



王牌品质 值得信赖

全国十大名校学科教学精萃

# 单科 王牌

2004 年全新修订

## 王牌单科·高三化学

山东省实验中学化学组 编

本册主编 / 刘堃 校长  
评审专家 / 刘振贵 特级教师

大家出版社 团结出版社



王牌品质 值得信赖

全国十大名校学科教学精萃

总主编：王本中 张宏儒 副总主编：厉益森 梁光玉

# 单科 王牌

2004 年全新修订

王牌单科 高三化学

- 本册主编 / 刘堃
- 执行主编 / 张克宏
- 修订主编 / 刘堃
- 修订执行主编 / 张克宏

大象出版社 团结出版社



本册撰写教师

许文 马晓霞

## 王牌单科·高三化学

---

出版 / 大象出版社 团结出版社

→ 郑州市经五路66号

→ 邮编: 450002

→ 北京市东城区东皇城根南街84号

→ 邮编: 100006

→ 电话: (010-82357220)

→ [http:// www.dkwapai.com](http://www.dkwapai.com)

经销 / 全国新华书店

印刷 / 三河文昌印装厂

---

880×1230毫米 1/32

印张 / 9.25

字数 / 334千字

印数 / 15001-45000

版次 / 2003年6月第一版

印次 / 2004年5月修订 第二次印刷

---

书号 / ISBN 7-5347-3107-0/G·2532

定价 / 12.00元(平)

(如有印装差错, 请与本社联系)

## ● 编者的话 ●

《单科王牌》系列丛书之一《王牌单科》是一套集中体现全国十所名校学科教学特色和精粹的品牌丛书。从策划到编写历时三年,得到了教育界、出版界专家的悉心指导和十所名校的积极参与。本丛书的主要特色如下:

**十大名校首次联合,学科教学精华荟萃。**中学课程由若干学习领域(或综合课程)的多个学科构成,每个学科的学习均与本学习领域(或综合课程)中相邻学科之学习内容相互联系,相互支撑。本丛书即是基于这一思想,集各名校优势单科之所长,充分展示十所名校多年积累的学科教学精华,帮助学生建构科学的学习方法,夯实单科学习基础,提高学生自主学习、创新能力。

**一线名师担纲主笔,优势单科相得益彰。**参与编写的十所学校长期坚持教学探索与改革,它们推出各自学校享有盛誉的一门学科,将其学科建设的优秀经验首次凝聚在本书中。作者均是教学一线的特、高级教师,以其对学科思想的独到领会和创造性的教学方法,曾成功地培养出大批人才。

**由表及里纵横深入,以点带面快速提高。**本丛书推出多项特色栏目,力求搭建科学实用的学习演练平台,快速有效地提高学生的学习能力。其中“特色平台”再现名师课堂,讲授名校名师特色教学方法:“整体感知”旨在帮助学生建构融汇学科思想,自主探究知识的网络……凡此种种,不仅能使中等基础的学生学习能力迅速突破,还使优秀学生各学科成绩更为均衡。

本丛书虽然几经修改、审校,但错误仍在所难免,欢迎广大师生热忱指教。

《单科王牌》丛书编委会

2004年4月

# C Contents

## 目 录

### 第1章 晶体的类型与性质

#### 1.1 离子晶体、分子晶体和原子晶体

|                   |    |
|-------------------|----|
| 整体感知 .....        | 1  |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 2  |
| 典型例题分析 .....      | 6  |
| 能力测试 .....        | 8  |
| 研究性学习 .....       | 14 |

#### 1.2 金属晶体

|                   |    |
|-------------------|----|
| 整体感知 .....        | 16 |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 17 |
| 典型例题分析 .....      | 17 |
| 能力测试 .....        | 21 |
| 研究性学习 .....       | 25 |

|            |    |
|------------|----|
| 本章小结 ..... | 26 |
|------------|----|

### 第2章 胶体的性质及其应用

#### 2.1 胶体

|                   |    |
|-------------------|----|
| 整体感知 .....        | 28 |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 29 |
| 典型例题分析 .....      | 33 |
| 能力测试 .....        | 36 |
| 研究性学习 .....       | 42 |

#### 2.2 胶体的性质及其应用

|                   |    |
|-------------------|----|
| 整体感知 .....        | 45 |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 45 |

|              |    |
|--------------|----|
| 典型例题分析 ..... | 46 |
| 能力测试 .....   | 47 |
| 研究性学习 .....  | 49 |

|            |    |
|------------|----|
| 本章小结 ..... | 50 |
|------------|----|

### 第3章

#### 化学反应中的物质变化和能量变化

##### 3.1 重要的氧化剂和还原剂

|                   |    |
|-------------------|----|
| 整体感知 .....        | 51 |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 53 |
| 典型例题分析 .....      | 55 |
| 能力测试 .....        | 59 |
| 研究性学习 .....       | 64 |

##### 3.2 离子反应的本质

|                   |    |
|-------------------|----|
| 整体感知 .....        | 66 |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 67 |
| 典型例题分析 .....      | 69 |
| 能力测试 .....        | 72 |
| 研究性学习 .....       | 79 |

##### 3.3 化学反应中的能量变化

|                   |    |
|-------------------|----|
| 整体感知 .....        | 81 |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 82 |
| 典型例题分析 .....      | 82 |
| 能力测试 .....        | 85 |
| 研究性学习 .....       | 89 |

### 3.4 燃烧热和中和热

|                   |    |
|-------------------|----|
| 整体感知 .....        | 91 |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 91 |
| 典型例题分析 .....      | 92 |
| 能力测试 .....        | 94 |
| 研究性学习 .....       | 98 |

|            |     |
|------------|-----|
| 本章小结 ..... | 100 |
|------------|-----|

## 第4章 电解原理及其应用

### 4.1 电解原理

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 整体感知 .....        | 101 |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 102 |
| 典型例题分析 .....      | 105 |
| 能力测试 .....        | 108 |
| 研究性学习 .....       | 114 |

### 4.2 电解原理的应用

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 整体感知 .....        | 115 |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 116 |
| 典型例题分析 .....      | 117 |
| 能力测试 .....        | 121 |
| 研究性学习 .....       | 127 |

|            |     |
|------------|-----|
| 本章小结 ..... | 129 |
|------------|-----|

## 第5章 硫酸工业

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 整体感知 .....        | 130 |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 131 |
| 典型例题分析 .....      | 133 |
| 能力测试 .....        | 138 |
| 研究性学习 .....       | 143 |

|            |     |
|------------|-----|
| 本章小结 ..... | 149 |
|------------|-----|

## 第6章 化学实验方案的设计

### 6.1 制备实验和性质实验方案的设计

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 整体感知 .....        | 150 |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 151 |
| 典型例题分析 .....      | 153 |
| 能力测试 .....        | 159 |
| 研究性学习 .....       | 178 |

### 6.2 物质检验实验方案的设计

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 整体感知 .....        | 181 |
| 山东省实验中学特色平台 ..... | 184 |
| 典型例题分析 .....      | 186 |
| 能力测试 .....        | 189 |
| 研究性学习 .....       | 199 |

|            |     |
|------------|-----|
| 本章小结 ..... | 202 |
|------------|-----|

|              |     |
|--------------|-----|
| 全册综合训练 ..... | 203 |
|--------------|-----|

|             |     |
|-------------|-----|
| 名校试题一 ..... | 211 |
|-------------|-----|

|             |     |
|-------------|-----|
| 名校试题二 ..... | 220 |
|-------------|-----|

|            |     |
|------------|-----|
| 参考答案 ..... | 229 |
|------------|-----|

# 第1章

## 晶体的类型与性质

本章内容是高一物质结构知识的继续和深入,在离子键、共价键和分子间作用力等知识的基础上,进一步学习与四种晶体有关的知识。主要学习四种晶体的构成微粒、结构特点、物理性质等,重点是晶体类型的判断、各类晶体性质的比较、晶体空间结构的分析,难点是晶胞的判断和与晶体有关的计算等。

### 1.1 离子晶体、分子晶体和原子晶体

#### 整体感知

本节重点是三种晶体的构成微粒、作用力及物理性质的比较,熟悉氢键对物质性质的影响,能运用相似相溶原理解决相关问题,难点是晶体结构的分析及有关计算,学习时应注意运用比较的方法,充分发挥自己的空间想象能力。

#### 1. 通过结晶的方式形成的具有规则的几何外形的固体叫做晶体

根据构成晶体的微粒种类以及微粒之间的相互作用的不同,可将晶体分为离子晶体、分子晶体、原子晶体、金属晶体等类型。

#### 2. 晶体的结构和性质比较

| 晶体类型    | 离子晶体                                       | 分子晶体            | 原子晶体                 | 金属晶体       |
|---------|--------------------------------------------|-----------------|----------------------|------------|
| 构成晶体的微粒 | 阴、阳离子                                      | 分子              | 原子                   | 金属阳离子、自由电子 |
| 微粒间的作用力 | 离子键                                        | 分子间作用力          | 共价键                  | 金属键        |
| 熔、沸点    | 较高                                         | 低               | 很高                   | 一般较高,部分低   |
| 硬度      | 硬而脆                                        | 小               | 很硬                   | 一般较小       |
| 导电性     | 熔化、溶于水导电                                   | 不导电             | 不导电                  | 电的良好导体     |
| 溶解性     | 易溶于水,难溶于有机溶剂                               | 结构相似相溶          | 不溶于水                 | 不溶于一般溶剂    |
| 实例      | NaCl、CaO、Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 等 | 干冰、稀有气体、大多数有机物等 | 金刚石、晶体硅、水晶、碳化硅(SiC)等 | 固态金属、合金等   |

为什么离子晶体在固态时不导电,而受热熔化或溶于水时却能导电呢?

### 3. 相似相溶原理

对于分子晶体来说,它们在不同溶剂中的溶解性存在如下经验性的规律: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。如  $\text{NH}_3$  易溶于水,  $\text{I}_2$  易溶于  $\text{CCl}_4$ 。

如何判断一种分子是非极性分子还是极性分子?试举例说明。(判断依据:由键的极性和分子的空间构型两方面因素决定)

## 山东省实验中学特色平台

### 1. 物质熔沸点高低的判断方法

(1) 不同类型晶体熔沸点高低的一般规律为:原子晶体 > 离子晶体 > 分子晶体。

(2) 同种晶体类型的物质:晶体内微粒间的作用力越大,熔沸点越高。

①原子晶体:比较共价键的强弱,一般地说,原子半径越小,键长越短,键能越大,共价键越牢固,物质的熔沸点越高。

如:熔点:金刚石(C) > 金刚砂(SiC) > 晶体硅(Si)

原子晶体的熔沸点一定比离子晶体的高吗?分子晶体的熔沸点一定比金属晶体的低吗?

②离子晶体:比较离子键的强弱,一般地说,阴阳离子电荷数越多,离子半径越小,则离子间的作用力越大,离子键越强,熔沸点越高。

如:熔点:  $\text{MgO} > \text{MgCl}_2 > \text{NaCl} > \text{CsCl}$

③分子晶体:

a. 组成和结构相似的分子晶体,相对分子质量越大,分子间作用力越大,熔沸点越高(具有氢键的分子晶体,熔沸点反常地高)。

如:熔沸点:  $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{Te} > \text{H}_2\text{Se} > \text{H}_2\text{S}$

b. 在高级脂肪酸油脂中,不饱和程度越大,熔沸点越低。

c. 烃、卤代烃、醇、醛、羧酸等有机物一般随着分子中碳原子数增多,熔沸点升高。

d. 在有机物同分异构体中,随着支链的增多,熔沸点降低。

如:正戊烷 > 异戊烷 > 新戊烷

e. 相同碳原子数的有机物,分子中官能团不同,一般随着相对分子质量增大,熔沸点升高;官能团相同时,官能团数越多,熔沸点越高。

离子晶体熔化时需克服离子键,原子晶体熔化时需破坏共价键,分子晶体熔化或气

化时，只削弱了分子间作用力，并没有破坏化学键。

## 2. 化学键与分子间作用力、氢键的比较

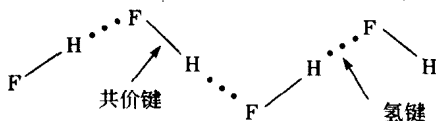
|        | 化学键                                            | 分子间作用力                | 氢键                       |
|--------|------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 概念     | 相邻的两个或多个原子间强烈的相互作用                             | 物质分子间存在的微弱的相互作用       | 某些物质的分子间存在比分子间作用力稍强的相互作用 |
| 存在范围   | 分子内或某些晶体内                                      | 分子间                   | 分子间（某些物质的分子内也存在）         |
| 能量     | 键能一般为 $100\text{kJ/mol} \sim 800\text{kJ/mol}$ | 约几至数十 $\text{kJ/mol}$ | 比分子间作用稍大                 |
| 对性质的影响 | 主要影响物质的化学性质                                    | 主要影响物质的物理性质           | 主要影响物质的物理性质              |

在分子晶体中，分子间作用力的大小决定物质的物理性质，分子内键能的大小决定分子的稳定性。

## 3. 氢键

氢元素只有跟非金属性较强的且其原子具有孤电子对的元素化合后，才能形成较强的氢键，像这样的元素有氟、氧和氮等。分子间氢键的形成会使物质的沸点明显升高，分子内氢键的形成则会使物质的熔沸点降低。

为了与化学键（用实线表示）相区别，一般用“...”来表示氢键。例如： $\text{HF}$  的共价键及分子间的氢键可表示为：



缔合分子的形成〔如  $(\text{H}_2\text{O})_n$ 、 $(\text{HF})_n$  等〕、某些分子晶体反常的熔沸点（如  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{HF}$ 、 $\text{NN}_3$  等）、密度的反常变化（如冰的密度比水小）等都能用氢键解释。

**例** 某温、某压下取三份等体积无色气体 A，于  $25^\circ\text{C}$ 、 $80^\circ\text{C}$  及  $90^\circ\text{C}$  测得其摩尔质量分别为  $58.0$ 、 $20.6$ 、 $20.0\text{ g/mol}$ 。于  $25^\circ\text{C}$ 、 $80^\circ\text{C}$ 、 $90^\circ\text{C}$  下各取  $1\text{ L}$ （气体压力相同）上述无色气体分别溶于  $10\text{ L}$  水中，形成的溶液均显酸性。

- (1) 无色气体为（ ）；
- (2) 各温度下摩尔质量不同的可能原因是（ ）；
- (3) 若三份溶液的体积相同（设：溶解后溶液温度也相同），其物质的量浓度的比值是多少？

**解析** 由题意知, A 气体在不同温度下有不同的摩尔质量, 而且摩尔质量随温度升高而减小。这说明 A 气体以氢键结合形成了缔合分子, 温度升高时缔合程度降低, 因而平均分子量减小。在  $90^{\circ}\text{C}$  时 A 的摩尔质量为  $20.0\text{ g/mol}$ , 说明 A 气体在未缔合时分子量不超过 20。又由其水溶液显酸性知该气体只能是 HF。

**答案:** (1) 为 HF。(2) HF 以氢键结合成缔合分子, 在不同温度下缔合程度不同。(3) 物质的量浓度之比为 2.9:1.03:1 (按 25、80、 $90^{\circ}\text{C}$  的顺序排列)

#### 4. 需要掌握的几种晶体模型

(1) 氯化钠型 重复单元——立方体。在晶体中, 每个  $\text{Na}^+$  同时吸引 6 个  $\text{Cl}^-$ , 每个  $\text{Cl}^-$  同时吸引 6 个  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Na}^+$  与  $\text{Cl}^-$  的个数比为 1:1。每个  $\text{Na}^+$  周围与它最近等距的  $\text{Na}^+$  有 12 个 (三个互相垂直的平面上各 4 个)。

(2) 氯化铯型 重复单元——立方体。在晶体中, 每个  $\text{Cs}^+$  同时吸引 8 个  $\text{Cl}^-$ , 每个  $\text{Cl}^-$  同时吸引 8 个  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Cs}^+$  与  $\text{Cl}^-$  的个数比为 1:1。每个  $\text{Cs}^+$  与 6 个  $\text{Cs}^+$  等距离相邻 (构成一个正八面体)。

(3) 干冰 重复单元——面心立方。在晶体中, 每个  $\text{CO}_2$  与 12 个  $\text{CO}_2$  分子等距离相邻 (三个互相垂直的平面上各 4 个)。

(4) 金刚石 重复单元——正四面体。在晶体中, 每个 C 原子与 4 个 C 原子紧邻。由 5 个碳原子形成正四面体结构单元, 键角为  $109^{\circ}28'$ 。最小的环上有 6 个碳原子。晶体硅的结构与金刚石相似。

(5) 水晶 ( $\text{SiO}_2$ ) 重复单元——硅氧四面体。在晶体中, 每个硅原子与 4 个氧原子紧邻, 每个氧原子与 2 个硅原子紧邻, 硅与氧的原子个数比为 1:2。最小的环上有 12 个原子 (6 个硅原子、6 个氧原子), 每个硅原子为 12 个最小环共有。

(6) 石墨 重复单元——正六边形。属于混合型晶体。每个顶点为 3 个环共有, 每个环占有  $1/3$  个碳原子, 每个六边形独占 2 个碳原子。

(7) 白磷 白磷为 4 个磷原子构成的具有正四面体结构的分子晶体, 分子中 P—P 键之间的夹角为  $60^{\circ}$  (注意: 不是  $109^{\circ}28'$ ), 一个白磷分子中含有 6 个 P—P 键。

#### 5. 关于晶体结构的分析

##### (1) 晶胞

在晶体结构的分析中, 涉及到的一个重要概念是晶胞。晶胞是描述晶体微观结构的基本单位。在中学范围内可以这样理解: 在晶体结构中具有代表性的最小重复单元叫晶胞。

晶胞平行的面以及平行的棱一定是完全等同的, 从一个晶胞平移到另一个

晶胞，不会察觉是否移动过了。考察一个晶胞，绝对不能把它当作游离孤立的几何体，而需“想见”它的上下左右前后都有完全等等的晶胞与之比邻。

整块晶体可视为成千上万个晶胞“无限并置”地堆积而成。

## (2) 晶胞中原子数目或分子数的计算与化学式的关系

此类问题一般用均摊法来分析。均摊法是指每个图形平均拥有的粒子数目，如某个粒子为  $n$  个图形（晶胞）所共有，则该粒子有  $1/n$  属于一个图形（晶胞）。

中学常见的晶胞为立方晶胞。立方晶胞中粒子数的计算如下：

(1) 处于立方体顶点的粒子同时为 8 个晶胞所共有，每个粒子有  $1/8$  属于该晶胞。

(2) 处于立方体棱上的粒子，同时为 4 个晶胞所共有，每个粒子有  $1/4$  属于该晶胞。

(3) 处于立方体面上的粒子，同时为 2 个晶胞所共有，每个粒子有  $1/2$  属于该晶胞。

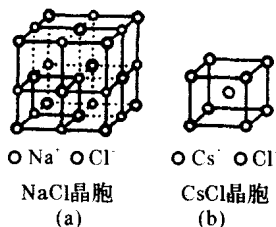
(4) 处于立方体内部的粒子，它全属于该晶胞。

### 例 氯化钠、氯化铯晶胞

如右图 (a) 所示，在 NaCl 晶胞中， $\text{Cl}^-$  占据立方体的体心和 12 条棱的棱心， $\text{Na}^+$  占据立方体的顶点和面心。则  $\text{Cl}^-$  在晶胞中的数目为：

$$12 \times \frac{1}{4} (\text{棱心}) + 1 \times 1 (\text{体心}) = 4 (\text{个})$$

$$\text{Na}^+ \text{ 在晶胞中的数目为：} 8 \times \frac{1}{8} (\text{顶点}) + 6 \times \frac{1}{2} (\text{面心}) = 4 (\text{个})$$



因此在 NaCl 晶胞中  $\text{Na}^+$  个数与  $\text{Cl}^-$  个数比为 4:4 即 1:1，故氯化钠晶体的化学式为 NaCl。

如上图 (b) 所示，在 CsCl 晶体中  $\text{Cl}^-$  处于晶胞的体心， $\text{Cs}^+$  处于晶胞的 8 个顶点，因此晶胞中含 1 个  $\text{Cl}^-$  和  $8 \times \frac{1}{8} = 1$  个  $\text{Cs}^+$ ，故氯化铯晶体的化学式为 CsCl。

NaCl、CsCl 晶体密度的计算是一个常遇到的问题。其关系式如下：

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{n \times M}{V}$$

对于 NaCl 晶体，设晶胞的边长为  $a$ ，有

$$\rho = \frac{1 \times M (\text{NaCl})}{a^3 \cdot N_A}$$

对于 CsCl 晶体, 设晶胞的边长为  $a$ , 有

$$\rho = \frac{1 \times M(\text{CsCl})}{a^3 \cdot N_A}$$

反过来, 由晶体密度可以求算晶胞的边长, 晶体中各粒子核间距。

## 典型例题分析

例 1 下列叙述正确的是

( )

- A. 离子化合物中可能含有共价键
- B. 分子晶体中一定不含有离子键
- C. 组成分子晶体的微粒一定含有共价键
- D. 原子晶体中一定含有非极性共价键

**解析** 离子化合物是指阴阳离子通过离子键形成的化合物, 若离子化合物中的某种离子由两种或两种以上元素组成, 如:  $\text{OH}^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NH}_4^+$  等, 则其离子内部就有共价键, 选项 A 正确; 分子晶体是分子间通过分子间作用力形成的晶体, 其构成微粒是分子, 分子间只有分子间作用力, 不可能含有离子键, 稀有气体分子是单原子分子, 不存在任何化学键, 其他分子中都只有共价键, 选项 B 正确, C 错误; 原子晶体是原子间通过共价键形成的空间网状结构的晶体, 其构成微粒是原子, 作用力是共价键, 而共价键包括极性共价键和非极性共价键, 如 SiC 和  $\text{SiO}_2$  等原子晶体, 其原子间是以极性共价键结合的, 选项 D 错误。

**答案:** A、B

例 2 下列化学式既能表示物质的组成, 又能表示物质分子式的是 ( )

- A.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$
- B.  $\text{SiO}_2$
- C.  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$
- D. Fe

**解析** 本题主要是考查四大晶体中化学式所表示的意义。

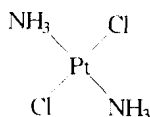
四大晶体中, 除了分子晶体中含有独立的分子外, 其余几种晶体都找不到独立的分子, 在这三种晶体(原子晶体、离子晶体、金属晶体)中, 化学式只表示物质中原子的最简个数比。 $\text{NH}_4\text{NO}_3$  是离子晶体,  $\text{SiO}_2$  是原子晶体, Fe 是金属晶体, 它们的晶体中都不存在分子, 而  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$  是分子晶体, 存在分子。

**答案:** C

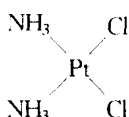
例 3  $\text{PtCl}_2(\text{NH}_3)_2$  成平面四边形结构, 它可以形成两种固体。一种为淡黄色, 在水中溶解度较小; 另一种为黄绿色, 在水中溶解度较大。请分别画出这两种固体分子的几何构型。

**解析** 本题给出的信息是一种物质形成两种不同结构的固体，它们在水中的溶解度是不同的，由此可推测出此题考查的内容是相似相溶原理，即非极性分子组成的溶质一般能溶于非极性溶剂；极性分子组成的溶质一般能溶于极性溶剂。我们知道水是极性分子，由淡黄色的固体在水中的溶解度较小，可推出其为非极性分子，其分子的空间结构应是对称的；而黄绿色的固体在水中的溶解度较大，可推出其为极性分子，其分子的空间结构应是不对称的，由此可画出它们的几何构型图。

**答案：**



淡黄色固体



黄绿色固体

**例 4** 已知有关物质的熔沸点数据如下表：

|      | MgO  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgCl <sub>2</sub> | AlCl <sub>3</sub>           |
|------|------|--------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| 熔点/℃ | 2853 | 2072                           | 741               | 190(2.5×10 <sup>5</sup> Pa) |
| 沸点/℃ | 3600 | 2980                           | 1412              | 182.7                       |

请参考上述数据回答下列问题：

工业上常用电解熔融 MgCl<sub>2</sub> 的方法生产金属镁，用电解 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 与冰晶石熔融混合物的方法生产铝。为什么不用电解 MgO 的方法生产金属镁，也不用电解 AlCl<sub>3</sub> 的方法生产铝？

**解析** 从表中有关物质熔沸点数据可以看出，AlCl<sub>3</sub> 是共价化合物，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、MgCl<sub>2</sub> 均属于离子化合物。共价化合物在熔融状态下是不电离的，不能导电；离子化合物在熔融状态下可以电离并导电，但 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO 的熔点太高，熔化它们需要消耗太多的能量，所以不用电解 MgO 的方法生产金属镁；在电解 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 时要加入冰晶石，其中冰晶石的作用是作助熔剂，从而降低 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的熔点，使其在 1000℃ 左右发生熔化。

**答案：** AlCl<sub>3</sub> 是共价化合物，熔融不导电，且易升华；而 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 属于离子化合物，故用电解 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 与冰晶石熔融混合物的方法制取铝。MgO、MgCl<sub>2</sub> 均为离子化合物，但 MgO 的熔点太高，故用电解 MgCl<sub>2</sub> 的方法生产金属镁。

如何通过实验证明一种固体物质（化合物）是离子化合物还是共价化合物？

**例 5** 晶体具有规则的几何外形，晶体中最基本的重复单元称为晶胞。Fe<sub>3</sub>O 的晶体结构与 NaCl 相同。已知 Fe<sub>3</sub>O 晶体密度 ρ 为 5.71g/cm<sup>3</sup>，晶胞边长为 4.28×10<sup>-10</sup>m。（铁的相对原子质量为 55.9，氧的相对原子质量为 16）

求：(1)  $\text{Fe}_x\text{O}$  中的  $x$  值。

(2) 晶体中的铁分别为  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ ，在  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  的总数中， $\text{Fe}^{2+}$  所占的质量分数（用小数表示，精确到小数点后 3 位）。

(3) 确定此晶体的化学式（化学式中表示出  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  的个数）。

(4) 在该晶体中，铁元素的离子间的最短距离为多少米？

**解析** 由 NaCl 晶体结构可知：1 个 NaCl 晶胞由 8 个小立方体构成，每个小立方体的 8 个顶点分别由 4 个  $\text{Cl}^-$ ，4 个  $\text{Na}^+$  相邻占据。每个  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$  都只有  $1/8$  占据在小立方体中，因此每个小立方体含有  $\text{Na}^+$  为  $1/8 \times 4 = 1/2$  个， $\text{Cl}^-$  为  $1/8 \times 4 = 1/2$  个。由于 NaCl 晶胞由 8 个小立方体组成，故每个晶胞有 NaCl 为  $1/2 \times 8 = 4$  个，同理可知：每个  $\text{Fe}_x\text{O}$  晶胞中有 4 个  $\text{Fe}_x\text{O}$ ，1 mol 晶胞中含有 4 mol  $\text{Fe}_x\text{O}$ 。

(1) 设  $\text{Fe}_x\text{O}$  的摩尔质量为  $M$ ，则有： $4M = \rho V N_A$ ， $M = \rho V N_A / 4 = 5.71 \times (4.28 \times 10^{-8})^3 \times 6.02 \times 10^{23} / 4 = 67.4 (\text{g/mol})$ ，即  $55.9x + 16 = 67.4$ ，解得  $x = 0.92$ 。

(2) 设  $\text{Fe}^{2+}$  为  $y$  个，则  $\text{Fe}^{3+}$  为  $(0.92 - y)$  个，由正负化合价的代数和为零得： $2y + 3(0.92 - y) = 2$ ，所以  $y = 0.76$ ，则  $\text{Fe}^{2+}$  所占的质量分数  $0.76/0.92 = 0.826$ 。

(3) 由于  $\text{Fe}^{2+}$  为 0.76，则  $\text{Fe}^{3+}$  为  $0.92 - 0.76 = 0.16$ ，故化学式为  $\text{Fe}_{0.76}^{2+}\text{Fe}_{0.16}^{3+}\text{O}$ ，即： $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 19\text{FeO}$ 。

(4) 设  $\text{Fe}_x\text{O}$  中铁元素的离子间的最短距离为  $s$ ，根据平面几何的有关知识，很容易得到： $s = \sqrt{2}/2 \times \text{晶胞边长} = \sqrt{2}/2 \times 4.28 \times 10^{-10} = 3.03 \times 10^{-10} \text{m}$ 。

**答案：**(1)  $x = 0.92$

(2) 0.826

(3)  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 19\text{FeO}$

(4)  $3.03 \times 10^{-10} \text{m}$

## 能力测试

**注释：**能力测试习题分 ABC 三类，其中 A 类题以基本概念、性质和基本方法、技能为主；B 类题属提高题，要求学生能够熟练掌握和灵活运用化学的基本思想方法；C 类题包含大量知识迁移、探索研究型的题目，帮助学生进行发散性思维，解决全新的问题。

1. (A) 下列性质适合于分子晶体的是 ( )

A. 熔点  $1070^\circ\text{C}$ ，易溶于水，水溶液能导电

B. 熔点  $10.31^\circ\text{C}$ ，液态不导电，水溶液能导电

C. 能溶于  $\text{CS}_2$ ，熔点  $110.8^\circ\text{C}$ ，沸点  $444.6^\circ\text{C}$

D. 熔点  $97.81^\circ\text{C}$ ，质软，导电，密度为  $0.97 \text{g/cm}^3$

2. (A) 氮化硅是一种新合成的结构材料，它是一种超硬、耐磨、耐高温

的物质。下列各组物质熔化时，所克服的微粒间的作用力与氯化硅熔化所克服的微粒间的作用力都相同的是 ( )

- A. 硝石和金刚石                      B. 晶体硅和水晶  
C. 冰和干冰                              D. 萘和蒽

3. (B) 非整数比化合物  $\text{Fe}_{0.95}\text{O}$  具有 NaCl 晶体结构，由于  $n(\text{Fe}):n(\text{O}) < 1$ ，所以晶体结构存在缺陷，在  $\text{Fe}_{0.95}\text{O}$  中 +3 价 Fe 占总铁量的 ( )

- A. 10.0%                      B. 85.0%                      C. 10.5%                      D. 89.5%

4. (B) 某离子晶体的晶胞结构为立方体，立方体每个顶点为 C，每个棱中心为 B，体心为 A，则该晶体的化学式为 ( )

- A. ABC                      B.  $\text{ABC}_3$                       C.  $\text{AB}_3\text{C}$                       D.  $\text{AB}_2\text{C}_3$

5. (A) NaF、NaI、MgO 均为离子化合物，现有下列数据，试判断这三种化合物的熔点高低顺序是 ( )

|                          |      |      |      |
|--------------------------|------|------|------|
| 物质                       | ①NaF | ②NaI | ③MgO |
| 离子电荷数                    | 1    | 1    | 2    |
| 键长( $10^{-10}\text{m}$ ) | 2.31 | 3.18 | 2.10 |

- A.  $① > ② > ③$                       B.  $③ > ① > ②$   
C.  $③ > ② > ①$                       D.  $② > ① > ③$

6. (B) 已知某些晶体的熔点 (见下表):

|                        | NaCl | $\text{AlF}_3$ | $\text{AlCl}_3$ | $\text{BCl}_3$ | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{CO}_2$ | $\text{SiO}_2$ | MgO  |
|------------------------|------|----------------|-----------------|----------------|-------------------------|---------------|----------------|------|
| 熔点/ $^{\circ}\text{C}$ | 801  | 1291           | 190             | 107            | 2045                    | -56.6         | 1723           | 2852 |

据此判断下列说法错误的是 ( )

- A. 由铝元素组成的晶体中有的是离子晶体  
B. 表中所列物质只有  $\text{BCl}_3$  和  $\text{CO}_2$  是分子晶体  
C. 同族元素的氧化物可以形成不同类型的晶体  
D. 不同族元素的氧化物可以形成相同类型的晶体

7. (A) 下列物质中，属于含有极性共价键的离子晶体是 ( )

- A.  $\text{CH}_3\text{COOH}$                       B. NaOH                      C.  $\text{Na}_2\text{O}_2$                       D.  $\text{MgCl}_2$

8. (A) 下列各对物质，化学键和晶体类型都相同的是 ( )

- ① NaCl 和 NaOH    ②  $\text{Cl}_2$  和  $\text{O}_2$     ③  $\text{Na}_2\text{S}$  和  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$     ④  $\text{SiO}_2$  和  $\text{CO}_2$   
⑤ 晶体硅和水晶

- A. ①③⑤                      B. ②④                      C. ②⑤                      D. ②④⑤

9. (B) 下列物质的质量均为 1g 时，所含分子数最多的为 ( )

- A. NaCl                      B.  $\text{H}_2\text{SO}_4$                       C. 白磷                      D. 金刚石

10. (A) 下列说法正确的是 ( )

- A. 离子化合物中可能含有共价键
- B. 分子晶体中的分子内一定有共价键
- C. 原子晶体中一定有非极性共价键
- D. 分子间作用力越大, 分子越稳定

11. (B) 根据下列表中给出的几种物质的熔沸点数据, 判断下列有关说法中错误的是 ( )

- A.  $\text{SiCl}_4$  是分子晶体
- B. 单质 B 是原子晶体
- C.  $\text{AlCl}_3$  加热能升华
- D.  $\text{MgCl}_2$  所含离子键的强度比  $\text{NaCl}$  大

|                        | $\text{NaCl}$ | $\text{MgCl}_2$ | $\text{AlCl}_3$ | $\text{SiCl}_4$ | 单质 B |
|------------------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|
| 熔点/ $^{\circ}\text{C}$ | 810           | 710             | 190             | -68             | 2300 |
| 沸点/ $^{\circ}\text{C}$ | 1465          | 1418            | 182.7           | 57              | 2500 |

注:  $\text{AlCl}_3$  熔点在  $2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$  条件下测定

12. (C) 下列有关晶体的叙述中不正确的是 ( )

- A. 金刚石的网状结构中, 由共价键形成的碳原子环中, 最小的环上有 6 个碳原子
- B. 氯化钠晶体中, 每个钠离子周围距离相等的钠离子共有 6 个
- C. 氯化铯晶体中, 每个铯离子周围紧邻 8 个氯离子
- D. 干冰晶体中, 每个二氧化碳分子周围紧邻 10 个二氧化碳分子

13. (B) 据报道, 国外有科学家用一束激光将置于铁室中石墨靶上的碳原子炸松, 与此同时用一个射频电火花喷射氮气, 此时碳、氮原子结合成碳氮化合物的薄膜。据称, 这种化合物比金刚石更坚硬, 其原因可能是 ( )

- A. 碳、氮原子构成空间网状结构的原子晶体
- B. 碳氮键比金刚石中的碳碳键更长
- C. 碳、氮都是非金属元素, 且位于同一周期
- D. 碳、氮的单质的化学性质均不活泼

14. (B) 在石墨晶体中, 每一层由无数个正六边形构成, 同一层内每个碳原子与相邻三个碳原子以  $\text{C}-\text{C}$  键相结合。则石墨晶体中碳原子数与  $\text{C}-\text{C}$  键数之比为 ( )

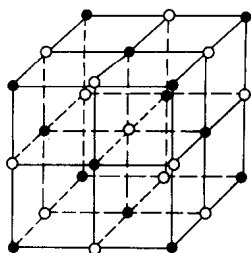
- A. 1:1
- B. 2:1
- C. 3:2
- D. 2:3

15. (C) 最近科学家发现一种由钛原子和碳原子构成的气态团簇分子, 其

结构如右图所示, 顶角和面心的原子是钛原子, 棱的中心和体心的原子是碳原子, 则它的化学式是

( )

- A.  $\text{TiC}$                       B.  $\text{Ti}_6\text{C}_7$   
C.  $\text{Ti}_{14}\text{C}_{13}$                 D.  $\text{Ti}_{13}\text{C}_{14}$



16. (B) 测得氯化钠晶体中相邻的  $\text{Na}^+$  离子和  $\text{Cl}^-$  离子的距离为  $a$  cm, 该晶体的密度为  $\rho$  g/cm<sup>3</sup>, 则阿伏加德罗常数可表示为

( )

- A.  $0.585/4a^3\rho$                       B.  $58.5/8a^3\rho$   
C.  $58.5/2a^3\rho$                       D.  $117a^3\rho$

17. (B) 碘溶解在  $\text{CCl}_4$  中呈紫色, 溶解在乙醇中呈现棕色。研究表明, 呈现紫色表明碘未跟溶剂发生显著反应。已知碘在液体石蜡中, 温度不同时, 可呈现紫色或棕色。试回答: 温度低时应呈现 \_\_\_\_\_ 色, 温度高时应呈现 \_\_\_\_\_ 色, 其原因是 \_\_\_\_\_。

18. (B) 参考下列熔点数据来回答:

| 物质   | NaF            | NaCl            | NaBr            | NaI            | NaCl            | KCl             | RbCl            | CsCl            |
|------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 熔点/℃ | 995            | 801             | 755             | 651            | 801             | 776             | 715             | 646             |
| 物质   | $\text{SiF}_4$ | $\text{SiCl}_4$ | $\text{SiBr}_4$ | $\text{SiI}_4$ | $\text{SiCl}_4$ | $\text{GeCl}_4$ | $\text{SnCl}_4$ | $\text{PbCl}_4$ |
| 熔点/℃ | -90.2          | -70.4           | 5.2             | 100.5          | -70.4           | -49.4           | -36.2           | -15.0           |

(1) 钠的卤化物从 NaF 到 NaI 及碱金属的氯化物从 NaCl 到 CsCl 的熔点逐渐 \_\_\_\_\_, 原因是 \_\_\_\_\_。

(2) 硅的卤化物及 IV A 族中硅、锗、锡、铅的氯化物的熔点依次 \_\_\_\_\_, 原因是 \_\_\_\_\_。

(3) 钠的卤化物的熔点比相应的硅的卤化物的熔点高得多, 这与 \_\_\_\_\_ 有关, 因为 \_\_\_\_\_, 故前者熔点比后者高得多。

19. (C) (1) 中学教材上图示了 NaCl 的晶体结构, 它向三维空间延伸得到完美晶体。NiO(氧化镍)晶体的结构与 NaCl 相同,  $\text{Ni}^{2+}$  与最邻近  $\text{O}^{2-}$  的核间距离为  $a \times 10^{-8}$  cm, 计算 NiO 晶体的密度(已知 NiO 的摩尔质量为 74.7 g/mol)。