

根据现行《新课标》与《考试大纲》编著

● 张永红 魏光军 胡 勇 主编

名师精解

高中化学同步辅导

MINGSHI JINGJIE

GAOZHONG HUAXUE TONGBU FUDAO

三年级 (必修加选修)

四川出版集团·四川科学技术出版社

★ 课堂精华

★ 经典练习

★ 原创考卷

名师精解
高中化学同步辅导
三年级(必修加选修)

主 编

张永红 魏光军 胡 勇

副主编

杨仕成 李卫东 谭必帅 李 兰

编者

李 兰 陈 丽 李 红 魏光军 胡 勇
杨仕成 张永红 戚绍勇 李卫东 谭必帅
姜明贤 李德福 刘向东 王晓静



名师精解 高中化学同步辅导 三年级(必修加选修)



目 录

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	(1)
第二节 金属晶体	(9)
实验一 硫酸铜晶体里结晶水含量的测定	(11)
单元小结	(13)
“晶体的类型与性质”单元检测题	(14)
第二单元 胶体的性质及其应用	(18)
第一节 胶体	(18)
第二节 胶体的性质及其应用	(23)
单元小结	(28)
“胶体的性质及其应用”单元检测题	(28)
第三单元 化学反应中的物质变化和能量变化	(32)
第一节 重要的氧化剂和还原剂	(32)
第二节 离子反应的本质	(40)
第三节 化学反应中的能量变化	(47)
第四节 燃烧热和中和热	(52)
实验二 中和热的测定	(58)
单元小结	(60)
“化学反应中的物质变化和能量变化”单元检测题	(61)
第四单元 电解原理及其应用	(65)
第一节 电解原理	(65)
第二节 氯碱工业	(72)
实验三 电解饱和食盐水	(78)
单元小结	(80)
“电解原理及其应用”单元检测题	(81)



第五单元 硫酸工业	(85)
第一节 接触法制硫酸	(85)
第二节 关于硫酸工业综合经济效益的讨论	(93)
单元小结	(99)
“硫酸工业”单元检测题	(100)
第六单元 化学实验方案的设计	(104)
第一节 制备实验方案的设计	(104)
第二节 物质实验方案设计	(113)
第三节 物质检验实验方案的设计	(120)
第四节 化学实验方案设计的基本要求	(126)
实验四、五、六、七	(134)
单元小结	(136)
“化学实验方案的设计”单元检测题	(137)
高中毕业班 0 诊模拟测试题(一)	(141)
高中毕业班 0 诊模拟测试题(二)	(146)
参考答案	(151)



第一单元

晶体的类型与性质

知识要点

四种晶体的晶体结构模型及其性质的一般特点;晶体类型与性质的关系;分子间作用力和氢键对物质的物理性质的影响;物质的“相似相溶”的原理。

重点

四种晶体的概念及结构模型;晶体类型与性质的关系。

难点

四种晶体的结构模型;氢键。

第一节 离子晶体、分子晶体和原子晶体



课堂精华

知识精析

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。

注意:晶体是具有一定几何形状的固体,但固体不一定是晶体,非晶体无固定的熔、沸点,如玻璃、沥青等。

一、离子晶体

1. 定义:离子间通过离子键结合而成的晶体。

2. 结构特点

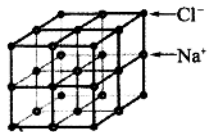
(1) 构成粒子:阴、阳离子。

(2) 粒子间的作用:离子键。

注意:离子晶体的化学式代表晶体中各构成粒子的个数比,而不代表真实的分子组成。

3. 性质:硬度较大;熔沸点较高;晶体本身不导电,其水溶液或熔融状态能导电;离子晶体溶解度差异大,如钾盐、钠盐、铵盐、硝酸盐均能溶于水,而如碳酸盐、磷酸盐大多不溶于水。

4. 实例:NaCl、CsCl。

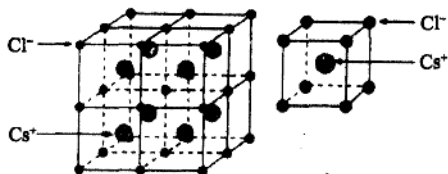


NaCl 晶体中,在每个 Na^+ 周围与之距离(设为 a)最近且相等的 Cl^- 有 6 个,在每个 Cl^- 周围与之距离(设为 a)最近且相等的 Na^+ 也有 6 个,故 $N(\text{Na}^+):N(\text{Cl}^-) = 1:6 \times (1/6) = 1:1$ 。

在每个 Na^+ 周围与之距离最近(必为 $\sqrt{2}a$)且相等的 Na^+ 有 12 个(三个相互垂直的截面的对角线顶点各有 4 个),在每个 Cl^- 周围与之距离最近(必为 $\sqrt{2}a$)且相等的 Cl^- 亦有 12 个。

CsCl 晶体中,在每个 Cs^+ 周围与之距离最近且相等的 Cl^- 有 8 个,在每个 Cl^- 周围与之距离最近且相等的 Cs^+ 也有 8 个,故 $N(\text{Cs}^+):N(\text{Cl}^-) = 1:8 \times (1/8) = 1:1$ 。

在每个 Cs^+ 周围与之距离最近且相等的 Cs^+ 有 6 个(上、下、左、右、前、后),在每个 Cl^- 周围与之距离最近且相等的 Cl^- 亦有 6 个。



越大,分子间作用力越大。

②对物质性质的影响:分子间作用力越大,物质的熔沸点越高。

(2) 氢键

①概念:某些含氢化合物分子间(或分子内)存在的比分子间作用力稍强的作用力。

注意:氢键不是化学键,它弱于化学键,比分子间作用力稍强。

②氢键的本质:静电吸引作用。

③表示方法:“…”。

④对物质性质的影响:氢键的存在使得某些物质的熔点和沸点相对较高,如 HF 、 H_2O 、 NH_3 的沸点反常;使冰的密度小于水。

2. 分子晶体

(1)定义:分子间以分子间作用力相结合的晶体叫分子晶体。

(2)结构特点:

①构成粒子:分子。

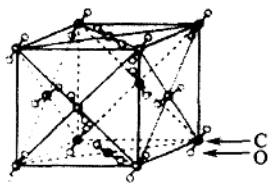
②粒子间的作用:分子间作用力或氢键。

注意

A. 分子晶体中存在单个分子,化学式代表了真实的分子组成。

B. 分子既可是单原子分子,如稀有气体分子,也可可是多原子分子。单原子分子中不存在化学键,多原子分子中各原子通过共价键结合成分子,分子再通过分子间作用力结合成晶体。

C. 分子既可是单质分子,也可可是化合物分子,故分子晶体中既有单质,也有化合物。



(3)性质:硬度小;熔沸点低;晶体本身不导电,熔融状态也不能导电,其水溶液有的能导电,有的不能导电;溶解性一般遵守相似相溶规律。

(4)实例:干冰、冰、白磷、 C_{60} 。

干冰晶体中 8 个 CO_2 位于立方体的顶点再在 6 个面的中心各占据 1 个 CO_2 。

在每个 CO_2 周围与之距离最近且相等的 CO_2 有 12 个(三个相互垂直的截面的对角线顶点各有 4 个)。

三、原子晶体

1. 定义:相邻原子间以共价键相结合而形成空间网状结构的晶体。

2. 结构特点

(1)构成粒子:原子。

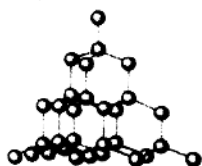
(2)粒子间的作用:共价键。

注意:原子晶体中不存在单个分子,它的化学式代表晶体中各构成粒子的个数比,而不代表其实际的分子组成。

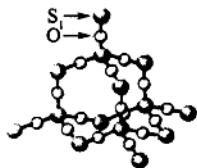
3. 性质:原子晶体的熔点和沸点高,硬度大,一般不导电,难溶于一些常见的溶剂。

4. 实例:金刚石、晶体硅、二氧化硅、碳化硅(SiC)。

金刚石晶体是一种空间网状结构;每个 C 与另 4 个 C 以共价键 C—C 结合,前者位于正四面体中心,后者位于正四面体顶点,构成空间正四面体,这些正四面体向空间发展,就构成了空间网状结构。



晶体中所有 C—C 键长相等、键角相等(均为 $109^\circ 28'$);晶体中最小碳环由 6 个不在同一平面的 C 组成;晶体中每个 C 参与了 4 个 C—C 键的形成,而在每个键中的贡献只有一半,故 C 原子个数与 C—C 键数之比为 $1:4 \times (1/2) = 1:2$ 。



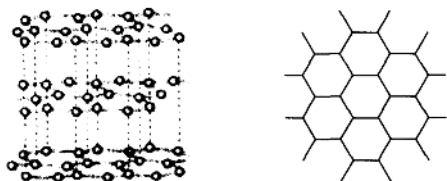
SiO_2 中每个 Si 与 4 个 O 结合,前者在正四面体的中心,后者在正四面体的顶点;同时每个 O 与 2 个 Si 结合,故晶体中 Si 原子与 O 原子个数比为 $1:(4 \times 1/2) = 1:2$;Si 原子个数与 Si—O 键数之比为 $1:4$ 。

SiO_2 晶体中,每个最小的环上有 12 个原子(6 个 Si 和 6 个 O)。



1. 石墨晶体

石墨晶体是层状结构:层内 C 原子以共价键结合成平面网状结构,层间以范德瓦尔斯力结合,是一种混合型晶体(也称为过渡型晶体)。它兼具有原子晶体、分子晶体的特性:熔点高(高于金刚石),硬度小。



在层内,每个 C 与 3 个 C 形成 C—C 键,构成正六边形,键长相等,键角相等(均为 120°);在晶体中,每个 C 参与了 3 个 C—C 键的形成,而在每个键中的贡献只有一半,故每个正六边形平均只有 $6 \times (1/3) = 2$ 个 C, C 原子个数与 C—C 键数之比为 $1:3 \times (1/2) = 2:3$ 。

2. 用均摊法求晶体中粒子个数比

晶体是由晶胞组成的,晶胞是整个晶体中最小的结构重复单位。

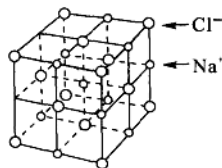
根据立方晶胞用均摊法求晶体中粒子个数比的方法是:

- (1) 处于顶点的粒子,同时为 8 个晶胞共有,每个粒子有 $1/8$ 属于该晶胞;
- (2) 处于棱上的粒子,同时为 4 个晶胞共有,每个粒子有 $1/4$ 属于该晶胞;
- (3) 处于面上的粒子,同时为 2 个晶胞共有,每个粒子有 $1/2$ 属于该晶胞;
- (4) 处于晶胞内的粒子,则完全属于该晶胞。

如右图所示 NaCl 晶体的一个晶胞中:

$$N(\text{Na}^+) = 12 \times (1/4) + 1 = 4 \quad N(\text{Cl}^-) = 8 \times (1/8) + 6 \times (1/2) = 4$$

故 Na^+ 和 Cl^- 的个数比为 $1:1$ 。



例题精讲

例 1 下列各组物质的晶体中,化学键类型相同、晶体类型也相同的是()

- A. NaCl 和 HCl B. H_2O 和 SO_2 C. CO_2 和 SiO_2 D. 金刚石和硫单质

解析 本题主要考查化学键类型、晶体类型以及晶体类型与化学键类型关系的判断。

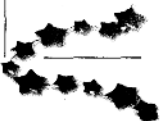
A 项中 NaCl 为离子键构成的离子晶体, HCl 为共价键结合的分子,属分子晶体。B 选项中两种化合物分子均为共价键结合而成的分子晶体。C 选项中 CO_2 为共价键结合的分子,属分子晶体, SiO_2 为共价键结合而成的原子晶体。D 选项中两种物质均为单质,但金刚石是共价键结合而成的原子晶体,而硫单质为共价键结合的分子,属分子晶体。

答案 B

例 2 下列说法中正确的是()

- A. 在氯化钠晶体中,每个 Na^+ 周围都紧邻 6 个 Na^+ 。
 B. 由 HCl 比 HBr 稳定可推知分子间作用力 $\text{HCl} > \text{HBr}$ 。
 C. 当 C、Si 均为 1 mol 时,金刚石和二氧化硅中共价键数之比为 $1:1$ 。
 D. 原子晶体和离子晶体熔化时都会破坏化学键。

解析 本题主要考查不同类型晶体及典型物质的结构特点。



A. 氯化钠晶体中, 每个钠离子周围都紧邻 6 个氯离子, 同样, 每个氯离子周围也都紧邻 6 个钠离子; 每个钠离子周围都紧邻 12 个钠离子, 每个氯离子周围也都紧邻 12 个氯离子。B. HCl 和 HBr 均为分子晶体, 其稳定性取决于共价键的强弱, 而非分子间作用力。C. 金刚石中 C 为 1 mol 时, C—C 键数为 $4 \text{ mol} \times (1/2) = 2 \text{ mol}$; 二氧化硅中 Si 均为 1 mol 时, Si—O 键数为 4 mol。

答案 D

例 3 已知有关物质的熔沸点数据如下表:

物质	MgO	Al ₂ O ₃	MgCl ₂	AlCl ₃
熔点/℃	2 852	2 072	714	190(2.5 × 10 ⁵ Pa)
沸点/℃	3 600	2 980	1 412	182.7

请参考上述数据回答下列问题:

(1) 工业上常用电解熔融的 MgCl₂ 的方法生产金属镁, 电解 Al₂O₃ 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 AlCl₃ 的方法生产金属铝?

(2) 上述化合物的晶体属于离子晶体的是_____

(3) 下列实验能证明某化合物属于共价化合物的是()

A. 熔融状态能导电

B. 熔融状态不导电

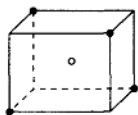
C. 水溶液能导电

解析 本题考查学生应用已知信息解决实际问题的能力, 同时通过由性质反推晶体类型, 逆向考查了学生对不同类型晶体的性质的掌握情况。

离子晶体的熔、沸点一般较高, 熔融状态能导电, 而分子晶体的熔、沸点一般较低, 熔融状态不导电。从表中数据来看, AlCl₃ 的沸点低于熔点, 说明 AlCl₃ 易升华, 只能是共价化合物, 其晶体属于分子晶体, 熔融时不导电, 不能被电解。

答案 (1) 因为 MgO 的熔点远高于 MgCl₂, 故电解熔融 MgO 将需要更高的温度, 条件苛刻, 不便于操作。观察表中数据可见, AlCl₃ 易升华, 熔沸点低, 故属于分子晶体, 熔融时不导电, 不能被电解。(2) MgO、Al₂O₃、MgCl₂。(3) B

例 4 某离子晶体晶胞结构如图所示。“·”代表 X 离子, 位于立方体的顶点, “°”代表 Y 离子, 位于立方体中心, 试分析:



(1) 此晶胞中 X 离子个数 = _____, Y 离子个数 = _____, 该晶体的化学式为_____。

(2) 晶体中距离最近的 2 个 X 与一个 Y 形成的夹角 ∠XYX 角度为 _____ (填角的度数)。

(3) 设该晶体的摩尔质量为 $M \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 晶体的密度为 $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 阿伏伽德罗常数为 N_A , 则晶体中两个距离最近的 X 间的距离为 _____ cm。

解析 本题主要考查晶体的有关计算以及空间想像能力。

(1) 一个晶胞中, X 离子的个数为 $4 \times (1/8) = 1/2$; Y 离子的个数为 1。

X 离子与 Y 离子的个数比 = 1:2, 故该晶体的化学式为: XY₂ 或 Y₂X。

(2) 观察图可知: 4 个 X 与一个 Y 构成正四面体, 故 ∠XYX 角度为 109°28'。

(3) 该晶胞含 $\frac{1}{2}$ 个 Y₂X, 设此立方体的边长为 $a \text{ cm}$, 则:

$$\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times a^3 \text{ cm}^3 = \frac{1}{2} \times \frac{M \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{N_A \text{ mol}^{-1}} \quad a = \sqrt[3]{\frac{M}{2\rho N_A}}$$

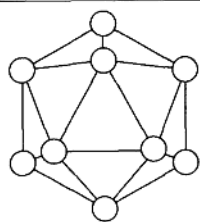
则: 晶体中两个距离最近的 X 间的距离为: $\sqrt{2}a = \sqrt{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{M}{2\rho N_A}}$

答案 见解析

例 5 单质硼有无定形和晶体两种,参考下表数据。

晶体	金刚石	晶体硅	晶体硼
熔点/ $^{\circ}\text{C}$	3 832	1 683	2 573
沸点/ $^{\circ}\text{C}$	5 100	2 628	2 823
硬度/Mob	10	7.0	9.5

(1) 晶体硼的晶体类型属于_____晶体,理由是_____



(2) 如图,晶体硼的基本结构单元是由硼原子组成的正二十面体,其中含有 20 个等边三角形的面和一定数目的顶点,每个顶点上各有 1 个硼原子,试回答:这个基本结构单元由_____个硼原子组成,键角是_____,共含有_____个 B—B 键。

解析 本题考查了原子晶体的性质特点以及晶胞中点、线、面的关系。

(1) 由于晶体硼的熔沸点、硬度都介于金刚石和晶体硅之间,而金刚石和晶体硅都是原子晶体,故晶体硼为原子晶体。

(2) 此题可通过观察图形直接得出结果,但此方法难以推广到较复杂的晶体。

常见解决此类问题的方法是建立晶胞中点、线、面的关系。在建立晶胞中点、线、面的关系时,关键在于排除重复的计算。

此题中根据“20 个等边三角形”可建立“点—面”关系:20 个等边三角形共有 20×3 个顶点,而每个 B 原子参与了 5 个面的形成,即重复计算了 5 次。所以此结构单元含有 B 原子数: $20 \times 3 \div 5 = 12$ 。

计算 B—B 键的数目可建立“线—面”关系:20 个等边三角形共有 20×3 条边(即 B—B 键),而每个 B—B 键参与了 2 个面的形成,即重复计算了 2 次。所以此结构单元含有 B—B 键数为: $20 \times 3 \div 2 = 30$ 。

B—B 键的数目也可由“点—线”关系求解:每个 B 原子与其他 5 个 B 原子相连形成 B—B 键,而在每条键中的贡献只有一半,故含 B—B 键数为: $12 \times 5 \div 2 = 30$ 。

答案 (1) 原子晶体;由于晶体硼的熔沸点、硬度都介于金刚石和晶体硅之间,而金刚石和晶体硅都是原子晶体,故晶体硼为原子晶体。

(2) 12; 60° ; 30。

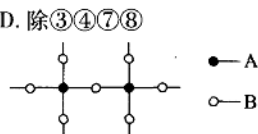


习题精选

双基训练

- 下列物质中属于离子化合物的是()
A. 苛性钠 B. 碘化氢 C. 石英 D. 醋酸
- 下列有关叙述正确的是()
A. 分子晶体一定含共价键 B. 离子化合物中一定不含共价键
C. 原子晶体熔沸点高,硬度大 D. 分子量大的物质沸点一定高于分子量小的物质的沸点
- 下列叙述中正确的是()
A. 离子晶体中肯定不含非极性共价键 B. 原子晶体的熔点肯定高于其他晶体

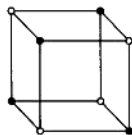
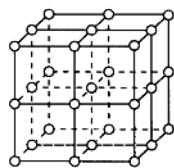
- C. 由分子组成的物质其熔点一定较低
D. 原子晶体中除去极性共价键不可能存在其他类型的化学键
4. (2001 · 广东) 氮化硅(Si_3N_4)是一种新型的耐高温耐磨材料,在工业上有广泛用途,它属于()
A. 原子晶体 B. 分子晶体 C. 金属晶体 D. 离子晶体
5. 下列变化不需要破坏化学键的是()
A. HCl 溶于水 B. 碘晶体升华 C. SiO_2 晶体熔化 D. NaCl 晶体熔化
6. 下列叙述正确的是()
A. 某晶体溶于水后,可电离出自由移动的离子,该晶体一定是离子晶体
B. 分子晶体中,分子间作用力越大,该分子越稳定
C. 分子晶体中,共价键的键能越大,熔沸点越高
D. 原子晶体中,共价键的键能越大,熔沸点越高
7. 下列化学式表示的物质中,属于离子晶体并且含有非极性共价键的是()
A. CaCl_2 B. Na_2O_2 C. N_2 D. NH_4Cl
8. SiCl_4 的分子结构与 CCl_4 类似,对其作如下推断:① SiCl_4 晶体是分子晶体;②常温、常压下 SiCl_4 是液体;③ SiCl_4 的分子是由极性键形成的非极性分子;④ SiCl_4 熔点高于 CCl_4 ,其中正确的是()
A. 只有① B. 只有①② C. 只有②③ D. ①②③④
9. 石墨晶体中,每一层由无数个正六边形构成,则平均每个正六边形占有的碳原子数为()
A. 6 B. 4 C. 3 D. 2
10. 用激光将置于铁室中石墨靶上的碳原子炸松,同时用射频电火花喷射氮气,此时碳、氮原子结合成碳氮化合物薄膜,这种化合物可以比金刚石更坚硬,其原因可能是()
A. 碳、氮原子构成平面网状结构的晶体 B. 碳、氮的单质化学性质均不活泼
C. 碳氮键比金刚石中的碳碳键更短 D. 氮原子最外层电子数比碳原子多
- (2001 · 上海)第 28 届国际地质大会提供的资料显示,海底有大量的天然气水合物,可满足人类 1000 年的能源需要。天然气水合物是一种晶体,晶体中平均每 46 个水分子构建成 8 个笼,每个笼可容纳 1 个 CH_4 分子或 1 个游离 H_2O 分子。根据上述信息,完成第 11、12 题。
11. 下列关于天然气水合物中两种分子极性的描述正确的是()
A. 两种都是极性分子 B. 两种都是非极性分子
C. CH_4 是极性分子, H_2O 是非极性分子 D. H_2O 是极性分子, CH_4 是非极性分子
12. 若晶体中每 8 个笼只有 6 个容纳了 CH_4 分子,另外 2 个笼被游离 H_2O 分子填充,则天然气水合物的平均组成可表示为()
A. $\text{CH}_4 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ B. $\text{CH}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
C. $\text{CH}_4 \cdot (23/3)\text{H}_2\text{O}$ D. $\text{CH}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
13. 下列叙述中正确的是()
A. P_4 和 NO_2 都是共价型化合物
B. CCl_4 和 NH_3 都是以极性键结合的极性分子
C. 在 CaO 和 SiO_2 晶体中都不存在单个小分子
D. CH_4 是对称的平面结构,所以是非极性分子
14. 有下列物质:①白磷②金刚石③石墨④二氧化硅⑤甲烷⑥四氯化碳⑦单质硅⑧铵根离子,其分子结构或晶体结构单元中存在正四面体的是()
A. 除③外 B. 只有①②⑤⑥ C. 除③⑧外 D. 除③④⑦⑧
15. 右图是某原子晶体平面图,它实际是立体网状结构,其中 A、B 原子个数比()
A. 1:1 B. 1:2 C. 1:4 D. 2:1
16. 构成分子晶体的粒子是_____,它们彼此以_____相结合;构成原子晶体的粒子是_____,它们彼此以_____相结合;构成离子晶体的粒子是_____,它们彼此以_____



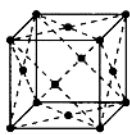
相结合。

17. 右图中直线交点处的圆圈为氯化钠晶体中 Na^+ 或 Cl^- 所处的位置, 请将其中代表 Na^+ 的圆圈涂黑, 以完成氯化钠晶体结构示意图, 图中每个 Na^+ 周围与它最接近且距离相等的 Na^+ 共有 _____ 个。

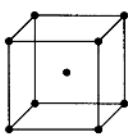
18. 下图表示一些晶体中的某些结构, 它们分别是 NaCl 、 CsCl 、干冰、金刚石、石墨结构中的某一种的某一部分。



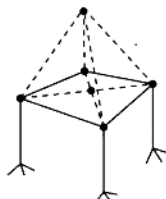
A



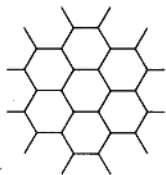
B



C



D



E

(1) 其中代表金刚石的是 (填编号字母, 下同) _____, 其中每个碳原子与 _____ 个碳原子最接近且距离相等。金刚石属于 _____ 晶体。

(2) 其中代表石墨的是 _____, 其中每个正六边形占有的碳原子数为 _____ 个。

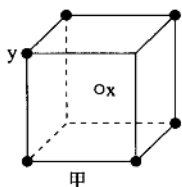
(3) 其中表示 NaCl 的是 _____, 每个 Na^+ 周围与它最接近且距离相等的 Na^+ 有 _____ 个。

(4) 代表 CsCl 的是 _____, 它属于 _____ 晶体。每个 Cs^+ 与 _____ 个 Cl^- 紧邻。

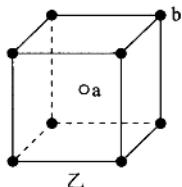
(5) 代表干冰的是 _____, 它属于 _____ 晶体, 每个 CO_2 分子与 _____ CO_2 分子距离相等且最近。

(6) NaCl 、干冰、金刚石、石墨中熔点由高而低的顺序是 _____, 其中在熔融状态时能导电的电解质是 _____; 固态时能导电的是 _____, 在水溶液中能导电的非电解质是 _____。

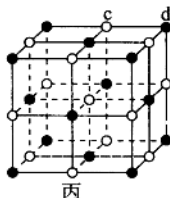
19. 现有甲、乙、丙 (如下图) 三种晶体的晶胞 (甲中 x 处于晶胞的中心, 乙中 a 处于晶胞的中心), 可推知: 甲晶体中 x 与 y 的个数比是 _____, 乙中 a 与 b 的个数比是 _____, 丙晶胞中有 _____ 个 c 离子, 有 _____ 个 d 离子。



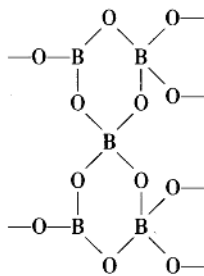
甲



乙



丙



20. 有一种多聚硼酸盐为无限网状结构 (如上右图所示), 其结构单元可表示 $(\text{B}_3\text{O}_n)^{m-}$, 则 $m =$ _____, $n =$ _____

能力培养

1. 下列物质呈固态时, 一定属于分子晶体的是 ()

- A. 非金属单质 B. 非金属氧化物 C. 含氧酸 D. 金属氧化物

2. (2002 · 广东) 下列各组中的两种固态物质熔化 (或升华) 时, 克服的微粒间相互作用力属于同种类型的是 ()

- A. 碘和碘化钠 B. 金刚石和重晶石
C. 冰醋酸和硬脂酸甘油酯 D. 干冰和二氧化硅

3. 目前, 科学界拟合成一种“二重构造”的球形分子, 即把“足球形”的 C_{60} 溶进“足球形”的 Si_{60} 分子中, 外面的硅原子与里面的碳原子以共价键结合。下列关于这种分子的说法中不正确的是 ()

- A. 是一种新型化合物 B. 晶体属于分子晶体

C. 是两种单质组成的混合物

D. 相对分子质量为 2400

4. 2001 年报道硼和镁形成的化合物刷新了金属化合物超导温度的最高记录。右图示意的是该化合物的晶体结构单元: 镁原子间形成正六棱柱, 且棱柱的上下底面还各有一个镁原子; 6 个硼原子位于棱柱内。则该化合物的化学式可表示为()

A. MgB

B. MgB_2

C. Mg_2B

D. Mg_3B_2

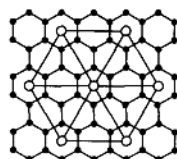
5. 石墨能与熔融金属钾作用, 形成石墨间隙化合物, K 原子填充在石墨各层碳原子中, 比较常见的石墨间隙化合物是青铜色的化合物, 其化学式可写成 C_xK , 其平面图形见右图, 则 x 值为()

A. 8

B. 12

C. 24

D. 60



● 碳原子

○ 钾原子

6. A、B 为两种短周期元素, A 的原子序数大于 B, 且 B 原子的最外层电子数为 A 原子最外层电子数的 3 倍。A、B 形成的化合物是中学化学常见的化合物, 该化合物熔融时能导电。试回答下列问题:

(1) A、B 的元素符号分别是_____。

(2) A、B 所形成的化合物的晶体结构跟 NaCl 的晶体结构相似, 则每个阳离子周围吸引了_____个阴离子。晶体中阴、阳离子数之比为_____。

(3) A、B 所形成化合物的晶体的熔点比 NaCl 晶体的熔点_____, 其判断的理由是_____。

7. (2000 · 全国理综) 氮化硼 (BN) 是一种新型的无机高分子材料, 与石墨具有相似的结构和性质, 常用作高温下的润滑剂。

(1) BN 具有_____形的平面网状结构。

(2) 若氮化硼中含有 n 个硼原子, 则最小的环有_____个。

8. (1997 · 全国) 1996 年诺贝尔化学奖授予对发现 C_{60} 有重大贡献的三位科学家。 C_{60} 分子是形如球状的多面体 (如图), 该结构的建立基于以下考虑:

① C_{60} 分子中每个碳原子只跟相邻的 3 个碳原子形成化学键;

② C_{60} 分子只含有五边形和六边形;

③ 多面体的顶点数、面数和棱边数的关系, 遵循欧拉定理:

$$\boxed{\text{顶点数} + \text{面数} - \text{棱边数} = 2}$$

据上所述, 可推知 C_{60} 分子有 12 个五边形和 20 个六边形, C_{60} 分子所含的双键数为 30。

请回答下列问题:

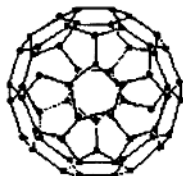
(1) 固体 C_{60} 与金刚石相比较, 熔点较高者应是_____, 理由是:_____。

(2) 试估计 C_{60} 跟 F_2 在一定条件下, 能否发生反应生成 $C_{60}F_{60}$ (填“可能”或“不可能”)_____, 并简述其理由:_____。

(3) 通过计算, 确定 C_{60} 分子所含单键数。 C_{60} 分子所含单键数为_____。

(4) C_{70} 分子也已制得, 它的分子结构模型可以与 C_{60} 同样考虑而推知。通过计算确定 C_{70} 分子中五边形和六边形的数目。

C_{70} 分子中所含五边形数为_____, 六边形数为_____。



第二节 金属晶体



课堂精华

知识梳理

一、定义:通过金属离子与自由电子之间的较强作用形成的单质晶体。

二、结构特点

1. 构成粒子:金属阳离子、自由电子。

2. 粒子间的作用:金属键。

注意:①晶体中有阳离子不一定有阴离子。

②一般,金属晶体中金属阳离子半径越小,离子电荷数越多,其金属阳离子与自由电子间的作用越强,金属熔沸点就越高。如:Li、Na、Rb、Cs、Fr,其熔沸点逐渐降低。

三、性质

1. 由于金属晶体中存在大量的自由电子和金属离子排列很紧密,使金属具有很多共同的性质。

(1)状态:通常情况下,除 Hg 外都是固体。

(2)金属光泽:多数金属具有光泽。除 Mg、Al、Cu、Au 在粉末状态有光泽外,其他金属在块状时才表现出金属光泽。

(3)易导电、导热:由于金属晶体中自由电子的运动,使金属易导电、导热。

(4)延展性

注意:

导电性
导热性
延展性

均与自由电子的作用有关

2. 金属除有共同的物理性质外,还具有各自的特性。

(1)颜色:绝大多数金属都是银白色,有少量金属为别的颜色,如 Au:金黄色;Cu:紫红色;Cs:银白略带金色。

(2)密度:与原子半径、相对原子质量、晶体质点排列的紧密程度有关。最大的为锇(Os)、铂(Pt),最轻的为锂(Li)。

(3)熔点:最高的为钨(W),最低的为汞(Hg)。

(4)硬度:最硬的金属为铬(Cr),最软的金属为钾(K),钠(Na),铯(Cs)等,可用小刀切割。

(5)导电性:导电性最强的为银(Ag),导电性最差的为汞(Hg)。

(6)延展性:延展性最好的为金(Au)。



例题精讲

例 1 下列叙述正确的是()

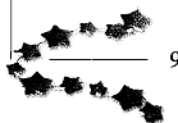
- A. 含有非金属元素的离子不一定是阴离子 B. 分子晶体中也可能含有离子键
C. 含有离子键的晶体一定是离子晶体 D. 含有金属元素的离子一定是阴离子

解析 本题主要考查晶体构成以及晶体类型与化学键类型关系的判断。

A 项正确,例如 NH_4^+ 。B 项错误,因为含有离子键的晶体一定是离子晶体,别的晶体中不可能出现离子键。可由离子键的概念分析得知 C 项正确。D 项错误,例如 AlO_2^- 、 MnO_4^- 。

答案 AC

例 2 下列物质所属晶体类型分类正确的是()



	原子晶体	分子晶体	离子晶体	金属晶体
A	石墨	冰	金刚石	硫酸
B	生石灰	固态氨	食盐	汞
C	石膏	氯化铯	明矾	氯化镁
D	金刚石	干冰	芒硝	铁

解析 本题主要考查晶体类型判断。

A 项中只有冰的类型正确,石墨为混合型晶体,金刚石为原子晶体,硫酸属分子晶体。B 项中生石灰为离子晶体。C 项中只有明矾正确,别的均为离子晶体。D 选项正确。

答案 D



习题精选

1. 某物质熔融状态可导电,固态可导电,将其投入水中后水溶液也可导电,则推测该物质可能是()

- A. 金属 B. 非金属 C. 可溶性碱 D. 可溶性盐

2. 金属的下列性质中,不能用金属晶体结构加以解释的是()

- A. 易导电 B. 易导热 C. 延展性 D. 易锈蚀

3. 下列叙述中,一定是金属元素的是()

- A. 最外层电子只有一个电子 B. 最外层电子有 1~2 个电子
C. 在反应中很容易失去电子 D. 具有金属光泽的单质

4. 可以用“自由电子在与金属阳离子的碰撞中有能量传递”来解释的金属的物理性质是()

- A. 热的良导体 B. 电的良导体
C. 优良的延展性 D. 有金属光泽,不透明

5. 下列属于金属晶体的共性的是()

- A. 硬度大 B. 易导电、导热性 C. 光亮而透明 D. 高熔点

6. 金属 Mg 中含有的结构粒子是()

- A. Mg 原子 B. 只有 Mg^{2+} C. Mg 原子和 Mg^{2+} D. Mg^{2+} 与自由电子

7. 金属的下列性质中,与自由电子无关的是()

- A. 密度的大小 B. 容易导电 C. 有较好的延展性 D. 容易导热

8. 下列说法中正确的是()

- A. 金属氧化物一定是碱性氧化物 B. 金属的导电性随温度升高而增强
C. 金属元素在反应中都表现还原性 D. 金属对应的固态为金属晶体

9. 下列叙述中可以说明金属甲的活泼性比金属乙的活泼性强的是()

- A. 甲中金属阳离子与自由电子之间的作用比乙中的强
B. 甲中的自由电子比乙中的少
C. 甲能跟稀 HCl 反应,乙不能
D. 甲在常温时被浓 HNO_3 钝化而乙不能

10. 某同学在实验中观察到:

- ①金属 X 不和 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Y^{2+} 溶液反应
②金属 Y 可溶解在 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} Z^{2+}$ 溶液中,并析出金属 Z
③金属 Z 不和 $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} X^{2+}$ 溶液反应,由此判断三种金属还原性由强到弱的顺序是()
A. $X > Y > Z$ B. $X > Z > Y$ C. $Y > Z > X$ D. $Y > X > Z$

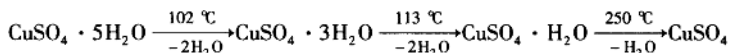
实验一 硫酸铜晶体里结晶水含量的测定

知识精析

一、实验原理

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 在常温和通常湿度下既不易风化,也不易潮解,是一种比较稳定的结晶水合物。

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 受热时逐步失去结晶水的过程可表示如下:



蓝色

蓝白色

白色

在 250 ℃ 以下, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 失掉的结晶水是全量的 4/5, 剩下的 1 个水分子需要在较高的温度下才能失去。

$$\text{硫酸铜晶体中结晶水的质量分数} = \frac{\text{结晶水的质量}}{\text{硫酸铜晶体的质量}} \times 100\% \quad (\text{硫酸铜晶体和瓷坩埚的质量})$$

- 无水硫酸铜和瓷坩埚的质量 = 结晶水的质量)

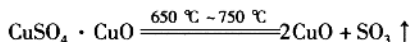
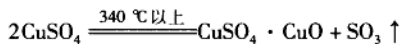
二、实验步骤

1. 研磨:在研钵中将硫酸铜晶体研碎。
2. 称量:准确称量干燥的瓷坩埚的质量,并用此坩埚准确称取一定质量已研碎的硫酸铜晶体。
3. 加热:加热晶体,使其失去全部结晶水(由蓝色完全变为白色)。
4. 称量:在干燥器内冷却后称量,并记下瓷坩埚和无水硫酸铜的质量。
5. 再加热、再称量至恒重:把盛有无水硫酸铜的坩埚再加热,再放入干燥器里冷却后再称量,记下质量,直至两次称量的质量相差不超过 0.1 g 为止。

(6) 计算: 根据实验测得的结果求硫酸铜晶体中结晶水的质量分数。

三、实验注意事项

1. 加热前,一定要把 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 表面的水用滤纸吸干,以减少误差;还要研碎,以防止加热时 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 晶体发生崩溅。加热时,要严格控制温度,不能过高,因为高温下 CuSO_4 会发生下列反应,影响实验结果。



2. 脱水后的白色 CuSO_4 粉末和坩埚最好放在干燥器里进行冷却, 因为 CuSO_4 具有很强的吸湿性, 在空气 (特别是湿度较大时) 中放置一段时间就会重新吸水, 形成水合物。

3. 加热过程中应慢慢加热,以防因局部受热而造成晶体崩溅。

四、误差分析[$\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$]

原理:

$$\omega(\text{结晶水}) = \frac{m(\text{结晶水})}{m(\text{晶体})} \text{ 或 } \frac{m(\text{CuSO}_4)}{160} : \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{18} = 1 : x_0$$

$$m(\text{CuSO}_4) = m(\text{无水 CuSO}_4 \text{ 和瓷坩埚}) - m(\text{瓷坩埚})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{硫酸铜晶体和瓷坩埚}) - m(\text{无水 CuSO}_4 \text{ 和瓷坩埚})$$

能引起误差的一些操作	因变量		ω 或 x 值
	$m(\text{CuSO}_4)$	$m(\text{H}_2\text{O})$	
称量的坩埚不干燥		增大	偏大
晶体表面有水		增大	偏大

晶体不纯,含有不挥发杂质	增大		偏小
坩埚内附有不挥发杂质			无影响
晶体未研成细粉末	增大	减小	偏小
粉末未完全变白就停止加热	增大	减小	偏小
加热时间过长,部分变黑	减小	增大	偏大
加热后在空气中冷却称量	增大	减小	偏小
加热过程中有少量晶体溅出	减小	增大	偏大
两次称量相差 0.2 g	增大	减小	偏小



实验习题精选

选择题每小题只有 1 个选项符合题意。

1. 某学生称量 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 时,左盘放砝码 4 g,游码在 0.5 刻度处,天平平衡。右盘 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 晶体的质量是()

- A. 4.5 g B. 4 g C. 3.5 g D. 3 g

2. 下列实验操作会引起测定结果偏高的是

A. 测定硫酸铜晶体结晶水含量的实验中,晶体加热完全失去结晶水后,将盛试样的坩埚放在实验桌上冷却

B. 中和滴定用的锥形瓶加入待测液后,再加少量蒸馏水稀释

C. 为了测定一包白色粉末的质量,将药品放在右盘,砝码放在左盘,并需移动游码使之平衡

D. 取待测液的酸式滴定管用水洗后,没用待测液润洗

3. 实验室测定 $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 晶体里结晶水的 n 值时,出现了三种情况:

①晶体中含有受热不分解的物质 ②晶体尚带蓝色,即停止加热 ③晶体脱水后放在台上冷却,再称量。使实验结果偏低的原因是()

- A. ①② B. ①③ C. ②③ D. ①②③

4. 下列操作:①用铁坩埚灼烧烧碱 ②用瓷坩埚除去胆矾晶体中的结晶水 ③用酸式滴定管装 KMnO_4 溶液 ④直接加热蒸发皿,其中正确的是()

- A. 都正确 B. ①④ C. ③④ D. ②③

5. 下列实验操作会引起测定结果偏高的是()

A. 测定胆矾晶体结晶水含量时,强热迅速蒸干,在干燥器中冷却后称量

B. 中和滴定时,锥形瓶里有少量水

C. 用量筒测量液体体积时,仰视读数

D. 加热胆矾晶体测其结晶水含量时,加热过程中坩埚有盖

6. 在硫酸铜晶体里结晶水含量的测定实验中,下列操作会引起 $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 的 x 值偏大、偏小还是无影响,请将结果填在横线上。

(1)称量的坩埚不干燥:_____。

(2)称量的晶体表面有水:_____。

(3)晶体不纯,含有不挥发性杂质:_____。

(4)坩埚内附有不挥发性杂质:_____。

(5)粉末未完全变白就停止加热,进行称量计算:_____。

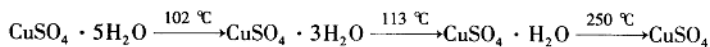
(6)加热时间过长,部分变黑:_____。

(7)加热后在空气中冷却称量:_____。

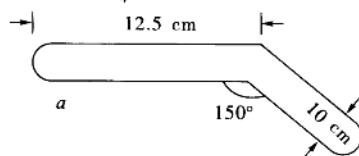
(8)加热过程中有少量晶体溅出:_____。

(9)两次称量结果相差 0.2 g,就不再继续加热而进行计算:_____。

7. 已知在坩埚中加热硫酸铜晶体,受热分解过程如下:



有人借助如图封闭装置进行硫酸铜晶体脱水实验，回答下列问题：



- (1) 本实验可用于验证的化学定律是_____。
- (2) a 处加热片刻后现象_____。
- (3) 你认为此装置设计是否合理、科学？_____，

如不合理，理由_____。

8. 根据实验室中测定硫酸铜晶体结晶水质量分数的实验，填定下列空白。

(1) 从下列仪器选出所需仪器(用标号字母填写)_____

- A. 托盘天平(带砝码) B. 研钵 C. 试管夹 D. 酒精灯 E. 蒸发皿 F. 玻璃棒
G. 坩埚 H. 干燥器 I. 石棉网 J. 三脚架

除上述仪器外，还需要的仪器是_____。

(2) 某学生实验各得到以下数据

加热前质量		加热后质量
W_1 (容器质量)	W_2 (容器质量 + 晶体质量)	W_3 (容器质量 + 无水硫酸铜质量)
5.4 g	7.9 g	6.8 g

请写出结晶水质量分数($x\%$)的计算公式(用 W_1, W_2, W_3)， $x\% =$ _____。

该生测定结果是偏高还是偏低？_____

从下列分析中选出该学生产生实验误差的原因可能是(填写字母)_____

- A. 加热前称量时容器未完全干燥 B. 最后两次加热后的质量相差较大
C. 加热后容器未放入干燥器中冷却 D. 加热过程中有少量溅失

9. 在测定硫酸铜结晶水的实验操作中：

(1) 加热前应将晶体放在_____中研碎，加热是放在_____中进行，加热失水后，应放在_____中冷却。

(2) 判断是否完全失水的方法是_____。

(3) 做此实验，最少应进行称量操作_____次。

(4) 下面是某学生一次实验的数据，请完成计算，填入下面的表中。

坩埚质量	坩埚与晶体总质量	加热后坩埚与固体总质量	测得晶体中结晶水个数
11.7 g	22.7 g	18.6 g	

(5) 这次实验中产生误差的原因可能是_____ (填字母代号) 所造成。

- A. 硫酸铜晶体中含有不挥发性杂质 B. 实验前晶体表面有湿存水
C. 加热时有晶体飞溅出去 D. 加热失水后露置在空气中冷却

单元小结

一、化学键与分子间作用力、氢键的比较

项目	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	物质的分子间存在的微弱的相互作用	某些含氢化合物分子间(或分子内)存在的比分子间作用稍强的作用力
范围	分子内或某些晶体内	分子间	分子间或分子内(如氨基酸、多肽、蛋白质)
能量	键能一般为: $120 \sim 800 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	约几个到数十个 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	强于分子间作用力小于化学键