

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

化学

  
eBOOK  
网络资源 中国版

## ——致使用本书的学生

这是一本化学的启蒙教科书。非常感谢你使用它。

如果你是一位善于观察你周围事物的学生，那么随着化学课程的学习，你将越来越多地发现在你的日常生活中化学与你形影不离的。掌握一定的化学知识，你将能更好地解释发生在你周围的现象和更好地把握自己的生活。本书把你引入化学学科领域，让你认识到化学与生活是那样的不可分割。这就是我们编写这本书的宗旨。

我们衷心祝愿你能愉快地接受这些知识，快乐地踏入化学学科之门。

## 说 明

本教材是根据上海中小学课程教材改革委员会制订的《九年制义务教育化学学科课程标准》（草案）编写的，供九年级使用。

本教材由黄浦区教育局、上海师范大学组织编写，经上海中小学教材编审委员会审查通过。

本教材是在上海部分区、县试用四年的基础上修订而成的。

主编 杨德壬 副主编 蔡振镛

参加本册教材编写的有胡学增（执笔）、陆惊帆、解守宗、吴峥、裘冠君等。

化学

## 绪言

### 通过绪言的学习，你可以知道

1. 化学可以帮助你解决什么问题。
2. 自然界的物质有什么样的变化和性质。
3. 为什么要学习化学。
4. 化学与生活、社会有什么样的关系。
5. 我国的化学及化学工业的发展。

在日常生活中，我们常看到物质发生着各种各样的变化。如木头、汽油、煤块的燃烧；铁器在潮湿的空气里生锈；在面粉团里加入发酵粉，蒸出又松又软的馒头；用肥皂除去脏衣服上的油污，等等。物质为什么能发生各种各样的变化呢？物质的变化是否具有一定的规律呢？学习化学可以帮助我们解答这些问题。

食油、食盐、醋酸、煤块都是我们很熟悉的物质。它们不仅是普通的调味品或燃料，而且在化学工业中，它们还都是重要的化学原料。食油是生产肥皂或人造奶油的原料；食盐是生产漂白精或聚氯乙烯的原料之一；用醋酸可以生产纤维和香料；用煤做原料可以生产出药物、染料、炸药、洗涤剂等数以千计的产品。那么，食油、食盐、醋酸、煤怎样变成用途广泛的各种产品呢？在生产过程中，这些物质经历了哪些变化呢？学习化学也能帮助我们解答这些问题。

什么是化学？简单地说，化学就是研究物质及其变化的一门自然科学。

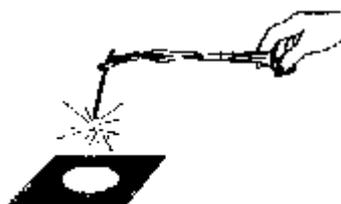


图1 镁带燃烧

物质的变化是多种多样的，水受热变成水蒸气，温度降到  $0^{\circ}\text{C}$ ，水又会凝结成冰，这就是水的三态变化。水的三态变化只是状态的变化，水没有变成其他的物质。铁在高温下熔融成铁水，然后把它浇铸成各种形状的生铁制品。在这些变化中，铁也没有变成其他物质。我们把没有生成其他物质的变化叫做物理变化。

在日常生活中，我们还看到另外一类变化，例如，节日里燃放的焰火中，常出现闪烁的银光，这是镁燃烧时发生的现象。下面我们来做一个实验，看看镁燃烧时究竟发生了怎样的变化。

【实验 1】取一段镁带，用坩埚钳夹住放在酒精灯火焰上点燃（图 1），观察产生的现象。

镁带燃烧发出明亮耀眼的强光，同时镁带逐渐“消失”，而在石棉网上留下一一种白色的固体物质，这是镁带燃烧后生成的氧化镁。

紫黑色的高锰酸钾在日常生活中常用作消毒剂。如果对它加热，又会发生怎样的变化呢？

【实验 2】（1）在干燥、洁净的试管里加入 3g 高锰酸钾。

（2）把带火星的木条伸入试管口，观察发生的现象。

(3) 加热放有高锰酸钾的试管(图2), 过一会儿再把带火星的木条伸入试管口, 观察发生的现象。

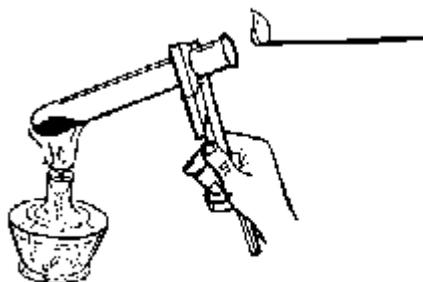


图2 加热高锰酸钾

带火星的木条伸入加热后的试管口, 木条燃烧得更旺, 说明高锰酸钾加热后有氧气生成。试管中残留的黑褐色物质是锰酸钾和二氧化锰。

镁带燃烧和高锰酸钾受热后都有其他物质生成。我们把有其他物质生成的这类变化叫做化学变化, 又叫做化学反应。木头、汽油、煤的燃烧, 以及铁生锈都属于化学变化。

镁能在空气中燃烧生成氧化镁, 镁的这种性质只有通过化学变化才能表现出来。高锰酸钾受热会生成氧气、锰酸钾和二氧化锰, 高锰酸钾的这种性质也只有通过化学变化才能表现出来。我们把物质通过化学变化才能表现出来的性质叫做化学性质。

纯净的水是没有颜色、没有气味的液体, 它在 0 时结冰, 在 100 时沸腾, 这些都不需要经过化学变化就能知道。我们把物质不需要发生化学变化就表现出来的性质叫做物理性质。物质的颜色、气味、状态、熔点、沸点、密度等都属于物理性质。

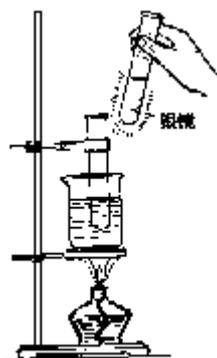


图3 银镜反应

物质的各种各样用途, 都是由它们的性质决定的。例如, 铜、铝有良好的导电性, 我们用来作导线。煤、汽油能燃烧并放出热量, 可以用作燃料。

现代化学已经能够利用化学变化规律, 制造出自然界里原来并不存在的物质。例如, 我们用的镜子就是通过化学加工制得的, 它比古代的铜镜映像要清晰得多。下面我们通过实验了解镜子的制作原理。

【实验 3】(1) 在洁净的试管里加入 1mL 2% 的硝酸银溶液。

(2) 再逐滴滴入 20% 的稀氨水, 并不停地振荡试管, 直到最初产生的沉淀刚好溶解为止。

(3) 再滴加少许葡萄糖溶液, 振荡后把试管放在热水里温热, 过一会儿移出试管, 观察现象(图 3)。

从实验看到, 试管壁上有一层光亮的银镜生成。工业生产上就是利用上

述反应原理来制作镜子（图4）的。

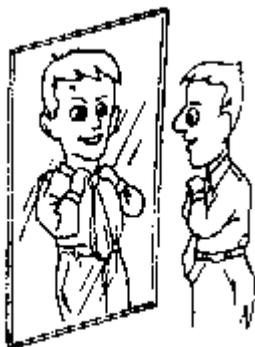


图4 利用银镜反应可以制镜子

现代生活离不开化学，科学技术的迅猛发展同样需要化学。研制新型材料，开发新能源，制备高效肥料、农药，防治环境污染，以至探索宇宙奥秘，研究生命现象，以及人类的延年益寿都需要化学来提供对策和作出贡献。

人类文明的发展离不开科学技术的进步。我国是世界上有悠久文明历史的国家之一。早在商代就会制青铜器，春秋战国时期已能冶炼生铁。图5是我国古代人民熬制井盐和冶炼生铁时的情形。我国古代的造纸、制火药、烧瓷器等化学工艺是世界闻名的。



图5 我国古代人民熬制井盐和冶炼生铁的情形

在近代，我国著名科学家和工程师侯德榜先生发明了联合制碱法，为纯碱和氮肥工业的发展作出了杰出的贡献，成为我国制碱工业的先驱和奠基人。

现在，我国的化学工业已是门类齐全、布局合理、并有了相当大的规模。无论是钢铁、冶金、材料、日用化工都得到了很大的发展。我国的水泥、电石、合成氨、染料、硫酸、化肥、农药、钢铁、化学纤维的产量都居世界的前列，这些反映了我国化学工业已有了相当雄厚的基础。化学研究和化学工业的发展也有力地促进了生命现象的研究和空间技术的发展。我国在世界上首先人工合成了蛋白质和核糖核酸等构成生命的物质。原子弹、氢弹、导弹的试制成功，人造地球卫星的发射和准确回收，都标志着我国的化学科学技术也已达到了比较先进的水平。

## 职业与化学

每个学生一旦毕业后，都有一个面临职业选择的问题。有的职业偏向于人文科学，如秘书、法律等；有的职业偏向于自然科学，如医药卫生、建筑工程等。但无论是哪一种职业，它们都有着与之相关联的基础知识。如果你有与该职业相关的扎实的基础知识，你一定能很快地胜任这一职业。

在众多的职业中，有许多是与化学紧密相关的。它们都是些什么样的职业呢？这本书会帮助你得到答案。

## 讨论与思考

1. 蜡烛燃烧是物理变化还是化学变化？为什么？

2. 根据你的生活经验分别描述下列各物质的物理性质。

(1) 酒精 (2) 氧气 (3) 铁

3. 阅读下面的短文，分别指出描述铝的物理性质和化学性质的文句。

铝是一种银白色、有光泽的金属。它质地较软，密度很小，只有  $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ ；它有良好的导电性和传热性。所以铝常用来做导线，制造各种炊具。铝在空气中会迅速跟氧气反应，生成一种致密的物质——氧化铝。所以铝制的炊具，如铝锅等的表面都有一层氧化铝薄膜。

## 1 纯净物和混合物空气

通过本章的学习，你将能够

1. 阐述原子和分子的概念，以及它们之间的关系。
2. 用分子的知识解释生活中的一些简单化学现象。
3. 通过分子和原子概念认识纯净物和混合物的区别。
4. 了解过滤、蒸发、蒸馏等概念，认识物质分离、提纯的一般方法。
5. 知道空气的成分及其分离的基本原理和方法。
6. 认识空气是宝贵的资源。

把泥土放入水中搅拌后静置，泥土中的沙石首先沉淀下来，接着粘土又沉淀下来。泥土中既然含有沙石，那么它就不是一种纯净的物质。什么样的物质是纯净的物质——纯净物？什么样的物质是混合的物质——混合物？构成纯净物的最小微粒是什么？用什么方法可以把混合物中的各个组分分离开来？这些都是本章学习的主要内容。

### 1·1 组成物质的微粒——分子和原子

蔗糖放到水里，一会儿就不见了，而水却有了甜味；湿衣服晒一段时间就干了；樟脑丸放在箱子里，它会逐渐变小以至消失，但整个箱子里却都能闻到樟脑的气味。这些现象使人们想到，物质是否由肉眼看不见的微小粒子构成的呢？

**分子** 分子是构成物质的一种微粒。例如，蔗糖是由许许多多的蔗糖分子构成的，水、樟脑、二氧化碳、酒精等物质也都是由它们各自的分子构成的。

分子是怎样的一种微粒呢？我们知道酒精是一种能够燃烧的物质。100mL的酒精能燃烧，如果把它分成50mL，再分成25mL、12.5mL，……酒精仍然能够燃烧。如果有可能继续分下去的话，一直分到最终一个一个肉眼看不见的酒精分子，这些分子仍然具有能够燃烧的性质。在生产酒精的工厂里挂着许多“严禁烟火”的标语牌，就是因为酒精厂内的空气中含有可燃性的酒精分子，这些分子一遇明火就会燃烧以至酿成灾害。由此可见，分子是能够保持物质化学性质的一种微粒。同种分子具有相同的性质，不同的分子，性质也不同。

分子是一种很小很小的微粒，在小小的一滴水中，含有的水分子数目却大得惊人，在1后面写上21个“0”还不够表示它的数量大小。分子这样小，我们的肉眼当然看不见。但现在已经能用电子显微镜把有些分子放大几十万倍，拍摄出分子的照片。图1-1是由核蛋白分子组成的病毒，经电子显微镜放大20万倍拍摄的照片，它有力地证实了分子是真实存在的。



图1-1 由核蛋白分子构成的病毒照片(放大20万倍)

分子的质量很小。1g 水里约有 330 万亿亿个水分子，1 个水分子的质量仅有 0. 000 000 000 000 000000 000 000 03kg。再精密、灵敏的天平也无法称出单个分子的质量。

分子在不停地运动。水变成水蒸气正是水分子不断运动的结果。

在日常生活里，我们看到过物体的热胀冷缩现象，也知道物质一般都有三态变化。这种变化的现象应该怎样解释呢？下面我们来做一个实验。

【实验 1-1】取一根长约 1m 的玻璃管，一端设法封住，往管中先后加入等体积的水和酒精，标明液面的高度（约占管长的 3/4）。然后用塞子塞住另一端管口，把玻璃管两端反复翻转，使水和酒精充分混合。静置后，观察液面高度的变化（图 1 - 2）。

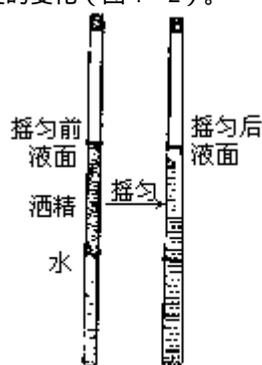


图1-2 摇匀后酒精和水的液面高度降低了

实验表明，等体积的水和酒精混合后，液体的总体积小于两者体积之和。这一现象告诉我们，分子之间是有一定间隔的。水和酒精的分子混合后，相互渗入对方分子的间隙里，混合溶液的总体积就会减小。

物质受热时分子间的间隔增大，遇冷时缩小。气态物质分子间的间隔最大，液态物质次之，固态物质中分子间的间隔最小。物质的三态变化，其实是分子间间隔的变化。

原子 分子很小，那么分子能不能再分成更小的微粒呢？我们先来做一个实验。

【实验 1 - 2】在试管里（图 1 - 3）放入少许氧化汞，观察它的颜色和状态。然后加热氧化汞，过一会儿，用带火星的香棒通过导管迅速伸入试管内，观察有什么现象发生？

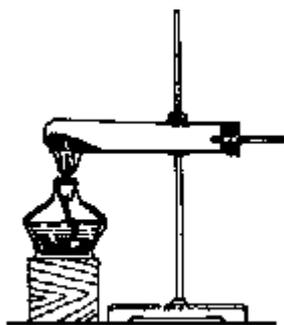
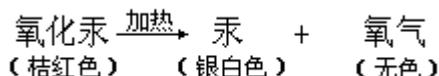


图1-3 加热氧化汞

加热氧化汞，试管壁上生成了一种银白色的液滴，这就是水银（汞）。同时在导管口带火星的香棒发生燃烧，说明有氧气放出。这个反应可以表示如下：



氧化汞受热后是怎样变成汞和氧气的呢？我们可以这样解释：构成氧化汞的分子在受热后分裂成更小的汞和氧的微粒，这些微粒再经过重新组合而形成了汞和氧气（图 1 - 4）。

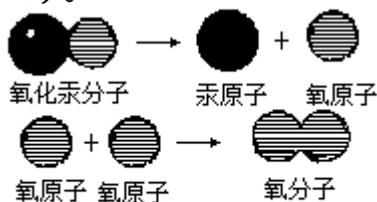


图1-4 氧化汞分子受热变成了汞原子和氧分子

分子在化学反应中能分裂成更小的微粒，这种更小的微粒我们称它为原子。也就是说分子是由原子构成的。氧化汞分子就是由氧原子和汞原子构成的。我们可以用图 1 - 4 形象地表示氧化汞受热后发生的反应。

每个氧化汞分子由一个氧原子和一个汞原子构成。受热时，一个氧化汞分子分裂成一个氧原子和一个汞原子，然后两个氧原子结合成一个氧分子，许许多多的氧分子和汞原子又分别构成了氧气和金属汞。

从上述氧化汞受热分解的实验可知，在化学反应中，分子可以分成原子，而原子却不能再分，因此，原子是化学变化中的最小微粒。

原子可以构成分子，也可以直接构成物质。例如，金属汞是由汞原子直接构成的，铁、铜、铝等金属也都是由原子构成的。原子比分子更小，而且也在不停地运动着。现代科学仪器已能拍摄出某些原子的照片（图 1 - 5），证明原子确实是存在的。

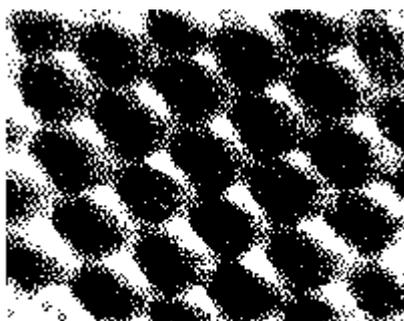


图1-5 石墨晶体照片(每个黑空周围都有6个碳原子.本照片由武永兴先生提供)

原子和分子都是构成物质的最小微粒。

### 讨论与考思

- 1.用分子的知识解释压瘪了的乒乓球用开水浸泡后又可以复原。
- 2.有人说，世界上一切物质都由分子构成。这种说法是否妥当？举例说明。
- 3.用分子的知识解释物质发生物理变化和化学变化的区别。

### 1.2 纯净物和混合物

**纯净物和混合物** 泥土是一种混合物，这是因为泥土中含有沙子、矿物质等许多物质。食盐水也是一种混合物，因为食盐水中含有食盐和水。我们日常生活中使用的发酵粉，看来很洁净，但它也是一种混合物，因为发酵粉是用小苏打（碳酸氢钠）和酒石（酒石酸氢钾）按一定比例混合而成的。纯净物跟混合物不同，纯净物是由同一种物质组成的。由分子构成的物质，纯净物中只含有一种分子。由原子直接构成的物质，纯净物中只含有一种或几种原子。例如，蔗糖、水银、铜块、石墨、无水酒精都是纯净物。

在混合物中，各种物质都保持各自原来的性质。例如，糖水是一种混合物，在糖水中，无论是糖还是水都保持原来的性质。在发酵粉中，小苏打（碳酸氢钠）和酒石（酒石酸氢钾）也都保持各自原来的性质。

世界上完全纯净的物质是没有的，在金饰品里常有“赤金”、“足金”之称，这只是指这种金饰品含金量很高罢了。“金无赤足”，就是说没有完全纯净的金。通常所说的“24K金”，其含金量是99.99%。

**物质的纯度** 物质的纯度是表示混合物中某一成分含量的高低。纯度越高，表示该物质越接近纯净。例如，纯度为95%的酒精，表示该酒精中酒精的含量为95%。每100份这种酒精中，含纯酒精为95份。98.5%的酒精，则表示每100份这种酒精中，含酒精达98.5份。

世界上没有绝对纯净的物质。即使天然存在的纯净物，如雨水中，也含有少量的灰尘和气体。天然出产的金子、金刚石、水晶、硫磺等，虽然是以非常纯净的形态被发现，但也都含有微量的杂质。它们的纯度有时可以达到99%以上。

那些仅含有极少量杂质的物质，由于纯度极高，所含杂质对其性质不会

产生很大的影响。这些物质，通常也把它们看作是纯净物。

市售的通用化学试剂，都是纯度很高的物质。根据试剂的纯度，可以把它们分作四个等级。表 1 - 1 列出这四个等级的名称及适用范围。

| 分析纯AR                  | 腐蚀        |
|------------------------|-----------|
| 技术条件                   |           |
| HCl 含量 36.0-38.0%      |           |
| 外观 合格                  |           |
| 杂质最高含量                 |           |
| 灼烧残渣(以硫酸盐计)            | 0.001%    |
| 游离氯(Cl <sub>2</sub> )  | 0.0001%   |
| 硫酸盐(SO <sub>4</sub> )  | 0.0002%   |
| 亚硫酸盐(SO <sub>3</sub> ) | 0.0005%   |
| 铁(Fe)                  | 0.00005%  |
| 砷(As)                  | 0.000005% |
| 锡(Sn)                  | 0.0002%   |
| 重金属(以Pb计)              | 0.0001%   |
| 批号                     |           |

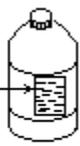


图1-6 市售分析纯盐酸

**混合物的分离和提纯** 天然存在的纯净物虽然不普遍，但是经过人工提纯，人类已经能够得到数以千万计的相对纯净的纯净物。例如，我们熟悉的糖、精制食盐、电解铜、干冰(二氧化碳)、无水酒精(乙醇)等。

分离和提纯物质的方法很多。常用的有过滤、蒸发、蒸馏、结晶、分液、洗气等。这里先介绍过滤、蒸发、蒸馏三种。

(1) 过滤 过滤是分离固体和液体的操作。这种分离技术应用已久。我国传统中医熬制中药时，就是用过滤的方法把药液和药渣分离开来。在化学实验室里，常用图 1 - 7 的装置过滤分离固体和液体。如果在该装置的漏斗中加入含有不溶性杂质的食盐水，食盐水会透过滤纸滴入烧杯中，而不溶性的杂质留在滤纸上。

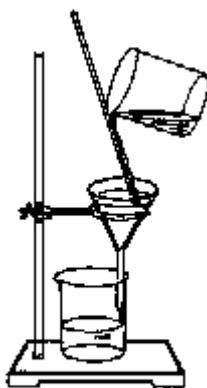


图1-7 过滤装置

表 1-1 试剂的纯度等级

| 纯度等级 | 优级纯<br>(一级)   | 分析纯<br>(二级)   | 化学纯<br>(三级) | 实验试剂<br>(四级)  |
|------|---------------|---------------|-------------|---------------|
| 英文代号 | G.R.          | A.R.          | C.P.        | L.R.          |
| 适用范围 | 精密实验和<br>科学研究 | 科学研究和<br>分析实验 | 要求较高的<br>实验 | 一般要求不<br>高的实验 |

(2) 蒸发 蒸发是将溶液中的溶剂气化，从而使溶解在溶剂中的物质与溶剂分离开来的操作。例如，把食盐水放在蒸发皿中加热(图1-8)，食盐水中的水气化逸出，留下的就是食盐晶体。

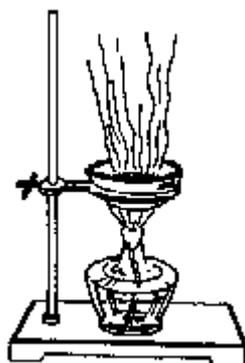


图1-8 蒸发装置

(3) 蒸馏 蒸馏是利用液体混合物各组分的沸点不同，使液体气化而进行分离的操作。我国传统的烧酒工艺就要用到蒸馏技术，以提高酒精的含量。在酿制酒中，酒精的含量很低，仅百分之十几。利用酒精的沸点较低(约为78)，而水的沸点较高(100)，通过加热酿制酒，控制温度在78和100之间，使较容易气化挥发的酒精挥发出来，冷却后可以得到酒精含量较高的烧酒。

实验室里常用蒸馏操作分离沸点不同的液体混合物(图1-9)。

从混合物中分离提纯出纯净物的过程中，常常要综合地运用多种分离技术。有时，还需要反复地操作。例如，在海滩晒制的食盐中，会含有泥沙等杂质。为了除去这些杂质，得到比较纯净的食盐，需要把粗盐溶解于水后过滤，滤去不溶性的固体杂质。将滤液蒸发，使比较纯净的食盐结晶析出。

又如，含量为12%的酒精溶液，经过一次蒸馏，能使含量提高到40%左右。把40%的酒精溶液再次蒸馏，又可使酒精的含量提高到50%以上。如此反复地进行蒸馏操作，可以使酒精的纯度提高到95%。如果还需要提高酒精的纯度，可以在溶液中加入生石灰，让生石灰吸收一部分水分，再蒸馏，最后可以得到纯度在99%以上的酒精。

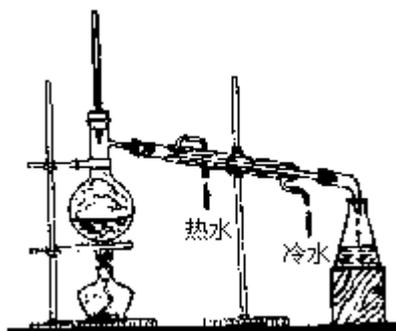


图1-9 实验室的蒸馏装置

研究某一种化学物质，常需要它们有较高的纯度，以免因杂质的存在而影响物质的性质，所以，物质的分离提纯是一种十分重要的方法。几乎所有的化工厂，都有专门的提纯工艺。从某种意义上说，现代社会正是依赖于提纯技术的发达才获得很多高性能的材料。在电脑中大量使用的硅晶体，就是一种高纯度的硅。它的纯度达到99.99999999%。

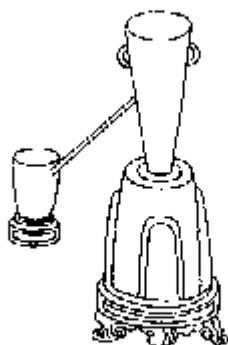


图1-10 我国古代的蒸馏器

### 讨论与思考

1. 什么叫混合物？混合物是否一定是不洁净的物质？举例说明。
2. 判别下列物质是混合物还是纯净物。  
(1) 75%的消毒酒精 (2) 冰 (3) 镁条点燃后生成的氧化镁 (4) 高锰酸钾 (5) 加热高锰酸钾后的剩余固体
3. 试讨论分离食盐和铁粉混合物有哪些可能的方法。
4. 为什么说分离提纯是化学家常用的方法？你能说出哪几种分离提纯物质的方法？简述这些方法适用的范围。

### 阅读材料

#### 混合物为什么没有固定的物理性质

纯净物都有固定的物理性质，例如 4 时纯水的密度是  $1\text{g}/\text{cm}^3$ ，而酒精（乙醇）的密度是  $0.785\text{g}/\text{cm}^3$ 。把纯水和纯酒精混合得到酒精和水的混合物有没有固定的物理性质呢？事实证明酒精和水的混合物的物理性质是不固定的，它随组成的变化而变化。例如，按 1 : 10 质量酒精和水混合的混合物密度是  $0.982\text{g}/\text{cm}^3$ ，它的沸点是  $91.5^\circ\text{C}$ 。按 1 : 5 质量混合的混合物密度则是  $0.969\text{g}/\text{cm}^3$ ，沸点是  $87.1^\circ\text{C}$ 。又如铅和锡的熔点分别是  $327.4^\circ\text{C}$  和  $231.9^\circ\text{C}$ ，而铅和锡组成的合金——焊锡的熔点却低得多，含锡 63% 的焊锡，在  $181^\circ\text{C}$  时就熔化了。我们正是利用铅锡合金的低熔点来制取焊锡的。从这里可以看出，混合物不仅没有固定的组成，也没有固定的物理性质。混合物没有固定不变的物理性质，根本原因是它没有固定的组成。

利用混合物不具有固定的物理性质，可以鉴定某物质是混合物还是纯净物。例如，实验室里用化学合成的方法制得某种有机物的晶体，我们常用测定它的熔点来确定它的纯度。把测得的熔点跟该纯净有机物的熔点相比较，就知道该有机物是否纯净。例如，纯萘的熔点是  $80.28^\circ\text{C}$ ，工业上制得的粗萘因含有杂质，熔点比  $80.28^\circ\text{C}$  低。由粗萘提纯制得的精萘，熔点就接近于  $80.28^\circ\text{C}$ 。

### 1.3 空气是一种混合物

尽管我们天天生活在空气中，但是人们对空气成分的认识却只有 100 ~ 200 年的历史。在 18 世纪以前，人们还不知道空气有复杂的成分。现在我们已经知道空气是一种混合物。那么，空气里究竟有哪些成分呢？

**空气中的物质** 人类对空气的研究跟认识燃烧现象密切相联。历史上不少科学家为研究空气的成分做了许多工作，并提出过多种解释。法国化学家

拉瓦锡通过燃烧金属的实验，证实了空气主要是由氮气和氧气组成的，其中氧气约占空气体积的  $\frac{1}{5}$ 。实验 1 - 3 也可以证明空气中约含  $\frac{1}{5}$  氧气。

【实验 1 - 3】在一只湿润的集气瓶口上配一只带有燃烧匙和玻璃导管的橡皮塞，导管的另一端伸入盛有水的烧杯里。点燃盛在燃烧匙中的红磷，并立即塞紧橡皮塞（图 1 - 11）。待火焰熄灭后，打开弹簧夹，仔细观察现象。

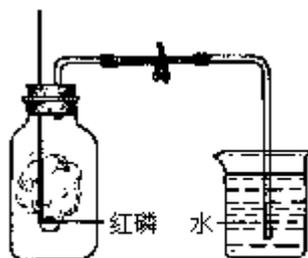


图1-11 测定空气成分的实验装置

当我们打开弹簧夹，看到烧杯里的水通过导管倒流入集气瓶里，其体积约占集气瓶容积的  $\frac{1}{5}$ ，这一体积正是红磷燃烧时消耗空气中氧气的体积。

100 多年以前，人们还以为空气里除了含有少量二氧化碳、水蒸气外，其余的都是氧气和氮气。1882 年，英国物理学家雷利在研究空气中各种气体的密度时，偶然发现从空气中分离出来的氮气，跟从氮的化合物里制得的氮气，两者的密度相差  $0.0065\text{g}/\text{cm}^3$ ，经过反复测定，结果依然不变。雷利没有忽略这一微小的差异，他认为从空气中分离得到的氮气里可能还含有其他气体。12 年以后，他终于从空气中得到了一种气体。与此同时，英国化学家拉姆塞用其他的方法也从空气中得到了这种气体。由于这种气体极不活泼，所以命名为氩（原希腊文中表示懒惰的意思）。在以后的几年里，拉姆塞等人又从空气里陆续发现了氦、氖、氦、氙气体。由于这些气体化学性质很稳定，人们长期以来习惯称它们为“惰性气体”。近年来发现有些惰性气体在一定条件下也能跟氟、氧等元素形成化合物，把它们称为惰性气体不够恰当，所以现在人们又称这些气体为稀有气体。

空气的成分按体积计算大致是氧气 21%，氮气 78%，氩等稀有气体 0.94%，二氧化碳 0.03%，水蒸气和其他杂质 0.03%（图 1—12）。

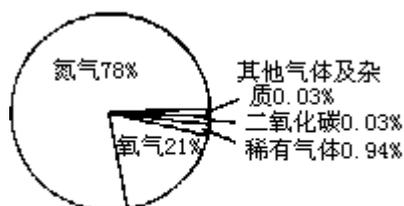


图1-12 空气的成分

一般说来，空气的成分是比较稳定的，但由于地区、环境的不同也有不同程度的变化。

## 职业与化学

### 化学实验师

在大多数化学实验室里，有这样一类人员，他们专门从事化学实验工作。他们的主要工作是配制各种化学药品、做化学实验、保管实验仪器以及与实验有关的化学实验室工作。这类人员称为化学实验师。化学实验师受聘于许多部门，如医院，中学，大专院校、研究所以及各大工业公司。

作为一名实验助手，他必须正确理解上级（工程师、研究员或教授）的实验意图，并做好实验准备工作。化学实验师的中心工作就是做化学实验，所以一名好的化学实验师应该具有相当的化学知识。有较强的动手能力和处理实验室里各种问题的能力。

**空气成分的分** 空气是一种混合物，空气中的各种气体均匀地混合在一起。怎样才能把它们分离开来呢？

人们从物质的三态变化得到启发，随着外界温度和压力的变化，空气是否也会有状态的变化呢？如果我们把空气的温度降低到摄氏零下一百几十度，同时施加一定的压力，空气就能从气态转变成液态。液态空气中含有液态氧、液态氮等物质，仍然是一种混合物。如果升高液态空气的温度，液态氧和液态氮又会重新气化。由于液态氧的沸点（ $-183$ ）要比液态氮的沸点（ $-196$ ）高，液氮先气化而逸出，余下的主要是液态氧（图 1 - 13）。工业上就是利用这个原理把空气中的各种成分分离开来的。

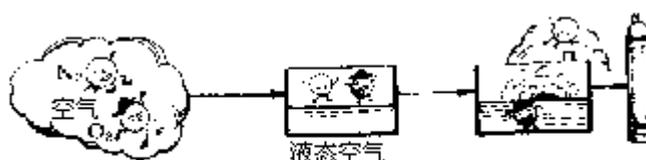


图1-13 液态空气分离原理示意图

**空气是宝贵的资源** 从空气中分离制得的氧气、氮气、稀有气体都是很有用的物质。例如，氮气就是一种工业原料。氮气的密度比空气略小，在水中很少溶解。在常压下，氮气冷却到 $-196$  时变成无色的液体。液氮是一种优良的冷冻剂，在医疗上用以保存血液和活组织。新鲜血液通过液氮冷冻处理制成的冻干人血浆，可以保存 5 年左右。人体器官移植时，运送的活体器官也常保存在液氮中。氮气不能供呼吸，在低氧高氮的环境中害虫会窒息，植物的代谢作用会减慢，所以氮气常被用于保藏珍贵的书画，贮藏粮食、蔬菜。在常温下，氮气的化学性质不活泼，不容易跟别的物质反应。工业上利用氮气作焊接金属的保护气，也用于充填灯泡以减慢钨丝的蒸发，使灯泡经久耐用。在雷击时，空气中的氮气也会发生反应，生成氮的化合物随雨水落到地面的土壤里，成为农作物生长必需的氮肥。据估计，每年因发生雷电而溶入土壤里的氮肥约有 4 亿多吨。

以氮气和氢气为原料可以合成氨，它是一种重要的氮肥。氨经过一系列反应还可以制得染料和炸药等重要的含氮化合物。图 1 - 14 列举了氮气的几种重要用途。

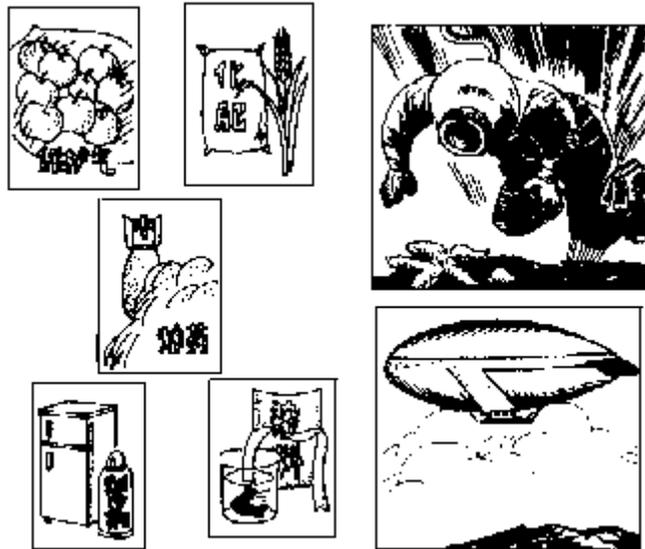


图 1-14 氮气的用途

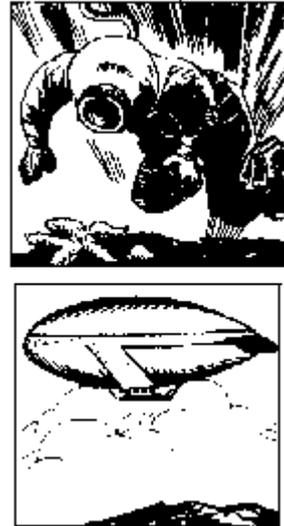


图1-15 氦气的用途

稀有气体的应用也比较广泛。在焊接和切割金属时常用氩气来隔绝空气。氩气也被用来充填灯泡，以增加灯泡亮度和使用寿命。稀有气体在通电时会发出有色的光，使它们在电光源中有特殊的应用。氖气通电时发出的红光，能穿透浓雾，所以氖灯可以用于港口、机场的指示灯。氙气和氪气在通电时分别产生浅蓝色或浅红色的光，用氦、氖、氙和水银蒸气混合，可以制成五光十色的霓虹灯。充填氙气的高压长弧氙灯，能产生强烈的光，被称为“人造小太阳”。氦气比空气轻，又不会燃烧，已取代氢气来充填气艇、气球，还可以制备氦-氧混合气体，供潜水员呼吸用（图 1 - 15）。氦气、氖气还能用来制造激光器。

**人类需要洁净的空气** 煤和石油等燃烧时，产生大量的悬浮颗粒（烟尘）和有毒气体。汽车行驶时排出的废气中，也含有一氧化碳等污染物。在一般情况下，空气通过稀释作用，对这些污染物有一定的净化能力，但是一旦污染物的量超过空气的自净能力时，污染的危害就会表现出来。

空气污染物在太阳光紫外线的作用下产生一种化学烟雾，它会刺激人的眼睛，使人咳嗽、窒息甚至死亡。

空气污染所引起的危害远远超出了影响人类健康的范围，它们会损坏或毁灭作物、森林和花卉；使油漆、涂料脱落变色；毁坏织物，使染料褪色；腐蚀金属，损坏橡胶车胎；它们还会腐蚀文物、建筑物和金属材料，等等。

防治空气污染已成为保护人类生存，保障社会发展的全球性大事，我国政府颁布了环境保护法，十分重视空气污染的防治工作。

防治空气污染的措施很多，大致可以分成两大类。一类是物理方法，使污染物从废气中分离出来。例如，燃料燃烧后产生的废气、烟尘在排出烟囱之前，先通过除尘器或用水淋洗，清除掉绝大部分烟尘。另一类是化学方法，例如用化学方法使含硫燃料（如煤）脱硫。又如在一些工业技术先进的国家，已试验成功在汽车排气系统中安装催化转换器（图 1 - 16），使汽车尾气中的一些有毒气体在催化剂的作用下，经过一系列化学反应转换成  $N_2$ 、 $CO_2$  等无害成分而排放出来。

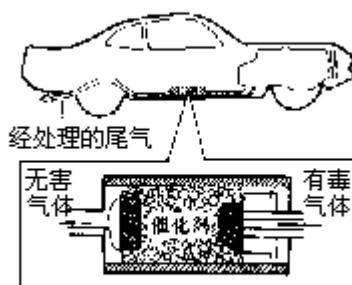


图1-16 催化转换器示意图

此外，改变燃料的结构和成分，如将煤加工成管道煤气，以减少煤燃烧时产生的烟尘和一氧化碳等有害气体；植树绿化，净化周围的空气，对保持空气的洁净也有重要意义。

### 讨论与思考

1. 空气的主要成分按体积计算，氮气约占\_\_\_\_%，氧气约占\_\_\_\_%。
2. 把空气变成液态再加以分离的过程，是化学变化还是物理变化？为什么？
3. 工业上分离空气中各种成分的原理是什么？
4. 有人曾对某地区的园林工人和交通民警的健康状况作了调查，调查的结果是：交通民警中患呼吸道疾病的人数占 11.7%，而园林工人中患呼吸道疾病的人数占 0.25%。这个调查结果说明了什么？
5. 你看到过哪些污染空气的情况？
6. 在你的周围你看到了哪些防治空气污染的具体措施？你还有什么建议？

### 阅读材料

#### 大气成分的演变

原始大气的主要成分是水蒸气、一氧化碳、氨（ $\text{NH}_3$ ）和甲烷（ $\text{CH}_4$ ），不含氧气。大气中绝大部分的氧气是由海洋中简单植物的光合作用产生的。海洋深处植物光合作用产生的氧气大部分被海水溶解。又经过了漫长的时光，大气中才有了可以检出的氧气。当大气中含氧量超过 1% 时，上层大气中的氧气受太阳紫外线的作用又产生了臭氧。臭氧层能阻挡紫外线的照射，使海洋上层的生物体得以生长繁衍，植物的光合作用日益增强，这样大气中的氧气含量才逐步增加。

大气中氮气的含量高，应该归功于氮气的稳定性，致使它在大气中的含量远比其他气体高。原始大气中氮气的含量并不高，而且由于暴风雨时的雷电作用，使氮跟氧结合成氮氧化物被土壤吸收。20 亿年前出现的固氮细菌，使氮气跟其他物质反应生成能被植物用来合成蛋白质的物质。动植物产生的废物和死亡的生物体，又使这些氮的化合物返回土壤。在那里，脱氮细菌帮助它们分解，使产生的游离氮气重返大气。漫长岁月的反复变化，使空气中氮气的含量越来越高，最后趋于稳定。

动物的呼吸、燃料燃烧和火山喷发都会增加大气中二氧化碳的含量，而光合作用、岩石风化和海水溶解都会减小大气中二氧化碳的含量。大气经过漫长年代的反复变化，终于使两者保持平衡，目前大气中二氧化碳的含量保持在 0.03% 左右。

#### 居室中的空气污染

人的生命几乎有一半的时光是在居室中度过的。居室内的空气是否洁净对人体的健康非常重要。居室空间有限，加上为了保温等原因，居室的门窗不可能经常开启。人呼吸会产生二氧化碳和水气，尤其是人体经皮肤逸出的各种挥发性分泌物会留在居室而污染空气。如果我们从室外进入有许多人长时间活动的室内时，就会感觉到空气污浊。

人在室内吸烟，烟气中含有一氧化碳、烟碱（尼古丁）及具有致癌作用的物质——苯并芘，等等。这些污染物对人体健康危害很大，因此吸烟是居室空气污染的一个重要因素。

另外，厨房烹调食物时生成的油烟也是居室空气的重要污染源。

居室空气的污染还来自装饰房屋时使用的油漆、墙布、涂料等，它们中含有甲醛、苯和酯类等物质，这些物质会慢慢逸入空气中，刺激人的呼吸器官和皮肤，造成疾患。

现代家庭中塑料制品越来越多，大多数塑料在生产过程中加入了一些稳定剂和增塑剂，以提高塑料制品的性能。但是，稳定剂和增塑剂很多是有挥发性的有机物，如增塑剂中的苯二甲酸酯就是这样的物质。同时聚氯乙烯等塑料残留的单体——氯乙烯等也会慢慢从塑料中逸出，污染居室的空气。

家用电器，特别是产生高压的家用电器，如电视机等会使空气中的臭氧量增加，这也是造成居室空气污染的原因之一。

消除居室空气污染最重要的方法是保持室内空气的流通，同时不要在室内吸烟。另外，新装修的房屋最好隔一段时间再使用。

## 2 单质 氧气

通过本章的学习，你将能够

1. 简单地描述原子结构。
2. 认识元素的概念和意义。
3. 写出常见元素的元素符号。
4. 辨别单质和化合物的特性，并理解同素异形体的含义。
5. 知道重要的单质、氧气的性质。
6. 理解氧化反应的基本概念。
7. 理解氧化反应的普遍性及其对人类的意义。
8. 在实验室里制取氧气。
9. 理解催化剂的概念。

纯净物可以分成两个大类。其中一类通过化学反应可以分解成为更简单的纯净物。例如，氧化汞加热后可以产生汞和氧气。另一类则不能，无论通过什么反应，都不会分解成更简单的纯净物。我们把这一类纯净物叫做单质。那么怎样从原子和分子的角度去理解单质呢？怎样用化学符号来表示单质呢？氧气是一种重要的单质，它有哪些主要的性质呢？这些是本章学习的主要内容。

### 2.1 元素

食用菠菜、猪肝或者服用硫酸亚铁药丸，都可以使缺铁性贫血患者的症状减轻。菠菜、猪肝、硫酸亚铁虽然是一些完全不同的物质，它们却都含有铁元素。

儿童服用的钙片、建筑业使用的石灰、制模型的石膏，它们是完全不同的物质，但是它们却都含有钙元素。

那么，什么叫元素呢？要理解元素概念，必须从原子结构谈起。

**原子的结构** 在化学变化中，原子是最小的微粒。就原子自身而言，它的内部还有更精细的结构。

原子是由居于中心的带正电荷的原子核和核外带负电荷的电子所构成。原子核极小，电子更小。如果把原子比作一个圆球，那么原子核的半径约为原子半径的万分之一。如果把原子比作一座十层的高楼，原子核就像乒乓球那么小。可见，原子内部是一个空旷的区域，电子则在这个空间内作高速运动。

原子核是由质子和中子两种更小的微粒构成的。每个质子带1个单位正电荷，中子不带电。因此，原子核所带的正电荷数（即核电荷数）就是核内质子的数目。在原子中，核内有多少质子，核外就有相同数目的电子。图2-1是氢原子的结构示意图。质子和电子电性相反，电量相等，所以整个原子不显电性。

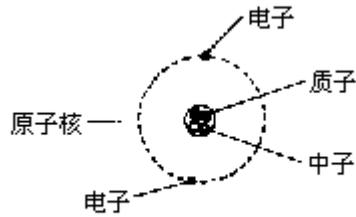


图2-1 氢原子的结构示意图

同一种原子的核内质子数相同，不同种原子的核内质子数不同。  
原子内部各种微粒的构成关系可以表示如下：

原子 { 原子核 { 质子：1个质子带1个单位正电荷  
                  中子：不带电  
                  核外电子：1个电子带1个单位负电荷

核电荷数 = 核内质子数 = 核外电子数。

表 2-1 几种原子的构成

| 原子种类 | 原子核内 |     | 核外电子数 |
|------|------|-----|-------|
|      | 质子数  | 中子数 |       |
| 氢    | 1    |     | 1     |
| 氦    | 2    | 2   | 2     |
| 碳    | 6    | 6   | 6     |
| 氧    | 8    | 8   | 8     |
| 氖    | 10   | 10  | 10    |
| 钠    | 11   | 12  | 11    |
| 镁 12 | 12   | 12  |       |
| 氯    | 17   | 18  | 17    |

表 2 - 1 列出了几种原子的构成情况。

**元素** 元素就是具有相同核电荷数一类原子的总称。如无论存在于石灰、石膏中的钙，还是钙片中的钙，它们的核电荷数都相同。所以说这些物质中都含有钙元素。

又例如，氧气分子中含有氧原子，二氧化碳分子中含有氧原子，氧化汞分子中也含有氧原子，它们都具有相同的核电荷数。所以说这些物质中都含有氧元素。

科学家已经发现了 100 多种元素，其中人造元素有十几种。它们组成了世界上已知的一千万种物质。元素在自然界里的分布并不均匀。如非洲多金矿，澳大利亚多铁矿，中国富产钨、锌、汞、锡、铅和锑。从整个宇宙来看，含量最丰富的元素是氢和氦，太阳几乎全由氢和氦组成。地壳（包括大气）中含量最丰富的元素是氧，几乎占地壳质量的一半，它广泛分布于大气、江海、河流、土壤、岩石中。至于生物体内，氧更是不可缺少的元素。硅是地壳中含量仅次于氧的元素，它大量存在于土壤和岩石中。

各种元素在地壳中的百分含量见图 2 - 2。

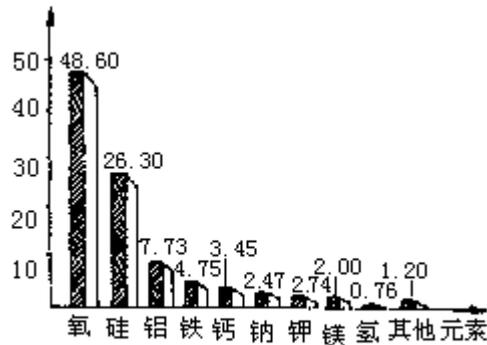


图2-2 地壳中元素的含量

有些元素在地壳中的含量很低，但它们对地球上的生物有着非常重要的意义。例如，碳元素和氮元素分别只占地壳质量的 0.007% 和 0.03%，但如果没有碳和氮，地球上的一切生物都将不复存在。

人体也是一座元素的仓库。地壳中天然存在的化学元素几乎都能在人体中找到（表 2 - 2）。

表 2 - 2 中列出的 11 种元素占了人体总质量的 99.95%，这些元素是人体必需的常量元素，一般的食物已能满足人体对这些元素的需要。如果人体缺少这些常量元素，就会发生各种疾病，如缺钙会造成肌肉

表 2 - 2 人体中常量元素的含量

| 元素 | 人体中的含量(%) | 元素 | 人体中的含量(%) |
|----|-----------|----|-----------|
| 氧  | 65.00     | 磷  | 1.00      |
| 碳  | 18.00     | 硫  | 0.25      |
| 氢  | 10.00     | 钾  | 0.35      |
| 氮  | 3.00      | 钠  | 0.15      |
| 钙  | 2.00      | 氯  | 0.15      |
|    |           | 镁  | 0.05      |

痉挛、佝偻病、骨质疏松、发白等疾病。组成人体的还有 20 多种微量元素。例如铁、锌、铜、锰、碘等，它们占人体质量的 0.05% 以下。不少微量元素也是维持人体正常生理机能必不可少的物质。例如缺铁会发生贫血，缺碘会使甲状腺肿大（粗脖子病），这些几乎是众所周知的常识。现代医学已知，缺锌会导致儿童发育停滞，智力低下，食欲不振、味觉减退等症状；缺锰会使骨和软骨异常，先天性畸形，头发脱色等。有些元素如铅、镉、汞等，当它们在人体中的含量超过允许量时，会使人中毒。例如铅会引起贫血，损伤胃肠道、大脑，还能损害孕妇和胎儿的健康。所以这些元素叫做有毒元素。

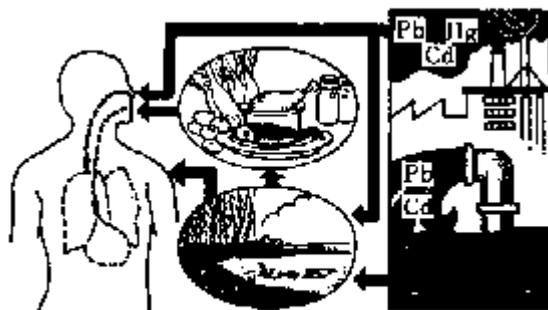


图2-3 有毒元素进入人体的途径

有毒元素常常通过呼吸道、消化道和皮肤接触等途径进入人体（图 2 - 3）。例如含铅汽油燃烧产生的废气，含铅的油漆和用铅油封接的水管等，常能使人在接触过程中摄入铅。为此，我们要控制污染，保护环境，减少与有毒元素的接触，防止有毒元素进入人体。

**元素符号与分子式** 在历史上，化学家曾经用不同的符号来表示已知的各种元素，但表示的方法各不相同。为了便于交流，需要用一种共同的符号来表示同一种元素，于是便产生了国际通用的元素符号。

国际上规定，元素符号统一采用这种元素的拉丁文名称的第一个大写字母来表示。例如，

氧的拉丁文名称是 Oxygenium，元素符号规定为 O。

氢的拉丁文名称是 Hydrogenium，元素符号规定为 H。

碳的拉丁文名称是 Carbonium，元素符号规定为 C。

硫的拉丁文名称是 Sulfur，元素符号规定为 S。

如果几种元素的拉丁文名称的第一个字母相同，则再附加一个小写字母加以区别。例如 Cu 代表铜元素。Ca 代表钙元素，等等。

表 2 - 3 列出了一些常见元素的名称、元素符号。

元素符号既表示某种元素，也可以表示某种元素的一个原子。我们还可以用元素符号表示一种物质的分子组成。例如氧化汞分子可以表示为 HgO，二氧化碳分子可以表示为 CO<sub>2</sub>，等等。这种用元素符号来表示物质分子组成的式子称为分子式。物质的分子式是通过实验方法测定的，一种物质只有一种分子式。

表 2 - 3 常见元素的符号

|      |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 元素名称 | 氢  | 氧  | 氮  | 氯  | 碳  | 硅  | 磷  | 硫  |
| 元素符号 | H  | O  | N  | Cl | C  | Si | P  | S  |
| 元素名称 | 碘  | 溴  | 钾  | 钠  | 钙  | 锌  | 镁  | 铝  |
| 元素符号 | I  | Br | K  | Na | Ca | Zn | Mg | Al |
| 元素名称 | 铁  | 铜  | 汞  | 银  | 金  | 铅  | 钡  | 氟  |
| 元素符号 | Fe | Cu | Hg | Ag | An | Pb | Ba | F  |

**原子核外电子排布** 在含有多个电子的原子中，有的电子在离核较近的

用元素符号表示物质组成的式子又叫化学式，分子式是化学式的一种。

空间内高速运动，有的电子在离核较远的空间内高速运动，常把这些电子看作在不同的电子层上运动（或叫做分层排布）。

电子在原子内部的这种分层排布，可以用原子结构示意图来表示。例如钠原子（Na）的结构示意图可以用图 2 - 4 的方式表示。

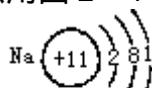


图2-4 钠原子的结构示意图

这个示意图表示钠原子的核内有 11 个带正电的质子，核外有 11 个电子，离核较近的第一电子层有两个电子，第二电子层有 8 个电子，第三电子层（即是钠原子的最外电子层）只有 1 个电子。

又如镁原子、氧原子、氯原子和氖原子的结构示意图可以表示为

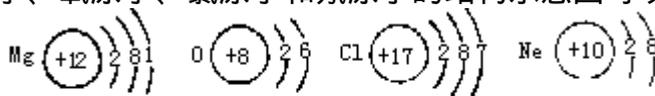


图2-5 镁、氧、氯、氖的结构示意图

在镁、氧、氯、氖、钠几种元素中，镁和钠是金属元素，氧和氯是非金属元素。可以看出金属元素的原子，最外层上的电子数一般小于 4 个。如钠原子最外层上有 1 个电子，镁原子最外层上有两个电子。而非金属元素的原子，最外层上的电子数一般多于 4 个。如氧原子最外层上有 6 个电子，氯原子最外层上有 7 个电子。

金属元素的原子最外层电子比较少，在化学反应中容易失去这些电子，使整个原子带上正电荷。非金属元素的原子则容易得到电子而使整个原子带上负电荷。我们把带电荷的原子叫做离子。带正电荷的离子叫阳离子，带负电荷的离子叫做阴离子。化学上常在元素符号的右上角标上电荷的数目来表示一种离子。例如，钠原子和镁原子在反应中容易失去最外层的 1 个和两个电子，成为钠离子（ $\text{Na}^+$ ）和镁离子（ $\text{Mg}^{2+}$ ），而氯原子在反应中容易得到 1 个电子成为氯离子（ $\text{Cl}^-$ ）。

**原子量** 原子很小，但也有一定的质量。1  $\mu\text{g}$ （微克）金子里含有  $3.1 \times 10^{15}$  个金原子，每个金原子的质量是  $3.2 \times 10^{-22}\text{g}$ 。这样小的质量根本无法称量。显然，用 kg 或 g 这样的质量单位来表示原子的质量是不合适的。

因此，在科学上一般不直接用原子的实际质量，而是用原子的相对质量（简称原子量）来表示。国际上规定，以中子数为 6 个的碳原子质量的 1/12 为基准，把各种原子的质量跟它相比较而得到的比值，就是各种原子的原子量。这样，碳的原子量是 12，镁的原子量是 24，氧的原子量是 16，等等。国际原子量表见书末附录，使用时只要查表就可以了。

## 职业与化学

### 药剂师

你一定非常熟悉医院药房里的药剂师吧。他们的工作主要是按照医生的处方配药和制备药物。除了在医院工作的药剂师外，还有些药剂师在药物研究所、制药厂、医疗预防机构（如防疫站等）工作。这些药剂师从事药物调剂、制备、鉴定和生产等工作。有的药剂师也在大专院校从事医药教学工作。药剂学是药剂师不可缺少的一门专业知识。药剂学所研究的对象是药物，因此他们必须知道药物的组成、结构和性质等知识。而这些恰恰也就是化学的研究内容。因此药剂学与化学的关系是非常紧

密的。要学好药剂学，做一名好的药剂师，就必须具有较好的化学基础知识。

## 讨论与思考

1. 某药片中每克含碘 150mg、铁 12mg、镁 65mg、铜 2mg、锌 1.5mg、锰 1mg。你认为该药片中所含的各种成分是指分子、原子、还是元素？
2. 古罗马人的平均寿命很短，只有廿余年。你认为这可能主要跟以下哪些因素有关？
  - (1) 古罗马上空的空气污染严重
  - (2) 古罗马人营养很差
  - (3) 古罗马城市中用铅作水管，用铅制器皿饮水
3. 什么叫离子？铝的元素符号是 Al，铝原子很容易失去最外层的 3 个电子，试写出铝离子的符号。
4. 什么叫原子量，它是以什么为基准的？氢的原子量是 1，铝的原子量是 27，铝原子的质量是氢原子的几倍？
5. 查表确定 1 个铁原子的质量是 1 个氧原子质量的几倍。

## 阅读材料

### 生命的钥匙——微量元素

微量元素在人体中的含量虽然微不足道，但它们在生命活动中的作用却十分重要。人体中各种必需的微量元素无论缺少或过量，对人体的健康影响极大。因此科学家把微量元素称为“生命的钥匙”。

例如，铁是人体必需的一种微量元素。人体中的血红蛋白、细胞色素，以及多种能促使生化反应迅速进行的催化剂——酶中都含有铁元素。如果血液中铁的含量减少，血红蛋白就不能生成，造成缺铁性贫血，使流经肺部的血液携带氧气的量减少。人体得不到足够的氧气，轻者面色苍白，呼吸急促，重者甚至发生窒息死亡。为了补充铁质，医生常给患者服用硫酸亚铁一类的补铁剂，还建议患者多吃一些猪肝和菠菜等含铁质较高的食物。

又如，氟也是人体必需的一种微量元素。牙齿的釉面上就有一层氟的化合物，它坚硬而致密，是保护牙齿的天然屏障。如果人体中缺少氟，就会影响牙齿保护层的形成，引起龋齿。据文献报道，当饮水中含氟量小于 0.5mg/L 时，龋齿的发病率高达 70%—90%。当饮水中含氟量为 1.5mg/L 时，龋齿的发病率可降到 10% 以下。

但是，过量摄入微量元素，也不合适。例如，广州市从 1966 年起实行自来水氟化，10 年后发现儿童斑釉齿大大增加。后经调查证实，广州市饮水含氟量虽然低于国家标准，但市民从其他途径摄取的总氟量已超过人体的需求，饮用氟化水反而引起了氟过剩。所以从 1983 年起广州市已停止对自来水加氟。

越来越多的事实证明，微量元素对人体的生长、发育、衰老、疾病乃至死亡，都起着十分重要的作用。表 2-4 列出了一些微量元素的补充来源，食用有关食物，可以使人体获得必要的微量元素。反之，偏食对人体的健康是有害而无益的。

表 2-4 若干微量元素的补充来源

| 元素名称     | 来源                       |
|----------|--------------------------|
| 铁 ( Fe ) | 肝、肉、豆类、麦类、菠菜、西红柿、水果      |
| 铜 ( Cu ) | 坚果、豆类、谷类、水果、鱼、肉、蔬菜       |
| 锌 ( Zn ) | 谷类、豆类、麸皮、肝、胰脏、乳汁         |
| 锰 ( Mn ) | 萝卜缨、小麦、扁豆、大白菜、糙米、茄子      |
| 碘 ( I )  | 海带、海参、紫菜、发菜、蛭子、蚶、蛤、干贝、海蜇 |
| 硒 ( Se ) | 大白菜、小麦、玉米、小米、南瓜、红薯干      |

## 2.2 单质

**元素的游离态** 世界上有许许多多的纯净物,如果根据元素的组成来划分,可以分为两大类——单质和化合物。单质是由一种元素组成的纯净物。像氧气、镁、铁、汞等都是单质。化合物是由两种或多种元素组成的纯净物(图 2-6)。例如,氧化镁是由氧元素和镁元素组成的;高锰酸钾是由钾、锰、氧三种元素组成的,它们都是化合物。

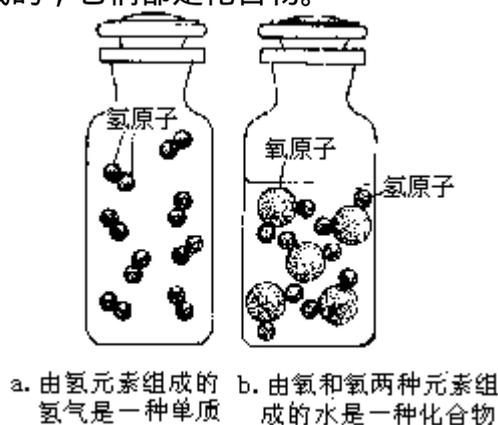


图2-6

以单质存在的元素形态叫做元素的游离态。我们的祖先早就懂得“沙里淘金”,因为金在自然界里是以游离态存在的。

单质还可以按其性质分为金属、非金属和稀有气体三个大类。例如,氧气、碳都是非金属(组成非金属单质的元素叫非金属元素);铁、铝、铜都是金属(组成金属单质的元素叫金属元素)。氢气、氦气、氖气等是稀有气体。金属有金属光泽,有延展性,能导电、传热等。非金属没有金属光泽,没有延展性,导电、传热性能差。金属和非金属之间没有绝对的界限。有的物质如硅和锗既有金属的性质,又有非金属的性质。

**单质的分子式** 用元素符号来表示物质分子组成的式子叫分子式。单质的分子式书写比较简单,只要在组成单质的元素符号右下角,用数字表示 1 个分子中所含的原子数目。如果原子个数是 1 时可以不写。例如,氢气、氧气、氮气、氦气、氖气的分子式分别用  $H_2$ 、 $O_2$ 、 $N_2$ 、He、Ne 来表示。上式说明 1 个氢气分子中有两个氢原子,等等。

金属和固态非金属单质的结构比较复杂,习惯上用元素符号表示分子式。例如,铁、铜、硫、碳的分子式分别用 Fe、Cu、S、C 来表示。

以中子数为 6 个的碳原子质量的 1/12 为基准,以各种分子的质量跟它相比较,所得的比值就是该分子的分子量。

物质的分子量实际上就是组成该分子的各种元素原子量之和。因此,根据物质的分子式,可以很方便地计算出它们的分子量。例如,氧气的分子式是  $O_2$ , 它的分子量就是

$$16 \times 2 = 32$$

又如,白磷的分子式是  $P_4$ , 它的分子量是

$$31 \times 4 = 124$$

**同素异形体** 同一种元素有时可以形成几种不同的单质。例如,氧元素既可以形成分子式为  $O_2$  的氧气,又可以形成分子式为  $O_3$  的臭氧。氧气和臭氧是两种性质不同的单质。氧气是无臭的气体;臭氧却具有特殊的气味。在通常情况下,氧气的密度是 1.43g/L;臭氧的密度却是 2.14g/L。



图2-7 天然金刚石

金刚石(图 2 - 7)和石墨是两种性质截然不同的物质。金刚石是自然界里硬度最高的矿物;石墨却是最柔软的矿物之一。金刚石晶莹透亮,熠熠闪光;石墨却呈灰黑色。纯净的金刚石不能导电;石墨是电的良好导体。金刚石和石墨虽然性质不同,但它们都是碳元素的单质。

我们把像金刚石、石墨,氧气、臭氧等由同一元素形成几种不同单质的现象,称为同素异形现象。把同一元素形成的几种不同单质,互称为同素异形体。

### 讨论与思考

1. 单质可以分成哪几类?从原子结构上分析,它们有哪些主要的区别?
2. 在以下物质中,哪些是单质?哪些是化合物?为什么?

石墨(C) 二氧化锰( $MnO_2$ ) 氯酸钾( $KClO_3$ ) 高锰酸钾( $KMnO_4$ ) 氯化钾( $KCl$ ) 硫( $S_8$ )

3. 白磷和红磷都是磷元素的单质,它们互称什么?查阅化学手册,简述它们各自的物理性质。

### 阅读材料

同素异形现象

同一种元素可以形成性质各异两种或多种不同的单质，这种现象就称为同素异形现象，这些不同单质称为同素异形体。如石墨、金刚石是碳的同素异形体，红磷和白磷是磷的同素异形体，氧气和臭氧( $O_3$ )是氧的同素异形体等等。同素异形体的性质有很大的差异，如氧气是无色、无味的气体，而臭氧则是淡蓝色的气体，有鱼腥味，臭氧的氧化能力比氧气强得多。又如红磷和白磷的性质相差也很大，可以从下表看出。

金属锡有三种同素异形体，灰锡、白锡和脆锡。灰锡为粉末状，当温度低于 18 时，白锡就会慢慢变成灰锡，温度降到 -48 时，这种转变会加速进行，以致使白锡变成一堆灰色的

|            | 红磷   | 白磷        |
|------------|------|-----------|
| 透明性        | 不透明  | 透明        |
| 颜色         | 暗红   | 无色(氧化后变黄) |
| 在二氧化硫中的溶解性 | 不溶   | 易溶        |
| 熔点         | 593  | 44.2      |
| 沸点         | 200  | 429 时升华   |
| 毒性         | 无毒   | 有毒        |
| 能否自燃       | 不能自燃 | 能自燃       |

粉末，这一现象称为“锡疫”。法兰西第三帝国皇帝拿破仑曾统率大军远征俄罗斯，士兵们在冰天雪地中受冻挨饿，艰难跋涉。由于气温低，军服上锡制的纽扣均患上了锡疫而脱落，加重了士兵们的冻伤。这成为拿破仑战败的原因之一。

人们早就发现，石墨和金刚石是碳的两种同素异形体，90 年代初，科学家发现了碳元素的另一种单质——巴基球，它是由 60 个碳原子以立体结构排列而成的一种笼形碳分子，如  $C_{60}$  就是一种像足球形状的碳分子。巴基球在现代高科技上有着重要的应用，对它正在深入研究中。

## 2.3 氧气

氧气是一种重要的非金属单质。在地球形成初期，空气的主要成分是水气、一氧化碳、甲烷和氨气，那时还没有氧气。氧气是海洋中简单植物光合作用的产物。后来，随着植物的增多，光合作用的增强，大气中氧的含量才逐渐提高，最终形成了现今的以氧气和氮气为主要成分的空气。植物在光合作用下所放出的氧气，比它在呼吸时消耗的氧气约多 20 倍，因此它弥补了自然界里氧气的消耗，使空气中氧气的含量几乎保持恒定。

**氧气的制法** 在工业上，氧气主要是用分离液态空气的方法来制得，也可以用电解水的方法来制取，但这种方法耗电多，成本高。在实验室里，常用加热氯酸钾或高锰酸钾的方法来制取少量氧气。

【实验 2 - 1】(1) 把少量氯酸钾放在一支试管里加热，当氯酸钾熔化并有气泡产生时，用带火星的木条插入试管口，观察有什么现象发生(图 2 - 8)。

(2) 把少量二氧化锰放在另一支试管里加热，也用带火星的木条插入试管口，观察有什么不同的现象。

(3) 把少量氯酸钾放在试管里加热片刻，不等熔化，用带火星的木条插入试管口，木条没有点燃。然后迅速往试管里撒入少量二氧化锰，再用带火星的木条试验，观察发生什么现象。

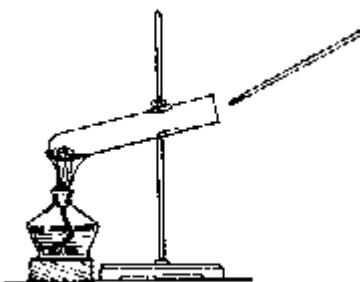
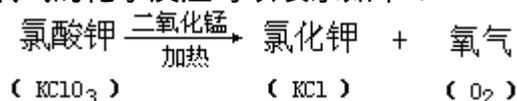


图2-8 加热氯酸钾

上述实验说明，把氯酸钾加热到熔化才会放出氧气；单独加热二氧化锰，一般不放出氧气；当氯酸钾中混有少量二氧化锰时，不需要加热到熔化，就能迅速地放出氧气。可见，二氧化锰在这里起了加速氯酸钾分解的作用。在化学反应中，这种能改变其他物质的反应速度，而本身的质量和化学性质在反应前后都保持不变的物质，叫做催化剂（或触媒）。在化学工业上，常选用适当的催化剂来增大化学反应速度，以提高生产效率。

实验室里制取氧气的化学反应可以表示如下：



氧气是一种密度比空气大，不容易溶于水的气体，所以实验室里制取氧气可以用向上排空气法（容器口向上）或排水法来收集（图2-9）。

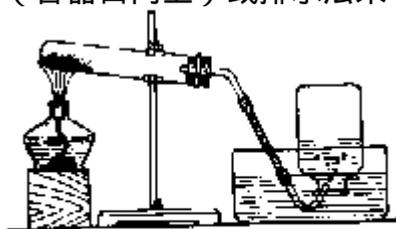


图2-9 实验室里制取和收集氧气的装置

**氧气的氧化作用** 我们说没有空气就没有生命，这是因为人是靠吸入空气中的氧气跟体内的营养物质反应所产生的能量来维持生命的。所以没有空气就会危及人的生命。医院里常用输氧抢救休克和心脏停搏的重危病人。

在空气稀薄的高山地区，氧气的含量相对较低，长期生活在平原地区的居民一下子到了高山地区常会感到气喘、胸闷而不能适应。

那么，人能不能长期呼吸纯氧气呢？物质在空气或纯氧气中反应有什么差别呢？下面我们通过实验（实验2-2）来研究这个问题。

【实验2-2】点燃两支短小的蜡烛，插在两根弯成钩状的铁丝上，然后分别伸进装满氧气和空气的两只集气瓶里（图2-10），观察燃烧的现象。

---

式中  $\text{KClO}_3$ 、 $\text{KCl}$ 、 $\text{O}_2$  分别是氯酸钾、氯化钾和氧气的分子式。

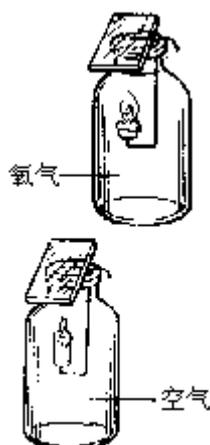


图2-10 蜡烛在空气中和氧气中燃烧

实验表明，蜡烛在氧气里燃烧比在空气里燃烧剧烈。

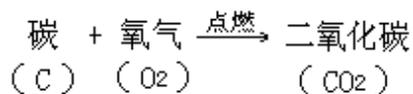
【实验 2 - 3】把小块木炭放在燃烧匙里加热到发红，然后伸进盛有氧气的集气瓶里(图 2 - 11)，比较木炭在空气中和氧气中的燃烧现象。待燃烧停止后，立即向瓶内倒进一些澄清的石灰水，振荡，观察现象。



图2-11 木炭在氧中燃烧

实验表明，木炭(主要成分是碳)在氧气中燃烧比在空气中燃烧得更旺，并发出更明亮的光。燃烧后生成的气体能使澄清的石灰水变浑浊，证明产生的是二氧化碳气体。

碳跟氧气的反应可以表示如下：

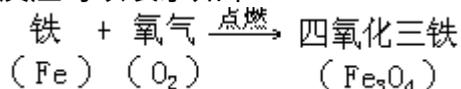


【实验 2 - 4】把光亮的细铁丝做成螺旋状，一端系在一根粗铁丝上，另一端系一根火柴，将火柴点燃后，把它连细铁丝一起伸进盛有氧气的集气瓶里(瓶底铺一层细砂)，见图 2 - 12，观察发生的现象。



图2-12 铁丝在氧气中燃烧

实验 2 - 4 表明，细铁丝能在氧气里剧烈燃烧，火星四射，生成了叫做四氧化三铁的黑色固体。由于燃烧时放出大量的热，使生成的四氧化三铁熔化并溅落在瓶底。这个反应可以表示如下：



以上实验都表明，物质在纯氧里的反应比在空气里反应更激烈。人如果长期呼吸纯氧气是不能适应的。

由于物质在纯氧中反应更激烈，所以工业上常使一些反应在纯氧中进行，以提高反应效率。例如，工业上利用电石气在氧气中燃烧产生氧炔焰，氧炔焰的温度高达 3000℃，可以用它来切割和焊接金属。炼钢时用氧气增加空气中氧的浓度以提高炉温，增大冶炼速度，从而提高钢的产量和质量。液氧是目前中远程导弹和宇航火箭推进剂的主要成分之一。液氧炸药被广泛用于开矿、挖渠、构筑隧道等。

物质在空气里燃烧或在氧气里燃烧都是物质跟氧气的反应，物质跟氧气反应时一般都有热量放出。我们把物质跟氧发生的化学反应叫做氧化反应。

氧气是一种比较活泼的气体，容易跟其他物质发生反应，所以物质在空气中发生氧化作用的现象是非常普遍的。如钢铁生锈，食物酸败，都是空气中的氧气跟这些物质发生氧化作用的结果。为了防止物质在空气中氧化变质，就要设法降低与该物质直接接触的空气中氧气的含量，或使它与空气隔绝。例如，包装食品时常用抽去空气或填充氮气的办法以防止食品变质。

## 讨论与思考

1. 在二氧化锰、空气及液态氧气中，哪些是纯净物、哪些是混合物？为什么？
2. 举例说明在生活中哪些情况下需要减小氧气的含量？哪些情况下需要增加氧气的含量？
3. 实验室里用氯酸钾制取氧气的反应中，残余的固体是纯净物还是混合物？
4. 铁丝在氧气中燃烧后溅落在瓶底的黑色固体物质是纯净物还是混合物？

## 阅读材料

### 拉瓦锡研究空气成分的著名实验

拉瓦锡把少量水银放在密闭的曲颈甑里，连续加热 12 天，结果发现水银沸腾以后有一部分变成红色鳞状物质（氧化汞），而玻璃罩里空气的体积差不多减少了 1/5。拉瓦锡把点燃的蜡烛放入玻璃罩，烛火立即熄灭。放进小鼠，小鼠也窒息而死。这说明玻璃罩内的剩余气体不支持燃烧，也不能供给呼吸，这剩余的气体主要是现在所说的氮气。拉瓦锡再把水银所生成的红色氧化汞收集起来，对它加强热，又得到了水银和一种气体，而这种气体的体积正好等于空气先前减少的体积。他把这些气体重新加到原先的玻璃罩里，跟剩余的气体混合，结果得到的气体性质和空气的性质一样。拉瓦锡把这部分气体命名为氧。

### 3 化合物

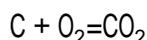
通过本章的学习，你将能够

1. 知道什么叫化合物。理解化合物的概念。
2. 根据元素的化合价，正确地写出化合物的分子式。
3. 根据某些物质的分子式，读出它的名称。
4. 根据物质的分子式计算它的分子量。
5. 根据化合物的分子式计算各元素的百分含量。

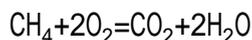
#### 3.1 化合物

**元素的化合态** 化合物是由两种或两种以上元素组成的纯净物。在化合物中，元素以化合态的形式存在。在自然界里，我们可以找到单质的碳——金刚石、石墨等，却很难找到游离态的铁等。因为铁元素总是以化合态存在于化合物中。例如，赤铁矿的主要成分是氧化铁，它的分子式是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，要从氧化铁中得到游离态的铁元素，即要得到单质铁，必须对它进行冶炼加工。在化合物中，有些是由两种元素组成的。如果这类化合物中，有一种元素是氧元素，这种化合物就叫做氧化物。氧化镁 ( $\text{MgO}$ )、二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ )、氧化汞 ( $\text{HgO}$ )、氧化铁 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 都是氧化物。

**化合物有固定的组成** 碳在空气中燃烧，可以产生二氧化碳。这个反应可以用下面的式子 来表示



天然气的主要成分是甲烷 ( $\text{CH}_4$ )，燃烧天然气也可以产生二氧化碳。这个反应可以用下式表示



从以上两个反应中可以看出，无论是燃烧碳还是燃烧天然气，都可以产生二氧化碳。人在呼吸过程中，同样可以产生二氧化碳。这些从不同反应中产生的二氧化碳，都具有相同的组成。这个事实告诉我们，元素和元素化合时，它们的原子个数都有确定的比值。这是元素的一种重要性质。化学上把元素一定数目的原子跟其他元素一定数目的原子化合的性质叫做元素的化合价。

化合价有正价和负价之分。通常，氢和金属元素在跟非金属元素化合时，氢和金属元素显正价，非金属元素显负价。例如，在水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) 中氢显正价，氧显负价。氧元素在跟金属元素或非金属元素化合时，氧元素显负价，金属元素或非金属元素显正价。例如，在氧化钙 ( $\text{CaO}$ ) 中，钙显正价，氧显负价。许多元素还因形成化合物时的条件变化而显示出不同的化合价。例如，铁跟氧化合时铁显+2价 ( $\text{FeO}$ ) 或+3价 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )，硫跟氧化合时硫显+4价 ( $\text{SO}_2$ ) 或+6价 ( $\text{SO}_3$ )。

各种元素在化合物中正价和负价的代数和等于零。

由于元素彼此化合时它们的原子个数都有确定的比值，所以形成的化合物都有固定的组成。

元素化合价是元素在跟其他元素形成化合物时表现出来的性质，因此，在单质分子里元素的化合价为零。

常见元素化合价如表 3 - 1 所示。

表 3 - 1 常见元素的化合价

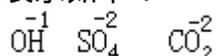
| 元素名称 | 元素符号 | 常见的化合价 | 元素名称 | 元素符号 | 常见的化合价      |
|------|------|--------|------|------|-------------|
| 钠    | Na   | +1     | 氢    | H    | +1          |
| 镁    | Mg   | +2     | 氧    | O    | -2          |
| 锌    | Zn   | +2     | 氯    | Cl   | -1、+1、+5、+7 |
| 铝    | Al   | +3     | 硫    | S    | -2、+4、+6    |
| 铜    | Cu   | +1、+2  | 碳    | C    | -4、+2、+4    |
| 铁    | Fe   | +2、+3  | 氮    | N    | -3、+2、+4、+5 |

在化学反应中，某些元素原子集合在一起作为一个整体而参加反应，就像一个原子一样，这种原子的集合体叫做原子团。氢氧根(OH)、硫酸根(SO<sub>4</sub>)、碳酸根(CO<sub>3</sub>)等是常见的几种原子团。根也有化合价。例如，氢氧根是-1价，硫酸根是-2价，碳酸根是-2价。

在化合物中各元素的化合价，可以在分子式中各元素符号的正上方用数字加“+”、“-”号表示出来，“+”表示正价，“-”表示负价。例如，



同样，根的化合价也可以表示如下：



**化合价与原子结构的关系** 元素组成化合物时，元素的化合价与原子最外层电子的数目有密切关系。表 3 - 2 列出一些元素的原子最外层电子数和化合价。

从表中可以看出，氢或金属元素的化合价数一般等于它原子的最外层电子数。例如，镁原子最外层电子数是 2 个，它的化合价是+2。而非金属元素的化合价一般等于 8 减去它们原子的最外层电子数。

表 3 - 2 原子最外层电子数和元素的化合价

| 原子 | 最外层电子数 | 元素化合价 | 原子 | 最外层电子数 | 元素负化合价 |
|----|--------|-------|----|--------|--------|
| 氢  | 1      | + 1   | 氯  | 7      | -1     |
| 钠  | 1      | + 1   | 氧  | 6      | -2     |
| 镁  | 2      | + 2   | 硫  | 6      | -2     |
| 铝  | 3      | + 3   | 氮  | 5      | -3     |

具有可变化合价的元素，情况比较复杂，不能单纯地根据原子的最外层电子数决定元素在化合物中的正、负化合价。

**化合价和分子式** 根据化合物中各元素正、负化合价代数和为零的原则，我们可以应用化合价写出化合物的分子式，也可以从分子式计算元素的化合价。

**【例题 1】** 已知铝的化合价是+3，氧的化合价是-2，写出铝的氧化物分子式。

**【解】** 先写出组成化合物的元素符号，正价的元素写在左面，负价的元素写在右面。



求出两元素的正、负化合价绝对值的最小公倍数。

$$3 \times 2 = 6$$

求出各元素的原子数。

$$\text{原子数} = \frac{\text{最小公倍数}}{\text{正价数 (或负价数)}}$$

$$\text{Al} : \frac{6}{3} = 2 \quad \text{O} : \frac{6}{2} = 3$$

然后把原子数写在各元素符号右下方，即得分子式  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

答：铝的氧化物分子式是  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。

**【例题 2】** 已知氧的化合价为-2 价，钾的化合价为+1 价，试计算出高锰酸钾 ( $\text{KMnO}_4$ ) 中锰元素的化合价。

**【解】** 根据化合物中各元素正、负化合价代数和为零的原则，即钾的化合价  $\times$  钾的原子数+锰的化合价  $\times$  锰的原子数+氧的化合价  $\times$  氧的原子数=0。

设  $\text{KMnO}_4$  中锰的化合价为  $x$ ，

$$\text{则 } (+1) \times 1 + x \times 1 + (-2) \times 4 = 0$$

$$x = \frac{(+1) \times 1 + (-2) \times 4}{1} = +7$$

答：在  $\text{KMnO}_4$  中锰元素的化合价是+7 价。

分子式只能用于表示客观存在的物质的组成。所以，只有确实存在的化合物，才能根据元素的化合价写出它的分子式，而不能利用化合价任意写出实际上不存在的物质的分子式。

**分子式的读法** 化合物分子式的读法一般是有规律的。由两种元素组成的化合物名称，一般从分子式右边的元素名称向左读，读作“某化某”。

例如， $\text{NaCl}$  读作“氯化钠”。

有时还要读出化合物里每一个分子中元素的原子个数。例如， $\text{CO}_2$  读作二氧化碳， $\text{P}_2\text{O}_5$  读作五氧化二磷。

如果是由原子团组成的复杂化合物，其中原子团一般只读它的名称。例如， $\text{Na}_2\text{CO}_3$  读作碳酸钠， $\text{Na}_2\text{SO}_4$  读作硫酸钠。

分子式是用来表示某种物质的 1 个分子。如果要表示几个分子，可以在分子式的前面加上系数。例如， $2\text{CO}_2$  表示两个二氧化碳分子； $5\text{HCl}$  表示 5 个氯化氢分子。书写分子式时，应注意元素符号右下角的数字和元素符号前面数字的意义是完全不同的。例如， $2\text{CO}_2$  中系数 2 表示二氧化碳分子的个数，

分子式中的 2，则表示 1 个二氧化碳分子中有两个氧原子。

### 讨论与思考

1. 根据常见元素的化合价判断以下分子式是否正确。  
(1)  $\text{NaCl}_2$  (2)  $\text{FeCl}_3$  (3)  $\text{FeCl}_2$  (4)  $\text{Na}_2\text{O}$  (5)  $\text{Al}_2\text{O}$   
(6)  $\text{AlCl}_3$  (7)  $\text{ZnO}_2$  (8)  $\text{ZnCl}$  (9)  $\text{NO}_2$  (10)  $\text{SO}_3$
2. 钙原子最外层有两个电子，它在化合物中显几价？写出氯化钙的分子式。
3. 钾原子最外电子层有 1 个电子，溴原子最外电子层有 7 个电子。试判断钾和溴的主要化合价分别是多少？写出钾跟溴形成化合物的分子式。
4. 根据氢原子和氮原子最外层电子的数目，分析一下为什么氢和氮形成化合物氨 ( $\text{NH}_3$ ) 时，氨分子中氢原子和氮原子的个数比是 3 : 1。
5. 在磷酸根 ( $\text{PO}_4$ ) 中，磷的化合价是 +5，则磷酸根的化合价是多少？
6. 铵根 ( $\text{NH}_4$ ) 在化合物中显 +1 价，则  $\text{NH}_4$  和  $\text{Cl}$  形成化合物的分子式是怎样的？为什么？
7. 在硫酸根 ( $\text{SO}_4$ ) 中，硫的化合价是 +6，则硫酸根的化合价是多少？分子式  $\text{NaSO}_4$  是否正确？
8. 硝酸根 ( $\text{NO}_3$ ) 的化合价是 -1，则其中氮元素的化合价是多少
9. 读出以下物质的名称。  
(1)  $\text{NaOH}$  (2)  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (3)  $\text{K}_2\text{CO}_3$  (4)  $\text{ZnSO}_4$

### 阅读材料

#### 原子学说和定组成定律

任何化合物，不论它的来源如何，也不管它是用什么方法制得的，只要是纯净的，都有固定不变的组成。这就是定组成定律。它是化学的基本定律之一。

18 世纪后，工业革命席卷欧洲，工业的迅猛发展推动了化学科学的发展。化学家们开始探索化合物的组成及其形成过程中各物质之间量的关系。化学家卡文迪许测定了水的组成，发现氢气和氧气是以一定的体积比结合成水的。化学家拉瓦锡也发表了对氧化汞组成的测定结果。1799 年，法国人普罗斯特根据他的实验结果明确指出：“两种或两种以上的元素相互化合生成某一化合物时，不同元素间其重量的比例是天然一定的，人力不能增减。”这就是定组成定律的最早叙述。

普罗斯特一提出定组成定律，立刻遭到当时的化学权威贝塞莱的激烈反对，并由此爆发了一场长达 8 年之久的论战。但后来的种种实验事实表明，普罗斯特是正确的。

为什么纯净的化合物都有固定的组成呢？自从道尔顿提出原子学说以后，这个定律就成了原子学说的自然推论，它的正确性也就不言而喻了。

道尔顿的原子学说认为，原子是元素的最小微粒，它在化学反应中不能再分。同种元素的原子不仅形状大小相同，而且质量也相同。当元素相互化合形成化合物时，也就是元素的原子相互结合成化合物时，原子的个数和质量都有一定的比例，所以纯净的化合物都有固定不变的组成。

### 3.2 根据分子式进行的计算

计算物质的分子量 1 个分子中各原子的原子量总和就是该物质的分子量，因此根据分子式可以计算出各种物质的分子量。

[例题 1] 计算三氧化硫的分子量。

[解] 三氧化硫的分子式是  $\text{SO}_3$ 。

$\text{SO}_3$  的分子量 =  $32 \times 1 + 16 \times 3 = 80$

[例题 2] 计算氧化铁的分子量。

[解] 氧化铁的分子式是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  的分子量 =  $56 \times 2 + 16 \times 3 = 160$

计算化合物中各元素的质量比 根据分子式可以计算出组成化合物的各元素的质量比。

[例题 3] 计算水中氢、氧两种元素的质量比。

[解] 水的分子式是  $\text{H}_2\text{O}$ 。

氢元素质量 : 氧元素质量 =  $1 \times 2 : 16 = 1 : 8$

[例题 4] 水电解的产物是氢气和氧气。

如果在阴极得到 10g 氢气，试计算在阳极上可以得到多少克氧气？

[解] 水中氢元素质量 : 氧元素质量 =  $1 : 8$

设可以得到氧气 xg。

则  $1 : 8 = 10 : x$

$$x = \frac{8 \times 10}{1} = 80(\text{g})$$

答：可以在阳极上得到 80g 氧气。

计算化合物中各元素的百分含量 农业上要选用某种氮肥，就要知道这种氮肥的含氮量，根据氮肥的含氮量及土壤中应施入氮素的量来确定应施加氮肥的质量。勘探队员要确定某种铁矿石有没有开采的价值，也要知道这种矿石中铁元素的百分含量。根据化合物的分子式就可以计算出其中某一元素的百分含量，并根据元素的百分含量进一步计算出一定量该化合物中各元素的质量。

[例题 5] 计算化肥硝酸铵 ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) 中氮元素的百分含量。

[解]  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  的分子量 =  $14 \times 2 + 1 \times 4 + 16 \times 3 = 80$ 。

## 职业与化学

### 营养学家

人体活动需要能量，这种能量来自于某一种“燃料”。食物就是这种“燃料”。食物在人体内进行着许许多多的化学反应，产生许多能量供人体活动所需。营养学家的工作之一就是合理调整这种“燃料”的摄入，以及“燃料”的质量，因此他必须具有一定的化学知识。特别是有机化学知识和生物化学知识。你如果立志要成为一名营养学家，眼下就必须好好学习化学。

有许多营养学家受聘于医院。他们的工作是根据病人的病情和需要，通过膳食增加营养和配合药物治疗，以增强体力，使患者能早日恢复健康。例如根据不同病人的病情，分别给以流质、半流质、软食、高蛋白饮食、无盐或少盐饮食等。这种治疗称为饮食治疗，它对各种营养缺乏病、代谢病、消化性溃疡、心血管病都能起到一定的积极治疗作用。

$$\begin{aligned}\text{氮元素的百分含量} &= \frac{2N}{\text{NH}_4\text{NO}_3} \times 100\% \\ &= \frac{14 \times 2}{80} \times 100\% = 35\%\end{aligned}$$

答：硝酸铵中含氮元素 35%。

[例题 6] 有一种铁矿石的主要成分是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。

试计算含  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  500t 的铁矿石中有多少吨铁？

[解]  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  中铁元素的百分含量

$$\begin{aligned}&= \frac{2\text{Fe}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} \times 100\% \\ &= \frac{56 \times 2}{56 \times 2 + 16 \times 3} \times 100\% = 70\%\end{aligned}$$

$$500 \times 70\% = 350 (\text{t})$$

答：500t  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  中含铁 350t。

1. 试计算下列铁的氧化物中各元素的质量比和铁的百分含量。

(1)  $\text{FeO}$  (2)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (3)  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

2. 多少千克氧化铁 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 中的铁元素相当于 10kg 四氧化三铁 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 中所含的铁元素？

3. 在氨气 ( $\text{NH}_3$ ) 和硝酸铵 ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) 中，哪一种物质含氮量高？

4. 某耕田若需施用 8kg 硝酸铵 ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )，同样的肥效改用尿素 [ $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ] 时需多少千克？

## 阅读材料

### 氩的发现

19 世纪末，美国出色的声学 and 光学家雷利，忽然把研究的兴趣转向了化学，他兴致勃勃地研究气体的密度，发现用三种不同的方法制得的氧气密度完全相同，但研究氮气的密度却使他陷入了困境。他把空气中的水汽、二氧化碳和氧气除去，测得氮气的密度是 1.2572g/L，而从亚硝酸铵 ( $\text{NH}_4\text{NO}_2$ ) 分解得到的氮气密度却只有 1.2508g/L，比空气中所得氮气的密度小约千分之五。他百思不得其解，于是把这一事实刊登于 1892 年 9 月 29 日的《自然》周刊上，征求解答。

为了解决这个问题，雷利自己前后设想四种可能的答案，但一时却无法证明哪一个是正确的。雷利重新翻阅了 1795 年英国科学家卡文迪许遗留下来的手稿，在这部手稿中卡文迪许记述了他曾做过对空气中氮气进行放电的实验，从这个实验中，他相信由空气所得的氮气中一定存在一种尚未被人发现的未知气体。

美国化学家拉姆塞听了雷利的研究报告后，欣然与雷利合作。他们用赤热的铜跟空气作用，以除去氧气。再用赤热的镁与剩余气体反应，以除去氮气，再用五氧化二磷吸收水汽，以碱石灰除去二氧化碳，最后剩余气体的体积为原来气体的 1/80 左右。他们对这些剩余的气体做了光谱分析，发现这种气体跟所有已知气体的谱线都不同，证明这确实是一种尚未被人发现的气体。1895 年他们共同在美国科学大会上宣读了一篇论文，大会主席建议，因为该气体极不活泼，就命名它为氩（希腊文懒惰的意思），氩气就这么被发现了。

雷利从两种不同来源氮气的密度第三位小数的差异入手，穷追不舍，终于发现了氩气，化学史

上把这个发现称之为第三位小数的胜利。

## 4 水

通过本章的学习，你将能够

1. 描述自然界里水的分布情况，说明水的特性及它对人类的重要意义。
2. 通过确定水的组成、体验到用分解和合成的方法来研究物质的组成是一种基本的科学方法。
3. 比较分解反应和化合反应的区别。
4. 解释水的分散作用及它对人类生活、生命的重要意义。
5. 描述水在自然界中的循环和净化。
6. 比较水的自然净化和人工净化的过程。
7. 描述水的污染原因及防治水污染的重要性。

水是我们最熟悉的物质，也是地球上分布最广的物质之一。

水没有颜色，没有气味，沸点是 100℃，所以在常温下水是一种液体。水对地球上生命的产生、进化和繁衍起十分重要的作用。

水这样重要。那么，水是单质还是化合物？用什么方法可以证明水的元素组成？水有哪些特别的性质？水在自然界里进行怎样的循环？在这些循环过程中，发生了怎样的变化？这些是本章学习的主要内容。

### 4.1 水的组成

**水的分布与特性** 地球表面约 3/4 的地方被水覆盖着，其中 97.2% 的水在海洋里，2.24% 的水在冰川和两极的冰冠中。此外，在地层里还有地下水，在空气中还有水蒸气。地球上的水资源极为丰富，它的分布情况见表 4-1。地球上可以直接供人类生活、生产用的淡水，仅占总水量的千分之一左右。从这个意义上说，地球上的水又是极为有限的。

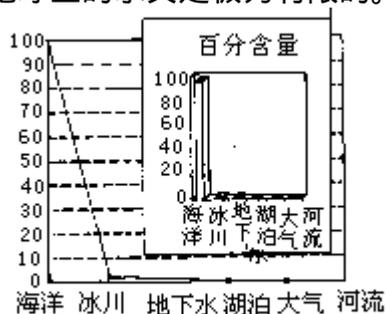


图4-1 地球上水的分布示意图

水有许多奇妙的性质，这些性质对人类的生存环境有着重要的意义。一般说，物质在固态时的密度比它在液态时的密度大。但是，水具有反常膨胀的性质，在 4℃ 时，水的密度最大。这样冬天江河的水结冰时，冰总浮在水面上，冰下有一定深度的水却始终能保持在 0℃ 到 4℃ 之间，使水中的生物能安全地生存，见图 4-2。

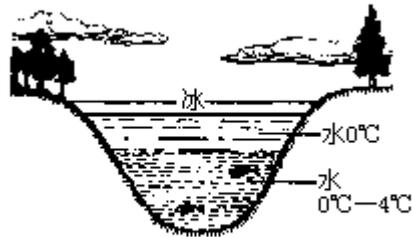


图4-2 水有反常膨胀的性质

水的比热容很大，自然界中的水在白昼时能吸收贮存太阳能，在晚间又把这些能量慢慢地释放出来，使地球昼夜的温差不会过分悬殊，从而使地球上的生命能在适宜的环境中生存。

表 4 - 1 地球上水的分布

| 水的分布 | 海洋   | 冰川   | 地下水  | 湖泊    | 大气    | 河流    |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 百分含量 | 97.2 | 2.24 | 0.61 | 0.061 | 0.001 | 0.000 |

**水的组成** 长期以来，人们一直认为水是一种单质，因为用一般的加热方法很难把它分解。直到 18 世纪末，才由科学家用实验证明了水是一种化合物。

水是由什么元素组成的化合物呢？我们可以通过下面两种不同的方法进行研究。

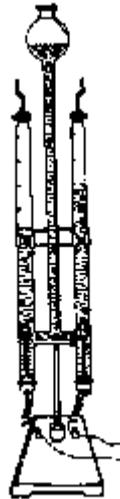


图4-3 水电解器

【实验 4-1】 在图 4 - 3 水电解器的玻璃管里装满水，通直流电，观察电极上和玻璃管内生成的气体和它的体积。过一会儿用点燃的木条分别检验两根玻璃管内的气体。

实验表明，当接通直流电后，电极上就有气泡产生，两根玻璃管中汇集了无色的气体。其中连接正极一端产生的气体比连接负极一端产生的气体少，它们的体积比大约是 1 : 2。

体积小的气体，能使燃着的木条燃烧得更旺，证明它是氧气。

体积大的气体，能够燃烧，这是氢气。

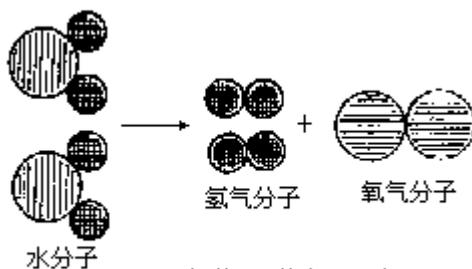
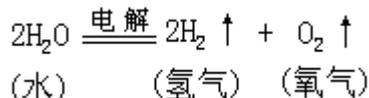


图4-4 水分子分解示意图

水电解生成了氢气和氧气(图4-4),说明水是由氢、氧两种元素组成的化合物。这个反应可以表示如下:



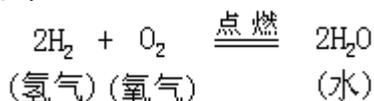
我们再来做一个实验。

【实验4-2】点燃从氢气发生装置中产生的纯净氢气。将点燃氢气的尖嘴导管伸入充满氧气的干燥集气瓶里(图4-5)。仔细看一看集气瓶的内壁有什么现象。



图4-5 氢气在氧气里燃烧

干燥的集气瓶内壁蒙上了一层水汽,说明氢气跟氧气反应生成了水(图4-6)。这个反应表示如下:



无论是水的电解,还是氢气在氧气中燃烧,两个实验都证明了水确实是由氢元素和氧元素组成的化合物。人们经过大量的实验测定和科学分析,证实了1个水分子是由两个氢原子和1个氧原子构成的。水的分子式是 $\text{H}_2\text{O}$ 。

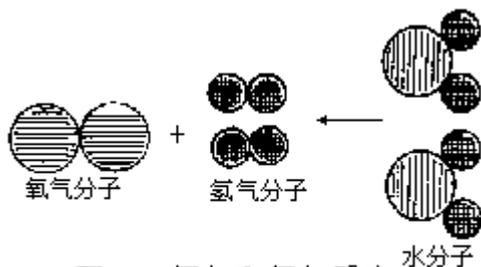
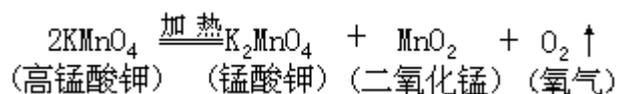


图4-6 氧气和氢气反应生成水的示意图

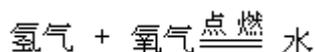
**化合反应和分解反应** 仔细分析上述两个实验所发生的反应,我们发现这两个反应的形式不一样。电解水所发生的反应是由水一种物质反应生成了氢气和氧气两种物质。



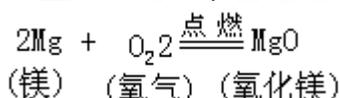
化学上把由一种物质反应生成两种或两种以上其他物质的反应叫做分解反应。高锰酸钾受热后生成氧气、锰酸钾和二氧化锰,这也是分解反应。



氢气在氧气中燃烧生成水的实验是由氢气和氧气两种物质反应生成了一种物质。



化学上把由两种或两种以上物质反应生成一种其他物质的反应叫做化合反应。镁在空气中燃烧生成氧化镁，也是化合反应。



分解反应和化合反应是化学反应中两种最基本的反应类型。

### 讨论与思考

1. 水在温度变化时吸收或放出的热量都很大，这说明水有很高的比热容。以下哪些事实利用了水的这一性质？

- (1) 夏天的傍晚，人们常在庭院、天井或晒台上洒些水，再乘凉。
- (2) 给物质加热的温度需要控制在 100 以内时，可以把盛放物质的容器隔水加热。

(3) 利用水力来发电。

(4) 在汽车水箱里加入冷水，可以使发动机冷却。

2. 在以下反应中，哪些是化合反应？哪些是分解反应？

(1) 焦炭(C)在空气中燃烧时，跟空气中的氧气(O<sub>2</sub>)反应生成了二氧化碳(CO<sub>2</sub>)。

(2) 一氧化碳(CO)在空气中燃烧时，跟空气中的氧气(O<sub>2</sub>)反应生成了二氧化碳(CO<sub>2</sub>)。

(3) 面粉中加入小苏打(NaHCO<sub>3</sub>)，加热后生成了碳酸钠(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)、水(H<sub>2</sub>O)和二氧化碳(CO<sub>2</sub>)。

(4) 煅烧石灰石(CaCO<sub>3</sub>)可以生成生石灰(CaO)和二氧化碳(CO<sub>2</sub>)。

3. 夏天，当你往盛有桔子水的杯子里放入冰块时，冰块是沉在杯底，还是浮在杯中？为什么？

4. 甲、乙两位同学共同做完了水的电解实验和氢气在空气里燃烧生成水的实验后，有如下的一段对话：

(1) 甲指着氢气燃烧实验的装置说：一种物质发生反应后，如果能生成水，我认为该物质中一定含有氢元素。

乙回答说：可能是这样，但我不能肯定。

(2) 乙指着实验桌上一瓶无色的气体说：这瓶无色的气体，如果点燃后能燃烧，我认为这是一瓶氢气。

甲回答说：可能是这样，但我也不能肯定。

你认为上述两段话谁正确？为什么？

5. 实验测得水分解得到两种气体的体积(标准状况)比是 2 : 1，根据这一体积比，试说明它们分别是什么气体？你能用什么方法来证明这两种是什

么气体？

## 阅读材料

### 水和岩石的风化

你知道地球上的岩石是怎样慢慢地变成砂砾和沙土的吗？岩石变成沙土的过程在地质学上称为岩石的风化。岩石的风化是在大气、水、阳光和生物的作用下慢慢分解的长期过程。在这个过程中，水扮演了重要的角色。

物质有热胀冷缩的性质。由于白昼太阳照射和夜晚寒风的交替作用，使岩石经常受到几十度温差变化的影响。长年累月如此，使坚硬的岩石表面产生细微的裂缝，雨水、露水“乘虚而入”，渗入裂缝的水为飘落的草籽、树种提供了生存的条件。植物在裂缝中生根安家，它们的根系向四处伸展。绿荫减少了水分的蒸发，使更多的植物繁衍生长。大量植物生长蔓延是岩石风化的一个重要原因。

引起岩石风化的另一个因素是水的反常膨胀的性质。渗入石缝的水在寒冬结冰，冰的体积比同质量的水约增加 8%。这种反常膨胀使石缝越来越大，增大的石缝又可容纳更多的水。经过长期反复地作用，岩石被破坏、粉碎，砂砾和沙土就这样慢慢地形成了。

除此之外，大气中的二氧化碳也参与了岩石的风化。二氧化碳跟水作用，生成的碳酸能侵蚀石灰石，使石灰石慢慢发生变化，逐渐形成溶洞。

岩石的风化作用也会对人类的生活带来威胁。我国长江三峡的悬崖陡壁，由于风化作用造成塌方，影响了长江的航道。四川乐山大佛的佛身，埃及的狮身人面像也都因岩石的风化，需要耗费巨资修复。

## 4.2 水是一种重要的分散剂

**物质在水中的分散** 所谓分散剂，就是能使其他物质分散的物质。水是一种最常见、也是最重要的分散剂。很多气体、液体和固体都能在水中分散。例如，把糖和桔子粉一起分散在水里就是桔子水；把食盐分散在水里就是食盐水。那么，物质是怎样分散到水里去的呢？在分散过程中，物质会发生怎样的变化呢？水又会发生怎样的变化呢？

让我们先来做两个实验，看看物质在水中是怎样分散的？

【实验 4 - 3】在 500mL 烧杯中加入 400mL 水，然后把一角匙炭黑加到水里，边搅拌边加入明胶，观察现象。

炭黑加入水后，它以细小的颗粒分散在水中，加入明胶后使炭黑能较稳定地分散于整个水中。写字用的墨汁就是这样制成的。

【实验 4 - 4】在培养皿中盛有 3/4 容积的水，把几粒芝麻大小的靛蓝（一种染料）投入水中，观察靛蓝的分散过程（图 4 - 7）。

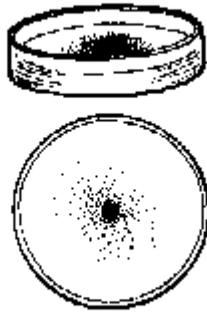


图4-7 靛蓝在水中的分散

靛蓝加入水中后，看到蓝颜色慢慢向四周分散，最后整个培养皿里的水都布满了靛蓝的蓝色。

从上述两个实验可以知道，物质在水中的分散，有的仍以原来大小不一的颗粒机械地分散在水中，如炭黑水中的炭，河水里的泥土、沙粒等。有些物质分散在水中，它们以分子或离子等微粒的形式分散在水里，即溶解在水里，如靛蓝、酒精、蔗糖、食盐等。这些物质分散在水中，没有发生质的变化，各种物质仍然保持着原来的性质。

可以想象，占地球表面积 3/4 的水中分散了多多少少的物质。水的这种分散作用，对于我们的生活和生命有着重要的意义。例如，人体所需要的养分，农作物所需要的肥料，都得依靠水的分散作用才能被吸收。一亩田里有时只需要 1g 高效农药来杀虫，而要使农药均匀地洒到作物上，就只有把农药先分散在水里再喷洒。日常生活中洗菜、淘米、洗衣服等等也是靠水的分散作用，才能把泥土、杂质、污垢等除去。医院配制药水、针剂，中草药熬制的汤剂，都是利用了水的分散作用。

**物质分散时跟水的反应** 有的物质在水中分散时，会跟水发生化学反应，生成新的物质。

[实验 4-5]在 250mL 的烧杯里盛 4/5 容积的水，把几小块生石灰放入水中，观察现象。过一会儿向水里滴入几滴酚酞试液（图 4 - 8），观察水的颜色变化。

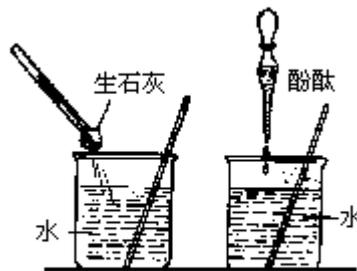
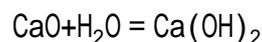


图4-8 在石灰水中滴入酚酞后变红色

生石灰的化学名称叫氧化钙，分子式是  $\text{CaO}$ 。生石灰加入水中后生成了新的物质——熟石灰 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ ，化学名称叫氢氧化钙 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 。氢氧化钙能使一种指示剂——酚酞试液从无色变成红色。这个反应可以表示如下：



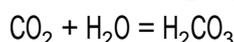
指示剂是能变换自身颜色而显示某种物质（如酸或碱等）是否存在的试剂。例如，酚酞遇到氢氧化钙等溶液时，能显红色。酚酞就是氢氧化钙等溶液的指示剂。

在这个反应过程中还放出大量的热，我们把这种放出热量的反应叫放热反应。相反，吸收热量的反应叫吸热反应。

【实验 4—6】在一支试管里盛 1/3 容积的水，然后滴入几滴石蕊试液，试液呈紫色。向水中吹入二氧化碳气体（图 4 - 9），观察水的颜色变化。



把二氧化碳通入水中，二氧化碳分子在水中扩散，也有一部分二氧化碳跟水发生反应，生成新的物质——碳酸（ $\text{H}_2\text{CO}_3$ ）。这个反应可以表示如下：



碳酸能使另一种指示剂——石蕊试液从紫色变成红色。

水可以跟很多物质发生反应，生成其他物质。水的这种性质对于我们的生活和生命活动也是十分重要的。例如，用水蒸煮食物，食物中的蛋白质会跟水反应，生成更容易被人体吸收的营养物质。人摄入的淀粉也在体内跟水反应，生成更容易吸收的葡萄糖。自来水厂常用明矾来净水，就是利用明矾跟水反应生成一种胶状物质，这种胶状物质在水中分散并吸附水中的颗粒杂质而沉降，使水变清。用漂粉精消毒杀菌，也是利用了漂粉精跟水反应生成一种具有消毒杀菌性能的物质性质。

**物质的水合现象** 能溶解于水的物质在水中分散时，还有一种奇妙的现象，就是被分散的分子或其他微粒，都被水分子包围着、结合着，见图 4 - 10。这种现象就是物质的水合现象。

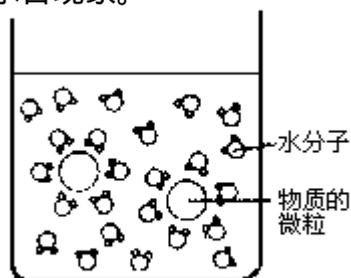


图4-10 水分子包围着物质的微粒

物质在水合时，包围在微粒外面的水分子数目，以及每个水分子跟微粒结合的牢固程度是不同的。蒸发时有些物质的微粒会脱离水分子的包围而从水中析出，有些物质的微粒会跟一定数目的水分子结合在一起从水中析出，这样的物质叫做水合物。

令人惊奇的是，水合物里虽有水，但我们用手触摸时根本感觉不到水的存在，只有当加热水合物时，我们才会确信水合物里确实存在着水，见实验 4 - 7。

【实验 4 - 7】取研碎的表面干燥的胆矾固体 2 ~ 3g，放入干燥的硬质试管中，慢慢给试管加热，观察发生的现象（图 4 - 11）。

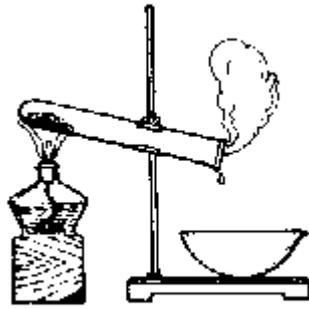
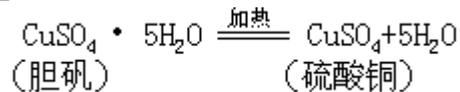


图4-11 加热胆矾

胆矾 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 受热后的反应可以表示如下：



物质的水合现象在我们的生活中也有重要的作用。例如，熟石膏 ( $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 和水调成糊状会变成坚硬的石膏 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )。利用熟石膏的这种性质，可以制作各种各样的石膏模型。医院里常用熟石膏给骨折病人绑固。生产水泥时拌入熟石膏，可以加快水泥浇注后的硬化。

可见，水是一种多么重要的分散剂，人类离开了水的分散作用就无法生存和生活。

### 讨论与思考

1. 有人说物质在水中分散的过程都是物理变化，这种说法是否正确？请举例说明。
2. 二氧化碳和氧化钙分别跟水反应，是化合反应还是分解反应？为什么？
3. 为什么说水是一种重要的分散剂？举例说明水的分散作用对于我们生活的重要意义。

### 4.3 水在自然循环中的净化

水在地球上不停地流动和改变着形态。风吹日晒，使江河湖海中的水蒸发升入蓝天。动植物体表的水也会因呼吸、蒸发而进入大气。大气和云层中的水蒸气遇冷又化为雨、雪、冰雹而重返地面。自然界里的水就是这样不停地循环着（图4-12）。

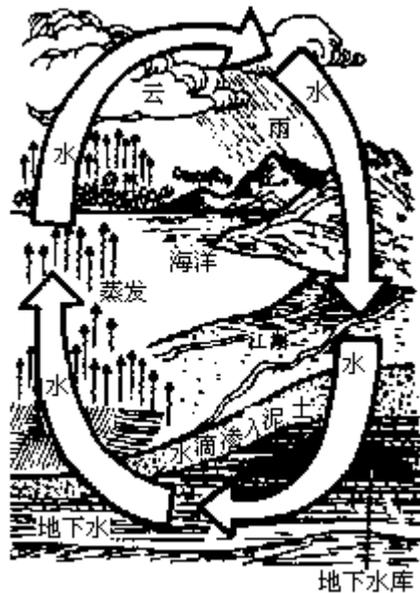


图4-12 水在自然界中的循环

水的自然循环过程为人类提供了净化的水，多少世纪以来，人类依靠着自然净化的水而生活着。那么，什么是水的自然净化？水在自然循环中是如何被净化的呢？在当前水质污染日益严重的情况下，水的自然净化给了我们哪些启示呢？

**水的自然净化** 水是一种重要的分散剂，在自然循环中水分散了许许多多的物质。例如，矿藏中的盐分、矿物质，空气中的气体，乃至土壤中的泥沙。与此同时，水在循环中也不断地除去污浊和杂质，保持着自身的洁净，这就是水的自然净化。水的自然净化有多种途径。

水蒸发变成水蒸气逸入大气，水蒸气再化为雨、雪、冰雹降落到地面，流入江河，渗入地下。雨、雪、冰雹可以看作比较纯净的水，所以水的蒸发是一种自然净化过程。

分散在水中容易挥发的杂质，当地表水流经岩石或溪流时，它们会从水中释放到空气中去，使水得到净化。这样的过程叫做曝气。

分散在水中的固体小颗粒在江河、溪流中缓缓流动时，会因重力作用发生沉降而除去。有些固体小颗粒在水渗入地下的过程中，也会被土壤、沙层吸附和过滤，故从地下渗出的井水、泉水晶莹剔透。

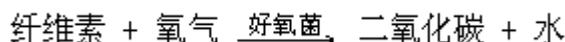
水即使经过蒸发、曝气、沉降、过滤、吸附等过程，但水体中总还有一些自然污染物。少量的自然污染物经水的稀释会变得微不足道。

水在以上的自然净化过程中，变得洁净多了。水在净化过程中没有发生化学变化，所以上述过程都是水的物理净化过程。

**水中物质的降解反应** 在江河湖海以及地下水中，生存着大量的生物，比如有鱼、虾、蛙、螺等动物到藻类、水草等植物和浮游生物，还有众多的微生物。这些生物的排泄物以及生物体死亡后的遗骸都分散在水中，成为污染水的物质。假如这些污浊物质都在水中积累起来，恐怕地球上早已没有干净的水了。幸亏水体中有一类微生物——好氧菌的存在，它能使生物体的遗骸发生降解反应而不致于大量累积起来。

生物体的遗骸，大多是由碳、氢、氧元素为主组成的大分子有机物。好氧菌能使这些有机物转化成小分子物质，如二氧化碳、水等。这种好氧菌等微生物，使大分子有机物转化成小分子物质的过程，就是生物的降解反应。

当水中溶有较多氧气时，有机物可以被好氧菌降解成二氧化碳和水。例如，水体中植物残渣里纤维素的降解反应可以表示如下：



这样水体就得到了净化。

在缺少氧气的情况下，起作用的是另一类微生物——厌氧菌，这时大分子有机物也能发生降解作用，生成甲烷（ $\text{CH}_4$ ）等小分子物质（图 4 - 13）。同时还往往产生很多有恶臭的物质，又使水体污浊。



图4-13 生物降解示意图

在通常条件下，水中总会有氧气溶解。下面让我们做一个实验（实验 4 - 8），观察水中存在活的或死亡的生物体时，水里溶解的氧气消耗情况。实验中用草履虫和水草代表有生命的有机体，用牛奶代表无生命的有机物。

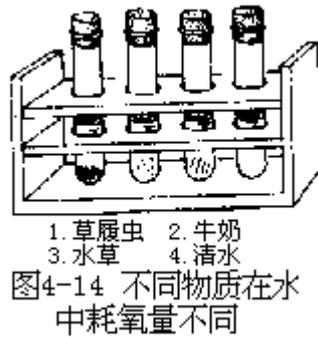
【实验 4 - 8】在四支试管中，分别加入 4mL 水。其中三支试管里分别放入草履虫、牛奶和水草（图 4 - 14）。隔一段时间后，向四支试管里分别加入亚甲蓝溶液（亚甲蓝溶液是检验溶液中氧气的试剂，有氧气时呈蓝色，没有氧气时不显颜色），观察现象。

## 职业与化学

### 护士

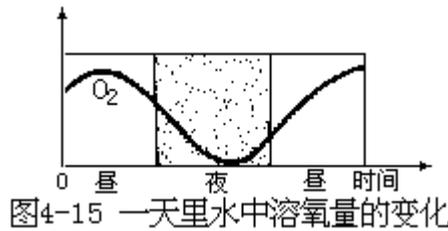
当你跨入医院，护士的身影就会出现在你的面前。大多数护士在各种各样的医院里工作，她们要完成医生的医嘱。在医疗预防机构、保健机构及托幼机构内担任营养、保健和婴幼儿卫生保健等工作的护士分别称为营养护士、保健护士和保育护士。护士必须经过一定的护理专业训练。其中有一门基础课程是化学，它是学习配药、营养、保健等护理知识的必备知识。此外，护士还必须学习一定的心理学知识。在我国护士这个专业还有不同的层次，有专科生、本科生，也有研究生。他们都在各自的工作岗位上为我国的护理事业尽心尽力。随着人们生活水平的提高，社会对护士的需求量也会随之增大，对护士的要求也会逐渐提高。

实验表明，在放有水草的试管中，溶氧量最高。这是因为水草在光合作用时不断产生氧气。



盛有牛奶的试管中溶氧量最少。这是因为水中含有无生命的有机物，它发生了生物降解反应，消耗了水中较多的氧气，使水中溶氧量减少，水体就会发生污染。

在一般情况下，水中溶氧量在晚间最少，早上就开始逐渐增加。所以流动的水可以靠好氧菌的作用得到自然净化。图 4 - 15 反映了一天里水中溶氧量的变化。



**水的人工净化** 在现代生活和工业生产中，人们向水中排放的废水，抛入的废物中含有大量的大分子有机物。例如，剩余的食物、流失的有机农药和洗涤剂。这些有机物在分解的过程中，要消耗大量的氧气，致使水中氧气减少，厌氧菌繁殖，水体发臭、变黑，难以自然净化。这样就发生了水的污染。

在被污染的水中，鱼虾不能生存，人类不能饮用。工农业生产中如果使用被污染的水，也会影响产品质量，影响农作物的生长。可见，水污染的治理是十分重要的。

污染严重的水必须经过人工净化才能成为生活、生产用水。水的人工净化实际上就是模仿水的自然净化过程，通过曝气、沉降、过滤、吸附、消毒等步骤进行净化。污水处理的一般流程见图 4 - 16。

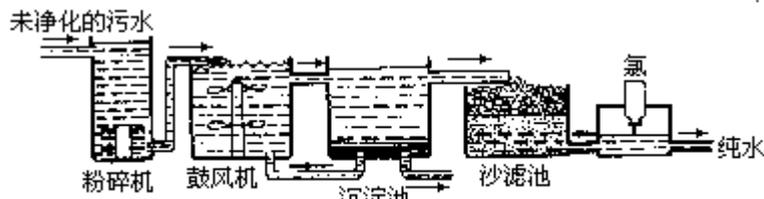


图4-16 污水处理的一般流程

在有些地区，由于水污染比较严重，经处理后的自来水质量仍比较差。这些地区的居民可以在家中配备一个小型的净水器（图 4 - 17）来改善饮用水的质量。

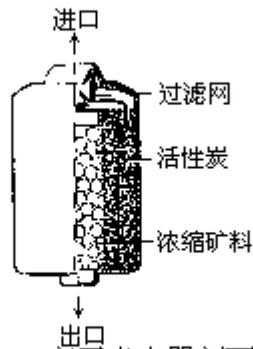


图4-17 家用净水器剖面图

## 阅读材料

### 自来水是怎样生产出来的

现在经济发达地区的城市和乡镇居民都能饮用到自来水。你知道自来水是怎样生产出来的吗？

为了保证水质，自来水厂的水源都设在清洁的大河上游。但是，天然水体中毕竟还含有悬浮杂质和各种微生物，不能直接使用。因此生产自来水首先要设法让水中的悬浮杂质沉降下来。让河水经过沉降槽，在槽内十分缓慢地流动，大部分悬浮颗粒可以在这里沉降。其次，在第二沉降槽中用净化剂（明矾或氯化铁等）处理微小的难以沉降的悬浮物。净化剂能生成胶状物质，将这些悬浮物吸附而沉降。这样处理过的水经过沙滤池，进一步除去固体杂质。再经过曝气池，让溶解于水的气体逸去，并增加水中氧气的溶解量，脱除水中的气味。最后在水中添加适量的氯气，氯气有很强的杀菌消毒作用，能杀死水中的微生物。夏天的早晨自来水中能闻到一点刺激性的气味，这就是水中余氯引起的。这样处理后的自来水经过泵站加压，就可以出厂分配给用户使用。

上海自来水厂这几年的生产规模日益扩大，在夏天用水高峰时节，日供水量超过 450 万吨，但仍不能完全满足上海生产和生活的需要，因此节约用水，爱护淡水资源是城市居民应有的社会公德。

## 5 溶液的性质和浓度

通过本章的学习，你将能够

1. 比较浊液和溶液的概念，了解溶液稳定的原因。
2. 了解水溶液的特性，解释水溶液在实际生活中的应用。
3. 了解离子溶液的导电性。
4. 了解溶液酸碱性及 pH 值等概念。
5. 了解饱和溶液、不饱和溶液、溶解度等概念。
6. 说明和解释溶解度曲线。
7. 计算和解决有关溶解度的问题。
8. 描述结晶及结晶的过程，说明从溶液中提取晶体的方法。
9. 运用溶液质量百分比浓度概念进行计算。
10. 了解体积比浓度、ppm 浓度的含义。

物质的性质不同，它们在水中分散时，得到的分散体系也不相同。有的物质如泥砂等在水中分散，得到不稳定的浊液。有的物质如食盐、食糖等在水中分散能得到稳定、均一的溶液。溶液和浊液有哪些主要的差别呢？溶液有哪些主要的特性呢？可溶于水的物质能否无限制地在水中溶解？怎样来表示溶液的浓度这些都是本章学习的主要内容。

### 5.1 溶液的性质

**两类分散体系——溶液和浊液** 水是重要的分散剂，在自然界的海水、湖水、河水中分散着许许多多的物质。不同的物质在水中被分散后的颗粒大小不同，形成不同的分散体系。

【实验 5 - 1】把少量泥土、油、蔗糖和硫酸铜晶体分别放入到四杯洁净的水中（图 5 - 1），充分搅拌、静置，观察发生的现象。



图5-1 泥土、油、硫酸铜在水中分散

由实验看到，泥水中有大小不一的固体小颗粒，油水中有大小不一的小液滴，而且在水中分布很不均匀。而糖和硫酸铜的晶体却看不见了。

静置后，泥水中的小颗粒逐渐沉降，分离成泥和水；油水中的油逐渐上浮，分离成油和水；唯有蔗糖和硫酸铜依然分散在水中。

在这四个实验中得到三种混合物，我们把泥沙的固体小颗粒悬浮在液体里形成的不均一、不稳定的混合物叫做悬浊液；把油的小液滴分散在液体里形成的不均一、不稳定的混合物叫做乳浊液。蔗糖和硫酸铜跟水混合后得到

的液体是均一、透明的，不管放置多久，只要水不蒸发，外界条件不变化，蔗糖和硫酸铜不会从液体里分离出来，说明这两种液体很稳定。像这样由一种或一种以上的物质分散到另一种物质里而形成均一、稳定的混合物叫做溶液。水能够溶解蔗糖、硫酸铜等物质。这种能溶解其他物质的物质叫做溶剂。蔗糖、硫酸铜等被溶解的物质叫做溶质。溶液是由溶质和溶剂组成的。水作溶剂的溶液叫做水溶液。

溶液在生活中到处可见，调味用的醋、饮用的酒、喝的汽水、消毒用的碘酒、注射用的葡萄糖和生理食盐水等都是溶液。占人体体重  $\frac{2}{3}$  的水，实际上都是以溶液的形式存在的。不仅是人，就是动植物，在养分的摄取或废物的排出中，也必须以溶液的形式渗入或排出细胞，进行新陈代谢。可以说一切生命活动都跟溶液联系在一起。

**溶液的稳定性** 溶液在生活中的广泛应用和在生命活动中的重要作用，是由溶液的性质决定的。那么，溶液有哪些重要的性质呢？稳定性是溶液最重要的性质之一。

为什么泥水和油水等浊液是不稳定的，而溶液却是稳定的呢？为什么浊液显得浑浊不清，而溶液却是透明、澄清的呢？这跟分散在水中的微粒大小有关。

在泥水、油水等浊液中，每一个小颗粒或小液滴中都含有巨大的分子数，颗粒直径一般都大于  $0.1\ \mu\text{m}$ ，以致在重力和浮力的作用下发生下沉或上浮。

蔗糖、硫酸铜溶于水时，它们在水分子的作用下，是以单个分子（蔗糖分子），或离子[铜离子  $\text{Cu}^{2+}$ 、硫酸根离子  $\text{SO}_4^{2-}$  ]的形式分散在水分子中的，这些微粒的直径一般小于  $1\text{nm}$ ，所以溶液实际上是离子和分子组成的均匀混合物。离子、分子的直径和质量都很小，能均匀地分散在水分子中间，跟水分子一起不停地运动，不会发生溶质的沉降或上浮，所以溶液是稳定的。水溶液中溶质的颗粒很小，不会像浊液颗粒那样把大量的光线反射回来，所以溶液是透明的。

**水溶液的特性** 水溶液是混合物，其中的水和溶质能不能保持各自原来的化学性质呢？我们来看下面的实验。

【实验 5-2】 在纯水中加入一小匙无水硫酸铜，观察发生的现象。在无水酒精和 90% 的酒精中各加入一小匙无水硫酸铜，观察发生的现象。

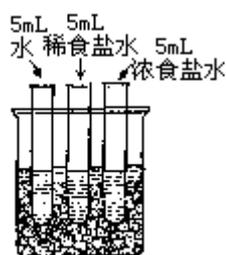


图5-2 溶液的凝固点随浓度的提高而下降

无水硫酸铜在纯水中跟水反应，生成蓝色的水合物。这是检验物质中是否含有水的一种方法。在无水酒精和 90% 的酒精溶液中分别加入无水硫酸铜，可以看到 90% 的酒精溶液变蓝了。这说明溶液中的水依然保持它原来的化学性质。事实上，水溶液中的溶质也依然保持它原来的化学性质。

令人惊奇的是，比较稀的水溶液的有些物理性质，几乎跟溶质的种类无关。例如，无论是糖水、盐水，还是醋酸溶液，它们的凝固点都比纯水低。

【实验 5 - 3】在 500mL 大烧杯中加入半杯碎冰，再注入冷水到碎冰刚好浸没为止，拌混后加入 20g 硝酸铵作致冷剂。

取三支试管，分别加入水、浓食盐水和稀食盐水（3mL 水和 2mL 浓食盐水混合）各 5mL，然后插入大烧杯中（图 5 - 2），观察试管里液体冻结的情况。

3 分钟后水结冰了，5 分钟后稀食盐水也结冰了，而浓食盐水却还没有结冰。

溶液的这种性质很有用。例如，冬天向积雪上撒盐，可以使水的凝固点下降，将雪融化。地处寒带的国家和地区，每年用于化雪的食盐竟大大超过食用的耗费量。每到冬天，汽车驾驶员也常向水箱中加一些乙二醇之类的化合物，以防止水箱中的水冻结。

更有趣的是，生物体中也会表现出溶液的这个特性。每到冬天，蔬菜会产生保护性的反应，产生更多的葡萄糖渗透到细胞液中防止细胞液冻结，所以冬天的菜比较甜。

**离子溶液的导电性** 硫酸铜溶解于水后，溶液中含有铜离子（ $\text{Cu}^{2+}$ ）和硫酸根离子（ $\text{SO}_4^{2-}$ ）。食盐、氯化氢等溶解于水，也能形成离子。食盐水中含有钠离子（ $\text{Na}^+$ ）和氯离子（ $\text{Cl}^-$ ），氯化氢溶液（即盐酸）中含有氢离子（ $\text{H}^+$ ）和氯离子。那么，硫酸铜、食盐、氯化氢等化合物溶解于水后，是怎样产生离子的呢？

图 5 - 3 是氯化钠溶解于水时形成离子的示意图。从图中看到，它是在水分子的作用下形成离子的，这些离子在溶液中都能自由移动。

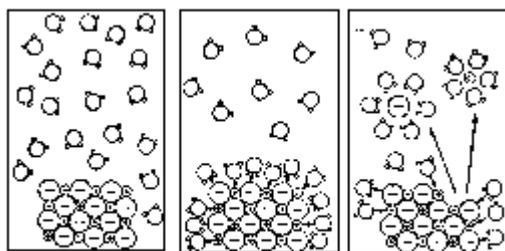
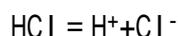
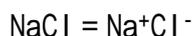


图 5 - 3 氯化钠在水中形成能自由移动离子的示意图

氯化钠、氯化氢等化合物溶解于水，受水分子作用而形成自由移动离子，这种现象叫做电离。这些变化可以用电离方程式表示。例如，



因此，能在水溶液中形成能自由移动离子的化合物，它们的水溶液是离子溶液。食盐水、盐酸等都是离子溶液。在这些溶液中有带电荷的、能自由移动的离子，所以这些溶液在通电时能够导电。

【实验 5 - 4】在图 5 - 4 装置的烧杯里分别加入蒸馏水、食盐水、蔗糖水、盐酸，接通电源，观察电珠是不是发光。

我们发现，食盐水和盐酸都能够导电，蔗糖水和蒸馏水 都不导电。

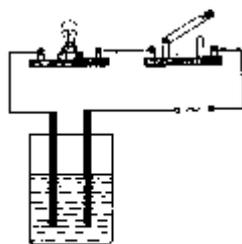


图5-4 测试溶液导电性的装置

在蒸馏水中只要稍溶解一些像食盐、氯化氢这样的化合物，就能大大增强导电能力。例如，只含 0.037%氯化氢的水，它的导电能力竟是纯水的 5 万倍。人体的汗水中含有食盐，所以用湿手触摸电器是很危险的。

离子溶液的导电性能也是很有用的。例如，铅蓄电池里配有硫酸溶液；铁制品表面镀铬（俗称克罗密），塑料表面镀铜都必须在离子溶液中进行。

**溶液的酸碱性** 在日常生活中，我们食用白醋、柠檬汁、维生素 C 时，能明显地感受到它们的酸味。当我们服用胃舒平，或者食用加入过多苏打粉发制的面食时，又会明显地感受到它们的苦涩味。这些酸味和苦涩味，是溶液酸性和碱性的表现。

溶液的酸碱性可以用酸碱指示剂，如石蕊、酚酞来判别，也可以用 pH 试纸来测定。

【实验 5 - 5】把石灰水和碳酸钠溶液分放在试管中，分别滴加石蕊和酚酞试液，观察发生的现象。再把白醋和盐酸分放在试管中，分别滴加石蕊和酚酞试液，观察发生的现象。最后把石灰水、碳酸钠溶液、白醋、盐酸和蒸馏水分别滴在 pH 试纸上，观察 pH 试纸显示的颜色，并跟标准比色卡对照。

石灰水和碳酸钠溶液都是碱性溶液，能使酚酞显红色，使石蕊显蓝色。白醋和盐酸都是酸性溶液，能使石蕊显红色。酸性溶液的 pH 值都小于 7，碱性溶液的 pH 值都大于 7，蒸馏水的 pH 值等于 7。



图5-5 PH值和溶液的酸碱性

用 pH 试纸不仅能判别溶液的酸碱性，还能确定溶液的 pH 值，即溶液酸碱性强弱的程度。pH 值的范围通常在 0 ~ 14 之间，见图 5 - 5。

从图 5 - 5 可以知道，pH 值等于 7，溶液显中性；

pH 值 < 7，溶液显酸性；pH 值 > 7，溶液显碱性。

溶液具有一定的酸碱性。在我们生活的环境中，如雨水和湿润的土壤会表现出不同的酸碱性。就连我们的体液，如血液（pH 值为 7.35 ~ 7.45）和胃液（pH 值为 1 ~ 3），也都有一定的酸碱性。

### 讨论与思考

1. 举几个生活中经常接触的悬浊液、乳浊液、溶液的实例。
2. 用什么方法可以检验煤油中是不是含有水？
3. 在冬天汽车驾驶员为什么常向汽车的水箱里加一些乙二醇之类的物质？
4. 为什么用湿手触摸电器容易触电？
5. 在 pH 等于 4 的溶液中，滴加石蕊试液显什么颜色？滴加酚酞试液显什

么颜色？在 pH 等于 10 的溶液中滴加石蕊试液显什么颜色？滴加酚酞试液显什么颜色？

## 阅读材料

### 溶液的又一特性——渗透现象

渗透现象是溶液的又一个特性。什么是渗透现象呢？取一支玻璃管，一头用玻璃纸封住，管内注入浓的蔗糖溶液。玻璃纸有无数肉眼看不见的小孔，这些小孔只能让水分子透过，却不能让蔗糖分子透过。把用玻璃纸封住的一端浸在盛蒸馏水的烧杯中，片刻后发现蔗糖水的液面升高了。这是因为蒸馏水穿过玻璃纸向糖水渗透的缘故。这就是溶液的渗透现象。能发生渗透现象的玻璃纸叫半透膜。动植物的细胞膜都是半透膜，因此渗透现象在日常生活和生命现象中随处可见。

一颗干的梅子或黄豆，放在水中浸泡后会膨胀，这是水通过细胞膜向干果内部渗透的结果。植物吸收的水分，会从根部流向顶端，也靠渗透。大雨过后，田里的番茄特别饱满，葡萄格外晶莹剔透，也都跟渗透有关。

新鲜水果用糖处理，可以制成蜜饯。这是水果组织中的水分子通过细胞渗入糖中，糖起了脱水作用。同样，用盐渍制的食物，也会因脱水而易于保存。

你有没有注意过医院给病人补液的生理盐水的浓度？医生不能用任意浓度的盐水给病人补液，只能用 0.9% 的生理盐水给病人补液。因为这种浓度盐水的渗透压恰好跟人体的红细胞相似。如果用大于 0.9% 的盐水，红细胞内的水分子会向外渗透，造成红细胞收缩；如果用小于 0.9% 的盐水，水分子向红细胞内渗透，造成红细胞溶胀、破裂。这两种情况都会危及病人的生命。

现在你能不能解释，为什么淡水鱼不能在海水里生存？盐水中的黄豆为什么不易煮烂？人在淡水中游泳，为什么眼睛会有胀痛的感觉？

## 5.2 饱和溶液和不饱和溶液

**物质的溶解性** 我们知道，蔗糖和食盐容易溶解于水，而泥土和油就很难溶解于水。那么，容易溶解于水的物质能不能无限制地溶解呢？油类在其他溶剂中会不会溶解？蔗糖和食盐在水里的溶解能力都一样吗？怎样来比较物质溶解能力的大小呢？

物质的溶解性是指一种物质在另一种物质里溶解的能力。物质溶解的能力跟物质本身（溶质）和溶剂的性质有关。例如，尼龙不溶于水，但它可以溶于丙酮之中，待丙酮挥发后，尼龙又析出。商品尼龙粘补胶，就是尼龙的丙酮溶液。油不能溶解于水，却能被汽油溶解。食盐在水中很容易溶解，但在丙酮或汽油里却无论如何溶解不了。这些事实告诉我们，物质在不同的溶剂里溶解性是不同的。

我们常把能溶解于汽油、苯一类溶剂中的物质，叫做亲油性物质；而把能在水中溶解的物质，叫做亲水性物质。

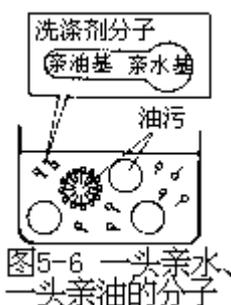


图5-6 一头亲水、  
一头亲油的分子

有趣的是，像肥皂、合成洗涤剂一类物质，它们的分子一头亲水，一头亲油（图 5 - 6），结果成了连接水和油的“纽带”。

各种可溶于水的物质，它们的溶解性也有很大的差异。

【实验 5 - 6】在两只 50mL 烧杯中各加入 10mL 水，再分别加入 5g 蔗糖和 5g 食盐搅拌，使它们充分溶解，观察发生的现象。

向蔗糖溶液中再加入 5g 蔗糖，搅拌，观察发生的现象。

在同一温度下，蔗糖和食盐在水中的溶解能力差异很大。在 10mL 水中加入 5g 蔗糖可以完全溶解，加入 5g 食盐却不能完全溶解。

物质在水中的溶解能力还跟什么因素有关呢？

【实验 5 - 7】在实验 5 - 6 的蔗糖溶液里再加入 1g 蔗糖，边加入，边搅拌，观察蔗糖是不是继续溶解（图 5 - 7）。

再加热烧杯，看看有什么变化。

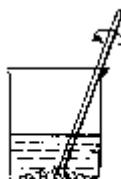


图5-7 蔗糖在水中  
不能完全溶解

从实验中看到，温度升高时原来不再溶解的蔗糖又溶解了。升高温度也可以提高食盐的溶解能力。对于大部分固态物质，升高温度能提高它们的溶解能力。

不同的气体在水中的溶解能力有很大的差别。在常温常压下，氯化氢气体极易溶解于水，氧气却不易溶解于水，而氮气、一氧化碳气体却很难溶解于水。

**饱和溶液和物质的溶解度** 从上面的实验知道，在室温下把食盐逐渐加到 10mL 水中，开始时食盐不断溶解。到一定的时候，食盐的溶解达到限度，无论怎样搅拌，食盐不再溶解了。蔗糖也是这样，尽管它比较容易溶解，但在一定温度下也不能无限制地溶解。

在一定温度下，一定量溶剂里不能再溶解某种溶质的溶液，叫做这种溶质的饱和溶液。能继续溶解某种溶质的溶液，叫做这种溶质的不饱和溶液。改变温度和溶剂的量，饱和溶液和不饱和溶液之间可以相互转变。不改变温度和溶剂的量，这时饱和溶液中溶解的溶质已达到最大的数量。

显然，在一定温度下，相同量的水形成的饱和溶液中所含溶质的数量，可以用来比较不同物质（溶质）在水中的溶解能力。我们通常用溶解度来表示物质的溶解性。

溶解度就是指在一定温度下，某物质在 100g 溶剂（通常是水）里达

到饱和状态时所溶解的克数。例如在 20℃, 100g 水里最多能溶解 36g 食盐, 所以食盐在 20℃ 的溶解度是 36g。

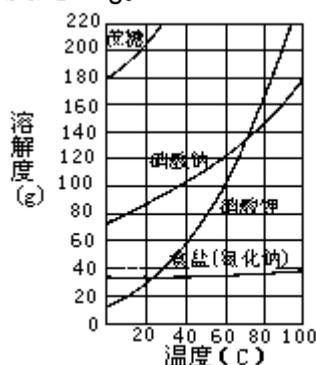


图5-8 几种物质的溶解度曲线

在坐标系中, 把表示物质在各个温度下溶解度的点用线连接起来, 就得到该物质的溶解度曲线。它反映物质的溶解度随温度的改变而变化的趋势(图 5 - 8、图 5 - 9)。从图中看出, 各种物质的溶解度受温度变化的影响是不同的。

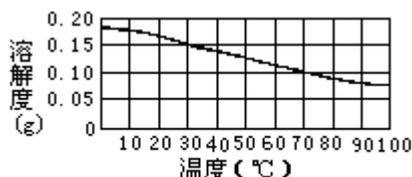


图5-9 氢氧化钙的溶解度曲线

知道物质的溶解度, 可以计算某温度下一定量水中最多能溶解多少这种物质。

【例题】20℃, 在 120g 水里溶解多少克氯化钠才能达到饱和? (氯化钠在 20℃ 的溶解度是 36g。)

【解】设在 20℃, 在 120g 水里最多能溶解 xg 氯化钠。

$$36 : 100 = x : 120$$

$$x = \frac{36 \times 120}{100} = 43.2(\text{g})$$

答: 在 20℃, 120g 水里溶解 43.2g 氯化钠才能达到饱和。

**结晶** 在工业生产中常常要从溶液中提取溶解的固体物质。例如, 从海水中提取食盐, 通常是把海水围入海滩, 利用日晒、风吹, 让海水蒸发。随着水分的减少, 氯化钠的含量逐渐提高, 并达到饱和。进一步蒸发水分, 氯化钠便从溶液中结晶析出。氯化钠等是随着温度的变化而溶解度变化不大的物质, 一般可以用蒸发溶剂的方法从溶液中提取。溶解度受温度的改变而变化较大的固体物质, 一般用冷却热的饱和溶液的方法来提取。

【实验 5 - 8】在两支试管中各注入 10mL 蒸馏水, 分别加入少量硫酸铜和明矾。振荡试管, 使它们完全溶解。然后加热溶液, 再分别继续加入硫酸铜和明矾, 制成饱和溶液。把试管放在冷水中冷却(图 5 - 10), 观察发生的现象。

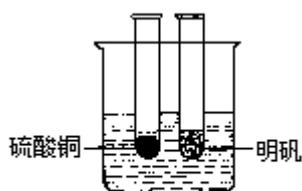


图5-10 硫酸铜和明矾  
在冷水中结晶析出

仔细观察食盐和上面实验得到的固体，可以看到，它们都具有一定的几何形状。例如，食盐是立方体，明矾是八面体（图 5 - 11）。这种具有规则几何形状的固体叫做晶体。形成晶体的过程叫做结晶。

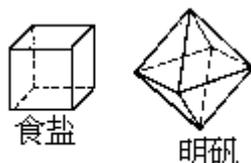


图5-1 食盐和明矾的晶体

有些晶体中常含有结晶水，因为物质在溶液中析出形成晶体时会结合一定数目的水分子。含有结晶水的晶体叫结晶水合物，例如，胆矾（ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）、明矾 [ $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ]、石碱（ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ）等都是结晶水合物。

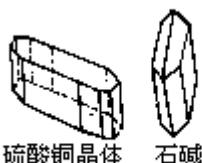


图5-12 硫酸铜和石碱的晶体

有些结晶水合物中的结晶水不太稳定，在室温下或在干燥的空气里会失去一部分或全部结晶水，这种现象叫做风化。例如，在室温下，石碱在干燥的空气里会逐渐失去结晶水而变成粉末。

### 讨论与思考

1. 在 25℃，有一种硝酸钠饱和溶液。写出把它变成不饱和溶液的两种方法。
2. 硝酸钾在各种温度下的溶解度见下表。

|       |       |      |      |      |
|-------|-------|------|------|------|
| 10    | 30    | 60   | 80   | 90   |
| 20.9g | 45.8g | 110g | 169g | 202g |

现有 275g 硝酸钾和 250g 水，在什么温度下可以把它们正好配成饱和溶液？

3. 乙酸乙酯是一种香料。把乙酸乙酯跟水混合，充分互溶后会分成两层。上层是含水 10.8% 的富乙酸乙酯层，下层是含乙酸乙酯 7.9% 的富水层，试计算该温度下水在乙酸乙酯中的溶解度，以及乙酸乙酯在水中的溶解度。

提示：7.9% 的乙酸乙酯水溶液是乙酸乙酯的饱和溶液，这意味着在  $100 - 7.9 = 92.1$  (g) 水中，溶有 7.9g 乙酸乙酯。根据溶解度定义，可以用下面的公式求算溶解度 (S)。

$$S = \frac{W_{\text{溶质}}}{W_{\text{溶剂}}} \times 100$$

4. 为什么衣服沾了油污后，不能用水洗去，而要用汽油和肥皂洗涤？
5. 采取哪些措施可以从硝酸钾的浓溶液中析出硝酸钾晶体？
6. 为什么常用蒸发的方法从饱和食盐水中提取食盐晶体？而用冷却的方法从饱和硝酸钾溶液中提取硝酸钾晶体？

## 阅读材料

### 非水溶液

水是一种最重要的溶剂，以水为溶剂制成的溶液是水溶液。除了水以外，有没有其他溶剂呢？答案是肯定的。例如，酒精（乙醇）也是重要的溶剂。消毒用的碘酒是把碘片溶解在酒精里制得的。化学实验室里常用的指示剂酚酞试液，也是把酚酞溶解在酒精里制成的。酒精用作溶剂的例子还很多，如我国传统的药酒就是把药用成分溶于酒精里制成的。

很多物质在酒精里的溶解能力比在水中大得多。碘在水中难溶解，却易溶于酒精里。物质的酒精溶液通常称为酊，因此碘酒又叫碘酊。除了酒精以外，还有很多液体物质可以作溶剂，如四氯化碳、丙酮、苯，等等。这样形成的溶液叫做非水溶液。

非水溶液在生产和科学研究上有广泛的用途。例如，生产上常用一种溶剂把溶质中某种有用成分，以形成非水溶液的方法提取出来。生产豆油时，压榨过的豆饼中还有一定量可以提取的豆油，人们用石油醚来处理豆饼，让残留的豆油溶于石油醚中而提取出来，这样可以提高豆油的产率。另外，修补有机玻璃时，用有机玻璃碎屑溶于氯仿而制得的修补液，也是非水溶液。

## 阅读材料

### 过饱和溶液

科学家发现有些情况下 100g 水中溶解的溶质超过了该温度下的溶解度，但溶质并没有结晶析出。我们把这种溶液称为过饱和溶液。

有些溶质较容易形成过饱和溶液，如硫代硫酸钠（ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ）等。把硫代硫酸钠晶体小心地溶于热水，使溶解的溶质的量大于室温下制成饱和溶液所需要的量，然后慢慢地让溶液冷却，就能得到硫代硫酸钠的过饱和溶液。

过饱和溶液是一种介于稳定状态和不稳定状态之间的状态，我们称它为亚稳定状态。亚稳定状态的稳定是有条件的，一旦条件破坏，亚稳定状态就会向稳定状态转化。如果我们摇动一下硫代硫酸钠过饱和溶液，或在其中加入一小粒硫代硫酸钠晶体（称为晶种），硫代硫酸钠的过饱和溶液就被破坏，析出晶体。

自然界和日常生活中的亚稳定状态并不少见，例如，在实验室加热液体，当温度超过了液体的沸点，但仍未沸腾，如果摇动一下烧瓶，液体立即暴沸而冲出容器。有时云层中水汽浓度超过了下雨所需的值，但雨仍未形成。这时如果用飞机在云层中撒下一些极细的碘化银、碘化亚铜晶体，水汽就会迅速凝结成滂沱大雨。这就是人工降雨的原理。以上都利用了过饱和状态的不稳定性。

## 5·3 溶液的浓度

**溶液的浓度** 在一只烧杯里盛有 50mL 水，溶入 5g 糖。在另一只烧杯里

盛有 100mL 水，溶入 7g 糖，无疑后一烧杯比前一烧杯含糖多。但前一烧杯中的糖水却比后一烧杯中的糖水更甜。含糖的多少是溶质的总质量的多少，而甜和不甜则是溶液浓度的大小。浓度是溶质的量跟溶液的量的比值，它反映一定量溶液中所含溶质的多少。溶液的浓度可以用如下的式子来表示：

$$\text{溶液浓度} = \frac{\text{溶质的量}}{\text{溶液的量}}$$

根据溶液浓度的概念比较图 5 - 13 中三杯糖水应该是中间的一杯最甜。

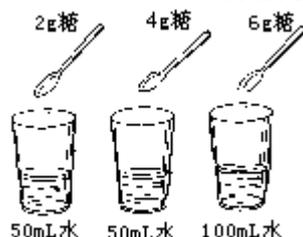


图5-13 哪一杯糖水最甜

溶液的浓度是溶液的一个很重要的标度。在使用农药时要比较准确地知道一定量的药液里所含农药的量。药液稀了，就不能杀死害虫和病菌；药液浓了，可能伤害农作物。治疗疾病，医生也要根据病情的轻重，开给患者适当浓度的药物。

溶液浓度的表示方法很多，例如，溶质以克为单位，溶液以升为单位，浓度的单位就是 g/L，表示每升溶液中含有多少克溶质。

最常用的浓度是质量百分比浓度（%），它是用溶质的质量占全部溶液质量的百分比来表示的。例如，2%的食盐水就是指每 100g 盐水中含有 2g 氯化钠和 98g 水。

很稀的溶液常用 ppm 来表示溶质的浓度，1 个 ppm 就是百万分之一。例如，海水中含有 67ppm 的溴离子（Br<sup>-</sup>），就是指每 100 万克海水中含有 67g 溴离子。这样低的浓度，如果用质量百分比浓度表示，显然十分不便。

在工厂和实验室里还常用体积比浓度。例如，1：4 体积的硫酸，指的是 1 体积硫酸和 4 体积水混合配制成的硫酸。这种浓度表示方法虽然粗糙，但简便实用。在稀释农药和配制药剂时经常使用这种浓度（图 5 - 14）。



图5-14 配制1:20体积的某农药

**溶液质量百分比浓度的计算** 溶液的质量百分比浓度（简称百分比浓度）可以根据下式计算。

$$\text{质量百分比浓度} = \frac{\text{溶质质量}}{\text{溶液质量}} \times 100\%$$

在百分比浓度、溶质质量和溶液质量三个数值中，只要知道其中的任何两个数值，就可以方便地求出另一个数值。

【例题 1】把 1g 冰醋酸溶于 15mL 水中，所得醋酸溶液的质量百分比浓度是多少？

【解】溶质（冰醋酸）质量 1g，  
已知水的密度是  $1\text{g}/\text{cm}^3$ ，  
溶剂（水）质量是  $15 \times 1 = 15\text{ (g)}$ ，  
所以溶液的质量是  $15 + 1 = 16\text{ (g)}$ 。

醋酸的百分比浓度  $= \frac{1}{16} \times 100\% = 6.25\%$ 。

答：醋酸溶液的质量百分比浓度是 6.25%。

【例题 2】依靠输入葡萄糖溶液维持生命的病人，一天需要 400g 葡萄糖。那么，一天需用每瓶 1000g5% 的葡萄糖溶液几瓶？

【解】每瓶葡萄糖溶液中含葡萄糖

$1000 \times 5\% = 50\text{ (g)}$ ，

需要葡萄糖溶液  $= \frac{400}{50} = 8\text{ (瓶)}$ 。

答：每天需要 8 瓶葡萄糖液。

## 职业与化学

### 农业化学家

农业出现在 12000 年以前，它是人类用以增加粮食供给来保证自己生存的重要措施。随着人口的迅速增长，人类面临一个日益严重的问题就是能否给自己提供充足的粮食和营养。要增加粮食供给，需要在生产和储藏、土壤营养、水和燃料的保存，以及通过光合作用更好地利用光能等方面有较大的进步。这种进步来自科学。争取农业的进步，是农业化学家的主要任务。

如果你想成为一名农业化学家，除了学习化学以外，你还必须认真学习生物学、农业知识等。

【例题 3】医院里为了检验糖尿病患者尿液中含葡萄糖的量，需要 500mL10% 的硫酸铜溶液（密度是  $1.05\text{g}/\text{cm}^3$ ）。要配制这种浓度的硫酸铜溶液 500mL，需要硫酸铜和水各多少克？

【解】500mL10% 的硫酸铜溶液中含硫酸铜：

$500 \times 1.05 \times 10\% = 52.5\text{ (g)}$ 。

含水： $500 \times 1.05 - 52.5 = 472.5\text{ (g)}$ 。

答：需要硫酸铜 52.5g，需水 472.5g。

## 讨论与思考

1. 溶液的浓度有哪几种表示方法？它们的含义各是什么？
2. 下列说法对不对？不对的请改正。
  - (1) 100g 水溶解 15g 食盐，这种食盐水的百分比浓度是 15%。
  - (2) 从 100g20% 的糖水中取出 50g，这 50g 糖水的百分比浓度是 10%。
3. 在 80g15% 的硝酸钠溶液里加入 20g 水或 20g 硝酸钠，计算用这两种方法制成的两种溶液的百分比浓度。
4. 要配制消毒用 2% 的碘酒。
  - (1) 5g 碘片可以配制 2% 的碘酒多少克？
  - (2) 怎样配制 200g2% 的碘酒？
5. 某电镀车间要用 20% 的稀硫酸对镀件进行酸洗。配制 160kg 这种浓度的稀硫酸，需要 98% 的浓硫酸多少升？（98% 浓硫酸的密度是  $1.84\text{g}/\text{cm}^3$ 。）

## 阅读材料

### pH 值和人体健康

人体中各种体液的 pH 值对人体的健康有重要的影响，这是因为人体各种生物化学反应都必须在适当和稳定的 pH 值范围内进行。表 5 - 1 列出人体中一些体液的 pH 值。

表 5 - 1 人体中一些体液的 PH 值

| 体液   | 血液          | 胃液        | 唾液        | 胆汁        |
|------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| pH 值 | 7.35 ~ 7.45 | 1.0 ~ 3.0 | 6.5 ~ 7.5 | 6.8 ~ 7.4 |

人体血液的 pH 值范围要求比较严格。当 pH 值偏离正常数值，就会出现酸中毒或碱中毒的现象。例如，在人多、通风不良的地方，因吸进较多的二氧化碳，使血液中二氧化碳（碳酸）的含量增加，pH 值降低，人就会出现头晕、恶心等酸中毒症状。

有趣的是，人体内存在微妙的平衡，能自动调节各种功能，使血液的 pH 值保持相对稳定。当血液的 pH 值降低时，它会刺激呼吸中枢神经兴奋，使呼吸运动变深、变快，从而加快排出过多的二氧化碳，血液的 pH 值就回升。反之，则呼吸中枢神经抑制，使呼吸运动变浅、变慢，血液的 pH 值就会降低。肾脏的排泄和吸收作用也能调节血液的 pH 值。当血液的 pH 值升高时，肾脏会及时排出血液中的碱性物质，如碳酸氢钠等，使它们转入尿液。反之，则肾脏会从原尿液（还未完全形成的尿液）中回收这类碱性物质。

人体胃液的酸性（主要是盐酸）对食物的消化起重要作用。它能溶解食物中的营养素，帮助消化。胃酸不足会造成消化不良。胃酸过多，也会损伤胃壁造成胃部不适。人体会按照摄入食物的数量调节胃酸的分泌速度。如果饮食没有规律，会使胃酸分泌异常，容易生胃病。另外，食物、汤汁的酸碱性对胃液的 pH 值有直接影响，当胃酸过多时，适宜吃略显碱性的面食[碱性由发面时加入的小苏打（ $\text{NaHCO}_3$ ）所致]。由于胃酸过多而引起的胃病，可以用药物来治疗，如胃舒平[主要成分是  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ]、小苏打片等。

## 6 化学反应和化学方程式

通过本章的学习，你将能够

1. 获得关于化学反应中量的概念，并用质量守恒定律解释化学现象及有关问题。
2. 运用化学方程式的概念，写出和配平化学方程式。
3. 区分氧化还原反应与非氧化还原反应。
4. 辨明化学反应中，化合、分解、置换及复分解四种基本反应类型。
5. 根据化学方程式进行简单的化学计算。

化学变化多种多样。在化学反应中，反应物的总质量和生成物的总质量是否相等？怎样用元素符号和分子式来表示化学反应？对于众多的化学反应，怎样对它们进行分类？如何根据反应类型去描述物质的性质，并加以利用？这些都是本章学习的主要内容。

### 6.1 质量守恒定律和化学方程式

**质量守恒定律** 在化学反应中，反应物的总质量跟生成物的总质量是否相等呢？这个问题可以通过以下两个实验来分析。

【实验 6-1】如图 6-1 所示，在锥形瓶里盛有蓝色硫酸铜溶液，胶头滴管内装有无色氢氧化钠溶液，并固定在单孔软木塞上。把整个装置放在天平的一个托盘上，用砝码使天平保持平衡。然后取下装置，挤压滴管的胶头，使氢氧化钠溶液滴到硫酸铜溶液里，这时看到有蓝色沉淀物生成。再把整个装置放回到托盘上，观察天平是否仍旧保持平衡。

【实验 6-2】用实验 6-1 装置，在锥形瓶里加入少量氢氧化钠溶液，滴加酚酞后，溶液呈红色。胶头滴管内吸满盐酸，并固定在单孔软木塞上。把锥形瓶放在天平的左盘上，在右盘上加砝码，使天平保持平衡。

挤压滴管的胶头，使盐酸滴加到氢氧化钠溶液里，这时看到瓶内溶液的红色逐渐褪去，这是盐酸跟氢氧化钠溶液反应的结果。

观察反应后天平是否仍然保持平衡。

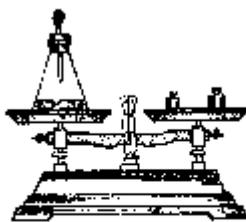


图6-1 观察反应前后物质的质量是否守恒

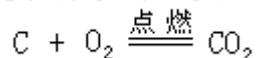
从上面两个实验的结果可以看到，反应前后天平的两边仍旧保持平衡，说明反应前后物质的质量总和没有改变。

人们经过无数次的实验证明了参加化学反应的各物质的质量总和，等于反应后生成的各物质的质量总和。这个规律叫做质量守恒定律。

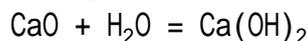
为什么物质在化学变化中遵循质量守恒定律呢？这是因为参加反应的各物质分子中的原子，在化学反应里只是重新组成了生成物的分子。反应前后原子的种类没有改变，原子的数目也没有增减，所以化学反应前后各物质的

质量总和必然相等。

**化学方程式及其书写** 木炭在空气中或在氧气中燃烧，都生成二氧化碳，这个反应可以用元素符号和分子式表示如下：



生石灰跟水反应生成熟石灰，也可以用分子式表示如下：

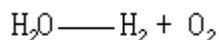


这种用元素符号和分子式来表示化学反应的式子，叫做化学方程式。

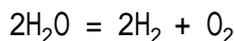
书写化学方程式必须尊重客观事实，不能随意编造事实上不存在的化学反应和分子式；还要遵循质量守恒定律，必须使化学方程式等号两边的各种元素的原子总数相等。

下面以水的电解为例，说明书写化学方程式的步骤。

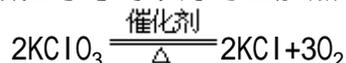
1. 写出反应物和生成物的分子式。反应物的分子式写在左边，生成物的分子式写在右边，中间划一条短的横线。如果反应物或生成物不只一种，就用加号把它们连接起来。



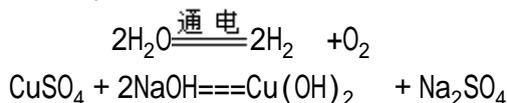
2. 配平化学方程式。在反应物或生成物分子式前面配上适当的系数，使式子左、右两边元素的原子总数相等，这个过程叫做化学方程式的配平。配平后，将横线改为等号。



3. 如果化学反应是在某特定条件下进行的，就必须在化学方程式的等号上方注明反应条件。例如，加热（可用“ $\Delta$ ”表示）、高温、点燃、通电（或电解）等。如果反应需要催化剂就要写上催化剂的名称或分子式。当反应需要两种以上条件时，一般在等号的下方写上加热（或 $\Delta$ ）。例如，



4. 如果反应物不是气体，而生成物中有气体，在气体物质的分子式右边标上“ $\uparrow$ ”；如果反应在溶液中进行，生成物中有沉淀，在沉淀物质的分子式右边标上“ $\downarrow$ ”。例如，



但是，如果反应物和生成物中都有气体，气体生成物分子式右边就不必标“ $\uparrow$ ”。例如，

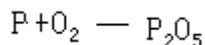


**化学方程式的配平方法** 配平化学方程式时，不能任意改动物质的分子式，只能在各分子式前面加上适当的系数（系数为1时可以省略）。各分子式前面的系数必须是最简单的整数比。

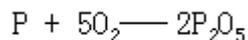
配平化学方程式有多种方法。一般都是先观察，在有些化学方程式中，如果反应物和生成物的各种原子数目已经相等了，就可以直接写出化学方程式。例如，



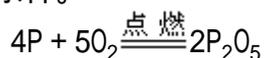
有些化学方程式比较复杂，通常用求最小公倍数法来确定分子式前面的系数。例如，磷在氧气中燃烧生成五氧化二磷，配平化学方程式的步骤如下：



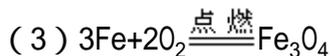
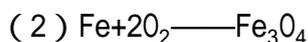
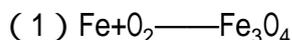
观察这个式子，左边的氧原子数是 2，右边的氧原子数是 5，这两个数目的最小公倍数是 10，因此，在 O<sub>2</sub> 前面配上系数 5，在 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 前面配上系数 2，这样式子两边的氧原子数就相等了。



这时右边的磷原子数是 4，左边的磷原子数是 1，所以在 P 前面应配上系数 4，使两边磷原子数也相等，这个化学方程式就配平了。然后把短线改成等号，再在等号上写明反应条件。

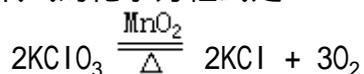


又如，铁丝在氧气中燃烧生成四氧化三铁，配平这个化学方程式的步骤是



**化学方程式的含义** 根据化学方程式我们可以知道：什么物质参加了反应，结果生成了什么物质，以及反应是在什么条件下发生的。

化学方程式还能反映出反应物、生成物的各物质之间的质量比。例如，实验室里用氯酸钾制取氧气的化学方程式是



$$\text{质量比 } 2(39+35.5+16 \times 3) \quad 2(39+35.5) \quad 3(16 \times 2)$$

$$245 \quad 149 \quad 96$$

上式表明，每 245 份质量的氯酸钾分解，能够生成 149 份质量的氯化钾和 96 份质量的氧气。再算一算，反应后氯化钾的质量加上氧气的质量，正好等于反应前氯酸钾的质量。这说明物质在化学反应前后质量确实是守恒的。

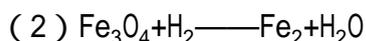
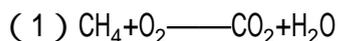
### 讨论与思考

1. 参加化学反应的分子个数是不是一定等于反应后生成物的分子个数？举例说明。

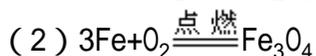
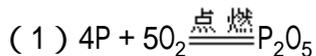
2. 铁生了锈，质量增加了，这是不是符合质量守恒定律？为什么？

3. A 克镁条完全燃烧后生成了 B 克氧化镁。那么，参加反应的氧气是几克？为什么？

4. 配平下列反应的化学方程式。



5. 指出下列化学方程式中的错误。





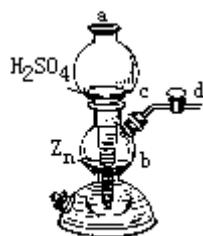


图6-2 启普发生器

【实验 6 - 3】图 6 - 2 是一种叫做启普发生器的气体发生装置。从该装置的 c 处加入一些锌粒，从 a 处加入稀硫酸或稀盐酸，当稀硫酸或稀盐酸到达 b 处时，跟锌粒接触，即会产生氢气。

把产生的氢气导入图 6-3 所示的装置中，在该装置的 a 处放入黑色的氧化铜 (CuO)，加热，观察发生的现象。

氢气通过加热的氧化铜 (CuO)，黑色的氧化铜逐渐变成红色的铜粒 (Cu)，同时在 b 处见到小水滴。这个实验中发生了以下的化学反应。

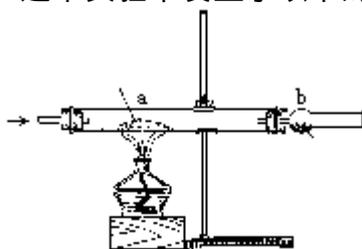
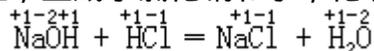


图6-3 氢气通过加热的氧化铜粉末 (CuO)



在这个反应中，氢元素的化合价由零上升为+1，铜元素的化合价则由+2下降为零。所以这也是一个氧化还原反应。

氢氧化钠和盐酸反应，生成了氯化钠和水，化学方程式是



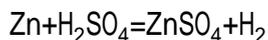
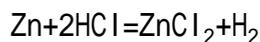
在这个反应中，任何元素的化合价都没有发生变化。所以它不是氧化还原反应。

对于氧化还原反应，我们又常把其中元素化合价升高的变化，称为氧化反应，而把元素化合价降低的变化，称为还原反应。例如，在  $\text{H}_2 + \text{CuO} = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$  反应中，氢元素发生了氧化反应，铜元素发生了还原反应。氧化反应和还原反应总是同时发生的。

**四类基本反应** 从化学反应中元素变化的形式来看，我们又常把它们分成化合反应、分解反应、置换反应和复分解反应四个基本类型。

我们已经知道，由两种或两种以上的物质，生成一种物质的变化叫做化合反应。反之，由一种物质生成两种或两种以上物质的变化叫做分解反应。那么，什么样的反应叫做置换反应？什么样的反应又叫做复分解反应呢？

锌粒跟稀盐酸或稀硫酸反应，都会产生氢气。这两个反应的化学方程式分别是



这两个反应都是在溶液中发生的。在反应中，锌置换了稀盐酸或稀硫酸中的氢，使氢元素以氢气的形式从溶液中逸出，同时还生成了化合物氯化锌

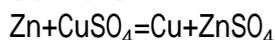
或硫酸锌。我们把这种由一种单质跟一种化合物反应，生成另一种单质和另一种化合物的反应，叫做置换反应。

金属锌不仅能从稀硫酸中置换出氢气，它还能跟硫酸铜溶液反应，从中置换出铜。

【实验 6 - 4】如图 6 - 4 所示，在试管中加入 3mL 硫酸铜溶液（ $\text{CuSO}_4$ ），再加入一小粒锌，观察发生的现象。

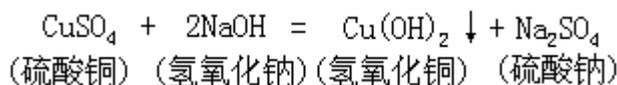


可以看到，溶液的蓝色渐渐褪去，在锌粒的表面产生了一些红色的小颗粒，这就是铜。反应的化学方程式是



这个反应也是置换反应。

硫酸铜溶液跟氢氧化钠溶液反应，生成了氢氧化铜和硫酸钠溶液。反应的化学方程式是



在这个反应中，铜元素似乎跟钠元素交换了位置，硫酸铜变成硫酸钠，而氢氧化钠则变成了氢氧化铜。

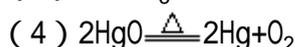
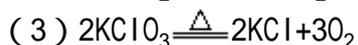
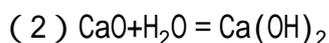
盐酸（ $\text{HCl}$ ）跟氢氧化钠（ $\text{NaOH}$ ）反应，生成氯化钠（ $\text{NaCl}$ ）和水（ $\text{H}_2\text{O}$ ）。在这个反应中， $\text{H}$  元素似乎也跟  $\text{Na}$  元素互相交换了位置，使  $\text{HCl}$  变成  $\text{NaCl}$ ，而  $\text{NaOH}$  则变成了  $\text{H}_2\text{O}$ （ $\text{HOH}$ ）。

在上述两个反应中，两种化合物互相交换成分，生成了两种新的化合物，我们把这类反应，叫做复分解反应。

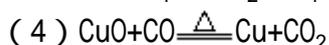
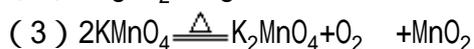
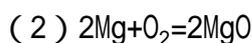
### 讨论与思考

1. 什么样的反应叫做氧化还原反应？什么样的反应叫做非氧化还原反应？

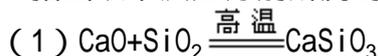
2. 判断以下反应中，哪些是属于氧化还原反应。

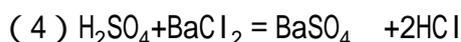
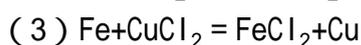
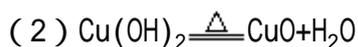


3. 在以下反应中，哪些元素发生了氧化反应，哪些元素发生了还原反应？



4. 指出以下反应分别所属的类别。





5. 你认为以下说法是否正确？

(1) 凡是置换反应，一定是氧化还原反应。

(2) 凡是化合反应，一定是氧化还原反应。

(3) 凡是分解反应，一定是氧化还原反应。

### 6.3 根据化学方程式的计算

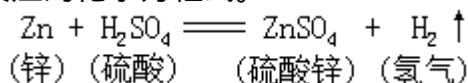
化学方程式既然反映了化学变化前后反应物和生成物各物质之间的质量比，因此就可以根据化学方程式进行有关的计算。例如，可以计算一定量的原料（反应物）能够生产出多少产品（生成物）；或者要制备一定数量的产品，需要多少原料。通过计算可以加强科学实验或生产的计划性，避免不必要的浪费。

【例题 1】实验室里常用锌跟稀硫酸反应制取氢气。现有 13g 锌粒跟足量的稀硫酸反应，能够制得多少克氢气？

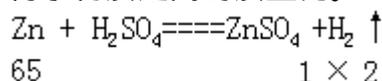
【解】(1) 设立未知数。

设 13g 锌跟稀硫酸反应能够制得 xg 氢气。

(2) 写出这个反应的化学方程式。



(3) 求已知物质和待求物质之间的质量比。



(4) 列出比例式，求出未知数。

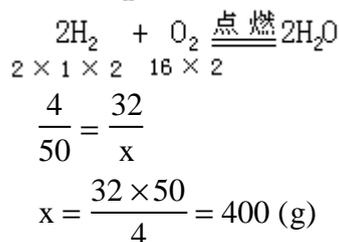
$$\begin{aligned} \frac{65}{13} &= \frac{2}{x} \\ x &= \frac{13 \times 2}{65} = 0.4(\text{g}) \end{aligned}$$

(5) 简明地写出答案。

答：13g 锌粒跟足量稀硫酸反应能制得 0.4g 氢气。

【例题 2】氢气是一种高能燃料，它在空气中燃烧跟氧气反应生成水，并放出大量的热。如果燃烧 50g 氢气，需要消耗空气多少升？（氧气的密度是 1.429g/L，空气中氧气的含量按 1/5 体积计算。）

【解】设燃烧 50g 氢气需要 xg 氧气。



氧气的密度是 1.429g/L。

## 职业与化学

### 化学教师

化学教师，顾名思义他是教化学的教师。所以化学教师的主要工作是将教科书中的化学知识以清晰易懂的形式传授给学生。因此，他们必须具有扎实的化学基础知识。化学教师是一位理科教师，在传授化学知识的同时，还必须教给学生科学方法和帮助学生树立起正确的科学态度。要让学生知道科学家是怎样思考问题的，科学家又是怎样解决问题的。教师还应该具有教师的品质：清晰的表达能力、有一定的心理学知识、善于和学生交谈、理解学生，最好还应有一手漂亮的字。

教师品质的获得，不能只靠几年的师范教育，还要在实践中学习。

400g 氧气的体积是  $400 \div 1.429 = 279.92$  (L)

消耗空气的体积是  $279.92 \times 5 = 1399.6$  (L)

答：燃烧 50g 氢气，需要消耗空气 1399.6L。

## 讨论与思考

1. 实验室里一般用锌跟稀硫酸反应来制取氢气，也可以用锌跟稀盐酸反应制取氢气。在两支试管中各加入 3g 锌，分别加入足量的稀盐酸和稀硫酸，计算两反应中所得到的氢气质量是否相等？为什么？  
( $Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$  )

2. 有干燥、纯净的氯酸钾和二氧化锰的混合物 6g，经充分加热后，试管里剩余的固体是 4.08g。求放出的氧气是多少克？原混合物中氯酸钾是多少克？

## 阅读材料

### 一种反应物过量的计算

用 200g 面粉和 4 只鸡蛋可制成 10 只蛋糕。假如你身边有 500g 面粉和 6 只鸡蛋，能烘制成几只这种蛋糕呢？通过计算可以确定，按上述配方，只能烘制 15 只蛋糕。在这种情况下是面粉过量了。

在化学计算中，我们也会遇到类似的情况，即一种反应物过量的计算。例如，把 10g 氢氧化钠加入到含 80g 硫酸铜的溶液中，会生成几克氢氧化铜沉淀 ( $CuSO_4 + 2NaOH = Cu(OH)_2 + Na_2SO_4$ )？

硫酸铜 (分子量是 160) 和氢氧化钠 (分子量是 40) 反应的质量比是  $160 : 2 \times 40 = 2 : 1$ ，跟 80g 硫酸铜反应，消耗的氢氧化钠应是  $80 \times \frac{1}{2} = 40$ (g)。

而加入的氢氧化钠只有 10g，不足 40g。所以这一反应应当按 10g 氢氧化钠进行计算，即按没有过量的反应物来计算。

设反应生成氢氧化铜沉淀 xg。

$CuSO_4 + 2NaOH = Cu(OH)_2 + Na_2SO_4$

$$\frac{2 \times 40}{10} = \frac{98}{x}$$

$$x = \frac{10 \times 98}{80} = 12.25(\text{g})$$

答：产生沉淀 12.25g。

显然，根据化学方程式计算时，如果一种反应物过量，（1）应先判断哪一种反应物过量，然后按没有过量的反应物进行计算。（2）设要求的生成物的质量为 xg，最后列式计算。

下面再举一例。

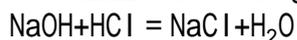
在含 60g 氢氧化钠的溶液中加入含 60% 氯化氢的盐酸。求可以生成氯化钠几克（ $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ ）？

反应中 NaOH 和 HCl 的质量比是 40 36.5。现加入的 NaOH 和 HCl 的质量比是 60 50。

$$\frac{40}{36.5} > \frac{60}{50}$$

由此可知，HCl 过量了，应按 60gNaOH 进行计算。

设反应生成氯化钠 xg。



$$\frac{40}{60} = \frac{58.5}{x}$$

$$x = 58.5 \times \frac{60}{40} = 87.75 (\text{g})$$

答：反应生成氯化钠 87.75g。

## 7 燃料和燃烧

通过本章的学习，你将能够

1. 知道煤、木材、液化气和沼气的主要成分、性质以及它们热值的大小。
2. 知道煤和木材干馏及其产物，了解活性炭的吸附作用。
3. 说明煤气—发生炉煤气和水煤气的生产原理，以及沼气的生产方法，了解发酵法制沼气对改善环境的意义。
4. 知道安全使用煤气的知识。
5. 知道燃烧的条件和本质，以及粉末爆炸、自燃和灭火原理。
6. 知道酸碱灭火器和泡沫灭火器的原理，及使用方法。

燃料的燃烧是人类最早发现并有意识加以利用的化学变化之一。考古学家发现了距今 18000 年前，北京周口店山顶洞人的用火遗址，遗址的灰烬竟达 6m 之厚。可见，有多少代人利用了燃烧反应，生活在这个火堆之旁！现代人除了生活中需要直接利用燃料燃烧产生的热量之外，还把燃料燃烧产生的热能转变成机械能和电能，成为从发动汽车到发动火箭的动力之源。可以毫不夸张地说，离开了燃料的燃烧反应，离开了火，人类社会物质文明的产生和发展是不可能的。图 7 - 1 是人类最早利用火的情景。



图7-1 燃烧是人类最早有意识利用的化学变化之一

那么，在现代日常生活中最常用的燃料有哪些呢？它们的化学成分有哪些不同？它们各有哪些优点？使用时应注意哪些问题？燃料燃烧的本质是什么？怎样才能有效地利用燃烧反应？这些都是本章学习的主要内容。

### 7.1 常用的燃料

**煤和焦炭** 煤是一种历史悠久的常用固体燃料。它是古代的植物在地壳运动时被埋到地底下，经过千万年的物理和化学变化而形成的。煤是一种复杂的混合物。

煤的元素组成主要是碳，根据含碳量的多少，煤可以分为以下几种（表 7 - 1）。

表 7-1 煤的含碳量

| 名称     | 泥煤      | 褐煤      | 烟煤      | 无烟煤   |
|--------|---------|---------|---------|-------|
| 含碳量（%） | 55 ~ 65 | 65 ~ 75 | 75 ~ 90 | 90 以上 |

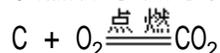
泥煤、褐煤常为褐色，没有光泽的固体。烟煤和无烟煤常是黑色，有暗

淡金属光泽的固体。煤除了含碳以外，还含有少量的硫、磷、氢、氮、氧等元素。

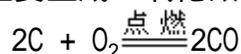


图7-2 煤是埋在地底下的固体燃料

由于煤的含碳量高，在空气充足的条件下燃烧，主要生成二氧化碳，同时放出大量的热量。煤在空气中燃烧可以用下面的化学方程式表示：



当空气不足时，煤燃烧主要生成一氧化碳，也放出热量。



由于煤是一种成分复杂的混合物，所以燃烧过程必然还有多种物质生成，其中有些是影响人类身体健康的有害气体，如硫和氮的化合物。

不同的煤含碳量不同，燃烧时放出的热量也不同。我们把 1kg 煤充分燃烧时放出的热量称为煤的热值，热值的单位是 kJ/kg。经测试，各种煤的热值大致如表 7 - 2。

表 7-2 煤的热值

| 名称                              | 泥煤            | 褐煤            | 烟煤           |
|---------------------------------|---------------|---------------|--------------|
| 热值<br>( 10 <sup>3</sup> kJ/kg ) | 20.93 ~ 25.12 | 25.12 ~ 29.31 | 33.49 ~ 37.8 |

煤的热值是衡量煤质量优劣的一种重要指标。热值高，煤的质量好；反之，则质量差。

把煤在隔绝空气的条件下强热，可以制得焦炭。

【实验 7 - 1】取少量干燥的煤屑，放在试管里用酒精喷灯加热。为了防止试管在高温时破裂，可以在试管外套一圈铁丝网（图 7 - 3），观察现象。

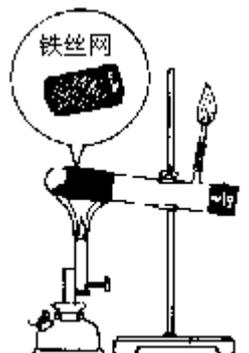


图7-3 煤的干馏实验装置

加热不久，试管里产生了浓浓的烟雾。从导管口放出的气体可以燃烧。试管口还凝聚着水和褐色的油状液体。反应完毕，试管底部剩下灰黑色的固体。这种把煤隔绝空气加强热的过程叫做煤的干馏。

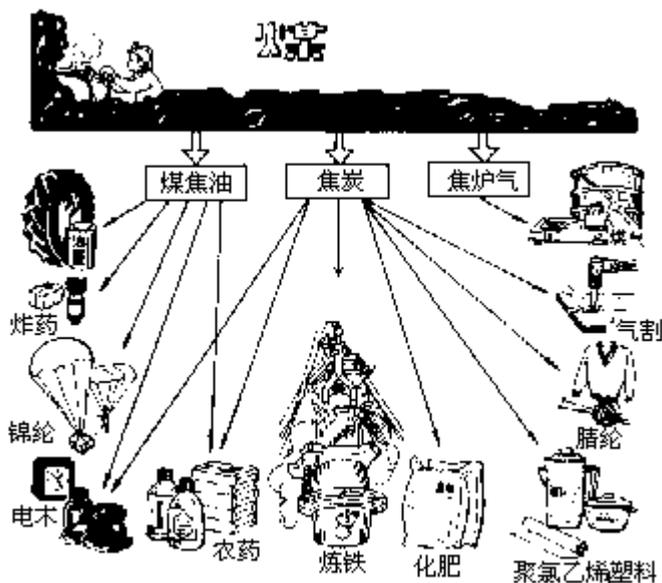


图7-4 煤的综合利用

工业上煤的干馏是在炼焦炉里进行的。煤干馏产生的可燃性气体叫焦炉气。焦炉气的主要成分是氢气、甲烷，还有少量的一氧化碳、二氧化碳、氮气等。褐色的油状液体叫煤焦油，煤焦油中含有许多种有机物。剩下的灰黑色固体叫焦炭。焦炭是比较纯净的碳，它也是一种优质的燃料。

焦炉气、煤焦油、焦炭等都是重要的化工原料（图7-4）。

可见，煤不仅是一种重要的燃料，还是宝贵的化工原料。将煤干馏，可以提高煤的经济价值。我国是煤藏量最丰富的国家之一，煤的品种多，质量好，煤产量在80年代后期已达9.5亿吨/年，在全世界占第一位。但由于人口众多，人均水平仅为全世界人均水平的50%。因此，节约用煤和煤的综合利用就具有特别重要的意义。

**木材和木炭** 木材是古代最常用的燃料，也是当前我国不少农村地区常用的燃料。木材的成分很复杂，含有各种各样的有机物。木材燃烧后的主要产物是二氧化碳和水。

木材也可以干馏，木材干馏的产物是木焦油和木炭。

【实验7-2】如图7-5所示，在硬质试管的底部放一些木条，试管口略向下倾斜。用酒精灯加热试管的底部，观察产生的现象。

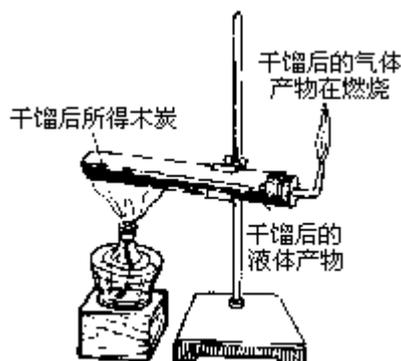


图7-5 木材干馏

木材干馏后产生了可燃性的气体——木气、焦黑色的油状液体——木焦油以及黑色的固体木炭。

木炭是一种黑色多孔的固体。质地疏松，是一种常用的燃料。它的主要

成分也是碳。

木炭的一个重要性质是具有很强的吸附作用。

【实验 7 - 3】在一只盛有约 100mL 水的烧杯中滴加几滴红墨水，在硬质玻璃管中加入木炭，如图 7 - 6 所示。把上面浅红色墨水从漏斗中倒入，观察发生的现象。

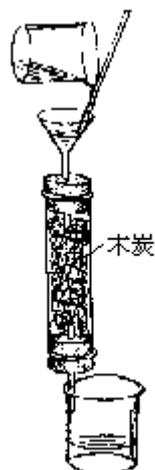


图7-6 木炭的吸附作用

实验表明，加有红墨水的水经过木炭层流到下面时，红色完全消失了，说明木炭能吸附色素。木炭还能吸附二氧化氮等气体。食品工业中常用木炭来脱色和脱臭。

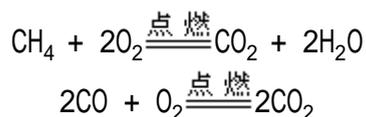
由木材干馏制得的木炭，经加强热并不断通入水蒸气，能得到活性炭。由于活性炭具有比木炭更强的吸附能力，现在已被广泛用于家庭净水器中。

木炭和活性炭为什么都有很强的吸附作用呢？因为木炭和活性炭都是多孔的固体，有很大的表面积。表面积越大，跟气体或液体的接触面积也越大，吸附气体或液体中微小物质的性能也就越强。1g 木炭的表面积约为 100 ~ 150m<sup>2</sup>，1g 活性炭的表面积可达 500 ~ 700m<sup>2</sup>。所以活性炭具有更强的吸附能力。

煤气用煤和木材直接做燃料，会产生很多灰烬，还会生成二氧化硫(SO<sub>2</sub>)等有害气体，使环境受到污染。此外，运输上也很不方便。所以现代社会已发展起各种气体燃料，逐步取代了城市家庭中直接烧煤和木材的状况。

煤气是几种可燃性气体的混合物。它是以煤、水等作原料，经过一系列化学反应制得的。各个地方由于气源不同，煤气的成分也不完全相同。但是，它的可燃性成分不外乎是甲烷、氢气和一氧化碳。此外，还含有氮气、二氧化碳等不可燃的气体。

煤气中甲烷(CH<sub>4</sub>)和一氧化碳的燃烧，可以分别用以下的化学方程式表示。



煤气燃烧后产生的二氧化碳，可以通过以下实验来证明。

【实验 7 - 4】如图 7 - 7 所示，将煤气通过澄清的石灰水进行洗涤，除去二氧化碳后，在尖嘴处点燃，观察火焰的颜色。另取一只烧杯，内壁附着一薄层澄清的石灰水，然后倒置在火焰的上方，观察杯壁有什么现象产生。

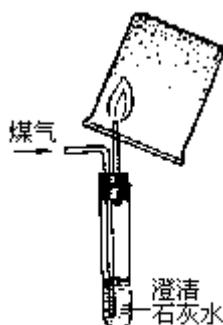


图7-7 煤气燃烧产生了二氧化碳

**液化气和沼气** 液化气也是一种重要的家用燃料。液化气是在石油炼制过程中产生的，它是由多种低沸点气体组成的混合物（图 7-8），没有固定的组成。这些气体都由碳、氢两种元素组成，并且都能够燃烧。在降温、加压的情况下，由气态变成液态，所以叫液化气。液化气的成分大致如下（表 7-3）：

表 7 - 3 液化气的主要成分

| 名称         | 丙烷<br>(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) | 丙烯<br>(C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> ) | 丁烷<br>(C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ) | 丁烯<br>(C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> ) |
|------------|--|--|---|--|
| 体积百分含量 (%) | 7.0                                    | 27.7                                   | 22.8                                    | 42.8                                   |

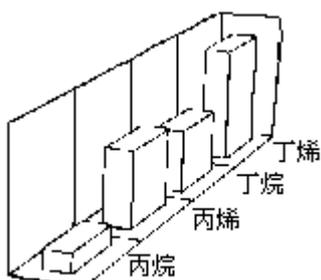


图7-8 液化气中各成分

液化气通常装在耐高压的钢罐中使用（图 7 - 9）。打开阀门时，由于压力减小，液化气便由液态变成气态，一经点火就燃烧起来（实验 7 - 5）。

【实验 7 - 5】将液化气收集在贮气瓶中，点燃从燃烧嘴放出的液化气，观察火焰的颜色。取一只干燥的烧杯，罩在火焰上方（图 7 - 10），观察杯的内壁有什么物质生成。再取一只烧杯，内壁附着一薄层澄清的石灰水，然后也罩在火焰上方，观察石灰水的变化。

从实验可以看到，液化气燃烧产生淡蓝色的火焰，同时放出大量的热。燃烧的产物是水和二氧化碳，我们以液化气的主要成分之一——丁烷（C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>）为代表，用化学方程式表示液化气发生的燃烧反应。



由于液化气中没有不燃烧的成分，而且丙烷、丁烷等燃烧的热值都高于一氧化碳，1m<sup>3</sup>的液化气完全燃烧放出的热量约是煤气的 20 倍。所以跟煤气相比，液化气具有高热值、无毒性的优点。



图7-9 液化罐中

沼气是农村广泛使用的一种气体燃料，它是由植物残渣、动物粪尿在隔绝空气的情况下，经过某些微生物的发酵作用而产生的。农村的一些沼池、粪坑或城市的污水里常有气泡冒出，这种气体就是沼气。沼气的主要成分是甲烷（ $\text{CH}_4$ ），约占总体积的 60~70%。此外，还含有二氧化碳、氮气和少量有臭鸡蛋气味的硫化氢气体，所以沼气略带臭味。

纯净的甲烷是一种没有颜色、没有气味的气体。甲烷的密度仅是空气的一半，极难溶于水，容易燃烧。燃烧后生成二氧化碳和水，同时放出大量的热量。



图7-10 液化气燃烧产生二氧化碳和水

$1\text{m}^3$  的沼气完全燃烧可以放出约 23000~27600kJ 的热量，相当于 0.7kg 汽油或 0.8kg 煤燃烧所放出的热量，所以沼气是一种优质气体燃料。

我国很早就有利用沼气煮盐的记载。当今利用科学发酵方法（图 7 - 11）生产沼气，是解决我国广大农村能源的一种有效途径，也是处理城乡生活垃圾、改善环境、变废为宝的积极措施。

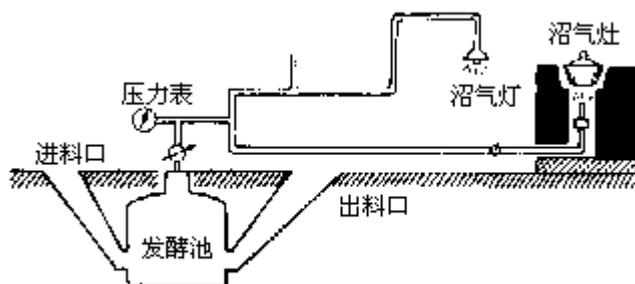


图7-11 沼气的发生和利用

## 讨论与思考

1. 煤的干馏属于化学变化还是物理变化？为什么？
2. 碳和炭，哪一个代表一种元素？哪一个代表一种单质？
3. 在各种型号的净水器里为什么都要加入活性炭？并且使用一个阶段后必须调换活性炭？
4. 为什么说煤的干馏能提高煤的利用价值？
5. 怎样证明煤气、液化气、沼气中都含有碳元素？
6. 通过对煤气和沼气的学习，你已经知道了一氧化碳、甲烷的一些性质。如果有编号分别为 A、B、C、D 的四瓶无色气体，它们可能是一氧化碳、二氧化碳、甲烷和氮气，通过以下实验对它们进行鉴别。
  - (1) 用火柴引燃，发现 A、D 可以燃烧。
  - (2) 用干燥的烧杯放在火焰上方，发现 D 上方的烧杯里没有明显的现象，而 A 上方的烧杯里有水珠。
  - (3) 点燃后向 C、D 集气瓶中加入澄清石灰水，发现 D 中的石灰水显浑浊，而 C 没有明显的现象。
 根据实验现象指出 A、B、C、D 四瓶各装的是哪种气体。
7. 为什么说开发沼气是解决农村燃料的重要途径？

## 阅读材料

### 气体打火机里装的是什么气体

气体打火机里装的不是汽油，而是液体丁烷。打开开关，贮存丁烷的容器中压力稍微减小，在室温下丁烷就能气化成丁烷蒸汽而被点燃。丁烷燃烧时火苗高、平稳，因此很受人们的青睐。由于液态丁烷很容易气化，所以这种打火机俗名又叫气体打火机。

打火机里为什么要选用丁烷，而不用其他物质作燃料呢？这跟丁烷的性质有关。因为丁烷的沸点是 $-0.5^{\circ}\text{C}$ ，它在室温下很容易气化，也很容易液化，室温下稍加压力，丁烷就变成了液体，可以在加压下很方便地把它注入打火机里。当压力稍减小时，它又变成了气体，可以随时点燃。

## 7·2 煤气、液化气的生产和使用

**煤气的生产** 煤在空气不足的情况下发生不完全燃烧，主要产物是一氧化碳，工业上就是利用这个原理把煤加工成一氧化碳的。煤气发生炉是工业

上生产煤气的设备之一。在煤气发生炉中，煤先跟氧气反应生成二氧化碳，二氧化碳再跟过量的灼热炭反应生成一氧化碳。

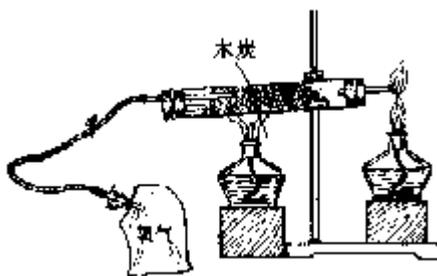
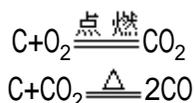


图7-12 实验室制取一氧化碳



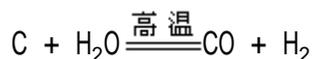
下面我们根据煤气发生炉中的反应原理，通过实验把木炭加工成一氧化碳。

【实验 7 - 6】如图 7 - 12 所示把仪器连接好以后，先在燃烧管中部预热，然后用力按压氧气袋，通入较多的氧气。这时燃烧管内的木炭剧烈燃烧。再把酒精灯放在固定的位置上加热，轻轻地按压氧气袋，只通入少量氧气，观察发生的现象。

在通入较多氧气时，燃烧管内的木炭燃烧得比较充分，管口没有排出可燃性的气体。通入少量氧气时，由于氧气不足，立即产生了可燃性的一氧化碳气体。

在实际生产中，向煤气发生炉中鼓入的是空气，因此生成的煤气中含有很多氮气，降低了煤气的热值。

如果用水蒸气跟灼热的焦炭反应制取煤气，则在生成一氧化碳的同时，还生成了另一种可以燃烧、有高热值的气体——氢气。主要的化学反应可以表示如下：



用这种方法制得的煤气叫做水煤气。

煤气的另一种来源是炼焦产生的焦炉气。它是煤干馏炼焦时的副产品，主要成分是甲烷（ $\text{CH}_4$ ）和氢气。甲烷的热值很高，又没有毒性，所以焦炉气也是理想的气体燃料。

现在有些城市的煤气就是由发生炉煤气、水煤气、焦炉煤气混合而成的。目前上海使用的煤气，含氢气 48%、甲烷 13%、一氧化碳 20%以下。热值是  $15900\text{kJ}/\text{m}^3$ 。

**安全使用煤气** 使用煤气时，为什么要特别谨慎，不能让煤气泄漏呢？这是因为煤气中的一氧化碳是一种剧毒的气体。人体血液中的血红蛋白有输送氧气的作用。血红蛋白跟氧气结合，通过血液循环把氧气输送到人体的各个部分。一氧化碳也能跟血红蛋白结合，而且结合的能力比氧气大 200 倍。因此，人体如果吸入一氧化碳，血红蛋白就跟一氧化碳结合，使血红蛋白失去输送氧气的能力，时间久了人就会因缺氧而窒息死亡。

空气中的一氧化碳含量超过千分之一，人就会感到头痛恶心。由于一氧化碳是一种没有颜色、没有气味的气体，因而人们难于感觉到一氧化碳的存

在，这就更增加了一氧化碳中毒的危险性。好在制取煤气时，总会同时产生一些难闻的含硫化合物，一旦闻到这种异味气体，就应该引起我们对煤气泄漏的警觉。

轻微的煤气中毒，常用的急救办法就是让中毒者呼吸新鲜空气或纯氧，因为增加氧的含量可以恢复血红蛋白的输氧功能。

不能让煤气泄漏的另一个原因是，煤气遇到明火很容易引起爆炸。下面我们来做实验。

【实验 7 - 7】如图 7 - 13 所示，把两只小塑料袋的袋口用橡皮筋扎紧，在袋口各插入一段玻璃管。向一只袋中充入煤气，向另一只袋中充入一半煤气，一半氧气。分别在玻璃管口燃气体，观察发生的现象。

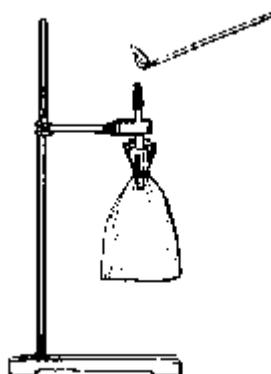


图7-13 煤气爆炸实验

充满煤气的小袋里，气体在玻璃管口安静地燃烧，充入一半煤气，一半氧气的小袋中，玻璃管口遇明火后引起了爆炸，发生巨响，塑料袋也被炸破。这说明可燃性气体中如果混入了空气或氧气，达到一定的含量时，点燃就会引起爆炸。例如，空气中若混入的氢气达到 4.1% ~ 74.2% 的范围；或者混入的一氧化碳达到 12.5% ~ 74.2% 的范围；或者混入的甲烷达到 5% ~ 15% 的范围，点燃时都会发生爆炸。这些不同的范围就是上述各种气体的爆炸极限。

煤气一旦泄漏，在空气中只要达到氢气、或一氧化碳、或甲烷的爆炸极限，都容易引起爆炸，这是非常危险的。所以检查煤气泄漏切忌使用明火，一旦发现煤气泄漏应立即关闭总开关，打开窗户，使空气流通，并通知有关部门处理。

**液化气的生产和使用** 液化气是石油炼制的产物。跟煤一样，石油也是古生物经地质的变迁，逐渐形成的。石油是一种黑褐色粘稠的液体，它是各种碳氢化合物的混合物。石油中各种碳氢化合物的沸点都不相同。因此用蒸馏的方法，可以把它们一一分离开来。在石油中，那些分子量较小的碳氢化合物，如丙烷 ( $C_3H_8$ )、丁烷 ( $C_4H_{10}$ )、丁烯 ( $C_4H_8$ ) 等沸点较低。在蒸馏时，它们首先从石油中逸出。通过降温和加压，使它们变成液态，贮存在钢瓶里，所以也叫做液化气。

液化气的热值比煤气高，但是，跟煤气相比较，液化气有更容易爆炸的缺点。前面已经指出，空气中混入 12.5% 的一氧化碳，或 4.1% 的氢气会发生爆炸，而空气中只需混入 2% 液化气，遇到明火就会爆炸。还由于液化气的热值高，爆炸的破坏性也大。

液化气一旦泄漏，会迅速气化成气体向外扩散。又由于丙烷、丁烷等都是没有颜色、没有气味的气体，密度比空气大，不容易逸散，所以它的爆炸

危险性就更大。因此，通常在液化气中加入一些具有恶臭的硫醚或硫醇，以便及时发现泄漏。

**燃料的合理使用** 燃烧液化气时，有时火焰并不呈浅蓝色，而是稍带光亮的桔黄色。这时如果把火焰接触冷的器壁，会产生烟炱。为什么会发生这种现象呢？

我们知道，液化气燃烧需要一定量的空气，当空气充足时，液化气发生完全燃烧，火焰呈浅蓝色；当空气不充足时，液化气就不能完全燃烧，火焰呈桔黄色，还会生成炭的小颗粒，即烟炱，或者生成有毒的一氧化碳。燃料的不完全燃烧，不仅造成能源的浪费，而且还会污染环境。所以使用液化气要调节好空气的流量。

气体燃料和空气容易混合。相比之下，固体燃料（如煤或煤制品）更容易发生不完全燃烧。为了使煤充分燃烧，工业燃煤的炉子一般都要用鼓风机。

农村的柴灶烟囱里有时会冒出火苗，这是由于炉膛里柴太多，而空气不足，不完全燃烧产生的一氧化碳从烟囱逸出，接触空气而燃烧起来的结果。有时烟囱口还会出现火星飞溅，这是逸出的小炭粒燃烧时的闪光。

我国的能源还不十分充裕，合理使用燃料，节约能源，降低能耗，这些必须引起人们的重视。

## 讨论与思考

1. 为什么说使用气体燃料比使用煤作燃料优越？
2. 一氧化碳有没有气味？煤气的气味是从哪里来的？
3. 城市用的煤气有哪些主要的来源？
4. 试说出水煤气、发生炉煤气和焦炉煤气成分的主要差别。
5. 为什么液化气比煤气更容易爆炸？
6. 为什么要在液化气中加入有恶臭的物质？

## 阅读材料

### 参观煤气厂

走进上海浦东煤气厂，首先映入眼帘的是巨大贮气柜，纵横交错的管道连接着各种反应装置。人行道两旁绿树成荫，花卉争艳，环境整洁，呈现出现代化企业文明生产的景象。

浦东煤气厂是我国自行设计建造的国内最大的煤气厂，一期工程已于1987年竣工，日产煤气100万立方米，担负着全上海22%的煤气供应量。

浦东煤气厂采用三种方法生产煤气：焦炉煤气、水煤气和发生炉煤气。然后把它们调配成热值为 $15900\text{kJ}/\text{m}^3$ 的混合煤气，输入上海地下2800多km的煤气管道网，再送到千家万户。

我们走进炼焦车间，炼焦炉像一幢四、五层高的大楼。在炉膛内，煤在1000℃的高温下干馏17个小时就转变成焦炭。焦炉气从出口排出后，分离出氨水、煤焦油，再经除尘、脱硫后送入贮气柜。这家工厂除了生产煤气外，每年还副产60万吨焦炭，以及硫酸铵、粗苯、煤焦油等化工产品。

和炼焦炉相比，水煤气炉的体积要小一些，但仍不失为一个庞然大物。站在水煤气炉顶平台上，可以鸟瞰全厂。

工厂的分析室里，技术人员正忙碌地分析煤气的成分，测定煤气的热值，以决定三种煤气的配比。这时我们不禁产生疑问，为什么要对三种煤气进行调配呢？原来，焦炉煤气中含有氢气和甲烷，

水煤气中含有氢气和一氧化碳，发生炉煤气主要含一氧化碳。其中甲烷的热值最高，燃烧  $1\text{m}^3$  甲烷放出的热量数倍于燃烧  $1\text{m}^3$  一氧化碳或氢气的热量。氢气燃烧时气流平稳，燃烧性能很好。把三种气体经适当比例混合，就可以得到热值和燃烧性能都较好的民用煤气。

浦东煤气厂的二期工程正在紧张地施工。二期工程投产后，又有 25 万户上海居民可以用上煤气。从 1990 年起的 5 年内，上海煤气的发展将超过它问世以来 125 年的历程。

### 7.3 燃烧和灭火

**燃烧** 人类虽然很早就使用火，但我们的祖先却无法理解燃烧现象，把火看作神秘的东西，奉为“神灵”。

人类对于燃烧的认识，是同研究空气的成分联系在一起的，也经历了漫长的历史。在空气一节里我们已经知道，法国化学家拉瓦锡通过燃烧实验，证实了空气是由氮气和氧气组成的，同时也揭开了燃烧现象的神秘面纱。事实上，在我们生活中所见到的绝大多数燃烧反应，无论是煤的燃烧，还是煤气的燃烧，无一不是可燃物跟氧气发生的剧烈发光、发热的化学反应。

燃烧反应是不是必须有氧气参加呢？我们曾经做过镁带燃烧实验，镁带燃烧时，镁同空气中的氧气反应发出明亮耀眼的强光，生成白色的固体氧化镁。下面我们观察一下镁带在二氧化碳气体中的燃烧现象。

【实验 7-8】将点燃的木条渐渐伸入装满二氧化碳气体的集气瓶口，火立即熄灭，说明二氧化碳气体不能助木条燃烧。再用坩埚钳夹一段镁带，在酒精灯上引燃后把燃烧的镁带插入上述集气瓶中（图 7-14），观察产生的现象。

实验说明镁带能在二氧化碳气体中燃烧。

此外，像铝、铜等金属也能在硫蒸气里燃烧。显然，如果把燃烧仅仅看成是可燃物跟空气里的氧气发生的反应是不够全面的。事实上，燃烧反应无论是有氧气参加还是没有氧气参加，本质都是发光、发热的剧烈的化学反应。

### 职业与化学

#### 医生

严格来讲医生这个职业并不属于化学职业。但你若要想考医学院，或在医学院学习，化学知识对你就显得很重要。扎实的化学基础知识有助于你更好地理解医学院的课程，如生物化学、药理学和生理学等，也有助于你正确理解人体内的各种化学反应，使你在临床上能较为自如地对病人的病程进行全面地分析。



图7-14 镁带在二氧化碳中燃烧

物质燃烧的难易自从人类学会用火以来，就一直试图控制燃烧。怎样来

控制可燃物的燃烧呢？我们在生活中有这样的经验，要使可燃物在空气中燃烧，需要将可燃物加热到一定的温度。那么，各种可燃物在空气中燃烧所需要的最低温度是否相同呢？我们来做下面的实验。

【实验 7 - 9】在图 7 - 15 的铁片上有等距离的三个凹穴，在穴内分别滴入汽油、煤油和柴油。把酒精灯放在铁片小孔的下面，使火焰有一部分窜出小孔，观察三种物质开始燃烧的顺序。

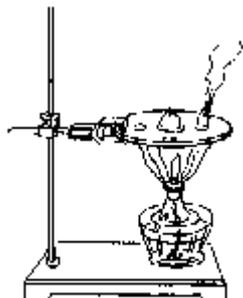


图7-15 比较汽油、煤油、柴油着火点的实验

铁片受热，把热量分别传递给汽油、煤油和柴油。在三种物质中，着火的先后顺序是汽油、煤油和柴油。

使物质着火所需要的最低温度叫做这种物质的着火点，不同可燃物有不同的着火点。例如，白磷的着火点是 40 ，硫黄的着火点是 260 ，镁的着火点是 400 。

知道了各种物质的着火点，可以根据需要控制燃烧反应。例如，家庭生煤炉，常用火柴先燃着废纸，再点燃木柴，最后才引燃着火点较高的煤饼。

同一种固体燃料，颗粒越细，燃烧越剧烈。例如，煤粉的燃烧就比煤块剧烈。下面通过实验比较铁丝、还原铁粉、自燃铁粉的燃烧情况。

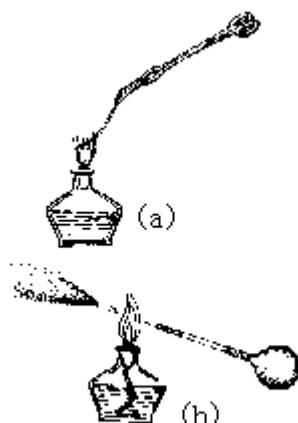


图7-16 铁丝还原铁粉的燃烧

【实验 7 - 10】如图 7 - 16 所示，(a) 在酒精灯上加热铁丝；(b) 在玻璃管的末端装入少量还原铁粉，挤压吸球，向酒精灯的火焰喷射还原铁粉；最后将密封保存的自燃铁粉从高处徐徐撒落到水泥地上，分别观察现象。

铁丝可以在纯氧气中激烈燃烧，但在空气中跟氧气接触不充分，不能燃烧。还原铁粉表面积大，在空气中能跟氧气充分接触，可以在空气中燃烧。自燃铁粉是用化学方法制得的颗粒更微小的铁粉，它的表面积更大，在室温下也会在空气中发生自燃而产生一簇簇的火星。

同样，木炭在纯氧气中的燃烧要比在空气中燃烧激烈得多，这是因为空气中的氧气浓度较低。

知道了燃烧反应的这些特点，就可以对燃烧进行有效地控制，以提高燃料的利用率。例如，煤气、液化气燃烧时用开关控制燃料气和空气的流量，以调节火焰的大小。实验室里用的煤气灯，通过调节空气的流量，控制火焰的温度。家庭使用煤炉，通过调节进风量的大小来控制炉温。把大煤块敲成小煤块，可以使煤在短时间内急速燃烧。

**爆炸** 气体可燃物和干燥的粉末固体在有限的空间内急速地发生燃烧时，常会发生爆炸。下面我们来做一个实验。

【实验 7 - 11】如图 7 - 17 所示，在带火星的棒香上罩一只塑料杯，然后通入氧气，带火星的棒香燃烧起来产生火焰，这时挤压吸球，通过玻璃管喷入麦淀粉，观察现象。

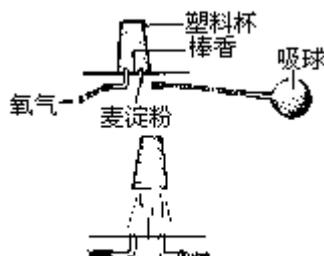


图7-17 淀粉爆炸实验

喷入麦淀粉后，粉尘跟氧气充分混合，遇火后迅速反应，在瞬间放出大量的热，使塑料杯内的气体急剧膨胀，便发生爆炸。如果爆炸反应在密闭容器内进行，将会产生巨大的爆破力。节日期间燃放爆竹、开山采矿时使用炸药、战争时使用的炮弹、手榴弹等，都是利用了爆炸反应产生的巨大爆破力。利用爆炸反应，还可以将化学反应中释放的能量转变成机械能，推动机械工作。例如，汽车发动机就是利用汽油和空气混合物发生的爆炸反应来推动的。

但是，爆炸反应也会造成破坏。在汽油库、锯木厂和面粉厂里严禁烟火，就是为了防止发生爆炸事故。

**自燃** 铁在氧气里燃烧生成铁的氧化物，铁在潮湿的空气里生锈也会生成铁的氧化物，这两个反应有什么差别呢？从反应的本质上看，它们都是铁发生了氧化反应。但就反应的速度来看，两者有明显的差别。铁在氧气里燃烧是剧烈的发光、发热的氧化反应，而铁生锈却是一种不容易察觉的缓慢氧化反应。

生活中缓慢氧化的例子很多，比如，人的呼吸过程就是一种缓慢氧化过程。另外，像食油的酸败，橡胶和塑料的老化等过程也都是缓慢氧化过程。

物质在缓慢氧化过程中产生的热量，如果不能及时散发，就会积累起来，使温度升高。当温度达到这种物质的着火点时，不经点火就会自己燃烧起来，这种自发燃烧就叫做自燃。

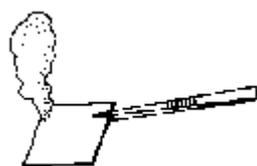


图7-18 白磷自燃

【实验 7 - 12】把溶有少量白磷的二硫化碳滴在一小块滤纸上，然后用镊子夹住（图 7 - 18），观察发生的现象。

二硫化碳很容易挥发，使溶解的白磷变成极小的颗粒附着在滤纸上，白磷接触氧气后发生缓慢氧化，当温度上升到白磷的着火点（40℃）时，就发

生自燃而引起滤纸的燃烧。所以着火点较低的可燃物应密闭存放在阴凉处，以防发生自燃。另外，像稻草、油布、煤炭、粮食等，如果堆放得太多，空气又不流通，日久也容易引起自燃，应当设法让空气流通，防止自燃引起火灾。

**有害的燃烧** 有些含碳元素的复杂可燃物，在发生不完全燃烧时会产生有毒物质。例如，抽烟时烟草发生了燃烧反应，燃烧产物中含有一氧化碳、亚硝酸等数以百计的有害物质。所以抽烟是典型的有害燃烧。



图7-19 有害的燃烧

冬天，有人将枯败的潮湿树枝、树叶堆放起来燃烧，由于空气供应不充足，燃烧产物中往往含有浓度很高的有毒或致癌的物质，这也是一种有害的燃烧（图7-19）。

有害燃烧不仅污染空气，还会危害人体健康，所以我们应该加以控制。

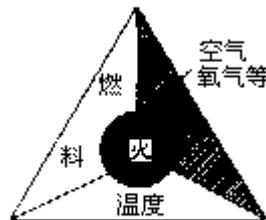


图7-20 燃烧的三个要素

**灭火的原理** 发生燃烧反应，必须满足三个条件：即存在可燃物，可燃物跟空气或氧气等密切接触，同时温度要达到该物质的着火点。这三个条件中缺少任何一个，燃烧都不能发生（图7-20）。灭火的原理就在于破坏燃烧的条件，使燃烧反应停止。一旦发生燃烧，灭火者常从破坏燃烧的三个条件中选一个着手。例如，用水龙喷射火焰，除了水的冲击力起灭火作用外，主要是水能降低燃烧反应的温度，同时产生的水蒸气层能阻隔空气中的氧气跟可燃物接触，阻碍了氧气的供应（图7-21下），从而达到灭火的目的。因此，水是最常用的灭火剂。

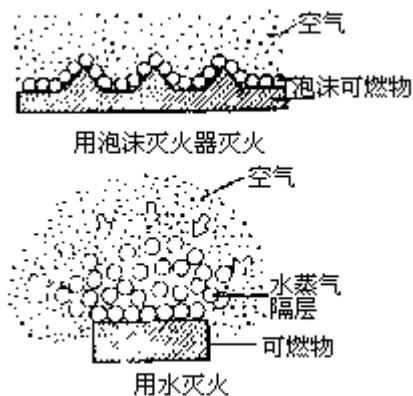


图7-21 灭火原理示意图

不同的可燃物有不同的化学性质，灭火的方法也有所不同。例如，油类着火一般就不能用水来扑灭。金属钠着火也不能用水来扑救，因为金属钠跟水反应产生可以燃烧的氢气，反而会使火势扩大，造成更大的损失。所以灭火方法的选择应根据可燃物的性质等许多具体情况而定。

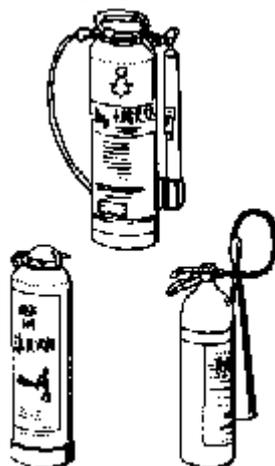


图7-22 常用灭火器

**泡沫灭火器** 在很长的一段时期内，酸碱灭火器曾经是一种常用的灭火装置。酸碱灭火器中分别装有硫酸溶液和碳酸氢钠（ $\text{NaHCO}_3$ ）溶液，使用时倒转容器，硫酸和碳酸氢钠混合发生反应，产生大量的二氧化碳，使容器内的压力增大，把二氧化碳从喷嘴里压出，形成的二氧化碳层阻隔了可燃物跟空气的接触，以达到灭火的目的。这个反应的化学方程式是



还有一种常见的灭火器是泡沫灭火器。泡沫灭火器中装有硫酸铝溶液和碳酸氢钠溶液，使用时倒转容器，使两种溶液混合发生反应，产生大量的含有二氧化碳气体的泡沫，从喷嘴里喷出，覆盖在可燃物的表面，使可燃物跟空气隔绝（图 7 - 23），燃烧即停止。



图7-23 自制灭火器

【实验 7 - 13】在一支小试管里加入碳酸氢钠溶液，在锥形瓶里加入硫酸铝溶液，倒转后可以喷

射出含有二氧化碳的泡沫（图 7 - 23）。

## 讨论与思考

1. 试比较煤气爆炸、铁生锈、汽油燃烧三种反应的相同和不同点。
2. 汽油和柴油都可以作汽车的燃料，使用哪种燃料的汽车启动快？
3. 在使用煤油炉时，用汽油代替煤油作燃料，容易酿成火灾，试解释原因。
4. 工厂的锅炉用煤一般要事先粉碎处理，甚至加工成煤粉再用鼓风机吹入锅炉中。这是为什么？
5. 下列各种着火情况，你考虑用什么灭火方法比较合适？解释原因。
  - （1）燃着的煤油炉翻倒而着火。
  - （2）木柴、纸片等可燃物引起的火灾。
  - （3）电线老化而引起的火灾。
6. 室内起火，如果打开门窗，反而会使灾情更为严重。为什么？

## 阅读材料

### 两种常见的灭火器

干粉灭火器和“1211”灭火器是两种常见的灭火器。干粉灭火器内填充一种干燥的、易于流动的极细固体粉末——混有少量滑石粉、云母粉等的碳酸氢钠，以压缩的氮气或二氧化碳为动力，把干粉压出喷向火焰，干粉与火焰相遇时发生的化学和物理变化可以迅速阻止燃烧反应，将火扑灭。

“1211”灭火器内装有二氟一氯一溴甲烷（ $\text{CF}_2\text{ClBr}$ ），代号为“1211”。它是一种无色气体，稍加压力就会液化。如果从灭火器的喷嘴喷出，立即发生气化。它跟火焰相遇，能在瞬间阻止燃烧反应而达到灭火目的，而且不留痕迹。

这两种灭火器灭火特点是迅速、安全、灭火效率高，特别适用于扑灭气体和油类火灾。一般使用液化气的家庭都应备一只干粉灭火器。“1211”自动灭火系统则广泛应用于远洋油轮。

## 8 二氧化碳、二氧化硫和酸雨

通过本章的学习，你将能够

1. 知道二氧化碳在自然界中的循环。
2. 知道二氧化碳的用途，并能在实验室里制取少量的二氧化碳。
3. 知道二氧化碳和二氧化硫的一些主要物理性质和化学性质。
4. 知道酸雨形成的原因及危害。

含碳的燃料，无论是煤，还是煤气、液化气，充分燃烧后都会产生二氧化碳气体。此外，煤和石油中还含有一些硫的化合物，它们燃烧还会产生二氧化硫。随着人类消耗燃料的增加，空气中二氧化碳和二氧化硫的含量会不会随之增多呢？这些气体有哪些主要的性质呢？它们在大气中含量的增加，会给环境带来什么样的影响？这些都是本章学习的主要内容。

### 8·1 二氧化碳

**二氧化碳在自然界中的循环** 燃烧产生的二氧化碳，动植物呼吸产生的二氧化碳，以及生物体在好氧菌作用下腐败产生的二氧化碳都在不断地逸入空气中。而空气中的二氧化碳又会溶解于江河湖海之中，再经过一系列的变化，成为矿石和生物体中的新物质。二氧化碳在空气中并不是静止不变的，空气只是二氧化碳中的碳元素在自然界里循环的一个“客栈”而已。图 8 - 1 描绘了二氧化碳在自然界中的循环情况。

自然界里的动物只有一小部分是肉食动物。大部分以植物为主。动物赖以生存的最初营养物质来源于植物，而植物是通过光合作用产生营养物质的。

二氧化碳是植物光合作用的主要原料。植物中含有的叶绿素，是一种特殊的生物催化剂。在太阳光作用下，叶绿素能使二氧化碳和水发生反应，生成葡萄糖和氧气（图 8 - 2），这个反应可以表示如下：

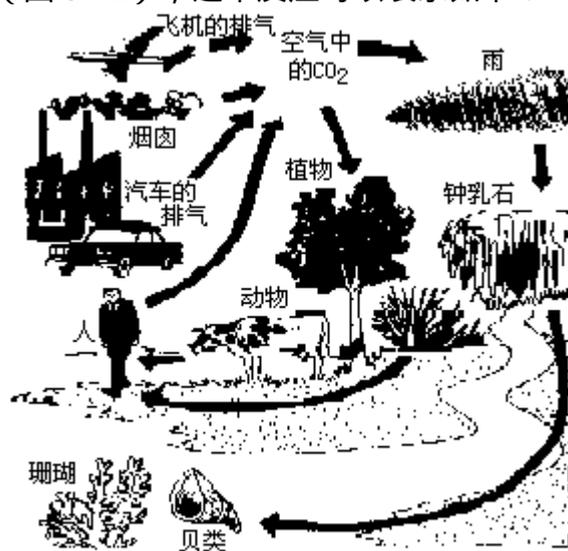
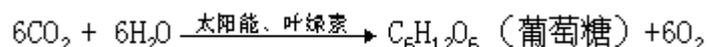


图8-1 二氧化碳在自然界的循环



葡萄糖又能在植物体内转变成淀粉和油脂。动物在食用植物时摄入的淀粉和油脂等，通过一系列的化学反应，转变成体内的营养物质，并产生能量。在这个过程中，产生的二氧化碳通过呼吸排出体外，逸入大气。

二氧化碳在自然界里的另一种循环方式是跟石灰石的反应来实现的。地壳的表面不少岩石（如石灰石和大理石）的主要成分是碳酸钙。碳酸钙不溶于水，但它跟溶有二氧化碳的水接触会发生反应，生成碳酸氢钙 $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$ 。反应的化学方程式是



碳酸氢钙溶于水被流水带走。在石灰岩地区常形成巨大的溶洞，就是因为发生了这个变化的缘故。

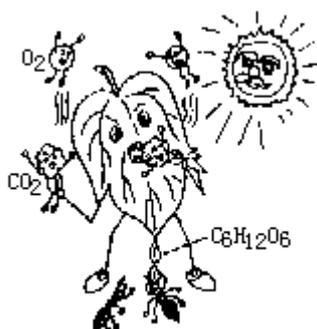


图8-2 光合作用

碳酸氢钙不稳定，遇热会发生分解，又变成碳酸钙而沉积下来，同时放出二氧化碳。



图8-3 石笋和钟乳石



石灰岩溶洞中千姿百态的石笋、钟乳石（图8-3），就是由逐渐沉积的碳酸钙形成的。



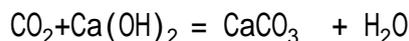
图8-4 用澄清石灰水  
检验二氧化碳

【实验8-1】在大试管里加入10mL澄清石灰水，用玻璃管向石灰水里吹入二氧化碳（图8-4），

当溶液变浑浊时，再继续吹入二氧化碳，观察发生的现象。

当溶液不再变化时，把试管放在酒精灯上加热，观察又有什么变化。

实验表明，二氧化碳通入澄清石灰水 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 中，由于生成了不溶性的碳酸钙，石灰水变浑浊了。



我们常用这个方法检验二氧化碳气体。

在上述浑浊的溶液中继续通入二氧化碳，不溶于水的碳酸钙转变成可溶性的碳酸氢钙，所以溶液又变澄清了。生成的碳酸氢钙受热后分解，再转化成不溶性的碳酸钙，使溶液重新变浑浊。

二氧化碳在自然界中的循环涉及到大气、水、矿物、动植物体的一系列复杂的变化，亿万年来这种不断的演变和发展，使大气中的二氧化碳有了比较稳定的含量。但是近百年来，人类的活动毁坏了大批绿色森林。工业的迅速发展，使含碳燃料的消耗有了惊人的增长。这就使空气中二氧化碳的含量呈现上升趋势。一般认为，当空气中二氧化碳的含量偏高时，会增强大气对太阳光中红外线辐射的吸收，同时阻止地球表面的热量向外散失，使地球表面的平均气温升高，这就是所谓的温室效应。温室效应可能导致地球两极的冰冠融化，使大片陆地被淹没。为了维护人类生存的环境，我们应注意保护地球上的植被，阻止温室效应进一步发展。

**二氧化碳的用途和制法** 二氧化碳既然是绿色植物进行光合作用的主要原料，那么，提高空气中二氧化碳的含量能不能提高农作物的产量呢？有人用实验证明，在封闭的暖房里适当充入一些二氧化碳，确实可以大幅度地提高农作物的产量。

二氧化碳在其他方面也有广泛的用途。给二氧化碳气体加压、降温，它会变成无色的液体，继续降温会凝结成雪花状的固体。固态的二氧化碳俗称干冰，它在常压、 $-78^\circ\text{C}$  时能直接升华成气态，不留任何痕迹，并且使周围的环境迅速冷却。所以干冰是一种优良的致冷剂。干冰还可以用于人工降雨。

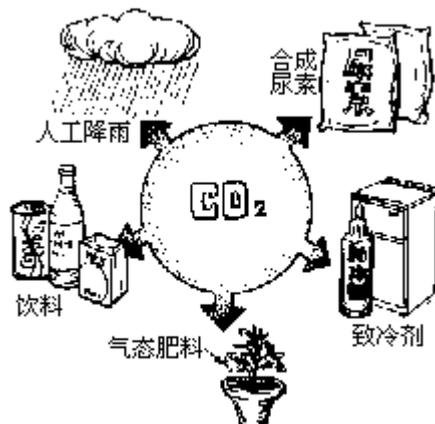


图8-5 二氧化碳的用途

## 职业与化学

### 环境保护研究员

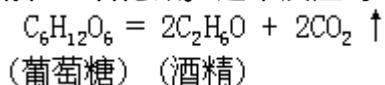
照片中这位环保工程师正在采集水样，以便进行水质分析。环保人员进行水质分析的原因有很多。可能附近要建一座化工厂。在建厂之前环保人员必须对周围河流的水质进行分析，以便与建厂开

工后的水质进行比较，看周围的水源是否因为化工厂的开工而受到污染。这一类问题属于环境监测。诸如此类的环境保护问题还有很多。

随着社会的进步，人们的环境保护意识越来越强，因而对环保人员的需求量也会增多；与此同时，对环保人员的素质要求也会提高。要作好诸如水质分析这样的试验，必须具备一定的化学知识。化学知识是环保人员的基础知识。

二氧化碳和氨气在高温、高压下反应可以制得尿素。尿素是最重要的优质氮肥。二氧化碳的主要用途参见图 8 - 5。

在工业上，二氧化碳主要是作为生产酒精（学名乙醇  $C_2H_6O$ ）的副产品而得到的。工业上用淀粉发酵生产酒精，淀粉经反应先生成葡萄糖，葡萄糖在酒化酶的作用下生成酒精和二氧化碳。这个反应可以表示如下：

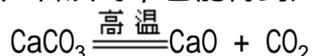


这样，酒精厂在制得酒精的同时，还得到大量的二氧化碳。



图8-6 加热石灰石

工业上煅烧石灰石生产石灰时，也能得到大量的二氧化碳。



【实验 8 - 2】用镊子夹住一小粒石灰石放在酒精灯火焰上加热。为了提高酒精灯火焰的温度，可以向火焰上压入氧气（图 8 - 6）。

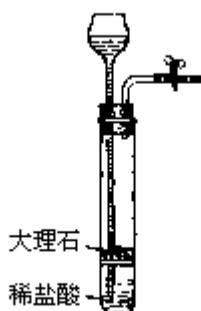
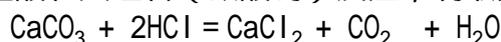


图8-7 大理石跟稀盐酸反应

把加热后的石灰石放在水中溶解，加入酚酞，观察发生的现象。实验室里常用盐酸和大理石（碳酸钙）反应，制取少量二氧化碳。



【实验 8 - 3】在简易气体发生装置里，使大理石跟稀盐酸反应，制备二氧化碳（图 8 - 7），用向上排气法收集。

## 讨论与思考

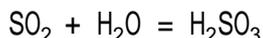
1. 在隧道的通风设施中，排气的装置为什么不设在拱顶，而安置在接近地面处？
2. 简述二氧化碳在大气中循环的几种主要途径。
3. 为什么大量使用含碳燃料会使地球的平均气温升高？后果如何？
4. 试比较实验室里制取和收集氢气和二氧化碳的相同点及不同点。
5. 碳酸镁和碳酸钡受热都会分解成二氧化碳和相应的氧化物。写出它们分解的化学方程式。

## 8·2 二氧化硫和酸雨

**二氧化硫** 在矿物燃料——煤、石油中，往往含有一些硫的化合物。在燃烧煤或石油的过程中，一些硫的化合物会转化成二氧化硫（ $\text{SO}_2$ ）。

二氧化硫是一种无色、有刺激性气味的气体。街头小铺的煤炉里有时会产冲鼻的气味，这就是二氧化硫的气味。

二氧化硫溶解于水时，会跟水起反应生成亚硫酸（ $\text{H}_2\text{SO}_3$ ）。



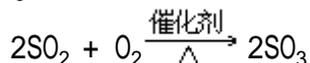
亚硫酸溶液是否跟碳酸一样呈酸性呢？让我们来做一个实验。

【实验 8 - 4】在亚硫酸溶液里滴入石蕊指示剂，观察产生的现象。

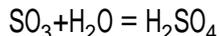
实验证明，亚硫酸溶液跟碳酸溶液一样，也呈现酸性。

二氧化硫跟水生成亚硫酸的反应，和二氧化碳跟水生成碳酸的反应十分相似，二氧化硫和二氧化碳很像是亚硫酸（ $\text{H}_2\text{SO}_3$ ）或碳酸（ $\text{H}_2\text{CO}_3$ ）失去一份水（ $\text{H}_2\text{O}$ ）的产物。因此，我们把二氧化硫称为亚硫酸酐，把二氧化碳称为碳酸酐。

二氧化硫在有催化剂（某些金属氧化物）存在和高温时，能跟氧气进一步反应，生成三氧化硫（ $\text{SO}_3$ ）。



三氧化硫是硫酸的酸酐。它跟水反应生成硫酸。



硫酸是一种酸性很强的物质。它的水溶液呈现很强的酸性。在 1L 水中，只要滴入 1 滴硫酸，pH 值就会接近 1。

**酸雨** 近几十年来不少工业发达的国家出现了酸雨现象。上海地区也屡降酸雨。所谓酸雨是指 pH 值小于 5.6 的雨水。我们知道，蒸馏水是中性的，它的 pH 值应该为 7。为什么酸雨的 pH 值会小于 5.6 呢？

经过分析，那些 pH 值小于 5.6 的雨水中溶有硫酸等酸性物质。

含硫的矿物燃料燃烧产生的二氧化硫，在大气中，在金属氧化物粉尘的催化作用下，跟氧气反应，生成了三氧化硫。这些三氧化硫被降水吸收，就形成了酸雨。

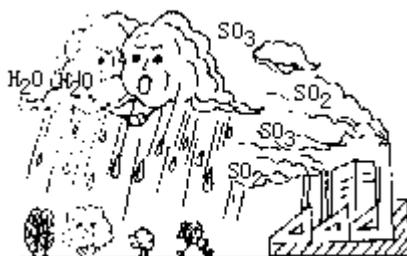


图8-8 酸雨的形成

现代工业的发展，使矿物燃料的使用量大大增加，同时也增加了产生酸雨的可能性。酸雨不仅会危害植物和动物的生命，而且还会侵蚀建筑物，污染环境（图8-8）。

怎样才能使释放到大气中的二氧化硫降低到最低限度，从而有效地防止酸雨的形成呢？这个问题目前正在引起人们的关注。

### 讨论与思考

1. 盐酸跟碳酸钙反应，生成氯化钙、二氧化碳和水。你认为它属于哪一种基本反应类型？

2. 二氧化硫跟水反应，二氧化硫跟氧气反应分别属于什么基本反应类型？它们是否属于氧化还原反应？为什么？

3. 酸雨是怎样形成的？

### 阅读材料

#### 干冰的妙用

你见过舞台上云雾缭绕的景色吗？演员们在五彩缤纷的雾海中翩翩起舞，使人有步入仙境之感。云雾是怎样“跑到”舞台上去的呢？它是干冰的杰作。

干冰很容易升华，同时吸收大量的热量，使周围空气的温度急剧下降，于是空气中的水蒸气就会凝结成雾滴，产生了人造云雾。

干冰升华所吸收的热量大约是相同质量的冰融化所吸收热量的两倍。干冰气化后，可以使周围的细菌窒息死亡。因此，用干冰做致冷剂有保鲜的作用，可以使鱼、肉等食品保存得更久。

开采煤矿用的炸药里，常加一些干冰。炸药引燃后产生的热量，使干冰在瞬间气化，一方面增强了爆炸的威力，另一方面由于逸散出去的二氧化碳不支持燃烧，可以有效地避免引起煤层中甲烷等可燃气体爆炸。

干冰气化后不留任何痕迹。如图书馆、仪器室、文物楼等场所不慎发生火灾时，若用液体灭火剂，即使火扑灭了，也可能造成损失。用干冰灭火，可以完好地保护没有着火物品。

干冰在现代社会里妙用无穷。

### 阅读材料

#### 酸雨的危害

下雨，是一种自然现象。在雨水形成和下降的过程中，空气中的二氧化碳会溶解在雨滴中，使雨水呈微弱的酸性。因此，天然雨水的pH值约在5.6左右。如果空气中还有其他可溶的酸性污染物，

它们也能溶解在雨水中，这样降雨的 pH 值就会小于 5.6。科学家给这种雨取名叫“酸雨”。1979 年 9 月 23 日夜晩，在日本东京的代代木火车站下了一场酸雨，落在人的皮肤上，像小虫蛰一口似地疼痛，这种雨的酸性就很强的了。

雨水怎么会变酸的呢？

科学家考察了世界各地的酸雨，发现雨水中的酸性物质以硫酸居多，因此，他们认为酸雨的形成与空气中的二氧化硫有关。空气中的二氧化硫在催化剂（金属氧化物烟尘）的作用下，能被氧化为三氧化硫，三氧化硫溶入雨水后，成为硫酸液滴，使雨水的 pH 值下降，形成酸雨。空气中的二氧化硫，大多来自于煤和石油的燃烧。

酸雨是一种空气污染的现象，是全世界人民共同关心的环境热点问题之一。酸雨能使湖泊酸化，严重的酸雨会使湖泊生态系统受到损害。倘若湖泊水体的 pH 值小于 5.0 时，鱼、虾会死亡，生机盎然的湖泊会变成“死湖”。加拿大境内就有五万个湖泊，由于酸雨的危害，没有鱼类生存，成为“水沙漠”。酸雨能使土壤酸化，土壤中的钙、镁、钾等营养元素会因此而流失，影响作物的生长。酸雨还会损伤植物的枝叶，使森林生长缓慢。1950~1965 年 15 年间，由于酸雨作怪，瑞典的林木减少了 2~7%。我国重庆南山的马尾松林也因频繁的酸雨损失严重。此外，酸雨还会腐蚀金属材料和其他建筑物。

我国由于能源结构仍以燃煤为主，因此，酸雨危害不容忽视。1983 年，对我国部分城市酸雨情况的调查结果如下：苏州 pH=4.0，广州 pH=3.8，贵阳 pH=3.7，重庆 pH=3.7，上海 pH=4.6。近年来，上海地区酸雨的极端 pH 值已达 3.92。

酸雨的污染是跨国界的，它是随着风行云移而飘忽不定的。因此，酸雨的防治需要全世界人民共同努力，真诚合作。其中一项根本性的措施是通过改变能源结构，改善燃料质量，寻求清洁能源和改造供热方式等措施，来达到减少二氧化硫的排放量。

## 9 食盐及其加工产品

通过本章的学习，你将能够

1. 知道食盐的物理和化学性质。
2. 知道食盐的工业用途。
3. 理解电解质的概念和含义。
4. 知道盐酸的物理和化学性质。
5. 知道烧碱的物理和化学性质。

食盐是用途极为广泛的化学物质。在厨房里，它是最重要的调味品；在医药上，它用于配制生理盐水；在北方，人们用食盐化雪；在化工厂，它是生产盐酸、烧碱、聚氯乙烯的基本原料（图 9-1）。

为什么食盐会有如此广泛的用途呢？它的主要化学成分是什么？怎样用食盐来制得盐酸和烧碱？盐酸和烧碱有哪些主要的化学性质？这些都是本章学习的主要内容。

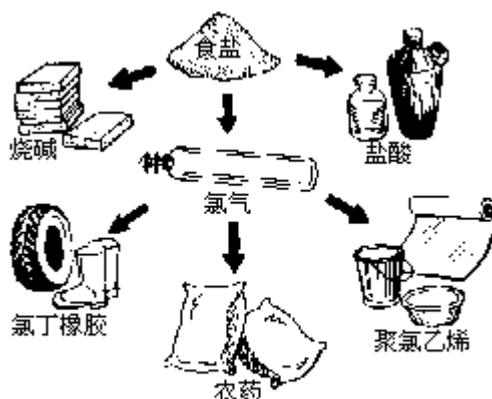


图9-1 食盐的工业用途

### 9.1 食盐

**自然界的食盐** 食盐是蕴藏量最丰富的自然资源之一。大量的食盐存在于海水之中。我国是最早从海水中提取食盐的国家。早在元代时期，我国沿海居民就采用海滩晒盐法（图 9-2）生产食盐。他们在海边筑起海涂，把海水引进海涂，经太阳曝晒，海水逐渐浓缩，最后结晶析出食盐。这种海滩晒盐的方法，沿袭至

我们把熔融状态或水溶液中能导电的化合物叫做电解质。食盐是一种电解质，其他盐也是电解质。

#### 讨论与思考

1. 用什么方法可以证明食盐中含有氯元素和钠元素？
2. 今有两种无色的溶液，其中一种是氯化钙溶液，另一种是硝酸钙溶液。试设计一种鉴别它们的方法。
3. 什么叫盐，试判断以下化合物中哪一些属于盐。  
 $MgSO_4$ 、 $KNO_3$ 、 $H_2SO_4$ 、 $Cl_2$ 、 $KCl$

4. 什么叫电解质？举例说明。
5. 电解熔融的食盐和饱和食盐水，其产物分别是什么？

## 9.2 盐酸

**盐酸的概述** 盐酸是用水吸收氯化氢气体而制得的。它是一种十分重要的化工原料，用途极为广泛。图 9-6 反映了盐酸的一些主要用途。

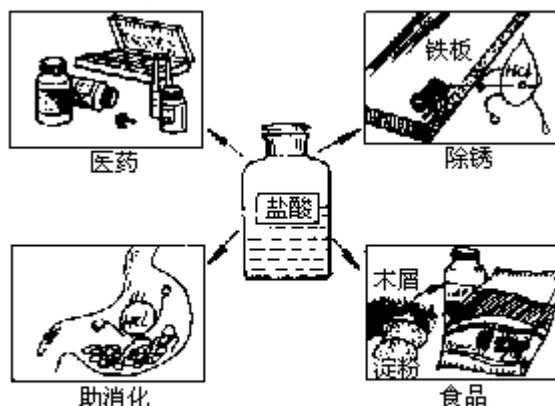
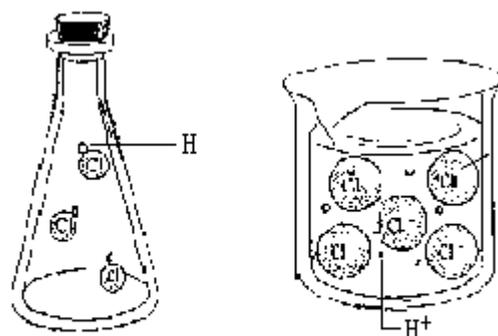
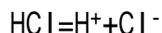


图9-6 盐酸的用途

在浓盐酸中，氯化氢的含量约为 37 ~ 38%，它是一种无色、具有强烈刺激性气味的液体。工业用盐酸往往因含有铁的化合物而显黄色。浓盐酸具有挥发性，打开盛浓盐酸的容器时，会有氯化氢酸雾从溶液中逸出。

跟氯化钠一样，氯化氢也是一种电解质。它在水中能电离成氢离子 ( $H^+$ ) 和氯离子 ( $Cl^-$ ) 见图 9-7。



在氯化氢气体中，只有氯化氢分子 在盐酸溶液中，氯化氢电离成  $H^+$  和  $Cl^-$

图9-7 氯化氢气体和盐酸

**盐酸的化学性质** 盐酸的化学性质可以通过以下的实验来认识。

**【实验 9-3】**把盐酸加入试管中，然后分别滴加紫色石蕊和无色酚酞试液，观察发生的现象。

在盐酸中加入紫色石蕊试液，溶液呈红色；加入酚酞试液，溶液不变色。

可见盐酸溶液是呈现酸性的。如果用 pH 计（酸度计）或 pH 试纸对盐酸进行检验（图 9-8、图 9-9），也可以发现盐酸溶液的 pH 值小于 7，呈酸性。

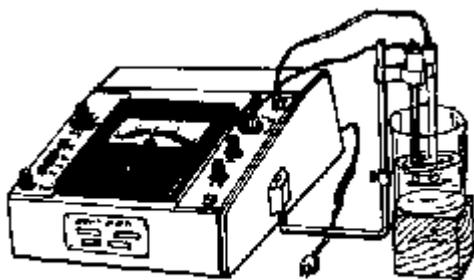


图9-8 用PH计可以检验盐酸的酸性

【实验 9-4】在盐酸中，分别加入锌、镁、铝、铁，观察发生的现象。

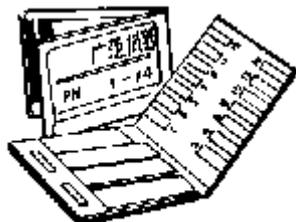
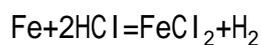
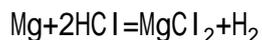
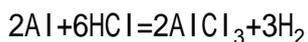
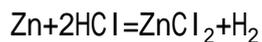


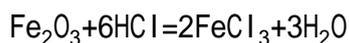
图9-9 广范PH试纸

盐酸可以跟锌 (Zn)、镁 (Mg)、铝 (Al)、铁 (Fe) 等金属反应，生成相应的盐和氢气。

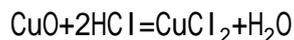


【实验 9-5】取两支试管，各加入 3mL 盐酸，然后分别加入 1 枚生锈的铁钉及少许黑色的氧化铜，加热，观察发生的现象。

铁锈的主要成分是  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，它是一种金属氧化物。生锈铁钉上的锈斑跟盐酸反应，生成了氯化铁 ( $\text{FeCl}_3$ ) 和水，锈斑被除去。



盐酸跟氧化铜反应，也生成相应的盐和水。



【实验 9-6】在盐酸中加入紫色的石蕊试液，然后逐滴加入氢氧化钠溶液 (NaOH)，见图 9-10，观察发生的现象。

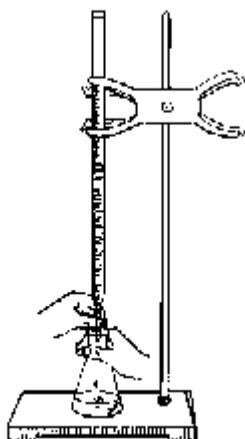
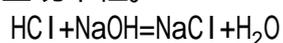


图9-10 用滴定管向盐酸中  
逐滴加入氢氧化钠溶液

向加有石蕊指示剂的盐酸中逐滴加入氢氧化钠溶液，溶液的红色又逐渐变成紫色，说明这时溶液又呈现中性。



盐酸跟氢氧化钠反应，生成了盐和水。

【实验 9-7】（1）如图 9-11 所示，在具支试管中加入适量盐酸，上面乳胶滴管中吸有饱和碳酸钠溶液。将碳酸钠溶液徐徐滴入盐酸中，将反应产生的气体导入澄清石灰水中，观察发生的现象。

（2）另取一支试管，加入 3mL 盐酸后又加入 1~2 滴硝酸银溶液，观察发生的现象。

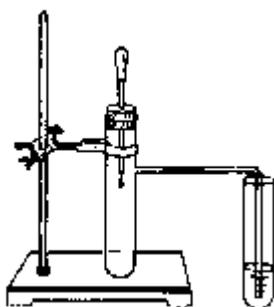
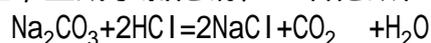
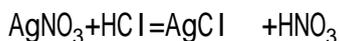


图9-11 盐酸跟碳酸钠反应

盐酸跟碳酸钠反应，生成了氯化钠、二氧化碳和水。



盐酸跟硝酸银反应，生成了氯化银和硝酸。



$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  可以看作是碳酸 ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) 分解的产物。这个反应可以用来检验碳酸根。

从上述两个反应可以看出盐酸能跟某些盐发生复分解反应，生成新的盐和新的酸。

### 讨论与思考

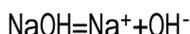
1. 盐酸有哪些主要的物理性质和化学性质？
2. 试用两种不同的方法鉴别盐酸和食盐水。
3. 盐酸、氯化钠、氯化钾分别跟硝酸银溶液反应，为什么都会产生白色的沉淀？

4. 盐酸分别跟碳酸钠和锌粒反应,都会产生气体,它们分别是什么气体?怎样鉴别这两种气体?

5. 分别使 1g 氧化铜和 1g 氧化铁跟盐酸反应,消耗的盐酸各多少克?

### 9.3 烧碱

**烧碱的概述** 烧碱又叫苛性钠,学名是氢氧化钠。它是食盐加工的重要产品之一。跟氯化氢一样,氢氧化钠也是一种电解质。它在溶液中电离成钠离子和氢氧根离子:



纯净的氢氧化钠是一种白色固体,极易溶解于水。

溶解时放出大量的热。氢氧化钠的水溶液具有滑腻感。固体氢氧化钠在空气中易发生潮解,所以利用它的这个性质可以作某些气体的干燥剂。

氢氧化钠具有很强的腐蚀性。如果把一段毛线放在浓的氢氧化钠溶液中加热煮沸,几分钟后毛线就消失了(图 9-12)。因此,使用氢氧化钠必须十分小心,切不可与皮肤接触,万一沾到氢氧化钠溶液,要立即用清水冲洗。

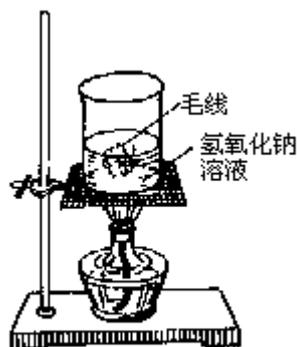


图9-12 氢氧化钠腐蚀性

氢氧化钠是一种十分重要的化工原料。它广泛地用于造纸、石油、制皂、纺织等工业上。图 9-13 反映了氢氧化钠的部分用途。

**氢氧化钠的化学性质** 氢氧化钠的主要化学性质可以通过以下实验来认识。

【实验 9-8】在盛氢氧化钠溶液的两支试管里分别滴加酚酞和石蕊试液,观察发生的现象。

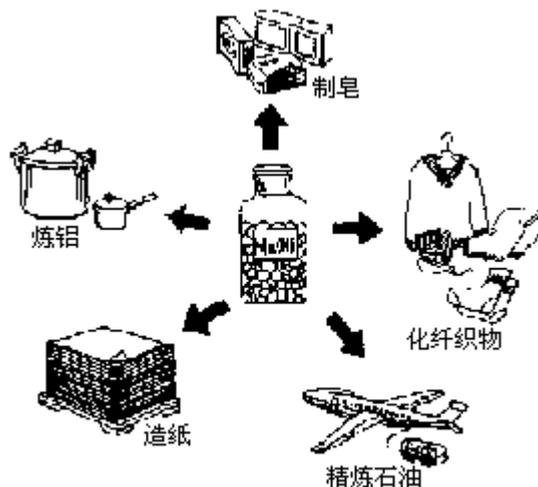


图9-13 氢氧化钠的用途

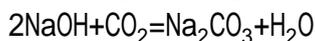
实验表明，在氢氧化钠溶液里，酚酞显红色，石蕊显蓝色，它是一种碱性溶液。

【实验 9-9】如图 9-14 所示，在集气瓶中充满二氧化碳，滴加适量氢氧化钠溶液，观察发生的现象。



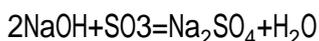
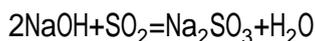
图9-14 氢氧化钠溶液跟二氧化碳的反应

可以看到，烧瓶中的气泡胀大了。这是因为在烧瓶中发生了以下反应。



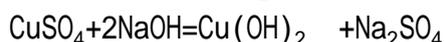
二氧化碳被氢氧化钠溶液吸收后，使烧瓶内的压力减小，瓶外的空气沿着玻管进入气泡，使气泡充气膨胀。

二氧化硫、三氧化硫等非金属氧化物也能跟氢氧化钠溶液反应，生成相应的盐和水。



【实验 9-10】在分别盛有硫酸铜和氯化铁溶液的两支试管中，各滴加氢氧化钠溶液，观察发生的现象。

在硫酸铜溶液里滴加氢氧化钠溶液，硫酸铜的蓝色逐渐褪去，产生了蓝色的沉淀物，它就是氢氧化铜 $[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ 。



在氯化铁溶液里加入氢氧化钠溶液，氯化铁的棕黄色逐渐褪去，产生了红褐色的沉淀物，这就是氢氧化铁 $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ 。



这两个反应说明，氢氧化钠能跟某些盐发生复分解反应，生成新的盐和新的碱。

## 职业与化学

### 化学研究员

化学的各个分支领域都需要从事化学研究的人员。这些研究员分为两类：一类是专门从事应用科学的研究，他们的目标是怎样将化学研究成果转化为生产力。另一类专门从事化学理论科学的研究，他们的目标是探究化学理论，发展化学理论。无论是哪一类研究员，他们都需要扎实的化学知识。年轻一代化学研究员大部分是硕士生和博士生，他们喜欢面对挑战，具有很强的独立查找资料、独立实验的能力。你如果想将来成为一名化学研究员的话，从现在起就必须注重培养自己独立学习的能力。

## 讨论与思考

1. 各举一例说明氢氧化钠的主要化学性质。
2. 中和 40g 氢氧化钠要消耗多少克盐酸？
3. 150g 某氢氧化钠溶液，加入石蕊显蓝色。逐滴加入 10% 的盐酸 36.5g 后溶液显紫色。该氢氧化钠溶液的百分比浓度是多少？

## 10 酸和碱

通过本章的学习，你将能够

1. 知道硫酸的主要物理性质和化学性质。
2. 知道酸的定义及酸的通性。
3. 了解金属活动性顺序，并能运用它解决一些简单的化学问题。
4. 知道氢氧化钙的主要物理性质和化学性质。
5. 知道碱的定义以及碱的通性。
6. 能对酸、碱、盐、氧化物进行分类和命名。
7. 知道酸、碱、盐对人类的意义。

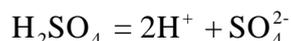
根据物质的组成和性质特点，可以把化合物划分为酸、碱、盐和氧化物等几个大类。对其中的每一个大类，又可分为若干小类。例如，常把氧化物分为酸性氧化物和碱性氧化物等。

酸、碱、盐、氧化物分别是怎样的一些物质呢？它们在组成上各有怎样的特点？又各有哪些主要的化学性质？怎样对它们进行命名？这些是本章学习的主要内容。

### 10·1 酸

**硫酸** 纯净的硫酸是没有颜色、粘稠状的液体，不容易挥发。不同浓度的硫酸溶液密度也不同。例如，98%的浓硫酸，密度约是  $1.84\text{g}/\text{cm}^3$ ；20%的稀硫酸，密度约是  $1.07\text{g}/\text{cm}^3$ 。

硫酸也是一种电解质。硫酸在溶液里发生电离，生成能自由移动的  $\text{H}^+$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ （硫酸根离子）。



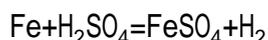
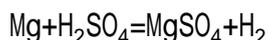
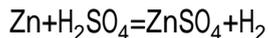
硫酸跟盐酸一样，也能电离出  $\text{H}^+$ ，那么它的化学性质是否跟盐酸相似呢？让我们来做以下的实验。

【实验 10-1】把稀硫酸加入两支试管中，分别滴加紫色石蕊和无色酚酞试液，观察发生的现象。

在硫酸中加入紫色石蕊试液，溶液呈红色；加入酚酞试液，溶液不变色。可见硫酸跟盐酸一样呈酸性。

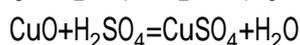
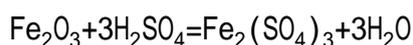
【实验 10-2】把稀硫酸分别加入四支试管中，再分别加入锌粒、镁带、铝、铁钉，观察发生的现象。

硫酸跟这些金属都能发生置换反应，生成相应的盐和氢气。硫酸的这个性质跟盐酸也十分相似。



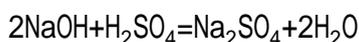
【实验 10-3】取两支试管，各加入 3mL 稀硫酸。再分别加入 1 枚生锈的铁钉及少许黑色氧化铜，加热后观察发生的现象。

硫酸跟盐酸一样也能跟氧化铁（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ）、氧化铜等金属氧化物反应，生成硫酸铁、硫酸铜等盐和水。



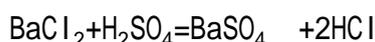
【实验 10-4】在烧杯中加入 10mL 氢氧化钠溶液，再加入 1~2 滴酚酞，溶液显红色。用滴管向烧杯中逐滴滴加硫酸，观察发生的现象。

溶液的红色逐渐褪去，说明硫酸也能跟氢氧化钠反应，生成了硫酸钠和水。

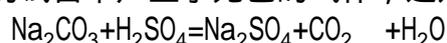


【实验 10-5】在两支试管中分别加入 3mL 稀硫酸，然后分别加入氯化钡溶液和碳酸钠溶液，观察发生的现象。

加入氯化钡溶液的试管中产生了白色的沉淀。这是生成了不溶于水的硫酸钡。



加入碳酸钠溶液的试管中产生了无色的气体，这是二氧化碳。



可见硫酸也能跟某些盐发生复分解反应，生成新的盐

明硫酸的化学性质跟盐酸十分

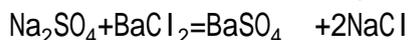
4) 是一种白色不溶性物质。我们常

在成  $\text{BaSO}_4$  沉淀来检验溶液中是否含有  $\text{SO}_4^{2-}$ 。

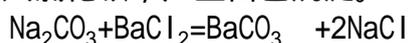
【实验 10-6】在 3 支试管中，分别加入 3mL 硝酸钠溶液、硫酸钠溶液和碳酸钠溶液。再分别加入 1~2 滴氯化钡溶液，最后加入几滴盐酸，观察发生的现象。

在硝酸钠溶液中加入氯化钡没有产生任何现象。

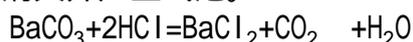
在硫酸钠溶液中加入氯化钡后产生白色沉淀，再加入盐酸，沉淀不消失。



在碳酸钠溶液中加入氯化钡，产生白色沉淀。



再加入盐酸，沉淀消失并产生气泡。



酸和酸的通性除了硫酸和盐酸以外，硝酸 ( $\text{HNO}_3$ )、磷酸 ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )、碳酸等也都能在溶液中发生电离，而且电离产生的阳离子都是  $\text{H}^+$ 。我们把这一类物质称为酸。

正因为酸电离产生的阳离子都是  $\text{H}^+$ ，所以它们具有一些共同的性质。酸的通性可以归纳为以下五点：

(1) 酸的 pH 值都小于 7。在酸溶液里滴加紫色石蕊指示剂，溶液变为红色。

(2) 酸能跟活泼金属反应，生成盐和氢气。

人们经过长期的观察和实践，总结出不同的金属其化学活动性也不相同。有的金属比较活泼，有的金属则不那么活泼。如果把常见的一些金属按它们的活动性大小一一排列起来，就可以得出以下的金属活动性顺序（图 10-1）。

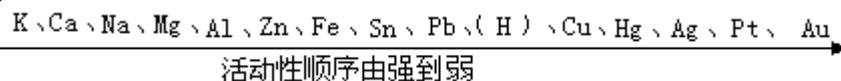
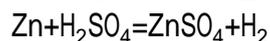


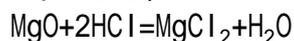
图 10-1 金属活动性顺序

活动性大于 H 的金属，一般能把酸中的氢置换出来。例如，



(3) 酸能跟碱性氧化物反应，生成盐和水。

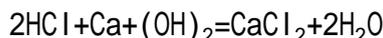
氧化铜、氧化铁、氧化镁 (MgO) 等金属氧化物能跟酸起反应，生成相应的盐和水。我们把这一类氧化物称为碱性氧化物。酸跟碱性氧化物生成盐和水反应，也是酸的通性之一。例如，



(4) 酸能跟碱发生中和反应，生成盐和水。

氢氧化钠、氢氧化钙等化合物也是一类电解质，它们在溶液中能电离出  $\text{OH}^-$ ，而且所电离出的阴离子全部是  $\text{OH}^-$ ，我们把这一类化合物称为碱。

酸能和碱反应生成盐和水。例如，



我们常把酸和碱的反应叫做中和反应。中和反应是一种复分解反应。

(5) 酸能跟某些盐发生反应，生成另一种酸和另一种盐。

酸跟盐的反应是复分解反应。复分解反应能够完成的条件是，反应生成物中有沉淀、气体或水。由于  $\text{AgCl}$ 、 $\text{BaSO}_4$  都是一些难溶于水，也不溶于酸的物质，所以当有  $\text{AgCl}$ 、 $\text{BaSO}_4$  生成时，复分解反应一般都能完成。

在日常生活中，我们还常常接触到一些有机酸。甲酸是最简单的有机酸。它最初是从蒸馏蚂蚁得到的，所以又叫蚁酸。蚂蚁等虫子叮咬人体时，常常分泌出甲酸，使人疼痛难熬。这时擦一些稀氨水或纯碱溶液，就可以中和甲酸，解除痛苦。

乙酸俗称醋酸。食醋大约含有 3~6% 的醋酸。在食醋中还含有一些麦芽糖、葡萄糖及有香味的酯，所以味美香甜，是良好的调味品。

人的体液中也有酸。它在新陈代谢过程中，会生成中间产物——丙酮酸。在供氧充足时，丙酮酸被氧化成二氧化碳和水。在剧烈活动时，血液来不及供氧，这时丙酮酸只能转变成乳酸，积累在肌肉里，使人感到肌肉酸疼。待供氧充足时，乳酸也会氧化成二氧化碳和水，排出体外，消除酸痛。

## 讨论与思考

1. 简述酸的通性。
2. 试用几种不同的方法鉴别硫酸和食盐水。
3. 有人说“在某溶液中滴入氯化钡溶液和硝酸后产生白色沉淀，这溶液中一定含有  $\text{SO}_4^{2-}$ ”。你认为这种说法是否正确？为什么？
4. 为什么说中和反应也是复分解反应？
5. 简述哪一类物质是酸，举两例说明。
6. 判断硫酸能否跟以下金属反应。如能反应，试写出其化学方程式。银、金、铜、镁、铝、铁。

## 阅读材料

### 浓硫酸

常用浓硫酸的浓度是 98%，其密度是  $1.84\text{g}/\text{cm}^3$ 。

浓硫酸有吸水性，所以常用它作一些气体的干燥剂。图 10-2 是用浓硫酸作干燥剂的一种自制简易洗气装置。潮湿的气体通过这个装置可以被干燥。

浓硫酸还能从纸张、木材、棉布里按 2 : 1 夺去氢、氧元素的原子，使它们碳化（图 10-3）。硫酸的这种性质叫做脱水性。

因此，使用浓硫酸必须十分小心。



图10-2 洗气装置 图10-3 浓硫酸的脱水性 图10-4 浓硫酸的稀释

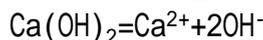
稀硫酸是由浓硫酸用水稀释得到的。浓硫酸稀释时会放出大量的热。稀释浓硫酸时，不能把水倒进浓硫酸里。因为水的密度小，浮在浓硫酸上面，当溶解产生的热量使水沸腾时，会使硫酸四处飞溅，造成灼伤事故。

稀释浓硫酸的正确方法是，把浓硫酸沿容器壁慢慢注入水中，并不断搅动，使产生的热量散发出去（图 10-4）。

## 10 · 2 碱

**氢氧化钙** 氢氧化钙俗称熟石灰或者消石灰。它微溶于水，具有一定的腐蚀性。通常把氧化钙溶于水后生成氢氧化钙悬浊液，静置后才能得到氢氧化钙溶液——澄清石灰水。

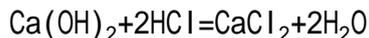
氢氧化钙是碱，它在溶液中能电离出氢氧根离子。



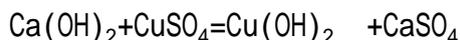
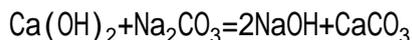
它的化学性质跟氢氧化钠是否相似呢？

【实验 10-7】取 3 支试管，各加入 3mL 澄清石灰水。分别滴加酚酞试液、硫酸铜溶液及碳酸钠溶液。在加入酚酞的试管中再滴加盐酸，观察发生的现象。

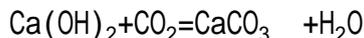
实验证明，氢氧化钙的化学性质跟氢氧化钠很相似。它能使酚酞指示剂变红，加入盐酸也能发生中和反应，使红色褪去。



氢氧化钙也能跟某些盐，如碳酸钠、硫酸铜等发生复分解反应，生成另一种盐和另一种碱。



此外，氢氧化钙也能跟二氧化碳等氧化物反应，生成盐和水。



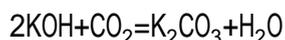
**碱和碱的通性** 氢氧化钾（KOH）、氢氧化镁 [ $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ]、氢氧化钠、氢氧化钙等在溶液里电离产生的阴离子都是  $\text{OH}^-$ ，它们都是碱。碱具有一定

的通性。

(1) 碱的水溶液 pH 值都大于 7，它们能使石蕊试液变蓝色，使酚酞试液变红色。

(2) 碱能跟酸性氧化物起反应，生成盐和水。

二氧化碳、二氧化硫、三氧化硫等非金属氧化物能跟碱起反应，生成盐和水。我们把这些氧化物称为酸性氧化物。碱跟酸性氧化物反应生成盐和水，也是碱的通性之一。例如，



(3) 碱能跟酸发生中和反应，生成盐和水。

(4) 碱还能跟某些盐发生复分解反应，生成另一种盐和另一种碱。

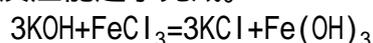
由于碱跟盐的反应属于复分解反应，因此只有当

表 10-1 部分酸、碱和盐的溶解性表 (20 )

| 阴离子<br>阳离子                   | 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> | PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> |
|------------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| H <sup>+</sup>               |                 | 溶、挥                          | 溶、挥             | 溶                             | 溶、挥                           | 溶                             |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | 溶               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 溶                             | 溶                             |
| K <sup>+</sup>               | 溶               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 溶                             | 溶                             |
| Na <sup>+</sup>              | 溶               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 溶                             | 溶                             |
| Ba <sup>2+</sup>             | 微               | 溶                            | 溶               | 不                             | 不                             | 不                             |
| Ca <sup>2+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 微                             | 不                             | 不                             |
| Mg <sup>2+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 微                             | 微                             | 不                             |
| Al <sup>3+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | —                             | 不                             |
| Mn <sup>2+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 不                             | 不                             |
| Zn <sup>2+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 不                             | 不                             |
| Fe <sup>2+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 不                             | 不                             |
| Fe <sup>3+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 不                             | 不                             |
| Cu <sup>2+</sup>             | 不               | 溶                            | 溶               | 溶                             | 不                             | 不                             |
| Ag <sup>+</sup>              | —               | 溶                            | 不               | 微                             | 不                             | 不                             |
| Pb <sup>2+</sup>             | 不               | 溶                            | 微溶              | 不                             | 不                             | 不                             |

产物中有难溶解的物质或有气体和水生成时，反应才能趋于完成。表 10-1 列出了部分酸、碱、盐的溶解性。根据它们的溶解性，可以判断复分解反应能否进行到底。

例如，Fe(OH)<sub>3</sub> 是一种不溶性的碱。所以氢氧化钾跟氯化铁反应生成氢氧化铁和氯化钾的复分解反应能趋于完成。



**生物碱** 在生物体内也存在着一些具有碱性的物质，叫做生物碱。它们对人体有着特殊的生理作用。一些中草药就是利用了植物体中所含的生物碱来给病人治病的。例如，茄科植物颠茄 (图 10-5) 中就含有多种颠茄碱和古

柯碱。颠茄碱能解疼，放大瞳孔。古柯碱具有麻醉作用。



图10-5 颠茄和烟草

烟草中也含有一种生物碱——烟碱(尼古丁)。它碱性强，毒性大，40mg烟碱可致人死命。吸烟时虽然大部分烟碱在燃烧时分解，但总有少许烟碱会被吸入人体，所以吸烟是有害健康的。

### 讨论与思考

1. 根据自己的体验，估计茶汁、桔汁、皮蛋的 pH 值是大于 7，还是小于 7？
2. 简述把氧化钙粉末溶于水后溶液显碱性的原因，并用化学方程式和电离方程式表示。
3. 各举一例说明氢氧化钠跟酸、盐、氧化物的反应，写出有关的化学方程式。
4. 什么叫碱？碳酸钠的水溶液显碱性，能不能说碳酸钠是碱？

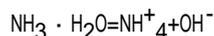
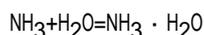
### 阅读材料

#### 氨水

氨气具有强烈的刺激性气味，分子式是  $\text{NH}_3$ 。氨水是氨气的水溶液。

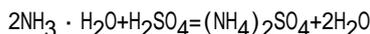
在氨水中，氨跟水结合，生成一水合氨 ( $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )。

$\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  也能部分电离，生成  $\text{OH}^-$  和  $\text{NH}_4^+$  (铵根离子)。因此，氨水是一种碱。

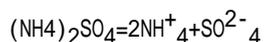
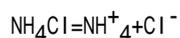


一水合氨只能部分电离出  $\text{OH}^-$ ，所以氨水的碱性比相同浓度的氢氧化钠、氢氧化钾溶液弱得多。

氨水能跟盐酸和硫酸发生中和反应，化学方程式如下：



生成的氯化铵 ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )、硫酸铵 [ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ] 都是盐，分子中都有铵根 ( $\text{NH}_4$ )。它们在水中电离成铵根离子 ( $\text{NH}_4^+$ )。所以这类盐叫做铵盐。电离方程式如下：



氨水和铵盐都可以用作氮肥。氨水是液体，又有挥发性，运输和贮存都比较困难，所以一般制成固体铵盐使用。

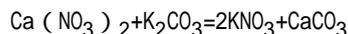
氨水也是廉价的医药用品。人被蚊虫、蚂蚁等虫咬后，痛痒难熬，只要涂一点氨水于痛痒处，就会止痒、止痛。人畜被虫叮咬后，在患处皮肤和血液中会沾上少量蚁酸，使人感到痛痒。氨水显弱碱性，能中和蚁酸使人不再感到痛痒。另外，氨水有刺鼻的臭味，昏厥或煤气中毒的人嗅闻后会受到刺激而清醒。但是，氨水的碱性也会伤害人眼的粘膜。

氨水有时也用作洗涤剂，特别是用来洗涤丝毛织物效果比较好。通常丝毛织物上的油污，要用碱来洗涤，由于烧碱和纯碱的碱性太强，对丝毛织物有腐蚀作用，因而只能用碱性较弱的氨水来洗涤。

## 阅读材料

### 能不能用硝酸钠和氯化钾为原料制取硝酸钾？

中国的四大发明之一——黑火药对于推动世界文明的发展曾经起过巨大的作用。硝酸钾是黑火药的一种有效成分，它是怎样制得的呢？天然硝酸钾极少，而自然界里却大量存在着硝酸钠。著名的智利硝石就是硝酸钠的天然矿藏。那么能否直接用硝酸钠作黑火药的原料呢？回答是否定的，因为硝酸钠容易潮解，用硝酸钠做的黑火药在潮湿的天气里不能发火。为了制取硝酸钾，人们曾经想了不少办法。例如，人们发现猪圈墙脚根的粘土中含有较多的硝酸钙。把这些粘土刮下来，用水浸取后过滤，可以得到硝酸钙溶液，在硝酸钙溶液中加入适量草木灰浸取液（含碳酸钾），就可以得到硝酸钾，反应的化学方程式是



这样制取的硝酸钾产量十分有限，怎样才能大量生产硝酸钾呢？能不能用硝酸钠为原料来制取硝酸钾呢？用硝酸钠制硝酸钾，只能让硝酸钠和氯化钾发生分解反应。但是反应的两个产物硝酸钾和氯化钠都易溶于水，怎样才能使这个反应趋于完成呢？

如果我们仔细考察一下固体物质的溶解度曲线就会发现，氯化钾、硝酸钠、硝酸钾的溶解度曲线很陡，它们的溶解度随温度的变化而剧烈地升降，而氯化钠的溶解度曲线则很平坦，它的溶解度受温度的影响很小。可以设想如果降低硝酸钾和氯化钠饱和溶液的温度，硝酸钾将大量结晶析出，而氯化钠却仍然溶解在溶液中。如果把硝酸钠和氯化钾溶于热水，在较高温度下制得它们的饱和溶液（这时溶液中存在四种离子： $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{NO}_3^-$ 和 $\text{Cl}^-$ ），然后把这溶液冷却，硝酸钾的溶解度大大降低，溶液中的 $\text{K}^+$ 和 $\text{NO}_3^-$ 就会结合成硝酸钾晶体从溶液中析出。溶液中即留下大量的氯化钠。这就相当于发生了 $\text{KCl} + \text{NaNO}_3 = \text{KNO}_3 + \text{NaCl}$ 反应。所制得的硝酸钾再经过重结晶加以提纯，就制得纯净的硝酸钾晶体。

## 10·3 酸、碱、盐、氧化物的分类和命名

无机化合物按其组成和性质，可以分成酸、碱、盐、氧化物四大类。其中每一大类都包含许许多多的物质。例如，酸类中有盐酸、硫酸、碳酸等；碱类中有氢氧化钠、氢氧化铜、氢氧化钙等。每一大类里的各种化合物组成和性质不完全相同。那么，能不能作进一步的分类呢？

从不同的角度我们还可以对酸和碱作进一步的分类。

**酸的分类和命名** 根据酸的分子里是否含有氧原子，可以把酸分成含氧酸和无氧酸。在表 10-2 中，左边的四种酸是含氧酸，右边的四种酸是无氧酸。

表 10-2 含氧酸和无氧酸

| 含氧酸 |                         | 无氧酸 |                      |
|-----|-------------------------|-----|----------------------|
| 硫酸  | $\text{H}_2\text{SO}_4$ | 盐酸  | $\text{HCl}$         |
| 硝酸  | $\text{HNO}_3$          | 氢硫酸 | $\text{H}_2\text{S}$ |
| 磷酸  | $\text{H}_3\text{PO}_4$ | 氢碘酸 | $\text{HI}$          |
| 碳酸  | $\text{H}_2\text{CO}_3$ | 氢溴酸 | $\text{HBr}$         |

含氧酸和无氧酸的命名方法不一样。含氧酸常以氢氧元素以外的那种元素的名称命名为“某酸”。例如， $\text{H}_2\text{SO}_4$ 叫硫酸， $\text{HClO}_3$ 叫氯酸。

$\text{HNO}_3$ 最早是从硝石中制得的，习惯上叫硝酸，而不叫氮酸。

无氧酸一般命名为“氢某酸”。“某”是指氢以外的那种元素的名称。例如， $\text{H}_2\text{S}$ 叫氢硫酸， $\text{HF}$ 叫氢氟酸等。

根据酸分子里含有可以电离出的氢原子数目，可以把酸分成一元酸、二元酸等。例如，硫酸是二元酸，盐酸是一元酸。

**碱的分类和命名** 碱通常是由金属离子和氢氧根离子构成的，一般都命名为“氢氧化某”。例如， $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 叫做氢氧化钡， $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 叫做氢氧化镁，等等。如果金属元素具有可变化价，那么，把含有高价金属元素的碱叫做“氢氧化某”，把含有低价金属元素的碱叫做“氢氧化亚某”。例如， $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 叫氢氧化铁， $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 叫氢氧化亚铁。 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 叫氢氧化铜， $\text{CuOH}$ 叫氢氧化亚铜。

**盐的命名** 盐也可以分成含氧酸盐和无氧酸盐。例如， $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{KBr}$ 是无氧酸盐， $\text{AgNO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 是含氧酸盐。不同的盐，金属离子和酸根离子可能都不相同，所以盐没有通性。

无氧酸盐的命名是在非金属元素和金属元素的名称中间加一个“化”字，叫做“某化某”。例如， $\text{KI}$ 叫碘化钾， $\text{ZnS}$ 叫硫化锌。

含氧酸盐的命名是在酸的名称后面加上金属的名称，叫做“某酸某”。例如， $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 叫做硝酸钙， $\text{K}_3\text{PO}_4$ 叫做磷酸钾。

多元酸跟碱反应时，如果分子中的氢原子没有全部中和，生成的盐叫做酸式盐。根据分子中氢原子的多少，叫做“某酸氢某”或“某酸二氢某”。例如， $\text{NaHCO}_3$ 叫碳酸氢钠， $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 叫磷酸二氢钾， $\text{K}_2\text{HPO}_4$ 叫磷酸氢二钾。

**氧化物的分类** 根据氧化物性质的不同，可以把氧化物分成酸性氧化物和碱性氧化物。

酸性氧化物大多能跟水直接化合，生成相应的含氧酸。当含氧酸分解失去水后，又可以得到相应的酸酐。

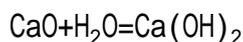
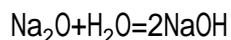
大多数的碱性氧化物不能直接跟水化合，只有少数几种碱性氧化物能跟水化合而生成碱。例如，

## 职业与化学

化学药品销售代理商

下图的这位妇女正在向顾客介绍他们公司的化学药品。她是一位化学药品销售代理商。她的工作

作就是把她所服务的公司或化工厂的化学药品介绍给顾客。化学药品销售代理商来往于化学工业与商业之间。他必须具有广博的化学知识和商业知识、具有较强的语言表达能力、书面表达能力和公共社交能力。在国外，许多销售代理商具有大专以上学历。广博的化学专业知识会使化学药品销售代理商的推销更具有说服力。



## 讨论与思考

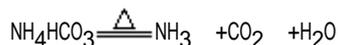
1. 酸有哪些分类方法？试从不同角度对  $\text{H}_2\text{CO}_3$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  进行分类。
2.  $\text{HBr}$  应该怎样命名？ $\text{HBrO}_3$  应怎样命名？
3. 锡 ( $\text{Sn}$ ) 有+4 价和+2 价两种可变化合价，试写出氯化锡和氯化亚锡的分子式。
4. 对以下物质命名。  
 $\text{CaS}$ 、 $\text{Cu}_2\text{S}$ 、 $\text{FeS}$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ 、 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
5.  $\text{NaHSO}_4$  属于哪一类化合物？它应读作什么？
6. 有人说  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  是磷酸盐，有人说它是钠盐，也有人说它是含氧酸盐。这些说法是否正确？它们各有什么依据？
7. 一种不溶于水的氧化物，怎样知道它是酸性氧化物还是碱性氧化物？
8. 有碳酸钠和硫酸钠两种白色粉末，怎样鉴别它们？

## 阅读材料

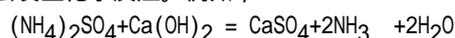
### 用作化肥的盐

农作物生长需要的营养元素有 16 种，如碳、氢、氧、氮、磷、钾、钙、镁、铁等，其中氮、磷、钾是最主要的营养元素。土壤里常缺乏这三种元素，因此，必须通过施用各种肥料来供给。现在，农业上广泛使用各种化学肥料，简称化肥。根据化肥中所含元素的有效成分，主要有氮肥、磷肥和钾肥。

用作氮肥的化肥，主要是各种铵盐。例如，碳酸氢铵简称碳铵，含氮量约为 17%。硝酸铵简称硝铵，含氮量约为 35%。硫酸铵俗称肥田粉，含氮量约为 21%。氯化铵的含氮量约为 25%。这些氮肥都溶于水，易被作物吸收。但也有各自的缺点，如长期施用硫酸铵，会增加土壤的酸性，使土壤板结硬化。硝酸铵受潮易结块，猛烈撞击易爆炸，应避免和易燃物堆放在一起。碳酸氢铵受热易分解，使肥效损失。

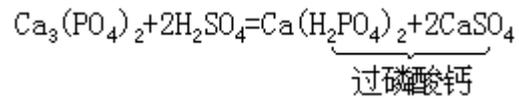


以上几种氮肥的分子中都有铵根 ( $\text{NH}_4$ )，常称为铵态氮肥。这类氮肥的共同特点是跟碱性物质接触会发生化学反应。例如，



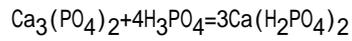
因此，这类氮肥不能跟碱性物质混用。现在农村里更多的是使用一种叫尿素的氮肥。尿素的分子式是  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ，含氮量高达 46%，而且肥效持久，对土壤没有不良影响，是一种优良的氮肥。

磷肥有磷矿粉 [ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ]、过磷酸钙（俗称普钙）和重过磷酸钙 [ $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ ，俗称重钙]。磷矿粉难溶于水，所以常把磷矿粉跟硫酸反应，制成普钙。



普钙是一种混合物。

如果用磷酸处理磷矿粉就制得重钙。



重钙的肥效比普钙高，而且更容易被作物吸收。

目前，农村常用草木灰作钾肥，草木灰中含有碳酸钾和少量钙、镁、磷的化合物。常用的钾肥还有氯化钾和碳酸钾等。这些钾肥都易溶于水，因此要防止雨淋，使肥分流失。

随着农业生产发展的需要，目前还在发展一种复合肥料，即含有两种或两种以上营养元素的化学肥料，如磷酸铵 $[(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4]$ 、硝酸钾 $(\text{KNO}_3)$ 等。

正确、合理使用各种化肥，必定会促进农业增产丰收。

## 11 金属

通过本章的学习，你将能够

1. 说明自然界中金属元素的存在状况。
2. 比较一些金属的物理性质，总结金属的共同性质和特征。
3. 说明和解释合金的作用和价值。
4. 了解金属锈蚀的原因和防护方法。
5. 运用氧化还原反应的原理，理解并说明某些金属的冶炼过程。

在人类已经发现的 100 多种元素中，大约有 80 多种是金属元素。它们跟碳、硅、氧、氮、硫等非金属元素一起，组成包括人体在内的整个物质世界。

金属元素和我们的生活有十分密切的关系。我们居住的房屋中，有很多是用金属材料构架的；我们使用的器具，也有许多是用金属材料铸造或冲压而成的。现代生活中的家用电器，有大量的部件是由各种不同性能的金属制作的。甚至我们吃的食物和调味品，其中也含有各种金属元素。

那么，金属元素是怎样的一类元素呢？它们有哪些共同的性质？在自然界里，金属元素以怎样的形态存在？又怎样冶炼得到金属呢？这些都是本章学习的主要内容。

### 11.1 金属与合金

**自然界的金属元素** 金属元素在地层中分布不均匀，由于地壳的形成和长期的地质运动，使一些金属积聚在一起，在地层中形成独特的矿床，如铁矿、铜矿、铝土矿等。人类每年向自然界要索取数以亿吨计的金属资源，这些金属资源就是开发这些金属矿床后得到的。

在矿物中，金属元素主要是以氧化物和盐两类化合物形式存在的。例如，赤铁矿 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 和磁铁矿 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 是铁的两种氧化物。铝土矿 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 也是氧化物。菱镁矿 ( $\text{MgCO}_3$ )、菱锌矿 ( $\text{ZnCO}_3$ ) 是碳酸盐。石膏矿 ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )、胆矾 ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) 是硫酸盐。岩盐 ( $\text{NaCl}$ )、钾石盐 ( $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$ ) 是氯化物 (即盐酸盐) 等。

这些金属矿物，除少数能溶于水外，多数不溶于水，化学性质比较稳定，一般很少变化。但是，它们遇到自然环境里的酸性物质，大多会十分缓慢地溶解，转入自然界的水体中。

土壤是疏松、多孔的物质，土壤里也含有大量的金属元素。土壤中 98% 的金属元素以氧化物、盐等化合物形式构成土壤的矿物质，其余则以金属离子的形式存在于土壤溶液中。

由铝、铁氧化物构成的土壤颗粒，具有很大的表面积，能吸附土壤中的金属离子。这些被吸附的金属离子可以跟土壤溶液中的其他金属离子发生交换作用。例如，向土壤中施入氯化钾 ( $\text{KCl}$ ) 等钾肥，使土壤溶液中的钾离子 ( $\text{K}^+$ ) 浓度增大。这些钾离子可以把土壤颗粒上原来吸附的钙离子等交换下来 (图 11-1)。这样，施入土壤中的钾元素，不致因作物没有及时吸收而流失。

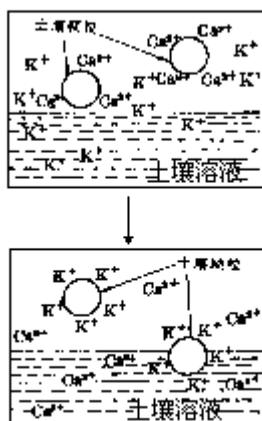


图11-1 土壤中的离子交换示意图

当土壤溶液中的钾离子浓度降低以后，被土壤颗粒吸附的钾离子又可以重新交换到土壤溶液里，供作物吸收。

因此，土壤颗粒上发生的离子吸附和交换作用，对于作物营养元素的储蓄和供应起重要作用。利用这种交换作用，还可以改造盐碱土，调整土壤的酸碱性等。

土壤溶液里含有的金属离子，有许多是植物生长所必需的营养元素，例如，钾、铁、镁、钙、铜等。其中钾的需要量比较大，因此要经常向土壤中补充钾肥。其他金属元素，因为植物的吸收量不大，一般不需要补充。长期种植同种作物，会造成土壤缺乏某些金属元素。因此，人们把含微量金属元素的化合物跟氮、磷、钾肥混合制成复合肥料，施入土壤中，以增加土壤中这些金属离子的含量，保证作物生长的需要。

海水中也含有大量的金属元素。海水中含量最多的金属元素是钠，其次是镁和钾，总储量约在 10 兆亿吨以上，可见，海水是地球上最大的资源宝库。

把海水蒸干，可以得到各种盐类的混合物，其中除氯化钠外，还有氯化镁、氯化钾、硫酸钙等。这些盐类在海水中都能电离，生成各种金属离子和酸根离子。因此，海水中的金属元素，跟土壤溶液里的相同，也是以能自由移动离子的形式存在的，所以海水是一种均匀的离子溶液。

几种金属的物理性质比较 铁、铝、铜是最常见的金属。通常铜呈紫红色，铁和铝都呈银白色。除铜等少数金属外，绝大多数的金属都是银白色的。

人们通常把铁、锰、铬叫做黑色金属，而把其余的金属统称为有色金属。这是因为铁、锰、铬主要用于制造钢铁，而钢铁表面常覆盖着一层黑色的四氧化三铁 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )。实际上，这三种金属也都是银白色的。

金属的密度各不相同。如铁的密度是  $7.9\text{g}/\text{cm}^3$ ，金属钨的密度是铁的 2.5 倍，铝的密度是  $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ ，金属钠的密度只有铝的  $1/3$ ，比水还轻。一般把密度大于  $5\text{g}/\text{cm}^3$  的金属叫做重金属，铁、铜、铅等金属是重金属；把密度小于  $5\text{g}/\text{cm}^3$  的叫做轻金属，铝、钾、钛等金属是轻金属。

金属一般具有较大的硬度和强度。金属中最硬的是铬，它的硬度仅次于金刚石。铁是中等硬度和强度的金属。有一些金属，如钠、钾等质地很软，用小刀就可以把它们轻易地切开。

【实验 11-1】取一块铁片和一块锌片，互相刻划，观察划痕，比较它们的硬度。

用镊子从煤油中取出金属钠，然后用上面的金属片切开钠块（图 11-2）。

不同的金属，熔点的高低相差十分悬殊。铁、钛、钨等是高熔点金属，

熔点都高于 1500 。铜、镁、铝的熔点较低，在 600 ~ 1000 之间。有些金属的熔点低一些，如钾、钠等的熔点不到 100 。

【实验 11-2】在铜质燃烧匙中放少量白锡粒，在酒精灯火焰上加热。观察两者在相同的温度下受热后的变化。当锡粒熔化后，逐滴把它倒入盛有水的烧杯中。

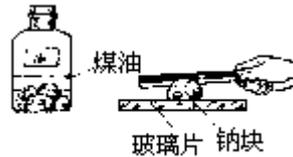


图11-2 用金属片切割钠

从实验中看到，在铜质燃烧匙中可以做白锡熔化的实验，这说明铜的熔点（1083 ）比白锡高（232 ）。

金属物理性质的差异反映了不同金属的特征，这些特征使它们各有特殊的用途。例如，金属钛强度高，质轻，是制造火箭、航天飞机的优良材料。大家熟知的铝，对光和热有特别强烈的反射性能。镜子背面用镀铝替代镀银，可以节约数量可观的白银。消防队员穿了涂有铝箔的石棉衣，在熊熊烈火周围安然无恙。

**合金** 尽管金属有很多优良的性质，但我们平时使用的大多数不是纯金属，而是它们的合金。合金就是将两种或两种以上的金属（或金属跟非金属）经高温熔合而成的具有金属特性的物质。例如，钢是铁和碳的合金，黄铜是铜、锌、锡的合金，坚铝是铝、镁、铜、锰的合金。

合金跟组成它的金属在性能上有较大的差异。一般说来，合金的熔点比组成它的金属低，硬度比组成它的金属大，而导电、传热性能比组成它的金属差。

合金的性能跟组成元素的种类和数量有很大的关系。表 11-1 列出各种铁碳合金（生铁和钢），它们因含碳量不同，致使机械性能有差异。从表中看出，含碳量高的合金硬度大、韧性差，而含碳量低的合金则硬度小、韧性好。

合金的性能主要决定于合金的成分。因此，人们可以调整合金的配方，熔炼出形形色色的具有特殊性能的品种。例如，在普通钢中加入耐腐蚀的镍、铬等可以制成不锈钢。加入高熔点的钨，制成在高温下仍能保持很高硬度的钨钢等。

表 11-1 铁合金的含碳量、性能和用途

| 名称 | 含碳量（%）  | 机械性能         | 用途         |
|----|---------|--------------|------------|
| 生铁 | 2 ~ 4.3 | 硬而脆，易断裂      | 机床底座、生铁管   |
| 钢  | 高碳钢     | 硬度大          | 刀具、量具、模具   |
|    | 中碳钢     | 硬度、韧性适中，有弹性  | 机械零件、钢筋、钢管 |
|    | 低碳钢     | 韧性好，有弹性，延展性好 | 机械零件、一般铁制品 |

目前，合金的品种已不下万种，远远超出金属自身的种类。合金大大拓宽了金属材料的应用范围和使用价值。

## 讨论与思考

1. 用金属铝可以制成各种炊具，制成铝箔用于食品包装，也可以制成电线。这些用途各利用了金属铝的什么性质？
2. 为什么不用钢铁作制造飞机的材料，而常用镁、铝、钛等来制造飞机？这说明它们的性能有什么差别？
3. 你知道铜、铁、铝、银导电性能的强弱顺序吗？
4. 在自然界中，铁、铝、镁为什么以化合态的形式存在，而金、银却以游离态的形式存在？
5. 为什么用石灰乳也可以使海水中的镁离子变成氢氧化镁沉淀？用化学方程式表示有关的反应。
6. 土壤溶液中含的金属离子是怎样产生的？以铁离子、铝离子为例说明。
7. 在石灰岩溶洞的地下水中，为什么含有较多的钙离子？写出有关的化学方程式。
8. 土壤颗粒的离子吸附和交换作用，对作物生长有什么重要的意义？举例说明。
9. 怎样使氯化铁（ $\text{FeCl}_3$ ）溶液中的铁离子变成难溶的氢氧化铁 $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ ？写出有关的化学方程式。
10. 海水中的金属元素和矿物中的金属元素存在形式有什么不同？
11. 锡的熔点是 232，铅的熔点是 327。焊锡是锡和铅的合金，试推测焊锡的熔点大约在什么范围。
12. 说一说合金跟组成它的金属在性能上的差异。以钢为例，说明改变合金的成分，可以改变合金的性能。

## 阅读材料

### 人体和金属元素

构成人体的 11 种常量元素中，有 4 种是金属元素，它们是钙、钾、钠和镁。成人每天大约要摄入 800 ~ 1200mg 的钙，它有助于骨骼的生长；2000 ~ 2500mg 的钠和 1850 ~ 5600mg 的钾，用以调节人体液的各种平衡；300 ~ 400mg 的镁，有助于促进蛋白质和遗传物质的合成。

人体中还含有 16 种必需的微量元素，其中金属元素占 11 种。表 11-2 列出部分微量金属元素在人体中的含量和成人每天的摄入量。

表 11-2 人体中部分微量金属元素的含量和摄入量

| 元素名称 | 人体中的标准含量 (%)         | 成人每天摄入量 (mg) |
|------|----------------------|--------------|
| 铁    | 0.0097               | 10 ~ 18      |
| 锌    | 0.0033               | 10 ~ 15      |
| 铜    | $1.4 \times 10^{-4}$ | 2 (约)        |
| 锰    | $3.0 \times 10^{-5}$ | 5 ~ 10       |

这些金属元素在人体中含量很小，但它们起着重要的作用。例如，铁是合成血红蛋白的必需元素。血红蛋白分子的中心被亚铁离子（ $\text{Fe}^{2+}$ ）占据，血红蛋白的功能是输氧，在血红蛋白中吸收和放

出氧气的正是亚铁离子。100mL 水只能溶解 0.05mL 氧气，而 100mL 血液可以溶解 20mL 氧气。如果依赖血液中的水来携带氧气，人恐怕马上就会窒息死亡。又例如，锌是合成人体各种激素、酶、遗传物质等的必需元素。缺乏锌会影响发育。对正在生长发育的青少年，锌尤其重要。为什么人的手、脚破裂后贴上一条氧化锌橡皮膏就会很快长好呢？原来，这是氧化锌跟人体体液中的酸性物质作用，生成的锌离子（ $Zn^{2+}$ ）能促进蛋白质合成。许多外科用药都含有氧化锌，如氧化锌软膏等。手术后的病人内服氧化锌，可以加快伤口的愈合。

一般说来，各种食物里都含有丰富的金属元素，食盐和天然水中也含有各种金属盐类，它们是人体金属元素的主要来源。目前，矿泉水饮料或标明含有较多某种金属元素的食物等，也是补充人体金属元素的不足。但人体中的金属元素有一定的含量，过少会影响健康，过多也会造成疾病。如钠过多易造成水肿和高血压，钾过多会恶心和腹泻，铁过多易患糖尿病等。

## 11·2 金属的锈蚀和冶炼

**金属的锈蚀和防护** 金属元素在其化合物里一般都显正价。因此，从金属单质形成金属氧化物的过程，都是金属的氧化过程。例如，把铜丝放在氯气里燃烧会生成氯化铜（ $CuCl_2$ ）。金属铜从零价上升到正 2 价，发生了氧化反应。又如，铁跟盐酸反应生成了氯化亚铁（ $FeCl_2$ ）和氢气。金属铁从零价上升到+2 价，也发生了氧化反应。

地球表面的一定空间里，空气中充满了氧气；自然界的水中又往往溶入了各种电解质，它们能使金属发生氧化反应。所以说，地球的环境是一种氧化性的气氛。在这种氧化性的气氛中，金属很容易氧化成氧化物或相应的盐。

金属在自然界里的氧气或电解质溶液的作用下，氧化成氧化物或相应的盐的过程，即为金属的锈蚀。铁在潮湿的空气中很容易氧化成铁锈（主要成分是  $Fe_2O_3$ ），铜在潮湿的含有碳酸的空气中也会氧化成铜锈——铜绿 [ $Cu_2(OH)_2CO_3$ ]。

金属的活动性不同，发生氧化反应的难易程度也不相同。越是活泼的金属越容易发生氧化反应。例如，金属钠是一种十分活泼的金属，把金属钠露置在空气中，立即会氧化成暗灰色的氧化钠（ $Na_2O$ ）。这些活泼的金属在自然界里没有游离态。

## 职业与化学

### 化学工程师

化学工程师的任务是将化学理论和定律应用到化学工业中去。化学工业需要各种各样的工程设备。人们利用这些设备来大规模地生产化工产品，使在实验室里小范围内能进行的化学反应在大规模的工业生产情况下得以实现。化学工程师的主要工作是设计化学工程设备，以及研究切实可行的大规模生产的条件和操作规程。化学工程师常应聘于塑料工业、化妆品工业、洗涤工业、药物工业、化肥工业和食品工业等。化学工程师必须具有扎实的自然科学知识和数学知识，并能很好地解决所面临的工程问题。

银、金、铂等金属，化学活动性很弱，它们不容易发生氧化反应。在自然界里，它们常以游离态存在。这些不活泼，而又十分昂贵的金属，常用作货币。

每年由于金属露置在空气中发生锈蚀而造成了巨大的经济损失。据统计，全世界每年锈蚀的钢铁竟占钢铁年产量的四分之一。

怎样才能有效地防止金属的锈蚀呢？

我们知道，金属锈蚀是由于金属跟潮湿的空气或电解质溶液接触，发生氧化反应造成的。因此，防止金属锈蚀的根本方法是阻止金属跟空气或电解质溶液接触。

像钠这种十分活泼的金属，可以存放在煤油里，或者用其他的方法使之跟空气隔绝。钢铁等可以覆盖油漆、塑料、搪瓷或者镀上耐腐蚀的金属，如铬、镍等。此外，还可以经常擦拭上油，保持表面干燥，等等。

镁、铝等金属也都是十分活泼的金属，它们接触空气，其表面立即形成一层致密的氧化层。这种氧化层能保护里层的金属，使之不再继续氧化锈蚀。从镁、铝的这种特点，可以得到启示：如果能使钢铁的表面也形成紧密的氧化层，不是也可以起到防腐蚀的作用吗？使钢铁表面形成致密氧化层的方法叫发蓝。枪炮等钢铁制品的表面就是经过发蓝处理的。

锌和锡的表面也会形成致密的氧化层。在铁皮的表面镀上锌或锡，可以借助它们的致密氧化层防止铁皮锈蚀。镀锌的铁皮叫白铁皮，镀锡的铁皮叫马口铁。

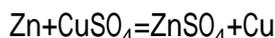
**金属的冶炼** 在自然界里绝大多数金属元素都以化合态存在于化合物中。金属冶炼就是要把金属，从其化合物中提取出来，使化合态的金属元素转变为游离态的金属元素。在这个过程中，金属元素的化合价从正价下降为零价。所以，这样的反应都属于还原反应。金属冶炼的实质就是金属的还原反应。

冶炼金属常用还原剂法或电解法。

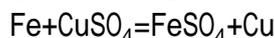
还原剂法是选用一种能使其他元素化合价降低的物质——还原剂，使金属元素发生还原反应而冶得金属的方法。

【实验 11-3】在两支盛有硫酸铜溶液的试管中，分别加入一小粒锌和少许铁粉，观察发生的现象。

在硫酸铜溶液中加入锌粒后，溶液中的蓝色逐渐褪去。在锌粒的表面生成了一些红色的铜。



在硫酸铜溶液中加入铁粉后，溶液中的蓝色逐渐变成浅绿色。在铁粉中也看到一些红色的铜。反应的结果生成了硫酸亚铁和铜。



锌和铁都是活动性比铜强的元素。它们能从铜盐溶液中置换出活动性比它们弱的铜。

锌和铁不仅能从铜盐溶液中置换出铜，它们还能从汞盐、银盐等溶液中置换出活动性比它们差的汞和银。

在这些反应中，铜、汞、银都发生了还原反应，而铁、锌则发生了氧化反应。在反应中，铁、锌起了还原剂的作用。我国宋代曾经使用过叫做湿法炼铜的冶铜方法。其原理就是用铁等比较贱的金属从硫酸铜溶液中置换出铜。

现代冶炼金属钛，也是用活动性较强的镁，从钛的融盐中置换出钛。

一氧化碳是金属冶炼中最常用的还原剂。

【实验 11-4】如图 11-3 装置，加热盛有黑色氧化铜的玻璃管，然后通入一氧化碳，在具支试管

的支管口点燃多余的一氧化碳。注意观察黑色氧化铜的颜色变化和试管里石灰水的变化。

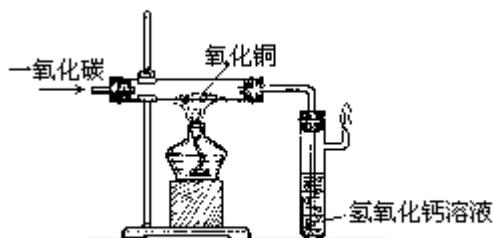


图11-3 一氧化碳还原氧化铜

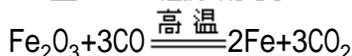
可以看到，在一氧化碳的作用下，黑色的氧化铜逐渐变成紫红色的铜，石灰水变浑浊。这说明反应中产生了二氧化碳。



高炉炼铁时，铁矿石中的氧化铁，也是被一氧化碳还原成单质铁的（图11-4）。



图11-4 高炉炼铁



氢气和焦炭也是金属冶炼时常用的两种还原剂。例如，工业上冶炼金属钨就是用氢气做还原剂的，三氧化钨( $\text{WO}_3$ )被还原成钨，而氢气则氧化成水。



我国古代冶铜有 3000 年的历史。古代冶铜是用焦炭作还原剂的。图11-5、图11-6 是我国古代冶铁和冶铜的情形。



图11-5 我国古代冶铁情形 图11-6 我国古代炼铜情形

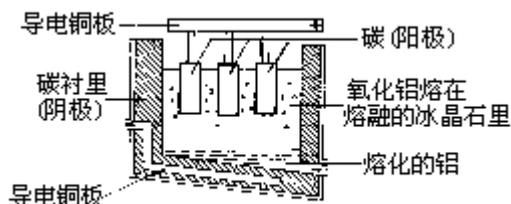


图11-7 电解法炼铝

电解法是近代发展起来的金属冶炼方法。有的金属，如钠、铝等，由于

化学活动性很强，很难找到适宜的还原剂使它们还原。采用电解的方法（图 11-7），迫使它们在较高能量的作用下发生还原反应。

### 讨论与思考

1. 试以高炉炼铁为例，说明金属冶炼的一般原理。
2. 用焦炭作还原剂冶炼氧化铜，得到的产物是什么？写出有关的化学方程式。
3. 举出几种金属冶炼时使用的还原剂，分析它们在金属冶炼时的作用。
4. 写出用氢气还原氧化锡，一氧化碳还原氧化铅（ $PbO$ ）的化学方程式。
5. 家用的铝锅和铁锅为什么不宜存放酸性食物？
6. 钢铁在什么情况下容易生锈？怎样防止钢铁生锈？
7. 为什么说金属的锈蚀和金属的冶炼是相反的化学变化？

### 阅读材料

#### 冶炼金属的重要还原剂——炭

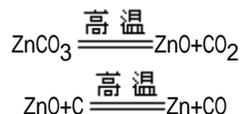
炭是金属冶炼最早使用的还原剂，它是由碳元素组成的。

古代人用孔雀石[主要成分  $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ ]作装饰品，偶尔的大火烧毁了人们的居室，在灰烬中意外地发现紫红色的铜。原来是木材燃烧时，内部的木材干馏成木炭，在高温下木炭把孔雀石中的铜元素还原成单质铜。我们的祖先由此而知道火法炼铜的方法。

冶炼锌也可以用炭作还原剂。明末宋应星所著的《天工开物》中，记载了我国古代炼锌的方法（图 11-8）。用炉甘石（主要成分是  $ZnCO_3$ ）和木炭的混合物加热后得到锌。加热时炉甘石分解成氧化锌，氧化锌又被炭还原成金属锌。



图11-8 我国古代炼锌情形



炭还可以用来冶炼锡、铅、镍等金属。例如，民间工匠常把氧化铅（ $PbO_2$ ）放在木炭制的凹槽内，用吹入煤粉的方法炼制金属铅。

我国古代冶铁时也曾用木炭作还原剂。木炭有良好的透气性，而且杂质较少。在现代，木炭仍是冶炼高级生铁的理想原料。

木炭的资源有限，以后改用煤来冶铁（包括其他冶金）。我国宋代以后，煤用于金属的冶炼更加普遍了。以后又改用煤干馏得到的焦炭，克服了因煤含有较多杂质而使铁的质量较差的缺点。高炉炼铁用焦炭产生的一氧化碳作还原剂，有利于大规模生产，也提高了生铁的质量。我国清初方以智的

《物理小识》中记载了炼焦的情况，比欧洲人发明焦炭要早几百年。

## 12 食物、织物和洗涤剂

通过本章的学习，你将能够

1. 知道人体所需食物中的营养成分是什么。
2. 了解营养素在人体中发生哪些主要化学反应。
3. 说明自然界纤维的形态。
4. 了解天然纤维和合成纤维的差异以及一些合成纤维的性能。
5. 懂得洗涤的基本原理，以及洗涤剂是怎样的一类物质。

吃、穿、用是人类生活的基本要素。在我国，随着社会文明的进步，科学技术和生产的发展，人民的生活水平日益提高。人们不再满足于吃饱、穿暖，而逐渐讲究食物的营养，穿着舒适和使用方便。化学工业为了满足人类生活的需求，给人们提供了各种必需的物质基础。

人体所需要的营养成分有哪些？它们的作用是什么？食物中的营养成分是怎样被人体吸收的？我们穿着的纤维织物有哪些品种？它们各有什么优缺点？这些都是本章学习的主要内容。

### 12·1 食物和营养

**食物中的营养素** 人体的生长发育和体内各组织的新陈代谢，需要有各种营养物质。人体必需的营养物质有糖、蛋白质、油脂、无机盐和维生素等五种。人摄入食物，再经过体内的各种变化，就可获取所需要的营养。

食物中产生能量的营养素主要是糖、油脂和蛋白质，它们是人体所需能量的主要来源。那么，它们是怎样的一些化合物呢？在人体中又是怎样被吸收并产生能量的？

人类食物的来源是丰富多样的，它们含有各种营养素。作为主食的大米、小麦主要成分是淀粉，它是最常见的一种糖。而肉类、鱼类、禽蛋、牛奶、花生中含有丰富的蛋白质。另外，大豆、菜籽、动物的脂肪为我们提供了另一类营养物——油脂。

淀粉是由碳、氢、氧元素组成的大分子化合物。它的分子量在 4~20 万之间。常用  $(C_6H_{10}O_5)_n$  的式子来表示淀粉的化学组成，式中的  $n$  值大约从 200 到 1000，可见淀粉的分子是由几百个组成为  $C_6H_{10}O_5$  的单元连接而成的。淀粉中贮存有大量的能量，它是植物体中的能量库。淀粉在人体内能通过某些反应产生能量，所以人食用淀粉，也就获得了能量。

油脂也是由碳、氢、氧元素组成的化合物，它的分子量一般都不到 800。油脂也是人体中高能量的来源。油脂经人体消化后转变成脂肪而贮存在皮下，作为能量的贮存库。

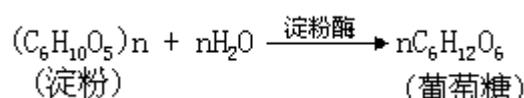
蛋白质和淀粉一样，也是一类大分子化合物。它们的分子量可以从 5000 到几百万。蛋白质主要由碳、氢、氧、氮、硫等元素组成，它的基本组成单元是氨基酸（如甘氨酸、赖氨酸……）。人体可以制造出很多种氨基酸，以组成人体的蛋白质。但也有不少氨基酸，如赖氨酸、亮氨酸等是人体必需而又不能制造的，需要从食物中摄取。一个体重 50kg 的成人，每天至少要摄入约 50g 蛋白质，才能满足人体所需要的氨基酸。食物中的蛋白质除了向人体提供氨基酸以外，还是重要的能量来源。

**营养素在人体中的水解反应** 供人食用的食物是怎样被人体吸收，进而转变成所需要的营养素呢？这种转变是相当复杂的。食物在人体中首先要消化。消化既有物理变化，又有化学变化。前者主要是把大块的食物粉碎成小块，而后者是把较大的分子分解成较小的分子。

淀粉是大分子化合物，1 个淀粉分子中可能含有几万个原子。它在消化过程中跟水发生反应，断裂成许许多多多个仅含 24 个原子的葡萄糖分子（ $C_6H_{12}O_6$ ）。

【实验 12 - 1】取 4mL 淀粉溶液，加入 1 滴碘水后振荡，观察溶液的颜色。加入少许唾液，再振荡，观察发生的变化。

淀粉遇碘显蓝色，这是淀粉的特征反应。在淀粉溶液中加入唾液后，蓝色渐渐褪去。这是因为淀粉跟水发生反应，生成了葡萄糖小分子。物质由水引起的分解反应，叫做水解反应。



在人体的唾液中含有叫做淀粉酶的蛋白质，它在淀粉水解的反应中起催化作用。我们吃饭时，不断咀嚼，嘴里会感到有甜味，就是因为淀粉在淀粉酶的催化作用下发生水解反应而生成葡萄糖。

蛋白质和油脂在人体消化过程中，在各种不同酶的作用下，发生水解反应，生成更小的分子。蛋白质水解时产生各种氨基酸。油脂水解时产生脂肪酸和甘油。可见，食物在消化过程中发生各种水解反应。因此，水不仅是人体体液的主要组成成分，而且在人的生命活动中参与重要的化学变化。所以说水是生命的源泉一点也不夸张。

**营养素在人体中的氧化反应** 淀粉等大分子化合物通过水解反应后，变成容易被人体吸收的小分子物质。它们还会在人体内进一步发生氧化反应，放出能量。

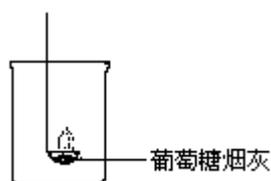


图12-1 葡萄糖的燃烧

【实验 12 - 2】在燃烧匙中放一小撮葡萄糖，加入少量烟灰，点燃后放入烧杯中（图 12 - 1）。燃烧完毕用手触摸烧杯壁。

上述实验表明，葡萄糖经氧化放出大量的热，化学方程式可以表示为



据测定，每 1g 葡萄糖完全氧化成二氧化碳和水时，能放出大约 15.6kJ 的能量。在人体中，葡萄糖跟氧气发生缓慢氧化反应，氧化产物也是二氧化碳和水。人通过呼吸获得氧气，在体内发生氧化反应。又通过呼吸把氧化反应的产物二氧化碳排出体外。

在人体中，油脂、蛋白质等水解的产物，也同样会发生氧化反应，产生能量。每 1g 油脂完全氧化可以产生约 38kJ 的能量。每 1g 蛋白质完全氧化可以产生约 24kJ 的能量。1 个成年人每天约需 12000 ~ 13000kJ 的能量。这些

---

烟灰在反应中起催化作用。

能量是通过各方面综合供给的。所以人要获取全面的营养，缺少任何一种营养素都会造成营养不良。表 12 - 1 列出 100g 牛奶所能提供的能量。

表 12 - 1 牛奶的能量

| 营养物 | 100g 牛奶中的克数 | 100g 牛奶能提供的能量 |
|-----|-------------|---------------|
| 糖类  | 4.7g        | 80kJ          |
| 脂肪  | 3.9g        | 140kJ         |
| 蛋白质 | 3.3g        | 56kJ          |

人通过摄取食物来获得营养，食物在人体中转化为营养素，并进一步产生能量，这些变化是十分复杂的。但在各种变化中，水解反应和氧化反应是两类最重要的反应。

### 讨论与思考

1. 在有机化合物中，有一大类物质的分子组成具有  $C_m(H_2O)_n$  的特征，我们把它称为糖类。例如，淀粉  $[(C_6H_{10}O_5)_n]$  是一种糖，可以把它写成  $[C_6(H_2O)_5]_n$  的形式。

下列物质中哪些属于糖类？

苯酚 ( $C_6H_6O$ ) 蔗糖 ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) 纤维素 ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub> 葡萄糖 ( $C_6H_{12}O_6$ ) 氨基乙酸 ( $C_2H_5O_2N$ )

2. 在每 1g 淀粉、油脂、蛋白质三类有机物中，充分氧化释出能量最高的是哪一类？能够迅速氧化而提供能量的是哪一类？

3. 蛋白质主要由哪些元素组成？它的基本单元是哪一类物质？

4. 营养素在人体中主要发生哪两类反应？它们分别起什么作用？

5. 人可以几星期不吃食物，靠体内积蓄的能量来维持生命。但不能几天不喝水，你能说出这个道理吗？

### 阅读材料

#### 人为什么不能以纤维素为食？

淀粉和纤维素都属于糖类物质，它们在一定的条件下都能转化成葡萄糖。牛和羊以草为食，它们食用草中的纤维素，然后在体内转化成葡萄糖。那么人为什么不能以纤维素为食，从中获得营养呢？原来人体内的生化反应只能使淀粉水解，不能使纤维素水解。无论淀粉还是纤维素在体内发生水解反应，都需要特定的酶作催化剂，而酶催化剂有很强的选择性，能使淀粉水解的酶不能使纤维素水解。人体的内分泌系统只能提供淀粉水解酶，食草动物的消化系统中却存在纤维素水解酶，因此人食用纤维素不能被人体消化吸收，最终还是要排出体外。

虽然纤维素不能被人体消化吸收，但人还是应当食用富含纤维素的食物，如水果、蔬菜和粗粮等，因为医学上已经证明食用纤维素可以增加肠子的蠕动，降低结肠癌的发病率。

## 12 · 2 纤维和织物

衣着是人类不可缺少的生活资料。市场上琳琅满目、色彩缤纷的各种衣料，有的是用棉、麻、丝、毛等天然纤维织成的，有的是用人造棉、锦纶、涤纶等化学纤维织成的。这些天然纤维和化学纤维，它们的成分有什么不同？在性能上各有什么优缺点？

**自然界的两类纤维** 纤维通常是指长度比直径大许多倍，并且比较柔韧的纤细物质。纤维是高分子化合物。

在自然界中能直接用来纺织的纤维有棉、麻、丝、毛等。从来源和化学成分的不同，可以把它们分为植物纤维和动物纤维两类。

棉、麻是植物纤维，它的纤维在化学上叫做纤维素。纤维素的分子组成跟淀粉极其相似，也可以用  $(C_6H_{10}O_5)_n$  表示，只是  $n$  值比淀粉更大而已。

丝、毛等动物纤维的化学成分是蛋白质，这类蛋白质中硫元素的含量比其他蛋白质要高。因此，丝、毛灼烧时有焦毛臭味。

## 职业与化学

### 食品科学家

食品科学家的主要任务是研究和改进食品的加工方法、食品的保存、食品的包装以及食品的销售。要做到这一点，他们必须具有营养学、化学、生物学等方面的知识。大多数食品科学家在食品研究所以及食品厂和食品公司工作。还有一部分食品科学家在食品防疫站、海关等部门从事食品的质量检查，在大专院校从事食品教育以及在政府部门从事有关食品工作。

食品科学家研究食品在加工和贮存过程中的化学变化，目的在于降低食品营养物的损失，提供能长期贮藏而不变质、变味、变色的食品。除此以外，还研究并提供优良有效的食品添加剂，从而提高食品的营养价值以及食品的味感。

随着人们生活水平的提高，尤其在各大城市，人们对食品的要求已不再仅仅为了吃饱，而是作为一种文化渐渐地渗入人们的生活中。食品科学将越来越受到人们的重视。化学也是食品科学家必须具备的基础知识之一。

【实验 12 - 3】取一小团棉花（或棉布）和一小束毛线，分别放在火焰上灼烧，观察发生的现象，嗅闻产生的气味。

不论是植物纤维还是动物纤维，都有良好的吸湿性，容易染上各种颜色。丝、毛纤维主要成分是蛋白质，比棉、麻纤维有更好的柔软性和弹性。但是，蛋白质在温度较高时容易分解，所以丝、毛织物不能曝晒。蛋白质又是营养物质，易遭虫蛀霉变。

【实验 12 - 4】在一小块棉布和毛料上分别滴几滴稀氢氧化钠溶液和稀盐酸，一段时间后，试验棉布、毛料的牢固程度。

实验结果表明，棉、麻怕酸，丝、毛怕碱。棉、麻中的纤维素即使在很弱的酸性溶液中，也容易水解。而碱能促进蛋白质的水解，使丝、毛织物损坏。因此，在日常生活中，碱性的洗衣皂可以洗涤棉、麻织物，而不适合洗涤丝、毛织物。

**从天然纤维到化学纤维** 天然纤维的来源受到自然条件的限制，而且生产周期较长，无论在品种或数量上都不能满足人们日益增长的需要。因此，必须开辟纺织纤维的新来源。

人们首先想到利用植物体的叶、茎等作为纤维的新来源，因为植物体内纤维素的含量很高。但是，它们大多不像棉花那样含比较纯的纤维素，而且纤维太短，不能直接用于纺织。那么，能不能通过化学方法处理，把它们加

工成可以纺织的纤维素呢？

人们先把稻草、芦苇、木材制成浆，提出纤维素。再把纤维素溶解在化学试剂中变成粘稠液体，然后像蚕吐丝一样，让液体从喷丝细孔中喷出，在另一种化学试剂中重新变成纤细的纤维素，这种化学纤维叫人造纤维。人造纤维可以加工成人造棉、人造毛、人造丝等品种（图 12 - 2）。

人造纤维的化学成分仍是纤维素，它保持天然棉、麻的许多优良性能，例如，有良好的吸湿性和染色性等。但它经过多次化学处理，纤维的强度大为逊色。另外，人造纤维的原料仍受自然条件的限制。因此，人们开始从石油、煤等化工产品中寻找制造合成纤维的方法。



图12-2 蚕吐丝作茧和人造纤维

煤和石油经过化学加工可以得到如乙烯、丙烯等小分子有机化合物，然后通过化学反应把它们一个一个地连接成聚乙烯、聚丙烯等高分子。如果把这些物质处理成纺丝液，再通过喷丝就能变成可以纺织的纤维了。这样的化学纤维叫合成纤维（图 12 - 3）。

合成纤维有涤纶（的确良）、锦纶（尼龙）、腈纶（人造羊毛）等。

合成纤维的出现，使纺织纤维的来源摆脱了自然条件的限制，显示人类利用自然资源的创造力。在世界上可耕地和森林日益减少的今天，它对于人类的未来有深远的意义。

**合成纤维织物的性能** 跟天然纤维相比，合成纤维一般都有质轻、强度大、耐酸、耐碱的优点。例如，锦纶的强度是棉纤维的 10 倍。腈纶绒线比羊毛绒线轻，且不易发生虫蛀霉变。但合成纤维大多有吸湿性差、不易染色的缺点。

合成纤维品种繁多，它们有各自的特点。例如，涤纶抗皱性好，因而涤纶衣服一次熨烫定型后，多次洗涤也不会走样。锦纶坚实耐磨，富有弹性，但不耐热，一点火星就会烫出小洞。腈纶有较好的弹性和保暖性，但容易积聚静电，吸附灰尘。

就单一的某种纤维来说，有其优点，也有它的缺点。如果把几种纤维交织混纺，就可以互相弥补，改善织物的性能。例如，涤棉纤维就有涤纶的高强度、挺括不皱等长处，又有棉纤维的吸湿性好和染色性能好的优点。

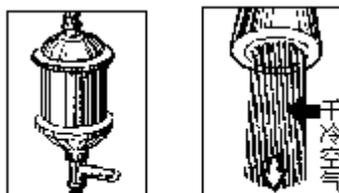


图12-3 合成纤维的制取

[实验 12 - 5]在烧杯中放入少量洋红染料，然后注入水（烧杯容积的一半），搅拌后取上层清液，加入 3 滴醋酸，作为洋红染液。

分别取两小束白色羊毛、毛腩、腈纶绒线，浸入洋红染液中，约 10 分钟后取出洗净，比较染色效果。



图12-4 天然纤维和合成纤维的染色比较

实验结果表明，羊毛绒线红色深，毛腩绒线红色较浅，而腈纶绒线红色最浅（图 12 - 4）。这说明毛腩混纺绒线染色性能介于羊毛和腈纶之间，兼有羊毛和腈纶的性能。

### 讨论与思考

1. 试比较棉、麻织物和丝、毛织物在成分和性能上的差异。
2. 怎样检验两块在外观上没有明显差异的棉布和毛料？
3. 人造纤维和合成纤维都是化学纤维，为什么人造纤维的亲水性和染色性比合成纤维好？
4. 现在市场上常有毛腩绒线、涤盖棉织物等，它们都是用各种纤维混纺制得的。混纺纤维有什么优点？

### 阅读材料

#### 石油——工业的血液

人类发现和利用石油的历史相当悠久，早在 3000 多年前，我国古书《易经》上就有关于石油的文字记载，所以中国是最早发现和利用石油的国家之一。世界上最早给石油起这个名称的，是我国宋朝杰出的科学家沈括。

石油是由古代的生物遗体埋入沙质粘土后，在细菌的作用下，经过长期的、非常复杂的变化后形成的。组成石油的基本元素主要是碳和氢，还有少量的硫、氮、氧等。

石油既是重要的能源，又是极宝贵的化工原料。各种汽油、煤油、柴油等燃料油，以及各种机器的润滑油等，都是通过石油炼制加工而获得的石油产品。

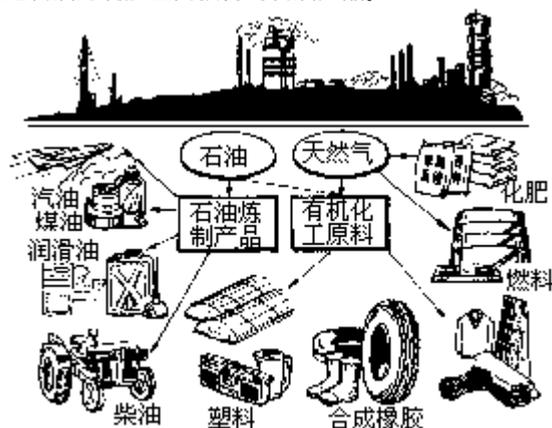


图12-5 石油加工的产品和用途

以石油为原料，可以制造出多种性能优良的塑料、合成纤维和合成橡胶等三大合成高分子材料。还能广泛用于生产农药、化肥、医药、炸药、染料，以及各种溶剂、洗涤剂石油化工产品。石油作

为化工原料所创造的经济价值，要比它作为能源创造的价值高出上百倍。就世界范围来说，石油化工的产值占了整个化学工业的绝大部分。所以人们把石油称为“工业的血液”。

从油井开采出来未经加工的石油叫做原油。利用石油中各种成分沸点的不同，采用分馏方法，可以分离出汽油、煤油等各种动力燃料。再用裂解的方法得到乙烯、丙烷等化工原料，以满足工业各方面的需要。石油加工的产品和用途参见图 12 - 5。

### 用萃取和浸取方法分离混合物

分离混合物的方法有多种，如过滤、蒸发、分馏等等，这些方法都属于物理方法。除这些方法以外，还有一种重要的物理方法叫萃取。它是利用不同物质在选定的溶剂中溶解度的不同，来分离混合物中的某种成分的方法。例如要分离碘和水的混合物，就可以用萃取的方法。工业上从海藻灰中提取碘后得到浓度较低的碘水，怎样从碘水中提出碘呢？用蒸发的方法效率太低，蒸去水要消耗大量的能量，使人们难以承受。人们发现，碘在水中溶解度不大，25℃时碘的溶解度是 0.034g，但碘在四氯化碳中的溶解度（25℃）却达 2.9g，是水中溶解度的 85 倍。四氯化碳跟水互不溶解，如果在碘水中加入适量的四氯化碳，并加以振荡，碘就会从水中转入到四氯化碳中。静置后，碘的四氯化碳溶液沉在水层下面。用分液漏斗可以将两层溶液分开。届时再把四氯化碳蒸发（其沸点为 76.8℃）除去，就可得到单质碘。

工业上通过煤的干馏可以得到一种重要的有机液体混合物——煤焦油。煤焦油中含有一种叫做酚的化工原料。用苯作萃取剂，可以把酚从煤焦油中分离出来。石油经分馏后所得的分馏产物中仍含有少量硫化物，工业上用烧碱的水溶液作萃取剂，把硫化物分离除去。可见，萃取是一种应用很广泛的分离混合物的方法。

用溶剂分离固体混合物中的某种有效成分的方法叫做浸取，它也是分离混合物的一种重要方法。浸取的实例很多，如泡茶、煎中药等都是。另外，实验室里常用的指示剂石蕊是从一种叫石蕊的地衣类植物的根茎中浸取的。浸取的方法在天然有机物的加工中经常使用，除了用水作浸取剂外，也有用酒精作浸取剂。浸取的原理是，利用固体混合物中各成分在水或有机溶剂中的溶解度的差别。浸取时溶解度大的成分被溶解在溶剂中，而溶解度小的成分仍留在固体中。

## 12 · 3 洗涤剂 and 牙膏

步入日用百货商场，常会看到从肥皂、洗衣粉到各种专用洗涤用品，琳琅满目。它们是怎样的一类物质呢？为什么它们都有较强的去污能力呢？

洗涤的过程无非是把粘附在织物、皮肤等物体上的污垢分散而除去。皮肤上的汗渍易溶于水，用水一冲就可以分散到水中而除去。但衣物上的油污不溶于水，用什么方法才能使它们分散到水中而洗去呢？

古代农妇常在河边青石板上用洗衣棒拍打脏衣服，这是用机械的力量使衣服上的油污分散到水中，形成浊液而随水洗去。

用机械的方法洗涤油污对衣物的损害很大，况且也不能用来洗涤人体皮肤上的油垢。

科学家很早就发现，有一类化合物的分子呈长条形，它们一端亲水，一端亲油。在水中加入这类物质洗涤织物时，它们亲水的一端溶入水中，而亲油的一端溶入油污中，再配合搓揉，油污就会从衣物上脱落水中。具有这种分子结构的物质，常被用作洗涤剂（图 12 - 6）。

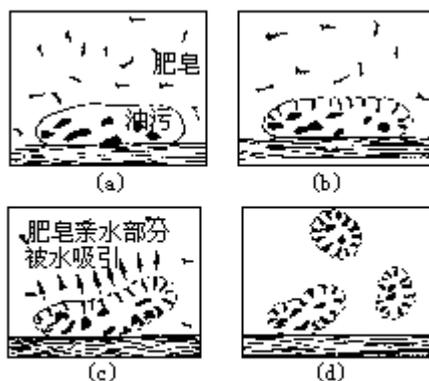


图12-6 洗涤剂去污的原理

**肥皂** 肥皂的主要成分是高级脂肪酸钠。它是一类重要的洗涤剂。

人类使用肥皂的历史十分悠久，早在纪元前就有了古埃及人使用肥皂的记载。肥皂是用油脂跟烧碱共同加热来制取的，同时还可以得到副产品甘油。

【实验 12 - 6】取 1 支 6mL 大试管，加入 6g 猪油、5mL95%的酒精，10mL40%的氢氧化钠溶液。用如图 12 - 7 的装置进行水浴加热。15 分钟后向烧杯中加入 20mL 热水，并倒入盛有热饱和食盐水的烧杯中。可以看到有一小块圆形的肥皂从食盐水中析出，漂浮在水面上。

如果再加入香料、色素、松香使之成型，就可以得到一块真正的肥皂。

**合成洗涤剂** 生产肥皂要消耗大量的天然油脂。此外，用肥皂进行洗涤还有两个不足之处。其一是，大多数肥皂水溶液呈碱性，pH 值在 10 左右，而人的皮肤呈弱酸性，pH 值平均为 5.75。有的人使用碱性的肥皂后会引起皮炎。其二是，肥皂不能抗硬水。所谓硬水是指溶有多量钙 ( $\text{Ca}^{2+}$ )、镁 ( $\text{Mg}^{2+}$ ) 离子的水。肥皂中的高级脂肪酸会跟硬水中的钙离子等发生反应，生成不溶性的钙皂，失去洗涤的功效。我国除上海、广州等地水质较软以外，内地省分的水质大多较硬。

针对这些因素，科学家研制出很多不同类型的合成洗涤剂。它们有的呈中性，有的能抗硬水，而且不需要耗用大量的天然油脂。

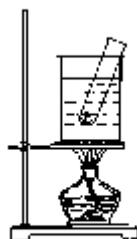


图12-7 用水浴加热装置制肥皂

在合成洗涤剂中，用得最广的是对十二烷基苯磺酸钠。它是大多数洗衣粉的主要成分。它的分子中十二烷基的部分亲油，苯磺酸钠的部分亲水（图 12 - 8）。它是以石油为原料制得的。

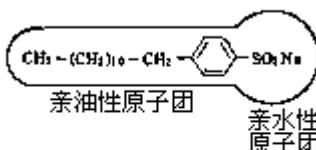


图12-8 一端亲水、一端亲油的合成洗涤剂

沾有粉笔灰的手，如果用肥皂洗涤，手上会出现不溶于水的固体小颗粒。如果用洗衣粉洗涤，就不会产生这种现象。粉笔灰中含有钙离子，这种现象说明肥皂不能抗硬水，而合成洗涤剂则抗硬水。

**牙膏** 牙膏中也有一端亲水、一端亲油的物质，它的学名是十二醇硫酸钠。用牙膏刷牙时，它同样会发挥洗涤剂的功能，并且产生大量泡沫，使口腔中有舒适的感觉。

但是，十二醇硫酸钠在牙膏中通常只占 1~2%。牙膏中的一个主要成分是磷酸氢钙或氢氧化铝的粉末。它们都不溶于水，且硬度在牙积石与牙面的釉质之间。刷牙时可以把牙积石摩擦除去而又不损伤牙面。此外，在牙膏中还加入各种不同的香料。

## 讨论与思考

1. 能用作洗涤剂的化合物分子结构有什么特点？
2. 什么叫硬水，肥皂为什么不能抗硬水？
3. 与肥皂相比，合成洗涤剂有哪些优点？
4. 为什么牙膏中的主要成分是摩擦剂而不是洗涤剂？

## 阅读材料

### 几种家用消毒剂

家用消毒剂是日常生活中经常使用的化学药品。目前市场上销售的家用消毒剂品种很多，最常见的有高锰酸钾、酒精、碘伏等。

高锰酸钾 ( $\text{KMnO}_4$ ) 是紫黑色晶体，易溶于水，水溶液呈紫红色。它的水溶液氧化性很强，尤其是在酸性条件下，氧化性更强。因此，它是化学实验室里常用的氧化剂。消毒时常用 0.02% 的溶液。瓜果蔬菜生食前在高锰酸钾溶液中浸 20 分钟，就能消毒杀菌。

酒精 (乙醇  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ) 是无色有特殊香味的液体，易溶于水，易挥发，也能燃烧。浓度为 75% 的酒精常用作消毒剂，它跟细菌、病毒相遇时，能使细菌的蛋白质凝固而将细菌杀灭。过浓或太稀的酒精，杀菌能力不及 75% 的酒精好。

漂白粉是白色、有特殊气味的粉末，也是常用的消毒剂。它的有效成分是  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ，它遇到水和空气会放出次氯酸 ( $\text{HClO}$ )。

$[\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + 2\text{HClO}]$ 。次氯酸具有很强的氧化性，有漂白、杀菌作用。漂白粉放在空气中时间久了，会慢慢失去杀菌作用。因此，漂白粉要现买现用，不能长期贮存。消毒时，每升水约加入 0.01g 漂白粉。先把漂白粉放入碗中，加少量水调成糊状，然后倒入水中，静置一小时，即可使用。

过氧乙酸是无色液体，有强烈的刺激性气味，有腐蚀性，能使织物、衣料褪色。过氧乙酸也是常见的消毒剂，它能杀死各种细菌、病毒和真菌。它杀菌效果好，使用简便，价格也较便宜。它容易分解成醋酸和氧气，分解产物对人无害。由于容易分解，所以配制好的消毒液不能久存，要现配现用。市售的过氧乙酸浓度是 20%，常配成 0.5% 的溶液使用。

碘伏是最近出现的新型消毒剂，它是把碘分子连接在高分子材料聚乙烯吡咯烷酮 (PVP) 上制成的。碘伏能溶于水，它的溶液是高效无毒的杀菌剂。以前人们把碘溶解于酒精制成碘酒，碘酒涂抹伤口时，酒精常引起伤口剧烈的疼痛。碘伏溶液不含酒精，不会引起疼痛。常用它配成嗽口液和餐具消毒液使用。

常用的家用消毒剂还有洁尔灵、84 消毒液等几种。

