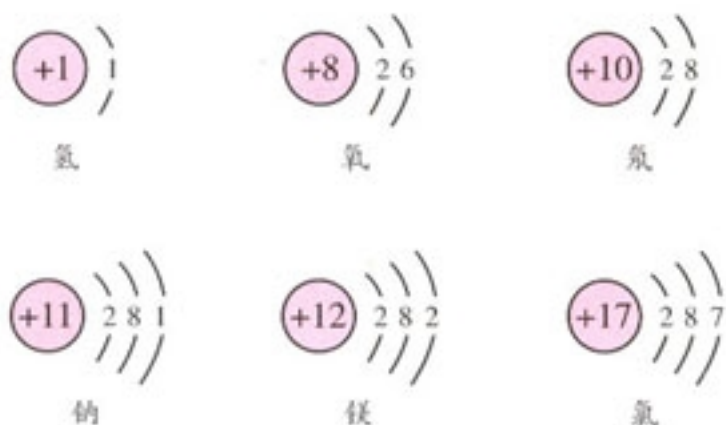


图 2-10 一些元素的原子结构示意图

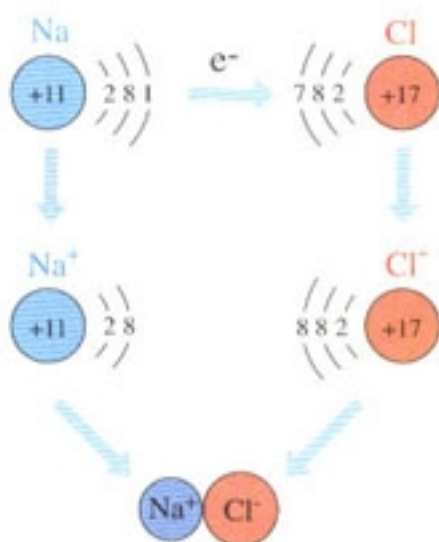
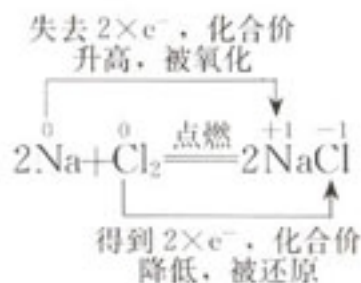


图 2-11 氯化钠形成示意图

例如，钠与氯气的反应属于金属与非金属的反应。从原子结构来看，钠原子的最外电子层上有 1 个电子，氯原子的最外电子层上有 7 个电子。当钠与氯气反应时，钠原子失去 1 个电子，带 1 个单位正电荷，成为钠离子( $\text{Na}^+$ )；氯原子得到 1 个电子，带 1 个单位负电荷，成为氯离子( $\text{Cl}^-$ )，这样双方最外电子层都达到了 8 个电子的稳定结构（如图 2-11）。钠元素的化合价由 0 价升高到 +1 价，被氧化；氯元素的化合价由 0 价降低到 -1 价，被还原。在这个反应中，发生了电子的得失，金属钠发生了氧化反应，氯气发生了还原反应。



又如，氢气与氯气的反应属于非金属与非金属的反应。从它们的原子结构来看，氢原子的最外电子层上有 1 个电子，可获得 1 个电子而形成 2 个电子的稳定结构。氯原子的最外电子层上有 7 个电子，也可获得 1 个电子而形成 8 个电子的稳定结构。

这两种元素的原子获取电子的能力相差不大。所以，在发生反应时，它们都未能把对方的电子夺取过来，而是双方各以最外层的1个电子组成一个共用电子对，这个电子对受到两个原子核的共同吸引，使双方最外电子层都达到稳定结构。在氯化氢分子里，由于氯原子对共用电子对的吸引力比氢原子的稍强一些，所以，共用电子对偏向于氯原子而偏离于氢原子。因此，氢元素的化合价从0价升高到+1价，被氧化；氯元素的化合价从0价降低到-1价，被还原。在这个反应中，发生了共用电子对的偏移，氢气发生了氧化反应，氯气发生了还原反应。

通过以上的分析，我们认识到有电子转移（得失或偏移）的反应，是氧化还原反应。氧化反应表现为被氧化的元素的化合价升高，其实质是该元素的原子失去（或偏离）电子的过程；还原反应表现为被还原的元素的化合价降低，其实质是该元素的原子获得（或偏向）电子的过程。

## 学与问

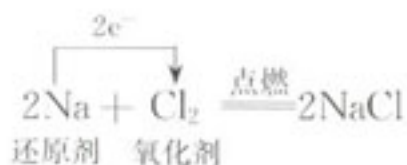
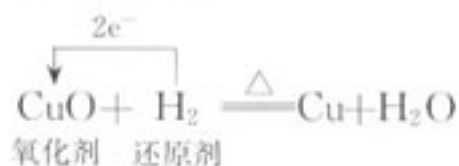
1. 有人说置换反应、有单质参加的化合反应和有单质生成的分解反应全部属于氧化还原反应。你认为这个说法正确吗？请说明你的理由。

2. 尝试画出化合反应、分解反应、置换反应与氧化还原反应的交叉分类示意图，并列举具体的化学反应加以说明。

## 二、氧化剂和还原剂

氧化剂和还原剂作为反应物共同参加氧化还原反应。在反应中，电子从还原剂转移到氧化剂，即**氧化剂**是得到电子（或电子对偏向）的物质，在反应时所含元素的化合价降低。氧化剂具有氧化性，反应时本身被还原。**还原剂**是失去电子（或电子对偏离）的物质，在反应时所含元素的化合价升高。还原剂具有还原性，反应时本身被氧化。

例如，对于下列反应：



在中学化学中，常用作氧化剂的物质有  $\text{O}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、浓硫酸、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{KMnO}_4$ 、 $\text{FeCl}_3$  等；常用作还原剂的物质有活泼的金属单质如  $\text{Al}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Fe}$ ，以及  $\text{C}$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}$  等。

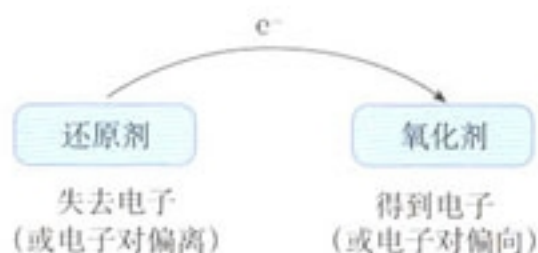


图 2-12 还原剂和氧化剂



图 2-13 燃料的燃烧是氧化还原反应

氧化还原反应广泛地存在于生产和生活之中。例如，金属的冶炼、电镀、燃料的燃烧，以及易燃物的自燃、食物的腐败、钢铁的锈蚀等。这说明化学变化在生产和生活中可能同时具有正、负两方面的影响，这是不以人的意志为转移的。当人类掌握了化学变化的规律之后，就有可能做到趋利避害，使之更好地为社会的进步、科学技术的发展和人类生活质量的提高服务。

## 习 题



1. 在化学反应中，如果反应前后元素化合价发生变化，就一定有\_\_\_\_\_转移，这类反应就属于\_\_\_\_\_反应。元素化合价升高，表明该元素的原子\_\_\_\_\_电子，含该元素的物质发生\_\_\_\_\_反应，这种物质是\_\_\_\_\_剂；元素化合价降低，表明该元素的原子\_\_\_\_\_电子，含该元素的物质发生\_\_\_\_\_反应，这种物质是\_\_\_\_\_剂。

2. 在中学化学中，常用作氧化剂的物质有\_\_\_\_\_，常用作还原剂的物质有\_\_\_\_\_。

3. 在高温时，水蒸气与灼热的炭发生氧化还原反应的化学方程式是  $\text{H}_2\text{O} + \text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{H}_2 + \text{CO}$ ，其中，水是\_\_\_\_\_剂。硫在氧气中燃烧的化学方程式是\_\_\_\_\_，其中，硫是\_\_\_\_\_剂。

4. 下列四种基本类型的反应中，一定是氧化还原反应的是（ ）。

- A. 化合反应                  B. 分解反应                  C. 置换反应                  D. 复分解反应

5. 下列有关氧化还原反应的叙述中，正确的是（ ）。

- A. 一定有氧元素参加  
B. 氧化剂本身发生氧化反应  
C. 氧化反应一定先于还原反应发生  
D. 一定有电子转移（得失或偏移）

6. 下列反应中，属于氧化还原反应的是（ ）。

- A.  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$   
B.  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$   
C.  $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$   
D.  $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$

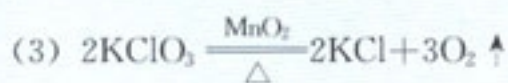
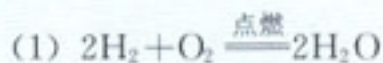
7. 在下列反应中，HCl 作还原剂的是（ ），HCl 作氧化剂的是（ ）。

- A.  $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$   
B.  $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$   
C.  $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl}(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2 \uparrow$   
D.  $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$

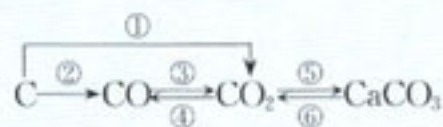
8. 农药波尔多液不能用铁制容器盛放, 是因为铁能与该农药中的硫酸铜起反应。在该反应中, 铁( )。

- A. 是氧化剂                      B. 是还原剂                      C. 被氧化                      D. 被还原

9. 分析下列氧化还原反应中化合价变化的关系, 指出氧化剂和还原剂。



10. 用化学方程式表示在一定条件下下列物质间的转化关系。指出哪些是氧化还原反应, 哪些是非氧化还原反应。对于氧化还原反应, 指出氧化剂和还原剂。



11. 通过报纸、杂志、书籍或互联网等, 查阅有关氧化还原反应在日常生活、工农业生产和科学技术中应用的几个具体事例, 讨论并交流你对氧化还原反应的认识。

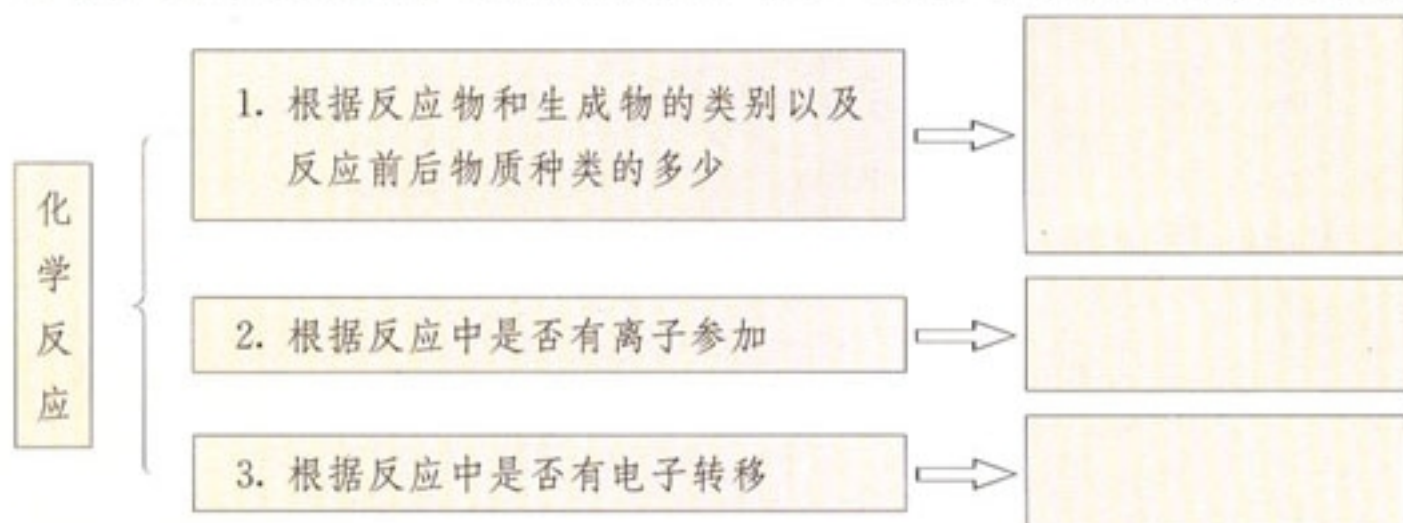
## 一、物质的分类

1. 分类是学习和研究化学物质及其变化的一种常用的基本方法，它不仅可以使有关化学物质及其变化的知识系统化，还可以通过分门别类的研究，了解物质及其变化的规律。分类要有一定的标准，根据不同的标准可以对化学物质及其变化进行不同的分类。交叉分类法和树状分类法是常用的分类方法。

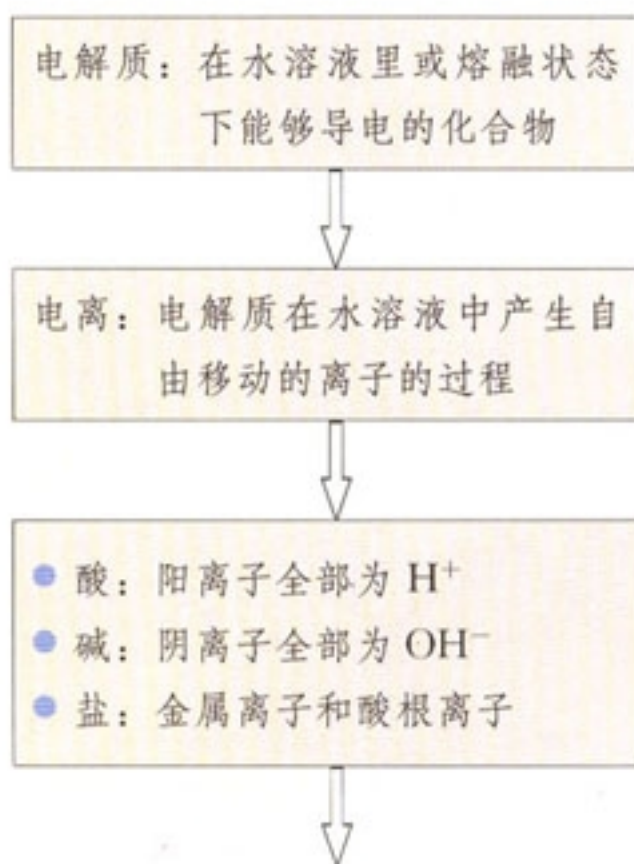
2. 胶体是一种常见的分散系，具有丁达尔效应。利用丁达尔效应可以区分胶体与溶液。

## 二、物质的化学变化

1. 物质之间可以发生各种各样的化学变化，依据一定的标准可以对化学变化进行分类。



### 2. 离子反应



离子反应：有离子参加的一类反应

- 复分解反应实质上就是两种电解质在溶液中相互交换离子的反应。这类离子反应发生的条件是有沉淀、气体或水生成



离子方程式：用实际参加反应的离子符号来表示反应的式子

- 意义：不仅表示某一个具体的化学反应，而且表示同一类型的离子反应

### 3. 氧化还原反应

氧化还原反应的本质：反应中有电子转移（得失或偏移）



表现为反应前后某些元素的化合价发生变化



在氧化还原反应中，氧化剂得到电子（或电子对偏向），元素化合价降低，被还原；还原剂失去电子（或电子对偏离），元素化合价升高，被氧化

## 复 习 题

1. 现有下列 4 组物质:

A. CaO、MgO、CO<sub>2</sub>、CuO

B. H<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、Cu

C. O<sub>2</sub>、Fe、Cu、Zn

D. HCl、H<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、HNO<sub>3</sub>

(1) 填写下表空白。

|           | A 组   | B 组 | C 组  | D 组              |
|-----------|-------|-----|------|------------------|
| 分类标准      | 金属氧化物 |     | 金属单质 |                  |
| 不属于该类别的物质 |       | Cu  |      | H <sub>2</sub> O |

(2) 若 (1) 表中的 4 种物质相互作用可生成一种新物质——碱式碳酸铜〔化学式为 Cu<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>〕, 请写出该反应的化学方程式: \_\_\_\_\_。

2. 维生素 C 又称“抗坏血酸”, 在人体内有重要的功能。例如, 能帮助人体将食物中摄取的、不易吸收的 Fe<sup>3+</sup> 转变为易吸收的 Fe<sup>2+</sup>, 这说明维生素 C 具有\_\_\_\_\_ (填“氧化性”或“还原性”)。

3. 我国古代四大发明之一的黑火药是由硫黄粉、硝酸钾和木炭粉按一定比例混合而成的, 爆炸时的反应为: S+2KNO<sub>3</sub>+3C=K<sub>2</sub>S+N<sub>2</sub>↑+3CO<sub>2</sub>↑。该反应中还原剂是\_\_\_\_\_, 氧化剂是\_\_\_\_\_。

4. 下列各组物质, 按化合物、单质、混合物顺序排列的是 ( )。

A. 烧碱、液态氧、碘酒

B. 生石灰、白磷、熟石灰

C. 干冰、铁、氯化氢

D. 空气、氮气、胆矾

5. 当光束通过下列分散系: ①有尘埃的空气 ②稀硫酸 ③蒸馏水 ④墨水, 能观察到丁达尔效应的是 ( )。

A. ①②

B. ②③

C. ①④

D. ②④

6. 下列化学方程式中, 不能用离子方程式 H<sup>+</sup>+OH<sup>-</sup>=H<sub>2</sub>O 表示的是 ( )。

A. 2NaOH+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>=Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+2H<sub>2</sub>O

B. Ba(OH)<sub>2</sub>+2HCl=BaCl<sub>2</sub>+2H<sub>2</sub>O

C. KOH+HCl=KCl+H<sub>2</sub>O

D. Cu(OH)<sub>2</sub>+2HNO<sub>3</sub>=Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+2H<sub>2</sub>O

7. 下列离子方程式中, 正确的是 ( )。

A. 稀硫酸滴在铁片上: 2Fe+6H<sup>+</sup>=2Fe<sup>3+</sup>+3H<sub>2</sub>↑

B. 碳酸氢钠溶液与稀盐酸混合: HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>+H<sup>+</sup>=H<sub>2</sub>O+CO<sub>2</sub>↑

C. 硫酸铜溶液与氢氧化钠溶液混合: CuSO<sub>4</sub>+2OH<sup>-</sup>=Cu(OH)<sub>2</sub>↓+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

D. 硝酸银溶液与氯化钠溶液混合: AgNO<sub>3</sub>+Cl<sup>-</sup>=AgCl↓+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

8. 下列各组中的离子, 能在溶液中大量共存的是 ( )。

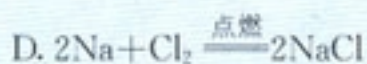
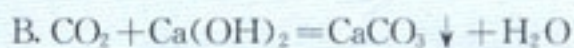
A. H<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>

B. Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、OH<sup>-</sup>

C. K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、OH<sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>

D. Cu<sup>2+</sup>、Ba<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

9. 下列反应中，既属于氧化还原反应又属于置换反应的是（ ）。



10. 下列物质久置于空气中会发生相应的变化，其中发生了氧化还原反应的是（ ）。

A. 浓硫酸的体积增大

B. 铝的表面生成致密的薄膜

C. 澄清的石灰水变浑浊

D. 氢氧化钠的表面发生潮解

11. 现在  $\text{NaOH}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  3 种无色溶液，选用一种试剂把它们鉴别出来，并写出反应的化学方程式和离子方程式。

12. 有一包白色粉末，其中可能含有  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{K}_2\text{CO}_3$ ，现做以下实验：

(1) 将部分粉末加入水中，振荡，有白色沉淀生成；

(2) 向 (1) 的悬浊液中加入过量稀硝酸，白色沉淀消失，并有气泡产生；

(3) 取少量 (2) 的溶液滴入  $\text{AgNO}_3$  溶液，有白色沉淀生成。

根据上述实验现象，判断原白色粉末中肯定含有什么物质，可能含有什么物质，写出有关反应的离子方程式。





天津炼油厂



利用扫描隧道显微镜技术将48个铁原子搬到铜表面上构成的图像

## 第三章

# 金属及其化合物

在人类社会的发展进程中，金属起着重要的作用。从五千年前使用青铜器，三千年前进入铁器时代，直到20世纪铝合金成为仅次于铁的金属材料，金属材料对于促进生产发展、改善人类生活发挥了巨大作用。几千年来，人类一直在努力探求从矿石中获得金属的方法。当某种金属的提炼技术获得突破，并在经济上可行后，这种金属的应用就有可能获得迅速发展，同时也有可能极大地推动其他技术的发展，成为社会生产力进步的巨大推动力。钢铁、铝等的发现和广泛应用就是最好的例子。

金属单质和它的化合物有着截然不同的性质。例如，铝是一种常见的金属，具有金属的一般特性（如导电性、导热性和延展性等），在高温时可以燃烧；而氧化铝（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）却可以作优良的耐火材料。为什么它们之间在性质上会有如此巨大的差异呢？在这一章，我们来研究几种重要的金属和它们的化合物。



东汉晚期的青铜奔马(马踏飞燕),  
现已成为我国的旅游标志



为什么地球上的绝大多数金属元素是以化合态存在于自然界中的呢？因为多数金属的化学性质比较活泼，这是我们能够想到的第一个比较合理的解释。

### 思考与交流

我们已经知道，金属有许多共同的物理性质，像不透明、有金属光泽、易导电、易导热、有延展性等。那么金属有哪些共同的化学性质呢？

1. 举例说明金属能发生哪些化学反应。

---



---

2. 图 3-2 是金属发生化学反应的一些照片，请分析这些反应，并写出化学方程式。

---



---

3. 画出 Na、Mg、Al 的原子结构示意图，分析它们的原子结构有什么特点，与金属的化学性质有什么联系。

---



---

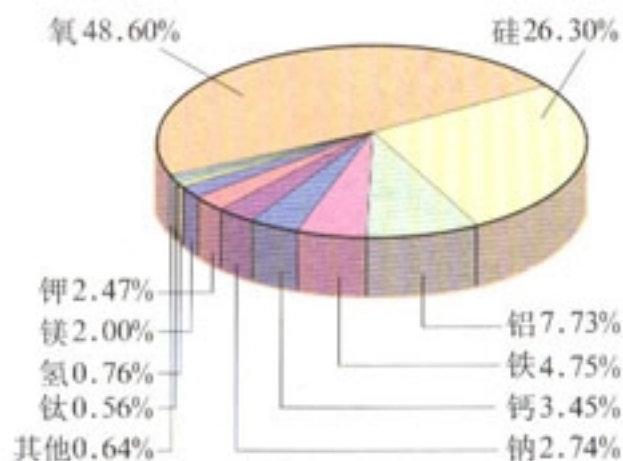
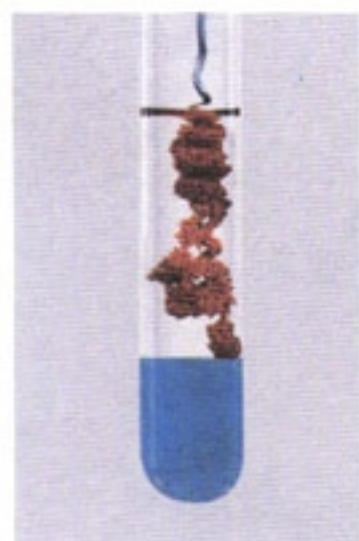
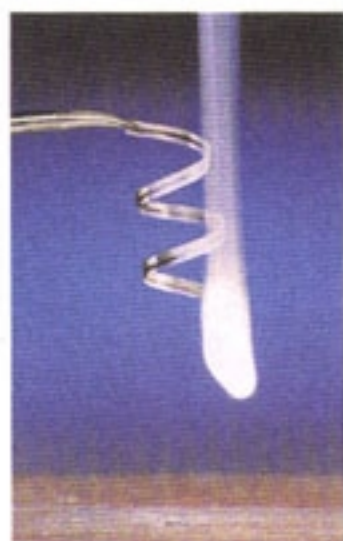


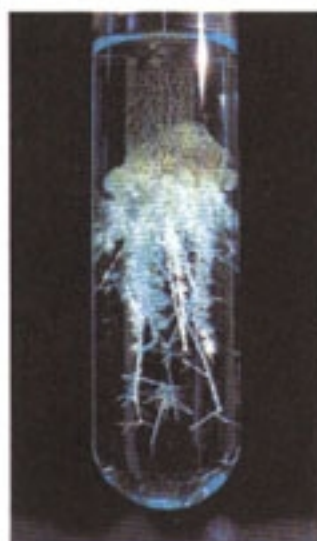
图 3-1 金属元素在地壳中的含量



铝丝与硫酸铜溶液反应



镁条燃烧



铜丝与硝酸银溶液反应



镁条与稀盐酸反应

图 3-2 有关金属化学性质的一些实验

## 一、金属与非金属的反应

你可能听说过“真金不怕火炼”，这说明有些金属（如金）即使在高温下也不与氧气发生反应。而有些常见金属如铁、铝、镁等能存放在空气中，但在加热时能与空气或氧气剧烈反应，甚至燃烧。是不是所有的金属都能在空气中稳定存在呢？

### 实验 3-1

取一小块金属钠，用滤纸吸干表面的煤油后，用刀切去一端的外皮，这时可以看到钠的真面目。观察钠表面的光泽和颜色。新切开的钠的表面在空气中会不会发生变化？

钠 sodium



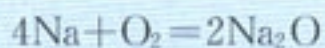
图 3-3 钠常常保存在石蜡油或煤油中



图 3-4 切开金属钠，钠表面的银白色会逐渐褪去

通过观察，你能不能简单地描述钠的物理性质？

常温下，金属钠在空气中就会发生变化，这说明钠比铁、铝、镁等金属活泼得多。因此，在实验室中，要把钠保存在石蜡油或煤油中，以隔绝空气。钠与氧气发生反应生成白色的氧化钠，反应的化学方程式为：



如果加热，钠又会发生什么变化呢？

### 实验 3-2

把这一小块金属钠放在坩埚里，加热，有什么现象？

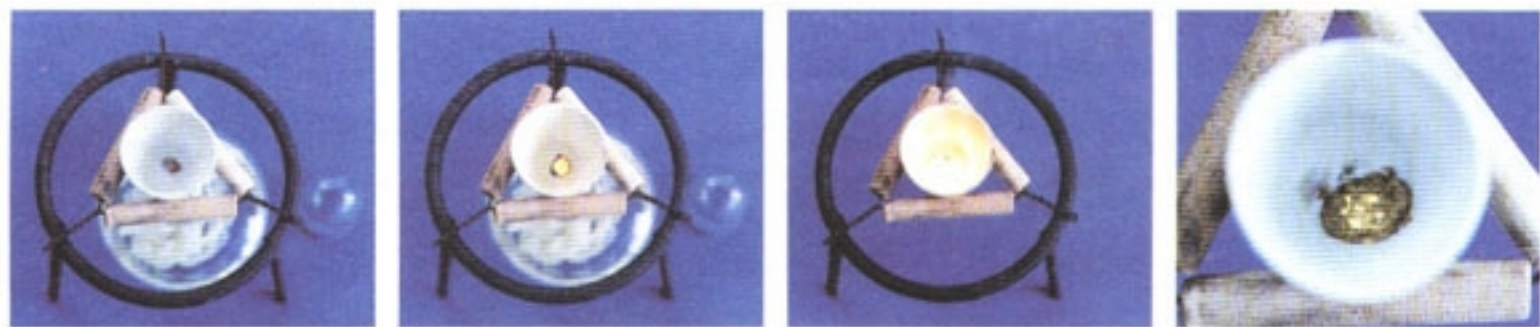


图 3-5 钠的燃烧

钠受热后，与氧气剧烈反应，发出黄色火焰，生成一种淡黄色固体——过氧化钠( $\text{Na}_2\text{O}_2$ )。



活泼金属在空气中易与氧气反应，表面生成一层氧化物。有的氧化膜疏松，不能保护内层金属，如铁表面的铁锈等；有的氧化膜致密，可以保护内层金属不被继续氧化，如镁、铝等表面的氧化层。例如，在点燃镁条前，常用砂纸打磨，这样点燃起来更容易些。铝的情况如何呢？

铝 aluminum

### 科学探究

1. 用坩埚钳夹住一小块铝箔（箔厚约 0.1 mm），在酒精灯上加热至熔化，轻轻晃动。仔细观察，你看到了什么现象？为什么会有这种现象？

2. 再取一块铝箔，用砂纸仔细打磨（或在酸中处理后，用水洗净），除去表面的保护膜，再加热至熔化。又有什么现象呢？



图 3-6 加热铝箔

我们可以观察到，两块铝箔都熔化，且失去了光泽，但熔化的铝并不滴落，好像有一层膜兜着。这是为什么呢？原来是铝表面的氧化膜保护了铝。即使是打磨过的铝箔，在空气中也会很快生成新的氧化膜。构成薄膜的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的熔点( $2\ 050\text{ }^\circ\text{C}$ )高于 Al 的熔点( $660\text{ }^\circ\text{C}$ )，包在铝的外面，所以熔化了的液态铝不会滴落下来。

人们日常用的铝制品，表面总是覆盖着保护膜，这层膜起着保护内部金属的作用，这也正是性质活泼的铝在空气中能稳定存在的原因。

## 铝的氧化膜

在空气中，铝的表面容易生成一层很稳定的氧化膜，但天然形成的氧化膜很薄，耐磨性和抗蚀性还不够强。为了使铝制品适应于不同的用途，可以采用化学方法对铝的表面进行处理，如增加膜的厚度，改变膜的结构与强度，对氧化膜进行着色等。例如，化学氧化（用铬酸作氧化剂）可以使氧化膜产生美丽的颜色；用电化学氧化的方法，可以生成坚硬的氧化膜，还可以用染料使其着色。市场上的铝制品就有不少是经过这样处理的。氧化膜使得性质活泼的金属铝成为一种应用广泛的金属材料。

金属元素原子的最外层电子数较少，最外层电子容易失去，单质往往表现出还原性，当遇到氧化剂时，就会发生氧化还原反应。因此，除了能被氧气氧化外，金属还能被氯气、硫等具有氧化性的物质所氧化，生成相应的氯化物或硫化物。

## 二、金属与酸和水的反应

我们已经知道，位于金属活动性顺序中氢以前的金属遇到酸时，能够发生化学反应，生成盐和氢气。那么金属遇到水时会如何呢？人们常用金属器皿来盛水，也常用铁、铝或铜制的水壶来烧水，说明这几种金属与热水是不反应的。是不是所有的金属都不与水反应呢？

## 实验 3-3

在烧杯中加一些水，滴入几滴酚酞溶液，然后把一小块钠放入水中。你看到什么现象？

## 提示



- 注意钠与溶液的变化
- 有没有气体产生
- 反应是否放出热量

请尽可能多地列出你所观察到的实验现象：

---



---



---



---



---



---



---



---



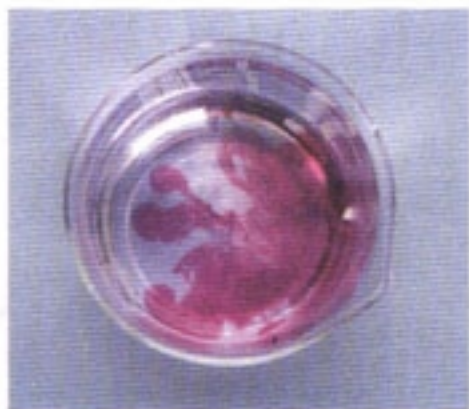
---



---



a. 把钠放入水以前



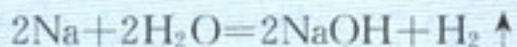
b. 钠浮在水面迅速反应



c. 钠熔为小球并在水面快速移动

图 3-7 金属钠与水反应

通过对实验现象的观察和思考，我们可以知道以下事实：钠的密度比水的小；它的性质非常活泼，能与水发生剧烈反应；反应时放出热量，放出的热使钠熔成小球；反应后得到的溶液显碱性。钠与水反应生成氢气。



现在，你一定明白为什么在实验室里要把钠保存在石蜡油或煤油中了。同时，这也正是当火灾现场有大量活泼金属存放时，不能用水灭火，必须用干燥沙土来灭火的原因。

### 科学探究

铁不能与冷、热水反应，但能否与水蒸气反应？

请设计一套简单的实验装置，使还原铁粉与水蒸气反应。这套装置应包括水蒸气发生、水蒸气与铁粉反应、检验产生的气体等部分。（也可用干净的细铁丝代替还原铁粉进行实验。）

1. 如果提供给你 3 支试管、水槽、蒸发皿、胶塞、导管、酒精喷灯及其他必要的仪器和物品，画出你设计的装置简图。

2. 有人设计了如图 3-8 所示的装置<sup>①</sup>，用一支稍大一些的试管代替 3 支试管就能完成实验，想想其中的原理。你愿不愿意试一试？

3. 任选一种方案进行实验。

4. 在下表中记录实验现象。

画出你设计的装置简图：



铁 iron



图 3-8 铁粉与水蒸气反应

<sup>①</sup> 该实验也可再用一个酒精灯加热湿棉花处。

| 现象 | 化学方程式  |
|----|--|
|    | $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightarrow{\text{①} \Delta} \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$ |

5. 小结并交流探究活动的收获。

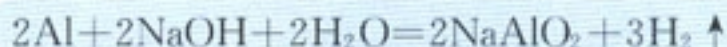
### 三、铝与氢氧化钠溶液的反应

能与酸反应是活泼和较活泼金属的通性，但有些金属还具有很特殊的性质，是什么呢？

#### 实验 3-4

在 2 支小试管里分别加入 5 mL 盐酸和 5 mL NaOH 溶液，再分别放入一小段铝片。观察实验现象。过一段时间后，将点燃的木条分别放在 2 支试管口，你看到什么现象？

通过实验我们看到，铝既能与盐酸反应，又能与 NaOH 溶液反应，反应都放出一种可燃性气体——氢气。铝与氢氧化钠溶液反应时生成偏铝酸钠 ( $\text{NaAlO}_2$ )，反应的化学方程式为：



酸、碱还有盐等可直接侵蚀铝的保护膜（氧化铝也能与酸或碱反应）以及铝制品本身，因此铝制餐具不宜用来蒸煮或长时间存放酸性、碱性或咸的食物。

我们学习了金属的一些化学性质，通过分析不难发现，在反应中这些金属元素的化合价都发生了变化，它们从 0 价升为正价，被氧化。也就是说，在这些变化中，金属表现出了较强的还原性。正是因为多数金属单质有较强的还原性，所以在自然界中多以化合态存在，只有极少数极不活泼的金属如金等以游离态存在。



图 3-9 铝与盐酸和氢氧化钠溶液反应



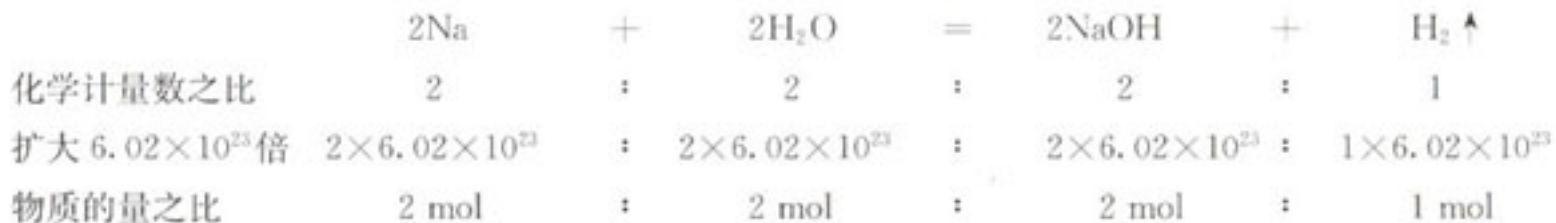
图 3-10 金在自然界中以游离态存在

① g 代表气态，s 代表固态，l 代表液态。



#### 四、物质的量在化学方程式计算中的应用

物质是由原子、分子、离子等粒子构成的，物质之间的化学反应也是这些粒子按一定的数目关系进行的。化学方程式中的化学计量数可以明确地表示出化学反应中粒子之间的数目关系。例如：



由此可以看出，化学方程式中各物质的化学计量数之比等于各物质的物质的量之比。因此，物质的量( $n$ )、摩尔质量( $M$ )、物质的量浓度( $c$ )和气体摩尔体积( $V_m$ )应用于化学方程式进行计算时，对于定量研究化学反应中各物质之间量的关系会更加方便。

[例] 把 6.5 g Zn 放入足量盐酸中，锌完全反应。计算：

- (1) 6.5 g Zn 的物质的量；
- (2) 参加反应的 HCl 的物质的量；
- (3) 生成 H<sub>2</sub> 的体积（标准状况）。

[分析] 根据物质的量、质量和摩尔质量的关系，先计算出 6.5 g Zn 的物质的量，然后根据化学反应中各物质之间的化学计量数之比，计算出参加反应的 HCl 的物质的量和生成 H<sub>2</sub> 的体积。

- (1) Zn 的摩尔质量是  $65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

$$n(\text{Zn}) = \frac{m(\text{Zn})}{M(\text{Zn})} = \frac{6.5 \text{ g}}{65 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.1 \text{ mol}$$



$$1 \quad 2$$

$$0.1 \text{ mol} \quad n(\text{HCl})$$

$$\frac{1}{2} = \frac{0.1 \text{ mol}}{n(\text{HCl})}$$

$$n(\text{HCl}) = \frac{0.1 \text{ mol} \times 2}{1} = 0.2 \text{ mol}$$



$$1 \text{ mol} \quad 22.4 \text{ L}$$

$$0.1 \text{ mol} \quad V(\text{H}_2)$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{0.1 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L}}{1 \text{ mol}} = 2.24 \text{ L}$$

- 答：(1) 6.5 g Zn 的物质的量是 0.1 mol；  
(2) 有 0.2 mol HCl 参加了反应；  
(3) 生成 H<sub>2</sub> 的体积在标准状况下是 2.24 L。

## 实践活动

1. 请你利用原有知识,并结合本节所学的金属的化学性质,试着围绕金属提出一些问题。
2. 把你的问题和答案分类。
3. 选择你最感兴趣的一类问题和内容,去图书馆或上网查阅资料,进行研究、调查或实验。
4. 写一篇关于金属的小论文,并与同学交流。

## 科学视野

### 未来金属——钛

钛被称为继铁、铝之后的第三金属,也有人说“21世纪将是钛的世纪”。

钛是一种性能非常优越的金属,它的外观很像钢,具有银灰色的金属光泽,密度小、硬度大、熔点高。钛的化学性质稳定,耐腐蚀,尤其是抵抗海水腐蚀的能力很强。目前钛及钛合金产量的70%以上被用于飞机、火箭、导弹、人造卫星和宇宙飞船等领域,只有少量用于冶金、能源、交通、医疗以及石油化工等领域。

钛在地壳中的储量并不少,但为什么目前主要用于尖端领域呢?冶炼钛要在高温下进行,而高温时钛的化学性质变得很活泼,因此,要用惰性气体保护,还要使用不含氧的材料。这对冶炼设备、工艺提出了很高的要求,使得制备或冶炼的成本远高于铁或铝,在一定程度上阻碍了它的发展。随着科学技术的发展,我们相信,当钛的冶炼技术获得突破、成本降低时,钛必将获得更加广泛的应用。

## 习题



1. 实验室中如何保存金属钠?为什么?写出钠与 $O_2$ 、 $H_2O$ 反应的化学方程式。
2. 下列关于钠的叙述中,不正确的是( )。
  - A. 钠燃烧时发出黄色的火焰
  - B. 钠燃烧时生成氧化钠
  - C. 钠有很强的还原性
  - D. 钠原子的最外层只有一个电子
3. 下列关于铝的叙述中,不正确的是( )。
  - A. 铝是地壳里含量最多的金属元素
  - B. 在常温下,铝不能与氧气反应
  - C. 铝是一种比较活泼的金属

D. 在化学反应中，铝容易失去电子，是还原剂

4. 下列描述的一定是金属元素的是 ( )。

- A. 易失去电子的物质
- B. 能与酸反应的物质
- C. 原子的最外电子层只有 1 个电子的元素
- D. 原子核内有 11 个质子的元素

5. 下列金属中，遇到盐酸或强碱溶液都能放出氢气的是 ( )。

- A. Cu
- B. Mg
- C. Fe
- D. Al

6. 相同质量的两份铝，分别放入足量的盐酸和氢氧化钠溶液中，放出的氢气在同温同压下的体积之比为 ( )。

- A. 1:1
- B. 1:6
- C. 2:3
- D. 3:2

7. 写出下列反应的化学方程式，是离子反应的还要写出离子方程式。

- (1) 铁粉与水蒸气反应
- (2) 铝与盐酸反应
- (3) 铝与氢氧化钠溶液反应
- (4) 锌粒与氯化铜溶液反应

8. 把 5.4 g Al 放入足量氢氧化钠溶液中完全反应，计算生成氢气的体积 (标准状况)。

9. 相同质量的镁和铝相比较，哪种金属与盐酸反应产生的氢气多？相同体积的镁和铝相比较，哪种金属与盐酸反应产生的氢气多？(镁的密度： $1.738 \text{ g/cm}^3$ ，铝的密度： $2.70 \text{ g/cm}^3$ 。)

10. 能源问题是人们关心的热点，有人提出用金属铝作燃料，这真是一种大胆而新颖的设想。地球上铝矿资源丰富，如果能用铝作燃料，必将缓解能源紧张的局面。试对用铝作为民用新型能源的可能性和现实性发表你的看法。(工业上用电解氧化铝的方法制取金属铝，但要耗费大量的电能。)

11. 铝是地壳中储量最丰富的金属，但它的价格比铁的价格高。为什么？如果你不明白其中的原因，请调查这两种金属的相关信息，如存在、开采和冶炼等，然后再回答。

多数金属单质都可以转化为化合物。金属氧化物、氢氧化物、金属元素的盐都属于金属元素的化合物，但它们组成的不同，甚至化合价的变化，都可以使化合物的性质产生巨大的差异。例如，氯化钠是一种性质稳定的化合物，可用作调味品，水溶液呈中性；而过氧化钠却是一种容易发生变化的强氧化剂。同一种元素形成的不同化合物，所呈现出的性质千变万化，为我们呈现了一个琳琅满目、难以穷尽的物质世界。

## 一、钠的重要化合物

钠是一种活泼的金属元素，在自然界中不存在游离态的钠，钠元素都是以化合态存在于自然界的。其中，氢氧化钠和氯化钠我们在初中已有所了解。

### 1. 氧化钠和过氧化钠

#### 思考与交流

1. 回忆前面做过的实验，描述氧化钠和过氧化钠的颜色、状态。
2. 氧化钠与水的反应和氧化钙与水的反应类似，请你写出氧化钠与水反应的化学方程式。

#### 实验 3-5

把水滴入盛有少量过氧化钠固体的试管中，立即把带火星的木条放在试管口，检验生成的气体。用手轻轻摸一摸试管外壁，有什么感觉？然后向反应后的溶液中滴入酚酞溶液，有什么现象发生？

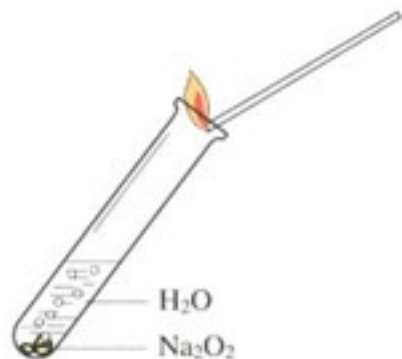
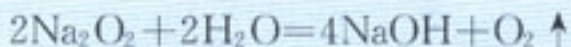


图 3-11 过氧化钠与水反应放出的氧气使带火星的木条复燃

通过实验和观察，请你描述一下这些现象。

过氧化钠与水反应生成氢氧化钠和氧气：



过氧化钠还能与二氧化碳反应生成碳酸钠和氧气：



因此，过氧化钠可用于呼吸面具或潜水艇中作为氧气的来源。

## 2. 碳酸钠和碳酸氢钠

碳酸钠( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )俗名纯碱，也叫苏打，碳酸氢钠( $\text{NaHCO}_3$ )俗名小苏打。在厨房里你常常能找到这两种物质。

### 科学探究

#### 碳酸钠和碳酸氢钠的性质

(1) 在 2 支试管里分别加入少量  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  (各约 1 g):

① 观察二者外观上的细小差别。分别滴入几滴水，振荡试管，观察现象。用手摸一摸试管底部，有什么感觉？

② 继续向试管内加入 10 mL 水，用力振荡，有什么现象？

③ 向试管内滴入 1~2 滴酚酞溶液，各有什么现象？

④ 在下表中记录实验现象并得出初步结论。

| 步骤   | $\text{Na}_2\text{CO}_3$ | $\text{NaHCO}_3$ |
|------|--------------------------|------------------|
| ①    |                          |                  |
| ②    |                          |                  |
| ③    |                          |                  |
| 初步结论 |                          |                  |

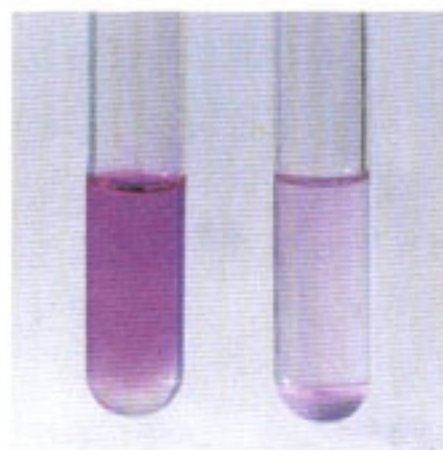


图 3-12 向碳酸钠(左)、碳酸氢钠(右)的水溶液中滴入酚酞溶液



图 3-13 鉴别碳酸钠和碳酸氢钠

(2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  的热稳定性

如图 3-13 所示，分别用  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  做实验，观察现象。这一反应可以用来鉴别  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$ 。

|                          | 现象 | 发生反应的化学方程式  | 结论 |
|--------------------------|----|---|----|
| $\text{Na}_2\text{CO}_3$ |    | _____   |    |
| $\text{NaHCO}_3$         |    | $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ |    |

(3)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  还有许多其他性质，如都能与稀盐酸反应等。请写出它们与稀盐酸反应的离子方程式。

---



---

碳酸钠粉末遇水生成含有结晶水的碳酸钠晶体——水合碳酸钠( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ )<sup>①</sup>。碳酸钠晶体在干燥空气里容易逐渐失去结晶水变成碳酸钠粉末。

碳酸钠和碳酸氢钠虽然都属于盐类，但它们的溶液都显碱性，这就是它们可用作食用碱或工业用碱的原因。至于它们为什么显碱性，如果你有兴趣，可以在选修模块《化学反应原理》中进一步学习。

### 3. 焰色反应

我们在观察钠燃烧时，发现火焰呈黄色。很多金属或它们的化合物在灼烧时都会使火焰呈现特殊的颜色，这在化学上叫做**焰色反应**。

#### 实验 3-6

把焊在玻璃棒上的铂丝（或用光洁无锈的铁丝）放在酒精灯（最好用煤气灯）外焰里灼烧，至与原来的火焰颜色相同时为止。用铂丝（或铁丝）蘸取碳酸钠溶液，在外焰上灼烧，观察火焰的颜色。

将铂丝（或铁丝）用盐酸洗净后，在外焰上灼烧至没有颜色时，再蘸取碳酸钾做同样的实验，此时要透过蓝色钴玻璃<sup>②</sup>观察火焰的颜色。

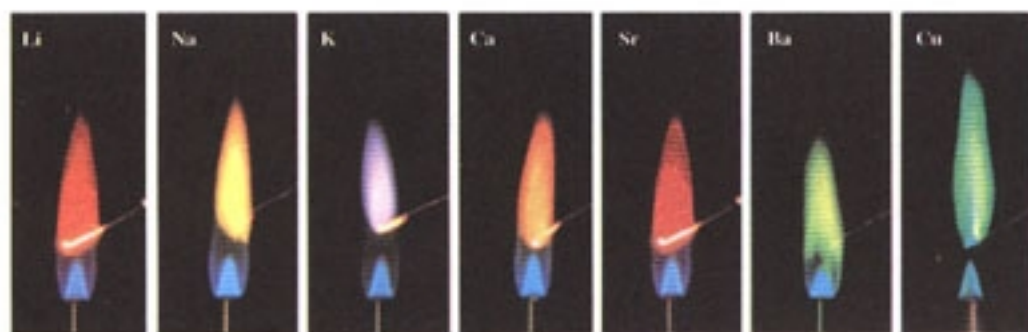


图 3-14 金属的焰色反应



图 3-15 利用焰色反应可制成节日烟花

节日燃放的五彩缤纷的烟花，就是碱金属，以及锶、钡等金属化合物焰色反应所呈现的各种艳丽色彩。

## 二、铝的重要化合物

铝是地壳中含量最多的金属元素，但人们发现并制得单质铝却比较晚，这是由于铝很活泼，从铝的化合物中提炼铝单质比较困难。铝的许多化合物在人类的生产和生活中具有重要的作用。

<sup>①</sup> 碳酸钠水合物有  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  3 种。

<sup>②</sup> 为了滤去黄色的光，避免碳酸钾中所含的微量钠盐造成干扰。

## 1. 氧化铝

我们已经知道，氧化铝难溶于水，熔点很高，也很坚固，因此覆盖在铝制品表面极薄的一层氧化铝就能有效地保护内层金属。氧化铝是冶炼金属铝的原料，也是一种比较好的耐火材料。它可以用来制造耐火坩埚、耐火管和耐高温的实验仪器等。

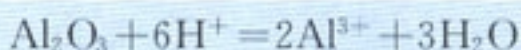
氧化铝难溶于水，却能溶于酸或强碱溶液中。它溶于碱时，生成物是偏铝酸盐和水。因此，氧化铝是一种两性氧化物。

氧化铝

aluminum oxide

两性氧化物

amphoteric oxide

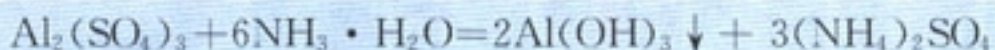


## 2. 氢氧化铝

### 实验 3-7

在试管里加入 10 mL 0.5 mol/L  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液，滴加氨水，生成白色胶状物质。继续滴加氨水，直到不再产生沉淀为止。

反应中得到的白色胶状物质是氢氧化铝 $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ ，它几乎不溶于水，但能凝聚水中的悬浮物，并能吸附色素。在实验室里，常常用铝盐溶液与氨水反应来制取氢氧化铝。



### 实验 3-8

取一些上面实验中制得的  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀，分装在 2 支试管里，往一支试管里滴加 2 mol/L 盐酸，往另一支试管里滴加 2 mol/L NaOH 溶液。边加边振荡，观察现象。

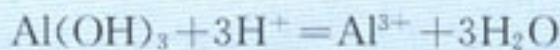
实验表明， $\text{Al}(\text{OH})_3$  在酸或强碱溶液里都能溶解。这说明它既能与酸起反应，又能与强碱溶液起反应，它是两性氢氧化物。

氢氧化铝

aluminum hydroxide

两性氢氧化物

amphoteric hydroxide



$\text{Al}(\text{OH})_3$  是医用的胃酸中和剂中的一种，它的碱性不强，不至于对胃壁产生强烈的刺激或腐蚀作用，但却可以与酸反应，使胃液酸度降低，起到中和过多胃酸的作用。

加热时,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  分解为氧化铝和水。



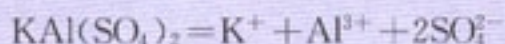
## 学与问

为什么常用氨水与硫酸铝溶液反应制取氢氧化铝, 而不用氢氧化钠溶液呢?

### 资料卡片

#### 硫酸铝钾 $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2]$

硫酸铝钾是由两种不同的金属离子和一种酸根离子组成的化合物, 它在水中能电离产生两种金属阳离子和硫酸根阴离子。



十二水合硫酸铝钾  $[\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$  俗名明矾。明矾是无色晶体, 可溶于水, 在天然水中生成  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (胶体),  $\text{Al}(\text{OH})_3$  可以和悬浮于水中的泥沙形成絮状不溶物沉降下来, 使水澄清, 所以明矾可用作净水剂。



图3-16 明矾晶体

## 三、铁的重要化合物

铁在地壳中的含量仅次于氧、硅和铝, 居第四位, 主要以+2和+3价化合物的形式存在。

### 1. 铁的氧化物

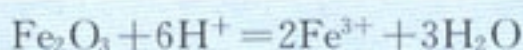
铁元素可以形成3种氧化物, 分别是氧化亚铁 ( $\text{FeO}$ )、氧化铁 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 和四氧化三铁 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )。  $\text{FeO}$  是一种黑色粉末, 它不稳定, 在空气里受热, 就迅速被氧化成  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 。  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  是一种复杂的化合物, 它是具有磁性的黑色晶体, 俗称磁性氧化铁。  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  是一种红棕色粉末, 俗称铁红, 常用作红色油漆和涂料。赤铁矿 (主要成分是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 是炼铁原料。



图3-17 氧化铁可作外墙涂料

铁的氧化物都不溶于水, 也不与水起反应。

$\text{FeO}$  和  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  是碱性氧化物, 它们都能与酸起反应, 分别生成亚铁盐和铁盐。





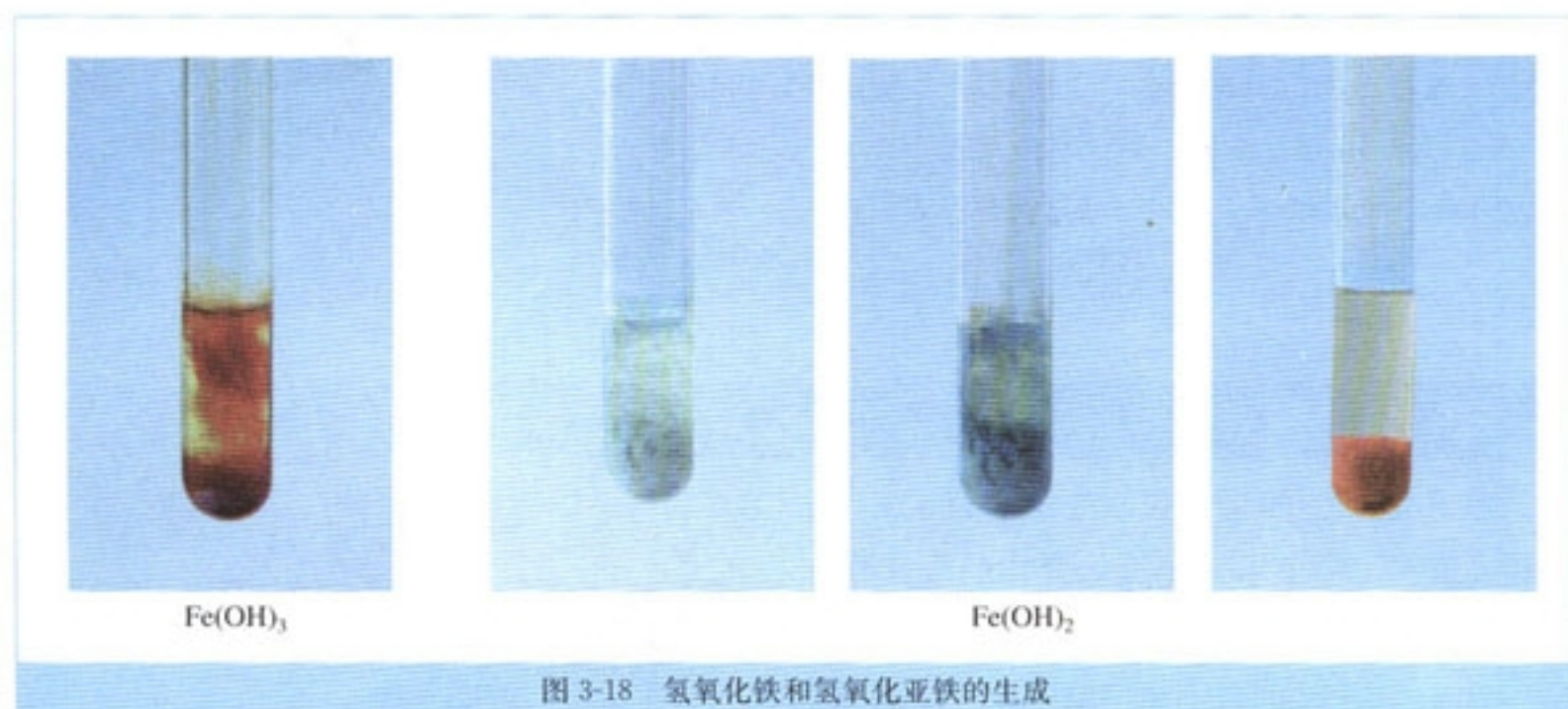
## 2. 铁的氢氧化物

铁有两种氢氧化物，它们可以分别由相对应的可溶性盐与碱溶液起反应而制得。

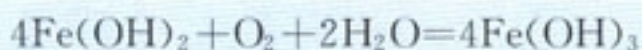
### 实验 3-9

在 2 支试管里分别加入少量  $\text{FeCl}_3$  和  $\text{FeSO}_4$  溶液，然后滴入  $\text{NaOH}$  溶液。观察并描述发生的现象。

|                    | $\text{FeCl}_3$ 溶液 | $\text{FeSO}_4$ 溶液 |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| 加 $\text{NaOH}$ 溶液 |                    |                    |
| 离子方程式              |                    |                    |



为什么在  $\text{FeSO}_4$  溶液中加入  $\text{NaOH}$  溶液时，生成的白色絮状沉淀迅速变成灰绿色，最后变成红褐色呢？这是因为白色的氢氧化亚铁  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]$  被空气里的氧气氧化成了红褐色的氢氧化铁  $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ ，反应的化学方程式分别为：



氢氧化铁

iron(III) hydroxide

氢氧化亚铁

iron(II) hydroxide

### 学与问

$\text{Fe}(\text{OH})_2$  和  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  都是不溶性碱，你能写出它们与酸反应的离子方程式吗？

加热  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  时, 它能失去水生成红棕色的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  粉末。



### 3. 铁盐和亚铁盐

#### (1) $\text{Fe}^{3+}$ 的检验

#### 实验 3-10

在 2 支试管里分别加入 5 mL  $\text{FeCl}_2$  溶液和 5 mL  $\text{FeCl}_3$  溶液, 各滴入几滴  $\text{KSCN}$  溶液。观察现象并记录。

|                    | 滴入 $\text{KSCN}$ 溶液 |
|--------------------|---------------------|
| $\text{FeCl}_3$ 溶液 |                     |
| $\text{FeCl}_2$ 溶液 |                     |

硫酸铁等含有  $\text{Fe}^{3+}$  的盐溶液遇到  $\text{KSCN}$  溶液时变成红色, 我们可以利用这一反应检验  $\text{Fe}^{3+}$  的存在。

#### (2) $\text{Fe}^{3+}$ 和 $\text{Fe}^{2+}$ 的转化

#### 科学探究

在盛有 2 mL  $\text{FeCl}_3$  溶液的试管中, 加入少量铁粉, 振荡试管。充分反应后, 滴入几滴  $\text{KSCN}$  溶液 (如图 3-20 左), 观察并记录实验现象。把上层清液倒入另一试管, 再加入几滴氯水 (如图 3-20 右), 又发生了什么变化?

|   | 现象 | 反应的离子方程式   |
|---|----|--|
| $\text{FeCl}_3$ 溶液中加入铁粉、 $\text{KSCN}$ 溶液 |    | $2\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 3\text{Fe}^{2+}$                  |
| 上层清液加氯水, 振荡                               |    | $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ |

氧化性较强的物质遇到还原性较强的物质时, 有可能发生氧化还原反应。 $\text{Fe}^{3+}$  遇到较强的还原剂时, 会被还原成  $\text{Fe}^{2+}$ ; 而  $\text{Fe}^{2+}$  在较强的氧化剂的作用下会被氧化成  $\text{Fe}^{3+}$ 。 $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{Fe}^{3+}$  在一定条件下是可以相互转化的。

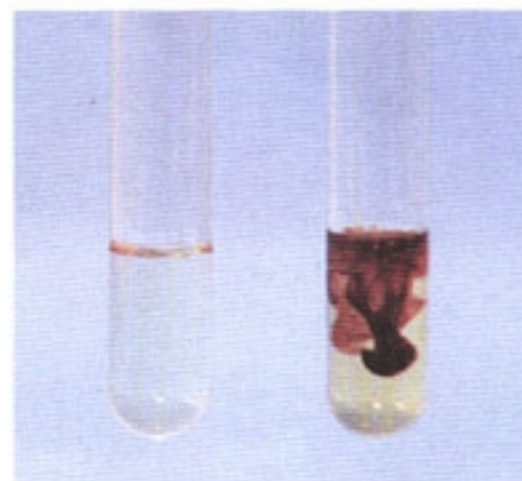


图 3-19 向  $\text{FeCl}_2$  溶液中滴入  $\text{KSCN}$  溶液 (左), 向  $\text{FeCl}_3$  溶液中滴入  $\text{KSCN}$  溶液 (右)

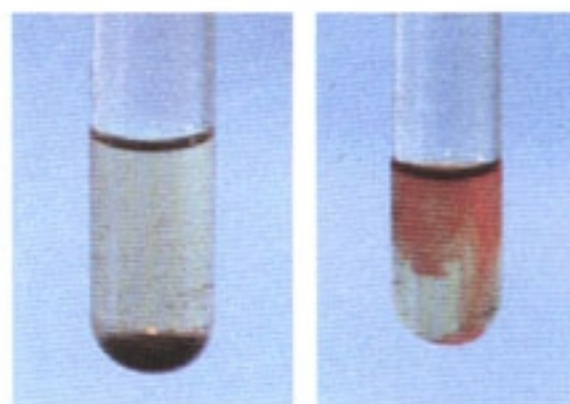


图 3-20  $\text{Fe}^{3+}$  被还原 (左),  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化 (右)



图 3-21 出土的古代铜制品上往往覆盖着一层铜绿〔主要成分是  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 〕

## 铜 盐

铜有多种化合物，由于铜的化学性质不活泼，容易被还原成单质，因此古人很早就掌握了冶铜的技术。

在初中我们曾用过硫酸铜，它易溶于水，常用来配制电解液和农药。氯化铜和硝酸铜也都是可溶性的铜盐。铜属于重金属，它的化学性质不活泼，使用铜器皿也比较安全，但它变成化合物后，性质就发生了变化。铜盐溶液都有毒，这主要是由于铜离子能与蛋白质作用，使蛋白质变性，蛋白质变性后，就失去了生理活性。

## 实践活动

## 铝盐和铁盐的净水作用

在某些地区，井水、河水、池塘水或雨水是生活用水的主要来源。当水比较浑浊时，人们就向水缸中加入少量明矾，搅拌。过一段时间，在水缸的底部会出现很多絮状不溶物，而水却变得清澈透明了。让我们也试一试。

把混有少量泥沙的浑浊水分装在 3 支试管中，向其中 2 支试管中分别加入少量明矾、硫酸铁溶液，振荡。把 3 支试管都放在试管架上静置，观察现象，进行比较。

|       | 不加试剂 | 加入明矾 | 加入硫酸铁溶液 |
|-------|------|------|---------|
| 2 min |      |      |         |
| 5 min |      |      |         |

## 习 题



1. 在呼吸面具中， $\text{Na}_2\text{O}_2$  起反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。
2.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{Al}(\text{OH})_3$  既可以与\_\_\_\_\_反应，又可以与\_\_\_\_\_反应，它们分别是\_\_\_\_\_氧化物和\_\_\_\_\_氢氧化物。
3. 在  $\text{MgCl}_2$  溶液中滴加少量  $\text{NaOH}$  溶液，现象为\_\_\_\_\_，继续加入过量的  $\text{NaOH}$  溶液，现象为\_\_\_\_\_；在  $\text{AlCl}_3$  溶液中滴加少量  $\text{NaOH}$  溶液，现象为\_\_\_\_\_，继续加入过量的  $\text{NaOH}$  溶液，现象为\_\_\_\_\_。

4. 下列各组物质混合后,不能生成 NaOH 的是 ( )。
- A. Na 和 H<sub>2</sub>O                                      B. Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O
- C. Ca(OH)<sub>2</sub> 溶液和 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液            D. Ca(OH)<sub>2</sub> 溶液和 NaCl 溶液
5. 在溶液中不能与 Al<sup>3+</sup> 大量共存的离子是 ( )。
- A. Cl<sup>-</sup>                                      B. OH<sup>-</sup>                                      C. H<sup>+</sup>                                      D. Na<sup>+</sup>
6. 向下列各物质的水溶液中滴加稀硫酸或 MgCl<sub>2</sub> 溶液时,均有白色沉淀生成的是 ( )。
- A. BaCl<sub>2</sub>                                      B. Ba(OH)<sub>2</sub>                                      C. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>                                      D. KOH
7. 为了检验某 FeCl<sub>2</sub> 溶液是否变质,可向溶液中加入 ( )。
- A. NaOH 溶液                                      B. 铁片                                      C. KSCN 溶液                                      D. 石蕊溶液
8. 在实验室里,要想使 AlCl<sub>3</sub> 溶液中的 Al<sup>3+</sup> 全部沉淀出来,应选用下列试剂中的 ( )。
- A. 石灰水                                      B. 氢氧化钠溶液
- C. 硫酸                                      D. 氨水
9. 下列离子方程式中,正确的是 ( )。
- A. 铁与盐酸反应:  $2\text{Fe} + 6\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2 \uparrow$
- B. 氯气与氯化亚铁溶液反应:  $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$
- C. 氯化铁溶液与铁反应:  $\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 2\text{Fe}^{2+}$
- D. 氯化铁溶液与氢氧化钠溶液反应:  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$

10. 印刷电路板是由高分子材料和铜箔复合而成,刻制印刷电路时,要用 FeCl<sub>3</sub> 溶液作为“腐蚀液”,生成 CuCl<sub>2</sub> 和 FeCl<sub>2</sub>。请写出反应的化学方程式,并分析各反应物化合价发生的变化。

11. 试简述在 FeSO<sub>4</sub> 溶液中加入 NaOH 溶液时的反应现象,并写出有关反应的化学方程式。

12. 加热 33.6 g NaHCO<sub>3</sub> 至没有气体放出时,剩余的物质是什么? 计算剩余物质的质量和物质的量。

13. 可溶性铜盐有毒,但在生命体中,铜是一种不可缺少的微量元素。请你上网查一查金属元素与人体健康的关系,并与同学交流。



图 3-22 合金的广泛应用

在生产和生活中，金属材料几乎无处不在。金属材料的应用曾经有力地推动了社会生产力的发展。新型材料的研制，已成为现代高新技术发展的重要物质基础。

金属材料包括纯金属和它们的合金。合金的种类和性能与成分有关，因为各种成分是可以调节的，所以合金种类繁多，应用极其广泛。

## 一、常见合金的重要应用

### 学 与 问

1. 初中曾学过有关合金的一些知识，你还记得什么是合金吗？合金有哪些优良的性能？
2. 你知道合金在生活中有哪些用途吗？举出一些例子。

合金具有许多优良的物理、化学或机械性能，在许多方面不同于各成分金属。例如，合金的硬度可以大于它的纯金属成分，合金的熔点也可以低于它的成分金属。使用不同的原料，改变原料的配比，变更制造合金的工艺等，可以制得具有不同性能的合金，从而可以满足生产及科研工作中的不同用途和要求。

#### 1. 铜合金

青铜是我国使用最早的合金。1939年在河南安阳殷墟出土的商代后期制作的司母戊鼎，含铜 84.8%、锡 11.6%、铅 2.8%，属于青铜制品。它的工艺精湛，充分体现了我

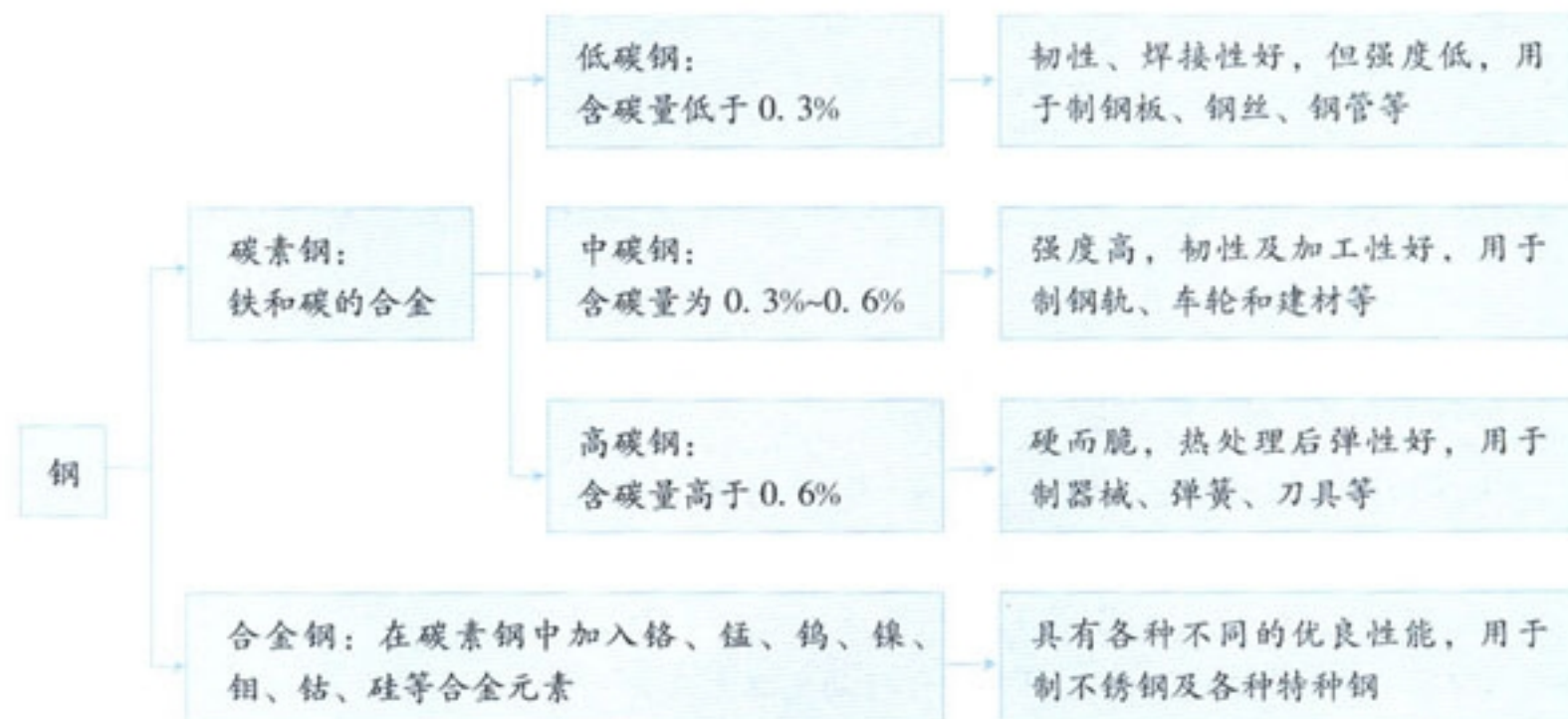
国光辉灿烂的古代科技。铜合金的种类很多，除青铜外，常见的还有黄铜（含锌及少量的锡、铅、铝等）和白铜（含镍、锌及少量的锰）等。

## 2. 钢

钢是用量最大、用途最广的合金，根据其化学成分，可分为两大类：碳素钢和合金钢。分析下表列举的大量事实，是不是能够说明成分金属元素的种类以及含量对合金的性能会产生极大的影响？



图 3-23 司母戊鼎是青铜制品



## 实践活动

任选你感兴趣的关于合金的课题进行调查（以下课题供选用），完成一篇关于合金的小论文。

1. 合金的性能与成分有什么关系？改变某种合金的成分，如增加或减少某一种合金元素的含量，合金的性能会不会改变？

2. 调查某种合金所具有的广泛用途，如铝合金、铁合金或铜合金等。

3. 你经常使用的交通工具是什么（如自行车、汽车或火车）？其中使用了哪些纯金属？使用了哪些合金？

## 资料卡片

金属材料分为黑色金属材料和有色金属材料。黑色金属材料通常包括铁、锰、铬以及它们的合金，是应用最广的金属结构材料。除黑色金属以外的其他各种金属及其合金都称为有色金属。有色金属品种繁多，又可分为轻金属、重金属、高熔点金属、稀土金属和贵金属等。金属材料也可分为纯金属和合金。纯金属的强度较低，较少作为结构材料，但也有重要的用途。例如，用纯铜、纯铝制导线，用纯铜制电器部件，用纯的贵金属制关键部位触点等。工业上用的金属材料大多是合金，如由铜和锡组成的青铜，铝、铜、镁和硅组成的硬铝等。合金也可以由金属元素和非金属元素组成，如碳钢主要是由铁和碳组成的合金。工业的发展需要研制具有特殊性能的金属结构材料，因此，新型金属材料得到迅速发展。

## 二、正确选用金属材料

### 思考与交流

#### 如何选用材料

某家庭准备装修窗户（计划使用10年），可供使用的材料有：木材、钢铁、铝合金、塑钢，请你调查每种材料的性能、价格、制造或安装成本、利弊等，进行综合分析、比较，试着提出一个你认为切实可行的选择方案。

### 实践活动

角色扮演：是否应该停止使用铝质饮料罐

假如你是以下人员之一，对这一问题有什么看法？请查阅资料并做准备，然后选择角色，进行活动。

可能扮演的角色：

- 开采铝矿的工人
- 生产铝质饮料罐的工人
- 饮料公司的老板
- 售货员
- 消费者
- 环保局的官员
- 回收公司的人员
- .....

### 提示



选择材料时，常常要考虑以下几个方面：

- 主要用途
- 外观
- 物理性质（密度、硬度、强度、导电性、导热性）
- 化学性质（对水的作用、耐腐蚀性）
- 价格
- 加工难度
- 日常维护
- 对环境的影响
- .....

考虑时可能涉及的部分因素:

- 铝的性质适宜制造饮料罐
- 铝矿的储量较丰富
- 铝废弃后会污染环境
- 使用铝质饮料罐很方便
- 开采铝矿会对环境造成破坏
- 可以用玻璃瓶代替铝质饮料罐
- 我需要工作
- 可以循环使用铝质饮料罐
- .....



图 3-24 铝质饮料罐可回收利用

## 科学视野

### 用途广泛的稀土金属

在金属元素中,有一类性质相似、并在自然界共生在一起的稀土元素,它们是周期表中原子序数从 57~71 (从镧至镱,称为镧系元素)的 15 种元素以及钪和铪,共 17 种元素。它们在科技、生产中有广泛的用途,被誉为新材料的宝库。我国拥有丰富的稀土资源,约占世界稀土资源的 80% 左右。例如,内蒙古地区储藏有丰富的稀土矿石,是生产稀土金属的重要基地。

由于稀土金属元素的物理性质和化学性质都极为相似,它们在矿石中总是共生在一起,冶炼工艺冗长而复杂。不仅分离流程长,能耗高,产生的污染物也多。一般包含矿石浮选、精矿分解(酸法或碱法)以及分离(常用液相萃取法)等几个步骤。高效萃取剂的合成和自动化技术在分离工序中的应用,促进了稀土金属、稀土氧化物及其盐类的生产。

稀土金属有着广泛的用途,它既可以单独使用,也可用于生产合金。在合金中加入适量稀土金属,能大大改善合金的性能。因而,稀土元素又被称为冶金工业的维生素。例如,在钢中加入一些稀土元素,可以增加钢的塑性、韧性、耐磨性、耐热性、抗氧化性和抗腐蚀性等。因此,稀土金属广泛应用在冶金、石油化工、材料工业(电子材料、荧光材料、发光材料、永磁材料、超导材料、染色材料、纳米材料、引火合金和催化剂等)、医药及农业等领域。





1. 合金是一类用途广泛的金属材料，合金具有许多优良的\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_性能，在许多方面优于各成分金属。合金的硬度一般比它的各成分金属的\_\_\_\_\_，多数合金的熔点一般也比它的各成分金属的\_\_\_\_\_。使用不同的\_\_\_\_\_，改变原料的\_\_\_\_\_，变更制造合金的\_\_\_\_\_等，可以制得具有不同性能的合金。

2. 在我国，使用最早的合金是\_\_\_\_\_。

3. 目前用量最大、用途最广泛的合金是\_\_\_\_\_，根据其化学成分，可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两大类。

4. 试分析钢铁、铝、铜等能够成为大量使用的金属材料的原因。

5. 制造高压电缆的线材有以下几种：铜线、铝线、钢芯铝线。试分析它们的共性和特性。金属的哪些性质决定了它们可用于制造电缆？

6. 铜钱是古代常用的货币，是用铜或铜合金铸造的。目前市场上流通的人民币硬币的材质有铝合金、铜合金和不锈钢，也有钢芯镀镍、钢芯镀铜合金等。查阅资料，讨论制造货币选材时应考虑哪些因素。

7. 在高炉中把铁矿石冶炼成铁是一个复杂的过程，其主要反应原理可以用  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  与  $\text{CO}$  的反应来表示，试写出该反应的化学方程式，并指出氧化剂和还原剂。

8. 观察一些金属制品。这些制品分别是由哪些金属制成的？为什么选用这些金属来制造？从中你能否总结出人们在选用材料时主要考虑什么。

9. 你家中有哪些金属制品？各含有哪些金属？它们的使用寿命如何？废旧金属制品是如何处理的？

10. 某磁铁矿石样品中含  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  76%，其他不含铁的杂质 24%。计算这种矿石中铁的质量分数。某炼铁厂用这种磁铁矿石冶炼生铁。该厂日消耗这种磁铁矿石 100 t，该厂理论上年产含铁 96% 的生铁的质量是多少（一年按 360 天计）？

## 归纳与整理

在归纳整理元素与化合物知识时，应注意以下几个方面：

● 运用前面所学习的分类知识，尝试对所学的物质进行分类。

● 对具体物质的回忆、归纳与小结：

物理性质（包括颜色、状态、硬度、水溶性、熔点，有什么特殊性质等）；

化学性质（能与哪些物质发生反应，反应条件，生成物等）；

组成上有什么特点，组成与性质的关系等。

● 体会化学物质和化学反应的多样性。

● 体会化学实验和科学探究对学习化学的重要作用。

## 一、金属及其化合物的化学性质

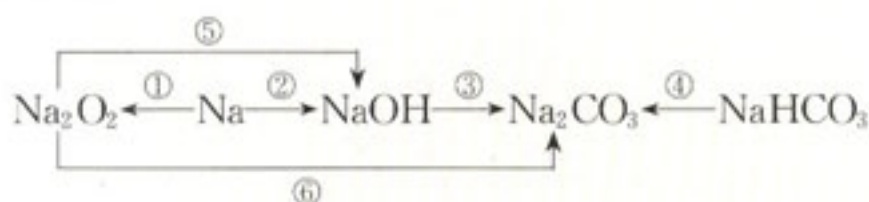
### 1. 金属单质

金属原子的最外层电子数较少，在参加化学反应时，最外层电子容易失去，因而常常表现出一定的还原性。请按以下线索归纳、整理金属单质的化学性质，填写表中的空白，并用化学方程式表示下列反应。

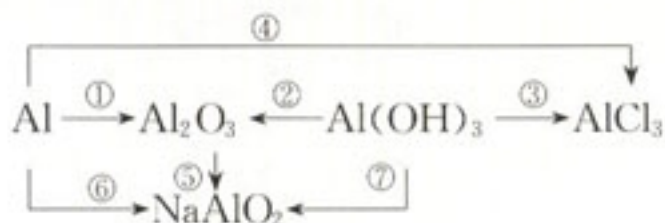
| 金属         | Na          | Al | Fe | Cu |
|------------|-------------|----|----|----|
| 金属原子失电子的趋势 | —————> 逐渐减弱 |    |    |    |
| 与氧气的作用     |             |    |    |    |
| 与水的作用      |             |    |    |    |
| 与酸的作用      |             |    |    |    |
| 与盐溶液的作用    |             |    |    |    |

2. 请按下列线索复习钠、铝、铁及它们的化合物之间的转化关系。

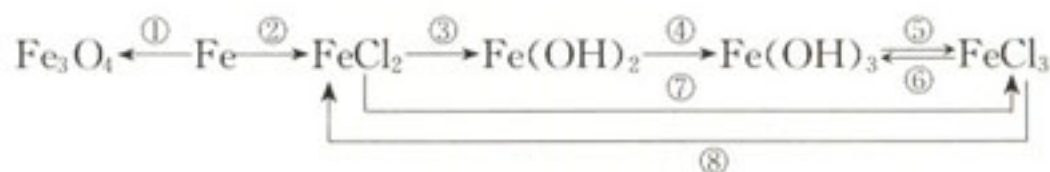
#### (1) 钠及其重要化合物



#### (2) 铝及其重要化合物



#### (3) 铁及其重要化合物



### 3. 归纳同类物质的性质

你可以尝试运用分类和比较的方法进一步归纳出一些规律性的知识。建议你参考“1. 金属单质”，以“金属的氧化物”“金属的氢氧化物”“盐”分块复习有关金属化合物的知识，小结每类物质的通性和每种物质的特性，认识物质之间的内在联系。

二、以金属材料的发展为例，认识化学在促进社会发展中的重要作用，体会科学、技术、社会之间的相互关系

## 复 习 题

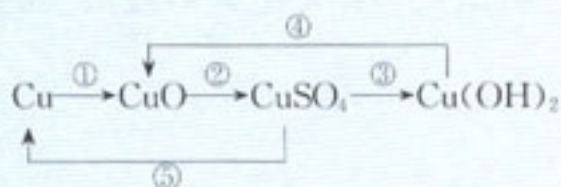
- 要想证明某溶液中是否含有  $\text{Fe}^{3+}$ ，下列操作中正确的是（ ）。
  - 加入铁粉
  - 滴加 KSCN 溶液
  - 通入氯气
  - 加入铜片
- 把铁片放入下列溶液中，铁片溶解，溶液质量增加，但没有气体放出的是（ ）。
  - 稀硫酸
  - $\text{CuSO}_4$  溶液
  - $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  溶液
  - $\text{AgNO}_3$  溶液
- 某些地区的水中可能含有少量下列盐类。当用新买来的铝锅或铝壶烧水时，遇到水的地方会变成灰黑色，据此可以判断此地的水中含有（ ）。
  - 钠盐
  - 钾盐
  - 钙盐
  - 铁盐
- 下列离子方程式中，正确的是（ ）。
  - 氧化亚铁与稀盐酸反应：  

$$\text{FeO} + 2\text{H}^+ = \text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$$
  - 向氯化铜溶液中加入氢氧化钠溶液：  

$$\text{Cu}^{2+} + \text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$$
  - 氯化铁溶液与铜反应：  

$$\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$$
  - 向氯化亚铁溶液中通入氯气：  

$$2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$$
- 把少量废铁屑溶于过量稀硫酸中，过滤，除去杂质，在滤液中加入适量硝酸，再加入过量的氨水，有红褐色沉淀生成。过滤，加热沉淀物至质量不再发生变化，得到红棕色的残渣。上述沉淀和残渣分别为（ ）。
  - $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ； $\text{Fe}_2\text{O}_3$
  - $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ； $\text{FeO}$
  - $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ； $\text{Fe}_3\text{O}_4$
  - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ； $\text{Fe}(\text{OH})_3$
- 把一定量铁粉放入氯化铁溶液中，完全反应后，所得溶液中  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  的浓度恰好相等。则已反应的  $\text{Fe}^{3+}$  和未反应的  $\text{Fe}^{3+}$  的物质的量之比为（ ）。
  - 1 : 1
  - 1 : 2
  - 2 : 3
  - 3 : 2
- 铜及其化合物能够发生如下反应，写出反应的化学方程式。



8. 在铝制易拉罐中收集一满罐  $\text{CO}_2$ ，加入过量浓氢氧化钠溶液，立即把口封闭。可以发现易拉罐“咔咔”作响，并变瘪了；过一会儿后，易拉罐又会作响并鼓起来。解释为什么，写出有关反应的离子方程式。

9. 纯碱和烧碱都是重要的化工原料。过去曾以纯碱、石灰石为原料制取烧碱，试写出反应的化学方程式。

10. 现有一瓶明矾溶液，试设计实验验证其中含有的离子。

11. 把 5.1 g 镁铝合金的粉末放入过量的盐酸中，得到 5.6 L  $\text{H}_2$ （标准状况下）。试计算：

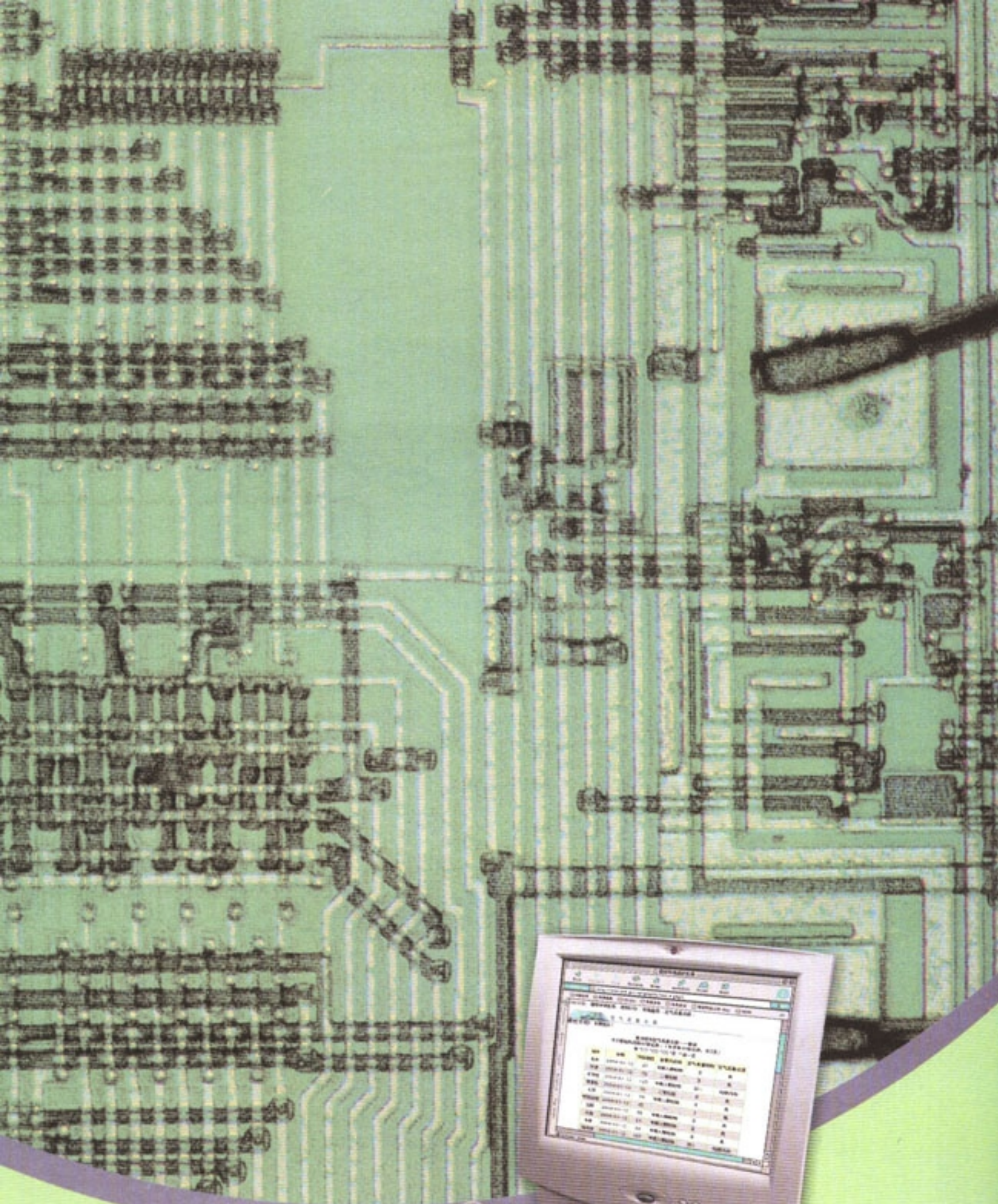
- (1) 该合金中铝的质量分数；
- (2) 该合金中铝和镁的物质的量之比。



## 第四章

# 非金属及其化合物

在已经发现的一百多种元素中，除稀有气体外，非金属元素只有十多种，它们大都位于元素周期表的右上部。地壳中含量最多的前两种元素是氧和硅，它们构成了地壳的基本骨架。空气中含量最多的元素是氮和氧，它们是地球生命的重要基础元素之一。人类活动所产生的影响大气质量的气态氧化物主要是非金属氧化物，如 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 和 $\text{CO}$ 等。人体生理必需的食用盐—— $\text{NaCl}$ 中含有氯元素。因此，非金属与金属一样，与人类的关系十分密切。本章将讨论几种非金属——硅、氯、硫、氮及其化合物的重要性质，认识它们在生活和生产中的应用，以及与环境的关系。



硅在地壳中的含量为 26.3%，仅次于氧。硅的氧化物及硅酸盐构成了地壳中大部分的岩石、沙子和土壤，约占地壳质量的 90% 以上。在无机非金属材料中，硅一直扮演着主要的角色。

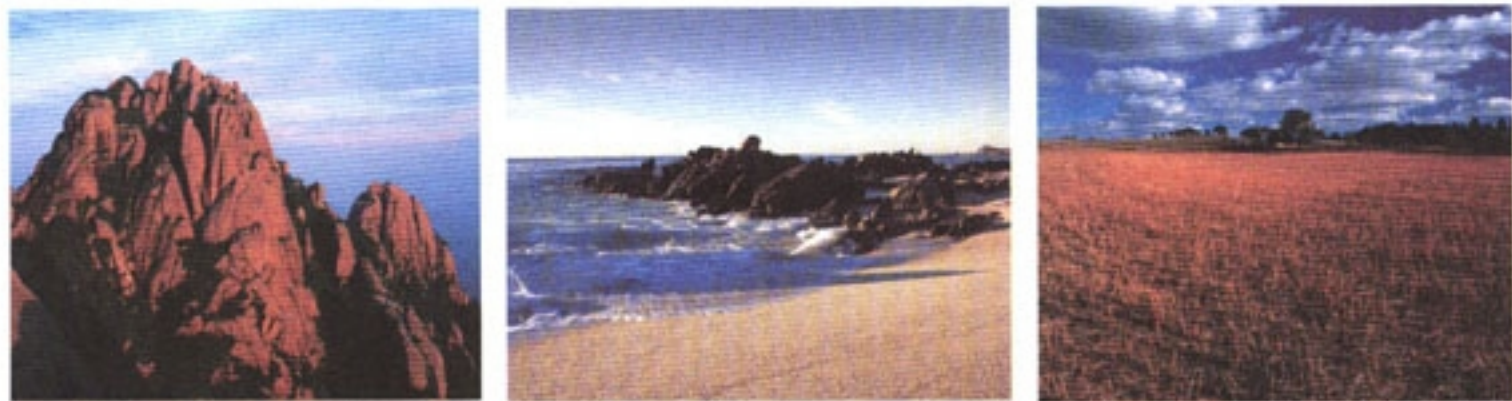


图 4-1 硅的广泛存在

硅原子和碳原子的最外电子层均有 4 个电子，二者既相似又不同。碳和硅的原子结构示意图分别为  $\text{(+6)} \begin{array}{c} \text{2} \\ \text{4} \end{array}$ 、 $\text{(+14)} \begin{array}{c} \text{2} \\ \text{8} \\ \text{4} \end{array}$ ，硅与碳一样，其原子既不易失去也不易得到电子，主要形成四价的化合物。碳是构成有机物的主要元素，而硅是构成岩石与许多矿物的基本元素。

## 一、二氧化硅和硅酸

硅是一种亲氧元素，在自然界中它总是与氧相互化合的（这一点与碳在自然界中有稳定的单质存在有所不同）。所以在氧化气氛包围的地球上，硅主要以熔点很高的氧化物及硅酸盐的形式存在。而碳在地壳中主要形成石灰岩和碳酸盐等矿物，碳的氧化物  $\text{CO}_2$  通常以分子的形式存在于大气中，通过光合作用，其中的碳元素又进入有机化合物的世界。

### 1. 二氧化硅 ( $\text{SiO}_2$ )

$\text{SiO}_2$  是硅最重要的化合物。地球上存在的天然二氧化硅约占地壳质量的 12%，其存在形态有结晶形和无定形两大类，统称硅石。

二氧化硅 silicon dioxide

### 科学视野

$\text{SiO}_2$  晶体有多种晶型，其基本结构单元是如图 4-2 所示的四面体，每个 Si 周围结合 4

个 O, Si 在中心, O 在 4 个顶角; 许多这样的四面体又通过顶角的 O 相连接, 每个 O 为两个四面体所共有, 即每个 O 与 2 个 Si 相结合。实际上,  $\text{SiO}_2$  晶体是由 Si 和 O 按 1:2 的比例所组成的立体网状结构的晶体。因此, 通常用  $\text{SiO}_2$  来表示二氧化硅的组成。 $[\text{SiO}_4]$ 四面体不仅存在于  $\text{SiO}_2$  晶体中, 而且存在于所有硅酸盐矿石中, 是构成多姿多彩的硅酸盐世界的基本骨架。

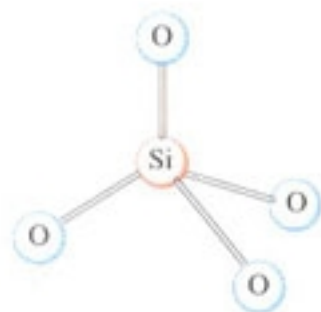


图 4-2  $[\text{SiO}_4]$ 四面体结构

石英晶体是结晶的二氧化硅, 具有不同的晶型和色彩。石英中无色透明的晶体就是通常所说的水晶, 具有彩色环带状或层状的称为玛瑙。沙子中含有小粒的石英晶体。



图 4-3 水晶



图 4-4 玛瑙

$\text{SiO}_2$  的网状结构决定了它具有优良的物理和化学性质, 加上  $\text{SiO}_2$  在自然界的广泛存在, 从古到今都被人类广泛地应用着。例如, 以  $\text{SiO}_2$  为主要成分沙子仍然是基本的建筑材料, 纯净的  $\text{SiO}_2$  是现代光学及光纤制品的基本原料, 用石英、玛瑙制作的饰物和工艺品则为越来越多的人所喜爱。



玛瑙饰物



实验室使用的石英坩埚



信息高速公路的骨架——石英光纤

图 4-5  $\text{SiO}_2$  的用途



## 思考与交流

根据  $\text{SiO}_2$  的存在和应用, 请你分析以下问题:  $\text{SiO}_2$  具有哪些物理性质? 化学稳定性如何? 你的根据是什么?  $\text{SiO}_2$  的这些性质是由什么决定的?

将你的认识写在下面横线上, 并与同学交流。

物理性质: \_\_\_\_\_

化学稳定性: \_\_\_\_\_

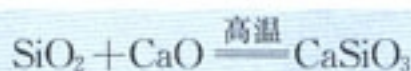
$\text{SiO}_2$  的化学性质很不活泼, 氢氟酸(HF)是唯一可以与之发生反应的酸:



玻璃中含有  $\text{SiO}_2$ , 所以可以用 HF 来刻蚀玻璃。

$\text{SiO}_2$  是酸性氧化物, 它可能发生哪些化学反应?

$\text{SiO}_2$  与碱性氧化物反应生成盐, 例如:



$\text{SiO}_2$  与强碱反应生成盐, 例如:



### 2. 硅酸 ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ )<sup>①</sup>

硅酸是一种很弱的酸(酸性比碳酸的还弱), 溶解度很小。由于  $\text{SiO}_2$  不溶于水, 所以硅酸是通过可溶性硅酸盐与其他酸反应制得的。所生成的  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  逐渐聚合而形成胶体溶液——硅酸溶胶, 硅酸浓度较大时, 则形成软而透明的、胶冻状的硅酸凝胶。硅酸凝胶经干燥脱水后得到多孔的硅酸干凝胶, 称为“硅胶”。硅胶多孔, 吸附水分能力强, 常用作实验室和袋装食品、瓶装药品等的干燥剂, 也可以用作催化剂的载体。



图 4-7 硅胶常用作干燥剂

### 实验 4-1

在试管中加入 3~5 mL  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  溶液(饱和  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  溶液按 1:2 或 1:3 的体积比用水稀释), 滴入 1~2 滴酚酞溶液, 再用胶头滴管逐滴加入稀盐酸, 边加边振荡, 至溶液红色变浅并接近消失时停止。静置。仔细观察变化过程及其现象。

<sup>①</sup> 硅酸有不同的组成, 为了简便, 我们用  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  代表硅酸。



图 4-6 实验室盛装 NaOH 溶液的试剂瓶用橡皮塞而不用玻璃塞, 你知道为什么吗

|       |  |
|-------|--|
| 现象    |  |
| 结论    |  |
| 化学方程式 | $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} = \text{H}_2\text{SiO}_3(\text{胶体}) + 2\text{NaCl}$ |

## 二、硅酸盐

硅酸盐是由硅、氧和金属组成的化合物的总称，在自然界分布极广。硅酸盐是一大类结构复杂的固态物质，大多不溶于水，化学性质很稳定。

最简单的硅酸盐是硅酸钠 ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )，可溶于水，其水溶液俗称水玻璃，是制备硅胶和木材防火剂等的原料。

### 实验 4-2

取两个小木条或滤纸条，分别放入蒸馏水和  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  饱和溶液中，使之充分吸湿、浸透，取出稍沥干（不再滴液）后，同时分别放置在酒精灯外焰处。观察现象。

|    | 放入蒸馏水 | 放入 $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 饱和溶液 |
|----|-------|-----------------------------------|
| 现象 |       |                                   |
| 结论 |       |                                   |

硅酸盐 silicate

### 资料卡片

#### 硅酸盐组成的表示

硅酸盐种类繁多，结构复杂，组成各异，通常用二氧化硅和金属氧化物的组合形式表示其组成。

例如：

硅酸钠： $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$

石棉： $\text{CaO} \cdot 3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2$

长石： $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

普通玻璃的大致组成：

$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$

水泥的主要成分：

$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2, 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2,$

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

黏土的主要成分：

$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

## 科学视野

### 硅酸盐的丰富性和多样性

由于 Al 与 Si 在元素周期表中位置相邻、粒子大小相近，+3 价的铝常或多或少地置换硅酸盐中 +4 价的硅而形成铝硅酸盐。为了保持电中性，会伴随引入其他正离子，从而大大增加了硅酸盐品种的多样性和结构的复杂性，同时也为应用硅酸盐材料提供了更广阔的选择。硅酸盐岩石长期在水和大气中二氧化碳的侵蚀下，风化为黏土，并且形成土壤胶体。土壤胶体粒子表面积巨大且带负电，能与  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{K}^+$  等数十种生物所需的营养离子相

互作用，使土壤具有保肥能力。这是大自然对人类及地球生物的馈赠，我们应该爱护大地母亲。保持土壤的良好结构和化学成分，就是保证农业、牧业和林业持续发展的基础。

从古到今，人类创造性地生产出了几大类硅酸盐产品——陶瓷、玻璃、水泥等，它们是使用量最大的无机非金属材料。



陕西半坡出土的人面鱼纹彩陶盆，表明从远古开始陶瓷就进入了人类生活



雄伟的古建筑离不开陶瓷砖瓦



现代建筑离不开玻璃的装饰和采光



世界第一大坝——长江三峡大坝使用水泥将达 $1.082 \times 10^{10}$  kg

图 4-8 应用广泛的硅酸盐产品

中国的瓷器驰名世界，英文的“中国”(China)一词又指“瓷器”，这反映了在西方人眼中中国作为“瓷器故乡”的形象。日常生活中所用到的陶瓷，如日用器皿、建筑饰材、卫生洁具等，主要是传统硅酸盐陶瓷。它们都是以黏土为原料，经高温烧结而成的。

普通玻璃是以纯碱、石灰石和石英为原料，经混合、粉碎，在玻璃窑中熔融制得的。改变成分或生产工艺，可以制得具有不同用途的玻璃。

水泥是在各种建筑工程中广泛使用的建筑材料。以黏土和石灰石为主要原料，经研磨、混合后在水泥回转窑中煅烧，再加入适量石膏，研成细粉就得到普通水泥。

此外，化学家还制成了其他一些具有特殊功能的含硅的物质。例如，硅与碳的化合物碳化硅(SiC，俗称金刚砂)，具有金刚石结构，硬度很大，可用作砂纸、砂轮的磨料；含4%硅的硅钢具有很高的导磁性，主要用作变压器铁芯；人工合成的硅橡胶是目前最好的既耐高温又耐低温的橡胶，在 $-60 \sim 250$  °C仍能保



图 4-9 既耐高温又耐低温的硅橡胶制品

持良好的弹性，用于制造火箭、导弹、飞机的零件和绝缘材料等；人工制造的分子筛（一种具有均匀微孔结构的铝硅酸盐），主要用作吸附剂和催化剂；等等。

## 科学视野

### 新型陶瓷

近年来，具有特殊功能的陶瓷材料迅速发展，如高温结构陶瓷、压电陶瓷、透明陶瓷和超导陶瓷等，新型陶瓷与传统陶瓷在成分上有了很大变化。

● 高温结构陶瓷，又称工程陶瓷。这类陶瓷具有耐高温、耐腐蚀、耐磨蚀等优良性能，与金属材料相比，更能适应严酷的环境。例如，高温结构陶瓷可用于洲际导弹的端头、火箭发动机的尾管及燃烧室等，也是汽车发动机、喷气发动机的理想材料。

● 压电陶瓷。能实现机械能与电能的相互转化，可用于电波滤波器、通话器、声纳探伤器和点火器等。

● 透明陶瓷。高纯、无气孔、透明的氧化物陶瓷（如氧化铝）及非氧化物陶瓷（如氟化物）等都属于透明陶瓷。这类陶瓷具有优异的光学性能，耐高温，绝缘性好。可用于制高压钠灯的灯管、防弹汽车的车窗和坦克的观察窗等。

● 超导陶瓷。世界各国研制的热点之一，前景十分诱人。我国高温超导材料的研究目前处于世界先进水平。



图 4-10 新型陶瓷制成的人造骨等

## 三、硅单质

虽然硅的化合物随处可见，而且远古时期人类就已经开始加工和使用陶瓷，但硅的单质直到 18 世纪上半叶才由化学家制备出来。

与碳相似，单质硅也有晶体和无定形两种。晶体硅的结构与金刚石类似，它是带有金属光泽的灰黑色固体，熔点高（ $1410^{\circ}\text{C}$ ）、硬度大、有脆性，在常温下化学性质不活泼。

硅在元素周期表中处于金属与非金属的过渡位置。晶体硅的导电性介于导体和绝缘体之间，是良好的半导体材料。正是由于晶体硅的这一性质以及制备它的原料极其丰富，从 20 世纪中叶开始，硅成了信息技术的关键材料（半导体材料中硅占了 95% 以上）。硅芯片的使用，使计

硅 silicon



图 4-11 单晶硅

计算机的体积已缩小到笔记本一样大小了，而在 1945 年出现的世界上第一台用电子管装配而成的计算机，占地面积为  $170 \text{ m}^2$ 。以硅芯片为心脏的移动电话也得到了广泛的应用。所以，半导体晶体管及芯片的出现，促进了信息技术革命。

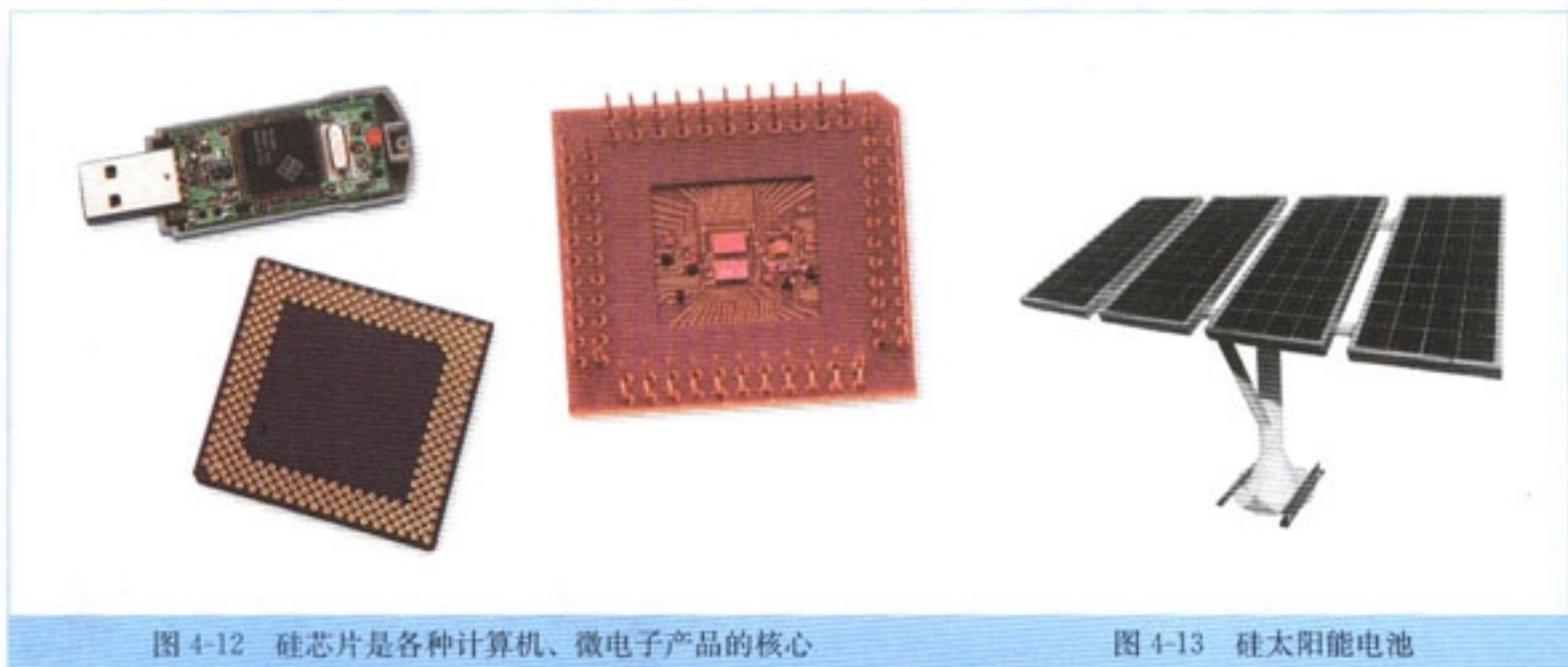


图 4-12 硅芯片是各种计算机、微电子产品的核心

图 4-13 硅太阳能电池

硅是人类将太阳能转换为电能的常用材料。利用高纯单质硅的半导体性能，可以制成光电池，将光能（如太阳光能）直接转换为电能。光电池可以用作计算器、人造卫星、登月车、火星探测器、太阳能电动汽车等的动力，是极有发展前景的新型能源。

## 习 题



1. 有下列物品或设备：①陶瓷餐具 ②砖瓦 ③水泥路桥 ④门窗玻璃 ⑤水晶镜片 ⑥石英钟表 ⑦玛瑙手镯 ⑧硅太阳能电池 ⑨石英光导纤维 ⑩计算机芯片。

- (1) 用到硅单质的是\_\_\_\_\_。
- (2) 所用材料为  $\text{SiO}_2$  或要用到  $\text{SiO}_2$  的是\_\_\_\_\_。
- (3) 所用材料为硅酸盐的是\_\_\_\_\_。

2. 传统的玻璃、陶瓷都是硅酸盐产品，根据你的观察和使用经验，将它们的主要物理性质和化学性质填入下表。

| 材料 | 物理性质 | 化学性质 |
|----|------|------|
| 玻璃 |      |      |
| 陶瓷 |      |      |

3. 硅酸的工业制法是：将稀释好的硅酸钠和硫酸反应生成水凝胶，经水洗、干燥得到成品。有关反应的化学方程式是\_\_\_\_\_。

4. 赏心悦目的雕花玻璃是用下列物质中的一种对玻璃进行刻蚀而制成的。这种物质是( )。

- A. 盐酸                      B. 氢氟酸                      C. 烧碱                      D. 纯碱

5. 坩埚是实验室用于灼烧或熔融固体物质的常用仪器, 材质种类很多, 实验时应根据物质的性质加以选择。熔融烧碱时, 不能使用普通玻璃坩埚、石英坩埚和陶瓷坩埚, 可以使用铁坩埚。试说明理由。(能发生化学反应的, 写出化学方程式。)

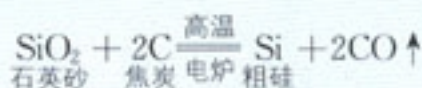
6. 我国有着悠久的“玉文化”, 古代精美绝伦的玉器, 其工艺之精湛, 至今为人们所叹服。据研究, 古代是以精选的河砂作为磨料对玉石进行加工的。请你对玉石可以用河砂作磨料进行琢磨的原因进行推测, 并查阅相关资料予以证实或修正。

7. 用纯净的石英砂与烧碱反应可以制得水玻璃; 将纯碱和二氧化硅共熔, 也可以制得水玻璃。试写出反应的化学方程式。

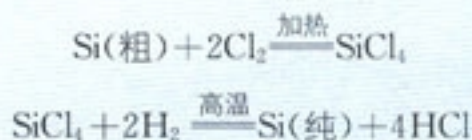
8. 硅晶体有何特性? 主要应用在哪些方面?

9. 从硅的氧化物可以制取硅单质, 主要化学反应如下:

粗硅的制取:



由粗硅制纯硅(常用方法):



根据以上反应, 回答下列问题。

(1) 在制取粗硅的反应中, 焦炭的作用是什么?

(2) 在由粗硅制纯硅的反应中, 氯气( $\text{Cl}_2$ )与 Si 的反应属于什么类型的反应?  $\text{SiCl}_4$  与  $\text{H}_2$  的反应属于什么类型的反应?  $\text{H}_2$  的作用是什么?

(3) 在半导体工业中有这样一句行话: “从沙滩到用户”, 你是如何理解的?

10. 回答下列问题。

(1) 碳和硅的原子结构有何异同? 从二者在元素周期表中的位置能获得什么信息?(参看本书末所附元素周期表。)

(2) 碳和硅单质的存在形式有何相似之处? 其性质有何不同?

(3) 碳和硅的氧化物有何异同?

11. 某玻璃厂生产普通玻璃, 其组成为(质量分数):  $\text{Na}_2\text{O}$  13%,  $\text{CaO}$  11.7%,  $\text{SiO}_2$  75.3%。

(1) 请以氧化物组成的形式表示该玻璃的化学式。

(2) 制造这种玻璃的原料是石灰石、纯碱和石英。若该厂每天生产 10 t 玻璃, 石灰石的利用率按 80% 计算, 纯碱和石英的利用率按 95% 计算, 每月(按 31 天计)至少需要上述原料的质量是多少?

12. 人类一直在创造性地制造、应用硅及其化合物, 请查阅有关资料, 以“硅及其化合物对人类文明的贡献”为题写一篇小论文, 并与同学交流。

人体体液中的  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  对于调节体液的物理和化学特性，保证体内正常的生理活动和功能发挥着重要作用。人体所需的钠元素和氯元素除了来自食物外，还要通过食盐来补充。以  $\text{NaCl}$  为主要成分的食盐是重要的调味剂。氯元素(Cl)是最重要的“成盐元素”，主要以  $\text{NaCl}$  的形式存在于海水和陆地的盐矿中。据探测，海洋中含盐 3%，主要为  $\text{NaCl}$ ，此外，因还有  $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{MgSO}_4$  等盐类，致使海水既咸又苦，不能直接饮用。海洋是包括  $\text{NaCl}$  在内的巨大的资源宝库。

### 资料卡片

如果将海水中的盐类全部提取出来，铺在地球的陆地上，可以使陆地平均升高 150 m。

氯的原子结构示意图为  $\text{(+17)} \begin{array}{c} \text{2} \\ \text{8} \\ \text{7} \end{array}$ ，氯原子很容易得到一个电子而形成氯离子( $\text{Cl}^-$ )，表现为典型的非金属性。氯在自然界中以化合态存在。

## 一、活泼的黄绿色气体——氯气

### 科学史话

#### 氯气的发现和确认

1774年，瑞典化学家舍勒在研究软锰矿（主要成分是  $\text{MnO}_2$ ）的过程中，将它与浓盐酸混合加热，产生了一种黄绿色的气体，有强烈的刺鼻气味。舍勒对这种气体进行了研究，但他受当时流行的学说——燃素说（后来证明是错误的）的影响，未能确认这种气体的“庐山真面目”。后来的研究者又被当时得到广泛认同的“一切酸中含有氧”的观点所束缚，认为舍勒制得的黄绿色气体是“氧化的盐酸”气——一种氧化物。英国化学家戴维曾通过多种实验想把“氧化的盐酸”中的“氧”夺取出来，但都未能实现。直到1810年，戴维以大量实验事实为根据，确认“氧化的盐酸”不是一种化合物，而是一种新元素组成的单质，他将这种元素命名为 chlorine。这一名称来自希腊文，有“绿色”的意思。中文译名曾为“绿气”，后改为“氯气”。

### 氯气 chlorine



图 4-14 瑞典化学家——舍勒 (C. W. Scheele, 1742—1786)

## 思考与交流

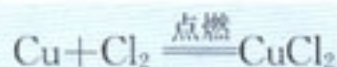
阅读科学史话“氯气的发现和确认”，并思考：

1. 从氯气的发现到确认为一种新的元素，时间长达三十多年。你从这一史实中得到什么启示？

2. 舍勒发现氯气的方法至今还是实验室制取氯气的主要方法之一。请写出舍勒发现氯气的化学反应方程式：

氯气( $\text{Cl}_2$ )在通常情况下呈黄绿色，是一种有强烈刺激性气味的有毒气体。与其他气体一样，氯气在低温和加压的条件下可以转变为液态（称为液氯）和固态。

氯气是很活泼的非金属单质，具有很强的氧化性。氯气能与大多数金属化合，生成金属氯化物（盐）。例如，钠、铁、铜等都能在氯气中燃烧：



氯气也能与大多数非金属化合。



图 4-15 闻气体时的正确操作

## 实验 4-3

在空气中点燃  $\text{H}_2$ ，然后把导管缓缓伸入盛满氯气的集气瓶中。观察现象。

| 现象 | 化学方程式 |
|----|-------|
|    |       |

$\text{H}_2$  与  $\text{Cl}_2$  化合的产物  $\text{HCl}$  气体溶于水，就成为我们常用的盐酸。



图 4-16  $\text{H}_2$  在  $\text{Cl}_2$  中燃烧

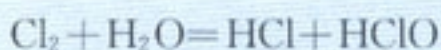
## 思考与交流

通过  $\text{H}_2$  在  $\text{Cl}_2$  中燃烧的实验，你对燃烧的条件及其本质有什么新的认识？



目前，很多自来水厂用氯气来杀菌、消毒，我们偶尔闻到的自来水散发出来的刺激性气味就是余氯的气味。

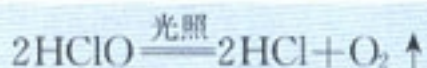
氯气溶于水为什么能杀菌消毒呢？在 25℃ 时，1 体积的水可溶解约 2 体积的氯气，氯气的水溶液称为氯水。在常温下，溶于水中的部分  $\text{Cl}_2$  与水发生如下反应：



次氯酸

次氯酸(HClO)具有强氧化性，因此，次氯酸能杀死水中的病菌，起到消毒的作用。氯水也因为含有次氯酸而具有漂白作用。

次氯酸是很弱的酸，不稳定，只存在于水溶液中，在光照下易分解放出氧气：



近年来有科学家提出，使用氯气对自来水消毒时，氯气会与水中的有机物发生反应，生成的有机氯化物可能对人体有害。因此，人们已开始研究并试用新的自来水消毒剂，如二氧化氯( $\text{ClO}_2$ )、臭氧等。

#### 实验 4-4

##### 氯水的漂白作用

将有色纸条或布条、有色花瓣放入盛有 1/3 容积新制氯水的广口瓶中，盖上玻璃片。观察现象。

|       |  |
|-------|--|
| 现象    |  |
| 结论与解释 |  |

#### 实验 4-5

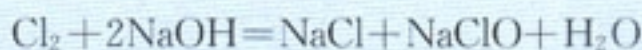
##### 干燥的氯气能否漂白物质

将有色纸条或布条、有色花瓣放入盛满干燥氯气的集气瓶中，盖上玻璃片。观察现象。

|       |  |
|-------|--|
| 现象    |  |
| 结论与解释 |  |

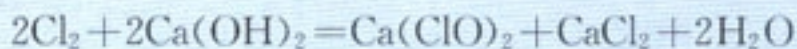
最初，人们直接用氯气作漂白剂，但因氯气的溶解度不大，而且生成的 HClO 不稳定，难以保存，使用起来很不方便，效果也不理想。在  $\text{Cl}_2$  与水反应原理的基础上，经过多年的实验、改进，才有了今天常用的漂白液和漂白粉。

在常温下，将氯气通入 NaOH 溶液中可以得到以次氯酸钠( $\text{NaClO}$ )为有效成分的漂白液，其化学反应方程式如下：



NaClO 虽然也会分解，但它的水溶液在低温下存放三年才分解一半左右，比 HClO 稳定得多。

与  $\text{Cl}_2$  和 NaOH 的反应类似，将氯气通入冷的消石灰  $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  中即制得以次氯酸钙  $[\text{Ca}(\text{ClO})_2]$  为有效成分的漂白粉：



如果氯气与  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  反应充分，并使次氯酸钙成为主要成分，则得到漂粉精。

漂白液、漂白粉和漂粉精既可作漂白棉、麻、纸张的漂白剂，又可用作游泳池及环境的消毒剂。

由于氯气的化学性质很活泼，它不但能在一定条件下与大多数金属和非金属发生反应，而且还能与很多有机物发生反应，生成多种多样的含氯化合物。因此，氯气成为化学工业的重要物质。例如， $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{GeCl}_4$ 、 $\text{TiCl}_4$  分别是制取高纯硅、锗（半导体）和金属钛的重要中间物质。在有机化工中，氯气是合成塑料、橡胶、人造纤维、农药、染料和药品的重要原料。

氯气是一种有毒气体，被列为“毒气”之列。氯气主要是损伤人的喉黏膜和肺，严重时可窒息致死。因此，使用氯气要十分注意安全。



图 4-17 漂粉精等可用于游泳池的消毒，而有些高级的游泳池则用臭氧、活性炭等进行消毒

### 资料卡片

居住环境的空气中一次性检测的最高允许氯气含量不得超过  $0.1 \text{ mg/m}^3$ （空气），日平均最高允许氯气含量不得超过  $0.03 \text{ mg/m}^3$ （空气）。

第一次世界大战期间，德国军队在与英法联军作战中，首次使用氯气攻击敌方，开了战争史上使用化学武器的先例。现在，禁止化学武器已成为世界人民的共同呼声，越来越多的国家在《禁止化学武器公约》上签字。

## 学与问

氯气是一种有毒气体，但可用于自来水的杀菌消毒；使用氯气对自来水消毒时可能产生一些负面影响，因此，人们开始研究并试用一些新型自来水消毒剂。从中你得到什么启示？

## 二、氯离子( $\text{Cl}^-$ )的检验

### 实验 4-6

在 5 支试管中分别加入 2~3 mL 稀盐酸、NaCl 溶液、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液、自来水、蒸馏

水，然后各滴入几滴  $\text{AgNO}_3$  溶液，观察现象。然后再分别加入少量稀硝酸，观察现象。

|                             | 实验现象                   |        | 解释或离子方程式 |
|-----------------------------|------------------------|--------|----------|
|                             | 加入 $\text{AgNO}_3$ 溶液后 | 加入稀硝酸后 |          |
| 稀盐酸                         |                        |        |          |
| $\text{NaCl}$ 溶液            |                        |        |          |
| $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液 |                        |        |          |
| 自来水                         |                        |        |          |
| 蒸馏水                         |                        |        |          |

检验  $\text{Cl}^-$  时，为什么滴加  $\text{AgNO}_3$  溶液后还要再加稀硝酸呢？

在用  $\text{AgNO}_3$  溶液检验  $\text{Cl}^-$  时，一般先在被检测的溶液中滴入少量稀硝酸使其酸化，以排除干扰离子。

## 科学视野

### 成盐元素——卤素

在元素周期表中，与氯元素处于同一纵行——第ⅦA族的元素还有氟(F)、溴(Br)、碘(I)、砹(At，人工合成元素)。与氯元素一样，这些元素原子的最外电子层都有7个电子，是典型的非金属元素。由于第ⅦA族元素都能与Na、K、Ca、Mg等金属化合生成盐，所以统称为卤素（成盐元素之意）。

氯是这一族中的代表性元素。氟、溴、碘的单质—— $\text{F}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  的化学性质与  $\text{Cl}_2$  相似，都具有氧化性，并随元素原子核电荷数的增大而逐渐减弱：



$\text{F}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  都能与  $\text{H}_2$  化合分别生成  $\text{HF}$ 、 $\text{HBr}$ 、 $\text{HI}$ （请思考：它们发生反应的条件会相同吗？）。 $\text{F}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  也能与水反应。 $\text{F}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  及其化合物的用途很广泛，你能举出一些例子吗？

海水中的成盐元素除了氯之外，还有溴(Br)和碘(I)。其中，溴与氯一样，主要存在于海水和陆地的盐矿中，碘则主要存在于海藻（如海带）、海水和盐矿中。



图 4-18 飞机播撒  $\text{AgI}$  是实现人工降雨的一种方法

1. 氯气可用于自来水的杀菌、消毒，请用化学方程式和简要的文字说明理由。

---

2. 用新制的氯水进行下列实验，将可能发生的现象以及对现象的解释或离子方程式填入下表。

|                       | 实验现象 | 解释或离子方程式 |
|-----------------------|------|----------|
| 滴入 $\text{AgNO}_3$ 溶液 |      |          |
| 滴在蓝色石蕊试纸上             |      |          |
| 滴入红墨水                 |      |          |

3. 以氯气、石灰石、水为原料制取漂白粉，写出有关反应的化学方程式。

---

4. 下列不能使有色布条褪色的物质是 ( )。

- A. 氯水                                  B. 次氯酸钠溶液  
C. 漂白粉溶液                         D. 氯化钙溶液

5. 下列说法中错误的是 ( )。

- A. 燃烧一定伴有发光现象            B. 燃烧一定是氧化还原反应  
C. 燃烧一定要有氧气参加            D. 燃烧一定会放出热量

6. “84”消毒液在日常生活中使用广泛，该消毒液无色，有漂白作用。它的有效成分是下列物质中的一种，这种物质是 ( )。

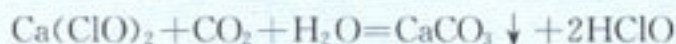
- A.  $\text{NaOH}$                                  B.  $\text{NaClO}$   
C.  $\text{KMnO}_4$                                D.  $\text{Na}_2\text{O}_2$

7. 下列离子方程式中，错误的是 ( )。

- A. 氯气与烧碱溶液反应： $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$   
B. 氯气与  $\text{KOH}$  溶液反应： $\text{Cl}_2 + 2\text{OH}^- = \text{Cl}^- + \text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O}$   
C. 盐酸与  $\text{AgNO}_3$  溶液反应： $\text{HCl} + \text{Ag}^+ = \text{H}^+ + \text{AgCl} \downarrow$   
D.  $\text{NaCl}$  溶液与  $\text{AgNO}_3$  溶液反应： $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgCl} \downarrow$

8. 漂白粉或漂粉精的有效成分是什么？使用漂白粉或漂粉精作漂白剂，与使用氯水相比有何优点？你从中对化学技术的进步有何感悟？

9. 漂白粉或漂粉精中  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  能与空气中的  $\text{CO}_2$  和水蒸气发生如下反应：



分析以上反应，你认为购买和存放漂白粉或漂粉精时应注意哪些问题。

10. 氯气属于有毒气体，在进行有关氯气的实验时，你认为应注意哪些问题。

11. 据报道,某地化工厂的贮氯罐意外发生泄漏,为了厂区和周围地区群众的安全,有关方面紧急组织群众沿逆风方向疏散;同时,迅速赶到的消防队员向贮氯罐周围空中喷洒稀 NaOH 溶液。

(1) 为什么要沿逆风方向疏散群众?

(2) 喷洒稀 NaOH 溶液的目的是什么? 写出有关反应的化学方程式。

12.  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  都具有氧化性,其氧化性  $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$ ,  $\text{Cl}_2$  能把溴从溴化物中置换出来,其余依次类推。请据此写出下列置换反应的化学方程式。

(1) 将氯气分别通入 KBr 溶液和 KI 溶液中。

(2) 将溴水滴入 KI 溶液中。

13. 碳酸钠俗名纯碱或苏打,在外观上与食盐相似,可用于洗涤,如清洗厨房用具的油污等。请你通过尽可能多的方法区分厨房中用的食盐与碳酸钠,并与同学交流。(建议取少量样品到学校实验室进行实验,验证你的方法。)

14. 实验室里通常用  $\text{MnO}_2$  与浓盐酸反应制取氯气,其反应的化学方程式为:



为进行有关氯气的性质实验,需要 4 瓶容积为 100 mL 的氯气。(室温下,氯气的密度为 2.91 g/L。)

(1) 制取 4 瓶氯气,理论上需要  $\text{MnO}_2$  固体的质量是多少?(浓盐酸过量,并可以补充。)

(2) 实际称量的  $\text{MnO}_2$  固体的质量必须适当多于理论量,主要原因是什么?

15. 请通过调查访问、查阅书籍、上网搜索等途径,了解日常生活中常用的含氯化合物的名称、化学式和用途等,做成资料卡片,并与同学交流。

当你阅读报纸、收听广播或收看电视节目时，可以获得有关空气质量的信息。在空气质量报告的各项指标中，有二氧化硫和二氧化氮的指数。二氧化硫和二氧化氮是什么？它们是从哪儿来的？空气是多种物质的混合体系，为什么要选择这两种污染物？这是一个值得我们研讨的问题。

硫 sulphur

二氧化硫 sulphur dioxide

二氧化氮 nitrogen dioxide

您的位置: 国家环保总局 > 规划计划 > 环境监测 > 空气质量日报 >

空气质量日报

最近日报 | 日报统计 |

重点城市空气质量日报——查询  
本次查询共找到47条记录！(本页有20条记录，共3页)  
第 (1) (2) (3) 页 后一页

| 城市   | 日期         | 污染指数 | 首要污染物  | 空气质量级别 | 空气质量状况 |
|------|------------|------|--------|--------|--------|
| 北京   | 2004-01-12 | 87   | 可吸入颗粒物 | II     | 良      |
| 天津   | 2004-01-12 | 75   | 二氧化硫   | II     | 良      |
| 石家庄  | 2004-01-12 | 123  | 可吸入颗粒物 | III 1  | 轻微污染   |
| 秦皇岛  | 2004-01-12 | 70   | 二氧化硫   | II     | 良      |
| 太原   | 2004-01-12 | 79   | 可吸入颗粒物 | II     | 良      |
| 呼和浩特 | 2004-01-12 | 43   | --     | I      | 优      |
| 沈阳   | 2004-01-12 | 95   | 可吸入颗粒物 | II     | 良      |
| 大连   | 2004-01-12 | 61   | 可吸入颗粒物 | II     | 良      |
| 长春   | 2004-01-12 | 93   | 可吸入颗粒物 | II     | 良      |
| 哈尔滨  | 2004-01-12 | 107  | 可吸入颗粒物 | III 1  | 轻微污染   |

图 4-19 空气质量日报

## 一、二氧化硫和三氧化硫

硫是一种重要的非金属元素，广泛存在于自然界。游离态的硫存在于火山喷口附近或地壳的岩层里，火山喷出物中含有大量含硫化合物，如硫化氢( $\text{H}_2\text{S}$ )、二氧化硫和三氧化硫等。化合态的硫主要以硫化物和硫酸盐的形式存在，如硫铁矿( $\text{FeS}_2$ )、黄铜矿( $\text{CuFeS}_2$ )、石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )和芒硝( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )等。硫还是一种生命元素，组成某些蛋白质时离不开它，这也正是石油、天然气、煤等化石燃料中经常含硫的原



图 4-20 硫粉

因。由于天然硫的存在，人类从远古时代起就知道并利用硫和硫的化合物了，如黑火药的发明和利用等。

硫（俗称硫黄）是一种黄色晶体，质脆，易研成粉末。硫不溶于水，微溶于酒精，易溶于二硫化碳。硫或含硫物质在空气中燃烧时首先生成二氧化硫。



二氧化硫是无色、有刺激性气味的有毒气体，密度比空气的大，容易液化，易溶于水。

### 实验 4-7

把盖有胶塞、盛有二氧化硫气体的试管倒立在水中，在水面下打开胶塞，观察试管内水面的上升。待水面高度不再变化时，在水下用胶塞塞紧试管口，取出试管，用 pH 试纸测定溶液的酸碱度。在试管里保留 1/3 的溶液，滴入 1~2 滴品红溶液，振荡，观察颜色变化。加热试管，再观察。在实验过程中，你是否闻到什么气味？

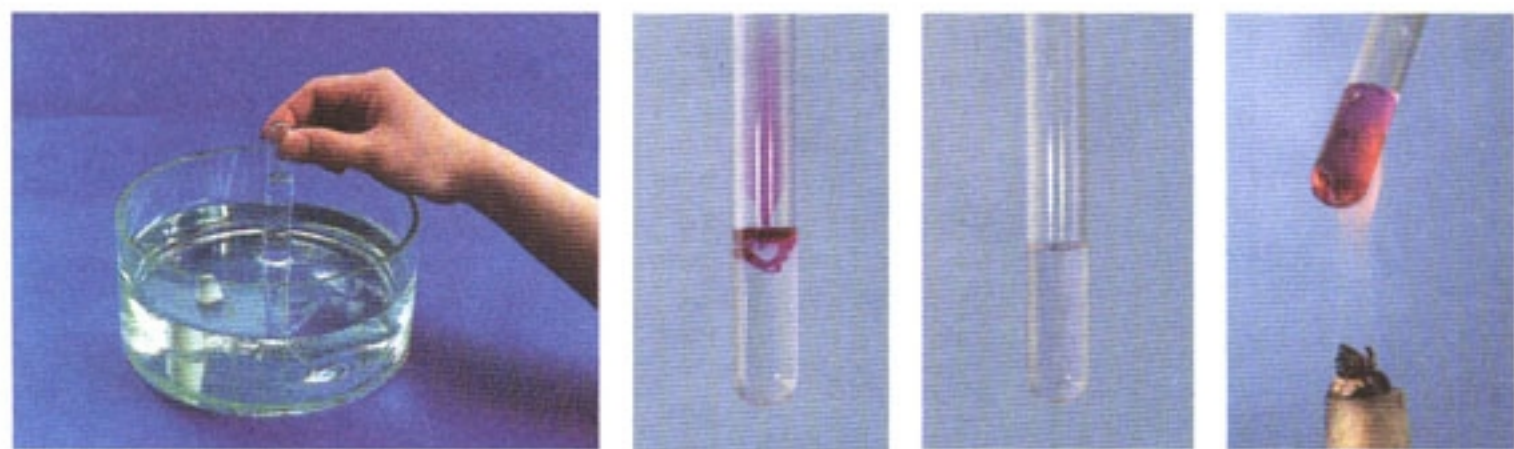
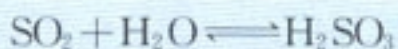


图 4-21 二氧化硫溶于水

实验中，品红溶液被二氧化硫漂白，因此溶液褪色。二氧化硫具有漂白性，它能漂白某些有色物质。工业上常用二氧化硫来漂白纸浆、毛、丝、草帽辫等。二氧化硫的漂白作用是由于它能与某些有色物质生成不稳定的无色物质。这种无色物质容易分解而使有色物质恢复原来的颜色，因此用二氧化硫漂白过的草帽辫日久又变成黄色。此外，二氧化硫还用于杀菌、消毒等。二氧化硫和某些含硫化合物的漂白作用也被一些不法厂商非法用来加工食品，以使食品增白等。食用这类食品，对人体的肝、肾脏等有严重损害，并有致癌作用。

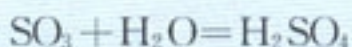
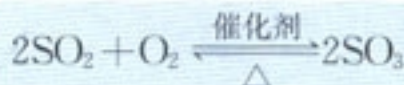
二氧化硫是一种酸性氧化物，它溶于水时生成亚硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_3$ )，溶液显酸性。亚硫酸不稳定，容易分解成水和二氧化硫，因此二氧化硫与水反应生成亚硫酸是一个可逆反应，用“ $\rightleftharpoons$ ”表示。



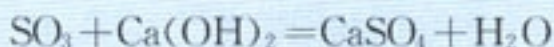
## 学与问

品红溶液滴入亚硫酸溶液后，为什么会褪色？加热时又显红色说明了什么？

二氧化硫在适当温度并有催化剂存在的条件下，可以被氧气氧化成三氧化硫。三氧化硫也是一种酸性氧化物，它溶于水生成硫酸，工业上利用这一原理生产硫酸。



三氧化硫与碱性氧化物或碱反应时生成硫酸盐。



## 资料卡片

### 预防硫化氢中毒

某些天然气矿发生井喷时，常由于喷出气体中含有较多的硫化氢，会造成人中毒甚至死亡。

硫化氢是一种无色、有臭鸡蛋气味的气体，有剧毒，是一种大气污染物。某些工业的废气中含有硫化氢，如制造和使用硫化染料时都有硫化氢废气逸出；硫化物遇到酸时产生硫化氢。此外，腐败的鱼、肉、蛋，阴沟、粪池中都有硫化氢气体产生。

如发生急性硫化氢中毒，应迅速将患者转移到空气新鲜的地方，对呼吸暂停者实行人工呼吸，并迅速送医院救治。进入池内、窖内等空气不流通处抢救中毒者时，抢救者必须戴供气式呼吸面具，腰系安全带（或绳子），并有专人监护，以免抢救者自己中毒并贻误抢救中毒者。

## 二、二氧化氮和一氧化氮

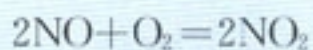
氮气占空气体积的五分之四左右。在通常情况下，氮气与氧气不发生反应，但在放电条件下，它们却可以直接化合，生成无色的一氧化氮(NO)。此外，在高温条件下，氮气也能与氧气反应生成一氧化氮。

氮气 nitrogen



一氧化氮不溶于水，在常温下很容易与空气中的氧气化合，生成二氧化氮(NO<sub>2</sub>)。





二氧化氮是红棕色、有刺激性气味的有毒气体，密度比空气的大，易液化，易溶于水。因此，在闪电时，大气中常有少量  $\text{NO}_2$  产生，并随雨水落下。

二氧化氮溶于水时生成硝酸和一氧化氮。工业上利用这一原理生产硝酸。



### 科学探究

现给你一试管二氧化氮，其他药品和仪器自选。

1. 请你设计实验，要求尽可能多地使二氧化氮被水吸收。

画出你设计的装置简图：

|     | 实验步骤 | 现象 | 解释（可用化学方程式表示） |
|-----|------|----|---------------|
| (1) |      |    |               |
| (2) |      |    |               |
| (3) |      |    |               |
|     |      |    |               |
|     |      |    |               |

2. 你的设计对工业上生产硝酸有什么启示？（从原料的充分利用、减少污染物的排放等方面考虑。）

### 科学视野

#### 火箭为什么能飞上天

2003年10月15日是一个值得全中国人民骄傲的日子，这一天我们伟大的祖国成为世界上第三个将人送入太空的国家，炎黄子孙千年飞天梦想终于实现了。

这次载人航天发射使用的“长征”二号火箭全长 58.3 m，起飞重量 479.8 t，是目前我国研制的火箭中最长、最重的。火箭为什么能飞上天？如此巨大的推动力是从哪儿来的？化学反应立下神功。

火箭使用偏二甲肼 ( $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$ ) 作燃料，四氧化二氮为氧化剂，燃烧反应放出的巨大能量，把火箭送入太空。反应的化学方程式为：



图 4-22 化学反应放出的能量把火箭送入太空

### 三、二氧化硫和二氧化氮对大气的污染

煤、石油和某些金属矿物中含硫或硫的化合物，因此燃烧或冶炼时，往往会生成二氧化硫。在机动车内燃机中燃料燃烧产生的高温条件下，空气中的氮气往往也参与反应，这也是汽车尾气中含有 NO 的原因。

二氧化硫和二氧化氮是主要的大气污染物。它们能直接危害人体健康，引起呼吸道疾病，严重时会使人死亡。大气中的二氧化硫和二氧化氮溶于水后形成酸性溶液，随雨水降下，就可能成为酸雨。由于溶解了二氧化碳，正常雨水的 pH 为 5.6，酸雨的 pH 小于 5.6。

酸雨有很大的危害，能直接破坏农作物、森林、草原，使土壤、湖泊酸化，还会加速建筑物、桥梁、工业设备、运输工具及电信电缆的腐蚀。

汽车尾气中除含有氮氧化物外，还含有一氧化碳、未燃烧的碳氢化合物、含铅化合物（如使用含铅汽油）和颗粒物等，严重污染大气。近些年我国城市汽车发展迅速，由汽车尾气造成的大气污染也日趋严重，汽车尾气的排放是否符合排放标准成为人们关心的热点问题之一。国家环保总局宣布从 2004 年 1 月 1 日起，全国机动车的尾气排放标准实施相当于欧洲 II 号标准。随着技术的进步和人民生活水平的提高，这一标准还将继续提高，例如，北京市从 2008 年起，将实施欧洲 III 号标准，对污染物的排放实行更加严格的控制。

二氧化硫和二氧化氮都是有用的化工原料，但当它们分散在大气中时，就成了难以处理的污染物。因此，工业废气排放到大气中以前，必须回收处理，防止二氧化硫、二氧化氮等污染大气，并充分利用原料。

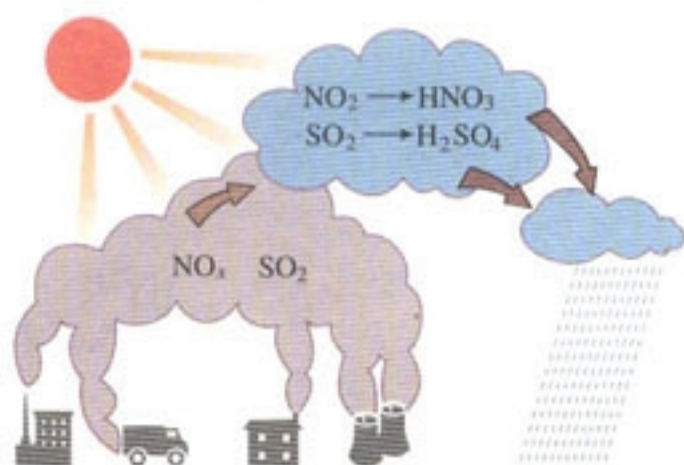


图 4-23 酸雨的形成



图 4-24 酸雨对森林的破坏

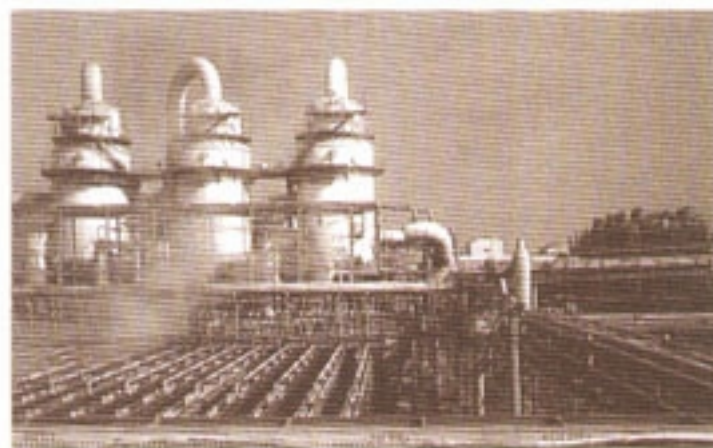


图 4-25 江西铜业公司贵溪冶炼厂硫酸车间利用炼铜时产生的二氧化硫生产硫酸，变废为宝，化害为利

## 防治酸雨的措施

1. 调整能源结构, 发展清洁能源, 优化能源质量, 提高能源利用率, 减少燃煤产生的二氧化硫和氮氧化物等。
2. 加强环境管理, 强化环保执法, 严格控制二氧化硫的排放量。
3. 研究、开发适合我国国情的二氧化硫治理技术和设备。
  - (1) 原煤脱硫技术, 可以除去燃煤中大约 40%~60% 的无机硫。
  - (2) 改进燃烧技术, 减少燃煤过程中二氧化硫和氮氧化物的排放量。
  - (3) 对煤燃烧后形成的烟气脱硫。目前主要用石灰法, 脱硫效果较好, 可以除去烟气中 85%~90% 的二氧化硫, 但是成本较高。

## 实践活动

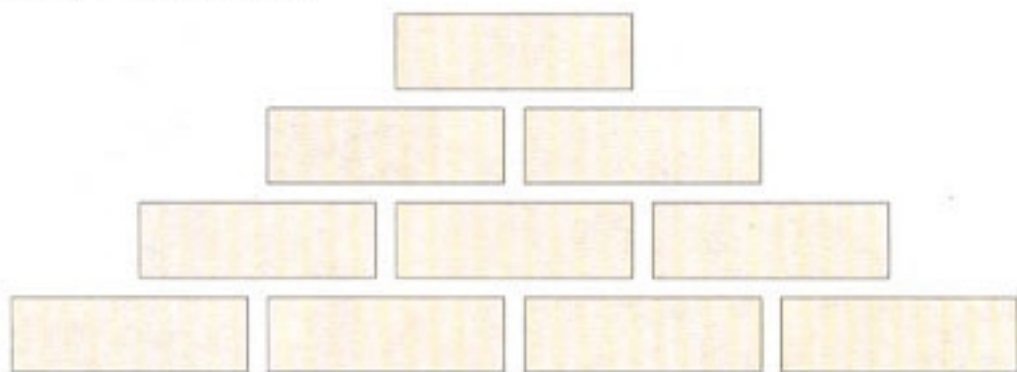
## 分析空气污染的成因

在人们的日常生活、生产及各种活动中, 有许多做法会对空气造成污染。请每位同学发现、分析、做出判断, 然后讨论交流, 以加强对家乡空气质量的关注, 提高环境保护意识。

准备: 一些 2 cm×6 cm 的卡片 (也可直接写在书上)。

活动:

1. 分组 每组 3~5 人, 并假设你组所在的城市或地区。
2. 讨论 运用头脑风暴<sup>①</sup>的方法尽可能多地列举造成空气污染的原因, 在每张卡片上写一条。
3. 议论 选出 10 条你们认为造成空气污染的主要原因。
4. 排序 将你们选出的卡片排成三角形 (也可以设计成菱形、梯形或长方形等)。排列时, 把你认为重要的原因放在上边, 相对次要的原因依次放在下边。你们的看法一致吗? 不一致也没关系, 谈谈理由。



5. 参观 到其他小组参观别人的排列, 并交流。

<sup>①</sup> 一组人围绕一个特定的问题自发地提出新观点, 以求解决问题的一种情境。头脑风暴会激发你的思维, 帮助你提出新的观点, 同时倾听和知晓别人的观点。

6. 交流 选一人代表小组向全班汇报本组的活动情况。内容可涉及：首选的污染物或污染原因是什么？有什么控制污染的办法？为什么这样排列？大家有什么不同的看法？等等。

## 实践活动

### 雨水 pH 的测定<sup>①</sup>

1. 下雨时用容器直接收集一些雨水作为试样，静置，以蒸馏水或自来水作为参照，观察并比较它们的外观。

2. 用 pH 试纸（或 pH 计）测雨水和蒸馏水的酸度并记录。

3. 有条件的话，可连续取样并测定一段时间（如一周）内本地雨水、地表水和自来水的 pH。将得到的 pH 列表或作图，确定你所在地区雨水的平均酸度。

4. 若是酸雨，请分析本地区酸雨产生的原因，并提出减轻酸雨危害的建议。



图 4-26 用酸度计测量水样的酸度

## 习 题



1. 石灰法是目前应用最广泛的工业废气脱硫方法，过程如下：通过煅烧石灰石得到生石灰，以生石灰为脱硫剂，在吸收塔中与废气中的  $\text{SO}_2$  反应而将硫固定，其产物可作建筑材料。有关反应的化学方程式是\_\_\_\_\_。

2. 目前，汽车尾气已成为许多大城市空气的主要污染源。汽车尾气中含有  $\text{CO}$ 、 $\text{NO}$  等多种污染物。

(1) 汽车燃料中一般不含氮元素，尾气中所含的  $\text{NO}$  是如何产生的？说明原因并写出有关反应的化学方程式：\_\_\_\_\_。

(2) 治理汽车尾气中  $\text{NO}$  和  $\text{CO}$  的一种方法是：在汽车的排气管上装一个催化转化装置，使  $\text{NO}$  与  $\text{CO}$  反应，生成  $\text{CO}_2$  和  $\text{N}_2$ 。反应的化学方程式是\_\_\_\_\_。

(3) 下列措施中，能减少或控制汽车尾气污染有效且可行的是\_\_\_\_\_。

- ①制定严格的汽车尾气排放标准，并严格执行。
- ②开发清洁能源汽车，如氢能汽车、太阳能汽车等。
- ③市民出行戴防护面具。
- ④市民大量移居城市郊区。

3. 下列气体中，不会造成空气污染的是（ ）。

- A.  $\text{N}_2$                       B.  $\text{NO}$                       C.  $\text{NO}_2$                       D.  $\text{SO}_2$

<sup>①</sup> 这是一个以自然界为对象的活动，所以在记录中应注明收集试样的方法、时间和地点等有关信息，以满足对所得数据或结论可重现性的要求。

4. 下列气体中，不能用排空气法收集的是（ ）。
- A.  $H_2$                       B.  $CO_2$                       C.  $NO$                       D.  $O_2$
5. 下列变化中，不属于化学变化的是（ ）。
- A.  $SO_2$  使品红溶液褪色                      B. 氯水使有色布条褪色  
C. 活性炭使红墨水褪色                      D. 漂白粉使某些染料褪色
6. 与 3.2 g  $SO_2$  所含的氧原子数相等的  $NO_2$  的质量为（ ）。
- A. 3.2 g                      B. 4.6 g                      C. 6.4 g                      D. 2.3 g
7. 在  $NO_2$  与水的反应中（ ）。
- A. 氮元素的化合价不发生变化                      B.  $NO_2$  只是氧化剂  
C.  $NO_2$  只是还原剂                      D.  $NO_2$  既是氧化剂，又是还原剂
8. 下列反应中，不说明  $SO_2$  是酸性氧化物的是（ ）。
- A.  $SO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3$   
B.  $SO_2 + 2NaOH = Na_2SO_3 + H_2O$   
C.  $2SO_2 + O_2 \xrightleftharpoons[\Delta]{\text{催化剂}} 2SO_3$   
D.  $SO_2 + CaO = CaSO_3$

9. X、Y、Z 三种气体都能对大气造成污染，在工业上都可以用碱液吸收。已知 X 是化石燃料燃烧的产物之一，是形成酸雨的主要物质；Y 是一种单质，它的水溶液具有漂白作用；Z 是硝酸工业和汽车尾气中的有害物质之一，能与水反应。请写出下列反应的化学方程式。

- (1) X 在一定条件下与氧气反应。  
(2) Y 与氢氧化钠溶液的反应。  
(3) Z 与水的反应。

10. 某工厂的燃料煤中硫的质量分数为 0.64%，该工厂每天燃烧这种煤 100 t。试计算：

- (1) 如果煤中的硫全部转化为  $SO_2$ ，该工厂每天产生  $SO_2$  的质量；  
(2) 这些  $SO_2$  在标准状况下的体积；  
(3) 如果把产生的  $SO_2$  全部回收利用，理论上每年(按 360 天计)得到 98% 的浓硫酸的质量。

11. 上网查询我国酸雨的分布、影响、危害和采取了哪些防治措施等信息，以增进对酸雨现状的了解。

## 一、氨

合成氨是人类科学技术发展史上的一项重大突破，解决了地球上因粮食不足而导致的饥饿和死亡问题，这是化学和技术对社会发展与进步的巨大贡献之一，也充分说明了含氮化合物对人类生存的巨大意义。德国化学家哈伯（F. Haber, 1868—1930）因为在合成氨方面的巨大贡献，获 1918 年诺贝尔化学奖。事隔 13 年后，1931 年诺贝尔化学奖再次垂青与合成氨有关的研究。

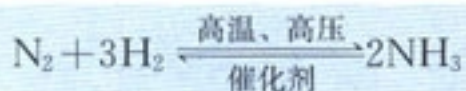
氮是动植物生长不可缺少的元素，是蛋白质的重要成分。农作物每年从土壤里摄取大量的含氮化合物，减少了土壤中氮的含量，因此，在农业生产中必须为土壤补充氮肥。含氮化合物也是重要的化工原料。

空气是氮最丰富的来源，但多数生物不能直接从空气中吸收氮气，只有将氮转化为含氮化合物，才能被生物吸收。将游离态的氮转变为氮的化合物叫做氮的固定。目前工业上用氢气和氮气直接合成氨。

氮的固定 fixation of nitrogen

氨 ammonia

氨水 ammonia water



## 1. 氨的性质

## 实验 4-8

如图 4-27，在干燥的圆底烧瓶里充满氨，用带有玻璃管和滴管（滴管里预先吸入水）的塞子塞紧瓶口。倒置烧瓶，使玻璃管插入盛有水的烧杯（预先在水里滴入少量酚酞溶液）。轻轻挤压滴管，使少量水进入烧瓶。观察并描述现象。

现象：

分析出现这一现象的原因及可能得出的结论：

氨是没有颜色、有刺激性气味的气体，极易溶解于水且溶解得快。在常温下，1 体积水大约可溶解 700 体积氨气。氨的水溶液叫做氨水。氨溶于水时，大部分与水结合成一水合氨（ $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ）。 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  很不稳定，受热就会分解为



图 4-27 氨溶于水的喷泉实验

氨和水。

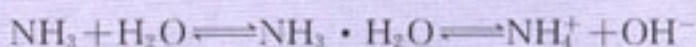


氨水有弱碱性，能使酚酞溶液变红或使湿润的红色石蕊试纸变蓝。

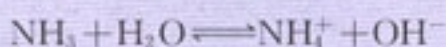
### 资料卡片

#### 氨水为什么显碱性

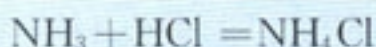
在常温下，一水合氨中有一小部分（约1%）电离成 $\text{NH}_4^+$ 和 $\text{OH}^-$ ，所以氨水显弱碱性，能使酚酞溶液变红。氨在水中的反应可以表示如下：



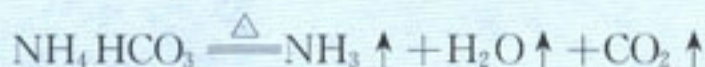
也可以简单表示如下：



氨与酸反应生成铵盐。如氨遇到氯化氢时，迅速反应生成氯化铵晶体。



农业上常用的化肥，如硫酸铵、碳酸氢铵、硝酸铵等都是铵盐。铵盐都易溶于水，受热易分解，与碱反应时放出氨气。



前面介绍的工业上合成氨的反应是个可逆反应，这说明氨在同一条件下，能自动分解成 $\text{N}_2$ 和 $\text{H}_2$ 。氨还能被氧气氧化，生成一氧化氮，进而氧化成二氧化氮，用来制造硝酸。

### 思考与交流

氨经一系列反应可以得到硝酸，如下图所示。

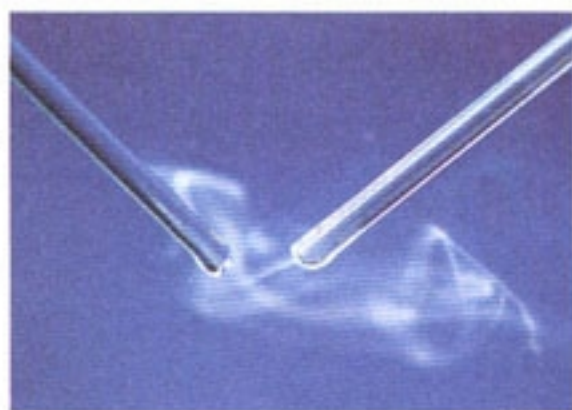
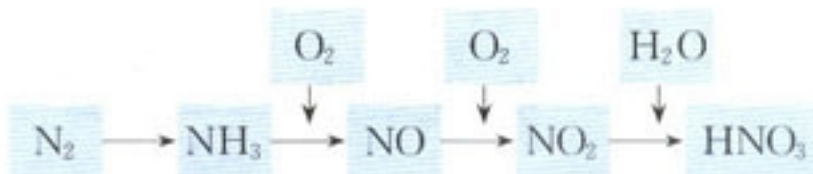
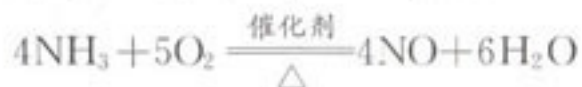


图 4-28 氨与氯化氢的反应



(1) 试分析上述反应中氮元素化合价的变化, 以及在每一步反应中, 氮元素发生的是氧化反应还是还原反应。

(2) 其中, 氨被氧化生成一氧化氮的化学方程式为:



写出其余反应的化学方程式。

氨是一种重要的化工产品, 是氮肥工业、有机合成工业及制造硝酸、铵盐和纯碱的原料。氨很容易液化, 液化时放热。液氨汽化时要吸收大量的热, 使周围温度急剧降低, 因此, 氨常用作制冷剂。

## 2. 氨的实验室制法

在实验室里, 常用加热铵盐和碱的混合物的方法制取氨。由于氨易溶于水, 常用向下排空气法来收集。



图 4-29 加热氯化铵和氢氧化钙的混合物制取氨

## 思考与交流

分析图 4-30, 结合以下提示讨论。



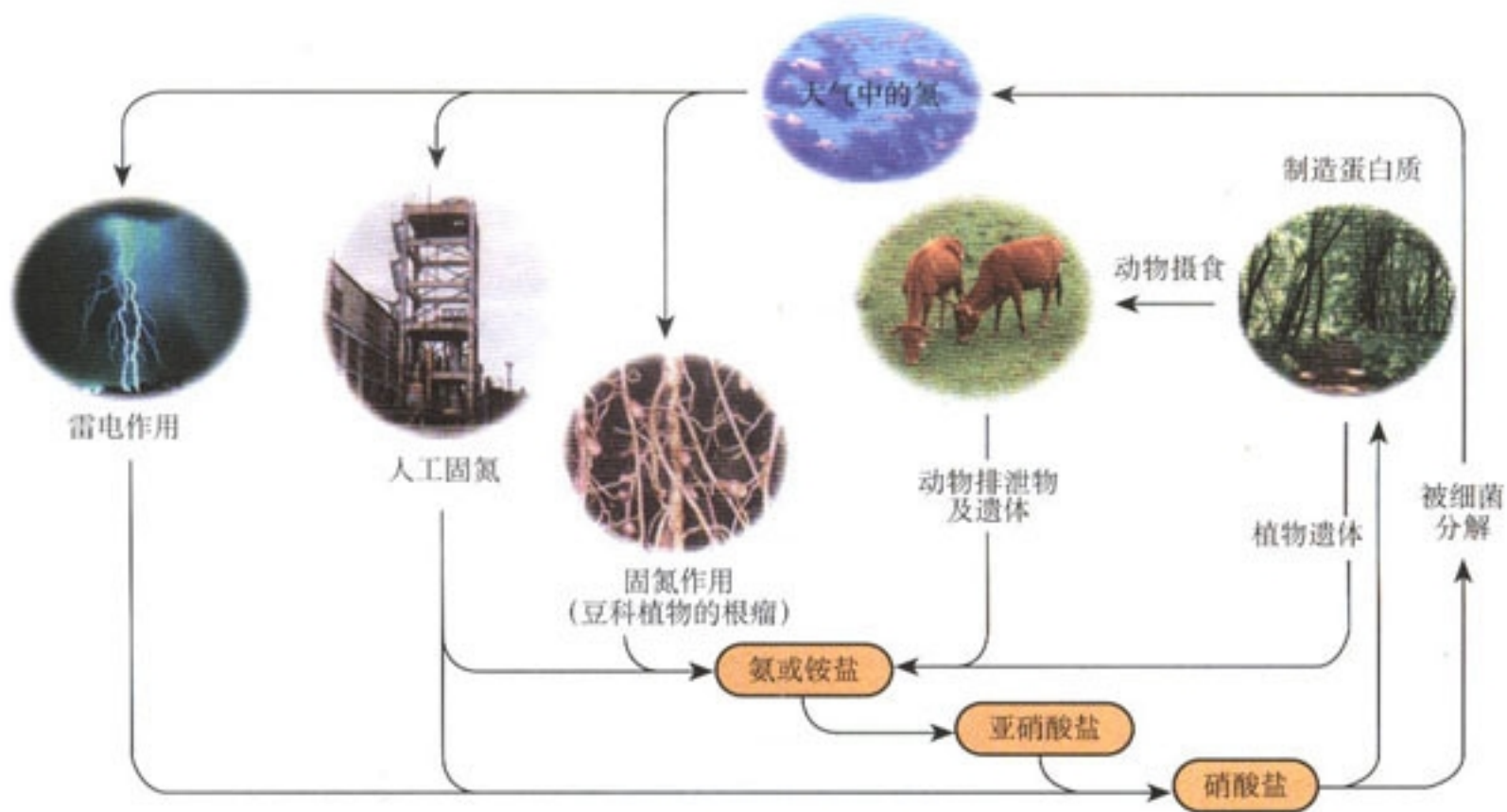


图 4-30 自然界中氮的循环

- 氮在自然界中主要以哪些形式存在？
- 人体里蛋白质中的氮是从哪儿来的？
- 自然界中有哪些固定氮的途径？
- 简单描述氮在自然界的循环过程。
- 人类的哪些活动参与了氮的循环？

## 二、硫酸和硝酸的氧化性

### 思考与交流

(1) 硫酸、硝酸、盐酸都是酸，它们在组成上有什么特点？

(2) 这种特点与酸的通性有什么关系？用电离方程式表示。

(3) 实验室里用金属与酸反应制取氢气时，往往用稀硫酸或盐酸，而不用浓硫酸或硝酸，这是为什么？

硫酸 sulphuric acid

硝酸 nitric acid

硫酸和硝酸除了具有酸的通性以外，还具有一些特殊的性质。

我们已经知道，浓硫酸具有很强的腐蚀性，并能按水的组成比脱去纸、棉布、木条等有机物中的氢、氧元素，也就是平时说的“脱水”。实际上，浓硫酸还能与很多物质起反应，如能与大多数金属（如 Cu）或非金属（如 C）起氧化还原反应。



图 4-31 向蔗糖中加入浓硫酸时，蔗糖变黑，体积膨胀，变成疏松多孔的海绵状的炭，并放出有刺激性气味的气体

### 实验 4-9

在一个带导管的胶塞侧面挖一个凹槽，并嵌入下端卷成螺旋状的铜丝。在试管里加入 2 mL 浓硫酸，盖好胶塞，使铜丝与浓硫酸接触，加热。把放出的气体通入品红溶液或紫色石蕊溶液中。观察现象。向上拉铜丝，终止反应，冷却后，把试管里的液体慢慢倒入盛有少量水的另一支试管里，观察溶液的颜色。

|    |  |
|----|--|
| 现象 |  |
|----|--|



图 4-32 浓硫酸与铜反应



图 4-33 反应生成硫酸铜溶液

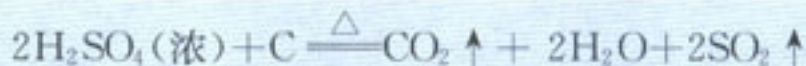
我们已经知道，铜不能与酸反应放出  $H_2$ 。但浓硫酸却可以与铜发生氧化还原反应，反应除生成硫酸铜外，还生成二氧化硫和水。



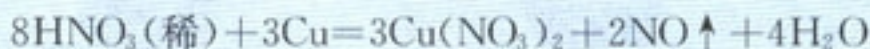
在这个反应里，浓硫酸氧化了铜（铜从 0 价升高到 +2 价），它本身被还原成二氧化

硫（硫从+6价降低到+4价）。浓硫酸是氧化剂，铜是还原剂。

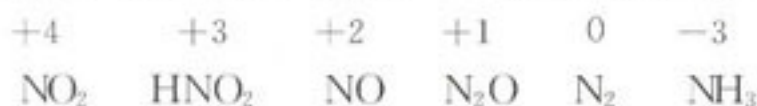
加热时，浓硫酸还能与一些非金属起氧化还原反应。例如，加热盛有浓硫酸和木炭的试管，碳就被氧化成二氧化碳，而硫酸被还原为二氧化硫。



硝酸也能发生类似的反应。例如，浓硝酸和稀硝酸都能与铜发生反应。



氮元素是一种能表现多种化合价的元素。通过学习，我们已经知道，氮（N为-3价）可以被氧化成多种价态。在硝酸中，氮元素是+5价，当硝酸与金属或非金属（如碳、硫等）及某些有机物（如松节油、锯末等）反应时，反应物或反应条件不同，硝酸被还原所得到的产物也不同。硝酸中+5价的氮得电子，被还原成较低价的氮。如：



值得注意的是，有些金属如铁、铝等虽然能溶于稀硫酸或稀硝酸，但在常温下却可以用铁、铝制容器来盛装浓硫酸或浓硝酸。这是因为它们的表面被氧化为致密的氧化物薄膜，这层薄膜阻止了酸与内层金属的进一步反应。

硫酸和硝酸都是重要的化工原料，也是化学实验室里必备的重要试剂。在工业上可用于制化肥、农药、炸药、染料、盐类等。硫酸还用于精炼石油、金属加工前的酸洗及制取各种挥发性酸等。

### 资料卡片

#### 王水

浓硝酸和浓盐酸的混合物（体积比为1:3）叫做王水，能使一些不溶于硝酸的金属如金、铂等溶解。



图 4-34 硫酸的用途



1. 把下列现象中硫酸所表现出来的性质填写在空白处。

- (1) 把锌粒放入稀硫酸中时，有气体放出。\_\_\_\_\_
- (2) 盛有浓硫酸的烧杯敞口放置一段时间后，质量增加。\_\_\_\_\_
- (3) 用玻璃棒蘸浓硫酸滴在纸上时，纸变黑。\_\_\_\_\_
- (4) 把木炭放入热的浓硫酸中时，有气体放出。\_\_\_\_\_
- (5) 在常温下可以用铁、铝制容器盛装冷的浓硫酸。\_\_\_\_\_

2. 下列气体中，不能用排水法收集的是（ ）。

- A.  $H_2$                       B.  $NH_3$                       C.  $O_2$                       D.  $NO$

3. 在下列反应中，硫元素表现出氧化性的是（ ）。

- A. 稀硫酸与锌粒反应                      B. 二氧化硫与氧气反应  
C. 浓硫酸与铜反应                      D. 三氧化硫与水反应

4. 下列方法中，不能用于实验室里制取氨的是（ ）。

- A. 在烧瓶中将熟石灰和氯化铵混合，加水调成泥状后加热  
B. 加热试管中的氯化铵固体  
C. 将烧瓶中的浓氨水加热  
D. 将分液漏斗中的浓氨水滴入装有生石灰的烧瓶中

5. 某同学用滤纸折成一个纸蝴蝶并喷洒一种溶液（保持湿润），挂在铁架台上。另取一只盛某种溶液的烧杯，放在纸蝴蝶的下方（如右图）。过一会儿，发现纸蝴蝶变为红色。下表的组合中，能够实现上述变化的是（ ）。



|          | A   | B   | C       | D   |
|----------|-----|-----|---------|-----|
| 纸蝴蝶上的喷洒液 | 石蕊  | 酚酞  | 酚酞      | 石蕊  |
| 小烧杯中的溶液  | 浓盐酸 | 浓氨水 | NaOH 溶液 | 浓硫酸 |

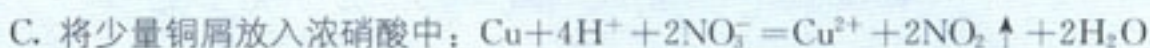
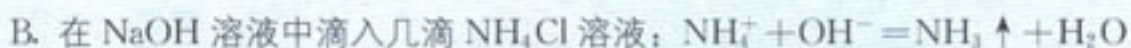
6. 下列酸在与金属发生反应时，其中 S 或 N 元素的化合价不会发生变化的是（ ）。

- A. 稀硫酸              B. 稀硝酸              C. 浓硫酸              D. 浓硝酸

7. 工业上用洗净的废铜屑作原料来制备硝酸铜。为了节约原料和防止污染环境，宜采取的方法是（ ）。

- A.  $Cu + HNO_3(浓) \rightarrow Cu(NO_3)_2$   
 B.  $Cu + HNO_3(稀) \rightarrow Cu(NO_3)_2$   
 C.  $Cu \xrightarrow[\Delta]{空气} CuO \xrightarrow{HNO_3} Cu(NO_3)_2$   
 D.  $Cu \xrightarrow[\Delta]{浓硫酸} CuSO_4 \xrightarrow{Ba(NO_3)_2} Cu(NO_3)_2$

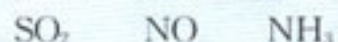
8. 下列离子方程式中, 错误的是 ( )。



9. 在 3 支试管中分别盛有稀硫酸、稀硝酸、稀盐酸, 试设计简单的实验方案鉴别它们, 写出有关反应的化学方程式。

10. 在 2 支试管中盛有相同体积的浓硫酸和稀硫酸, 试设计简单的方法区别它们。看看谁设计的方法最多, 谁设计的方法最简单, 谁设计的方法最有创意。

11. 在实验室中, 常使气体通过干燥剂达到干燥气体的目的。选择干燥剂时应考虑哪些因素? 干燥下列气体可选择哪些干燥剂?



12. 把  $2.0 \text{ mol/L}$   $\text{CuSO}_4$  溶液和  $1.0 \text{ mol/L}$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液等体积混合 (假设混合后溶液的体积等于混合前两种溶液的体积之和)。计算:

(1) 混合液中  $\text{CuSO}_4$  和  $\text{H}_2\text{SO}_4$  的物质的量浓度;

(2) 混合液中  $\text{H}^+$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  的物质的量浓度;

(3) 向溶液中加入足量铁粉, 经足够长的时间后, 铁粉有剩余。此时溶液中  $\text{Fe}^{2+}$  的物质的量浓度。

13. 随着工业的发展, 人口增加, 引发了许多环境问题。试分析图 4-35, 简述硫在自然界的循环过程, 并思考人类的行为对硫的循环有什么影响。

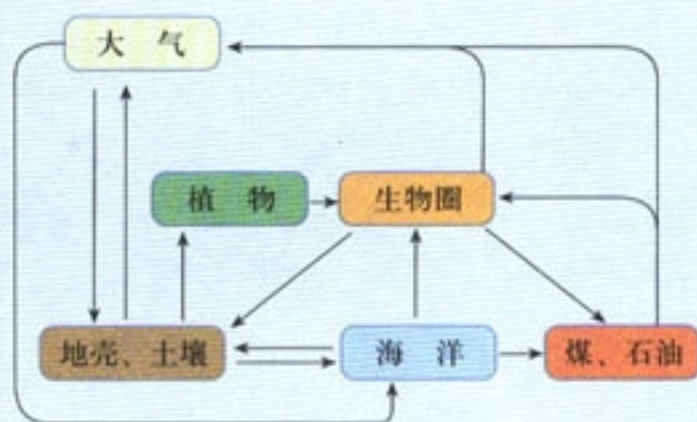


图 4-35 硫元素在自然界的循环

请按以下线索归纳硅、氯、硫、氮元素及其化合物的有关知识，并用化学方程式表示相关的反应。你也可以采用别的方式进行归纳与整理。

## 一、硅

1. 硅单质
  - 性质：导电性介于导体和绝缘体之间
  - 用途：\_\_\_\_\_
  
2. 二氧化硅
  - 存在：\_\_\_\_\_
  - 性质：\_\_\_\_\_
  - 用途：\_\_\_\_\_

$$\begin{array}{c} \text{CaSiO}_3 \\ \uparrow \\ \text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 \end{array}$$
  
3. 硅酸盐
  - Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>
      - 制法：\_\_\_\_\_
      - 性质：\_\_\_\_\_
      - 用途：\_\_\_\_\_
  - 硅酸盐产品：\_\_\_\_\_

## 二、氯

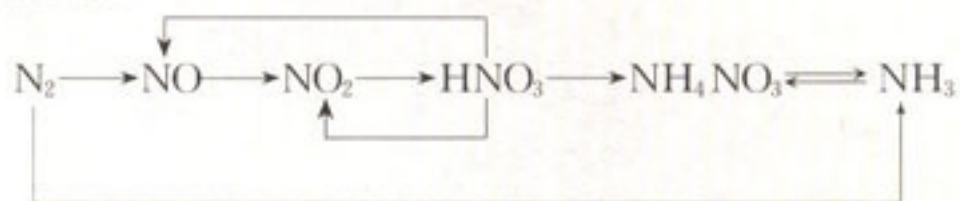
1. 氯气
  - 物理性质：\_\_\_\_\_
  - 化学性质
    - 与 H<sub>2</sub>O 反应
      - 化学方程式：\_\_\_\_\_
      - 用途：\_\_\_\_\_
    - 与碱反应
      - NaOH
        - 化学方程式：\_\_\_\_\_
        - 产物的用途：\_\_\_\_\_
      - Ca(OH)<sub>2</sub>
        - 化学方程式：\_\_\_\_\_
        - 产物的用途：\_\_\_\_\_
    - 与金属反应
      - Na
        - 化学方程式：\_\_\_\_\_
      - Fe
        - 化学方程式：\_\_\_\_\_
      - Cu
        - 化学方程式：\_\_\_\_\_

2.  $\text{Cl}^-$  的检验
- 化学方程式: \_\_\_\_\_
  - 试剂: \_\_\_\_\_
  - 操作: \_\_\_\_\_

### 三、硫及其化合物



### 四、氮及其化合物



### 五、环境保护

二氧化硫、二氧化氮及氯气等都能对大气造成污染，人类在生产、生活中，应尽量减少污染物的排放。

我们要加强环境保护意识，自觉地保护环境，防治污染，创建美好家园。

## 复 习 题

1. 瑞典化学家舍勒将软锰矿（主要成分是  $\text{MnO}_2$ ）与浓盐酸混合加热，在世界上首先制得了氯气。反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。其中，氧化剂是\_\_\_\_\_，还原剂是\_\_\_\_\_。

高锰酸钾是强氧化剂，用高锰酸钾与浓盐酸混合在常温下即可反应生成氯气。

从反应条件分析，高锰酸钾与二氧化锰相比，谁的氧化性更强？\_\_\_\_\_。

2. 在氮的单质和常见化合物中：

(1) 常用作保护气（如填充灯泡、焊接保护等）的物质是\_\_\_\_\_，原因是\_\_\_\_\_。

(2) 常用作制冷剂的物质是\_\_\_\_\_，原因是\_\_\_\_\_。

(3) 能与酸反应生成盐、在常温下为气态的物质是\_\_\_\_\_，写出它与  $\text{HCl}$  等强酸反应的离子方程式：\_\_\_\_\_。

(4) 在通常状况下是晶体、易溶于水、可以作氮肥、遇碱会放出带刺激性气味气体的一类物质是\_\_\_\_\_，写出它们与  $\text{NaOH}$  等强碱溶液反应的离子方程式：\_\_\_\_\_。

3. 氯碱工业是以电解食盐水为基础的基本化学工业，电解食盐水同时得到两种气体（一种是所有气体中密度最小的气体，一种是黄绿色气体）和一种易溶、易电离的碱。

(1) 试写出电解食盐水的化学方程式：\_\_\_\_\_。

(2) 上述产物彼此之间或与其他物质可以发生有重要价值的反应。写出你能想到的有关反应的化学方程式，并写出产品名称或重要用途。

4. 我国重点城市近年来已发布“空气质量日报”。下列物质中不列入首要污染物的是（ ）。

- A. 二氧化硫                      B. 二氧化氮  
C. 二氧化碳                      D. 可吸入颗粒物

5. 下列物质中，属于酸性氧化物但不溶于水的是（ ）。

- A.  $\text{CO}_2$                               B.  $\text{SiO}_2$   
C.  $\text{SO}_3$                               D.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$

6. 下列气体中，对人体无毒害作用的是（ ）。

- A.  $\text{NH}_3$                               B.  $\text{NO}_2$   
C.  $\text{Cl}_2$                                 D.  $\text{N}_2$

7. 下列物质中，不能用作漂白剂的是（ ）。

- A.  $\text{SO}_2$                                 B.  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$   
C.  $\text{NaClO}$                               D.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (浓)



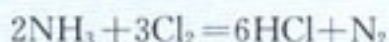
8. 下列气体中，既可用浓硫酸干燥、又可用固体 NaOH 干燥的是 ( )。

- A.  $\text{Cl}_2$     B.  $\text{O}_2$   
C.  $\text{SO}_2$     D.  $\text{NH}_3$

9. 不法分子有时用铜锌合金制成假金币行骗。下列方法中，能有效鉴别其真假的是 ( )。

- A. 观察颜色    B. 查看图案  
C. 用手掂量轻重    D. 滴一滴硝酸在币的表面，观察现象

10. 管道工人曾经用浓氨水检验氯气管道是否漏气。已知能发生如下反应 (在有水蒸气存在的条件下):



如果氯气管道某处漏气，用该方法检查时会出现的现象是什么? 写出反应的化学方程式。

11. 农村有句谚语：“雷雨肥庄稼”。请你写出有关反应的化学方程式，并用必要的文字解释其中的道理。

12. 经检测，以煤炭为主要燃料的地区，降落后的酸雨中的主要酸性物质是  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 。请查阅有关资料，解释原因，写出有关变化的化学方程式。

13. 请你用实验方法证明某种白色晶体是  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 。

14. 实验室里常用氯化铵与足量熟石灰混合加热制取氨。

(1) 若需要 2 500 mL (标准状况) 氨，至少需要称取氯化铵的质量是多少 (用托盘天平称量)?

(2) 若将 5 000 mL 氨 (标准状况) 溶于水配成 100 mL 溶液，则氨水中  $\text{NH}_3$  的物质的量浓度是多少 (不考虑  $\text{NH}_3$  与  $\text{H}_2\text{O}$  的反应)?

15. “绿色化学”要求综合考虑经济、技术、环保等方面来设计化学反应路线。试以 Cu 为原料制取  $\text{CuSO}_4$  为例，设计符合“绿色化学”思想的反应路线 (用化学方程式表示)。

# 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]           | Gd | 钆  | 157.25(3)     | Po  | 钋  | [209]         |
| Ag | 银  | 107.868 2(2)    | Ge | 锗  | 72.64(1)      | Pr  | 镨  | 140.907 65(2) |
| Al | 铝  | 26.981 538(2)   | H  | 氢  | 1.007 94(7)   | Pt  | 铂  | 195.078(2)    |
| Am | 镅  | [243]           | He | 氦  | 4.002 602(2)  | Pu  | 钷  | [244]         |
| Ar | 氩  | 39.948(1)       | Hf | 铪  | 178.49(2)     | Ra  | 镭  | [226]         |
| As | 砷  | 74.921 60(2)    | Hg | 汞  | 200.59(2)     | Rb  | 铷  | 85.467 8(3)   |
| At | 砹  | [210]           | Ho | 钬  | 164.930 32(2) | Re  | 铼  | 186.207(1)    |
| Au | 金  | 196.966 55(2)   | Hs | 𨨲  | [277]         | Rf  | 𨨩  | [261]         |
| B  | 硼  | 10.811(7)       | I  | 碘  | 126.904 47(3) | Rg  | 𨨪  | [272]         |
| Ba | 钡  | 137.327(7)      | In | 铟  | 114.818(3)    | Rh  | 铑  | 102.905 50(2) |
| Be | 铍  | 9.012 182(3)    | Ir | 铱  | 192.217(3)    | Rn  | 氡  | [222]         |
| Bh | 𨭆  | [264]           | K  | 钾  | 39.098 3(1)   | Ru  | 钌  | 101.07(2)     |
| Bi | 铋  | 208.980 38(2)   | Kr | 氪  | 83.798(2)     | S   | 硫  | 32.065(5)     |
| Bk | 𨭅  | [247]           | La | 镧  | 138.905 5(2)  | Sb  | 锑  | 121.760(1)    |
| Br | 溴  | 79.904(1)       | Li | 锂  | 6.941(2)      | Sc  | 钪  | 44.955 910(8) |
| C  | 碳  | 12.010 7(8)     | Lr | 𨭆  | [262]         | Se  | 硒  | 78.96(3)      |
| Ca | 钙  | 40.078(4)       | Lu | 镥  | 174.967(1)    | Sg  | 𨭆  | [266]         |
| Cd | 镉  | 112.411(8)      | Md | 镅  | [258]         | Si  | 硅  | 28.085 5(3)   |
| Ce | 铈  | 140.116(1)      | Mg | 镁  | 24.305 0(6)   | Sm  | 钐  | 150.36(3)     |
| Cf | 锎  | [251]           | Mn | 锰  | 54.938 049(9) | Sn  | 锡  | 118.710(7)    |
| Cl | 氯  | 35.453(2)       | Mo | 钼  | 95.94(2)      | Sr  | 锶  | 87.62(1)      |
| Cm | 锔  | [247]           | Mt | 𨭆  | [268]         | Ta  | 钽  | 180.947 9(1)  |
| Co | 钴  | 58.933 200(9)   | N  | 氮  | 14.006 7(2)   | Tb  | 铽  | 158.925 34(2) |
| Cr | 铬  | 51.996 1(6)     | Na | 钠  | 22.989 770(2) | Tc  | 锝  | [98]          |
| Cs | 铯  | 132.905 45(2)   | Nb | 铌  | 92.906 38(2)  | Te  | 碲  | 127.60(3)     |
| Cu | 铜  | 63.546(3)       | Nd | 钕  | 144.24(3)     | Th  | 钍  | 232.038 1(1)  |
| Db | 𨭄  | [262]           | Ne | 氖  | 20.179 7(6)   | Ti  | 钛  | 47.867(1)     |
| Ds | 𨭈  | [281]           | Ni | 镍  | 58.693 4(2)   | Tl  | 铊  | 204.383 3(2)  |
| Dy | 镝  | 162.500(1)      | No | 𨭆  | [259]         | Tm  | 铥  | 168.934 21(2) |
| Er | 铒  | 167.259(3)      | Np | 镎  | [237]         | U   | 铀  | 238.028 91(3) |
| Es | 𨭆  | [252]           | O  | 氧  | 15.999 4(3)   | Uub | 𨭆  | [285]         |
| Eu | 铕  | 151.964(1)      | Os | 锇  | 190.23(3)     | V   | 钒  | 50.941 5(1)   |
| F  | 氟  | 18.998 403 2(5) | P  | 磷  | 30.973 761(2) | W   | 钨  | 183.84(1)     |
| Fe | 铁  | 55.845(2)       | Pa | 镤  | 231.035 88(2) | Xe  | 氙  | 131.293(6)    |
| Fm | 𨭆  | [257]           | Pb | 铅  | 207.2(1)      | Y   | 钇  | 88.905 85(2)  |
| Fr | 钫  | [223]           | Pd | 钯  | 106.42(1)     | Yb  | 镱  | 173.04(3)     |
| Ga | 镓  | 69.723(1)       | Pm | 钷  | [145]         | Zn  | 锌  | 65.409(4)     |
|    |    |                 |    |    |               | Zr  | 锆  | 91.224(2)     |

- 注：1. 相对原子质量录自 2001 年国际原子量表，以  $^{12}\text{C}=12$  为基准。  
 2. 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. 相对原子质量末尾数的不确定度加注在其后的括号内。

## 附录 II

部分酸、碱和盐的溶解性表(室温)

| 阳离子 \ 阴离子        | $\text{OH}^-$ | $\text{NO}_3^-$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{SO}_4^{2-}$ | $\text{CO}_3^{2-}$ |
|------------------|---------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------|
| $\text{H}^+$     |               | 溶、挥             | 溶、挥           | 溶                  | 溶、挥                |
| $\text{NH}_4^+$  | 溶、挥           | 溶               | 溶             | 溶                  | 溶                  |
| $\text{K}^+$     | 溶             | 溶               | 溶             | 溶                  | 溶                  |
| $\text{Na}^+$    | 溶             | 溶               | 溶             | 溶                  | 溶                  |
| $\text{Ba}^{2+}$ | 溶             | 溶               | 溶             | 不                  | 不                  |
| $\text{Ca}^{2+}$ | 微             | 溶               | 溶             | 微                  | 不                  |
| $\text{Mg}^{2+}$ | 不             | 溶               | 溶             | 溶                  | 微                  |
| $\text{Al}^{3+}$ | 不             | 溶               | 溶             | 溶                  | —                  |
| $\text{Mn}^{2+}$ | 不             | 溶               | 溶             | 溶                  | 不                  |
| $\text{Zn}^{2+}$ | 不             | 溶               | 溶             | 溶                  | 不                  |
| $\text{Fe}^{2+}$ | 不             | 溶               | 溶             | 溶                  | 不                  |
| $\text{Fe}^{3+}$ | 不             | 溶               | 溶             | 溶                  | —                  |
| $\text{Cu}^{2+}$ | 不             | 溶               | 溶             | 溶                  | —                  |
| $\text{Ag}^+$    | —             | 溶               | 不             | 微                  | 不                  |

说明：“溶”表示那种物质可溶于水，“不”表示不溶于水，“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

## 一些常见元素中英文名称对照表

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

# 后 记

根据教育部制订的普通高中各科课程标准(实验),人民教育出版社课程教材研究所编写的各学科普通高中课程标准实验教科书,得到了诸多教育界前辈和各学科专家学者的热情帮助和大力支持。在各学科教科书终于同课程改革实验区的师生见面时,我们特别感谢担任教科书总顾问的丁石孙、许嘉璐、叶至善、顾明远、吕型伟、王梓坤、梁衡、金冲及、白春礼、陶西平同志,感谢担任教科书编写指导委员会主任委员的柳斌同志和编写指导委员会委员的江蓝生、李吉林、杨焕明、顾泠沅、袁行霁等同志。感谢担任学科顾问的张青莲、唐有祺、白春礼、武永兴、张健如同志,感谢对本教科书的编写提出修改意见、提供过帮助和支持的严宣申、郑忠斌、陈学英、裴群、刘继群、徐伟念、韩颖、陈新智等专家、学者和教师及社会各界朋友。

我们还要感谢使用本套教材的实验区的师生们。希望你们在使用本套教材的过程中,能够及时把意见和建议反馈给我们,对此,我们将深表谢意。让我们携起手来,共同完成教材建设工作。我们的联系方式如下:

电话:010-58758376

E-mail: jcfk@pep.com.cn

人民教育出版社 课程教材研究所  
化学课程教材研究开发中心

2004年6月

## 谨向为本书提供照片的人士和机构等致谢

1-5《高等学校化学IA改订版》啓林館/第二章章图的左上图(铜树)《高等学校理科用化学IA改订版》三省堂/2-7、4-10《高等学校改订化学IA》第一学習社/第三章篇章页铁、铜原子图《2002科学发展报告》科学出版社/3-10《矿物珍品》地质出版社/4-24《Fundamentals of Chemistry》Prentice Hall

