

全日制普通高级中学教科书（试验修订本·选修）

化学

第三册

人民教育出版社化学室 编著



HUA XUE

人民教育出版社

全日制普通高级中学教科书（试验修订本·选修）

化 学

HUA XUE

第 三 册

人民教育出版社化学室 编著

人民教育出版社

全日制普通高级中学教科书(试验修订本·选修)

化 学

第 三 册

人民教育出版社化学室 编著

*

人民教育出版社出版发行

(北京沙滩后街55号 邮编: 100009)

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京民族印刷厂印装 全国新华书店经销

*

开本: 890 毫米×1 194 毫米 1/16 印张: 7 插页: 2 字数: 105 000

2001 年 12 月第 2 版 2002 年 7 月第 1 次印刷

印数: 00 001—50 000

ISBN 7-107-15206-8

G·8296 (课)

定价: 8.15 元

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系调换

(联系地址: 北京市方庄小区芳城园三区 13 号楼 邮编 100078)



KNO_3 晶体



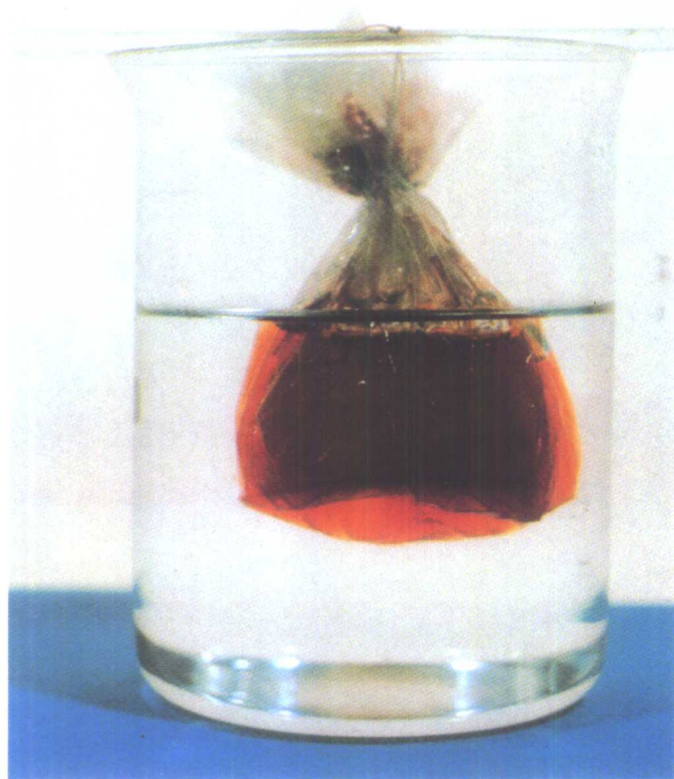
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 晶体



明矾晶体



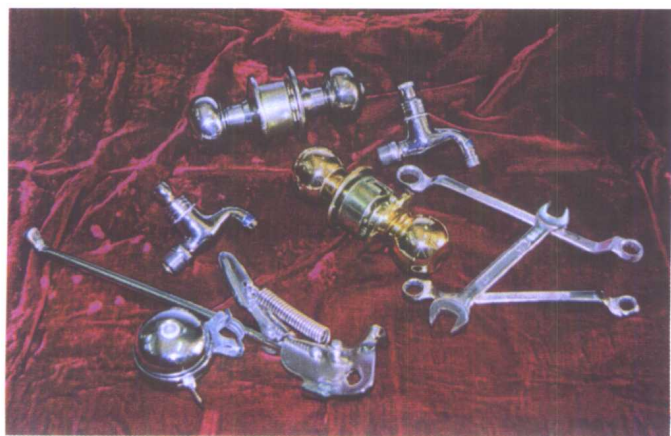
萘晶体显微结构



渗析



太阳能汽车



电镀制品



单晶硅



电解铜车间



氯碱工业产品

说 明

《全日制普通高级中学教科书（试验修订本·选修）化学第三册》是根据教育部2000年颁布的《全日制普通高级中学课程计划（试验修订稿）》和《全日制普通高级中学化学教学大纲（试验修订版）》的规定，遵照1999年全国教育工作会议的精神，在两省一市进行试验的《全日制普通高级中学教科书（试验本）化学（限选）第三册》的基础上进行修订的。此次修订的指导思想是：遵循“教育要面向现代化，面向世界，面向未来”的战略思想，贯彻教育必须为社会主义现代化建设服务，必须与生产劳动相结合，培养德、智、体、美全面发展的社会主义事业的建设者和接班人的方针，以全面推进素质教育为宗旨，全面提高普通高中教育质量。

普通高中教育，是与九年义务教育相衔接的高一层次的基础教育。高中教材的编写，旨在进一步提高学生的思想道德品质、文化科学知识、审美情趣和身体心理素质，培养学生的创新精神、实践能力、终身学习的能力和适应社会生活的能力，促进学生的全面发展，为高一级学校和社会输送素质良好的合格的毕业生。

教材中教学内容的编排严格按照教学大纲的要求，并充分考虑到我国高中化学教学的实际情况，分为必学和选学两部分。必学内容是全体学生在规定的课时内必须学习的，选学内容则是供学有余力的学生选用。此外，教材中还设有“资料”、“阅读”、“讨论”、“家庭小实验”、“研究性课题”等栏目。“资料”主要是介绍一些知识性的常识；“阅读”主要是介绍与教学内容有关的化学史料或联系实际的知识，以扩大学生的眼界；“讨论”主要是根据教材的内容和教学过程的实际需要，提出一些具有一定启发性的问题，供学生在课堂上开展讨论；“家庭小实验”是为了进一步培养学生的实验能力，配合课堂教学而编写的，由学生在课外完成；“研究性课题”主要是让学生联系社会实际，通过亲身体验进行学习，培养学生的创新精神和实际能力。为了更加充分地调动学生的学习积极性，教材中还编排了大量的插图，语言也力求生动活泼，以增强可读性。

本教材原试验本由武永兴、胡美玲主持编写，参加编写的有（按编写顺序）：王晶、冷燕平、胡美玲、李文鼎、何少华、戴健、陈晨。

参加本次修订的有（按编写顺序）：王晶、冷燕平、胡美玲、李文鼎、何少华、陈晨。

武永兴、胡美玲审读了全书。

责任编辑为王晶。

责任绘图为李宏庆。

在本书的编写和试教过程中，得到了广大教师的支持，提出了不少建设性的意见，在此一并表示感谢。希望广大教师 and 教学研究人员在教材的试用过程中继续提出意见和修改建议。

人民教育出版社化学室

2001年9月



第一单元 晶体的类型与性质 1

第一节 离子晶体、分子晶体和原子晶体 2

第二节 金属晶体 9

实验 硫酸铜晶体里结晶水含量的测定 11

单元小结 12

复习题 13



第二单元 胶体的性质及其应用 15



第一节 胶体 15

第二节 胶体的性质及其应用 19

单元小结 22

第三单元 化学反应中的物质变化和能量变化 23

第一节 重要的氧化剂和还原剂 24

第二节 离子反应的本质 30

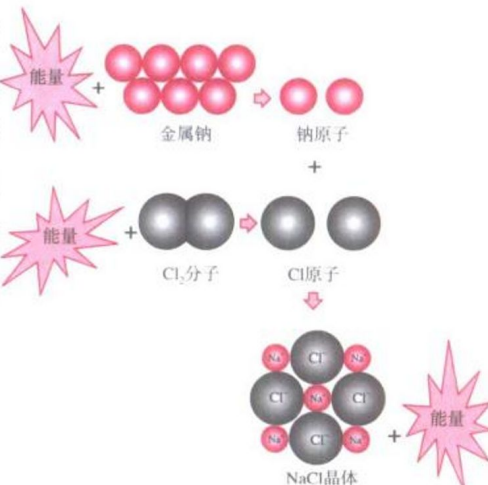
第三节 化学反应中的能量变化 34

第四节 燃烧热和中和热 40

实验二 中和热的测定 45

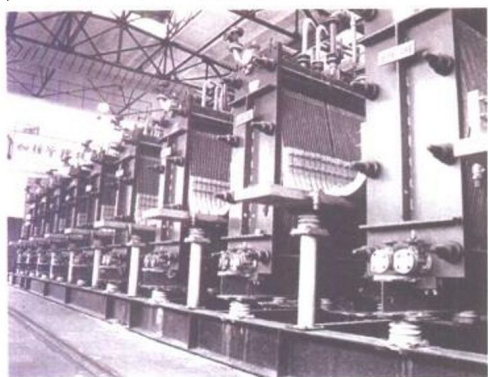
单元小结 47

复习题 48



第四单元 电解原理及其应用 50

第一节 电解原理 51



第二节 氯碱工业 55

实验三 电解饱和食盐水 61

单元小结 62

复习题 63

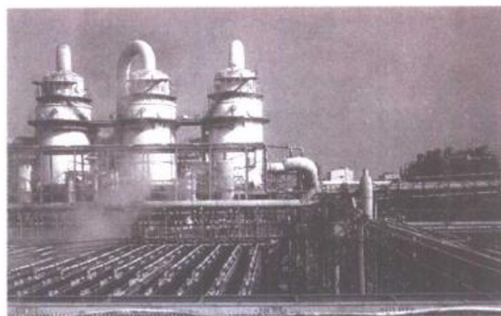
第五单元 硫酸工业 65

第一节 接触法制硫酸 65

第二节 关于硫酸工业综合经济效益的讨论 70

单元小结 74

复习题 75



第六单元 化学实验方案的设计 77

第一节 制备实验方案的设计 78

实验四 硫酸亚铁的制备 82

第二节 性质实验方案的设计 83

实验五 某些药品中氢氧化铝成分的检验 红砖中氧化铁成分的检验 85

第三节 物质检验实验方案的设计 85

实验六 明矾的检验 92

实验七 几组未知物的检验 92

第四节 化学实验方案设计的基本要求 92

实验八 实验习题 93

单元小结 94

复习题 95



选做实验	相对分子质量的测定	97
------	-----------------	----

总复习题		99
------	-------	----

第一单元

晶体的类型与性质



氯化钠晶体及其结构模型

在日常生活中，我们接触和使用到许多固态物质，在这些固态物质中，有许多是晶体。例如，自然界中纷飞的雪花、晶莹的水晶，调味用的食盐、味精，以及常作甜味剂的冰糖，等等。这些物质虽然都以晶体形式存在，但它们的晶体类型和性质却不相同。在晶体里，构成晶体的粒子(如分子、原子、离子等)是有规则排列的，根据构成晶体的粒子种类及粒子之间的相互作用不同，可将晶体分为若干类型，如离子晶体、分子晶体、原子晶体、金属晶体等。

研究晶体的类型与性质的关系，对于我们认识物质，以及制造新物质都很有意义。在这一单元我们将介绍一些有关晶体的知识。

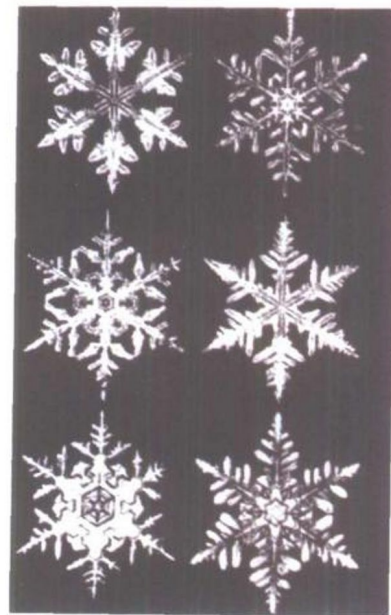


图 1-1 几种雪花晶体

第一节 离子晶体、分子晶体和原子晶体

一、离子晶体

我们知道，NaCl 是离子化合物，在 NaCl 中， Na^+ 和 Cl^- 是以离子键相结合的。在化合物中，像 NaCl 这样以离子键相结合的离子化合物还有很多，如 CaF_2 、 KNO_3 、 CsCl 、 Na_2O 等，它们在室温下都以晶体形式存在。像这样离子间通过离子键结合而成的晶体叫做离子晶体。^①

① 想了解更多吗？请访问

www.0-100.com.cn/5/23/1/0141.htm

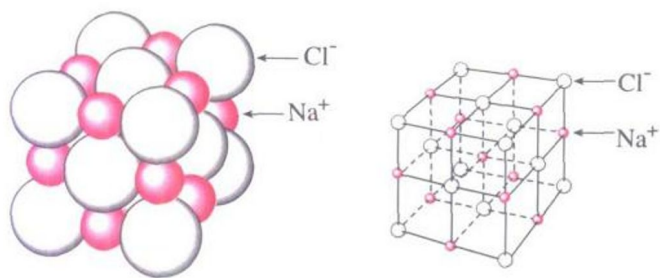


图 1-2 NaCl 的晶体结构模型

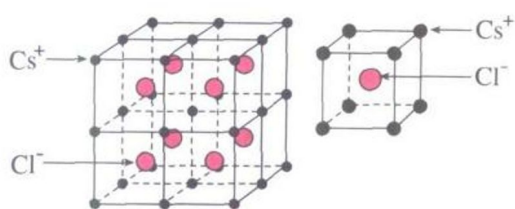


图 1-3 CsCl 的晶体结构模型

在离子晶体中，阴、阳离子是按一定规律在空间排列的。下面，我们就以 NaCl 和 CsCl 晶体为例来探讨在离子晶体中阴、阳离子是怎样排列的。

在 NaCl 晶体中，每个 Na^+ 同时吸引着 6 个 Cl^- ，每个 Cl^- 也同时吸引着 6 个 Na^+ ， Na^+ 和 Cl^- 以离子键相结合（如图 1-2）。在 CsCl 晶体中，每个 Cs^+ 同时吸引着 8 个 Cl^- ，每个 Cl^- 也同时吸引着 8 个 Cs^+ ， Cs^+ 和 Cl^- 以离子键相结合（如图 1-3）。可以看出，在离子晶体中，构成晶体的粒子是离子。

在 NaCl 晶体或 CsCl 晶体中，都不存在单个的 NaCl 分子或单个的 CsCl 分子，但是，在这两种晶体里阴、阳离子的个数

比都是 1:1。所以，NaCl 和 CsCl 是表示离子晶体中离子个数比的化学式，而不是表示分子组成的分子式。

在离子晶体中，离子间存在着较强的离子键，使离子晶体的硬度较大、难于压缩；而且，要使离子晶体由固态变成液态或气态，需要较多的能量破坏这些较强的离子键，因此，一般地说，离子晶体具有较高的熔点和沸点，如 NaCl 的熔点为 $801\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，沸点为 $1413\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；CsCl 的熔点为 $645\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，沸点为 $1290\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

在初中我们曾经做过物质导电性实验，通过实验我们知道，NaCl 晶体不导电，但在熔融状态或其水溶液却能导电，这是为什么呢？在了解了离子晶体的结构之后，我们就可以对这一性质作出简单解释了。

当离子晶体受热熔化时，由于温度的升高，离子的运动加快，克服了阴、阳离子间的引力，产生了能自由移动的阴、阳离子，所以，熔融的 NaCl 能导电。

NaCl 晶体易溶于水，当 NaCl 溶解在水中时，由于水分子的作用，使 Na^+ 和 Cl^- 之间的作用力减弱，NaCl 电离成能自由移动的水合钠离子和水合氯离子，所以，NaCl 水溶液也能导电。

在离子晶体中，有些晶体易溶于水，而有些晶体却很难溶于水，如 20°C 时 NaCl 的溶解度为 36 g，而 BaSO_4 仅为 0.000 24 g，各种离子晶体的溶解度相差很大。例如，钾盐、钠盐、铵盐和硝酸盐都易溶于水，碳酸盐、磷酸盐大多不溶于水，等等。

二、分子晶体

1. 分子间作用力和氢键

我们知道，分子间存在着分子间作用力，也叫范德华力。分子间作用力对物质的熔点、沸点、溶解度等有影响。那么，会产生怎样的影响呢？

一般来说，对于组成和结构相似的物质，相对分子质量越大，分子间作用力越大，物质的熔点、沸点也越高。例如，卤素单质，随着相对分子质量的增大，分子间作用力增大，它们的熔点、沸点也相应升高（如图 1-4），四卤化碳也有类似的情形（如图 1-5）。

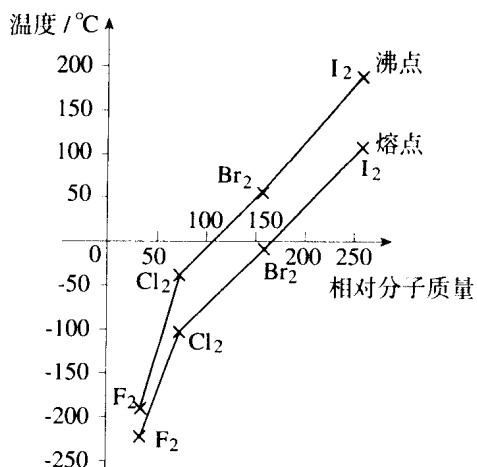


图 1-4 卤素单质的熔、沸点与相对分子质量的关系

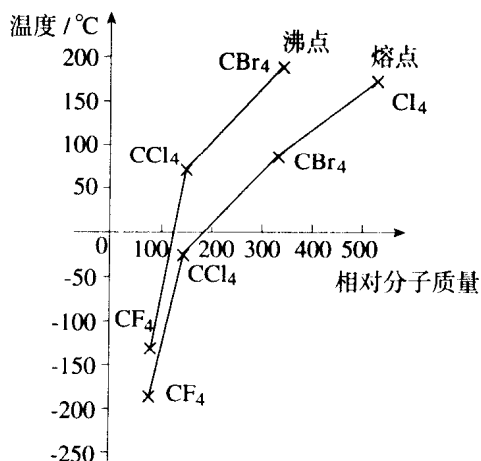


图 1-5 四卤化碳的熔、沸点与相对分子质量的关系

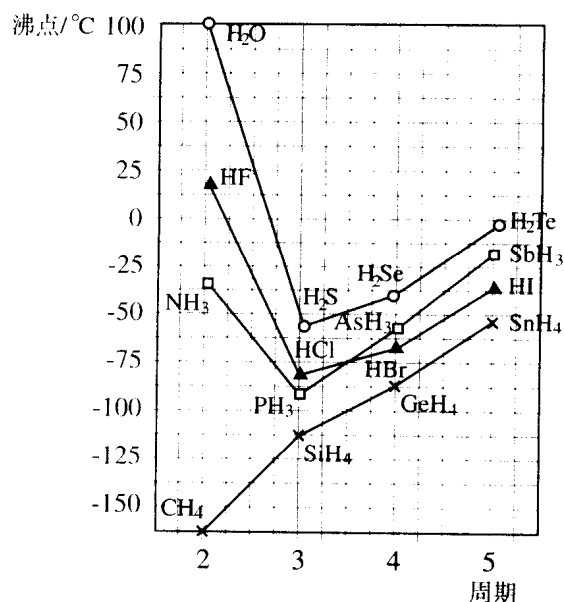


图 1-6 一些氢化物的沸点

但是，有些氢化物的熔点和沸点的递变却与以上事实不完全符合。从图 1-6 上可以看出， NH_3 、 H_2O 和 HF 的沸点反常。例如， HF 的沸点按沸点曲线的下降趋势应该在 -90°C 以下，而实际上是 20°C ； H_2O 的沸点按沸点曲线下降趋势应该在 -70°C 以下，而实际上是 100°C 。

为什么 HF 、 H_2O 和 NH_3 的沸点会反常呢？这是因为它们的分子之间存在着一种比分子间作用力稍强的相互作用，使得它们只能在较高的温度下才能汽化。经科学研究证明，上述物质的分子之间存在的这种相互作用，叫做氢键。

氢键是怎样形成的呢？现在以 HF 为例来说明。在 HF 分子中，由于 F 原子吸引电子的能力很强， $\text{H}-\text{F}$ 键的极性很强，共用电子对强烈地偏向 F 原子，亦即 H 原子的电子云被 F 原子吸引，使 H 原子几乎成为“裸露”的质子。这个半径很小、带部分正电荷的 H 核，与另一个 HF 分子带部分负电荷的 F 原子相互吸引。这种静电吸引作用就是氢键。它比化学键弱得多，但比分子间作用力稍强。通常我们也可把氢键看作是一种比较强的分子间作用力。分子间形成的氢键会使物质的熔点和沸点升高，这是因为固体熔化或液体汽化时必须破坏分子间的氢键，从而需要消耗较多能量的缘故。为了与化学键相区别，在图 1-7 中用“...”来表示氢键。

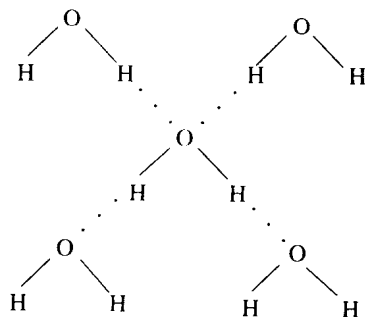
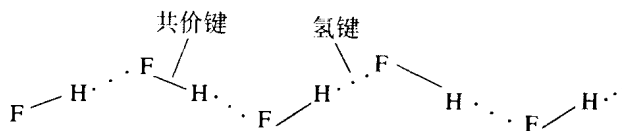


图 1-8 水分子间的氢键

图 1-7 HF 分子间的氢键

结冰时体积膨胀，密度减小，是水的另一反常性质，也可以用氢键来解释。

在水蒸气中水以单个的 H_2O 分子形式存在；在液态水中，经常是几个水分子通过氢键结合起来，形成 $(\text{H}_2\text{O})_n$ （如图 1-8）；在固态水（冰）中，水分子大范围地以氢键互相联结，形成相当疏松的晶体，从而在结构中有许多空隙，造成体积膨胀，密度减小，因此冰能浮在水面上（如图 1-9）。水的这种性

质对于水生动物的生存有重要意义。

讨 论

如果水分子之间没有氢键存在，地球上将会是什么面貌？

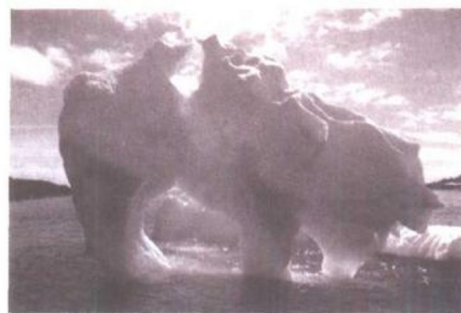


图 1-9 冰浮于水上

2. 分子晶体

H_2O 、 CO_2 、 NH_3 、 CH_4 等分子之间存在分子间作用力，它们在固态时也以晶体的形式存在。在这些晶体中，构成晶体的粒子是分子，像这样分子间以分子间作用力相结合的晶体叫做分子晶体。图 1-10 所示的是 CO_2 的晶体结构模型。此外，卤素、稀有气体、 O_2 、 CO 等，也都能形成分子晶体。

由于分子间作用力很弱，要破坏它使晶体变成液体或气体就比较容易，所以，分子晶体具有较低的熔点和沸点，如 CO 的熔点为 $-199\text{ }^\circ\text{C}$ ，沸点为 $-191.5\text{ }^\circ\text{C}$ 。并且分子晶体的硬度也较小。对于分子晶体来说，分子间作用力的大小对其熔点、沸点等都有影响。例如，分子间作用力越大，克服分子间作用力使分子晶体熔化和汽化就需要越多的能量，分子晶体的熔点和沸点也就越高。

由于分子晶体是由分子构成的，所以，它们在固态和熔融状态时都不导电。

组成分子晶体的分子不同，分子晶体的性质也不同，如在溶解性上，不同的分子晶体存在着较大差异。

【实验 1-1】 在水、四氯化碳中分别加入蔗糖、磷酸、碘和萘(C_{10}H_8)晶体，试观察这四种分子晶体在上述两种溶剂中的溶解性，并填写下表。

几种分子晶体在水和四氯化碳中的溶解情况：

	蔗糖	磷酸	碘	萘
水				
四氯化碳				

可以看出，蔗糖和磷酸易溶于水，不易溶于四氯化碳；而萘和碘却易溶于四氯化碳，不易溶于水。这说明，一些分子晶

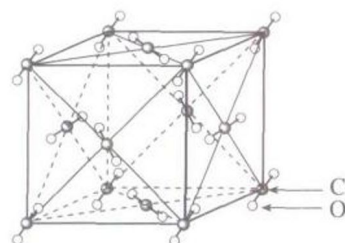
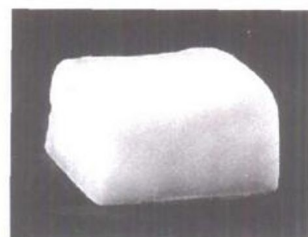


图 1-10 干冰及其晶体结构模型

体在溶解性上差异很大，并且同一分子晶体在不同的溶剂中溶解性也有很大的差别。若分析这几种晶体和溶剂的结构就可以知道，蔗糖、磷酸、水是极性分子，而碘、萘和四氯化碳是非极性分子。通过该实验和其他许多实验的观察和研究，人们得出了一个经验性的“相似相溶”结论：非极性溶质一般能溶于非极性溶剂；极性溶质一般能溶于极性溶剂。

三、原子晶体

我们已经知道，固态 CO_2 是分子晶体，它的熔、沸点都很低。我们也知道，Si 与 C 同属于第 IV A 族，那么， SiO_2 晶体与 CO_2 晶体是否具有相似的结构和性质呢？

讨 论

CO_2 和 SiO_2 的一些物理性质如下表所示，通过比较试判断 SiO_2 晶体是否属于分子晶体。

	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	状态(室温)
CO_2	-56.2	气态
SiO_2	1 723	固态

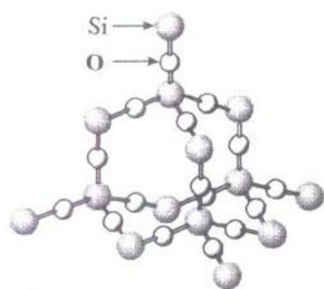


图 1-11 二氧化硅的晶体结构模型

通过比较可以知道， SiO_2 与 CO_2 在熔点等物理性质上存在很大的差异，可以推断 SiO_2 不属于分子晶体。这是为什么呢？

研究发现， SiO_2 和 CO_2 的晶体结构不同。在 SiO_2 晶体中，1 个 Si 原子和 4 个 O 原子形成 4 个共价键，每个 Si 原子周围结合 4 个 O 原子；同时，每个 O 原子跟 2 个 Si 原子相结合。实际上， SiO_2 晶体是由 Si 原子和 O 原子按 1 : 2 的比例所组成的立体网状的晶体(如图 1-11)。这种相邻原子间以共价键相结合而形成空间网状结构的晶体，叫做**原子晶体**。

在原子晶体中，构成晶体的粒子是原子，原子间以较强的共价键相结合，而且形成空间网状结构，要破坏它就需要很大的能量，所以，原子晶体的熔点和沸点高，如 SiO_2 晶体的熔点为 $1\,723\,^{\circ}\text{C}$ ，沸点为 $2\,230\,^{\circ}\text{C}$ 。并且，原子晶体的硬度大，不导电，难溶于一些常见的溶剂。

我们知道，金刚石是天然存在的最硬的物质，它也是一种原子晶体，其晶体结构与 SiO_2 晶体相似。在金刚石的晶体中，C 原子的排列与 Si 原子相同，只是碳原子之间没有 O 原子，即每个碳原子都被相邻的 4 个碳原子包围，处于 4 个碳原子的中心，以共价键与这 4 个碳原子结合，成为正四面体结构，这些正四面体向空间发展，构成彼此联结的立体网状晶体(如图 1-12)。金刚石的熔点($>3\,550\text{ }^\circ\text{C}$)和沸点($4\,827\text{ }^\circ\text{C}$)都很高。

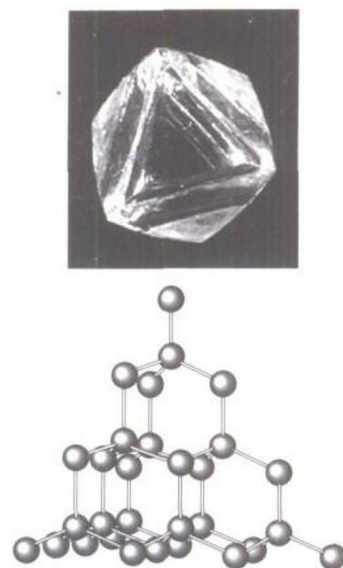


图 1-12 金刚石及其晶体结构模型



莫氏硬度

莫氏硬度是表示矿物硬度的一种标准，1824 年由德国矿物学家莫斯 (Frederich Mohs) 首先提出。确定这一标准的方法是，用棱锥形金刚石钻针刻画所试矿物的表面而产生划痕，用测得的划痕的深度来表示硬度。

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

石墨晶体

石墨和金刚石都是由碳原子形成的单质，但它们的性质却不相同，这是由于它们的晶体结构不同的缘故。石墨晶体是层状结构(如图 1-13)，在每一层内，碳原子排成六边形，每个碳

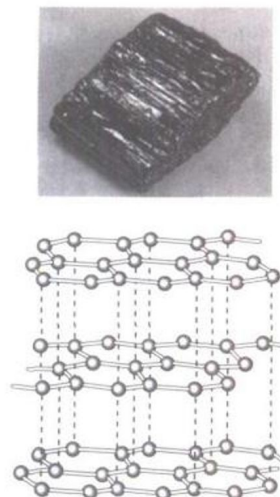


图 1-13 石墨及其晶体结构模型

第一单元 晶体的类型与性质

原子都与其他3个碳原子以共价键结合,形成平面的网状结构(如图1-14);在层与层之间,是以分子间作用力相结合的。由于同一层的碳原子间以较强的共价键结合,使石墨的熔点很高。但由于层与层间的分子间作用力较弱,容易滑动,使石墨的硬度很小。像石墨这样的晶体一般称为过渡型晶体或混合型晶体。

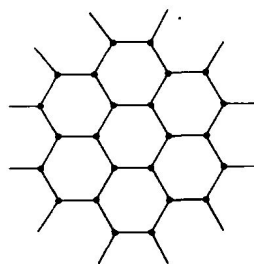


图 1-14 石墨晶体的平面网状结构示意图



家庭小实验

制作晶体模型

利用容易得到的材料制作下列晶体模型:

NaCl 晶体、 SiO_2 晶体、金刚石晶体。

可利用的材料:胶泥、橡皮泥、马铃薯、萝卜(可做成球状,代表构成晶体的粒子);火柴棍、竹签(可代表化学键);等等。



习 题

一、填空题

- BBr_3 的熔点是 -46°C , KBr 的熔点是 734°C 。根据熔点分析, BBr_3 可能属于_____晶体, KBr 可能属于_____晶体。
- BaCl_2 是无色晶体, 熔点 963°C , 沸点 1560°C , 溶于水, 水溶液能导电。它可能属于_____晶体。
- SiC 和 CO_2 分子中的化学键均为共价键, SiC 的熔点高且硬度大, 而 CO_2 的晶体干冰却松软而且极易汽化。由此可判断, CO_2 是_____晶体, 而 SiC 可能是_____晶体。
- X、Y、Z 是三种短周期元素。已知三种元素的原子序数按 X、Y、Z 的顺序依次增大, 且原子序数之和为 33, 最外层电子数之和为 11。在周期表中, X、Z 上下相邻, Y、Z 左右相邻。

(1) X、Y、Z 的元素符号分别为____、____、____。

(2) Y 的氧化物是_____性氧化物。

(3) X 和 Z 分别能与氧形成 XO_2 和 ZO_2 , XO_2 在固态时属于_____晶体, ZO_2 在固态时属于_____晶体。

二、选择题

- 下列物质中, 含有共价键的离子晶体是()。
A. KBr B. NaOH C. HCl D. I_2
- 下列各物质的晶体中, 晶体类型相同的是()。
A. O_2 和 SiO_2 B. NaI 和 I_2 C. CO_2 和 H_2O D. CCl_4 和 NaCl