

化学竞赛教程

总主编
王祖浩

· 高三年级 ·

王祖浩 张永久
胡列扬 编 著



G634.8

2

P

总主编 王祖浩

化学竞赛教程

· 高三年级 ·

王祖浩 张永久 胡列扬 编著

华东师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

化学竞赛教程. 高三年级 / 王祖浩, 张永久, 胡列扬
编著. —上海: 华东师范大学出版社, 2002. 3

ISBN 7-5617-2856-5

I. 化... II. ①王... ②张... ③胡... III. 化
学课—高中—教学参考资料 IV. G634.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 011177 号

化学竞赛教程

·高三年级·

总 主 编 王祖浩
策划组稿 应向阳
本册编著 王祖浩 张永久 胡列扬
封面设计 高 山
版式设计 蒋 克

出版发行 华东师范大学出版社
市场部 电话 021-62865537
传真 021-62860410

http: //www. ecnupress. com. cn

社 址 上海市中山北路 3663 号
邮编 200062

印 刷 者 江苏句容市排印厂
开 本 890 × 1240 32 开
印 张 18.75
字 数 539 千字
版 次 2002 年 3 月第 1 版
印 次 2002 年 6 月第 2 次
印 数 8 001—16 000
书 号 ISBN 7-5617-2856-5 / G·1408
定 价 21.00 元

出 版 人 朱杰人

(如发现本版图书有印订质量问题, 请寄回本社市场部调换或电话 021-62865537 联系)

序

到 2001 年,国际化学奥林匹克竞赛(ICH_O)已经进行了 33 届。作为爱好化学的中学生参与的级别最高的国际竞赛,为全世界的中学生提供了一个增长知识、探索研究、展现创造能力的机会,已受到愈来愈多国家的高度重视。我国从 1988 年参加此项竞赛以来,不仅取得了很好的成绩,更重要的是激励了广大中学生学习和探究化学的兴趣,加深了对化学这一重要学科的认识,其中有很多学生将化学作为自己毕生从事的专业,有不少同学已取得了十分可喜的成绩。

为帮助中学生学好化学,并提供给中学教师有关化学竞赛培训方面的参考资料,目前已有多种版本的参考书面世。以王祖浩教授为主编的这本化学竞赛教程从高中学生的实际水平和现有基础出发,循序渐进,按照高中新教材并结合中国化学会全国高中学生化学竞赛大纲的要求编写,内容丰富,针对性强,适合不同水平的高中学生学习。从笔者多年从事化学奥林匹克选手培养的经历来看,本书不失为一本好的教程,特此向广大的读者推荐。

中国化学会理事

中国化学会化学教育委员会副主任

曹居东

2001.11 于北京

前 言

在多年的教学实践中,我们一直被一项神圣的事业所吸引,那就是能培养出在国际中学生化学奥林匹克竞赛中夺取奖牌,为国争光的拔尖学生。每年的七、八月间,当我们一次次听到中国学生获奖的消息,我们激动、兴奋,我们为自己的付出而自豪。冷静下来,我们会更多地在一起讨论,怎样去发现创造型人才,怎样去培养学生良好的思维品质和心理素质……。我们有一个共同的信念,让每一个高中学生认识自己的潜在能力,在学习中获得新的发展。为了实现这一目的,我们不懈努力,立足于中学生的实际,激发中学生的化学学习兴趣,循循善诱,注重与学生共同探讨化学学习的方法,培养优秀学生的竞赛意识和执着的科学探究精神,在实践中也使我们深切感到:中学生巨大的思维潜能尚未被充分认识,优秀学生的思维发展空间对传统的教学提出了新的挑战。

随着基础教育课程改革的进一步深入,在高中阶段如何开发优秀学生的潜能,培养学生的创新能力,为提高 21 世纪我国科学技术水平提供较好的人才基础,是一个全社会关注的课题。本书作者多年来探索中学生化学竞赛的教育价值,积累了丰富的教学经验,希望通过这套教程,使更多有志于未来从事化学研究的同学能早日脱颖而出。

本教程具有以下几个特点:

1. 教学同步:每一讲的内容编排与新的高中化学教材基本同步,这有助于在新课教学中培养竞赛意识,训练思维方法,为有计划、有选择性地早期发现化学竞赛人才提供良好的基础。

2. 注重方法:每一讲的“重点提示”立足现行的高中教材,分析化学知识的“生长点”和典型的化学思维方法;“例题研究”突出方法

要素在形成清晰的解题思路中的重要作用。作者坚信,好的思维方法是学习成功的重要基础。

3. 逐级推进:本教程以高中的知识内容和思想方法为依据,提炼历年高考和省级、国家级竞赛试题的思维规律,开拓学生的思维空间,培养学生解决不同层次化学问题的能力。

4. 及时评价:每一讲后均配置不同题型、不同水平的试题,评价学生解决问题的能力。选题注重典型性和针对性,力求新编和改造,体现开放、探究的特征。相对而言,A级习题侧重基础知识和方法,B级习题强调解题的灵活性和综合性。

可以这么说,本书是作者在总结众多的化学竞赛优胜者(包括国际化学奥林匹克金牌获得者)成功学习的基础上写成的。尽管每一个获奖者都有各自的成功之路,但一些重要的知识、基本的方法和经验是有共通之处的,它能使后来者在有限的时间里少走弯路,提高学习效率。“他山之石,可以攻玉。”这是值得每一位勤于学习的读者朋友铭记于心的。

最后,对中国化学会化学教育委员会副主任曹居东教授在百忙中审阅了部分书稿并作序,沈坤华、谢曙初两位老师协助校对书稿,表示衷心的感谢!

本教程由王祖浩教授任总主编。高二分册由邓立新同志主编。限于水平和时间,难免存在不足,敬请广大读者指正。

王祖浩

2001年11月

目 录

上 篇

第一讲	晶体的类型与性质	(1)
第二讲	分散系 胶体	(17)
第三讲	氧化还原反应	(34)
第四讲	离子反应的本质	(54)
第五讲	化学反应的焓变	(67)
第六讲	原电池与电极反应	(82)
第七讲	电解原理及其应用	(96)
第八讲	物质的工业制法	(111)
第九讲	化学实验的设计	(129)
第十讲	未知物质的检验与推断	(148)

下 篇

第十一讲	非水溶剂	(163)
第十二讲	价层电子对互斥模型与路易斯结构	(177)
第十三讲	晶体结构	(190)
第十四讲	化学平衡原理	(215)
第十五讲	热力学第二定律	(233)
第十六讲	化学反应速度	(260)
第十七讲	非金属元素及其化合物	(280)
第十八讲	配合物结构与性质	(309)

第十九讲 金属元素	(330)
第二十讲 有机立体化学	(354)
第二十一讲 有机合成技巧	(374)
第二十二讲 有机化合物结构推断	(396)
第二十三讲 环境保护与绿色化学	(416)
第二十四讲 实验数据的处理	(441)
第二十五讲 化学反应规律与解析	(459)
高中化学竞赛模拟试卷(一)	(483)
高中化学竞赛模拟试卷(二)	(488)
高中化学竞赛模拟试卷(三)	(492)
高中化学竞赛模拟试卷(四)	(498)
高中化学竞赛模拟试卷(五)	(504)

参考答案	(512)
------------	-------

上篇

第一讲 晶体的类型与性质

本讲重点提示

1. 离子晶体：因阴、阳离子在空间的排布情况不同，离子晶体的空间结构也不同，以最简单也是最重要的 AB 型离子化合物为例，有三种典型的结构即 CsCl 型、NaCl 型、立方 ZnS 型，在每种结构中，每个离子都被若干个带异性电荷的离子所包围着，其数目与阴、阳离子半径比及离子的电子层构型有关，依次是 8、6、4。

离子晶体一般具有较高的熔点和沸点；硬度大，但较脆；延性与展性均较差；无论在熔融状态或在水溶液中都具有良好的导电性。但须注意，在固体状态下离子晶体不导电。

熔点高低比较：离子的电荷愈高，半径愈小，静电作用力愈强，熔点就愈高。例如， $\text{NaCl}(1074\text{K}) > \text{KCl}(1041\text{K})$ ， $\text{CaO}(2845\text{K}) < \text{MgO}(3073\text{K})$ 。

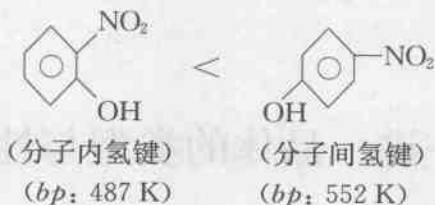
2. 分子晶体：组成晶体的质点是分子，质点间的作用力是分子之间的作用力（即范德华力）。每个分子内部的原子之间是靠共价键结合的（稀有气体形成的晶体除外）。

分子晶体的熔沸点较低，硬度较小，固态或熔化时皆不导电。

沸点比较：（1）分子的组成与结构相似的，相对分子质量越大，沸点越高。例如：



(2) 分子间氢键的存在,使沸点升高;反之,分子内氢键的存在使得沸点降低。例如:



(3) 同分异构体中支链越多,沸点越低。例如:



3. 原子晶体: 由“无限”数目的原子所组成的晶体,原子间通过共价键结合,不存在独立的小分子。要拆开这种晶体中的共价键需较大的能量,故熔点、沸点较高;硬度较大;通常不导电;不导热。但 Si、SiC 等具有半导体性质。

熔点、硬度比较: 金刚石 > 碳化硅 > 单晶硅 (键能的大小关系: C—C 键 > Si—C 键 > Si—Si 键)。

4. 金属晶体: 金属原子只有少数的价电子能用于成键,这样少的价电子使金属在形成晶体时倾向于形成极为紧密的结构,使每个原子拥有尽可能多的相邻原子(通常是 8 个或 12 个),这样,电子的能级可以尽可能多地重叠,以形成“少电子多中心”键。故金属晶体具有良好的导电、导热性与机械加工性能,其熔沸点一般较高,硬度一般较大。

合金亦属于金属晶体,其熔点一般低于组成元素的单质的熔点。如 Al—Si 合金有: Si > Al > Al—Si 合金 (熔点比较)

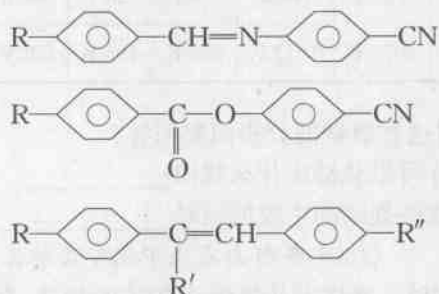
5. 混合型晶体: 晶体内部结构包含有两种或两种以上键型的晶体统称为混合型晶体。典型例子为石墨晶体。C 原子通过 sp^2 杂化轨道以 σ 键与其他 C 原子连接形成六元环形的蜂窝式层状结构。C—C 键键长为 $1.42 \times 10^{-10} \text{ m}$; 另外,每个 C 原子还有一个垂直于层平面的 p 轨道,形成贯穿全层的多原子大 π 键,可用 π_n^+ 表示,因而有

良好的导电性。层与层之间的距离为 $3.40 \times 10^{-10} \text{ m}$; 远大于层上的 C—C 键。层与层之间实际上是以范德华力相互作用, 故层与层之间易于滑动(可作润滑剂)。具有与石墨相类似结构的还有黑磷、 CdI_2 及大多数化学式为 $\text{M}(\text{OH})_2$ 的氢氧化物。

6. 玻璃、石蜡等从熔融状态冷却时, 内部粒子来不及排列整齐就被冻结, 形成的固体被称为无定形体。它们无固定熔点, 只有软化温度; 没有规则的几何外形, 且各向同性, 故与晶体有明显差别。

7. 液晶: 介于晶体与液体之间的物质状态。液晶的这种性质是由它的分子几何形状决定的。液晶能流动, 像液体; 其介电常数、折射率、磁化率、电导率各向异性, 又像晶体。

已发现的液晶化合物都是有机化合物, 约有六七千种。例如:



某种物质的晶体类型并不是一成不变的。如干冰通常是分子晶体, 但目前已发现由 CO_2 分子所构成的原子晶体干冰。1999 年美国《科学》杂志报道, 在 40 GPa 的高压下, 用激光器加热到 1800 K, 科学家成功地制得了原子晶体干冰。

典型例题研究

【例 1】关于晶体的下列说法正确的是 ()

- (A) 在晶体中, 只要有阴离子就一定有阳离子
- (B) 在晶体中, 只要有阳离子就一定有阴离子
- (C) 原子晶体的熔点一定比金属晶体的高
- (D) 分子晶体的熔点一定比金属晶体的低

(1999 年全国高考试题)

【解题研究】 此类题解答时,由于对基础知识点掌握不够全面,容易犯以偏概全的错误。如在金属晶体中存在的是金属阳离子与自由电子,而不存在阴离子。有些金属晶体的熔点比原子晶体高,如原子晶体硅的熔点(1410°C)要比金属晶体铁的熔点(1535°C)低,与金属晶体钨的熔点(3410°C)相比更是差远了。但有些金属晶体的熔点如汞(-38.87°C)、铯(28.40°C),甚至比分子晶体白磷(44.1°C)、硫(112.8°C)的熔点还要低。故答案为(A)。

【例2】 下面是两组关于物质熔点的数据:

组别	I 组				II 组			
物质	NaF	NaCl	NaBr	NaI	SiF ₄	SiCl ₄	SiBr ₄	SiI ₄
熔点	1268 K	1073 K	1013 K	934 K	196 K	203 K	278 K	393.5 K

试通过对这些数据的分析简要回答:

1. 从中你可以总结出什么规律 _____ ;
2. 形成这些规律的主要原因是 _____ 。

(1991年河南省高中化学奥林匹克竞赛预赛试题)

【解题研究】 要找出晶体熔点变化的规律,首要问题是确定其晶体类型。由例1的分析可知,不同类型的晶体其性质差异较大,但仍会有一些例外的情况。故可先分析晶体类型,再从整体上比较第I组与第II组的熔点高低,找出变化的规律。

【答案】 1. 第I组熔点普遍高于第II组,且从左到右,第I组降低,第II组升高;每组内构型相同。

2. 第I组均是离子晶体,而第II组均是分子晶体,且第I组从左到右随阴离子半径增大键能减小,熔点降低;而第II组组成结构相似,随相对分子质量的增大,范德华力增大,熔点升高。

【例3】 A单质和B单质在加热下发生激烈反应,得到化合物X。X的蒸气密度是相同状况下空气密度的5.9倍。X遇过量的水发生激烈反应。反应完全后的混合物加热蒸干,得一难溶物。后者在空气中经 1000°C 以上高温灼烧,得到化合物Y。Y的一种晶体的

晶胞可与金刚石晶胞类比。A 原子的位置相当于碳原子在金刚石晶胞中的位置。但 Y 晶胞中 A 原子并不直接相连,而是通过 E 原子相连。X 与过量氨反应完全后得到含 A 的化合物 Z。Z 在无氧条件下经高温灼烧得化合物 G。G 是一种新型固体材料。

1. 写出 X 的化学式;
2. 写出 Y 的化学式;
3. 写出 Z 的化学式;
4. 写出 G 的化学式;
5. 你预计 G 有什么用途? 用一两句话说明理由。

(2000 年全国高中化学竞赛决赛试题)

【解题研究】 此类竞赛题具有起点高、落点低的特点。我们运用类比的思维方法就可顺利解答此类题目。

a. Y 的一种晶体的晶胞可与金刚石晶胞类比,且 A 原子位置相当于碳原子在金刚石晶胞中的位置,可推得 Y 晶体有四面体结构单元,且 A 的氧化数为 4。

b. X 是由 A 与 B 反应而得,且 X 遇水能激烈反应,可类比 Al_2S_3 、 Mg_3N_2 等物质与水的反应。则: $\text{X}(\text{A}_m\text{B}_n) + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{A}(\text{OH})_n + \text{H}_m\text{B}$, 显然 $\text{A}(\text{OH})_n$ 经高温灼烧得到 Y 应为 A 的氧化物。比较 a 的结论,属于原子晶体氧化物很可能为 SiO_2 , 则 A 为 Si。应用 X 的蒸气相对密度,得 $M_x = 171.1$ 。可确定 B 为 Cl_2 , 进而确证之。

c. X 与氨的反应,又可由 X 与水的反应类比而得:



(所得的 HCl 再与 NH_3 反应得 NH_4Cl)

故 Z 为 $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$ 。

d. Z 在失氧条件下高温灼烧得产物 G,又可与 $\text{Si}(\text{OH})_4$ 即 (H_4SiO_4) 类比:



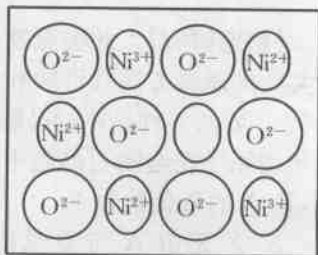
故 G 为 Si_3N_4 。

e. 新型固体材料 Si_3N_4 再与 SiO_2 类比, 得其为原子晶体。

【答案】 1. X 为 SiCl_4 ; 2. Y 为 SiO_2 ; 3. Z 为 $\text{Si}(\text{NH}_2)_4$;
4. G 为 Si_3N_4 ; 5. 耐磨材料, 耐高温材料。因为 Si_3N_4 是原子晶体, 其中 Si—N 键的键能大, 键长短, 因此该晶体的熔点高、硬度大。

【说明】 类比方法在学习与研究中应用甚广, 难怪有人说: “我珍爱类比, 类比是我最好的老师。”

【例 4】 1. 中学教材上图示了 NaCl 的晶体结构, 它向三维空间无限延伸可得到完美晶体。NiO(氧化镍)晶体的结构与 NaCl 相同, Ni^{2+} 与最相邻近的 O^{2-} 的核间距离为 $a \times 10^{-8} \text{ cm}$, 试计算 NiO 晶体的密度(已知 NiO 的摩尔质量为 74.4 g/mol)。



2. 天然的和绝大部分人工制备的晶体都存在各种缺陷, 例如在某种 NiO 晶体中就存在如右图所示的缺陷: 一个 Ni^{2+} 空缺, 另有两个 Ni^{2+} 被两个 Ni^{3+} 所取代。其结果晶体仍呈电中性, 但化合物中 Ni 和 O 的数目比值却发生了变化。若某氧化镍样品组成为 $\text{Ni}_{0.97}\text{O}$, 试计算该晶体中 Ni^{3+} 与 Ni^{2+} 的离子数之比。

(1999 年全国高考试题)

【解题研究】 此题第 1 小题解法有多种, 关键在于分析清楚 NaCl 晶体的结构特点, 找出密度与晶体质量、体积的关系。现举两种解法。

解法一: 假设有 1 cm^3 该晶体, 其中含阴、阳离子总数为:

$$\frac{1.00 \text{ cm}^3}{(a \times 10^{-8} \text{ cm})^3},$$

即 $\text{Ni}^{2+}-\text{O}^{2-}$ 离子对数为 $\frac{1.00 \text{ cm}^3}{(a \times 10^{-8} \text{ cm})^3} \times \frac{1}{2}$ 。

$$\text{则: 密度} = \frac{1.00 \text{ cm}^3}{(a \times 10^{-8} \text{ cm})^3} \times 74.7 \text{ g/mol} \div (2 \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \times 1 \text{ cm}^3) = \frac{62.0}{a^3} \text{ g/cm}^3.$$

解法二：1个NaCl晶胞中有4个“NaCl”，同样，1个NiO晶胞中应有4个“NiO”，根据： $D = \frac{ZM}{N_A V}$ （式中 D 为晶体密度， Z 为晶胞中的“分子”数目， M 为分子的摩尔质量， V 为晶胞体积， N_A 为阿伏加德罗常数），可得

$$D = \frac{4 \times 74.7 \text{ g/mol}}{6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \times (a \times 10^{-8} \times 2 \text{ cm})^3}$$

$$= \frac{62.0}{a^3} \text{ g/cm}^3.$$

$\rho = \frac{M}{N_A V}$ $V = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho N_A}}$

解第2小题所根据的是电中性原理：设1 mol $\text{Ni}_{0.97}\text{O}$ 含 Ni^{3+} 为 x mol, Ni^{2+} $(0.97 - x)$ mol, 则

$$3x \text{ mol} + 2 \times (0.97 - x) \text{ mol} = 2 \times 1 \text{ mol},$$

得 $x = 0.06$ 故 Ni^{2+} 为: $(0.97 - x) \text{ mol} = 0.91 \text{ mol}$.

即离子数之比为 $\text{Ni}^{3+} : \text{Ni}^{2+} = 0.06 : 0.91 = 6 : 91$.

【例5】 已经探明,我国南海跟世界上许多海域一样,海底有极其丰富的甲烷资源。其总量超过已知蕴藏在我国陆地下的天然气总量的一半。据报导,这些蕴藏在海底的甲烷是高压下形成的固体,是外观像冰的甲烷水合物。

1. 试设想,若把它从海底取出,拿到地面上,它将有什么变化? 为什么? 它的晶体类型是分子晶体、离子晶体还是原子晶体? 判断的根据是什么?

2. 已知每1立方米这种晶体能释放出164立方米的甲烷气体,试估算晶体中水与甲烷的分子比(不足的数据由自己假设,只要假设得合理均按正确论)。

(2000年全国高中化学竞赛初赛试题)

【解题研究】 信息给予题是以原有知识为基础的,不可能空穴来风。故在解答时,必须充分利用所给信息,加工整理,形成思路。

由题意知,这种固体是在高压条件下形成的甲烷的水合物,故从海底取出后,拿到地面上,甲烷水合物将熔化并放出甲烷气体。由于甲烷分子与水分子都是由有限数目的原子以共价键结合而成的小分

子,水分子与甲烷分子之间只可能存在范德华力,而水分子与水分子之间存在范德华力与氢键,故该晶体是分子晶体。

第2小题具有开放性。在实践中,不可能告诉你许多已知的东西去解决某个实际的问题,而必须靠自己去挖掘、去推断、去假设,这才是解决问题的出路所在。题目中已说明,只要假设合理均按正确论,我们不妨假设 164m^3 是标准状况下的数据,则 1m^3 该晶体含

甲烷 $\frac{164\text{m}^3}{22.4\text{m}^3 \cdot \text{kmol}^{-1}} = 7.32\text{kmol}$ 。因晶体的主体骨架是冰,就不妨假设其密度与冰相同(冰的密度为 $900\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)。

则其中有水: $1\text{m}^3 \times 900\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \div 18\text{kg} \cdot \text{kmol}^{-1} = 50\text{kmol}$ 。

因此, $\text{CH}_4 : \text{H}_2\text{O} = 7.32\text{kmol} : 50\text{kmol} = 1 : 6.8$

说明: 甲烷水合物的组成可能是 $6\text{CH}_4 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$, 其实, $\text{CH}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 中的 n 值,根据假设条件不同,应有一个较宽的范围。

【例6】 已知有关物质的熔、沸点数据如下表所示:

	MgO	Al_2O_3	MgCl_2	AlCl_3
熔点/ $^{\circ}\text{C}$	2852	2072	714	$190(2.5 \times 10^5\text{Pa})$
沸点/ $^{\circ}\text{C}$	3600	2980	1412	182.7

请参考上述数据填空和回答问题:

1. 工业上常用电解熔融 MgCl_2 的方法生产金属镁,电解 Al_2O_3 与冰晶石熔融混合物的方法生产金属铝。为什么不用电解 MgO 的方法生产镁,也不用电解 AlCl_3 的方法生产铝?

* 答: _____。

2. 设计可靠的实验证明 MgCl_2 、 AlCl_3 所属的晶体类型,其实实验方法是_____。

【解题研究】 在解决同类问题时,思维定势有其无可争议的优势。但遇到了新问题,尤其是一些灵活性较大的竞赛题时,恰恰成为解决问题的最大障碍。本题中的 AlCl_3 按已学知识,似应为离子化合物,但我们根据题给信息, AlCl_3 熔沸点远较 MgCl_2 低,故其晶体

只能是分子晶体,接下去的问题便迎刃而解了。

【答案】 1. 因为 MgO 的熔点远高于 MgCl_2 , 故电解熔融 MgO 将需要更高的温度, 不利于操作与生产。又从表中数据知, AlCl_3 易升华, 熔沸点低, 属于分子晶体, 不存在游离的离子, 熔融时不能导电, 不能被电解。

2. 两种晶体加热到熔化状态, MgCl_2 能导电, AlCl_3 不能导电, 可确证前者为离子晶体, 后者为分子晶体。

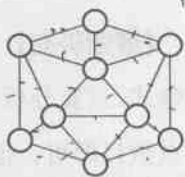
【说明】 工业生产中, 既要考虑原料来源与价格, 又要考虑能耗与设备等因素。故制镁时电解熔融的无水 MgCl_2 ; 制铝时电解 Al_2O_3 与冰晶石的熔融体(制铝原料多来自主要成分为 Al_2O_3 的铝土矿)。至于不用电解 AlCl_3 来制铝, 更确切的原因是: 从铝土矿制 AlCl_3 需耗能及特殊的设备 $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{AlCl}_3 + 3\text{CO}$, 且加热时 AlCl_3 易气化等。(现已有采用电解 NaCl-KCl-AlCl_3 混合电解质制铝的方法。)

【例 7】 单质硼有无定形和晶体两种, 参考下表数据:

	金刚石	晶体硅	晶体硼
熔点/K	3823	1683	2573
沸点/K	5100	2628	2823
硬度/Moh	10	7.0	9.5

1. 硼的晶体类型属于_____晶体, 理由是_____。

2. 已知晶体的结构单元是由硼原子组成的正二十面体(如右图所示), 其中有 20 个等边三角形的面和一定数目的顶角, 每个顶点各有一个硼原子。通过观察图形及推算, 得出此基本结构单元是由_____个硼原子构成, 其中



B—B—B键的键角为_____°, 共含有_____个B—B键。

【解题研究】 此类题目主要是考查选手的空间想象能力。对于