

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

九年义务教育四年制初级中学教科书

——化学

(第一册)



绪 言

我们生活在物质的世界里，我们周围有形形色色、丰富多彩的各种物质，像晶莹的水晶、清澈的流水、闪亮的金属、绚丽的花朵、乌黑的煤、雪白的食盐，等等。

我们周围世界的物质还在不断地变化，例如，潺潺的流水能蒸发变成水蒸气，水蒸气可以变成天空的白云，白云可以变成雨滴或雪花重新降落到地面。铁矿石能冶炼成钢铁，而钢铁又可能变成铁锈。煤能够着火燃烧，残余一堆灰烬。

为什么世界上有千千万万种不同的物质？为什么各种物质都有不同的性质（颜色、状态、光泽、气味，等等）？各种物质是怎样组成和形成的？为什么不同物质会发生不同的变化（如铁为什么会生锈，煤为什么能燃烧）？

同学们可能在生活中会发现许多类似的问题，而这些有关物质的问题在化学课里可以得到初步的解释，因为化学是一门研究物质的组成、结构、性质以及变化规律的基础自然科学。

我们学习化学，了解有关物质的组成、结构、性质以及变化规律后，就可以说明生活和生产中的一些化学现象，并且控制这些变化向对人类有利的方向发展。例如，懂得了燃烧的原理，就可使燃烧充分以节省燃料，并知道如何防火、灭火等。又如，懂得了锈蚀的原理，就可以知道在不同条件下怎样防止不同金属锈蚀。

学习化学，既可以提炼出自然界原来存在的物质，例如，从石油中提炼汽油、煤油、柴油等，还可以制造出自然界原来并不存在的物质，例如，用石油作原料可制造出多种塑料、合成纤维、合成橡胶、洗涤剂、药品等。

学习化学，可以帮助人们研制新的材料、研究新的能源、研究生命现象、合理利用资源、防止污染和保护环境、促进农业增产、促进人体健康，等等。

学习化学，也可以帮助人们学习和进一步研究物理学、生物学、地学等自然科学。

可见，学习化学对今后参加社会主义建设和进一步学习都有重要作用。

我国是世界上具有悠久文明的国家之一。我国的某些化学工艺像造纸、制火药、烧瓷器，发明很早，对世界文明作出巨大贡献。我国劳动人民在商代就制造出精美的青铜器，春秋战国时期就会冶铁和炼钢。但是到了近代，我国科学技术的发展停滞了。在解放前甚至连煤油、烧碱、火柴等都要从外国进口。解放后，我国的石油、化学等工业有了很大的发展，化学科学研究也不断取得了新的成就。我国已建立了大庆、胜利、大港等油田，结束了我国依赖“洋油”的历史。我国的化学工业已发展成为一个具有一定规模、行业基本齐全的工业部门。

怎样才能学好化学呢？虽然每个同学的基础和条件不同，但都应注意以下各点，例如，重视和做好化学实验，熟悉重要物质的组成和性质，懂得并能运用常见的化学用语，理解基本化学概念和规律，了解所学化学知识在生活和社会中的应用，注意培养和保持对学习化学的兴趣，注意培养观察、记忆、思维、实验、自学等方面的能力，等等。

同学们！现在你们在学校里辛勤地学习，将来你们要投身于伟大的社会主义建设事业中，你们面临着广阔美好的前景，你们的责任是重大的。希望你们树雄心，立壮志，为社会主义祖国的现代化建设学好化学。

习 题

以举例的方式说明化学与我们日常生活的关系。

第一章 物质的变化和性质

我们知道，世界上的物质是在不断地变化着的，各种物质具有各自不同的性质。

第一节 化学变化和物理变化

让我们观察几个演示物质变化的实验，注意观察变化中的现象（如变化前后物质的颜色、状态等）。

[实验 1 - 1] 把盛有少量水的试管斜夹在铁架台上（见图 1 - 1）。在试管底部小心加热到水沸腾。把一块洁净的玻璃片（或一个盛水的小烧杯）移近试管口，观察玻璃片上有什么现象发生。

[实验 1 - 2] 取两三块胆矾（或称蓝矾）放在研钵内，用杵把胆矾研碎。观察现象。

[实验 1 - 3] 用坩埚钳夹住一小段镁带，点燃（图 1 - 3），看到什么现象。

[实验 1 - 4] 把少量碱式碳酸铜（俗称铜绿）放在干燥的试管里，用配有玻璃弯管的橡皮塞塞住试管口，使弯管的另一端伸入盛有澄清石灰水的烧杯里。加热，注意观察铜绿颜色的变化和石灰水发生的变化。

为了便于对比，现把上面 4 个实验中，变化前后的物质和变化时发生的现象列表于下：

实验编号	变化前的物质	变化时发生的现象	变化后产生的物质
1	液态的水	沸腾时生成的水蒸气遇玻璃片又凝结成液体	液态的水
2	蓝色块状的胆矾	块状固体被粉碎	蓝色粉末状的胆矾
3	银白色的镁带	燃烧，放出大量的热，同时发出耀眼的白光	白色氧化镁粉末
4	绿色粉末状的碱式碳酸铜	加热后，绿色粉末变成黑色，管壁出现水滴，澄清石灰水变浑浊	三种其它物质：氧化铜（黑色）、水、二氧化碳

从上表可以看出，实验 1、2 有一个共同的特征，就是物质的形态发生了变化，但并没有生成其它的物质。我们把这种没有生成其它物质的变化叫做物理变化。我们日常看到的汽油的挥发、铁水铸成锅、蜡受热熔化等都是物理变化。

从上表还可以看出，实验 3、4 的共同特征是变化时都生成了其它的物

质，这种变化叫做化学变化，又叫做化学反应。我们日常生活里看到的木柴的燃烧、铁的生锈等都是化学变化。

在化学变化中除生成其它物质外，还伴随发生一些现象，如放热、发光、变色、放出气体、生成沉淀，等等。这些现象常常可以帮助我们判断有没有化学变化发生。

在化学变化过程中同时发生物理变化。例如，点燃蜡烛时，石蜡受热熔化是物理变化，同时石蜡又燃烧生成水和二氧化碳，却是化学变化。

〔讨论〕 由本节的演示实验可归纳出，化学变化的特征是什么？

家庭小实验

观察一根蜡烛的颜色、状态、构造，然后点燃，经几分钟后把蜡烛熄灭。观察蜡烛燃烧中的各种现象，并仔细地记录下来。

习题

1. 物理变化和化学变化的主要区别是什么？举例说明。
2. 下列现象哪些是物理变化，哪些是化学变化？为什么？
 - (1) 潮湿的衣服经太阳晒，变干了。
 - (2) 铜在潮湿的空气里生成铜绿。
 - (3) 纸张燃烧。
 - (4) 瓷碗破碎。
 - (5) 铁生锈。
 - (6) 石蜡熔化。
3. 为什么说点燃蜡烛时既有物理变化又有化学变化？

第二节 化学性质和物理性质

物质在化学变化中表现出来的性质叫做化学性质。例如，镁能在空气中燃烧，生成氧化镁；铁能在潮湿空气中生锈；铜能在潮湿空气中生成铜绿等。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。例如，颜色、状态、气味、硬度、熔点、沸点、密度等都属于物质的物理性质。

关于物质的化学性质，在今后的化学课中我们将要学习，这里仅就有关物质物理性质的一些基本概念作一些简单介绍。

我们知道，当温度升高时，固态的冰会变成液态的水；在高温时，铁等金属也会变成液态。物质从固态变成液态叫做熔化，物质的熔化温度叫做熔点。例如，冰的熔点是 0°C ，铁的熔点是 1535°C ，锡的熔点是 232°C ，等等。

把水加热到一定温度时，水就会沸腾，液体沸腾时的温度叫做沸点。实验证明，液体的沸点是随着大气压强的变化而变化的，而压强是指物体在单位面积上所受到的压力。压强的单位是帕斯卡（为纪念法国科学家帕斯卡而命名），简称帕。大气压强是由于大气层受到重力作用而产生的，离地面越高的地方大气越稀薄，那里的大气压强越小。由于大气压强不是固定不变的，我们把 101.325 千帕的压强规定为标准大气压强。物质的沸点是指在标准大气压强下测得的数据。例如，在 101.325 千帕的大气压强时，水的沸点是 100°C ，水银的沸点是 357°C ，液态铁的沸点是 2750°C ，等等。

对于体积相同的铁块和铝块，有经验的人只需用手分别“掂量”一下，就可以鉴别出哪块是铁，哪块是铝。这是由于体积相同的铁块和铝块，它们的质量是不相等的。物理上是用密度来表示不同物质的这种性质差别的。某种物质单位体积的质量，叫做这种物质的密度。密度的单位可用 kg/m^3 ，也可用 g/cm^3 来表示。例如，铁的密度是 $7.8 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，铝的密度是 $2.7 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，水的密度是 $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，等等。为使用方便，化学上气体的密度也常用 g/L 来表示。例如，在 0°C 、 101 千帕时，空气的密度是 $1.293 \text{ g}/\text{L}$ ，氧气的密度是 $1.429 \text{ g}/\text{L}$ ，等等。

物质的熔点、沸点、密度以及大气压强等数据，在物理、化学等手册上一般都能查到。有关这方面的内容，在物理课中还将进一步学习。

习 题

1. 下列哪些是物质的物理性质，哪些是物质的化学性质？为什么？

- (1) 空气是没有颜色、没有气味的气体。
- (2) 水沸腾时能变成水蒸气。
- (3) 食物在人体中消化，最后能变成水、二氧化碳等。
- (4) 以粮食为原料能酿酒。
- (5) 铜的密度是 $8.9 \text{ g}/\text{cm}^3$ ，熔点是 1083°C 。
- (6) 二氧化碳能使澄清的石灰水变浑浊。
- (7) 酒精能燃烧。
- (8) 酒精能挥发。

2. 根据你的观察，描述我们平时做菜用的食盐（主要成分是氯化钠）的物理性质。（如果可能的话，最好能查找一下有关的数据。）

本章小结

物理变化和化学变化的比较

	物理变化	化学变化
定义	没有生成其它物质的变化叫做物理变化	生成其它物质的变化叫做化学变化
范围	如蒸发、熔化、沸腾等	包括所有的化学反应
二者间的联系	在化学变化过程中一定同时发生物理变化	
与物质性质的关系	物质在化学变化中表现出来的性质叫做化学性质 ,不需要发生化学变化就表现出来的性质叫做物理性质	

复习题

下列说法是否正确？为什么？

- (1) 有其它物质生成的变化是化学变化。
- (2) 发光发热的变化都是化学变化。
- (3) 不需加热发生的变化是物理变化。
- (4) 需要加热才能发生的变化一定是化学变化。

第二章 空气 氧

我们生活的地球被一层厚厚的空气所包围着。空气不仅起着调节气候的作用，同时还是人类和动植物生存所必需的。此外，空气还是人类进行生产活动的重要资源。在这一章中，我们将着重研究空气中的一种重要气体——氧气。

第一节 空气

空气是人类和一切动植物的生命支柱，同时也是重要的自然资源。但是，人们发现空气的成分却比较晚，这是因为空气是一种既看不到踪影又闻不到气味的气体。在漫长的岁月中，人们曾长期把空气看做是一种单一的物质。后来，科学家们对燃烧现象和空气的组成做了深入的研究，才认识到空气并不是一种单一的物质。

那么，空气究竟是由哪些物质组成的呢？让我们通过实验来研究这个问题。

[实验 2 - 1] 装置如图 2 - 1 所示。将钟罩放入盛水的水槽中，以水面为基准线，将钟罩水面以上容积分为 5 等分。

在燃烧匙内盛过量红磷，用酒精灯点燃后，立即插入钟罩内，同时塞紧橡皮塞，观察红磷燃烧和水面变化的情况。

通过实验，我们看到在红磷燃烧时有大量白烟生成，同时钟罩内水面逐渐上升。等燃烧停止，白烟消失后，钟罩内水面上升了约 $\frac{1}{5}$ 体积。

为什么红磷燃烧时只消耗了钟罩内气体的 $\frac{1}{5}$ 而不是全部呢？

这是因为空气并不是一种单一的物质，而是由多种气体组成的。红磷燃烧所消耗的气体是空气中的氧气，空气中的剩余成分主要是氮气。

在 18 世纪 70 年代，许多科学家都曾做过类似的实验。具有代表性的人物是瑞典化学家舍勒，英国化学家普里斯特里和法国化学家拉瓦锡（图 2 - 2）。

舍勒和普里斯特里曾先后用不同的方法制得了氧气。拉瓦锡在前人工作的基础上，通过实验得出了空气是由氧气和氮气组成的结论。

选 学

研究空气成分的实验

拉瓦锡研究空气成分的实验是怎样进行的呢？

拉瓦锡把少量汞（俗称水银）放在密闭的容器（图 2 - 3）里连续加热 12 天。结果发现，有一部分银白色的液态汞变成红色粉末，同时容器里的空气的体积差不多减少了 $\frac{1}{5}$ 。拉瓦锡研究了剩余的那部分空气，发现这部分空气既不能供给呼吸，维持动物的生命，也不能支持燃烧。它就是我们现在所说的氮气（拉丁文原意是“不能维持生命”）。

拉瓦锡把汞表面上所生成的红色粉末（后来证明是氧化汞）收集起来，放在另一个较小的容器里再加强热，得到了汞和氧气，而且氧气的体积恰好等于密闭容器里所减少的空气的体积。他把得到的氧气加到前一个容器里剩下的约 $\frac{4}{5}$ 体积的气体里去，结果得到的气体跟空气的性质完全一样。通过这些实验，拉瓦锡得出了空气是由氧气和氮气组成的结论。

在 19 世纪末以前，人们深信空气中仅含有氮气和氧气。后来，科学家们陆续发现了氦、氖、氩、氪、氙等稀有气体，人们才认识到空气中除了氮气和氧气外，还有其它的成分。空气的成分按体积分数 计算，大约是：氮气 78%，氧气 21%，稀有气体 0.94%，二氧化碳 0.03%，其它气体和杂质 0.03%。

一般说来，空气的成分是比较固定的。这对于人类和其它动植物的生存是非常重要的。但随着现代化工业的发展，排放到空气中的有害气体和烟尘，改变了空气的成分，造成了对空气的污染。被污染了的空气会严重地损害人体的健康，影响作物的生长，造成对自然资源以及建筑物等的破坏。

排放到空气中的有害物质，大致可分为粉尘和气体两大类。从世界范围看，排放到空气中的气体污染物较多的是二氧化硫、一氧化碳、二氧化氮等。这些气体主要来自矿物燃料（煤和石油）的燃烧和工厂的废气。

鉴于空气污染给人类和大自然带来的危害，我们在发展生产的同时，必须要充分认识保护环境的重要性，注意消除污染源，以保障人类的健康和保护自然资源。防治大气污染，首先要依法进行管理，积极开展环境科学的研究，合理工业布局，改革生产工艺，对排放到大气中的工业废气进行消烟除尘和无害化处理，消除工业污染源。在城市，最好实行集中供热和将居民燃料用煤逐步改为煤气，减少由居民生活给大气带来的污染。同时还要大搞植树造林，使空气得到净化。

选 学

稀有气体的发现和用途

二百多年前，人们已经知道，空气里除了少量的水蒸气、二氧化碳外，其余的就是氧气和氮气。1785 年，英国科学家卡文迪许 通过实验发现，把不含水蒸气、二氧化碳的空气除去氧气和氮气后，仍有很少量的残余气体存在。这种现象在当时并没有引起化学家的重视。一百多年后，英国物理学家雷利 测定氮气的密度时，发现从空气里分离出来的氮气每升质量是 1.2572 克，而从含氮物质制得的氮气每升质量是 1.2505 克。经多次测定，两者质量相差仍然是几毫克。可贵的是雷利没有忽视这种微小的差异，他怀疑从空气分离出来的氮气里含有没被发现的较重的气体。于是，他查阅了卡文迪许过去写的资料，并重新做了实验。1894 年，他在除掉空气里的氧气和氮气以后，得到了很少量的极不活泼的气体。与此同时，雷利的朋友、英国化学家拉姆塞 用其它方法从空气里也得到了这样的气体。经过分析，判断该气体是一种新物质 。由于这气体极不活泼，所以命名为氩（拉丁文原意是“懒惰”）。

以后几年里，拉姆塞等人又陆续从空气里发现了氦气、氖气、氪气和氙气。

氦、氖、氩、氪、氙等气体总称稀有气体，这些气体都是没有颜色，没有气味的。过去，人们认为这些气体不跟其它物质发生化学反应，曾把它们叫做惰性气体。但随着科学技术的发展，已经发现，在一定的条件下，有些稀有气体也能跟某些物质发生化学反应，生成其它物质。

由于稀有气体的特殊性质，它在生产和科学研究中有广泛的应用。

人们利用稀有气体一般不跟其它物质发生化学反应的这种性质，在一些

工业生产中，常常把它们用作保护气。例如，用电弧焊接火箭、飞机、轮船、导弹等用的不锈钢、铝或铝合金等时，可以用氩气来隔绝空气，防止金属在高温下跟其它物质起反应。还可以把氩气和氮气混合充入灯泡里，使灯泡经久耐用。

稀有气体在通电时会发出有色的光。因此，它们在电光源中有特殊的应用。灯管里充入氙气，通电时会发出紫蓝色光；充入氦气，通电时会发出粉红色光；充入氖气，通电时会发出红光，这种光能穿透浓雾，所以氖灯可用作航空、航海的指示灯。五光十色的霓虹灯就是利用稀有气体的这种性质制成的。在石英玻璃管里充入氙气的氙灯，通电时能发出比荧光灯强几万倍的强光，因此叫做“人造小太阳”。这种灯可用于广场、体育场、飞机场等的照明。

氦气、氮气、氙气还可用于激光技术等方面。氦气在原子反应堆技术中可用作冷却剂。作为麻醉剂，氙气在医学上也很受重视。

选 学

臭 氧

在空气中有一种含量极少的气体，叫做臭氧。臭氧主要分布在距地面（10～50）千米的高空，形成一层臭氧层。

尽管臭氧在空气中的含量很少，但它所起的作用却是非常重要的。臭氧层吸收了太阳光中绝大部分的波长较短的紫外线，使地球上的生物免受紫外线的伤害。

多数科学家认为是人类向空气中排放的一些有害物质（如氯氟烃等）使臭氧层受到了不同程度的破坏，在臭氧层的某些地方出现了变薄的现象，甚至出现了“空洞”，其后果是相当严重的。目前，国际上正在积极进行研究，以防止臭氧层进一步遭到破坏。

习 题

1. 空气的成分按体积分数计算，大约是_____占 21%，_____占 78%，_____占 0.94%，_____占 0.03%，以及_____占 0.03%。所以说，空气的成分以_____、_____为主，其中_____约占空气体积的 $\frac{1}{5}$ ，_____约占空气体积的 $\frac{4}{5}$ 。

2. 桌子上放有一个空烧杯。一个同学说：“烧杯中没有东西”，另一个同学说：“烧杯中有物质”。你认为哪一个同学说得对？为什么？

第二节 氧气的性质和用途

我们知道，约占空气体积 1/5 的氧气与人类的生活、生产有着很密切的关系，是人类维持生命不可缺少的物质。动物和植物的生存也都离不开氧气。

一、氧气的物理性质

在通常状况下，氧气是一种没有颜色、没有气味的气体。在标准状况下，氧气的密度是 1.429 克/升，比空气略大（空气的密度是 1.293 克/升）。它不易溶于水，1 升水中只能溶解约 30 毫升氧气。

在压强为 101 千帕 时，氧气在约-183 （90K） 时变为淡蓝色液体，在约-218 （55K）时变成雪花状的淡蓝色固体。

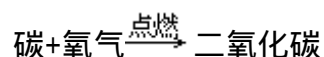
工业上使用的氧气，一般是加压贮存在钢瓶中。

二、氧气的化学性质

为了研究氧气的化学性质，让我们先做几个实验，看一看氧气能与哪些物质发生反应，反应现象是怎样的。

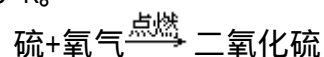
[实验 2 - 2] 把一小块木炭放在燃烧匙里，伸进盛有氧气的集气瓶里，观察木炭是否燃烧。再把木炭加热到发红，然后连木炭带燃烧匙伸进盛有氧气的集气瓶里，观察木炭燃烧时发生的现象，注意木炭在空气里和在氧气里燃烧有什么不同（图 2 - 5）。等燃烧停止后，立即向瓶内倒进一些澄清的石灰水，振荡，观察石灰水发生什么变化。

木炭（主要成分是碳）在氧气里燃烧比在空气里更旺，发出白光，并放出热量（见彩图）。燃烧后生成的无色气体能使澄清的石灰水变浑浊，这说明了碳跟氧气起反应，生成了二氧化碳。这个反应可以用文字简要地表示如下式：



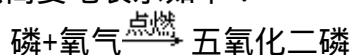
[实验 2 - 3] 烧匙里放少量硫，加热，直到发生燃烧，观察硫在空气里燃烧时发生的现象。然后把盛有燃着的硫的燃烧匙伸进盛有氧气的集气瓶里，再观察硫在氧气里燃烧时发生的现象（图 2 - 6）。比较硫在空气里和在氧气里燃烧有什么不同。

硫在空气里燃烧发出微弱的淡蓝色火焰，而在氧气里燃烧得更旺，发出蓝紫色火焰（见彩图）。硫跟氧气发生化学反应，生成了一种叫做二氧化硫的带有刺激性气味的气体，并放出热量。这个反应可以简要地表示如下：K 是国际单位制中采用的热力学温度（也称绝对温度）单位名称开尔文的符号。热力学温度 T 和摄氏温度 t 在数值上的关系是： $T=t+273$ ，如氧气的沸点-183 即相当于-183K+273K=90 K。



在前面做空气成分实验时，磷在空气中燃烧，实际上是磷与空气中的氧

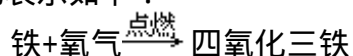
气发生了化学反应，在这个过程中生成一种叫做五氧化二磷的白色固体，并放出热量。这个反应可以简要地表示如下：



[实验 2 - 4] 把光亮的细铁丝绕成螺旋状，一端系在一根铁丝上，另一端系上一根火柴，点燃火柴，待火柴临近烧完时，缓慢插入盛有氧气的集气瓶里，观察发生的现象（图 2 - 7）。集气瓶里要预先装少量水或在瓶底铺上一薄层细沙。

细铁丝在氧气中剧烈燃烧，火星四射（见彩图），生成了一种叫做四氧化三铁的黑色固体。生成物熔化后溅落下来，证明在反应过程中放出了大量的热。

这个反应可以简要地表示如下：



除了铁以外，铜、铝等在空气中不易燃烧的物质也可以在氧气中燃烧。

[讨论] 在实验中，为什么要预先在集气瓶中装少量水或在瓶底铺一薄层细沙？

通过上面所做的几个实验，我们可以看出，可燃物在氧气中燃烧比在空气中燃烧要剧烈，甚至有些在空气中不能燃烧的物质在氧气中也可以燃烧。

以上四个反应有一个共同的特点，都是由两种物质起反应而生成另一种物质。我们把由两种或两种以上物质生成另一种物质的反应，叫做化合反应。

碳、硫、磷、铁等物质都是由单一成分组成的。除了这类物质以外，还有哪些物质可以与氧气反应呢？让我们用蜡烛（主要成分是含碳和氢的石蜡）再做一个实验。

[实验 2 - 5] 把点燃的蜡烛伸进盛有氧气的集气瓶里，观察并比较蜡烛在空气里和在氧气里燃烧有什么不同（图 2 - 8）。燃烧停止后，等稍冷却，观察瓶壁上有什么出现。取出蜡烛，向瓶里倒进一些澄清的石灰水，振荡，观察石灰水有什么变化。

蜡烛在氧气里燃烧比在空气里更旺，发出白光，并放出热量（见彩图）。瓶壁上有水雾出现。倒入瓶中的澄清石灰水变浑浊。这说明石蜡与氧气反应生成了水和二氧化碳。

[讨论] 石蜡与氧气的反应是化合反应吗？

像煤、木材、酒精、汽油等物质在空气中的燃烧，其实质也是这些物质跟氧气发生了化学反应。

碳、硫、铁、石蜡等物质与氧气的反应，虽然并不都是化合反应，但它们有一个共同的特点，即都是物质与氧气发生的反应。我们把物质跟氧发生的化学反应叫氧化反应。

通过以上的实验可以看出，氧气是一种化学性质比较活泼的气体。它在

氧化反应中提供氧，具有氧化性，它是一种常用的氧化剂。

三、氧气的用途

氧气很重要的用途是供给呼吸和支持燃烧，在一般情况下，呼吸和燃烧只需使用空气就可以了，只有在特殊情况下才需要使用纯氧。除了上述两种用途以外，氧气在工农业生产和科学研究方面，还有许多用途。这些用途一般都是利用氧气易于跟其它物质起反应并放出热量这一性质。第 17 页的图可以简要地表示出氧气的主要用途。

习 题

1. 填写下列空白

(1) 在通常状况下，氧气是一种_____颜色、_____气味、_____溶解于水的气体。

(2) 硫在空气中燃烧，发出_____色火焰，而在氧气中燃烧，发出_____色火焰。

(3) 由两种或两种以上物质生成另一种物质的反应叫做_____。

(4) 物质跟氧发生的化学反应叫做_____。

2. 将正确答案的序号填在括号里

(1) 将带火星的木条插入一瓶无色气体中，木条剧烈燃烧，说明这种气体是 []。

A. 氮气 B. 空气 C. 氧气

(2) 细铁丝在氧气中燃烧时的反应现象是 []。

A. 产生光彩夺目的火焰，生成黑色固体 B. 产生蓝色火焰，生成黑色固体
C. 剧烈燃烧，火星四射，生成黑色固体 D. 铁丝红热，熔化

(3) 氧气的化学性质 []。

A. 比较活泼，在高温条件下能与许多物质发生剧烈的化学反应
B. 很活泼，在常温时能与所有物质发生剧烈的化学反应
C. 不活泼，常温时不能与其它物质发生化学反应
D. 很不活泼，高温时难与其它物质发生化学反应

3. 在下列反应中，哪些属于化合反应？哪些属于氧化反应？

(1) 铝+氧气→三氧化二铝

(2) 氢气+氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ →水

(3) 碱式碳酸铜 $\xrightarrow{\text{加热}}$ →氧化铜+水+二氧化碳

(4) 乙炔+氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ →二氧化碳+水

(5) 甲烷+氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ →二氧化碳+水

4. 填空

(1) 碳+氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ ()

(2) 磷+氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ ()

(3) 硫+氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ ()

(4) 铁+氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ ()

(5) 石蜡+氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ () + ()

5. 在什么情况下，一个化合反应同时也是一个氧化反应？

第三节 氧气的制法

在第二节的实验中，我们使用了氧气。同学们一定很想知道氧气是怎样制得的。本节将简单介绍氧气的实验室制法和工业制法。

一、氧气的实验室制法

在实验室里，我们通常采用加热氯酸钾或高锰酸钾的方法来制取氧气。在用氯酸钾制取氧气时，我们通常还要放入少量的二氧化锰，这是为什么呢？让我们仔细观察一下以下的三个实验。

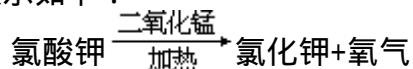
[实验 2 - 6] 把少量氯酸钾放在试管里加热几分钟，可以看到，氯酸钾熔化后，才开始缓慢地放出气泡，这时用带火星的木条插入管口，观察木条是否着火。如果着火，表明有什么气体放出？

[实验 2—7] 把少量二氧化锰放在试管里加热，用带火星的木条插入管口，观察木条是否着火。这种现象表明有没有氧气放出？

[实验 2 - 8] 把少量氯酸钾放在试管里稍稍加热片刻，即用带火星的木条插入管口，木条不着火。把试管移离火焰，迅速撒入少量二氧化锰，再用带火星的木条插入管口，观察木条是否着火。这个实验说明什么问题？

通过上面的三个实验说明：第一，加热氯酸钾是能放出氧气的，但需要加热到较高的温度。第二，二氧化锰的成分里尽管有氧，但是在通常加热时却并没有氧气放出来。第三，在较低的温度下不会放出氧气的氯酸钾中，加入了加热时不易放出氧气的二氧化锰，却能迅速地放出氧气。值得注意的是，实验证明，在这个反应里，氯酸钾的量有所减少，而二氧化锰的量并没有变化，而且化学性质也没有变化。这说明了放出的氧气来自氯酸钾。也就是说，二氧化锰具有使氯酸钾在较低温度下迅速放出氧气的本领。这种在化学反应里能改变其它物质的化学反应速率，而本身的质量和化学性质在化学反应前后都没有变化的物质叫做催化剂（或叫做触媒）。催化剂在化学反应中所起的作用叫催化作用。二氧化锰就是用氯酸钾制氧气的反应中的催化剂。

在氯酸钾受热放出氧气的同时，还生成了一种叫做氯化钾的物质。这个化学反应可以简要地表示如下：

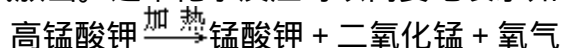


由于氧气不易溶于水，因此可以用排水法收集（见图 2 - 9）。

图 2 - 9 制取氧气

[实验 2 - 9] 把氯酸钾和二氧化锰混合（一般按 3 : 1 的质量比混合）均匀后，放在试管里，用带有导管的塞子紧塞管口。给试管加热。用排水法收集一瓶氧气。

在实验室中，除了用氯酸钾制取氧气外，还可以使用高锰酸钾来制取氧气。用高锰酸钾制氧气时，不需要催化剂，也不需要很高的温度。只要稍稍加热，就会有氧气放出。这个化学反应可以简要地表示如下：



用氯酸钾或高锰酸钾制取氧气的反应恰好与化合反应相反，即反应物只有一种，而反应后生成的物质却有多种。这种由一种物质生成两种或两种

以上其它物质的反应，叫做分解反应。

二、氧气的工业制法

通常，在工业、医疗等方面使用氧气的量是很大的，不可能用上述的实验室制法来大量制取氧气。那么，可以用什么作为原料来大量制取氧气呢？有人一定会提出用空气作为原料的设想。对！工业上用的大量氧气，主要是使空气液化，再分离液态空气而制得的。

空气是由氧气、氮气和其它气体所组成的，如何才能把氧气从空气中分离出来呢？我们知道，任何液态物质都有一定的沸点。科学家们正是利用了物质的这一性质，在低温条件下加压，使空气转变为液态空气，然后蒸发。由于液态氮的沸点是 -196 （ 77K ），比液态氧的沸点低，因此氮气首先从液态空气中蒸发出来，剩下的主要就是液态氧了。为了便于贮存、运输和使用，通常是把氧气加压到 1.5×10^7 帕，并贮存在蓝色钢瓶中。

习 题

1. 填写下列空白

（1）在实验室中可以用_____或_____等物质制取氧气。可用排水法收集氧气的原因是_____。

（2）加热掺有少量二氧化锰的氯酸钾制取氧气时，_____没有消耗，它加快了化学反应的速率，它所起的作用叫_____。

（3）由一种物质生成两种或两种以上物质的反应叫做_____。用氯酸钾制取氧气的反应，属于_____。

2. 判断下列说法是否正确，如不正确，加以改正。

（1）要使氯酸钾受热分解出氧气，必须要加入二氧化锰，否则就不能发生反应。

（2）在工业上，主要用分离空气的方法制取氧气，这个过程属于分解反应。

3. 下列用文字所表示的化学反应有什么相同点？它们属于哪一种反应类型？

（1）碱式碳酸铜 $\xrightarrow{\text{加热}}$ 氧化铜 + 水 + 二氧化碳

（2）氯酸钾 $\xrightarrow{\text{加热}}$ 氯化钾 + 氧气

（3）氧化汞 $\xrightarrow{\text{加热}}$ 汞 + 氧气

（4）水 $\xrightarrow{\text{加热}}$ 氢气 + 氧气

第四节 燃烧和缓慢氧化

我们知道，很多物质可以在空气中燃烧，在纯净的氧气中燃烧得更加剧烈。证明氧气性质的几个实验，不仅说明了氧气的化学性质很活泼，还说明了我们通常所说的燃烧指的就是可燃物跟空气中的氧气发生的一种发光发热的剧烈的氧化反应。

人类已有几十万年的用火历史，人们利用可燃物燃烧时发出的光和热来照明、取暖、烧煮食物、冶炼钢铁，等等。可见，燃烧与人类的生产和生活有着十分密切的联系。

一、燃烧的条件

让我们先来做一个实验，看一下可燃物燃烧时究竟需要什么条件。

〔实验 2 - 10〕在 500 毫升的烧杯中注入 400 毫升开水，并投入一小块白磷。在烧杯上盖一片薄铜片，铜片上一端放一小堆干燥的红磷，另一端放一小块已用滤纸吸去表面上水的白磷（图 2 - 10）。观察反应现象。

通过实验我们可以看到，在实验进行不久，铜片上的白磷就产生白烟开始燃烧，而水中的白磷和铜片上的红磷并没有燃烧。这是为什么呢？

原因很简单，要使可燃物燃烧，需要同时满足两个条件：一是可燃物要与氧气接触；二是要使可燃物达到燃烧时所需的最低温度，我们将这个最低温度叫做着火点。

白磷的着火点很低，只有 40°C 。因此，铜片上的白磷被烧杯中的热水加热到了着火点温度，同时它又跟氧气接触，所以可以燃烧。而水中的白磷尽管温度已超过着火点，但由于没有跟氧气接触，所以不能燃烧。红磷的着火点在 200°C 以上，尽管它与氧气发生了接触，但由于没有达到着火点温度，也不能燃烧。

我们知道了可燃物燃烧的条件以后，就不难理解灭火的原理了。显然，我们在灭火时可以采取两种方法，即将可燃物跟空气隔绝或将可燃物的温度降到着火点以下。

二、燃烧的现象

同学们回忆一下碳、硫、磷、蜡烛在空气中燃烧时的现象，就会发现，同样是可燃物的燃烧，不同的物质，燃烧时会产生不同的现象。即使是同一种物质，在空气中或在氧气中的燃烧现象也不同。

可燃物燃烧时的不同现象，除了与可燃物的性质有关以外，还取决于可燃物跟氧气的接触面积和氧气的浓度。接触面积越大，氧气浓度越高，燃烧就越剧烈。如果急速的燃烧发生在有限的空间内，就会在短时间内聚积大量的热，使气体的体积迅速膨胀而引起爆炸。在油库、面粉加工厂、纺织厂和煤矿的矿井内，都写有“严禁烟火”的字样，就是因为这些地方的空气中常混有可燃性的气体或粉尘，它们接触到明火，就有发生爆炸的危险。

三、缓慢氧化和自燃

燃烧是一种剧烈的氧化反应，但并不是所有的氧化反应都像燃烧那样剧烈和发光、发热，有些氧化反应进行得很慢，甚至不容易被察觉，这种氧化叫做缓慢氧化。

在生活中，缓慢氧化的例子很多，如动植物的呼吸、食物的腐败、酒和醋的酿造、农家肥料的腐熟等都包含有缓慢氧化。

物质在缓慢氧化的过程中也要产生热量，如果产生的热量不能及时散失，就会越积越多，引起物质的温度升高，如果温度达到了这种物质的着火点，不经点火也会引起自发的燃烧。这种由缓慢氧化而引起的自发燃烧叫做自燃。

秸秆、柴草、煤炭、擦机器的棉纱等，如果堆放不合理，空气不流通，时间长了就可能引起自燃。过去，有些人由于不懂自燃的科学道理，将自燃现象说成是“天火”，这种迷信的说法应该破除。

为了保证生产和生活的安全，要切实防止自燃现象的发生。应注意一般不要将可燃物质堆放得太多、太久，并要注意通风或经常翻动，以降低温度。

但是，值得一提的是，缓慢氧化产生的热，有时却可加以利用，例如在农业生产上的高温堆肥等。

四、常见易燃物和易爆物的安全知识

我们知道硫、磷、酒精、液化石油气、氢气等物质在空气中都极易燃烧，有些甚至会发生爆炸。因此，这些物质都属于易燃物和易爆物。

易燃物和易爆物究竟是指哪些物质呢？

一般来说，易燃物指的是那些易燃的气体 and 液体，容易燃烧、自燃或遇水可以燃烧的固体以及一些可以引起其它物质燃烧的物质等。易爆物指的是那些受热或受到撞击时容易发生爆炸的物质。

易燃物和易爆物在遇到明火、高温或撞击时，极易燃烧或发生爆炸。因此，在生产、运输、使用和贮存易燃物和易爆物时，必须严格遵守有关规定，绝不允许违章操作。

生产、使用和贮存易燃物和易爆物的厂房、仓库等建筑物与周围建筑之间要留有足够的防火距离。厂房和仓库要符合防火和防爆的要求。厂房和仓库要有良好的通风设备和静电消除设备，消防器材必须齐备，并严禁烟火，杜绝一切可能产生火花因素。所有的电气设备和照明设备均应采用隔离、封闭或防爆型装置。

盛装易燃物和易爆物的容器要牢固、密封，容器外要有明显的警告标志，并标明物质的名称、化学性质和注意事项。

易燃物和易爆物不能跟其它物质混存，对那些相互接触容易引起燃烧或爆炸的物质，以及灭火方式不同的物质，应隔离贮存；对那些遇水或受阳光照射容易发生燃烧或爆炸的物质，不能存放在露天或高温的地方。存放易燃物和易爆物时，不能堆放得过高过密，堆与堆、堆与墙之间要留有一定距离的通道。

存放易燃物和易爆物的仓库，要做到人走电断，并进行经常性的防火检查，以防止自燃或爆炸。

在搬运易燃物和易爆物时，要轻拿轻放，不能摔、砸或撞击；运输车辆

要有相应的灭火设备和静电消除措施及防晒、防雨设备，以免发生意外事故。

1. 填写下列空白

(1) 要使可燃物燃烧，需要满足下列条件：_____和_____。

(2) 燃烧是_____跟_____发生的一种_____的_____剧烈的氧化反应。

(3) 自燃是由_____引起的_____。

2. 为什么煤炉火用扇子越扇越旺，而烛火用扇子一扇就会熄灭？

3. 燃烧和缓慢氧化有什么区别和联系？

4. 写出下列反应的文字表达式

(1) 铝跟氧气反应生成三氧化二铝

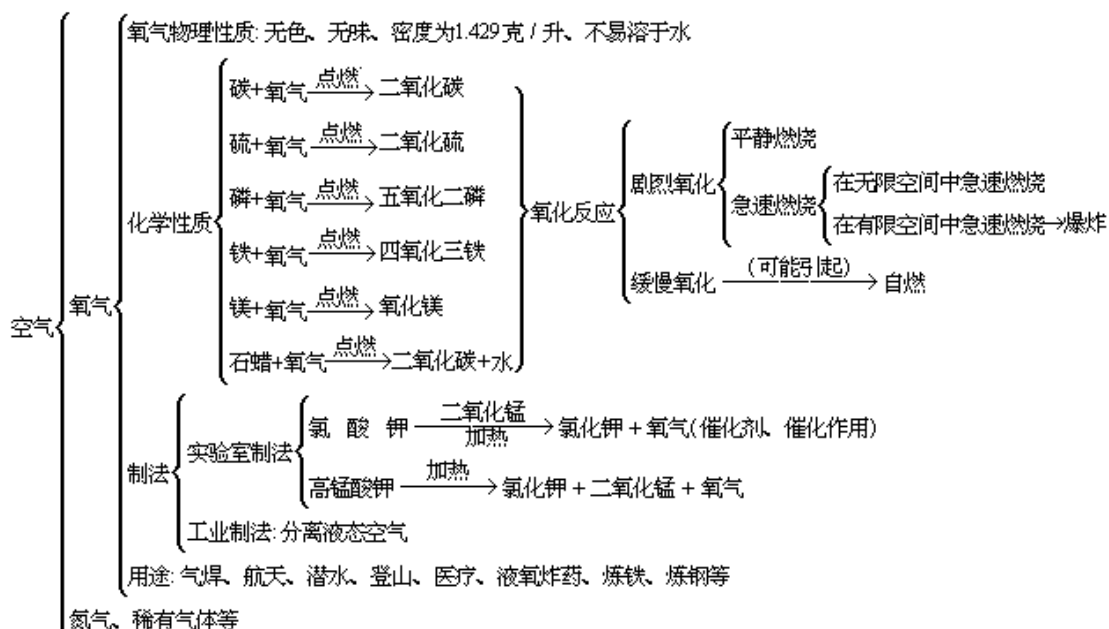
(2) 碳酸氢铵受热分解为氨气、水和二氧化碳

(3) 乙烯在氧气中燃烧生成二氧化碳和水

本章小结

这一章的主要内容，是围绕着氧气的性质展开的。因此，本章的重点是氧气的化学性质和实验室制法，只要掌握了氧气的性质，学习其它内容就比较容易了。

下表简要地表示了这一章内容间的联系。



在这一章中，我们还学习了两个基本反应类型，这两个反应类型可以用下面的通式简明地表示出来。

化合反应： $A + B \rightarrow AB$

分解反应： $AB \rightarrow A + B$

复习题

1. 填写下列空白

(1) 物质的化学性质, 必须经过_____才能表现出来; 物质的物理性质, _____就能表现出来。

(2) 二氧化锰在氯酸钾受热分解时起_____作用, 是这个反应的_____剂, 在这个反应前后, 二氧化锰的化学性质和质量_____改变。

(3) 硫在空气中燃烧后的生成物叫_____; 细铁丝在氧气中燃烧后的生成物叫_____。

(4) 在工业上是利用液态氮和液态氧的_____不同, 采用_____的方法制得氧气的。

(5) 氯酸钾和氯化钾都是白色固体, 可以用_____方法进行区别。

2. 将正确答案的序号填在括号里

(1) 物质发生化学反应的本质特征是 []。

- A. 状态和颜色发生了变化 B. 有放热和发光的现象产生
C. 有气体逸出 D. 有其它物质生成

(2) 下列物质分别在氧气中燃烧, 有二氧化碳和水生成的是 []。

- A. 木炭 B. 硫 C. 石蜡 D. 磷

(3) 下列说法中, 正确的是 []。

- A. 蜡烛在氧气中燃烧是氧化反应, 但不是化合反应
B. 物质只要满足将温度升高到着火点之上或与氧气接触这两个条件中的一个, 就可以燃烧
C. 用氯酸钾制取氧气的反应是分解反应
D. 凡是在通常条件下不能燃烧的物质, 都是不能与氧气反应的物质

3. 填表

与氧气反应的物质	与氧气反应的条件	与氧气反应的现象	反应后生成物的名称	化学反应的文字表达式
木炭				
硫				
磷				
细铁丝				
石蜡				

4. 有三个集气瓶, 分别充满空气、氮气和氧气。试用简单的方法加以鉴别。

5. 有人画了下面的关于在实验室里制取氧气的装置图, 回答以下两个问题:

(1) 这个图是否有错误? 如果有错误, 指出错误在哪里, 并说明改正的方法。

(2) 实验完毕后, 应该先移去酒精灯还是先把导管从水里拿出来? 为什

么？

6. 写出下列反应的文字表达式，并指出是化合反应还是分解反应。

(1) 镁在空气中燃烧

(2) 乙炔在氧气中燃烧生成二氧化碳和水

(3) 高锰酸钾受热生成锰酸钾、二氧化锰和氧气

(4) 碱式碳酸铜受热生成氧化铜、水和二氧化碳

(5) 氧化汞受热生成汞和氧气

第三章 分子和原子

我们周围的世界是由形形色色的物质构成的。但物质本身又是由什么构成的呢？例如，滔滔不绝的流水，是连续的、可以无限分割的呢？还是由分到最后不能再分的水的微粒所构成？自古以来，这个问题曾引起许多学者的争论。通过长期的实践和科学研究，人们终于逐步搞清并证实，物质是由分子、原子等等微粒构成的，可以设想为，好比建筑物是由砖、瓦构成的一样。

在本章中，我们主要学习分子和原子这两个概念，以及有关原子的构成、元素、化学式等方面的基础知识。

第一节 分子

一、分子

我们走到花圃或酒店的附近，往往会嗅到花或酒的香气；湿的衣服经过晾晒就会干燥；糖块放在水里，会逐渐消失，而水却有了甜味；100 毫升酒精和 100 毫升水混合在一起，体积小于 200 毫升（图 3 - 1）。

[实验 3 - 1] 把固体碘密封在一根约长 10 厘米的玻璃管内。用酒精灯微热玻璃管盛碘的一端，观察管内发生的现象。（图 3 - 2）

固体碘受热变成蒸气，碘蒸气遇冷又变成固体碘。

以上所说的这些现象，从表面上看起来，好像是互不相关的，也是不容易解释的。自从人们认识到一切物质都是由相应的微粒所构成以后，这些现象就比较容易理解了。例如，人能嗅到花或酒的香气，是因为花或酒中有香气的微粒，扩散到空气中，接触到人的嗅觉细胞，因而使人嗅到了香气。湿衣服能晾干，是由于构成水的微粒在风吹日晒下扩散到空气中去了。糖块在水中溶解，同时水有了甜味，是由于糖的微粒扩散到水的微粒中间去了。酒精跟水混合后的总体积小于混合前它们的体积之和，我们可以设想，是由于构成酒精和水的微粒之间都有空隙，当这两种微粒混合时，在相互作用的过程中，有的微粒挤占了空隙。固体碘受热变成蒸气，是由于受热后碘的微粒的运动速度加大了，微粒的间隔也加大了；碘蒸气冷却时变成碘的固体，是由于碘的微粒的运动速度和间隔都变小了。

上述水、酒精、蔗糖和碘的微粒属于科学上所说的分子。分子是构成物质的一种微粒。上章所讲的氮气、氧气、二氧化碳等物质也都是由分子构成的。

由分子构成的物质在发生物理变化时，物质的分子本身没有变化。例如，水变成水蒸气时，水分子本身没有变，水的化学性质没有变；蔗糖溶于水时，蔗糖分子和水分子都没有变，它们的化学性质也都没有变。由分子构成的物质在发生化学变化时，它的分子起了变化，变成了别的物质的分子。例如，硫或碳在氧气中燃烧时，硫、碳、氧气的分子都发生了变化，生成了二氧化硫或二氧化碳的分子，因而硫、碳、氧气的化学性质当然不能保持了。

所以，分子是保持物质的化学性质的一种微粒。同种物质的分子，性质相同；不同种物质的分子，性质不同。

分子的体积是很小的，一滴水（按 20 滴水的体积为 1 毫升计算）里约有 1.67×10^{21} 个水分子。如果 10 亿人来数一滴水里的水分子，每人每分钟数 100 个，日夜不停，需要数 3 万多年才能数完。如果拿水分子的大小跟乒乓球相比，就好像拿乒乓球跟地球相比一样。分子这么小，我们用肉眼直接看是看不见的。现在，人们已能通过科学仪器把分子放大几十万倍，观察到分子的图像。下图就是苯分子图像的照片，这有力地证明了分子的存在。

图中白色部分表示苯分子。

图 3-3 用扫描隧道显微镜观察到的苯分子图像的照片

分子的质量是非常小的。例如，水分子的质量大约是 3×10^{-26} 千克。

分子并不是静止地存在的，它总是在不断地运动。一杯水和一块糖放在桌子上，看起来是静止不动的，实际上水分子和糖分子都在不断地运动。把糖放在水中，糖能够溶解，就是这个缘故。

分子间有一定的间隔。一般物体有热胀冷缩的现象，就是由于物质分子间的间隔受热时增大，遇冷时减小的缘故。气态物质的分子间的间隔很大，而液态和固态物质的分子间的间隔都很小。

[讨论] 举出生活中几个事例，说明分子在不断运动，分子间有间隔。

家庭小实验

在一个玻璃容器（如小玻璃杯、小玻璃瓶等）中，加入约 20 毫升水，向水中放入一个小糖块（冰糖块或砂糖块）。在容器外壁用铅笔沿液面画一条水平线。当糖块溶解后，观察并比较液面与水平线的高低。解释以上现象。

二、混合物和纯净物

混合物是由两种或多种物质混合而成的，这些物质相互间没有发生反应，混合物里各物质都保持原来的性质。例如，空气是氧气、氮气、稀有气体、二氧化碳等多种成分组成的混合物，各种成分间没有发生化学反应，它们各自保持原来的性质。

纯净物跟混合物不同，它是由一种物质组成的。例如，氧气、氮气和氯酸钾等都是纯净物。

[实验 3 - 2] 在两张滤纸上各放置少量铁粉和硫粉，观察它们的颜色和状态。把两种物质的粉末在一张滤纸上均匀混合。再观察它们的颜色、状态。用一个磁铁在混合物上方缓慢移动，观察发生了什么现象。

由以上实验可见，铁粉和硫粉的混合物的颜色，跟铁粉和硫粉都不相同。用磁铁可以吸引混合物中的铁而不能吸引硫，可知，混合物中的铁和硫各自保持原来的性质。

分子的知识可以帮助我们比较深入地理解混合物和纯净物的概念。由分子构成的物质，如果是由不同种分子构成的就是混合物，由同种分子构成的就是纯净物。例如，空气中含有氧气、氮气、二氧化碳等物质的不同分子，所以空气是混合物。氧气只是由氧气分子构成的，所以氧气是纯净物。

我们研究任何一种物质的性质，都必须取用纯净物。因为一种物质里如果含有杂质，就会影响这种物质固有的某些性质。

实际上，绝对纯净的物质是没有的，通常所谓的纯净物指的是含杂质很少的具有一定纯度的物质。为了适应工农业生产和科学实验的需要，可以用物理或化学的方法，使不纯物质变为比较纯的物质。例如，用作半导体材料的硅，就是从含硅的矿物里制得的。经提纯，硅的质量分数可达 99.99999999%，这种硅叫做高纯硅。

习 题

1. 填写下列空白

(1) 分子是保持物质_____性质的一种微粒。同种物质的分子，性质_____；不同种物质的分子，性质_____。

(2) 5 克水中大约有_____个水分子。

2. 回答下列问题

(1) 盛酒精、汽油的瓶子为什么要塞紧瓶塞？

(2) 在一定温度下，一定量的气体受压时体积缩小，为什么？

(3) 湿衣服晾在日光下容易干燥，为什么？

3. 分子是否保持物质的物理性质？举例说明。

4. 下面的叙述是否正确，为什么？

(1) 空气是由空气的分子构成的。

(2) 空气中的氮气和氧气经混合，它们的化学性质都已改变。

(3) 空气里氮气、氧气等的分子均匀地混合在一起。

5. 指出下列物质里，哪些属于混合物，哪些属于纯净物？

(1) 氧化镁，(2) 空气，(3) 氧气，(4) 液态氧，(5) 硫粉，(6) 二氧化碳，(7) 氯酸钾跟二氧化锰混合并加热制取氧气后的剩余物。

第二节 原子

一、原子

分子是很小的，它是否还可以再分呢？

质量分数的符号是 ω 。表示物质中某组分的质量与物质总质量之比。

在本书中，如以“%”形式表示而不特别注明，均指某组分的质量分数。

实验证明，某种物质的分子经过化学反应能够变成其它物质的分子，例如，碱式碳酸铜的分子经过加热，能够变成氧化铜、水和二氧化碳的分子。可见，分子尽管很小，但还是可以再分的。我们再举一个比较简单的例子。把氧化汞（一种红色的粉末）加热时，可以得到银白色的金属汞，同时生成氧气。科学研究证明，氧化汞受热时，氧化汞分子会分解为更小的氧微粒和汞微粒。这些微粒进行重新组合，每2个氧微粒结合成1个氧分子，许多个汞微粒聚集成金属汞。这个反应可以用图式形象地表示如下：

在化学反应中不能把氧微粒或汞微粒进一步再分成更小的微粒了。科学上把这种在化学反应中不能再分的微粒叫做原子。在化学反应中分子发生了变化，生成了新的分子，而原子仍然是原来的原子。因此，原子是化学变化中的最小微粒。

原子的体积很小。我们如果有可能把1亿个氧原子排成一行，它们的长度也只有1厘米多一些。因此，肉眼是看不见原子的。现在人们已能通过科学仪器摄制出显示原子图像的照片。图3-6是用扫描隧道显微镜摄制的显示硅原子图像的照片。图中的白点表示硅原子。

原子的质量很小，它和分子一样，也在不断地运动。

有些物质是由分子构成的，例如，水、酒精、蔗糖等；还有一些物质是由原子直接构成的，例如，稀有气体、汞等。

〔讨论〕分子和原子有什么不同？

选 学

原子和分子的发现

物质由不连续的微粒构成，这一想法由来很久。远在公元前5世纪，希腊哲学家德谟克利特等人就认为万物是由大量的不可分割的微粒构成的，并把这些微粒叫做原子（希腊文原意是“不可分割”）。各种古代原子观念是人们根据对自然现象的观察、想象和推测提出来的，可以用来初步解释像混合、蒸发、溶解等现象。但是，它缺乏科学实验的验证。

到了17和18世纪，由于科学家对气体性质和热现象的研究，积累了大量的事实，论证了原子和分子的存在。英国科学家道尔顿（图3-7）于19世纪初提出了近代原子学说。他认为物质是由原子构成的，这些原子是微小的不可分割的实心球体，同种原子的性质和质量都相同。道尔顿的原子学说对化学的发展起了十分重要的作用。但他没有把原子和分子区别开来。后来，意大利的科学家阿伏加德罗提出了分子的概念，指出了分子和原子的区别

和联系。人们把物质由原子、分子构成的学说叫做原子-分子论。

自从用原子-分子论来研究物质的性质和变化以后,化学才有了较快的发展。现在,人们对物质结构的认识早已远远地超过了原子-分子论的水平。

德谟克利特 (Democritus, 公元前 460? ~ 370?)

图 3 - 7 道尔顿 (J.Dalton.1766 ~ 1844) 英国化学家

阿伏加德罗 (A.Avogadro, 1776 ~ 1856)

二、原子能不能再分

原子在化学反应中不能再分,如果用其它方法或在其它变化中能不能再分呢?

直到 19 世纪末叶,人们还认为原子是不能再分的。后来,生产技术的发展为精密的科学实验提供了条件,在 1897 年,英国科学家汤姆生 发现了电子,并认为一切原子中都含有电子,人们开始揭示原子内部的秘密,认识到原子不是构成物质的最小微粒,它本身还具有复杂的结构,还可以再分。

科学实验证明,原子是由居于原子中心的带正电的原子核和核外带负电的电子构成的。由于原子核所带电量和核外电子的电量相等,但电性相反,因此原子不显电性。不同类的原子,它们的原子核所带的电荷数彼此不同。如氢原子,原子核带 1 个单位正电荷,核外有 1 个电子,带 1 个单位负电荷;氧原子,原子核带 8 个单位正电荷,核外有 8 个电子,带 8 个单位负电荷,等等。同种原子的核电荷数是相同的。

原子核比原子小得多,原子核的半径约为原子半径的十万分之一,原子核的体积只占原子体积的几千亿分之一。假设原子有一座十层大楼那样大,那么原子核却只有一个樱桃那样大。因此,相对来说,原子有很大的空间,电子就在这个空间里作高速的运动。

原子核虽小,但它还可以再分。现代原子能的利用、原子弹的爆炸,就是利用原子核变化时所放出的巨大的能量。

科学实验证明,原子核是由质子和中子两种微粒构成的。每个质子带 1 个单位的正电荷,中子不带电,可见原子核所带的正电荷数(核电荷数)就等于核内质子的数目。表 3 - 1 列出了几种原子的构成。

汤姆生 (J.J.Thomson, 1856 ~ 1940)

表 3 - 1 几种原子的构成

原子种类	原子核		核外电子数
	质子数	中子数	
氢	1		1
碳	6	6	6
氧	8	8	8
钠	11	12	11
铁	26	30	26

三、原子量

原子虽然很小，但也有一定的质量。不同原子的质量各不相同，表 3 - 2 列出几种原子的质量。

表 3 - 2 几种原子的质量

原子种类	1 个原子的质量/千克
氢	1.674×10^{-27}
碳	1.993×10^{-26}
氧	2.657×10^{-26}
铁	9.288×10^{-26}

这样小的数字，书写、记忆和使用都很不方便，就像用吨作单位来表示一粒稻谷或小麦的质量一样。简便的解决办法是选择一个跟稻粒或麦粒的质量接近的单位来衡量稻粒或麦粒的质量。同样的道理，衡量各种原子的质量，最好能选用一种跟原子质量相近的“砝码”。因而科学家想到选择一种原子的质量作为比较的标准来衡量其它原子的质量。也就是说，不直接用原子的实际质量（千克为单位），而采用以一种原子的质量作为比较的标准，得到其它原子质量跟它的比值。经过研究和实践，国际上一致同意以一种碳原子的质量的 $1/12$ （约 1.66×10^{-27} 千克）作为标准，其它原子的质量跟它比较所得的值，就是这种原子的相对原子质量（原子量）。例如，氢原子的质量约等于碳 12 原子质量的 $1/12$ ，所以，氢的

这种碳原子指的是原子核内有 6 个质子和 6 个中子的一种碳原子，通常叫做碳 12 原子。此外，还有质子数为 6 而中子数不同的碳原子。

相对原子质量是中华人民共和国国家标准 GB3100 ~ 3102-93《量和单位》中规定的名称。此量以前称为原子量。做为过渡，在不致产生误解时，也可称为原子量。

原子量约等于 1。氧原子和铁原子的质量约等于碳 12 原子质量的 $1/12$ 的 16 倍和 56 倍，所以，氧和铁的原子量分别约等于 16 和 56。

由此可见，原子量只是一个比值，它的国际单位制（SI）单位为一，符号为 1（单位 1 一般不写出）。我们采用原子量来计算、书写是很方便的。一般化学计算可采用原子量的近似值，见第 42 页的表 3 - 3。相对原子质量表见书末附录。

质子和中子的质量大约相等，都约等于碳 12 原子质量的 $1/12$ ，即约等于 1 个氢原子的质量。电子的质量很小，仅相当于质子或中子质量的 $1/1836$ 。因此，原子的质量主要集中在原子核上。

习 题

1. 将正确答案的序号填在括号里

(1) 原子核 []。

A. 由电子和质子构成 B. 由质子和中子构成

- C. 由电子和中子构成 D. 不能再分
- (2) 在原子中质子数等于 []。
- A. 中子数 B. 电子数
- C. 中子数和电子数之和 D. 原子量
- (3) 碳的原子量是 []。
- A. 12 克 B. 12
- C. 1.993×10^{-26} 千克 D. 1/12 克

2. 以氧原子为例，说明构成原子的微粒有哪几种。它们怎样构成原子？为什么整个原子不显电性？

3. 下列的叙述有没有错误？怎样改正？

- (1) 原子量是原子质量的简称。
- (2) 原子量的单位是千克。
- (3) 原子的质量约等于原子核内质子和中子的质量之和。
- (4) 钠的原子核中有 11 个质子和 12 个中子，核外有 11 个电子，钠原子不显电性。

4. 用原子和分子的观点来解释下列事实：

- (1) 水受热蒸发变成水蒸气。
- (2) 氧化汞受热分解生成汞和氧气。
- (3) 蔗糖溶解于水。
- (4) 打开衣箱时，可以嗅到压在衣服下的樟脑的气味。

第三节 元素 元素符号

一、元素

我们生活在物质的世界里，我们周围的千千万万种物质是不是由少数基本物质所形成的呢？这个问题古代的许多哲学家都思考过。有人认为气是万物之源，有人认为水是万物之本，有人认为万物是由气、水、火、土四种元素形成的，有人认为是由金、木、水、火、土组成万物的。真可说是众说纷纭，但都拿不出令人信服的科学根据。经过长期的实践和科学研究，这些说法都被人们否定了。

直到人们认识了原子和原子内部结构以后，才对组成万物的基本物质——元素有了进一步理解。现在人们认为元素是同一类原子的总称。

我们知道，氧分子是由氧原子构成的，二氧化碳分子是由氧原子和碳原子构成的。无论氧分子中的氧原子，还是二氧化碳中的氧原子，都是同一类的原子，核电荷数都是 8，即核内都有 8 个质子。氧气和二氧化碳两种物质中，都含有氧元素。

通常所说的氮肥，如尿素、硝酸铵等，都是含有氮元素的肥料；铁矿石、钢铁、铁锈中都含有铁元素。

因为同类原子具有相同的核电荷，因此，元素是具有相同核电荷数（即核内质子数）的一类原子的总称。

我们周围的世界里，物质的种类非常多，约有一千多万种。但是，组成这些物质的元素并不多。到目前为止，已经发现的元素约有一百余种。这一千多万种物质都是由这一百余种元素所组成的。

我们研究某一种物质，通常指的是纯净物。在纯净物里，有的是由同种元素组成的，例如，氧气是由氧元素组成的，铁是由铁元素组成的。像这种由同种元素组成的纯净物叫做单质。

有些物质的组成比较复杂，例如，氧化镁是由氧和镁两种不同元素组成的，氯酸钾是由钾、氯和氧三种元素组成的。像这种由不同元素组成的纯净物叫做化合物。

在由两种元素组成的化合物中，如果其中一种是氧元素，这种化合物叫做氧化物。如氧化镁、二氧化碳等都是氧化物。

各种元素在地壳里的含量相差很大。从图 3 - 8 可以看到，地壳主要是由氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、氢等等元素所组成。含量最多的元素是氧，其次是硅。氧几乎占地壳的一半。氧在自然界里起着重要的作用。但是，如果以为含量少的那些元素在自然界里起着次要的作用，那就错了。例如，碳、氢和氮对动植物有着非常重要的作用，但是这三种元素在地壳里的质量分数却较小：碳是 0.087%，氢是 0.76%，氮是 0.03%。

选 学

生物细胞中的元素

生物细胞，不管它来源于动物、植物或微生物，都含有近似的元素组成（元素种类和质量分数）。

二、元素符号

元素有一百多种，如果用文字来表示各种元素以及由它们组成的单质和化合物将十分麻烦。人们经多年的使用修改，确定了一套符号来表示各种元素。

在国际上，现在统一采用元素的拉丁文名称的第一个大写字母来表示元素，如果几种元素名称的第一个字母相同时，可再附加一个小写字母来区别。例如，用C表示碳元素，Ca表示钙元素，S表示硫元素，Si表示硅元素，N表示氮元素，Na表示钠元素，等等。这种符号叫做元素符号。书写元素符号时应该注意，第二个字母必须小写，以免混淆。例如，CO表示钴元素，如果写成C0，就表示化合物一氧化碳了。

元素符号表示一种元素，还表示这种元素的一个原子。

一些常见元素的名称、符号和一般化学计算所采用的原子量（近似值）见表3-3。

表3-3 一些常见元素的名称、元素符号和原子量（近似值）

元素名称	元素符号	原子量	元素名称	元素符号	原子量	元素名称	元素符号	原子量
氢	H	1	碳	C	12	钙	Ca	40
氦	He	4	硅	Si	28	锰	Mn	55
氮	N	14	磷	P	31	铁	Fe	56
氧	O	16	硫	S	32	铜	Cu	63.5
氟	F	19	钠	Na	23	锌	Zn	65
氖	Ne	20	镁	Mg	24	银	Ag	108
氯	Cl	35.5	铝	Al	27	钡	Ba	137
氩	Ar	40	钾	K	39	汞	Hg	201

习题

1. 填写下列空白

- （1）二氧化碳是由碳_____和氧_____组成的。
- （2）二氧化碳分子是由碳_____和氧_____构成的。
- （3）氧化镁、二氧化碳、氧化汞中都含有_____元素，它们都属于_____。
- （4）写出下列元素的符号和原子量（近似值）镁_____,磷_____,银_____,铁_____。

2. 下列说法有没有错误？把错误的说法加以改正。

- （1）加热氧化汞生成汞和氧气，氧化汞中含有氧气分子。
- （2）二氧化硫分子是由硫元素和氧元素构成的。
- （3）二氧化碳是由氧气和碳两种单质组成的。

3. 将正确答案的序号填在括号里

- （1）元素是具有_____的一类原子的总称。 []
A. 相同质量 B. 相同中子数

C.相同电子数 D.相同核电荷数

(2) 下面的符号中，写法正确的元素符号是 []。

A.CA B.SI C.al D.Fe

气态非金属元素的名称都有“气”字头，液态非金属元素的名称有“氵”旁，固态非金属元素的名称都有“石”字旁，金属元素的名称都有“钅”旁（汞除外）。

4. 填表

元素名称	氮			氢			碳	铁		钠		硅
元素符号			P		O	Al					Ca	
原子量（近似量）		32							35.5			

第四节 化学式 式量

一、化学式

我们已经知道，元素可用元素符号来表示。那么，由元素组成的各种单质和化合物怎样来表示呢？人们通过科学实验，认识到各种纯净物质都有一定的组成，也就是说，一种物质由哪些元素组成，这些元素的质量比或原子个数之比，都是一定的。为了便于认识和研究物质，在化学上常用元素符号来表示物质的组成。例如，可以分别用 O_2 、 H_2O 、 CO_2 、 MgO 、 $NaCl$ 来表示氧气、水、二氧化碳、氧化镁、氯化钠的组成。这种用元素符号来表示物质组成的式子叫做化学式。

各种物质的化学式，是通过实验的方法，测定物质的组成，然后得出来的。一种物质只用一个化学式来表示。

从水的化学式 H_2O ，我们可以知道，在水分子中

氢原子数：氧原子数=2 1

氢的质量：氧的质量= 1×2 16=1 8

同样，从二氧化碳的化学式 CO_2 ，我们可以知道，在二氧化碳分子中

碳原子数：氧原子数=1 2

碳的质量：氧的质量= 12 16 $\times 2$ =3 8

有些化学式不仅能表示这种物质的组成，同时也能表示这种物质的分子的组成，这种化学式也叫做分子式。例如，氧气的化学式 O_2 也是氧气的分子式，表示 1 个氧分子里有 2 个氧原子。 H_2O 既是水的化学式，也是水的分子式，它表示 1 个水分子中有 2 个氢原子和 1 个氧原子。

为了学习的简便，在本书中一律用化学式来表示物质的组成，而不再区分哪些化学式是分子式。

1. 单质的化学式的写法

单质是由同种元素组成的。金属单质和固态非金属单质习惯上就用元素符号表示它们的化学式。例如，碳单质用 C 表示，铁单质用 Fe 表示。

稀有气体是由单原子构成的，通常也用元素符号表示它们的化学式，例如，氦气和氖气分别用 He 和 Ne 来表示。

有些非金属气体如氧气、氮气、氢气等的 1 个分子里都含有 2 个原子，因而这些单质的化学式分别用 O_2 、 N_2 和 H_2 来表示。右下角的小数字表示这种单质 1 个分子里所含的原子数。

2. 化合物的化学式的写法

化合物是由不同元素组成的。在写一个化合物的化学式时，首先必须知道这种化合物是由哪几种元素组成的，然后还要知道组成这种化合物的不同元素的原子的个数比。知道这些事实后，就可以先写出组成这种化合物的各元素的元素符号，然后在每种元素符号的右下角用小数字，标明组成这种化合物的各种元素的原子个数比（如果是 1 个原子，则“1”字可以省略）。

书写氧化物的化学式时，一般要把氧的元素符号写在右方，另一种元素符号写在左方。例如，二氧化碳的化学式是 CO_2 ，氧化汞的化学式是 HgO 。

书写由金属元素跟非金属元素组成的化合物的化学式时，一般把金属的元素符号写在左方，非金属的元素符号写在右方。例如，硫化锌的化学式是 ZnS 。

还应该注意，元素符号右下角的数字和元素符号前面的数字在意义上是完全不同的。例如， O_2 表示由2个氧原子构成的1个氧分子；2O表示2个氧原子； $3O_2$ 表示3个氧分子。

由两种元素组成的化合物的名称，一般是从右向左读作“某化某”。例如，NaCl读作氯化钠。有时还要读出化学式里各种元素的原子个数，例如， SO_2 读作二氧化硫， Fe_3O_4 读作四氧化三铁，等等。

二、式量

化学式中各原子的原子量的总和就是式量。可见式量也是以碳12原子的质量作标准，进行比较而得的相对质量。它也是个比值，它的国际单位制(SI)单位为一，符号为1(单位1一般不写出)。

根据化学式可以进行以下各种计算：

1. 计算物质的式量

例如，氯化钠的化学式是NaCl，它的式量等于钠原子量和氯原子量之和。

$$\text{NaCl 的式量} = 23 + 35.5 = 58.5$$

二氧化碳的化学式是 CO_2 ，它的式量等于碳的原子量加上两倍氧的原子量之和。

$$CO_2 \text{ 的式量} = 12 + 16 \times 2 = 44$$

2. 计算组成物质的各元素的质量比

例如，二氧化碳中碳元素和氧元素的质量比等于

$$\frac{12}{16 \times 2} = \frac{3}{8}$$

3. 计算物质中某一元素的质量分数

例如，计算化肥硝酸铵(NH_4NO_3)中氮元素的质量分数。

先根据化学式计算出式量：

$$NH_4NO_3 \text{ 的式量} = 14 + 1 \times 4 + 14 + 16 \times 3 = 80$$

再计算氮元素的质量分数：

$$\frac{N \text{ 的原子量} \times 2}{NH_4NO_3 \text{ 的式量}} \times 100\%$$

习 题

1. 下列符号各表示什么意义？

(1) H, (2) 2H, (3) H_2 , (4) $2H_2$ 。

2. 在下列式子里各物质名称的下面，分别写出它们的化学式。

(1) 氧气+硫→二氧化硫 (2) 氧化汞→汞+氧气

(3) 氧气+磷→五氧化二磷 (4) 水→氢气+氧气

3. 把正确答案的序号填在括号里

(1) 四氧化三铁的化学式是 []。

A. $4O_3Fe$

B. O_4Fe_3

C. Fe_4O_3

D. Fe_3O_4

(2) NO_2 的读法是

[]。

A. 一氮化二氧

B. 二氧化一氮

C. 二氧化氮

D. 氮氧二

(3) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的式量的计算方法是 []。

A. $(40+16+1) \times 2$

B. $40+(16+1) \times 2$

C. $40+16+1 \times 2$

D. $40 \times (16+1) \times 2$

4. 计算下列物质的式量

(1) 氯气 (Cl_2)

(2) 氯酸钾 (KClO_3)

(3) 二氧化锰 (MnO_2)

(4) 硫酸铵 [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$]

(5) 碱式碳酸铜 [$\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$]

(6) 蔗糖 ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)

5. 计算化肥尿素 [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] 和硫酸铵 [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$] 中氮元素的质量分数。这两种化肥中, 哪种化肥的氮元素的质量分数大?

6. 计算磁铁矿 (Fe_3O_4) 和赤铁矿 (Fe_2O_3) 中铁元素的质量分数。这两种矿石中, 哪种矿石铁元素的质量分数大?

本章小结

一、分子和原子

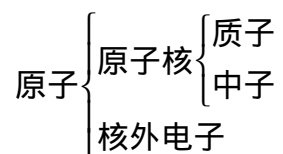
1. 分子、原子都是构成物质的微粒。分子是由相同的或不同的原子构成的。

2. 分子是保持物质化学性质的一种微粒，在化学反应中可以再分；原子是化学变化中的最小微粒，原子在化学反应中不能再分。

3. 分子和原子的体积和质量都很小。它们的质量分别是以碳 12 原子质量的 $1/12$ 作标准，相比较所得的相对质量——式量和原子量来表示。

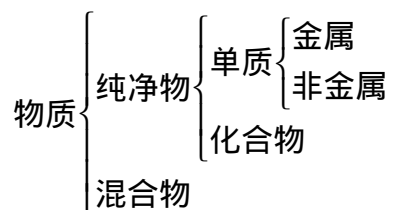
4. 构成物质的微粒之间都有间隔，它们都在不断地运动。

二、原子的结构



$$\text{核电荷数} = \text{质子数} = \text{核外电子数}$$

三、物质的简单分类



四、表示物质的符号

元素可用元素符号来表示。用元素符号来表示物质组成的式子叫做化学式。

复习题

1. 将正确答案的序号填在括号里

(1) 下列物质中，_____里存在着氧分子。 []

- A. 二氧化碳 B. 空气
C. 水 D. 氯酸钾

(2) 下列说法中，_____是正确的。 []

- A. 空气是一种单质
B. 空气是一种化合物
C. 空气是几种元素的混合物
D. 空气是几种单质和几种化合物的混合物

(3) 在某氮的氧化物里，氮元素与氧元素的质量比为 7 : 16，则该氧化物的化学式为 []。

- A. NO B. NO₂ C. N₂O D. N₂O₅

2. 计算下列物质的式量

- (1) 氮气 (N₂) (2) 氧化铁 (Fe₂O₃)
(3) 氯化铝 (AlCl₃) (4) 硫酸铜 (CuSO₄)

3. 根据二氧化碳的化学式计算：

- (1) 二氧化碳里碳元素和氧元素的质量比；
(2) 二氧化碳里各元素的质量分数；
(3) 11 克二氧化碳里含碳多少克；
(4) 多少克二氧化碳里含有 6 克碳。

4. 从 36 克水中最多能制得多少克氧气？

5. 硝酸铵 (NH₄NO₃) 和碳酸氢铵 (NH₄HCO₃) 这两种化肥中，哪一种氮的质量分数大？

6. 填写下列空白

- (1) 氧原子核中有 8 个质子，核外有_____个电子。
(2) KClO₃ 中氧的质量分数是_____。
(3) 10 克 KClO₃ 加热时最多能放出氧气_____克。

第四章 化学方程式

在前几章中，谈到物质的化学变化时，常用文字表示。但是，用文字表示化学反应写起来很麻烦，而且无法表示反应物和生成物的组成，也无法反映出各物质间的量的关系。

在第三章中，我们学习了化学式，是否可以利用化学式来表示物质之间的化学反应呢？

在这一章中，我们将着重研究这个问题。

第一节 质量守恒定律

在学习氧气的化学性质时，我们做了许多实验，如铁在氧气中燃烧、氯酸钾受热分解等，在实验中观察到了各种反应现象，知道了物质经过化学反应，可以生成新的物质。但是，并没有涉及反应物与生成物之间的质量问题。

反应物的质量同生成物的质量之间究竟有什么关系呢？反应后物质的总质量是增加？是减少？还是不变呢？让我们通过下面几个实验来探讨一下这些问题。

[实验 4 - 1] 在底部铺有细沙的锥形瓶中，放入一粒火柴头大小的白磷。在锥形瓶口的橡皮塞上安装一根玻璃棒，并使玻璃棒能与白磷接触。将锥形瓶放在托盘天平上用砝码平衡。然后，取下锥形瓶塞上的玻璃棒放到酒精灯火焰上灼热后，迅速用橡皮塞将锥形瓶塞紧，并将白磷引燃。待锥形瓶冷却后，重新放到托盘天平上，观察天平是否平衡。

[实验 4 - 2] 把装有无色氢氧化钠溶液的小试管，小心地放入盛有蓝色硫酸铜溶液的小烧杯中。将小烧杯放到托盘天平上用砝码平衡。取下小烧杯并将其倾斜，使两种溶液混合，氢氧化钠与硫酸铜反应，生成蓝色沉淀。再把小烧杯放到托盘天平上，观察天平是否平衡。

从这两个实验的结果可以看出，反应前后天平都是平衡的。这说明反应前物质的总质量跟反应后物质的总质量相等。

无数实验证明，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。这个规律就叫做质量守恒定律。

为什么物质在发生化学反应前后，各物质的质量总和相等呢？这是因为化学反应的过程，就是参加反应的各物质（反应物）的原子，重新组合而生成其它物质（生成物）的过程。也就是说，在一切化学反应中，反应前后原子的种类没有改变，原子的数目没有增减，原子的质量也没有变化。所以，化学反应前后各物质的质量总和必然相等。

习 题

1. 根据质量守恒定律解释下列问题

- (1) 氯酸钾受热分解后，剩余固体的质量比原反应物的质量轻。
- (2) 镁条在空气中燃烧后，生成物的质量比原来镁条的质量增加。

2. 判断下列说法是否正确，并将错误的说法改正。

(1) 因为“质量守恒”，所以氧气跟硫进行化合反应生成的二氧化硫中一定含有氧气。

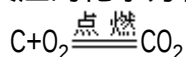
(2) 物质在空气中加热发生反应后，生成物的总质量必然等于反应物的总质量。

(3) 细铁丝在氧气中燃烧后，生成物的质量比细铁丝的质量大，因此这个反应不遵守质量守恒定律。

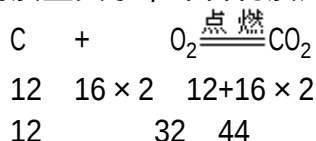
第二节 化学方程式

对于一个化学反应，我们不仅需要知道反应条件、哪些物质参加了反应和生成了哪些物质，还要知道各物质之间的质量关系。质量守恒定律恰好揭示了化学反应中的反应物和生成物的质量关系。

根据质量守恒定律，我们可以利用物质的化学式来表示具体的化学反应。这种用化学式来表示化学反应的式子，叫做化学方程式。如木炭在氧气中燃烧生成二氧化碳，该反应的化学方程式为



这个式子不仅表明了反应物、生成物和反应条件，同时，通过式量还可以表示各物质之间的质量关系，即各物质之间的质量比。



这就是说，每 12 份质量的碳跟 32 份质量的氧气完全反应，能生成 44 份质量的二氧化碳。

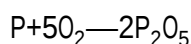
书写化学方程式要遵守两个原则：一是必须以客观事实为基础，绝不能凭空设想，随意臆造事实上不存在的物质和化学反应；二是要遵守质量守恒定律，“等号”两边各种原子的数目必须相等。

我们以磷在空气中燃烧生成五氧化二磷的反应为例，说明书写化学方程式的具体步骤。

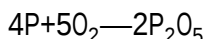
1. 写出反应物和生成物的化学式：根据实验事实，在式子的左边写出反应物的化学式，在式子的右边写出生成物的化学式，如果反应物或生成物不止一种，就分别用加号把它们连接起来，并在式子左、右两边之间画一条短线。 $\text{P} + \text{O}_2 \text{---} \text{P}_2\text{O}_5$

2. 配平化学方程式：书写化学方程式必须遵守质量守恒定律。因此，式子左、右两边的化学式前面要配上适当的系数，使得式子左、右两边的每一种元素的原子总数相等。这个过程叫化学方程式的配平。只有经过配平，才能使化学方程式反映出在化学反应中各物质的质量关系。配平化学方程式的方法很多，在这里，只介绍一种比较简单、常用的方法——最小公倍数法。

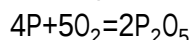
在上面的式子里，左边的氧原子数是 2，右边的氧原子数是 5，两数的最小公倍数是 10。因此，在 O_2 前面配上系数 5，在 P_2O_5 前面配上系数 2。



式子右边的磷原子数是 4，左边的磷原子数是 1，因此，要在 P 的前面配上系数 4。



式子两边各元素的原子数配平后，把短线改成“等号”。

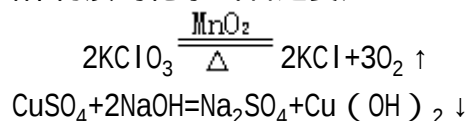


〔讨论〕为什么写化学方程式必须遵守质量守恒

3. 注明化学反应发生的条件：化学反应只有在一定条件下才能发生，因此，需要在化学方程式中注明反应发生的基本条件。如把点燃、加热（常用

“ ”号表示)、催化剂等,写在“等号”的上方。

如果生成物中有气体,在气体物质的化学式右边要注“↑”号;如果生成物中有固体,在固体物质的化学式右边要注“↓”号。例如:

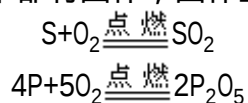


按照中华人民共和国国家标准 GB 3100 ~ 3102-93《量和单位》中的规定,应为化学计量数,符号为 ν 。

如果有两种以上的反应条件一般把加热符号写在“等号”下边。

这是在溶液中的反应。

但是,如果反应物和生成物中都有气体,气体生成物就不需注“↑”,同样,如果反应物和生成物中都有固体,固体生成物也不需注“↓”。例如:



习 题

1. 在 $3\text{Fe} + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Fe}_3\text{O}_4$ 的反应中, _____ 份质量的铁跟 _____ 份质量的氧气反应,生成 _____ 份质量的四氧化三铁。

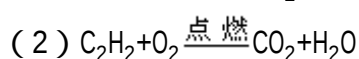
2. 写出下列反应的化学方程式

(1) 镁在氧气中燃烧,生成氧化镁

(2) 硫在氧气中燃烧,生成二氧化硫

(3) 氯酸钾在有催化剂及加热条件下分解,生成氯化钾和氧气。

3. 配平下列化学方程式,并计算反应中各物质间的质量比。



第三节 根据化学方程式的计算

研究物质的化学变化，常要涉及量的计算。例如，用一定量的原料最多可生产多少产品；生产一定量产品最少需要多少原料等。这些计算都是以化学方程式为依据进行的。

我们知道，化学方程式可以表示化学反应前后物质的变化和质量关系。根据化学方程式的计算就是从量的方面来研究物质变化的一种方法。

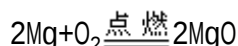
下面，我们用实例来说明根据化学方程式进行计算的步骤和方法。

[例题 1] 3 克镁在氧气中充分燃烧，可以生成多少克氧化镁？

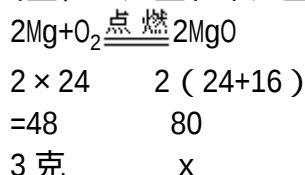
[解] (1) 设未知量*

设：3 克镁在氧气中充分燃烧可生成氧化镁的质量为 x 。

(2) 写出化学方程式



(3) 写出有关物质的式量、已知量和未知量



(4) 列比例式，求解

根据化学方程式可以得知，每 48 份质量的镁可以生成 80 份质量的氧化镁，已设 3 克镁可以生成氧化镁的质量为 x ，因此，可以列出下式进行求解：

$$\begin{aligned} \frac{48}{80} &= \frac{3 \text{ 克}}{x} \\ x &= \frac{80 \times 3 \text{ 克}}{48} \\ &= 5 \text{ 克} \end{aligned}$$

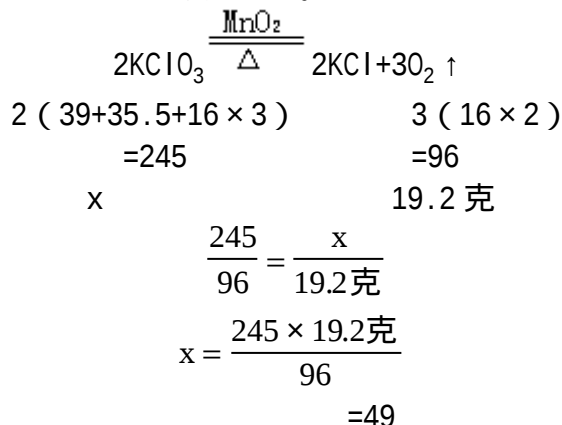
(5) 简明地写出答案

答：3 克镁在氧气中充分燃烧可生成氧化镁 5 克。

在实际运算过程中，[例题 1] 中的有些文字可以不写，具体格式可参照 [例题 2] 的方式。

[例题 2] 在实验室中分解氯酸钾制取氧气。若制取 19.2 克氧气，需要氯酸钾多少克？

[解] 设：需要氯酸钾的质量为 x 。



答：需要氯酸钾 49 克。

习 题

1. 填写下列空白

(1) 制取 4.8 克氧气，需要氯酸钾_____克。

(2) 3 克碳在氧气中充分燃烧，可得到_____克二氧化碳。

2. 15.5 克红磷在氧气中充分燃烧，可生成五氧化二磷多少克？

本章小结

从原子和分子的观点来看，化学反应的实质就是反应物分子破裂，所含各原子重新组合生成新的分子。由于原子的种类、数目和质量没有变化，因此，在化学反应前后各物质的总质量必然相等。化学方程式可以很明确地表示出这些内容。

化学方程式是重要的化学用语，是学习化学的工具，必须给予足够的重视。

这一章中的主要内容，可以利用下图联系起来。

复习题

1. 填写下列空白

(1) 制取 71 克五氧化二磷, 需要磷_____克, 需要氧气_____克。

(2) 加热分解_____克氯酸钾所得到氧气的质量与分解 434 克氧化汞所得到氧气的质量相等。

2. 将正确答案的序号填在括号里

(1) 下列各叙述中, 错误的是 []。

- A. 化学反应前后, 物质的质量总和是一样的
- B. 化学反应前后, 元素的种类是一样的
- C. 化学反应前后, 各种原子的总数是一样的
- D. 化学反应前后, 物质的分子个数是一样的

(2) 下列各式中, 正确表示硫酸铜跟氢氧化钠反应的化学方程式是 []。

- A. $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- B. $\text{CuSO}_4 + \text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- C. $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \downarrow$
- D. $\text{CuSO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{CuOH} + \text{Na}_2\text{SO}_4$

(3) 铝在氧气中燃烧生成三氧化二铝。在这个反应中, 铝、氧气、三氧化二铝的质量比是 []。

- A. 27 32 102
- B. 27 24 43
- C. 4 3 2
- D. 108 96 204

(4) 3 克镁在足量的氧气中完全燃烧, 可得到氧化镁_____克。
[]

- A. 10
- B. 6
- C. 5
- D. 12

3. 配平下列化学方程式

(1) $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

(2) $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \longrightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$

(3) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Fe} + \text{CO}_2$

(4) $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 \longrightarrow \text{NaCl} + \text{BaSO}_4 \downarrow$

4. 写出下列各反应的化学方程式

(1) 甲烷 (CH_4) 在氧气中燃烧, 生成二氧化碳和水

(2) 高锰酸钾 (KMnO_4) 受热分解为锰酸钾 (K^2MnO_4)、二氧化锰和氧气。

5. 计算下列反应中各物质间的质量比

(1) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2 \uparrow$

(2) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

(3) $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{NaNO}_3 + \text{AgCl} \downarrow$

(4) $\text{CuSO}_4 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$

6. 把干燥、纯净的氯酸钾和二氧化锰的混合物 15.5 克装入大试管中, 加热制取氧气。待反应完全后, 将试管冷却、称量, 得到 10.7 克固体物质。计

算制得氧气多少克？10.7 克固体物质中含有哪些物质？各多少克？

第五章 水氢

我们已经知道，人类须臾离不开空气。对于生命来讲，还有什么物质在重要性方面可以与空气相比呢？大家很自然会想到水，水对于人类、动物、植物的生存、发展是密切相关的。在这一章里，我们要学习关于水的一些知识，并由此引出另一种物质——氢气。

第一节 水是人类宝贵的自然资源

我们每天都要喝水，都要用水，但我们熟悉它吗？可能不少人的回答是肯定的。果真如此吗？下面几个问题是不是每个人都能确切地回答呢？

水属于哪一类物质？它是由哪些元素组成的？

除了供人饮用之外，水还有别的什么用途吗？

凡是无色透明的水都能喝吗？

水是无穷无尽的吗？

这一节以及今后化学课的学习，可以帮助大家解开这些疑团。

一、水在自然界的存在

水在地球上分布很广，江河、湖泊和海洋约占地球表面积的 $\frac{3}{4}$ 。从太空观察，地球是一个美丽的、蔚蓝色的星球，难怪有人说把地球称为水球更合适一些（见封里彩图）。不仅如此，在地层里、大气中以及动植物的体内都含有大量的水。例如，人体含水约占人体质量的 $\frac{2}{3}$ ，鱼体含水达 70% ~ 80%，某些蔬菜含水甚至达 90% 以上。

选 学

水对生物体的重要作用

水不仅是动植物体的组成成分，而且在它们的生理活动中，也起着重要作用。以人为例来说，食物要靠唾液、胃液消化，然后由血浆、组织液、淋巴液来吸收、运送、处理。水在人体内还起着调节体温、溶解食物、排泄废物等作用。人体内的水需要不断补充，一个人平均每天要补充（2.5 ~ 4）升水。

植物依靠光合作用制造养料，通过呼吸作用提供能量。在这两种作用过程中，都有水参加。植物所需的其它养分，也必须溶解在水中才能被吸收并运输到植物体的各部分。因此，满足植物对水分的需要是植物正常生长的十分重要的条件。

二、水与工、农业

农业生产和工业生产都离不开水。世界上用于农业的淡水占人类消耗淡水总量的 60% ~ 80%。工业上要用大量水来洗涤、溶解、加热或冷却，并用水作原料来制造化肥等产品，在动力工业上，水力发电在总发电量中占有一定比率。在交通运输上，内河及海洋航运发挥了巨大的作用。

三、保护水资源

水对于人类生活、工农业生产都具有重要意义。没有水，就不可能有生机勃勃的地球。很久以来，人们认为水是取之不尽，用之不竭的。这种想法

不仅没有事实根据，而且也是有害的。虽然地球上的总水量很大，但是淡水资源却不充裕，地面淡水量还不到总水量的 1%，而且分布很不均匀。有的科学家曾这样预言：“水，不久将成为一个深刻的社会危机。”近年来，我国许多省、市相继发生缺水的危机。水资源不足，将严重影响经济的发展。

水可以造福人类，但水被污染后却会给人类造成灾难。工业生产中的废渣、废水、废气和生活污水的任意排放；农业生产中施用的农药、化肥随雨水流入河中，都会使水受到污染。受到污染的水含有这样或那样的毒物或病菌，食用后会使人中毒、致病，甚至会使人死亡。工农业生产用了被污染的水，常常会降低产品的质量，甚至损害人类的健康。因此，需要采取各种措施来预防和消除对水源的污染，保护和改善水质。例如，加强对水质的监测，工业三废要经过处理后再排放。农业上要合理使用化肥和农药等。

随着经济的发展，人口的增长和人民生活水平的提高，水资源短缺和水被污染的问题日益突出，因此合理地开发利用和保护水资源是一项长期的、重要的而且十分艰巨的任务。每一个人都应关心水、爱惜水、保护水，树立起节约用水光荣的好风尚。

习 题

1. 初三学生的平均体重为（40～50）千克，试计算每人平均含水多少千克？
2. 如果一个水龙头每秒钟滴水 2 滴，平均 20 滴水为 1 毫升，试计算一昼夜漏水多少。
3. 观察你家或学校的周围有没有浪费水、污染水的现象，你有什么办法解决吗？你知道有哪些治理污染有成效的事例吗？

第二节 水的组成

水是由哪些元素组成的？它属于纯净物还是混合物？它是单质还是化合物？

纯净的水是没有颜色、没有气味、没有味道的液体。水的凝固点是 0°C ，沸点是 100°C ， 4°C 时密度最大，为 1克/厘米^3 。水结冰时体积膨胀，所以冰的密度小于水的密度，能浮在水面上。

水是由哪些元素组成的呢？

为了揭开水的秘密，我们进行如下实验。

〔实验 5 - 1〕在一个盛有水的水槽中倒立两支盛满水的试管(如图 5-3 所示)，接通直流电源，观察电极上和试管内有什么现象发生。

我们可以看到，通电后，电极上出现了气泡，通电一段时间以后，两支试管内都收集了不少的气体。与电源正极相连的试管内的气体体积小，与电源负极相连的试管内的气体体积大，它们的体积比大约为 $1:2$ 。

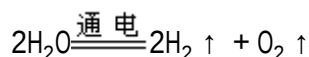
通电以后，产生的气体是什么呢？是水蒸气吗？让我们来检验一下。

〔实验 5 - 2〕切断图 5-3 装置的电源，在水下用拇指堵住试管口，把气体体积小的试管取出，直立后松开拇指，立即把带有火星的木条伸入试管，观察木条是否燃烧。

用同样的方法取出另一支试管，用火点燃，观察试管内的气体能不能燃烧。

由于试管内气体量很少，这两个实验必须仔细观察才行。我们看到，放入第一支试管里的带火星的木条燃烧了。根据第二章所学过的知识，可以判定这种气体是氧气。那么第二支试管里的气体是什么呢？从实验可以看到，它能够燃烧，出现淡蓝色火焰（如果气体的量很少，可能发生轻微的爆鸣现象）。这种气体是氢气。

我们从上面的实验知道，水在直流电的作用下，分解成氢气和氧气，这说明水是由氢、氧两种元素组成的，水是一种化合物。这个反应可用化学方程式表示如下：



科学研究证明，当水分子分解时，生成了氢原子和氧原子，2 个氢原子结合成 1 个氢分子，很多氢分子聚集成氢气；2 个氧原子结合成 1 个氧分子，很多氧分子聚集成氧气。这个实验也验证了第三章学过的这个结论：在化学反应里，分子可以分成原子，而原子却不能再分。

根据精确的实验测定，每个水分子是由 2 个氢原子

为了增强水的导电性，可加入少量硫酸或氢氧化钠。

图 5-3 通电分解水的简易装置和 1 个氧原子构成的，因而水的化学式是 H_2O 。

这个反应还可以用图式形象地表示如下：

图 5-4 水分子分解示意图

〔例题〕实验测得通电分解水时所得到的氢气和氧气的体积比约为 $2:1$ ，已知在标准状况下氢气的密度是 0.0899克/升 ，氧气的密度为 1.429克/升 。

升。试计算水中氢元素和氧元素的质量比。

〔解〕 通电分解水时所产生的氢气与氧气的质量比为： $0.0899 \times 2 \quad 1.429 \times 1$ ，约等于 $1 \quad 8$ 。

答：水中氢元素与氧元素的质量比约为 $1 \quad 8$ 。

习 题

1. 下列说法是否正确？为什么？

(1) 通电分解水时生成氢气和氧气，因此水是由氢气和氧气组成的。

(2) 每个水分子由 2 个氢原子和 1 个氧原子构成。

(3) 海水是无色透明的，它是一种纯净物。

2. 将正确答案的序号填在括号里

(1) 纯净的水是_____。 []

A. 没有颜色、没有气味、没有味道的液体

B. 单质 C. 化合物 D. 混合物

(2) 水中氢元素和氧元素的质量比为_____。 []

A. $2 \quad 1$ B. $1 \quad 2$ C. $1 \quad 16$ D. $1 \quad 8$

(3) 通电分解水时，得到了 9.6 克氧气，则同时得到氢气_____。

[]

A. 9.6 克 B. 19.2 克 C. 1.2 克 D. 2 克

3. 在自然界中，水常以哪几种状态存在？

第三节 氢气的实验室制法

在通电分解水的实验中，产生了两种气体，其中之一是氢气。什么叫氢气呢？这是由于在相同条件下，体积相等的各种气体中，这种气体最轻，中文名称为“氢”。

通电分解水能够产生氢气，但这要耗用电能，成本高。工业上常用天然气〔主要成分是甲烷（ CH_4 ）〕或水煤气〔一氧化碳（ CO ）和氢气（ H_2 ）的混合气体〕等做原料来制备氢气。

选学

氢气的发现

16 世纪中叶到 17 世纪，一些科学家发现了金属跟酸起反应产生一种可燃性气体，但由于当时科学技术水平很低，人们并不认识它是一种元素的单质，只把它当成一种可燃性的空气。直到 1766 年英国科学家卡文迪许才确认氢气跟空气不同，并测定氢气的密度是空气密度的 $1/14.38$ 。他在 1781 年又进一步指出，氢气在空气中燃烧生成水。1783 年拉瓦锡重做了实验，证明水是氢燃烧以后的唯一产物。1787 年拉瓦锡给它命名为氢（拉丁文原意是成水元素），并确认它是一种元素。在我国人们原先称之为轻气，后定名为氢。

一、氢气的实验室制法

在实验室里常用锌和稀硫酸反应来制取氢气。

〔实验 5 - 3〕在试管里放几粒锌粒，加 5 毫升稀硫酸，用燃着的木条放在试管口（图 5-5， ），观察发生的现象。等到反应完毕，把试管里的液体倒入蒸发皿里，小心加热，使液体蒸发（图 5-5， ）。冷却后在蒸发皿里能看到什么物质？

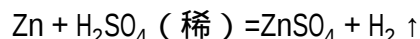
图 5-6 排水法收集氢气

图 5-7 向下排空气法收集氢气

. 扭开活塞的情形 . 关闭活塞的情形

图 5-8 启普发生器

从实验可以看到，锌跟稀硫酸反应放出的气体可以燃烧，这是氢气。试管里的液体经蒸发，冷却后，蒸发皿里留下的白色固态物质叫做硫酸锌（ ZnSO_4 ）。这个反应的化学方程式是：



为了收集制得的氢气，可以在试管口上加一个带有导管的橡皮塞，用排水法收集（如图 5-6），也可以用向下排空气法收集氢气（如图 5-7）。为了防止氢气向空气中逸散，充满氢气的容器应盖好并把口向下放置。

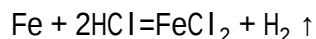
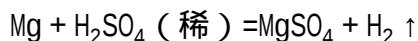
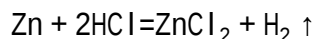
选学

启普发生器

实验室里制取较多的氢气时常用启普发生器。启普发生器由球形漏斗(1)、容器(2)和导气管(3)三部分组成(如图5-8)。最初使用时,把锌粒由容器(2)上的插导气管的出口加入,稀硫酸由球形漏斗口加入。使用时扭开导气管活塞,酸液由球形漏斗流到容器(2)的底部,再上升到中部跟锌粒接触而发生反应,产生的氢气从导气管放出。不用时关闭导气管上的活塞,容器内氢气压强加大,把酸液压回球形漏斗,使酸液与锌粒脱离接触,反应即自行停止。使用启普发生器制取氢气十分方便,可以随时使反应发生或停止。

二、置换反应

制取氢气时,还可以用盐酸代替硫酸,也可用镁或铁代替锌。反应中除生成氢气外,还生成另外一种物质。这几个反应,可以分别用化学方程式表示如下:



硫酸锌晶体是无色的,但在这种实验条件下,只能得到细小的白色粉末。

让我们来分析这几个反应。这几个反应有一个共同点,都是一种金属(Zn或Mg或Fe)跟一种化合物(H_2SO_4 或HCl)起反应,生成一种单质(H_2)和另一种化合物(ZnSO_4 或 MgSO_4 或 FeCl_2)。这类反应跟以前学过的化合反应和分解反应不同。这种由一种单质跟一种化合物起反应,生成另一种单质和另一种化合物的反应叫做置换反应。

硫酸分子里1个硫原子和4个氧原子结合而成的 SO_4 部分,在反应前后没有变化,只是在反应前跟氢原子结合,反应后跟锌原子(或镁原子)结合。通常把硫酸分子里的 SO_4 部分叫做硫酸根。它在许多化学反应里,作为一个整体参加反应,好像一个原子一样。这样的原子集团叫做原子团。硝酸钠(NaNO_3)中的硝酸根(NO_3),氯酸钾(KClO_3)中的氯酸根(ClO_3)都是原子团。

〔讨论〕置换反应和化合反应、分解反应有哪些区别?如果用 $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{AB}$ 表示化合反应,用 $\text{AB} \rightarrow \text{A} + \text{B}$ 表示分解反应,那么如何用字母来表示置换反应?

习题

1. 填写下列空白

(1) 在实验室中制取氢气时,反应物为_____可以用_____法收集氢

气，还可以用_____用集气瓶暂时贮存氢气时，瓶口应向_____放置。

(2) 置换反应是_____的反应。

2. 将正确答案的序号填在括号里

(1) 实验室制取氢气时，可选用的试剂是 []。

- A. 氯酸钾和二氧化锰 B. 锌片和稀硫酸
C. 空气 D. 高锰酸钾

(2) 实验室制取氢气时，不需选用的仪器有 []。

- A. 试管 B. 酒精灯
C. 带孔橡皮塞 D. 导管

3. 写出下列反应的化学方程式，并指出是分解反应、化合反应还是置换反应。 65

(1) 碳 + 氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 二氧化碳

(2) 铁 + 硫酸(稀) $\rightarrow$ 硫酸亚铁 + 氢气

(3) 氢氧化铜 $\xrightarrow{\Delta}$ 氧化铜 + 水

4. 在实验室中用 3.7 克锌跟足量的盐酸反应，可制得氢气和氯化锌各多少克？

5. 在实验室中需要 5 克氧气进行实验。若用电解水的方法制取这些氧气，需消耗水多少克？同时可得到氢气多少克？

6. 用锌和稀硫酸反应制取氢气，如需标准状况下的氢气 1.12 升，至少需要锌多少克？(标准状况下氢气的密度为 0.0899 克/升)

第四节 气的性质和用途

在自然界中，以单质形式存在的氢很少，氢主要存在于化合物中。在水的成分里，按质量计算，氢约占 11%。一切生物的细胞组织成分里都含有氢元素。石油、天然气、煤等中也含有氢元素。

选学

宇宙中氢的含量

在临近地面的空气中，氢的含量极少，氢在地壳里的质量分数也不到 1%。但是，在整个宇宙中，氢是含量最多的一种元素。它广泛存在于星体和星际的气体中，例如，在太阳周围的气体中，按原子数的比值计算，氢占 80% 多。

一、氢气的性质

1. 氢气的物理性质在通常状况下，氢气是一种没有颜色、没有气味的气体。在压强为 101 千帕、温度为 -252 (21K) 时，能变成无色液体，在 -259 (14K) 时，能变为雪状固体。它难溶于水。

我们已经知道，在相同条件下氢气是密度最小的气体。除了已知可用向下排空气法收集氢气外，还可以用什么方法证明氢气比同体积的空气轻呢？

〔实验 5-4〕装置如图 5-9 所示。球形干燥管里装*有碱石灰干燥剂。导管口蘸些肥皂水，控制氢气流速，吹出肥皂泡。当肥皂泡吹到足够大时，轻轻摆动导管，让肥皂泡脱离管口，这时可以观察到什么现象？

从上面的实验可以看到，肥皂泡迅速上升。这说明氢气比同体积的空气轻。根据这一性质，人们常用氢气填充气球（见封面彩图）。在标准状况下，1 升氢气的质量是 0.0899 克，约是同体积的空气中的 1/14。这就是可以用向下排空气法收集氢气的原因。

2. 氢气的化学性质

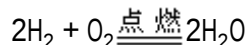
氢气在常温下性质稳定，但在点燃或加热等条件下，能够跟许多物质发生化学反应。

(1) 氢气的可燃性

〔实验 5-5〕在带尖嘴的导管口点燃纯净的氢气，观察火焰的颜色。然后在火焰上方罩一个冷而干燥的烧杯（图 5-10），过一会儿，观察烧杯壁上有什么现象发生。

我们可以看到，纯净的氢气在空气里安静地燃烧，产生淡蓝色的火焰。用烧杯罩在火焰的上方时，烧杯壁上有水珠生成，接触烧杯的手能感到发烫。

氢气在空气里燃烧，实际上是氢气跟空气里的氧气发生了化合反应，生成了水并放出大量的热。这个反应的化学方程式是：



如果氢气不纯，混有空气（或氧气），点燃时会怎样呢？

〔实验 5-6〕取一个一端开口，另一端钻有小孔的*纸筒（或塑料筒等），用纸团堵住小孔，用向下排空气法收集氢气，使纸筒内充满氢气（图 5-11，

)。把氢气发生装置移开，拿掉堵小孔的纸团，用燃着的木条在小孔处点火，注意有什么现象发生。（做这个实验时，人要离得远些，注意安全。）

图 5-9 氢气流吹肥皂泡

图 5-10 氢气在空气中燃烧

此实验如果用洗衣粉或洗涤剂溶液代替肥皂水，再加少量甘油，效果也很好。

氢气在玻璃导管口燃烧时，火焰常略带黄色。

图 5-11 氢气的燃烧及氢气与空气混合气的爆炸

我们可以看到，刚点燃时，氢气安静地燃烧（图 5-11， ），过一小会儿，突然听到“砰”的一声响，爆炸的气浪把纸筒高高掀起（图 5-11， ）。

点燃前，纸筒内是纯净的氢气，拿掉小孔上的纸团后，氢气从小孔逸出，遇火燃烧。随着氢气的消耗，空气不断从纸筒底部进入筒内，筒内的气体变成了氢气和空气的混合物。这种混合气体遇火发生了爆炸。让我们思考一下，同样是氢气跟空气中的氧气发生反应，为什么纯净的氢气能安静地燃烧，而混合气体却发生爆炸呢？这是因为当纯净的氢气燃烧时，它的分子只在导管口（或小孔处）跟氧气分子接触并发生反应，那里氢气分子少，接触的氧气分子也少，所以，产生的热量也小，而且很快就散失在空气中。但在混合气体里却是大量的氢气分子跟氧气分子充分接触，点燃后二者迅速反应，在极短的时间内放出大量的热，气体体积在一个受限制的空间内急剧膨胀，就发生爆炸。这个反应在广口的容器内进行，气体冲出容器，激动空气，只发生爆鸣，没有什么危险。如果反应在密闭的或容积大而口小的容器内进行，气体不能排出或来不及排出，就会炸破容器，发生危险。

实验测定，空气里如果混入氢气的体积达到总体积的 4% ~ 74.2%，点燃时就会发生爆炸。这个范围叫做氢气的爆炸极限。实际上，任何可燃气体或可燃的粉尘如果跟空气充分混合，遇火时都有可能发生爆炸。因此，当可燃性气体（如氢气、液化石油气、煤气等）发生泄漏时，应杜绝一切火源、火星，以防发生爆炸。

正是由于这个原因，我们在使用氢气时，要特别注意安全。点燃氢气前，一定要检验氢气的纯度。

〔实验 5-7〕用排水法收集一试管氢气，用拇指堵住，移近火焰，移开拇指点火（图 5-12），如果听到尖锐的爆鸣声，就表明氢气不纯，需要再收集，再检验，直到响声很小，才表明氢气已纯净。如果用向下排空气法收集氢气，经检验不纯而需要再检验时，应该用拇指堵住试管口一会儿，然后再收集氢气检验纯度，否则会发生危险，为什么？

（2）氢气跟氧化铜的反应

氢气不但能跟氧单质起反应，而且能跟某些氧化物里的氧起反应。这是氢气的另一个重要化学性质。现在用氢气跟氧化铜（ CuO ）的反应为例来说明。

〔实验 5-8〕在干燥的硬质试管底部铺一层黑色的氧化铜，管口微向下倾斜（图 5-13）。通入氢气，过一会儿再给氧化铜加热。注意观察黑色的氧化铜有什么变化，管口有什么生成。反应完成后停止加热，还要继续通入氢

气，直到试管冷却。为什么？

黑色氧化铜逐渐变为光亮的红色的铜，同时管口有水滴生成。这就是说，氢气夺取了氧化铜里的氧，跟它化合成水，氧化铜失去了氧，变成红色的金属铜。



在这个反应里，氧化铜失去了氧而变成铜单质，我们说氧化铜被还原。这种含氧化合物里的氧被夺去的反应，叫做还原反应。氢气是使氧化铜还原为铜的物质，它具有还原性，是还原剂。氢气跟氧化铜里的氧起反应生成了水，发生了氧化反应。

.用拇指堵住集满 .靠近火焰移开
氢气的试管口拇指点火

图 5-12 检验氢气纯度的操作

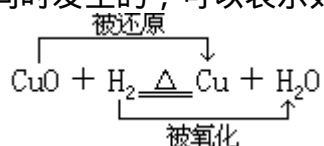
图 5-13 氢气还原氧化铜

因为刚检验过纯度的试管内，氢气火焰可能还没有熄灭，如果立刻就用这个试管去收集氢气，氢气火焰可能会点燃氢气发生器里尚混有空气的氢气，使氢气发生器发生爆炸。用拇指堵住试管口一会儿，就使试管内未熄灭的氢气火焰因缺氧气而熄灭。

选学

氧化还原反应

在氢气跟氧化铜的反应中，从氧化铜来说，它发生了还原反应，但是从氢气来说，它跟氧化铜里的氧起反应生成了水，发生了氧化反应。这两个相反的过程是在一个反应里同时发生的，可以表示如下：



在这个反应中，氢气跟氧化铜里的氧化合生成水，同时，必然是氧化铜里的氧被夺走生成铜。也就是说，氢气被氧化，氧化铜被还原。像这样一种物质被氧化，同时另一种物质被还原的反应叫做氧化还原反应。氢气跟氧化铜的反应就是氧化还原反应。在这个反应中，氢气是还原剂，氧化铜是氧化剂。

二、氢气的用途

氢气有许多有用的性质，所以有广泛的用途（图 5-14）。

选学

氢能源

氢气作为燃料有许多其它燃料所不及的优点。首先，石油、煤、天然气等资源是有限的，而氢气可以用水作原料来制取，有广泛的来源。其次，氢气燃烧时放热多，放出的热量约为同质量的汽油的三倍。第三，氢燃料的最大优点是它燃烧后的产物是水，不污染环境。

发展氢能源需要解决如何廉价、大量地制备氢气及如何安全贮存、运输氢气等问题。怎样发展、利用氢能源是许多科学家正致力研究的领域。我国近年来在这方面的研究工作也取得了可喜的进展。

家庭小实验

设计并动手做一个小实验，证明蜡烛的成分里含有氢。

习题

1. 列表比较氢气和氧气的物理性质和化学性质。

2. 将正确答案的序号填在括号里

(1) 下列物质中，属于纯净物的是 []。

- A. 空气 B. 水 C. 氢气
D. 用氯酸钾和二氧化锰制氧气后的剩余物

(2) 下列反应中，属于置换反应的是 []。

- A. $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$
B. $2\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
C. $\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{SO}_2$
D. $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O}$

(3) 下列物质中，由氢分子组成的物质是 []。

- A. 硫酸 B. 水 C. 氢气 D. 盐酸

(4) 在用氢气还原氧化铜的实验中，进行如下操作： 加热 停止加热
通入氢气 停止通氢气，下列操作顺序中正确的是 []。

- A. 、 、 、 B. 、 、 、
C. 、 、 、 D. 、 、 、

3. 一个学生在检验氢气纯度的时候，把收集了氢气的试管管口向上（没堵口）移近火焰，结果没有爆鸣声，他判断氢气已经纯净了。另一个学生进行检验时听到了尖锐的爆鸣声，他未采取任何措施，打算马上就用这支试管去收集氢气，进行第二次检验。他们的操作方法有没有不正确的地方？第一个学生的判断有没有错误？

4. 氢单质的哪些性质使它具有下列用途？

(1) 充灌探空气球，(2) 焊接金属，(3) 驱动火箭，(4) 冶炼金属。

5. 用氢气还原 7.95 克氧化铜，可得到铜多少克？

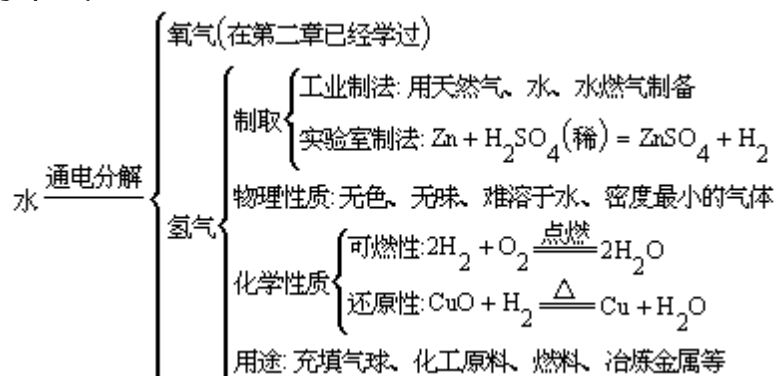
6. 水中氢元素的质量分数是多少？如果用通电分解水的方法制取氢气 5

克，有多少克水被分解？同时产生多少克氧气？

7. 用氢气还原氧化铜制得 5 克铜。计算有多少克氢气参加了反应？这些氢气在标准状况下的体积是多少升？（在标准状况下，氢气的密度是 0.0899 克/升）

本章小结

一、水和氢



二、化学反应类型

对于已经学过的化学反应，可以分为以下三类：

化合反应： $\text{A} + \text{B} = \text{AB}$

分解反应： $\text{AB} = \text{A} + \text{B}$

置换反应： $\text{A} + \text{BC} = \text{AC} + \text{B}$

复习题

1. 写出下列物质的化学式

氧气、氢气、锌、铁、盐酸、硫酸、三氧化硫、氯酸钾。

2. 右图表示通电分解水的简易装置。试填写下列空白。

(1) 与 A 试管相连接的是电池的_____极。A 试管中产生的是_____气，检验该气体的方法是_____。

(2) B 试管中产生的是_____气，检验该气体的方法是_____。

(3) 用 V 表示气体的体积，则 $V_A : V_B$ 约等于_____。

(4) 写出通电分解水的化学方程式：_____。

从化学方程式可知，通电分解水生成的 A 气体和 B 气体之间的分子个数比为_____，质量比为_____。

3. 将正确答案的序号填在括号里

(1) 下列气体中，既能用排水法收集，又能用向下排空气法收集的是 []。

A. 水蒸气 B. 氧气 C. 氢气

(2) 氢气不同于其它气体的最显著特点是 []。

A. 无色无味 B. 难溶于水
C. 可以燃烧 D. 密度最小

(3) 能把水变成氢气和氧气的反应是 []。

A. 氢气燃烧 B. 通电分解水
C. 氢气跟氧化铜反应 D. 把水煮沸

(4) 氢气可以用来冶炼钨、钼等金属，这是因为氢气具有下列性质中的 []。

A. 可燃性 B. 还原性
C. 密度小于空气 D. 难溶于水

(5) 氧化铜跟氢气反应，生成 0.9 克水，则被氧化的氢气质量为 ()。

A. 2 克 B. 1 克 C. 0.01 克 D. 0.1 克

4. 实验室制氢气并使氢气跟灼热的氧化铜反应有以下主要实验步骤。请按正确顺序排列序号_____。

- A. 检查氢气发生装置的气密性。
- B. 向氢气发生装置里加药品。
- C. 给试管中的氧化铜加热。
- D. 停止加热。
- E. 向装有氧化铜的试管通入氢气。
- F. 停止通入氢气。
- G. 检验氢气纯度。

5. 写出下列反应的化学方程式，并指出该反应是化合反应、分解反应还是置换反应。

- (1) 氢气在氧气里燃烧。
- (2) 通电分解水。
- (3) 镁跟盐酸反应。

- (4) 氢气通过灼热的氧化铜。
- (5) 在空气中点燃硫。
- (6) 加热氯酸钾和二氧化锰的混合物。
- (7) 铁跟稀硫酸起反应。

6. 有人设计了实验室制取氢气的简易装置 (见下图), 哪种是正确的, 哪种是错误的? 为什么?

7. 分别计算下列物质中氢元素的质量分数。

H_2O 、 NaOH 、 H_2SO_4 、 HCl 、 NH_3

8. 用锌跟稀硫酸反应制取氢气。如制取 0.4 克氢气, 需锌粒多少克? 如改用通电分解水的方法制取氢气, 有多少克水被分解? 同时产生多少克氧气? 9. 用氢气还原 3.18 克氧化铜, 最多可制取多少克铜? 至少需要消耗标准状况下的氢气 (密度为 0.0899 克/升) 多少毫升?

第六章 核外电子排布的 初步知识 化合价

在这一章，我们要学习原子核外电子排布的初步知识，以及在发生化学反应时，参加反应的各原子核外的电子是怎样作用的。

第一节 核外电子排布的初步知识

我们已经知道，原子是由原子核和电子构成的，原子核的体积很小，仅占原子体积的几千亿分之一，电子在核外的空间里作高速的运动。那么，电子是怎样排布在核外空间的呢？

氢原子核外只有一个电子，比较简单。

在含有多个电子的原子中，电子的能量并不相同。能量低的，通常在离核近的区域运动。能量高的，通常在离核远的区域运动。为了便于说明问题，通常就用电子层来表明运动着的电子离核远近的不同。把能量最低、离核最近的叫第一层，能量稍高、离核稍远的叫第二层，由里往外依次类推，叫第三、四、五、六、七层。这样，电子就可以看作是在能量不同的电子层上运动的。

核外电子的分层运动，又叫核外电子的分层排布。知道了原子的核电荷数和电子的排布以后，我们可以画出原子结构示意图。图 6-1 是氢原子、氧原子的原子结构示意图。 $\oplus$ 表示原子核内有 1 个质子，弧线表示电子层，弧线上的数字表示该电子层上的电子数。

经科学研究证明，核电荷数从 1 到 18 的元素的原子结构示意图如图 6-2。

图 6-2 部分元素原子的原子结构示意图

从图 6-2 可以看出，稀有气体元素、金属元素和非金

属元素的原子最外层的电子数目都各有特点：

1. 稀有气体元素，原子的最外层都有 8 个电子（氦是 2 个）。稀有气体元素也曾叫过惰性气体元素，它们的化学性质比较稳定，一般不跟其它物质发生化学反应。通常认为这种最外层有 8 个电子（最外层是第一层时有 2 个电子）的结构，是一种稳定结构。这里所说的稳定是相对的，而不是绝对的。

2. 金属元素，像钠、镁、铝等，它们原子的最外层电子的数目一般少于 4 个。

3. 非金属元素，像氟、氯、硫、磷、碳等，它们原子的最外层电子的数目一般多于或等于 4 个。

在化学反应中，金属元素的原子比较容易失去最外层电子而使次外层变成最外层，通常达到 8 个电子的稳定结构；非金属元素的原子比较容易获得电子，也使最外层通常达到 8 个电子的稳定结构。所以，元素的性质，特别是化学性质，跟它的原子的最外层电子数目关系非常密切。

习题

1. 电子在原子核外的空间作高速的运动，在一个多电子原子中，为什么有的电子离核较近，有些电子离核较远？

2. 填写下列空白

(1) 某元素的原子结构示意图如右，该原子的核电荷数为_____，核外有_____个电子层，第二层上有_____个电子，最外层上有_____个电子。在化学反应中，这种原子容易_____电子。

(2) 金属元素的原子最外层电子数目一般_____4 个，在化学反应中，

金属原子一般较易_____电子。

(3) 稀有气体元素的原子最外电子层有_____个电子(氦有_____个电子)。稀有气体元素又称为惰性气体元素, 它们的化学性质比较_____。

第二节 离子化合物和共价化合物

我们学习了元素的原子核外电子排布和原子最外层电子数目与元素化学性质关系密切的初步知识，这对于我们了解不同元素的原子是怎样形成化合物的很有帮助。下面仅作一些简单介绍。

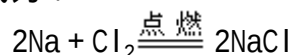
一、离子化合物

我们已经知道，钠是金属元素，氯是非金属元素。钠和氯的单质都很容易跟别的物质发生化学反应。它们互相起化学反应时，生成化合物氯化钠。

从钠和氯的原子结构看，钠原子的最外电子层有 1 个电子，容易失去，氯原子的最外电子层有 7 个电子，容易得到 1 个电子，从而使最外层都达到 8 个电子的稳定结构。所以当钠跟氯反应时，气态钠原子的最外电子层的 1 个电子转移到气态氯原子最外电子层上去，这样，两个原子的最外电子层都成了 8 个电子的稳定结构，如图 6-3 所示。

在这个过程中，钠原子因失去 1 个电子而带上了 1 个单位的正电荷；氯原子因得到 1 个电子而带上了 1 个单位的负电荷。这种带电的原子叫做离子。带正电的离子叫做阳离子，如钠离子（ Na^+ ）；带负电的离子叫做阴离子，如氯离子（ Cl^- ）。这两种带有相反电荷的离子之间相互作用，就形成化合物氯化钠。它呈电中性。

这一反应的化学方程式为：



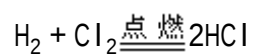
在通常情况下，氯化钠是固体。像氯化钠这种由阴、阳离子相互作用而构成的化合物，就是离子化合物。如氯化钾（ KCl ），氯化镁（ MgCl_2 ），氯化钙（ CaCl_2 ），氟化钙（ CaF_2 ）等都是离子化合物。带电的原子团也叫离子，如硫酸根离子，（ SO_4^{2-} ）氢氧根离子（ OH^- ）等。硫酸锌（ ZnSO_4 ），碳酸钠（ Na_2CO_3 ）、氢氧化钠（ NaOH ）等也是离子化合物。

二、共价化合物

在氢气的实验室制法一节中，我们曾经讲到盐酸，它的化学式是 HCl 。盐酸是氯化氢气体的水溶液。氢气跟氯气化合可以生成氯化氢气体。

氯和氢都是非金属元素，不仅氯原子很容易获得 1 个电子形成最外层 8 个电子的稳定结构，而且氢原子也容易获得 1 个电子形成最外层 2 个电子的稳定结构。这两种元素的原子获得电子难易的程度相差不大，所以都未能把对方的电子夺取过来。两种元素的原子相互作用的结果是双方各以最外层 1 个电子组成一个电子对，这个电子对为两个原子所共用，在两个原子核外的空间运动，从而使双方最外层都达到稳定结构。这种电子对，叫共用电子对。共用电子对受两个核的共同吸引，使两个原子形成化合物的分子。在氯化氢分子里，由于氯原子对于电子对的吸引力比氢原子的稍强一些，所以电子对偏向氯原子一方，因此氯原子一方略显负电性，氢原子一方略显正电性，但作为分子整体仍呈电中性。

这一反应的化学方程式为：



像氯化氢这样以共用电子对形成分子的化合物，叫共价化合物。如水、二氧化碳等都是共价化合物。

习题

填写下列空白（1）钠跟氯气反应时，钠原子____1 个电子，成为____，氯原子____1 个电子，成为____。这两种离子相互作用而构成的氯化钠属于____化合物。（2）水是____化合物，水分子中的氢原子和氧原子之间以____形成分子。

第三节 化合价

我们已经知道，在钠跟氯起反应生成氯化钠、氢跟氯起反应生成氯化氢这两个反应里，反应物原子个数比都是 1 : 1；同样不难理解，在镁跟氯反应生成氯化镁、氧跟氢反应生成水这两个反应里，反应物原子个数比都是 1 : 2。如果不是这个数目比，就不能使离子化合物中的阴阳离子和共价化合物分子中原子的最外电子层成为稳定结构，也就不能形成稳定的化合物。因此元素之间相互化合时，其原子个数比都有确定的数值。我们把一种元素一定数目的原子跟其它元素一定数目的原子化合的性质，叫做这种元素的化合价。化合价有正价和负价。

在离子化合物里，元素化合价的数值，就是这种元素的一个原子得失电子的数目，化合价的正负与离子所带电荷一致。例如，在氯化钠里，1 个钠原子失去 1 个电子，即钠为 +1 价，1 个氯原子得到 1 个电子，即氯为 -1 价。在氯化镁里，1 个镁原子失去 2 个电子，镁为 +2 价；而 1 个氯原子还是得到 1 个电子，氯仍为 -1 价。在共价化合物里，元素化合价的数值，就是这种元素的一个原子跟其它元素的原子形成的共用电子对的数目。化合价的正负由电子对的偏移来决定。电子对偏向哪种原子，哪种原子就为负价；电子对偏离哪种原子，哪种原子就为正价。例如，在氯化氢里，电子对偏向氯原子，氯为 -1 价，电子对偏离氢原子，氢为 +1 价。在水里，氧为 -2 价，氢为 +1 价。

在化合物里，氧通常显 -2 价，氢通常显 +1 价；金属元素通常显正价，非金属元素通常显负价（但在非金属氧化物里，氧显负价，另一种非金属元素显正价）。在化合物里，正负化合价的代数和为零。

许多元素的原子在不同条件下得失电子（或形成共用电子对）的数目可以不同，因此显示出可变的化合价。例如铁可显 +2、+3 价，硫可显 -2、+4、+6 价等。

元素的化合价是在形成化合物时表现出来的一种性质，因此，在单质分子里，元素的化合价为零。

常见元素的化合价见表 6 - 1。

表 6 - 1 常见元素的化合价表

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
钾	K	+1	氢	H	+1
钠	Na	+1	氟	F	-1
银	Ag	+1	氯	Cl	-1 , +1 , +5 , +7
钙	Ca	+2	氧	O	-2
镁	Mg	+2	硫	S	-2 , +4 , +6
钡	Ba	+2	碳	C	+2 , +4 ,
锌	Zn	+2	硅	Si	+4
铜	Cu	+1 , +2	氮	N	-3 , +2 , +4 , +5
铁	Fe	+2 , +3	磷	P	-3 , +3 , +5
铝	Al	+3			
锰	Mn	+2 , +4 , +6 , +7			

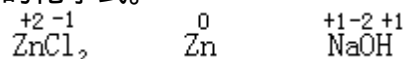
不仅元素表现出一定的化合价，某些原子团也表现出一定的化合价。如硫酸锌里，锌为+2价，硫酸根为-2价；又如氢氧化钙里，钙为+2价，氢氧根为-1价。

化合价和化学式之间有密切的联系，根据物质的化学式，可以求出元素的化合价。同样，运用化合价知识，可以正确地写出物质的化学式。

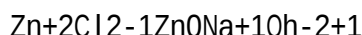
[例题 1] 标出下列物质中各元素的化合价。

氯化锌 金属锌 氢氧化钠

[解] 先写出各物质的化学式。



然后在各化学式元素符号的正上方标出相应的化合价



应该注意的是，标化合价的方式与离子表示方式不同，如锌离子写成 Zn^{2+} ，而氯化锌中+2价的锌表示为 $\overset{+2}{\text{Zn}}\text{Cl}_2$ 。

[例题 2] 试确定氯酸钾中氯元素的化合价。

[解] 先写出氯酸钾的化学式。



查表 6 - 1 可知钾元素为+1价，氧元素为-2价，而氯元素有-1、+1、+5、+7等化合价。由于在化合物里，正负化合价的代数和为0，可以求出氯的化合价。设氯的化合价为 x。

$$1+x+(-2) \times 3=0$$

$$x=6-1=+5$$

答：在氯酸钾里，氯元素的化合价为+5。

[例题 3] 已知磷有两种氧化物，其中磷的化合价分别为+3和+5，写出这两种磷的氧化物的化学式。

[解] (1) 写出+3价磷的氧化物的化学式。

先写出组成化合物的元素符号，一般把正价的写在左边，负价的写在右边。把化合价注在元素符号上方。



求出两种元素化合价绝对值的最小公倍数：6

求各元素的原子数

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

$$\text{P} \quad \frac{6}{3} = 2 \qquad \text{O} \quad \frac{6}{2} = 3$$

把原子数标在相应的元素符号的右下角，即得化学式。 P_2O_3

检验各元素正负化合价的代数和是否为零，如不等于零，化学式不正确。

(2) 写出+5价磷的氧化物的化学式。 $\overset{+5}{\text{P}}\overset{-2}{\text{O}}$

两种元素化合价的最小公倍数为

$$10P \quad \frac{10}{5} = 2 \qquad O \quad \frac{10}{2} = 5$$

化学式为 P_2O_5 应该注意的是，只有确实知道有某种化合物存在，才能根据元素的化合价写出它的化学式。切不可应用化合价任意写出实际上不存在的物质的化学式。

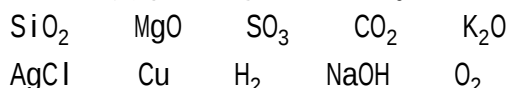
习题

1. 填写下列空白 (1) 在化合物里，氢元素的化合价通常为_____价，氧元素的化合价通常为_____价。金属元素在化合物中通常显_____价，非金属元素在跟金属或氢元素化合时，通常显_____价。

(2) 在单质里，元素的化合价为_____。

(3) 在化合物里，元素的正负化合价的代数和为_____。

2. 标出下列物质中各元素的化合价。



23. 下列说法是否正确？为什么？

(1) 在 H_2S 中，氢的化合价为+1 价，硫为-2 价。

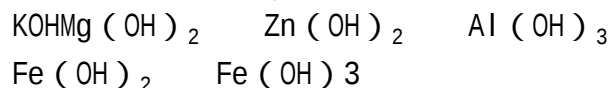
(2) 金属显正价，非金属显负价。

(3) 一种元素只能表现一种化合价。

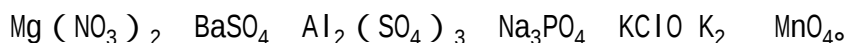
4. 已知在下列化合物中氢为+1 价，氧为-2 价，试判断其它元素的化合价。



5. 已知氢氧根为-1 价，试确定下列化合物中金属元素的化合价。



6. 试确定下列化合物中酸根的化合价 (金属元素的化合价可查表 6 - 1)。



本章小结

一、核外电子排布的初步知识

电子在原子核外是分层排布的，可以用原子结构示意图来表示排布情况。

元素的化学性质跟它的原子的最外层电子数目关系非常密切。

二、离子化合物和共价化合物

离子化合物是由阴、阳离子相互作用而构成的化合物。

共价化合物是以共用电子对形成分子的化合物。

三、化合价

一种元素一定数目的原子跟其它元素一定数目的原子化合的性质，叫做这种元素的化合价。化合价有正价和负价。在化合物里，正负化合价的代数和为零。

复习题

1. 填表

微粒结构示意图							
是原子还是离子							

2. 把下表中正价元素和负价元素所组成的化合物的化学式，填在相应的空格内。

3. 将正确答案的序号填在括号里

(1) 元素的化学性质跟它的原子的_____关系非常密切。

[]

- A. 核外电子层数 B. 最外层电子数
C. 核内中子数 D. 原子量

(2) 下列说法中不正确的是_____。

[]

- A. 金属元素原子的最外层电子数目一般少于 4 个。
B. 非金属元素的原子一般比较容易获得电子。
C. 稀有气体元素原子的最外层都有 8 个电子。
D. 单质的化合价为 0。

(3) 下列化合物中含有+7 价元素的是_____。

[]

- A. KClO_4 B. K_2MnO_4
C. KClO_3 D. H_3PO_4

(4) 下列化学式中，不正确的是_____。

[]

- A. ZnSO_4 B. ZnO C. CO_2 D. AlO_2

4. 对于化合反应、分解反应、置换反应，分别写出每种反应的两个化学方程式。

5. 3.25 克锌跟足量稀硫酸反应，生成多少克氢气？这些氢气在标准状况下的体积是多少升（标准状况下氢气的密度是 0.0899 克/升）？假设生成的氢气全部参加反应，可以还原多少克氧化铜？

第七章 碳

碳和碳的化合物可以说是化学世界里最庞大的家族，它们有多达千万左右的成员。刻划玻璃用的金刚石，写字用的铅笔芯，制汽水用的二氧化碳，制水泥用的石灰石以及煤、石油、甲烷（通常也称为沼气）、酒精、醋酸、糖、蛋白质、塑料、纤维、橡胶等都是碳和碳的化合物，它们在国民经济和我们的日常生活里占有很重要的地位。在这一章里，我们将学习碳、二氧化碳、一氧化碳、碳酸钙等。其中，二氧化碳的化学性质和实验室制法，以及一氧化碳的化学性质是这一章的学习重点。

第一节 碳的几种单质

以单质形式存在的碳有金刚石和石墨，还有无定形碳如木炭、活性炭、焦炭和炭黑等。

一、金刚石

在窗上安装玻璃时，常常需要把玻璃按照一定的大小裁下来。这时可用玻璃刀一划，再用双手一掰，玻璃马上就会被裁成两半。如果你见过玻璃刀，就会发现在玻璃刀的头上镶有一个小颗粒，它就是金刚石。从金刚石能用来裁玻璃的事实，就可推测金刚石一定很硬。事实上，金刚石是天然存在的最硬的物质。

纯净的金刚石是一种无色透明的、正八面体形状的固体，含有杂质的金刚石带棕、黑等颜色。天然采集到的金刚石并不带闪烁光泽，需要经过仔细琢磨成许多面后，才成为璀璨夺目的装饰品——钻石。

坚硬是金刚石最重要的性质。利用这个性质，除可用金刚石划玻璃外，还可用它切割大理石，加工坚硬的金属，把它装在钻探机的钻头上，钻凿坚硬的岩层等。

二、石墨

石墨是一种深灰色的有金属光泽而不透明的细鳞片状固体。我们写字用的铅笔芯就是用不同比率的石墨粉末和粘土粉末混合而制成的。铅笔芯在纸上划过，会留下深灰色的痕迹，这说明石墨很软。石墨是最软的矿物之一。

[实验 7 - 1] 把一根石墨电极或铅笔芯和导线连接在一起（图 7 - 2），接通电源后，灯泡是否发亮？

灯泡亮了，这说明石墨能导电。石墨具有优良的导电性能，可以用来作电极。干电池中的电极就是用粘合剂把石墨粉末粘合而制成的。

如果从铅笔芯上削下一些粉末，用手摸一下，有滑腻的感觉。石墨的这个性质决定了它可以被用作润滑剂。有些在高温下工作的机器，就用石墨粉作润滑剂，这除了应用石墨粉的润滑性外，还应用了它的熔点高、能耐高温的性质。

金刚石和石墨都是由碳元素组成的单质，为什么它们的物理性质有这么大的差异呢？经过研究后知道，这是因为在金刚石和石墨里碳原子的排列不同，因此，它们的物理性质有这么大的差异。

选学

铅笔上的 H 或 B

我们画画用的铅笔，常用“6B”的；写字用的铅笔，常用“HB”的；而制图用的铅笔，常用“6H”的。“B”是英文“Black”（黑）的第一个字母，

在铅笔中表示“软”；“H”是英文“Hard”（硬）的第一个字母，在铅笔中表示“硬”。“6B”铅笔最软，“6H”铅笔最硬，“HB”铅笔则软硬适中。铅笔为什么有软和硬的差别呢？这是由于石墨太软，光用石墨做笔芯，既易断又易磨损，因此，生产上常在石墨粉末中掺进一些粘土粉末以增加硬度。粘土掺得愈多，铅笔就愈硬；粘土掺得愈少，铅笔就愈软。

三、无定形碳

通常称为无定形碳的有木炭、焦炭、活性炭、炭黑等。下面以木炭为例加以介绍。

木炭对于我们并不陌生。我国南方有些地方冬天有时用木炭来取暖，画家也常用木炭来写生。仔细观察木炭，可以看到木炭是一种灰黑色的多孔性固体，燃烧时，产生的烟很少，火焰很小。用X射线研究，可以知道木炭主要是由石墨的微小晶体和少量杂质构成的，活性炭、焦炭、炭黑等也具有类似的构成。

[实验 7-2]在火上烘烤几小块木炭（或活性炭），放冷。把木炭（或活性炭）投入充满红棕色二氧化氮气体的集气瓶里。用瓶塞塞住瓶口，摇动瓶子，观察，集气瓶里气体颜色有什么变化？

[实验 7-3]在盛有半瓶水的小锥形瓶里，加入一*滴红墨水，使水略显红色。投入几块烘烤过的木炭（或活性炭），轻轻振荡，观察水溶液颜色有什么变化？

从实验可以看到红棕色的二氧化氮气体和水的红色变浅或消失了。这是因为木炭具有吸附能力，能把大量的气体或染料等小微粒吸在它的表面。

木炭为什么具有吸附能力呢？这可以从它的结构上来找原因。木炭具有疏松多孔的结构，它是由木材在隔绝空气的条件下加强热制得的。在显微镜下观察木材，可以看到有很多细管道。木材变成木炭后，这些管道仍然存在。木炭的管道愈多，跟气体或溶液接触的表面积就愈大，吸附能力就愈强。利用木炭的这个性质，可以用它来吸附一些食品和工业产品里的色素，也可以用它吸附有臭味的物质。活性炭的吸附能力比木炭还要强，防毒面具里的滤毒罐就是利用活性炭来吸附毒气的。此外，焦炭常用于冶金工业，例如冶炼生铁就需要大量焦炭。炭黑常用于制造墨、油墨、油漆、鞋油和颜料等。把炭黑加到橡胶里，能够增加轮胎等制品的耐磨性。

选学

C₆₀ 分子

近年来，科学家们发现，除金刚石、石墨外，还有一些新的以单质形式存在的碳。其中，发现较早并已在研究中取得重要进展的是 C₆₀ 分子。

C₆₀ 分子是一种由 60 个碳原子构成的分子，它形似足球，如图 7-5，球面由 12 个五边形和 20 个六边形构成。这种足球状结构的碳分子很稳定。

目前，人们对 C_{60} 分子的结构和反应的认识正在不断深入，它应用于材料科学、超导体等方面的研究正在进行中。我国在这方面已取得许多成就。

家庭小实验

1. 试用铅笔芯粉末作润滑剂，加入锁孔，来打开因长期未用而难于打开的铁锁。

2. 参考右边装置图，做一个简易的净水器。

习题

1. 填写下列空白

(1) 由碳元素所形成的单质主要有_____。

(2) 金刚石可装在钻探机的钻头上，是由于_____；石墨可做铅笔芯，是由于_____，可做润滑剂，是由于_____，可做电极，是由于_____；活性炭可做防毒面具的滤毒剂，是由于_____。

2. 金刚石和石墨的物理性质有很大差异的原因是_____。

[]

A. 金刚石不含杂质，而石墨含有杂质

B. 金刚石是单质，而石墨是化合物

C. 金刚石和石墨里碳原子的排列不同

D. 金刚石和石墨是由不同种元素组成的

3. 如右图所示，向盛有二氧化氮气体的集气瓶里投入几小块木炭，为什么红棕色消失，而漏斗中液面上升？

4. 木炭为什么具有吸附能力？

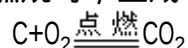
第二节 单质碳的化学性质

我国古代用墨书写或绘制的字画，虽年深日久仍不变色，可见在常温下，碳的化学性质是不活泼的。碳受日光照射或跟空气、水分接触，都不容易起变化。但是，随着温度的升高，碳的活动性大大增强。在高温下，碳能够跟很多物质起反应。

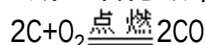
一、碳跟氧气的反应

我们在学习氧气的性质时已经知道，木炭可以跟氧气发生氧化反应。

当碳在氧气或空气里充分燃烧时，生成二氧化碳，同时放出大量的热。



当碳燃烧不充分的时候，生成一氧化碳，同时也放出热。



上述这两个反应，在以煤为燃料的厨房里也经常发生。煤的主要成分是碳。当空气充足、炉火很旺时，煤燃烧充分，主要生成二氧化碳；当空气不充足、炉火不旺时，煤燃烧不充分，生成较多量的一氧化碳。

[讨论]怎样证明金刚石和石墨都是由碳元素组成的？

选学

人们怎样知道金刚石的组成？

金刚石如此贵重，它是由什么组成的呢？几百年前，人们一直搞不清楚。一个偶然的机会，科学家拿着放大镜，在阳光下研究金刚石的折光性质。当太阳光被放大镜聚焦成一点照到金刚石上时，金刚石消失了。人们经过分析，认为金刚石可能被烧掉了。因为当太阳光被放大镜聚焦成一点后，温度可以升得很高。以后，化学家们进行了很多试验。他们把金刚石放在充满氧气的密闭容器里，使金刚石在容器里燃烧。燃烧后，测定容器里的生成物，发现竟然是二氧化碳。进一步测定二氧化碳里所含碳的质量，发现恰好等于燃烧前后金刚石所减少的质量。这样，人们就断定，金刚石是由碳元素组成的单质。

知道金刚石的组成和结构后，人们就设法制造人造金刚石。把石墨加热到 2000℃、加压到 5×10^9 至 1×10^{10} 帕和有催化剂存在的条件下，可以制出人造金刚石。1975 年已制出每粒质量为 0.2 克的人造金刚石。人造金刚石已使用在工业上。

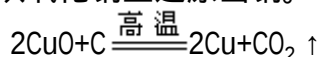
二、碳跟某些氧化物的反应

和氢气一样，单质的碳也具有还原性，在较高温度下它能夺取某些含氧化合物里的氧，使其它元素还原。

我们已经观察过氢气还原氧化铜的实验，现在来观察木炭还原氧化铜的实验，并把这两个实验进行比较。

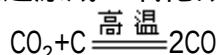
[实验 7 - 4]把经过烘干的木炭和黑色的氧化铜共同研磨混匀，小心地铺放进固定在铁架台上的试管里，试管口装有通入澄清石灰水的导管（图 7 - 9），用酒精灯（可加网罩以使火焰集中并提高温度）加热试管几分钟。观察，石灰水发生了什么变化？反应后把试管里的粉末倒在纸上，粉末发生了什么变化？

从实验可以看到澄清的石灰水变成浑浊，证明有二氧化碳生成。从倒在纸上的粉末里还可以看到有红色的铜生成。这说明和氢气还原氧化铜一样，在加热的时候，木炭也能从氧化铜里还原出铜。



单质碳的还原性可用于冶金工业。例如，焦炭可以把铁从它的氧化物矿石里还原出来。

炽热的碳还能使二氧化碳还原成一氧化碳。



这个反应需要吸收热，而碳在氧气或空气中燃烧时放出热，这就是化学反应中的放热或吸热现象。化学反应放出的热能是一种重要的能源，可以直接供人们取暖、加热，也可以转变为电能、动能等。

试想象一下：如果没有化学反应放出的热能，世界将会变成什么样？

选学

黑火药

黑火药是我国古代四大发明之一。把木炭粉、硫黄粉和硝酸钾（ KNO_3 ）按一定比率混合，就可以制得黑火药。因此，黑火药是一种混合物。黑火药燃烧时，反应很剧烈，生成大量气体，同时放出大量的热，使气体生成物的体积骤然膨胀，几乎达到原来火药体积的 2000 倍，因而发生爆炸。爆炸时，固体生成物的微粒分散在气体里，因而又形成了浓密的烟。电影里一些硝烟弥漫的战斗场面，有些就是由黑火药“制造”出来的。

家庭小实验

1. 分别燃烧一块小木片和一块小木炭，比较发生的现象。
2. 点燃一根蜡烛，用冷碟底放在蜡烛火焰的上方，过一会儿，你将在冷碟底上收集到亲手制得的炭黑。这个实验能否证明石蜡的成分里含有碳元素？习题

1. 用什么方法可以证明木炭和石墨的主要成分是相同的？
2. 某物质在空气里燃烧后的生成物只有二氧化碳和水，这种物质的成分里_____。 []

- A. 只含有氢元素和碳元素
B. 一定含有氢元素和碳元素，还可能含有氧元素

C. 氢元素与氧元素的原子个数比为 2 : 1

D. 碳元素与氧元素的原子个数比为 1 : 2

3. 比较碳和氢气的化学性质，写出有关反应的化学方程式。

4. 下列说法是否正确？为什么？

(1) 碳元素形成的单质都是黑色的。

(2) 碳在不充分燃烧时生成一氧化碳，同时吸收热。

5. 碳在高温时还原氧化铁的化学方程式是：



要使 50 克氧化铁完全还原，至少需要多少克碳？

第三节 二氧化碳的性质

我们已经知道，二氧化碳只占空气总体积的 0.03%。可是你想过吗？假如把这 0.03% 的二氧化碳从空气中除去的话，自然界的生命活动还能进行下去吗？从自然课上和生物课上学到的知识就能回答：不能！二氧化碳对自然界的生命活动是如此重要，它有什么重要的性质呢？

一、二氧化碳的物理性质

[实验 7 - 5] 在一根细木棍的两端各系上一个大小相同的小纸筒（或小塑料袋），在木棍的中间部位系上一根细绳，使两端平衡，并把它系在铁架台上（如图 7 - 11）。取一瓶事先收集好的二氧化碳（注意观察颜色、状态），迅速倾倒入其中一个小纸筒中，观察两端的小纸筒是否继续保持平衡。为什么？

从实验可以看出，二氧化碳是一种没有颜色的气体；倒入二氧化碳的纸筒一端向下倾斜，说明二氧化碳的密度比空气的大。在标准状况下，二氧化碳的密度是 1.977 克/升，约是空气的 1.5 倍。因此，可以像倾倒液体那样，把二氧化碳从一个容器倾倒到另一个容器里。

我们夏天喝的汽水里溶有二氧化碳。通常 1 体积的水约能溶解 1 体积的二氧化碳，增加压强还会溶解得更多些。

在加压和降温冷却的情况下，二氧化碳会变成无色的液体，甚至变成雪状的固体。通常把固体二氧化碳叫做“干冰”。在压强为 101 千帕、温度为 -78.5℃ 时，干冰能直接变成二氧化碳气体而没有液体留下。

二、二氧化碳的化学性质

[实验 7 - 6] 点燃两支短蜡烛，分别放在白铁皮架的两个阶梯上，把白铁皮架放在烧杯里。如图 7 - 12 所示，沿烧杯壁倾倒二氧化碳。注意观察蜡烛先后发生的现象。这个实验说明了什么？

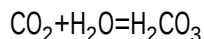
从实验可以看到二氧化碳使蜡烛火焰熄灭，下层阶梯上的蜡烛火焰先熄灭，上层的后熄灭。这个实验可以说明两点：第一，二氧化碳既不能燃烧，也不能支持燃烧；第二，再次证明了二氧化碳的密度比空气的大，因此，下层的蜡烛火焰先熄灭，上层的后熄灭。

我们在生物课里就已经知道，二氧化碳不能供给呼吸。当空气里二氧化碳的体积分数达到 1% 时，对人就有害处；达到 4% ~ 5% 时，会使人感到气喘、头痛、眩晕；达到 10% 时，能使人不省人事，呼吸逐渐停止，以致死亡。一些久未开启的菜窖、干涸的深井和深洞底部，二氧化碳的量比较大，在进入这些地方前，必须先做什么试验，才能保证人身安全呢？你可能已从上面的实验中得到启发：可以做一个灯火试验。如灯火熄灭或燃烧得不旺，说明二氧化碳较多，人就不要进去。

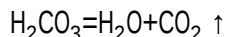
[实验 7 - 7] 向盛有紫色石蕊试液的试管里通入二氧化碳，观察石蕊试

液颜色的变化，待石蕊试液颜色变化后，停止通入二氧化碳，取少量溶液放在酒精灯火焰上加热，再观察石蕊试液颜色的变化。

当通入二氧化碳时，紫色石蕊试液变成红色；当加热时，红色石蕊试液又变成紫色。这是由于二氧化碳溶解在水里生成碳酸（ H_2CO_3 ），碳酸能使紫色石蕊试液变成红色。

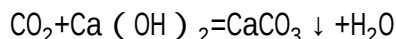


碳酸很不稳定，很容易分解成二氧化碳和水。



当加热时，碳酸分解，从溶液里逸出二氧化碳，所以红色石蕊试液又变成紫色。

当向澄清的石灰水里通入二氧化碳时，石灰水变浑浊。这是由于生成了白色的碳酸钙沉淀的缘故。



（碳酸钙）

石蕊是一种色素，遇酸变成红色。

给试管里的液体加热时，要不断地移动试管。这个反应很重要，可以用它来鉴定二氧化碳。

[讨论] 为了使用石灰浆 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 抹的墙壁快点干燥，为什么常常在室内生个炭火盆？为什么开始放炭火盆时，墙壁反而潮湿？

三、二氧化碳的用途

二氧化碳不能支持燃烧，密度又比空气的大，如果让二氧化碳覆盖在燃着的物体上，就能使物体跟空气隔绝而停止燃烧。因此，二氧化碳可以用来灭火。有些灭火器就是利用化学反应产生的二氧化碳来灭火的。

二氧化碳也是一种工业原料，可以用在制纯碱、尿素和汽水等工业上。

干冰可用作致冷剂，用来保藏很容易腐败的食品。因为干冰蒸发时，需要吸收大量的热，使周围空气的温度降低，而且没有液体留下，不会使食品潮湿。干冰也可用于人工降雨。

植物进行光合作用，需要二氧化碳。在温室里施用二氧化碳作肥料，可以提高农作物的产量。

选学

干冰的妙用

在电影和电视里，你常常会看到一些云雾缭绕的幻境。它们是怎么拍摄出来的呢？你可能已经想到了，这些云雾是利用干冰由人工制造出来的。是的，在摄影棚里要用到干冰，干冰蒸发时，吸收大量的热，使空气里的水蒸

气凝结成小水滴，于是就形成了人造的云雾。不过，这些只是“小云”、“小雾”罢了。如果用飞机从高空撒布干冰，就能制造大片的云雾。由于空气中的水蒸气迅速冷凝变成水滴，于是就开始了下雨了。这就是人工降雨的奥秘。

家庭小实验

打开一瓶汽水，立即将蘸有澄清石灰水的玻璃片靠近瓶口，有什么现象发生，解释发生这种现象的原因。

习题

1. 下列说法是否正确？如不正确，加以改正。

(1) 干冰不是冰，而是固体二氧化碳。可用干冰来保藏容易腐败的食品和进行人工降雨。

(2) 氢气可以像二氧化碳那样从一个容器倾倒到另一个容器里。

(3) 二氧化碳溶于水生成碳酸，碳酸很稳定，不易分解。

(4) 盛石灰水的试剂瓶，在空气中放置一段时间后，在瓶壁上有白色固体物质生成，这是石灰浆 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 。

2. 用两种不同的实验方法，证明二氧化碳的密度比空气的大。

3. 把二氧化碳通入紫色石蕊试液中，有什么现象发生？把上述试液加热煮沸后，又有什么现象发生？如果冷却后，再向上述试液中投入活性炭，有什么现象发生？解释现象发生的原因，并写出有关反应的化学方程式。

4. 有一种无色的气体 A，它不能燃烧，也不支持燃烧。A 溶于水生成 B，B 能使紫色石蕊试液变成红色。B 不稳定，能分解出 C 和气体 A。气体 A 能使澄清的石灰水变浑浊，生成白色沉淀 D。说明 A、B、C、D 各是什么物质，并写出有关反应的化学方程式。

5. 绿色植物在晴天时，通常每天每平方米叶片约需吸收 5 克 CO_2 来进行光合作用。试计算表面积为 1.8 平方米的叶片，在 100 天内能吸收多少克二氧化碳？相当于多少克碳？

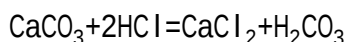
6.2.2 克二氧化碳通入澄清石灰水中，从理论上计算，可生成沉淀多少克？

第四节 二氧化碳的实验室制法

我们已经学习了氧气的实验室制法和氢气的实验室制法。回顾和总结一下这部分知识，可以帮助我们了解学习气体的实验室制法的思路和方法。这些思路和方法可以简单概括为：第一，需要研究实验室制法的化学反应原理，就是要研究在实验室条件下（如常温、加热、加催化剂等），可用什么药品、通过什么反应来制取这种气体；第二，需要研究制取这种气体所应采用的实验装置；第三，需要研究如何验证制得的气体就是所要制的气体。下面，我们就运用上面所总结的学习思路和方法共同来研讨二氧化碳的实验室制法。

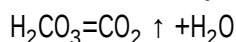
一、实验室制取二氧化碳的化学反应原理

在实验室里，二氧化碳常用稀盐酸跟大理石或石灰石（主要成分都是 CaCO_3 ）起反应来制得。反应的化学方程式可以表示如下：



（氯化钙）

碳酸不稳定，容易分解成二氧化碳和水。



总的化学方程式是：



二、实验室制取二氧化碳的装置

可采用什么样的实验装置来制取二氧化碳呢？要回答这个问题，首先需要研究反应物大理石（或石灰石）和盐酸的状态，生成物二氧化碳的性质，以及反应的条件等。这个反应在常温时就能进行，因此不需要酒精灯等加热装置。反应物大理石（或石灰石）是固体，而盐酸是液体，反应前需要把这两种物质隔离。因此，大理石可装在锥形瓶（或平底烧瓶等）里，而盐酸可由长颈漏斗加入（想一想，为什么不用普通漏斗？），在锥形瓶的口上还需配一个带导管的橡皮塞，以把生成的气体导入集气瓶。

可以采用什么样的收集装置来收集二氧化碳呢？根据二氧化碳的性质，它可溶于水生成碳酸，因此通常不采用排水集气法，而采用排空气集气法。又因为二氧化碳的密度比空气的大，因此，集气瓶的瓶口应该向上。到此，我们已经确定二氧化碳实验室制法所应采用的装置，它可以用图 7 - 17 表示。

三、实验室里制取二氧化碳

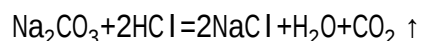
[实验 7—8]按照图 7 - 18 的装置，在锥形瓶里放些大理石（或石灰石）的小块，从长颈漏斗注入稀盐酸。注意观察锥形瓶里发生的变化。怎样证明生成的气体是二氧化碳？怎样证明集气瓶里已充满了二氧化碳？

从实验可以看到大理石（或石灰石）与稀盐酸反应很剧烈，产生大量的

气泡。把气体通入澄清的石灰水里，石灰水变浑浊，证明生成的气体是二氧化碳。根据二氧化碳不能燃烧、也不支持燃烧的性质，用燃着的火柴放在集气瓶瓶口（想一想，为什么不伸入集气瓶里？）试验，如果火焰熄灭，证明瓶里已充满了二氧化碳。

[实验 7 - 9]在吸滤瓶里注入碳酸钠的浓溶液，把盛有浓盐酸的小试管用线系住，小心地放进吸滤瓶（注意：不要使浓盐酸流出），把塞子塞紧（图 7 - 19 ）。然后把吸滤瓶倒转过去（图 7 - 19 ），使两种溶液混合，注意观察吸滤瓶的侧管（注意，实验者切勿让侧管对着别人或自己）有什么现象发生，为什么？

上述实验的化学反应原理和泡沫灭火器的原理是一致的，其反应的化学方程式可以表示如下：



通常使用的灭火器有泡沫灭火器、干粉灭火器和液态二氧化碳灭火器等（图 7 - 20 ）。

选学

灭火器

泡沫灭火器（加入了发泡剂）头朝下倒转过来后，筒内的两种药液相互反应，不仅能喷射出大量二氧化碳，还能喷射出大量泡沫。这些泡沫紧紧粘附在燃烧物上，能使燃烧物与空气隔绝，达到灭火的目的。泡沫灭火器用来扑灭木材、棉布等一般火灾。干粉灭火器是利用压缩的二氧化碳吹干粉来灭火的。干粉主要含有碳酸氢钠（ NaHCO_3 ）等物质，它具有流动性好、喷射率高、不腐蚀容器和不易变质等优良性能。干粉灭火器除可用来扑灭一般火灾外，还可用来扑灭可燃性的油、气的火灾。在加压的情况下，把液态二氧化碳装入小钢瓶里，可以制成液态二氧化碳灭火器。这种灭火器用来扑灭图书档案、贵重设备、精密仪器等火灾，因为它不会留下任何痕迹而使物体损坏。使用液态二氧化碳灭火器时，一定注意手要先握在钢筒的木柄上，然后再打开螺帽。否则，会把手冻伤。应该经常检查灭火器的出气孔。如果出气孔被堵塞的话，救火时，二氧化碳气体出不来，不仅不能灭火，有些灭火器还会变成“炸弹”，造成事故。

家庭小实验

1. 取一个玻璃杯，杯底放一支短蜡烛，并铺一层纯碱[主要成分是碳酸钠（ Na_2CO_3 ）]。把蜡烛点燃，沿杯壁倒入一些醋（主要成分是醋酸），如图（ ）所示。纯碱能与醋酸发生化学反应，生成二氧化碳。观察火焰是否熄灭。
2. 蜡烛火焰熄灭后，在玻璃杯上盖上一块蘸有澄清石灰水的玻璃片，如图（ ）所示。观察玻璃片上是否有白色沉淀生成。

1. 将正确答案的序号填在括号里

(1) 在下列情况时, 没有化学反应发生的是_____。 []

- A. 二氧化碳溶于水
- B. 氢气和氧气在常温下混合
- C. 澄清石灰水长期放置在空气中
- D. 石灰石溶于盐酸

(2) 检验二氧化碳是否已收集满瓶的方法是_____。 []

- A. 加入澄清石灰水
- B. 加入紫色石蕊试液
- C. 将燃着的木条放在集气瓶口
- D. 将燃着的木条放在集气瓶底

2. 比较氧气、氢气和二氧化碳的实验室制法。

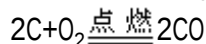
3. 右边实验室制取二氧化碳的装置图有哪些错误? 为什么?

4. 比较二氧化碳灭火和水灭火原理的相同点和不同点。

5. 足量的盐酸跟 250 克碳酸钙反应, 可以生成二氧化碳多少克?

第五节 一氧化碳

我们已经知道，当碳燃烧不充分的时候，就生成一氧化碳。



比较一氧化碳(CO)和二氧化碳(CO₂)的化学式，可以看出一氧化碳分子比二氧化碳分子少1个氧原子。这种分子构成的不同，就使得一氧化碳和二氧化碳的性质有很大差别。

一、一氧化碳的性质

一氧化碳和二氧化碳一样，都是没有颜色、没有气味的气体。不同的是，一氧化碳的密度比空气的略小。在标准状况下，它的密度为1.250克/升。一氧化碳难溶于水，在通常状况下，1体积的水仅能溶解约0.02体积的一氧化碳。

1. 一氧化碳的可燃性

[实验7-10] 在盛有一氧化碳的贮气瓶的导管口点火(点燃前必须象检验氢气纯度那样，先检验一氧化碳的纯度)，观察火焰的颜色。把一个烧杯内壁蘸有澄清石灰水的烧杯罩在火焰上，如图7-21所示，观察石灰水有什么变化。

从实验可以看到，烧杯壁上澄清的石灰水变浑浊。这个实验说明一氧化碳和二氧化碳不同，一氧化碳在空气里能够燃烧生成二氧化碳，燃烧时发出蓝色的火焰。



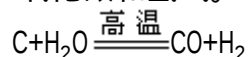
我们常常在煤炉里煤层的上方看到蓝色的火焰，这就是一氧化碳在燃烧。

一氧化碳燃烧时会放出大量的热，它是许多气体燃料的主要成分。

选学

水煤气

用煤炉烧水，水开时常常会溢出来。水洒在通红的煤上，火不但不熄灭，反而“呼”地一声，会窜出很高的火苗来。这是怎么回事呢？原来水和炽热的碳能发生化学反应，生成一氧化碳和氢气。



这两种气体都能燃烧，因此就会窜出很高的火苗来。水蒸气通过炽热的煤(或焦炭)层所生成的一氧化碳和氢气的混合气也叫做水煤气。水煤气是重要的工业气体燃料和化工原料。

2. 一氧化碳的还原性

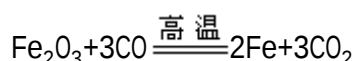
[实验7-11]按照图7-23的装置，在玻璃管里放入氧化铜，通入一氧

化碳，并用气球收集尾气，然后加热。仔细观察实验发生的现象。

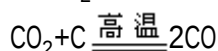
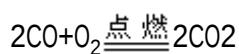
从实验可以看到黑色的氧化铜变成红色的铜，澄清的石灰水变浑浊。这个实验说明一氧化碳和木炭一样，也能使氧化铜还原成铜，同时生成二氧化碳。



由于一氧化碳具有还原性，因此在冶金工业里常用来作还原剂，使金属氧化物还原以制取某些金属。例如，炼铁就是利用一氧化碳的还原性。一氧化碳在高温下能还原铁矿石里的氧化铁，同时生成二氧化碳。这个反应可以表示如下：



一氧化碳和二氧化碳的性质尽管不同，但是它们在一定的条件下又可以相互转变。例如，一氧化碳燃烧生成二氧化碳，二氧化碳遇到炽热的碳又还原成一氧化碳。



二、一氧化碳的毒性

冬天用煤火取暖，如果不装烟囱或虽装烟囱而排气不良，就会发生煤气中毒事件，即一氧化碳的中毒。

一氧化碳有剧毒。这是因为一氧化碳吸进肺里跟血液里的血红蛋白结合，使血红蛋白不能很好地跟氧气结合，人体就缺少氧气。人如吸入少量的一氧化碳就会感到头痛，吸入较多量的一氧化碳，就会因缺乏氧气而死亡。由于一氧化碳没有颜色和气味，不容易被人察觉，所以对它要特别小心。

三、一氧化碳对空气的污染

自从人类用煤作燃料以后，空气污染的现象就多了。一氧化碳是排放量很大的空气污染物。据估计，目前每年人为排放出一氧化碳总量为(3~4)亿吨。其中，一半以上来自汽车排放的废气，其余主要来自煤等燃料的燃烧和石油炼制、钢铁冶炼等。森林火灾、海洋和陆地生物的腐烂等过程也能产生一氧化碳。由于一氧化碳能严重危害人体健康，因此，防止和控制一氧化碳对空气的污染是非常重要的。

[讨论] 在做一氧化碳还原氧化铜的实验时，为什么要用气球来收集尾气？实验完毕后，气球里的尾气应该怎样处理？

下面是一种改进的实验装置。

你还能再设计出其它改进的实验装置吗？

习题

1. 比较一氧化碳和氢气有哪些相似的性质。

2.将正确答案的序号填在括号里

(1) 一氧化碳和二氧化碳 []。

- A. 密度都比空气的大
- B. 都是具有还原性的气体
- C. 都可以用碳与氧气起反应来制取
- D. 都能溶于水，并使紫色石蕊试液变成红色

(2) 一氧化碳有毒是因为 []。

- A. 它具有还原性
- B. 它具有可燃性
- C. 它能与血液里的氧气结合生成二氧化碳
- D. 它能与血液里的血红蛋白结合，使血红蛋白不能很好地与氧气结

合

(3) 如果要除去一氧化碳气体中混有的少量二氧化碳，应该采用的方法 []。

- A. 把混合气体点燃
- B. 把混合气体通过澄清的石灰水
- C. 把混合气体通过灼热的氧化铜粉末
- D. 把混合气体由一个容器倾倒到另一个容器里

是

(4) 如果要除去二氧化碳气体中混有的少量一氧化碳，应该采用的方法 []。

- A. 把混合气体点燃
- B. 把混合气体通过澄清的石灰水
- C. 把混合气体通过灼热的氧化铜粉末
- D. 把混合气体由一个容器倾倒到另一个容器里

是

3.有人说炉子上只要放一壶水就能防止煤气中毒，你认为这种说法对吗？为什么？

4.在标准状况下，14 克一氧化碳的体积是多少升？11.2 升（标准状况下）一氧化碳跟足量氧化铜反应，能还原出铜多少克？

（提示：计算时所需的数据可查阅本节有关内容）

5.收集或考察一氧化碳对空气造成污染的情况，以讲座或墙报等形式和同学们进行交流。

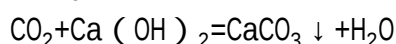
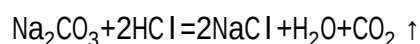
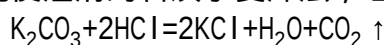
第六节 碳酸钙

一、碳酸根的检验

我们已经知道，二氧化碳跟石灰水起反应后生成碳酸钙，碳酸钙是一种不溶于水的白色固体。碳酸钙遇到盐酸时会起反应放出二氧化碳，这是实验室制取二氧化碳常用的方法。这是不是只有碳酸钙才具有的性质呢？

[实验 7 - 12] 在分别盛有碳酸钾和碳酸钠的两个试管里，各加入少量盐酸，有什么现象发生？如图 7 - 24 所示，将反应生成的气体导入盛有澄清石灰水的试管里，又有什么现象发生？

可以看到，与碳酸钙相似，碳酸钾和碳酸钠遇盐酸时都会起反应产生大量的气泡，生成的气体都能使澄清的石灰水变浑浊，证明都生成了二氧化碳。



金属原子跟碳酸根组成的化合物，如碳酸钾、碳酸钠、碳酸钙等，都能跟盐酸起反应生成二氧化碳，利用这一性质检验碳酸根，是最简便的方法，也可利用这种反应来制备二氧化碳。

二、石灰石的用途

碳酸钙在自然界里分布很广。矿物里的石灰石、大理石等的主要成分都是碳酸钙，它们有很重要的用途。

大理石质地致密，绚丽多彩，加工琢磨以后可以用做建筑材料和装饰品。天安门前的华表，人民大会堂的不少柱子都是用大理石做的。石灰石也是建筑上常用的石料。

工业上，把石灰石放在石灰窑里，经过高温煅烧，就制得生石灰（CaO），同时得到副产品二氧化碳。

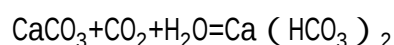


把粉碎后的石灰石和粘土按适当比率混合后，加强热、烧结，再粉碎，就制得水泥。

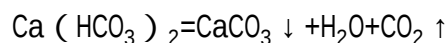
选学

溶洞的形成 硬水

碳酸钙还有一种性质，当遇到溶有二氧化碳的水时，就会变成可溶性的碳酸氢钙 $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$ 。



溶有碳酸氢钙的水如果受热或遇压强突然变小时，溶解在水里的碳酸氢钙就会分解，重新变成碳酸钙沉积下来，同时放出二氧化碳。



在自然界里不断发生着上述反应，于是就形成了像广西桂林地区石灰岩溶洞里那些奇特的钟乳石、石笋和石柱。近年来，在我国许多地方相继发现了许多新的溶洞景观。

自然界里含有较多碳酸氢钙和其它杂质如碳酸氢镁、硫酸钙、硫酸镁等的水叫做硬水。泉水、井水等常是硬水。煮沸硬水时，在水壶和锅炉里能形成锅垢，这是由于生成了碳酸钙等沉淀的缘故。

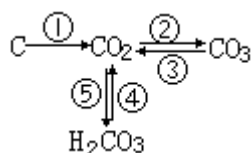
水的硬度高对生活和生产都有危害。洗涤用水如果硬度太高，不仅浪费肥皂，而且衣物也不易洗干净。长期饮用硬度很高或硬度过低的水，都不利于人体健康。锅炉用水硬度太高，由于在锅炉内结成锅垢，不仅浪费燃料，而且严重时还会引起锅炉爆炸事故。因此，对硬水进行处理，以降低或消除它的硬度是很重要的。

家庭小实验

取一个小玻璃杯，放入洗净的碎鸡蛋壳，然后加入一些盐酸（可到化工商店购买），立即用蘸有澄清石灰水的玻璃片盖住。仔细观察有什么现象发生。试根据实验现象推测鸡蛋壳的成分里可能含有什么？

习题

1. 写出下列物质间转化的化学方程式。其中，哪些属于化合反应？哪些属于分解反应？



2. 草木灰的主要成分是一种含钾的化合物。把盐酸加入草木灰中，有一种无色的气体生成，这种气体能使澄清的石灰水变浑浊。根据上述实验现象判断草木灰的主要成分是什么？写出有关反应的化学方程式。

3. 煅烧 1000 克碳酸钙固体，可以得到多少克生石灰和多少克二氧化碳？

4. 把 10 克二氧化碳和一氧化碳的混合气体通入过量石灰水里，生成 5 克白色沉淀，求原混合气体中一氧化碳所占的质量分数。

本章小结

我们将采用填表、填空、问答等形式，按照下列步骤，共同来对本章内容进行小结。

一、本章所学习的主要内容

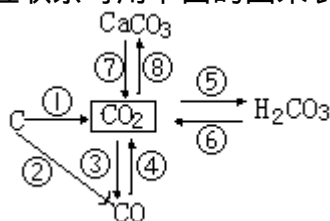
1. 碳、二氧化碳、一氧化碳的重要性质、用途以及实验室制法（填表）

物质	重要性质		实验室制法(包括反应原理、装置和检验方法)		重要用途
	物理性质	化学性质			
碳的单质	金刚石			—	
	石墨				
	无定形碳 (以木炭为例)				
碳的化合物	二氧化碳				
	一氧化碳			—	

2. 化学反应会伴随吸热现象和放热现象。

二、本章所学知识间的相互联系

本章所学知识间的相互联系可用下面的图来表示。



写出上述反应的化学方程式：

_____	_____
_____	_____
_____	_____

三、本章知识与前面有关知识的联系

1. 氧气、氢气、二氧化碳的实验室制法的比较（填表）

物质	反应原理	实验装置图	检验方法
氧气			
氢气			
二氧化碳			

2. 氢气、一氧化碳的化学性质的比较（填表）

物质	化学性质	
	相似处	不同处
氢气		
一氧化碳		

四、本章学习体会

通过本章学习，你有哪些体会和收获？

复习题

1. 从下列气体中，选择正确的答案填在相应的空白里，并写出有关反应的化学方程式。氧气 氢气 二氧化碳 一氧化碳

- (1) 能在空气中燃烧的气体是_____，反应的化学方程式是_____。
- (2) 能用向上排空气法收集的气体是_____。
- (3) 能溶于水，水溶液能使紫色石蕊试液变成红色的气体是_____，溶于水反应的化学方程式是_____。
- (4) 能使灼热的氧化铜还原为铜的气体是_____，反应的化学方程式是_____。
- (5) 能使澄清石灰水变浑浊的气体是_____，反应的化学方程式是_____。
- (6) 能灭火的气体是_____，能使带有余烬的木条复燃的气体是_____。

2. 将正确答案的序号填在括号里

- (1) 在实验室制取二氧化碳常用的方法是 []。
 - A. 燃烧木炭
 - B. 一氧化碳跟氧气反应
 - C. 石灰石跟盐酸反应
 - D. 煅烧石灰石
- (2) 下列各组气体中，既具有可燃性又具有还原性的是 []。

- A. H_2 、 CO_2
- B. H_2 、 CO
- C. CO 、 CO_2
- D. H_2 、 O_2

3. 下列说法是否正确？为什么？

- (1) 碳燃烧总是生成二氧化碳。
- (2) 有些冰箱去味剂的主要成分是活性炭。去味剂之所以能消除异味，是由于活性炭具有吸附能力。
- (3) 干冰蒸发时要吸收大量的热，这就是化学反应中的吸热现象。
- (4) 因为二氧化碳的密度比空气的大，所以检验集气瓶里是否已充满二氧化碳，应把燃烧的木条伸入集气瓶的底部。
- (5) 把碳酸钙与盐酸反应产生的气体通入澄清石灰水，石灰水变浑浊。
- (6) 某气体能把灼热的氧化铜还原成铜，这种气体一定是一氧化碳。
- (7) 一氧化碳有毒，会对空气造成污染。
- (8) 对于由金属原子和碳酸根组成的化合物，检验其中的碳酸根的方法

是：使该化合物与盐酸反应，将反应生成的气体通入澄清的石灰水。

4. 下列实验装置的(1)至(5)部分各有什么现象发生？为什么？写出有关反应的化学方程式。

5. 选择实验室制取和收集氧气、氢气和二氧化碳的仪器装置图。

6. 用化学方法鉴别下列各组物质。

(1) 二氧化碳和一氧化碳

(2) 氢气和一氧化碳

(3) 氢气和二氧化碳

7. 有一种钙的化合物，为白色固体，它在水中不溶解，但溶于稀盐酸，并产生没有颜色的气体。把这种气体通入澄清的石灰水，溶液呈现白色浑浊。根据以上现象，判断这可能是什么化合物，说明理由，并写出有关反应的化学方程式。

8. 50 克碳和 50 克一氧化碳在空气中充分燃烧，各生成二氧化碳多少克？

9. 实验室用碳酸钙与足量盐酸反应制取二氧化碳，如果制取 2 升（标准状况）二氧化碳，至少需要多少克碳酸钙？

（提示：计算时所需的数据可查阅有关章节）

学生实验

化学是一门以实验为基础的自然科学。通过实验，我们可以观察到大量生动、有趣的化学反应现象，从而了解大量物质变化的事实，加深对所学知识的理解。通过实验，还可以培养和提高动脑、动手的能力，培养实事求是的科学态度和严肃认真的工作作风。因此，实验在整个化学课的学习中是一个不可缺少的组成部分。

学生实验的要求

做实验必须注意下面几个问题：

1. 上实验课前，要复习课文里的有关内容，并预习本实验的内容，要求做到阅读实验说明，理解实验目的，明了实验步骤和注意事项。

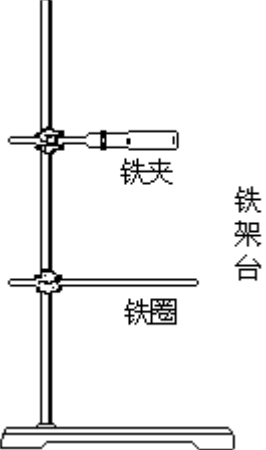
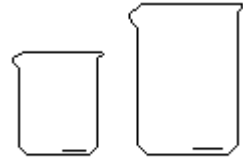
对于实验习题，应提出实验方案和需用的仪器和药品等。

2. 每次实验时，要检查实验用品是否齐全。桌上的实验用品应摆放整齐有序。做实验时，必须按照规定的步骤和方法进行。注意安全，并实事求是地做好记录。

3. 做完实验后，要认真地写出实验报告（填写实验报告册 或参照下面的格式自己设计）。

指与教科书配套使用的实验报告册。

4. 实验完毕，拆开实验装置，把仪器中废弃的物质倒在废液缸里，把需要回收的物质倒在指定的容器里。然后把仪器洗涤干净，放回原处。经教师检查、认可后，方可离开实验室。

仪 器	用 途	注意事项
 试管	用作少量试剂的反应容器，在常温或加热时使用。	加热后不能骤冷，防止炸裂。
 试管夹	用于夹持试管。	防止烧损和腐蚀。
 玻璃棒	用于搅拌、过滤或转移液体时引流。	
 酒精灯	用于加热。	见酒精灯的使用及给物质加热部分的说明。
 胶头滴管 滴瓶	胶头滴管用于吸取和滴加少量液体。 滴瓶用于盛放液体药品。	胶头滴管用过后应立即洗净，再去吸取其它药品。 滴瓶上的滴管与滴瓶配套使用。
 铁夹 铁架台 铁圈	用于固定和支持各种仪器，一般常用于过滤、加热等实验操作。	
 烧杯	用作配制溶液和较大量试剂的反应容器，在常温或加热时使用。	加热时应放置在石棉网上，使受热均匀。

 量筒	量度液体体积。	不能加热，不能作反应容器。
 集气瓶	用作收集或贮存少量气体。	

续表

除上面介绍的九种仪器外，比较常见的仪器还有以下十几种。

化学实验基本操作

1. 药品的取用

实验室里所用的药品，很多是易燃、易爆、有腐蚀性或有毒的。因此，在使用时一定要严格遵照有关规定和操作规程，保证安全。为此，要注意以下几点：

不能用手接触药品，不要把鼻孔凑到容器口去闻药品（特别是气体）的气味，不得尝任何药品的味道。

注意节约药品。应该严格按照实验规定的用量取用药品。如果没有说明用量，一般应该按最少量取用：液体（1~2）毫升，固体只需盖满试管底部。

实验剩余的药品既不能放回原瓶，也不要随意丢弃，更不要拿出实验室，要放入指定的容器内。

（1）固体药品的取用

取用固体药品一般用药匙。药匙的两端为大小两匙，取药品量较多时用大匙，较少时用小匙。有些块状的药品（如石灰石等）可用镊子夹取。用过的药匙或镊子要立刻用干净的纸擦拭干净，以备下次使用。

往试管里装入固体粉末时，为避免药品沾在管口和管壁上，先使试管倾斜，把盛有药品的药匙（或用小纸条折叠成的纸槽）小心地送入试管底部（图2），然后使试管直立起来，让药品全部落到底部。

把块状的药品或密度较大的金属颗粒放入玻璃容器时，应该先把容器横放，把药品或金属颗粒放入容器口以后，再把容器慢慢地竖立起来，使药品或金属颗粒缓缓地滑到容器的底部，以免打破容器。

这些基本操作，可采用先由教师讲解或演示，然后让学生自己练习的方法；也可根据具体情况由教师采取集中或分散讲解、演示的方法。

（2）液体药品的取用

液体药品通常盛在细口瓶里。取用细口瓶里的药液时，先拿下瓶塞，倒放在桌上。然后拿起瓶子，瓶口要紧挨着试管口（图3），使液体缓缓地倒入试管。注意防止残留在瓶口的药液流下来，腐蚀标签。倒完液体，立即盖紧瓶塞，把瓶子放回原处。

取用一定量的液体药品，也可以用量筒量出体积。量液时，量筒必须放平，视线要跟量筒内液体的凹液面的最低处保持水平（图4），再读出液体体积数。

滴管是用来吸取和滴加少量试剂的一种仪器。滴管上部是橡胶乳头，下部是细长尖嘴的玻璃管。使用滴管时，用手指捏紧橡胶乳头，赶出滴管中的空气，然后把滴管伸入试剂瓶中，放开手指，试剂即被吸入。取出滴管，把它悬空放在烧杯上方（不要接触烧杯壁，以免沾污滴管或造成试剂的污染），然后用拇指和食指轻轻捏挤橡胶乳头，试剂便滴入烧杯中（图5）。

使用滴管时要注意：取液后的滴管，应保持橡胶乳头在上，不要平放或

倒置，防止试液倒流，腐蚀橡胶乳头；不要把滴管放在试验台或其它地方，以免沾污滴管。用过的滴管要立即用清水冲洗干净，以备再用。严禁用未经清洗的滴管再吸取别的试剂（滴瓶上的滴管不要用水冲洗）。

（3）浓酸、浓碱的使用

在使用浓酸、浓碱等强腐蚀性的药品时，必须特别小心，防止皮肤或衣物等被腐蚀。

如果酸（或碱）溶液流到实验台上，立即用适量的碳酸氢钠溶液（或稀醋酸）冲洗，然后用水冲洗，再用抹布擦干。如果只是少量酸或碱溶液滴到实验台上，立即用湿抹布擦净，再用水冲洗抹布。

如果不慎将酸溶液沾到皮肤或衣物上，立即用较多的水冲洗（如果是浓硫酸，必须迅速用抹布擦拭，然后用水冲洗），再用碳酸氢钠溶液（3%～5%）来冲洗。如果碱溶液沾到皮肤上，要用较多的水冲洗，再涂上硼酸溶液。

实验中要特别注意保护眼睛。万一眼睛里溅进了酸或碱溶液，要立即用水冲洗（切不要用手揉眼睛）。洗的时候要眨眼睛，必要时请医生治疗。

2. 托盘天平的使用

托盘天平由托盘（分左右两个）、指针、标尺、调节零点的平衡螺母、游码、分度盘等组成（图6）。托盘天平只能用于粗略的称量，能称准到0.1克。

托盘天平一些部位的名称按《天平与砝码—检修、使用与管理》（机械工业出版社）一书进行了修改。原标尺现改为分度盘，原螺丝现改为平衡螺母，原刻度尺现改为标尺。

（1）称量前先把游码放在标尺的零刻度处，检查天平是否平衡。如果平衡，指针摆动时先后指示的分度盘上的左、右两边的格数接近相等，指针静止时则应指在分度盘的中间。如果天平未达到平衡，调节左、右的平衡螺母，使天平平衡。

（2）称量时把称量物放在左盘，砝码放在右盘。砝码要用镊子夹取。先加质量大的砝码，再加质量小的砝码，最后移动游码，直到天平平衡为止。记录所加砝码和游码的质量。

（3）称量完毕后，应把砝码放回砝码盒中，把游码移回零处。

化学实验称量的药品，常是一些粉末状或是易潮解的、有腐蚀性的药品，为了不使天平受到污染和损坏，使用时还应特别注意：

称量干燥的固体药品前，应在两个托盘上各放一张相同质量的纸，然后把药品放在纸上称量。

易潮解的药品，必须放在玻璃器皿（如小烧杯、表面皿）里称量。

3. 连接仪器装置

正确连接仪器装置，是进行化学实验的重要环节。在初中化学实验中用得较多的是连接玻璃导管、橡皮塞、胶皮管等的操作。

（1）把玻璃管插入带孔橡皮塞

左手拿橡皮塞，右手拿玻璃管（靠近要插入塞子的一端）。先把要插入塞子的玻璃管的一端用水润湿，然后稍稍用力转动（小心！不要使玻璃管折断，以致刺破手掌），使它插入（图7）。

(2) 连接玻璃管和胶皮管

左手拿胶皮管，右手拿玻璃管（图 8），先把玻璃管口用水润湿，稍稍用力即可把玻璃管插入胶皮管。

(3) 在容器口塞橡皮塞

左手拿容器，右手拿橡皮塞慢慢转动，塞进容器口（图 9）。切不可把容器放在桌上再使劲塞进塞子，因为这样做容易压破容器。

4. 检查装置的气密性

如图 10，把导管的一端浸在水里，两手紧贴容器的外壁。如果装置不漏气，里面的空气受热膨胀，导管口有气泡冒出。如果装置漏气，须找出原因，进行调整、修理或更换，然后才能进行实验。

5. 物质的加热

(1) 酒精灯的使用方法

在化学实验中，酒精灯是最常用的加热工具。

使用酒精灯时，先要检查灯芯。如果灯芯顶端不平或已烧焦，需要剪去少许使其平整。然后检查灯里有无酒精。向灯里添加酒精时，不能超过酒精灯容积的 $\frac{2}{3}$ 。

在使用酒精灯时，有几点要注意：绝对禁止向燃着的酒精灯里添加酒精，以免失火；绝对禁止用酒精灯引燃另一只酒精灯；用完酒精灯，必须用灯帽盖灭，不可用嘴去吹（图 11）。不要碰倒酒精灯，万一洒出的酒精在桌上燃烧起来，不要惊慌，应立刻用湿抹布扑盖。

(2) 给物质加热

酒精灯的灯焰分为焰心、内焰、外焰三个部分。把一根火柴梗放在酒精灯的灯焰中（图 12），1~2 秒钟后取出来。可以看到，处在火焰外层（外焰）的部分最先炭化，说明外焰温度最高，内焰燃烧不充分，温度较低，焰心温度最低。因此，应用外焰部分进行加热。

在用酒精灯给物质加热时，有以下几点需要注意：

给液体加热可以用试管、烧瓶、烧杯、蒸发皿；给固体加热可以用干燥的试管、蒸发皿等。有些仪器如集气瓶、量筒、漏斗等不允许用酒精灯加热。

如果被加热的玻璃容器外壁有水，应在加热前擦拭干净，然后加热，以免容器炸裂。

加热的时候，不要使玻璃容器的底部跟灯芯接触，也不要离得过远（图 13），距离过近或过远都会影响加热效果。烧得很热的玻璃容器，不要立即用冷水冲洗，否则可能破裂。也不要直接放在实验台上，以免烫坏实验台。

图 13 加热方法

给试管里的固体加热，应该先进行预热。预热的方法是：在火焰上来回移动试管。对已固定的试管，可移动酒精灯。待试管均匀受热后，再把灯焰固定在放固体的部位加热。

给试管里的液体加热，也要进行预热，同时注意液体体积最好不要超过试管容积的 $\frac{1}{3}$ 。加热时，使试管倾斜一定角度（约 45° 角）。在加热过程中要不时地移动试管。为避免试管里的液体沸腾喷出伤人，加热时切不可让试管口朝着自己和有人的方向。

加热物质时除常用酒精灯外，还可用电炉、喷灯等。

6. 过滤

过滤是除去液体中混有的固体物质的一种方法。

取一张圆形滤纸，对折两次（图 14， ），打开成圆锥形，把滤纸尖端朝下放入漏斗。滤纸的边缘要比漏斗口稍低，并紧贴漏斗壁，中间不要有气泡（图 14， ）。

图 14 过滤器的准备

如图 15，把漏斗放在铁架台的铁圈上，调整高度，使下端的管口靠紧烧杯内壁，使滤液沿烧杯壁流下。倾倒时，使液体沿着玻璃棒流下，液面要低于滤纸的边缘。

如果滤液仍然浑浊，应该把滤液再过滤一次，直到滤液澄清。

7. 蒸发

蒸发一般是用加热的方法，使溶剂不断挥发的过程。

把滤液（或溶液）倒入蒸发皿里，再把蒸发皿放在铁架台的铁圈上，用酒精灯加热，见图 16。

在加热过程中，用玻璃棒不断搅动，防止由于局部温度过高，造成液滴飞溅。当蒸发皿中出现较多量的固体时，即停止加热。注意：不要立即把蒸发皿直接放在实验台上，以免烫坏实验台。如果需立即放在实验台上时，要垫上石棉网。

8. 洗涤仪器

做实验必须用干净的仪器，否则会影响实验效果。因此，一定要认真洗涤玻璃仪器。

现以洗涤试管为例，说明洗涤玻璃仪器的方法：

注入半试管水（如果试管内还有废液，应先倒净废液，再洗涤，不要未倒废液就注水），振荡后把水倒掉（图 17），这样连洗几次。如果内壁附有不易洗掉的物质，要用试管刷刷洗。刷洗时须转动或上下移动试管刷，但用力不能过猛，以防试管损坏。

图 17 试管的洗涤如果试管里附有不易用水洗净的物质，如油脂、一些难溶的氧化物或盐时，用热的纯碱（ Na_2CO_3 ）溶液或洗衣粉，可以洗去油脂；用稀盐酸可以溶解难溶氧化物或盐，洗后都要用水冲洗干净。

洗过的玻璃仪器内壁附着的水既不聚成水滴，也不成股流下时，表示仪器已洗干净。

每次实验完毕，都应该立即把用过的仪器刷洗干净，放在试管架上或指定的地方。

实验一 化学变化的现象

在化学变化的过程中，常常伴随着发生一些易于观察到的现象，如放热、发光、变色、生成沉淀或气体等。我们可以根据这些现象来判断化学反应进行的情况。本实验是第一个学生实验，因此在实验前应认真阅读化学实验常用仪器介绍和化学实验基本操作的有关内容。

实验目的

1. 练习使用试管、滴管、酒精灯等的操作方法。
2. 观察和认识在化学变化中发生的各种现象。
3. 加深对化学变化概念的理解。

实验用品

试管、胶头滴管、酒精灯。

氢氧化钠溶液、硫酸铜溶液、酚酞试液。碳酸钙、稀盐酸。
火柴。

实验步骤

1. 放热、发光现象

点燃酒精灯，观察酒精燃烧时的现象。

2. 溶液变色

(1) 向试管里倒入少量氢氧化钠溶液。

(2) 用滴管滴加几滴酚酞试液，观察反应发生的现象。

3. 生成沉淀

(1) 向试管里倒入少量硫酸铜溶液。

(2) 用滴管逐滴滴入氢氧化钠溶液，观察反应发生的现象。

4. 生成气体

(1) 在试管中放入少量碳酸钙固体。

(2) 向试管里加入少量稀盐酸，观察反应发生的现象。

实验二 分子运动

本实验包括品红和氨分子的扩散等两部分内容。通过观察实验现象，使我们了解和认识分子总是处在不停地运动状态中，从而加深对分子概念的理解。实验中要用到的主要操作有：用滴管取液和逐滴加液。

本实验要用到具有腐蚀性的碱液，应注意安全操作。

实验目的

1. 练习使用滴管的实验操作方法。
2. 加深对分子概念的认识和理解。

实验用品

小烧杯、胶头滴管、试管、药匙。

品红、浓氨水、酚酞试液。

长条滤纸、脱脂棉。

实验步骤

1. 品红的扩散

在一个小烧杯里放入半烧杯水，然后用药匙取一小粒品红，放入烧杯。仔细观察发生的现象。

实验过程如图 18 所示。

图 18 品红的扩散

2. 氨分子的扩散 (1) 取一条长 10 厘米、宽 1 厘米的滤纸条，在滤纸条上每隔 (1.5 ~ 2) 厘米处滴一小滴酚酞试液。滴好后把滤纸条放到试管里，在试管口塞上一小团脱脂棉。塞好后放在实验台上 (为了便于观察，可在试管下衬上白纸)，如图 19。

图 19 氨分子的扩散

(2) 用滴管吸取浓氨水，在试管口的脱脂棉上滴 10 ~ 15 滴。仔细观察试管里发生的现象。

问题和讨论

举出 2 ~ 3 种在生活中你所见到的能说明分子运动的现象。

品红是一种红色染料，如果没有，也可用其它能溶于水的、有色的、由分子组成的物质代替。

实验三 粗盐提纯

本实验通过对粗盐的溶解、过滤和对滤液的蒸发等操作，可以除去其中的泥沙等不溶于水的杂质，从而对粗盐进行提纯。当然，仅用上述提纯方法还不能得到纯净的氯化钠（食盐的主要成分），实验中用到的仪器和基本操作较多，实验前应认真阅读铁架台、酒精灯的使用，以及溶解、过滤、蒸发等项基本操作的内容。

实验目的

1. 练习溶解、过滤和蒸发等基本操作。
2. 了解混合物分离的概念。

实验用品

烧杯、玻璃棒、蒸发皿、酒精灯、漏斗、药匙、量筒（10 毫升）、铁架台（带铁圈）、托盘天平、砝码。

粗盐。

滤纸、剪刀、火柴。

实验步骤

1. 溶解

用托盘天平称取 5 克粗盐（精确到 0.1 克）。用量筒量取 10 毫升水倒入烧杯里。用药匙取一匙粗盐加入水中，观察发生的现象。用玻璃棒搅拌，并观察发生的现象（玻璃棒的搅拌对粗盐的溶解起什么作用？）。接着再加入粗盐，边加边用玻璃棒搅拌，一直加到粗盐不再溶解时为止。观察溶液是否浑浊。

在天平上称量剩下的粗盐，计算在 10 毫升水中大约溶解了多少克粗盐。

2. 过滤

按照化学实验基本操作 6 所述方法进行过滤。仔细观察滤纸上的剩余物及滤液的颜色。滤液仍浑浊时，应该再过滤一次。

如果经两次过滤滤液仍浑浊，则应检查实验装置并分析原因，例如，滤纸破损，过滤时漏斗里的液面高于滤纸边缘，仪器不干净等。

找出原因后，要重新操作。

3. 蒸发

把得到的澄清滤液倒入蒸发皿。把蒸发皿放在铁架台的铁圈上，用酒精灯加热（图 20）。同时用玻璃棒不断搅拌滤液。等到蒸发皿中出现较多量固体时，停止加热。利用蒸发皿的余热使滤液蒸干。

4. 用玻璃棒把固体转移到纸上，称量后，回收到教师指定的容器。比较提纯前后食盐的状态并计算精盐的产率。

问题和讨论

在进行过滤和蒸发时应注意哪几点？为什么？

实验四 氧气的制取和性质

本实验包括制取氧气和试验氧气的性质两部分内容。通过学习实验室制取氧气，可以使我们掌握一种制取气体的方法。氧气对我们的日常生活和生产具有重要的意义，通过实验可以加深对氧气性质的认识。实验室制取氧气的装置以及操作比较复杂，实验前应认真阅读有关使用铁架台、连接仪器装置、检查装置气密性、给物质加热、排水取气等操作内容。

实验目的

1. 练习实验室制取氧气的方法，练习用排水取气法收集气体。
2. 通过实验，加深对氧气性质的认识。

实验用品

大试管、试管夹、单孔橡皮塞、胶皮管、玻璃导管、集气瓶（125 毫升）、水槽、铁架台（带铁夹）、酒精灯、玻璃片、坩埚钳（镊子）。

高锰酸钾、木炭、澄清石灰水。

细铁丝、木条、棉花、火柴、细沙。

实验步骤

1. 制取氧气

观察高锰酸钾的颜色和状态。

（1）用带有导管的橡皮塞塞紧试管，并检查装置是否漏气，不漏气的装置才能进行实验。拔开橡皮塞，在试管里放进约 7 克高锰酸钾。用一团棉花放在靠近试管口的地方，以防止加热时高锰酸钾粉末进入导管。然后把带有导管的塞子塞紧试管口。如图 21 所示。把这个装置固定在铁架台上。

图 21 实验室制取氧气

（2）将三个集气瓶分别盛满水，并用玻璃片盖住瓶口。盖瓶口时，先盖住一小部分，随后推动玻璃片把瓶口全部盖住（注意不要让瓶口水面处留有气泡）。

然后把盛满水的瓶子连同玻璃片一起倒立在盛水的水槽内。

（3）给试管加热。先使酒精灯在试管下方来回移动，让试管均匀受热，然后对高锰酸钾所在的部位加热。

导管口开始有气泡放出时，不宜立即收集（为什么？），当气泡连续地并比较均匀地放出后，再把导管口伸入盛满水的集气瓶里。等瓶子里的水排完以后，（你怎

仔细观察收集到的氧气的颜色。

2. 试验氧气的化学性质

（1）木炭在氧气里燃烧

用坩埚钳夹取一小块木炭在酒精灯的火焰上烧到发红，插入盛有氧气的集气瓶（由瓶口向下缓慢插入）。观察木炭在氧气里燃烧的现象。

燃烧停止后，取出坩埚钳，往集气瓶里加少量澄清石灰水，振荡。有什么现象发生？

全部过程见图 22。

(2) 铁丝在氧气里燃烧

取几根纱窗细铁丝，擦去表面铁锈或油漆，拧成一束呈螺旋形绕在一根火柴上。点燃火柴，待火柴临近烧完时缓慢插入盛有氧气的集气瓶（集气瓶里装有少量水）。观察铁丝在氧气中燃烧的现象。

过程见图 23。

问题和讨论

把红热的木炭插入盛有氧气的集气瓶时，为什么应该是由上向下，缓慢插入？

注意：停止加热时，先要把导管移出水面，然后再熄灭酒精灯（如果先熄灭酒精灯，可能会造成什么后果？）。怎样判断？）在水面下用玻璃片盖住瓶口。小心地把瓶子移出水槽，正放在桌子上。用同样的方法再收集两瓶氧气（其中一瓶留有少量水）。

实验五 氢气的制取和性质

本实验包括制取氢气和试验氢气的性质两部分内容。氢气是一种易燃、易爆气体，在做实验时要特别注意，在点燃前必须验纯。实验前应认真预习实验内容。

实验目的

1. 练习实验室制取氢气和检验氢气纯度的方法。
2. 通过实验，加深对氢气性质的认识。

实验用品

试管、烧杯、酒精灯、铁架台（带铁夹）、单孔橡皮塞、玻璃导管、胶皮管、水槽。

锌粒、稀硫酸（1:4）、氧化铜、火柴。

实验步骤

1. 制取氢气和检验氢气的纯度

在实验室里，利用锌粒跟稀硫酸起反应制取氢气。制取少量氢气常常用图 24 所示的简易装置。

检验氢气纯度的方法是：收集一试管氢气，试管口朝下，用拇指堵住，移近火焰，移开拇指点火，如果听到尖锐的爆鸣声，表明氢气不纯，需要再收集、再检验。如果发出的是噗噗的声音，表明氢气已纯净。如果用向下排空气法收集氢气，经检验不纯而需要再检验时，应该用拇指堵住试管口一会儿，然后再收集氢气检验纯度，

1 体积浓硫酸跟 4 体积蒸馏水混合配成。实验前由教师配好。直到纯净了才能继续做其它实验。

（1）按图 24 所示，把装置连接好，并检查装置的气密性。

（2）在试管里放入约 5 克锌粒，然后注入约占试管 1/3 容积的稀硫酸。立即用带有导管的橡皮塞塞住管口，并把试管固定在铁架台上。

（3）用排水法收集氢气，检验氢气的纯度，直到试管里收集到的氢气已经纯净时才能做后面的实验。

2. 试验氢气的化学性质

（1）氢气的可燃性

用火柴点燃导管口的氢气，仔细观察氢气的火焰。用干燥的小烧杯罩在氢气的火焰上（图 25），观察烧杯内壁有什么现象出现。

（2）氢气的还原性

取少量氧化铜放在干燥的试管里，按图 26 装置。使氧化铜均匀铺在试管底部。试管口应稍微向下倾斜。通入经检验已证明是纯净的氢气，大约过一分钟，再加热试管里铺有氧化铜的部位。观察试管里发生的现象。当试管壁

出现红色物质时，停止加热，再通一会儿氢气，然后再撤去氢气导管（为什么？如果先撤去氢气导管，会出现什么现象，为什么？）。

问题和讨论

1. 根据氢气的性质，还可以采用哪些方法来收集？
2. 做氢气的还原性实验时，当刚向盛有氧化铜的试管通入氢气时，能不能立即给试管加热？为什么？

实验六二氧化碳的制取和性质

实验室里制取二氧化碳一般是用大理石或石灰石跟盐酸反应。根据二氧化碳的密度比空气大的特点，应采用向上排空气法收集。本实验中包括的几个二氧化碳的性质实验，是根据二氧化碳的物理性质和化学性质安排的。因此，在实验前应认真阅读有关内容。

实验目的

1. 学习实验室制取二氧化碳的方法，学习用向上排空气法收集气体。
2. 加深对二氧化碳的性质的认识。

实验用品

烧杯、集气瓶、量筒、玻璃导管、胶皮管、单孔橡皮塞、铁架、试管、试管夹、玻璃片、酒精灯。

碳酸钙（石灰石或大理石）、稀盐酸（1:2）、澄清石灰水、紫色石蕊试液。

蜡烛、木条、蒸馏水、火柴。

实验步骤

1. 制取二氧化碳

（1）按照图 27 那样连接装置，并检查这个装置的气密性。

（2）在试管里放入几小块碳酸钙，然后小心地注入 15 毫升稀盐酸。立即用带有导管的橡皮塞塞住管口，观察试管里发生的现象以及反应中产生气体的颜色。过一会儿，可用燃着的木条检查集气瓶是不是已集满二氧化碳（检查时，木条应放在瓶口还是伸入瓶内？）。用玻璃片盖住已集满二氧化碳的集气瓶，备用。

2. 试验二氧化碳的性质

（1）把一支短蜡烛固定在烧杯的铁架上，点燃。拿起集满二氧化碳的集气瓶，向烧杯缓慢倾倒二氧化碳（图 28）。观察有什么现象发生。

（2）取一支试管，注入少量澄清的石灰水，通入二氧化碳，观察有什么现象发生？为什么？

如果从实验步骤 1 制得的二氧化碳的量，不足以供继续实验用，可以把试管里的残留物倒掉，另加入几小块碳酸钙和（10 ~ 15）毫升稀盐酸，重新制取二氧化碳。

■ 图 28 所示实验证明二氧化碳具有什么性质？（3）另取一支试管，加入 2 毫升蒸馏水，滴入 1 ~ 2 滴石蕊试液，观察溶液的颜色。通入二氧化碳，观察溶液的颜色有没有变化？

问题和讨论

根据氧气、氢气和二氧化碳的性质，可分别采用什么方法收集？

实验七 实验习题

实验习题是通过分析、设计实验解决一些具体的化学问题，从而培养分析问题、独立操作等能力。做实验习题时，一般应在选定实验内容后提出实验方案及所需仪器药品，再经教师同意确定具体实验方案。因此，实验前的准备工作非常重要，应认真对待。

实验目的

1. 巩固已学的各物质的知识。
2. 培养分析、解决一些实际问题的能力。

实验习题

1. 用最简便的方法鉴别空气、氧气、二氧化碳。
2. 用实验证明鸡蛋壳（或水壶内的水垢）的主要成分中含有碳酸根。
3. 用实验证明一包黑色粉末是由氧化铜和炭粉混合而成的。

选做实验— 从氯酸钾制取氧气的残渣中回收二氧化锰

实验目的

1. 从实验的废弃物中回收有用的化学药品。
2. 加深对催化剂的认识和理解。

实验用品

烧杯、玻璃棒、漏斗、铁架台（带铁圈）、酒精灯、蒸发皿。
氯酸钾制取氧气的残渣一包、滤纸。

实验步骤

- （1）把纸包内的残渣倒入烧杯，然后加入 20 毫升水，用玻璃棒搅拌，必要时可用酒精灯微热。
- （2）做一个过滤器。把烧杯内的溶液过滤，并小心地用水冲洗滤纸上的黑色沉积物。
- （3）用玻璃棒把滤纸上的沉积物转移到蒸发皿内，然后加热。待蒸发皿内产生的水蒸气较少时即停止加热，利用蒸发皿的余热把黑色物质——二氧化锰蒸干。
- （4）把制得的二氧化锰回收在指定的容器内。

选做实验二 红糖脱色

在蔗糖生产中，常用活性炭使红糖液脱色。通过此实验，可以进一步了解活性炭的吸附性质及其在生产中的应用。

实验目的

1. 加深对活性炭的吸附性质的了解。
2. 练习过滤操作。
3. 激发学习化学的兴趣。

实验用品

烧杯、玻璃棒、漏斗、铁架台（带铁圈）。
红糖、活性炭。
滤纸、剪刀。

实验步骤

1. 用药匙取一匙红糖放入烧杯，向烧杯中加适量水使红糖溶解；再向烧杯中加入活性炭，充分搅拌后静置
残渣质量以 5 克左右为宜。
2. 将烧杯中的混合液进行过滤。观察滤液的颜色。

选做实验三 趣味实验

实验目的

激发学生学习化学的兴趣。

实验内容

1. 烧不坏的手帕

实验用品

酒精灯、镊子、大烧杯、火柴、棉手帕、酒精（体积分数为 70%）。

用一块棉手帕（不要用合成纤维的），在盛有体积分数为 70% 酒精的烧杯中浸泡，待均匀湿透后取出。将浸透的手帕舒展开，用镊子夹住两角，在火焰上点燃，如图 29。当火焰熄灭后，手帕完好无损。

2. 晴雨花

实验用品

滤纸、烧杯、玻璃棒、酒精灯、氯化钴晶体。

取一张滤纸（或吸水性较强的白纸），剪成花瓣形状，用细线或细铁丝把剪好的花瓣扎成一朵花。把纸花放在质量分数为 14% 的氯化钴溶液中浸泡一会，取出晾干，再放入溶液中浸泡，晾干，这样反复几次，直到纸花变成粉红色。小心地在酒精灯上烘烤（必要时可以隔着石棉网烘烤）。花的颜色从粉红色变成深的天蓝色，晴雨花就做成了。

本实验安排了一组趣味实验，可根据情况选做其中的实验。5~10 分钟。

往纸花上喷些水，蓝色的花立即变成粉红色。放到火上烘烤又变成蓝色。把晴雨花挂在墙上，根据花的颜色的变化，可以知道环境的湿度。而天气的晴阴往往和湿度有关系，所以可以用它来预报天气。

3. 魔棒点灯

实验用品

酒精灯、玻璃棒、表面皿、高锰酸钾、浓硫酸。

取一药匙高锰酸钾，放入表面皿中，再滴入 3~4 滴浓硫酸，用玻璃棒搅拌均匀。用玻璃棒蘸取上述混合物，去碰酒精灯灯芯，灯便点着了。

4. 捉迷藏

实验用品

滤纸、玻璃棒、浓氨水、浓盐酸、酚酞试液。

用玻璃棒（或毛笔）蘸取酚酞试液在滤纸上画一只小猫（或其它图像）。把滤纸放在浓氨水瓶口上方，滤纸上很快出现一只红色小猫。再把此滤纸放在浓盐酸瓶口上方，小猫渐渐消失。

选做实验四 配合乡土教材的实验

各地可根据具体情况，自行安排。

附录

相对原子质量表

(按照元素符号的字母次序排列)

元素		原子量	元素		原子量	元素		原子
符号	名称		符号	名称		符号	名称	
Ac	锕	227.0278	Ge	锗	72.61(2)	Pa	镤	140.90765(3)
Ag	银	107.8682(2)	H	氢	1.00794(7)	Pt	铂	195.08(1)
Al	铝	26.981539(5)	He	氦	4.002602(2)	Pu	钷	[244]
Am	镅	[243]	Hf	铪	178.49(2)	Ra	镭	226.0254
Ar	氩	39.948(1)	Hg	汞	200.59(2)	Rb	铷	85.4678(3)
As	砷	74.92159(2)	Ho	钬	164.93032(3)	Re	铼	186.207(1)
At	砹	[210]	I	碘	126.9044(3)	Rh	铑	102.90550(3)
Au	金	196.96654(3)	In	铟	114.819	Rn	氡	[222]
B	硼	10.811(7)	Ir	铱	192.217(3)	Ru	钌	101.07(2)
Ba	钡	137.327(7)	K	钾	39.0983(1)	S	硫	32.066(6)
Be	铍	9.012182(3)	Kr	氪	83.80(1)	Sb	锑	121.760(1)
Bi	铋	208.98037(3)	La	镧	138.9055(2)	Sc	钪	44.955910(9)
Bk	锫	[247]	Li	锂	6.941(2)	Se	硒	78.96(3)
Br	溴	79.904(1)	Lu	镥	174.967(1)	Si	硅	28.0855(3)
C	碳	12.0107(8)	Lr	铹	[260]	Sm	钐	150.36(3)
Ca	钙	40.078(4)	Md	钔	[258]	Sn	锡	118.710(7)
Cd	镉	112.411(8)	Mg	镁	24.3050(6)	Sr	锶	87.62(1)
Ce	铈	140.116(1)	Mn	锰	54.93805(1)	Ta	钽	180.9479(1)
Cf	锎	[251]	Mo	钼	95.94(1)	Tb	铽	158.92534(3)
Cl	氯	35.4527(9)	N	氮	14.00674(7)	Tc	锝	[99]
Cm	锔	[247]	Na	钠	22.989768(6)	Te	碲	127.60(3)
Co	钴	58.93320(1)	Nb	铌	92.90638(2)	Th	钍	232.0381(1)

Cr	铬	51.9961(6)	Nd	钕	144.24(3)	Ti	钛	47.867(1)
Cs	铯	132.90543(5)	Ne	氖	20.1797(6)	Tl	铊	204.3833(2)
Cu	铜	63.546(3)	Ni	镍	58.6834(2)	Tm	铥	168.93421(3)
Dy	镝	162.50(3)	No	锫	[259]	U	铀	238.0289(1)
Er	铒	167.26(3)	Np	镎	237.0482	V	钒	50.9415(1)
Es	𨭈	[252]	O	氧	15.9994(3)	W	钨	183.84(3)
Eu	铕	151.964(1)	Os	钨	190.23(3)	Xe	氙	131.29(2)
F	氟	18.99984032(9)	P	磷	30.973762(4)	Y	钇	88.90585(2)
Fe	铁	55.845	Pa	镤	231.03588(2)	Yb	镱	173.04(2)
Fm	𨨭	[257]	Pb	铅	207.2(1)	Zn	锌	65.39(2)
Fr	钫	[223]	Pd	钯	106.42(1)	Zr	锆	91.224(2)
Ga	镓	69.723(1)	Pm	钷	[147]			
Gd	钆	157.25(3)	Po	钋	[209]			

