

经全国中小学教材审定委员会  
2004年初审通过


普通高中课程标准实验教科书

# 化学 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 编著  
化学课程教材研究开发中心

\*

人民教育出版社出版发行  
(北京沙滩后街 55 号 邮编：100009)

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：6.25 插页：2 字数：100 000

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 7-107-17648-X 定价：9.60 元  
G·10737 (课)

著作权所有·请勿擅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，请与出版社联系调换。  
(联系地址：北京市方庄小区芳城园三区 13 号楼 邮编：100078)

# 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           | 17 |

## 第二章 化学物质及其变化 18

|            |    |
|------------|----|
| 第一节 物质的分类  | 20 |
| 第二节 离子反应   | 26 |
| 第三节 氧化还原反应 | 30 |
| 归纳与整理      | 34 |

## 第三章 金属及其化合物 36

|                |    |
|----------------|----|
| 第一节 金属的化学性质    | 38 |
| 第二节 几种重要的金属化合物 | 46 |
| 第三节 用途广泛的金属材料  | 55 |
| 归纳与整理          | 59 |

## 第四章 非金属及其化合物 60

|                   |    |
|-------------------|----|
| 第一节 无机非金属材料的主角——硅 | 62 |
| 第二节 富集在海水中的元素——氯  | 70 |
| 第三节 硫和氮的氧化物       | 77 |
| 第四节 硫酸、硝酸和氨       | 84 |
| 归纳与整理             | 90 |

|              |    |
|--------------|----|
| 附录 I 相对原子质量表 | 92 |
|--------------|----|

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 附录 II 部分酸、碱和盐的溶解性表 (20 ℃) | 93 |
|---------------------------|----|

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 附录 III 一些常见元素中英文名称对照表 | 94 |
|-----------------------|----|

|       |  |
|-------|--|
| 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 water 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学习习惯。

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。

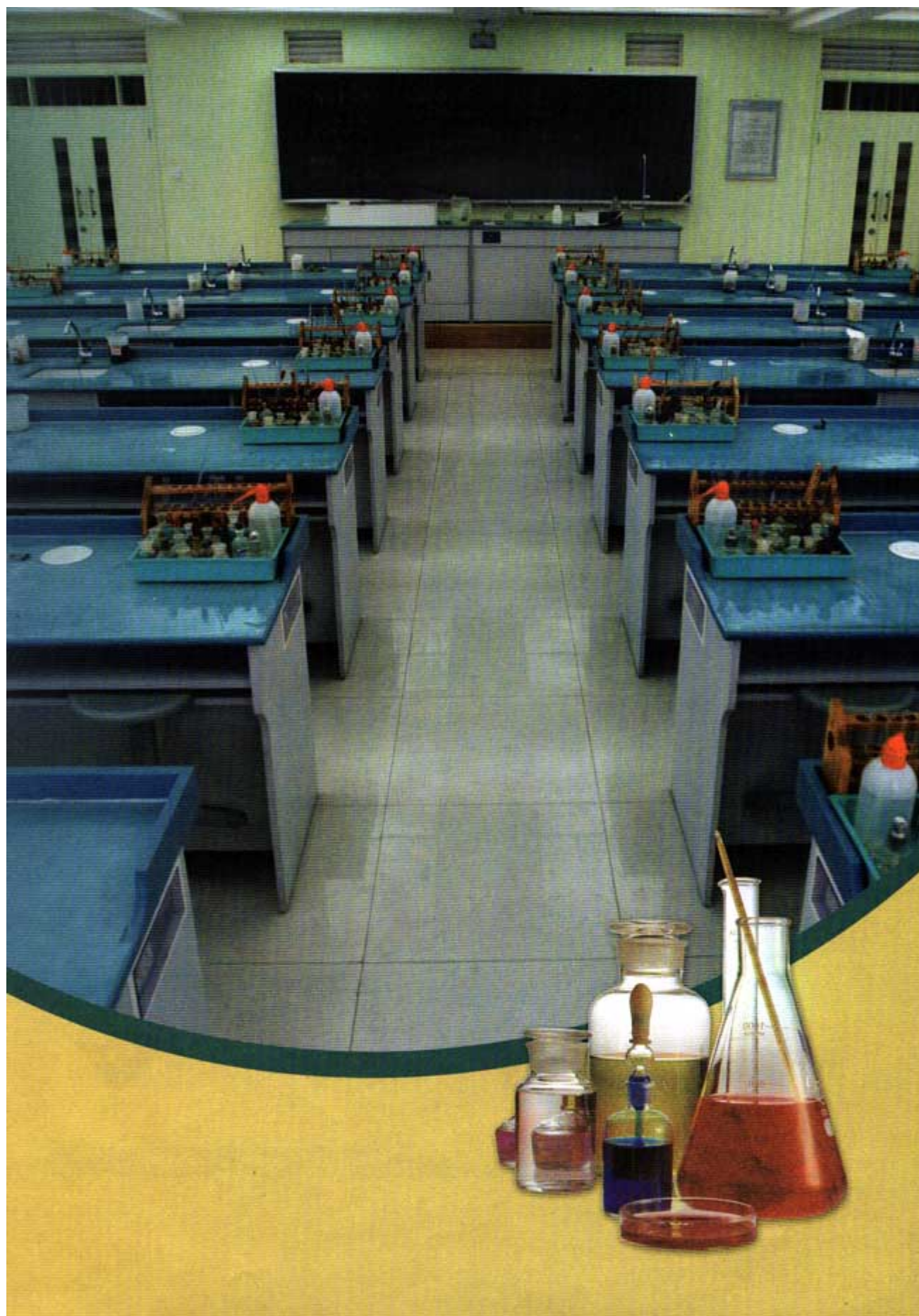
尊重个人兴趣，可以根据自己的学习情况安排课程学习的内容和时间。高中三年的学习计划将具有明显的个性，它将更加有利于学习潜能的激发。学习生活仍然是紧张的，但是将充满乐趣。高中化学也会是这样，让我们一起来努力！



## 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。科学规律是通过对自然现象的发现、探究和反复验证形成的。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。



# 1

## 化学实验基本方法

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，我们还需要进一步学习一些基本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实验或探究活动，必须注意安全，这是实验顺利进行和避免受到意外伤害的保障。要做到实验安全，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。了解危险化学药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。例如，掌握仪器和药品的使用、加热方法、气体收集方法等。



图 1-1 一些常用危险化学品的标志



### 思考与交流

根据你做化学实验和探究的经验，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，然后归类总结，在班上交流。你能举出经历过或所了解的发生安全问题的例子吗？

## 二、混合物的分离和提纯

### 思考与交流

你知道沙里淘金吗？淘金者是利用什么方法和性质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。为了利用其中某一组分或研究其性质，常需要从混合物中将某物质分离出来。例如，研究某一种酸、碱、盐或金属的性质，要用较纯的试样；又如，我们日常食用的精盐，就是将粗盐中的杂质除掉后得到的。在工业生产中，分离和提纯物质要用到多种大型的设备，但所依据的原理与我们在实验室中常用的方法大致相同，而且，工业设备设计时的数据往往要靠小型实验来提供。

### 学与问

在分离和提纯物质时，要除掉杂质。化学上所指的杂质都是有害和无价值的吗？你能举例说明吗？

#### 1. 过滤和蒸发

#### 实验 1-1

##### 粗盐的提纯

(1) 用海水晒盐或用井水、盐湖水煮盐，得到的粗盐中含有较多的杂质，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。

过滤 filtration

蒸发 evaporation



图 1-2 过滤



图 1-3 蒸发

(2) 操作步骤 (请写出具体的操作方法及现象):

| 步 骤                             | 现 象 |
|---------------------------------|-----|
| 1. 溶解: (称取约 4 g 粗盐加到约 12 mL 水中) |     |
| 2. 过滤:                          |     |
| 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?

### 资料卡片

在生产和科学研究中,常常需要对一些物质的成分进行检验。除利用简单物理方法及仪器分析检验物质外,利用物质的化学性质,通过实验手段来检验某些物质的存在,也是常用的方法。例如,对酒后驾车者呼气中乙醇的检验,对蔬菜鱼虾残留农药的检验等,用的就是化学检验方法。针对不同的检验对象和要求,所用的方式、方法和步骤有一定的差别。在进行物质检验时,一般先对试样的外观进行观察,确定其颜色、状态、气味等,然后进一步检验。当试样是固体时,有时需要先将少量试样配成溶液,观察溶解后溶液的颜色、在溶解过程中有无气体产生、有无沉淀生成以及沉淀的颜色等。

一些可溶性物质在水溶液中以离子的形式存在,如 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，先滴入几滴稀硝酸使溶液酸化，然后向试管中滴入几滴 BaCl<sub>2</sub> (氯化钡) 溶液。观察现象。

在溶液中解离时能产生 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 的化合物与 BaCl<sub>2</sub> 溶液反应，生成不溶于稀硝酸的白色 BaSO<sub>4</sub> (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，Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液与 BaCl<sub>2</sub> 溶液反应的化学方程式为：



通过上述简单的溶解、过滤和蒸发操作得到的盐中仍含有可溶性杂质 CaCl<sub>2</sub>、MgCl<sub>2</sub> 及一些硫酸盐等。利用化学方法，我们也可以检验出上述盐中的其他离子。实际上，在提纯粗盐时，将不溶性杂质过滤后还应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 CaCl<sub>2</sub>、MgCl<sub>2</sub> 及一些硫酸盐，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               |       |       |
| MgCl <sub>2</sub> |       |       |
| CaCl <sub>2</sub> |       |       |

(2) 在实际操作中，还要考虑所加试剂的先后顺序、试剂用量，以及试剂过量后如何处理等。你设计的除去离子的方法中有没有引入其他离子？想一想可用什么方法把它们除去？

#### 2. 蒸馏和萃取

混合物的分离和提纯，除过滤、蒸发外，对于液态混合物，还可以利用它们的沸点不同，用蒸馏的方法除去难挥发或不挥发的杂质。例如，自来水中含有 Cl<sup>-</sup> 等杂质，通过蒸馏的方法，我们可以在实验室从自来水制取蒸馏水。实验室制取蒸馏水的装置如图 1-4 所示。

### 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

|                  | OH <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> |
|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| H <sup>+</sup>   |                 | 溶、挥             | 溶                             | 溶、挥                           |
| Na <sup>+</sup>  | 溶               | 溶               | 溶                             | 溶                             |
| Ca <sup>2+</sup> | 微               | 溶               | 微                             | 不                             |
| Ba <sup>2+</sup> | 溶               | 溶               | 不                             | 不                             |
| Mg <sup>2+</sup> | 不               | 溶               | 溶                             | 微                             |

蒸馏 distillation

萃取 extraction



图 1-4 实验室制取蒸馏水的装置

① 用  $\text{AgNO}_3$  溶液和稀硝酸可以检验溶液中的氯离子。

### 实验 1-3

| 实 验  | 现 象 |
|--|-----|
| 1. 在试管中加入少量自来水，滴入几滴 $\text{AgNO}_3$ (硝酸银) 溶液和几滴稀硝酸①。   |     |
| 2. 在烧瓶中加入约 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. 取少量蒸馏出的液体加入试管中，然后加入几滴 $\text{AgNO}_3$ 溶液和几滴稀硝酸。(得到的液体中含有 $\text{Cl}^-$ 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

对于液态混合物，我们还可以利用混合物中一种溶质在互不相溶的溶剂里溶解性的不同，用一种溶剂把溶质从它与另一溶剂所组成的溶液中提取出来，这种方法叫做萃取。为了把两种不相溶的液体分开，常要使用分液漏斗 (如图 1-6) 进行萃取操作。

### 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用力振荡（如图 1-7）。

(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打开，使下层液体慢慢流出（如图 1-9）。

① 一种有机溶剂，与水互不相溶，密度比水的大。



图 1-7 倒转分液漏斗

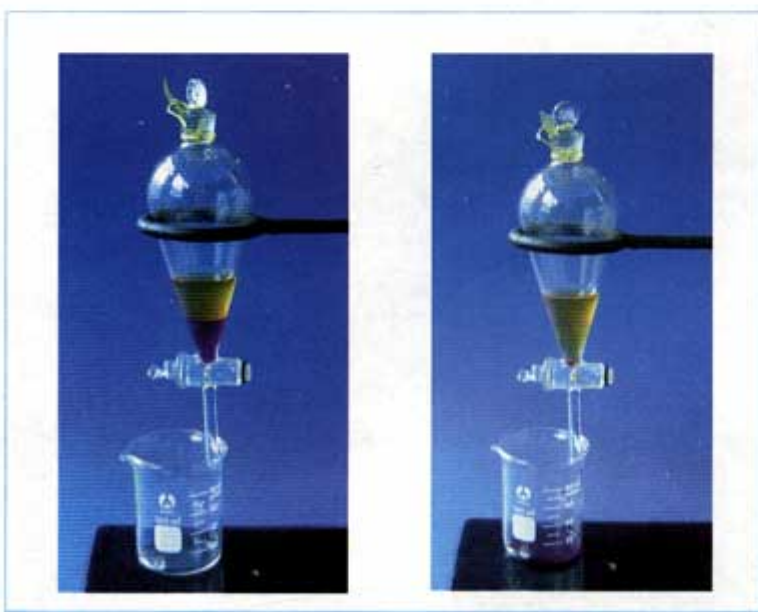


图 1-8 萃取

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  $\text{SO}_4^{2-}$ ）检验的化学实验方法。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，如体检时用的尿糖试纸检测、法医常用的 DNA 测序等，是非常快捷、准确、安全的检验方法。化学实验方法和技术的应用日益广泛，它是我们在探索物质世界奥秘时有力的助手，能给我们带来无穷的乐趣。



图 1-10 检测尿糖用的试纸

## 习 题



1. 列举生活中混合物分离和提纯的例子。
2. 如果不慎将油汤洒到衣服上，可以用什么方法除去？你利用的是什么原理？
3. 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  $\text{CO}_3^{2-}$ ；如果你家中有碎的陶瓷片或玻璃片，检验它们中是否含有  $\text{CO}_3^{2-}$ 。
4. 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，由此而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：碳酸盐都能溶于稀硝酸。）

# 2

## 化学计量在实验中的应用

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，不仅我们的肉眼看不到，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体为单位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，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。

我们看一看下面的数据和计算结果。

|               | H <sub>2</sub> O                  | Al                                |
|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 个分子或原子的质量   | $2.990 \times 10^{-23} \text{ g}$ | $4.485 \times 10^{-23} \text{ g}$ |
| 相对分子质量或相对原子质量 | 18                                | 27                                |

分别计算 18 g H<sub>2</sub>O、27 g Al 所含的粒子（分子或原子）的数目，得到如图 1-11 所示的结果。



18 g H<sub>2</sub>O  
 $6.02 \times 10^{23}$  个 H<sub>2</sub>O 分子



27 g Al  
 $6.02 \times 10^{23}$  个 Al 原子

图 1-11 一定质量的物质所含的粒子数

物质的量 amount of substance

摩尔 mole

● 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   |

通过上面的计算可以看出，当  $\text{H}_2\text{O}$  的质量在数值上等于其相对分子质量，或  $\text{Al}$  的质量在数值上等于其相对原子质量时，它们所含的粒子数都是  $6.02 \times 10^{23}$ 。大量实验证明，任何粒子或物质的质量以克为单位，在数值上与该粒子的相对原子质量或相对分子质量相等时，所含粒子的数目都是  $6.02 \times 10^{23}$ 。我们把含有  $6.02 \times 10^{23}$  个粒子的任何粒子集体计量为 1 摩尔。摩尔简称摩，符号为 mol。 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  叫做阿伏加德罗<sup>①</sup>常数，是个物理量，符号为  $N_A$ 。

物质的量实际上表示含有一定数目粒子的集体，它的符号是  $n$ 。粒子集体可以是原子、分子、离子或原子团，如  $1 \text{ mol Fe}$ 、 $1 \text{ mol O}_2$ 、 $1 \text{ mol Na}^+$ 、 $1 \text{ mol SO}_4^{2-}$  等，也可以是电子、质子、中子等。

采用“mol”来计量巨大数目的粒子是非常方便的。例如：

- 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  的质量是 18 g，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，含有  $3.01 \times 10^{23}$  个水分子；
- 1 mol  $\text{Al}$  的质量是 27 g，含有  $6.02 \times 10^{23}$  个铝原子；
- 2 mol  $\text{Al}$  的质量是 54 g，含有  $12.04 \times 10^{23}$  个铝原子。

可以看出，1 mol 任何粒子集体中都含有  $6.02 \times 10^{23}$  个粒子；而 1 mol 任何粒子或物质的质量以克为单位时，在数值上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：

<sup>①</sup> 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。

摩尔质量 molar mass



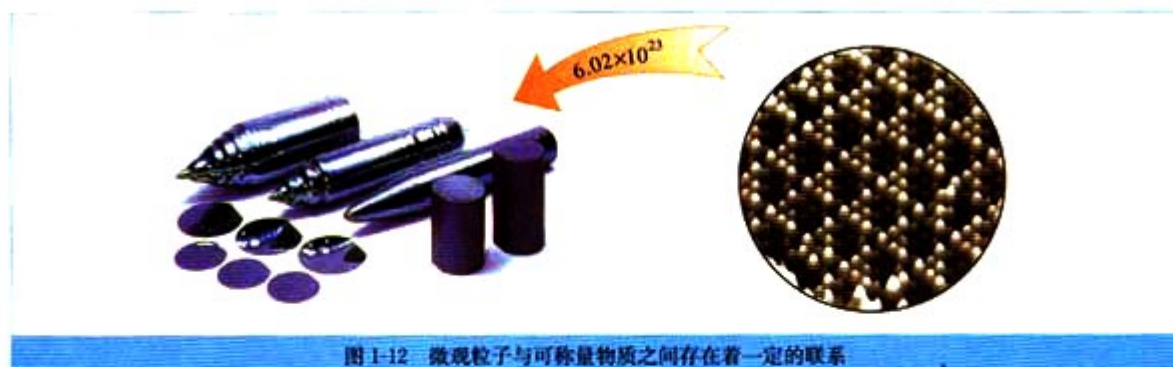


图 1-12 微观粒子与可称量物质之间存在着一定的联系

Mg 的摩尔质量是 24 g/mol;  
 KCl 的摩尔质量是 74.5 g/mol;  
 SO<sub>2</sub> 的摩尔质量是 64 g/mol;  
 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 的摩尔质量是 60 g/mol。

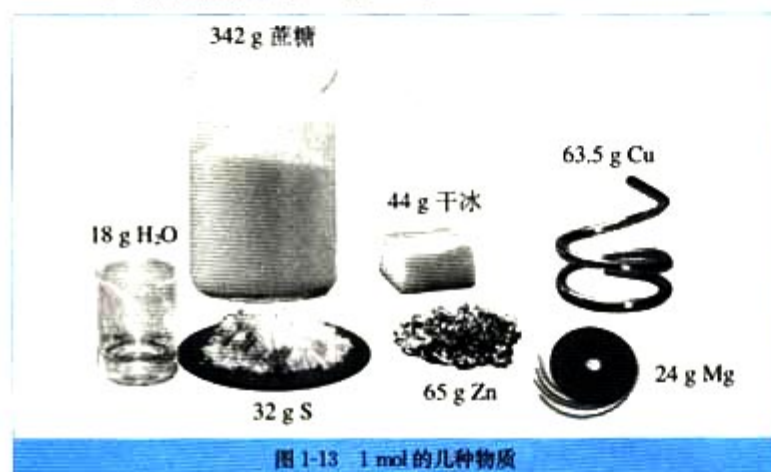


图 1-13 1 mol 的几种物质

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 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的物质的量是多少? 1.50 mol Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 的质量是多少?

### 科学视野

#### 气体摩尔体积

根据阿伏加德罗理论, 在相同温度和压强下, 相同体积的任何气体都含有相同数目的粒子(分子或原子)。所以, 单位物质的量的任何气体在相同条件下应占有相同的体积。这个体积

称为气体摩尔体积，符号为  $V_m$ ，常用单位有  $L/mol$ （或  $L \cdot mol^{-1}$ ）和  $m^3/mol$ （或  $m^3 \cdot mol^{-1}$ ）。

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：

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

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  $101\text{ kPa}$  的条件下，气体摩尔体积为  $22.4\text{ L/mol}$ ；在  $25\text{ }^\circ\text{C}$  和  $101\text{ kPa}$  的条件下，气体摩尔体积为  $24.8\text{ L/mol}$ 。

| 项目名称   | 数量   | 单位      | 符号        |
|--------|------|---------|-----------|
| 1 药物剂量 | 7    | $g/L$   | 40        |
| 2 药物剂量 | 18   | $g/L$   | 0.40      |
| 3 药物剂量 | 15   | $g/L$   | 0.50      |
| 4 药物剂量 | 77   | $g/L$   | 34-114    |
| 5 药物剂量 | 12.7 | $mol/L$ | 9-19      |
| 6 蛋白质  | 70.4 | $g/L$   | 60-80     |
| 7 蛋白质  | 43.9 | $g/L$   | 35-55     |
| 8 蛋白质  | 28.7 | $g/L$   | 20-30     |
| 9 蛋白质  | 1.6  | $g/L$   | 1.5-2.3   |
| 10 蛋白质 | 161  | $g/L$   | 318-340   |
| 11 蛋白质 | 66   | $g/L$   | 25-200    |
| 12 蛋白质 | 0.32 | $mol/L$ | 0.1-1     |
| 13 蛋白质 | 4.27 | $mol/L$ | 3.6-5.18  |
| 14 蛋白质 | 1.37 | $mol/L$ | 1.0-1.6   |
| 15 蛋白质 | 1.48 | $mol/L$ | 0.3-36    |
| 16 蛋白质 | 4.94 | $mol/L$ | 3.61-6.11 |

注册日期: 2002-09-18 发布日期: 2002-09-18

图 1-14 体检的一些指标用物质的量浓度表示 ( $1\text{ mmol/L} = 10^{-3}\text{ mol/L}$ )

① B 表示各种溶质。

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

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

## 二、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  $mol \cdot L^{-1}$ ）。如果  $1\text{ L}$  溶液中含有  $1\text{ mol}$  溶质，这种溶液中溶质的物质的量浓度就是  $1\text{ mol/L}$ 。

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  $500\text{ mL } 0.1\text{ mol/L } NaOH$  溶液需要  $NaOH$  的质量是多少？

解：  $500\text{ mL } 0.1\text{ mol/L } NaOH$  溶液中  $NaOH$  的物质的量为：

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

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。



图 1-15 几种规格的容量瓶

### 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 1-16），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。轻轻晃动容量瓶，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。

<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。



图 1-16 向容量瓶中转移溶液

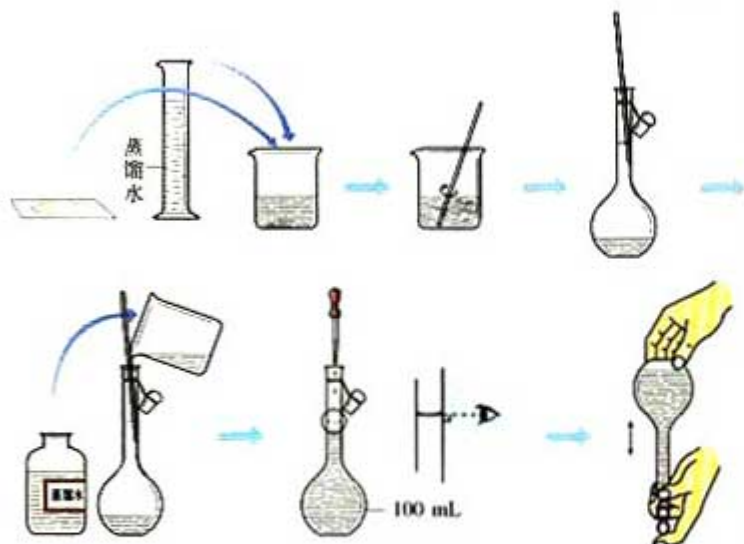


图 1-17 配制一定物质的量浓度的溶液过程示意图

## 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？
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. 配制 250 mL 1.0 mol/L  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液，需要 18 mol/L  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液的体积是多少？
2. 正常人体中，血液中葡萄糖（简称血糖，相对分子质量为 180）的浓度在 3.61~6.11 mmol/L 之间。测得某人 1 mL 血液中含有葡萄糖 1 mg，他（她）的血糖正常吗？
3. 某同学用容量瓶配制溶液时，加水超过了刻度线，就倒出一些，又重新加水至刻度线。你认为这种做法对吗？这样做会造成什么结果？

## 归纳与整理

### 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：

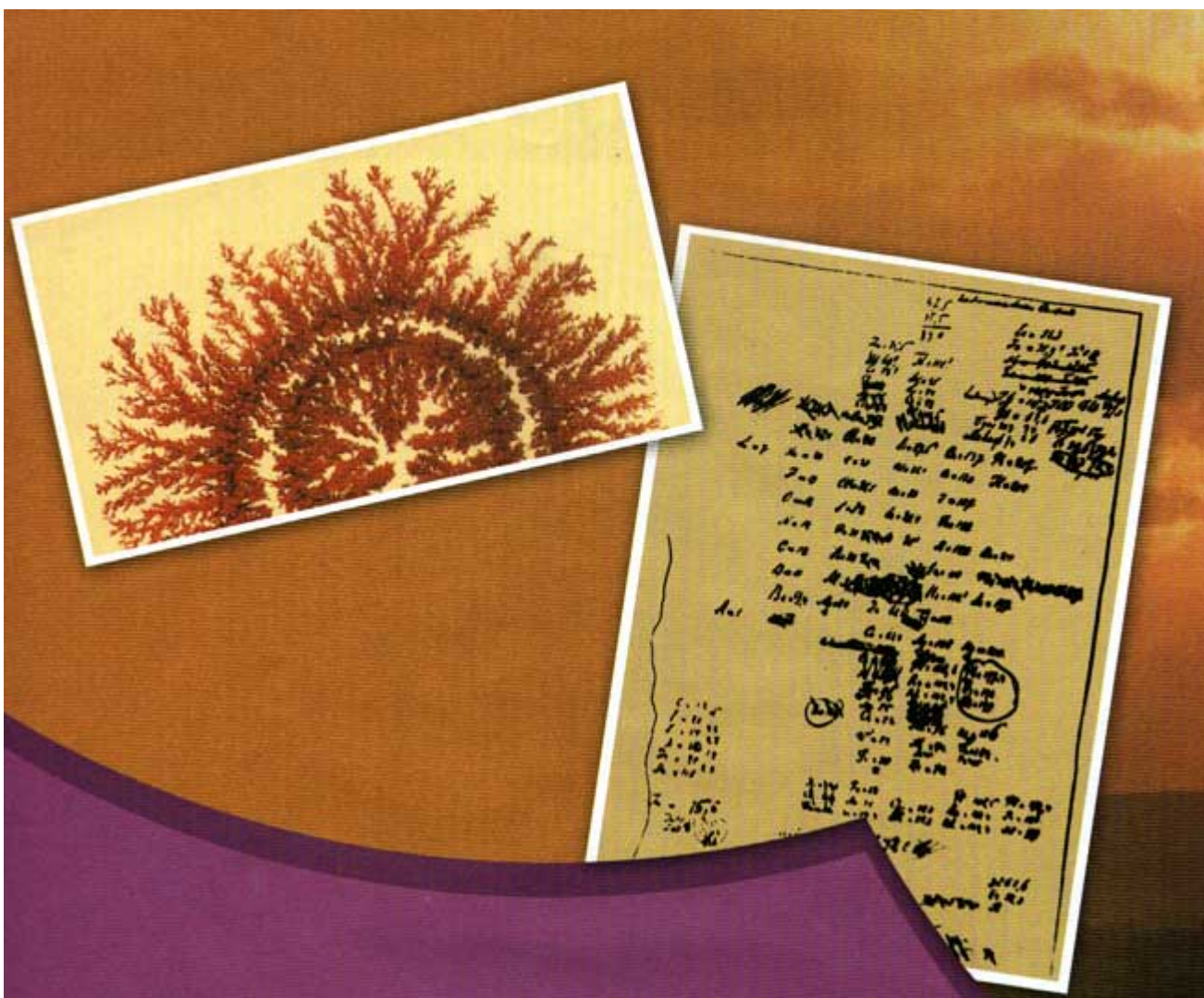
$$n = \frac{m}{M}$$

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：

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

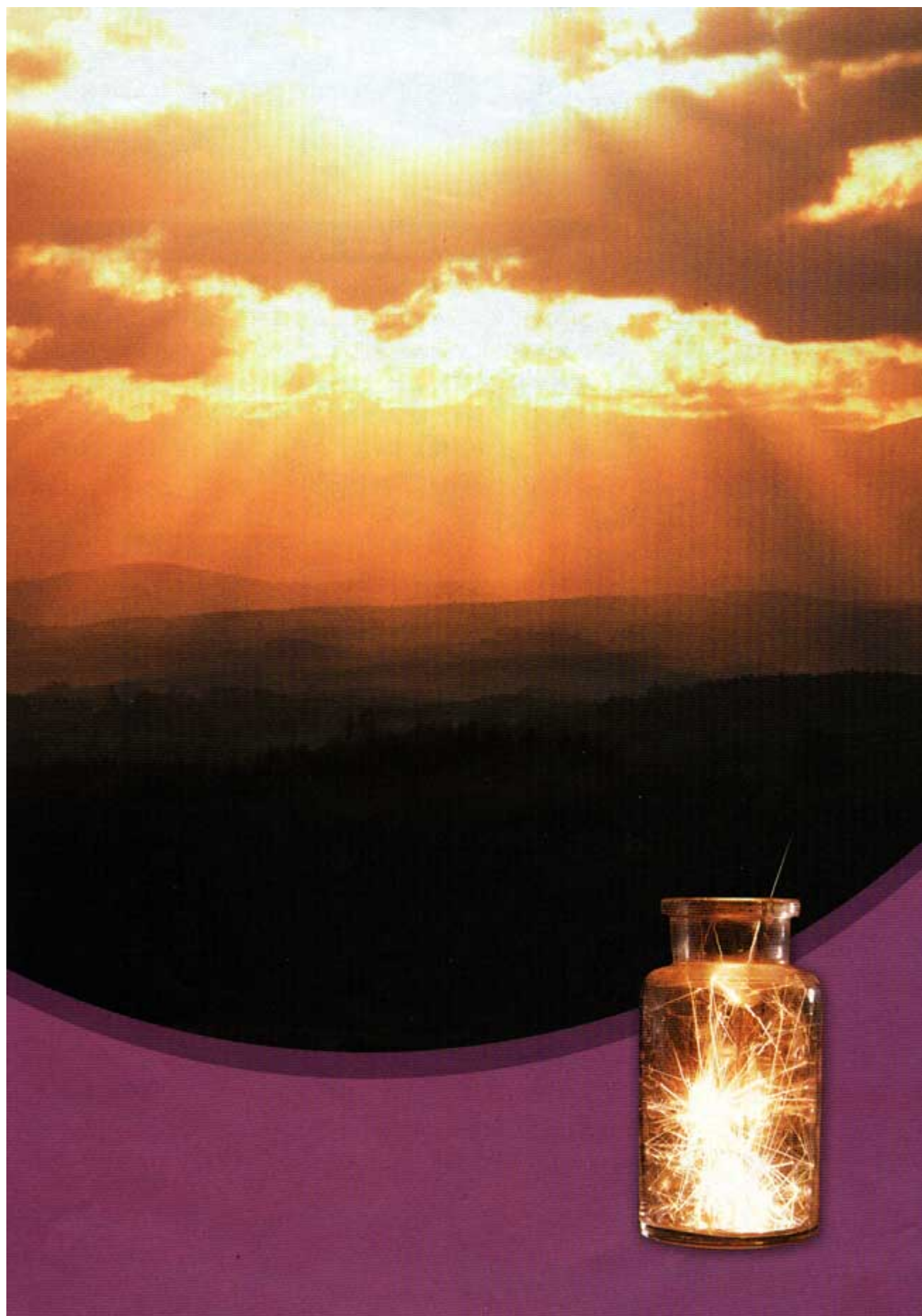


## 第二章

# 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2 000万种，人类社会正是在化学的平台上构筑起现代物质文明。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了呢？

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。当从新的角度探究时，我们可以学习化学物质的新知识，认识物质之间的新变化，获得科学探究的新体会。



# 1

## 物质的分类

### 一、简单分类法及其应用

图书馆或图书大厦里有许许多多的书籍，为什么你能够很快就找到你需要的书？大超市里有成千上万种商品，为什么你能够迅速挑出你需要的商品？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。

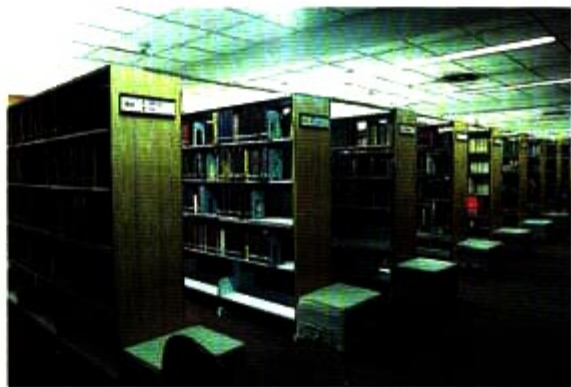


图 2-1 图书馆中陈列的图书

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。

### 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。



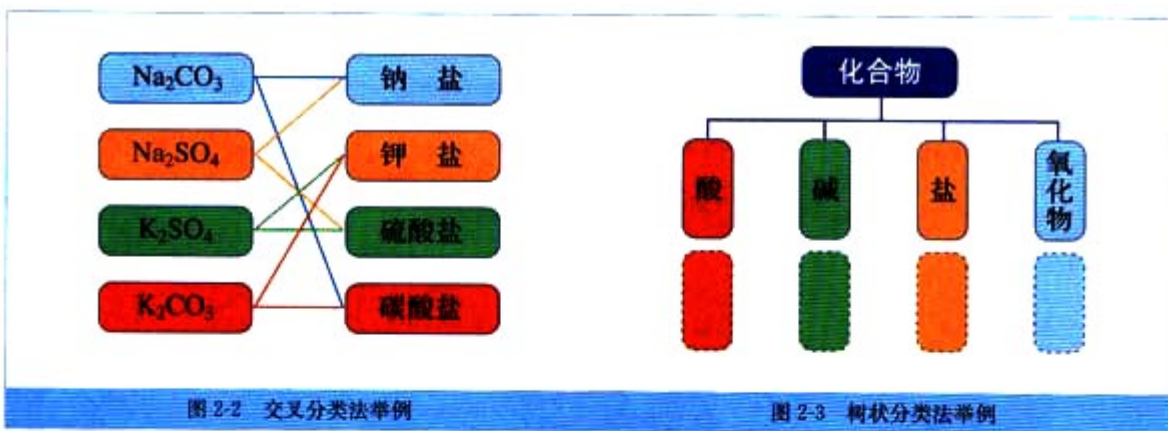
3. 我国战国时期的诸子百家中有一位名家——公孙龙，他曾提出“白马非马”<sup>①</sup>的论断。从分类的角度来看，你认为这种说法有合理之处吗？

<sup>①</sup> 公孙龙学派的著名辩论命题。

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）。

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。



### 实践活动

1. 请在图 2-3 的虚线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. 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？

分散系  
dispersion system

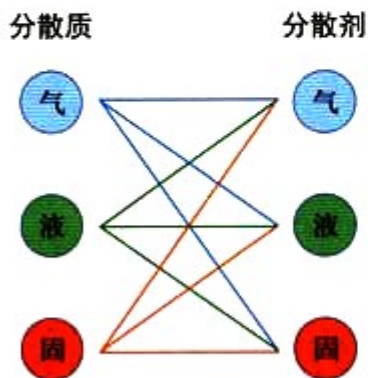


图 2-4 9 种分散系

胶体 colloid



图 2-5 豆浆是一种胶体

## 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

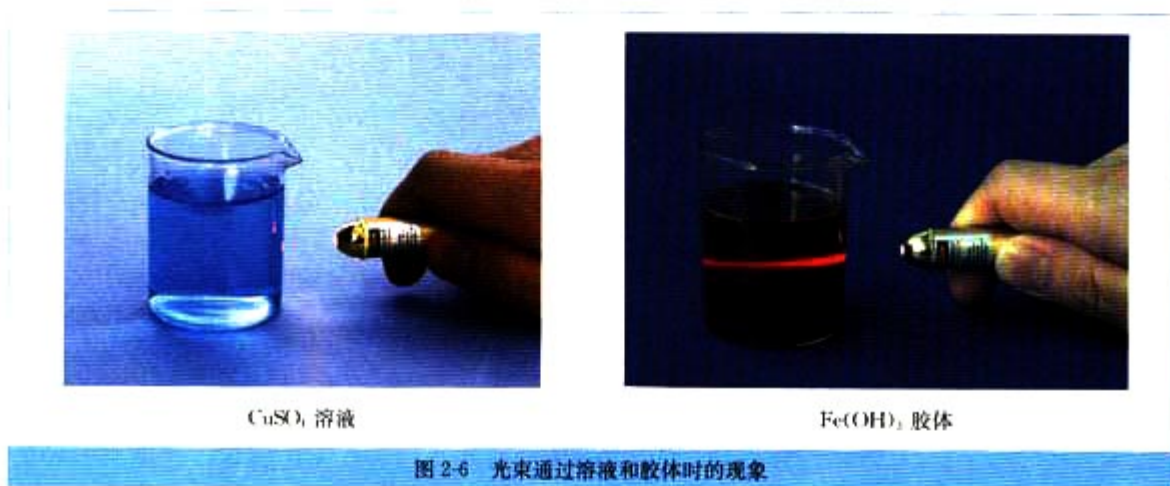
1. 取三个小烧杯,分别加入 25 mL 蒸馏水、25 mL  $\text{CuSO}_4$  溶液和 25 mL 泥水。将烧杯中的蒸馏水加热至沸腾,向沸水中逐滴加入 1~2 mL  $\text{FeCl}_3$  饱和溶液。继续煮沸至溶液呈红褐色,停止加热。观察制得的  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  胶体,并与  $\text{CuSO}_4$  溶液和泥水比较。

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。

|                             | 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                          |        |



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，当阳光从窗隙射入暗室，或者光线透过树叶间的缝隙射入密林中时，可以观察到了达尔效应；放电影时，放映室射到银幕上的光柱的形成也是丁达尔效应。

丁达尔效应 Tyndall effect

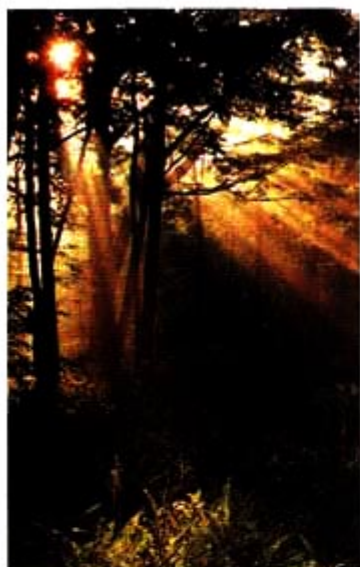


图 2-7 树林中的丁达尔效应



图 2-8 电影放映时的丁达尔效应

### 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 1 nm，散射极其微弱。所以，光束通过胶体时产生丁达尔效应，而通过溶液时则没有这种现象。

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。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。

人们有时还需要将胶体粒子转变为悬浮粒子，这就要破坏胶体的介稳性。中和胶体粒子的电性是常用方法之一。例如，使用静电除尘器除去空气或工厂废气中的飘尘以及微细的固体颗粒物，用石膏使豆浆变成豆腐，用明矾净水等。

<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。

## 习 题

1. 根据物质的组成和性质，可以将化学物质分成哪几类？每类物质具有哪些主要的化学性质？这种分类采取了哪种分类方法？
2. 对于混合物，你还能从哪些角度对它们进行分类？请举出几个实例。
3. 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。
4. 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  |         |      |    |

5. 如何区分胶体与溶液？
6. 用明矾净水时，如果明矾偏少，净水效果不好；如果明矾过多，会导致哪些问题呢？（请查阅有关资料。）

# 2

## 离子反应

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

电解质 electrolyte  
电离 ionization

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**。

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，由于水分子的作用而减弱了氯化钠晶体中钠离子( $\text{Na}^+$ )与氯离子( $\text{Cl}^-$ )之间的静电作用力，使氯化钠晶体电离并形成了能够自由移动的水合钠离子和水合氯离子。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）：

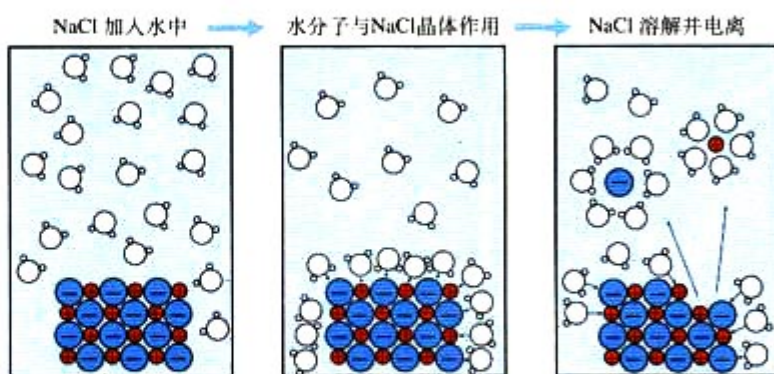


图 2-9 NaCl 在水中的溶解和电离示意图

$\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  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。

① 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，易被水分子吸引生成水合氢离子，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>。

## 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必然有离子参加，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 5 mL CuSO <sub>4</sub> 溶液的试管里加入 5 mL 稀 NaCl 溶液。            | 溶液仍为蓝色。 |
| 2. 向盛有 5 mL CuSO <sub>4</sub> 溶液的试管里加入 5 mL BaCl <sub>2</sub> 溶液。 | 产生白色沉淀。 |

实际上，CuSO<sub>4</sub> 溶液与稀 NaCl 溶液并没有发生化学反应，只是 CuSO<sub>4</sub> 电离出来的 Cu<sup>2+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 与 NaCl 电离出来的 Na<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup> 的混合。而 CuSO<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。



我们来分析一下这个反应：

CuSO<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：



图 2-10 向 CuSO<sub>4</sub> 溶液里加入稀 NaCl 溶液

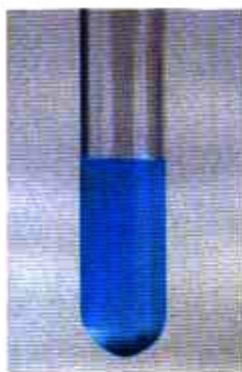


图 2-11 向 CuSO<sub>4</sub> 溶液里加入 BaCl<sub>2</sub> 溶液

离子方程式 ionic equation



当 CuSO<sub>4</sub> 溶液与 BaCl<sub>2</sub> 溶液混合时，Cu<sup>2+</sup> 和 Cl<sup>-</sup> 之间没有发生化学反应；而 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 与 Ba<sup>2+</sup> 之间则发生了化学反应，生成难溶的 BaSO<sub>4</sub> 白色沉淀。所以，CuSO<sub>4</sub> 溶液与 BaCl<sub>2</sub> 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。

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   |
|--|---|
| NaOH + HCl = NaCl + H <sub>2</sub> O   | H <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup> = H <sub>2</sub> O |
| KOH + HCl = KCl + H <sub>2</sub> O   | H <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup> = H <sub>2</sub> O |
| 2NaOH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 2H <sub>2</sub> O | H <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup> = H <sub>2</sub> O |
| 2KOH + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> = K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 2H <sub>2</sub> O   | H <sup>+</sup> + OH <sup>-</sup> = H <sub>2</sub> O |

上面的四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 H<sup>+</sup> 与由碱电离出来的 OH<sup>-</sup> 结合生成了 H<sub>2</sub>O。离子方程式跟一般的化学方程式不同，它不仅可以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。

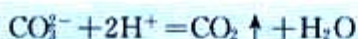
实验 2-2

1. 向盛有 5 mL Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液的试管里加入 5 mL BaCl<sub>2</sub> 溶液，观察溶液的变化。
2. 向盛有 5 mL Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液的试管里加入 5 mL 盐酸，在试管口迅速套一个气球，观察实验现象。
3. 向盛有 5 mL 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。

上述反应的离子方程式为：







初中所学的酸、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、化合物组成的分析和鉴定，以及消除水中污染物等方面都有重要的意义。请你举出几个具体实例，并与同学交流。

## 习题

- 在\_\_\_\_\_中或在\_\_\_\_\_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\_\_\_\_\_。
- 下列物质中，不属于电解质的是（ ）。
 

A. NaOH      B. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>      C. 蔗糖      D. NaCl
- 下列物质中，能够导电的是（ ）。
 

A. CO<sub>2</sub>      B. 稀盐酸      C. 蔗糖      D. CuSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O
- 下列各组中的离子，能在溶液中大量共存的是（ ）。
 

A. K<sup>+</sup>、H<sup>+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、OH<sup>-</sup>      B. Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>  
 C. Na<sup>+</sup>、H<sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>      D. Na<sup>+</sup>、Cu<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>
- 在下列化学方程式中，不能用离子方程式 Ba<sup>2+</sup> + SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = BaSO<sub>4</sub> ↓ 表示的是（ ）。
 

A. Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = BaSO<sub>4</sub> ↓ + 2HNO<sub>3</sub>  
 B. BaCl<sub>2</sub> + Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = BaSO<sub>4</sub> ↓ + 2NaCl  
 C. BaCO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = BaSO<sub>4</sub> ↓ + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> ↑  
 D. BaCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = BaSO<sub>4</sub> ↓ + 2HCl
- 金属能够导电，金属是电解质吗？电解质溶液导电与金属导电有什么不同？

# 3

## 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是分别独立进行的吗？

氧化反应 oxidation reaction

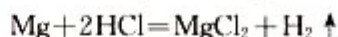
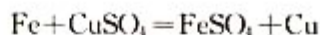
还原反应 reduction reaction

在初中化学中，我们曾经学过木炭能够还原氧化铜。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。



### 思考与交流

1. 请分析下列反应中各种元素的化合价在反应前后有无变化，如何变化。



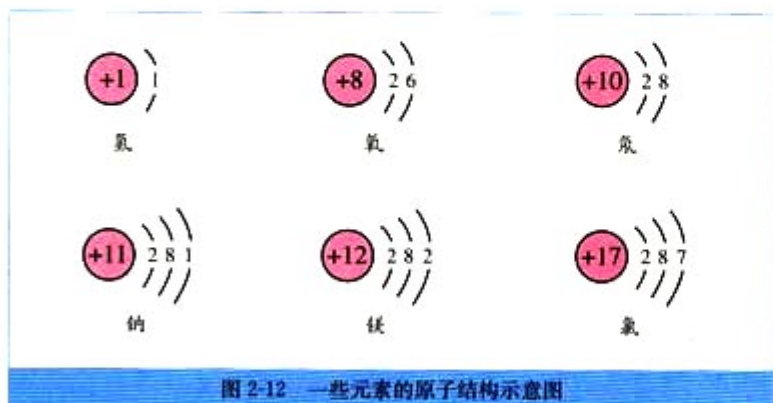
2. 是否只有得氧、失氧的反应才是氧化还原反应？

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，以上分析的这些反应都属于这一类。另一类是元素的化合价没有变化的反应，例如：



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。

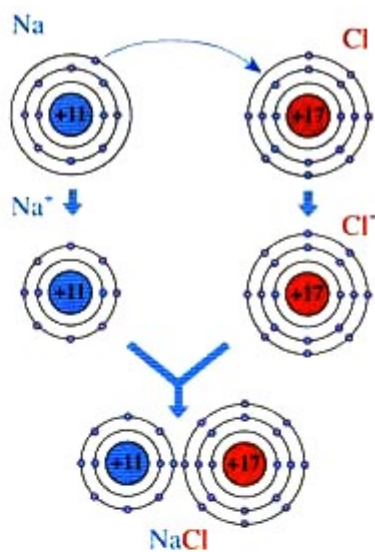
化学反应的实质是原子之间的重新组合。原子核外电子的运动情况，对物质的化学反应有着非常大的影响。从原子结构来看，原子核外的电子是分层排布的（如图 2-12），最外层电子与化学反应有密切的关系。因此，要想深刻地揭示氧化还原反应的本质，还需要从微观的角度来认识电子转移与氧化还原反应的关系。



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。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，金属钠是还原剂，氯气是氧化剂。

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得电子的难易程度相差不大。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



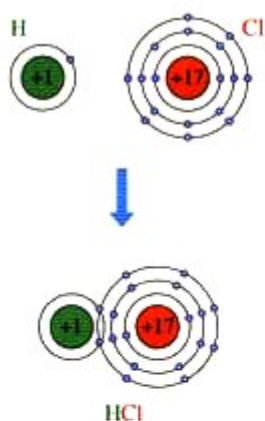


图 2-14 氯化氢分子形成示意图

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，只发生了共用电子对的偏移，氢气是还原剂，氯气是氧化剂。

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。所谓氧化反应，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；所谓还原反应，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。



图 2-15 燃料的燃烧是氧化还原反应

氧化还原反应在生产、生活中有着广泛的应用。例如，金属的冶炼、电镀、燃料的燃烧等。但并不是所有的氧化还原反应都能造福于人类，有些氧化还原反应会给人类带来危害。例如，易燃物的自燃、食物的腐败、钢铁的锈蚀等。因此，我们应该学会科学、合理地运用化学知识，趋利避害，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

- 在木炭还原氧化铜的反应中，哪些元素的化合价发生了变化？发生了怎样的变化？
- 在下列反应中，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. $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$ |
- 在下列反应中，HCl 中氯元素的化合价发生变化的是（ ），HCl 中氢元素的化合价发生变化的是（ ）。
 

|   |  |
|---|--|
| 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. $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ |
- 氧化还原反应的实质是\_\_\_\_\_。元素的化合价升高，表明该元素的原子\_\_\_\_\_电子；元素的化合价降低，表明该元素的原子\_\_\_\_\_电子。
- 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。

## 归纳与整理

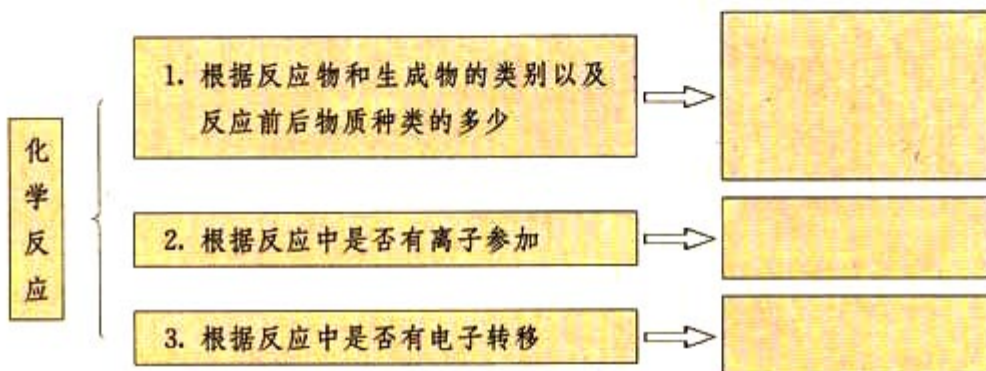
### 一、物质的分类

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。交叉分类和树状分类是常用的分类方法。

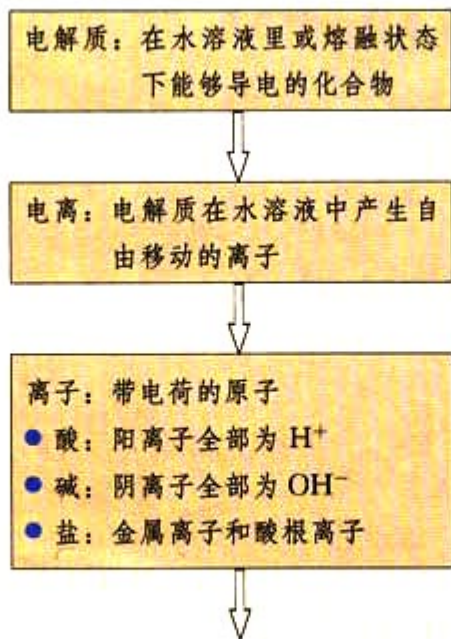
2. 胶体是一种常见的分散系，具有丁达尔效应。利用丁达尔效应可以区分胶体与溶液。

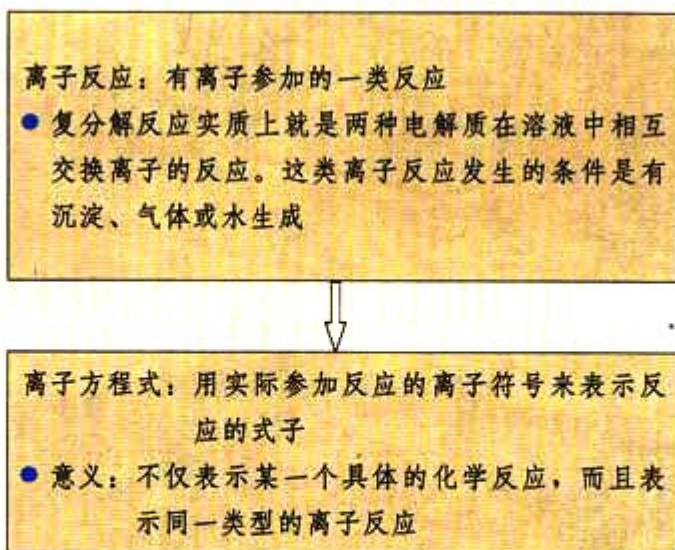
### 二、物质的化学变化

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。

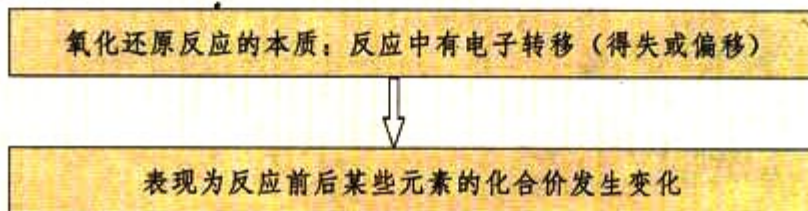


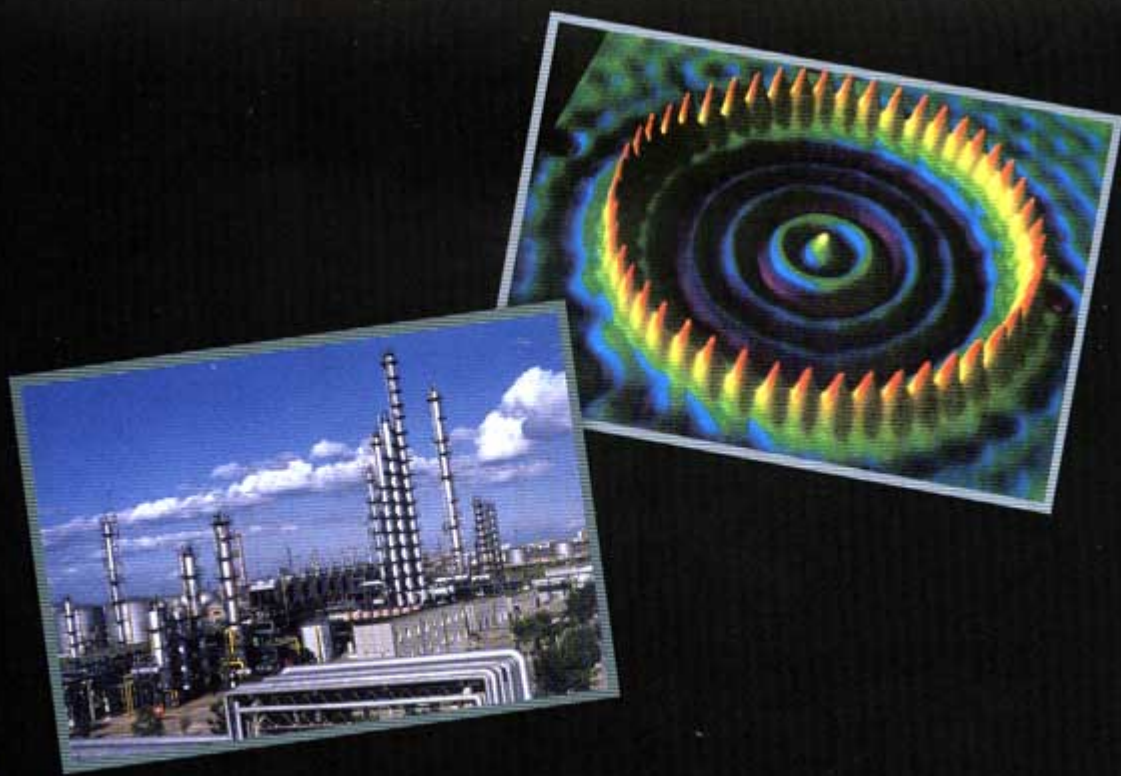
#### 2. 离子反应





### 3. 氧化还原反应





### 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。





# 1

## 金属的化学性质

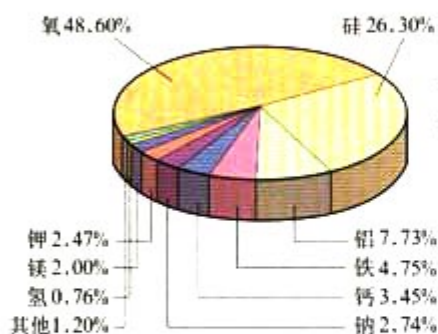


图 3-1 金属元素在地壳中的含量

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

金属有哪些共同的化学性质？

1. 举例说明金属能发生哪些化学反应。

2. 图 3-2 是一些化学反应的照片，请分析这些反应，并写出化学方程式。

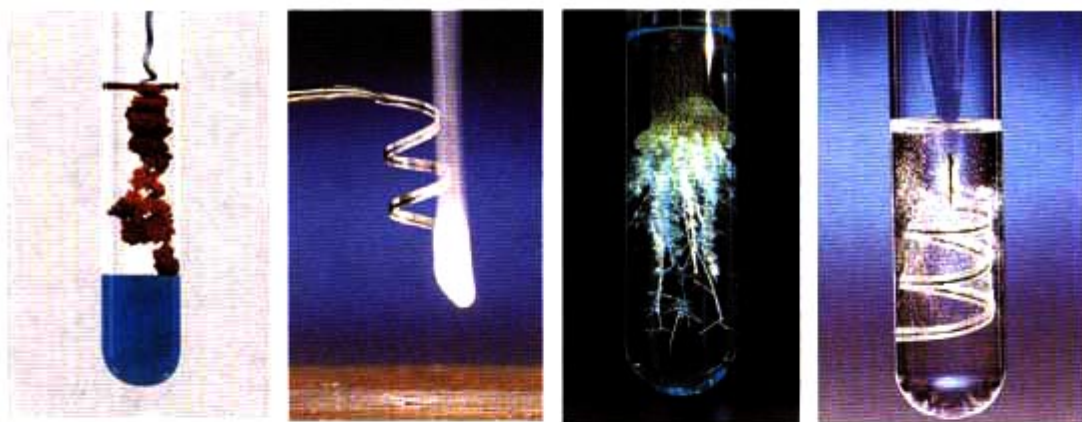


图 3-2 有关金属化学性质的一些实验

### 一、金属与氧气的反应

我们已经知道，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。要使金属与氧气反应，是否一定要加热呢？

### 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。那么，如果加热，钠又会发生什么变化呢？

### 实验 3-2

把这块钠放在坩埚上，加热，有什么现象？

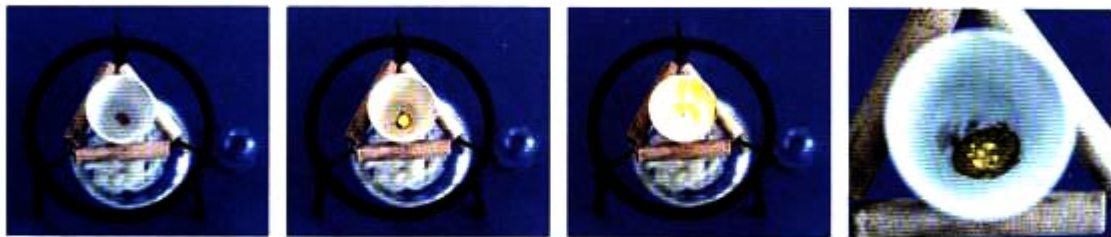


图 3-5 钠的燃烧

钠受热后，可以与氧气剧烈反应，发出黄色火焰，生成一种淡黄色固体——过氧化钠 ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ )<sup>①</sup>。

<sup>①</sup> 这里指的是反应的主要产物，由于空气中还有其他成分，因此可能还有一些同时发生的其他反应。



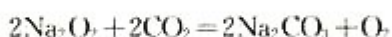
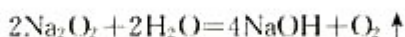
图 3-6 潜水艇



### 科学视野

#### 过氧化钠的特殊用途

过氧化钠可用于呼吸面具中作为氧气的来源，潜水艇在紧急情况时也可用过氧化钠来供氧。这是因为它不仅能与水起反应生成氧气，而且还能与二氧化碳反应生成氧气：



这样就可以使  $\text{CO}_2$  转变为  $\text{O}_2$ ，减少因缺氧而窒息的危险。

## 铝 aluminum



图 3-7 加热铝箔

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。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？

### 科学探究

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？

我们可以观察到，铝箔熔化，失去了光泽，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。构成薄膜的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的熔点（2 050 ℃）高于 Al 的熔点（660 ℃），包在铝的外面，所以熔化了液态铝不会滴落下来。

### 科学探究

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？

熔化的铝仍不滴落。原来，铝很活泼，磨去原来的氧化膜后，在空气中又会很快地生成一层新的氧化膜。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。

### ● 资料卡片

#### 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。

## 二、金属与水的反应

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？

请尽可能多地列出你所观察到的实验现象：

|  |
|--|
|  |
|  |
|  |
|  |
|  |

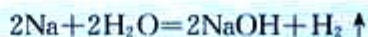
### 提示



- 注意钠与溶液的变化
- 有没有气体产生
- 反应是否放出热量



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。

### 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 3-9 所示的装置，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。

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

画出你设计的装置简图：



### 铁 iron

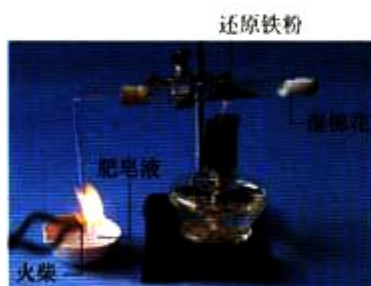


图 3-9 铁粉与水蒸气反应

① g 代表气态，s 代表固态，l 代表液态。

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

我们曾做过铝与稀盐酸反应的实验，反应后生成氢气。能与酸反应是活泼和较活泼金属的通性，但铝还有一个很特殊的性质，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。

#### 实践活动

1. 请你利用原有的知识，并结合在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。



图 3-10 铝与盐酸和氢氧化钠溶液反应

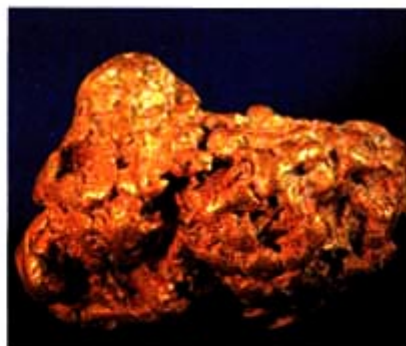


图 3-11 金在自然界中以游离态存在

## 科学视野

### 未来金属——钛

#### 钛 titanium

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



- 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。
- 下列关于钠的叙述中，不正确的是（ ）。
  - 钠燃烧时发出黄色的火焰
  - 钠燃烧时生成氧化钠
  - 钠有很强的还原性
  - 钠原子的最外层只有一个电子
- 下列关于铝的叙述中，不正确的是（ ）。
  - 铝是地壳里含量最多的金属元素
  - 在常温下，铝不能与氧气反应
  - 铝是一种比较活泼的金属
  - 在化学反应中，铝容易失去电子，是还原剂
- 写出下列反应的化学方程式。
  - 铁粉与水蒸气的反应。
  - 铝与盐酸、氢氧化钠溶液的反应。



5. 1 kg 镁和 1 kg 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： $2.70 \text{ g/cm}^3$ 。）

6. 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。）

7. 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。

# 2

## 几种重要的金属化合物

多数金属单质容易转化为化合物。金属氧化物、氢氧化物、含有金属元素的盐都属于金属化合物，但它们的组成不同。组成的微小变化，会引起性质上的巨大差异。例如，氧化铝、氢氧化铝、铝盐虽然都含有铝元素，但因组成不同而性质不同；氧化钠、氧化铝、氧化铁，虽然都是氧化物，但由于组成氧化物的金属元素不同，其性质也不同。

氧化物 oxide

### 一、氧化物

自然界中的金属有很多是以含金属氧化物的矿物的形式存在的，如铝土矿(主要成分是  $\text{Al}_2\text{O}_3$ )和赤铁矿(主要成分是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )等。

多数金属氧化物不溶于水，只有少数金属氧化物能与水反应，生成可溶或微溶的碱。例如：



多数不溶于水的金属氧化物可与酸反应，生成盐和水。

#### 实验 3-5

在三支分别装有少量  $\text{MgO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuO}$  粉末的试管中加入盐酸，振荡。观察现象。

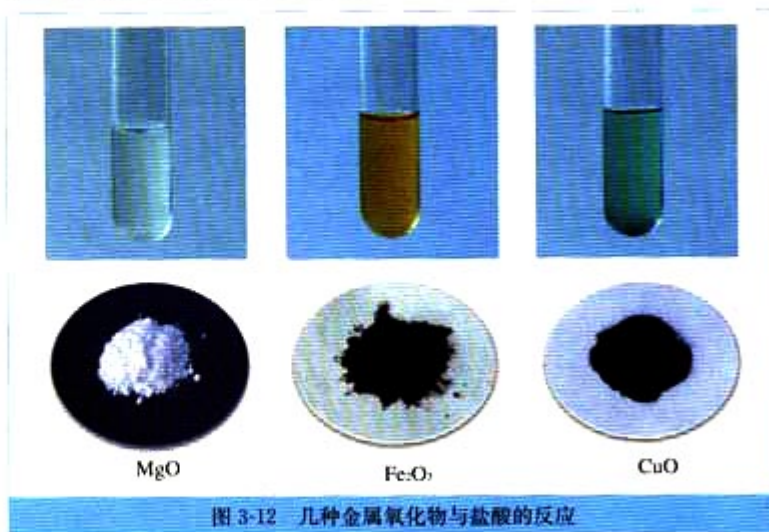
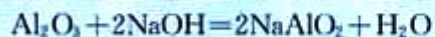


图 3-12 几种金属氧化物与盐酸的反应

这三种氧化物都能溶于盐酸，生成金属氯化物和水。

| 反应物                            | 溶液的颜色 | 化学方程式 |
|--------------------------------|-------|-------|
| MgO                            |       |       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |       |       |
| CuO                            |       |       |

新制成的氧化铝除了能与酸反应外，还有一个特殊的性质——能与氢氧化钠溶液反应，生成偏铝酸钠和水。因此，氧化铝是一种两性氧化物。



金属氧化物除可作为冶炼金属的原料外，还有着广泛的用途。例如，氧化铁是一种红棕色的粉末（俗称铁红），常用于制造红色油漆和涂料；氧化铝是一种白色难熔的物质，是一种较好的耐火材料，常用于制造耐火坩埚和耐火管等；氧化铜呈黑色，可作为制造铜盐的原料；氧化亚铜呈红色，可作为制造玻璃、搪瓷的红色颜料等。

### 学与问

钠表面的氧化物和铝的氧化膜都是金属氧化物，它们的外观形态和性质相同吗？对内层金属的保护作用一样吗？

## 二、氢氧化物

在常见的金属氢氧化物中，除了 NaOH、KOH、Ba(OH)<sub>2</sub> 等几种碱易溶于水，Ca(OH)<sub>2</sub> 微溶于水外，多数都不溶于水，但可溶于酸。

### 1. 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 3-6

在两支试管里分别加入少量 FeCl<sub>3</sub> 和 FeSO<sub>4</sub> 溶液，然后滴入 NaOH 溶液。观察并描述发生的现象。

两性氧化物  
amphoteric oxide



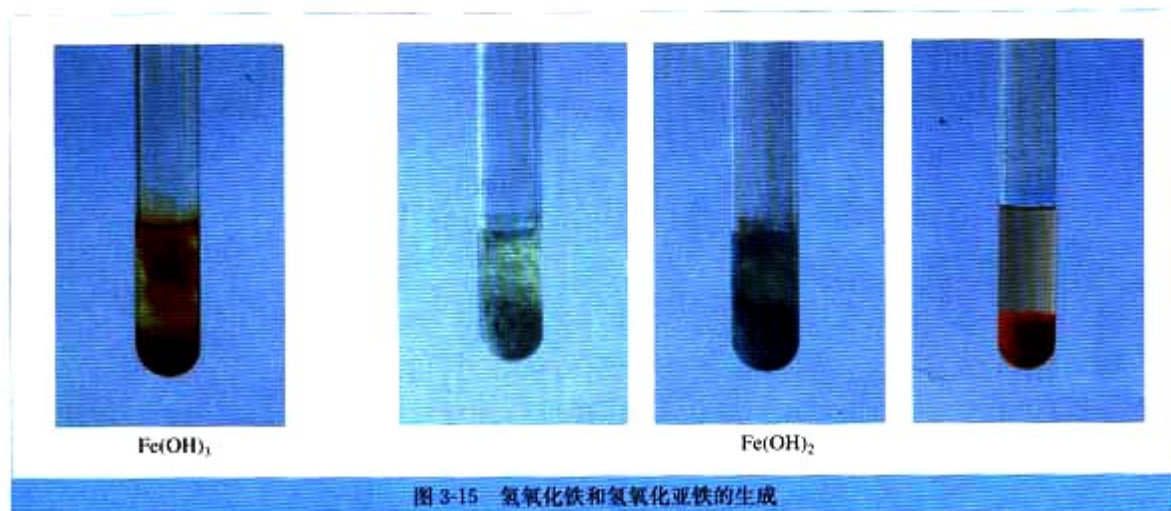
图 3-13 氧化铁可作外墙涂料



图 3-14 漂亮的彩色玻璃中含有氧化亚铜

氢氧化物 hydroxide

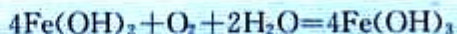
|           | FeCl <sub>3</sub> 溶液 | FeSO <sub>4</sub> 溶液 |
|-----------|----------------------|----------------------|
| 加 NaOH 溶液 |                      |                      |
| 化学方程式     |                      |                      |



① 氢氧化亚铁是由+2价铁离子和氢氧根组成的碱。

氢氧化铁  
iron(III) hydroxide  
氢氧化亚铁  
iron(II) hydroxide

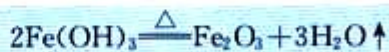
为什么在 FeSO<sub>4</sub> 溶液中加入 NaOH 溶液时，生成的灰白色沉淀迅速变成灰绿色，最后变成红褐色呢？这是因为白色的氢氧化亚铁[Fe(OH)<sub>2</sub>]①被空气里的氧气氧化成了红褐色的氢氧化铁[Fe(OH)<sub>3</sub>]，反应的化学方程式分别为：



### 学与问

Fe(OH)<sub>2</sub> 和 Fe(OH)<sub>3</sub> 都是不溶性碱，你能写出它们与酸反应的化学方程式吗？

加热 Fe(OH)<sub>3</sub> 时，它能失去水生成红棕色的 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粉末。

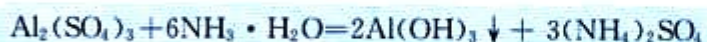


## 2. 氢氧化铝

### 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。



$\text{Al}(\text{OH})_3$  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。



## 三、盐

### 1. 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

氢氧化铝

aluminum hydroxide

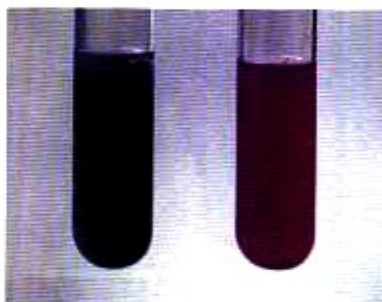


图 3-16 氢氧化铝能吸附色素

两性氢氧化物

amphoteric hydroxide

( $\text{NaHCO}_3$ ) 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

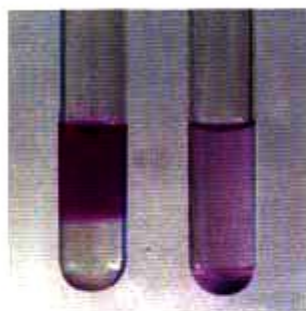


图 3-17 碳酸钠、碳酸氢钠溶解于水

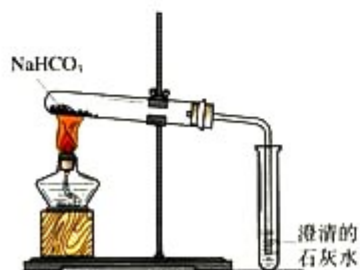


图 3-18 鉴别碳酸钠和碳酸氢钠

(1)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  在水中的溶解性

① 在两支试管里分别加入少量  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  和  $\text{NaHCO}_3$  (各约 1 g), 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 |                          |                  |

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

如图 3-18 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。请同学们讨论并进行总结。

① 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  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  三种。

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, 这就是它们被作为食用碱的原因。

● 资料卡片

硫酸铝钾[KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>]

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(KAl(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> · 12H<sub>2</sub>O)俗名明矾。明矾是无色晶体，可溶于水，在天然水中生成 Al(OH)<sub>3</sub> (胶体)，Al(OH)<sub>3</sub> 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 3-19 明矾晶体

2. 三价铁的氧化性

科学探究

铁盐和亚铁盐的一些性质

(1) Fe<sup>3+</sup> 离子的检验

在 2 支试管里分别加入 5 mL FeCl<sub>2</sub> 溶液和 5 mL FeCl<sub>3</sub> 溶液，各滴入几滴 KSCN 溶液。观察现象并记录。

|                      | 滴入 KSCN 溶液 |
|----------------------|------------|
| FeCl <sub>3</sub> 溶液 |            |
| FeCl <sub>2</sub> 溶液 |            |

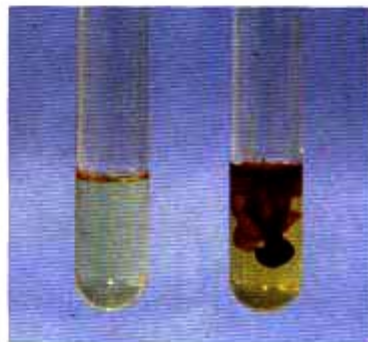


图 3-20 Fe<sup>3+</sup> 离子的检验

硫酸铁等含有 Fe<sup>3+</sup> 的盐溶液遇到 KSCN 溶液时变成红色，我们可以利用这一反应检验 Fe<sup>3+</sup> 的存在。

(2) Fe<sup>3+</sup> 离子的氧化性

在盛有 2 mL FeCl<sub>3</sub> 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 KSCN 溶液，观察并记录实验现象。再加入几滴氯水，又发生了什么变化？

| 加入         | 现象 | 反应的化学方程式  |
|------------|----|---|
| 铁粉，KSCN 溶液 |    | $2\text{FeCl}_3 + \text{Fe} = 3\text{FeCl}_2$   |
| 加入氯水，振荡    |    | $2\text{FeCl}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{FeCl}_3$ |

氧化还原反应的有关知识告诉我们，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。Fe<sup>3+</sup> 离子遇到较强的还原剂时，会被还原成 Fe<sup>2+</sup> 离子；而 Fe<sup>2+</sup> 离子

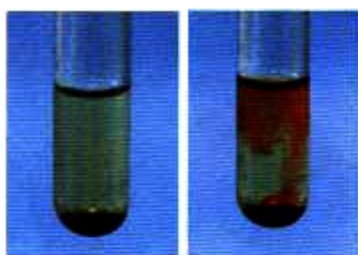


图 3-21  $\text{Fe}^{2+}$  离子的氧化性 (左),  $\text{Fe}^{2+}$  离子被氧化 (右)



图 3-22 出土的古代铜制品上往往覆盖着一层铜绿(主要成分是  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ )

在较强的氧化剂的作用下会被氧化成  $\text{Fe}^{3+}$  离子,  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{Fe}^{3+}$  在一定条件下是可以相互转变的。

### 资料卡片

#### 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。

### 科学探究

#### 铝盐和铁盐的净水作用

在没有自来水的边远地区, 井水、河水或池塘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三支试管中, 向其中两支试管中分别加入少量明矾、硫酸铁溶液, 振荡。把三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 |      |      |         |

### 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 3-9

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>①</sup>观察火焰的颜色。

<sup>①</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。

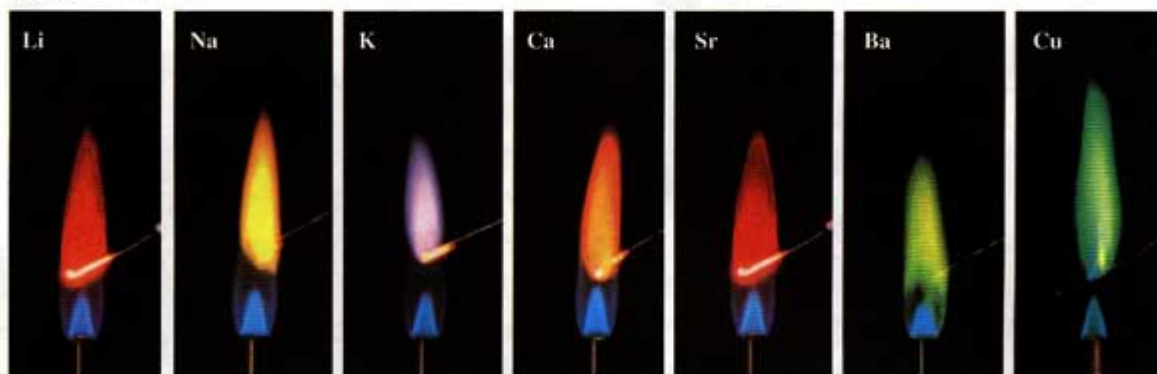


图 3-23 金属的焰色反应

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。



图 3-24 利用焰色反应可制成节日烟花

## 习 题

1.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  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。
2. 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\_\_\_\_\_。
3. 向下列各物质的水溶液中滴加稀硫酸或  $\text{MgCl}_2$  溶液时, 均有白色沉淀生成的是 ( )。
 

A.  $\text{BaCl}_2$       B.  $\text{Ba}(\text{OH})_2$       C.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$       D.  $\text{KOH}$
4. 为了检验某  $\text{FeCl}_2$  溶液是否变质, 可向溶液中加入 ( )。
 

A.  $\text{NaOH}$  溶液      B. 铁片      C.  $\text{KSCN}$  溶液      D. 石蕊溶液
5. 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  $\text{FeCl}_3$  溶液作为“腐蚀液”, 生成  $\text{CuCl}_2$  和  $\text{FeCl}_2$ 。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。
6. 试简述在  $\text{FeSO}_4$  溶液中加入  $\text{NaOH}$  溶液时的反应现象, 并写出有关反应的化学方程式。
7. 加热 33.6 g  $\text{NaHCO}_3$  到没有气体放出时, 剩余的物质是什么? 计算剩余物质的质量。
8. 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。

# 3

## 用途广泛的金属材料



图 3-25 合金的广泛应用

在生产和生活中，金属材料是非常重要的。环顾我们身边，很多物品都是由金属材料制成的。最简单的金属材料就是纯金属，而合金往往因为具有更优良的特性得到更加广泛的应用。

### 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质？
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，合金的硬度一般比它的各成分金属的大，多数合金的熔点一般也比它的各成分金属的低。使用不同的原料，改变原料的配比，改变生成合金的条件等，可以制得具有不同性能的合金。因此，合金在工业上具有比纯金属更广泛的用途。

#### 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

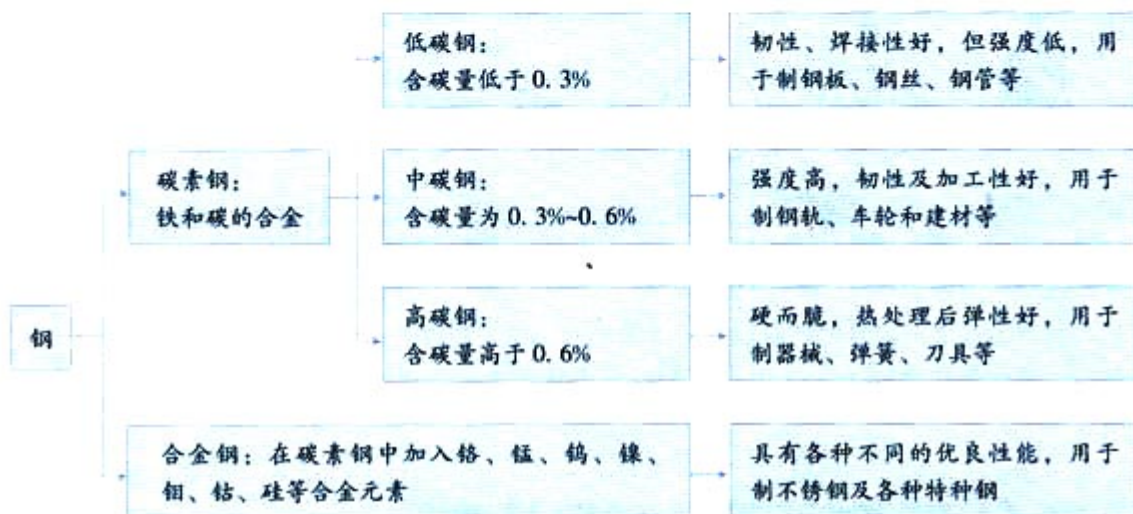


图 3-26 司母戊鼎是青铜制品

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，你能不能体会出合金元素的种类以及含量对合金的性质有极大的影响？



### 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. 合金的性质与成分有什么关系？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，合金的性质会不会改变？

2. 某种合金所具有的广泛用途，如铝合金、铁合金、铜合金等。

3. 某项设备（如自行车、汽车或火车）上使用了哪些纯金属？使用了哪些合金？

## 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，进行分析。你认为选用哪种材料比较好？说说你的理由。

### 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
- 饮料公司老板
- 售货员
- 消费者
- 环保局官员
- 回收公司人员
- .....

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
- .....

### 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）
- 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
- .....

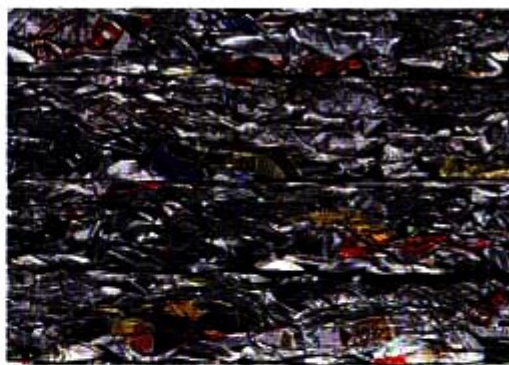


图 3-27 铝质饮料罐可回收利用

## 科学视野

### 用途广泛的稀土金属

在金属中，有一类具有独特性质的稀土元素，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、生产上有广泛的用途，被誉为新材料的宝库。我国拥有得天独厚的稀土资源，在现已查明的世界稀土资源中，80%分布在我国，并且品种齐全。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。

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、抗腐蚀性等。又如，稀土金属可用于制造引火合金、永磁材料、超导材料和发光材料等。因此，稀土金属除广泛应用在冶金、石油化工、荧光、电子材料、医药及农业等部门外，还逐渐深入到许多现代科学技术领域。

## 习 题



1. 某种金属能不能成为一种应用广泛的材料，取决于哪些因素？
2. 高压电缆有以下几种：铜线、铝线、钢芯铝线。试分析金属的哪些性质决定了它们可用于制造电缆。
3. 观察一些金属制品。这些制品是由哪些金属制成的？为什么能够使用这些金属制造？从中你能否体会选用材料的一些依据？
4. 你家中有哪些金属物品？它们各含有哪些金属？它们的使用寿命如何？失去使用价值的废旧金属制品是如何处理的？

## 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：

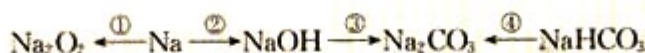
- 运用前面所学习的分类知识，尝试对所学的物质进行分类。
- 对具体物质的回忆、归纳与小结：
  - 物理性质（包括颜色、状态、硬度、水溶性、熔点，有什么特殊性质等）；
  - 化学性质（能与哪些物质发生反应，反应条件，生成物等）；
  - 组成上有什么特点，组成与性质的关系等。
- 体会化学物质和化学反应的多样性。
- 体会化学实验和科学探究对学习化学的重要作用。

### 一、金属及其化合物的化学性质

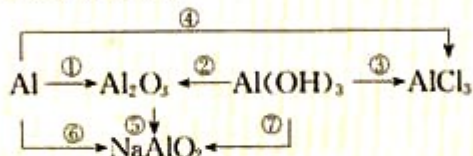
金属原子的最外层电子数较少，在参加化学反应时，最外层电子容易失去，因而常常表现出一定的还原性。请按以下线索归纳、整理金属及其化合物的化学性质，填写表中的空白，并用化学方程式表示下列反应。

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

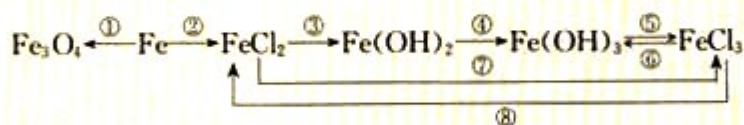
#### 1. 钠及其重要化合物之间的转化关系



#### 2. 铝及其重要化合物之间的转化关系



#### 3. 铁及其重要化合物之间的转化关系



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



## 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。





# 1

## 无机非金属材料的主角——硅

硅在地壳中的含量仅次于氧，为 26.3%。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。各种各样的硅酸盐和水、空气、阳光等一起构成了人类及其他地球生物生存的根基。从古至今，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

硅位于元素周期表第ⅣA 族碳的下方，碳和硅是该族最重要的两种元素，其原子的最外电子层均有 4 个电子，二者既相似又不同。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。硅的原子结构示意图为  $\begin{matrix} (+14) & & & & \\ & 2 & 8 & 4 & \\ & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \end{matrix}$ ，和碳一样，其原子既不易失去又不易得到电子，主要形成四价的化合物。

### 资料卡片

在 25 ℃ 和 101 kPa 的条件下，由单质生成 1 mol  $\text{CO}_2$  时放热 393.5 kJ；而在同样条件下，生成 1 mol  $\text{SiO}_2$  时放热 910.9 kJ。放热越多，其生成物通常越稳定，可见  $\text{SiO}_2$  比  $\text{CO}_2$  更容易生成，而且更稳定。

### 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  $\text{CO}_2$  通常为气态，通过光合作用进入以碳为骨架的有机世界。

### 1. 二氧化硅 (SiO<sub>2</sub>)

SiO<sub>2</sub> 是硅最重要的化合物。地球上存在的天然二氧化硅称为硅石，约占地壳质量的 12%，其存在形态有结晶形和无定形两种。

#### 科学视野

SiO<sub>2</sub> 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 跟 2 个 Si 相结合。实际上，SiO<sub>2</sub> 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 SiO<sub>2</sub> 来表示二氧化硅的组成。[SiO<sub>4</sub>]四面体不仅存在于 SiO<sub>2</sub> 晶体中，而且存在于所有硅酸盐矿石中，构成了多姿多彩的硅酸盐世界的基本骨架。

二氧化硅 silicon dioxide

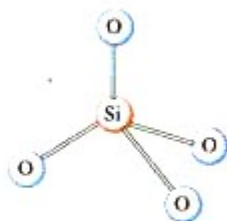


图 4-2 [SiO<sub>4</sub>]四面体结构

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。

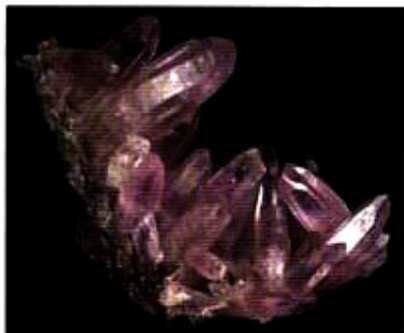


图 4-3 水晶

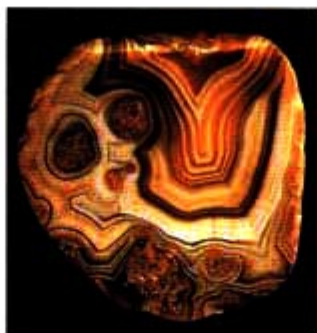


图 4-4 玛瑙

SiO<sub>2</sub> 的网状结构决定了它具有优良的物理和化学性质，加上 SiO<sub>2</sub> 在自然界的广泛存在，从古到今都被人类广泛地应用着。



图 4-5 SiO<sub>2</sub> 的用途

### 思考与交流

根据 SiO<sub>2</sub> 的存在和应用，请你分析以下问题：SiO<sub>2</sub> 具有哪些物理性质？化学稳定性如何？你的根据是什么？SiO<sub>2</sub> 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：\_\_\_\_\_



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

SiO<sub>2</sub> 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 SiO<sub>2</sub>，所以可以用 HF 来刻蚀玻璃。

SiO<sub>2</sub> 是酸性氧化物，它可能发生哪些化学反应？

SiO<sub>2</sub> 与碱性氧化物反应生成盐，例如：



SiO<sub>2</sub> 与强碱反应生成盐，例如：



① 硅酸有不同的组成，为了简便，我们用 H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 代表硅酸。

### 2. 硅酸 (H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>)<sup>①</sup>

硅酸是一种很弱的酸（酸性比碳酸还弱），溶解度很小。由于 SiO<sub>2</sub> 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 H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> 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就形成硅酸干胶，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。

### 实验 4-1

在试管中加入 3~5 mL 饱和  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  溶液，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。

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



图 4-7 硅胶常用作干燥剂

## 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。硅酸盐是一类结构复杂的物质，一般都不溶于水，化学性质很稳定。

最简单而又常用的硅酸盐是硅酸钠 ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )，其水溶液俗称水玻璃，可用作肥皂填料、木材防火剂及黏胶剂等。

硅酸盐 silicate

### 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，同时分别在酒精灯外焰点燃。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 |       |                                   |

由于 Al 与 Si 在元素周期表中位置相邻、离子大小相近， $Al^{3+}$  常或多或少地置换硅酸盐中的  $Si^{4+}$  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的丰富性和复杂性。硅酸盐岩石长期在水的侵蚀下，风化为黏土，并且形成土壤胶体（硅酸盐与硅酸相似，有形成胶体的性质）。土壤胶体因其表面积巨大且一般带负电，能吸收  $NH_4^+$ 、 $K^+$  等数十种生物所需的营养离子，所以土壤具有保肥能力。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。

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，它们成为最重要的无机非金属材料。



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。

### 科学视野

### 新型陶瓷

我们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。它们都是经高温烧结而成，具有优良的性能。受传统陶瓷的启发，人们在继承的基础上发展创新，研制出组成各异、性能独特的新型陶瓷。

- 高温结构陶瓷，又称工程陶瓷。这类陶瓷具有耐高温、耐氧化、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、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 4-9 新型陶瓷制成的人造骨等

### 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形式表示其组成。例如：

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

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

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

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（ $\text{SiC}$ ，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 $-60 \sim 250\text{ }^\circ\text{C}$ 仍能保持良好的弹性，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。



图 4-10 既耐高温又耐低温的硅橡胶制品

硅 silicon



图 4-11 单晶硅

### 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，单质硅有晶体和无定形两种。晶体硅的结构类似于金刚石，是带有金属光泽的灰黑色固体，熔点高（1 410 ℃）、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。正是由于这一性质和它的来源极其丰富，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 m<sup>2</sup>。所以，半导体晶体管及芯片的出现，促进了信息技术革命。

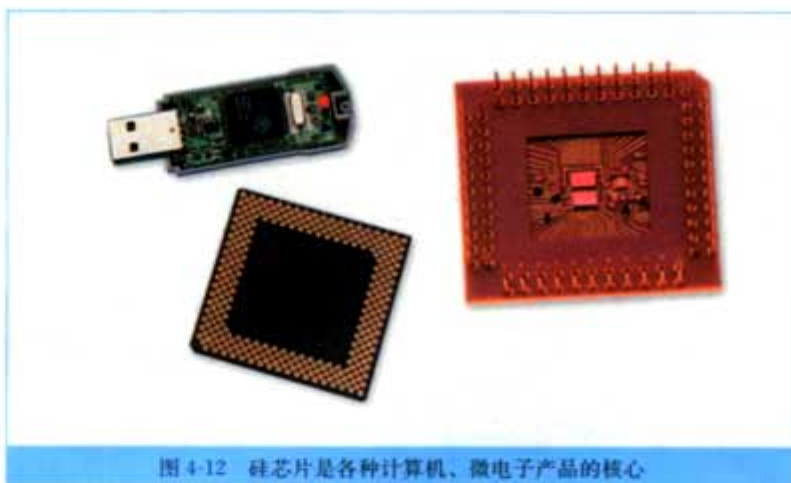


图 4-12 硅芯片是各种计算机、微电子产品的核心



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 |      |      |

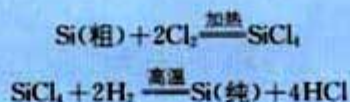
3. 硅晶体有何特性？主要应用在哪些方面？

4. 硅单质是从它的氧化物中提取出来的，主要的化学反应如下：

粗硅的制取：



粗硅转变为纯硅（常用方法）：



根据以上反应，回答下列问题。

- (1) 在制粗硅的反应中，焦炭的作用是\_\_\_\_\_。
- (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？

5. 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。

## 2

# 富集在海水中的元素——氯

盐类虽然很多，但可食用的却很少。以 NaCl 为主要成分的食盐，由于人体生理的需要，至今仍是人类惟一必需的食用盐。食盐中的氯元素(Cl)是最重要的“成盐元素”，它主要以 NaCl 的形式存在于海水和陆地的盐矿中。据探测，全球海洋中平均含盐 3% 左右，主要为 NaCl，以及  $MgCl_2$ 、 $MgSO_4$  等盐类，致使海水既咸又苦，不能直接饮用。但海洋是包括 NaCl 在内的巨大的资源宝库。

氯元素位于元素周期表中第三周期第ⅦA族，其原子结构

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

### 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。

氯气 chlorine

## 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  $MnO_2$ ）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，使人十分难受。舍勒对这种气体进行了研究，但他受当时流行的错误学说的影响，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”。



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

### 思考与交流

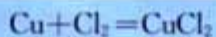
阅读科学史话“氯气的发现和确认”，并思考：

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。跟其他气体一样，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。

### 实验 4-3

在空气中点燃  $\text{H}_2$ ，然后把导管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。

### 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？



图 4-15 闻气体时的正确操作



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

## 学与问

你是否偶尔碰到过这样的情形：打开自来水龙头，会闻到一股刺激性的气味。你想过这是什么原因吗？

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：



### 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  $\text{NaOH}$  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：



$\text{NaClO}$  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  $\text{HClO}$  稳定得多。

与  $\text{Cl}_2$  和  $\text{NaOH}$  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（一般含有效氯约 35%）。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（一般含有效氯约 70%）。

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。

任何事物都有两面性，化学技术和化学品也不例外。氯气和含氯化合物广泛应用于生产和生活中，造福于人类，但如果使用不当或误用甚至滥用，也会给人类带来严重后果。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，生成的物质如三氯甲烷( $\text{CHCl}_3$ )等可能是潜在的致癌物。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。科学技术就是在实践和探索中不断发展进步的。

## 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                   |        | 解释或化学方程式 |
|-----------------------------|------------------------|--------|----------|
|                             | 加入 $\text{AgNO}_3$ 溶液后 | 加入稀硝酸后 |          |
| 稀盐酸                         |                        |        |          |
| 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，都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）。

氟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？



图 4-18 飞机播撒  $\text{AgI}$  可达到人工降雨的目的

## 习 题

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化学方程式填入下表。

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

3. 将氯气通入石灰水中所得到的溶液也是一种常用的漂白液。类比  $\text{Cl}_2$  与  $\text{NaOH}$  溶液的反应，写出氯气与澄清石灰水反应的化学方程式：

4. 漂白粉或漂粉精的有效成分是\_\_\_\_\_，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？

5. 漂白粉或漂粉精中次氯酸钙  $[\text{Ca}(\text{ClO})_2]$  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，你认为购置漂白粉或漂粉精时应注意哪些问题。

6. 氯气有毒，在进行有关氯气的实验时，你认为应注意哪些问题。

7. 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

8. 下列说法中错误的是（ ）。

- A. 燃烧一定有发光现象  
B. 燃烧一定是氧化还原反应

C. 燃烧一定要有氧气参加

D. 燃烧一定要放出热量

9. 如何鉴别某溶液中是否含有  $\text{Cl}^-$ ?

10.  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  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  $\text{KBr}$  溶液和  $\text{KI}$  溶液中：

---

(2) 将溴水滴入  $\text{KI}$  溶液中：

---

11. 碳酸钠俗名纯碱或苏打，在外观上与食盐相似，可作家用洗涤剂，如清洗厨房用具的油污等。请你通过尽可能多的方法区别厨房用的食盐与碳酸钠，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。）

12. 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。



# 3

## 硫和氮的氧化物

每天，当你阅读报纸、收听广播或收看电视节目时，经常可以获得关于空气质量的信息。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？空气中有多种物质，为什么要选择这两种污染物的指数来报告？它们有什么危害？

硫 sulphur  
 二氧化硫 sulphur dioxide  
 二氧化氮 nitrogen dioxide

| 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 | III1   | 轻度污染   |
| 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 | III1   | 轻度污染   |

图 4-19 空气质量日报

### 一、二氧化硫

硫（俗称硫黄）是一种黄色粉末，在空气中燃烧生成二氧化硫(SO<sub>2</sub>)。



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

把盛有二氧化硫气体的试管倒立在水中，在水面下打开胶



图 4-20 硫粉

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？

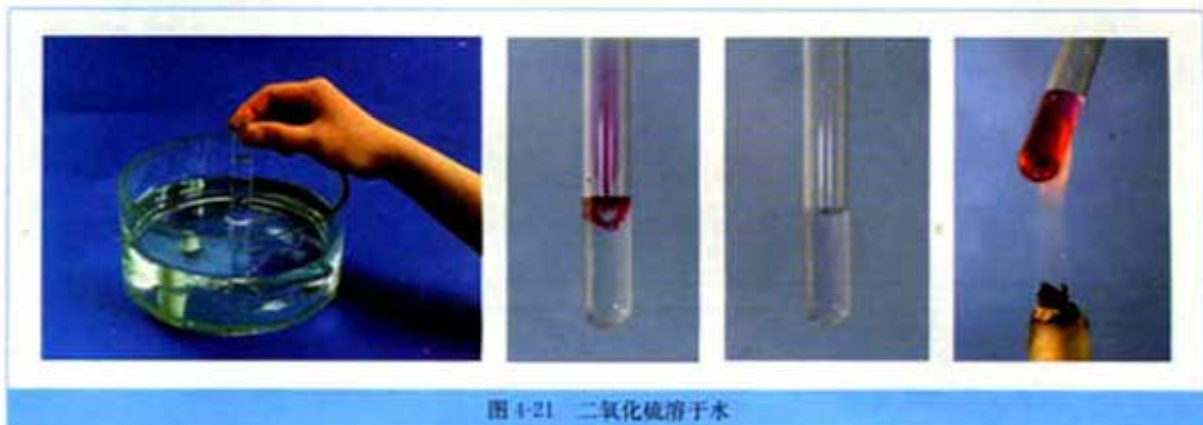
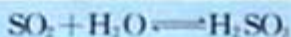


图 4-21 二氧化硫溶于水

二氧化硫溶于水时生成亚硫酸( $\text{H}_2\text{SO}_3$ )，因此溶液显酸性。亚硫酸不稳定，容易分解成水和二氧化硫，因此二氧化硫溶于水的反应是一个可逆反应，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？

### 资料卡片

#### $\text{SO}_2$ 的漂白作用

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跟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、二氧化氮和一氧化氮

### 科学视野

#### 信使分子——NO

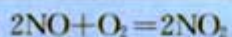
1998年的诺贝尔生理学或医学奖颁发给三位医学教授，虽然他们获得的是医学奖，但获奖的主要研究成果却与化学有极大的关系。他们发现，NO在人体的血管系统内具有传送信号的功能。NO能让体内某部位的信号传送到另一个部位。例如，血管接受到扩张的信号后，血压就会降低。这项发现已应用于开发治疗心血管疾病的药物。

NO一向被视为大气污染物，令人们没有想到的是，这种简单的、普通的分子竟然在生命过程中有如此重要的功能。这是否能给人们一些有益的启示呢？

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、不溶于水的一氧化氮(NO)。此外，在高温时氮气也能与氧气反应生成一氧化氮。

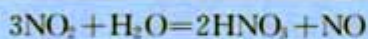


一氧化氮很容易在常温下与空气中的氧气化合，生成二氧化氮(NO<sub>2</sub>)。



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。

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制取硝酸。



### 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。

氮气 nitrogen

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



图 4-22 化学反应放出的能量把火箭送入太空

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( $C_2H_8N_2$ )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:



### 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。正常雨水由于溶解了二氧化碳, 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。

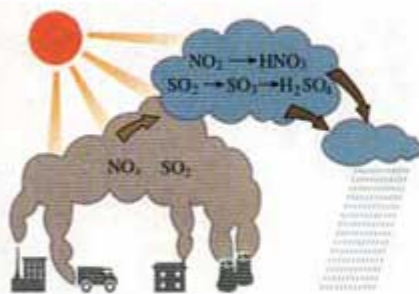


图 4-23 酸雨的形成

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话题之一。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。例如，二氧化硫在适当的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(SO<sub>3</sub>)，三氧化硫与水反应生成硫酸，工业上利用这一原理来生产硫酸。



图4-24 酸雨对森林的破坏

### 资料卡片

#### 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。

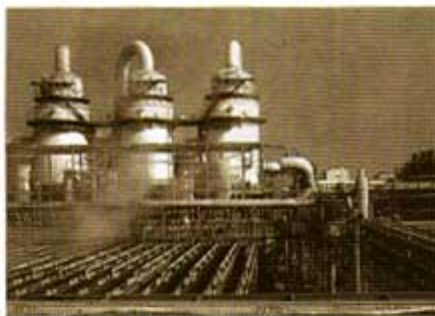


图4-25 江西铜业公司贵溪冶炼厂硫酸车间利用炼钢时产生的二氧化硫生产硫酸，变废为宝，化害为利

### 实践活动

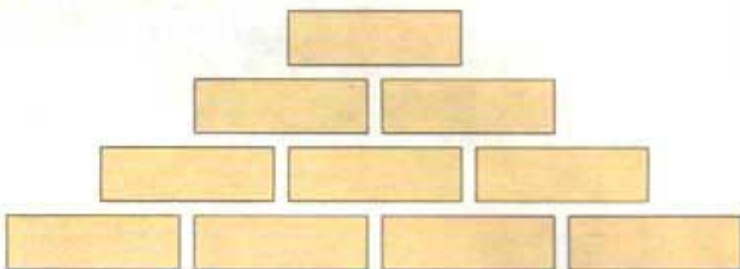
#### 分析空气污染的成因

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  $2\text{ cm} \times 6\text{ cm}$  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 条你们认为主要的造成空气污染的原因。
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）。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。

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。

<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。



图 4-26 用酸度计测量水样的酸度

### 实践活动

#### 雨水 pH 的测定

1. 收集一些雨水，静置，观察雨水的外观与蒸馏水或自来水有什么不同。
2. 用 pH 试纸测酸度（或练习使用 pH 计测定）并记录。
3. 连续测一段时间（如一周），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。

## 习 题



1. 在通常情况下， $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_2$  是有\_\_\_气味、\_\_\_毒的\_\_\_，溶于水后生成的溶液可以使蓝色石蕊试纸\_\_\_。 $\text{SO}_2$  是\_\_\_色的气体， $\text{NO}_2$  是\_\_\_色的。
2. 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.  $\text{SO}_2$
3. 下列气体中，不能用排空气法收集的是（ ）。  
A.  $\text{H}_2$                       B.  $\text{CO}_2$                       C.  $\text{NO}$                       D.  $\text{O}_2$
4. 下列变化中，不属于化学变化的是（ ）。  
A.  $\text{SO}_2$  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
5. 与 3.2 g  $\text{SO}_2$  所含的氧原子数相等的  $\text{NO}_2$  的质量为（ ）。  
A. 3.2 g                      B. 4.6 g                      C. 6.4 g                      D. 2.3 g
6. 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。
7. 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，增进对酸雨的了解。

# 4

## 硫酸、硝酸和氨

### 思考与交流

硫酸 sulphuric acid

硝酸 nitric acid

(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？

### 一、硫酸和硝酸的氧化性

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。

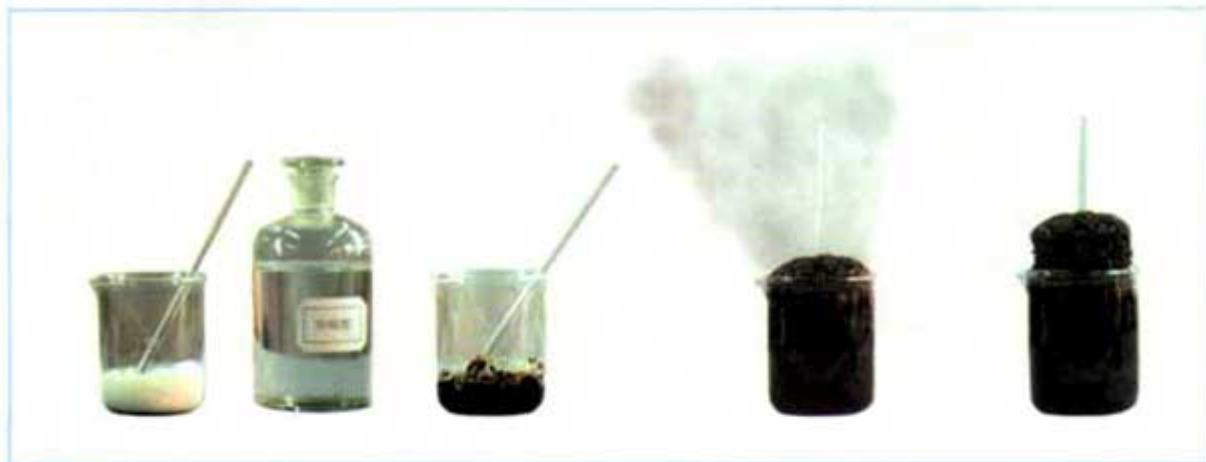


图 4-27 蔗糖中加入浓硫酸时，蔗糖变黑，体积膨胀，变成疏松多孔的海绵状的炭，并放出有刺激性气味的气体

初中化学告诉我们，浓硫酸具有很强的腐蚀性，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。



### 实验 4-8

在试管里加入 2 mL 浓硫酸，用带导管和一个小孔的胶塞塞紧，从孔中插入一根铜丝，加热。把放出的气体通入品红溶液或紫色石蕊溶液中。观察反应现象。拔出铜丝，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 4-28 浓硫酸与铜反应

从上面的实验可以知道，浓硫酸与铜的反应不是置换反应。反应除生成该金属的硫酸盐外，还有二氧化硫和水。



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，木炭就被氧化成二氧化碳，而硫酸被还原为二氧化硫。

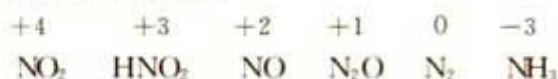


硝酸也能发生类似的反应。例如，浓硝酸和稀硝酸都能与铜发生反应。



图 4-29 反应生成硫酸铜溶液

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的化合物。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、铝的容器来盛装冷的浓硫酸或冷的浓硝酸。这是因为它们的表面被氧化为牢固的氧化物薄膜，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 4-30 硫酸的用途

氨 ammonia  
氨水 ammonia water

## 二、氨

### 实验 4-9

如图 4-31，在干燥的圆底烧瓶里充满氨气，用带有玻璃管和滴管（滴管里预先吸入水）的塞子塞紧瓶口。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。

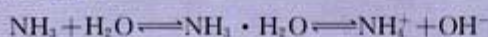


图 4-31 氨溶于水的喷泉实验

### 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。



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



图 4-32 氨与氯化氢的反应



图 4-33 加热氯化铵和氢氧化钙的混合物制取氨

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。

### 思考与交流

分析图 4-34，结合以下提示讨论。

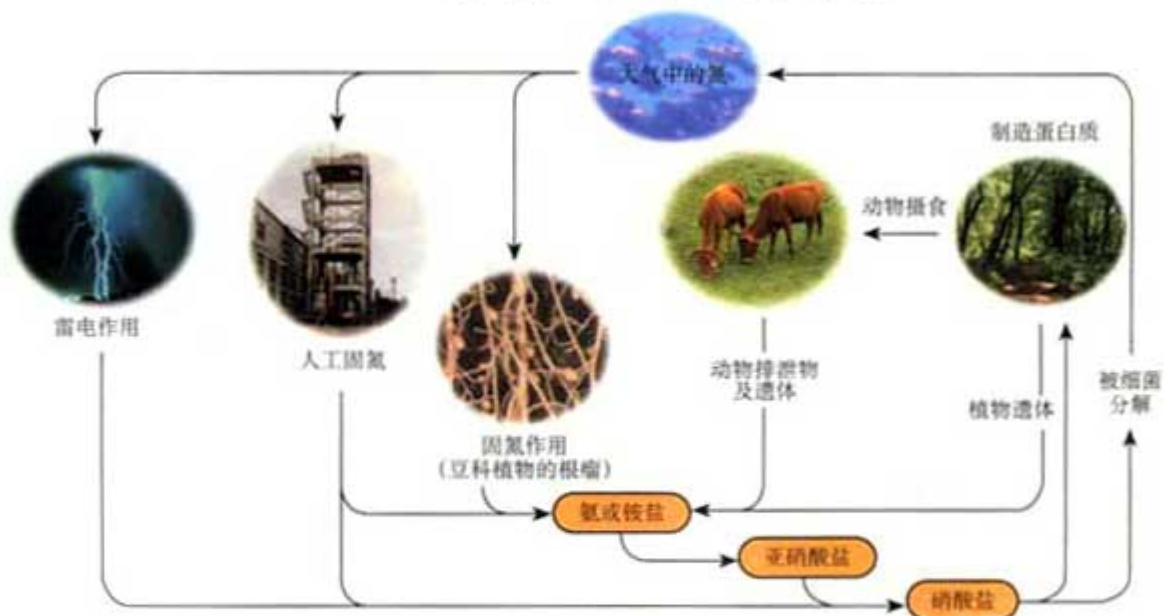


图 4-34 自然界中氮的循环

- 氮在自然界中主要以哪些形式存在？
- 有哪类生物能直接吸收含氮的化合物？
- 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<sup>①</sup>的途径？
- 简单描述氮在自然界的循环过程。

① 把空气中游离态的氮转变为氮的化合物的方法，叫做氮的固定 (fixation of nitrogen)。

## 习 题

1. 氨气是\_\_\_色、有\_\_\_性气味的气体，\_\_\_溶于水。氨气的密度比空气的密度\_\_\_，液态氨在汽化时\_\_\_热，利用这一性质，液氨常用作\_\_\_。

2. 氮元素能形成不同价态的化合物，请尽可能多地写出一些不同价态含氮化合物的化学式。

3. 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.  $NO$

4. 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

5. 浓硫酸和稀硫酸中的溶质都是  $H_2SO_4$ ，但由于它们的浓度不同，具有一些不同的性质。请分别列举一些事实说明它们的性质，对能写出化学方程式的，请写出。这些性质又决定了它们的不同用途，请举例说明。建议设计一个表格，完成上述任务。

6. 在三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，写出所涉及反应的化学方程式。

7. 在两支试管中，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。

8. 在实验室中，常需要使用一些干燥的气体，方法是使气体通过干燥剂。选择干燥剂时应考虑哪些因素？干燥下列气体应选择哪些干燥剂？

$SO_2$      $NO$      $NH_3$

9. 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。

10. “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  $CuSO_4$  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)。

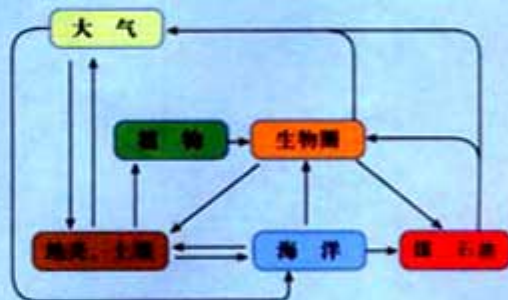


图 4-35 硫元素在自然界的循环

## 归纳与整理

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：\_\_\_\_\_

$\text{Si} \rightarrow \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3$   
 $\uparrow$   
 $\text{CaSiO}_3$
  
3. 硅酸盐
  - $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 
    - 制法：\_\_\_\_\_
    - 性质：\_\_\_\_\_
    - 用途：\_\_\_\_\_
  - 硅酸盐产品：\_\_\_\_\_

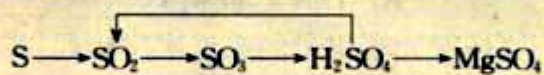
### 二、氯

1. 氯气
  - 物理性质：\_\_\_\_\_
  - 化学性质
    - 与  $\text{H}_2\text{O}$  反应
      - 化学方程式：\_\_\_\_\_
      - 用途：\_\_\_\_\_
    - 与碱反应
      - $\text{NaOH}$ 
        - 化学方程式：\_\_\_\_\_
        - 产物的用途：\_\_\_\_\_
      - $\text{Ca(OH)}_2$ 
        - 化学方程式：\_\_\_\_\_
        - 产物的用途：\_\_\_\_\_
    - 与金属反应
      - $\text{Na}$  化学方程式：\_\_\_\_\_
      - $\text{Fe}$  化学方程式：\_\_\_\_\_
      - $\text{Cu}$  化学方程式：\_\_\_\_\_

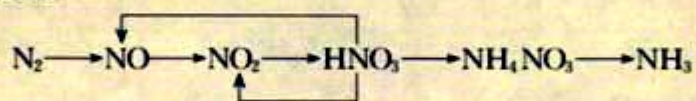
2.  $\text{Cl}^-$  的检验

- 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。

## 附录 I

相对原子质量表  
(按照元素符号的字母次序排列)

| 元素 |    | 相对原子质量          | 元素 |    | 相对原子质量        | 元素  |    | 相对原子质量        |
|----|----|-----------------|----|----|---------------|-----|----|---------------|
| 符号 | 名称 |                 | 符号 | 名称 |               | 符号  | 名称 |               |
| Ac | 锕  | [227]           | Ge | 锗  | 72.64(1)      | Pr  | 镨  | 140.907 65(2) |
| Ag | 银  | 107.868 2(2)    | H  | 氢  | 1.007 94(7)   | Pt  | 铂  | 195.078(2)    |
| Al | 铝  | 26.981 538(2)   | He | 氦  | 4.002 602(2)  | Pu  | 钷  | [244]         |
| Am | 镅  | [243]           | Hf | 铪  | 178.49(2)     | Ra  | 镭  | [226]         |
| Ar | 氩  | 39.948(1)       | Hg | 汞  | 200.59(2)     | Rb  | 铷  | 85.467 8(3)   |
| As | 砷  | 74.921 60(2)    | Ho | 钬  | 164.930 32(2) | Re  | 铼  | 186.207(1)    |
| At | 砹  | [210]           | Hs | 𨨲  | [277]         | Rf  | 钚  | [261]         |
| Au | 金  | 196.966 55(2)   | I  | 碘  | 126.904 47(3) | Rh  | 铑  | 102.905 50(2) |
| B  | 硼  | 10.811(7)       | In | 铟  | 114.818(3)    | Rn  | 氡  | [222]         |
| Ba | 钡  | 137.327(7)      | Ir | 铱  | 192.217(3)    | Ru  | 钌  | 101.07(2)     |
| Be | 铍  | 9.012 182(3)    | K  | 钾  | 39.098 3(1)   | S   | 硫  | 32.065(5)     |
| Bh | 鰐  | [264]           | Kr | 氪  | 83.798(2)     | Sb  | 锑  | 121.760(1)    |
| Bi | 铋  | 208.980 38(2)   | La | 镧  | 138.905 5(2)  | Se  | 硒  | 44.955 910(8) |
| Bk | 锫  | [247]           | Li | 锂  | 6.941(2)      | Sc  | 钪  | 78.96(3)      |
| Br | 溴  | 79.904(1)       | Lr | 𨨿  | [262]         | Sg  | 𨧀  | [266]         |
| C  | 碳  | 12.010 7(8)     | Lu | 镥  | 174.967(1)    | Si  | 硅  | 28.085 5(3)   |
| Ca | 钙  | 40.078(4)       | Md | 𨨻  | [258]         | Sm  | 钐  | 150.36(3)     |
| Cd | 镉  | 112.411(8)      | Mg | 镁  | 24.305 0(6)   | Sn  | 锡  | 118.710(7)    |
| Ce | 铈  | 140.116(1)      | Mn | 锰  | 54.938 049(9) | Sr  | 锶  | 87.62(1)      |
| Cf | 锎  | [251]           | Mo | 钼  | 95.94(2)      | Ta  | 钽  | 180.947 9(1)  |
| Cl | 氯  | 35.453(2)       | Mt | 𨨾  | [268]         | Tb  | 铽  | 158.925 34(2) |
| Cm | 锔  | [247]           | N  | 氮  | 14.006 7(2)   | Tc  | 锝  | [98]          |
| Co | 钴  | 58.933 200(9)   | Na | 钠  | 22.989 770(2) | Te  | 碲  | 127.60(3)     |
| Cr | 铬  | 51.996 1(6)     | Nb | 铌  | 92.906 38(2)  | Th  | 钍  | 232.038 1(1)  |
| Cs | 铯  | 132.905 45(2)   | Nd | 钕  | 144.24(3)     | Ti  | 钛  | 47.867(1)     |
| Cu | 铜  | 63.546(3)       | Ne | 氖  | 20.179 7(6)   | Tl  | 铊  | 204.383 3(2)  |
| Db | 𨨿  | [262]           | Ni | 镍  | 58.693 4(2)   | Tm  | 铥  | 168.934 21(2) |
| Dy | 镝  | 162.500(1)      | No | 𨨻  | [259]         | U   | 铀  | 238.028 91(3) |
| Er | 铒  | 167.259(3)      | Np | 镎  | [237]         | Uub |    | [285]         |
| Es | 𨨻  | [252]           | O  | 氧  | 15.999 4(3)   | Uun |    | [281]         |
| Eu | 铕  | 151.964(1)      | Os | 锇  | 190.23(3)     | Uuu |    | [272]         |
| F  | 氟  | 18.998 403 2(5) | P  | 磷  | 30.973 761(2) | V   | 钒  | 50.941 5(1)   |
| Fe | 铁  | 55.845(2)       | Pa | 镤  | 231.035 88(2) | W   | 钨  | 183.84(1)     |
| Fm | 𨨻  | [257]           | Pb | 铅  | 207.2(1)      | Xe  | 氙  | 131.293(6)    |
| Fr | 𨨻  | [223]           | Pd | 钯  | 106.42(1)     | Y   | 钇  | 88.905 85(2)  |
| Ga | 镓  | 69.723(1)       | Pm | 𨨻  | [145]         | Yb  | 镱  | 173.04(3)     |
| Gd | 钆  | 157.25(3)       | Po | 钋  | [209]         | 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(20 ℃)

| 阳离子 \ 阴离子                    | OH <sup>-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | Cl <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> |
|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| H <sup>+</sup>               |                 | 溶、挥                          | 溶、挥             | 溶                             | 溶、挥                           |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 溶、挥             | 溶                            | 溶               | 溶                             | 溶                             |
| K <sup>+</sup>               | 溶               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 溶                             |
| Na <sup>+</sup>              | 溶               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 溶                             |
| Ba <sup>2+</sup>             | 溶               | 溶                            | 溶               | 不                             | 不                             |
| Ca <sup>2+</sup>             | 微               | 溶                            | 溶               | 微                             | 不                             |
| Mg <sup>2+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 微                             |
| Al <sup>3+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | —                             |
| Mn <sup>2+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 不                             |
| Zn <sup>2+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 不                             |
| Fe <sup>2+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 不                             |
| Fe <sup>3+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | —                             |
| Cu <sup>2+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 不                             |
| Ag <sup>+</sup>              | —               | 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       |
|------|----------|------------|------|----------|-----------|
| Al   | 铝(lǚ)    | aluminum   | Ag   | 银(yín)   | silver    |
| Ar   | 氩(yà)    | argon      | Au   | 金(jīn)   | gold      |
| B    | 硼(péng)  | boron      | Ba   | 钡(bèi)   | barium    |
| Be   | 铍(pí)    | beryllium  | Br   | 溴(xiù)   | bromine   |
| C    | 碳(tàn)   | carbon     | Ca   | 钙(gài)   | calcium   |
| Cl   | 氯(lù)    | chlorine   | Co   | 钴(gǔ)    | cobalt    |
| Cr   | 铬(gè)    | chromium   | Cu   | 铜(tóng)  | copper    |
| F    | 氟(fú)    | fluorine   | Fe   | 铁(tiě)   | iron      |
| Ga   | 镓(jiā)   | gallium    | Ge   | 锗(zhě)   | germanium |
| H    | 氢(qīng)  | hydrogen   | He   | 氦(hài)   | helium    |
| Hg   | 汞(gǒng)  | mercury    | I    | 碘(diǎn)  | iodine    |
| K    | 钾(jiǎ)   | potassium  | Kr   | 氪(kè)    | krypton   |
| Li   | 锂(lǐ)    | lithium    | Mg   | 镁(měi)   | magnesium |
| Mn   | 锰(měng)  | manganese  | N    | 氮(dàn)   | nitrogen  |
| Na   | 钠(nà)    | sodium     | Ne   | 氖(nǎi)   | neon      |
| Ni   | 镍(niè)   | nickel     | O    | 氧(yǎng)  | oxygen    |
| P    | 磷(lín)   | phosphorus | Pb   | 铅(qiān)  | lead      |
| Pt   | 铂(bó)    | platinum   | Ra   | 镭(léi)   | radium    |
| Rn   | 氡(dōng)  | radon      | S    | 硫(liú)   | 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、袁行霈等同志。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：010-64016633 转 6234

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》启林馆/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、4-9《高等学校改订化学 IA》第一学习社/第三章篇章页铁、铜原子图《2002 科学发展报告》科学出版社/3-11《矿物珍品》地质出版社/4-24《Fundamentals of Chemistry》Prentice Hall

# 元素周期表

|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                           |                           |                         |                         |                         |                         |                         |                         |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1<br>IA                  | 2<br>IIA                 | 3<br>IIIB                | 4<br>IVB                 | 5<br>VB                  | 6<br>VIB                 | 7<br>VIIB                | 8<br>VIII                | 9<br>VIII                | 10<br>VIII               | 11<br>IB                  | 12<br>IIB                 | 13<br>IIIA              | 14<br>IVA               | 15<br>VA                | 16<br>VIA               | 17<br>VIIA              | 18<br>0                 |
| ${}^1_1\text{H}$         | ${}^4_2\text{He}$        | ${}^{21}_9\text{Sc}$     | ${}^{26}_{18}\text{Ti}$  | ${}^{23}_{11}\text{V}$   | ${}^{24}_{12}\text{Cr}$  | ${}^{25}_{13}\text{Mn}$  | ${}^{26}_{14}\text{Fe}$  | ${}^{27}_{15}\text{Co}$  | ${}^{28}_{16}\text{Ni}$  | ${}^{29}_{17}\text{Cu}$   | ${}^{30}_{18}\text{Zn}$   | ${}^{13}_{5}\text{B}$   | ${}^{14}_{6}\text{C}$   | ${}^{15}_{7}\text{N}$   | ${}^{16}_{8}\text{O}$   | ${}^{19}_{9}\text{F}$   | ${}^{20}_{10}\text{Ne}$ |
| ${}^{39}_{19}\text{K}$   | ${}^{40}_{20}\text{Ca}$  | ${}^{45}_{21}\text{Sc}$  | ${}^{50}_{22}\text{Ti}$  | ${}^{51}_{23}\text{V}$   | ${}^{52}_{24}\text{Cr}$  | ${}^{55}_{25}\text{Mn}$  | ${}^{56}_{26}\text{Fe}$  | ${}^{59}_{27}\text{Co}$  | ${}^{58}_{28}\text{Ni}$  | ${}^{63}_{29}\text{Cu}$   | ${}^{65}_{30}\text{Zn}$   | ${}^{27}_{11}\text{Al}$ | ${}^{28}_{12}\text{Si}$ | ${}^{31}_{15}\text{P}$  | ${}^{32}_{16}\text{S}$  | ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ | ${}^{36}_{18}\text{Ar}$ |
| ${}^{87}_{37}\text{Rb}$  | ${}^{88}_{38}\text{Sr}$  | ${}^{91}_{39}\text{Y}$   | ${}^{92}_{40}\text{Zr}$  | ${}^{93}_{41}\text{Nb}$  | ${}^{94}_{42}\text{Mo}$  | ${}^{97}_{43}\text{Tc}$  | ${}^{101}_{44}\text{Ru}$ | ${}^{101}_{45}\text{Rh}$ | ${}^{106}_{46}\text{Pd}$ | ${}^{108}_{47}\text{Ag}$  | ${}^{112}_{48}\text{Cd}$  | ${}^{81}_{31}\text{Ga}$ | ${}^{82}_{32}\text{Ge}$ | ${}^{83}_{33}\text{As}$ | ${}^{84}_{34}\text{Se}$ | ${}^{85}_{35}\text{Br}$ | ${}^{86}_{36}\text{Kr}$ |
| ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ | ${}^{138}_{56}\text{Ba}$ | ${}^{139}_{57}\text{La}$ | ${}^{140}_{58}\text{Ce}$ | ${}^{140}_{59}\text{Pr}$ | ${}^{143}_{60}\text{Nd}$ | ${}^{147}_{61}\text{Pm}$ | ${}^{150}_{62}\text{Sm}$ | ${}^{150}_{63}\text{Eu}$ | ${}^{152}_{64}\text{Gd}$ | ${}^{157}_{65}\text{Tb}$  | ${}^{158}_{66}\text{Dy}$  | ${}^{75}_{33}\text{As}$ | ${}^{76}_{34}\text{Se}$ | ${}^{77}_{35}\text{Br}$ | ${}^{78}_{36}\text{Kr}$ | ${}^{79}_{37}\text{Rb}$ | ${}^{80}_{38}\text{Sr}$ |
| ${}^{223}_{87}\text{Fr}$ | ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ | ${}^{227}_{89}\text{Ac}$ | ${}^{227}_{89}\text{Th}$ | ${}^{232}_{90}\text{Pa}$ | ${}^{232}_{91}\text{U}$  | ${}^{235}_{92}\text{Np}$ | ${}^{238}_{94}\text{Pu}$ | ${}^{242}_{96}\text{Am}$ | ${}^{244}_{98}\text{Cm}$ | ${}^{247}_{100}\text{Fm}$ | ${}^{251}_{102}\text{No}$ | ${}^{83}_{35}\text{Br}$ | ${}^{84}_{36}\text{Kr}$ | ${}^{85}_{37}\text{Rb}$ | ${}^{86}_{38}\text{Sr}$ | ${}^{87}_{39}\text{Y}$  | ${}^{88}_{40}\text{Zr}$ |