



九年义务教育课本

九年级 第一学期

(试用本)

上海教育出版社

化学

化
学



H

U

A

X

U

E

H

H

H

H

H

H

H

H

H

U

U

U

U

U

U

U

U

U

A

A

A

A

A

A

A

A

A

X

X

X

X

X

X

X

X

X

U

U

U

U

U

U

U

U

U

E

E

E

E

E

E

E

E

E

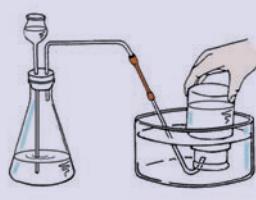
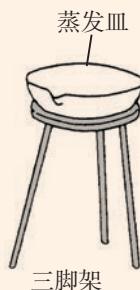
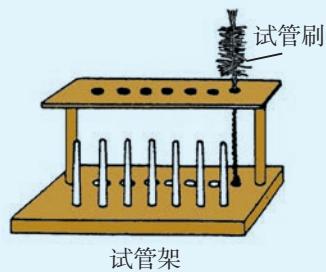
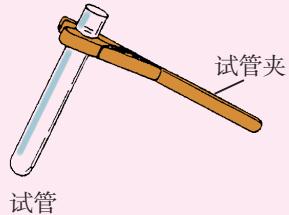
九年义务教育课本

化 学

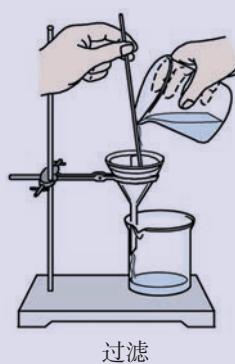
九年级第一学期
(试用本)

上海教育出版社

中学化学实验中常用的仪器和操作



排水集气装置



过滤

CONTENTS

1

化学的魅力

- 1.1 化学使世界更美好 6
- 1.2 走进化学实验室 14
- 1.3 物质的提纯 21
- 1.4 世界通用的化学语言 26

2

浩瀚的大气

- 2.1 人类赖以生存的空气 36
- 2.2 神奇的氧气 47
- 2.3 化学变化中的质量守恒 56

3 走进溶液世界

- 3.1 水 68
- 3.2 溶液 77
- 3.3 溶液的酸碱性 89

4 燃料及其燃烧

- 4.1 燃烧与灭火 100
 - 4.2 碳 108
 - 4.3 二氧化碳的实验室制法 119
 - 4.4 化学燃料 123
- 附录 134

1

化学的魅力

THE CHARM OF CHEMISTRY

1.1 化学使世界更美好

1.2 走进化学实验室

1.3 物质的提纯

1.4 世界通用的化学语言

- 化学研究什么，什么是化学变化
- 化学与生活、社会发展的关系
- 元素、元素符号和化学式
- 观察、记录化学实验现象，学习实验报告的书写
- 物质的纯度、粗盐提纯





世界是物质的，物质都在不断运动和变化。化学是一门研究物质的组成、结构、性质和变化规律的自然科学。因此，认识周围的物质世界，需要学习化学；利用自然资源制造各种物品，需要学习化学；改善人类生存环境，也需要学习化学……因为通过化学变化可以使一种物质转变成另一种物质。

虽然化学变化不能点石成金，但能把看似无用的物质变成价值不菲的“宝贝”。

这就是化学的魅力！

现在，让我们共同跨入化学神奇的殿堂。

1.1 化学使世界更美好

CHEMISTRY MAKES THE WORLD MORE BEAUTIFUL

物质的运动和变化

在我们生活的物质世界中，大到太阳、地球、月球，小到尘埃、水雾，都在不断运动和变化。

世界上物质运动和变化的形式是多种多样的。自然科学中的各学科，如物理学、化学、生物学等，从不同角度描述与研究物质的运动和变化。



请你先说

下列各种运动和变化中，哪些属于物理学研究的范畴？哪些属于生物学研究的范畴？哪些属于化学研究的范畴？



图 1.1-1 高速行驶的磁悬浮列车



图 1.1-2 我国科学家培育的杂交水稻



图 1.1-3 风力发电



图 1.1-4 生铁炼成钢，钢铁制品
在潮湿的空气中会生锈



图 1.1-5 蜡烛在空气中能燃烧，蜡
烛在二氧化碳中会熄灭

钢铁生锈、蜡烛燃烧是化学研究的对象。化学上把有其他物质生成的变化称为**化学变化**(chemical change)。例如，铁生锈变成了铁锈，铁锈不再是原来的铁；蜡烛燃烧生成了二氧化碳和水，二氧化碳和水不再是原来的蜡烛。

没有其他物质生成的变化称为**物理变化**(physical change)。例如，水的蒸发、冷凝等是物理变化。物质发生化学变化时，往往伴随有物理变化，如蜡烛燃烧时，蜡烛会熔化，蜡烛燃烧是化学变化，而蜡烛熔化成蜡烛油是物理变化。



课堂实验

体验化学变化

实验一 镁带燃烧

由教师取一小段镁带，用砂纸擦亮，再用坩埚钳夹住后，放在酒精灯火焰上点燃。

现象：_____。

结论：镁带燃烧生成氧化镁。

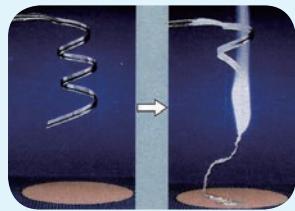


图 1.1-6 镁带燃烧

注意：把燃着的镁带立即移至石棉网正上方，以免熔化的镁掉落而损坏桌面。

实验二 向石灰水中吹气

在试管中，加入少量石灰水，通过导管向石灰水中吹气。

现象：_____。

结论：二氧化碳跟石灰水作用生成难溶于水的碳酸钙。

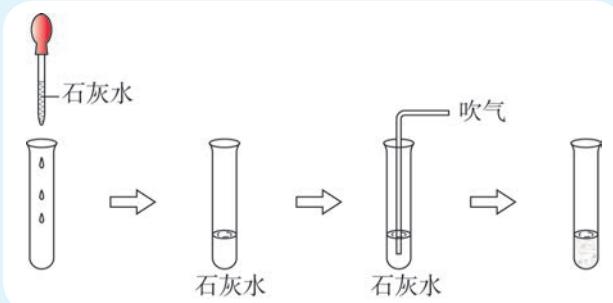


图 1.1-7 向石灰水中吹气

实验三 把盐酸滴在大理石上

取一支试管，放入少量大理石碎块，逐滴滴入盐酸。

现象：_____。

结论：大理石（主要成分碳酸钙）跟盐酸作用产生二氧化碳。

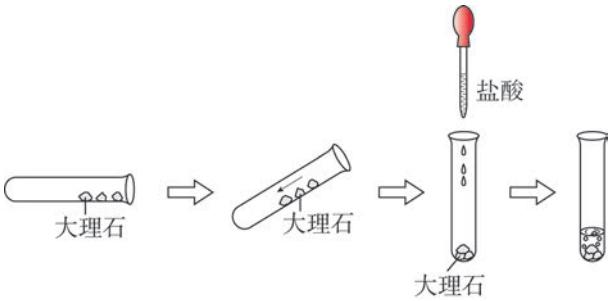


图 1.1-8 把盐酸滴在大理石上

上述实验中，镁燃烧生成的氧化镁、二氧化碳跟石灰水作用产生的碳酸钙、大理石跟盐酸作用产生的二氧化碳都是变化后生成的新物质，因此这些变化都属于有新物质生成的化学变化。

物质发生化学变化时，除了产生新物质外，常伴随有发光、

发热、变色、产生沉淀、生成气体等现象。这些现象有助于我们判断是否发生了化学变化。

物质在变化中会表现出各自的性质。某些性质如颜色、状态、气味、熔点、沸点、硬度、密度等是不需要通过化学变化就能表现出来的，这类性质称为**物理性质** (physical property)。例如，纯净的水是无色无气味的液体，凝固点 0℃、沸点 100℃ 等是水的物理性质。只有通过化学变化才能表现出来，这类性质称为**化学性质** (chemical property)。例如，镁能在空气中燃烧。

物质的各种用途都是由它们的性质决定的。例如，铜、银有良好的导电性(物理性质)，可用作导线和电器的接触点；煤、汽油能燃烧(化学性质)并放出能量，可用作燃料。



思考与练习

- 分析下列变化，指出属于物理变化还是化学变化：

(1) 花香四溢	(2) 炸药爆炸
(3) 铁生锈	(4) 沙里淘金
- 阅读下列短文：

二氧化碳是由含碳燃料燃烧后生成的产物，也是人类和动植物进行呼吸作用时的产物。它是一种无色、无气味的气体，密度比空气的密度大，能溶于水。在水溶液中，有一部分二氧化碳跟水发生化学变化生成碳酸。二氧化碳不支持燃烧，也不会燃烧，可用于灭火。二氧化碳通入澄清石灰水中会生成碳酸钙沉淀，使澄清石灰水变浑浊，这种方法可用于检验二氧化碳。

请从短文中找出二氧化碳的物理性质、化学性质和用途。

化学研究什么



图 1.1-9 研究大洋深处可燃冰的组成、性质和用途



图 1.1-10 研究金刚石内部结构，探究其硬度大的原因



图 1.1-11 研究豆科植物能把氮气变成氮肥



棉花



学生的棉质校服



石油化工原料



学生的合成纤维运动服

图 1.1-12 天然纤维的应用，以石油、煤为原料制造合成纤维

化学研究物质有哪些性质，能发生什么变化，怎样控制变化，并根据物质的性质开发各种材料供各方面应用。

要探究物质性质和发生变化的原因，就需要探究物质组成和结构的奥秘。还要运用化学变化的规律，把自然界中的资源转变成人类所需要的各种物品（如从矿物中获得金属）和生产自然界中并不存在的、性质优良的人造物质（如塑料、合成纤维、合成橡胶等）。

综上所述，**化学是一门研究物质的组成、结构、性质和变化规律的自然科学**。

化学促进社会的发展

人类文明史中，人类生活质量的提高、社会的发展与化学有紧密的联系。酿酒、制陶瓷、煅烧石灰，以及早期炼铜、炼铁就是最早的化学工艺。



拓展视野

我国古代的化学成就

我国古代的化学知识和化学工艺是世界文化遗产中的瑰宝。商代就制成精美的青铜器，春秋晚期就会炼铁。铁制工具的使用，使农业、手工业的生产效率大为提高。汉唐的陶瓷制品成为丝绸之路的重要输出产品。我国也是最早发现并利用煤、石油的国家。驰名中外的四大发明中，造纸、火药都是我国古代化学的成果。纸的广泛使用促进了文化的传播和发展。



图 1.1-13 商代的后母戊鼎



图 1.1-14 春秋时期的越王勾践剑

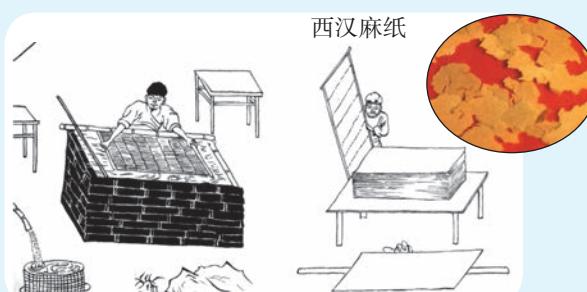


图 1.1-15 我国早期的造纸

化学化工提供的钢铁、铝合金、合成橡胶、合成纤维等极大地改善和丰富了人们的生活，生物化学研制的各种药物治愈了许多疾病。化学化工为满足人类的衣、食、住、行等各方面需求作出了非常大的贡献。



(a) 大飞机



(b) 港珠澳大桥



(c) 钢铁结构的建筑物

图 1.1-16 19世纪,低成本钢铁冶炼方法的发明,使钢铁产量猛增,成为当今主要的结构材料



图 1.1-17 铝制品轻盈美观,不易生锈,铝合金有可与钢铁媲美的强度和硬度;通过化学方法研制的新型玻璃也成为生活中的重要材料

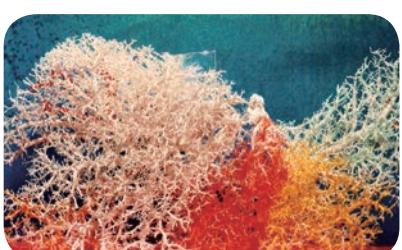


图 1.1-18 吴孟超院士以赛璐珞、丙酮等为原料制成了我国第一个结构完整的人体肝脏血管模型,为我国开展肝脏手术打下了坚实的基础



化学研究物质的组成、结构、性质和变化,而其他自然科学都需要使用各种物质,所以化学几乎与其他自然科学都有密切的联系。近代,与化学有关的科学技术获得了飞速发展,化学与其他自然科学共同为社会的进步作出了贡献。

人工智能是计算机学科的一个分支,被认为是21世纪三大尖端技术(基因工程、纳米科学、人工智能)之一。近三十年来人工智能获得了迅速的发展,在很多学科领域中有广泛的应用,并取得了丰硕的成果。化学工业为人工智能的发展提供了半导体材料、硅芯片、集成电路板等硬件设备的支持。

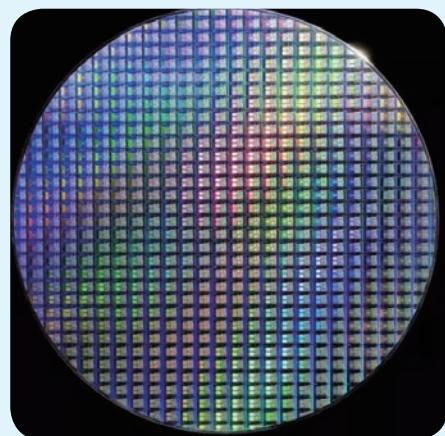


图 1.1-19 人工智能与硅芯片

上海光源是中国重大科学工程，坐落在上海张江高科技园区，已经成为生命科学、材料科学、环境科学、地球科学、物理学、化学、信息科学等众多学科研究中不可替代的先进手段和综合研究平台。



图 1.1-20 上海光源



拓展视野

中国的大飞机之梦在浦东再次启航

2017年5月5日，我国首架自主研发设计、凝聚着中国人梦想的国产C919大型客机从上海浦东国际机场腾空而起，穿越云层翱翔在东海之滨，实现圆满首飞，翻开了中国民用航空事业史册的崭新一页。

C919客机是中国自行设计的第一架干线客机，大量采用复合材料和新型航空合金，在机体变大的情况下，总体质量保持在合理水平，所以C919更快速、更省油、更环保。



图 1.1-21 用复合材料和新型航空合金制成的国产 C919 大型客机

中国科学院上海生物化学研究所、中国科学院上海有机化学研究所和北京大学化学系联合组成协作组，用化学方法合成了结晶牛胰岛素。

人们对物质的了解越多，就会更加珍惜地球赋予我们的资源，更加珍惜地球的环境。随着工业的发展，产生的废气、废水、废渣的随意排放，造成了大气和水体的污染。

面对日益增长的垃圾量和环境状况恶化的局面，为了最大限度地实现资源利用，减少垃圾处置量，改善生存环境质量，垃圾分类处理是一个非常有效的办法。



图 1.1-22 中国邮政于 2015 年 9 月 17 日发行“人工全合成结晶牛胰岛素五十周年 (1965—2015)”的纪念邮票

资料库



图 1.1-23 生活垃圾分类处理

上海市生活垃圾分类实行“有害垃圾”“可回收物”“湿垃圾”“干垃圾”四分类标准。

1. 有害垃圾

有害垃圾主要包括：废电池（镉镍电池、氧化汞电池、铅蓄电池等），废荧光灯管（日光灯管、节能灯等），废温度计，废血压计，废药品及其包装物，废油漆、溶剂及其包装物，废杀虫剂、消毒剂及其包装物，废胶片及废相纸等。

2. 可回收物

可回收物主要包括：废纸、废塑料、废金属、废旧纺织物、废玻璃、废弃电器电子产品、废纸塑铝复合包装等适宜回收循环利用和资源化利用类的废弃物。

3. 湿垃圾

湿垃圾主要包括：居民家庭日常生活中产生的食物残余和食物加工废料等易腐性垃圾；农贸市场、农产品批发市场等产生的蔬菜瓜果垃圾、腐肉、碎骨、蛋壳、畜禽产品内脏等易腐性垃圾；居民日常生活以外的食品加工、饮食服务、单位供餐等活动中的食物残余和食品加工废料等餐厨垃圾。

4. 干垃圾

干垃圾主要包括：污损后不宜回收利用的包装物、餐巾纸、厕纸、尿不湿、竹木和陶瓷碎片等除可回收物、有害垃圾、湿垃圾以外的其他生活垃圾。



图 1.1-24 美丽的环境

垃圾分类是垃圾进行科学化处理的前提，为垃圾的减量化、资源化、无害化处理奠定基础。

湿垃圾中以易腐有机成分为主的垃圾可为垃圾堆肥提供优质原料，生产出优质有机肥，有利于改善土壤肥力，减少化肥施用量。

将有害垃圾分离出来，减少了垃圾中的重金属、有机污染物、致病菌的含量，有利于垃圾的无害化处理；减少了垃圾处理过程中对水、土壤、大气的污染。

提高废品回收利用的比例，减少原材料的需求，有利于节约能源，充分利用资源，减少废气、废水和废渣的排放。



思考与复习

1. 下列内容中, 属于化学研究范畴的是()。

- A. 太阳、地球、月球运动的规律
- B. 不断研究开发新的材料, 造福人类
- C. 大洋深处的地震是怎样引发海啸的
- D. 研究火力发电机提高热能利用率

2. 下列变化中, 哪些是物理变化? 哪些是化学变化?

- (1) 火药爆炸
- (2) 衣服晒干
- (3) 纸张燃烧
- (4) 灯泡发光

3. 化学变化与物理变化相比, 其本质特征是()。

- A. 产生光和热
- B. 有气体产生
- C. 生成新物质
- D. 状态发生变化

4. 根据你的生活经验, 分别描述下列各物质的物理性质和化学性质。

- (1) 铁: _____;
- (2) 氧气: _____;
- (3) 食醋: _____。

5. 阅读下列短文, 分别指出哪些句子是描述铝的物理性质及哪些句子是描述铝的化学性质的。

铝是一种银白色、有光泽的金属。它质地较软, 很容易制成薄片, 密度较小(2.7 g/cm^3), 有良好的导电性和传热性。铝在空气中易跟氧气作用, 生成致密的保护层——氧化铝, 所以铝锅、铝水壶的表面都有一层氧化铝薄膜, 对铝制品能起到一定的保护作用。

_____;
_____。

6. 根据上海市生活垃圾分类标准, 对下列生活垃圾进行分类(填序号)

- a. 废荧光灯管
- b. 餐巾纸
- c. 废旧纺织物
- d. 蛋壳

- (1) 有害垃圾: _____。
- (2) 可回收物: _____。
- (3) 湿垃圾: _____。
- (4) 干垃圾: _____。

7. 实践活动:

观察日常生活中的日用小商品, 查一查, 制取这些小商品选用的是什么材料? 写一篇短文, 谈谈化学和我们生活质量的关系。

1.2 走进化学实验室

GO INTO CHEMICAL LABORATORY

在日常生活中，通过观察物质发生的变化，认识了物质的一些性质。但是，仅仅通过日常观察，获得的科学知识是远远不够的。物质的性质、物质变化的规律等主要是通过化学实验（chemical experiments）等科学探究活动而获得的。

化学实验是探究物质的组成、结构、性质及其变化规律的实践活动，既重要又有趣，也是学好化学的重要方法和手段。化学实验室就是进行化学实验和学习化学的重要场所。现在让我们一起走进化学实验室。

参观化学实验室

化学实验室中配备有化学仪器、化学药品和化学试剂。



图 1.2-1 化学实验室中分类存放各种玻璃仪器和药品，既安全又取用方便



图 1.2-2 整齐清洁的化学实验室

在化学实验室中，要熟悉并遵守化学实验规则（见附录 I），注意安全。例如，加热时操作不当可能会烫伤，酒精灯使用不当会有着火的危险，玻璃器皿敲碎可能会划破皮肤……



图 1.2-3 实验结束，要用灯帽盖灭酒精灯火焰



图 1.2-4 要知道灭火器摆放的位置并学会使用灭火器

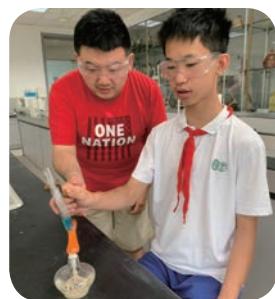
如果有意外情况发生，要保持冷静！并马上告诉老师。
(实验事故处理方法见附录 I)

怎样进行化学实验

做化学实验前，首先要明确实验目的，预习实验内容，估计可能会出现的实验现象。

实验时要以认真的科学态度，按实验步骤进行操作，仔细观察实验现象，并实事求是地记录，最后完成实验报告。通过实验，应学会正确操作，学会观察和记录，学会发现问题(多想几个为什么)，学会分析和得出结论。

实验结束，要把废液倒入废液缸中，整理实验用品，洗净用过的玻璃仪器。



(a) 做实验时要戴防护眼镜



(b) 急救箱

图 1.2-5 化学实验安全措施



学生实验

化学变化过程中现象的观察

实验一 颜色的变化

向盛有 2 mL 氢氧化钠溶液的试管中滴加 1—2 滴酚酞试液，观察现象；再逐滴滴加盐酸，边滴加边振荡，观察现象。

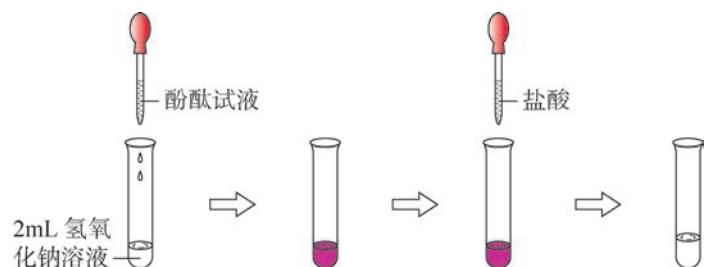


图 1.2-6 化学变化过程中的颜色变化

实验二 沉淀的生成和溶解

在试管中，加入 2 mL 硫酸铜溶液，逐滴滴加约 1mL 氢氧化钠溶液，观察现象；再逐滴滴加稀硫酸，振荡试管，观察现象。

操作要求：学会正确取用液体试剂和正确使用胶头滴管。

操作要求：学会正确使用胶头滴管向试管中滴入液体和正确振荡试管的方法。

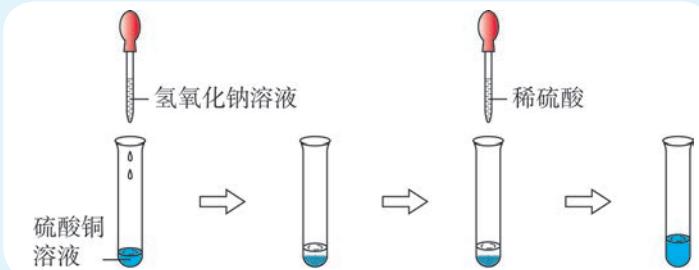


图 1.2-7 化学变化过程中沉淀的生成和溶解

操作要求：学会正确使用药匙向试管中加入粉末状固体和正确使用酒精灯加热，学会氧气的检验。

操作要求：学会正确地向试管中加入块状固体的方法。

实验三 气体的生成

在试管中，加入少量高锰酸钾晶体，用酒精灯缓慢加热，把带有火星的木条放在试管口，观察发生的现象。

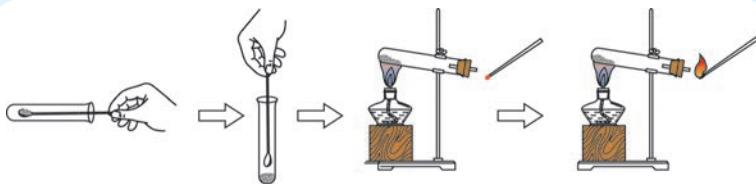


图 1.2-8 化学变化过程中气体的生成

实验四 热量的变化

在试管中，加入少量生石灰，再滴加少量蒸馏水，观察现象，并用手触摸试管外壁。

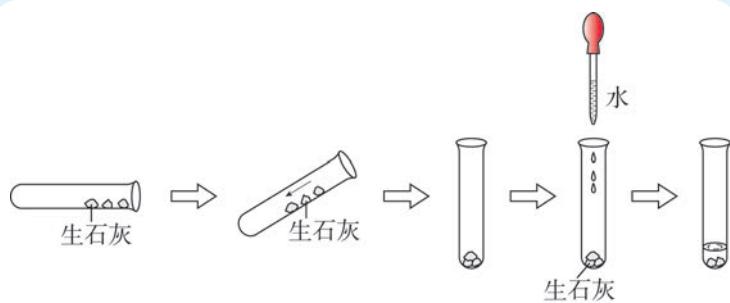


图 1.2-9 化学变化过程中热量的变化

实验小结

- 由本次实验归纳，化学变化过程中可能观察到哪些实验现象。
- 你是否学会了观察和记录实验现象，并学会分析。将实验现象、结论记录于《化学练习部分》“化学变化过程中现象的观察”实验报告中。

资料库

化学变化过程中的条件和现象

有些化学变化在常温下就能发生，有些化学变化需要在加热、加压或通电等条件下才能发生，如蓄电池的充电、水的分解等。

化学变化过程中的现象是千变万化的。一般要描述物质外观、性状的变化。某些在水溶液中的变化，如产生气体描述为有气泡逸出，生成难溶性物质描述为溶液变浑浊、有沉淀生成。有些变化伴随有能量的释放，如焰火燃放时的现象可描述为发光、发热等。



图 1.2-10 溶液变浑浊



图 1.2-11 产生大量烟



图 1.2-12 发光、发热

怎样写实验报告



思考与讨论

1. 为什么要写实验报告？

提示：从科学实验目的、自身学习两方面考虑。

2. 你认为实验报告应包含哪些部分？

3. 怎样使操作步骤、现象、分析、结论清晰地呈现在实验报告中？实验小结应写哪些内容？

在科学的研究中，实验报告起到交流、查询等作用，能使科学的研究成为一种连续的、不断改进的实践活动。对学生而言，实验报告记录了自身的学习过程，有利于反省自己的实验得失，巩固所学的知识。书写实验报告还有利于提高总结能力，对以后从事研究工作、撰写总结报告或论文有很大帮助。

实验报告一般是由实验名称、实验目的、实验用品和实验内容（操作步骤和实验现象）、结论及实验小结等部分组成的。

实验目的是整个实验的依据。例如，本次实验是“化学变化过程中现象的观察”，在知识方面的实验目的是认识化学变化的特征和现象；在操作方面的实验目的是学会取用液体和固体试剂及加热操作；情感方面的实验目的是体验化学变化（详见《化学练习部分》中的实验报告）。

实验内容是实验报告的核心部分。建议初学者按操作顺序列成表格，使操作步骤一目了然，同时便于记录现象。

结论是通过对实验现象的分析，得出有关实验的结果。

实验小结可以写对实验的体会和建议等。



拓展视野

怎样设计实验

化学实验分为两种，一种是按照指定的实验方法和步骤做的实验，达到认识物质、训练操作、提高动手能力等目的；另一种是根据要解决的化学问题，自己设计（或部分设计）实验方法和步骤做的实验，再根据实验的现象和结果，通过分析和推理，得出结论。在设计实验时，一般要查阅相关资料，对要解决的问题提出某些假设（推测），按照假设设计实验过程。设计实验是一种探究性学习，对提高分析问题的能力、解决问题的能力和独立工作的能力是有很大帮助的。

下列是一个实验设计的实例。

问题：为什么不能用铝锅长期盛放食醋？

搜集资料：食醋是一种调味品，有酸味，能促进食欲，帮助消化。铝是一种金属材料，在酸性溶液、碱性溶液中会发生化学变化。人体摄入过多铝元素，有害健康。

提出假设：铝跟食醋能发生化学变化。

实验步骤设计：在一只洁净的烧杯中，注入少量食醋，投入一小块用砂纸打磨过的铝片，观察现象，一段时间后，取出铝片，观察铝片的变化。

现象：铝片表面有少量气泡产生，铝片表面变得比打磨前更加粗糙。

分析和结论：铝片表面受到腐蚀，说明铝跟食醋能发生化学变化，盛放时间越长，铝片表面受损越明显。证明推测正确。所以，食醋不宜长期盛放在铝锅中。

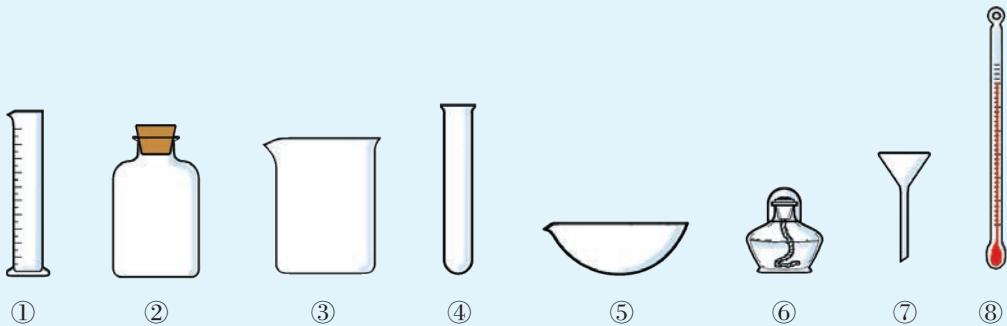


思考与复习

1. 中学化学实验室中除仪器和药品外, 你认为还需要配备的设备有_____ (填序号)。

- | | | | |
|-------|--------|--------|-------|
| ① 空调 | ② 排风扇 | ③ 灭火器材 | ④ 饮水机 |
| ⑤ 医药箱 | ⑥ 防护面具 | ⑦ 防护眼镜 | ⑧ 废液缸 |

2. 写出下列仪器的名称和用途。

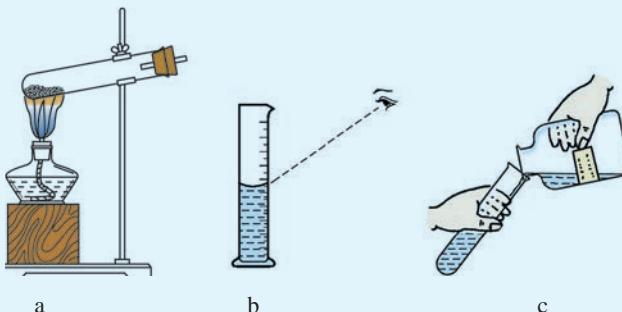


(第2题图)

(1) 名称: ①_____，②_____，③_____，④_____，⑤_____，⑥_____，
⑦_____，⑧_____。

(2) 可直接在酒精灯火焰上加热的是_____ (填序号, 下同), 加热时必须垫石棉网的是_____, 用于量取液体体积的是_____。

3. 指出下列实验操作过程中的错误之处及可能产生的后果。



(第3题图)

(1) 图 a 中的错误: _____, 造成的后果: _____。

(2) 图 b 中的错误: _____, 造成的后果: _____。

(3) 图 c 中的错误: _____, 造成的后果: _____。

4. 给试管中的液体加热时, 须用试管夹夹在_____, 让试管倾斜, 跟桌面约成_____度的角, 用酒精灯的_____加热, 加热过程中要不断移动试管, 试管口切不可_____。

5. 化学变化中可能观察到的现象有_____、_____、_____和_____等。

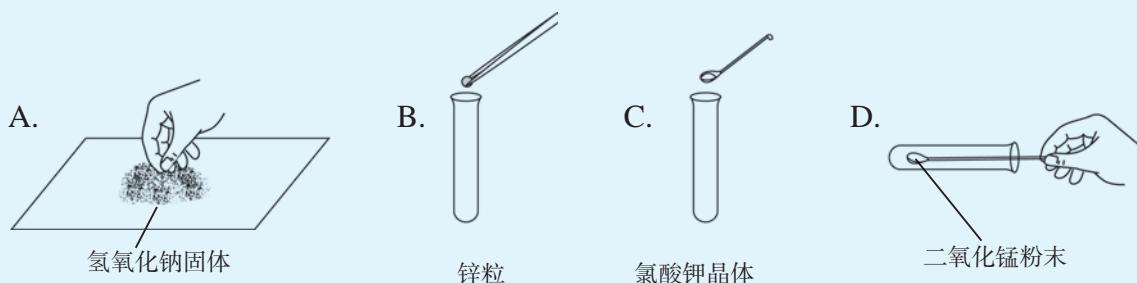
6. 下列对使用酒精灯的叙述中，正确的是（ ）。

- A. 用燃着的酒精灯去点燃另一盏酒精灯
- B. 可以用嘴吹灭酒精灯火焰
- C. 酒精灯不用时要用灯帽盖住灯芯
- D. 酒精灯中酒精可以在全部用完后再添加

7. 下列实验操作中，正确的是（ ）。

- A. 用手拿住试管，放在酒精灯火焰上加热
- B. 用鼻子直接在试剂瓶口闻试剂的气味
- C. 可用手直接取用大块的固体试剂
- D. 实验中产生的废液，应倒入废液缸中

8. 下列取用固体药品的操作中正确的是（ ）。



(第8题图)

9. 判断镁带燃烧时发生化学变化的依据是（ ）。

- A. 耀眼的白光
- B. 生成白色粉末
- C. 放出热量
- D. 镁带由长变短

1.3 物质的提纯

PURIFICATION OF CHEMICAL SUBSTANCES



请你先说

- 在自来水、矿泉水、江河水、蒸馏水中，哪一种是纯净的水？
- 无论是天然物质还是人造物质，请举出你认为是纯净物的实例。

江河水中含有泥沙、微生物，以及溶于其中的许多杂质；自来水是经过处理后的饮用水，仍含有少量杂质；矿泉水中含有对人体健康有益的矿物质。从化学角度分析，它们都不是纯净的水。蒸馏水是比较纯净的水。

物质的纯度

混合物 (mixture) 是由两种或两种以上物质组成的。自然界中的物质绝大多数处在混合状态中，空气是混合物，海水也是混合物。人工制造 (通过化学变化) 或提取的各种物质中也往往混有杂质，如从海水中提取的粗盐约含有 2% 的杂质，经过提纯后得到的精盐仍有少量的杂质；进一步提纯后得到的氯化钠 (食盐的成分) 可用于科学研究，但仍有微量的杂质 (以不影响研究为限)。

混合物中主要成分 (或某一成分) 含量的高低，用物质的纯度 (该成分的质量分数) 来表示。纯度越高，表示该物质越接近纯净。例如，纯度为 98% 的食盐表示每 100 g 食盐中含氯化钠 98 g。

只有一种物质的称为纯净物 (pure substance)。世界上没有绝对纯净的物质，就拿相当纯的雪水来说，也会含有少量的灰尘和气体。那些仅含有少量杂质的物质，且杂质对其性质不会产生很大影响的，通常把其当作纯净物。

资料库

24K 金的纯度 (含金质量分数) 为 99.99%，计算机中大量使用的硅晶体纯度达 99.999 999 999% (11 个 9)。

物质提纯的方法



图 1.3-1 过滤

研究一种物质，常要求这种物质有较高的纯度，以免所含的杂质影响其性质。提纯是指将混合物中的杂质分离出来以提高其纯度。物质提纯的方法有很多，实验室中常用的提纯方法有过滤、蒸发等。

过滤 (filtration) 是分离固体 (通常为难溶性固体) 和液体的操作方法，我国传统中医熬制中药时，就是用过滤的方法把药汁和药渣分离开的。

过滤的基本原理是让液体通过具有细微孔隙的材料 (如滤纸)，把难溶性固体截留在具有细微孔隙的材料上，从而达到难溶性固体与液体分离的目的，过滤装置如图 1.3-1 所示。



课堂实验

含泥沙的水的过滤

过滤器的制作：取一张圆形滤纸，按如图 1.3-2 所示的顺序把滤纸折成一圆锥形，放在漏斗中，并用水湿润，使滤纸上端部分紧贴漏斗内壁。

过滤：用过滤器过滤含泥沙的水，观察过滤前后液体的变化。

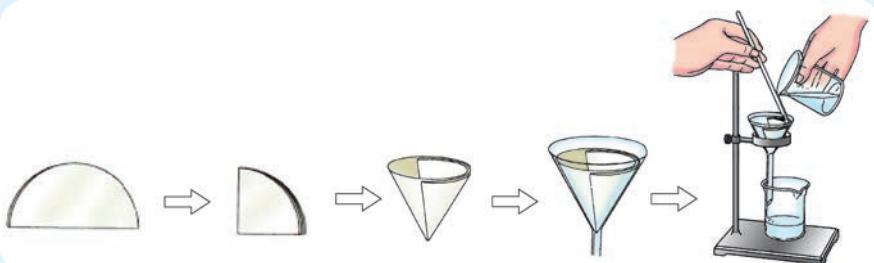


图 1.3-2 过滤器的制作

讨论：(1) 为了使滤渣与滤液分离，过滤时应注意哪些问题？

(2) 怎样使过滤既快又不让滤液受到损失？

蒸发 (evaporation) 是通过加热使溶液中的溶剂 (如水) 汽化变成蒸气而除去的操作方法。蒸发可以使稀溶液变为浓溶液或把溶液蒸干而使溶质析出。



课堂实验

按如图 1.3-3 所示的操作，蒸发食盐溶液，得到食盐晶体。

讨论：蒸发时，怎样防止析出的晶体因受热不均发生飞溅而造成损失？



图 1.3-3 蒸发

物质提纯除过滤和蒸发外还有很多方法，如结晶、蒸馏等。从混合物中分离出纯度较高的物质，往往需要综合使用几种提纯方法。



拓展视野

怎样制蒸馏水

在冬季窗玻璃上常附有水汽，这是空气中的水蒸气因冷凝而形成的，空气中的水蒸气是由地表水或其他水挥发而形成的。窗玻璃上的水汽非常纯净，相当于蒸馏水。在实验室中，我们可用蒸馏的方法来制取蒸馏水。

蒸馏是物质提纯的重要方法，用于制得纯度较高的各种液体试剂。实验室中的蒸馏装置如图 1.3-4 所示，它由蒸发、冷凝和接受三部分组成。有杂质的水放在蒸馏烧瓶中（蒸馏头上插有一支温度计），加热至水沸腾，水汽化成的水蒸气流经冷凝管的内管时，被冷凝管外管的自来水冷凝为液体而进入接受器，得到的就是蒸馏水。

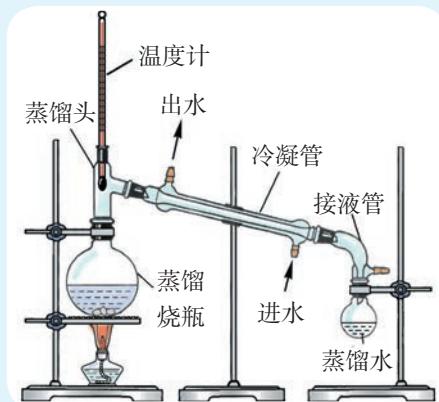


图 1.3-4 蒸馏

资料库

吴蕴初

吴蕴初（1891—1953），中国近代化工专家，著名的化工实业家，是以食盐为原料的中国氯碱工业的创始人。在上海创办了中国第一家味精厂、第一家氯碱厂、第一家耐酸陶器厂和第一家生产合成氨与硝酸的工厂。他为中国化学工业的兴起和发展作出了卓越的贡献。



学生实验

粗盐提纯

课题要求：除去粗盐中难溶性杂质而制成精盐。

讨论：

- 根据课题要求，粗盐提纯包含哪些提纯和分离操作？

- 简述实验的操作步骤。

- 列出实验所需要的仪器和试剂。

提示：实验内容和步骤操作（详见《化学练习部分》中“粗盐提纯”的实验报告）。

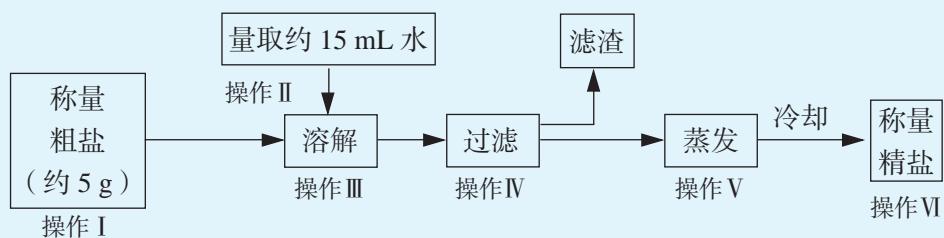


图 1.3-5 粗盐提纯流程图

注意：认真阅读附录中有关实验操作的注意事项，并进行仔细操作。

将实验结果填入《化学练习部分》“粗盐提纯”的实验报告中。



思考与复习

1. 下列关于物质纯度的叙述是否正确, 正确的打“√”, 不正确的打“×”。

- A. 只有通过人工的方法才能制成绝对的纯净物。()
B. 物质的纯度用于表示混合物中主要组分的含量。()

2. 按要求把下列物质的序号填在相应的横线上。

- ① 空气 ② 矿泉水 ③ 液氧 ④ 盐酸 ⑤ 高锰酸钾
⑥ 冰水共存物 ⑦ 水银 ⑧ 氢氧化钠 ⑨ 澄清石灰水 ⑩ 生锈的铁钉

(1) 混合物: _____;

(2) 纯净物: _____。

3. 指出右图中过滤操作的错误之处, 并加以改正。

错误: _____, 改正: _____。

错误: _____, 改正: _____。

错误: _____, 改正: _____。

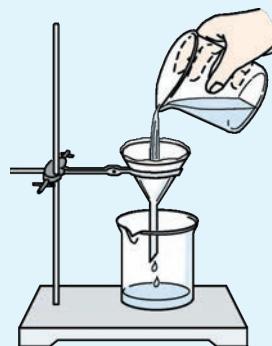
4. 下列关于蒸发的操作中, 正确的是()。

- A. 蒸发皿可直接放在酒精灯火焰上加热
B. 蒸发过程中不需要搅拌
C. 蒸发过程中待水分全部蒸干后才能熄灭酒精灯火焰
D. 蒸发过程中用试管夹夹持蒸发皿并不断移动

5. 下列混合物能按“溶解—过滤—蒸发”的步骤加以分离的是()。

- A. 食盐和碳酸钙 B. 水和酒精
C. 铁粉和铜粉 D. 食盐和蔗糖

6. 粗盐提纯实验中用到哪几种提纯方法? 每种提纯方法的作用是什么?



(第3题图)

1.4 世界通用的化学语言

GENERAL LANGUAGE OF CHEMISTRY IN THE WORLD

语言是人类交流的工具。化学也有自己的语言，它是一套国际通用的符号，可用于表示物质的组成和变化。学习化学，就要学会用化学语言来交流。

地球万物是由元素组成的

人们发现的天然物质及由化学合成的物质中，已探明其组成的，其数量可以亿来计数。

研究表明，世界上的物质都是由 118 种元素组成的。人们在自然界中发现的元素有 94 种，如氧元素、碳元素、氢元素等，人工合成的元素有 24 种。

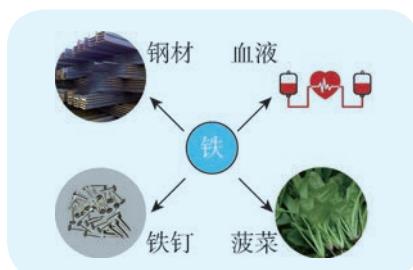


图 1.4-1 铁钉中有铁，钢材、不锈钢中有铁，人体血液中有铁，菠菜中有铁，这些铁属于同一种铁元素

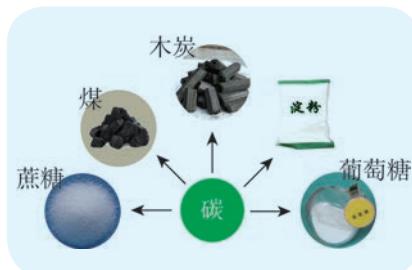


图 1.4-2 煤中有碳，木炭中有碳，淀粉（米饭中的一种营养物质）、葡萄糖、蔗糖都会烧焦，说明都含有碳，这些碳属于同一种碳元素

英语中的 26 个英文字母通过不同组合可以组成成千上万个英语单词，同样道理，118 种元素也可以组成数以亿计的物质。

表 1.4-1 碳、氢、氧三种元素可以组成许多物质

	二氧化碳	氧气	氢气	甲烷	水	醋酸	葡萄糖	酒精
氢元素			✓	✓	✓	✓	✓	✓
氧元素	✓	✓			✓	✓	✓	✓
碳元素	✓			✓		✓	✓	✓

有的物质是由一种元素组成的，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称为**单质**(element)，氧气、铁等是单质；更多的物质是由两种或两种以上元素组成的，如二氧化碳是由碳元素和氧元素组成的，水是由氢元素和氧元素组成的，葡萄糖是由碳、氢、氧三种元素组成的，像这种由不同种元素组成的纯净物称为**化合物**(compound)，二氧化碳、水、葡萄糖等都是化合物。中国科学家屠呦呦因发现青蒿素能用于治疗疟疾，挽救了全球特别是发展中国家的数百万人的生命而获得2015年诺贝尔生理学或医学奖。青蒿素是由碳元素、氢元素和氧元素组成的。

在物质世界中，元素的存在形态分为两种：一种是游离态；另一种是化合态。单质中元素的存在形态称为**元素的游离态**，化合物中元素的存在形态称为**元素的化合态**。

资料库

地壳中的元素

从整个宇宙来看，含量最丰富的元素是氢元素和氦元素，太阳几乎全是由氢元素和氦元素组成的。

地壳中含量最丰富的元素是氧元素，几乎占地壳质量的一半，它广泛分布于大气、水体、岩石中。生物体中，氧更是不可缺少的元素。地壳中含量占第二位的是硅元素，它大量存在于岩石和土壤中。

奇妙的是，有些元素在地壳中含量很低，但十分重要。例如，碳元素约占地壳质量的0.027%，但它是地球上一切生命的基础元素，如果没有碳元素，地球上将没有生物。

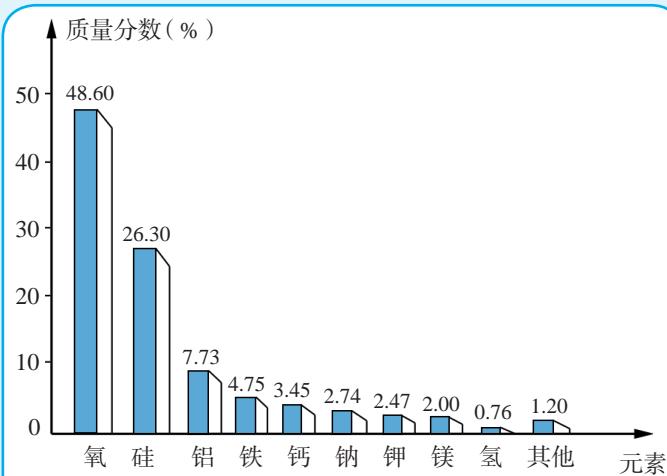
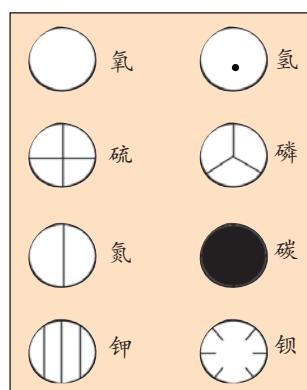


图 1.4-3 地壳中重要元素的质量分数

元素符号和化学式



为标记元素，化学家早在二百多年前就开始用特有的符号来表示当时已知的为数不多的元素。如图 1.4-4 所示。

随着元素种类的增多，为了方便，科学家采用国际上通用的元素符号来表示元素，如氢元素用“H”表示、氧元素用“O”表示、碳元素用“C”表示等。表 1.4-2 列出常见元素的元素符号。

表 1.4-2 常见的元素名称和元素符号

元素名称	元素符号	元素名称	元素符号	元素名称	元素符号
氢	H	铝	Al	锰	Mn
氦	He	硅	Si	铁	Fe
碳	C	磷	P	铜	Cu
氮	N	硫	S	锌	Zn
氧	O	氯	Cl	银	Ag
钠	Na	钾	K	钡	Ba
镁	Mg	钙	Ca	汞	Hg



拓展视野

元素符号的由来

国际上规定，元素符号采用该种元素的拉丁文第一个字母的大写来表示。例如，氧的拉丁文是 Oxygenium，元素符号为“O”。氢的拉丁文是 Hydrogenium，元素符号为“H”。

如果几种元素的拉丁文的第一个字母相同，再附加一个小写字母用于区分第一个字母相同的不同种元素，如“C”代表碳元素，“Cu”代表铜元素，“Cl”代表氯元素等。

用元素符号和数字组合可以方便地表示物质的组成。例如，用 O_2 表示氧气，用 H_2O 表示水，用 CO_2 表示二氧化碳等。这种用元素符号和数字组合表示物质组成的式子称为 **化学式** (chemical formula)。

每种物质都有一个固定的化学式，如湖水、海水、雨水中

的水，蜡烛燃烧生成的水，包括水蒸气和冰等，只要是水都可以用“H₂O”表示。

物质的化学式是物质组成的客观反映，它是通过实验测得的，不能随意改写。

用化学语言交流

元素符号、化学式及其他有关的符号组成的化学符号体系，已成为国际通用的化学语言。这套语言使复杂的物质组成和各种化学变化变得简洁明了。

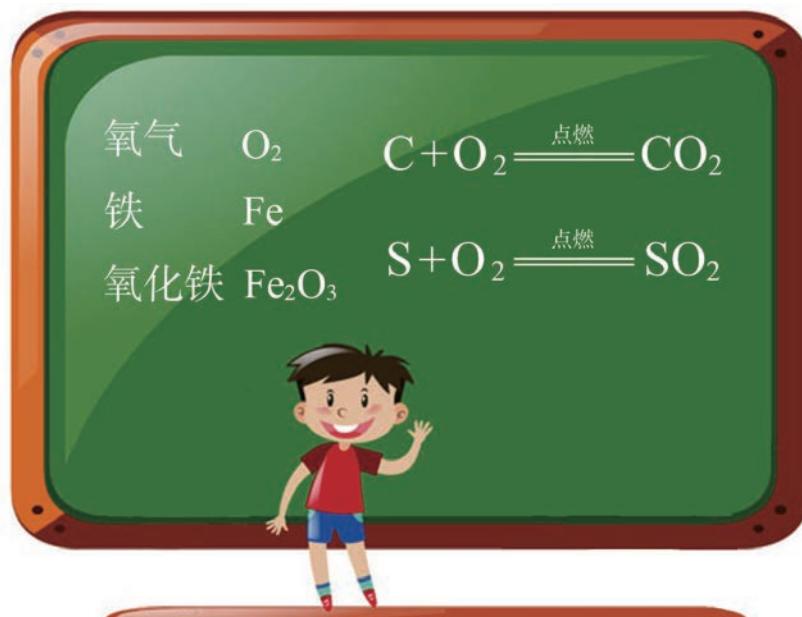


图 1.4-5 用化学语言交流

碳在空气中燃烧生成二氧化碳，这一化学变化

用中文表示为： 碳 + 氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 二氧化碳

用英语表示为： carbon + oxygen \rightarrow carbon dioxide

用化学用语表示为： C + O₂ $\xrightarrow{\text{点燃}}$ CO₂

不同国家的化学家可以用这套语言进行化学上的交流和合作，不同国家的学生学习化学都要学习这套国际通用的化学语言。



思考与复习

1. 玉兔号月球车是中国首辆无人驾驶月球车。通过月球车在月球表面的巡游及对月球上山脉、峡谷和火山口的考察，有助于人们对月球的了解。地球上含量较大的几种元素在月球上都有，下列是其中一部分，请分别写出它们的元素符号。

氧_____、硅_____、铁_____、铝_____、
钠_____、钙_____、氢_____、镁_____。

2. 写出下列元素符号所代表的元素名称。

Fe_____、S_____、N_____、Cu_____。

3. 下列是本章学过的若干种物质，试写出其化学式，并分别指明其所属类别（填“单质”或“化合物”）。

氧气_____、_____； 水_____、_____； 铁_____、_____；
二氧化碳_____、_____； 碳_____、_____； 氧化镁_____、_____；
氢气_____、_____。

4. 两种物质都属于化合物的一组是()。

- A. 大理石、二氧化碳 B. 食盐水、氧气
C. 氯化钠、冰水共存物 C. 液态空气、镁带

5. 1985年，科学家发现了一种化学式为 C_{60} 的物质，下列说法正确的是()。

- A. 它是一种化合物
B. 它是一种金属单质
C. 该物质中碳元素以化合态存在
D. 它只含有一种元素

6. 化学语言对学习化学有什么意义？谈谈你的认识。

小结与思考

小结

1. 什么是化学？简述化学与社会发展的关系。

化学是一门研究物质的组成、结构、性质及其变化规律的自然科学。化学与人们的生活有密切的关系，化学与其他科学共同为促进社会的发展作出贡献。

2. 化学基本概念

(1) 物质的变化和物质的性质

	物理变化	化学变化
定义	没有其他物质生成的变化	有其他物质生成的变化
特征	物质形态或状态的变化	有新物质生成
联系	物质发生化学变化时，往往伴随有物理变化	

	物理性质	化学性质
含义	不需要化学变化就能表现出来的性质	物质在化学变化中表现出来的性质
示例	颜色、硬度、熔点、沸点	可燃性、助燃性

(2) 混合物、纯净物和物质的纯度

物质的纯度：表示混合物中主要成分（或某一成分）含量高低的数值。

	混合物	纯净物
特征	有两种或两种以上物质	只有一种物质
联系	某物质的纯度很高、杂质很少时，可看作纯净物	

(3) 元素、单质和化合物

物质世界是由元素组成的，元素有游离态（单质）与化合态（化合物）两种存在形态。

	单质	化合物
定义	由同种元素组成的纯净物	由不同种元素组成的纯净物
示例	氧气、铁	二氧化碳、水

(4) 元素符号和化学式

每种元素都有各自的元素符号，用元素符号和数字组合表示物质组成的式子称为**化学式**。每种物质都有固定的化学式。

3. 化学实验

(1) 化学变化的研究

化学变化中可能观察到的现象：颜色变化、产生沉淀或固体溶解、产生气体和发光发热（注意：新物质的性状）。

某些化学变化在通常条件下就能发生，有些化学变化要在加热、加压或通电等条件下才能发生。

(2) 粗盐提纯的实验步骤：称量、溶解、过滤、蒸发、再称量

(3) 本章应学会使用的化学仪器和基本操作

试管（试管夹）、烧杯、胶头滴管、量筒、酒精灯、电子天平、漏斗、蒸发皿、玻璃棒等。

取用液体和固体（块状或粉末）试剂、称量、溶解、搅拌、振荡、加热、过滤、蒸发等。

思 考

1. 下列各项中属于化学学科研究范畴的是（ ）

- A. 培育新品种，增加农作物的产量
- B. 利用指南针确定方向
- C. 综合利用石油资源生产优良人造纤维
- D. 设计新程序、开发计算机新功能

2. 下列各组物质按纯净物、单质、化合物分类排序正确的是（ ）

- A. 糖水、一氧化碳、铁粉
- B. 水、氧气、二氧化碳
- C. 氮气、氢气、澄清石灰水
- D. 矿泉水、氮气、碳酸钙

3. 在实验室掌握正确的操作方法至关重要，下列实验操作正确的是（ ）

- A. 加热后的试管，倒掉废液后立即用冷水冲洗
- B. 为了节约实验时间，可以随时向燃着的酒精灯内添加酒精
- C. 取用食盐时，先使试管倾斜，再用镊子取食盐后小心送至试管底部
- D. 取用的药品在实验后有剩余，不可放回原试剂瓶中，应倒入指定容器中

4. 在过滤时，不需要使用的仪器是（ ）

- A. 玻璃棒
- B. 酒精灯
- C. 漏斗
- D. 烧杯

5. 下列变化中，哪些是化学变化？哪些是物理变化？

- | | |
|-------------|---------------|
| (1) 水结成冰 | (2) 汽油燃烧 |
| (3) 蜡熔化 | (4) 铜表面生成“铜锈” |
| (5) 米酿成酒 | (6) 浓的食盐水加水变稀 |
| (7) 把砂糖研成粉末 | (8) 煤气爆炸 |

6. 在酒精灯火焰上方罩一只干而冷的小烧杯，发现小烧杯内壁上有小水珠产生。再把一只内壁涂有澄清石灰水的小烧杯罩在酒精灯火焰上方，发现澄清石灰水变浑浊。

通过这两个实验，你能得出哪些结论？用文字表示化学变化过程的式子称为文字表达式，请用文字表达式表示酒精的燃烧过程。

7. 下表列出人体中主要元素的含量,写出其元素符号或元素名称,与地壳中的元素含量相比,为什么人体中氧元素和氢元素的含量特别高?

人体中主要元素名称、元素符号和含量

元素名称	元素符号	含量(%)	元素名称	元素符号	含量(%)
氧		65.00		P	1.00
	C	18.00	钾		0.35
氢		10.00		S	0.25
	N	3.00	钠		0.15
钙		2.00		Cl	0.15
			镁		0.05

8. 从日常生活中举出若干实例,说明化学是如何改变我们生活的。从报纸、杂志等媒体收集有关化学促进现代科技和生产力发展的事例,并进行讨论和交流。

2

浩瀚的大气

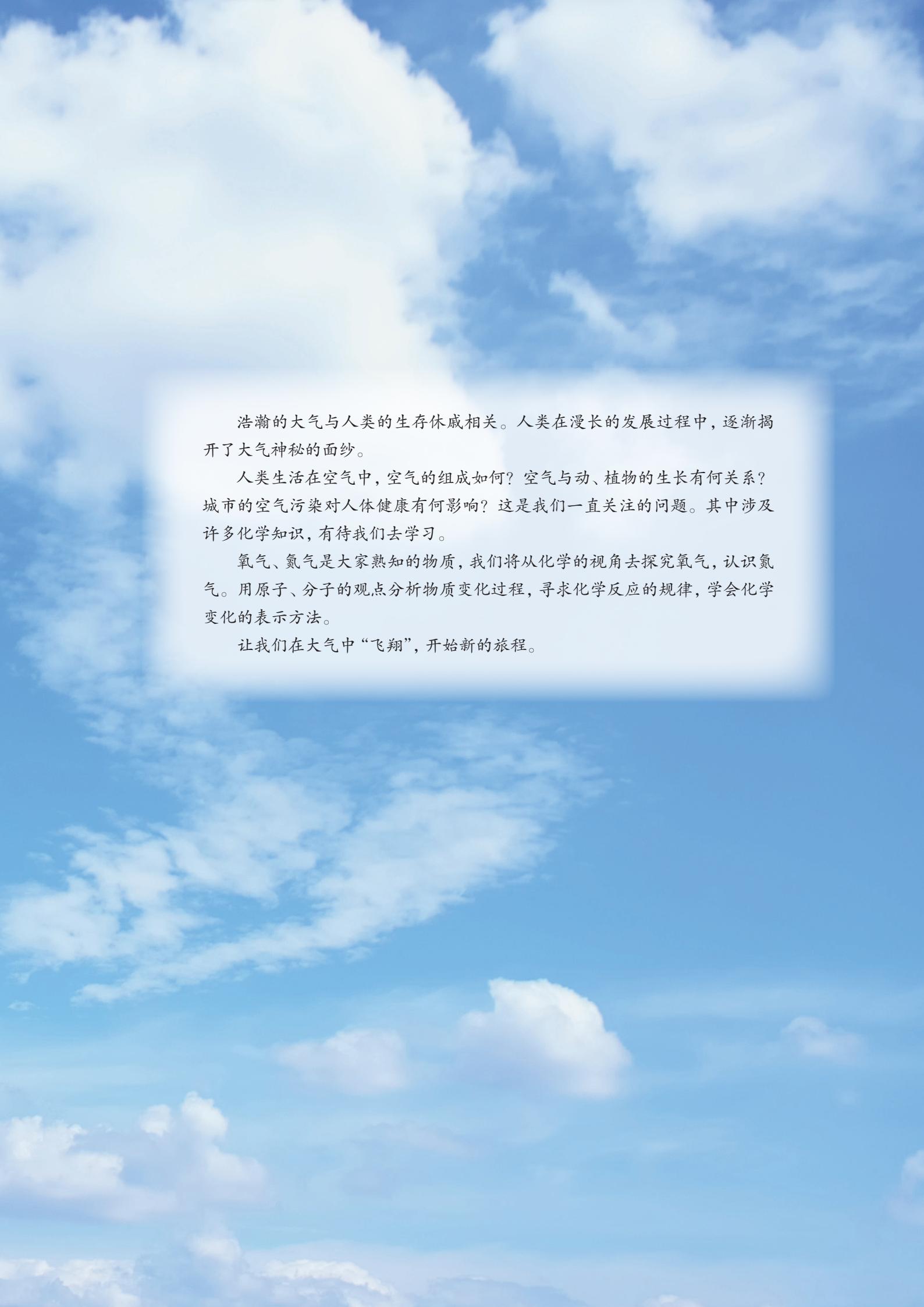
A VAST EXPANSE OF THE ATMOSPHERE

2.1 人类赖以生存的空气

2.2 神奇的氧气

2.3 化学变化中的质量守恒

- 人类与大气的密切关系
- 物质的构成和表示
- 氧气的性质和用途
- 化学变化的实质



浩瀚的大气与人类的生存休戚相关。人类在漫长的发展过程中，逐渐揭开了大气神秘的面纱。

人类生活在空气中，空气的组成如何？空气与动、植物的生长有何关系？城市的空气污染对人体健康有何影响？这是我们一直关注的问题。其中涉及许多化学知识，有待我们去学习。

氧气、氮气是大家熟知的物质，我们将从化学的视角去探究氧气，认识氮气。用原子、分子的观点分析物质变化过程，寻求化学反应的规律，学会化学变化的表示方法。

让我们在大气中“飞翔”，开始新的旅程。

2.1 人类赖以生存的空气

AIR ON WHICH MANKIND RELIES FOR EXISTENCE

地球表面覆盖的一层气体(空气)称为大气层,也称为大气圈。由于受地球引力的影响,地球表面处的空气密度最大,越往上空气越稀薄。大气质量的99%以上聚集在离地面48 km高度以下的大气层中。

根据高度不同大气特性不同的特点,可以把大气层分为对流层、平流层、中间层、电离层和外层。人类生活在对流层下方的空气中。空气的组成及其性质是化学研究的对象之一。

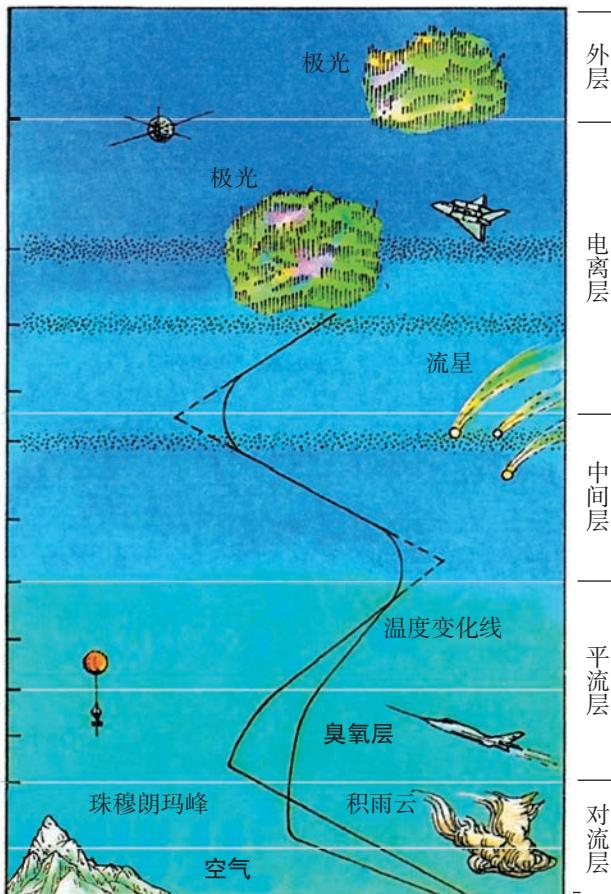


图 2.1-1 大气分层的示意图

资料库

大气平流层中有一薄层臭氧层。臭氧层的作用为：臭氧层中的臭氧能够吸收太阳光中波长在 $300\text{ }\mu\text{m}$ 以下的紫外线,从而保护地球上的人类和动植物免遭短波紫外线的伤害。短波紫外线会使人易患皮肤癌和白内障,农作物根部固定氮的蓝藻和海洋中某些生物也会受到影响。

人类活动产生的大量氮氧化物,尤其是用作制冷剂、除臭剂的氟氯烃(俗称氟利昂)等排入大气,这些物质会破坏平流层中的臭氧,从而使臭氧层出现“空洞”。

认识空气“大家族”

人类每时每刻都离不开空气，没有空气就没有生命，也就没有生机勃勃的绿色世界。



请你先说

关于空气你知道些什么

1. 空气是由哪些物质组成的混合物？
2. 组成空气的物质各自所占的体积分数 (volume fraction) 是多少？
3. 空气中各种组分有哪些用途？



拓展视野

拉瓦锡发现空气的组成

1774年，英国化学家普利斯特里 (Joseph Priestley 1733—1804) 用聚光镜加热氧化汞得到了氧气，当时他并不知道是氧气。1775年11月，他到巴黎讲学时，在法国科学院当众演示了这个制取氧气的实验，在场的有法国化学家拉瓦锡 (Antoine-Laurent Lavoisier 1743—1794)。拉瓦锡受到启示，设计了一个钟罩实验 (如图 2.1-2 所示)：将汞放入曲颈甑中加热，汞面浮起红色渣滓，继续加热 12 天，至红色渣滓不再增加。停止实验，冷却后测定，瓶内气体体积减少了 $1/5$ ，余下的汞和生成的红色渣滓的质量比原来汞的质量大。把燃着的蜡烛伸入玻璃钟罩内，蜡烛火焰立即熄灭。他又把红色渣滓收集起来加热分解，得到汞和无色气体，汞的质量和原先一样，气体的体积正好等于原先减少的体积。再把这种气体放入钟罩内，得到的混合气体跟空气性质完全一样，从而发现了空气的组成。



图 2.1-2 拉瓦锡设计的钟罩实验



课堂实验

根据实验现象讨论：

1. 集气瓶中水位为什么只能上升到一定高度？
2. 集气瓶中剩下的主要气体是什么？

空气中氧气体积分数的测定

实验装置如图 2.1-3 所示。用弹簧夹夹紧乳胶管，点燃燃烧匙中的红磷后，立即把其伸入瓶中并把塞子塞紧。观察红磷燃烧的现象。待红磷火焰熄灭并冷却到室温后，打开弹簧夹，观察实验现象。

提示：磷与氧气发生反应生成五氧化二磷。

现象：_____。

反应的文字表达式：_____。

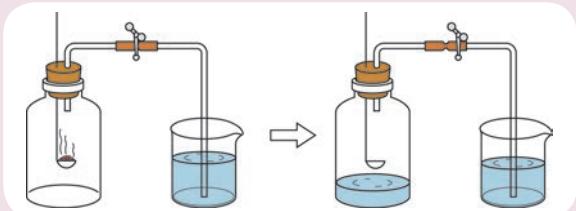


图 2.1-3 空空气中氧气体积分数的测定

结论：_____。



探究与实践

用压强传感器等仪器实时测定红磷燃烧实验装置内的压强等变化。把计算机中显示的压强随时间的变化关系曲线绘制在表格中。

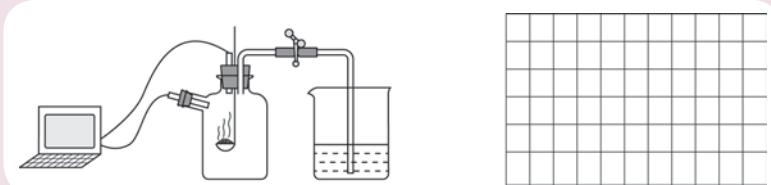


图 2.1-4 测定红磷燃烧实验装置内的压强等变化

结论：_____。

集气瓶中剩下的气体主要是氮气，氮气不支持燃烧，所以待集气瓶内空气中的氧气耗尽后，红磷的火焰就会熄灭。

氮气具有广泛的用途。由于氮气的化学性质不活泼，因此常用作保护气，如焊接金属时常用氮气作保护气以免金属被氧化，灯泡中充氮气以延长其使用寿命，食品包装袋中充氮气以防变质；氮气还是制硝酸和化肥的重要原料，液氮在医疗上也可用作冷冻剂。

空气中除了含有大量的氮气 (nitrogen) 和氧气 (oxygen)

外,还含 0.94% 的稀有气体(氦气、氖气、氩气、氪气、氙气),它们发现较晚,却有奇特的性质和用途。

稀有气体(rare gases)的性质很稳定,一般条件下不与其他物质发生化学反应,曾称为“惰性气体”。利用这一性质,稀有气体常用作保护气。稀有气体通电时会发出不同颜色的光,因此可用于制作多种用途的电光源。



图 2.1-5 充有稀有气体的霓虹灯



图 2.1-6 充氦气的飞艇



图 2.1-7 装有氩气的探照灯



图 2.1-8 氦气、氩气作保护气



拓展视野

拉姆齐(William Ramsay 1852—1916)

发现一系列稀有气体

1892 年,英国物理学家瑞利(John William Strutt Rayleigh 1842—1919)发现:从空气中分离得到的氮气与从化合物中制得的氮气,它们的密度不一样,两者相差 0.0064 g/L。经多次实验后,瑞利认为这不可能是由实验误差造成的。

1894 年,拉姆齐在瑞利的启发下,从空气中分离的氮气中发现了氩气。后他又陆续发现了氦气(1895 年),氖气、氩气、氪气(1898 年),氡气(1910 年)。



图 2.1-9 科学家拉姆齐

我们需要洁净的空气

在空旷的田野和高山丛林中，我们能感受到空气的清新；在交通拥挤的城市和工业区中，飞扬的尘埃，排放的有害气体，污染了空气，危及地球上的生命。这是地球的遗憾，更是人类的悲哀。

随着全民环保意识的提高，政府十分重视环境保护，推出了一系列防治空气污染的措施，如新建更多的城市绿地，开发新的洁净能源，使用汽车尾气净化装置，降低了有害气体的排放，监测空气质量等。空气质量不断得到改善，还人类蔚蓝天空的日期已不再遥远。



图 2.1-10 苏州河畔

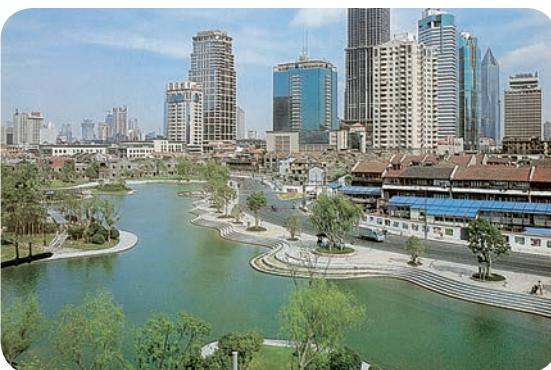


图 2.1-11 上海太平桥地区



图 2.1-12 上海景点新天地

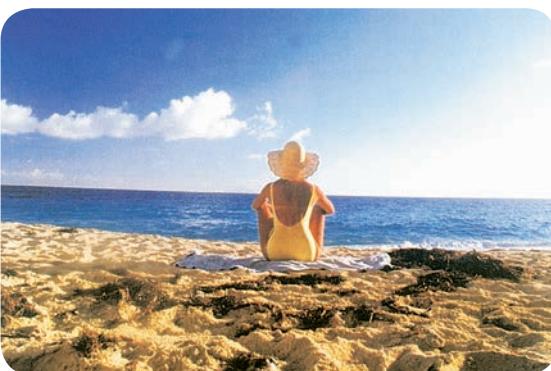


图 2.1-13 海滨天然游泳场

人类的生存依赖于空气，因而空气的质量与人体的健康直接相关，空气质量已成为普遍关心的话题。



拓展视野

空气质量指数

空气质量指数(Air Quality Index, 简称AQI)是定量描述空气质量状况的指数,分为六级,相对应空气质量的六个类别,其数值越大说明空气污染状况越严重,对人体健康的危害也就越大。参与空气质量评价的主要污染物为细颗粒物($PM_{2.5}$)、可吸入颗粒物(PM_{10})、二氧化硫(SO_2)、二氧化氮(NO_2)、臭氧(O_3)、一氧化碳(CO)等六项。

$PM_{2.5}$ 是指环境空气中空气动力学当量直径 $\leq 2.5\text{ }\mu\text{m}$ 的颗粒物,又称为细颗粒物。 $PM_{2.5}$ 含有毒有害物质,对人体和环境质量都有影响。所以,空气中 $PM_{2.5}$ 的含量越高,空气污染越严重。

表 2.1-1 空气质量指数与人体健康的关系

空气质量指数	级别	对健康影响情况	建议采取的措施
0—50	一级(优)	空气质量令人满意,基本无空气污染	各类人群可正常活动
51—100	二级(良)	空气质量可接受,但某些污染物可能对极少数异常敏感人群健康有较弱影响	极少数异常敏感人群应减少户外活动
101—150	三级(轻度污染)	易感人群症状有轻度加剧,健康人群出现刺激症状	儿童、老年人及心脏病、呼吸系统疾病患者应减少长时间、高强度的户外锻炼
151—200	四级(中度污染)	进一步加剧易感人群症状,可能对健康人群心脏、呼吸系统有影响	儿童、老年人及心脏病、呼吸系统疾病患者避免长时间、高强度的户外锻炼,一般人群适量减少户外运动
201—300	五级(重度污染)	心脏病和肺病患者症状显著加剧,运动耐受力降低,健康人群普遍出现症状	儿童、老年人及心脏病、肺病患者应停留在室内,停止户外运动,一般人群减少户外运动
>300	六级(严重污染)	健康人群运动耐受力降低,有明显强烈症状,提前出现某些疾病	儿童、老年人和病人应停留在室内,避免体力消耗,一般人群避免户外活动



思考与讨论

大气污染是如何造成的？我们应怎样防治大气污染？

构成物质的微粒

空气是由氧气、氮气、稀有气体、二氧化碳等物质组成的。那么，氧气、氮气、稀有气体、二氧化碳是由什么构成的？

世界是由物质组成的，物质是由极其微小的、肉眼看不见的微粒构成的。

科学研究表明，分子（molecule）、原子（atom）、离子（ion）是构成物质的微粒，这些微粒聚集在一起构成物质。



思考与讨论

- 为什么食盐溶于水后所得到的食盐水会变咸？为什么蔗糖溶于水后所得到的蔗糖水会变甜？
- 为什么将少量品红放入一盆水中，一段时间后，整盆水都呈红色？
- 为什么空气可以不断地被压入自行车的轮胎中？
- 为什么很远就能闻到花的香味？

大量事实证明，分子在不断运动，且温度越高，分子运动越快；分子之间有间隙。

大部分物质是由分子构成的，如苯（benzene）是由苯分子构成的，水是由水分子构成的。还有一些物质是由原子直接构成的，如金刚石（diamond）是由碳原子构成的，单晶硅是由硅原子构成的。



图 2.1-14 扫描隧道显微镜拍摄的苯分子图像

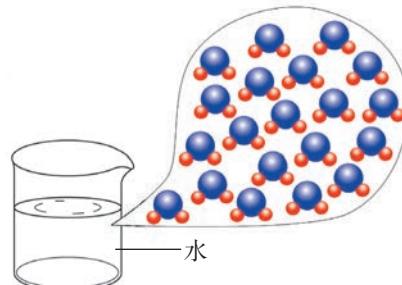


图 2.1-15 水是由水分子构成的



图 2.1-16 由碳原子构成的金刚石

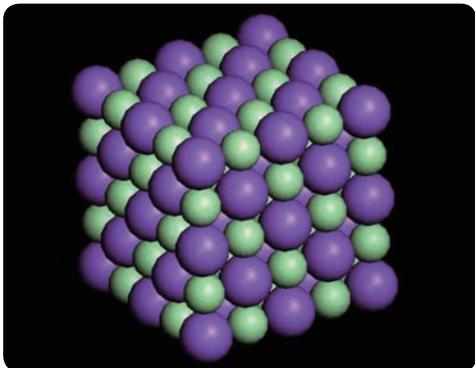


图 2.1-17 由钠离子和氯离子构成的氯化钠晶体示意图

资料库

大部分物质是由分子构成的，一部分物质是由原子直接构成的，还有一部分物质是由离子直接构成的，如氯化钠晶体是由钠离子和氯离子直接构成的。

在化学变化中，原子得失电子后形成的带电微粒称为离子。带正电荷的离子称为阳离子，带负电荷的离子称为阴离子。



思考与讨论

分子和原子的关系

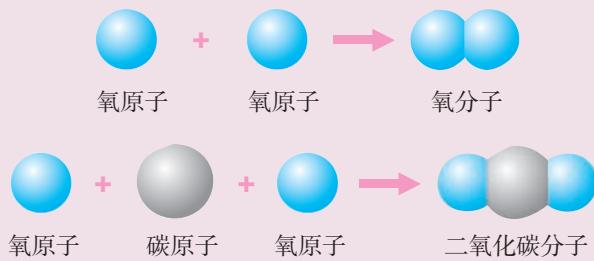


图 2.1-18 分子是由原子构成的

分子是由原子构成的，原子的种类和数目的不同构成了不同的分子。例如，二氧化碳是由二氧化碳分子构成的，一个二氧化碳分子是由两个氧原子和一个碳原子构成的；氧气是由氧分子构成的，一个氧分子是由两个氧原子构成的。不同的物质具有不同的化学性质，其主要原因是构成物质的微粒不同。水、二氧化碳、氧气具有不同的化学性质，其原因是构成它们的分子不同。所以，**分子**是保持物质化学性质的一种微粒。



思考与讨论

- 简述水(H_2O)和氮气(N_2)的分子构成。
- 从元素组成角度分析,氧气(O_2)、水(H_2O)、一氧化碳(CO)和二氧化碳(CO_2)有什么不同?

世间万物都是由元素组成的,元素是同一类原子的总称。例如,氧气、水、一氧化碳(carbon monoxide)和二氧化碳(carbon dioxide)分子中所含的氧原子都属于氧元素。



思考与练习

参考实例,列举生活中常见的物质,写出物质名称、化学式、物质的元素组成和所含的金属元素及作用。

物质	主要成分的化学式	主要成分的元素组成	所含金属元素	所含金属元素的作用
钙片	$CaCO_3$	Ca、C、O	Ca	促进骨骼生长

构成物质的微粒体积很小,质量也很小。例如,一个碳原子的质量为 1.993×10^{-26} kg;一个氧原子的质量为 2.657×10^{-26} kg。

这么小的质量在计量和使用时非常不方便,化学家规定统一采用相对原子质量(relative atomic mass)来表示。

相对原子质量是指一种原子的质量对一种碳原子质量的 $1/12$ 的比值,常用符号 A_r 表示。例如:

$$\text{碳的相对原子质量} = \frac{1.993 \times 10^{-26} \text{ kg}}{\frac{1.993 \times 10^{-26} \text{ kg}}{12}} = 12$$

$$\text{氧的相对原子质量} = \frac{2.657 \times 10^{-26} \text{ kg}}{\frac{1.993 \times 10^{-26} \text{ kg}}{12}} \approx 16$$

表 2.1-2 常见的元素名称、元素符号和相对原子质量

元素名称	氢	碳	氮	氧	钠	镁	铝
元素符号	H	C	N	O	Na	Mg	Al
相对原子质量	1	12	14	16	23	24	27
元素名称	磷	硫	氯	钾	钙	铁	铜
元素符号	P	S	Cl	K	Ca	Fe	Cu
相对原子质量	31	32	35.5	39	40	56	64

根据相对原子质量和物质的化学式，通过求和的方法可以求得物质的式量。所以，**式量**是化学式中各原子的相对原子质量之和。例如：

$$\text{氧气} (\text{O}_2) \text{的式量} = 16 \times 2 = 32$$

$$\text{水} (\text{H}_2\text{O}) \text{的式量} = 1 \times 2 + 16 \times 1 = 18$$

$$\text{二氧化碳} (\text{CO}_2) \text{的式量} = 12 \times 1 + 16 \times 2 = 44$$



拓展视野

原子论和分子学说的建立

1803年9月6日，道尔顿(John Dalton 1766—1844)用别开生面的方式来庆贺自己的生日——系统地提出原子论。

道尔顿原子论是人类第一次依据科学实验的证据，系统地阐述了微观物质世界。

道尔顿原子论认为：化学元素均由不可再分的微粒构成的，这种微粒称为原子；同一元素的原子在质量和性质上都相同，不同元素的原子在质量和性质上都不同；原子是实心的小球。

1811年，阿伏伽德罗(Amedeo Avogadro 1776—1856)提出分子学说，但直到1858年，即在他死后的第3年，分子学说才被科学界所接受。

通过资料检索，道尔顿原子论是否正确？简述理由。



图 2.1-19 道尔顿



图 2.1-20 阿伏伽德罗



思考与复习

1. 计算一瓶水、一瓶二氧化碳气体的质量(瓶的容积均按500 mL计)和它们所含的分子个数。

物质	水	二氧化碳气体
密度	1 g/mL	1.98 g/L
一个分子的质量	2.9889×10^{-26} kg	7.3062×10^{-26} kg

2. 写出红磷与氧气发生反应的文字表达式。

3. 根据下列物质名称和分子式，写出其元素组成和分子构成，并计算它们的式量。

(1) 二氧化碳(CO_2)：_____；

(2) 酒精($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)：_____；

(3) 臭氧(O_3)：_____；

(4) 水(H_2O)：_____；

4. 用所学的化学知识解释下列现象。

(1) 能闻到远处的花香。

(2) 液化气能压入钢瓶中。

(3) 湿衣服晾在阳台上，夏天比冬天干得快。

5. 用线段分别将氮气和稀有气体，与它们的组成、用途和性质连接起来。

无色无气味的气体 •

• 制霓虹灯

化学性质不活泼 •

• 氮气

• 合成氮肥

由原子直接构成 •

• 稀有气体 •

• 用作保护气

由氮元素组成 •

• 医疗上用作冷冻剂

6. 收集有关稀有气体用途的资料。

2.2 神奇的氧气

MAGICAL OXYGEN

人类离不开氧气

人类生活在空气中，每个正常人每天需要吸入的空气为 $10\text{--}12\text{ m}^3$ ，氧气供给呼吸，人体要靠空气中的氧气来维持生命。氧气能支持燃烧，可燃物的燃烧需要氧气作助燃剂。所以，人类的生存离不开氧气。

手术中和手术后给病人增加吸氧量，可以降低病人术后感染的风险。病人恢复期用高压氧不仅能改善缺氧情况，而且还能改善血液循环和组织代谢。



图 2.2-1 高压氧舱



(a) 过度吸氧 (b) 适度吸氧

图 2.2-2 氧气浓度与人体的呼吸

正常人过度吸氧会产生副作用，甚至会引起中毒。例如，人在大于 50 kPa （约 0.5 标准大气压）的纯氧环境中待的时间过长，纯氧可能对所有的细胞发生毒害作用，称为氧中毒。在 100 kPa 的纯氧环境中，人只能存活 24 小时。此外，过量吸氧还会加速人体衰老。



图 2.2-3 潜水员需要氧气



图 2.2-4 水中溶有的少量氧气供鱼呼吸



图 2.2-5 载人飞船发射升空



图 2.2-6 富氧炼钢



图 2.2-7 负离子发生器

拓展视野

臭氧是一种淡蓝色有鱼腥气味的气体，其化学式为 O_3 ，是强氧化剂，具有杀菌消毒的作用。空气通过放电，能得到含 3% 左右臭氧的气体。常用的负离子发生器就是通过这种方式产生臭氧的。但是，环境中臭氧含量较大时会对人体细胞产生毒害作用。

氧气能跟很多物质发生反应

在通常状况下，氧气是一种没有颜色、没有气味的气体。氧气密度略大于空气的密度，不易溶于水，1 L 水中只能溶解约 30 mL 氧气。

在 101 kPa 和约 -183°C 条件下，氧气可变为淡蓝色液体，在约 -218°C 条件下可变成雪花状淡蓝色固体。

自然界存在的化合物中绝大多数是含氧化合物，这是因为氧气是一种很活泼的气体，空气中的氧气能跟自然界中许多金属和非金属发生反应，而自然界中的植物通过光合作用又不断产生氧气，使空气中氧气含量基本保持不变，为人类的生存提供保证。



请你先说

你知道氧气能跟哪些物质发生反应？



学生实验

物质在氧气中燃烧

1. 将带有火星的木条伸入集满氧气的集气瓶中。

现象: _____。

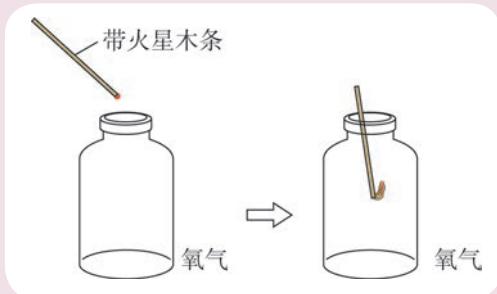


图 2.2-8 带火星的木条在氧气中复燃

2. 将一小块木炭用坩埚钳夹住, 用酒精灯点燃后, 伸入集满氧气的集气瓶中。待燃烧停止后, 向集气瓶中倒入少量澄清石灰水, 振荡。

现象: _____。

反应的文字表达式: _____。

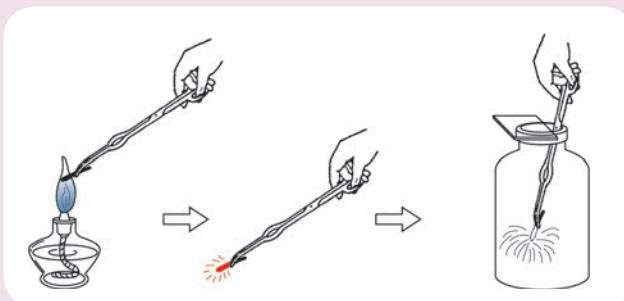


图 2.2-9 木炭在空气、氧气中燃烧

3. 把少量硫放入燃烧匙中, 加热至硫燃烧; 再将燃烧匙伸入集满氧气的集气瓶中。

现象: _____。

反应的文字表达式: _____。

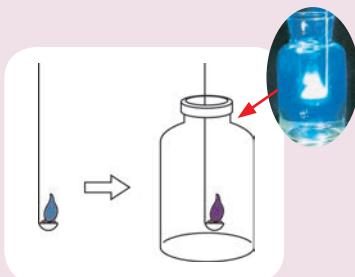


图 2.2-10 硫在空气、氧气中燃烧

操作要点：在集气瓶底部预先放少量水或细沙。

4. 螺旋状细铁丝末端系一根火柴梗，用坩埚钳夹住铁丝并点燃火柴梗，待火柴梗快燃尽时，快速将其伸入集满氧气的集气瓶中。

现象：_____。

反应的文字表达式：_____。

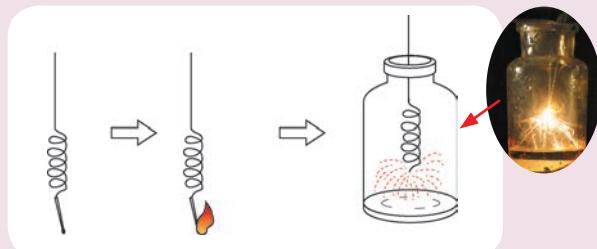


图 2.2-11 铁丝在氧气中燃烧

物质跟氧气发生的反应属于氧化反应 (oxidation reaction)。在上述实验中，碳、硫、铁等物质都发生了氧化反应。

碳、硫、铁等能与氧气发生反应，还有许多物质也能与氧气发生反应，如氢气、乙炔等。



图 2.2-12 液氢用作火箭的燃料

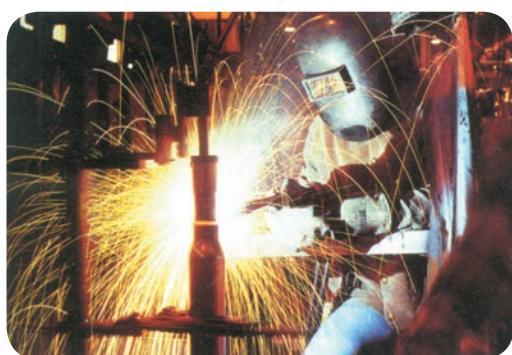
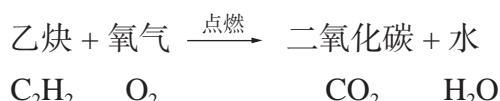
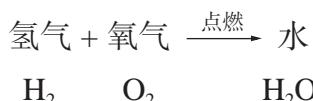


图 2.2-13 氧炔焰用于焊接和切割金属



氧气跟许多物质发生反应生成含氧化合物，如二氧化碳、氧化镁、四氧化三铁、二氧化硫等。我们把这些由两种元素组成，其中一种是氧元素的化合物称为氧化物 (oxide)。

我们把两种或两种以上物质生成一种新物质的反应，称为化合反应 (combination reaction)。



思考与练习

1. 你知道哪些物质能跟氧气发生反应？写出反应的文字表达式，并判断是否属于化合反应。

2. 写出你知道的氧化物的名称和化学式。



探究与实践

在三支小试管中分别放入三根洁净的小铁钉。然后在第一支试管中加入适量食盐水(使小铁钉一半浸在食盐水中另一半露置在空气中,记为A组),第二支试管中加入相同体积的水(使小铁钉一半浸在水中另一半露置在空气中,记为B组),第三支试管中不加任何试剂(记为C组)。请把三支试管中小铁钉表面发生的现象记录在表2.2-1中。

表2.2-1 探究实验现象记录表

组别	1小时	5小时	1天	2天	3天	4天	5天
A组							
B组							
C组							

(1) 把观察到的现象与同学分享。

(2) 结论:_____。

(3) 对防止钢铁腐蚀提出的合理化建议为_____。

资料库

含氧化合物一定是氧化物吗

含氧化合物是指含有氧元素的化合物,其组成元素的种类可以是两种,也可以是两种以上,如 CO_2 、 H_2O 、 MgO 、 Fe_3O_4 、 H_2SO_4 、 Ca(OH)_2 、 CaCO_3 、 KClO_3 、 KMnO_4 、 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 等。**氧化物**是指只有两种元素组成的含氧化合物,如 CO_2 、 H_2O 、 MgO 、 Fe_3O_4 等。其中,除氧元素外的另一种元素是金属元素的,称为**金属氧化物**,如 MgO 、 CuO 、 Fe_3O_4 等;另一种元素是非金属元素的,称为**非金属氧化物**,如 CO_2 、 H_2O 、 CO 、 SO_2 、 NO_2 等。

怎样得到氧气

要得到某种物质,应当从富含这种物质或含有其组成元素的物质中去寻找。要得到氧气,首先要找富含氧气的物质或含有氧元素的物质。



请你先说

在下列图片中，哪些含有氧气？哪些物质中含有氧元素？

云 ——



海洋 ——

(a) 大气和海洋



(b) 常见化学药品

压缩空气钢瓶



(c) 压缩空气



(d) 液氧用槽车送往用户

图 2.2-14 含氧元素和含氧气的物质

氧气可以从含有氧气的混合物中分离得到，如从空气中得到氧气，工业上需要的大量氧气就是从空气中分离得到的。



思考与讨论

怎样从空气中得到较纯净的氧气

空气中各组分的沸点如表 2.2-2 所示。

表 2.2-2 空气中各组分的沸点

组分	氮气	氧气	氩气	氖气	氦气
沸点(℃)	-195.8	-183.0	-185.7	-246.0	-268.9

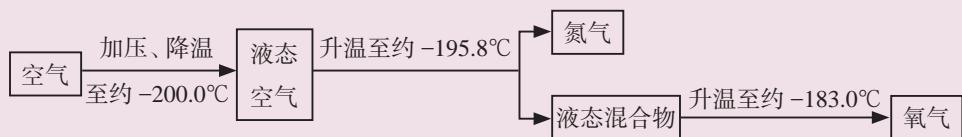


图 2.2-15 氧气工业制法的流程图

根据以上数据和流程图，通过分析得出：

将空气加压降温至约 -200°C 时，空气变成_____态。

升温至约 -195.8°C 时，_____气逸出。

再升温至约 -183.0°C 时，_____气逸出。

氧气还可以通过化学反应从含氧化合物中获得，实验室中需要的少量氧气是通过含氧化合物分解得到的。分离得到的氧气，根据不同情况储存在相应的容器中。

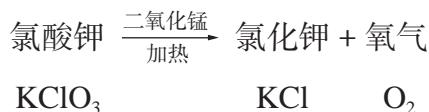


学生实验

用氯酸钾制取氧气

1. 将氯酸钾和二氧化锰以质量比为 3:1 的比例均匀混合。
2. 实验开始时先对固体混合物均匀加热，再用酒精灯外焰对固体混合物集中加热。
3. 实验结束，先将导管移出水面，再停止加热。

反应原理：



收集和检验：

用排水法收集氧气，并用带火星的木条检验。

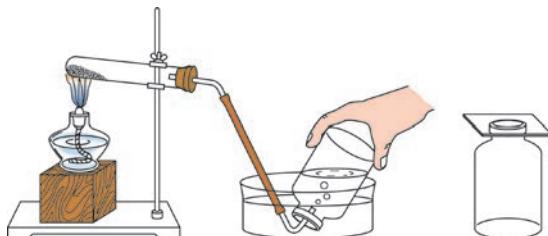


图 2.2-16 加热氯酸钾和二氧化锰混合物制取氧气



课堂实验

用过氧化氢制取氧气

- (1) 在广口瓶中加入少量二氧化锰。
- (2) 在分液漏斗中加入质量分数为 3% 的过氧化氢溶液(俗称双氧水)。
- (3) 调节加入过氧化氢溶液的速率，使反应平稳地进行。

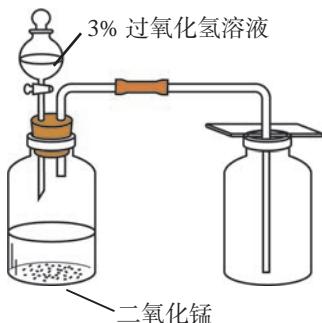
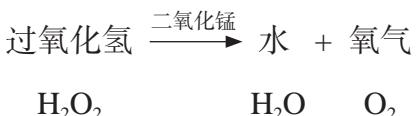


图 2.2-17 过氧化氢分解制取氧气

反应原理：



收集和验满：

用向上排空气法收集氧气，并用带火星的木条检验氧气是否收集满。

我们把由一种物质生成两种或两种以上新物质的反应，称为**分解反应** (decomposition reaction)。氯酸钾和双氧水产生氧气的反应都属于分解反应。

资料库

催化剂

在实验室制取氧气的化学实验中，使用的二氧化锰在氯酸钾和过氧化氢的分解过程中起增大反应速率的作用，它本身在化学反应前后的质量和化学性质都没有发生变化。我们把能增大其他物质发生化学反应速率而其本身在反应前后的质量和化学性质都没有发生变化的物质称为**催化剂**。如二氧化锰是氯酸钾和过氧化氢分解反应中的催化剂。



思考与复习

1. 为了得到较纯净的氮气，某学生采用在空气中燃烧下列物质以除去空气中的氧气，分析下列各物质是否能达到实验目的，并简述理由。

- (1) 木炭：_____；
- (2) 红磷：_____；
- (3) 铁丝：_____；
- (4) 蜡烛：_____。

2. 写出木炭、硫、磷、铁在氧气中发生燃烧反应的文字表达式，并在物质名称下面写出对应的化学式。

3. 除了氯酸钾和过氧化氢能分解得到氧气外，高锰酸钾(KMnO_4)受热也能分解得到氧气，同时生成锰酸钾(K_2MnO_4)和二氧化锰(MnO_2)，写出高锰酸钾受热发生分解反应的文字表达式和对应的化学式。

4. 根据要求填空：

	氢气(H_2)	氧气(O_2)	水(H_2O)	过氧化氢(H_2O_2)
物质的组成元素	H			
物质的分子构成		1个氧分子由2个氧原子构成		
物质类别(填“单质”“化合物”或“氧化物”)			化合物 氧化物	
根据化学反应的文字表达式指出基本反应类型(填“化合反应”或“分解反应”)	氢气 + 氧气 $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 水(化合反应) 水 $\xrightarrow{\text{通电}}$ 氢气 + 氧气() 过氧化氢 $\xrightarrow{\text{二氧化锰}}$ 水 + 氧气()			

5. 实验探究：设计一个实验方案证明二氧化锰能加快双氧水的分解。

2.3 化学变化中的质量守恒

MASS CONSERVATION IN CHEMICAL CHANGE

化合物化学式的书写方法

纯净物都有固定的组成，我们可以用化学式 (chemical formula) 表示每一种纯净物。



图 2.3-1 实验室中的化学试剂



思考与练习

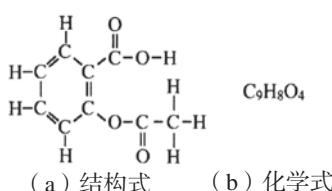


图 2.3-2 阿司匹林

- 根据物质的化学式可以确定物质是由哪些元素组成的。试写出如图 2.3-2 所示的阿司匹林中所含元素的名称。
- 根据物质的化学式可以确定组成元素的原子个数比。试写出二氧化碳中碳原子和氧原子的个数比。
- 根据物质的化学式可以确定物质的式量(即相对分子质量)。试计算甲烷 (CH_4) 的式量(即相对分子质量)。
- 根据物质的化学式可以确定物质组成元素的质量比。试计算二氧化碳中碳元素和氧元素及甲烷中碳元素和氢元素的质量比。
- 根据物质的化学式可以确定组成物质的各种成分的质量在物质总质量中所占的质量分数。试计算二氧化碳中碳元素的质量分数。

世界上物质的种类很多，组成也很复杂，科学家研究了物质组成元素原子数量之间的关系后总结的**化合价**(valence)可用于帮助我们书写化学式。

表 2.3-1 常见元素和原子团(atomic group)的化合价

名称	氢元素	碳元素	氧元素	硫元素	氯元素	钠元素	镁元素
符号	H	C	O	S	Cl	Na	Mg
化合价	+1	+2,+4	-2	+4、+6、-2	-1,+7	+1	+2
名称	铁元素	铜元素	碳酸根	氢氧根	硫酸根	硝酸根	铵根
符号	Fe	Cu	CO ₃	OH	SO ₄	NO ₃	NH ₄
化合价	+2,+3	+2	-2	-1	-2	-1	+1

某些元素的原子集合在一起作为一个整体参加化学反应，它所起的作用和一个原子一样，这样的原子集合称为**原子团**。

根据元素的化合价书写化合物的化学式。

书写步骤(以水为例)：

1. 写出组成水的元素的元素符号 H O(一般情况下正价元素符号写在左边，负价元素符号写在右边)；

2. 标出各元素的化合价 $\overset{+1}{\text{H}} \overset{-2}{\text{O}}$ (化合价写在元素符号的正上方)；

3. 标出各元素原子的个数 H_2O (化合物中正价总数和负价总数的代数和等于零，原子个数用阿拉伯数字写在元素符号的右下角)。

单质中元素的化合价为零。



思考与练习

- 写出硫元素跟氧元素组成化合物的化学式。
- 高锰酸钾(KMnO_4)中钾元素的化合价为+1，氧元素的化合价为-2，则锰元素的化合价是多少？

我一口能喝 6×10^{23} 个水分子。



物质的量



请你先说

说说你常用的量词。

图 2.3-3 你信吗

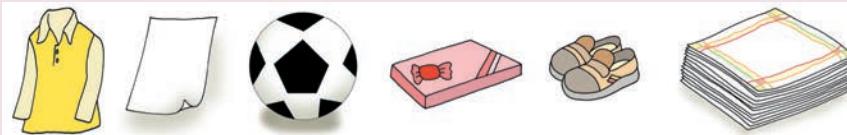


图 2.3-4 常见的物品

一双表示_____个，一打表示_____个。



思考与讨论

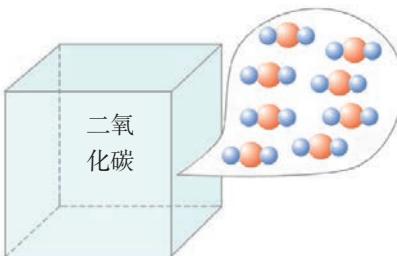
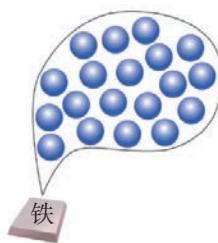
分子、原子很小，一滴水中含有大量的水分子。你认为应该如何表示分子、原子的个数？

物质所含分子或原子的数目很大，一个一个地计量非常不方便，通常采用集合的形式来表示。这一集合形式称为**物质的量**。

物质的量是国际单位制中 7 个基本物理量中的 1 个。物质的量常用 n 表示，单位是摩尔，简称摩，符号为 mol。1 mol 任何物质约含 6.02×10^{23} 个微粒。

资料库

在 2018 年 11 月召开的第 26 届国际计量大会 (CGPM) 上，明确了 1 mol 任何物质所含微粒的精确值为 $6.022\,140\,76 \times 10^{23}$ 。一般情况下，采用近似值 6.02×10^{23} 。

图 2.3-5 1 mol 二氧化碳 (CO_2) 约含 6.02×10^{23} 个二氧化碳分子图 2.3-6 1 mol 铁约含 6.02×10^{23} 个铁原子

思考与讨论

- 每摩分子或原子的个数相同吗？
- 每摩分子或原子的质量相同吗？试计算 1 mol 二氧化碳和 1 mol 铁的质量。（已知碳原子的质量为 1.993×10^{-26} kg，氧原子的质量为 2.657×10^{-26} kg，铁原子的质量为 9.277×10^{-26} kg。）

1 mol 物质的质量称为该物质的**摩尔质量**, 常用 M 表示, 其单位是克 / 摩, 读作克每摩, 符号为 g/mol。它在数值上等于该物质的式量(即相对分子质量)。例如, 氧气的摩尔质量为 32 g/mol, 二氧化碳的摩尔质量为 44 g/mol。



思考与练习

1. 按要求写出分子或原子的个数。

- (1) 1 mol 氧原子的个数约为 6.02×10^{23} 个。
- (2) 3 mol 二氧化碳分子的个数约为 $3 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个。
- (3) 4 mol 铁原子的个数约为 _____ 个。
- (4) 2 mol 水分子的个数约为 _____ 个。

2. 按要求写出物质的质量。

- (1) 1 mol 氧原子的质量为 16×1 g。
- (2) 3 mol 二氧化碳分子的质量为 44×3 g。
- (3) 4 mol 铁的质量为 _____ g。
- (4) 2 mol 水的质量为 _____ g。

3. 按要求写出物质的量。

- (1) 112 g 铁的物质的量为 2 mol。
- (2) 48 g 水的物质的量为 _____ mol。

质量守恒定律



请你先说

结合下列反应的文字表达式和图示, 请你简述:

1. 化学变化前后元素的种类有变化吗?
2. 化学变化前后原子的个数有变化吗?
3. 化学变化前后物质的质量有变化吗?

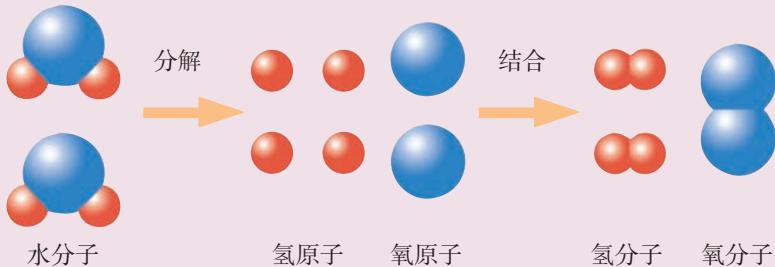
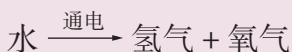


图 2.3-7 水分子在通电条件下形成氢分子和氧分子的示意图

根据图 2.3-7 可知：每两个水分子可以分解成四个氢原子和两个氧原子，而每两个氢原子构成一个氢分子，每两个氧原子构成一个氧分子。因此，化学变化的实质是原子的重新组合，也就是说，化学反应前后原子的种类和数目不变，**原子**是化学变化中的最小微粒。



课堂实验

探究硫酸铜溶液与氢氧化钠溶液反应前后的质量变化

反应原理：



操作要点：实验前和实验后质量的称量，包括参加反应的实验药品及实验仪器。

记录：

实验前的质量：_____。

实验后的质量：_____。

实验前后质量的比较：_____。

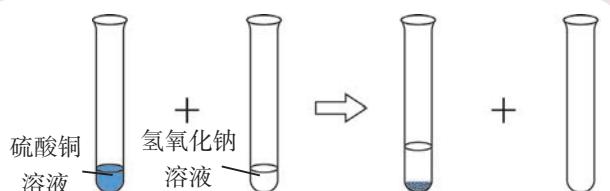


图 2.3-8 硫酸铜溶液与氢氧化钠溶液反应

科学家经过大量实验后发现：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，这个规律称为**质量守恒定律** (law of conservation of mass)。



思考与讨论

你能用质量守恒定律解释下列实验中反应前后的质量变化吗？



称量燃烧前镁带的质量



称量镁带燃烧后生成的固体的质量

图 2.3-9 镁带燃烧前后的质量变化



探究与实践

请你设计一个方案验证质量守恒定律。

提出设想: _____。

设计步骤: _____

_____。

按步骤进行实验。

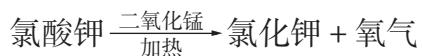
数据记录: _____
_____。

得出结论: _____
_____。

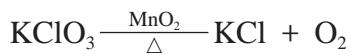
化学方程式

用化学式表示化学反应的式子称为**化学方程式**(chemical equation)。

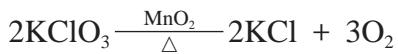
书写化学方程式的注意点(以氯酸钾加热分解为例):



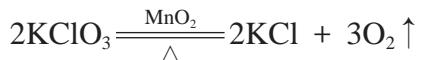
1. 正确书写化学式和反应条件, 加热用“ Δ ”表示。



2. 配平反应前后各元素的原子个数。



3. 当有气体生成或沉淀产生时, 用“ \uparrow ”表示生成气体, 用“ \downarrow ”表示产生沉淀。



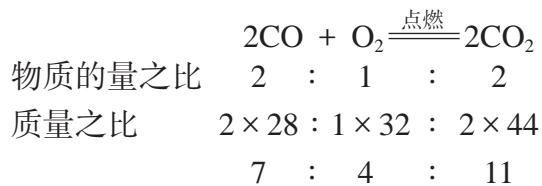


思考与练习

写出下列变化的化学方程式。

- (1) 镁带燃烧
- (2) 铁丝在氧气中燃烧
- (3) 白磷在空气中燃烧
- (4) 过氧化氢分解

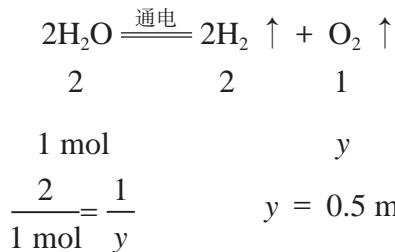
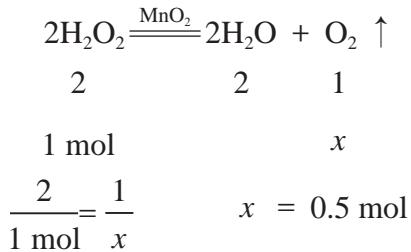
化学方程式不仅表示参与化学反应的物质以及它们发生反应后的生成物，也能表示反应物和生成物之间量的关系。



每 2 mol 一氧化碳气体跟 1 mol 氧气在点燃条件下发生反应，生成 2 mol 二氧化碳气体，或每 7 g 一氧化碳气体跟 4 g 氧气在点燃条件下发生反应，生成 11 g 二氧化碳气体。

例题 实验室常用过氧化氢制取少量氧气，工业上可用电解水得到氧气 ($2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{通电}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$)。试问，每摩过氧化氢和水各能得到氧气多少摩尔。

解：设 1 mol 过氧化氢得到氧气的物质的量为 x ，1 mol 水得到氧气的物质的量为 y 。



答：每摩过氧化氢能得到 0.5 mol 氧气，每摩水可得到 0.5 mol 氧气。



思考与复习

1. 判断与下列物质相对应的化学式是否正确, 如果错误请写出正确的化学式。

- (1) 氯化钠 NaCl₂ _____;
- (2) 氢氧化铜 Cu(OH)₂ _____;
- (3) 氧化钙 CaO _____;
- (4) 硫酸钠 NaSO₄ _____。

2. 按要求计算:

- (1) 2 mol 氧气的分子个数;
- (2) 3 mol 二氧化碳的质量;
- (3) 24 g 金属镁的物质的量及所含镁原子的个数。

3. 写出下列反应的化学方程式。

- (1) 氢气在氧气中燃烧生成水: _____。
- (2) 硫跟氧气反应: _____。
- (3) 铁跟氧气反应: _____。

4. 金属铜在氧气中加热会生成黑色的氧化铜(CuO), 试回答下列问题:

- (1) 氧化铜是由哪几种元素组成的?
- (2) 组成氧化铜的元素对应的原子个数比是多少?
- (3) 组成氧化铜的元素质量比是多少?
- (4) 氧化铜的式量是多少?
- (5) 氧化铜中铜元素的质量分数是多少?
- (6) 写出铜跟氧气反应的化学方程式。
- (7) 2 mol 铜跟多少摩氧气恰好完全反应? 生成多少摩氧化铜?

5. 设计实验, 证明磷跟氧气反应符合质量守恒定律。

小结与思考

小结

1. 物质是由元素组成的；有些物质是由分子构成的，有些物质是由原子直接构成的，还有些物质是由离子直接构成的。分子是由原子构成的。分子和原子的体积都很小，它们的质量也很小；分子是保持物质化学性质的一种微粒，原子是化学变化中的最小微粒。

2. 根据物质的组成，物质可分成混合物和纯净物；根据组成物质的元素种类，纯净物又可分成单质和化合物；在化合物中有一类纯净物是由两种元素组成的，且其中一种是氧元素，这类化合物称为氧化物。基本反应类型有化合反应、分解反应等。

3. 根据物质的化学式，可以确定物质的元素组成，组成元素的原子个数比，组成元素的质量比，以及某元素的质量分数及式量，式量是物质化学式中各元素相对原子质量的总和；化学反应符合质量守恒定律，可以用化学方程式表示，化学反应中各物质的质量之间有一定的比例关系，各物质的物质的量之间也有一定的比例关系。

物质的量是国际单位制中 7 个基本物理量中的 1 个。1 mol 任何物质都约含 6.02×10^{23} 个微粒。1 mol 物质的质量称为摩尔质量。

物质的量、质量、摩尔质量三者之间的关系：

$$\text{质量} \xrightarrow[\text{摩尔质量} \times]{\div \text{摩尔质量}} \text{物质的量}$$

4. 氧气的化学性质很活泼，可以跟许多物质发生氧化反应；要得到氧气，可以从空气中直接获取，也可以通过一些含氧化合物（如水、氯酸钾、双氧水等）发生分解反应而得到；根据氧气不易溶于水和密度比空气密度大的性质，可以用排水法和向上排空气法收集；根据氧气能支持燃烧的性质，可以用带火星的木条检验。氧气的用途主要是它能供给呼吸和支持燃烧。

思考

1. 空气中各组分的物理性质及用途（查阅有关资料）。

组分	含量 (体积分数)	状态 (常温)	颜色 (常温)	熔点 (℃)	沸点 (℃)	用途

2. 写出符合要求的化学符号：3个氧分子_____；2个氢原子_____；单质镁_____；4个水分子_____； n 个二氧化碳分子_____；四氧化三铁_____。

3. 按要求填写表中物质的化学式、组成元素、物质分类(填“单质”“化合物”或“氧化物”)及式量。

物质名称	氧化镁	氮气	硫酸铜	氦气	二氧化碳	氢氧化钠	碳酸钙
化学式							
组成元素							
物质分类							
式量							

4. 下表均为与氧气有关的化学反应，按要求补充完整。

化学反应	化学方程式	基本反应类型
硫在氧气中燃烧		
磷在氧气中燃烧		
木炭在氧气中燃烧		
铁在氧气中燃烧		
加热氯酸钾和二氧化锰混合物		
二氧化锰和双氧水混合		

5. 怎样鉴别空气、氧气、氮气和二氧化碳四种气体？

6. 某研究小组用某种纳米级氧化物作催化剂，使汽车尾气中的CO和NO反应，并转化为两种气体，其中一种可参与植物的光合作用，另一种是空气中含量最多的气体。这两种气体分别是_____和_____，CO和NO反应的化学方程式为_____。

7. 上海地区已使用天然气代替人工煤气。天然气的主要成分是甲烷(CH_4)，甲烷在氧气中燃烧生成水和二氧化碳($\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$)。

试求：(1) 组成甲烷的碳元素和氢元素的原子个数比及质量比。

(2) 燃烧2 mol甲烷需要消耗氧气的物质的量。

(3) 2 mol甲烷的质量，约含多少个甲烷分子。

3

走进溶液世界

GO INTO THE WORLD OF SOLUTIONS

3.1 水

3.2 溶液

3.3 溶液的酸碱性

- 水的特性
- 溶液的特性
- 溶液的酸碱性





水是我们非常熟悉的物质。水还具有许多使科学家为之着迷的奇特性质。

水是地球表面分布很广的物质，然而，人类却面临缺水的危机。

人们常说：“离开水，地球上的生命就无法生存。”其实这是水溶液的奇妙作用。

人们常说：“我们生活的周围是水的世界。”其实应该说是水溶液的世界。

让我们一起去溶液世界，进行一次愉快的旅行。

3.1 水

WATER

看到图 3.1-1 中的“一滴水”，你也许会联想到江河湖海、水力发电、饮用、洗涤……请你继续完成水的联想图。本章我们将从化学的视角学习水的组成、性质和用途。如果你想了解更多水的知识，建议利用课余时间去图书馆或上互联网查阅。

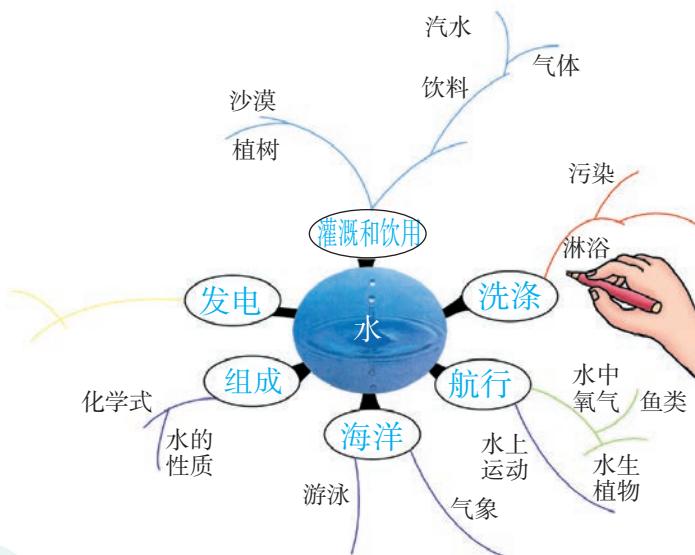


图 3.1-1 关于水的联想

自古以来，人们就选择在水域附近聚居，因为水是人类赖以生存的物质基础，生命离不开水。但是，为什么古代的人可以直接饮用天然水，而现在极少直接饮用天然水呢？

古时候，人类对水体的污染并不严重。受到轻度污染的水在自然界中具有一定的自然净化能力。

江、河、湖、海中的水受热蒸发变成水蒸气，水蒸气遇冷又转化为雨、雪、冰、霜而降落到地面，再流入江河、渗入地下，这就是水的自然净化过程。这个过程中包含水的蒸发与冷凝。在实验室中，通过水的蒸发与冷凝也可以使水净化，得到蒸馏水。

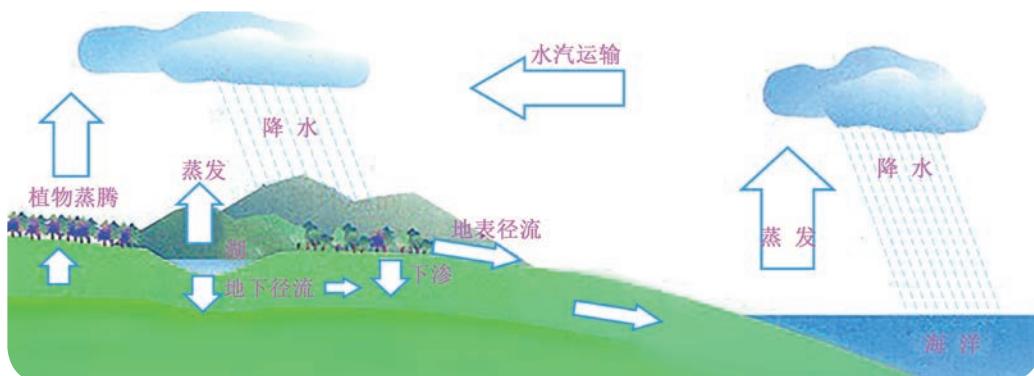


图 3.1-2 水在自然界中的循环

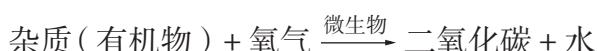
资料库

溶解了易挥发性杂质的水流过岩石或形成瀑布、溪流时，即水在流动过程中，易挥发性杂质会从水中释放到空气中，使水净化。这个过程称为挥发。例如，打开酒瓶盖或香水瓶盖，可以闻到酒的气味或香水的气味。打开盛有浓盐酸的试剂瓶盖，可以看到有大量白雾产生（这是由于浓盐酸中挥发出来的氯化氢气体遇空气中水汽而形成的现象）。

江、河、湖、海中的固体小颗粒，会因重力而发生沉降。

水渗入地下，杂质会被土壤、沙层吸附或过滤，水再从地下渗出。这就是泉水和井水。

有些水体中还存在微生物和溶解的氧气，它们能分解水中的有害物质，所以水体具有一定的自净能力。



自然界中的水经过下列过程：

含有杂质的天然水通过蒸发、挥发、过滤、氧化而得到净化。净化的天然水可以直接饮用。

但水的自净能力是有限的，在现代农业生产和工业生产中，人们向水中排放的废气、废水和废物已远远超过水的自净能力，被严重污染的水必须通过人工净化才能作为生活、生产用水。自来水厂对水进行加工处理，实际上就是模仿了水在自然界中的净化过程，通过挥发、沉降、过滤、吸附、消毒等步骤进行人工净化。



图 3.1-3 自来水生产流程图

为了保证水质，城市和乡镇的自来水厂的水源都设在清洁的河流上游。自来水厂先使水中的悬浮杂质在第一沉降槽中沉降，经过滤后进入第二沉降槽，然后用净水剂（明矾或氯化铁）处理微小的悬浮物。最后在水中加入适量消毒剂（液氯或二氧化氯等），起杀菌消毒作用。

自来水生产过程中，哪些是物理变化？哪些是化学变化？



图 3.1-4 节约用水宣传画

专家提醒我们：“明天，我们还有水喝吗？”我们都希望看到这种事情在我们身边发生。

1993 年，联合国环境规划署规定每年 3 月 22 日为“世界水日”，我国于 1998 年开始，规定每年的 3 月 22 日—3 月 28 日为“全国水法宣传周”。

水的组成

长期以来，人们用加热的方法始终无法使水分解，所以误认为水是一种单质。直到 18 世纪末，才知道它不是单质。

科学家用通电的方法使水分解。图 3.1-6 是电解水的简易装置。



课堂实验

水的分解实验

在电解器的水槽中装满水，两端分别连接直流电源的两极。

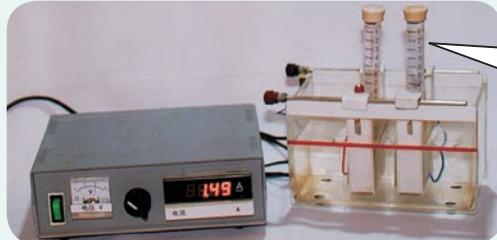


图 3.1-5 电化学实验平台

通电后在与电源两极相连的两个电极附近观察到的现象：

_____。

比较两支玻璃管中气体体积的大小：

_____。

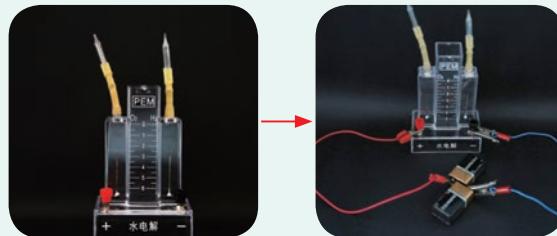


图 3.1-6 电解水简易装置

当接通直流电后，可以观察到电极上有气泡产生，稍过一段时间发现玻璃管中的水减少了，两支玻璃管的上方聚集了无色气体。其中连接正极的一端产生的气体比连接负极一端产生的气体少，它们的体积比约为1:2。

用燃着的木条分别放在两支玻璃管的尖口上，发现体积小的气体能使燃着的木条燃烧得更旺，可以证明它是氧气。体积大的气体不助燃，本身却能燃烧，并产生浅蓝色火焰，该气体是氢气。

上述实验表明，通电能使水分解，生成氢气和氧气，由此可以推断水是由氢、氧两种元素组成的化合物。

水的分解过程可用图3.1-7表示，其中表示水分子，表示氧分子，表示氢分子。

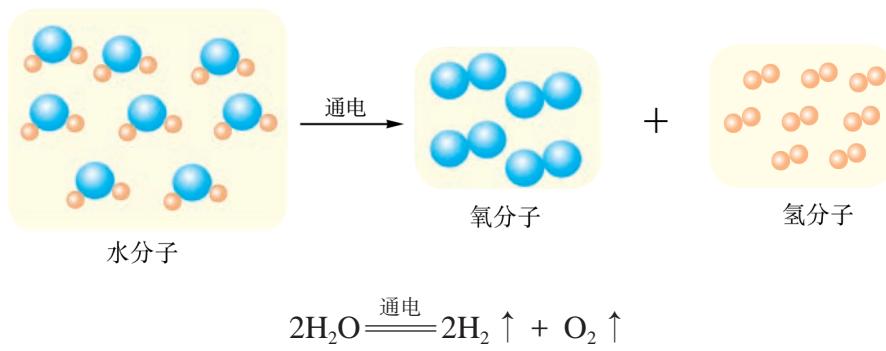


图3.1-7 水的分解示意图及化学方程式

资料库

水分子组成的发现者——英国化学家卡文迪什

1781年，卡文迪什(Henry Cavendish, 1713—1810)最先制得氢气。他用火点燃氢气后发出爆鸣声，并证明它燃烧后生成水，但由于当时对燃烧的意义不清楚，所以还是曲解了水的组成，没有得出正确的结论。



图3.1-8 卡文迪什



课堂实验

水的组成

这里是化学家卡文迪什做的关于水的组成的实验。

将氢气发生装置中产生的纯净氢气，通入一根弯曲的玻璃导管中，点燃尖嘴玻璃导管口喷出的氢气，并将尖嘴玻璃导管伸入充满氧气的干燥集气瓶中，仔细观察集气瓶内壁上的现象。

现象：_____。
_____。

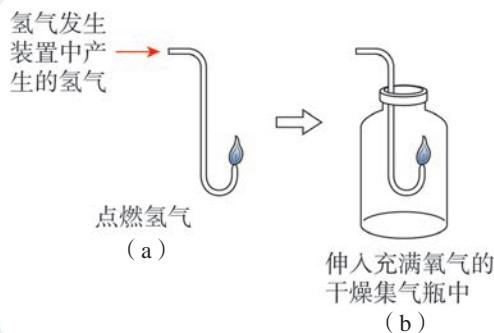
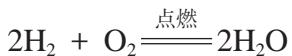
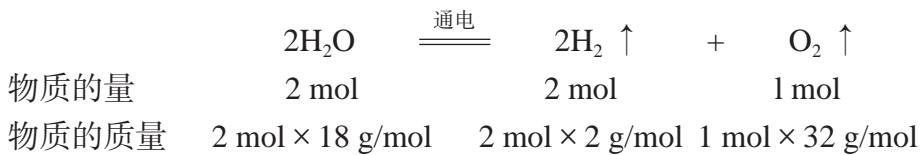


图 3.1-9 氢气的燃烧实验

干燥的集气瓶内壁上附了一层水汽，说明氢气跟氧气反应生成了水。这个反应可表示为：



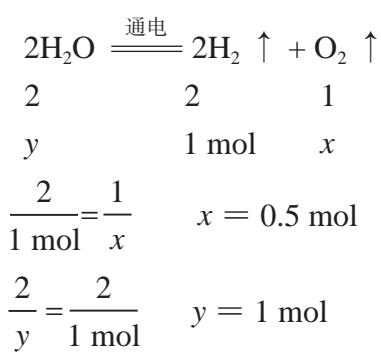
无论是水的电解，还是氢气在氧气中燃烧，都证明水是由氢元素和氧元素组成的化合物。人们经过大量的实验测定，确认水的化学式是 H_2O 。1 mol 水由 2 mol 氢原子和 1 mol 氧原子构成。在通电条件下每 2 mol 水可以分解成 2 mol 氢气和 1 mol 氧气。



注：在相同温度和压强下测得，水电解生成的氢气和氧气的体积比约为 2 : 1。

例题 在实验室中利用水的电解实验制取氢气。当电解后得到氢气 2 g（收集到的体积换算成质量）时，同时产生多少摩氧气？被电解的水的质量为多少克？

解： $n(\text{H}_2) = \frac{2\text{ g}}{2\text{ g/mol}} = 1\text{ mol}$ 。设产生 O_2 的物质的量为 x ，被电解的水的物质的量为 y 。



被电解的水的质量： $m(\text{H}_2\text{O}) = 1\text{ mol} \times 18\text{ g/mol} = 18\text{ g}$

答：同时产生 0.5 mol 氧气，被电解的水有 18 g。

水的性质

水是我们熟悉的物质，它有许多奇妙的物理性质和化学性质。

水是由分子构成的，水分子在不断运动，分子间有间隙，相互间有一定的作用。水还可以形成由许多水分子缔合在一起的集合体，这是水的特性之一。

大多数物质在固态时的密度比液态时的密度大，但水相反。表 3.1-1 中数据表明，4℃时，水的密度最大，0℃时密度变小，这种现象称为**反常膨胀**，这个性质跟水分子之间的缔合有关。正是水的这种反常膨胀的奇特性质，才使冰浮在水面上，在寒冷的冬天，水生生物在河流和湖泊中得以生存。

表 3.1-1 水的密度

温度(℃)	25℃	4℃	0℃	-10℃
密度(g/cm ³)	0.997 1	1.000 0	0.999 8	0.998

由于水的比热容大，水能吸收大量的热量。沿海城市昼夜气温变化小，其原因是白天海水吸收大量的热量，夜晚把吸收的热量放出，所以水起了调节气温的作用。在工厂中，常用冷水降低产物的温度，又用温水去预热反应物，利用水的这一特性，可以起到节约能源的作用。



思考与讨论

为什么医生常用冰袋给发高烧病人降低体温？大块的冰为什么能降低室温？

水还有极强的溶解和分散其他物质的能力。在生活中，我们经常把一些能溶于水的物质加入水中，配制成溶液。例如，喝的饮料、注射用的药水等。

当把大小不一的固体颗粒或液体加入水中，经过振荡后静置，有的会形成均匀的溶液；有的小颗粒会上升或下降，分离成固体小颗粒和水或形成油层和水层。在液体中形成的不均匀、不稳定的混合物称为**浊液**。固体小颗粒和水形成的混合物称为**悬浊液**，小液滴和水形成的混合物称为**乳浊液**。



图 3.1-10 冰浮于水面上

资料库

水分子的结构

水的性质与它的分子结构有关。水分子的构成可用结构模型来表示。

在水分子中，一个氧原子和两个氢原子相连，它们之间的角度为 104.5° 。

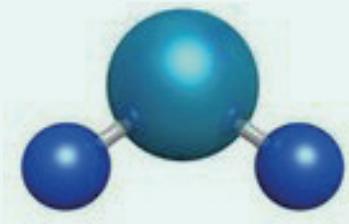
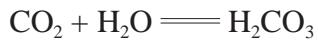


图 3.1-11 水分子的结构示意图

有些物质能跟水发生化学反应，生成新的物质。例如，把二氧化碳通入水中，会有少量碳酸（carbonic acid）生成。



把二氧化碳气体压入饮料中就制成了汽水。在这个过程中，其中的一部分二氧化碳跟水发生了化学反应。



学生实验

生石灰、硫酸铜粉末跟水反应

实验 1 在小烧杯中加入约 15 mL 水，放入一小块生石灰。

现象：_____。

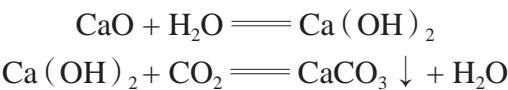
反应停止后，取少量上层清液于试管中，用导管向溶液中吹气。

现象：_____。

实验 2 在小烧杯中加入少量白色的硫酸铜粉末，先滴加几滴水，再加入适量水，搅拌，使它溶解。

现象：_____。

实验中我们观察到生石灰(氧化钙, calcium oxide)与水剧烈反应,并放出大量的热,同时生成一种新物质——氢氧化钙(calcium hydroxide),俗称熟石灰。向反应后的清液中吹气,是将二氧化碳气体通入氢氧化钙的水溶液中,生成了难溶于水的白色沉淀碳酸钙(calcium carbonate),这就是澄清石灰水变浑浊的原因。反应的化学方程式为:



在实验中看到白色的硫酸铜(copper sulfate)粉末遇到水后变成蓝色,这是因为硫酸铜与水发生了反应。其反应的化学方程式为:



生成的蓝色晶体称为五水合硫酸铜($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$),它的组成是固定的,每1 mol 硫酸铜带5 mol 结晶水。含有结晶水的晶体称为结晶水合物,它是一种纯净物。不带结晶水的白色硫酸铜粉末,称为无水硫酸铜,它也是一种纯净物。



探究与实践

制取硫酸铜晶体

方法一 用回形针制成一个心形模型,用棉线均匀地缠绕在心形模型上,然后悬挂在200 mL 80℃热的饱和硫酸铜溶液中,自然冷却50 min,即可得到心形硫酸铜晶体模型。

方法二 用滤纸折出一个燕子模型,用针将棉线均匀地缝在燕子模型上,在燕子模型下部绑一块硫酸铜晶体,使其悬挂在200 mL 80℃热的饱和硫酸铜溶液中,自然冷却50 min,即可制得燕子形硫酸铜晶体。

简述你制取硫酸铜晶体的操作步骤:



把你制取的晶体与同学分享。



图3.1-12 学生手工制取的硫酸铜晶体



思考与复习

- 举例说明水能发生哪些物理变化，又能发生哪些化学变化。
- 举例说明水在我们生活中有哪些重要作用？
- 以下是一篇关于《节水革命》的文章摘录。写一篇 500 字左右的读后感。

一场大规模的节水革命势在必行

1997 年，联合国向全世界发出警告：如果在用水方面不进行一次革命，今后三十年，全世界将有 $2/3$ 的人面临缺水的压力，有 $1/4$ 的人将为水资源而发生争斗。我国水的浪费非常突出，我国工业产品生产的单位耗水量比发达国家高 5—10 倍，工业用水重复率不到 $1/3$ ，万元工业产品用水量比发达国家高 10 倍以上，农田用水量是世界平均数的 2 倍以上。

用水的奢侈浪费根源之一在于不合理的水价。以色列人均水资源是 461 m^3 ，是我国华北地区的两倍，其水价为 $14\text{ 美元}/\text{m}^3$ ，折合人民币 116 元，是中国现行水价的 58 倍。国际上人均水费支出通常为人均收入的 2%—3%（非缺水国家），中国现阶段人均水费不足人均收入的 1%。在中国，水是稀缺资源，电是比较充裕的资源，但电费开支常常是水费的数倍乃至数十倍。

- 有一只拧不紧的水龙头每秒滴出两滴水，每滴水约为 0.05 mL ，这只水龙头一天将流失多少克水？一年将流失多少克水？假设某地区有 1 万只水龙头都像这样漏水，一年会流失多少克水？

- 实践活动：

记录家庭一个月或一周的用水量，制订家庭节水计划，如用洗衣水擦洗地板，抽水马桶水箱中放一只装满水的可乐瓶以减小每次冲水时的用水量等。实施后再记录相同时间的用水量，完成简单的实践活动报告（要求自己读水表）。

- 当有 0.5 mol 水通电分解时，会产生多少摩氧气和多少摩氢气？由无水硫酸铜生成 0.5 mol 五水合硫酸铜晶体，需要消耗多少摩水？

3.2 溶液 SOLUTION

物质的溶解性

有的物质易溶于水，如氯化钠、高锰酸钾；有的物质难溶于水，如面粉、粉笔灰等。不同的物质在水中的溶解性是不同的，同一种物质在不同条件下溶解性也是不同的。溶于水的物质称为**溶质**，溶解物质的水称为**溶剂**，物质溶于水就形成溶液。

物质的**溶解性**是指一种物质在另一种物质中的溶解能力。物质的溶解能力跟物质本身（溶质）的性质、溶剂（水）的性质、溶剂的温度等因素有关。

比较各种物质溶解性的大小，必须在相同条件下进行。例如，在相同温度下，使用相同质量的溶剂等。



学生实验

白糖、食盐和淀粉溶解性大小的比较

实验前的假设和条件控制：假设白糖、食盐和淀粉能溶于水，在室温条件下，在三只50 mL的烧杯中各放入25 mL的水。

实验步骤：

在盛有25 mL水的三只烧杯中，分别加入2 g白糖、2 g食盐、2 g淀粉，分别搅拌。

现象： 。

再分别加入2 g白糖、2 g食盐、2 g淀粉，分别搅拌。

现象： 。

注：如果加入的物质全部溶解，则继续分别加入2 g白糖、2 g食盐、2 g淀粉，直至加入的物质不再溶解为止。

结论：在 条件下， 的溶解性最大。

在相同温度、相同溶剂且质量也相等的条件下，白糖、食盐和淀粉的溶解性是不同的，其中白糖的溶解性最大，食盐其次，淀粉最小。

从实验中看出，**不同物质在相同条件下的溶解情况是不相同的**。



探究与实践

比较硝酸钾在不同溶剂、不同温度下的溶解性

实验药品：硝酸钾、冷水、热水、酒精。

实验器材：电子天平、量筒、玻璃棒、温度计、烧杯。

实验假设：假设1 硝酸钾能溶于水，也能溶于酒精。

假设2 温度升高，硝酸钾溶解性增大。

实验步骤：(自行设计)

提示：实验必须在相同的条件下进行，直到溶质不再溶解为止。

对假设1的验证

_____。

对假设2的验证

_____。

结论：

_____。

从上述实验中可以看出，硝酸钾易溶解于水，难溶于酒精；硝酸钾在热水中的溶解性比在冷水中的大。

不同物质的溶解性是不同的，同一种物质在不同溶剂中的溶解性也是不同的。物质的溶解性受温度影响，大部分固体物质的溶解性随温度升高而增大。

资料库

亲水性物质和亲油性物质

物质在不同溶剂中的溶解性大小是不同的。食盐、蔗糖在水中很容易溶解，但在酒精、汽油中很难溶解。能在水中溶解的物质称为**亲水性物质**。

像有机玻璃、尼龙等，在水中不溶解，但能溶于苯、丙酮等有机溶剂。能在有机溶剂中溶解的物质称为**亲油性物质**。

还有一类物质既有亲油性又有亲水性，如肥皂、合成洗涤剂等。它们的分子呈线形：一头亲水；另一头亲油。它们使水和油发生乳化作用，降低了表面张力，而使油污易从衣服上“脱落”下来。

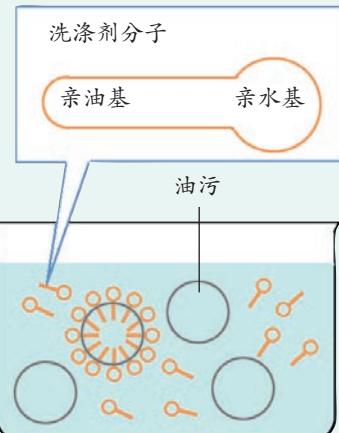


图 3.2-1 一头亲水另一头亲油的分子

饱和溶液和不饱和溶液

很多物质在一定量水中不能完全溶解。我们把在一定条件下，一定量的溶剂中不能再溶解某种溶质的溶液称为这种溶质在这种溶剂中的**饱和溶液** (saturated solution)，还能溶解某种溶质的溶液称为这种溶质在这种溶剂中的**不饱和溶液** (unsaturated solution)。



思考与讨论

1. 怎样用实验来证实某瓶硝酸钾溶液是饱和溶液还是不饱和溶液？

2. 如何将不饱和的硝酸钾溶液转化成饱和的硝酸钾溶液？

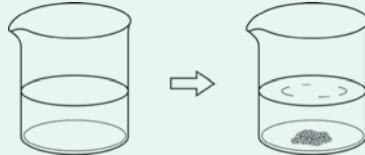


图 3.2-2 不饱和溶液转化为饱和溶液

向不饱和的硝酸钾溶液中加入硝酸钾晶体，直到不再溶解；用加热方法蒸发掉溶液中的水分，看到溶液中有晶体析出；用降

温的方法，使溶液中有晶体析出。

饱和溶液和不饱和溶液相互转化的方法：当温度不变时，可以改变溶质或溶剂的量；当溶质和溶剂的量不变时，可以改变温度。

物质的溶解度



思考与讨论

怎样定量比较不同物质溶解性的大小？举例说明。

化学上是用**溶解度**(solubility)来表示物质溶解性的大小。

溶解度是指在一定温度下，某物质在100g溶剂(通常为水)中达到饱和状态时所溶解的质量。符号为S，单位为g/100 g水。

例如，“20℃时，食盐的溶解度是36 g/100 g水”表示的含义是指在20℃时，食盐在100 g水中达到饱和时能溶解36 g。

表 3.2-1 部分物质在20℃时的溶解度

物质	AgCl	Ca(OH) ₂	KClO ₃	NaCl	NaNO ₃	AgNO ₃
溶解度 (g/100 g水)	0.000 15	0.165	7.4	36	83	222

通常把在室温(20℃)下，溶解度大于10 g/100 g水的物质称为**易溶物质**；溶解度在1 g/100 g水—10 g/100 g水的物质称为**可溶物质**；溶解度在0.01 g/100 g水—1 g/100 g水的物质称为**微溶物质**；溶解度小于0.01 g/100 g水的物质称为**难溶物质**。习惯上难溶物质又称为**不溶物质**。



拓展视野

溶解的相对性

其实不溶物质是没有的。例如，氯化银的溶解度很小，将它放入水中，很难观察到它是否溶解，但还是可以用实验验证，有极少量的氯化银能溶于水中，可见，溶解是绝对的，不溶解是相对的。

为了直观形象地表示物质的溶解度随温度变化的趋势，我们常用物质的溶解度曲线来表示。其作法是在直角坐标系中用线段把物质在不同温度时的溶解度的点连接起来得到的曲线。这种曲线称为**溶解度曲线**。

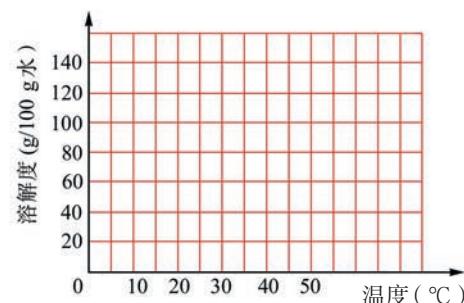


思考与练习

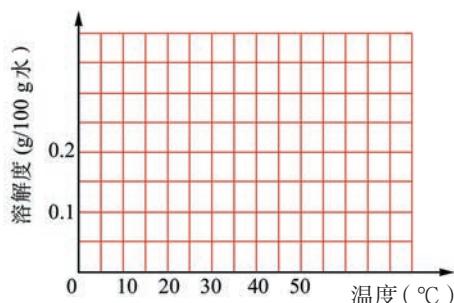
下表分别列出硝酸钾、氢氧化钙在不同温度时的溶解度。比较硝酸钾和氢氧化钙溶解度，并在下列直角坐标系中画出溶解度曲线。

表 3.2-2 不同温度下硝酸钾和氢氧化钙的溶解度(g/100 g 水)

温度(℃)	0	20	40	60	80	100
硝酸钾	13.3	31.6	63.9	110	169	246
氢氧化钙	0.180	0.160	0.140	0.120	0.095	0.076



(a) 硝酸钾的溶解度曲线



(b) 氢氧化钙的溶解度曲线

图 3.2-3 溶解度曲线

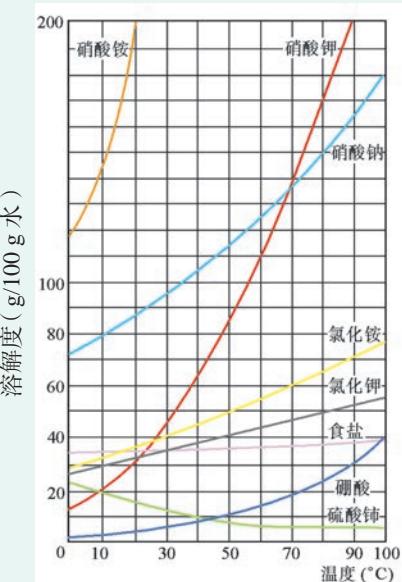
大多数固体物质在水中的溶解度随温度升高而增大，少数固体物质的溶解度随温度升高而减小。

气体在水中的溶解度随温度升高而减小。气体的溶解度，不但要标明一定温度，还要标明一定压强。例如，在20℃、101 kPa时，氧气在水中的溶解度为 4.34×10^{-3} g/100 g水。(气体的溶解度也可用1体积水中溶解气体体积的最大值来表示。)

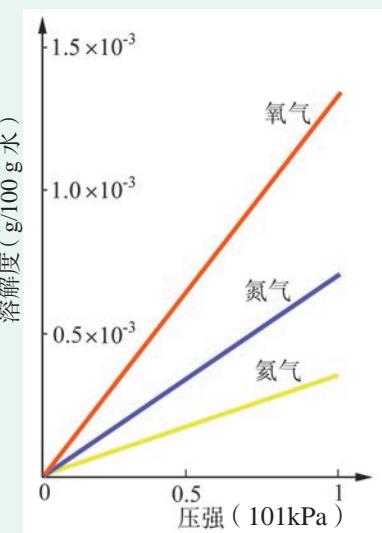


思考与讨论

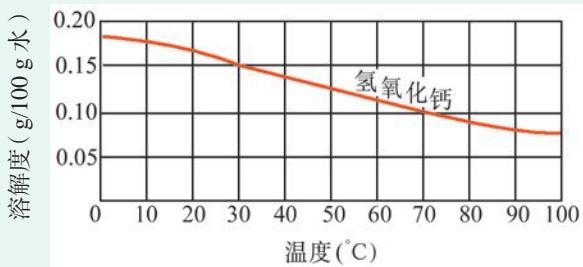
阅读下列溶解度曲线，并回答有关问题。



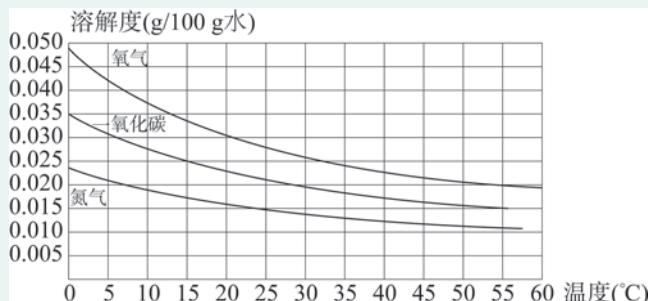
(a) 大部分固体的溶解度曲线



(b) 某温度下，气体的溶解度曲线



(c) 个别固体的溶解度曲线



(d) 某压强下，气体的溶解度曲线

图 3.2-4 溶解度曲线

根据上述溶解度曲线，按要求填空：

随温度升高而溶解度增大的固体有_____。

随温度升高而溶解度减小的固体有_____。

溶解度随温度变化不明显的固体有_____。

气体的溶解度变化规律是_____。

利用物质的溶解度还可以对溶液进行计算。

例题 40°C时，在120 g水中溶解多少克硝酸钠才能达到饱和？(40°C时硝酸钠的溶解度为105 g/100 g水。)

解：设在40°C时，在120 g水中最多溶解硝酸钠的质量为x。

$$105 : 100 = x : 120 \text{ g}$$

$$x = 105 \times 120 \text{ g} / 100 = 126 \text{ g}$$

答：在40°C时，120 g水中溶解126 g硝酸钠才能达到饱和。

物质从溶液中析出

在生产和生活中，有的物质使用时需要将它溶于水，有的物质需要将它从溶液中提取出来。

生活中用到的食盐就是从海水中提取出来的。通常把海水引入盐田，经风吹日晒，海水不断蒸发。当氯化钠达到饱和后，再蒸发水分，氯化钠晶体便从海水中结晶出来。



图 3.2-5 海水晒盐



学生实验

晶体和非晶体

1. 用放大镜观察食盐、白糖、硝酸钾、硫酸铜晶体。



食盐晶体



白糖晶体

图 3.2-6 晶体

2. 用显微镜观察面粉固体、硝酸钾晶体、硫酸铜晶体。
3. 把食盐配制成饱和溶液，将 2 滴食盐水滴在玻璃片上，放置在空气中，几分钟后，用放大镜进行观察。
4. 在一只小烧杯中加入 20 mL 的水，把它加热至沸腾，并不断加入白糖搅拌，直至不再溶解为止。将热的白糖饱和溶液倾倒在另一只烧杯中，然后把其浸在冷水中，几分钟后，观察溶液的变化。

由上述实验可知，取出从饱和溶液中析出的固体，可以看到它们都具有一定的几何形状。例如，食盐是立方体。这种具有规则几何形状的固体称为**晶体**，形成晶体的过程称为**结晶**。

溶解度受温度影响变化比较小的固态物质，一般用蒸发溶剂的方法来得到晶体。溶解度受温度影响变化比较大的固态物质，一般用冷却热的饱和溶液的方法来得到晶体。



思考与讨论

某物质的溶解度曲线如图 3.2-7 所示，根据图示回答图中①②③④各点的有关问题。

① 表示_____℃时的不饱和溶液，这个温度时的溶解度约为_____。

② 表示将上述溶液降温至约_____℃时，便达到饱和状态。

③ 继续将上述溶液降温至约 40℃，发现有_____析出。40℃时的溶解度约为_____。

④ 继续将上述溶液降温，发现_____。20℃时的溶解度约为_____。

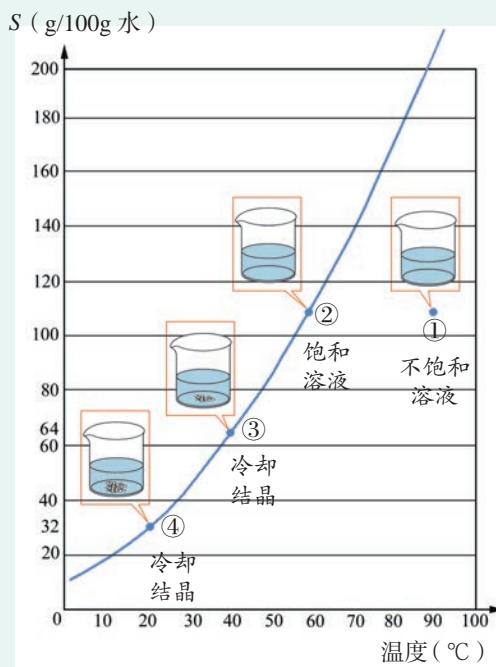


图 3.2-7 从溶液中析出晶体

并不是所有的固体都能形成晶体。

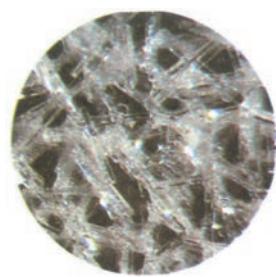
用显微镜观察面粉，可以看到面粉是不规则固体，属于非晶体。



方解石



硫黄晶体



面粉

图 3.2-8 非晶体



绿柱石



钻石

图 3.2-9 美丽的晶体

晶体有不同的种类。有些晶体中还含有结晶水，它们在溶液中析出并形成晶体时，会结合一定数目的水分子而形成结晶水合物。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。

溶液的组成和溶质的质量分数

溶液是由溶质和溶剂组成的，溶液的质量等于溶剂质量和溶质质量的总和。

$$\text{溶液质量} = \text{溶剂质量} + \text{溶质质量}$$



图 3.2-10 溶液的组成

在工业生产、科学实验、医疗中，常需要精确地了解一定量溶液中含有溶质的质量。根据需要，规定了许多表示溶液中溶质含量的方法。

溶液的浓度一般可以理解为溶质与溶液的比值，比值越大，浓度越大。

在日常生活中常用溶质的质量分数来表示。

$$\text{溶质的质量分数} = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{溶液的质量}}$$

溶质的质量分数越大，溶液中溶质的相对含量越大，溶液的浓度也越大。

下列是一张盐酸的标签，标签中表示了溶液中各种溶质的质量分数。

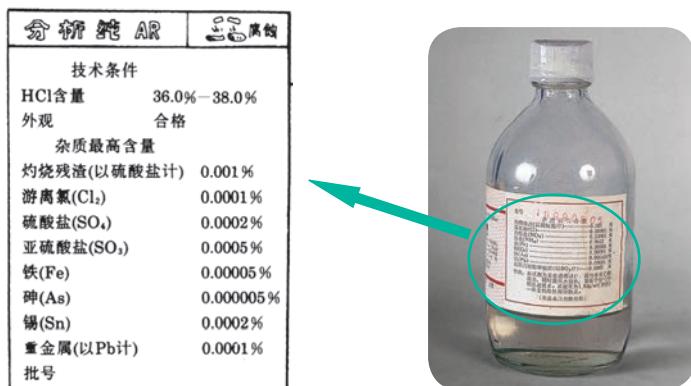


图 3.2-11 盐酸的标签

从标签上可以看出，这瓶盐酸 (hydrochloric acid) 中氯化氢 (HCl, hydrogen chloride) 含量为 36.0%—38.0%^①，其表示的含义是指在 100 g 溶液中含氯化氢 36.0—38.0 g，其他杂质的质量分数也都一一列出。

例题 配 20% 的盐酸 100 g，需要市售 37% 的浓盐酸多少克？体积为多少毫升？怎样配制？(浓盐酸的密度 $\rho = 1.19 \text{ g/mL}$ 。)

解：设稀释前所需 37% 的浓盐酸质量为 x 。

$$100 \text{ g} \times 20\% = x \cdot 37\% \quad x = \frac{100 \text{ g} \times 20\%}{37\%} = 54 \text{ g}$$

$$\text{加入水的质量} = 100 \text{ g} - 54 \text{ g} = 46 \text{ g}$$

$$\text{浓盐酸的密度} = 1.19 \text{ g/mL}$$

$$\text{浓盐酸体积} = \frac{\text{溶液质量}}{\text{溶液密度}} = \frac{54 \text{ g}}{1.19 \text{ g/mL}} = 45.4 \text{ mL}$$

答：需要 37% 的浓盐酸 45.4 mL (即 54 g)，再加入 46 mL (即 46 g) 水即可。

① 按质量分数的概念，应为 0.36—0.38，目前通用的是把质量分数 $\times 100\%$ ，即质量百分数。



思考与复习

1. 25℃时, 有硝酸钾饱和溶液 10 mL, 写出把它变成不饱和溶液的两种方法。

2. t_1 ℃时, 20 g 水最多能溶解 15 g X; t_2 ℃时, 50 g 水最多能溶解 37.5 g Y, 则在 t_1 ℃时, X、Y 两种物质的溶解度的关系是()。

- A. X > Y B. X = Y C. X < Y D. 无法确定

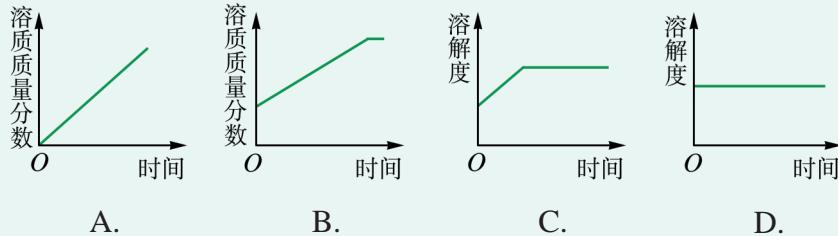
3. t_1 ℃时, 50 g 水溶解 15 g A 物质即饱和; 50 g 酒精最多能溶解 25 g B 物质, 则 t_1 ℃时, A 与 B 的溶解度的关系是()。

- A. A > B B. A = B C. A < B D. 无法比较

4. t_1 ℃时, 向盛有 80 g 水的烧杯中加入硝酸钾晶体 20 g, 充分溶解成硝酸钾溶液, 则 t_1 ℃时, 硝酸钾的溶解度是()。

- A. 25 g/100 g 水 B. 28 g/100 g 水
C. 32 g/100 g 水 D. 无法确定

5. 某温度时, 有 m g 硝酸钾不饱和溶液, 在温度和溶剂质量不变的条件下, 向其中逐渐加入硝酸钾固体至不再溶解, 有部分固体剩余。下列图像正确表示溶液中溶质的质量分数或溶解度与时间之间变化关系的是()。



(第 5 题图)

6. 发生结晶现象的溶液()。

- A. 一定是浓溶液
B. 可能饱和, 可能不饱和
C. 一定是稀溶液
D. 一定是饱和溶液

7. 在下列现象中, 不能说明气体的溶解度随温度升高而减小的是()。

- A. 烧开水时, 沸腾前有气泡逸出
B. 喝下汽水后感到有气体冲出
C. 打开啤酒瓶盖, 有大量泡沫逸出
D. 夏季黄昏时, 池塘里的鱼常浮在水面

8. 按照硝酸钾的溶解度曲线，填表：

温度(℃)	20	40	60	80	90
溶解度(g/100g水)					

现有 275 g 硝酸钾和 250 g 水，在什么温度下它们正好形成饱和溶液？

9. 硝酸钾在 60℃时的溶解度为 110 g/100 g 水，现将 36 g 硝酸钾溶于 204 g 水中，则：

(1) 试计算硝酸钾的质量分数。

(2) 将此溶液分成三等份，取一份溶液，为了使其浓度增大一倍，需要加入硝酸钾固体多少克？

(3) 取另一份溶液，为了使浓度减小为原来的一半，需加水多少克？

(4) 如果使剩下的一份溶液变成饱和溶液，需要加多少克硝酸钾？

3.3 溶液的酸碱性

ACIDITY AND BASICITY OF SOLUTIONS

溶液的酸碱性和 pH

溶液的酸碱性是溶液的一种特性。可分为酸性溶液、中性溶液和碱性溶液。其最简单的判断方法是用指示剂来检验。

检验溶液酸碱性的指示剂，称为**酸碱指示剂**。常用的酸碱指示剂有紫色石蕊试液和无色酚酞试液。

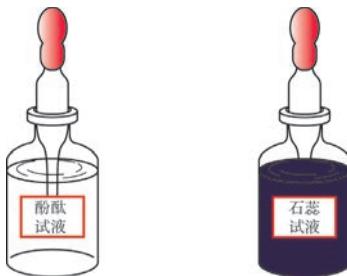


图 3.3-1 常见的酸碱指示剂



学生实验

用酸碱指示剂测定溶液的酸碱性

1. 观察石蕊试液在酸性溶液、碱性溶液中颜色的变化。

在 3 支试管中，各加入 3 mL 10% 的盐酸、澄清石灰水、蒸馏水，然后分别滴入几滴石蕊试液。

现象	试液	盐酸	澄清石灰水	蒸馏水
滴入石蕊试液后颜色				
溶液的酸碱性		酸性	碱性	中性

2. 用石蕊试液测定氯化铵、碳酸钠、氯化钠三种溶液的酸碱性。

现象	试液	氯化铵	碳酸钠	氯化钠
滴入石蕊试液后颜色				
溶液的酸碱性				

结论：_____。

3. 用酚酞试液测定溶液的酸碱性。

在5支试管中，分别加入下列五种试液，再滴加1—2滴酚酞试液。

现象	试液	盐酸	氯化铵	蒸馏水	氢氧化钠	碳酸钠
滴入酚酞试液后颜色						
溶液酸碱性						

结论：_____。

石蕊试液遇酸性溶液变红色，遇碱性溶液变蓝色。

碱性溶液使酚酞试液变红色。

资料库

酸碱指示剂的发现

英国科学家罗伯特·波义耳(Robert Boyle 1627—1691)，在一次实验中把盐酸溅到一束紫罗兰花瓣上面，为了洗掉紫罗兰花瓣上的酸，他把紫罗兰花瓣浸在水中，结果发现紫罗兰花瓣变成红色。他重复做实验，结果完全一样。波义耳想，把紫罗兰花瓣投入酸溶液中，就会变红色，这样就可以利用它来确定溶液是否呈酸性。经过反复实验，证实了他的猜想。我们现在使用的酸碱指示剂，就是受此启发而制成的。

盐酸、氯化铵溶液虽然都呈酸性，但酸性强弱不同；氢氧化钠溶液、碳酸钠溶液的碱性强弱也不同。要比较溶液酸碱性的强弱，可以用 pH 试纸来测试。

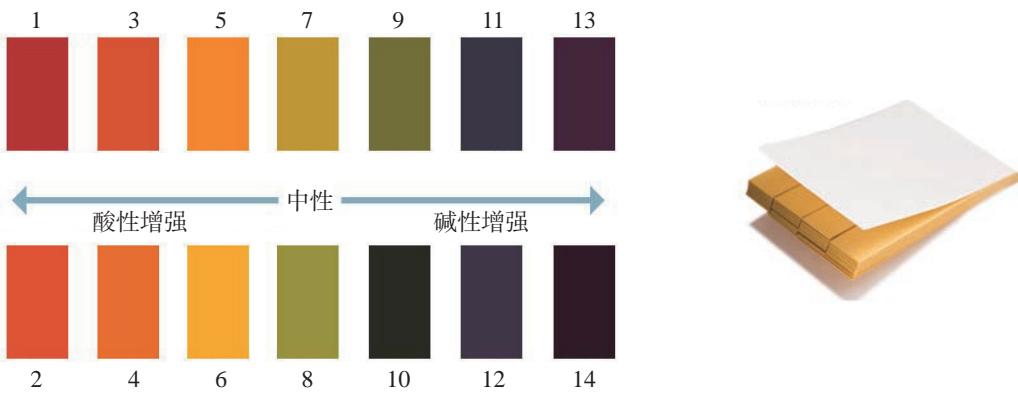


图 3.3-2 pH 试纸与标准比色卡

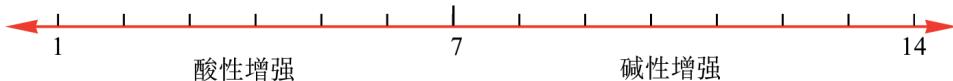


图 3.3-3 pH 与溶液酸碱性的关系

稀溶液的酸碱性强弱可以用 pH 来表示。

从标准比色卡示意图中，你可以发现在室温下：

pH=7 的溶液是中性溶液。

pH>7 的溶液是碱性溶液；pH 越大，碱性越强。

pH<7 的溶液是酸性溶液；pH 越小，酸性越强。



学生实验

用 pH 试纸测定溶液的酸碱性和 pH

1. 用 pH 试纸测试溶液酸碱性强弱时，可以用玻璃棒蘸取待测试液后沾到 pH 试纸上，再把 pH 试纸呈现的颜色与标准比色卡对比，确定待测试液的 pH，就可以确定其酸碱性强弱。

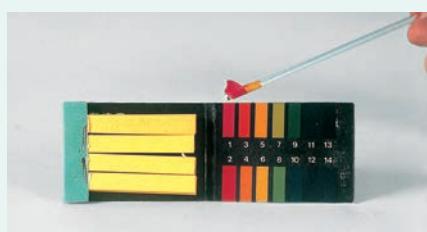


图 3.3-4 用 pH 试纸检测溶液的 pH

2. 在室温下,用 pH 试纸测定下列物质水溶液的 pH。

	盐酸	氯化铵	氯化钠	氢氧化钠	碳酸钠
pH					

3. 在室温下,上述相同浓度的各种溶液中,
 pH>7 的是碱性溶液,有_____;
 pH=7 的是中性溶液,有_____;
 pH<7 的是酸性溶液,有_____。
 其中酸性最强的溶液是_____, 碱性最强的溶液
 是_____。

溶液的酸碱性与生活的关系

人体不同部位体液的 pH 对人体的健康有重要的影响,因为人体中各种生物化学反应都必须在适宜和稳定的 pH 范围内进行。

表 3.3-1 室温下人体中一些体液的 pH

体液	血液	胃液	尿液	胆液	唾液
pH	7.35—7.45	0.80—1.50	5.00—7.00	6.80—7.40	6.50—7.50

人体不同部位体液的 pH 都处在一定的范围内,当 pH 偏离正常数值时,人体就会出现某些病理现象。



思考与练习

通过查资料或动手实验后填写相关的 pH:

草莓生长适宜的 pH 为_____。

家养金鱼最适宜的 pH 为_____。

正常雨水的 pH 为_____。

酸雨的 pH 为_____。

在实验室中常用的酸溶液有硝酸、盐酸、硫酸和醋酸。常用的碱溶液有石灰水、氢氧化钠溶液和氨水。



图 3.3-5 实验室中常用的酸溶液和碱溶液

酸溶液一定呈酸性，即一定是酸性溶液。碱溶液一定呈碱性，即一定是碱性溶液。但是，很多物质既不是酸也不是碱，但它们的溶液也具有一定的酸碱性。例如，氯化铁和氯化铵都不是酸，但它们的水溶液呈酸性；碳酸钠不是碱，但其水溶液呈碱性。

表 3.3-2 常见水溶液的酸碱性

水溶液呈酸性的物质	水溶液呈碱性的物质
氯化铵 NH_4Cl	碳酸钠 Na_2CO_3
硫酸铜 CuSO_4	碳酸钾 K_2CO_3
氯化铁 FeCl_3	碳酸氢钠 NaHCO_3
硝酸 HNO_3	氢氧化钠 NaOH
硫酸 H_2SO_4	氢氧化钙 $\text{Ca}(\text{OH})_2$
盐酸 HCl	一水合氨 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
醋酸 CH_3COOH	



思考与复习

- 下列溶液呈酸性的是_____，呈碱性的是_____。
① 氨水 ② 唾液 ③ 盐酸 ④ 食盐水
- 室温下，人体血液的正常 pH 为 7.35—7.45。下列是一些食物的近似 pH。

食物	苹果	草莓	香蕉	西红柿	菠菜	玉米粥	鸡蛋清	牛奶
pH	2.9—3.3	3.0—3.5	4.5—4.7	4.0—4.4	5.1—5.7	6.8—8.0	7.6—8.0	6.3—6.6

根据上表数据判断，胃酸较多的人应多食用什么食物？你认为饮食应注意什么问题？

- 室温下，pH=4 的溶液一定是酸溶液吗？简述理由。
- 用 pH 试纸测定淘米水的 pH，并查找有关资料，判断可用于浇灌哪些花草植物。
- 用石蕊试纸和 pH 试纸测定生活中常见液体的酸碱性，如雨水、花瓣汁、汗水、矿泉水等，并做好实验记录。

	pH 试纸	石蕊试纸
自来水		
牛奶		
汽水		
葡萄酒		
汗水		

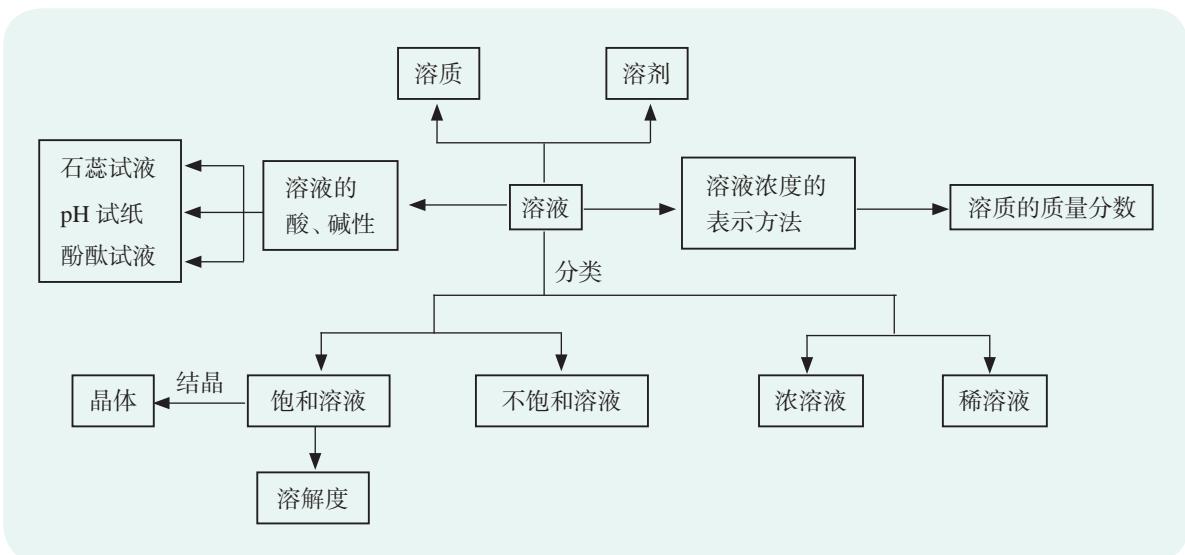
- 自制酸碱指示剂。

在家里可以利用胡萝卜、紫萝卜、各种有色花瓣制作酸碱指示剂。先查阅有关资料，设计实验方案，再动手制作。

小结与思考

小结

- 自然界中的天然水通过蒸发、沉降、过滤、吸附等过程可以变得洁净，这种现象称为水的自净能力。由于人类活动破坏了水的自净能力，使水不能自然净化。
- 水由氢、氧两种元素组成，水具有良好的溶解性和分散性，水可以跟很多物质发生反应。

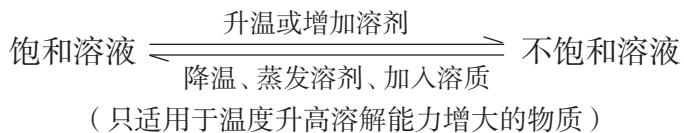


- 溶液的组成。溶液是由溶质和溶剂组成的。最常见的溶剂是水，酒精、汽油也是常见的溶剂。

在确定溶液组成时要注意：只有被溶解的部分才是溶质；如果加入的物质能与溶剂发生化学反应，那么能溶于水的生成物才是溶质。

- 溶液的特征。溶液是均一、稳定、透明的混合物。均一是指各单位体积中的浓度都相等，稳定是指在外界条件不变时，溶质和溶剂不会分离。

- 溶液的分类。溶液可以分为在一定温度下的饱和溶液和不饱和溶液；溶液也可分为浓溶液和稀溶液。



- 溶液的酸碱性。溶液分成酸性溶液、碱性溶液和中性溶液，可用pH表示。室温下， $\text{pH} < 7$ 为酸性溶液， $\text{pH} = 7$ 为中性溶液， $\text{pH} > 7$ 为碱性溶液。

溶液的酸碱性可用酸碱指示剂（石蕊试液、酚酞试液）或pH试纸来测试。

7. 固体溶解度。溶解度是对物质溶解性的定量描述。溶解度蕴含三个要点：①在一定温度下；②100 g溶剂中；③溶液达到饱和状态时所溶解的质量。

$$S = \frac{\text{饱和溶液中溶质的质量}}{\text{饱和溶液中溶剂的质量}} \times 100 (\text{g}/100 \text{g 水})$$

当溶质和溶剂确定后，影响固体溶解度的主要因素是温度，大多数固体的溶解度随温度升高而变大。

$$8. \text{溶液中溶质的质量分数} = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{溶液的质量}}$$

9. 在实验室中常用的酸溶液有硝酸、盐酸、硫酸和醋酸等，常用的碱溶液有石灰水、氢氧化钠、氨水等。

常见的酸：硝酸 HNO₃、硫酸 H₂SO₄、盐酸 HCl、醋酸 CH₃COOH

常见的碱：氢氧化钠 NaOH、氢氧化钙 Ca(OH)₂、一水合氨 NH₃·H₂O

实验室中常用的酸溶液和碱溶液都是无色透明的溶液，可以通过酸碱指示剂来区分溶液的酸碱性。

思 考

1. 下列变化中，属于化学变化的是（ ）。
 - A. 铜生成铜绿
 - B. 稀释浓盐酸
 - C. 蒸发结晶
 - D. 食盐溶解

2. 下列各组物质均为纯净物的是（ ）。
 - A. 自来水、纯水
 - B. 河水、海水
 - C. 冰水共存物、铁水
 - D. 井水、泉水

3. 下列与物质溶解性无关的是（ ）。
 - A. 温度
 - B. 溶质的性质
 - C. 溶剂的种类
 - D. 溶剂的量

4. 在一定温度下，某物质的饱和溶液一定是（ ）。
 - A. 浓溶液
 - B. 不能再溶解任何物质的溶液
 - C. 稀溶液
 - D. 不能再溶解该物质的溶液

5. 把接近饱和的溶液转变成饱和溶液，最可靠的方法是（ ）。
 - A. 倒出一些溶液
 - B. 增加溶质
 - C. 升高温度
 - D. 降低温度

6. 将 50 °C 时的硝酸钾饱和溶液，降温至 0°C 后再升温至 20°C。在整个过程中，始终保持不变的是（ ）。
 - A. 硝酸钾的溶解度
 - B. 溶质的质量
 - C. 溶液的质量
 - D. 溶剂的质量

7. 下列与气体溶解度有关的是（ ）。
 - ①温度
 - ②压强
 - ③溶剂的质量
 - ④溶质的质量

A. ①②

B. ②

C. ②③

D. ①④

8. 打开汽水瓶盖, 有大量泡沫逸出, 下列说法错误的是()。

A. 溶质减少

B. 溶解度减小

C. 溶质的质量分数减小

D. 饱和溶液变成不饱和溶液

9. 20℃时, 将 50 g 硝酸钾饱和溶液与 250 g 硝酸钾饱和溶液分别蒸发掉 10 g 水, 再冷却至 20℃。两者析出晶体的质量关系是()。

A. 一样多

B. 前者多

C. 后者多

D. 无法比较

10. 配制 250 g 15% 的葡萄糖溶液, 需要 25% 葡萄糖溶液_____g, 加水_____mL。

再加入 50 mL 水, 所得溶液的质量分数为_____。

11. 有一瓶 20% 的某溶液, 倒出其四分之三体积, 再加水至原来的质量, 则所得溶液的质量分数是_____。

12. 右图是 A、B、C 三种物质的溶解度曲线。

(1) 曲线上 Q 点表示的含义是_____。

(2) 30℃时, A、B、C 三种物质的溶解度由大到小的顺序是_____。

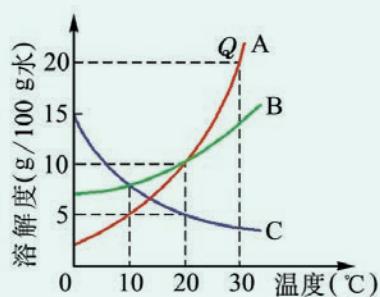
(3) 20℃时, 在 100 g A 物质的饱和溶液中, 溶解了 A 物质_____g; 100 g B 物质的饱和溶液的质量分数是_____; 完全溶解 0.5 g C 物质至少需要水_____g。

(4) 20℃时, 将第(3)小题中 A、B、C 的饱和溶液升温至 30℃, 三者质量分数大小关系是_____; 如降温至 10℃, 析出晶体最多的是_____, 没有晶体析出的是_____。

13. 配制 50 g 5% 的氯化钠溶液, 需要氯化钠_____g, 水_____mL。

14. 判断下列溶液的酸碱性, 并简述判断的依据。

(1) 稀盐酸 (2) 氯化钠溶液 (3) 澄清石灰水



(第 12 题图)

4

燃料及其燃烧

FUEL AND COMBUSTION

4.1 燃烧与灭火

4.2 碳

4.3 二氧化碳的实验室制法

4.4 化学燃料

- 化石燃料的燃烧
- 碳和碳的化合物
- 开发新能源



火给人类带来了文明，但使用不当又会给人类造成灾难。我们的祖先无法理解燃烧现象，把火奉为“神灵”。那么，燃烧究竟是怎样的化学变化呢？

燃料与我们的生活息息相关。煤、石油、天然气、汽油等是常见的燃料，你们一定很想知道它们的来源、成分、性质，以及怎样合理地使用这些燃料。

现代社会中，煤、石油等是工业发展的动力，但是它们是不可再生的资源，终将会枯竭，科学家正在思考用哪些办法来解决人类面临的困境，以及怎样开发新能源。

本章中我们将通过对碳及其化合物知识的学习来探究这些问题。



4.1 燃烧与灭火

COMBUSTION AND FIRE-EXTINGUISHING

燃烧的条件



思考与讨论

物质为什么会燃烧

在日常生活中，人们积累了有关火的丰富知识和使用火的经验，根据学过的知识讨论，可燃物燃烧需要满足哪些条件？

在一定条件下，可以发生燃烧的物质称为可燃物。可燃物具有可燃性，可燃性通常是指可燃物能在空气或氧气中发生燃烧的性质。



课堂实验

可燃物燃烧的条件

在 500 mL 的烧杯中注入约 400 mL 98℃的热水，投入一小块白磷（white phosphorus）。在烧杯口上盖一张薄铜片，在铜片上放一小块用滤纸吸去表面水分的白磷和适量的红磷。

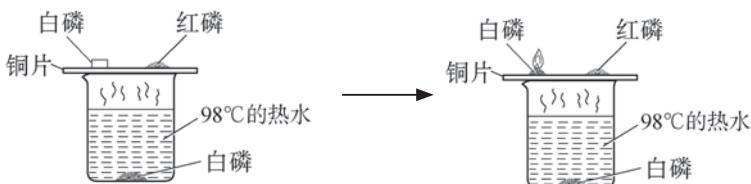


图 4.1-1 白磷的燃烧

现象：





思考与讨论

98℃的热水中的白磷有没有燃烧？为什么？

用什么方法能使98℃的热水中的白磷燃烧起来？能否用实验来证明？

可燃物的燃烧是有条件的。一般情况下，可燃物没有与空气充分接触，即使环境温度高于可燃物的着火点也不会燃烧。可燃物与空气充分接触，且环境温度达到可燃物的着火点时才能燃烧。不同的可燃物其着火点是不同的。

资料库

表4.1-1 几种常见物质的着火点

物质	白磷	木材	红磷	硫	镁	无烟煤
着火点(℃)	40	250—330	240	260	400	700—750

通常所说的**燃烧**是指可燃物跟空气中的氧气发生的发光发热的剧烈的氧化反应。



课堂实验

可燃物的燃烧

实验一 取一小段用砂纸擦亮的镁带，用坩埚钳夹住，放在酒精灯火焰上点燃后，立即伸入盛有二氧化碳的集气瓶中。

现象：_____。

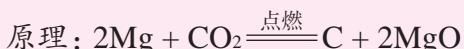
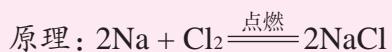


图4.1-2 镁在二氧化碳中燃烧

实验二 用镊子从煤油中夹取一小块金属钠，钠块表面的煤油用滤纸小心吸干后放入燃烧匙中，用酒精灯点燃后伸入盛有氯气的集气瓶中。

现象：_____。



镁带能够在二氧化碳气体中燃烧，钠能够在氯气中燃烧。

可见，可燃物在特殊情况下，即使没有氧气参与，也可以发生燃烧。所以，只要是具有剧烈的发光发热现象的化学反应，都可以称为**可燃物的燃烧**。

你对可燃物的燃烧有了哪些新的认识？

在有限的空间里，当可燃性气体、可燃性液体的蒸气或可燃性粉尘在空气中的浓度到达一定的范围（爆炸极限）时，点火或遇到火星都有可能发生爆炸。

资料库

表 4.4-2 几种可燃性气体、可燃性液体的蒸气的爆炸极限

物质名称	爆炸极限(空气中的体积分数)
汽油	1.3%—6.0%
乙醚	1.85%—36.5%
酒精	3.3%—19.0%
氢气	4.1%—74.2%
天然气	5.0%—16.0%

天火与防火

火为人类提供了能量，火推进了人类的文明进程。但是，当人类一旦失去对火的控制，就会形成火灾。



森林火灾



火山喷发



飞艇着火

图 4.1-3 火灾

据统计，每年全世界发生数百万起火灾，造成数百亿美元的经济损失。



课堂实验

自燃现象

把少量白磷溶解在二硫化碳 (CS₂, carbon disulfide) 中，然后将所得的溶液滴在一张滤纸上，用镊子夹住滤纸并置于空气中。

现象：



图 4.1-4 白磷的自燃

白磷在没有点燃的条件下，可与空气中的氧气发生氧化反应，但反应进行得较缓慢，一般没有明显的现象产生，这种氧化反应称为**缓慢氧化**。

二硫化碳是一种具有挥发性的有机溶剂。当二硫化碳挥发后，溶解在其中的白磷变为细小的颗粒留在滤纸上。白磷跟空气中的氧气接触，发生缓慢氧化，随着热量的积聚，当温度达到白磷的着火点时，白磷就会发生自燃，并引燃滤纸。

自然界中发生的火灾，很多是由可燃物的自燃引起的。例如，稻草、秸秆、煤炭，如果堆放不当，空气不流通，缓慢氧化

产生的热量不能及时散发，使周围环境的温度升高。当温度达到或超过可燃物的着火点时，就会引起火灾。



思考与讨论

当遇到火险时，你会怎么处理？



课堂实验

自制灭火器

取一只广口瓶，加入饱和碳酸氢钠（sodium bicarbonate）溶液。再取一支小试管，加入稀硫酸，把它放入广口瓶中，不让两种溶液接触。在广口瓶口塞上带有尖嘴弯管的橡皮塞，即成为一个简易灭火器。使用时倒转广口瓶，按住橡皮塞摇动即可。

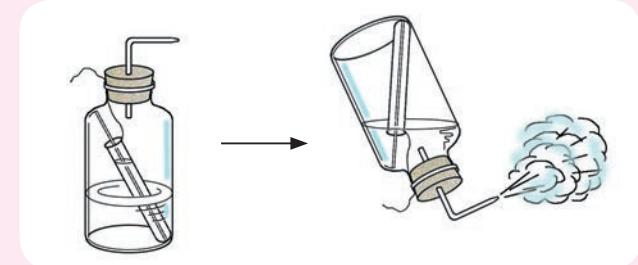


图 4.1-5 简易灭火器

现象：_____。



拓展视野

干粉灭火器

干粉的主要成分是碳酸氢钠，碳酸氢钠受热分解放出二氧化碳：



干粉灭火器具有灭火效率高、应用范围广、操作简便、无毒、无腐蚀性等特点，是目前广泛应用的灭火器之一。

STOP30 喷雾型灭火器

STOP30 喷雾型灭火器小巧轻便，质量只有 725 g，可持续喷雾 45 s。喷出后快速形成覆盖在可燃物表面的泡沫，泡沫的薄膜会阻隔氧气，使火焰在几秒内熄灭，并可防止死灰复燃。纸、油、溶剂和燃料引起的火灾，以及在 380 V 电压下使用的电器着火时都能使用这种灭火器。

安全使用燃气。燃气管道不得私自拆装。如发生漏气等事故，应及时向燃气公司报修。安全使用燃具，经常检查橡皮管及液化石油气钢瓶调压器的密封橡皮圈，发现橡皮老化应及时更换。使用燃气，应有人照看并保持室内空气流通。停用后，应关闭所有开关。

资料库

火灾的分类

根据国家标准，我国将火灾按可燃物种类分为 A、B、C、D 四类。

- A 类：木材、棉、麻、纸张等固体引发的火灾。
- B 类：汽油、原油、乙醇等液体和可熔化的固体引发的火灾。
- C 类：煤气、天然气等气体引发的火灾。
- D 类：钾、钠等活泼金属引发的火灾。

灭火器材的选择

- A 类火灾：水，泡沫灭火器，家用灭火器。
- B 类火灾：干粉、泡沫或卤代烷灭火器。
- C 类火灾：干粉或卤代烷灭火器。
- D 类火灾：专用 7150 灭火器。
- 带电设备火灾：1211、干粉或二氧化碳灭火器。

7150 灭火器采用新型灭火剂，将其喷射在可燃物表面时，会迅速反应并耗尽可燃物周围的空气。同时，灭火剂的燃烧产物在高温下熔化为玻璃状液体膜，覆盖在可燃物表面，使火焰熄灭。

1211 灭火器采用的灭火剂具有较好的热稳定性，腐蚀性较小，但对大气层中的臭氧层有破坏作用，近年来已控制其使用量。



(a) 消防车



(b) 人工智能与灭火

图 4.1-6 灭火

燃料的充分燃烧

在生产和实际生活中，往往需要知道一定量的燃料充分燃烧能释放出多少能量。燃料燃烧时释放出能量的多少可以通过实验的方法来测定。

表 4.1-3 1 mol 燃料完全燃烧放出的热量

物质	热量(kJ)
碳 C (s)	393.5
一氧化碳 CO (g)	282.6
氢气 H ₂ (g)	285.8
甲烷 CH ₄ (g)	890.3
酒精 C ₂ H ₆ O (l)	1 366.8

一定量的燃料燃烧时需要一定量的氧气。当燃料与氧气接触不充分或氧气不充足时，燃料就不能完全燃烧。

怎样才能使燃料充分燃烧，提高燃料的利用率？

除了从外部不间断地供应足量的氧气以促进燃烧外，工业上常把固体燃料粉碎，把液体燃料喷成雾状。目的是增大燃料跟空气的接触面积，使燃料充分燃烧。

燃料燃烧时，被人们利用的热量远远低于该燃料完全燃烧时所释放出的热量，造成燃料的浪费。

为了充分利用燃料燃烧释放的能量，还要提高热能的利用率，主要通过有效的设备改进和利用反应的余热。



思考与复习

1. 为什么使用打火机及其他气体燃烧器时，一定是“先点火，后放气”？
2. 有媒体报道，某城市近郊的垃圾堆机场发生爆炸。用所学的化学知识分析，为什么垃圾场会发生爆炸？城市垃圾靠掩埋、堆放都不是好的解决办法。寻找新的处理垃圾办法，已成为城市建设的一项重要研究课题，你有哪些好的建议？
3. 检查你家和学校的防火安全情况，找出不安全因素并提出解决措施。

防火安全检查内容：

存在的问题和解决措施：

4. 如果你家里灶具使用的是液化气或管道天然气燃料，请观察灶具的风门开关，并进行调节。观察记录气体燃料燃烧的变化过程。

4.2 碳

CARBON

碳 同素异形体

随着火的发现和利用，人类发现了木炭和骨炭，这是人类最早接触和利用的碳。

自然界中含有碳元素的单质和化合物占物质总数的90%以上。碳是组成物质的重要元素。自然界中的金刚石(diamond)、石墨(graphite)都是由碳元素组成的单质。那么，它们的性质相同吗？各有什么用途？

纯净的金刚石是一种天然形成的碳的晶体，无色、透明、正八面体，是天然物质中最硬的物质，不导电，不仅用于切割玻璃，还用于钻探矿石、割穿石层、切削金属等。金刚石粉用于研磨石英或金属制品。



图 4.2-1 切割玻璃

资料库

金刚石

我国晋代炼丹术士葛洪在他所著的《抱朴子内篇》中对金刚石有这样的描述：“扶南出金刚，生水底石上，如钟乳状，体似紫石英，可以刻玉，人没水取之，虽铁锤击之亦不能伤。”

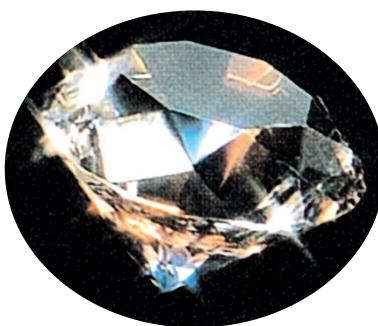


图 4.2-2 钻石

天然采集到的能制成钻石的金刚石很少，大多数含有杂质。

自然界中金刚石蕴藏量较少，经过琢磨的金刚石称为钻石，它的价值在所有宝石中占第一位。印度、南非、巴西、澳大利亚等是金刚石的产地。金刚石用克拉(ct)作为单位($1\text{ ct}=0.2\text{ g}$)，世界上开采得到的最大金刚石的质量为605 g，即3 025 ct。通常，质量超过10 ct的金刚石就很珍贵。

石墨耐高温，有导电性、导热性、润滑性，常温下化学性质稳定。

表 4.2-1 石墨的主要性质

化学成分	密度 (g/cm ³)	莫氏硬度	形状	颜色	光泽	导电性	导热性
C	2.1—2.3	1—2	鳞片状	铁黑 钢灰	金属 光泽	良好	良好



课堂实验

石墨的性质

把铅笔芯放在酒精灯火焰上加热。

用小刀削一些铅笔芯，并用手触摸铅笔芯粉末。

用铅笔芯串联成一个闭合电路，观察灯泡是否发亮。

记录与分析：



拓展视野

你知道铅笔的由来吗

石墨在中国古代文献中是煤的别名。欧洲人在 16 世纪就发现了，长期被误认为是含铅的物质，所以称为“绘画铅”，用于制造“铅笔芯”。

18 世纪中叶，一名德国制笔商将石墨和硫黄混合加热，冷却凝固后制成笔芯，然后放在刻有条槽的木棍中制成铅笔。1789 年法国一位画家用黏土代替硫黄，并调整黏土比例，制成不同硬度的铅笔，一直沿用至今。“B”是英文单词“Black”的首字母，表示黑；“H”是英文单词“Hard”的首字母，表示硬；前面的阿拉伯数字表示铅笔芯软硬的程度。

莫氏硬度

1824 年，德国矿物学家莫斯 (Frederich Mohs) 提出用棱锥形金刚石钻针刻划所测试矿物的表面，并用产生划痕的深度来表示其相对硬度，并把硬度大小分为十级。这种表示矿物硬度的标准称为莫氏硬度。

表 4.2-2 常见物质的莫氏硬度

矿物名称	滑石	石膏	方解石	萤石	磷灰石	正长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石
硬度等级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

碳元素还有其他单质吗？

碳 -60 (C₆₀) 是科学家发现的游离态碳的第三种结构形式，又称为富勒烯。每个分子

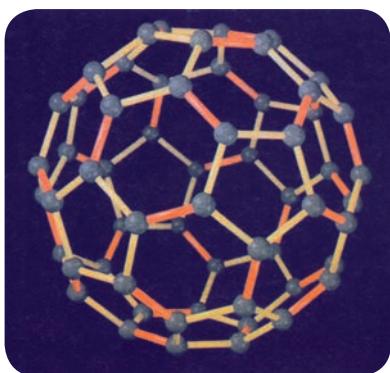
图 4.2-3 C₆₀ 球棍模型

图 4.2-4 无定形碳

由 60 个碳原子构成, 形成三维空心球状结构。

C₆₀ 晶体具有金属光泽, 有许多优异的性能, 如超导、强磁性、能抗辐射、耐高压、抗化学腐蚀等, 在光、电、磁等领域中有很大的应用前景。

碳纳米管是典型的富勒烯, 又称巴基管, 是一种管状结构的碳原子簇, 直径约几纳米, 长约几微米。据理论计算, 碳纳米管的强度是钢的 100 倍, 而质量仅为相同体积钢的七分之一, 如果制成碳纤维, 将是理想的轻质高强度材料。碳纳米管还具有极强的储气能力, 可用在燃料电池的储氢装置上。

像金刚石、石墨和碳 -60 等都是由碳元素形成的不同的单质, 由同一种元素组成的结构不同的单质的现象称为**同素异形现象** (allotropism)。金刚石、石墨和碳 -60 互称为**同素异形体** (allotrope)。氧气和臭氧也互称为同素异形体。

木炭是由木材在隔绝空气的条件下加强热制得的。烟煤隔绝空气加强热可以制得焦炭。炭黑是非常细的黑色粉末。木炭、焦炭、炭黑都是由微小的石墨晶体和少量杂质组成的, 统称为**无定形碳**。因此, 严格地说, 无定形碳不属于碳的同素异形体。

活性炭是经过活化处理的无定形碳, 木炭、焦炭等无定形碳都可以转化为活性炭。例如, 将木炭放入水蒸气中加强热可以制得活性炭。活化处理就是除去无定形碳表面的各种油污和杂质, 使其表面积增大, 表面活性增强, 能够对许多气体、液体或溶液中某些溶质具有吸附作用。



活性炭的吸附作用

在 500 mL 烧杯中注入约 400 mL 水, 滴入 2—3 滴红墨水, 再加入约 10 g 活性炭。

现象: _____。

原理: _____。

应用: _____。



课堂实验

木炭还原氧化铜

如图 4.2-5 所示, 将木炭粉和黑色的氧化铜粉末混合均匀, 放入试管底部。将导管通入澄清的石灰水中。用酒精喷灯加热, 观察现象。冷却后把试管中的固体物质倒在滤纸上。观察颜色、光泽的变化。

现象与分析:

_____。

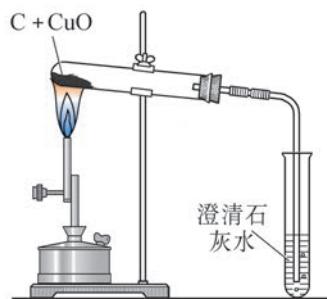
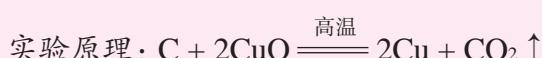
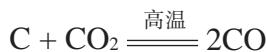


图 4.2-5 木炭还原氧化铜

高温下, 木炭夺取氧化铜中的氧元素, 生成二氧化碳, 氧化铜失去氧元素后, 转化为红色的金属铜。

这种含氧化合物中的氧元素被夺去的反应, 称为**还原反应**。其中, 夺取氧元素的木炭, 称为**还原剂**, 还原剂具有还原性; 氧化铜提供氧元素, 称为**氧化剂**, 氧化剂具有氧化性。

在高温下, 灼热的碳能把二氧化碳转化为一氧化碳。其反应的化学方程式为



二氧化碳 一氧化碳

随着全球工业化的发展, 人类能源的需求量越来越大。大气中含碳燃料燃烧产生的二氧化碳逐年增加。

大气中的二氧化碳能阻止地球向外层空间排放热量, 其含量的不断增加会使全球的平均气温不断升高。这种现象称为**温室效应**。

表 4.2-3 空气中二氧化碳浓度对人体的影响

空气中二氧化碳体积分数(%)	对人体的影响
1	使人感到气闷、头昏、心悸
4—5	使人感到气喘、头痛、眩晕
10	使人神志不清、呼吸停止, 甚至死亡

我们知道，二氧化碳和一氧化碳都是碳元素的氧化物。分析两种物质的组成，它们的区别仅在于每个分子中所含氧原子个数的不同。那么，它们的性质是相似还是有很大区别？



思考与讨论

根据学过的知识，把表 4.2-4 填完整。

表 4.2-4 二氧化碳和一氧化碳的物理性质

	二氧化碳 (CO ₂)	一氧化碳 (CO)
颜色		
气味		
状态		
密度		
溶解性		

一氧化碳和二氧化碳都是没有颜色、没有气味的气体。一氧化碳的密度比空气的密度略小，在标准状况^①下，它的密度是 1.25 g/L。一氧化碳难溶于水，在通常状况下，1 体积水仅能溶解 0.02 体积的一氧化碳。

在增大压强和降低温度的条件下，二氧化碳会转化为无色的液体，继续降低温度，还能进一步转化为雪花状固体。通常把固态二氧化碳称为干冰。干冰能直接转化为二氧化碳气体，干冰在汽化过程中会吸收大量的热，使周围空气的温度降低。干冰的这种性质可用于保存食品或进行人工降雨。



思考与讨论

如何用实验的方法证明二氧化碳的密度比空气密度大？

① 标准状况是指 0 ℃ 和 101 kPa 时的状态。



学生实验

二氧化碳的化学性质

实验一 二氧化碳与水反应

向盛有紫色石蕊试液的试管中通入二氧化碳，观察石蕊试液的颜色变化。然后将试管放在酒精灯火焰上微热，观察石蕊试液的颜色变化。

现象：

_____。

原理：

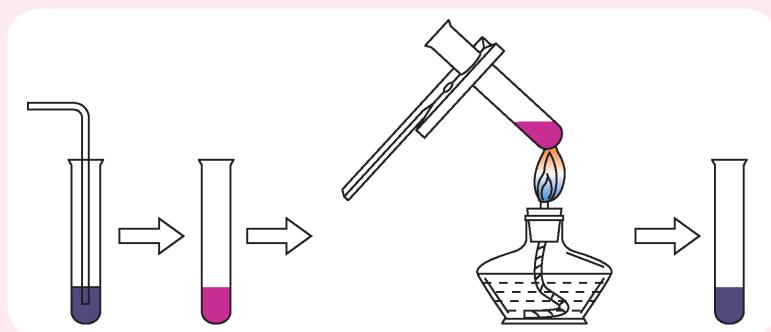
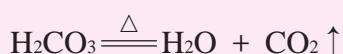
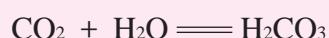


图 4.2-6 二氧化碳与水反应

实验二 二氧化碳与澄清石灰水反应

向盛有澄清石灰水的试管中，通入二氧化碳，观察溶液的变化。待澄清石灰水发生变化后，继续通入二氧化碳气体。

现象：

_____。

原理：

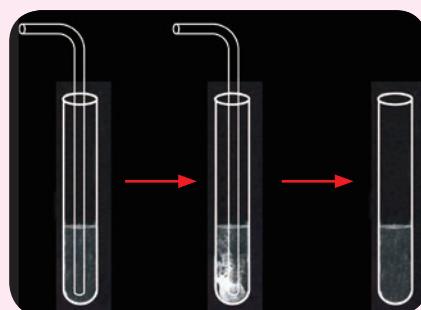


图 4.2-7 二氧化碳与澄清石灰水反应



课堂实验

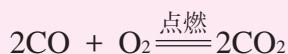
一氧化碳的化学性质

实验一 一氧化碳的可燃性

用导管将储气瓶中的一氧化碳气体导出，用小试管检验它的纯度。然后在导管口点燃，观察一氧化碳的颜色和火焰的颜色。再把一只内壁涂有澄清石灰水的烧杯罩在火焰上方，观察烧杯内壁上发生的变化。

现象：_____。

原理：



实验二 一氧化碳还原氧化铜

如图 4.2-9 所示，将氧化铜粉末放入硬质玻璃管中，在锥形瓶中放入少量澄清石灰水。先向硬质玻璃管中通一会儿一氧化碳，然后再加热硬质玻璃管。观察硬质玻璃管和锥形瓶中发生的变化。

现象：_____。

实验原理：

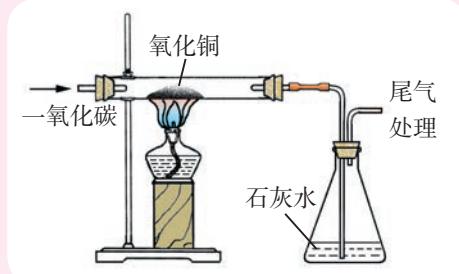


图 4.2-9 一氧化碳还原氧化铜

二氧化碳和一氧化碳化学性质的比较，把表 4.2-5 填写完整。

表 4.2-5 二氧化碳和一氧化碳的化学性质

	二氧化碳	一氧化碳
跟水反应		
跟碱溶液反应		
可燃性		
还原性		
毒性		

二氧化碳没有毒性，一氧化碳是一种剧毒气体。如果不小心吸入少量一氧化碳，它会跟人体血液中的血红蛋白迅速结合，结合一氧化碳后的血红蛋白就难以跟氧气结合，使血液输送氧气的量减少，人体就会感到头痛恶心、记忆力减退等。吸入多量的一氧化碳，会使人窒息死亡。

当空气中二氧化碳体积分数达到 10% 时，吸入后就会引起人体机能的严重紊乱，使人体丧失知觉，因呼吸停止而死亡。

人们在毒气和烟雾弥漫的环境中，需要戴上防毒面具。



拓展视野

巧用 CO₂ 制 O₂

在水下的潜水艇中，需要供给氧气，以维持人们的生存。携带氧气瓶是非常困难的，人们可以利用二氧化碳来获取氧气以提供呼吸。

过氧化钠 (Na₂O₂) 是一种淡黄色粉末，利用它跟二氧化碳反应，放出氧气的性质：2Na₂O₂+2CO₂=2Na₂CO₃+O₂。只要戴上装有过氧化钠的口罩就能使人体呼出的二氧化碳跟它发生反应，生成氧气而供呼吸。

石灰石 钟乳石

我国幅员辽阔，资源丰富，有着种类繁多的矿物资源。其中石灰石是制取建筑材料石灰的原料。

碳酸钙 (CaCO₃) 是不溶于水的白色固体，在自然界中分布很广，大理石、石灰石、白垩等的主要成分都是碳酸钙。冰洲石是自然界中最纯净的碳酸钙晶体。



图 4.2-10 石灰石



课堂实验

碳酸钙的分解

实验一 用坩埚钳夹住一小块大理石或石灰石，放在酒精喷灯或燃气灯火焰上灼烧 5 min。

现象：



工业上用石灰窑高温煅烧石灰石来制取生石灰（主要成分是氧化钙），同时得到副产品二氧化碳，生石灰是重要的建筑材料。

实验二 在一支试管中加入适量生石灰，加入 5—10 mL 蒸馏水，然后滴入 1 滴酚酞试液，观察现象。

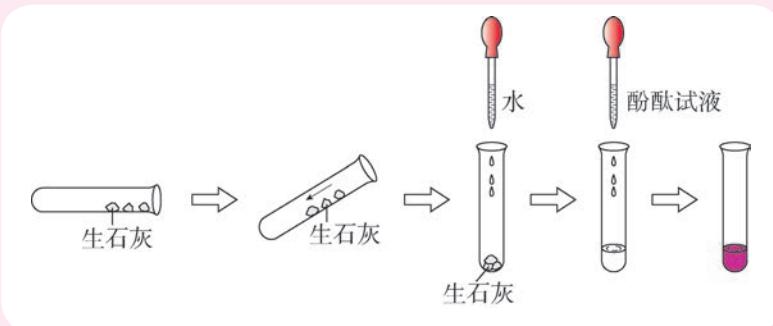


图 4.2-12 生石灰跟水反应

现象：



生石灰跟水反应生成熟石灰。工业上用此反应制造建筑材料熟石灰。



图 4.2-13
生石灰加水变成熟石灰



思考与讨论

自然界中的溶洞是怎样形成的?

难溶性碳酸钙在二氧化碳和水的作用下,会慢慢变成可溶性碳酸氢钙 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$,如图4.2-14(B)所示。

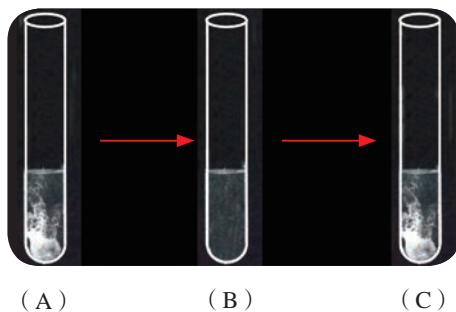


图4.2-14

反应的化学方程式为:



碳酸氢钙溶液受热分解,重新生成难溶性碳酸钙沉淀,如图4.2-14(C)所示。

反应的化学方程式为:



在自然界中不断发生上述变化,含有碳酸钙的石灰岩逐渐变成碳酸氢钙而溶解,形成溶洞。在溶洞中,碳酸氢钙不断分解,生成的碳酸钙逐渐沉积而形成千姿百态的钟乳石、石笋、石柱和地下河。



思考与讨论

氢氧化钙,又称为熟石灰,消石灰,是一种重要的建筑材料。其生产流程为:

把开采的石灰石放在石灰窑中高温煅烧;

把煅烧后生成的生石灰与水按一定比例进行消化;

消化后生成的氢氧化钙料液,通过净化、除渣、脱水等工艺得到熟石灰成品。

- 写出熟石灰生产过程中涉及的反应的化学方程式。
- 简述生石灰可作为食品干燥剂的原理。
- 向澄清石灰水中用导管慢慢通入二氧化碳气体,记录观察到的现象,并写出发生反应的化学方程式。



拓展视野

硬水与软水

含有钙、镁离子的水,称为硬水。不含或含少量钙、镁离子的水,称为软水。在自然界存在的水中,未受污染的雨水、雪水属于软水;泉水、溪水、江河水、水库水、地下水等属于硬水。



思考与复习

1. 有空气、氧气、氢气、氮气和二氧化碳各一瓶，但没有贴标签。怎样用实验的方法加以鉴别？写出实验操作步骤、实验现象及推断。
2. 白色固体 A 经过高温煅烧可生成两种氧化物 B、C。将 B 通过加热的木炭可转化成 D，D 通过灼热的氧化铁，又可转化为 B，同时生成一种固体单质 E。将 C 放入水中，生成一种微溶于水的碱。
 - (1) 写出 A、B、C、D、E 各物质的化学式。
 - (2) 写出 “ $A \rightarrow B+C$ ” “ $B \rightarrow D$ ” “ $D \rightarrow E$ ” 各步反应的化学方程式。
3. (1) 调查市场上常见碳酸饮料的种类；
(2) 设计测定碳酸饮料中二氧化碳含量的实验方案；
(3) 查找资料，分析碳酸饮料与人体健康的关系。

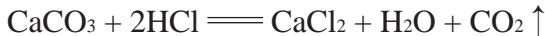
4.3 二氧化碳的实验室制法

THE PREPARATION OF CARBON DIOXIDE IN LABORATORY

用哪些方法可以得到二氧化碳气体？这些方法能获得纯净的二氧化碳气体吗？在实验室中，怎样通过化学方法来制取少量纯净的二氧化碳气体？

原理

在实验室中常用大理石（或石灰石）跟稀盐酸反应来制取二氧化碳。



装置

启普发生器

图 4.3-1 是荷兰科学家启普 (Petrus Jacobus Kipp, 1808—1864) 设计的气体发生器。使用时只要打开导管上的活塞，大理石和盐酸接触后就会不断产生气体。不用时关闭导管上的活塞，在气压的作用下，酸液被压入球形漏斗中。当大理石和盐酸脱离接触时，反应即停止。这种装置称为启普发生器。

用启普发生器制取二氧化碳，需要消耗较多的药品，根据启普发生器的原理可以做成简易气体发生装置。如图 4.3-2 所示，当打开橡皮管上的弹簧夹，稀盐酸从长颈漏斗流入试管中并浸没大理石。大理石跟稀盐酸发生反应，二氧化碳气体从试管上部的导管中逸出。如果用弹簧夹夹紧橡皮管，试管内二氧化碳气体的压强增大，稀盐酸被压回长颈漏斗中。当大理石与稀盐酸脱离接触时，反应就会自发停止。

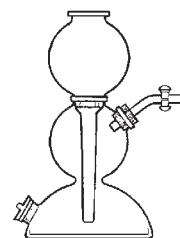


图 4.3-1 启普发生器

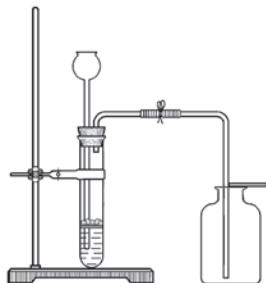


图 4.3-2 简易气体发生装置



课堂实验

碳酸钙与盐酸的反应

在两支试管中分别加入少量块状和粉末状碳酸钙，再各加入2mL稀盐酸，观察现象，并在表4.3-1中记录反应的剧烈程度。

表4.3-1 记录表

	碳酸钙粉末	块状碳酸钙固体
稀盐酸		

结论：

_____。
_____。
_____。

通过观察实验现象，可以看出制取二氧化碳气体不仅要考虑选择的物质能否发生反应，还要考虑能否方便地收集到制取的气体。

反应物都是固体，反应需要在加热条件下制取的气体，可以使用氯酸钾分解制取氧气的发生装置。反应物是固体和液体，反应不需要加热就可以制取的气体，可用制取二氧化碳气体的发生装置。

表4.3-2 在0℃、101kPa下，常见气体的密度

气体名称	氢气	甲烷	氨气	一氧化碳	氮气	空气	氧气	二氧化碳
密度 (g/L)	0.09	0.72	0.77	1.25	1.25	1.29	1.43	1.98

表4.3-3 在20℃、101kPa下，常见气体在水中的溶解度

气体名称	氨气	二氧化硫	二氧化碳	氯气	氢气	氮气
在1体积水中 溶解的体积	680	40	0.88	2	0.018	0.015



学生实验

实验室制取二氧化碳

如图 4.3-3 所示，把锥形瓶、双孔橡皮塞、导管、橡皮管连接起来，检查装置的气密性。

取约 5 g 大理石放入锥形瓶中，通过长颈漏斗向锥形瓶中加入 15 mL 稀盐酸。

用向上排空气法收集一瓶二氧化碳气体。用澄清石灰水检验二氧化碳，并用燃着的木条验满。

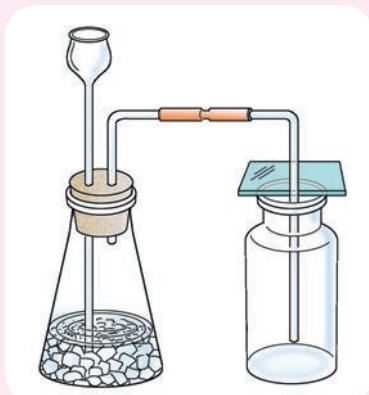


图 4.3-3 实验室制二氧化碳装置示意图



思考与讨论

- 怎样检查装置的气密性？
- 怎样把大理石放入锥形瓶中？
- 用什么方法证明集气瓶中的二氧化碳已收集满？

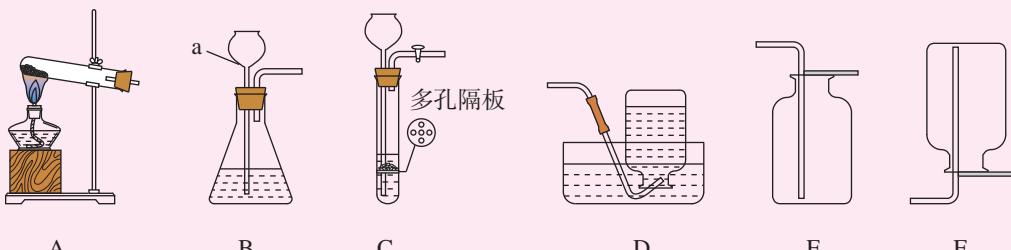


思考与复习

1. 下列方法中最适用于实验室中制取二氧化碳的是()。

A. 碳在空气中充分燃烧	B. 稀盐酸和碳酸钙粉末反应
C. 常温下稀盐酸与大理石反应	D. 加热分解碳酸
2. 实验室制取某些气体时,常用启普发生器,其主要优点是()。

A. 反应快	B. 不需要检查气密性
C. 制得的气体较纯	D. 可随时控制反应的发生或停止
3. 实验室制取气体的常见装置如下图所示,请回答有关问题。



(第3题图)

- ① 标号仪器 a 的名称为_____。
- ② 若用氯酸钾和二氧化锰制取较纯净的氧气,可以选择的装置组合是_____ (填序号), 反应的化学方程式是_____ , 检验收集到的气体是否为氧气的方法是_____。
- ③ A 装置中试管口略向下倾斜的原因是_____ ; 收集某气体可采用 F 装置,由此推测该气体具有的性质是_____。
- ④ 实验室制取二氧化碳,可以选择的装置组合是_____ (填序号), 反应的化学方程式是_____ , 检验二氧化碳是否收集满的方法是_____。

4.4 化学燃料

CHEMICAL FUEL

世界上能源的发展经历了三个阶段，18世纪60年代开始从薪柴转向煤炭，20世纪20年代开始从煤炭转向石油和天然气，20世纪70年代开始转向以再生能源为基础的新能源。

化石燃料



请你先说

你对化石燃料了解吗？知道它们的来源吗？它们会用完吗？



家用轿车



炼钢

图 4.4-1 化石燃料的用途

煤、石油、天然气等矿物燃料是世界上最重要的化石燃料。它们是古代生物腐烂后，经过长期的地质变化，在地层中形成的大量的可燃性矿物。

煤是常用的矿物燃料，主要含碳元素，还含有少量的硫、磷、氢、氮、氧等元素。我国是世界上最早发现和利用煤的国家，也是世界上煤蕴藏量最大的国家之一。

资料库

水煤气

水煤气是一种气态燃料，是由水蒸气通过炽热的焦炭层而生成的，其主要成分是一氧化碳和氢气，还含有一定量的水蒸气和二氧化碳。

表 4.4-1 不同种煤的含碳量

名称	含碳量(%)
无烟煤	>95
烟煤	70—80
褐煤	50—70

我国的能源结构以煤炭为主，目前我国是全球第一煤炭消费大国。能源不足是我国长期面临的困难，必须依靠科技，改造传统产业，节约能源，不断开发新能源。



拓展视野

煤的综合利用

煤的综合利用方法有煤的气化、焦化和液化三种，其产物是化肥、农药、合成材料和冶金等领域中的原料。

煤气化是以煤或煤焦为原料，以氧气（空气、富氧或纯氧）、水蒸气或氢气等作气化剂，在高温条件下通过化学反应将煤中的可燃部分转化为气态燃料或化工原料的过程。

煤的焦化又称为煤的高温干馏。它是以煤为原料，在隔绝空气条件下，加热到950℃左右，经高温干馏产生焦炭，同时获得煤气、煤焦油等化工产品的一种煤转化工艺。焦炭的主要用途是炼铁，少量用作化工原料，用于制造电石、电极等。煤焦油是黑色黏稠油状液体，可用于生产医药、农药、炸药、染料等原料。

煤液化是把煤炭通过化学加工过程使其转化成为液态燃料、化工原料和产品的先进洁净煤技术。根据不同的加工路线，煤炭液化可分为直接液化和间接液化两大类，煤的液化属于化学变化。煤直接液化是指煤在氢气和催化剂作用下，通过加氢裂化转变为液态燃料的过程；煤的间接液化是指以煤为原料，先气化制成合成气，再通过催化剂作用将合成气转化成液态的烃类燃料、醇类燃料和化学品的过程。

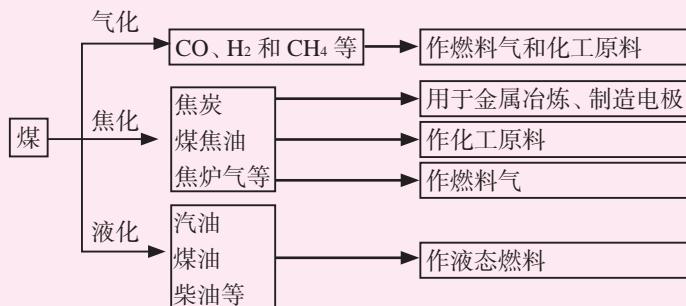


图 4.4-2 煤综合利用流程图

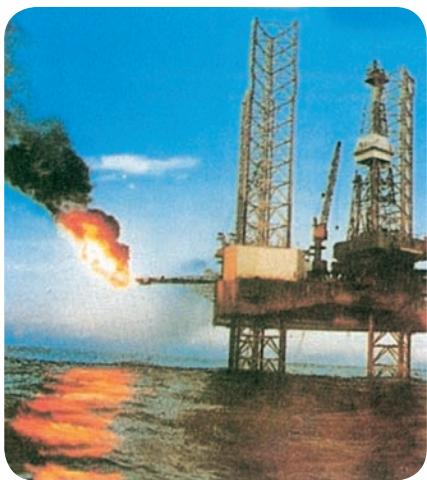


图 4.4-3 水上油井

石油，又称为原油，是当今世界上最主要的液态化石燃料，被称为“工业的血液”。石油是黄色或黑色可燃性黏稠状液体，有特殊气味，难溶于水，密度比水的密度小，石油的化学成分复杂，主要含有碳、氢元素，还含有少量的硫元素和氮元素，是由多种化合物组成的混合物。

为了提高石油的使用价值，通常采用加热的方法，使石油中沸点低的物质先汽化，经过冷凝后分离出来。随着温度升高，通过不断加热和冷凝，就可以把石油分成不同沸点范围的蒸馏产物。石油的这种加工方法称为**分馏**。分馏出来的各种组分称为**馏分**，每种馏分仍然是混合物。

石油和石油化工是我国国民经济的支柱产业，工业增加值、销售收入、利润及税收总额等多个经济指标均居全国首位。石油及其化学工业是能源的主要供应者，目前还远远不能满足我国国民经济发展对石油和石油化工产品的需求。

我国是世界上主要产油国之一，也是石油消费和进口增长最快的国家之一。石油和石油化工成为我国国民经济的支柱产业。但是，我国国民经济发展对石油和石油化工产品的需要还远没有得到满足。

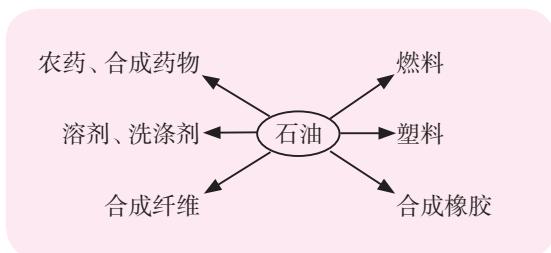


图 4.4-5 石油的综合利用

天然气是指在地下自然形成的可燃性气体，主要是由碳元素和氢元素组成的气态混合物，其中主要成分是甲烷（methane）。

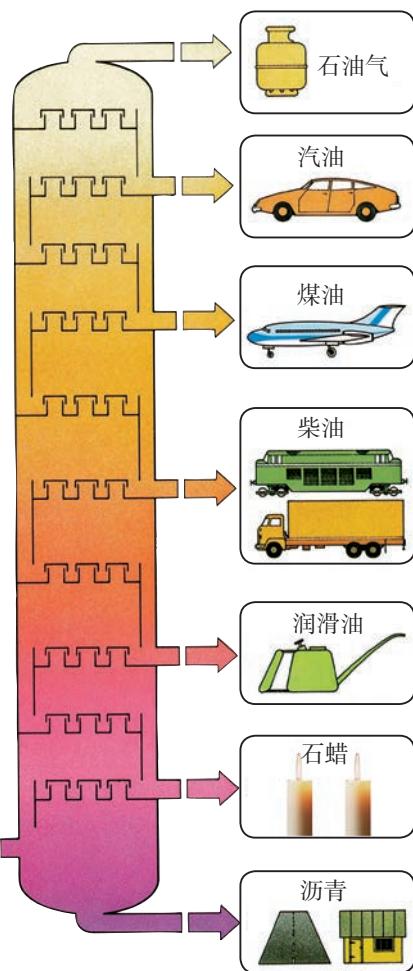


图 4.4-4 石油产品



图 4.4-6 家用天然气的燃烧

天然气不仅是清洁的气态矿物燃料，还可以用作制取炭黑和化肥的原料。

我国拥有丰富的天然气资源，蕴藏量大。上海已实行替代性能源策略，以保护环境，提升作为国际大都市的形象，居民正告别煤炭燃烧所造成的大气污染，极大地改善了上海地区的环境和空气质量。



拓展视野

天然气水合物

天然气水合物是分布于深海沉积物或陆域永久冻土中，由天然气与水在高压低温条件下形成的类冰状结晶物。因其外观像冰，且遇火会燃烧，所以称为可燃冰。

天然气水合物中甲烷含量占80%—99.9%，燃烧产生的污染比煤、石油、天然气小得多，而且储量丰富，因而被各国视为未来石油、天然气的替代能源。



请你先说

1. 你生活的周围有这样
的黑烟囱吗？
2. 你知道黑烟的成分
吗？它们是怎样形成的？
3. 黑烟对我们有什么
危害？



图4.4-7 黑烟

由于煤和石油中含有一定量的硫元素和氮元素，大量燃烧煤和石油会产生二氧化硫、氮氧化物和固体粉尘等有害物质。二氧化硫和氮氧化物进入大气后经过一系列物理和化学变化，会形成酸雨；氮氧化物在一定条件下还会形成光化学烟雾；煤的大量燃烧会产生固体粉尘，使大气能见度降低，易引发雾霾等灾害性天气。

资料库

酸雨 (acid rain) 是指 pH 小于 5.6 的雨雪或其他形式的降水。酸雨主要是由大量燃烧含硫量高的煤而形成的。此外，各种机动车排放的尾气也是形成酸雨的重要原因。

光化学烟雾 (photo-chemical smog) 是汽车、工厂等污染源排入大气中的碳氢化合物和氮氧化物等一次污染物在阳光 (紫外光) 作用下发生光化学反应生成二次污染物，参与光化学反应过程的一次污染物和二次污染物的混合物 (其中有气体污染物，也有气溶胶) 所形成的烟雾污染现象。光化学烟雾多发生在阳光强烈的夏秋季节，光化学烟雾可随气流漂移数百千米，使远离城市的农作物也受到损害。

绿色能源

由于化石燃料的不可再生性以及产生的环境问题日益严重，以环保和可再生为特质的新能源越来越受到世界各国的重视。

**课堂实验****氢气的可燃性****实验一**

先检验氢气的纯度，再点燃从导管口逸出的氢气，观察火焰的颜色。

现象与分析：_____。

实验二

取 1 只纸质杯子，在底部插入一小段带有尖嘴的玻璃管，倒扣在桌面上，然后向纸杯内充入一定量氢气，用火柴点燃玻璃尖嘴处逸出的气体。

现象与分析：_____。

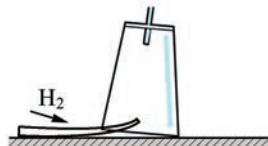


图 4.4-8 氢气可燃性实验

资料库

氢气

相同质量的氢气燃烧的热值约为汽油的三倍，燃烧时能达到约1700℃的高温。氢气在空气中燃烧比汽油在空气中燃烧快十倍以上。降温到-253℃以下，氢气由气态变为液态。

人们已找到两种新的储存氢气的技术——金属氢化物储存法和微型气球储氢法。

氢能是绿色能源，也是一种极有发展前途的新能源。制氢能的原料是水，来源丰富。氢气燃烧后生成水，被称为无污染的能源。它的用途很广泛，高压液氢是火箭发射的主要燃料，目前作为一般内燃机燃料已投入生产。



图4.4-9 氢动汽车



图4.4-10 液氢燃料



图4.4-11 风力发电

风能资源具有可再生、永不枯竭、无污染等特点。而且，风电技术开发最成熟，成本最低廉。

自20世纪80年代开始，全球风力发电量快速增长。从目前的技术成熟度和经济可行性角度分析，风能最具竞争力。从中期来看，全球风能产业的前景相当乐观，各国政府不断出台推动可再生能源研发的鼓励性政策，为该产业未来的迅速发展提供巨大推动作用。

太阳能既是一次能源，又是可再生能源。其资源丰富，既可免费使用，又不需要运输，对环境无任何污染。为人类创造了一种新的生活形态，使人类社会进入一个节约能源减少污染的时代。

随着硅晶体提纯技术的不断提高，光能电池的性能有了质的飞跃，使太阳能发电得到广泛应用，如太阳能路灯、太阳能杀虫灯、太阳能便携式系统、太阳能移动电源、太阳能应用产品、通信电源、太阳能灯具、太阳能建筑等。

光伏板组件是一种暴露在太阳光下便会产生直流电的发电装置，几乎全部由半导体材料（如硅）制成的光伏电池组成。由于没有活动部分，可以长时间操作而不会导致损耗。简单的光伏电池可为手表、计算机提供能源，较复杂的光伏系统可为房屋提供照明，还可为交通信号灯、监控系统、电网供电。光伏板组件可以制成不同形状，组件又可相互连接以产生更多电能。近年来，天台及建筑物表面均可使用光伏板组件，甚至用作窗户、天窗或遮蔽装置的一部分，这些光伏设施构成附设在建筑物中的光伏系统。



图 4.4-12 光伏板组件

资料库

在常温下，硅的化学性质非常稳定。高纯度的单晶硅是重要的半导体材料。在单晶硅中掺入微量的其他元素后，就可用于制造太阳能电池，将辐射能转变为电能。在新能源开发方面具有非常重要的作用。

地热能分为热水、蒸气、干热岩、熔岩等类型。

在地球内部蕴藏着巨大的热能，能源储量相当于世界能源年消费量的 4×10^6 倍。

除了化学能源外，还有核能。核能是 21 世纪能源发展的战略重点。核反应产生的能量高度集中，环境污染小，已探明用于核反应的天然铀可利用的能量，相当于 5.55×10^{12} — 7.68×10^{12} t 煤的能量。核能发电的成本比燃煤发电的成本低。



图 4.4-13 核反应堆

能源战略

资料库

化学需氧量，常以符号 COD 表示，是指在一定条件下，用一定的强氧化剂处理水样所消耗的氧化剂的量。化学需氧量是水体有机污染的一项重要指标。

资料库

氨氮是指水中以游离氨 (NH_3) 和铵根离子形式存在的氮。水中的氨氮在一定条件下会转化成亚硝酸盐，对人体健康不利。同时，氨氮对水中生物也有极大危害。

中国能源发展的目标实现从“量”到“质”的转变，开源节流，加强油气勘探开发，保持石油产量持续稳定，加快建立海外油气生产基地。同时，在能源发展战略的决策要素中加强环境保护意识，积极改变长期过度依赖化石燃料(尤其是煤炭)的局面，走可持续发展的能源战略道路。

资料库

污染防治得到加强，细颗粒物 ($\text{PM}_{2.5}$) 浓度继续下降，生态文明建设成效显著。

持续推进污染防治。巩固扩大蓝天保卫战成果，2019年二氧化硫、氮氧化物排放量要下降 3%，重点地区细颗粒物 ($\text{PM}_{2.5}$) 浓度继续下降。

强化水、土壤污染防治，2019 年化学需氧量、氨氮排放量要下降 2%。

(摘自第十三届全国人民代表大会第二次会议的政府工作报告)



图 4.4-14 美好的明天



思考与复习

1. 常用的矿物能源中固态的有_____，液态的有_____，气态的有_____。
 2. 甲烷燃烧反应的化学方程式为_____，同时产生大量的热，因此甲烷可作_____。25℃时，1 g 木炭燃烧产生 32.73 kJ 热量；1 g 甲烷燃烧产生 55.59 kJ 热量。现需要 4 180 kJ 热量，需要消耗甲烷_____g；如燃烧木炭，则需要消耗木炭_____g。
 3. 找出家中的燃气、电费账单，计算一年中家庭月平均能源消费量。想一想，我们可以采取哪些方法来节约能源？

 4. 查找天然气和汽油两种燃料的价格和热值，比较它们的能源性能价格比。
- *5. 设计实验方案，证明甲烷中碳原子与氢原子的物质的量之比为 1 : 4。

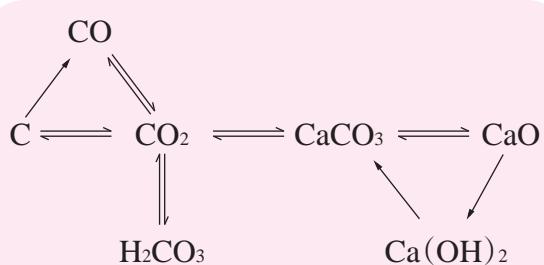
小结与思考

小结

1. 可燃物燃烧的条件

①与氧气接触；②温度达到可燃物的着火点。

2. 碳与化合物之间的相互转化



3. 可燃性通常是指可燃物能在空气或氧气中发生燃烧的性质；伴随有剧烈的发光、发热的化学反应都称为燃烧。还原性是指从某些含氧化合物中夺取氧的性质。氧化剂是指提供氧的物质。

具有可燃性的气体：H₂、CO、CH₄

具有氧化性的气体：O₂

兼具可燃性、还原性的气体：H₂、CO

4. 几种常见物质（或主要成分）的化学式：

	干冰	生石灰	大理石	石灰水	熟石灰
化学式	CO ₂	CaO	CaCO ₃	Ca(OH) ₂	Ca(OH) ₂

5. 化石燃料

①煤（干馏）；②石油（分馏）；③天然气。

思考

1. 下列物质中，互为同素异形体的是（ ）。

- A. 氢气与液氢 B. 水银与银 C. 干冰与冰 D. 金刚石与石墨

2. 下列物质中，不能用于鉴别CO和CO₂的是（ ）。

- A. 澄清石灰水 B. 石蕊试液 C. 蒸馏水 D. 灼热的氧化铜

3. 下列物质中, 不属于化石燃料的是()。
A. 煤 B. 石油 C. 天然气 D. 酒精
4. 将 3 mol 碳在 2 mol 氧气中完全反应, 最终的生成物是()。
A. 只有 CO B. 只有 CO₂
C. 既有 CO 又有 CO₂ D. 不能确定
5. 填表:

实验操作	实验现象	化学方程式
(1) 在试管中放几小块大理石, 再滴加盐酸		
(2) 将二氧化碳通入滴有石蕊试液的蒸馏水中		
(3) 将上述液体加热		
(4) 将二氧化碳通入澄清石灰水中		
(5) 将生石灰放入水中, 再滴加酚酞试液		

6. 实验证明: “某物质 A 在氧气中燃烧后生成水和二氧化碳。”可以推断:
A 物质中一定含有的元素是_____，可能含有的元素是_____。

附录 I 学生化学实验规则和安全要求

为使化学实验取得良好效果，并确保实验安全，请同学们遵守以下化学实验规则和安全要求。

一、化学实验规则

1. 实验前，要认真预习实验内容、实验目的，明确实验步骤及注意事项。
2. 实验前，要检查实验用品是否齐全，仪器是否干净，并将桌面上的实验用品放整齐。
3. 实验过程中要按照实验的步骤和方法进行，注意操作规范。如要做自己设想的实验，必须征得教师的同意，听从教师的指导。
4. 注意安全，遵守化学实验操作规程，特别要谨慎地处理易燃、易爆、有毒、有腐蚀性的物质，防止发生意外事故。
5. 保持实验室安静，遵守纪律。爱护公共财物和仪器设备。节约药品、燃气和水电。
6. 实验过程中，要认真细致地观察实验现象，随时记录，并分析得出结论。
7. 实验完毕，把废液和废物倒在指定的容器中，及时洗净器皿，放回原处，做好清洁整理工作。
8. 实验后认真地写出实验报告。

二、化学实验安全要求

1. 化学实验室中的化学药品不能用手接触，更不得品尝化学药品的味道。绝对不允许把化学药品任意混合。用剩的化学药品必须交还化学实验室，未经教师允许，千万不能将化学药品带出实验室。
2. 可燃性气体（如氢气、一氧化碳等）与空气的混合气体遇火易发生爆炸，因此这些气体的发生装置要远离明火。点燃可燃性气体前，必须先检验其纯度。
3. 使用加热器加热时要小心，万一失火，一般的小火可用湿布或沙土覆盖着火的物体。火势大时使用泡沫灭火器或二氧化碳灭火器。电器着火时，应先切断电源，再使用二氧化碳灭火器。
4. 实验室一般伤害事故的处理

事故种类	处理方法
割伤	伤口保持干净，用酒精棉球擦净，涂上红药水，必要时敷上消炎粉后再包扎。严重时，送学校医务室
烫伤（烧伤）	用 75% 酒精处理受伤处，涂玉树油或蓝油烃软膏。如损伤面大，深度达真皮，则应涂烫伤油膏，并用纱布包扎，再迅速送学校医务室
化学灼伤	皮肤上不慎沾上浓硫酸，先用棉布吸去酸液，再用清水、3%—5% 小苏打溶液、水逐一冲洗，必要时涂上甘油。紧急处理后应送医院 皮肤不慎被碱灼伤时，先用大量水冲洗，再用 2% 硼酸或醋酸反复冲洗。若面积较大也应送医院 眼睛中溅入酸液，先要用大量水冲洗，再用 5% 小苏打溶液冲洗。如眼睛有剧痛，应迅速送医院

附录Ⅱ 常见的元素符号、元素名称和相对原子质量表

(按照元素符号的字母顺序排列)

元素符号	元素名称	相对原子质量
Ag	银	107.868 2
Al	铝	26.981 54
Ba	钡	137.33
C	碳	12.011
Ca	钙	40.078
Cl	氯	35.453
Cu	铜	63.546 [*]
Fe	铁	55.847 [*]
H	氢	1.007 94
He	氦	4.002 602
Hg	汞	200.59 [*]
K	钾	39.098 3 [*]
Mg	镁	24.305
Mn	锰	54.938 0
N	氮	14.006 7
Na	钠	22.989 77
O	氧	15.994 [*]
P	磷	30.973 76
S	硫	32.066
Si	硅	28.085 5 [*]
Zn	锌	65.39

注：相对原子质量末尾数准至±1；打*号的末尾数准至±3。

附录Ⅲ 部分酸、碱和盐的溶解性表

(20℃)

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

注: “溶”表示该物质可溶于水;

“不”表示该物质不溶于水;

“微”表示该物质微溶于水;

“—”表示该物质在水溶液中不存在或遇到水会分解。

附录IV 部分法定计量单位

量的名称	量的符号	名称单位	单位符号	备注
长度	l (L)	米 千米 厘米	m km cm	
体积	V	立方米 立方分米 立方厘米	m^3 dm^3 cm^3	$1 dm^3=1 L$ (升) $1 cm^3=1 mL$ (毫升)
时间	t	秒 分 小时 天	s min h d	
质量	m	千克(公斤) 兆克 克 毫克	kg Mg g mg	$1 Mg=1 t$ (吨)
密度	ρ	千克每立方米 克每立方分米 克每立方厘米	kg/m^3 g/dm^3 g/cm^3	
压强	p	帕斯卡 千帕斯卡	Pa kPa	
热量	Q	焦耳 千焦耳	J kJ	
热力学温度 摄氏温度	T t	开尔文 摄氏度	K °C	
相对原子质量	A_r			表示法: 氯元素的相对原子质量 A_r (Cl) = 35.452 7
相对分子质量 (式量)	M_r			氯分子的相对分子质量 M_r (Cl_2) = 70.905 4
物质的量	n	摩尔	mol	36 g 水的物质的量 n (H_2O) = 2 mol
摩尔质量	M	克每摩尔	g/mol	氯分子的摩尔质量 M (Cl_2) = 70.905 4 g/mol

附录 V 元素周期表

元素周期表

族 周期	IA	IIA	III A	IVA	V A	VI A	VII A	0 族 电子层 电子数
1	1 H 1.008	2 He 4.003						2
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012						
3	11 Na 22.99	12 Mg 24.31	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94
4	19 K 39.10		26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.39	31 Ga 69.72
5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc 98.91	44 Ru 101.1
6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71 La-Lu 137.3	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2
7	87 Fr [223]	88 Ra 226.0	89-103 Ac-Lr [261]	104 Rf [262]	105 Db [266]	106 Sg [264]	107 Bh [268]	108 Hs [269]

元素符号, 红色
指放射性元素
O 氧
元素名称
元素序数
注*: 人造元素
16.00 —— 相对原子质量

过渡元素

57 La 镧系 138.9	58 Ce 镧系 140.1	59 Pr 镧系 140.9	60 Nd 钕 144.2	61 Pm 钷 144.9	62 Sm 钐 150.4	63 Eu 铕 152.0	64 Gd 钆 157.3	65 Tb 铽 158.9	66 Dy 镝 162.5	67 Ho 钬 164.9	68 Er 铒 167.3	69 Tm 铥 168.9	70 Yb 镱 173.0	71 Lu 镥 175.0
89 Ac 锕系 227.0	90 Th 钍 232.0	91 Pa 镤 231.0	92 U 铀 238.0	93 Np 镎 234.0	94 Pu 钚 238.0	95 Am 镅 243.0	96 Cm 锔 247.0	97 Bk 锫 [247]	98 Cf 锎 [251]	99 Es 锿 [252]	100 Fm 镄 [257]	101 Md 钔 [258]	102 No 锘 [259]	103 Lr 铹 [260]

注:

相对原子质量录自 1997 年国际原

子量表。

附录VI 化学词汇中英文对照表

allotrope	同素异形体	ion	离子
allotropism	同素异形现象	law of conservation of mass	质量守恒定律
atom	原子	benzene	苯
calcium carbonate	碳酸钙	magnesium oxide	氧化镁
calcium hydroxide	氢氧化钙	magnesium	镁
calcium oxide	氧化钙	methane	甲烷
carbon dioxide	二氧化碳	mixture	混合物
carbon disulfide	二硫化碳	molecule	分子
carbon monoxide	一氧化碳	nitrogen	氮
chemical change	化学变化	oxidation reaction	氧化反应
chemical experiments	化学实验	oxide	氧化物
chemical formula	化学式	oxygen	氧
chemical property	化学性质	ozone	臭氧
combination reaction	化合反应	physical change	物理变化
compound	化合物	physical property	物理性质
copper sulfate	硫酸铜	pure substance	纯净物
copper	铜	rare gases	稀有气体
diamond	金刚石	relative atomic mass	相对原子质量
element	单质、元素	sodium bicarbonate	碳酸氢钠
evaporation	蒸发	solubility	溶解度
filtration	过滤	valence	化合价
graphite	石墨	volume fraction	体积分数
helium	氦	white phosphorus	白磷

说 明

本册教材根据上海市中小学（幼儿园）课程改革委员会制定的课程方案和《上海市中学化学课程标准（试行稿）》编写，供九年义务教育九年级第一学期试用。

本教材由上海市长宁区教育局主持编写，经上海市中小学教材审查委员会审查准予试用。

本册教材的编写人员有：

主编：姚子鹏 副主编：陈基福 洪东府

**特约撰稿人（按姓氏笔画为序）：阮锦莲 吴 峥 陆惊帆
袁孝凤 缪 青**

修订主编：姚子鹏 副主编：徐建飞 陆惊帆

修订人员（按姓氏笔画为序）：孙兰兰 吴雪梅

本册教材图片提供信息

壹图网（P4一幅图，P34一幅图，P66一幅图，P98一幅图）；包霞（P15一幅图，P70一幅图）；王雪艳（P75一幅图）。

声明 按照《中华人民共和国著作权法》第二十五条有关规定，我们已尽量寻找著作权人支付报酬。著作权人如有关于支付报酬事宜可及时与出版社联系。



经上海市中小学教材审查委员会审查
准予试用 准用号 II-CB-2019017

责任编辑 金德渊
徐建飞

九年义务教育课本

化 学

九年级第一学期

(试用本)

上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会

上海世纪出版股份有限公司出版
上 海 教 育 出 版 社

(上海市闵行区号景路159弄C座 邮政编码:201101)

上海新华书店发行 上海中华印刷有限公司印刷

开本 890×1240 1/16 印张 9
2019年7月第1版 2024年7月第6次印刷
ISBN 978-7-5444-9291-1/G·7653

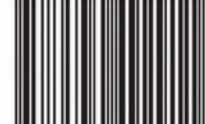
定价:11.30元

价格依据文件:沪价费〔2017〕15号
如发现内容质量问题,请拨打 021-64319241;
如发现印、装问题,请拨打 021-64373213,我社负责调换。



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5444-9291-1



9 787544 492911 >