

前 言

《化学》自 2012 年出版以来，在全国从事来华留学生专业汉语教学的各大高等院校中被广泛使用，并得到好评。近年来，来华留学生教育研究不断深入，教学改革也取得了长足的发展；同时，我们在教学实践中也发现了一些有待改进的地方。为满足新的教学需求，进一步提高教学质量，我们及时吸取了这些可贵的成果和经验，并将其反映到修订后的《化学》（第 3 版）中。

本次修订的主导思想是夯实基础，严控难度，利于教学，突出桥梁衔接作用。我们对教材的修订主要体现在以下几个方面：

第一，基本保持了原书的编写思路和结构框架，继续体现来华留学生基础化学教材的系统性和整体性；

第二，调整了部分章节的顺序，以更符合来华留学生的教学规律；

第三，新增了胶体、原子亚层、平衡常数、有机物结构的测定方法等内容；

第四，增加了例题和课后习题，以便于教师课堂教学和学生课下自学，同时也有助于培养学生发现问题、解决问题的能力。

本教材由天津大学理学院的秦学担任主编，负责全书的统稿、审订工作。基础化学原理、元素化学、有机化学分别由天津大学理学院的秦学、田昀、曲建强负责编写。本次修订得到了同济大学、山东大学、东北师范大学等兄弟院校同人的大力支持，他们提出了很多宝贵的意见，在此一并表示衷心的感谢。

限于编者水平，书中不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2024 年 3 月于北洋园

目 录

绪论	1
第一节 物理变化与化学变化	1
第二节 分子	2
第一章 氢气	4
第一节 氢气的性质	4
第二节 氢气的实验室制法	6
本章小结	7
复习题	7
第二章 碳和硅	9
第一节 碳	9
第二节 硅	13
本章小结	14
复习题	15
第三章 基本概念与基本理论	18
第一节 原子	18
第二节 元素	25
第三节 化学式与相对分子质量	29
第四节 化学键	30
第五节 化学方程式	32
第六节 元素周期表与元素周期律	34
本章小结	39
复习题	42

第四章 碱金属	46
第一节 钠	46
第二节 钠的化合物	47
第三节 碱金属元素	50
本章小结	52
复习题	53
第五章 溶液与胶体	56
第一节 溶液的概念	56
第二节 溶解度	57
第三节 溶液组成的表示方法	59
第四节 胶体的性质及应用*	61
本章小结	63
复习题	63
第六章 物质的量	66
第一节 摩尔与摩尔质量	66
第二节 气体摩尔体积	68
第三节 物质的量浓度	70
本章小结	75
复习题	75
第七章 卤素	79
第一节 氯气	79
第二节 盐酸	83
第三节 卤族元素	84
本章小结	86
复习题	88

第八章 氧化还原反应	90
第一节 氧化数	90
第二节 氧化还原反应	94
本章小结	97
复习题	98
第九章 氧族元素	101
第一节 氧气	101
第二节 硫及其化合物	104
第三节 硫酸	106
本章小结	110
复习题	111
第十章 氮族元素	114
第一节 氮气	114
第二节 氨与铵盐	116
第三节 硝酸	120
第四节 磷	123
本章小结	125
复习题	127
第十一章 化学反应中的物质变化与能量变化	131
第一节 化学反应的类型	131
第二节 离子反应	132
第三节 化学反应中的能量变化 *	135
本章小结	139
复习题	140

第十二章 化学反应速率与化学平衡	143
第一节 化学反应速率	143
第二节 化学平衡	148
本章小结	154
复习题	156
第十三章 电离平衡	161
第一节 电离平衡	161
第二节 水的电离与溶液的 pH	163
第三节 盐类的水解	165
本章小结	167
复习题	168
第十四章 几种常见的金属	170
第一节 铝及其化合物	170
第二节 铁及其化合物	173
第三节 其他常见的金属	176
本章小结	179
复习题	180
第十五章 原电池与电解池	184
第一节 原电池的原理及其应用	184
第二节 电解与电镀	190
本章小结	194
复习题	195
第十六章 烃	197
第一节 烷烃	198
第二节 烯烃	209

第三节	炔烃	213
第四节	苯与甲苯	217
本章小结	.....	221
复习题	.....	223
第十七章	烃的衍生物	228
第一节	卤代烃	228
第二节	醇	232
第三节	苯酚	236
第四节	醛类与酮类	241
第五节	羧酸及其衍生物	246
第六节	有机物组成、结构分析方法*	251
本章小结	.....	259
复习题	.....	261
第十八章	糖类、油脂与蛋白质	266
第一节	糖类：单糖与低聚糖	266
第二节	淀粉与纤维素	269
第三节	油脂	272
第四节	蛋白质	275
本章小结	.....	284
复习题	.....	285
第十九章	高分子化合物与高分子材料*	288
第一节	合成高分子化合物的基本方法	288
第二节	高分子材料	293
本章小结	.....	302
复习题	.....	304

第二十章 化学实验	306
第一节 化学实验的基本知识	306
第二节 基本度量仪器的使用	311
第三节 气体	311
第四节 常见的化学实验操作	315
第五节 化学实验安全	317
附录	318
附录 1 常用化合物中英对照表	318
附录 2 常用基本概念中英对照表	323
附录 3 化合物中文命名	335
附录 4 常用元素中英名称对照表	338

绪 论

第一节 物理变化与化学变化

化学 (chemistry) 是一门研究物质 (matter) 的组成、结构、性质及变化规律的基础自然科学。

物质总是在不断的变化中。其中，有些变化只是物质的形态发生了改变，并没有其他物质生成，这种变化叫作物理变化 (physical change)，如液态的水加热沸腾变为水蒸气；有些变化生成了其他新物质，这种变化叫作化学变化 (chemical change)，也叫化学反应 (chemical reaction)，如木材燃烧 (combustion)、铁生锈 (rustiness) 等。

物质在化学变化中所表现出来的性质叫作化学性质 (chemical property)，如煤在空气中能够燃烧，铁在潮湿的 (moist) 环境中会生锈等。物质不需要发生化学变化就能够表现出来的性质叫作物理性质 (physical property)，如密度 (density)、硬度 (hardness)、熔点 (melting point)、沸点 (boiling point) 等。

【例】下列变化中属于化学变化的是 ()。

- A. 汽油挥发 (volatize)
- B. 燃放烟花
- C. 玻璃被摔碎
- D. 水结冰

解：化学变化和物理变化的区别在于是否有新物质生成。化学变化是指有新物质生成的变化，物理变化是指没有新物质生成的变化。

A 选项，汽油挥发的过程中没有新物质生成，属于物理变化；B 选项，

燃放烟花的过程中有新物质生成,属于化学变化;C选项,玻璃被摔碎只是发生了状态变化,没有新物质生成,属于物理变化;D选项,水结冰的过程中没有新物质生成,属于物理变化。所以,本题答案为B。

第二节 分子

一、分子

分子 (molecule) 是构成物质的一种粒子。分子的体积 (volume) 和质量 (mass) 都很小。例如,一滴水里大约有 1.67×10^{21} 个水分子,而一个水分子的质量约为 3×10^{-26} kg。

分子是保持物质化学性质的最小粒子。同种物质的分子,性质相同;不同物质的分子,性质不同。分子总是在不断地运动。

物质在发生物理变化时,物质的分子本身没有发生变化。例如,液态的水变成水蒸气,水分子本身没有改变。物质在发生化学变化时,物质的分子发生了变化,变成了其他物质的分子。例如,氢气 (hydrogen, H_2) 在氧气 (oxygen, O_2) 中燃烧生成了水。

二、混合物与纯净物

混合物 (mixture) 是由两种及以上多种物质混合而成的,这些物质相互之间没有发生反应,各物质都保持原来的性质。例如,空气是由氮气 (nitrogen, N_2)、氧气及其他成分混合而成的,如图 0.2-1 所示。

纯净物 (pure substance) 与混合物不

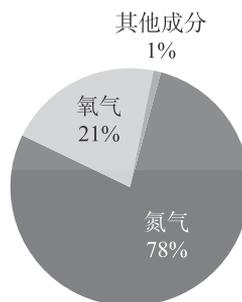


图 0.2-1 空气组成成分示意图

第一章 氢气

第一节 氢气的性质

一、氢气的物理性质

在通常状况 (common status) 下, 氢气是一种无色、无味的气体。它的密度非常小, 只有空气的 $\frac{1}{14}$, 是世界上已知的最轻的气体。氢气无毒, 难溶于水。

二、氢气的化学性质

氢气在常温下性质稳定 (stable), 但在点燃 (ignite) 或加热条件下, 能够与许多物质发生化学反应。

如图 1.1-1 所示, 纯净的 (pure) 氢气在空气里安静地燃烧, 火焰 (flame) 呈淡蓝色。

氢气燃烧生成水, 并放出大量的热。

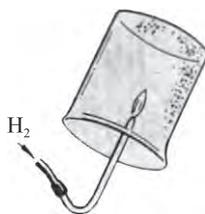


图 1.1-1 氢气的燃烧

实验测定，空气里如果混入的氢气的体积达到总体积的 4% ~ 74.2%，点燃时就会发生爆炸 (explode)。这个范围 (range) 叫作氢气的爆炸极限 (explosive limit)。因此，我们在点燃氢气前，一定要检验氢气的纯度^❶。

【例 1】 氢气在空气中燃烧，这个过程是物理变化还是化学变化？

解：因为氢气在空气中燃烧生成了新的物质——水，所以这个过程是化学变化。

氢气在加热条件下，能够和氧化铜 (CuO) 反应生成水，使黑色的氧化铜发生化学反应，变成红色的金属铜 (Cu)，如图 1.1-2 所示。

氢气具有还原性，能夺取氧化铜里的氧，使氧化铜失去氧变成铜。氧化铜被氢气还原 (reduce) 为金属铜：

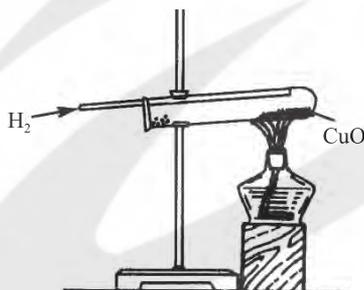


图 1.1-2 氢气还原氧化铜

【例 2】 氢气和氧化铜在加热条件下反应，这个反应的反应物是_____，生成物是_____。

解：反应方程式为 $\text{CuO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ 。在这个反应里，反应物是氢气和氧化铜，生成物是铜和水。

^❶ 氢气纯度的检验方法：收集一试管氢气，用拇指堵住试管，将其移近火焰，移开拇指，如果听到尖锐的爆鸣声，就表明氢气不纯，需要再收集，再检验，直到响声很小，听到“噗”的一声才表明氢气已纯净。

第二节 氢气的实验室制法

在实验室 (laboratory) 里, 我们常用锌 (Zn) 和稀硫酸 (dilute sulphuric acid, H_2SO_4) 反应来制取氢气。该反应可以表示为:



由于氢气难溶于水, 因此可以采用排水法收集氢气; 又由于氢气的密度比空气小, 因此也可以采用向下排空气法收集氢气。图 1.2-1 为采用启普发生器 (Kipp generator) 制备氢气, 同时采用排水法收集氢气; 图 1.2-2 为采用简易启普发生器制备氢气, 同时采用向下排空气法收集氢气。

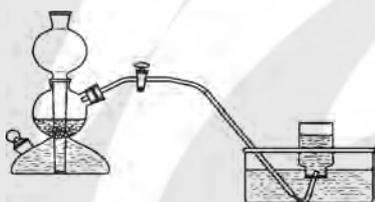


图 1.2-1 启普发生器制备氢气, 排水法收集氢气

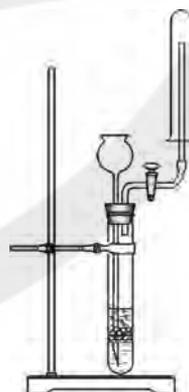


图 1.2-2 简易启普发生器制备氢气, 向下排空气法收集氢气

此外 (besides), 还可以用盐酸 (HCl) 代替稀硫酸, 用镁或铁等活泼金属代替锌, 但是不能用不活泼金属 (如铜) 来制备氢气。相应的反应方程式为:



像这种由一种单质与一种化合物反应, 生成另一种单质和化合物的反应叫作置换反应 (displacement reaction)。

本章小结

1. 氢气的性质

氢气是一种无色、无味的气体，比空气轻，难溶于水。

氢气能够在空气中燃烧，生成水并放出大量的热。



在加热条件下，氢气能够与某些氧化物（如氧化铜）发生氧化还原反应。



2. 氢气的制备与收集

在实验室里，我们常用锌和稀硫酸反应来制取氢气。



氢气可以采用排水法或向下排空气法收集。

复习题

- 检验氢气的纯度时，集满气体的试管靠近火焰时发出爆鸣声，说明（ ）。
 - 氢气是纯净的
 - 氢气中混有氧气
 - 氢气中混有氮气
 - 氢气中混有水
- 实验室用氢气还原氧化铜，主要有以下几个操作步骤：①加热盛有氧化铜粉末的试管；②通入氢气；③检验氢气的纯度；④撤去酒精灯；⑤继续通入氢气，直到试管冷却。正确的操作步骤是（ ）。
 - ③②①⑤④
 - ③②①④⑤
 - ③①②⑤④
 - ①③②④⑤
- 点燃氢气前，一定要（ ）。
 - 检验纯度
 - 通过氧化铜
 - 加热
 - 冷却

4. 用氢气还原氧化铜时, 先通氢气后加热的原因是 ()。
- A. 使氢气的浓度更大些 B. 加快反应速率
C. 使氢气先与空气中的氧气反应 D. 排去试管内的空气
5. 下列说法中, 不正确的是 ()。
- A. H_2 在空气中燃烧, 火焰呈淡蓝色
B. 利用 H_2 的还原性可以进行金属冶炼
C. H_2 是一种新能源
D. 集满 H_2 的集气瓶应正放在桌子上
6. 通常状况下, 氢气是_____色、_____味的气体, 比空气_____, _____溶于水。
7. 实验室用排水法收集氢气的原因是_____, 用向下排空气法收集氢气的原因是_____。

第二章 碳 和 硅

第一节 碳

一、碳的性质

在常温下，碳（^{tàn}carbon, C）的化学性质不活泼；但是，在高温下，碳能与许多物质发生反应。

1. 碳与氧气的反应

碳在氧气或空气中充分燃烧时，生成二氧化碳（CO₂），同时放出大量的热。



碳燃烧不充分时，生成一氧化碳（CO），同时放出热量。



【例 1】碳在氧气中充分燃烧，生成_____；碳在氧气中不充分燃烧，生成_____。

解：碳在氧气或空气中充分燃烧时，生成二氧化碳；碳燃烧不充分时，生成一氧化碳。

2. 碳与某些氧化物的反应

单质碳具有还原性。例如，在加热条件下，木炭能够将黑色的氧化铜还原为红色的金属铜，同时放出二氧化碳气体，如图 2.1-1 所示。



热的碳还能将二氧化碳还原

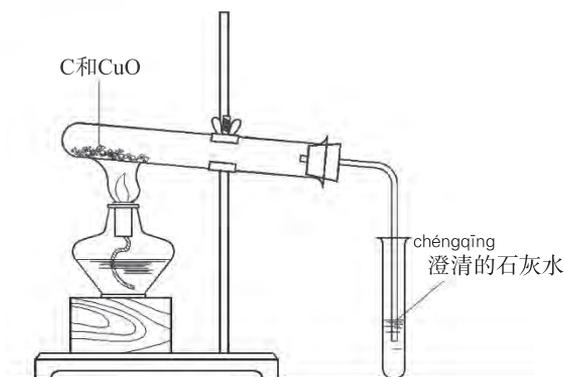


图 2.1-1 木炭还原氧化铜

为一氧化碳。



二、二氧化碳的性质

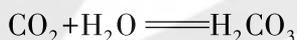
二氧化碳是一种无色、无味的气体。标准状况下，二氧化碳的密度是空气的 1.5 倍。二氧化碳能溶于水。

固体二氧化碳称为干冰。在压强为 101 kPa、温度为 -78.5°C 时，干冰能够升华，直接变成二氧化碳气体。

空气中约含有 0.03% 的二氧化碳，但受人类活动（如化石燃料燃烧）影响，近年来空气中的二氧化碳含量猛增，导致温室效应（greenhouse effect）加剧，全球气候变暖。

1. 二氧化碳与水的反应

二氧化碳是酸性氧化物，与水反应生成碳酸（carbonic acid, H_2CO_3 ）。碳酸能够使紫色（purple）的石蕊（litmus）试液变成红色。



碳酸很不稳定，很容易分解生成二氧化碳和水。



2. 二氧化碳的鉴别 (differentiate)

当向澄清的石灰水（limewater）^① 里通入二氧化碳时，石灰水变混浊（muddy），这是因为生成了白色的碳酸钙（ CaCO_3 ）沉淀（precipitate）。



我们可以利用这个反应来鉴别二氧化碳。

二氧化碳一般不燃烧，也不支持燃烧，常被用作灭火剂。

① 主要成分为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的水溶液。

【例2】向澄清的石灰水里通入二氧化碳，石灰水变混浊，这是因为生成了白色的（ ）

- A. BaCO₃ B. CaCO₃ C. Ca(OH)₂ D. CaO

解：向澄清的石灰水里通入二氧化碳，石灰水变混浊，这是因为生成了白色的 CaCO₃，具体的反应式为 $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

3. 二氧化碳的实验室制法

在实验室里，二氧化碳常用稀盐酸与碳酸钙反应来制取，其化学反应方程式为：



制取二氧化碳的装置如图 2.1-2 所示。

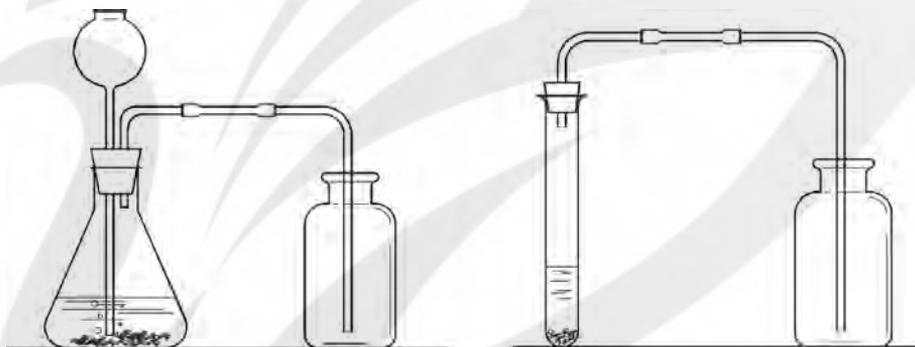


图 2.1-2 制取二氧化碳的装置

由于二氧化碳能溶于水，因此不能用排水法收集；利用二氧化碳的密度大于空气这一性质，我们可以采用向上排空气法来收集二氧化碳。

三、一氧化碳的性质

一氧化碳是无色、无味的气体，通常状况下，比空气略轻，难溶于水。

1. 可燃性

一氧化碳在空气里燃烧，火焰呈蓝色，生成二氧化碳，同时放出大量的热。



2. 还原性

一氧化碳与单质碳一样，能够将黑色的氧化铜还原为红色的金属铜，同时生成二氧化碳，如图 2.1-3 所示。

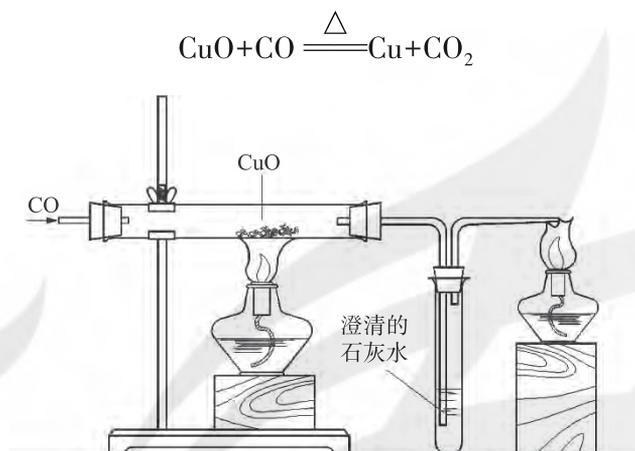


图 2.1-3 一氧化碳还原氧化铜

我们可以利用一氧化碳的还原性，通过还原金属氧化物来制取某些金属。例如，炼铁就是利用一氧化碳在高温下还原铁矿石（tiěkuàngshí ironstone）里的氧化铁，同时生成二氧化碳。这个反应可以表示为：



3. 毒性

二氧化碳没有毒性（dúxìng toxicity），但一氧化碳有剧毒，原因是它能与血液中携带氧气的血红蛋白结合，破坏血液的输氧功能。因此，我们在生活中使用炉子、煤气时要格外小心，防止一氧化碳中毒。

【例 3】一氧化碳在高温下还原铁矿石里的氧化铁，生成_____和_____。

解：这一反应的方程式是



所以生成铁和二氧化碳。