

义务教育教科书



化学

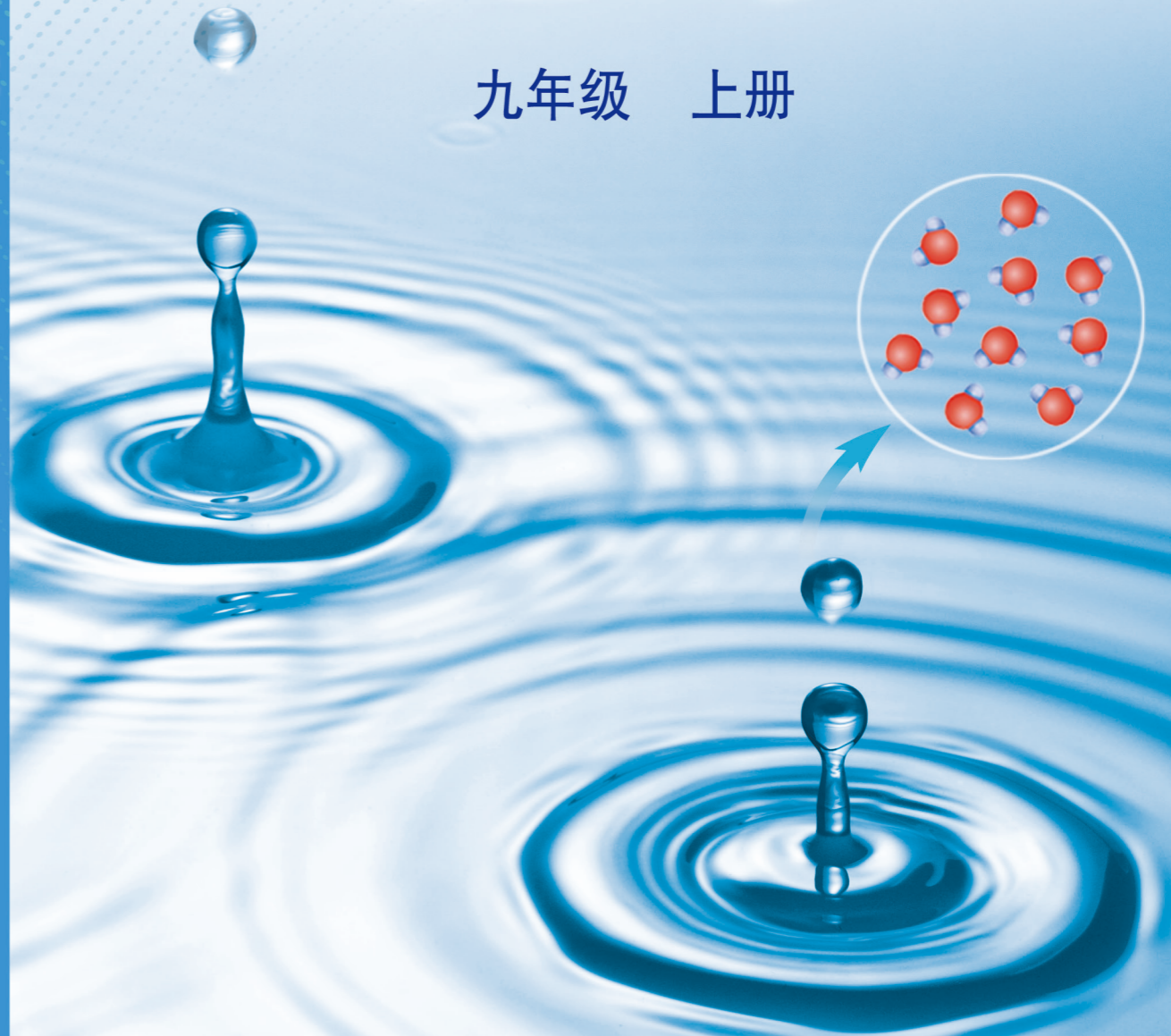
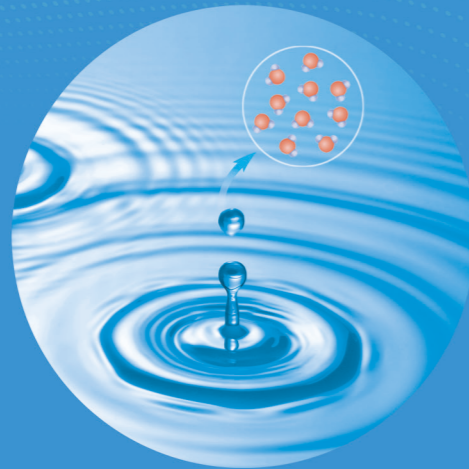
九年级 上册

义务教育教科书

化学

九年级 上册

义务教育教科书



绿色印刷产品

义务教育教科书 化学 九年级 上册
价格批准编号：鲁发改价格核（2024）707013
价格举报电话：12345

ISBN 978-7-5701-3018-4



9 787570 130184 >

定价：10.85元

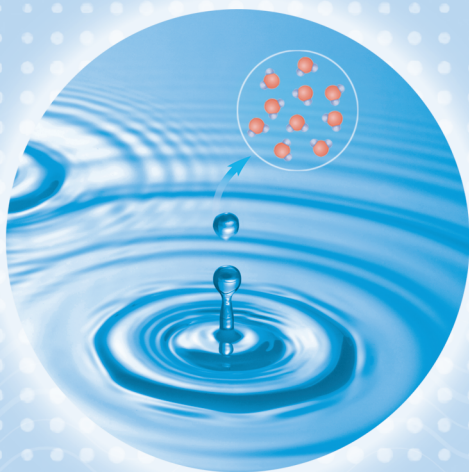
山东教育出版社

山东教育出版社

义务教育教科书

化学

九年级 上册



 山东教育出版社

· 济南 ·

主 编：毕华林

副 主 编：卢 巍

主要编写人员：李 娜 葛东修 姚进宏 马红艳

朱思光 徐迎春

责任编辑：王 源 张 弘

责任校对：任军芳

封面设计：吴江楠 闫 姝

YIWU JIAOYU JIAOKESHU

HUAXUE

JIU NIANJI SHANG CE

义务教育教科书

化学

九年级 上册

出 版：山东出版传媒股份有限公司

山东教育出版社（济南市市中区二环南路 2066 号 4 区 1 号）

网 址：www.sjs.com.cn

发 行：山东新华书店集团有限公司

印 刷：昌邑市新华印刷有限公司

版 次：2024 年 7 月第 1 版

印 次：2024 年 7 月第 1 次印刷

开 本：787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张：11.25

插 页：1

字 数：230 千

书 号：ISBN 978-7-5701-3018-4

定 价：10.85 元

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

山东出版传媒股份有限公司教材中心售后服务电话：(0531) 82098188



致同学

从今天开始你就要学习化学了！化学学习过程是非常有趣而又颇具挑战性的。在这里，你将领略色彩缤纷、流光绚烂的化学现象，形态各异、精妙绝伦的化学结构，以及形式简洁却又意蕴丰富的化学符号；你将跨越宏观世界的边界，迈入微观粒子的王国去认识物质及其变化，体验化学实验探究的乐趣，感受化学科学思维的奇妙；你将认识到化学是推动人类可持续发展的重要力量，养成科学态度与责任。

为了帮助大家学好化学，本书精心设计了多个栏目：“观察思考”“活动探究”“交流共享”“课外探究”旨在创设学习情境、提供开展自主探究和合作学习的机会，需要你围绕相关内容进行敏锐观察、深入思考和躬身实践，并积极地与同伴们进行交流；“方法导引”“长话短说”“单元总结”能够为你指引学习的思路与方法，帮助你对所学内容进行总结反思，发展化学思维，建构化学观念；“练习与应用”“单元测评”针对每节和每单元内容编制了不同层次的习题，可以锻炼你分析和解决问题的能力，并及时诊断和评价你的学习效果；利用“多识一点”“科学史话”“科技创新”“化学与社会”等拓展性栏目，实现历史与当代对话、科学与人文交互、传统与创新融合；你可以更广泛地了解化学知识形成和发展的过程，认识科学与技术、社会、环境的相互关系，感受我国科学家及其科技创新成果在中华民族伟大复兴进程中发挥的重要作用。

追求真理的路途中既有成功与喜悦，也会有痛苦和挫折。只要有不畏艰辛勇于登攀的勇气与毅力，并采取正确的方法学习化学，你一定会成为一个化学高手。

目 录



第一单元 步入化学殿堂

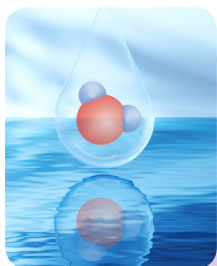
第一节 化学真奇妙	2
第二节 体验化学探究	11
第三节 走进化学实验室	17

第二单元 认识物质的构成

第一节 原子	30
第二节 元素	40
第三节 物质组成的表示	45



第三单元 探秘水世界



第一节 运动的水分子	56
第二节 水分子的变化	64
第三节 物质在水中的溶解	69
跨学科实践活动 1 自制简易净水器	77

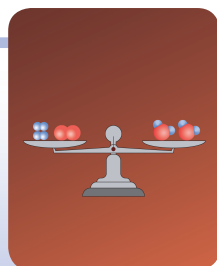
第四单元 我们周围的空气

第一节 空气的组成	84
第二节 氧气的性质	92
第三节 氧气的实验室制取	97
跨学科实践活动 2 基于特定需求设计和制作 简易供氧器	102



第五单元 定量研究化学反应

第一节	化学反应中的质量守恒	108
第二节	化学反应的表示	113
第三节	化学反应中的有关计算	117
跨学科实践活动 3	基于绿色化学探究实验室制氧气的原理	120



第六单元 控制燃烧

第一节	燃烧与灭火	126
第二节	化石燃料的利用	136
第三节	碳达峰与碳中和	144
跨学科实践活动 4	基于碳中和理念设计低碳行动方案	152

学生实验 1	化学实验基本技能训练	157
学生实验 2	水的组成及变化的探究	159
学生实验 3	一定溶质质量分数的氯化钠溶液的配制	161
学生实验 4	氧气的实验室制取与性质	163
学生实验 5	燃烧条件的探究	165
学生实验 6	二氧化碳的实验室制取与性质	167

附录 I	初中化学实验常用仪器	169
附录 II	相对原子质量表	172
附录 III	化学名词索引	173

第一单元 步入化学殿堂

第一节 化学真奇妙

第二节 体验化学探究

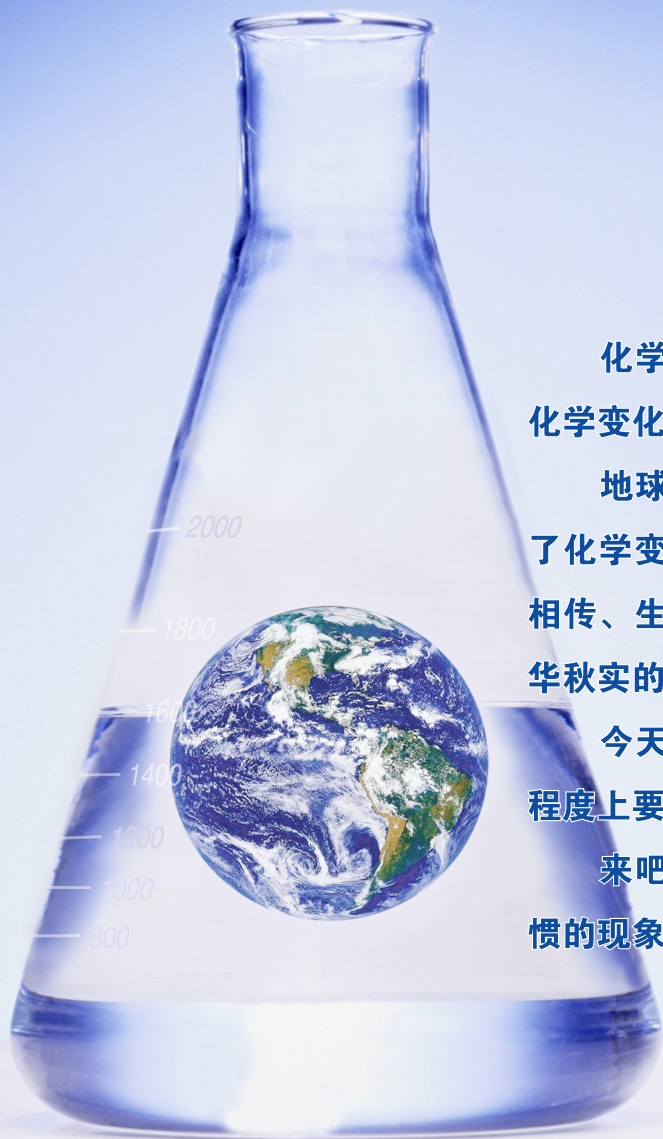
第三节 走进化学实验室

化学，顾名思义，是关于物质变化的学问。
化学变化是化学研究的重要内容。

地球上，时刻不停地发生着化学变化。离开了化学变化，就不会有生命的诞生、成长与代代相传、生生不息；离开了化学变化，就不会有春华秋实的周而复始和沧海桑田的逐步变迁……

今天的世界，之所以充满了现代气息，极大程度上要归功于化学科学的创造性贡献。

来吧，让我们从化学的视角，去探索司空见惯的现象背后那些神奇的奥秘吧！



第一节 | 化学真奇妙

你想过吗？汽车轮胎、众多药物、各种塑料，甚至你的书包和篮球等都是以石油为原料并通过化学方法生产出来的，这让你难以置信吧？然而，化学家和化学工程师们早已将这一切变成了现实。



图 1-1 以石油为原料生产的部分产品

一、化学改变了世界

化学就是这么神奇，它能把石油、空气、水等极为普通的物质转化为功能各异的产品，它能创造出我们所需要的物质，也能消除我们不需要的物质，还能实现物质与能量的相互转化。人类利用化学科学与技术在一个“纯天然”的地球上搭建了一个五彩缤纷的人造世界。我们的衣、食、住、行都离不开化学，正是那些无处不在的化学制品，使我们的生活变得多姿多彩、充满现代气息。



图 1-2 大多数服装面料中都含有化学合成纤维



图 1-3 化学肥料和农药的使用提高了世界粮食产量



图 1-4 现代建筑和装饰材料很多来自化学工业



图 1-5 制造现代交通工具的材料大多是用化学方法生产的



观察思考

1-1

教室中物体原料的来源

仔细观察教室中的各种物体，说一说哪些是由自然界中本来就有的物质制成的，哪些是由化学方法创造的物质制成的。假设周围所有的化学制品在一瞬间全部消失，我们的生活会变成什么样子？

纵观人类发展的历史，每一次时代变革都与化学科学的发展密不可分。从石器时代到青铜器时代、铁器时代，从钢铁、化石燃料得到广泛应用的工业革命时代到计算机和互联网技术飞速发展的信息时代，化学科学都扮演着重要的角色。如今，化学科学已渗透到社会生活的各个方面，特别是与人类社会密切相关的重要领域，如功能材料制造、新能源开发、环境保护、生命过程研究、太空探索等。

依靠化学，人类架起了从贫穷走向繁荣、从蒙昧走向文明、从地球走向太空的桥梁。

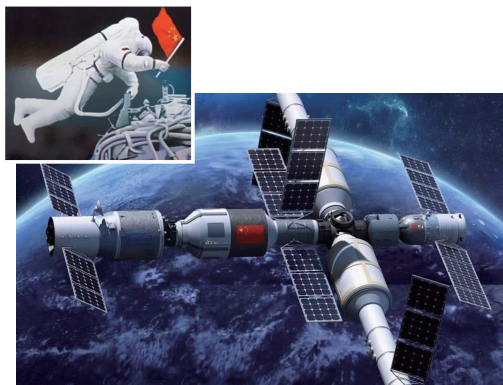


图 1-6 化学合成功能材料、化学燃料技术的发展，成就了中国人的飞天梦想



图 1-7 利用化学技术研制高性能电池、研发新能源汽车，可减少化石燃料的消耗

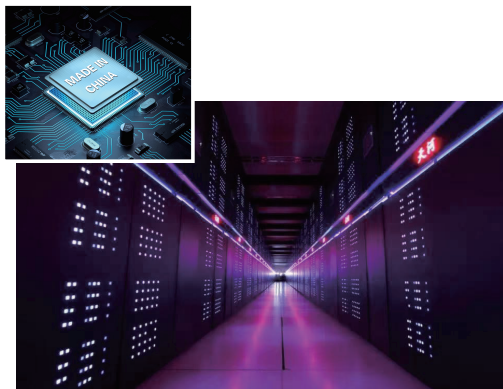


图 1-8 利用化学工艺制造芯片、光导纤维，研发超级计算机，使人类进入快速发展的信息时代



图 1-9 应对突发公共卫生事件时，利用化学手段检测病情并研发新型药物，为生命保驾护航

中华人民共和国成立以来，我国化学家勇于创新、团结协作、攻坚克难，取得了令人瞩目的成就，为推进科技创新和社会发展做出了重要贡献。例如，1965年，我国化学家成功合成了结晶牛胰岛素，首次在世界上实现了蛋白质的人工合成；1969年至

1973年，屠呦呦率领团队运用化学方法研制的新型抗疟药青蒿素和双氢青蒿素，挽救了全球特别是发展中国家数百万人的生命。



图 1-10 我国科学家成功合成结晶牛胰岛素



图 1-11 屠呦呦研制新型抗疟药，于 2015 年获诺贝尔生理学或医学奖

现代化学作为一门中心的、实用的、创造性的科学，正以崭新的观念和方式改变着世界，使人类的生活更加健康、安全、幸福。

多识一点 >>>

创造的化学

诺贝尔化学奖获得者伍德沃德 (R.B. Woodward, 1917—1979) 曾说过：化学家在旧的自然界旁边又创造了一个新的自然界。从“创造”的角度看，没有任何学科能够与化学媲美。化学所关心的不单单是自然界已有的物质，更是创造自然界没有的物质，合成化学是化学的中心。

已报道的人工合成的最大的无机纳米团簇分子 $\{\text{Na}_{48}[\text{H}_x\text{Mo}_{368}\text{O}_{1032}(\text{H}_2\text{O})_{240}(\text{SO}_4)_{48}]\cdot 1\,000\text{H}_2\text{O}\}$ 如图所示，其结构之精巧令人惊叹！该类纳米团簇分子在工业催化剂领域有着广泛的应用前景。

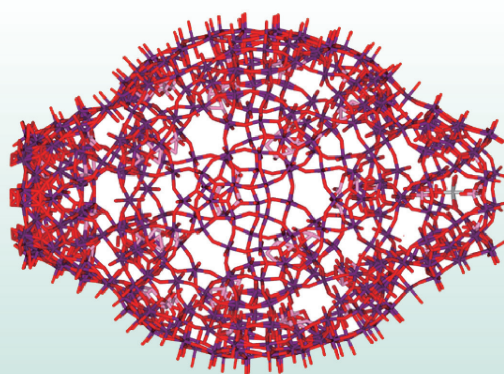


图 1-12 已报道可合成的最大无机分子

二、物质的变化与性质

化学改变世界的途径是使物质发生化学变化。
那么，什么样的变化是化学变化呢？



图 1-13 光合作用



图 1-14 葡萄酿成酒



图 1-15 铁生锈

生活经验告诉我们，上图所示的变化都有新物质生成。这种生成新物质的变化叫作**化学变化**，也叫化学反应。没有生成新物质的变化叫作**物理变化**。

怎样判断物质是否发生了化学变化呢？



观察思考

1-2

观察化学变化的现象

实验 1. 点燃镁条。

实验现象

实验 2. 向试管中加入少量氢氧化钠溶液，再用滴管滴加几滴酚酞试液。

实验现象

实验 3. 将几颗锌粒放入试管中，再加入 1 ~ 2 mL 稀盐酸。

实验现象

实验 4. 向试管中加入 1 ~ 2 mL 硫酸铜溶液，再用滴管滴加几滴氢氧化钠溶液。

实验现象

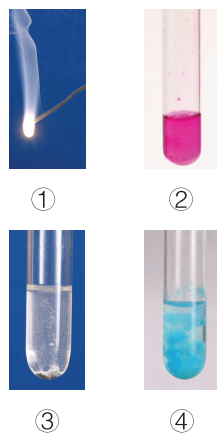


图 1-16 化学反应中伴随发生的一些现象

方法导引

化学实验中的观察

观察是研究和学习化学的重要方法。在化学实验中，应依据实验目的，积极调动多种感官，有重点、有计划地进行观察。通常在实验前需观察反应物的颜色、状态，实验装置的特点；在实验中需观察物质发生变化所需要的条件以及产生的各种现象，如颜色发生变化、产生气体或沉淀；在实验后需观察生成的新物质的颜色、状态，等等。要注意将观察与思考相结合，如果在实验中观察到了“异常现象”，应坚持实事求是的态度，认真分析可能的原因，必要时可重复实验过程来进一步观察和分析。

化学变化的基本特征是有新物质生成，在这个过程中常常伴随发光、发热、颜色变化、产生气体、生成沉淀等现象。我们通常可以通过观察这些现象来推断是否有新物质生成，进而判断是否发生了化学变化。

物质发生化学变化时不但生成了新物质，还伴随着能量变化。这种能量变化通常表现为热能、光能和电能的释放或吸收。如炸药、石油、煤炭等储存的能量都是通过化学反应释放出来的；而绿色植物则是通过化学反应（光合作用）将太阳能储存起来的。其实我们的身体就像一个复杂的“化学工厂”，食物、氧气、水等“原料”每时每刻都在体内进行着化学反应，为我们的生命活动提供能量。

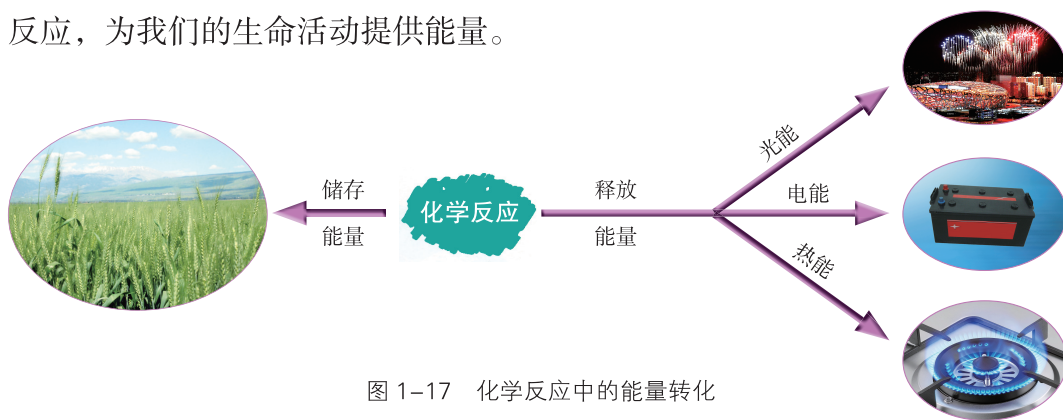


图 1-17 化学反应中的能量转化

我们把物质在化学变化中表现出来的性质，称为该物质的**化学性质**，如镁条可以燃烧，氧气可以支持燃烧，氢氧化钠能使酚酞试液变红，盐酸能与锌粒反应等；而物质不需要发生化学变化就表现出来的性质，称为该物质的**物理性质**，如物质的颜色、气味、密度、熔点、沸点和导电性等。每一种物质都具有特定的物理性质和化学性质，这与物质的组成和结构密切相关。

三、物质构成的奥秘

从杯子中的水到遥远太空中的恒星，宇宙中的一切物质都是由什么构成的？

人类经过长期的探索研究，认识到世界万物都是由极其微小的粒子（分子、原子等）构成的。如水是由水分子构成的，水分子很小很小，我们的肉眼根本就无法看到。一滴水中大约聚集有 10^{21} 个水分子，如果能有一种仪器把水分子放大到一定程度，你会看到每个水分子都是由两个氢原子和一个氧原子紧密结合在一起形成的，而且水分子中的氢原子和氧原子按一定的角度排列成了特定的空间形状。

化学上分别用符号 H、O 和 H_2O 表示氢原子、氧原子和水分子。

氢原子和氧原子不仅能相互结合形成水分子，还能两两自相结合形成氢分子和氧分子（分别用化学符号 H_2 和 O_2 表示）。大量的氢分子聚集成氢气，大量的氧分子聚集成氧气。

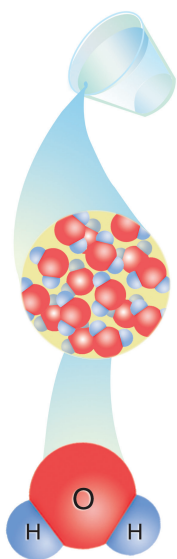


图 1-18 水与水分子 (H_2O)

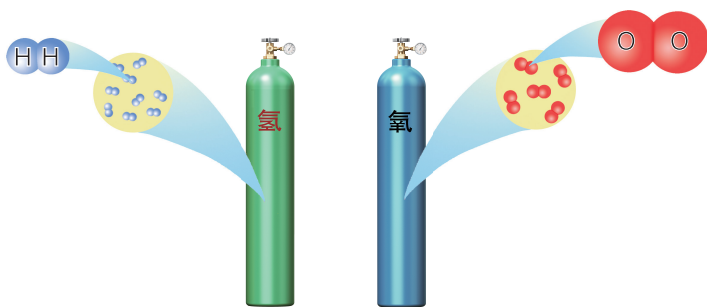


图 1-19 氢气与氢分子 (H_2)

图 1-20 氧气与氧分子 (O_2)

构成物质的分子、原子等微观粒子不同，物质表现出的性质就不一样，如氢气、氧气和水。即便是由相同的微观粒子构成，粒子的排列方式不同，物质表现的性质也不同。如金刚石和石墨都是由碳原子构成的，但它们的性质却差异巨大，金刚石是自然界中硬度最大的物质，而石墨则很软、有滑腻感。金刚石和石墨性质的差异是由碳原子之间形成的不同的化学结构决定的。

物质内部原子、分子的连接方式、空间排布和顺序就是物质的化学结构。洞悉化学结构是研究物质化学性质的重要基础。

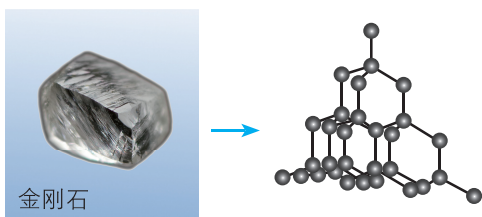


图 1-21 金刚石及其结构模型

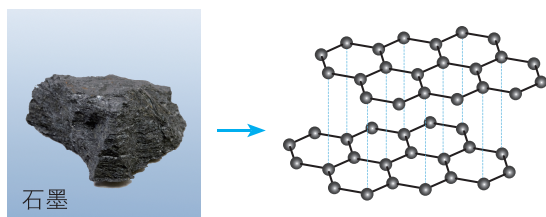


图 1-22 石墨及其结构模型

如今，科学家们不仅能够通过扫描隧道显微镜（STM）观测到原子和分子，而且实现了对原子、分子的移动、排列和复制。**化学**就是在分子层次上研究物质的组成、结构、性质、转化及其应用的一门基础学科，它指导着我们更科学地认识、改造和应用物质。

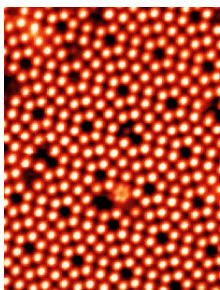


图 1-23 用 STM 技术拍摄的硅原子图像

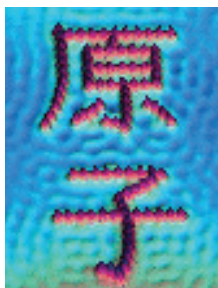


图 1-24 用 STM 技术将 101 个铁原子排列成最小的汉字

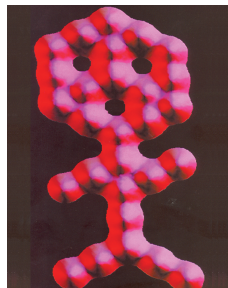


图 1-25 用 STM 技术将二氧化碳分子排列成“分子小人”

长话短说

1. 化学变化是有新物质生成的变化，通常伴随发光、发热、颜色变化、产生气体、生成沉淀等现象。通过化学变化，人们实现了物质和能量的转化。

2. 世界上的物质都是由微观粒子（分子、原子等）构成的。这些微观粒子以不同的方式结合，就形成了不同的化学结构。物质的结构决定物质的性质，物质的性质包括物理性质和化学性质。

3. 化学是一门中心的、实用的、创造性的科学，它指导着我们更科学地认识、改造和应用物质。

练习与应用

1. 化学变化和物理变化的主要区别是什么？如何判断物质是否发生了化学变化？请区别以下各组变化中的化学变化和物理变化。

- | | |
|----------------|-----------------|
| (1) 铁生锈和铁水铸成铁锅 | (2) 咬碎食物和消化食物 |
| (3) 火柴折断和火柴点燃 | (4) 蜡烛受热熔化和蜡烛燃烧 |

2. 下列关于物质性质的描述中，属于物理性质的是_____，属于化学性质的是_____。

- | | |
|-----------------|-------------------|
| A. 纯净的水是无色无味的液体 | B. 天然气可以燃烧 |
| C. 铜丝能够导电 | D. 氧气密度比空气大且不易溶于水 |

3. 通过本节的学习，你对化学有了哪些新的看法？你是如何看待化学是一门创造性的科学？请以“我心目中的化学”为题，写一篇短文向大家介绍你所了解和认识的化学。

第二节 | 体验化学探究

化学真是太奇妙了，它几乎无处不在，时刻影响着我们的生活，不断地推动着人类社会向前发展。化学科学的每一项成果都是通过科学探究获得的，科学探究也是我们学习化学的重要方式。那么，怎样开展化学科学探究呢？

一、从问题开始

科学始于问题，如果没有了问题，科学发展就走到了尽头。化学科学就是在不断发现问题和解决问题的过程中向前发展的。



观察思考

1-3

观察蜡烛燃烧并提出有探究价值的问题

提出一个问题，往往比解决一个问题更重要，因为解决一个问题也许仅是一个数学上或实验上的技能而已，而提出新的问题、新的可能性，从新的角度去看旧的问题，都需要有创造性的想象力，而且标志着科学的真正进步。

——爱因斯坦

你也许认为自己对蜡烛燃烧现象再熟悉不过了，哪里还有什么值得探究的问题。然而，19世纪英国科学家法拉第（M. Faraday, 1791—1867）在观察蜡烛燃烧后提出了数十个需要探究的科学问题，并且这些问题的解决带来诸多新的科学发现。现在也请你尝试观察蜡烛燃烧现象，看看你能提出哪些有探究价值的问题。



图 1-26 燃烧的蜡烛

〔观察现象〕

1. 取一支蜡烛，点燃，仔细观察刚点燃时、燃烧过程中、刚熄灭时、熄灭 1 分钟后的现象。

2. 取一根火柴梗，将其从垂直火焰方向迅速插入蜡烛火焰中部，约3秒后取出，观察火柴梗不同部位的烧灼情况。

3. 在蜡烛火焰上方罩上一个冷而干燥的烧杯，观察烧杯内壁上的现象；再将烧杯迅速倒置，向其中加入少量澄清石灰水，振荡，观察现象。

〔提出问题〕

1. _____。

2. _____。

……

敏锐观察和深入思考是提出问题的关键。如果能做到仔细观察，不轻易放过任何“反常”现象，不轻信现成的结论，不迷信权威的观点，养成独立思考的习惯，那么提出有探究价值的问题就不再是一件难事。

| 科技创新 >>>

未来具有挑战性的科学问题

人类对自然界未知领域的探索从未停止，提出和凝练重大科学问题是科技创新的重要体现。2005年，世界著名的学术期刊《科学》杂志在其创刊125周年之际，曾提出125个最具挑战性的科学问题，这些问题对科学发展产生了积极影响。

2021年4月，上海交通大学携手《科学》杂志共同发布了新一版的全世界最前沿的125个重大科学问题。这些问题涉及数学、化学、医学健康、生命科学、天文学、物理学、信息科学、材料科学、神经科学、生态学、能源科学和人工智能等多个领域。其中，化学领域最前沿的科学问题包括以下9个方面。

1. 还有更多色彩元素可发现吗？
2. 元素周期表是否完整？
3. 如何在微观层面测量界面现象？

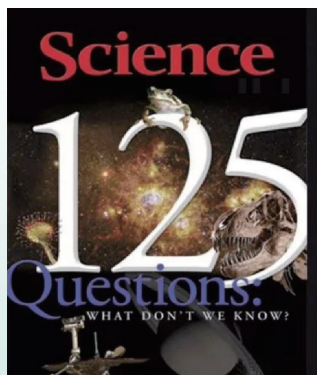


图 1-27 《科学》杂志封面

4. 能量存储的未来是怎样的？
5. 为什么生命需要手性？
6. 我们如何更好地管理世界上的塑料垃圾？
7. 人工智能会重新定义化学的未来吗？
8. 物质如何被编码而成为生命材料？
9. 是什么驱动生命系统的复制？

同学们，你们对这些科学问题感兴趣吗？期待在不久的将来，你们能够解答这些问题，为推动科技进步、服务人类社会发展做出卓越贡献！

二、通过实验探究解决问题

有了问题，就要设法寻找答案。如何寻找问题的答案呢？首先要根据以往的经验或已有的知识，提出猜想或假设，然后通过实验、调查等方法收集证据，基于证据进行分析推理，形成结论，最后还要对探究的过程及结论进行反思评价。



活动探究

1-1

探究蜡烛燃烧的奥秘

〔提出问题〕

小明在观察蜡烛燃烧时发现了这样的现象：蜡烛的火焰集中在烛芯周围，石蜡在不断熔化而液态的石蜡却没有直接燃烧。这是为什么呢？固体石蜡是否需要变成石蜡蒸气后才能被点燃？

你提出的问题：_____？

〔猜想与假设〕

小明的假设：在空气中点燃蜡烛时，固体石蜡要变成蒸气才能燃烧。

你的假设：_____。

〔设计并实施实验方案〕

小明设计了下列实验方案来验证自己的假设：

1. 从蜡烛上刮下一些固体石蜡，放在蒸发皿里，尝试用火柴点燃。
2. 点燃一支蜡烛，待烛芯周围有较多的石蜡油产生时，熄灭蜡烛，立即尝试用火柴点燃石蜡油。
3. 用坩埚钳夹持一根短玻璃管，将其一端插入燃着的蜡烛烛芯附近，一段时间后用火柴在玻璃管另一端点燃。

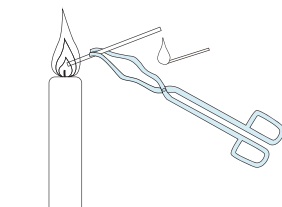


图 1-28 点燃短玻璃管

请你按照小明设计的实验方案验证他的假设或自行设计实验方案验证你的假设。

〔形成结论〕

小明获得的结论：石蜡是先熔化成液态再变成气态才燃烧的，气态的石蜡比液态或固态的石蜡更容易被点燃。

你获得的实验结论：_____。

〔反思与交流〕

1. 对探究过程的反思

小明的反思：在试图点燃液态石蜡时，起初是先把石蜡油滴到蒸发皿中再尝试点燃的，结果由于石蜡油冷凝太快，始终未能得到液态石蜡。后来想到的改进方法：将小块石蜡放在蒸发皿中，加热至融化后，尝试直接点燃石蜡油，获得了预期的效果。可见勤于思考是保障探究成功的关键！

你的反思：_____。

2. 有待进一步研究的问题

(1) 从石蜡燃烧火焰的不同部位引出的气体都能继续燃烧吗？

(2) 如何证明石蜡燃烧是化学变化？

你还能提出哪些有待进一步研究的问题：_____？

三、对探究活动进行反思总结

确定了科学探究的问题后，从设计实验方案到实施实验需要“三思而后行”；探究实验完成后，还应“行后而三思”。只有对探究活动的过程和结果进行认真的反思总结，才能使我们不断进步。



活动探究

1-2

书写化学实验探究报告

当探究活动结束后，还有一项重要的任务是对自己的探究活动进行反思总结，完成实验探究报告，并与他人进行交流。

请你参考右边的格式，将你在“活动探究 1-1”中的探究活动写成一篇文章完整的化学实验探究报告。

化学实验探究报告

姓名：____ 合作者：____ 班级：____ 日期：____

实验名称：_____

实验目的：_____

实验过程和现象：_____

实验结论：_____

实验反思：

1. 对本次实验的反思：_____

2. 希望进一步探究的问题：_____

方法导引

活动反思

反思是科学探究活动的重要环节。通常可以从以下方面开展反思：探究方法是否科学、有效？探究步骤是否合理、有序？探究过程是否安全、环保？探究结论是否全面、合理？有哪些问题需要进一步深入探究？还有哪些经验教训？在此基础上，才能获得对探究问题的深刻理解，不断提升运用科学探究解决问题的能力。

化学科学的神奇之处在于它不仅能改造物质世界，还能丰富我们的精神世界。通过实验探究学习化学，有助于我们增进对物质世界的了解，提升科学探究的能力，发展科学探究的态度。科学探究既需要动手操作，更需要动脑思考，它是一个“动手”与“动脑”紧密结合的实践活动。科学探究还是一个合作与交流的过程，只有积极参与、充分表达交流才能享受到科学探究的乐趣。

学会交流

1. 善于倾听别人的意见；
2. 勇于表达自己的观点；
3. 寻找支持自己观点的证据。

长话短说

1. 科学探究是学习化学重要而有效的途径，化学实验是进行科学探究的重要方式。
2. 科学探究过程包括提出问题、形成假设、设计并实施实验或调查方案、获取证据、分析解释数据、形成结论及建构模型、反思评价及表达交流等要素。
3. 科学探究是一个“动手”与“动脑”紧密结合的实践活动，是一个充满挑战且奇妙无比的科学旅程。

练习与应用

1. 议一议：下列说法是否合理？为什么？

- (1) 当个人的观点与大多数人的观点不一致时，应三缄其口。
- (2) 当个人的实验结论与书上的权威结论不一致时，应服从权威。
- (3) 当个人实验获得了与多数人不同的结果时，应查找原因、重复实验。
- (4) 在进行实验之前，应明确实验目的，设计好实验方案，做好实验准备。

2. 有人认为，科学探究应该“大胆猜想，小心求证”，你同意这种观点吗？阐述你的理由。

3. 食盐是你每天都需要摄入的物质，你观察过食盐溶于水的过程吗？通过食盐溶于水的实验你能提出多少问题？获得哪些发现？请你选择其中一个感兴趣的问题进行实验探究，并写出化学实验探究报告。

第三节 | 走进化学实验室

化学是一门以实验为基础的学科，在“做实验”中“学化学”是化学学习的主要方法。化学实验室是学习化学的重要场所，在这里你要利用各种仪器、试剂，完成你精心设计的实验，为你的猜想收集证据，在细致的观察中发现问题，动手、动脑探究化学世界的奥秘。

一、认识化学实验室

化学实验室中有各种设备、仪器和试剂供我们做实验，只有充分地认识并用好它们，才能顺利地完成实验。



观察思考

1-4

认识化学实验室



图 1-29 化学实验室

左图是某学校的化学实验室，它与你们学校的化学实验室一样吗？走进你的化学实验室，找一找：

1. 实验室中电源、灭火器在什么位置？安全通道在哪里？
2. 排气扇、废液缸在什么位置？它们有什么作用？
3. 化学实验仪器、试剂放在何处？

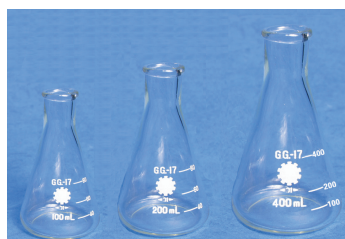
做实验时，你常常需要用到下列化学仪器。这些仪器有什么特点和用途？在学习化学之初，你最需要了解和认识它们。



试管和试管架



试管夹



锥形瓶



烧杯

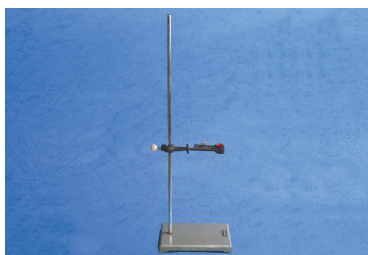


水槽

集气瓶



量筒



铁架台



酒精灯



滴瓶

图 1-30 常用化学实验仪器

交流共享

根据书后的附录 I，认识上述实验仪器的特点、用途和使用注意事项。

二、遵守化学实验室安全规则

走进化学实验室，你会抑制不住内心的好奇，想马上开始做实验。然而，如果不遵守实验室规则，不按照实验要求进行操作，化学实验有可能会发生意外事故。



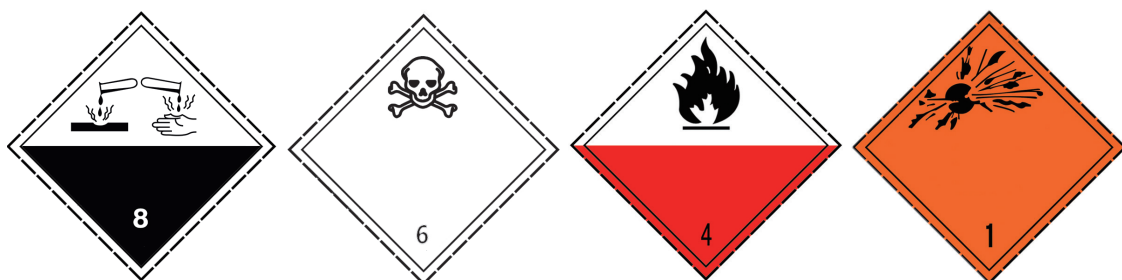
交流共享

如下所示是某学校制定的化学实验室安全规则。回想一下物理实验室和生物实验室的安全规则，你认为在化学实验室中还应遵循哪些安全规则？

化学实验室安全规则

1. 了解实验室布局，熟悉实验室的安全防护设施及使用方法。
2. 不能将食品和饮料带进实验室，禁止在实验室内喧哗打闹。
3. 严禁擅自动手做实验，切勿随意乱动实验仪器和其他设备。
4. 实验过程中应遵循实验步骤，安全规范使用实验仪器。
5. 注意节约试剂，严格按照实验规定的用量取用试剂。
6. 保持实验室清洁，及时将实验产生的废物、废液等放入指定的容器内。
7. 实验完毕后，清洗实验仪器并整理实验物品，关闭电源和水源。
8. 严禁将实验仪器和物品等带离实验室。

有些化学品的试剂瓶上标有危险化学品标志，说明这些化学品有一定的危险性，使用时要仔细阅读使用说明，确保安全。



腐蚀性物质

毒性物质

易于自燃的物质

爆炸性物质

图 1-31 常见危险化学品标志

多识一点 >>>

发生意外怎么办

做实验的时候，万一发生意外，不要惊慌，应采取恰当的处理方法，并及时向老师报告。

(1) 烫伤：立即用冷水冲洗烫伤处，并涂上烫伤膏。

(2) 酸、碱灼伤：应先用大量冷水冲洗灼伤处；若试剂溅入眼睛内，千万不要用手揉眼睛。

(3) 实验台上起了火：迅速移开可燃物，用湿布或沙子覆盖，或使用灭火器。

三、具备基本的化学实验技能

取用和称量化学试剂、对物质进行加热、连接仪器和装置、洗涤仪器等，是开展化学实验探究活动必须具备的基本实验技能。只有掌握了这些实验基本功，才能安全、准确地进行各种化学实验，并获得可靠的实验结果。

(一) 化学试剂的取用

实验室中的化学试剂，很多是易燃、易爆、有腐蚀性或有毒的，取用化学试剂一定要遵循取用规则，并严格按照实验规定的用量取用。



固体、液体试剂的取用

观察实验室中固体试剂、液体试剂是如何存放的，思考下列问题：

1. 怎样把粉末状或块状固体试剂装入试管中？
2. 怎样把试剂瓶中的液体试剂加入试管中？



图 1-32 向试管里加入粉末状固体

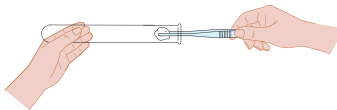


图 1-33 向试管里加入块状固体

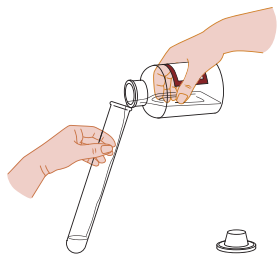


图 1-34 向试管中倾倒液体

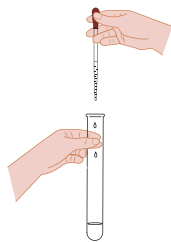


图 1-35 向试管中滴加液体

固体试剂通常保存在广口瓶中。取用粉末状固体试剂使用药匙或纸槽，取用块状固体试剂通常使用镊子。取用试剂时，先将试管平放，再将盛有粉末状固体的药匙或夹持块状固体的镊子伸入试管中，然后将试管慢慢地竖立，使固体试剂缓缓地滑落至试管底部。用过的药匙或镊子要立即擦拭干净，以备下次使用。

液体试剂通常保存在细口瓶里，取用时可以倾倒或滴加。向试管中倾倒液体试剂时，先取下瓶塞，倒放在桌面上，然后手心对着标签拿起瓶子，使瓶口紧靠试管口，将液体缓缓倒入试管。用胶头滴管向试管中滴加液体试剂时，胶头滴管应垂悬在试管口上方，不要接触试管。取液后的胶头滴管，应保持橡胶胶帽在上，不要平放或倒置。



取用试剂时要控制用量。如果没有明确说明用量，一般按照最少量(1~2 mL)取用液体，固体只需盖满试管底部即可。如果要取用规定数量的试剂，则需要使用量筒或天平。

交流共享

- (1) 为什么不能向竖立的试管中直接加入固体试剂?
- (2) 从试剂瓶中倾倒液体试剂时, 为什么要倒放瓶塞、标签朝向手心?
- (3) 取液后的胶头滴管为什么不能平放或倒置? 是否需要清洗?

(二) 物质的加热

有些化学反应需要在加热条件下进行, 实验室中最常用的加热仪器是酒精灯。使用酒精灯时, 先取下灯帽, 用火柴点燃酒精灯, 再用温度较高的外焰给物质加热, 使用完毕用灯帽盖灭酒精灯。



图 1-36 酒精灯的使用

实验过程中酒精灯内的酒精量一般控制在酒精灯容量的 $\frac{1}{3}$ 至 $\frac{2}{3}$ 。切忌向燃着的酒精灯内添加酒精, 也不能用燃着的酒精灯去点燃另一个酒精灯, 更不能用嘴吹灭酒精灯。

观察思考

1-6

给试管里的液体加热

用酒精灯给试管里的液体加热的方法如右图所示。

思考:

1. 试管内液体的量是不是越多越好?
2. 开始加热时, 如何预热试管?
3. 加热过程中试管口能否对着自己或他人?

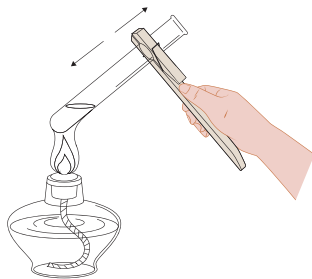


图 1-37 给试管里的液体加热

给试管里的液体加热时，试管外壁应保持干燥，试管里的液体不要超过试管容积的 $\frac{1}{3}$ 。将试管夹从试管的底部套入，夹持在离试管口约 $\frac{1}{3}$ 处，使试管略微倾斜。先将试管预热，加热过程中不断地上下稍稍移动试管。加热时切不可将试管口对着自己或他人，以免液体沸腾溅出伤人。不要触碰刚加热完的试管，也不要立即用冷水冲洗试管。



观察思考

1-7

给试管里的固体加热

给试管里的固体加热的实验装置如右图所示。

思考：

1. 应按怎样的顺序安装各种仪器？
2. 试管口为什么要略低于试管底？
3. 铁夹应夹持在试管的什么位置？

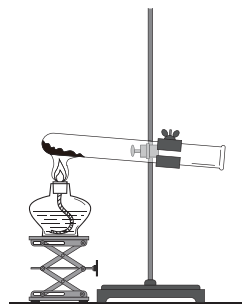


图 1-38 给试管里的固体加热

给试管里的固体加热时，先放置好酒精灯，然后根据酒精灯火焰的高度，将盛有固体试剂的试管固定在铁架台上，试管口略向下倾斜，以免加热时产生的液体倒流使试管底部炸裂。先移动酒精灯均匀加热试管，然后将酒精灯固定在有试剂的部位加热。

(三) 仪器的连接与洗涤

正确连接仪器装置是化学实验中的重要环节，也是保证实验安全、成功的重要因素。实验结束时及时清洗实验仪器，整理好实验用品，则是同学们应该养成的良好实验习惯。

初中化学实验中常用的仪器连接是胶皮管、玻璃管、橡皮塞等的连接操作。



观察思考

1-8

1. 将玻璃管插入胶皮管时，先将玻璃管一端用水润湿，然后一手持玻璃管，一手持胶皮管，稍稍用力转动插入。

2. 用带玻璃管的橡皮塞塞住试管时，一手持试管，一手持橡皮塞，稍稍用力转动塞入试管中。

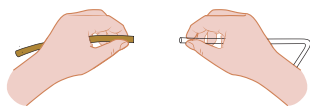


图 1-39 在玻璃管上套上胶皮管

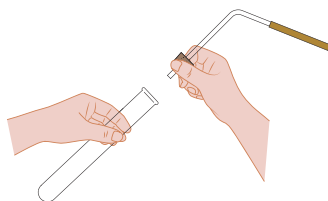


图 1-40 用橡皮塞塞住试管口

思考：

1. 连接玻璃管和胶皮管时，为什么要先用水将玻璃管口润湿？
2. 将带玻璃管的橡皮塞塞住试管时，为什么要手握橡皮塞转动塞入？

每次实验结束后要将仪器洗涤干净。以试管的洗涤为例，先将试管中的废液倒入废液缸中，再注入适量的水，振荡后把水倒掉，如此反复几次。如果试管内壁附有不易冲洗掉的物质，要用试管刷刷洗。刷洗时将试管刷轻轻转动或上下移动进行刷洗，注意用力不要过猛，以防损坏试管。

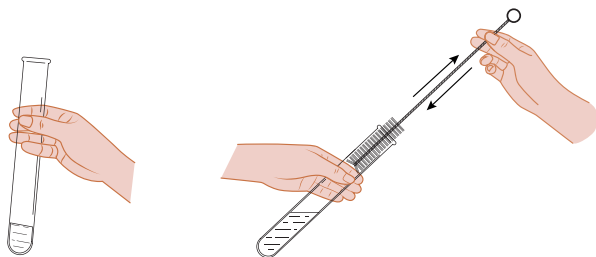


图 1-41 试管的洗涤

玻璃仪器洗涤干净的标准是：在仪器内壁水既不聚成水滴，也不成股流下。

长话短说

1. 化学实验室是进行化学实验的重要场所，要严格遵守实验室安全规则。
2. 规范的实验操作是实验成功的重要保证，掌握基本的化学实验技能，可确保实验的正确、安全、可靠。

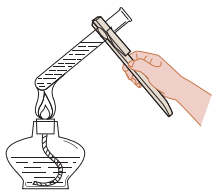
练习与应用

1. 开展化学实验首先要认识并掌握实验室常用仪器的用途。请选择合适的仪器回答下列问题（填写仪器名称）：

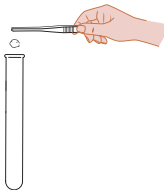


- (1) 可用作反应容器且可直接加热的是_____；
- (2) 用于给物质加热的仪器是_____；
- (3) 取用粉末状固体试剂时用到的仪器是_____；
- (4) 实验时取 30 mL 的水需要的仪器是_____和_____；
- (5) 具有固定和支持作用的仪器是_____。

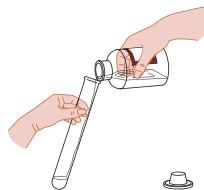
2. 如图所示，下列实验操作中，正确的是（ ）。



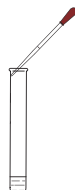
A. 加热液体



B. 取用固体试剂



C. 倾倒液体试剂



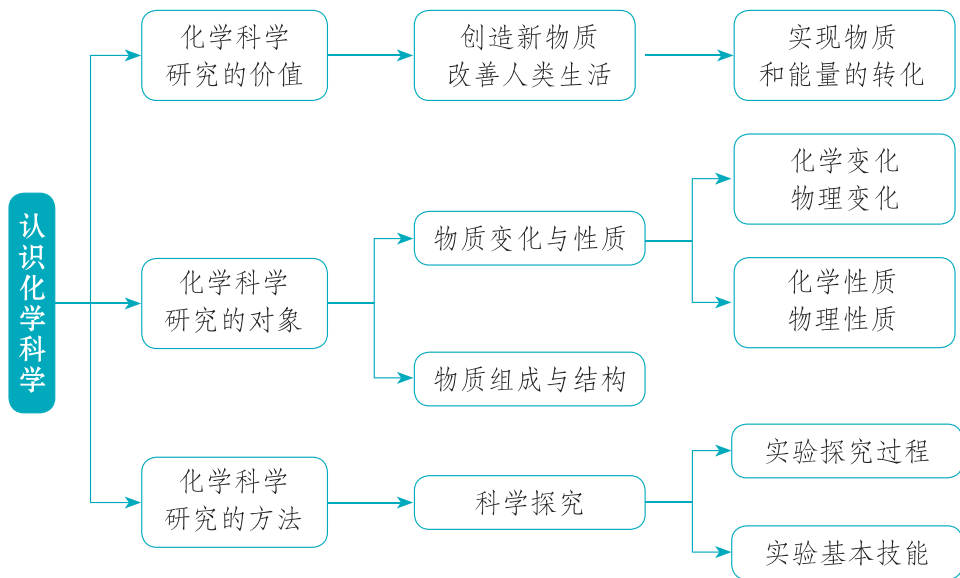
D. 滴加液体

3. 进行化学实验时安全要放在首位。下列做法符合安全要求的是（ ）。

- A. 向燃着的酒精灯内添加酒精
- B. 将实验后剩余的试剂放入指定容器内
- C. 给试管中的液体加热时试管口对着他人
- D. 将废液直接倒入水槽并冲进下水道

单元总结

通过本单元的学习，你对化学科学有了哪些认识？从它的研究价值、研究对象、研究方法等方面，参考下图线索，梳理总结本单元的学习内容和学习感悟。



单元测评

- 下列叙述不正确的是（ ）。
 - 物质都是由分子、原子等微观粒子构成的
 - 化学变化的过程伴随着能量变化
 - 科学探究是一个“动手”与“动脑”紧密结合的实践活动
 - 化学科学和技术的快速发展必然会导致生态环境的恶化
- 下列变化中，与另外三个有本质区别的是（ ）。
 - 铁锅生锈
 - 牛奶变酸
 - 葡萄酿酒
 - 水结成冰

3. 下列行为中, 不符合实验室操作规范的是 ()。

- A. 酒精灯被碰翻着火时, 立即用湿抹布盖灭
- B. 给试管中的固体加热, 试管口要略低于试管底
- C. 取液后的胶头滴管不可平放或倒置
- D. 为提高实验操作效率, 直接用手抓取没有毒性的药品

4. 下面是有关酒精的性质和用途的介绍, 阅读后回答问题:

酒精是一种无色透明、具有特殊气味的液体, 易挥发, 能与水以任意比例互溶。酒精易燃烧, 常被用作酒精灯和内燃机中的燃料, 是一种绿色能源。

(1) 酒精的物理性质: _____。

(2) 酒精的化学性质: _____。

(3) 酒精的用途: _____。

(4) 酒精在燃烧过程中发生的能量转化主要是_____。

5. 用图示中的“关键词”填空:



晶莹的水滴是由大量_____聚集而成的, 水分子里的_____和_____是按一定的角度排列的。氢气是由大量_____聚集而成的, 氢分子是由_____自相结合构成的。氧气是由大量_____聚集而成的。由此可知, 某些不同类的原子可以相互结合构成分子, 某些同种原子也可以自相结合构成分子。

6. 请你参与某学习小组的下列探究活动, 并回答问题:

〔发现问题〕小明将一支燃烧的蜡烛轻轻吹灭后, 发现烛芯处产生一缕白烟。

〔提出问题〕小明思考: 这缕白烟的成分是什么呢?

〔形成假设〕大家展开了热烈讨论。小亮假设白烟是石蜡燃烧产生的二氧化碳; 小光假设白烟是石蜡燃烧产生的水蒸气; 小明假设白烟是石蜡蒸气凝结成的石蜡固体颗粒。

〔设计并实施实验方案〕

(1) 查阅资料: 烟是由固体颗粒形成的, 雾是由小液滴形成的。石蜡的熔点和沸点都很低, 很容易液化或气化。二氧化碳是无色且能使澄清石灰水变浑浊的气体, 没有可燃性。

(2) 实验探究:

① 吹灭蜡烛, 立即用一个内壁涂有澄清石灰水的烧杯罩住白烟, 观察到烧杯壁变得模糊。小亮由此得出结论: 白烟中可能含有二氧化碳。

② 吹灭蜡烛, 立即用一块干而冷的玻璃片罩在白烟上, 玻璃片上没有出现水雾, 而是出现了一些白色固体物质。小光由此得出结论: 白烟不是_____。

③ 吹灭蜡烛, 立即用燃着的木条靠近白烟, 发现蜡烛重新被点燃, 说明白烟具有可燃性, 这为_____的假设提供了证据, 同时可以排除_____的假设。

〔形成结论〕

(1) 由以上探究结果可知: _____的假设是正确的。

(2) 小亮在实验时确实看到澄清石灰水变浑浊, 但他获得的结论不正确, 原因可能是_____。

〔反思评价与表达交流〕

小光同学的反思: 蜡烛燃烧产生水, 由于温度高于 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 而呈气态, 不会凝结成雾状。所以不应该假设白烟是水蒸气。

小亮同学的反思可能是_____。

也许你对该小组的探究活动也有所思考, 你思考的问题是_____。

第二单元

认识物质的构成

第一节 原子

第二节 元素

第三节 物质组成的表示

放眼大千世界，无论是生命物质还是非生命物质，都是由分子、原子等微观粒子构成的。这些微观粒子的质量和体积都很小，但数量巨大。正是这些小到我们的肉眼根本无法看到的微观粒子，构成了从我们脚下的这个地球到浩瀚宇宙中的一切物质。

从古代的元素观、原子论，到近代的原子结构模型，再到今天的人工合成元素，人类从来就没有停止过对物质世界构成规律的探索，这样的探索和努力为我们带来的不仅仅是对宇宙认识的扩展，更是对我们自身认识能力的淬炼。

第一节 | 原子

水分子很小，那构成水分子的氢原子和氧原子岂不更小？这么小的原子还能不能再分呢？1808年，道尔顿（J. Dalton，1766—1844）提出原子是一个不可再分的实心球，是构成物质的最微小的粒子。然而汤姆孙（J. J. Thomson，1856—1940）等人通过实验改变了人们的这种认识。1897年，汤姆孙等人认真分析了高压放电管的阴极射线，发现该射线是由一种带负电荷的粒子形成的粒子流，这种粒子就是电子。汤姆孙进行了一系列实验后发现，不论他使用的阴极材料是什么，都会发射出电子。这让他意识到，所有物质的原子中都有电子！既然原子中存在更小的粒子——电子，那么原子就是可分的。

一、原子的结构

原子究竟有什么呢？若只有电子，怎么能保证原子为电中性呢？汤姆孙等人猜测原子中一定还有带正电的物质，并由此提出了新的原子模型——“葡萄干布丁”模型：原子呈圆球状，充斥着正电荷，而带负电荷的电子则像一粒粒葡萄干一样镶嵌其中。

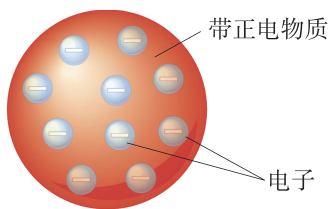


图 2-1 汤姆孙原子模型

1911年，卢瑟福（E. Rutherford，1871—1937）和他的研究团队用一束带正电的、质量比电子大得多的高速 α 粒子轰击一张极薄的金箔。他们预测这些 α 粒子会毫不费力地击穿金原子，顺利到达对面

的探测板上。实验结果却发现：绝大多数 α 粒子能穿过金箔且不改变原来的方向，但有一小部分却改变了原来的前进方向，甚至有极少数的 α 粒子被反弹了回来！

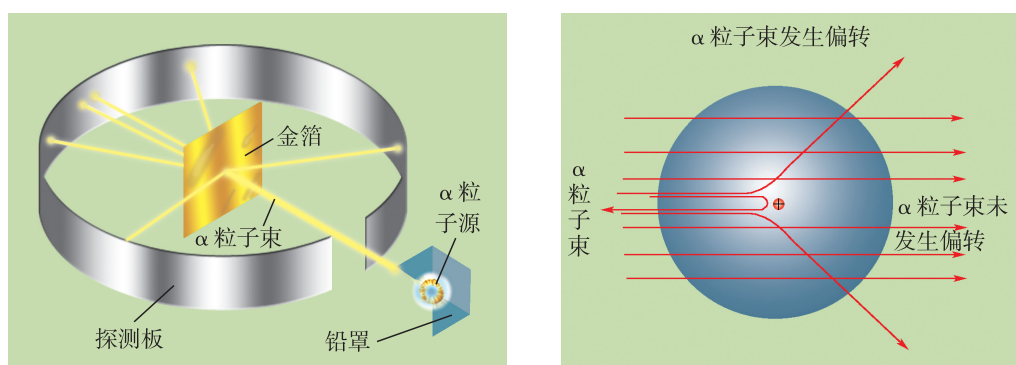


图 2-2 α 粒子轰击金箔的实验示意图

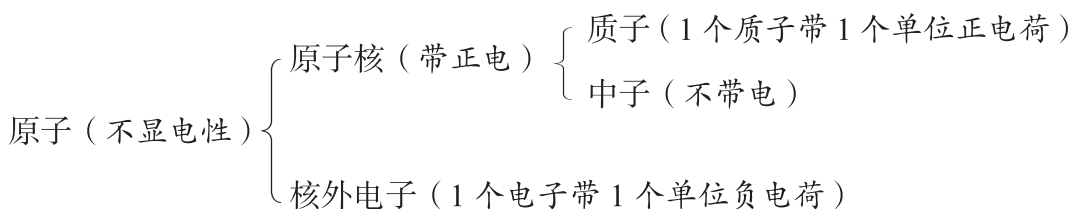
方法导引

模型建构

模型是对研究对象的本质特征、构成要素及其相互关系的一种概括性的描述。化学科学研究中模型的建立和发展需要借助实验事实及相关科学理论的指导。随着新的实验证据和理论的出现，原有模型会被新模型替代。运用模型方法，我们可以概括地描述原子、分子等微观粒子的结构特点和变化规律，进而从微观视角对一些宏观现象作出解释和预测。

卢瑟福等人认为，极少数 α 粒子被反弹回来是因为它们和金原子中某种极为坚硬密实的核发生了“碰撞”。这个核很小、带正电，却集中了原子的大部分质量，称为原子核。从而推测原子是由原子核和核外电子构成的，电子在原子核外“很大”的空间里运动。

原子核很小，它的体积仅为原子体积的几千亿分之一。即使这样，原子核仍然是可以再分的。后来的研究表明，原子核是由带正电荷的质子和不带电的中子构成的，因此原子核带正电，其所带的正电荷数称为**核电荷数**。质子和中子的质量差不多，都比电子大得多，质子质量约为电子质量的1 836倍，因此原子的质量几乎全部集中在原子核上。



观察思考

2-1

探寻原子构成的规律

下表列出了几种原子的相关信息，观察分析表中信息，看看你能得出哪些结论。

名称	符号	质子数	中子数	核外电子数
氢	H	1	0	1
氧	O	8	8	8
钠	Na	11	12	11
氯	Cl	17	18	17
碳-12	^{12}C	6	6	6
碳-13	^{13}C	6	7	6
碳-14	^{14}C	6	8	6

在原子中：核电荷数=质子数=核外电子数

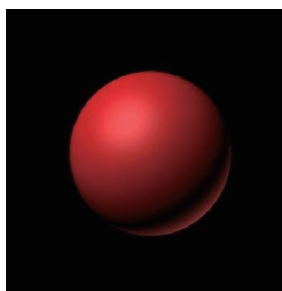


活动探究

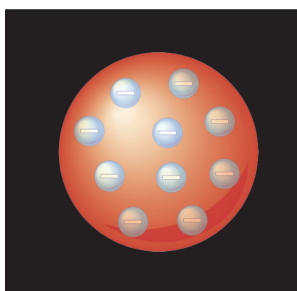
2-1

制作原子结构模型

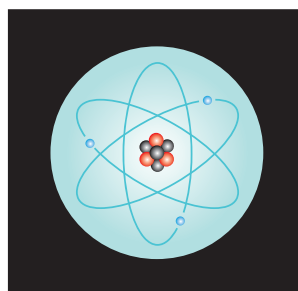
人类对原子结构的认识，是科学家们不懈追求、不断创新的过程。科学家们基于新的事实和证据，不断提出新的结构模型，深化和发展对原子结构的认识。



道尔顿模型



汤姆孙模型



卢瑟福模型

图 2-3 原子结构模型的演变示意图

1. 观察上图，结合你的学习，分析科学家否定前者模型的理由是什么，提出新模型的证据又是什么。

2. 请发挥你的想象力和创造力，运用下列物品(也可以自己选择其他材料)，小组合作，设计并制作科学家们提出的原子结构模型。

实验物品：不同颜色的太空泥、细铁丝、细线、木牙签、硬纸板、剪刀、固体胶等。

原子是构成物质的一种微观粒子，金、金刚石、石墨等都是由原子直接构成的。原子具有微观粒子的一般性质，如质量和体积都很小，相互之间有间隔，存在着相互作用，总是在不断地运动等。

二、计量原子的质量

虽然所有原子都非常微小，但是它们的质量仍存在差异。例如，1个氧原子的质量为 2.657×10^{-26} kg，1个铁原子的质量为 9.288×10^{-26} kg。这么小的数字，书写和运算都很不方便，为此国际上统一采用相对原子质量来计量原子的质量。

以一个碳-12原子^①实际质量（ 1.993×10^{-26} kg）的 $1/12$ 作为基准，计算出其他原子的相对质量，就是这种原子的**相对原子质量**。

$$\text{相对原子质量} = \frac{\text{原子的实际质量}}{\text{碳-12原子实际质量的 } 1/12}$$

表 2-1 一些常用的相对原子质量^②

氢 (H)	1	镁 (Mg)	24	钾 (K)	39
碳 (C)	12	铝 (Al)	27	钙 (Ca)	40
氮 (N)	14	硅 (Si)	28	铁 (Fe)	56
氧 (O)	16	硫 (S)	32	铜 (Cu)	64
钠 (Na)	23	氯 (Cl)	35.5	锌 (Zn)	65

由上表可知：计量原子的质量时，采用“碳-12原子质量的 $1/12$ ”作为基准，所得的相对原子质量数值要比采用“千克”作为基准所得的实际原子质量数值更简约，更便于比较和运算。

^① 碳-12原子是指含有6个质子和6个中子的碳原子。

^② 表中的相对原子质量数值全部采用“四舍五入”法取整数（氯除外），其他原子的相对原子质量可从书后附录 II 中查到。

科学计量

说到计量，其实你一点也不陌生，上学期你有没有称体重、量身高、测量肺活量？那就是在计量你成长发育的阶段性成果呢！然而，计量也不是一件简单的事情，要讲究科学。

一要科学选择计量单位，以使得计量结果易于比较和运算。例如，计量从你家到学校的距离可以用“千米”为单位，而计量恒星之间的距离则要用“光年”为单位。

二要科学选择计量工具，以保证计量结果的精确性。例如，在实验室称取少量的固体试剂时，可以使用托盘天平，其误差不超过 0.1 g；而称量一辆装满货物的载重车时就要使用地秤，它的称量误差甚至达几十千克！如果你把少量的试剂放到地秤上去称量，其结果可想而知。

三、原子与离子、分子

在原子中，电子是体积最小、质量最轻的一种粒子。不同的原子含有的电子数目不同。例如，1 个碳原子含有 6 个电子，1 个氧原子含有 8 个电子。在多电子原子中，核外电子的能量是不同的。能量高的电子在离核较远的区域运动，能量低的电子在离核较近的区域运动。通常把电子在离核远近不同的区域运动称为电子的分层排布。

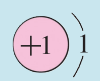
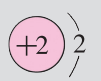
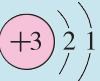
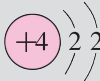
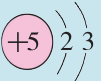





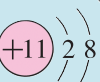
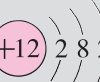






多识一点 >>>

原子结构的表示

用原子结构示意图可以方便简明地表示原子核外电子的排布。在原子结构示意图中，圆圈和圈内的数字表示原子核和核内质子数，弧线表示电子层，弧线上的数字表示该层的电子数。表 2-2 为部分原子的原子结构示意图。

核外电子对原子在化学反应中的表现有很大影响。金属原子最外层电子数一般小于 4，在化学反应中容易失去电子；非金属原子最外层电子数一般大于 4，在化学反应中容易得到电子。

表 2-2 部分原子的原子结构示意图

 氢 (H)							 氦 (He)
 锂 (Li)	 铍 (Be)	 硼 (B)	 碳 (C)	 氮 (N)	 氧 (O)	 氟 (F)	 氖 (Ne)
 钠 (Na)	 镁 (Mg)	 铝 (Al)	 硅 (Si)	 磷 (P)	 硫 (S)	 氯 (Cl)	 氩 (Ar)

在化学反应中，原子核是不变的，发生改变的只是原子核外的电子。原子失去电子后变成带正电荷的**阳离子**，得到电子后变成带负电荷的**阴离子**。例如，钠原子 (Na) 失去 1 个电子，形成带 1 个单位正电荷的钠离子 (Na^+)；氯原子 (Cl) 得到 1 个电子，形成带 1 个单位负电荷的氯离子 (Cl^-)。带相反电荷的钠离子和氯离子相互作用，就形成了新的物质——氯化钠 (NaCl)，它是食盐的主要成分。除氯化钠外，氧化镁 (MgO)、氯化钾 (KCl) 等很多物质都是由离子构成的。

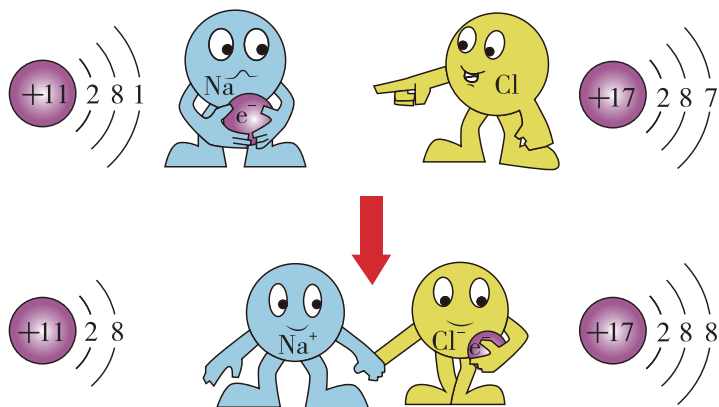


图 2-4 氯化钠形成过程的示意图

有些原子之间不是先转化成离子再构成物质的，而是原子之间直接结合形成分子，再由分子构成物质的。例如，1个氢原子（H）能与1个氯原子（Cl）结合，形成1个氯化氢分子（HCl），而1个氧原子（O）能与2个氢原子（H）结合，形成1个水分子（H₂O）。

原子、分子、离子都是构成物质的微观粒子。

多识一点 >>>

质子和中子还可以再分吗？

原子可以再分为质子、中子和电子，那么质子、中子和电子能否再分？

1964年，科学家首次提出了夸克模型，认为质子、中子由更小的夸克构成。这一模型的提出，成功地解释了许多事实。随着科学技术的进步，人们不仅利用大型粒子对撞机证明了夸克的存在，更发现与所有已知的质子、中子、电子等亚原子粒子不同，夸克带有分数电荷且都是两两成对或三三成群。

夸克的发现不仅刷新了人类对微观世界的认知，也再次激发了人类探索微观世界的热情。随着众多亚原子粒子不断被发现，人类逼近微观世界本质的步伐也越来越快。

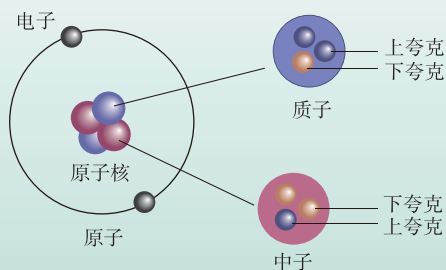


图 2-5 夸克模型

长话短说

1. 原子是由居于原子中心、带正电荷的原子核和核外带负电荷的电子构成的，原子不显电性。原子核所带电荷数称为核电荷数，它是由质子数决定的。
2. 某原子的相对原子质量是一个该原子的质量跟一个碳-12原子质量的 1/12 的比值。
3. 分子是由原子构成的，原子得到或失去电子后转变为离子。原子、分子、离子都是构成物质的微观粒子。

运用计算机编程模拟原子结构

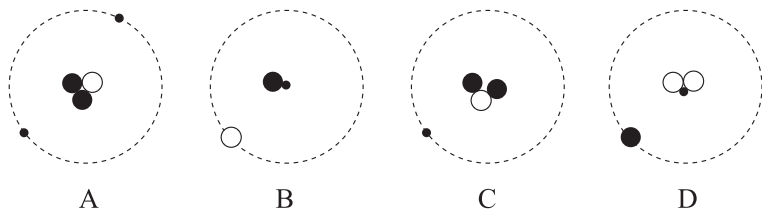
随着计算机科学的快速发展，借助编程工具，能够帮助科学家建立动态模型来模拟自然现象，从而更深刻地认识自然规律。例如，使用计算机编程工具，化学家和物理学家可以模拟微观粒子的运动，天文学家可以模拟星系的演化，生物学家可以模拟生物的进化，等等。相信你在信息科技课上已掌握了一些计算机编程的知识和技能，你能在信息科技老师和同学们的帮助下，完成下列任务吗？

1. 利用计算机编程，动态模拟卢瑟福的“ α 粒子轰击金箔实验”，还可以进一步设计交互界面，调整 α 粒子射入的角度和能量的大小等。
2. 利用计算机编程，模拟卢瑟福提出的“核式”原子结构模型，并在化学课上向大家展示和分享。

练习与应用

1. 下列有关原子构成的叙述正确的是（ ）。
 - A. 原子是实心球体，不可以再分
 - B. 原子的质量主要集中在原子核上
 - C. 原子核由质子、中子和电子构成
 - D. 原子不显电性是因为原子中不存在带电粒子
2. 下列关于原子、分子、离子的认识不正确的是（ ）。
 - A. 原子和分子不带电，离子带电
 - B. 原子得到或失去电子后变成离子
 - C. 原子、分子和离子都能直接构成物质
 - D. 原子不能直接结合形成分子

3. 2020 年 12 月 17 日，嫦娥五号月球探测器圆满完成我国首次月球采样任务。科研人员发现带回的月壤中含有大量氦-3，它被视为核聚变的重要原料。氦-3 原子核由两个质子和一个中子构成，如果用“●”“○”“·”分别表示质子、中子和电子，下列示意图能正确表示氦-3 原子结构的是（ ）。



4. 我国化学家张青莲（1908—2006）在相对原子质量测定方面做出了创造性的贡献，他主持测定的铟（In）、铱（Ir）等十种元素的相对原子质量新值，被国际原子量委员会作为标准数据所采用。下列关于相对原子质量叙述正确的是（ ）。

- A. 相对原子质量就是原子质量
- B. 两种原子的质量之比等于它们的相对原子质量之比
- C. 碳原子的相对原子质量是 12 g
- D. 采用相对原子质量，就是增大了原子的质量

5. 李涛同学撰写了一篇短文描述他心目中的原子，下文是其作品中的一个片段：

那是一个巨大的群体，从我们身边触手可及的各种物品到自然界里的一草一木，从脚下的一粒尘土到遥远的星际太空，世间万物，只要是你能看到的、想到的，无一不是由这个群体里的诸多成员构成的。这个群体里的每一个成员都是一个被称作“原子”的小粒子。

原子极其渺小，肉眼是根本无法看见的，就连科学家们常用的显微镜也不能窥得其真面目。然而它们真真切切、确确实实是构成这个纷繁复杂、千变万化的物质世界最重要的“基石”。这些“基石”就如同我们小时候玩过的积木，既能直接“搭建”成物质（因为有些物质是由原子直接构成的），又能先“搭建”成各种分子，再由不同的分子“搭建”成各种物质，当然还能先通过得到或失去电子转化为离子，再由离子“搭建”成物质。

它们为数众多，多到你难以想象，无法计数。它们擅长运动，无处不在，无孔不入。你一举手、一投足，一颦一笑、一呼一吸，无时无刻不在与之亲密接触。它们隐匿于世间万物之中，现身于离子、分子大家庭，在化学变化的“战场”上纵横驰骋。

它们亘古即有，虽沧海桑田，但生命不绝。任凭大自然极尽风雨雷电之能，小小身躯与地球共生、与日月同在、与宇宙共休戚。人们称呼它们为“原子”，想必是因为它们代表着宇宙的初始吧……

请你分析他在文中已经论及的关于原子的特征有哪些，有哪些说法你认为是不妥的。请将你想象中的原子以你喜欢的方式描述出来。

第二节 | 元素

纵观大千世界，我们既能看到纷繁复杂、千变万化的现象，又能发现周而复始、循环往复的规律。面对这样的事实，我们的先人在战国时期就提出了“金、木、水、火、土”是组成世界万物的亘古不变的基本成分——元素。在古希腊，则有人认为“水、火、土、气”是组成世界万物的元素……但是，随着人类对物质认识的逐步深入，发现古人所提出的“元素”仍然是可变的，名不符实。那么，组成世界万物的基本成分——元素究竟是什么呢？

一、元素与元素符号



交流共享

组成物质世界的元素究竟是什么

小明认为“所有的物质都是由原子、分子、离子等微观粒子构成的，这些微观粒子就是组成物质的元素”。小丽认为“分子是由原子构成的，离子是由原子得失电子后形成的，所以原子才是组成世界万物的元素”。请提出你的观点。

原子以不同数量、不同种类、按照不同的方式结合，构成了多种多样的物质。虽说大千世界中物质种类繁多、千变万化，但是构成它们的原子不易变化。所以，原子才能作为组成物质的基本成分——元素。那么，什么样的原子才能归为同种元素呢？

科学研究表明，原子核中质子数相同的原子在化学变化中表现出来的性质几乎完全相同。因此，科学家把具有相同质子数的原子归为一类，每一类原子称为一种**元素**。例如，质子数为1的一类原子称为氢元素，质子数为6的一类原子称为碳元素，质子数为8的一类原子称为氧元素。水（ H_2O ）就是由氢和氧两种元素组成的，二氧化碳（ CO_2 ）则是由碳和氧两种元素组成的。

目前已发现的物质有上亿种，但是组成这些物质的元素只有一百多种。我们可以根据组成物质的元素种类多少将纯净物分类：氢气、氧气、金刚石等只由一种元素组成的纯净物，属于**单质**；而水、二氧化碳、氯化钠等由两种或两种以上元素组成的纯净物，属于**化合物**。

元素在自然界中的分布并不均匀，按质量计算，地壳中含量最多的是氧元素，其他元素含量由高到低依次是硅、铝、铁、钙等。

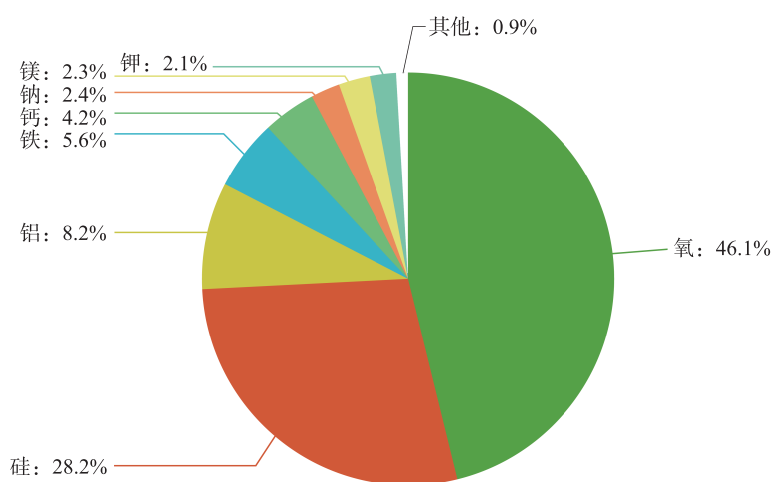


图 2-6 地壳中的元素分布

为方便区分和交流，国际上规定每种元素都采用统一的符号来表示，这种符号叫作**元素符号**。例如，用“H”和“O”分别表示氢元素和氧元素。元素符号能表示一种元素，还能表示这种元素的一个原子。例如，“Cl”既表示氯元素，又表示一个氯原子。

二、元素周期表简介

自然界中的物质是由多种元素组成的，这些元素彼此是否有联系？有没有规律可循？在原子结构被发现之前，科学家们就已经对此进行了长期的探索。直到1869年，门捷列夫（D. Mendeleev, 1834—1907）在前人研究的基础上，把当时已经发现的63种元素按照相对原子质量由小到大的顺序排列起来，并分成几行，使性质相似的元素排在同一列中，从而得到第一张**元素周期表**。

如今的元素周期表是把目前已发现并被正式命名的118种元素按照原子核内质子数由小到大的顺序排列而成的，共有7行、18列，每一行叫作一个周期，每一列叫作一个族（8、9、10三列共同组成一个族）。

元素周期表中每种元素都有一个序号，称为**原子序数**。它的数值等于其原子核内质子数。



观察思考

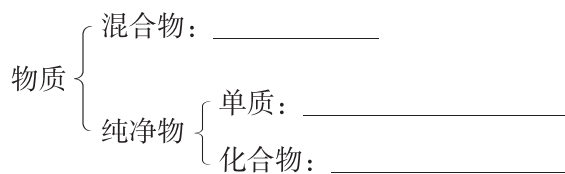
2-2

认识元素周期表

翻开教材附录中的元素周期表，看看元素周期表都能为我们提供哪些关于元素的信息？在元素周期表中，元素分成了哪几类？

试从元素周期表中查找原子序数为11和17两种元素的名称、符号、相对原子质量和原子核内质子数，并指出他们属于哪类元素。

5. 掌握分类的方法对于化学学习非常重要。请将以下物质归类填写到相应的横线上：
水、氧气、氯化钠、镁、氧化镁、二氧化碳、空气。



6. “元”和“素”的甲骨文字形如下图所示。“元”本义为“头”，引申为首要的、第一的；“素”本义为未经加工的细密的本色丝织品，引申为白色、本性、本质、向来之意。

(1) 分别用“元”和“素”组词，你能想到哪些词语？



“元”的甲骨文字形



“素”的甲骨文字形

(2) 你是如何理解“元素”一词的含义的？

(3) 社会上广泛使用的“元素”（如“中国元素”）与化学上使用的“元素”含义是否相同？

第三节 | 物质组成的表示

我们知道，用元素符号可以表示某种元素以及该元素的一个原子。那么，怎样用元素符号来表示物质的组成呢？

一、化学式及其意义

从宏观角度看，物质是由各种元素组成的；从微观角度看，物质又是由原子、分子、离子等微观粒子构成的。例如，水是由氢元素和氧元素组成的，而每个水分子又是由 2 个氢原子和 1 个氧原子构成的，所以我们可以用化学符号 H_2O 表示水的组成。像这样用元素符号和数字表示物质组成的式子叫作**化学式**。

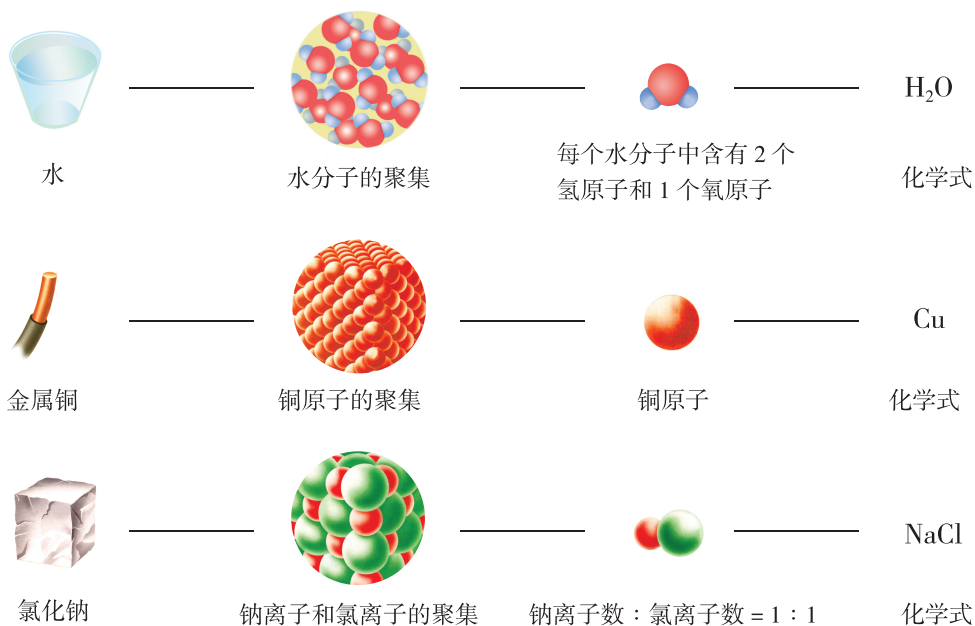


图 2-8 物质的组成与化学式的关系

任何纯净物都有固定的组成，都可以用化学式来表示其组成。例如，金属铜是由大量铜原子聚集而成的，我们可以直接用元素符号 Cu 作为铜的化学式；氯化钠是由大量钠离子和氯离子结合形成的（其中钠离子和氯离子的个数比是 1 : 1），其组成元素为钠和氯，因此氯化钠的化学式可写为 NaCl。对于由分子构成的物质，其化学式也称为**分子式**。在分子式中，元素符号右下角的数字表示每个分子中所含该种原子的数目。

化学式不仅能表示某种物质及其组成元素，还能表示该物质中各元素的原子或离子之间的数量关系。

交流共享

1. 化学式“ H_2O ”具有哪些含义？符号“ $2\text{H}_2\text{O}$ ”表示什么？
2. 请组织一段简短的语言描述右图的情境，与你的同伴们交流。
3. 比一比，面对化学式“ CO_2 ”时，谁联想到的更多。

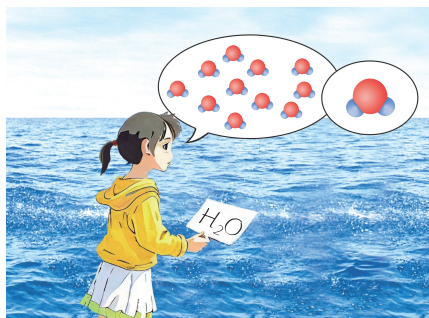


图 2-9 化学式的含义

二、化合价

水的化学式为 H_2O ，氨的化学式为 NH_3 ，甲烷的化学式为 CH_4 。为什么在这些化合物的分子中，不同的原子结合氢原子的数目不同呢？如何表示不同元素的原子之间相互化合的定量关系？

通常，一种元素的原子能够跟其他元素的原子相互化合的比例，与这种元素的化合价有关。在化

合物中，元素的化合价是由这种元素的一个原子得到或失去电子的数目决定的。例如，当钠元素与氯元素化合时，每个钠原子失去1个电子，同时每个氯原子得到1个电子。因此，在氯化钠中，钠元素表现+1价，氯元素表现-1价。

多识一点 >>>

有些情况下，不同元素的原子之间相互化合是靠各自提供电子、形成共用电子对来实现的，这种情况下，元素化合价的数值就是形成共用电子对的数目。

有些元素的原子在不同条件下得失电子或形成共用电子对的数目是不同的，所以在化合物中表现出多种化合价。如在 CO_2 、 CO 和 CH_4 中，碳元素分别表现为+4、+2和-4价。

有些化合物如 NaOH 、 NH_4Cl 等，它们中的一些带电原子团如 OH^- 、 NH_4^+ 等，常作为一个整体参加化学反应，这样的原子团又叫作“根”（或根离子）。根也有化合价，如 OH^- 为-1价。

表 2-3 常见元素或根在化合物中的主要化合价

名称 (符号)	化合价	名称 (符号)	化合价	名称 (符号)	化合价	名称 (符号)	化合价
氢(H)	+1	镁(Mg)	+2	钙(Ca)	+2	氢氧根(OH^-)	-1
碳(C)	+2、+4、 -4	铝(Al)	+3	铁(Fe)	+2、+3	硝酸根(NO_3^-)	-1
氮(N)	+5、-3	硫(S)	+4、+6 -2	铜(Cu)	+1、+2	硫酸根(SO_4^{2-})	-2
氧(O)	-2	氯(Cl)	-1	锌(Zn)	+2	碳酸根(CO_3^{2-})	-2
钠(Na)	+1	钾(K)	+1	银(Ag)	+1	铵根(NH_4^+)	+1

交流共享

1. 从上表中可以看出金属元素和非金属元素的化合价各有什么特点？
2. 根据元素的化合价，计算 MgO 、 H_2O 、 MgCl_2 中各元素的正负化合价之和。

在化合物中，各元素的正负化合价之和为零。

我们以此为依据，可以根据元素的化合价写出已知物质的化学式。

元素的化合价用于定量描述不同元素的原子之间形成化合物时相互化合的比例。因此，人们规定单质中元素的化合价为零。



活动探究

2-2

根据化合价写化学式

由铝元素与氧元素组成的氧化铝中，铝元素的化合价是+3价，氧元素的化合价是-2价，写出氧化铝的化学式。

书写步骤如下：

1. 写出化合物中各元素的符号，通常把正价元素写在左边，负价元素写在右边： AlO
2. 求出两种元素的正、负化合价绝对值的最小公倍数： $3 \times 2 = 6$

3. 求各元素的原子数：原子数 = $\frac{\text{最小公倍数}}{\text{正价（或负价）的绝对值}}$

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

4. 把原子数写在各元素符号的右下角，即得化学式（如果原子数为1，则省略不写）： Al_2O_3
5. 检查化学式。计算正价总数值跟负价总数值之和是否等于零：

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

氧化铝的化学式是 Al_2O_3 ，读作三氧化二铝。

讨论：化合物 NaCl 、 CO_2 、 P_2O_5 分别读作氯化钠、二氧化碳、五氧化二磷。分析这些物质的名称与其化学式的读写顺序，你有什么发现？请推测 NO_2 、 Fe_2O_3 、 CaCl_2 的名称。

应该注意的是，物质的组成是通过实验测得的，因此化学式的书写必须依据客观事实。只有确切知道有某种化合物存在，才可能根据元素化合价写出它的化学式，而不能随意写出实际上不存在的物质的化学式。

三、物质组成的定量表示

组成物质的各元素之间存在着固定的质量关系，而化学式就反映了物质中的这种质量关系。化学式中各原子的相对原子质量的总和，就是该物质的**化学式量**。对于由分子构成的物质，其化学式量也叫**相对分子质量**。例如， H_2 的相对分子质量为 $1 \times 2 = 2$ ； H_2O 的相对分子质量为 $1 \times 2 + 16 \times 1 = 18$ 。

根据物质的化学式可以进行相关的计算。

1. 计算组成物质的各种元素的质量比

例如，计算水中氢元素与氧元素的质量比。

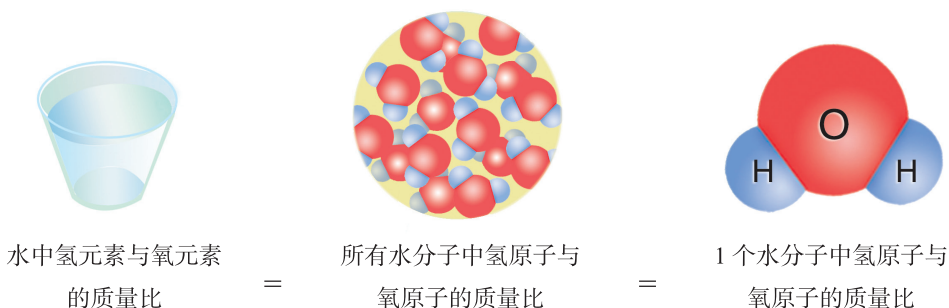


图 2-10 水中氢元素与氧元素的质量关系

由上图可知，水中氢元素与氧元素的质量比
= (氢元素的相对原子质量 × 水分子中氢原子个数) :
(氧元素的相对原子质量 × 水分子中氧原子个数)
= $(1 \times 2) : (16 \times 1) = 1 : 8$

2. 计算物质中某元素的质量分数

物质中某元素的质量分数，就是该元素的质量与组成物质的各元素质量总和之比。

例如，水中氢元素的质量分数（%）

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{氢元素的相对原子质量} \times 1 \text{ 个水分子中氢原子的个数}}{\text{水的相对分子质量}} \times 100\% \\ &= \frac{1 \times 2}{1 \times 2 + 16 \times 1} \times 100\% \approx 11.1\% \end{aligned}$$

长话短说

1. 化学式可以表示某种物质，还可以表示该物质的组成元素以及各元素的原子或离子之间的数量关系。分子式除具有上述含义外，还可以表示该物质的1个分子。
2. 化合物中各元素的正负化合价之和为零。据此，可以根据元素的化合价写出已知物质的化学式。
3. 根据物质的化学式可以计算组成该物质的各元素间的质量关系。

课外探究

市场上几种补钙剂的调查

到医药超市了解几种常见补钙剂的价格、销量、购买人群等；查看补钙剂的标签或说明书，了解其主要成分（化学式），钙元素存在的形式、含量，计算主要成分中钙元素的质量分数、每片补钙剂中含钙元素的质量。对比分析，写一份简短的调查报告并与其他同学交流。

练习与应用

1. 天然气的主要成分是甲烷，其化学式为 CH_4 。下列描述错误的是（ ）。

- A. CH_4 可以表示甲烷这种物质
- B. 2CH_4 表示两个甲烷分子
- C. 甲烷是由碳元素和氢元素组成的
- D. 1 个甲烷分子是由 1 个碳原子和 2 个氢分子构成的

2. 建筑工地上常用亚硝酸钠 (NaNO_2) 作为水泥添加剂。亚硝酸钠有毒，它具有和食盐 (NaCl) 相似的外观特征，如果不小心误食亚硝酸钠则会导致中毒。 NaNO_2 中氮元素的化合价为（ ）。

- A. +2 价
- B. +3 价
- C. +4 价
- D. +5 价

3. 已知在铁元素与氧元素组成的某种化合物中，铁元素的化合价为 +3 价，氧元素的化合价为 -2 价，则该化合物的化学式为_____，读作_____。

4. 尿素是农业生产中常用的一种化肥，化学式是 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 。请计算：

- (1) 尿素的相对分子质量；
- (2) 尿素中碳、氧、氮、氢元素的质量比；
- (3) 尿素中氮元素的质量分数。

5. 某碳酸氢铵 (NH_4HCO_3) 产品的含氮量为 15%，通过计算判断它是纯净物还是混合物。

单元总结

通过本单元的学习，我们知道自然界中的所有物质都是由元素组成的，百余种元素组成了上亿种物质，每一种物质又都是由数量巨大的微观粒子构成的。你能否从元素和分子、原子的视角认识物质？你能否用化学符号表示物质？请描述下图各概念间的关联，了解从多个视角系统认识物质的化学思维方式。



单元测评

- 下列叙述错误的是（ ）。
 - 分子是由原子构成的
 - 原子中原子核与核外电子的电荷数相等、电性相反，因而原子不显电性
 - 决定原子质量大小的主要是电子
 - 原子得到或失去电子后变成离子
- 在钠原子变成钠离子 (Na^+) 的过程中一定发生变化的是（ ）。
 - 质子数
 - 中子数
 - 电子数
 - 核电荷数

7. 化学符号是独特的化学语言，根据以下列出的符号回答问题。



(1) ①中氧元素的化合价是_____；化学式量为_____。

(2) ②中的数字“2”的含义是_____；③中的数字“2”的含义是_____；

⑤中的数字“4”的含义是_____。

(3) 能表示阳离子的是_____；能表示阴离子的是_____。

(4) 请写出符合下列要求的符号：2个氧分子_____；2个氯离子_____。

8. 不经常进行体育锻炼的人，如果突然剧烈运动，停下来后就会感到肌肉酸痛，这是体内乳酸积累过多造成的。已知乳酸的化学式为 $C_3H_6O_3$ ，试计算：

(1) 乳酸的化学式量；

(2) 乳酸中碳、氢、氧三种元素的质量比（最简整数比）；

(3) 乳酸中碳元素的质量分数（结果精确到 0.1%）。

9. 阅读下表中的数据，找一下有哪些规律。你能获得哪些信息？

原子种类	原子核		核外电子数	1个原子的质量/kg	相对原子质量
	质子数	中子数			
氢	1	0	1	1.674×10^{-27}	1
碳	6	6	6	1.993×10^{-26}	12
氧	8	8	8	2.657×10^{-26}	16
钠	11	12	11	3.818×10^{-26}	23
铁	26	30	26	9.288×10^{-26}	56



第三单元 探秘水世界

第一节 运动的水分子

第二节 水分子的变化

第三节 物质在水中的溶解

跨学科实践活动1 自制简易净水器

浩瀚的海洋、奔腾的江河、皑皑的白雪、变幻的云朵等组成了一个多姿多彩的水世界。有了水，才有了地球上的万物生灵；有了水，才有了人类的灿烂文明。上善若水，水利万物……

你在赞美水的时候，是否想到水的神奇是源自于构成它的那些水分子呢？水分子具有哪些特性？它是如何变化的？将食盐溶解在水里，改变的只是水的味道吗？不同的物质溶于水中，其溶液的性质是否不同？

来水世界探秘吧，看一看小小的水分子能带给你多少惊喜！

第一节 | 运动的水分子

水是由水分子构成的。水分子很小，只一滴水，就含有约 10^{21} 个水分子！这么小的水分子似乎是微不足道的，然而，没有小小的水分子，哪有晶莹的水滴？没有水滴又怎么会有潺潺的小溪、奔腾的江河、浩瀚的海洋？

水分子有什么特征？为什么水有时能幻作朵朵白云，有时能化为绵绵细雨，有时又能变成皑皑白雪？

一、水的三态变化

水变作云、雨、雪是水分子的运动状态发生变化的结果。

如果把封闭在注射器中的少量水煮沸，使液态的水变为水蒸气，体积会明显增大。设想一下，在这个过程中，水分子会发生怎样的变化？



封闭在注射器中的水

● 表示水分子



水分子本身变大了？

水分子之间的间隔变大了？

水分子的数目增多了？

水分子受热都运动到注射器的另一端去了？

在固态的水中，水分子紧密有序排列，只能在固定的位置上振动。在液态的水中，水分子间隔较小，可在一定程度上自由运动。在气态的水中，水分子间隔较大，可以完全自由运动。一定量的水，当它

由固态变为液态，再由液态变为气态时，水分子的数目和大小不会变化，变化的只是水分子之间的间隔和排列方式。这样的变化属于物理变化。

雨后初晴的夏日，路边的斑斑水渍一会儿就消失得无影无踪了，这是水蒸发的缘故。在水蒸发的过程中，水分子获得太阳光的能量后，运动加快，克服了水分子之间的相互作用，离开液体表面，水变成水蒸气逸散到空气中。

烧开水之后，揭开锅盖，立即就会有許多水滴滴下，这是水蒸气在锅盖上冷凝的结果。烧水时，部分水分子获得足够的能量，离开水面向锅盖处运动。这些水分子遇到冷的锅盖后失去部分能量，导致其运动减慢，由于分子间的相互作用而彼此靠近，聚集在一起，水蒸气凝结成水滴。

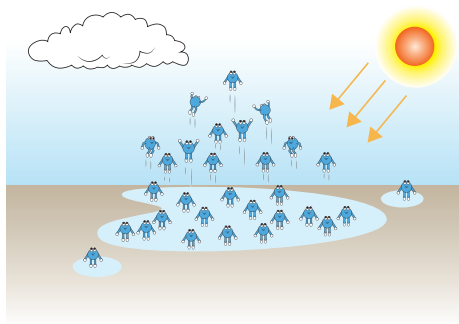


图 3-1 太阳为水分子提供能量

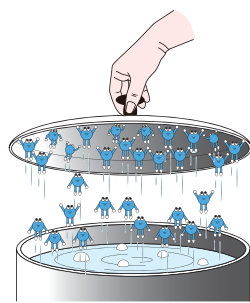


图 3-2 水蒸气凝结成水滴示意图



活动探究 3-1

描述水分子的运动

水结冰和冰融化的过程中，水分子的能量、运动速率、相互间的作用及间隔是怎样变化的？请你通过文字、图画或角色扮演等形式把你的理解演绎出来，并与同学们进行交流。

许多物质像水一样，是由分子构成的，如氢气（ H_2 ）、氧气（ O_2 ）、氮气（ N_2 ）、二氧化碳（ CO_2 ）等。分子也具有微观粒子的一般性质，如质量和体积都很小，相互之间有间隔，存在着相互作用，总是在不断地运动等。

多识一点 >>>

水分子存在的佐证

1827年，植物学家布朗（R. Brown, 1773—1858）将新鲜花粉撒到水面上，用显微镜观察，发现花粉颗粒在水面上不停地做无序运动。难道花粉是会动的生命体？于是布朗用干花粉重复了上述实验，但结果都一样。

布朗的发现引发了诸多人的思考，最终人们给出了科学的解释：悬浮于水中的每一个花粉颗粒，都处在无数个水分子的包围之中，而且在某一个瞬间所受到的水分子撞击力又不尽相同，因此花粉颗粒才会不断地做无序运动。布朗的发现后来成为水分子真实存在的有力佐证。

二、水的天然循环

下雨了，掬一把雨水，想一想这些水分子是从哪里来的。当然，现在它们来自你头顶上的那片乌云，可是去年，也许它们还凝固在黄河源头的冰川里，抑或流淌在滚滚不息的长江里呢！



观察思考

3-1

认识水的天然循环

观察图中水的天然循环路线，想一想：在水循环的每个环节上，水分子是怎样运动的？水分子的能量如何变化？是什么原因导致其能量变化？

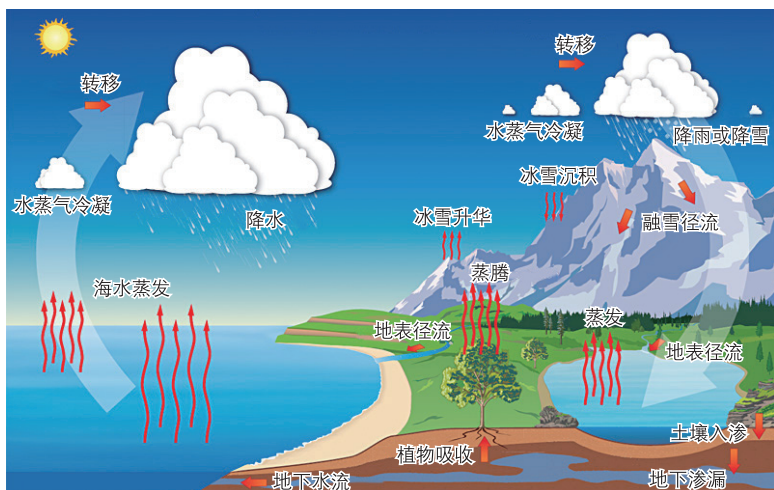


图 3-3 水的天然循环示意图

降雨，只是水天然循环中的一个环节，大自然中的水究竟是怎样循环的？

水的天然循环是通过其三态变化实现的。太阳为水分子提供能量，使其运动加快，达到一定程度后，一些水分子便克服了分子之间的相互作用，变成水蒸气扩散到空气里，在高空中遇冷凝结成云。云随风飘移，再遇冷又转变成雨或雪，降落到地面，汇入江河湖海，渗进山川土地。大自然就是通过水分子的运动，既实现了水的自身净化，又完成了水资源的重新分配，周而复始、源源不断地为地球上的生物补充淡水资源。

三、天然水的人工净化

地球上水的储量很大，分布范围也很广，但是大约 97.5% 的水集中在海洋和咸水湖里。跟人类关系最为密切的淡水约占地球总水量的 2.5%，可供人类直接利用的江河水、湖泊淡水以及浅层地下水，仅约占地球淡水总量的 13%，占地球总水量的 0.3%。

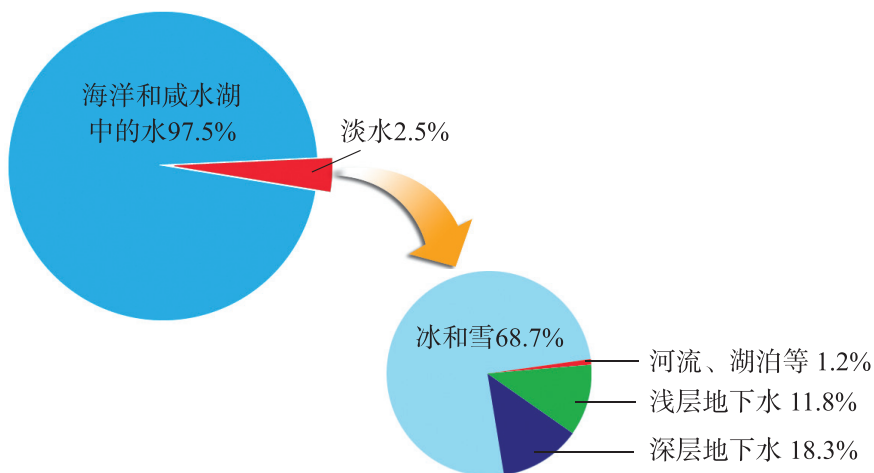


图 3-4 地球上的淡水资源

水的天然循环给我们带来了淡水。但是，天然淡水中往往含有泥沙、可溶性的矿物质和细菌等，为满足生活和生产的需要，人们需要根据天然水水质的不同而进行相应的净化处理。



观察思考

3-2

城市自来水生产过程

城市生活用水是经过自来水厂净化处理的。观察图3-5，说一说自来水厂是经过哪些步骤将天然水净化为生活用水的。

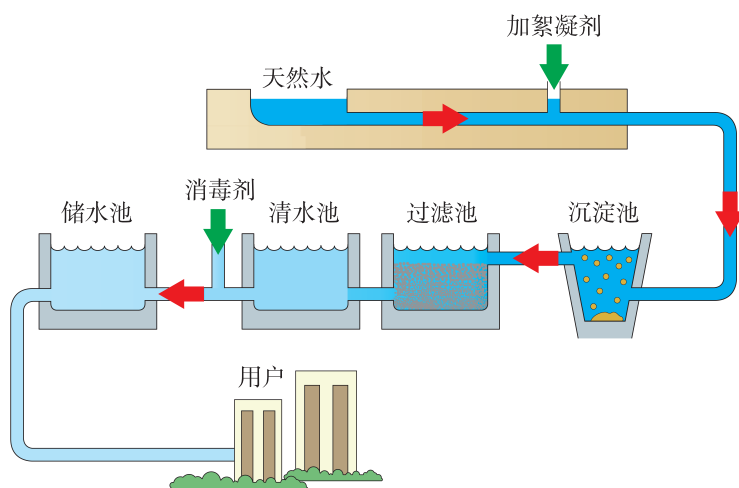


图 3-5 某地区自来水厂生产过程示意图

自来水厂通常对天然水进行沉降、过滤、灭菌等净化操作，使之达到饮用水标准，再输送到千家万户。自来水在输送过程中还可能受到二次污染，所以要煮沸杀菌后再饮用。



过滤天然水

取一大杯较混浊的天然水（河水、湖水、井水等），完成下列实验活动。

1. 沉降

在烧杯 A 和烧杯 B 中分别加入约 100 mL 天然水。将烧杯 A 放在实验桌上静置一段时间；同时在烧杯 B 中加入明矾^①粉末，用玻璃棒充分搅拌后再静置一段时间。观察两个烧杯中发生的变化。

2. 过滤

取一张圆形滤纸，如图 3-6 所示折好并放入漏斗，制作出一个过滤器。按照图 3-7 所示，安装好过滤器，完成对上述烧杯 A 中上层液体的过滤。

想一想：过滤操作中应注意哪些关键操作事项？

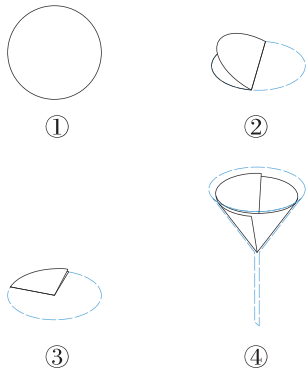


图 3-6 过滤器的制作

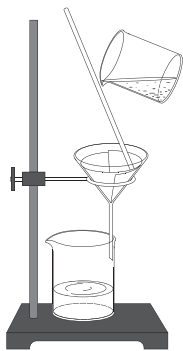


图 3-7 过滤天然水

在安装过滤器时，滤纸与漏斗内壁要紧贴，滤纸边缘要低于漏斗边缘。过滤时，玻璃棒的末端要斜靠在三层滤纸的一边，液体应沿玻璃棒注入漏斗中，漏斗中液体的液面要低于滤纸的边缘，漏斗末端应紧靠烧杯内壁。

过滤是将不溶于液体的固体物质与液体分离的一种方法。过滤器就像一个小筛子，水分子等体积较小的粒子能通过滤纸中的细小空隙，而泥沙等较大的颗粒则留在滤纸上。利用过滤方法可将不溶于水的固体与水分离开来。

沉降、过滤后的天然水中还会溶有一些有颜色或气味的杂质，这时可以用活性炭等物质进行吸附净化。

活性炭是具有疏松结构的粉末或颗粒，具有较强的吸附性，可使某些有色液体脱色、吸收各种气体或有异味的物质。

^① 明矾是一种净水剂，溶于水后可加速水中悬浮杂质的沉降，从而起到一定的净水作用。



活动探究 3-3

水的蒸馏

1. 在上述得到的滤液中加入一包活性炭，充分搅拌后静置一段时间，观察烧杯中液体颜色的变化。
2. 将吸附净化后的滤液加热煮沸，使水蒸气冷凝在烧杯上部的表面皿上。取所得冷凝水，滴在玻璃片上，在酒精灯上慢慢加热至水分消失。观察玻璃片上发生的现象。

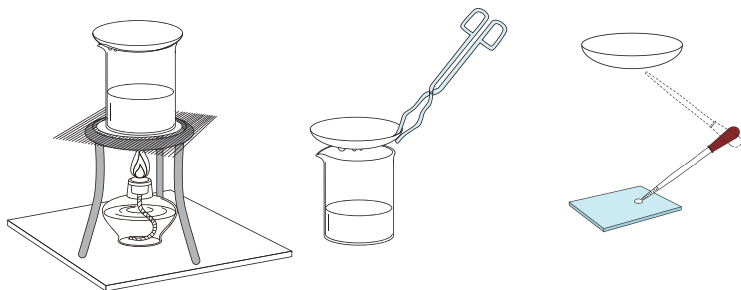


图 3-8 水的蒸馏

给水加热使之变为水蒸气，再将水蒸气冷凝得到液态水的过程叫作水的蒸馏。蒸馏得到的水称为蒸馏水。蒸馏水可认为是纯净物。而天然水中含有多种物质，属于混合物。

长话短说

1. 分子是构成物质的一种微观粒子，它们都是由原子构成的。分子具有微观粒子的一般性质。
2. 水的三态变化是水分子自身的能量、运动速率、水分子之间的间隔和排列方式改变的结果。
3. 水通过在自然界里的三态变化，实现天然循环。水的天然循环是自然界中水分子运动的结果，对生命活动具有重要的意义。
4. 江河、湖泊等水域中的天然淡水经沉降、过滤、杀菌消毒等净化过程，可以变成生活用的自来水。沉降、过滤、吸附、蒸馏等是常用的分离混合物的方法。

了解国家节水标志

每年的3月22日为“世界水日”，旨在唤起公众的节水意识，加强水资源保护。右图是我国的“国家节水标志”，查阅并收集相关资料，谈一谈你对该标志的理解及在日常生活中可通过哪些行为节约用水。撰写小短文或制作展板，在班级内进行交流宣传。



图 3-9 国家节水标志

练习与应用

- 下列说法错误的是（ ）。
 - 水变成水蒸气的过程中，水分子变大
 - 水在天然循环过程中，发生的是物理变化
 - 河水、井水、海水都是溶有某些物质的混合物
 - 过滤不能除去天然水中溶解的矿物质
- 过滤是混合物分离的一种常用方法。下列关于过滤操作的说法不正确的是（ ）。
 - 过滤时液面要低于滤纸边缘
 - 过滤后得到的滤液一定是纯净物
 - 过滤是实现固液分离的方法之一
 - 玻璃棒在过滤操作中起引流的作用
- 化学源于生活，应用于生活。根据生活经验判断下列说法错误的是（ ）。
 - 工地上用筛子筛沙子是利用了过滤的原理
 - 烧水过程中壶盖上凝聚的水珠是蒸馏水
 - 自来水煮沸后饮用可以消毒杀菌
 - 沙尘天气戴口罩是利用了吸附的原理
- 从分子的角度分析并解释下列现象：
 - 汽油、酒精等液体放置在敞口容器中会逐渐减少。
 - 湿衣服在阳光下比在阴凉处干得快。
 - 红墨水滴入水中一段时间后整杯液体变为红色。
 - 50 mL 水和 50 mL 酒精混合后的总体积小于 100 mL。

第二节 | 水分子的变化

水的三态变化改变的是水分子之间的间隔和排列方式，而“每个水分子由一个氧原子和两个氢原子构成”这一事实始终未变，因为水没有变为其他物质。但是，如果在水中插入电极，通直流电，情况是否会有所不同呢？

一、水的分解



活动探究 3-4

水在直流电作用下的变化

1. 如图所示，在水电解器的玻璃管中注满水，接通直流电源。观察两个电极和两支玻璃管内液面有何变化。

现象

2. 用一根点燃的火柴接近液面下降较多的玻璃管尖嘴处，慢慢打开活塞，观察现象。

现象

3. 用一根带火星的木条接近液面下降较少的玻璃管尖嘴处，慢慢打开活塞，观察现象。

现象

讨论：水通直流电后得到的两种气体可能是什么气体？

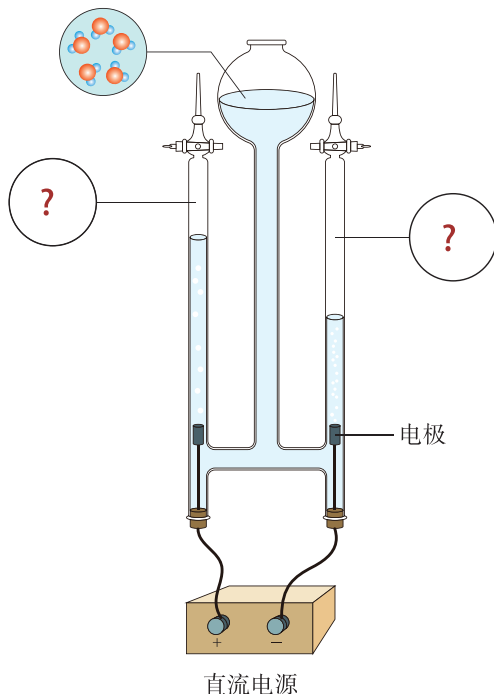


图 3-10 电解水实验装置

在上述实验中，水电解器的两个电极上都有气体产生，分别聚集在两侧玻璃管的上部，这些气体不是水蒸气。其中能使带火星的木条复燃的气体是氧气（ O_2 ），能被点燃的气体是氢气（ H_2 ）。

水通电生成两种物质——氢气和氧气。这一反应可表示为：

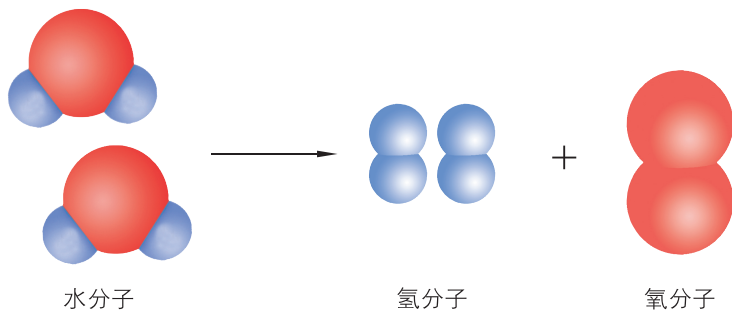
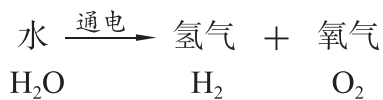


图 3-11 水通电生成氢气和氧气的微观示意图

像水通电生成氢气和氧气这样，由一种物质生成两种或两种以上其他物质的反应，叫作**分解反应**。

二、水的合成

从电解水的实验中我们看到，氢气可以被点燃。这是氢气和空气中的氧气发生了化学反应，反应的结果是不是还能生成水呢？如何用实验来证明你的猜想？



活动探究 3-5

氢气在空气中燃烧

如图 3-12 所示，在空气中点燃纯净的氢气（在点燃氢气前，一定要检验其纯度），并在火焰上方罩一只冷而干燥的烧杯，观察现象，然后用手轻轻触摸烧杯。

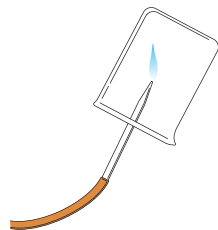


图 3-12 氢气在空气中燃烧

现象

纯净的氢气在空气中安静地燃烧，火焰呈淡蓝色，烧杯内壁凝结有水雾；用手触摸烧杯，烧杯发烫。这是因为氢气和空气中的氧气在点燃的条件下发生反应生成了水，并放出热量。这一反应可表示为：

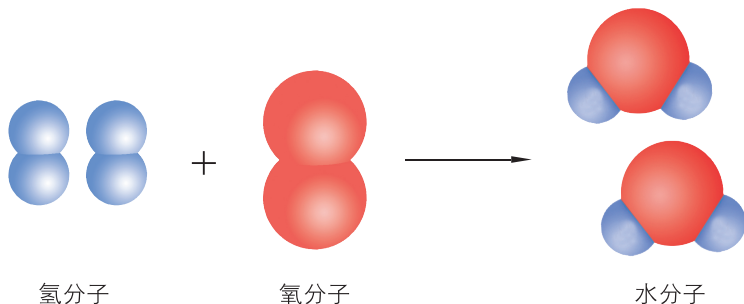
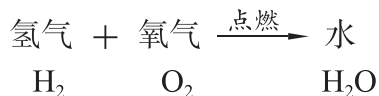


图 3-13 氢气和氧气反应生成水的微观示意图

像氢气和氧气反应生成水这样，由两种或两种以上的物质生成一种物质的反应，叫作**化合反应**。

交流共享

在水通电分解成氢气和氧气、氢气与氧气反应生成水的过程中，分子和构成分子的原子是否都发生了变化？

上述两个实验表明：由分子构成的物质发生化学变化时，分子改变了，而原子没有改变。

长话短说

1. 在直流电作用下，水分解生成氢气和氧气。在点燃的条件下，氢气与氧气化合生成水。
2. 在化学反应中，分子改变，而原子不变。
3. 由一种物质生成两种或两种以上其他物质的反应，叫作分解反应；由两种或两种以上的物质生成一种物质的反应，叫作化合反应。

课外探究

春风化雨的化学意蕴

通过互联网搜索，你会发现“化”的甲骨文为“𠄎”，形似背靠背颠倒而立的两个人，是一个会意字，会颠倒变化之意。“化学”中“化”的含义是否与此相近？成语“春风化雨”之“化”指的是化学变化吗？试分析在我国北方一年四季中，水天然循环的相对快慢，并推测春天的降雨量与其他季节相比是大还是小。

春风可“化”春雨，那么夏风、秋风、冬风亦可“化”夏雨、秋雨、冬雨，为什么唯有“春风化雨”被用来比喻良好的熏陶或教育？

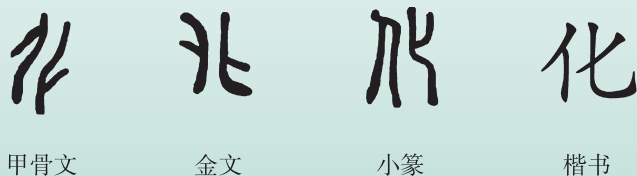
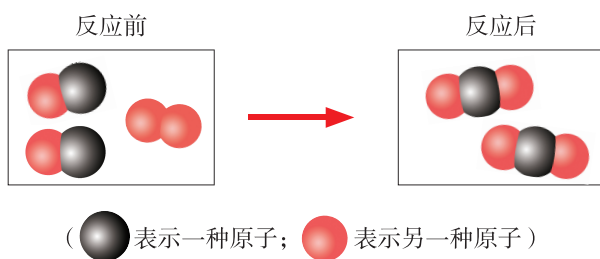


图 3-14 “化”的字形演变过程

练习与应用

1. 从分子的角度分析，下列解释错误的是（ ）。
 - A. 墙内开花墙外香——分子在不断运动
 - B. 热胀冷缩——分子大小随温度的变化而改变
 - C. 水变成水蒸气——分子运动加快且间隔变大
 - D. 氢气和液氢均可燃烧——同种分子化学性质相同
2. 关于电解水实验，下列结论不正确的是（ ）。
 - A. 通过检验生成物是氢气和氧气，说明水是由氢气和氧气组成的
 - B. 水电解器玻璃管上方体积较少的气体是氧气
 - C. 该反应属于分解反应
 - D. 该实验说明在化学变化中，分子发生改变，原子不改变
3. 下图是某化学反应的微观示意图，你能从图中获得哪些信息？



第三节 | 物质在水中的溶解

海水、河水、湖水和泉水等天然水即使非常清澈，也不是纯净的水，因为水中溶解了许多物质。物质是怎样溶解到水里的？

一、溶解的过程



观察思考

3-3

食盐的溶解

在一个盛有约 50 mL 水的小烧杯中，加入一小匙食盐（主要成分是氯化钠），用玻璃棒搅拌。仔细观察发生的变化，直至在水中看不见食盐颗粒。触摸烧杯，感受温度是否有变化。

思考：

1. 食盐颗粒为什么看不见了？
2. 这杯食盐水的上部、中部和下部，任意一处，是否都一样咸？
3. 如果把得到的食盐水密封，保存一个月、一年、两年……你猜测会不会从中析出食盐颗粒来？

当把食盐颗粒加入水中充分搅拌后，看起来食盐颗粒好像消失了。其实，那是在水分子的作用下，氯化钠解离成钠离子和氯离子，扩散到水中，形成了氯化钠溶液。

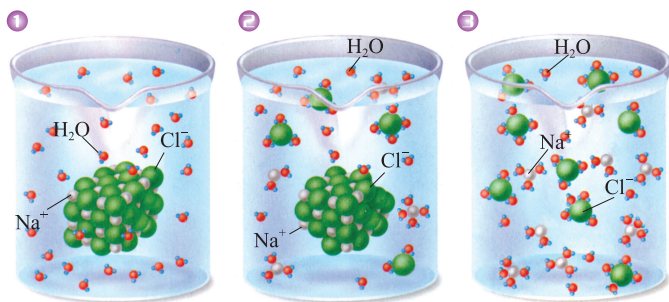


图 3-15 氯化钠溶于水的微观过程示意图

在氯化钠溶液中，钠离子、氯离子和水分子的体积和质量都很小（直径一般不超过 10^{-9} m），彼此之间存在着相互作用，并且都在不断运动。不论放置多久，取出氯化钠溶液的任意一部分其组成都是相同的。只要水分不蒸发，外界条件不改变，氯化钠就不会从溶液中分离出来。所以氯化钠溶液具有均一性和稳定性。均一、稳定是所有溶液的共同特征。

通常我们把一种或几种物质分散到另一种物质里，形成的均一、稳定的混合物，叫作**溶液**。像水这种起溶解作用的物质叫作**溶剂**，像氯化钠这种被溶解的物质叫作**溶质**。

在氯化钠溶于水的实验中，用手触摸烧杯，感觉不到明显的温度变化。然而，很多物质在溶于水时，会使溶液产生比较明显的温度变化，因为物质的溶解过程通常伴随着能量的变化。



活动探究

3-6

物质溶解时溶液温度的变化

实验操作	实验数据
1. 取两个小烧杯，分别加入约 50 mL 蒸馏水，用温度计测量水温 (T_1)	$T_1 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ } ^\circ\text{C}$
2. 向一个小烧杯中加入约 5 g 氢氧化钠固体，搅拌，测量溶液的温度 (T_2)	$T_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ } ^\circ\text{C}$
3. 向另一个小烧杯中加入约 5 g 硝酸铵固体，搅拌，测量溶液的温度 (T_3)	$T_3 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ } ^\circ\text{C}$

讨论：小芳认为溶液温度变化了，说明物质在溶于水时可能从水中吸收了能量，也可能向水中释放了能量。你同意她的观点吗？

在物质溶解于水的过程中发生了两种变化：一是溶质的分子（或离子）向水中扩散，这一过程吸收热量；二是溶质的分子（或离子）和水分子作用，生成水合分子（或水合离子），这一过程放出热量。溶质不同，这两种过程吸收或放出的热量不同，从而使溶液的温度发生不同的变化。

水能溶解很多物质，是一种最常用的溶剂。如果不加以说明，通常所说的溶液都是指以水作溶剂的溶液。酒精、汽油等也是常用的溶剂。

交流共享

联系你已有的知识和生活经验，谈谈溶液在日常生活和工农业生产中有哪些应用。

溶液对于自然界中的生命活动和人类生产活动具有重要的意义。土壤里的各种营养物质只有溶于水形成溶液后，才容易被植物根部吸收。动物摄取的养料，也要先变成溶液，才能被吸收利用。医疗上广泛使用的葡萄糖溶液、生理盐水、各种抗菌注射液等，都是按一定的要求配成的溶液。维持人体生命和健康的化学反应多数是在水溶液中发生的。人类利用化学反应创造和生产物质、开展科学实验，很多是在溶液中进行的。



图 3-16 许多药物需配成溶液使用

二、饱和溶液与不饱和溶液

像氯化钠一样，硝酸钾也是易溶于水的物质。然而，如果向一杯水中不断加入硝酸钾，能否无限地溶解？



活动探究 3-7

硝酸钾在水中的溶解

1. 在室温下，向盛有 20 mL 蒸馏水的烧杯中加入 4 g 硝酸钾，充分搅拌，观察现象。继续加入 4 g 硝酸钾，充分搅拌，观察现象。

2. 加热上述烧杯，观察现象。待烧杯冷却后，观察现象。

3. 向冷却后的烧杯中再加入 10 mL 水，充分搅拌，观察现象。

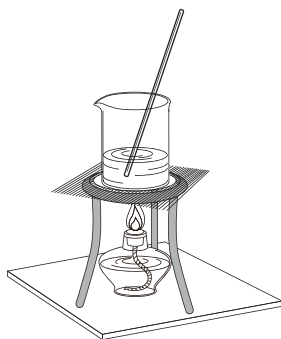


图 3-17 硝酸钾在水中的溶解

步骤	实验现象
1	
2	
3	

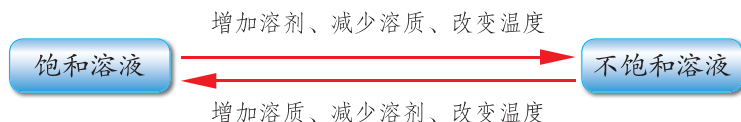
讨论：硝酸钾在水中溶解的量受哪些因素影响？

实验证明，硝酸钾在一定量的水中不能无限地溶解，而且硝酸钾在水中的溶解受温度的影响。我们把在一定温度下、一定量的水中不能继续溶解硝酸钾的溶液称为硝酸钾的**饱和溶液**；把还能继续溶解硝酸钾的溶液称为硝酸钾的**不饱和溶液**。

交流共享

根据上述探究活动中的现象，如何判断一种溶液是饱和溶液还是不饱和溶液？

溶液的“饱和”与“不饱和”是有条件的，改变条件就能够使饱和溶液与不饱和溶液相互转化。



三、溶液组成的表示方法

在同样多的两杯水中分别溶解一汤匙蔗糖和两汤匙蔗糖，你不难判断哪一杯糖水更甜。但是，你知道下面的实验中哪杯糖水更甜吗？



活动探究

3-8

哪杯糖水更甜

1. 在一个盛有 40 mL 水的烧杯中加入 8.0 g 蔗糖，搅拌，使蔗糖溶解。
2. 在另一个盛有 50 mL 水的烧杯中加入 10.0 g 蔗糖，搅拌，使蔗糖溶解。

讨论：

1. 上述所得两杯糖水，哪杯更“甜”？你的判断依据是什么？
2. 如果你的结论是通过计算获得的，你列出的算式与其他同学一样吗？

定量表示溶液组成的方法很多，化学上常用**溶质质量分数**来表示溶液的组成，它是溶质与溶液的质量之比。通常可用下式计算：

$$\text{溶质质量分数} = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{溶液的质量}} \times 100\%$$

其中，溶液的质量 = 溶质的质量 + 溶剂的质量

例题 将 100 g 25% 的硝酸钾溶液用水稀释成溶质质量分数为 10% 的溶液。求稀释所需水的质量。

分析：溶液稀释前后，溶质的质量不变。

解：设稀释后溶液的质量为 x 。

$$100 \text{ g} \times 25\% = x \times 10\%$$

$$x = \frac{100 \text{ g} \times 25\%}{10\%} = 250 \text{ g}$$

需要水的质量为 $250 \text{ g} - 100 \text{ g} = 150 \text{ g}$

答：稀释需要水的质量为 150 g。

多识一点 >>>

表示浓度的方法

我们常说的“浓度”是指一定量的溶液中所含溶质的量。溶质含量越多，浓度越大。溶质质量分数是表示浓度的一种常用方法。除质量分数外，人们有时也用“体积分数”来表示溶液的组成和浓度。例如 75% 的医用酒精，是指每 100 体积的酒精溶液中含有 75 体积的乙醇；再如白酒的“度数”也是体积分数，52 度的白酒表示 100 体积的白酒中含有 52 体积的乙醇。

四、溶液的配制

在许多情况下，我们需要使用溶质质量分数一定的溶液。例如，医疗用生理盐水是溶质质量分数约为 0.9% 的氯化钠溶液，太稀或太浓都会给患者带来生命危险。那么，如何配制一定溶质质量分数的溶液呢？



观察思考

3-4

配制一定溶质质量分数的溶液

欲配制 50 g 16% 的氯化钠溶液，基本步骤如下：

1. 计算：计算配制 50 g 16% 的氯化钠溶液需要氯化钠和水的质量。将所需水的质量换算成体积（1 g 水的体积约为 1 mL）。
2. 称量：用托盘天平或电子秤称取所需的氯化钠，再用量筒量取所需的水。
3. 溶解：将称好的氯化钠倒入干燥的烧杯中，再加入量好体积的水，用玻璃棒充分搅拌，直至氯化钠全部溶解。
4. 装瓶存放：把配制好的溶液装入试剂瓶中，盖好瓶塞，贴上标签（注明药品名称和溶质质量分数），放入试剂柜中。

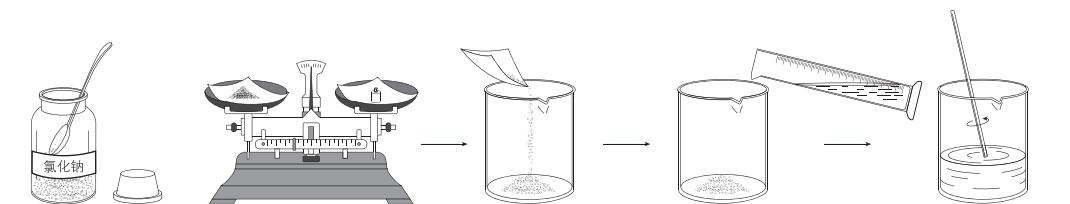


图 3-18 配制一定溶质质量分数的溶液

思考：配制一定溶质质量分数的溶液需要用到哪些仪器？在操作时应注意哪些事项？

长话短说

1. 溶解就是在溶剂分子的作用下，溶质分子或离子均匀分散到溶剂中的过程。物质的溶解通常伴随着能量的变化。
2. 溶液是溶质的粒子分散在溶剂中形成的均一、稳定的混合物。均一、稳定是溶液的重要特征。
3. 一定温度下，大多数固体物质不能无限地溶解在一定量的水中。改变条件能够使饱和溶液与不饱和溶液相互转化。
4. 可用溶质质量分数定量表示溶液的组成。

$$\text{溶质质量分数} = \frac{\text{溶质的质量}}{\text{溶液的质量}} \times 100\%$$

5. 配制一定溶质质量分数的溶液，一般要经过计算、称量、溶解、装瓶存放等步骤。

练习与应用

1. 下列关于溶液的说法不正确的是（ ）。
 - A. 水能溶解所有物质，是一种常用的溶剂
 - B. 饱和溶液不一定是浓溶液
 - C. 物质溶解的过程通常伴随着能量的变化
 - D. 溶液是均一、稳定的混合物

2. 现有 100 g 溶质质量分数为 5% 的氯化钠溶液，下列说法不正确的是（ ）。

- A. 此溶液中溶质为氯化钠、溶剂为水
- B. 将 5 g 氯化钠溶于 95 g 水中，可制得该溶液
- C. 此溶液是将氯化钠和水按质量比 1 : 20 配制所得的
- D. 取出 50 g 该溶液，剩余溶液溶质质量分数为 5%

3. 我国劳动人民很早就使用一定溶质质量分数的食盐水挑选种子。请回答下列问题。

(1) 现要配制 100 g 20% 的食盐水用来选种，则需要氯化钠和水的质量各是多少？

(2) 实验室现有 200 g 溶质质量分数 10% 的食盐水，若要使此溶液的溶质质量分数增加一倍，则应向此溶液中加入多少氯化钠？或者蒸发掉多少水？

4. 某实验小组想要配制 500 g 溶质质量分数为 5% 的硝酸钾 (KNO_3) 溶液作为无土栽培所需的营养液，请完成下列操作：

(1) 计算：需要硝酸钾_____g，水_____mL（水的密度为 1 g/mL）。

(2) 称量：调节天平平衡后，两盘放上同样的称量纸，并在右盘放入砝码，向左盘加入部分硝酸钾，发现天平的指针偏左，此时应_____。

- A. 增加硝酸钾
- B. 减少硝酸钾
- C. 移动游码

(3) 溶解：用量筒量取所需的水，将其倒入盛有硝酸钾的烧杯中，用玻璃棒搅拌（其目的是_____），直至硝酸钾全部溶解。

(4) 装瓶：将配制好的溶液装入试剂瓶中，塞好瓶塞，贴上标签。

跨学科实践活动 1

自制简易净水器

活动目标

1. 设计简易净水器的装置模型，加深对净化天然水原理和方法的理解；
2. 体验综合运用化学、技术、工程知识制作简易净水器的思路与方法；
3. 感受小组合作、协同创新制作简易净水器的乐趣。

安全的饮用水是保障人体健康的重要基础。随着人们对饮用水水质要求的不断提高，一些居民社区、学校、火车站都安装了直饮水净水装置。这些净水器的工作原理和自来水的生产原理几乎是一样的。你能否利用生活中常见的材料，设计和制作一个简易的净水器呢？

活动过程

活动 1：明确任务

本次活动的任务是设计和制作一个简易净水器。该净水器应满足以下基本要求：

1. 能净化河水、泥水等，净化后的水应澄清、透明、无色、无异味。
2. 体积大小适宜，并可调节进水和出水的流量和流速。

活动 2：设计模型

在制作产品之前，首先要明确产品的工作原理，确定产品由哪几部分构成，每个部分的作用是什么，然后绘制工作原理图，并据此设计产品模型。

1. 绘制简易净水器的工作原理图。类比工业生产自来水的原理和流程，绘制简易净水器的工作原理图。也可以进一步查阅资料，了解市面上常见净水器的工作原理，并将其与自己设计的原理图进行对比分析，提出优化的思路。



图 3-19 社区智能直饮水站

2. 设计简易净水器的装置模型图。选择合适的净水材料是制作净水器的关键。以生活中常见的材料为主，依据所绘制的简易净水器的工作原理图，设计一个简易净水器的装置模型图。

3. 优化并改进简易净水器的装置模型图。

小组展示各自设计的简易净水器的装置模型图，交流设计理念，并对模型图进行评价，提出具体改进建议。根据建议进一步优化装置模型图。

活动 3：制作产品

1. 根据改进后简易净水器的装置模型图，准备相关材料，小组合作或独立完成简易净水器的制作。

2. 进行净化操作，观察和评价制作的简易净水器的净水效果。

3. 根据净水效果，讨论需要对制作的简易净水器进行哪些改进，提出优化改进方案，重新制作简易净水器，并再次进行净水操作，观察净水的效果。

反思交流

1. 请从创新性、实用性和美观性等方面反思和评价制作的简易净水器。

2. 就本次跨学科实践活动撰写活动报告，展示活动过程和实践成果，并分享在本次活动中的收获和感受。

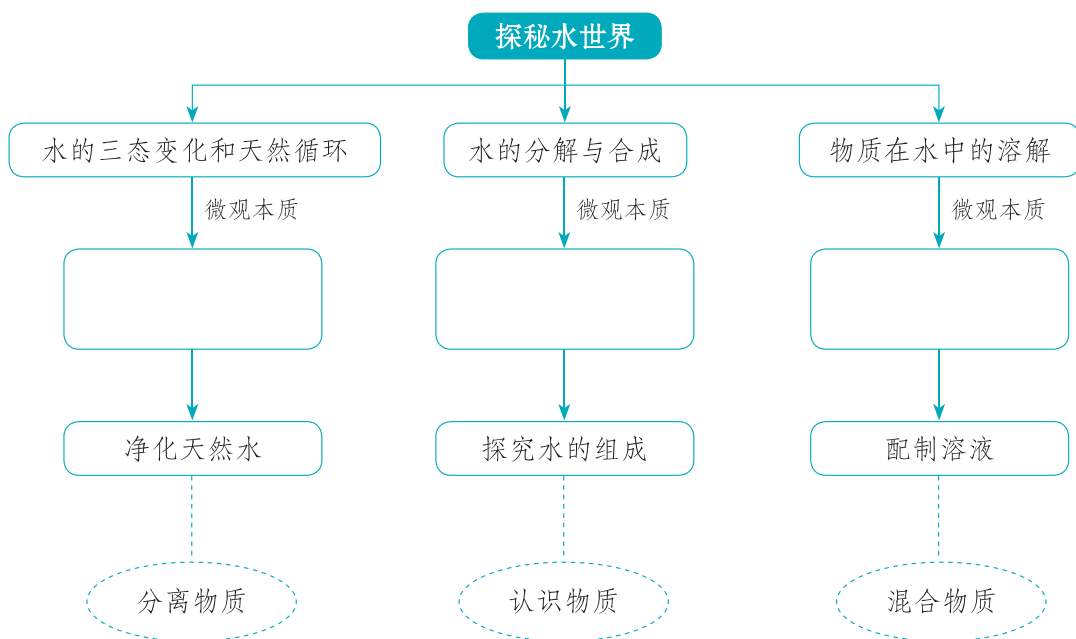
3. 新版《生活饮用水卫生标准》已于 2023 年 4 月 1 日正式实施。这是我国开展饮用水水质监测管理的依据，对保障饮用水水质安全具有重要意义。请查阅该标准，看看生活饮用水需要满足哪些标准。

设计简易净水器需考虑以下问题：
如何控制进出水的流速？如何保证净水装置的稳定性？如何保证净水装置中各部分尺寸大小的匹配性？如何收集和储存净化后的水？

单元总结

在本单元的学习中，我们追随小小的水分子，游历了水的三态变化，见证了水的分解与合成，发现了物质溶解的奥秘……你能否用分子的观点解释物理变化与化学变化的本质区别？能否从微观粒子相互作用的角度理解溶液的形成过程及其特征？请在关联图的空白处，用喜欢的方式呈现你的观点。

在日常生活和科学研究中，人们可以通过物理变化或化学变化，认识物质、分离物质或混合物，从而更好地应用物质。请以净化天然水和配制一定溶质质量分数的溶液为例，总结分离混合物的常用方法及配制溶液的步骤，体会其在应用物质过程中起到的作用。



单元测评

1. 下列有关电解水实验的说法正确的是()。

- A. 电解水装置正极与负极上得到的气体体积比大约是 2 : 1
- B. 水电解生成氢气和氧气, 说明水中含有氢分子和氧分子
- C. 在水电解的反应中, 氢原子和氧原子都没有发生变化
- D. 水的蒸发和水的电解都能产生气体, 它们都是化学变化

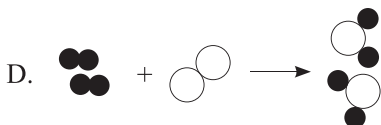
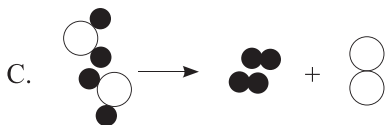
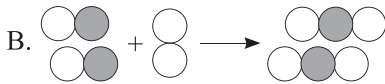
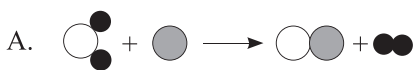
2. 下列说法不合理的是()。

- A. 氯化钠溶液中存在钠离子、氯离子和水分子
- B. 溶液具有均一性和稳定性, 是因为溶液中各种粒子都静止不动
- C. 氯化钠易溶于水不溶于植物油, 是因为水分子与油分子对 Na^+ 、 Cl^- 的作用不同
- D. 其他条件不变, 增加溶剂能使饱和溶液变成不饱和溶液

3. 北京 2022 年冬奥会以“二十四节气”作为倒计时向世界宣布本届冬奥会正式拉开序幕。“二十四节气”是我国古人通过实践总结出来的用于指导农业生产的智慧结晶, 比如“雨水”节气过后, 雨量便会增多, 空气湿度也会逐渐增大。下列有关说法不正确的是()。

- A. 降雨过程中水分子本身没有发生变化
- B. 降雨是实现地球水资源重新分配的重要途径
- C. “雨水”节气过后空气湿度增大的原因是温度升高, 空气中的水分子间隔增大
- D. “雨水”节气过后空气湿度增大的原因是温度升高, 促进了地表水的蒸发

4. 用“●”“○”“●”分别表示不同类的原子, 则下列图示可以表示分解反应的是()。



5. “摇摇冰”是一种即用即冷的饮料，饮用时将饮料盒隔离层中的物质和水混合摇动即会制冷。此物质可能是（ ）。

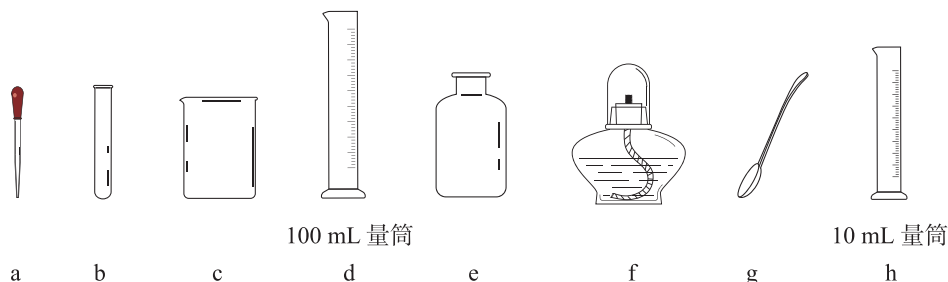
- A. 氯化钠 B. 氢氧化钠 C. 硝酸铵 D. 蔗糖

6. (1) 从下图中选择合适仪器的序号，填写在相应的横线上。

① 取用少量粉末状固体时用_____。

② 吸取和滴加少量液体时用_____。

③ 量取 8 mL 液体时用_____。



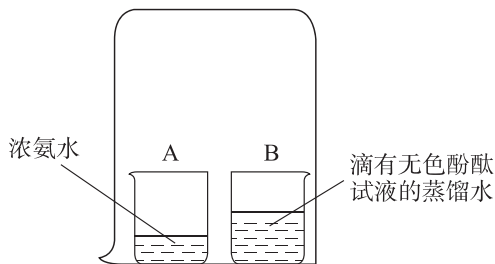
(2) 将已称量好的 6 g 食盐溶解在 30 mL 水中，除上图中所列仪器之外，还需要添加的仪器是_____。

7. 过氧化氢 (H_2O_2) 既是工业上重要的化工原料，又是常用的医用消毒剂。

(1) 小明配制了 600 g 溶质质量分数为 5% 的过氧化氢溶液，该溶液中溶质为_____ g，溶剂为_____ g。

(2) 小明从上述溶液中取出 300 g 用于环境消毒，则剩余溶液的溶质质量分数为_____。

8. 已知氨溶于水得到的氨水溶液能使无色酚酞试液变红色。如下图所示，烧杯 A 中盛有 10 mL 浓氨水；烧杯 B 中盛有 20 mL 蒸馏水，并加入 2 ~ 3 滴酚酞试液，得到无色溶液。用一个大烧杯把 A、B 两烧杯罩在一起。几分钟后，观察到烧杯 B 中的溶液变成红色。上述现象说明了什么？请你设计简单的实验证明自己的观点。



9. 某实验小组利用下图 1 所示的仪器配制一定溶质质量分数的氯化钠溶液。

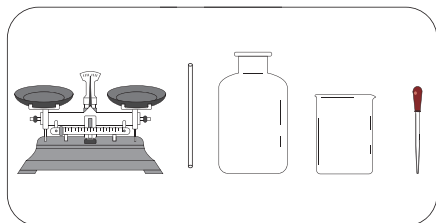


图 1

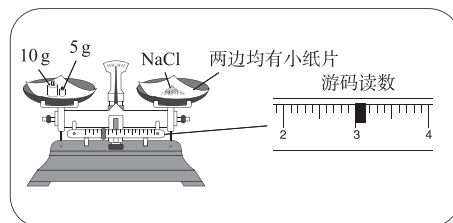
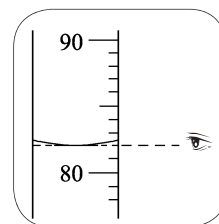


图 2

(1) 图 1 中缺少一种必须用到的玻璃仪器是 _____。

(2) 图 2 中的操作错误是 _____
 _____；若按图 2 操作，取用的氯化钠实际质量
 为 _____ g。

(3) 量取蒸馏水的体积读数如图 3 所示，则该实验小组计划
 配制的氯化钠溶液的溶质质量分数为 (水的密度为 1 g/cm^3)
 _____。



量筒读数

图 3

10. 分别对 90 g 10% 的氯化钠溶液进行如下操作，请计算出所得溶液的溶质质量分数。

- (1) 加入 10 g 水：_____；
- (2) 加入 10 g 氯化钠，完全溶解：_____；
- (3) 加入 10 g 20% 的氯化钠溶液：_____。

第四单元

我们周围的空气

第一节 空气的组成

第二节 氧气的性质

第三节 氧气的实验室制取

跨学科实践活动2

基于特定需求设计和制作简易供氧器

在这个世界上，对于大多数生命体而言，最为重要的就是空气了。虽然你看不见、摸不着它，却须臾也离不开它。有了空气，才有风的舞动、云的飘移；有了空气，才有花的芬芳艳丽、鸟的展翅翱翔……如此重要的空气含有哪些成分？又有哪些重要的性质呢？在实验室中如何制取氧气呢？

第一节 | 空气的组成

空气是生命赖以生存的物质基础，也是重要的自然资源。我们每时每刻都要吸入空气，空气成分的微小变化甚至会对人类的生存产生巨大的影响。你知道空气是由哪些成分组成的吗？这些成分都有什么用途？你关注每天的空气质量报告吗？

一、定量认识空气的组成

我们知道空气是无色、无味的混合气体。它的成分在地球历史上曾经几度发生巨大变化，现在的空气约形成于 3.5 亿年前。

人们对空气组成的认识经过了艰辛的探索过程。18 世纪中叶以前，人们一直把空气看作是一种单一成分的物质。后来，通过对燃烧现象和呼吸作用的深入研究，人们逐渐认识到空气组成的复杂性。干燥洁净的空气主要是由氮气（ N_2 ）、氧气（ O_2 ）和稀有气体^①（主要为氩气，另外还有氦、氖等气体）组成的，还含有少量的二氧化碳（ CO_2 ）和极少量的其他气体。

现在，人们可以利用氧气传感器准确测量空气中的氧气含量，但在 200 年前这可并非易事。1775 年，拉瓦锡（A. L. Lavoisier, 1743—1794）首次测定了空气中氧气的含量。

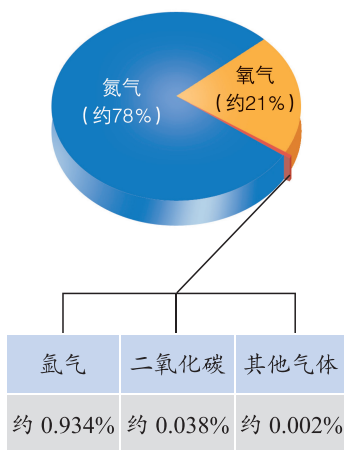


图 4-1 干燥洁净空气的成分 (体积分数)



图 4-2 利用传感器测量空气中氧气的含量

^① 稀有气体曾因化学性质稳定被称为“惰性气体”。1962 年化学家发现有些稀有气体在一定条件下也能与某些物质发生化学反应，生成稳定的化合物。此后人们把“惰性气体”改称“稀有气体”。

空气成分的测定

拉瓦锡将银白色的液态汞(Hg)放在密闭的容器里连续加热12天,发现一部分汞变成红色粉末,同时容器里空气的体积差不多减少了约16%。他又研究了剩余的那部分空气,发现这部分空气既不能供给呼吸,也不能支持燃烧,他认为这部分气体都是氮气(拉丁文原意是“不能维持生命”)。

拉瓦锡又把汞表面生成的红色粉末收集起来,放在一个较小的容器里再加热,又得到了汞和氧气,而且氧气的体积恰好等于密闭容器里所减少的体积。他把得到的氧气加到前一个容器里剩下的气体中,结果所得气体跟空气的性质完全一样。这样,拉瓦锡首次测定出了空气中氧气和氮气的大致含量。

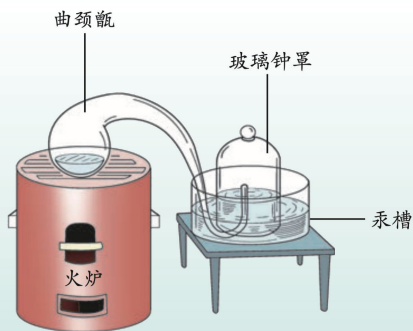


图4-3 拉瓦锡研究空气成分的装置



观察思考

4-1

拉瓦锡测定空气成分的实验

1. 拉瓦锡测定空气成分的实验为什么选择在密闭容器中进行?
2. 加热条件下,汞与氧气化合生成氧化汞。拉瓦锡选择金属汞作为反应物有什么优点?
3. 通过观察哪些现象、测量哪些数据就可以判断出空气中氧气的含量?

拉瓦锡的实验是依据空气混合物中各组分性质的差异,利用化学反应,在不引入新的气态杂质的前提下,将氧气转化为固态的氧化汞(HgO),从而达到测定空气中氧气含量的目的。参照拉瓦锡的实验,我们如何设计实验装置来粗略地测定空气中氧气的含量呢?

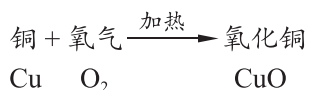


活动探究 4-1

测定空气中氧气的含量

〔实验原理〕

加热时，铜能跟空气中的氧气反应，生成黑色的氧化铜。



〔实验用品〕

硬质玻璃管（相同规格2支）、橡皮塞（带玻璃导管及不带玻璃导管各2个）、量筒、酒精灯、铁架台（带铁夹）、气球、注射器、火柴、药匙；铜粉。

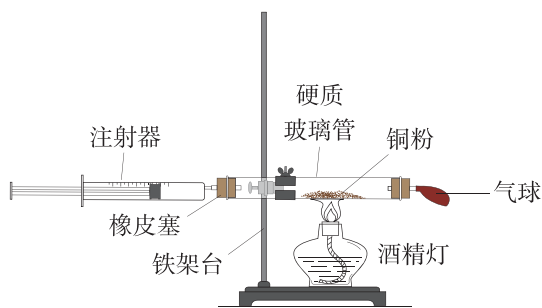


图 4-4 测定空气中氧气的含量

〔实验步骤〕

1. 将一支硬质玻璃管注满水（两端用橡皮塞封住），然后打开上端橡皮塞，将水倒入量筒中，记录体积。

2. 如图 4-4 所示，在另一支干燥的硬质玻璃管中装入铜粉，两端塞上带玻璃导管的橡皮塞，其中一端用气球密封。移动注射器活塞，在注射器中留存一定体积的气体，记录体积后与硬质玻璃管另一端密封连接。根据酒精灯的高度，将玻璃管固定在铁架台上。

3. 用酒精灯在铜粉部位加热，加热时多次缓慢推拉注射器。

4. 停止加热后，待玻璃管冷却至室温，将气球内的气体全部挤出。待注射器活塞稳定后，记录注射器中气体的体积。

〔记录数据〕

硬质玻璃管的容积	反应前注射器中气体的体积	反应后注射器中气体的体积	反应消耗氧气的体积

〔实验结论〕

〔实验反思〕

1. 与拉瓦锡的测定实验相比，上述实验有哪些优点与不足？
2. 上述实验在哪些环节上可能造成误差？如何避免或减小这些误差？

稀有气体的发现

很长一段时间人们普遍认为空气中除了少量水蒸气和二氧化碳之外，其余的就是氧气和氮气了。1892年，物理学家瑞利（L. J. W. Rayleigh, 1842—1919）利用灵敏度达0.0001 g的天平，在长达10年的气体密度测量工作中，发现了从空气中分离得到的氮气密度（1.2572 g/L）与分解含氮物质得到的氮气密度（1.2508 g/L）之间总是有微小的差异。瑞利没有放过这一微小的差异，他与化学家拉姆齐（W. Ramsay, 1852—1916）合作，先是仔细去除空气中的氧气、二氧化碳、水蒸气和氮气，然后利用分光镜观察剩余气体的光谱线，终于发现在空气中还存在着氩气。在以后的几年里，拉姆齐又通过分离液态空气和光谱法陆续发现了氦、氖、氦、氙。

稀有气体是从气体密度测量结果里的微小差异中发现的，因此被称为“第三位小数的胜利”，这是科学家们严谨求实、勇于质疑、不懈探索的结果。1904年，瑞利和拉姆齐因为在稀有气体发现中的杰出贡献分别荣获诺贝尔物理学奖和化学奖。

思考：

- (1) 阅读上述材料给了你怎样的启示？
- (2) 你能否举例说明在日常生活、工作和科学研究中关注细节和不忽视“异常”现象的重要性？

二、空气是一种重要的资源

空气不仅是生命赖以存在的物质基础，还是人类生产活动的重要资源，空气中的各种成分具有广泛的用途。

在工业上，主要是通过降温加压使空气液化，然后使液态空气升温，利用空气中氧气、氮气、稀有气体的沸点不同，使它们在不同温度下分别气化，从而逐一从空气中分离出来。

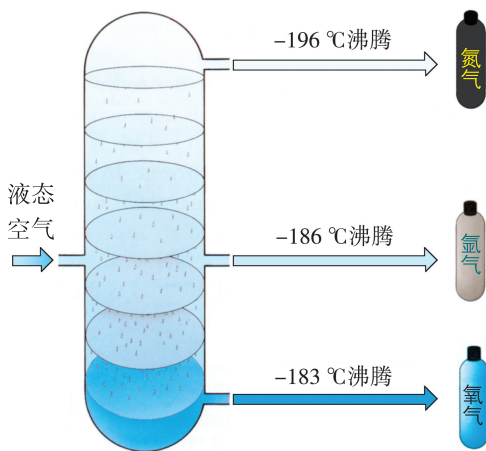


图 4-5 空气中各种成分的分离

氧气能供给生物呼吸，支持燃料燃烧，还能用于钢铁冶炼和金属焊接等。

氮气在通常状况下是一种无色、无味的气体，难溶于水。它是工业上生产氨气、硝酸和氮肥的重要原料；食品包装袋中充入氮气可避免食品挤压破碎；液态氮气是很好的制冷剂，可用于冷藏血液等。

稀有气体（包括氦、氖、氩、氪、氙、氡）在通常条件下几乎不与任何物质发生化学反应，可用作工业生产和科学实验中的保护气；在通电时可以发出各种不同颜色的光，可被填充在灯管中，用于制造多种用途的电光源。



图 4-6 硝酸生产设备

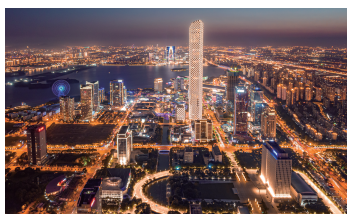


图 4-7 城市霓虹灯夜景

三、关注空气质量

通常情况下，空气中各种成分的含量保持相对稳定。但随着人类活动的增加，特别是工业生产和交通运输产生的废气源源不断地排放，空气中有害气体和烟尘的含量不断升高，导致空气质量下降。空气质量状况随时间和地点的不同而有所不同。



活动探究

4-2

探究不同气体样本中二氧化碳含量的差异

1. 利用课余时间，用塑料矿泉水瓶收集至少 2 种气体样本，如清晨公园或树林中的空气、人流密集商场中的空气、空旷操场中的空气、教室中的空气等，留作课堂实验时使用。



收集气体样本的过程中一定要注意安全，切不可使自己置身于危险中。

2. 用二氧化碳检测仪测量不同气体样本中二氧化碳的含量，记录实验数据。

气体来源	实验数据	实验结论



图 4-8 二氧化碳检测仪

3. 如果实验室中没有二氧化碳检测仪，你能否通过化学实验判断不同气体样本中二氧化碳含量的差异？已知通常情况下，二氧化碳能使澄清石灰水变浑浊。请你设计并完成实验，记录实验现象。

气体来源	实验现象	实验结论

讨论：在实验步骤 3 中，为使实验结果尽可能准确，应如何控制实验变量？

目前，有关部门通过各种媒体向社会发布空气质量报告，以使民众及时了解当地和全国各主要城市的空气质量状况。

观察思考 4-2

认识空气质量报告

表 4-1 列出了三个城市某一天的空气质量报告。表中的空气质量指数 (AQI) 是将几种空气污染物的含量按一定的方法处理成 0 ~ 500 之间的数字，用以定量描述空气质量状况的指数。目前，计入空气质量评价的主要污染物为二氧化硫 (SO₂)、二氧化氮 (NO₂)、一氧化碳 (CO)、臭氧 (O₃)、可吸入颗粒物 (指直径不超过 10 微米的颗粒物，称 PM₁₀)、细颗粒物 (指直径不超过 2.5 微米的颗粒物，称 PM_{2.5}) 等。

表 4-1 不同城市空气质量报告

城市	空气质量指数	首要污染物	空气质量指数级别	空气质量指数类别
A	22	—	一级	优
B	335	PM ₁₀	六级	严重污染
C	66	O ₃	二级	良

思考：

1. 空气质量报告的主要内容是什么？
2. 空气质量指数级别与空气质量状况存在什么关系？

| 化学与社会 >>>

空气质量级别对人体健康的影响

空气质量指数 (AQI)	空气质量指数级别	空气质量指数类别及表示颜色	对健康影响情况
0 ~ 50	一级	优 绿色	空气质量令人满意，基本无空气污染
51 ~ 100	二级	良 黄色	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的健康有较弱影响
101 ~ 150	三级	轻度污染 橙色	易感人群症状有轻度加剧，健康人群出现刺激症状
151 ~ 200	四级	中度污染 红色	进一步加剧易感人群症状，可能对健康人群的心脏、呼吸系统有影响
201 ~ 300	五级	重度污染 紫色	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
>300	六级	严重污染 褐红色	健康人群运动耐受力降低，有明显症状，提前出现某些疾病

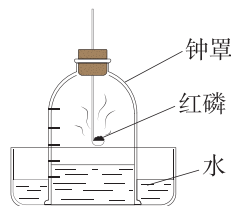
空气不仅是我們赖以生存的物质基础，也是工农业生产的重要资源。让我们为保护环境、提高空气质量行动起来吧！

长话短说

1. 空气是由氮气、氧气、稀有气体和二氧化碳等多种成分组成的混合物，它是一种重要的资源。
2. 在测定空气中氧气的含量时，常利用化学反应，在不引入新的气态杂质的前提下，将氧气转化为固态物质，从而达到实验目的。
3. 空气质量状况对公众健康影响很大，监测并改善空气质量是社会发展的必然要求。我国的大气污染防治工作任重道远。

练习与应用

1. 下列关于空气的说法错误的是（ ）。
 - A. 空气中含量最多的气体是氮气
 - B. 空气是由多种物质组成的混合物
 - C. 空气质量指数越大表明空气质量越好
 - D. 空气中的多种成分在工农业生产中具有重要作用
2. 下列事实说明空气中含有哪种物质？
 - (1) 氢气能在空气中燃烧。
 - (2) 可以利用空气制造氮肥。
 - (3) 酥脆的饼干在空气中会逐渐变软。
 - (4) 植物通过光合作用合成葡萄糖等有机物。
3. 用来测定空气成分的方法有很多，有人用右图所示的简易装置来测定空气中氧气的含量（已知红磷在氧气中燃烧生成五氧化二磷固体）。下列对该实验认识正确的是（ ）。
 - A. 使用红磷的量多或少，都不会影响实验结果
 - B. 燃烧足够的红磷可使进入钟罩的水占钟罩容器的 $\frac{4}{5}$
 - C. 红磷燃烧消耗空气中的氧气，使钟罩内压强下降，水面上升
 - D. 红磷停止燃烧后，立即观察记录水进入钟罩的刻度
4. 收集你所在地区一段时间的空气质量日报，以日期为横坐标，AQI 指数为纵坐标，绘制空气质量变化趋势图，并尝试解释空气质量变化的原因。



第二节 | 氧气的性质

氧气与世间万物如影随形，动植物呼吸、燃料燃烧、钢铁冶炼等都需要氧气。这些变化虽然发生的场所和产生的现象各不相同，但都与氧气的性质有关。

一、氧气的物理性质



观察思考

4-3

氧气的物理性质

观察集气瓶中的氧气，并结合下列给出的数据和你的生活经验，归纳氧气的物理性质。

在标准状况（ $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.01\times 10^5\text{ Pa}$ ）下，氧气的密度是 1.429 g/L ，空气的密度是 1.293 g/L ， 1 L 水中最多能溶解 0.049 L 氧气。

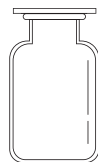


图 4-9 盛满氧气的集气瓶

在标准状况下，氧气是一种无色无味的气体，密度比空气略大，不易溶于水。有趣的是，在压强为 $1.01\times 10^5\text{ Pa}$ 时，氧气在 $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时变为淡蓝色的液体，在 $-218\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时变为淡蓝色的雪花状固体。

二、氧气的化学性质

物质的化学性质是该物质在发生化学变化的过程中表现出来的。根据你已有的知识和生活经验推测：氧气具有怎样的化学性质？氧气能与哪些物质发生化学反应？



氧气的化学性质

完成下列实验操作，观察并记录实验现象。

1. 氧气与木炭反应：用坩埚钳夹取一块木炭，在酒精灯上加热至燃烧，然后将木炭插入盛有氧气的集气瓶中。待燃烧停止后，向集气瓶中加入少量澄清石灰水并振荡，观察现象。

木炭在空气中燃烧	
木炭在氧气中燃烧	

2. 氧气与铁丝反应：将细铁丝绕成螺旋状，用坩埚钳夹持，在酒精灯上加热。待铁丝红热后迅速插入盛有氧气的集气瓶中（瓶中预先留少量水或铺一层细沙），观察现象。

铁丝在空气中燃烧	
----------	--

讨论：木炭、铁丝在空气中与在氧气中反应的剧烈程度明显不同，原因是什么？

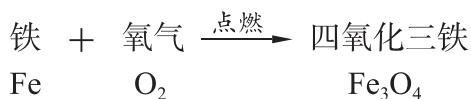
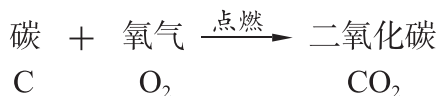


图 4-10 木炭在氧气中燃烧



图 4-11 铁丝在氧气中燃烧

实验表明，木炭、铁丝都能在氧气中燃烧，这说明氧气能与碳、铁发生化学反应，其反应可分别表示为：

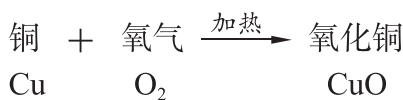
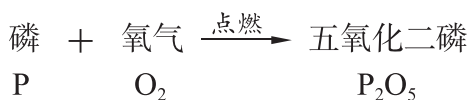
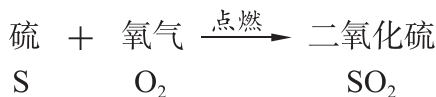


通过以上实验还发现，木炭在氧气中燃烧比在空气中燃烧更剧烈，而像铁这种在空气中不易燃烧的物质也能够在氧气中剧烈燃烧。这说明物质跟氧气发生化学反应时，单位体积的空间里氧分子的数目越多（即氧气浓度越大），反应就越剧烈。

与木炭、铁丝类似，硫、磷、铜等单质在点燃或加热条件下，也能与氧气发生反应，这些反应可分别表示为：



图 4-12 硫在氧气中燃烧



实验事实表明，氧气是一种化学性质比较活泼的气体，能与大多数金属、非金属单质及化合物发生化学反应，使这些物质得到氧元素，这样的过程叫作**氧化**，发生的反应属于氧化反应。

像 H_2O 、 CO_2 、 Fe_3O_4 、 SO_2 等由两种元素组成的化合物，其中一种元素是氧元素的化合物叫作**氧化物**。

交流共享

氧气的化学性质比较活泼，能与很多物质发生反应。但通常情况下，这些物质都能与氧气“和平共处”，这是为什么呢？

三、自然界中的氧循环

氧是地壳中含量最高的元素，也是组成生命体的重要元素。氧元素在自然界中的循环，广泛存在于物质的天然转化、人工转化以及生命活动过程中，对于维持健康的生命活动与和谐的生态环境都具有极其重要的意义。



了解自然界中的氧循环

观察右图，看看氧元素在自然界里是怎样循环的。

思考：

1. 自然界中氧气产生与消耗的途径主要有哪些？

2. 氧气是性质比较活泼的气体，自然界中很多物质在常温下就能与氧气发生化学反应，那为什么大气中氧气的含量没有越来越低呢？



图 4-13 自然界中的氧循环示意图

在自然界中，通过氧气以及各种含氧化合物的天然或人工转化，形成持续、稳定的氧循环，从而维持了相对恒定的大气含氧量，构建了陆地、海洋和大气等环境的物质和能量平衡，为生态系统的正常运转提供了可靠的资源保障。

氧循环过程中，人和动物吸入的氧气主要用于氧化所摄入的营养物质，为机体生长发育和新陈代谢等提供物质基础和能量。这类反应往往进行得非常缓慢，甚至不容易被察觉，称为**缓慢氧化**。常温下，许多物质都能发生缓慢氧化，例如金属的锈蚀、动植物的腐烂和塑料的老化等。

长话短说

1. 氧气的化学性质比较活泼，能与许多单质和化合物发生氧化反应。
2. 氧循环对维持自然界中的物质、能量及生态平衡具有重要的意义。

练习与应用

1. 分别写出下列物质在氧气中燃烧的文字表达式，并指出该反应是化合反应还是分解反应。

木炭与氧气反应：_____，属于_____反应。

硫黄与氧气反应：_____，属于_____反应。

红磷与氧气反应：_____，属于_____反应。

铁丝与氧气反应：_____，属于_____反应。

铜粉与氧气反应：_____，属于_____反应。

2. 下列有关氧气的说法不正确的是（ ）。

- A. 通常情况下，氧气是无色、无味的气体
- B. 鱼类能在水中生存是因为水中溶有少量氧气
- C. 物质和氧气发生化学反应的剧烈程度跟氧气的浓度有关
- D. 将木炭放入盛有氧气的集气瓶中，木炭会立即燃烧起来

3. 下列选项不属于氧气在大自然中消耗途径的是（ ）。

- A. 生物的呼吸作用
- B. 绿色植物的光合作用
- C. 物质在空气中的燃烧
- D. 物质在空气中的缓慢氧化

4. 小明同学认真分析教材中“自然界中的氧循环”示意图后，产生了下列想法，其中错误的是（ ）。

- A. 森林里空气的含氧量高于沙漠中空气的含氧量
 - B. 动植物呼吸和燃料燃烧过程中都发生了有氧气参与的化学变化
 - C. 绿色植物通过光合作用使自然界中的氧原子总数增加
 - D. 教室空气中的某个氧原子有可能来自京杭大运河中的一滴水
5. 如何用简单的方法区分氧气、空气、氮气三种无色气体？

第三节 | 氧气的实验室制取

自然界中，氧气大多来自植物的光合作用。工业上，使用氧气的量较大，一般采用分离液态空气的方法制得。在实验室中，因研究和学习的需要，常常要制取少量氧气，如何才能方便、安全地制取氧气呢？



交流共享

实验室制取气体物质的思路分析

在实验室要制取一种气体时，首先要确定制取气体的化学反应原理，即选择什么反应物，控制什么反应条件制取气体；然后是确定制取气体的实验装置，包括气体发生装置和收集装置；最后要明确具体的实验操作，并系统审查整个反应体系是否符合安全、环保的要求。

请思考讨论以下问题：

1. 小明同学认为，确定实验室制取气体的化学反应时，应考虑以下几个方面的因素。你是否同意他的观点？你还考虑到了哪些因素？
 - A. 反应物是否容易获得
 - B. 实验条件是否容易控制
 - C. 实验装置是否容易装配
 - D. 实验操作是否安全可靠
2. 选择气体发生装置和收集装置的依据分别是什么？

适合在实验室中制取氧气的物质和方法有多种。其中，利用催化剂分解过氧化氢制取氧气是比较符合环保、安全要求的方法。



分解过氧化氢制取氧气的实验原理

取 A、B 两支试管，用 10% 的过氧化氢溶液和二氧化锰完成下列实验。观察并记录实验现象。

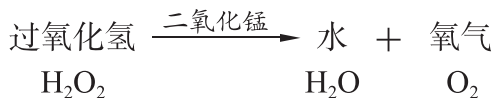
1. 向 A 试管中加入 3 ~ 5 mL 过氧化氢溶液，将带火星的木条伸入试管口。
2. 向 B 试管中加入少量二氧化锰粉末，将带火星的木条伸入试管口。
3. 将 A 试管中的过氧化氢溶液倒入 B 试管中，将带火星的木条伸入 B 试管口。
4. 待 B 试管中的现象不明显后，小心将上部液体倒出，再加入 3 ~ 5 mL 过氧化氢溶液，将带火星的木条伸入试管口。

实验编号	1	2	3	4
实验现象				

讨论：对比上述实验现象，你能得出什么结论？第 4 步实验可以多次重复，反应后将试管中的二氧化锰干燥称量，发现反应前后质量没有改变。据此你认为，二氧化锰在此反应中起什么作用？

能改变其他物质的化学反应速率，而本身的质量和化学性质在反应前后都没有发生变化的物质叫作催化剂。

在二氧化锰的作用下，过氧化氢迅速分解产生氧气和水，这一反应可表示如下：



反应中，二氧化锰作为催化剂，起到了催化作用，加快了过氧化氢的分解。

| 多识一点 >>>

形形色色的催化剂

在化工生产、科学实验和生命活动中，催化剂都可大显身手。例如，将氮气跟氢气合成氨气，要使用以铁为主体的多组分催化剂。汽车尾气中含有污染性气体一氧化碳和氮氧化物，利用钨、铂、铑等金属作催化剂可以迅速将二者转化为二氧化碳和氮气。酶是动物、植物和微生物体内活细胞产生的具有催化功能的生物大分子，生物体中的化学反应几乎都是在酶的催化作用下进行的；酿造业、制药业等有时也要用酶作催化剂。

确定了合适的反应物、知道如何控制反应条件后，就要确定使用何种气体发生装置和收集装置来进行实验。



活动探究

4-5

确定气体发生装置与收集装置

1. 通常，要根据反应物和生成物的状态、反应条件来选择气体发生装置。

固体二氧化锰与过氧化氢溶液混合制取氧气的反应不需要加热，可选用下列哪种实验装置？你的理由是什么？

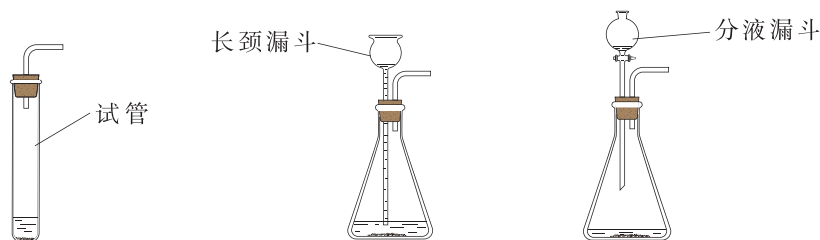


图 4-14 气体发生装置

2. 实验室收集气体时，一般可采用排水集气法或排空气集气法。

当制取的气体难溶或微溶于水，且不与水发生化学反应时，可采用排水集气法收集。凡不与空气发生反应，且其密度与空气密度相差较大的气体，都可采用排空气集气法收集。如果要收集的气体密度比空气的密度大，可采用向上排空气集气法收集，反之，可采用向下排空气集气法收集。

根据氧气的性质，你认为可选用哪种装置收集氧气？其优缺点是什么？如何进行集气操作？



图 4-15 气体收集装置

在实验室中，利用催化剂分解过氧化氢制取氧气，可采用以下装置和实验方案来进行。



活动探究

4-6

实验室用过氧化氢制取氧气

1. 如图所示，按照自下而上、从左到右的顺序安装实验装置，并检查装置的气密性。

2. 先向锥形瓶中加入少量的二氧化锰，再向分液漏斗中加入约 15 mL 8% 的过氧化氢溶液，并将盛满水的集气瓶倒扣于水槽中。

3. 打开分液漏斗的活塞，将过氧化氢溶液缓缓滴入锥形瓶中，待导管口产生连续、均匀的气泡时，再把导管口伸入集气瓶中集气。集满后用玻璃片在水面下盖住瓶口，移出水面，正放在实验台上。

讨论：如何检验收集到的气体是氧气？

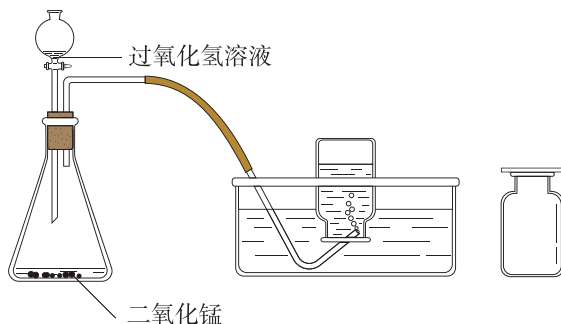


图 4-16 过氧化氢分解制取氧气

在实验室中，还可以采用加热高锰酸钾的方法制取氧气。

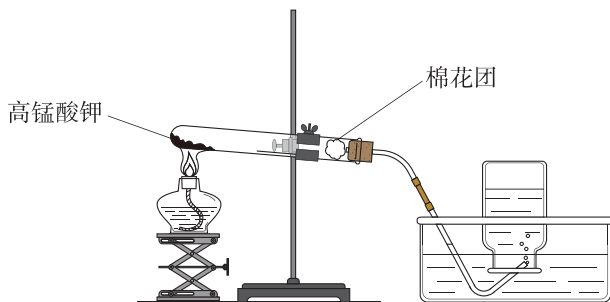
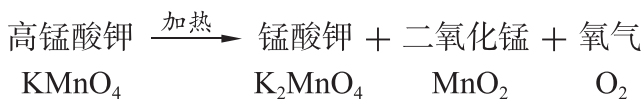


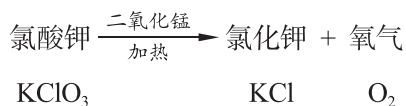
图 4-17 加热高锰酸钾制取氧气

长话短说

1. 在实验室里通常用分解过氧化氢等方法制取氧气。
2. 在实验室里制取某种气体时，首先要选择合适的反应物，知道如何控制反应条件，然后要确定气体发生和收集装置，最后要明确实验操作，并审查是否符合环保、安全的要求。
3. 气体发生装置的确定要考虑反应物的状态和反应条件；气体收集装置的确定通常要考虑气体的密度和在水中的溶解情况等因素。

练习与应用

1. 实验室制取气体选择收集方法时，下列气体性质必须考虑的是（ ）。
① 颜色 ② 密度 ③ 在水中的溶解情况 ④ 可燃性 ⑤ 能否与水反应
A. ①②③ B. ②③④ C. ③④⑤ D. ②③⑤
2. 实验室用过氧化氢制取氧气的主要步骤有：① 连接实验仪器；② 装入试剂；③ 打开分液漏斗的活塞；④ 检查装置的气密性；⑤ 用排水法收集氧气。其操作顺序正确的是（ ）。
A. ①②③④⑤ B. ②③①④⑤ C. ①④②③⑤ D. ④①②③⑤
3. 在实验室中，还可以采用加热氯酸钾固体的方法制取氧气，在该反应中，二氧化锰也作为催化剂。请设计并绘制实验装置图，确定实验操作步骤，思考每项操作的原因和目的，并与同学们讨论交流。



跨学科实践活动 2

◀ 基于特定需求设计和制作简易供氧器 ▶

活动目标

1. 设计制作符合特殊需求的简易供氧器，加深对氧气制备与性质的理解；
2. 体验综合运用化学、数学等学科知识和工程技术的方法解决问题的基本思路；
3. 感受科学与技术对保障人类生命健康的重要意义。

氧气对于维持健康的生命活动具有极其重要的意义。对于一些缺氧环境或者处于缺氧状态的人群，往往需要通过特定的供氧设备来补充氧气。例如，登山或高原地区旅行遭遇空气稀薄时需要供给氧气，心肺功能损伤的病人需要通过医用供氧器来吸取足够的氧气。还有哪些情况下需要用到供氧器？你能设计和制作一个简易的供氧器吗？



图 4-18 某供氧器的构成示意图

活动过程

活动 1：明确任务

本次活动的任务是基于特定需求设计和制作简易供氧器。在活动之前，首先要思考以下问题：

1. 有哪些特定环境和特殊人群有额外的氧气需求？
2. 特定需求下，对制氧方法、供氧方式、氧气的浓度、流速和湿度等有哪些具体的要求和标准？

基于以上思考，你准备为哪一类特定环境或特殊人群设计制作简易供氧器？该供氧器需要满足哪些基本要求？

活动 2：设计模型

基于“活动 1”所确定的特定需求，利用已有的氧气制备的相关知识和方法，系统考虑氧气的产生、存储和供应等环节，设计供氧器的装置模型图。

1. 供氧器由哪几部分构成、每部分的作用是什么？
2. 如何选择制作材料？各部分装置的设计和组装需要考虑哪些问题？

图 4-19 是某便携式家用供氧器的供氧原理示意图，它是通过化学反应来产生氧气的。要制作供氧器产品，需要在了解供氧原理的基础上，设计能够展示产品外观尺寸、构成材料和工艺流程的装置模型图。

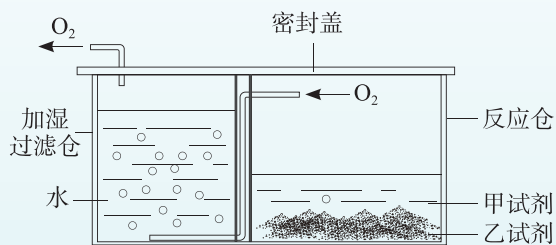


图 4-19 某便携式供氧器供氧原理示意图

分组展示和讨论各自设计的简易供氧器的装置模型图，交流设计理念，并对模型进行评价，提出具体的改进建议。结合大家的建议进一步优化和改进装置模型图。

活动 3：制作产品

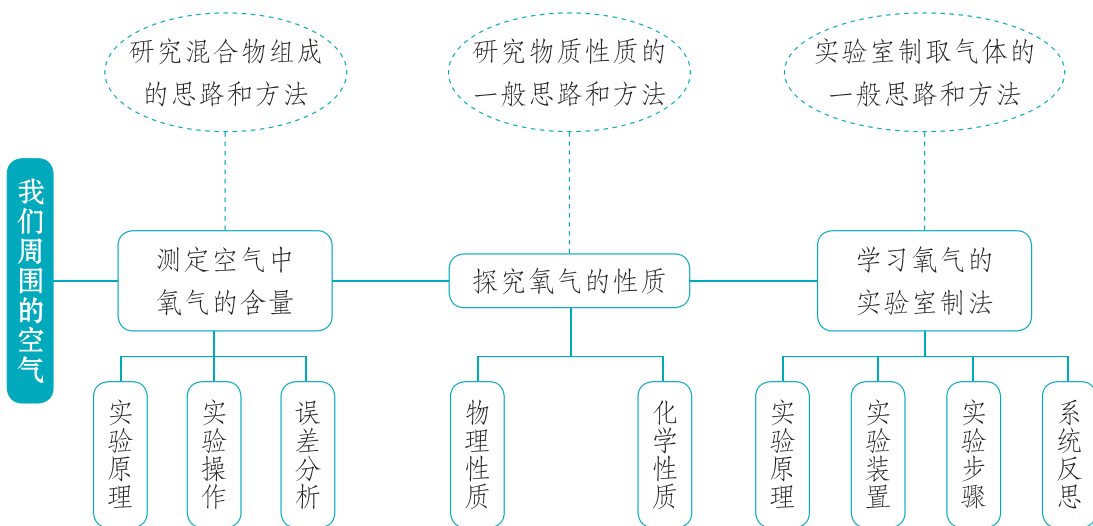
1. 准备相关材料，根据设计的装置模型图，小组合作或独立完成供氧器各部分装置的制作和组装。
2. 开启供氧器，观察和记录供氧器的工作情况，并基于供氧要求来评价产品的供氧效果。
3. 在实际操作过程中，发现了哪些问题？根据这些问题进一步优化改进简易供氧器。

反思交流

1. 展示改进后的简易供氧器，并为该供氧器写一份产品说明书，分享设计和制作简易供氧器过程中的收获和感悟。
2. 查阅相关资料，了解市面上有哪些常见的供氧器。这些供氧器的供氧原理是什么？适用人群有哪些？

单元总结

无处不在的空气是我们赖以生存的宝贵资源。通过本单元的学习，你了解了空气的成分，学会了如何测定空气中氧气的含量，探究了氧气的性质并掌握了氧气的实验室制法，这里面蕴含着许多解决问题的科学思路和方法。请参考下图，梳理总结本单元的学习内容，并思考回答相关问题。



1. 测定混合物中某成分的含量时，通常依据混合物中各成分的性质差异，通过物理变化或化学变化，将待测物分离出来测定其含量，或者将待测物去除后测剩余混合物的量，由此推断出待测物的含量。测定空气中氧气含量的实验是采用了哪种思路？在利用物质性质差异确定测定方案时，应坚持什么原则？

2. 人们在研究物质性质时通常采用“预测性质→实验观察→比较归纳”的思路和方法。结合氧气性质的学习，反思交流你是如何将这一思路方法运用于氧气性质探究的。

3. 在实验室制取氧气时，选择反应物、仪器装置时需要考虑哪些问题？结合氧气的实验室制法，总结实验室制取气体的一般思路和方法。

(3) 从安全、环保、节能等方面考虑, 实验室制取氧气的最佳方法是_____ (填序号)。

(4) 利用④获取氧气的过程发生的是_____ (填“物理”或“化学”) 变化。

(5) 物质⑧的化学式是_____。

(6) 图中属于氧化物的是_____ (写化学式)。

6. 仔细观察一个完好的白炽灯泡, 你会发现灯泡内玻璃柱或支持钨丝的金属上有一点红色物质, 那是红磷。只要看到使用过的灯泡内有这点红色物质存在, 就可基本断定该灯泡没有漏气, 你知道这是为什么吗?



7. 某兴趣小组围绕氯酸钾制取氧气展开实验探究活动。请回答下列问题:

〔提出问题〕不加催化剂, 氯酸钾受热是否会分解产生氧气?

〔猜想与假设〕不加催化剂, 氯酸钾受热会分解产生氧气。

〔设计并实施实验方案〕步骤 I: 向试管中加入少量氯酸钾后, 将高温传感器探头插入试剂内, 把氧气传感器插放在试管口 (氧气传感器测量极限值约为 29%), 如图 1 所示。

步骤 II: 点燃酒精灯加热试管。

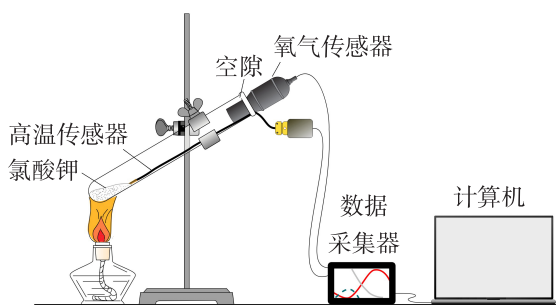


图 1

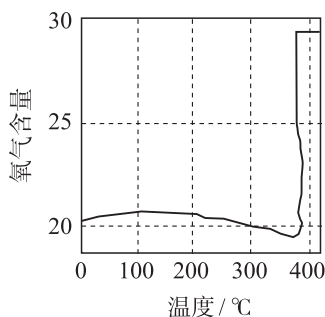


图 2

〔分析解释数据〕

测定试管中氧气含量随温度变化情况如图 2 所示。

(1) 氯酸钾的熔点为 356°C , 氯酸钾分解温度_____ (填“高于”、“等于”或“低于”) 其熔点。

(2) 加热氯酸钾时, 试管口向上倾斜的原因是_____。

(3) 在氯酸钾分解前, 氧气传感器测得试管内氧气含量在一段时间内略有下降的原因可能是_____。

〔形成结论〕提出的猜想_____ (填“正确”或“错误”), 得出结论为_____。

第五单元

定量研究化学反应

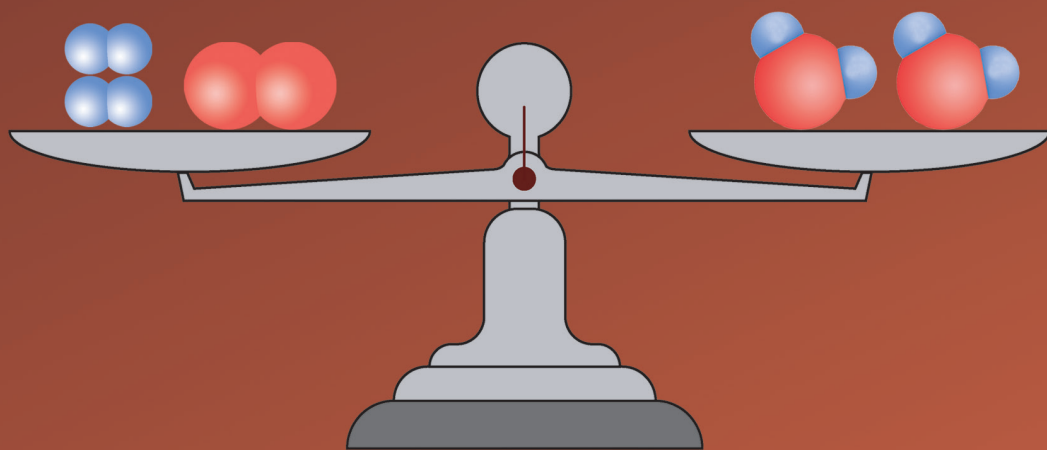
第一节 化学反应中的质量守恒

第二节 化学反应的表示

第三节 化学反应中的有关计算

跨学科实践活动3

基于绿色化学探究实验室制氧气的原理



人类对物质世界的认识，总是从宏观到微观、从定性到定量不断深化的，对化学反应的认识也是如此。本单元我们将从定量和微观的视角，探究化学反应前后物质的质量是否发生变化，以及怎样利用简明的符号描述化学反应。

第一节 | 化学反应中的质量守恒

我们已经知道，化学反应的结果是反应物转化为生成物。那么，在化学反应过程中，反应物和生成物的质量是如何变化的呢？



图 5-1 木炭燃烧成为灰烬，质量如何变化



图 5-2 小树苗长成大树，质量如何变化



活动探究

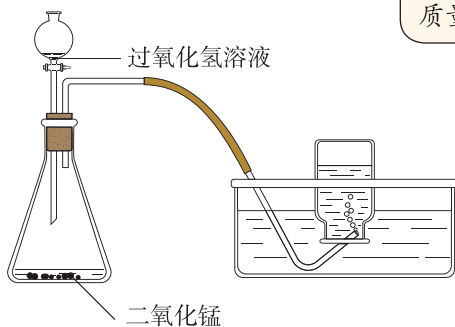
5-1

推测过氧化氢分解过程中物质的质量关系

过氧化氢在催化剂作用下分解生成水和氧气。分解的过氧化氢的质量与生成的水和氧气的质量具有怎样的关系呢？

1. 你同意下列两位同学中哪一位的观点？

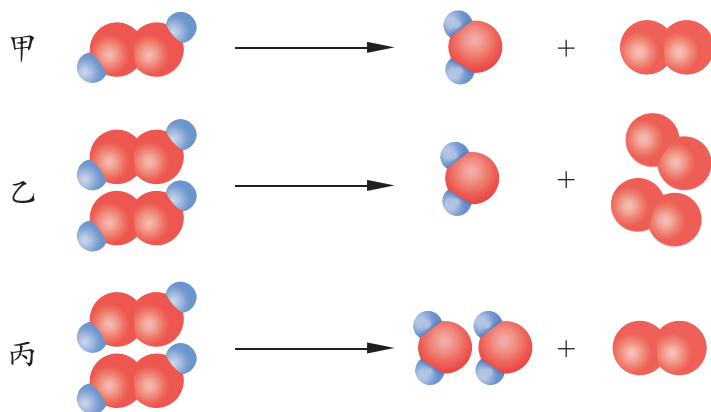
过氧化氢分解了，分子变了，质量当然也就变了！



质量怎么会变呢？在化学反应中，分子虽然变了，但是原子没有改变，质量应该不变！



2. 小丽同学用如下3个图示表示过氧化氢分解生成水和氧气的反应。你认为哪个图示是正确的？为什么？



讨论：分解的过氧化氢的质量与生成水和氧气的质量是否相等？

在上述活动中，可能你对物质在化学反应前后质量是否改变已经作出了推测。那么，如何设计实验来检验这一推测是否正确？



活动探究

5-2

探究化学反应前后物质的质量有无变化

〔实验用品〕

托盘天平（或电子秤）、烧杯、试管、胶头滴管、锥形瓶、酒精灯、单孔橡皮塞、玻璃导管、试管夹、玻璃棒、塑料袋（或气球）、细线、细沙、放大镜、火柴。

盐酸、大理石、硫酸铜溶液、氢氧化钠溶液、白磷等。

〔实验方案〕

1. 确定一个化学反应作为研究对象

下列反应可供你选择，当然也可以选择其他你熟悉的反应。

(1) 氢氧化钠（NaOH）溶液和硫酸铜（CuSO₄）溶液反应，生成硫酸钠（Na₂SO₄）和氢氧化铜 [Cu(OH)₂]。

- (2) 盐酸和大理石（主要成分是 CaCO_3 ）反应，生成二氧化碳、水和氯化钙（ CaCl_2 ）。
- (3) 白磷在空气中燃烧生成五氧化二磷（ P_2O_5 ）。

2. 确定实验操作步骤并进行实验

实验步骤和方法	实验现象和结论
称量反应前反应物和反应容器的总质量	



白磷有毒，取用时不要沾到皮肤和衣物上；白磷易燃烧，产生大量白烟，要严格控制实验用量。

讨论：

1. 你的实验方案是否验证了自己的推测？
2. 你的实验过程是否存在失误？是否影响了你的实验结果？

大量实验证明：化学反应后生成的各物质的质量总和，等于参加化学反应的各物质的质量总和，这个规律叫作**质量守恒定律**。质量守恒定律是自然科学的基本定律之一，它告诉我们化学变化只能改变物质的种类而不能改变物质的总质量。

科学史话 >>>

质量守恒定律的发现

质量守恒定律的发现经历了漫长、曲折的过程。

1673年，英国化学家波义耳（R. Boyle, 1627—1691）将金属汞放在密闭容器里煅烧，然后打开容器盖进行称量，发现固体物质的质量增加了。

1756年，俄国化学家罗蒙诺索夫（M. V. Lomonosov, 1711—1765）把金属锡放在密闭容器里煅烧，生成白色的

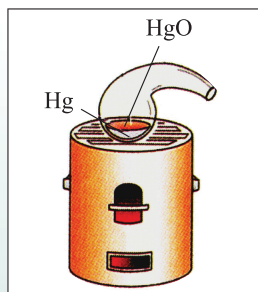


图 5-3 在密闭容器里煅烧金属汞

氧化锡，进行称量发现容器里的物质的总质量在煅烧前后并没有发生变化。经过反复实验，都得到相同结果。但这一重大发现并没有引起科学界的重视。

1777年，法国化学家拉瓦锡借鉴波义耳和罗蒙诺索夫的实验，在密闭容器里进行多种金属和非金属的煅烧实验，研究反应中各物质的质量关系，得到以下结论：在化学反应中，物质的总质量在反应前后保持不变。之后，科学家们不断提高测量仪器的精密度，直到20世纪初，科学家们用质量变化小于千万分之一的仪器做了大量精准度更高的定量实验，拉瓦锡的结论才得到公认。

质量守恒定律的发现，使得化学科学研究由定性走向定量，促进了化学科学的发展。

思考：质量守恒定律的发现过程给了你哪些启示？



交流共享

为什么在化学反应前后物质的总质量没有发生变化？请你根据化学变化的微观本质分析化学反应前后质量守恒的原因。

化学反应的过程就是参加反应的各物质（反应物）的原子重新组合而生成其他物质（生成物）的过程。在化学反应前后，原子的种类没有改变，原子的数目没有增减，原子的质量没有变化。所以，反应生成的各物质的质量总和必然等于参加反应的各物质的质量总和。

长话短说

1. 化学反应的过程实质上是原子重新组合的过程。在化学反应过程中，原子的种类、数目和质量不变。
2. 反应后生成的各物质的质量总和，等于参加化学反应的各物质的质量总和。这个规律叫作质量守恒定律。

练习与应用

1. 下列现象不能用质量守恒定律解释的是()。

- A. 温度上升冰融化成水, 变化前后的物质质量不变
- B. 木炭燃烧成为灰烬, 灰烬的质量比木炭的质量小
- C. 氢氧化钠溶液和硫酸铜溶液反应, 反应前后各物质的质量总和相等
- D. 镁条在氧气中燃烧生成固体氧化镁, 反应后固体的质量增加

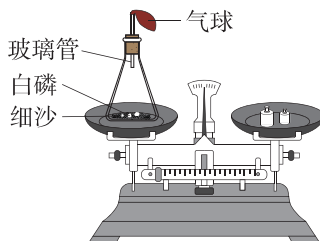
2. 蜡烛在氧气中燃烧生成二氧化碳和水。下列有关叙述正确的是()。

- A. 蜡烛燃烧前后质量不变
- B. 蜡烛减少的质量等于生成的二氧化碳和水的质量之和
- C. 生成的二氧化碳和水的质量之和等于蜡烛燃烧的质量与氧气消耗的质量之和
- D. 通过生成物的元素组成推测, 蜡烛中一定只含 C、H 两种元素

3. 通过白磷燃烧反应来验证质量守恒定律的实验装置

如右图所示, 下列说法错误的是()。

- A. 实验过程中气球先变大后变瘪
- B. 白磷燃烧结束, 锥形瓶应冷却后再称量
- C. 瓶底的细沙起隔热作用, 防止瓶底炸裂
- D. 实验过程中托盘天平始终保持平衡



4. 如果用“ $\text{O} \text{C} \text{O}$ ”表示二氧化碳, 请你用图式表示出二氧化碳与碳反应生成一氧化碳的变化。

第二节 | 化学反应的表示

我们知道，通过化学反应可以将一种物质转化为另一种物质，而且转化过程遵循质量守恒定律。那么，怎样用化学语言简明、科学地把这些化学反应表示出来呢？

一、化学方程式及其意义

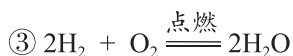
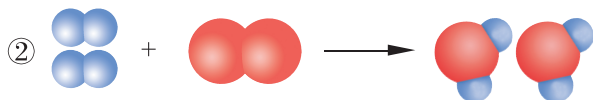


观察思考

5-1

化学反应的表示方法

氢气在氧气中燃烧生成水的反应可以用以下3种方法表示：



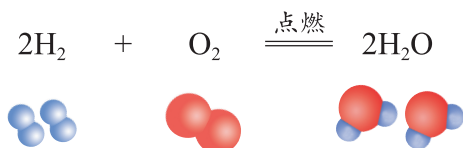
思考：分析上述3种表示方法的优点和缺点，你认为哪种表示方法最好？

像③式这样用化学式表示化学反应的式子叫作**化学方程式**。在化学方程式中，通常用“ Δ ”表示反应需要加热，用“ \uparrow ”或“ \downarrow ”注明生成物是气体或沉淀。例如，水通电生成氢气和氧气反应的化学方程式为：



如果反应物和生成物中都有气体，气体生成物就不需要标注“ \uparrow ”。同样，对于溶液中的反应，如果反应物和生成物中都有固体，固体生成物也不需要标注“ \downarrow ”。

化学方程式是国际通用的化学语言，它不仅简明地表达了反应物、生成物是什么，反应在什么条件下发生，还能反映出反应体系中微观粒子的数量关系和各物质的质量关系。例如：



粒子数目之比 2 : 1 : 2
 相对质量之比 (2×2) : (1×32) : (2×18)
 物质的质量之比 4 : 32 : 36

二、化学方程式的书写



活动探究 5-3

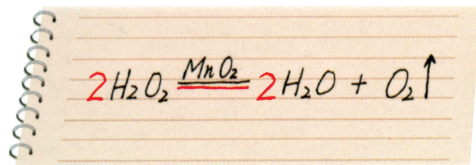
用化学方程式描述化学反应

1. 请你试着写出以下两个反应的化学方程式，归纳书写化学方程式的基本步骤：

(1) 碳在氧气中燃烧；(2) 二氧化碳与碳在高温下反应生成一氧化碳。

2. 小明同学根据过氧化氢分解生成水和氧气的反应事实，书写该反应的化学方程式。

如图所示，其中黑色字迹是他在第一个步骤中写出的，红色字迹是他在第二个步骤中写出的。



小明同学把化学方程式的书写步骤归纳为下列两步，你赞同吗？

第一步：描述反应事实。首先在短线的左边写出参加反应的物质（反应物）的化学式，然后在短线的上方注明反应条件，最后在短线的右边写出反应所生成的物质（生成物）的化学式，同时注明生成物的状态。

第二步：配平。根据质量守恒定律，在相应的化学式前配上适当的数字（称为化学计量数），使反应前后各种元素的原子个数相等。

讨论：“配平”是书写化学方程式的关键步骤，下列有关配平的问题你都明确了吗？

1. 为什么要配平化学方程式？
2. 配平时，为什么不能改动化学式中元素符号右下角的数字？
3. 怎样确定化学式前的化学计量数？
4. 怎样判断化学方程式是否已配平？

化学方程式描述的是物质发生化学反应的客观事实，因此，书写化学方程式时要遵守两条原则：一是必须以客观事实为依据，不能凭空臆造事实上不存在的物质和化学反应；二是必须遵循质量守恒定律，要使反应前后各原子的种类与数目保持不变。



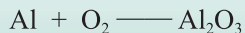
交流共享

从化学方程式 $C + O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} CO_2$ 中你能获得哪些信息？将你的想法与其他同学交流讨论。

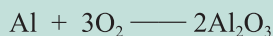
多识一点 >>>

最小公倍数法配平化学方程式

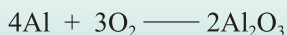
配平化学方程式的方法很多，最小公倍数法是最常用的方法之一。下面以铝和氧气反应生成氧化铝（ Al_2O_3 ）为例说明这种配平方法（反应条件略）。



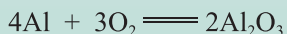
式子左边（反应物）氧气的化学式中，氧原子数是2；右边（生成物）氧化铝的化学式中，氧原子数是3。要使两边氧原子数相等，可先求两边氧原子数的最小公倍数（ $3 \times 2 = 6$ ），然后用最小公倍数分别除以化学式中氧原子的数目，所得的商即是该化学式的系数（化学计量数）。用6除以左边 O_2 中的氧原子数2得3，因此在 O_2 前配上系数3；用6除以右边 Al_2O_3 中的氧原子数3得2，则在 Al_2O_3 前面配上系数2：



两边的氧原子数相等了，再考虑铝原子的个数。右边的铝原子总数是4，因此，应在左边Al的前面配上系数4：



确认短线两边各元素的原子数相等后，将短线改成等号：

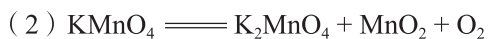
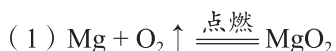


长话短说

1. 化学方程式不仅可表明反应物、生成物和反应条件，还可以表示出反应体系中各微观粒子的数量关系以及各物质的质量关系。
2. 书写化学方程式必须以客观事实为依据，遵循质量守恒定律。

练习与应用

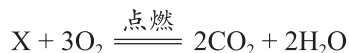
1. 下列关于化学方程式 $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 的叙述中，正确的是（ ）。
 - A. 可表示过氧化氢是由水和氧气化合而成的
 - B. 过氧化氢在催化剂的存在下分解生成水和氧气
 - C. 2个过氧化氢分解生成2个水和1个氧气
 - D. 每34份质量的过氧化氢分解生成16份质量的氧气和18份质量的水
2. 下列化学方程式是否正确？请把不正确的加以改正。



3. 写出下列反应的化学方程式：

- (1) 铁丝在氧气中燃烧，生成四氧化三铁（ Fe_3O_4 ）。
- (2) 白磷（P）在空气中燃烧，生成五氧化二磷（ P_2O_5 ）。

4. 某化合物X在氧气中完全燃烧，反应的化学方程式为：



试写出X的化学式，并说出你的判断依据。

第三节 | 化学反应中的有关计算

在生产、生活和科学研究中，我们不仅需要知道化学反应生成了什么物质，还常常需要知道生成了多少物质，以便更好地控制和应用化学反应。依据化学方程式中物质的实际质量之比等于相对质量之比，我们可以进行化学反应中的相关定量计算。

例如，已知 1 kg 氢气能供一辆功率为 50 kW 的氢能源汽车行驶约 100 km，要想知道 18 kg 水分解产生的氢气能供该汽车行驶多少千米，就需要知道 18 kg 水能分解产生多少氢气。

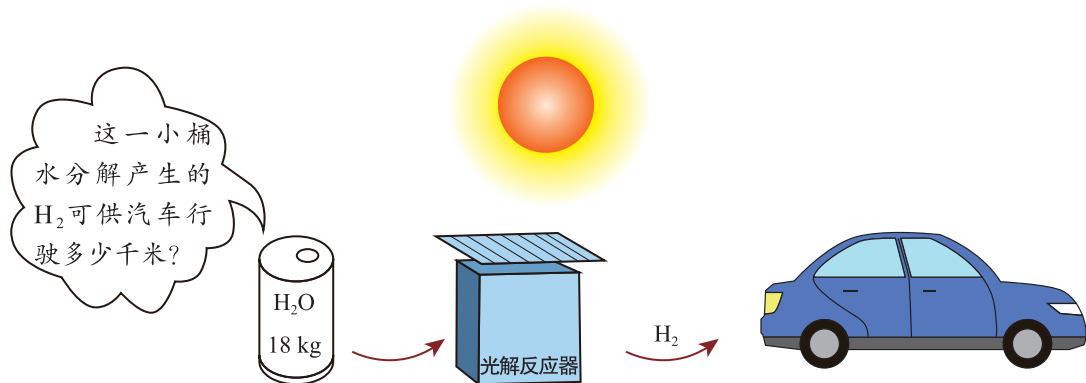


图 5-4 分解水制取氢气

方法导引

化学方程式计算的基本思路

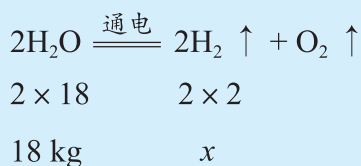
依据化学方程式进行计算，首先，要搞清楚问题是什么，即题目中要求的未知量是什么；其次，要弄清楚化学反应的原理，写出化学方程式，并明确题目中哪些已知量是有用的；第三，根据化学方程式中反应物与生成物间的定量关系，确定已知量与未知量之间的关系；第四，将上述关系列成比例式求解；最后，检查计算过程和结果无误后，简明地写出答案。

下面以上述问题为例来说明依据化学方程式进行计算的步骤和格式。

例题：计算 18 kg 水完全分解产生氢气的质量。

- (1) 设未知量；
- (2) 写出反应的化学方程式；
- (3) 找出反应物与生成物之间的质量关系，并将已知质量与未知质量写在对应的位置上；
- (4) 列出比例式，求解；
- (5) 检查无误后简明地写出答案。

解：设 18 kg 水完全分解产生氢气的质量为 x 。



$$\frac{2 \times 18}{2 \times 2} = \frac{18 \text{ kg}}{x}$$

$$x = 2 \text{ kg}$$

答：18 kg 水完全分解产生氢气的质量为 2 kg。



活动探究 5-4

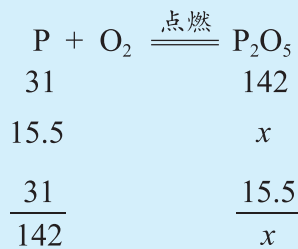
化学方程式计算应注意哪些问题

题目：15.5 g 红磷在氧气中充分燃烧，可生成多少五氧化二磷？

右边是小明同学的解题过程，请你仔细阅读，完成下列任务。

1. 对小明同学的解题过程进行评价，并对发现的错误进行改正。
2. 与同学交流讨论：在进行有关化学方程式的计算时，应该注意哪些问题？

解：设可生成 x g 五氧化二磷。



$$x = 71$$

答：可生成五氧化二磷 71 g。

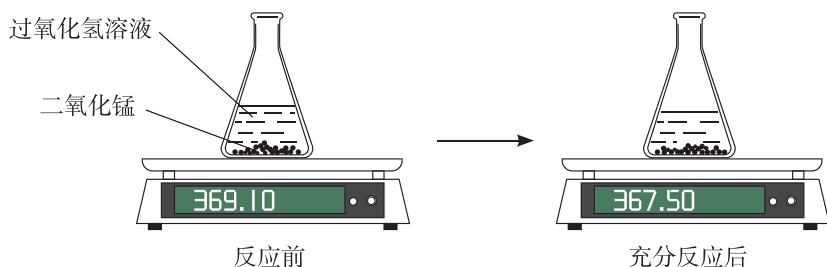
长话短说

依据化学方程式中物质间的质量关系，可以进行化学反应中的有关计算。计算时要注意：列在化学式下面的质量必须是纯净物的质量；质量单位必须做到上下对应、左右一致。

练习与应用

1. 目前，中国空间站已开启了航天员长期驻留时代。固体燃料氧气发生器（氧烛）是空间站供应氧气的备用系统。氧烛的主要成分是氯酸钠（ NaClO_3 ），通过撞击发生反应放出氧气，反应的化学方程式为 $2\text{NaClO}_3 \xrightarrow{\text{撞击}} 2\text{NaCl} + 3\text{O}_2 \uparrow$ 。试计算产生 8 kg 氧气需要多少氯酸钠。

2. 化学兴趣小组的同学进行了二氧化锰催化过氧化氢溶液的实验，电子秤显示的质量数据如下图所示（单位为 g）。忽略 O_2 在水中的溶解，计算有多少过氧化氢被分解。



3. 空间站、火星车、载人潜水器等“国之重器”都大量使用了金属镁。工业上用电解氯化镁的方法生产镁，反应的化学方程式为 $\text{MgCl}_2 \xrightarrow{\text{通电}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$ 。现欲电解 1 000 kg 含杂质 5% 的氯化镁（杂质不参加反应），理论上能生产多少金属镁？

跨学科实践活动 3

基于绿色化学探究实验室制氧气的原理

活动目标

1. 能基于绿色化学的原则对实验室制取氧气的三种方法作出评价；
2. 认识绿色化学对生态环境的意义，增进对可持续发展理念的认同。

绿色化学又称环境无害化学、环境友好化学。它倡导人类创造出来的化学物质在造福人类的同时，还要减少或停止产生对人类健康和生态环境有害的物质。你已经知道了在实验室中可以通过加热高锰酸钾、分解过氧化氢和加热氯酸钾等方法制取氧气，这三种方法哪一种更符合绿色化学的理念呢？

活动过程

活动 1：了解绿色化学原则

不同于“先污染后治理”的思想和做法，绿色化学强调从源头上减少或消除污染。如采用无毒、无害的原料，反应不产生废物等。国际上认可的绿色化学原则有 12 条（如右表所示），可以用于评估一个化学反应对环境的友好程度。

其中，“原子经济性”考虑的是在化学反应中究竟有多少原料的原子进入了产品之中。当反应物中的原子全部转化成我们需要的产物，这时的原子利用率为 100%。

请你根据原子利用率的公式，计算实验室制取氧气三种方法的原子利用率，对比哪一种方法的原子利用率最高。

缩写	绿色化学原则
P	预防废弃物产生
R	使用可再生原料
O	减少或避免衍生步骤
D	使用可降解的化学产品
U	使用安全的合成方法
C	使用催化剂
T	温和的反应条件（温度、压强）
I	反应过程实时监控
V	极少的副产物
E	原子经济性
L	低毒性的化学产品
Y	减少意外情况的可能性

$$\text{原子利用率} = (\text{预期产物的质量} / \text{全部生成物的质量总和}) \times 100\%$$

制氧方法	化学方程式	原子利用率
分解过氧化氢		
加热高锰酸钾		
加热氯酸钾		

活动 2：基于绿色化学评估化学反应

依据绿色化学原则,要评估一个化学反应的环境友好程度,除了考虑原子经济性之外,还需从原料、过程、产物等方面进行系统分析。例如,在原料方面,可以选择“使用可再生原料(R)”“使用可降解的化学产品(D)”等原则对反应进行评估。

请围绕上述三个方面,选择相应的绿色化学原则,并进一步查阅资料,对实验室制取氧气的三个反应进行系统评估,填写下列表格。

	绿色化学原则	分解过氧化氢	加热高锰酸钾	加热氯酸钾
原料				
过程				
产物				

综合评估结果,你认为实验室制取氧气的三个反应哪一个对环境最友好?

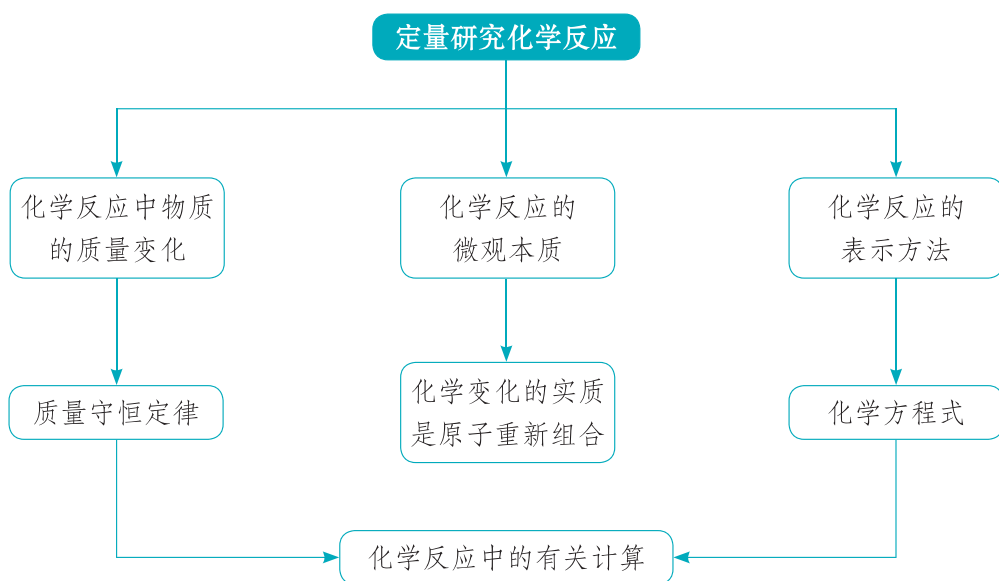
基于绿色化学评估化学反应没有唯一正确的答案。当你考虑的原则不同,你作出的判断也会不同。

反思交流

1. 完成实践活动报告,并结合本次活动的体验,谈谈你对绿色化学的认识。
2. 在基于绿色化学评估化学反应时,需要系统考虑多项原则才能作出合理判断。与同伴进行交流,说一说你在实践活动中是如何选择及权衡这些原则的。

单元总结

当我们研究一个化学反应时，不仅要关注物质种类的变化，而且要分析物质间的质量关系。一切化学反应都遵循质量守恒定律，你能从分子、原子的视角揭示其中的奥秘吗？你知道化学方程式所表示的各种信息吗？你能运用化学反应中的定量关系进行有关计算吗？归纳梳理本单元所学知识，以某一化学反应为例，从宏观变化、微观本质、定量关系、符号表示等角度分析该化学反应，初步形成从多个视角系统研究化学反应的思路。



单元测评

1. 在化学反应前后，肯定不会变化的是（ ）。

- ① 原子的数目 ② 分子的数目 ③ 元素的种类 ④ 物质的质量总和 ⑤ 物质的种类
⑥ 物质的体积 ⑦ 物质的状态

A. ②④⑤ B. ①③⑦ C. ①③④⑥ D. ①③④

2. 根据化学方程式 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{X} + 6\text{H}_2\text{O}$ ，推断 X 的化学式为（ ）。

A. N_2O_5 B. NO C. N_2 D. NO_2

3. 依据化学方程式 $2\text{Al}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{通电}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2 \uparrow$ ，下列信息不正确的是（ ）。

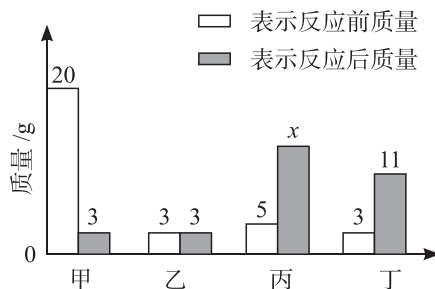
- A. 该反应为分解反应
B. 该反应发生需要的条件是通电
C. 该反应中，三种物质的质量比为 2 : 4 : 3
D. 制取 5.4 kg 金属铝至少需要电解 10.2 kg 的 Al_2O_3

4. 可以用燃烧法测定某物质的组成。将 3.2 g 某物质在 O_2 中充分燃烧，生成了 3.6 g H_2O 和 4.4 g CO_2 （无其他产物）。下列对于该物质的组成判断正确的是（ ）。

- A. 一定含有 C、H、O 三种元素
B. 只含有 C、H 两种元素
C. 一定含有 C、H 元素，可能含有 O 元素
D. 无法判断

5. 在一个密闭容器中，有甲、乙、丙、丁四种物质，一定条件下充分反应，测得反应前后各物质的质量如图所示。下列说法正确的是（ ）。

- A. $x = 14$
B. 乙一定是催化剂
C. 甲可能是单质
D. 丙和丁的相对分子质量之比一定是 9 : 8



6. 2022 年北京冬奥会秉持绿色、共享、开放、廉洁理念，首次采用氢气作为火炬燃料，计算完全燃烧 0.4 kg 氢气，理论上需要消耗氧气的质量是多少？

7. 天然气是日常生活中广泛使用的能源，用气安全不容忽视。天然气的主要成分是甲烷(CH_4)，甲烷是一种无色无味的气体。在天然气的实际生产运输中，往往会加入少量乙硫醇，它是一种有特殊臭味的气体。

(1) 天然气一旦泄漏便可闻到恶臭味，试从微观视角解释其原因。

(2) 甲烷在空气中充分燃烧生成 CO_2 和 H_2O ，试写出反应的化学方程式。

(3) 如果一个三口之家平均一个月天然气的用量为 10 m^3 ，那么这些天然气完全燃烧会产生多少二氧化碳。(通常情况下天然气的密度约是 0.70 kg/m^3)

8. 中华文明气象万千，明代宋应星所著的《天工开物》一书收录了 30 多个行业、130 多项生产技术，被誉为“中国 17 世纪的工艺百科全书”。

(1) 书中记载了在高温条件下煅烧炉甘石(主要成分是 ZnCO_3)和煤炭(主要成分是 C)冶炼金属锌的技术，其另外一种产物是一氧化碳气体。若依此法， 125 t ZnCO_3 最多能炼出多少金属锌?

(2) 书中还有“煤饼烧石成灰”的记载。“烧石成灰”是指煅烧石灰石(主要成分是 CaCO_3)使之转化为生石灰(主要成分是 CaO)，同时得到 CO_2 。时至今日，这仍是工业上生产生石灰的方法。请计算煅烧 $1\ 000\text{ t}$ 含杂质 20% (杂质不分解) 的石灰石能得到多少氧化钙。

9. 写出下列反应的化学方程式。

(1) 电解水生成氢气和氧气：_____。

(2) 铁丝在氧气中燃烧生成四氧化三铁：_____。

(3) 过氧化氢分解制氧气：_____。

(4) 加热高锰酸钾制氧气：_____。



第六单元 控制燃烧

第一节 燃烧与灭火

第二节 化石燃料的利用

第三节 碳达峰与碳中和

跨学科实践活动4

基于碳中和理念设计低碳
行动方案

恩格斯指出：“摩擦生火第一次使人支配了一种自然力，从而最终把人同动物分开。”依靠这种自然力，人类结束了茹毛饮血的历史，开启了利用火创造文明的征程！但是，火善用为福，不善用则为祸。不仅失控的大火会带来灾难，煤、石油、天然气的大规模开采与利用，也使得化石燃料存量锐减，更给人类带来了温室效应加剧的困扰！

让我们追随跳动的火焰，去寻找控制燃烧的方法，探求更好利用化石燃料的途径，研究应对温室效应问题的策略。

第一节 燃烧与灭火

从钻燧取火到冶炼金属，从工业革命时代蒸汽推动的滚滚车轮，到信息时代新型燃料推动的飞天神舟，人类从认识火、利用火，到控制火、改造火，每前进一步都有非比寻常的意义。只有不断深化和拓展对火的认识，才能有力地驾驭和利用火，更好地服务社会发展。



图 6-1 钻木取火



图 6-2 冶炼金属



图 6-3 蒸汽机车



图 6-4 发射火箭

一、探究燃烧的条件

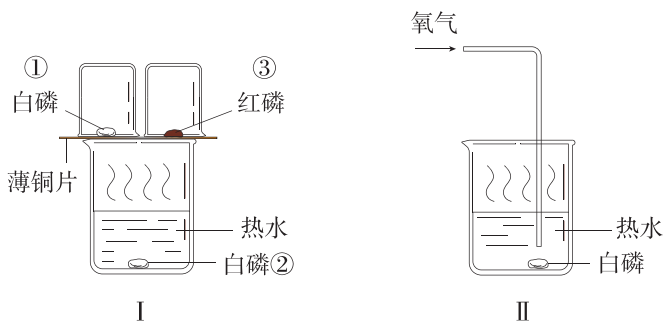
纸张、酒精等用火柴就能点燃，木块、煤块等还能用火柴直接点燃吗？用灯帽盖住火焰就能将酒精灯熄灭，同样的方法能给燃烧正旺的木块、煤块灭火吗？燃烧这类化学反应需要满足什么条件才能发生？如何促进或抑制这类化学反应的发生？



探究燃烧的条件

1. 如图 I 所示, 在 500 mL 烧杯中加入 300 mL 80℃ 左右的热热水, 在水底放入一小块白磷。然后在烧杯上盖一片薄铜片, 铜片上一侧放少量的红磷, 另一侧放一小块已用吸水纸吸过水的白磷, 分别用倒置的小烧杯罩住, 观察现象。

2. 如图 II 所示, 在烧杯中的白磷上方通入氧气, 观察现象。



红磷和白磷燃烧都会产生能污染空气的白色粉状固体五氧化二磷, 实验过程中要注意通风。

图 6-5 燃烧条件的探究

实验操作	实验现象	实验推论
实验 I		
实验 II		

实验结论: 燃烧的条件是_____。

反思交流: 为保证实验结果的准确合理, 上述实验过程采取了哪些措施?

方法导引

控制变量法

科学实验中, 如果发现某个事物或问题有多个影响因素(即多个变量), 常采用控制变量的方法, 把对多因素的研究分解成对多个单一因素的研究。即每次实验只改变其中一个因素(称为自变量), 而控制其他因素始终保持不变, 从而可知被改变的这个因素对该事物(称为因变量)的影响, 然后综合分析所有实验结果, 得出最终结论。



燃烧条件的定量探究

上述关于燃烧条件的实验探究，如果用数字化仪器来进行，是否会有惊喜呢？以下是借助氧气传感器做的两组实验：

1. 用氧气传感器测量木条在密闭容器内燃烧至熄灭过程中，容器内氧气含量的变化。发现当容器内氧气的体积分数降到 11.7% 时，木条燃烧停止了。

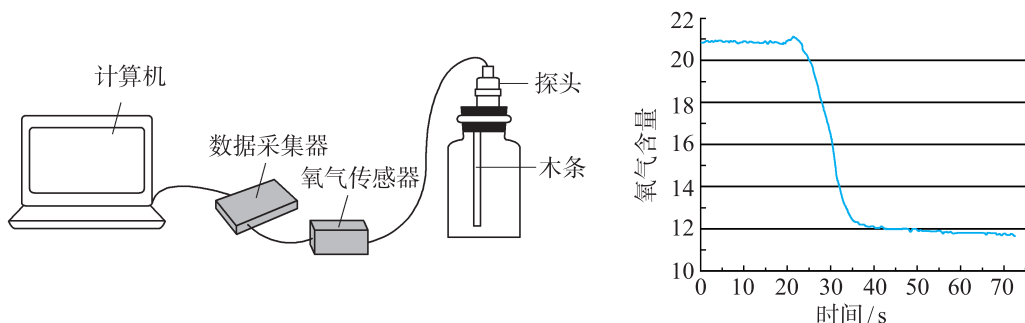


图 6-6 用传感器测定木条燃烧时容器内氧气含量的变化

2. 用蜡烛代替木条进行上述实验，发现当容器内氧气的体积分数降为 15.8% 时，蜡烛熄灭了。

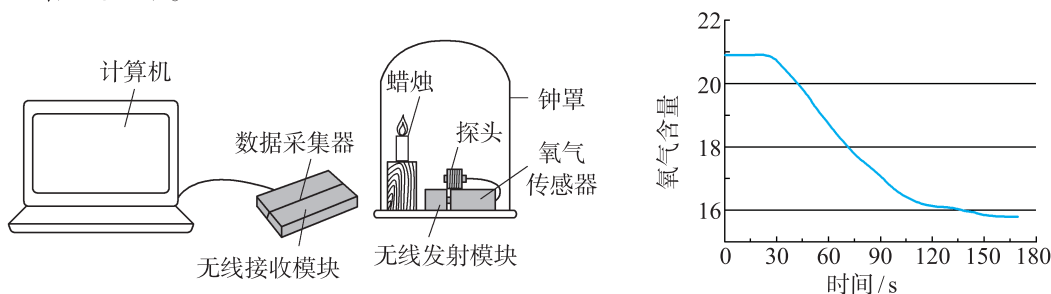


图 6-7 用传感器测定蜡烛燃烧时容器内氧气含量的变化

思考：上述实验结果说明了什么？对你有何启示？

通过探究我们知道，物质跟氧气发生的燃烧反应必须同时满足如下三个条件才能发生：

- (1) 物质本身是可燃的（可燃物）；
- (2) 可燃物与充足的氧气接触；
- (3) 达到可燃物燃烧所需的最低温度（着火点）。

表 6-1 某些可燃物在通常状况下的着火点

可燃物	白磷	红磷	木材	木炭	无烟煤
着火点 / °C	40	240	250 ~ 330	320 ~ 370	700 ~ 750

通常所说的**燃烧**，都是可燃物与氧气发生的剧烈的氧化反应。虽然不同可燃物的着火点各不相同，燃烧时产生的现象也不完全一样，但都有氧气参加，并且反应都会伴有发光、放热的现象。

二、认识灭火的原理

燃烧，既温暖也无情。有些时候，我们需要的是阻断燃烧、及时灭火。



活动探究

6-1

寻找灭火的方法

下列着火的场景，可以采取哪些方法灭火？采用这些方法灭火的原理是什么？

着火的场景	可以采用的灭火方法	分析与解释
酒精洒在桌面上引起着火	用湿布覆盖	湿布可以隔断酒精和空气的接触，使之缺乏氧气的支持；此外，湿布上的水分蒸发还可以带走一部分热量，起到降低可燃物温度的作用

(续表)

着火的场景	可以采用的灭火方法	分析与解释
炒菜时油锅着火		
森林着火		

上述各种灭火方法，其目的归结起来，无外乎下列三种：

- (1) 移走可燃物；
- (2) 使可燃物隔绝空气（或氧气）；
- (3) 降低可燃物的温度（降至其着火点以下）。

可见，灭火就是破坏燃烧所需的条件。同样的，预防火灾的措施也是提前破坏能引发燃烧的条件。

交流共享

如图所示，分别点燃两根火柴，将其中一根火柴头竖直向上，另一根火柴头略斜向下。火柴在哪种情况下更容易持续燃烧？为什么？



图 6-8 点燃火柴

三、促进燃烧的方法

随着“西气东输”工程的全面实施，我国许多家庭都使用上了天然气（主要成分是甲烷）。你观察过天然气在燃气灶上燃烧的情况吗？

通常，当燃烧很旺时，甲烷充分燃烧，火焰呈蓝色；当调小空气进口时，甲烷就会不充分燃烧，火焰变为黄色。



图 6-9 甲烷在燃气灶上充分燃烧



图 6-10 甲烷在燃气灶上不充分燃烧



交流共享

促进可燃物燃烧的方法

请解释下列现象，并据此归纳促进可燃物燃烧的方法。

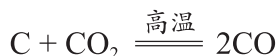
1. 工厂烧锅炉用的煤通常要加工成粉末状。
2. 化油器将汽油喷成雾状，进入内燃机汽缸。
3. 用煤炭烧锅炉时，要用鼓风机不断往炉膛中吹入空气。
4. 在空气中加热铁丝时，铁丝不会燃烧；如果在纯氧中加热铁丝，就会剧烈燃烧，火星四射。

增大氧气的浓度或增大可燃物与氧气的接触面积，都能促进可燃物燃烧。

常用燃料的主要组成元素是碳。在氧气供给充足时，燃料中的碳充分燃烧，生成二氧化碳。若氧气供给不足，碳燃烧不充分，生成一氧化碳。



此外，在高温下，炽热的木炭也可使二氧化碳转变成一氧化碳。



一氧化碳是无色无味的气体，它的存在不容易被觉察。当一氧化碳随呼吸进入人体血液后，便与血液中的血红蛋白结合，使血液失去了输送氧气的的能力，导致一氧化碳中毒。人吸入少量的一氧化碳就会头痛，吸入较多量时，就可能导致死亡。

煤炉、煤气灶及燃气热水器中的燃料不充分燃烧时会产生一氧化碳气体，使用时一定要保持良好的通风和有效的排气，确保安全。

四、爆炸是如何发生的

交流共享

你见过爆炸的场面吗？在露天的空地上引燃少量火药粉末不会发生爆炸，爆竹里只有少量火药，却为什么会爆炸？



氢气的燃烧和爆炸

将一个塑料瓶的瓶底剪下，在瓶塞处插入一根带有止水夹的尖嘴玻璃管。用排水法集满纯净的氢气后，将塑料瓶移出水面，固定在铁架台上。打开止水夹，在尖嘴处点燃氢气。观察现象。

思考：为什么刚开始时氢气能够在导管的尖嘴处安静地燃烧，而片刻后却发生爆炸了呢？

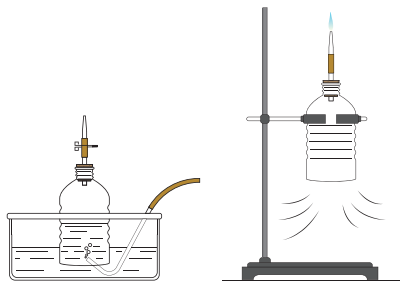


图 6-11 收集与点燃氢气

上述实验中，当氢气刚开始燃烧时，只有少量氢气在玻璃管口跟氧气接触发生反应，产生的热量不多，很快就散失到空气中。随着燃烧的进行，空气从瓶底涌入，在瓶子中与氢气相互混合后，大量氢气分子和氧气分子同时接触，反应瞬间释放出大量的热，使气体体积在有限的空间里急剧膨胀，就发生了爆炸。

| 多识一点 >>>

可燃气体的爆炸极限

可燃气体与空气形成混合气体，遇明火发生爆炸的浓度范围（即可燃气体占混合气体的体积分数范围），称为该可燃气体的爆炸极限。可燃气体的浓度低到不能发生爆炸的限度，称为爆炸下限；可燃气体的浓度高到不能发生爆炸的限度，称为爆炸上限。

燃气类别	爆炸极限 / %	燃气类别	爆炸极限 / %
氢气	4.0 ~ 75.0	天然气（甲烷）	5.0 ~ 15.0
一氧化碳	12.0 ~ 75.0	丁烷	1.8 ~ 8.5

注：表中数据为通常状况（20℃、 1.01×10^5 Pa）下的测量值。

家庭使用的天然气、煤气或液化气等可燃性气体一旦泄漏，且在通风不良的厨房等有限空间里遇到明火，就有可能发生爆炸。在加油站、化工厂、煤矿的矿井和面粉厂等场所，空气中会含有较多的可燃性气体或粉尘，一定要严禁烟火，严格遵守安全规程，防止发生火灾和爆炸事故。



图 6-12 部分与燃烧和爆炸有关的标志

与燃烧一样，任何化学反应都需要在一定的条件下才能发生。因此，通过控制反应条件可以促进或抑制化学反应，使之满足人们的需要。

长话短说

1. 通常所说的燃烧是指可燃物跟氧气发生的发光放热的剧烈氧化反应。
2. 控制燃烧条件可以达到防火、灭火和防止爆炸的目的。
3. 增大氧气的浓度或增大可燃物与氧气的接触面积，能促进可燃物燃烧。
4. 可燃性气体或粉尘在空气中的含量达到爆炸极限时，遇到明火就会剧烈燃烧，导致气体的体积在有限的空间里急剧膨胀，从而引起爆炸。

火与安全用火

火是推动人类文明进步的重要因素，使用不当时却可能成为吞噬生命的恶魔。火灾发生时，由于常常产生浓烟甚至有毒气体，在短时间内即可导致人员窒息或中毒死亡。我们不仅要学习安全用火的知识，培养安全意识，更要提高防范火灾和安全逃生的能力。要定期进行消防演练，当火灾真正发生时，才能做到临危不乱、正确处置和迅速逃生。

1. 以火的“功”与“过”为题进行辩论，与同学交流讨论对火的认识。

2. 搜集并分析典型的火灾案例，探究造成火灾的原因、灭火的方法以及火灾现场人员自救的方法，反思减少人员伤亡和预防该类火灾发生的措施。

练习与应用

1. 右图所示是我国古代使用的“火折子”。竹筒帽盖上时，内部可燃物保留火星。使用时，仅需打开竹筒帽，对着火星轻轻一吹，可燃物就燃烧起来，其原因是（ ）。

- A. 提供了充足的氧气
- B. 可燃物的温度升高了
- C. 可燃物的温度降低了
- D. 可燃物的着火点被降低了

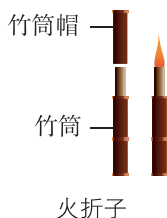
2. 调查统计表明，很多火灾伤亡事故是缺乏自救常识造成的。下列自救措施不正确的是（ ）。

- A. 电线或电器起火时，要立即用水扑灭
- B. 现场烟雾较浓时，可用湿毛巾捂住口鼻，并尽量贴近地面逃离
- C. 如果无路可逃，可以选择相对安全的地方暂时避难、等待救援
- D. 高层建筑物起火时，不可乘电梯，应从安全通道撤离

3. 近几年出现了一种“纸火锅”——用纸张代替金属材料做容器盛放汤菜，下方的酒精燃烧时纸火锅却不会燃烧。对此合理的解释是（ ）。

- A. 纸张不是可燃物，不能燃烧
- B. 纸张被水浸湿，导致着火点降低
- C. 水蒸发时吸热，温度达不到纸张的着火点
- D. 空气不充足，纸张不会燃烧

4. 同是用扇子扇，为什么炉火越扇越旺而蜡烛火焰一扇就灭？



第二节 | 化石燃料的利用

说到燃料,大家不会陌生,柴草、木炭、煤、汽油、柴油、天然气、管道煤气、酒精等都是我们熟悉的燃料,它们燃烧后都能够提供能量。其中,煤、石油和天然气等是埋藏在地下的不可再生的化石燃料。它们是由远古时代的生物体被埋入地下后,经过亿万年的时间,在地球内部的热量和压力的作用下缓慢形成的。除了可燃性,这些化石燃料还有哪些性质?人类是如何利用这些性质的?

一、化石燃料的燃烧

煤、石油和天然气的主要成分都是碳氢化合物。这类物质在空气(氧气)中燃烧时,碳原子、氢原子分别与氧原子结合,转化为 CO_2 和 H_2O ,同时会以光和热的形式释放出能量,因而是很好的能源。现

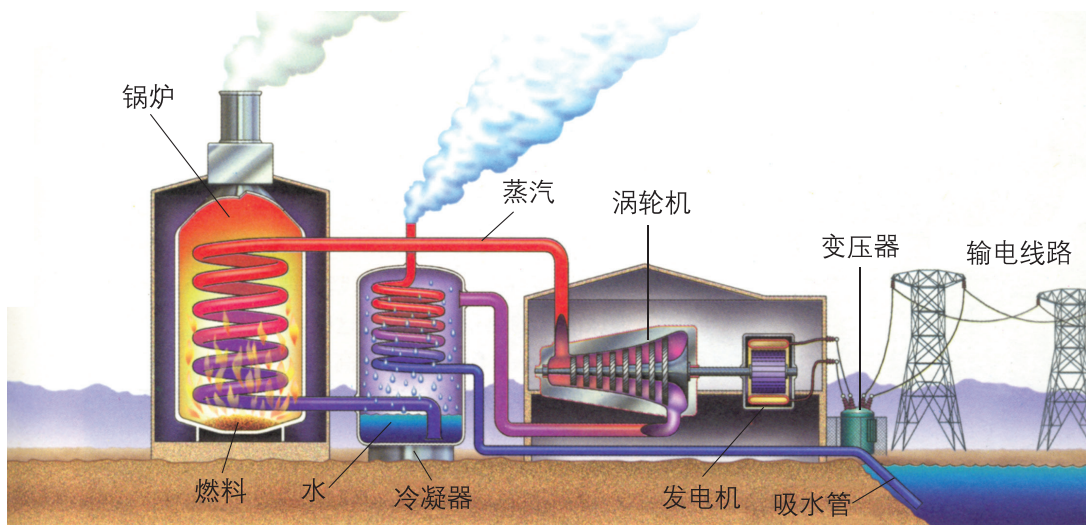


图 6-13 火电厂发电示意图

在，世界上多数国家利用的能量（如热能、电能等）主要来自化石燃料的燃烧。例如在我国，很大一部分电能是由煤燃烧产生的热能转化而来的。

用来驱动汽车、飞机和轮船的燃料主要是从石油中分离出来的汽油、航空煤油和柴油等。

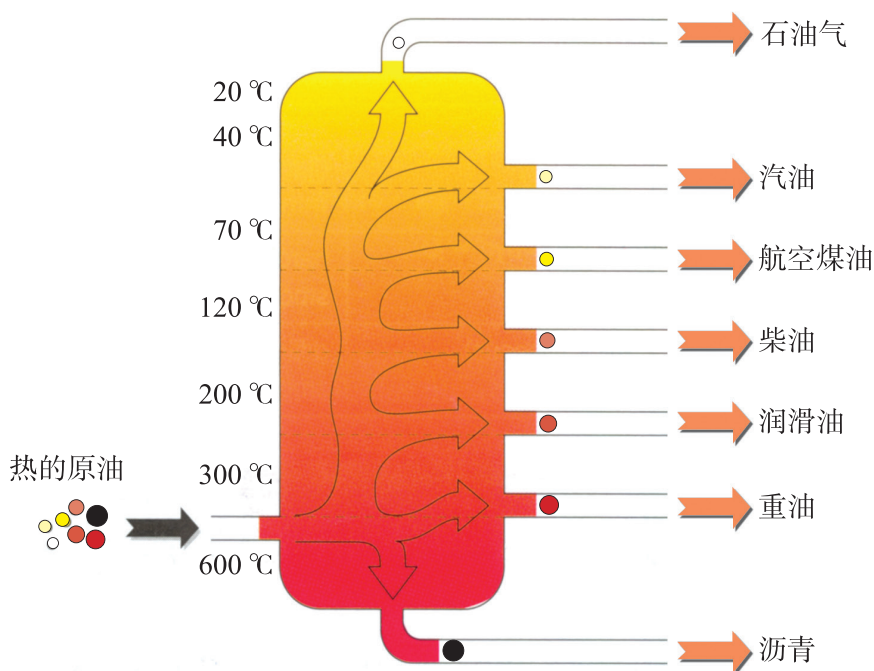


图 6-14 石油分馏产品及其用途

煤、汽油、煤油、柴油和液化石油气等燃料中，除了含有碳、氢元素外，还含有少量硫、氮等元素，它们在燃烧时会转化为二氧化硫和氮的氧化物，释放到大气中，造成环境污染。

天然气的主要成分是甲烷，是一种清洁能源。用压缩天然气（CNG）驱动汽车，能够显著改善汽车尾气带来的污染现象。我国有些农村地区把农作物的秸秆、杂草、人畜粪便等储存在密闭的池子中发酵，可以产生沼气。沼气的主要成分也是甲烷。

不同的燃料，成分不尽相同，性质存在差异。没有任何一种燃料是最理想的。煤炭价廉、易于储存和运输，但难以点燃且燃烧时会产生大量的二氧化硫和烟尘；天然气热值高，燃烧时不会污染环境，但是不易储存和运输……在选择燃料时要综合考虑各方面的因素。

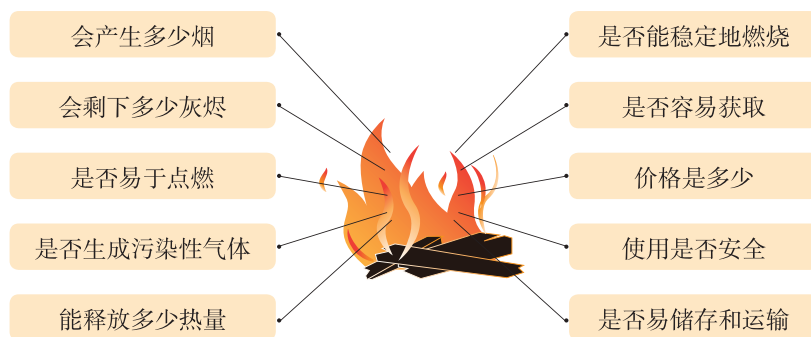


图 6-15 选择燃料时应考虑的因素



活动探究

6-2

选择合适的燃料

阅读下表提供的信息，思考并讨论问题。

燃料	每产生 1 000 kJ 热量的相对花费	点燃的难易	燃烧时干净与否	使用的安全性	主要运输方式
煤炭	1.0	难	脏	安全	汽车、火车或轮船的货舱
天然气	3.5	易	干净	泄漏会导致爆炸	专用管道
燃料酒精	5.0	易	非常干净	易燃可引发火灾	瓶装或桶装后汽车运输
木炭	2.0	较难	比较干净	安全	袋装后汽车运输

讨论：烧烤食物、家庭做饭、冬季住宅供暖分别可选择什么燃料？你的理由是什么？

二、化石燃料的综合利用

随着化学科学的发展，人们认识到化石燃料不仅是优质的能量来源，还是宝贵的化工资源。化学家和化学工程师们以石油为原料，开创了辉煌的石油化学工业。他们改变石油中的分子，使大分子断裂为小分子，再将小分子按需要组合成大分子，从而把石油转化成塑料、合成橡胶、合成纤维、药物和染料等。所以，人们把石油称为“工业的血液”。从眼镜、足球，到染发剂、阿司匹林、人工心脏瓣膜……我们的生活已经离不开石油化工产品。



图 6-16 部分石油化工产品的应用

我国的能源资源现状是“富煤、贫油、少气”，煤炭储量占我国化石能源总储量的90%以上。能源消费结构也以煤为主，煤炭消费占比远超世界平均水平。煤炭燃烧带来的资源浪费和环境污染非常严重，实现对煤的综合利用已是当务之急。

表 6-2 2022 年我国化石能源储量

煤炭 / 亿吨	石油 / 万吨	天然气 / 亿立方米
2 070.12	380 629.30	65 690.12

当前，煤的综合利用主要有煤的焦化、液化和气化，其产物是化肥、农药、合成材料及冶金等领域的重要原料。

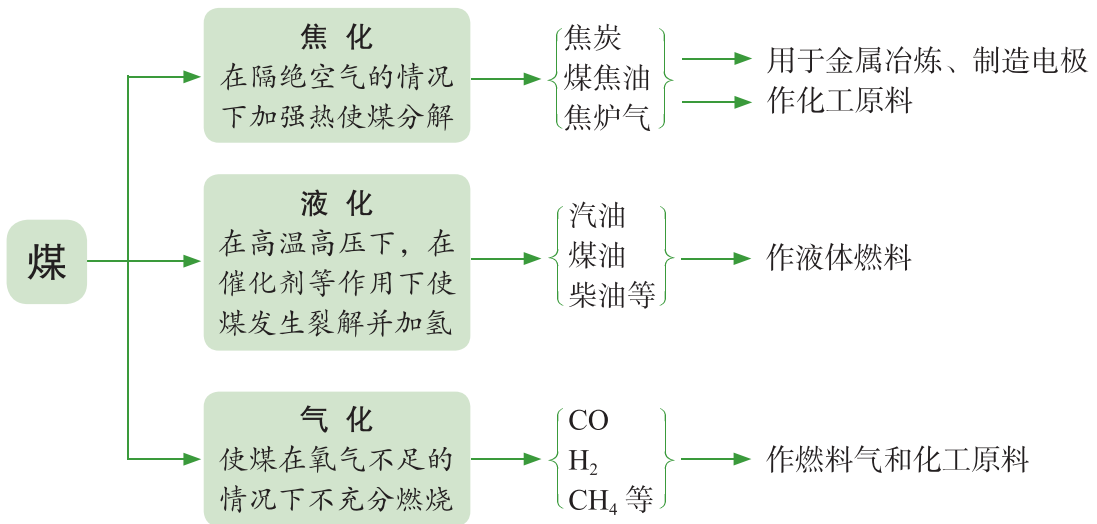


图 6-17 煤的综合利用

随着人们对生态环境要求的不断提高，能源体系也将发生结构性变化，清洁化、低碳化是未来燃料发展的重要方向。科学家们一方面大力研发化石燃料的高效清洁利用技术，另一方面积极探索其他

可再生的替代能源,尤其是污染性小的绿色能源,如氢能、太阳能、风能、地热能、潮汐能、生物质能和核能等,以保持人类社会与自然的和谐可持续发展。



活动探究

6-3

认识碳单质

在自然界中,大量碳元素是以化合态的形式存在于化石燃料中,而以单质形式存在的有金刚石、石墨等。你还了解哪些碳单质?它们具有什么特性?

1. 金刚石和石墨都是由碳原子构成的,但其结构不同,导致性质差异巨大。金刚石是天然存在最硬的物质,而石墨则很软、有滑腻感,还具有优良的导电性能。

由于天然金刚石资源稀少,价格昂贵,人工制造金刚石成了人们的梦想。直至20世纪30年代,在高温高压催化剂的条件下,人们实现了将石墨转化为金刚石,开启了人造金刚石的工业化生产之路。

讨论: 石墨转化为金刚石是化学变化还是物理变化?

2. 长期以来,人们认为由碳元素组成的单质只有金刚石和石墨两种。1985年,在对石墨的激光气化产物进行研究时,意外地观测到了过去未曾发现的现象,这引起了科学家的好奇。他们经过反复研究,终于发现了由60个碳原子构成的碳的另一种单质—— C_{60} 分子,并确定了其足球状结构。

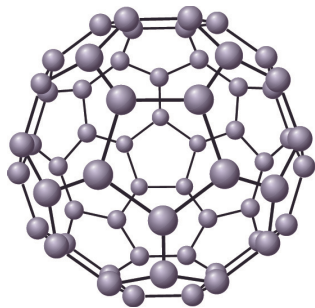


图 6-18 C_{60} 分子结构模型

C_{60} 的发现开辟了一个全新的碳世界,科学家们相继又发现了一些新的碳单质,如 C_{50} 、 C_{70} 、 C_{240} 、碳纳米管等。

C_{60} 的独特结构决定了它具有一些特殊的物理和化学性质,在超导、催化、材料、医学等领域具有广阔的应用前景。 C_{60} 的发现是20世纪的重大科学发现之一。

讨论: C_{60} 的发现过程给了你什么启示?

3. 木炭、焦炭、活性炭是日常生活和工农业生产中常用的含碳物质,它们的主要成分也是碳单质。木炭、活性炭具有疏松多孔的结构,吸附能力很强,常用于吸附有异味、有颜色的物质,或者有毒有害的气体。

讨论: 为什么人们会在刚装修过的房间里放置一些活性炭包?

全球能源演化与趋势

人类社会的发展离不开优质能源的开发和先进能源技术的使用，能源转型是人类文明发展和进步的驱动力。第一次能源转型开启了煤炭的利用，催生了人类文明进入“蒸汽时代”；第二次能源转型开启了石油和天然气的大规模利用，保障了人类文明相继进入“电气时代”和“信息时代”；第三次能源转型以新能源替代化石能源，将推动人类文明“智能时代”的来临。

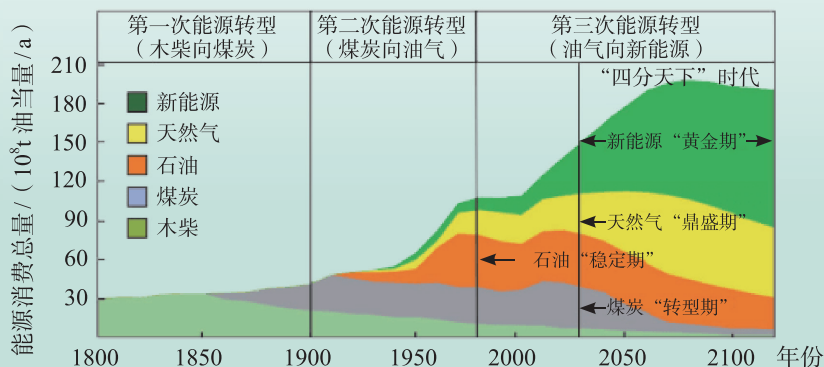


图 6-19 全球能源消费量发展趋势及预测图

长话短说

1. 化石燃料包括煤、石油、天然气等，是不可再生的重要的能源，应合理开采、综合利用。煤和石油经加工后的产品具有广泛的用途。
2. 燃料的燃烧在人类的生产和生活中发挥着重要作用，清洁化、低碳化是未来燃料发展的重要方向。
3. 金刚石、石墨、 C_{60} 都是由碳元素组成的单质，其结构不同，性质差异巨大。

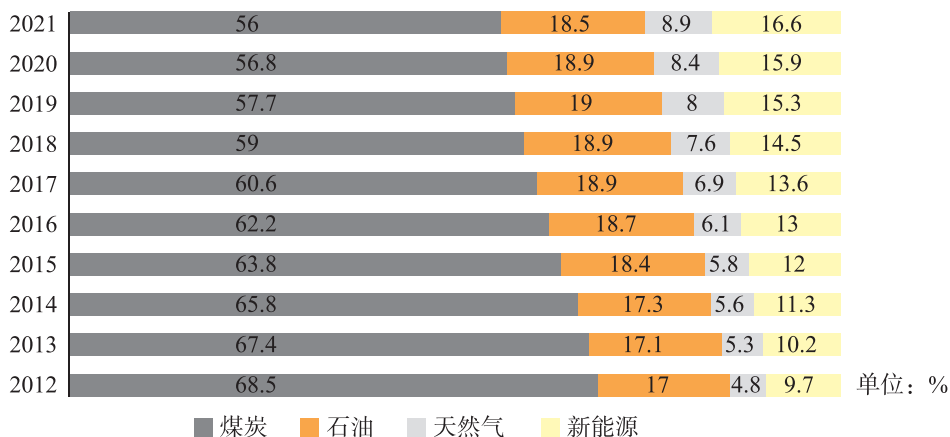
课外探究

调查家用燃料的变迁与合理使用

家用燃料的变迁既反映了科学技术的力量，也承载了社会文明发展的需求。通过询问长辈、实地考察、查阅资料等方式调查你所在地区家用燃料的变迁。这些燃料从何而来？其使用会带来哪些问题？你希望使用何种燃料？……讨论以上问题，提出合理使用燃料的建议。

练习与应用

- 煤、石油、天然气都是宝贵的化石燃料，下列有关说法不正确的是（ ）。
 - 都是不可再生的资源
 - 都属于混合物
 - 在地球上的蕴藏量都是有限的
 - 都不是清洁能源
- 下列过程中没有发生化学变化的是（ ）。
 - 煤炭的形成
 - 石油分馏
 - 煤的气化
 - 天然气燃烧
- 三峡工程是目前世界上最大的水利枢纽工程。它所提供的电能相当于每年燃烧 5 000 万吨原煤的火力发电厂产生的电能。三峡工程的建设和使用有助于减少（ ）。
 - 氮氧化物的排放
 - 固体颗粒物的排放
 - 温室效应
 - 化石燃料的使用
 - ①②③
 - ②③④
 - ①③④
 - ①②③④
- 下图展示了我国 2012—2021 年间的能源消费结构。由图中信息不能得到的结论是（ ）。



- 煤炭始终处于能源主体地位
- 煤炭消费占比逐年下降，石油、天然气、新能源消费占比都逐年提升
- 从 2012 年到 2021 年，清洁能源消费占比从 14.5% 提升到了 25.5%
- 随着时间的推移，能源消费结构在逐渐优化

第三节 | 碳达峰与碳中和

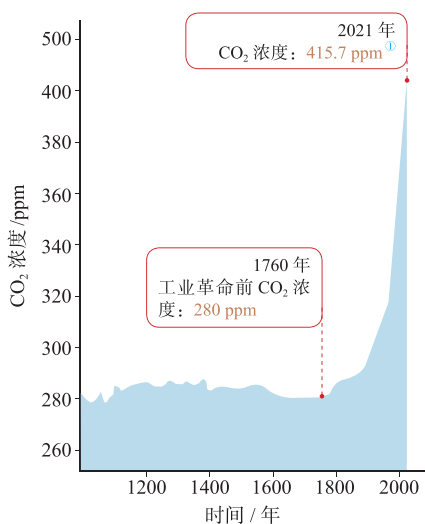


图 6-20 近 1000 年大气中 CO₂ 浓度变化

化石燃料在人类社会的发展进程中发挥了巨大的作用。然而，随着人类对化石燃料大规模的开采和利用，大气中二氧化碳的含量持续升高，由此引发全球气候变化。碳达峰与碳中和是全世界为应对过量碳排放带来的全球气候挑战达成的共识。其中，“碳”指的是主要是二氧化碳。实现“双碳”目标，需要追根溯源，厘清“碳”从哪里来，又可以往哪里去，在此基础上找准问题解决的方向，开展积极行动。

一、了解自然界中的碳循环

碳循环是自然界中物质和能量循环的重要组成部分。二氧化碳是含碳的主要气体，也是碳元素参与物质循环的主要形式之一。



观察思考

6-4

自然界中的碳循环

观察下图（图中数字表示通过不同途径产生或消耗碳量的相对值），思考并讨论：

1. 二氧化碳的产生途径有哪些？二氧化碳的吸收途径又有哪些？
2. 二氧化碳的循环对自然界和人类社会有什么重要意义？
3. 从碳循环的角度分析，造成大气中二氧化碳含量增加的主要原因是什么？

^① ppm 指百万分比，大气中 CO₂ 含量为 340 ppm，就表示在 1 000 000 份大气中，含有 340 份 CO₂。

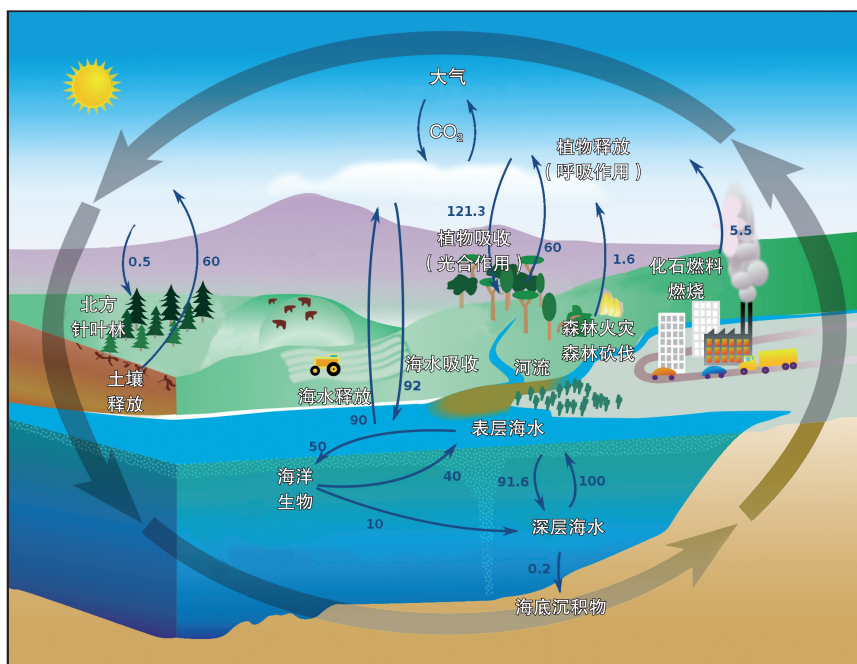


图 6-21 自然界中的碳循环示意图

自然界中的二氧化碳处于不停的循环过程中。一方面，生物的呼吸作用、生物体被微生物分解、海水中的弱酸分解、化石燃料的燃烧等都会产生二氧化碳，火山喷发时产生的高温也会导致石灰岩（主要成分是碳酸钙）分解为二氧化碳并释放到大气中。另一方面，绿色植物吸收大气中的二氧化碳，通过光合作用产生碳水化合物；江河湖海的水体也会溶解二氧化碳，一部分最终转化为碳酸盐。这些都是由二氧化碳的性质决定的。

二、认识二氧化碳

通常状况下，二氧化碳是一种无色、无味的气体，密度约为空气的 1.5 倍。二氧化碳气体在一定压强和低温条件下能够变成白色块状或片状固体，俗称干冰。干冰在升华时会吸收大量的热，是一种环保型制冷剂，可用于人工降雨、食物储运、制造舞台烟雾效果等。



二氧化碳溶于水

1. 如图所示，向一个集满二氧化碳气体的矿泉水瓶中加入约 1/3 体积的水，立即拧紧瓶盖，振荡，观察现象。

2. 取一支试管，从矿泉水瓶中向试管中倒入适量的二氧化碳水溶液。然后向试管中滴加几滴紫色石蕊试液，振荡，观察现象。将试管加热，观察现象。

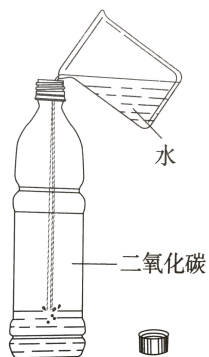
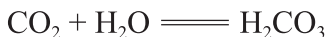


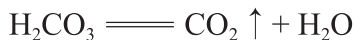
图 6-22 二氧化碳溶于水实验

步骤	现象	解释与结论
1		
2		

二氧化碳能溶于水。通常情况下，1 体积水大约能溶解 1 体积的二氧化碳，增大压强会溶解得更多。溶于水后，部分二氧化碳和水反应，生成了碳酸。碳酸能使紫色石蕊试液变红色。



碳酸不稳定，很容易分解为二氧化碳和水。

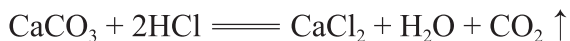


二氧化碳还能与氢氧化钙 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ 的水溶液（俗称石灰水）反应，生成碳酸钙白色沉淀，使澄清石灰水变浑浊。



在实验室中常用澄清石灰水检验二氧化碳的存在。

实验室里需要少量二氧化碳时，通常用石灰石（主要成分是碳酸钙）与稀盐酸反应来制取。反应的化学方程式为：



活动探究

6-5

实验室制取二氧化碳的实验装置

通过氧气的学习，我们已经知道了实验室制取气体的一般思路和方法。请你依据上述反应原理，设计实验室制取二氧化碳的实验装置，分析每部分实验装置的作用，了解实验中应注意的事项。

将你设计的装置与右图所示的装置进行对比，小组交流讨论各装置的优缺点。

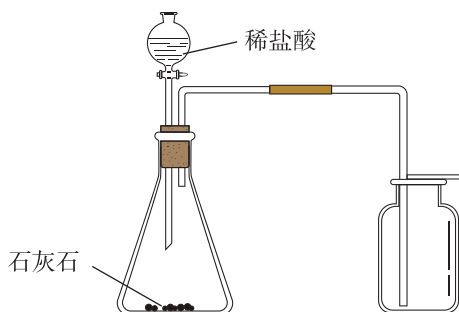


图 6-23 实验室制取二氧化碳的实验装置

二氧化碳既不燃烧、一般也不支持燃烧且本身无毒，可用于灭火、作科学实验和工业生产的保护气。此外，二氧化碳还是农业生产中的气体肥料以及工业生产碳酸饮料、纯碱、化肥、医药产品等的重要原料。

I 化学与社会 >>>

二氧化碳气体虽然没有毒性，但在局部环境中浓度过高时，会导致人缺氧窒息。当空气中二氧化碳含量达到 20%（体积分数）时，人体在几秒钟内就会死亡。在干涸的深井底部和一些久未开启的地窖内，常会积聚较多的二氧化碳气体。在进入这类地方时，应当先放入烛火试探一下，如果烛火熄灭，千万不可贸然进入。

三、实现“双碳”目标的路径

在受到人类活动的强烈干扰以前，自然界中二氧化碳的吸收量与排放量大致相等，大气圈中的碳循环处于“收支平衡”的闭环模式，地球生态系统得以健康、稳定地运行。

人类大量开发利用化石燃料，使本应在生物圈、岩石圈中留存数百年乃至千万年的碳，被大量且迅速地转化为二氧化碳涌入大气圈；此外大量耕地被占用、森林的过度砍伐等都会导致植被面积减少，使植物光合作用消耗二氧化碳的总量降低。当大量排放的二氧化碳在短期内无法被吸收时，就造成了碳循环的严重失衡，导致大气温室效应加剧，引发全球气候变化。

修复大气中二氧化碳含量的平衡必定要“降碳”——促使全球、国家、城市、企业等主体的碳排放由升转降。在此过程中，碳排放的最高点即碳峰值被称为碳达峰；达峰之后，人为碳排放与通过植树造林、碳捕集与封存技术等人为碳吸收达到平衡，即为碳中和。

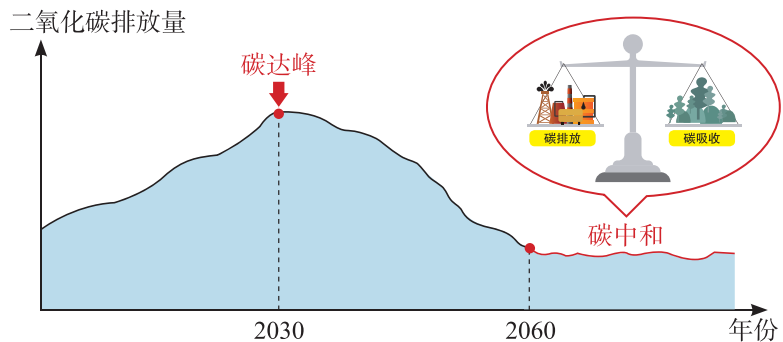


图 6-24 中国“双碳”目标示意图

2020年9月，我国在联合国大会上承诺：中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。这一承诺体现了我国的责任担当，也是我国实现绿色可持续发展的内在要求。



活动探究

6-6

实现“双碳”目标的思路

碳中和最核心的科学问题是物质转化和能量转换。我们把碳循环过程中向大气中释放二氧化碳的现象简称“碳排放”，把大气中相对于“收支平衡”的碳循环而言，二氧化碳过量的现象简称“碳超标”。结合所学，你认为实现“双碳”目标的基本思路是什么？请尝试完成以下任务：

1. 找出从源头上减少“碳排放”的可行性路径。
2. 研究制定解决“碳超标”问题的方案。

实现“双碳”目标，一方面要从源头上减少化石燃料的利用，控制二氧化碳的产生，从而减少二氧化碳的排放，比如开发能替代化石燃料的绿色能源等。另一方面，对于不得不排放的二氧化碳就要加大力度促进二氧化碳的吸收和转化。比如通过植树造林提高植物的光合作用，通过人工方法对二氧化碳进行捕集、利用与封存（包括海洋封存、陆地封存、矿石碳化、地质利用、化工利用、生物利用等）。总之，依据二氧化碳的性质可以寻求降低大气中二氧化碳含量的方法，重塑碳循环的健康模式。

| 科技创新 >>>

“液态阳光”技术

2020年，千吨级“液态阳光”绿色甲醇示范项目在我国成功运行。它使用的是我国科学家历时20年研发出的“液态阳光”技术。该技术以二氧化碳和氢气为原料，在催化剂作用下合成液体燃料甲醇，以替代化石能源，实现碳的循环利用。每生产1 t 甲醇可消化1.375 t 二氧化碳。我国甲醇主要是以天然气和煤为原料生产，如果全部采用“液态阳光”技术，每年可转化掉上千万吨二氧化碳，并节省大量的化石燃料。

为满足人民日益增长的美好生活需要，我国面临着发展经济、改善民生、治理污染、保护生态等一系列艰巨任务。实现“双碳”目标，时间紧、任务重，必将是“一场硬仗”，需要大家共同努力！

长话短说

1. 碳循环是自然界中物质和能量循环的重要组成部分，人类活动大量开发与利用化石燃料，导致大气中二氧化碳含量升高，打破了碳循环平衡，影响了全球生态环境。
2. 二氧化碳是一种无色、无味、能溶于水的气体，密度比空气大；不能燃烧，一般也不支持燃烧；能够与水、氢氧化钙等物质发生化学反应；是植物进行光合作用的原料之一。实验室可以用石灰石和稀盐酸反应制取二氧化碳。
3. 碳达峰与碳中和是人类为应对过量碳排放带来的全球气候挑战达成的共识。
4. 实现“双碳”目标，一方面要减少二氧化碳的产生和排放，另一方面要增加二氧化碳的吸收与转化。

练习与应用

1. 性质决定用途。下列有关二氧化碳性质与用途关系的说法不正确的是()。

- A. 二氧化碳有毒，不可用于制作碳酸饮料
- B. 干冰升华时要吸收大量的热，可用作制冷剂
- C. 二氧化碳是绿色植物光合作用的原料，可用作温室气肥
- D. 二氧化碳能用于灭火，利用了 CO_2 不助燃、不可燃、密度大于空气的性质

2. 碳中和的基本途径之一是增加对二氧化碳的吸收和转化，有人称其为“增汇”。

下列有关说法不正确的是()。

- A. 用二氧化碳灭火可以实现“增汇”
- B. 二氧化碳转化为甲醇不仅能实现“增汇”，还具有很高的经济效益
- C. 工业上将煤燃烧产生的二氧化碳压缩封存，用于生产化肥尿素，可以实现“增汇”
- D. 碱性土壤中的钙离子吸收二氧化碳转化为碳酸钙沉淀，这一过程属于“增汇”

3. 有两个集气瓶，分别盛满了氧气和二氧化碳，用哪些方法可以区别这两种气体？

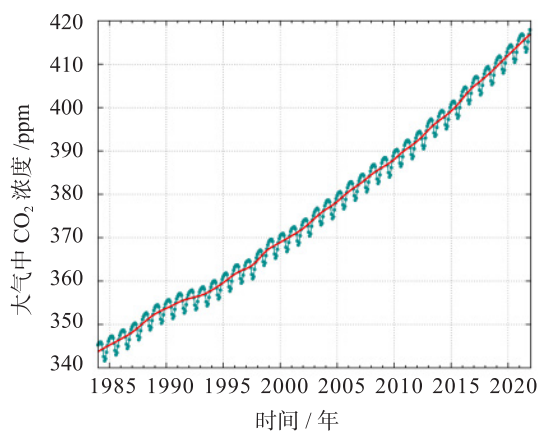
4. 下图描述的是 1984—2021 年全球大气中二氧化碳平均含量的观测结果。

认真观察图中曲线的形状和走势，试回答下列问题：

(1) 在不同年度，空气中二氧化碳含量的变化呈现了怎样的趋势？

(2) 图中蓝色曲线反映出的同一年度内空气中二氧化碳含量是如何变化的？原因是什么？

(3) 大气中二氧化碳的来源主要有哪些途径？



1984—2021 年全球平均二氧化碳含量变化

跨学科实践活动 4

基于碳中和理念设计低碳行动方案

活动目标

1. 深化对碳循环、碳中和相关内容的理解；
2. 体验设计个人低碳行动方案的思路与方法；
3. 树立人类命运共同体的意识，强化社会责任。

努力实现“双碳”目标不仅是我国的责任担当，也是每个公民应承担的社会责任。2022年，我国居民消费产生的碳排放量约占全国总量的一半。从个人层面践行绿色低碳生活方式，对实现碳中和目标具有重要意义。如何降低日常生活中的碳排放量？本次活动你将基于碳中和理念设计你个人的低碳行动方案。

活动过程

基于碳中和理念设计低碳行动方案的基本思路是什么？日常生活中个人碳排放的主要来源有哪些？碳排放量是多少？

活动 1：估算个人碳排量

不同于工业生产在能源消耗过程中造成的直接碳排放，个人的碳排放主要是衣食住行过程中由消费造成的间接碳排放。

1. 我们可以用一个人在一年内，因衣食住行等活动所消耗的能源，最终转化为排放到大气中二氧化碳的量，来衡量人类个体活动对于气候变化的影响。请查阅相关资料，估算自己在衣食住行方面一年所排放的二氧化碳的量。

研究发现，一件 250 g 的纯棉 T 恤，在棉花种植过程中排放的 CO_2 约为 1 kg；成衣制作环节排放的 CO_2 约为 1.5 kg；从棉田到工厂再到商店的运输过程排放的 CO_2 约为 0.5 kg；T 恤的多次洗涤、烘干、熨烫会排放约 4 kg 的 CO_2 。由此，这样一件纯棉 T 恤的二氧化碳排放总量约为 7 kg，这就是纯棉 T 恤的“碳足迹”。

2. 通过种植树木，扩大森林面积，利用植物的光合作用来吸收二氧化碳是实现碳中和的有效途径。假如种植一棵树平均每年最多可以固碳 18 kg，请估算一下，你在衣食住行方面一年所排放的二氧化碳的量，需要种植多少棵树才能达到碳中和。

	日常生活的消耗行为	二氧化碳排放量	需要植树的棵数
衣			
食			
住			
行			

活动 2：设计低碳行动方案

绿色低碳不应只是一个口号，而应成为每个人的生活方式。根据上表中你的衣食住行的碳排放量，提出生活中有利于减少碳排放的低碳行为，设计你个人的低碳行动方案。

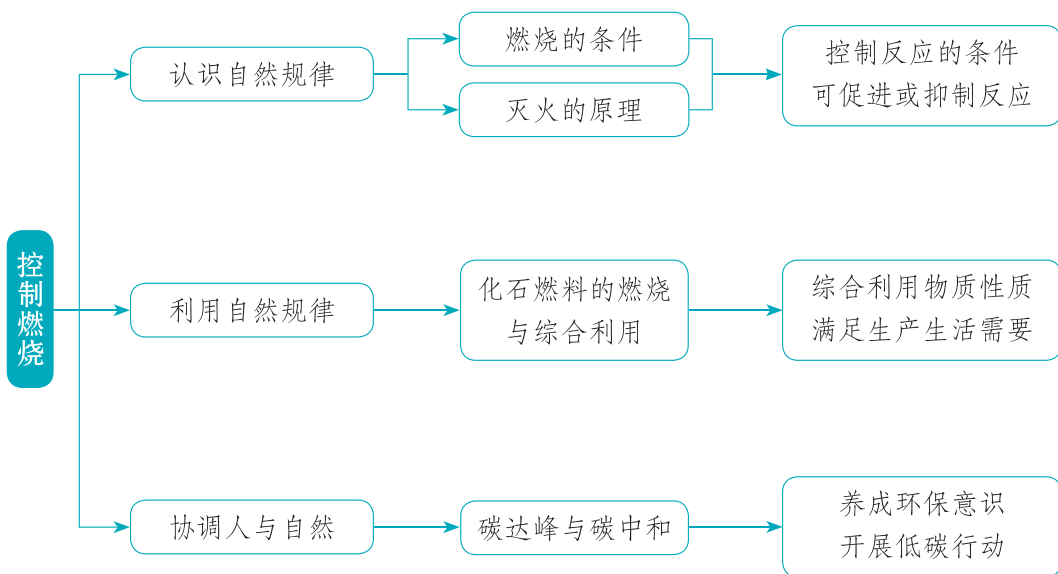
2022 年，中华环保联合会发布了《公民绿色低碳行为温室气体减排量化导则》，推荐了 40 项有关个体生活的绿色低碳行为。例如，使用可持续原材料生产的衣被、光盘行动、生活垃圾分类、公交出行等。

反思交流

1. 与同学交流各自的低碳行动方案，寻找方案中具有推广价值的做法，一起绘制一份低碳行动宣传海报。
2. 结合本单元碳达峰与碳中和的相关内容，进一步查阅资料，了解国家和国际层面为实现碳中和所采取的措施。
3. 持续记录你践行低碳行动的效果，反思并调整你的行动方案，形成低碳生活的习惯。

单元总结

人类在社会文明发展的进程中，不断探索、利用自然规律推动社会的进步，并力求人与自然的和谐共生。本单元，我们从燃料的燃烧和利用这一视角纵观社会的发展、分析面临的挑战、谋划应对挑战的方略，请同学们参考下图整理总结本章所学，并回答下列问题：



1. 燃烧是可燃物与氧气发生的剧烈的氧化反应，控制燃烧就是控制化学反应。请结合燃烧条件、灭火原理和促进燃烧方法的学习，想一想：控制化学反应的关键是什么？控制化学反应对于生产和生活有何重要意义？

2. 实现“双碳”目标的关键是控制好二氧化碳的排放和吸收，二氧化碳排放和吸收的途径有哪些？其中体现了二氧化碳的哪些性质？人们是如何利用物质的性质和转化规律控制、协调人与自然关系的？

单元测评

1. 下列物质属于纯净物的是()。

- A. 煤 B. 石油 C. 干冰 D. 天然气

2. 2022年12月4日,我国神舟十四号载人飞行任务取得圆满成功。在穿越大气层时,神舟十四号载人飞船返回舱会与大气剧烈摩擦,表面产生数千摄氏度的高温。此时,返回舱表层有一层叫作“烧蚀层”的特殊物质会发生汽化燃烧从而保护返回舱不被烧毁。

下列说法错误的是()。

- A. 烧蚀层属于可燃物
B. 烧蚀层在汽化时吸收大量的热
C. 烧蚀层能使返回舱的着火点升高
D. 烧蚀层起到了一定的隔热和隔绝空气的作用

3. 古代取火方法有“木燧”(钻木取火)、“金燧”(用铜制凹面镜聚焦太阳光取火)和“石燧”(撞击固体产生火星取火)三种。下列说法不正确的是()。

- A. 三种方法都是使可燃物升温达到着火点
B. “木燧”时的木材变焦黑发生了化学变化
C. “金燧”时铜镜表面发生了光的反射现象
D. “石燧”时固体撞击产生的火星提供了可燃物

4. 将二氧化碳气体通入紫色石蕊试液中,再加热溶液,溶液的颜色变化过程为()。

- A. 红色—红色—无色 B. 紫色—红色—无色
C. 紫色—红色—紫色 D. 红色—蓝色—无色

5. 实验室用过氧化氢制氧气和用石灰石与稀盐酸反应制二氧化碳相比较,不正确的是()。

- A. 反应都不需要加热 B. 反应原理都是分解反应
C. 所用药品的状态相同 D. 都能用向上排空气集气法收集

6. 人类从远古时代就懂得钻木取火。钻木之所以能取火,是因为:

- ① 钻凿处,木头温度升高。
② 木头在空气中的温度达到着火点,发生燃烧。
③ 钻凿木头时,克服摩擦力做的功可转化为热能。

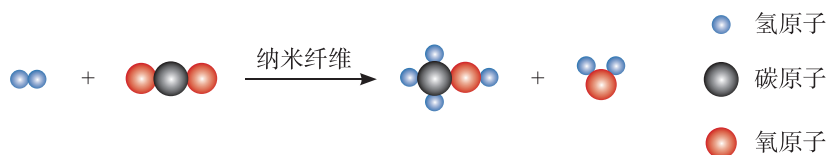
这三句话按因果关系排列的顺序是_____。

7. 我国承诺力争于 2030 年前实现碳达峰, 2060 年前实现碳中和。为达成这一目标, 一方面要减少碳排放, 另一方面要增加碳吸收。

(1) 煤、石油和天然气的燃烧都会释放_____。为尽早实现碳中和, 我国在能源结构上应_____ (填“增大”或“减少”) 化石燃料的使用。

(2) 利用化学方法吸收 CO_2 是实现“碳捕集”的方法之一。若用石灰乳 (主要成分是氢氧化钙) “捕集” CO_2 , 反应的化学方程式为_____。

(3) 我国科学家使用纳米纤维作催化剂实现了 CO_2 到重要的化工原料甲醇的转化。反应原理如图所示:



上述反应的化学方程式为_____。

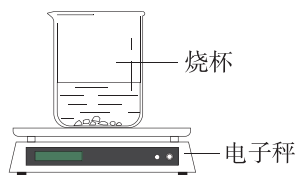
8. 向盛有足量稀盐酸的烧杯中加入 5 g 石灰石, 立即将烧杯放在电子秤上称量。在以后的 8 min 内, 每一分钟读一次数。记录数据如下:

时间 /min	0	1	2	3	4	5	6	7	8
质量 /g	92.0	91.0	90.5	90.2	90.4	90.1	90.1	90.1	90.1

(1) 在坐标纸上画出上述质量与时间的关系曲线。

(2) 表中有一个结果是不合理的, 该结果的测得时间是第_____分钟。

(3) 借助表中的数据求算所用石灰石中碳酸钙的质量分数。



9. 请你设计实验方案证明碳酸饮料中含有二氧化碳气体。实验方案经教师审核同意后, 你可以申请到实验室完成实验操作, 观察记录实验数据, 撰写实验报告, 再与其他同学交流讨论各自实验方案的优缺点。

学生实验 1

化学实验基本技能训练

实验目的

1. 认识常见的化学实验仪器，初步学会使用酒精灯、胶头滴管等仪器。
2. 学会试剂的取用、物质的加热等实验基本操作，学会仪器的连接、装置气密性的检验等实验技能。
3. 初步学会观察实验现象，记录、处理实验数据及撰写实验报告等技能。

实验原理

规范的化学实验基本技能是安全、顺利地完成实验探究活动的基础和保障。需要动手与动脑相结合，并通过多次练习、应用才能掌握。

实验用品

试管、酒精灯、火柴、镊子、试管夹、试管架、药匙、烧杯、玻璃导管、橡皮塞、胶皮管、铁架台（带铁圈）、陶土网、木条。

氢氧化钠溶液、硫酸铜溶液、酚酞试液、稀盐酸、石灰石、氧化铜、硫酸铜晶体。

实验过程

1. 试剂的取用

(1) 向试管中倒入少量氢氧化钠溶液，然后向其中加 1~2 滴硫酸铜溶液，振荡试管，观察现象。用同样的方法，分别向盛有少量氢氧化钠溶液和硫酸铜溶液的试管中滴加酚酞试液，观察现象。

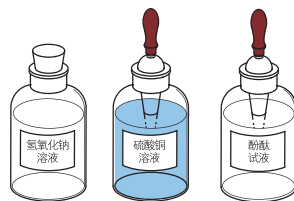


图 1 氢氧化钠溶液、硫酸铜溶液及酚酞试液

	实验现象
氢氧化钠溶液 + 硫酸铜溶液	
氢氧化钠溶液 + 酚酞试液	
硫酸铜溶液 + 酚酞试液	

(2) 在试管中加入 2~3 块石灰石，用胶头滴管向试管中滴入约 2 mL 稀盐酸，观察石灰石表面发生的变化，然后将一根燃着的木条伸进试管口，观察现象。

实验现象

2. 物质的加热

(1) 取少量氧化铜粉末，装入试管中，再向试管中加入约 2 mL 稀盐酸，振荡试管，观察现象。然后加热试管，观察现象。

实验现象

(2) 取少量硫酸铜晶体，放入试管中，将试管固定在铁架台上，用酒精灯加热试管，观察现象。

实验现象

3. 仪器连接

按图 2 所示连接好仪器。将导管的一端浸入水中，用手焐热试管，如果导管口有气泡冒出，证明装置连接完好、不漏气。

反思交流

1. 在化学实验基本技能训练中，你有哪些经验要与同伴分享？

2. 结合对本实验的体验，谈谈化学实验中应该注意哪些安全问题。

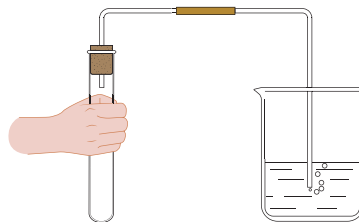


图 2 检查装置的气密性

学生实验 2

水的组成及变化的探究

实验目的

1. 知道水在直流电作用下可以分解生成氢气和氧气，氢气在氧气中燃烧可以生成水。
2. 通过水的分解和水的合成推断水是由氢、氧两种元素组成的，初步学习利用物质的性质和化学反应探究物质组成的基本思路与方法。

实验原理

氢气由氢元素组成，氧气由氧元素组成。依据化学变化中元素种类不变，可以利用水的分解和水的合成实验推测水是由氢、氧两种元素组成的。

实验用品

水电解器、直流电源、铁架台、烧杯、酒精灯。
蒸馏水、木条、氢氧化钠溶液或稀硫酸、火柴。

实验过程

思考：要推断水是由氢、氧两种元素组成的，需收集哪些证据？

1. 如图 1 所示组装实验仪器，完成后检查水电解器各实验装置部件，要求玻璃活塞不漏气以及装有电极的橡皮塞不漏液。

2. 打开活塞，通过中间漏斗注水，使两个玻璃管中充满水，可加入氢氧化钠或稀硫酸以增强水的导电性。关上活塞，接通直流电源。观察两个电极和两个玻璃管内液面有何变化。

实验现象

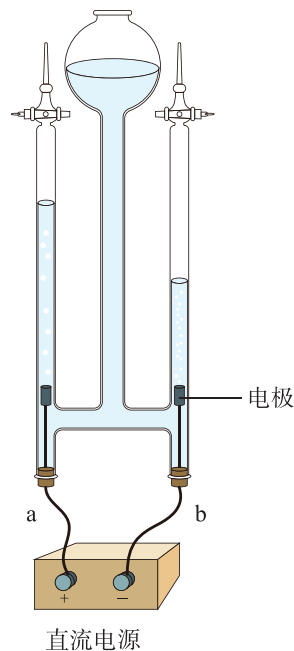


图 1 电解水实验装置

3. 用一根带火星的木条靠近 a 玻璃管尖嘴处，慢慢打开活塞，放出少量气体，观察记录实验现象。

实验现象

4. 如图2所示,将一根点燃的木条靠近水电解器b玻璃管尖嘴处,慢慢打开活塞,放出少量气体点燃,然后在火焰上方罩一个干而冷的烧杯,观察记录实验现象。

实验现象

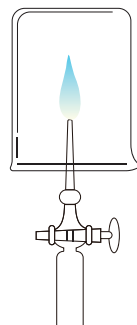


图2 点燃b处气体

反思交流

1. 为确保实验安全顺利,操作过程中应注意哪些问题?
2. 水电解器两个玻璃管中产生的气体的体积为什么不一样?

学生实验 3

一定溶质质量分数的氯化钠溶液的配制

实验目的

1. 通过小组合作，配制 80 g 10% 的氯化钠溶液，深化对溶液概念的理解。
2. 初步学会配制一定溶质质量分数溶液的方法，学会试剂的取用、液体搅拌等基本操作。

实验原理

溶液是由一定量的溶质和溶剂组成的混合物，水是最常见的溶剂。溶液在工农业生产和科学研究中具有重要应用，是维持生命活动不可缺少的物质。

实验用品

托盘天平（或电子秤）、烧杯、玻璃棒、药匙、胶头滴管、量筒（10 mL、50 mL、100 mL）、试剂瓶。
氯化钠、蒸馏水。

实验过程

1. 计算

计算配制 80 g 10% 的氯化钠溶液需要氯化钠和水的质量。将所需水的质量换算成体积（1 g 水的体积约为 1 mL）。

2. 称量

（1）用托盘天平（或电子秤）称取所需质量的氯化钠。将称好后的氯化钠倒入干燥的烧杯中。

（2）根据所需要水的体积选用合适规格的量筒，沿量筒内壁缓缓注入水。观察液体体积时，量筒要平放在实验桌上，视线必须与量筒内液体的凹液面最低点保持水平。

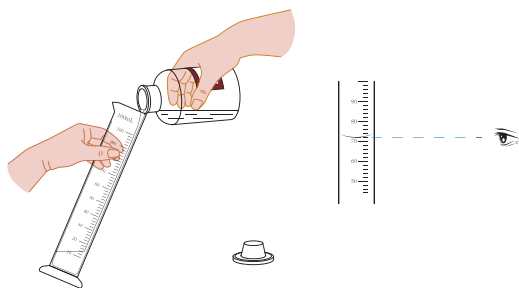


图 1 液体的量取

3. 溶解

向盛有氯化钠的烧杯中加入量好体积的水,用玻璃棒充分搅拌,直至氯化钠全部溶解。用玻璃棒搅拌液体时,要注意尽量不要使玻璃棒碰触容器的器壁。

4. 装瓶存放

把配制好的溶液装入试剂瓶中,盖好瓶塞,贴上标签(注明溶液名称和溶质质量分数),放入试剂柜中。

反思交流

1. 在配制一定溶质质量分数的氯化钠溶液的过程中,需要注意哪些问题?
2. 成功完成本次实验离不开规范的实验操作。除此之外,你还有哪些感悟或收获?

学生实验 4

氧气的实验室制取与性质

实验目的

1. 用高锰酸钾或过氧化氢溶液制取氧气，并选择适当物质，验证氧气的性质。
2. 初步学习用简单的装置和方法在实验室中制取气体。

实验原理

在实验室中常用加热高锰酸钾或分解过氧化氢的方法制取少量氧气。氧气是一种化学性质比较活泼的气体，能与铁、碳等多种金属和非金属单质发生化学反应。

实验用品

锥形瓶、分液漏斗、双孔橡皮塞、铁架台、试管、单孔橡皮塞、玻璃导管、胶皮管、集气瓶、水槽、酒精灯、玻璃片、量筒、坩埚钳、火柴、药匙。

高锰酸钾、10%的过氧化氢溶液、二氧化锰、棉花、木条、木炭、细铁丝、澄清石灰水。

实验过程

1. 用高锰酸钾制氧气

(1) 如图 1 所示，按照自下而上、从左到右的顺序安装实验装置，并检查装置的气密性。

(2) 将适量高锰酸钾装入试管中，使其平铺在试管底部。在试管口放一小团棉花，用带导管的单孔橡皮塞塞紧试管口，根据酒精灯火焰高度确定试管高度，并将试管固定在铁架台上。

(3) 将两个盛满水的集气瓶用玻璃片盖住瓶口倒扣于水槽中。

(4) 给试管加热。当产生连续均匀气泡时，再把导管口伸入集气瓶口，待瓶口有大气泡冒出时，在水面下用玻璃片盖住集气瓶口，小心地把集气瓶移出水槽，集气瓶口向上放在实验台上。收集满两瓶气体后将导管从水下移出，再停止加热。

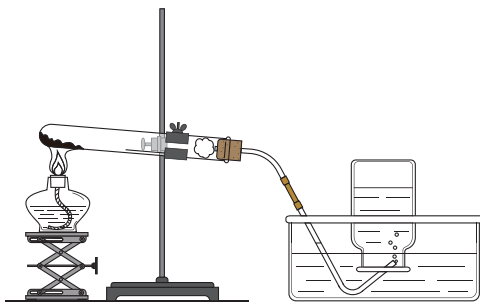


图 1 高锰酸钾制取氧气

2. 用过氧化氢溶液制氧气

(1) 如图 2 所示, 按照自下而上、从左到右的顺序安装实验装置, 并检查装置的气密性。

(2) 先向锥形瓶中加入约 0.1 g 二氧化锰, 再向分液漏斗中加入约 15 mL 10% 的过氧化氢溶液, 并将盛满水的集气瓶倒扣于水槽中。

(3) 打开分液漏斗的活塞, 将过氧化氢溶液缓缓滴入锥形瓶中, 待导管口有气泡连续、均匀产生时, 再把导管口伸入集气瓶中集气。

集满后用玻璃片在水面下盖住瓶口, 移出水面, 正放在实验台上。

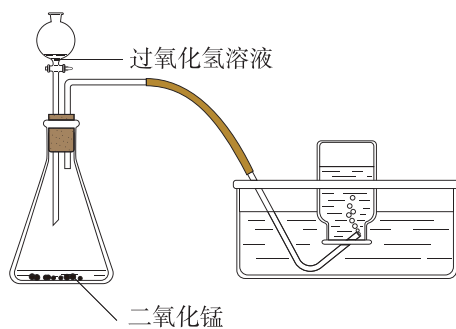


图 2 过氧化氢分解制取氧气

3. 氧气的化学性质

(1) 木炭在氧气中燃烧

用坩埚钳夹取一小块木炭, 在酒精灯火焰上灼烧至红热, 立刻插入盛满氧气的集气瓶中。取出木炭后, 在集气瓶中加入少量澄清石灰水, 迅速盖上玻璃片振荡。观察并记录实验现象。

实验现象

(2) 铁丝在氧气中燃烧

用坩埚钳夹取一端绑有火柴的打磨过的螺旋状细铁丝, 在酒精灯上点燃火柴, 待火柴即将燃尽时, 将其伸入盛满氧气的集气瓶中(瓶底预先加入少量水或铺一层细沙), 观察并记录实验现象。

实验现象

反思交流

1. 用高锰酸钾制取氧气时, 试管口为什么要放一团棉花? 实验结束时, 为什么要先移出导管, 再停止加热?

2. 制取氧气操作过程中有哪些注意事项?

3. 要保证铁丝燃烧成功需要注意哪些问题?

学生实验 5

燃烧条件的探究

实验目的

1. 利用生活中常见的物质探究燃烧的条件，加深对燃烧条件的理解。
2. 了解通过破坏燃烧的条件可以控制燃烧。

实验原理

通常所说的燃烧是物质与氧气发生的剧烈的氧化反应。要使物质燃烧必须同时满足三个条件：（1）物质本身是可燃的（可燃物）；（2）可燃物与充足的氧气接触；（3）达到可燃物燃烧所需的最低温度（着火点）。

实验用品

玻璃棒、酒精灯、火柴、A4 纸、裁纸刀、烧杯、铁架台（带铁圈）。
酒精、水、蜡烛。

实验过程

1. 尝试点燃分别浸过酒精和水的玻璃棒

取一根玻璃棒，蘸取少许酒精后在酒精灯火焰上点燃。取另一根玻璃棒蘸取少许水，也尝试在酒精灯火焰上点燃。

实验现象

思考：上述实验探究的燃烧条件是什么？该实验能否达到这一目的？

2. 对比两种不同情况下蜡烛的燃烧

点燃两支相同的蜡烛，将其中一支用烧杯扣住。观察两支蜡烛燃烧的现象。

实验现象

思考：上述实验探究的燃烧条件是什么？你有更优的实验方案吗？



任何点燃操作和燃烧过程都可能因操作不当而带来危险，在动手操作前务必思考可能存在的危险以及如何防范意外的发生。

3. “纸船烧水”

取一张 A4 纸，裁成两半，折成两只相同的纸船。将一只船放在铁架台的铁圈上，用酒精灯加热。向另一只纸船中小心注入约一半的水，也放在铁圈上加热，观察并记录实验现象。

实验现象

思考：分析上述实验现象，你对燃烧有哪些新的理解？

反思交流

1. 当我们对某一个燃烧条件进行探究时，要注意什么问题才能保证实验的可靠性、结论的科学性？
2. 你能想出多少种熄灭蜡烛的方法？这些方法分别破坏了燃烧的什么条件？

学生实验 6

二氧化碳的实验室制取与性质

实验目的

1. 组装实验装置，制取二氧化碳气体。
2. 设计实验方案，探究二氧化碳的性质。

实验原理

在实验室中通常用石灰石（主要成分是 CaCO_3 ）和稀盐酸反应制取二氧化碳。二氧化碳的密度比空气大，能溶于水，水溶液显酸性；二氧化碳不能燃烧，一般也不支持燃烧；二氧化碳能使澄清石灰水变浑浊。

实验用品

锥形瓶、分液漏斗、双孔橡皮塞、玻璃导管、胶皮管、集气瓶、软塑料矿泉水瓶、玻璃片、烧杯、火柴。

石灰石、稀盐酸、蜡烛、紫色石蕊试液、澄清石灰水。

实验过程

1. 二氧化碳的制取与收集

(1) 如图 1 所示连接装置，检查装置的气密性。

(2) 向锥形瓶中装入石灰石，向分液漏斗中加入稀盐酸。

(3) 打开分液漏斗活塞，观察锥形瓶中发生的现象以及产生气体的颜色。

(4) 将导气管伸到集气瓶底部，用向上排空气法收集气体，过一会儿，用燃着的木条在集气瓶口检验是否已集满二氧化碳。分别收集一集气瓶和一塑料瓶二氧化碳气体，用玻璃片盖住已集满二氧化碳的集气瓶，正放在实验台上备用。

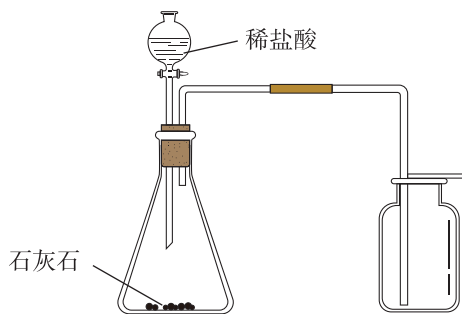


图 1 制取与收集二氧化碳

2. 探究二氧化碳的性质

(1) 将导气管插入盛有澄清石灰水的试管中，观察并记录现象。

实验现象

(2) 如图 2 所示，烧杯中放有两支燃着的高低不同的蜡烛。沿烧杯内壁缓慢倾倒集气瓶中的二氧化碳，观察哪一处的蜡烛先熄灭。

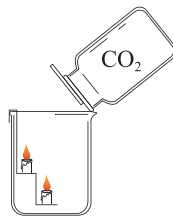


图 2 倾倒二氧化碳

实验现象

(3) 向盛有二氧化碳气体的塑料瓶中加入适量的蒸馏水，迅速拧紧瓶盖，振荡。随后向瓶中滴入 1 ~ 2 滴紫色石蕊试液，振荡，观察并记录实验现象。

实验现象


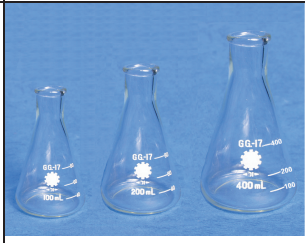
反思交流

1. 向放有高低不同蜡烛的烧杯中倾倒二氧化碳时应注意哪些事项？
2. 比较实验室制取氧气和二氧化碳两个实验，总结实验室制取气体的一般思路与方法。



附录 I

初中化学实验常用仪器



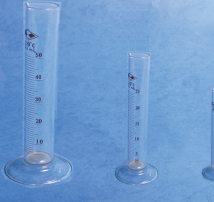

反应容器

	试管		蒸发皿		坩埚
用作少量试剂的反应容器，在常温或加热时使用。加热后不能骤冷，以防炸裂。		用于溶液蒸发或浓缩。加热后不能骤冷，以防炸裂，也不能直接放在实验台上。		常用于灼烧固体。	
	燃烧匙		烧杯		锥形瓶
用于盛放可燃性固体物质，做燃烧实验。		用作配制溶液和较大液体反应的容器，在常温或加热时使用。加热时应放在陶土网上，使受热均匀。		用作较大液体反应的容器和气体发生装置。在常温或加热时使用。加热时需要垫上陶土网。	



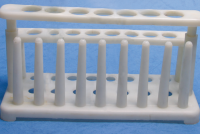

加热仪器

	酒精灯		酒精喷灯
用于加热，使用时应注意不能向燃着的酒精灯里添加酒精，不能用嘴吹灭酒精灯火焰。		火焰温度高于酒精灯，可达1 000 °C左右，用于加热需较高温度才能发生的化学反应。	

计量仪器

	<p>托盘天平</p>		<p>电子秤</p>		<p>量筒</p>		<p>温度计</p>
<p>用于称量物质的质量。使用前应注意调节平衡。</p>		<p>用于称量物质的质量。</p>		<p>用于量度液体的体积，不能加热，不能作反应的容器。</p>		<p>用于测量物体的温度。</p>	






固定和支持的仪器

	<p>铁架台</p>		<p>试管夹</p>		<p>试管架</p>		<p>坩埚钳</p>
<p>用于固定和支持各种仪器。</p>		<p>用于夹持试管。</p>		<p>用于放置试管。</p>		<p>用于夹持较高温度的物品。</p>	





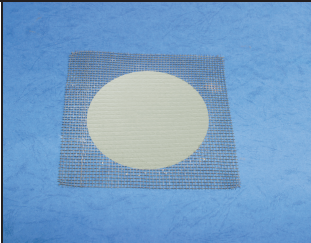

分离物质的仪器

	<p>普通漏斗</p>		<p>分液漏斗</p>
<p>用于分离、过滤和导流液体。</p>			

存放物质的仪器

	广口瓶		细口瓶		滴瓶
用于存放固体试剂。		用于存放液体试剂。		用于存放液体试剂。	
	水槽		集气瓶		
用于排水法收集气体。		用于收集或储存少量气体。			

其他仪器

	药匙		镊子		研钵
用于取用粉末状或小颗粒的固体试剂。		用于取用块状试剂。		用于研磨硬度不太大的固体物质。	
	试管刷		陶土网		玻璃棒
用来刷洗试管或烧瓶等玻璃器皿。		用于间接加热，并使被加热器皿均匀受热。		用于引流、搅拌或转移液体。	

附录 II

相对原子质量表

(按照原子序数排列)

元素		相对原子质量	元素		相对原子质量	元素		相对原子质量
符号	名称		符号	名称		符号	名称	
H	氢	[1.007 84; 1.008 11]	Nb	铌	92.906 37	Tl	铊	[204.382; 204.385]
He	氦	4.002 602	Mo	钼	95.95	Pb	铅	[206.14; 207.94]
Li	锂	[6.938; 6.997]	Tc	锝	[97]	Bi	铋	208.980 40
Be	铍	9.012 183 1	Ru	钌	101.07	Po	钋	[209]
B	硼	[10.806; 10.821]	Rh	铑	102.905 49	At	砹	[210]
C	碳	[12.009 6; 12.011 6]	Pd	钯	106.42	Rn	氡	[222]
N	氮	[14.006 43; 14.007 28]	Ag	银	107.868 2	Fr	钫	[223]
O	氧	[15.999 03; 15.999 77]	Cd	镉	112.414	Ra	镭	[226]
F	氟	18.998 403 162	In	铟	114.818	Ac	锕	[227]
Ne	氖	20.179 7	Sn	锡	118.710	Th	钍	232.037 7
Na	钠	22.989 769 28	Sb	锑	121.760	Pa	镤	231.035 88
Mg	镁	[24.304; 24.307]	Te	碲	127.60	U	铀	238.028 91
Al	铝	26.981 538 4	I	碘	126.904 47	Np	镎	[237]
Si	硅	[28.084; 28.086]	Xe	氙	131.293	Pu	钚	[244]
P	磷	30.973 761 998	Cs	铯	132.905 451 96	Am	镅	[243]
S	硫	[32.059; 32.076]	Ba	钡	137.327	Cm	锔	[247]
Cl	氯	[35.446; 35.457]	La	镧	138.905 47	Bk	锫	[247]
Ar	氩	[39.792; 39.963]	Ce	铈	140.116	Cf	锎	[251]
K	钾	39.098 3	Pr	镨	140.907 66	Es	镱	[252]
Ca	钙	40.078	Nd	钕	144.242	Fm	镆	[257]
Sc	钪	44.955 907	Pm	钷	[145]	Md	镈	[258]
Ti	钛	47.867	Sm	钐	150.36	No	锎	[259]
V	钒	50.941 5	Eu	铕	151.964	Lr	铹	[262]
Cr	铬	51.996 1	Gd	钆	157.25	Rf	𬬻	[267]
Mn	锰	54.938 043	Tb	铽	158.925 354	Db	𬬿	[268]
Fe	铁	55.845	Dy	镝	162.500	Sg	𬬻	[269]
Co	钴	58.933 194	Ho	铥	164.930 329	Bh	𬭻	[270]
Ni	镍	58.693 4	Er	铒	167.259	Hs	𬬻	[269]
Cu	铜	63.546	Tm	铥	168.934 219	Mt	𬬻	[277]
Zn	锌	65.38	Yb	镱	173.045	Ds	𬬻	[281]
Ga	镓	69.723	Lu	镥	174.966 8	Rg	𬬻	[282]
Ge	锗	72.630	Hf	铪	178.486	Cn	𬬻	[285]
As	砷	74.921 595	Ta	钽	180.947 88	Nh	𬬻	[286]
Se	硒	78.971	W	钨	183.84	Fl	𬬻	[290]
Br	溴	[79.901; 79.907]	Re	铼	186.207	Mc	𬬻	[290]
Kr	氪	83.798	Os	钌	190.23	Lv	𬬻	[293]
Rb	铷	85.467 8	Ir	铱	192.217	Ts	𬬻	[294]
Sr	锶	87.62	Pt	铂	195.084	Og	𬬻	[294]
Y	钇	88.905 838	Au	金	196.966 570			
Zr	锆	91.224	Hg	汞	200.592			

注：1. 相对原子质量加方括号的为放射性元素半衰期最长的同位素的质量数。
 2. [a; b] 表示该元素的相对原子质量依据其同位素丰度变化而介于a和b之间。
 3. 数据来源：国际纯粹与应用化学联合会 (IUPAC) 公布的“标准相对原子质量”(截至2021年)。

附录 III

化学名词索引

(按照化学名词汉语拼音字母顺序排列)

饱和溶液 (saturated solution)	P72	溶质 (solute)	P70
不饱和溶液 (unsaturated solution)	P72	溶质质量分数 (mass fraction of solute)	P73
单质 (elementary substance)	P41	物理变化 (physical change)	P6
分解反应 (decomposition reaction)	P65	物理性质 (physical property)	P8
分子 (molecule)	P57	相对分子质量 (relative molecular mass)	
分子式 (molecular formula)	P46		P49
核电荷数 (nuclear charge number)	P32	相对原子质量 (relative atomic mass)	P34
化合反应 (combination reaction)	P66	阳离子 (cation)	P36
化合物 (compound)	P41	氧化 (oxidation)	P94
化学变化 (chemical change)	P6	氧化物 (oxide)	P94
化学方程式 (chemical equation)	P113	阴离子 (anion)	P36
化学式 (chemical formula)	P45	元素 (element)	P41
化学式量 (formula weight)	P49	元素符号 (symbol of element)	P42
化学性质 (chemical property)	P8	元素周期表 (periodic table of elements)	P42
缓慢氧化 (slow oxidation)	P95	原子 (atom)	P33
溶剂 (solvent)	P70	原子序数 (atomic number)	P42
溶液 (solution)	P70	质量守恒定律 (law of conservation of mass)	
			P110

后记

本套教科书是依据教育部《义务教育化学课程标准（2022年版）》编写的，供初中学生使用。

《义务教育教科书·化学》第一版依据2001年《全日制义务教育化学课程标准（实验稿）》编写，面向全国课改实验区选用。随着课程改革的深入推进，2012年我们依据《义务教育化学课程标准》对实验教材进行了修订。

本次修订充分借鉴了之前教科书的编写经验，坚持正确的政治方向和价值导向，以发展学生核心素养为宗旨，全面落实化学课程标准的理念和要求，遵循学生的身心发展规律，力求为广大师生提供“便教利学”的高质量化学教科书。本套教科书吸取了多年来在教学实践中探索、积累的丰富经验，凝聚了教育专家、学科专家、教材编写人员、教研人员及一线教师的集体智慧，集中反映了基础教育课程改革的最新成果。参加本册教科书编写修订的核心作者有李娜、葛东修、姚进宏、马红艳、朱思光、徐迎春等，最后由毕华林、卢巍统稿并定稿。

本套教科书的修订得到了教育部教材局以及教材审查专家的有关心指导，以及山东、四川、广西、陕西等省区教育行政部门、教研部门的大力帮助和支持。刘文静、白涛、卢姗姗、王雨、施观雪、胡欣阳、张羽、刘丹阳、马立霞参加了教科书的资料收集、整理和讨论等工作。衷心感谢所有关心和支持本套教科书的编写、审读、试教、出版、发行的单位、同仁和社会各界朋友！

教科书出版之前，我们通过多种渠道与教科书选用作品的作者进行了联系，得到了他们的大力支持，对此我们表示诚挚的感谢！

我们真诚地希望广大教师、学生及家长在使用本套教科书过程中提出宝贵的意见和建议。我们将本着精益求精的态度，集思广益，不断修订，努力使教科书日趋完善。

联系电话：0531-82092610；电子邮箱：jiaocai@sjs.com.cn。

《化学》教材编写组

元素周期表

族 周期	IA 1																	IIA 2							III A 13	IV A 14	V A 15	VIA 16	VII A 17	0 18			
1	1 H 氢 1.008																													2 He 氦 4.003			
2	3 Li 锂 6.941	4 Be 铍 9.012																															
3	11 Na 钠 22.99	12 Mg 镁 24.31	III B 3	IV B 4	V B 5	VIB 6	VII B 7	8	VIII 9	10	IB 11	II B 12	13 Al 铝 26.98	14 Si 硅 28.09	15 P 磷 30.97	16 S 硫 32.06	17 Cl 氯 35.45	18 Ar 氩 39.95															
4	19 K 钾 39.10	20 Ca 钙 40.08	21 Sc 钪 44.96	22 Ti 钛 47.87	23 V 钒 50.94	24 Cr 铬 52.00	25 Mn 锰 54.94	26 Fe 铁 55.85	27 Co 钴 58.93	28 Ni 镍 58.69	29 Cu 铜 63.55	30 Zn 锌 65.38	31 Ga 镓 69.72	32 Ge 锗 72.63	33 As 砷 74.92	34 Se 硒 78.96	35 Br 溴 79.90	36 Kr 氪 83.80															
5	37 Rb 铷 85.47	38 Sr 锶 87.62	39 Y 钇 88.91	40 Zr 锆 91.22	41 Nb 铌 92.91	42 Mo 钼 95.96	43 Tc 锝 [98]	44 Ru 钌 101.1	45 Rh 铑 102.9	46 Pd 钯 106.4	47 Ag 银 107.9	48 Cd 镉 112.4	49 In 铟 114.8	50 Sn 锡 118.7	51 Sb 锑 121.8	52 Te 碲 127.6	53 I 碘 126.9	54 Xe 氙 131.3															
6	55 Cs 铯 132.9	56 Ba 钡 137.3	57~71 La~Lu 镧系	72 Hf 铪 178.5	73 Ta 钽 180.9	74 W 钨 183.8	75 Re 铼 186.2	76 Os 锇 190.2	77 Ir 铱 192.2	78 Pt 铂 195.1	79 Au 金 197.0	80 Hg 汞 200.6	81 Tl 铊 204.4	82 Pb 铅 207.2	83 Bi 铋 209.0	84 Po 钋 [209]	85 At 砹 [210]	86 Rn 氡 [222]															
7	87 Fr 钫 [223]	88 Ra 镭 [226]	89~103 Ac~Lr 锕系	104 Rf 钅𠄎* [265]	105 Db 钅𠄎* [268]	106 Sg 钅𠄎* [271]	107 Bh 钅𠄎* [270]	108 Hs 钅𠄎* [277]	109 Mt 钅𠄎* [276]	110 Ds 钅𠄎* [281]	111 Rg 钅𠄎* [280]	112 Cn 钅𠄎* [285]	113 Nh 钅𠄎* [284]	114 Fl 钅𠄎* [289]	115 Mc 钅𠄎* [288]	116 Lv 钅𠄎* [293]	117 Ts 钅𠄎* [294]	118 Og 钅𠄎* [294]															

原子序数 — 1 H
元素符号 (红色指放射性元素)
元素名称 (注*的是人造元素)
相对原子质量 (加方括号的数据为该放射性元素半衰期最长的同位素的质量数)

- 金属元素
- 非金属元素
- 稀有气体元素

镧系	57 La 镧 138.9	58 Ce 铈 140.1	59 Pr 镨 140.9	60 Nd 钕 144.2	61 Pm 钷* [145]	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 173.1	71 Lu 镥 175.0
锕系	89 Ac 锕 [227]	90 Th 钍 232.0	91 Pa 镤 231.0	92 U 铀 238.0	93 Np 镎 [237]	94 Pu 钚 [244]	95 Am 镅* [243]	96 Cm 锔* [247]	97 Bk 锫* [247]	98 Cf 锿* [251]	99 Es 镱* [252]	100 Fm 镆* [257]	101 Md 镎* [258]	102 No 镎* [259]	103 Lr 铹* [262]