

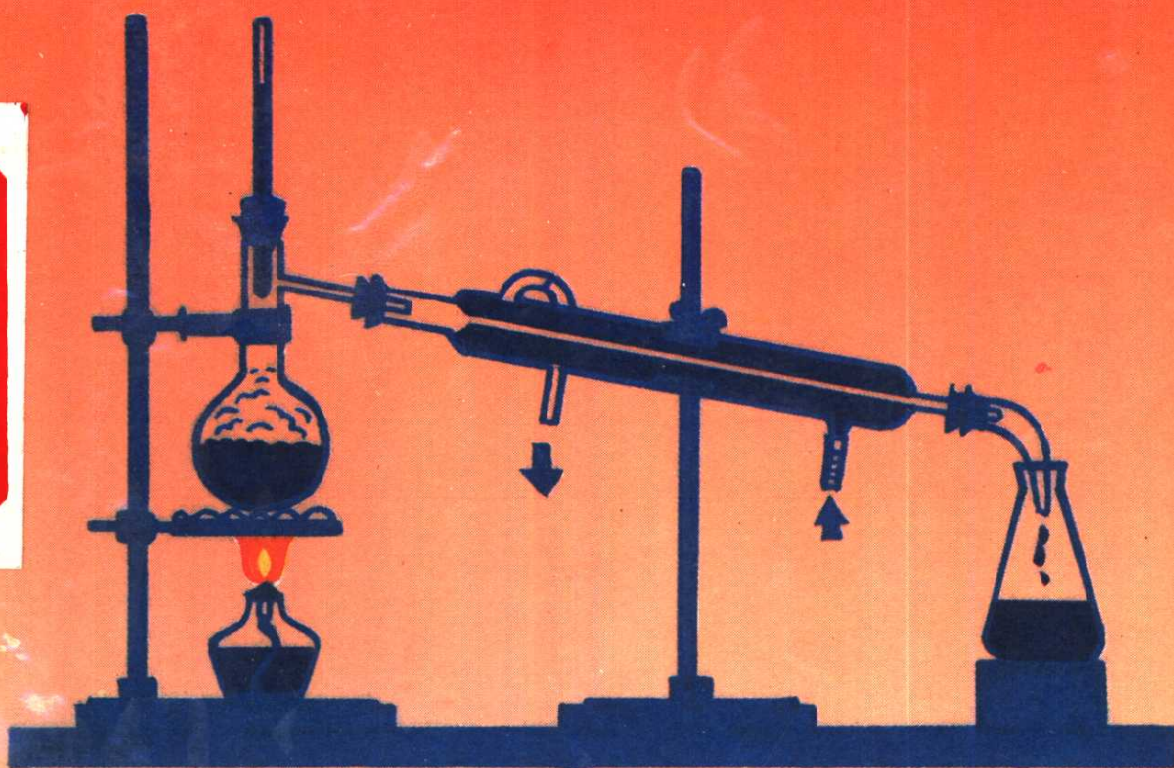
高级中学课本

化学

HUAXUE

(必修)

第二册



人民教育出版社

责任编辑：李文鼎 陈 晨

责任绘图：高婉茹

封面设计：张 蓓

(京)新登字 113 号



高级中学课本

化 学

(必修)

第二册

人民教育出版社化学室 编著

人民教育出版社出版

北京出版社重印

北京市新华书店发行

北京房山印刷厂印刷

开本 787 × 1092 1/32 印张 6.5 插页 1 字数 114 000

1995年10月第2版 1996年6月第1次印刷

印数 1—56 300

ISBN 7—107—00991—5

G·2148(课)定价：4.20元

如发现印装质量问题影响阅读请与印厂联系

电话：62 01 2334

说 明

《高级中学课本化学（必修）第二册》是根据国家教育委员会 1994 年颁发的“《全日制中学化学教学大纲（修订本）》高中部分的调整意见”，在 1990 年 10 月第 1 版《高级中学课本化学（必修）第二册》的基础上，对原书中教学内容的有关部分做了相应的调整和修改而成的。

参加本次修订工作的是李文鼎、陈晨。

武永兴、胡美玲审读了全书。

责任编辑是陈晨。

希望广大教师和研究中学化学教学的同志提出批评和修改建议。

人民教育出版社化学室

1995 年 10 月

目 录

| | |
|---------------|----|
| 第一章 硅 | 1 |
| 第一节 碳族元素 | 1 |
| 第二节 硅及其重要的化合物 | 3 |
| 第三节 硅酸盐工业简述 | 10 |
| 内容提要 | 13 |
| 第二章 镁 铝 | 17 |
| 第一节 金属的物理性质 | 17 |
| 第二节 镁和铝的性质 | 20 |
| 第三节 镁和铝的重要化合物 | 26 |
| 第四节 硬水及其软化 | 31 |
| 内容提要 | 36 |
| 第三章 铁 | 41 |
| 第一节 铁和铁的化合物 | 41 |
| 第二节 炼铁和炼钢 | 49 |
| 内容提要 | 58 |
| 第四章 烃 | 62 |
| 第一节 有机物 | 62 |
| 第二节 甲烷 | 65 |
| 第三节 烷烃 同系物 | 74 |

| | | |
|-------|-------------|-----|
| 第四节 | 乙烯 | 84 |
| 第五节 | 烯烃 | 91 |
| 第六节 | 乙炔 炔烃 | 96 |
| 第七节 | 苯 芳香烃 | 102 |
| 第八节 | 石油和石油产品概述 | 110 |
| 第九节 | 煤和煤的综合利用 | 119 |
| | 内容提要 | 124 |
| 第五章 | 烃的衍生物 | 128 |
| 第一节 | 乙醇 | 129 |
| 第二节 | 苯酚 | 136 |
| 第三节 | 醛 | 140 |
| 第四节 | 乙酸 | 147 |
| 第五节 | 酯 | 153 |
| 第六节 | 油脂 | 156 |
| | 内容提要 | 165 |
| 学生实验 | | 177 |
| 实验一 | 铝和氢氧化铝的化学性质 | 177 |
| 实验二 | 乙烯、乙炔的制取和性质 | 178 |
| 实验三 | 乙醇和苯酚的性质 | 180 |
| 实验四 | 乙醛的性质 | 181 |
| 实验五 | 酚醛树脂的制取 | 182 |
| 实验六 | 实验习题 | 183 |
| 选做实验一 | 苯和甲苯的性质 | 184 |
| 选做实验二 | 乙酸乙酯的制取 | 185 |

选学内容 合成材料..... 187

附录 酸、碱和盐的溶解性表 (20°C) 203

元素周期表

第一章

硅

第一节 碳族元素

碳族元素属于元素周期表的第Ⅳ主族,包括碳(C)、硅(Si)、锗(Ge)、锡(Sn)、铅(Pb)五种元素。

第Ⅳ主族元素位于周期表里容易失去电子的主族元素和容易得到电子的主族元素的中间位置,容易生成共价化合物。

碳族元素原子的最外电子层上有4个电子,随着电子层的增加,碳族元素的性质呈规律性的变化。表1-1列出了碳族元素的一些重要性质。

表 1-1 碳族元素的一些重要性质

| 元素 | 原子半径 10^{-10}m | 主要 化合价 | 单 质 的 性 质 | | | |
|----|----------------------------|-----------|--------------------------|--|---------------------------|--------------------------|
| | | | 状态和颜色 (常态) | 密度 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ | 熔点 $^{\circ}\text{C}$ | 沸点 $^{\circ}\text{C}$ |
| 碳 | 0.77 | +2, +4 | 无色或黑色 固体 ^① | 3.51 ^② 2.25 ^③ | 3550 3652~3697 (升华) | 4827 4827 |
| 硅 | 1.17 | +4 | 灰黑色固体 | 2.32~2.34 | 1410 | 2355 |

| 元素 | 原子半径 10^{-10}m | 主要 化合价 | 单质的性质 | | | |
|----|----------------------------|-----------|---------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | | 状态和颜色 (常态) | 密度 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ | 熔点 $^{\circ}\text{C}$ | 沸点 $^{\circ}\text{C}$ |
| 锗 | 1.22 | +2, +4 | 灰白色固体 | 5.35 | 937.4 | 2830 |
| 锡 | 1.41 | +2, +4 | 银白色固体 | 7.28 | 231.9 | 2260 |
| 铅 | 1.75 | +2, +4 | 蓝白色固体 | 11.34 | 327.5 | 1740 |

- ① 除金刚石、石墨外,近年来又发现一些新的单质形态的碳。其中较重要的一种是 C_{60} 分子,这是一种由 60 个碳原子构成的分子,形似足球,球面由 12 个五边形和 20 个六边形构成。这种分子很稳定。 ②金刚石 ③石墨

碳族元素随着电子层和核电荷数的增加,它们的一些重要物理性质和化学性质都发生规律性的变化。它们从上到下的非金属性向金属性递变的趋势比氮族元素更为明显。碳是明显的非金属;硅虽然外貌像金属,但在化学反应中更多地显非金属性,通常被认为是非金属;锗的金属性比非金属性强;锡和铅都是金属。

碳族元素的化合价主要有 +4 价和 +2 价。碳、硅、锗、锡的 +4 价化合物是稳定的,而铅的 +2 价化合物是稳定的。

在初中我们曾学习过碳元素。下面着重介绍硅及其重要化合物。

习 题

1. 在元素周期表中,位于第三周期的碳族元素 A 的最

高价氧化物的化学式是_____,元素A的气态氢化物的稳定性比它上一周期同族元素E的气态氢化物_____。

与A相邻的同一周期的G、J两元素分别是_____和_____。A、E、G、J四种元素的最高价氧化物对应水化物的化学式分别为_____,_____,_____和_____,在这四种物质中,_____的酸性最弱。

2. 画出碳和硅的原子结构示意图,写出硅的电子式以及主要化合价。

3. 说明碳和硅的化合物为什么大多数以共价键相结合。

第二节 硅及其重要的化合物

一、硅

我们已经知道,在地壳里,硅的含量在所有元素中居第二位,仅次于氧。在自然界里,没有以单质形式即游离态存在的硅,而只有以化合物形式即化合态存在的硅。化合态的硅几乎全部是二氧化硅和硅酸盐,它们广泛地存在于地壳的各种矿物和岩石里。硅是构成矿物和岩石的主要元素。

1. 物理性质

硅是灰黑色有金属光泽、硬而脆的固体。硅原子最外电子层有4个价电子。硅晶体的结构与金刚石晶体的结构相似,都是原子晶体,这就决定了硅的硬度较大,熔点和沸点较高(见表1-1)。

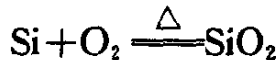
硅的导电性能介于金属和绝缘体之间。硅是良好的半导体材料,可用来制造半导体器件,如硅整流器、晶体管和集成电路等。

锗和硅相似,也是重要的半导体材料。

2. 化学性质

硅是非金属元素,硅的许多化学性质和碳相似,它跟其它元素化合时形成共价键。

硅的化学性质不活泼。在常温下,除氟气、氢氟酸和强碱溶液外,其它物质如氧气、氯气、硫酸和硝酸等都不跟硅起反应。在加热条件下,硅能跟一些非金属起反应。例如,把硅研细后加热,它就燃烧生成二氧化硅,同时放出大量的热。



硅只有在高温下才能跟氢气起反应。硅的氢化物常用间接的方法制得。

硅可以用来制造合金。含硅4%的钢有导磁性,可以用来制造变压器的铁芯;含硅15%左右的钢有耐酸性,可以用来制造耐酸设备。

工业上,硅是在电炉里用碳还原二氧化硅而制得的。



这样制得的硅是含少量杂质的粗硅。粗硅提纯后,可制得作为半导体材料的高纯硅。

二、二氧化硅

1. 物理性质

二氧化硅(SiO_2)是一种坚硬难熔的固体,它同其它矿物构成了多种岩石,广泛地分布在自然界里。

天然的二氧化硅分为晶体和无定形两大类。石英的主要成分就是二氧化硅。自然界透明的六方柱状石英晶体,就是我们常说的水晶。

硅藻土含有无定形二氧化硅,它是死去的硅藻^①及其它微小生物的遗体经沉积胶结而成的多孔、质轻、松软的固体物质。它的表面积很大,吸附能力较强,可作吸附剂和催化剂的载体^②,以及保温材料等。

二氧化硅和二氧化碳在物理性质上有很大差别。例如,二氧化硅的熔点高、硬度大;而二氧化碳在通常状况下是气体,固体二氧化碳的熔点很低,等等。二氧化硅和二氧化碳的这些差别是由它们的不同结构决定的。我们已经知道固体二氧化碳是一种分子晶体。分子间只有较小的分子间引力,所以,它的熔点很低。但是二氧化硅却不是由单个的“ SiO_2 ”的分子所组成的分子晶体,而是一种原子晶体。如图 1-1^③所示,1个 Si 原子跟 4 个 O 原子形成了 4 个共价键,这样,每 1 个 Si 原子周围结合 4 个 O 原子;同时,每个 O 原子跟两个 Si 原子相结合。实际上,二氧化硅晶体是由硅

① 硅藻是单细胞的低等水生植物。

② 为了增加催化剂的有效面积,一般使催化剂附着于多孔的物体表面,这种多孔物体叫做载体。

③ 图 1-1 是一个简化的平面示意图,实际上二氧化硅晶体是立体的网状结构。

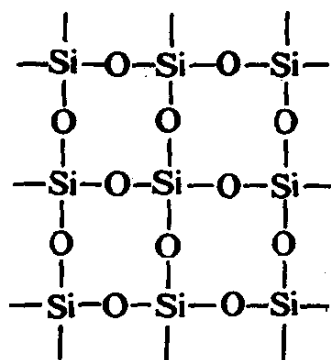
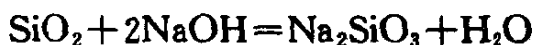


图 1-1 二氧化硅晶体平面示意图

原子和氧原子按 1 : 2 的比率所组成的立体网状的原子晶体,我们通常用“SiO₂”的式子表示二氧化硅的组成。在二氧化硅的晶体里, Si—O 键的键长为 $1.62 \times 10^{-10} \text{m}$, 键能为 369kJ/mol。由于二氧化硅晶体里 Si—O 键的键能很高, 并形成了一种立体网状的原子晶体, 所以, 要使它熔融, 也就是说要破坏二氧化硅的晶体, 必须消耗较多的能量, 因此, 二氧化硅的熔点很高, 硬度也很大。

2. 化学性质

由于二氧化硅的 Si—O 键能很大, 因而它的化学性质十分稳定, 不能跟酸(除氢氟酸外)发生反应。二氧化硅是一种酸性氧化物。但是, 二氧化硅不溶于水, 它不能跟水起反应生成酸。二氧化硅能跟碱性氧化物或强碱反应生成盐。



玻璃中含有 SiO₂, 因而它能够被碱溶液腐蚀。实验室

里盛放碱溶液的试剂瓶常用橡皮塞,而不用玻璃塞,就是为了防止玻璃受碱溶液腐蚀生成 Na_2SiO_3 ,而使瓶口和塞子粘结在一起。

3. 用途

二氧化硅的用途很广。自然界里比较稀少的水晶可用以制造电子工业的重要部件、光学仪器和工艺品。

二氧化硅是制造光导纤维的重要原料。

一般较纯净的石英,可用来制造石英玻璃。石英玻璃膨胀系数很小,相当于普通玻璃的 $1/18$,能经受温度的剧变,耐酸性能好(除 HF 外),因此,石英玻璃常用来制造耐高温的化学仪器。

石英砂常用作玻璃原料和建筑材料。

三、硅酸 硅酸盐

1. 硅酸

虽然二氧化硅是酸性氧化物,但不能用二氧化硅跟水直接作用制得硅酸,而只能用相应的可溶性的硅酸盐跟酸作用来制硅酸。

硅酸钠(Na_2SiO_3)的水溶液跟盐酸起反应生成白色胶状沉淀。这种白色胶状沉淀叫做原硅酸,通常用 H_4SiO_4 来表示它的组成。原硅酸几乎不溶于水,是一种弱酸,很不稳定。这种白色胶状物在空气里干燥,失去一部分水后,变成白色粉末。这种物质是硅酸,通常用 H_2SiO_3 来表示它的组成(可以认为是 $\text{H}_4\text{SiO}_4 = \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$)。硅酸不溶于水,也是一种弱酸,它的酸性比碳酸还弱。

2. 硅酸盐

硅酸、原硅酸和由它们缩水结合而成的各种酸所对应的盐,统称硅酸盐,如硅酸钠(Na_2SiO_3)、镁橄榄石(Mg_2SiO_4)、高岭石 $[\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4]$ 等都是硅酸盐。硅酸盐种类很多,结构也很复杂,它是构成地壳岩石的最主要成分。我们可以用二氧化硅和金属氧化物的形式表示硅酸盐的组成。例如:

硅酸钠 Na_2SiO_3 ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$)

镁橄榄石 Mg_2SiO_4 ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$)

高岭石 $\text{Al}_2(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

许多硅酸盐都是难溶于水的。可溶性硅酸盐中,最常见的是 Na_2SiO_3 ,它的水溶液俗名水玻璃。水玻璃是无色粘稠的液体,是一种矿物胶,它既不能燃烧又不受腐蚀,在建筑工业上可用作粘合剂等。木材、织物浸过水玻璃后,具有防腐性能,且不易着火。水玻璃还可用作耐火材料。

粘土的成分也是硅酸盐。花岗岩里的正长石(KAlSi_3O_8)长时间在二氧化碳和水的作用下,分解而生成粘土等物质。粘土的种类很多,成分也很复杂(主要是高岭石),它是土壤里矿物质的主要部分。常见的有高岭土^①和一般粘土,前者含杂质较少,后者含杂质较多。

^① 高岭土又叫瓷土,主要由高岭石的微细晶体组成,因盛产于我国江西景德镇的高岭而得名。

习 题

1. 选择题:

(1) 硅是第三周期 IVA 族元素。根据硅在元素周期表中的位置推测,它不可能具有的性质是()。

- A. 在通常状况下是固体
- B. SiO_2 是共价化合物
- C. SiH_4 (硅烷)比 CH_4 稳定
- D. +4 为常见的化合价

(2) 在通常状况下,下列氧化物中不跟水作用的是()。

- A. CO_2
- B. CaO
- C. NO_2
- D. SiO_2

2. 粗硅提纯时常用下述方法:将粗硅在高温下跟氯气反应生成四氯化硅(SiCl_4), SiCl_4 经过分馏提纯,再用氢气还原得到纯硅。写出上述反应的化学方程式。

3. 二氧化碳和二氧化硅在物理性质方面有什么不同,试从结构角度加以说明。

4. 怎样用化学方法检验生石灰里混有的石英和石灰石等杂质? 写出有关反应的化学方程式。

5. 如何用石英和其它物质来制取硅酸? 写出有关反应的化学方程式。

6. 实验室盛放强碱(NaOH)溶液的玻璃试剂瓶为什么

不用玻璃塞？写出有关反应的化学方程式。

第三节 硅酸盐工业简述

以含硅物质为原料，经过加热制成硅酸盐产品的工业，如制造水泥、玻璃、陶瓷等产品的工业，叫做硅酸盐工业。它在国民经济中占有重要的地位。

一、水泥

水泥是一种重要的建筑材料，主要以石灰石和粘土为原料。生产时，把石灰石、粘土及其它辅助原料按一定比率混合，磨细成生料。将生料装入水泥窑中烧至部分熔化，冷却后成为硬块，叫做熟料。再加入适量的石膏（调节水泥硬化速度），磨成细粉，这就是制得的水泥。这种水泥叫做普通硅酸盐水泥。它的主要成分有：

硅酸三钙 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

硅酸二钙 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

铝酸三钙 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

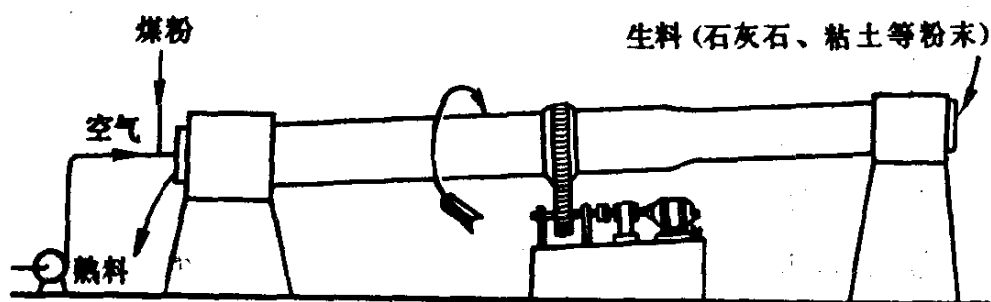


图 1-2 水泥回转窑示意图

水泥实际上是上述主要成分的混合物,水泥的组成和结晶形态的不同直接影响到它的各种主要性能。

水泥具有水硬性。水泥跟水拌和后,发生作用,生成不同的水合物,同时放出一定的热量。生成的水合物逐步形成胶状物,并开始凝聚,最后,有些胶状物转变为晶体,使胶状物和晶体交错地结合起来,成为强度很大的固体。这个过程叫做水泥的硬化。水泥不论在空气中还是在水中都能硬化,所以,它不仅是一般的建筑材料,而且是水下工程必不可少的建筑材料。

为了改善水泥的性能,扩大水泥的使用范围,可在硅酸盐水泥熟料里,掺入适当比率的混合材料,制成各种水泥。例如,矿渣硅酸盐水泥就是在硅酸盐水泥熟料里加入一定量的高炉矿渣(主要成分是 CaSiO_3);沸石岩水泥就是在水泥熟料里掺入一定量的沸石岩。

水泥、沙子和水的混合物叫做水泥砂浆,在建筑上用作粘合剂,能把砖、石等物粘结起来。水泥、沙子和碎石按一定比率的混合物硬化后,叫做混凝土,常用来建造桥梁、厂房等巨大建筑物。水泥的热膨胀系数几乎跟铁一样,所以用混凝土建造建筑物常用钢筋作结构,使建筑物更加坚固,这叫做钢筋混凝土。

二、玻璃

制造普通玻璃的主要原料是纯碱(Na_2CO_3)、石灰石(CaCO_3)和石英(SiO_2)。有些特种玻璃原料中还包含氧化铅(PbO)和硼砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)。生产玻璃时,把原料