



学法导航

高中教学同步辅导

GAOZHONGJIAOXUETONGBUFUDAO

高三



化学

教师用书

主编 肖荣

海南出版社



学法导航

高中教学同步辅导

GAOZHONGJIAOXUETONGBUFUDAO

高三

教师用书

化学

主 编 肖 荣

编 委 熊红松 唐灵生

张光辉 文良生

海南出版社

图书在版编目(CIP)数据

学海导航·高中教学同步辅导. 高三化学 / 肖荣主编

—海口:海南出版社,2002.12

教师用书

ISBN7-5443-0599-6

I.高... II.肖... III.化学课—教师用书(教育)—高中 IV.G633

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第090478号

学海导航·高中教学同步辅导

教师用书·化学(高三)

主 编 肖 荣

责任编辑 崔修彬

海南出版社 出版发行

海口市金盘开发区建设三横路2号

邮编:570216

湘潭市风帆印务有限公司印刷

各地新华书店经销

2004年12月第1版第1次印刷

开本:850×1168 1/16 印张:62 字数:178万

ISBN 7-5443-0599-6/G·228

定价:80.00元

(本书如有印装质量问题,影响阅读,请直接向承印厂调换)

前言

本书依据国家教育部颁布的高中化学教学大纲,参考《普通高中化学课程标准(实验)》和近年的《普通高等学校招生全国统一考试大纲》,以《全日制普通高级中学教科书化学第三册(必修加选修)》为蓝本,结合当前全国高中教学改革的发展趋势,与新教材同步,按单元分课时编写而成。

全面推行素质教育,培养学生的创新精神和实践能力的主渠道是学科教学。要使学生在化学基本知识及观察能力、实验能力、思维能力和自学能力等化学学科能力和综合素质得到全面提高,在课堂教学中必须充分发挥学生的主体作用,提高课堂教学效率。为此,我们设计了以学生为中心的编写体例。本书每一课时由【知能目标】、【教学建议】、【知识精要】、【典例示范】、【基础巩固】、【能力培养】、【迁移运用】等部分组成,每一单元后有“本章小结”和“单元检测”。

【知能目标】使师生明确本课时的学习目标,切合教学大纲对知识的要求。

【教学建议】针对本课时的特点,从方法角度,对教师的“教”和学生的“学”,提出某些建设性的建议。

【知识精要】指导学生把本节课所涉及的新知识进行归纳和梳理,并把关键知识设计成填空,由学生在预习的基础上完成。

【典例示范】通过对典型例题的“解剖分析”,对解题的“方法、规律、技巧”进行总结概括,然后以1到2个类似习题让学生“牛刀小试”,从而引导学生掌握知识、逐渐形成能力。

【基础巩固】习题突出基础性、同步性和针对性,为知识升华和能力形成奠定基础。

【能力培养】习题以培养学生的能力为核心,突出综合性、技巧性和新颖性,力求逐渐培养学生的化学学科能力和思维品质。

【迁移运用】习题是稍难的或教材的选学内容。供基础较好和对化学感兴趣的学生参考。

为了方便教师的讲评和学生的练测,本书分“教师用书”和“学生用书”。“教师用书”备有详细的答案,对难度较大的题目给出了解题分析,以减轻教师备课辅导的工作负担。“学生用书”以课时练测形式出现,学生练习均留有空白,便于学生参与教学和练习。“单元检测”均以活页试卷形式出现,具有很强的操作性。

考虑到高三教学的实际情况,为了更快进入第一轮复习,提高教学效率,本书在编写时,力争对教材新内容的同步辅导与高考第一轮复习有机地结合,尽量使学生一步到位,从而达到了缩短复习时间、提高学习效率的目的。

参加本书编写的老师有:第一单元和第二单元由熊红松编写;第三单元由肖荣和唐灵生编写;第四单元由张光辉编写;第五单元由文良生编写;第六单元由张光辉和肖荣编写。全书由肖荣统校、审定。

编写该书的同志都是一些长期执教教学一线的教师,相信这本高三化学教辅读物能为高三化学教学提供有益的参考。全体策划人员殷切期待广大读者对丛书提出宝贵意见,无边的学海昭示着我们:只有不懈努力,才会不断提高。(E-mail:editor@csxhsy.com)

编者

2004年12月

目 录

第一单元 晶体的类型与性质

第一节 离子晶体、分子晶体和原子晶体(共3课时)	(1)
第1课时	(1)
第2课时	(5)
第3课时	(8)
第二节 金属晶体(共1课时)	(11)
实验一 硫酸铜晶体里结晶水含量的测定	(14)
单元小结	(15)

第二单元 胶体的性质及其应用

第一节 胶体(共1课时)	(17)
第二节 胶体的性质及其应用(共1课时)	(21)
单元小结	(25)
单元检测卷(一)	(26)

第三单元 化学反应中的物质变化和能量变化

第一节 重要的氧化剂和还原剂(共2课时)	(31)
第1课时	(31)
第2课时	(35)
第二节 离子反应的本质(共2课时)	(38)
第1课时	(38)
第2课时	(41)
第三节 化学反应中的能量变化(共1课时)	(45)
第四节 燃烧热和中和热(共1课时)	(49)
实验二 中和热的测定	(53)
单元小结	(54)
单元检测卷(二)	(56)

第四单元 电解原理及其应用

第一节 电解原理(共3课时)	(60)
第1课时	(60)

目录

第 2 课时	(64)
第 3 课时	(67)
第二节 氯碱工业(共 2 课时)	(70)
第 1 课时	(70)
第 2 课时	(74)
实验三 电解饱和食盐水	(76)
单元小结	(77)
单元检测卷(三)	(78)

第五单元 硫酸工业

第一节 接触法制硫酸(共 2 课时)	(82)
第 1 课时	(82)
第 2 课时	(86)
第二节 关于硫酸工业综合经济效益的讨论(共 1 课时)	(90)
单元小结	(95)

第六单元 化学实验方案的设计

第一节 制备实验方案的设计(共 1 课时)	(96)
实验四 硫酸亚铁的制备	(100)
第二节 性质实验方案的设计(共 1 课时)	(101)
实验五 红砖中氧化铁成分的检验	(106)
第三节 物质检验实验方案的设计(共 1 课时)	(106)
实验六 明矾的检验	(112)
实验七 几组未知物的检验	(112)
第四节 化学实验方案设计的基本要求(共 1 课时)	(113)
实验八 实验习题	(119)
单元小结	(120)
单元检测卷(四)	(125)

第一单元 晶体的类型与性质

第一节 离子晶体、分子晶体和原子晶体(共3课时)

第1课时



知能目标

[P_n] (P_n表示该栏目在学生用书中所对应的页码。)

1. 了解离子晶体的晶体结构模型及其性质的一般特点。
2. 理解离子晶体的晶体类型与性质的关系。



教学建议

1. 教学中要将离子晶体与离子键的知识联系起来。
2. 教学中尽可能地通过展示离子晶体的模型帮助学生理解离子晶体的概念以及空间结构。



知识概要

[P₁]

一、离子晶体

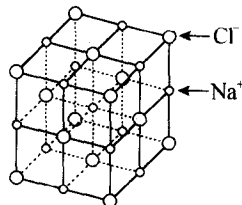
离子间通过 离子键 结合而成的晶体。

1. 结构分析

(1) NaCl 晶体: 面心立方结

构(见右图)

- ① 每个 Na⁺ 同时吸引 6 个 Cl⁻, 每个 Cl⁻ 同时吸引 6 个 Na⁺。

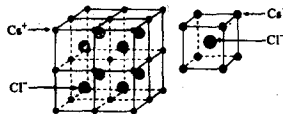


NaCl 的晶体结构模型

- ② Na⁺ 和 Cl⁻ 的数目比为 1:1。
- ③ 整个晶体中不存在单个的 NaCl 分子。

(2) CsCl 晶体: 体心立方结构(见右图)

- ① 每个 Cs⁺ 同时吸引 8 个 Cl⁻, 每个 Cl⁻ 同时吸引 8 个 Cs⁺。



CsCl 的晶体结构模型

② Cs⁺ 和 Cl⁻ 的数目比为

1:1。

③ 整个晶体中不存在单个的 CsCl 分子。

2. 性质特点

硬度较高, 密度较大, 难于压缩, 难于挥发, 有较高的熔、沸点。



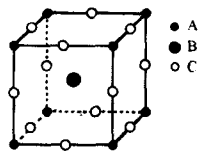
典例示范

[P₁]

【例1】右图是一种晶体的晶胞,

该离子晶体的化学式为 []

- A. ABC B. ABC₃
C. AB₂C₃ D. AB₃C₃



【解析】按均摊法, 顶点计 1/8, 棱中点计 1/4, 面心点计 1/2, 中心体内点计 1, 则一个晶胞中 A 为 $8 \times \frac{1}{8} = 1$ 个, B 为 1 个, C 为 $12 \times \frac{1}{4} = 3$ 个, 故该离子晶体的化学式为 ABC₃。

答案选 B。

【例2】比较下列离子化合物熔点的高低

- (1) ~~Na~~F 和 NaCl (2) MgO 和 NaCl

【解析】(1) 两者的阳离子一样, 阴离子所带电荷一样, F^- 的半径比 Cl^- 的小, 则 NaF 中的核间距小于 NaCl 中的核间距, NaF 的键能大于 NaCl 的键能, NaF 的键比 NaCl 的键更强, 故熔点: $NaF > NaCl$; (2) MgO 中的离子带的电荷比 NaCl 中带的离子电荷多, 而 Mg^{2+} 的半径比 Na^+ 小, O^{2-} 的半径比 Cl^- 小, 所以 MgO 中的离子键比 NaCl 离子键的核间距短, 键能大, 键更强, 故熔点: $MgO > NaCl$ 。

答案: (1) 熔点: $NaF > NaCl$ (2) 熔点: $MgO > NaCl$ 。

【方法、规律、技巧】

1. 如何比较离子晶体的熔、沸点

离子间通过离子键结合, 其强弱程度可由库仑定律进行比较: $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$, 显然, 离子所带电荷数越来越多, 半径越小即核间距越短, 离子键越强, 晶体熔、沸点越高。

2. 元素的原子半径、离子半径大小比较规律

(1) 同周期原子半径随原子序数递增逐渐减小(稀有气体元素除外)。如第三周期中: $Na > Mg > Al > Si > P > S > Cl$ 。

(2) 同主族原子半径随原子序数的递增逐渐增大。如第 I A 族中: $Li < Na < K < Rb < Cs$ 。

(3) 同周期阳离子半径随原子序数递增逐渐减小。如第三周期中: $Na^+ > Mg^{2+} > Al^{3+}$ 。

(4) 同周期阴离子半径随原子序数递增逐渐减小。如第三周期中 $P^{3-} > S^{2-} > Cl^-$ 。

(5) 同主族阳离子半径随原子序数递增逐渐增大。如第 I A 族中: $Na^+ < K^+ < Rb^+ < Cs^+$ 。

(6) 同主族阴离子半径随原子序数递增逐渐增大。如第 VII A 族中: $F^- < Cl^- < Br^- < I^-$ 。

(7) 阳离子半径总比相应原子半径小。如: $Na^+ < Na$, $Fe^{2+} < Fe$ 。

(8) 阴离子半径总比相应原子半径大。如: $S^{2-} > S$, $Br^- > Br$ 。

(9) 电子层结构相同的离子半径随核电荷数的增大而减小。如: $S^{2-} > Cl^- > K^+ > Ca^{2+}$, $Al^{3+} < Mg^{2+} < Na^+ < F^-$ 。

(10) 同一元素不同价态的离子半径, 价态越高则离子半径越小。如: $Fe > Fe^{2+} > Fe^{3+}$, $H^- > H > H^+$ 。

3. 均摊法确定晶体的化学式

在学习晶体时, 我们会遇到这样一类试题: 题目中给出晶体的一部分(称为晶胞)的图形, 要求我们确定晶体的化学式。求解这类题, 通常采用均摊法。

均摊法是先求出给出的图形(晶胞)中平均拥有的各种粒子(离子或原子)的数目, 再计算各种粒子数目的比值, 从而确定化学式。

均摊法有如下规则, 以 NaCl 的晶胞为例:

① 处于顶点的粒子, 同时为 8 个晶胞所共有, 所以, 每个粒子只分摊 1/8 给该晶胞。

② 处于棱上的粒子, 同时为 4 个晶胞所共有, 所以, 每个粒子只分摊 1/4 给该晶胞。

③ 处于面上的粒子, 同时为 2 个晶胞所共有, 所以, 每个粒子只分摊 1/2 给该晶胞。

④ 处于晶胞内部的粒子, 则完全属于该晶胞。

由此算出在 NaCl 的晶胞中:

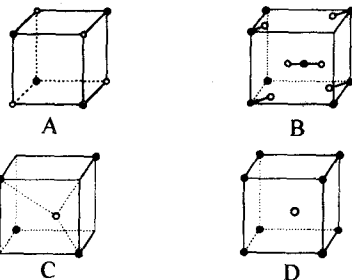
$$\text{含 } Na^+ \text{ 数: } 12 \times \frac{1}{4} + 1 = 4$$

$$\text{含 } Cl^- \text{ 数: } 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$$

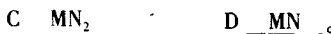
故 NaCl 晶体中, Na^+ 和 Cl^- 数目之比为 1: 1。

【牛刀小试】

1. 有下列离子晶体空间结构示意图:(●阳离子, ○阴离子)



以 M 代表阳离子, 以 N 代表阴离子, 写出各离子晶体的化学式。



【解析】 据晶胞结构想像晶体的三维空间结构, 不难发现晶胞形与数的关系。A 中 M、N 个数相等为: $4 \times \frac{1}{8} = \frac{1}{2}$,

B中M为 $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ 个, N为 $4 \times \frac{1}{2} + 2 = 4$ 个, C中M为 $4 \times \frac{1}{8} = \frac{1}{2}$ 个, N为1个, D中M为 $8 \times \frac{1}{8} = 1$ 个, N为1个, 所以化学式分别为 MN、 MN_2 、 MN_2 、MN。

2. 比较 MgF_2 、 $MgCl_2$ 、 $MgBr_2$ 熔点的高低。

答案: $MgF_2 > MgCl_2 > MgBr_2$



基础巩固

[P₂]

1. 下列说法中正确的是 [C]

- A. 离子晶体在固态时, 由于存在阴、阳离子, 所以能够导电
- B. 离子晶体的水溶液导电性都很强
- C. 离子晶体受热熔化时都能导电
- D. 离子晶体无论在固态或者熔化成液态都不能导电

2. 在 NaCl 晶体中, 与每个 Na^+ 距离等同且距离最近的几个 Cl^- 所围成的空间几何构型为 [C]

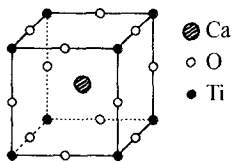
- A. 正四面体
- B. 正六面体
- C. 正八面体
- D. 正十二面体

3. 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 [B]

- A. $CaCl_2$
- B. Na_2O_2
- C. N_2
- D. NH_4Cl

【解析】题干中有两个限制条件: 属于离子晶体, 含有非极性键。属于离子晶体的有 $CaCl_2$ 、 Na_2O_2 、 NH_4Cl , 但只有 Na_2O_2 含有非极性键, 电子式为: $Na^+ [: \ddot{O} : \ddot{O} :]^{2-} Na^+$ 。故答案是 B。

4. 许多物质在通常条件下是以晶体的形式存在, 而一种晶体又可视作若干相同的基本结构单元构成, 这些基本结



构单元在结构化学中被称作晶胞。已知某化合物是由钙、钛、氧三种元素组成的晶体, 其晶胞结构如右图所示, 则该物质的化学式为 [C]

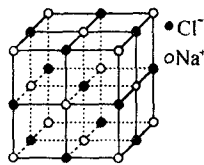
A. Ca_4TiO_3

B. Ca_4TiO_6

C. $CaTiO_3$

D. Ca_8TiO_{12}

5. 已知 NaCl 晶体中的最小重复单元(晶胞)如图所示, 氯化钠的摩尔质量为 M g/mol, 氯化钠的密度为 a g/cm³, 阿伏加德罗常数为 N_A , 回答下列问题:



(1) 每个 Na^+ 周围距离相等且最近的 Cl^- 所围成的空间构型为 八面体(双四棱锥);

(2) NaCl 晶体的晶胞可看作由 4 个 Na^+ 和 4 个 Cl^- 组成;

(3) 每个 Na^+ 周围距离相等且最近 Na^+ 有 12 个;

(4) 求氯化钠的晶体中最邻近的钠离子和氯离子中心

间的距离为 $\sqrt{\frac{3M}{2a \times N_A}} \text{ cm}$ 。

【解析】(1) 与每个 Na^+ 周围距离相等且最近的 Cl^- 有 6 个, 处在前后、左右、上下 6 个方位, 组成一个八面体。(2) $Na^+ = 8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4$, $Cl^- = 12 \times 1/4 + 1 = 4$ 个。(3) 将 Na^+ 放在体心的位置, 和这个 Na^+ 周围距离相等且最近的 Na^+ 处在 12 条棱的中心上, 有 12 个。(4) 设氯化钠的晶体中最邻近的钠离子和氯离子中心间的距离为 b cm, 则晶胞的边长为 $2b$ cm, 一个晶胞的体积为 $8b^3$ cm³, 若取 1 mol 的晶胞, 则由其质量可得: $8b^3 \text{ cm}^3 \times N_A \times a \text{ g/cm}^3 = 4 \times M \text{ g/mol}$,

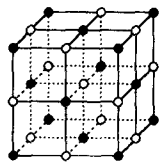
解得: $b = \sqrt{\frac{3M}{2a \times N_A}} \text{ cm}$ 。



能力培养

[P₃]

1. 氯化钠晶体结构如右图所示, 已知食盐的摩尔质量为 58.5 g/mol, 食盐的密度是 2.2 g/cm³, 阿伏加德罗常数为 6.0×10^{23} /mol, 在食盐晶体中



两个距离最近的钠离子中心间的距离最接近于下面四个数值中的哪一个 [C]

A. $3.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$

B. $3.5 \times 10^{-8} \text{ cm}$

C. $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$

D. $5.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$

【解析】已知一个晶胞中含4个 Na^+ 和4个 Cl^- ,设晶胞的边长为 a cm,则有 $6.0 \times 10^{23} / \text{mol} \times a^3 \text{ cm}^3 \times 2.2 \text{ g/cm}^3 = 4 \times 58.5 \text{ g/mol}$,解得: $a = 5.6 \times 10^{-8}$ cm,两个距离最近的钠离子中心间的距离为晶胞面对角线的一半,即为: $\frac{\sqrt{2}}{2} a = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 5.6 \times 10^{-8} \text{ cm} \approx 4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$ 。

☞ 2.萤石(CaF_2)晶体属于立方晶系, Ca^{2+} 处在晶胞(立方体)的顶点和面心的位置,若将晶胞平均分成8个小立方体, F^- 处在8个小立方体的体心位置,萤石中每个 Ca^{2+} 被8个 F^- 所包围,则每个 F^- 周围最近距离的 Ca^{2+} 数目为 [B]

- A. 2 B. 4
C. 6 D. 8

【解析】在晶胞中取一个小立方体, F^- 处在体心,小立方体的8个顶点上有一半是 Ca^{2+} ,所以 F^- 周围最近距离的 Ca^{2+} 数目为4。

☞ 3.经X射线研究证明 PCl_5 在固体状态时由空间构型分别是正四面体和正八面体的两种离子构成,下列关于 PCl_5 的推断错误的是 [CD]

- A. PCl_5 固体是离子晶体
B. PCl_5 晶体由 $[\text{PCl}_4]^+$ 和 $[\text{PCl}_6]^-$ 构成且离子数目之比为1:1
C. PCl_5 晶体由 $[\text{PCl}_3]^{2+}$ 和 $[\text{PCl}_7]^{2-}$ 构成且离子数目之比为1:1
D. PCl_5 固体具有良好的导电性

【解析】由题可知 PCl_5 在固体状态时由离子构成,所以 PCl_5 是离子晶体,A正确。由于离子的空间构型分别是正四面体和正八面体,所以在P原子的周围的Cl原子的数目分别为4和6,故B正确C错误。离子晶体在固态时离子不能自由移动,故不导电,D错误。

☞ 4. NaF 、 NaI 和 MgO 均为离子晶体,有关数据如下表:

物质	NaF	NaI	MgO
离子电荷	1	1	2
核间距/ $\times 10^{-10} \text{ m}$	2.31	3.18	2.10

试判断,这三种化合物熔点从高到低的顺序是 [B]

- A. $\text{NaF} > \text{NaI} > \text{MgO}$ B. $\text{MgO} > \text{NaF} > \text{NaI}$
C. $\text{MgO} > \text{NaI} > \text{NaF}$ D. $\text{NaI} > \text{NaF} > \text{MgO}$

【解析】 NaF 、 NaI 、 MgO 均为离子晶体,它们熔点高低由离子键的强弱决定,而离子键的强弱与核间距和离子电荷数有关, MgO 的核间距最短,离子电荷最高,故离子键最强,熔点最高,而 NaI 的核间距最长,离子电荷低,故离子键最弱,熔点最低。

☞ 5. Na_3N 是离子晶体,它与水作用可产生 NH_3 ,试回答下列问题:

- (1)用电子式表示 Na_3N 的形成过程
- $$\text{Na}^+ + \cdot \ddot{\text{N}} \cdot + \cdot \text{Na} \longrightarrow \text{Na}^+ \left[\underset{\text{Na}^+}{\overset{\cdot \cdot}{\text{N}} \cdot} \right]^- \text{Na}^+ ;$$
- (2)写出 Na_3N 与水反应的化学方程式 $\text{Na}_3\text{N} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 3\text{NaOH} + \text{NH}_3 \uparrow$,该反应属于 复分解 反应;
- (3)比较 Na_3N 中两种粒子的半径 $r(\text{Na}^+) < r(\text{N}^{3-})$ (填 $<$ 、 $=$ 、 $>$)

【解析】 Na_3N 与水的反应是 N^{3-} 与水电离出来的 H^+ 反应生成了 NH_3 。



迁移运用 [P₃]

☞有一种蓝色晶体,它的结构特征是 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 分别占据立方体互不相邻的顶点,而 CN^- 位于立方体的棱上。

(1)根据晶体结构特点,推出其化学式 $[\text{Fe}(\text{III})\text{Fe}(\text{II})(\text{CN})_6]^-$ (用最简单整数表示)。

(2)此化学式带何种电荷?写出此离子与其它离子(用 M^{n+} 或 M^{n-} 表示)结合成电中性的化合物的化学式。
带一个单位的负电荷,该化合物的化学式为:
 $\text{M}[\text{Fe}(\text{III})\text{Fe}(\text{II})(\text{CN})_6]^-$ 。

【解析】(1)由题意可知,1个立方体中含 Fe^{2+} 为 $4 \times 1/8 = 1/2$,含 Fe^{3+} 为 $4 \times 1/8 = 1/2$,含 CN^- 为 $12 \times 1/4 = 3$,所以 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 和 CN^- 的个数比为1:1:6,其化学式为 $[\text{Fe}(\text{III})\text{Fe}(\text{II})(\text{CN})_6]^-$ 。(2)由化学式易得解。

第2课时

知能目标 [P₁]

1. 了解分子晶体的晶体结构模型及其性质的一般特点。
2. 理解分子晶体的晶体类型与性质的关系。
3. 了解分子间作用力对物理性质的影响。
4. 常识性了解氢键及其对物理性质的影响。

教学建议

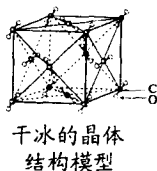
1. 可以通过复习有关化学键的知识引出分子间作用力的概念并解释对熔、沸点的影响。
2. 对熔、沸点与相对分子质量的一般关系应对学生说明应用范围。
3. 可利用课本中的讨论题,使学生认识了解氢键。
4. 让学生对比分子晶体和离子晶体,加深对两种晶体的认识。

知识精要 [P₁]

二、分子晶体

1. 概念: 分子间以分子间作用力相结合的晶体。

2. 干冰晶体的结构: 如图所示, 干冰晶胞呈立方晶胞结构, 其中八个顶角上排列着取向相同的 8 个二氧化碳分子, 三组平行面的面心上各有 一 个二氧化碳分子, 而且每组相对分子排列取向也相同。由此可知, 晶体中分子排列有一定的取向。



思考 1 属于一个干冰晶胞中的二氧化碳分子有几个?

【解析】有: $8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4$ 个。

思考 2 在干冰晶体中, 设立方体晶胞的棱长为 a , 则每个二氧化碳分子周围距离相等且最近的二氧化碳分子有几个? 其距离为多少?

【解析】假若选定立方体顶点上的一个 CO_2 分子, 则与其等距离最近的 CO_2 分子应在面心上, 这样的分子共有 12 个(同层 4 个, 上层 4 个, 下层 4 个), 且距离为 $\sqrt{2}a/2$ 。

3. 性质特点: 较 低 的熔、沸点, 较 小 的硬度, 不 导电。

(1) 分子间作用力与化学键

① 化学键存在于分子或物质内部 相邻原子 之间, 键能较 大。

② 分子间作用力存在于 分子 之间, 其能量较 小, 比化学键 弱 得多, 不 属于化学键。

(2) 分子间作用力与物质的熔、沸点关系: 一般来说, 对于组成和结构相似的物质, 随相对分子质量的增大, 分子间作用力 增强, 熔、沸点 升高。

(3) 氢键

① 氢键形成的条件: a. 分子中必须有 H 原子与其它原子形成的 强极性 键。如 $\text{H}-\text{F}$ 。b. 分子中必须有吸引电子能力 很强、原子半径 很小 的非金属原子。如 F、O、N 等。

② 氢键的表示方法: 用“ $\text{X}-\text{H}\cdots\text{Y}$ ”表示, 三原子要在 一条直线 上, 其中 X、Y 可同可不同, 如: $\text{F}-\text{H}\cdots\text{F}$ 、 $\text{O}-\text{H}\cdots\text{O}$ 、 $\text{N}-\text{H}\cdots\text{O}$ 等。

③ 氢键的特点: a. 比化学键 弱 得多, 比分子间作用力稍 强。* b. 具有 方向 性和 饱和 性。

④ 氢键的本质: 一般认为是一种 静电吸引 作用。

⑤ 分子间氢键的形成, 使物质的熔、沸点 升高。

典例示范 [P₁]

【例 1】下列变化过程中, 共价键被破坏的是 []

- A. 碘晶体升华 B. 溴蒸气被木炭吸附
C. 酒精溶于水 D. HCl 气体溶于水

【解析】A 中碘升华是 I_2 由固态变为气态, 只破坏了分子间的作用力。B 是一个物理过程, 物质本身没发生变化, C 中酒精分子扩散到水分子中, 分子间作用力发生了变化。D 中 HCl 气体溶于水, HCl 分子变成了水合氢离子和氯离子, 共价键被破坏。选 D。

【例 2】下列分子晶体的熔点变化顺序错误的是 []

- A. $I_2 > Br_2 > Cl_2 > F_2$
 B. $Cl_4 > CBr_4 > CCl_4 > CF_4$
 C. $H_2O > H_2Te > H_2Se > H_2S$
 D. $SbH_3 > AsH_3 > PH_3 > NH_3$

【解析】对于组成和结构相似的物质,随相对分子质量的增大,分子间作用力增强,熔、沸点升高,故A、B正确。但若分子间能形成氢键,该物质的熔、沸点将升高很多,如 H_2O 、 NH_3 分子间可形成氢键,它们比同类物质的熔、沸点都高,故C对D错。选D。

【牛刀小试】

1. 下列均由分子构成的一组化合物是 [B]
 A. H_2 、 CH_4 、 HCl B. CO_2 、 SO_2 、 HBr
 C. CaO 、 CO 、 NO D. N_2 、 SO_3 、 NO_2
2. 下列物质中能形成氢键的是 [BD]
 A. CH_4 B. HF
 C. CO D. NH_3



基础巩固

[P₃]

1. 干冰气化时,下列所述内容发生变化的是 [BC]
 A. 分子内共价键 B. 分子间作用力
 C. 分子间距离 D. 分子内共价键的核间距
2. 下列物质的晶体中,不存在分子的是 [D]
 A. 二氧化碳 B. 二硫化碳
 C. 硫化氢 D. 硫化钠
3. 下列物质熔点由高到低排列顺序正确的是 [C]
 A. $H_2Te > H_2Se > H_2S > H_2O$
 B. $SbH_3 > AsH_3 > PH_3 > NH_3$
 C. $SnH_4 > GeH_4 > SiH_4 > CH_4$
 D. $HF > HCl > HBr > HI$
4. 下列说法不正确的是 [B]
 A. 水中存在氢键, $O-H \cdots O$ 三原子处在一条直线上
 B. 氢键比化学键弱得多,但氢键仍然是化学键
 C. 分子晶体具有较低的熔、沸点,较小的硬度,不导电
 D. 水结冰时体积膨胀,密度减少,可以用氢键来解释



能力培养

[P₅]

1. 下列有关分子晶体的说法正确的是 [D]
 A. 分子晶体的熔沸点都很低,常温下都为气体
 B. 分子晶体中一定存在共价键
 C. 分子晶体中可能存在离子键
 D. 分子晶体中可能存在氢键

【解析】并不是所有分子晶体常温下都为气体;有些分子晶体,如 He 、 Ne 等不存在共价键;分子晶体中不可能存在离子键;有些分子晶体,如 H_2O 、 HF 、 NH_3 等存在氢键。

2. 固体乙醇晶体中不存在的作用力是 [C]
 A. 极性键 B. 非极性键
 C. 离子键 D. 氢键

【解析】固体乙醇晶体是乙醇分子通过分子间作用力结合的,在乙醇分子里有 $C-C$ 之间的非极性键, $C-H$ 、 $C-O$ 、 $O-H$ 之间的极性键,在分子之间还有 O 和 H 原子产生的氢键。在乙醇晶体中没有离子键,故答案为C。

3. 目前科学界拟合成一种“二重结构”的球形分子,即把足球型 C_{60} 分子容纳在足球型 Si_{60} 分子中,外面的硅原子与里面碳原子以共价键相结合,下列关于这种分子的叙述不正确的是 [A]
 A. 是两种单质组成的混合物
 B. 相对分子质量为2400
 C. 是一种新型的化合物
 D. 其晶体属分子晶体

【解析】 C_{60} 分子与 Si_{60} 分子已经以共价键结合在一起,形成新的化合物,故A错。

4. 参考下表熔点,回答下列问题:

物质	NaF	NaCl	NaBr	NaI	NaCl	KCl	RbCl	CsCl
熔点 ($^{\circ}C$)	995	801	755	651	801	776	715	646
物质	SiF_4	$SiCl_4$	$SiBr_4$	SiI_4	$SiCl_4$	$GeCl_4$	$SnCl_4$	$PbCl_4$
熔点 ($^{\circ}C$)	-90.2	-70.4	5.2	120.5	-70.4	-49.5	-36.2	-15.0

(1) 钠的卤化物熔点比相应硅的卤化物熔点高得多, 这与 晶体类型 有关, 因为 离子键键能比分子间作用力大得多, 故前者熔点远远高于后者。

(2) 硅的卤化物及硅、锗、锡、铅的氯化物熔点与 相对分子质量 有关, 随 相对分子质量 增大, 分子间作用力 增大, 故熔点依次升高。

(3) 钠的卤化物及碱金属的氯化物熔点与 离子半径 有关, 随着 离子半径 增大, 离子键键能 减小, 故熔点降低。

【解析】(1) 小题中钠的卤化物是离子晶体, 硅的卤化物形成分子晶体, 所以前者熔点比后者高很多, 这与晶体类型有关, 因离子键键能比分子间作用力大得多。(2) 小题中硅的卤化物及硅、锗、锡、铅的氯化物形成分子晶体, 且组成和结构相似, 因此, 随相对分子质量的增大, 分子间作用力增强, 熔点升高。(3) 小题中钠的氯化物及碱金属的氯化物属离子晶体, 熔点高低与离子半径有关, 随离子半径的增大, 离子键减弱, 熔点降低。

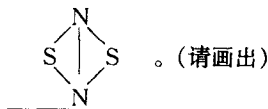


迁移运用

[P₃]

1. (SN)_n 是最早发现的无机高分子化合物(相对分子质量很大的化合物), n 是一个很大的整数。由许许多多的(SN)_n 分子组成的晶体, 有各向异性的结构特点。最典型的是, 从晶体两个互相垂直的方向上, 室温下测得其导电率, 其相差竟在 2 个数量级上。回答下列问题:

(1) 已知(SN)_n 由 S₂N₂ 聚合而生成, 在 S₂N₂ 中, S 和 N 的化合价视为相同, 则 S₂N₂ 分子结构是



(2) 上述晶体属于 分子晶体 (填晶体类型), 理由是 因为它靠(SN)_n 分子间的分子间作用维系成晶体。

(3) (SN)_n 分子的几何形状是平面型、立体型, 还是线型? 理由是什么?

线型。因为由线型分子整齐有序排列形成的晶体, 在线伸长方向及其垂直方向上结构不同, 性质相差较大, 若为立体结构, 不会如此; 而从 S₂N₂ 的结构推知, 它也不可能是平面型, 故只能是线型。

【解析】(1) 分子晶体的原子间应以共价键结合, S 最外层有 6 个电子, 应该成 2 对共用电子对, N 最外层有 5 个电子, 应该成 3 对共用电子对, 而 S 和 N 的化合价相同, 则 N 和 N 之间应有一对共用电子对(因为同元素的原子间的共用电子对不算价态), 每个 S 和 2 个 N 各有 1 对共用电子对, 每个 N 和 2 个 S 也各有 1 对共用电子对, 则易求解。

2. 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 年的能源需求。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 CH₄ 或 1 个游离水分子。据以上信息完成下列两题。

(1) 下列关于天然气水合物中两种分子极性的描述正确的是 [D]

- A. 两种都是极性分子
- B. 两种都是非极性分子
- C. CH₄ 是极性分子
- D. 水是极性分子, CH₄ 是非极性分子

(2) 若晶体中每 8 个笼只有 6 个容纳了 CH₄ 分子, 另外 2 个笼被游离水分子填充, 则天然气水合物的平均组成可表示为 [B]

- A. CH₄ · 14H₂O
- B. CH₄ · 8H₂O
- C. CH₄ · 7 $\frac{2}{3}$ H₂O
- D. CH₄ · 6 H₂O

【解析】(1) H₂O 是“V”型分子, 分子结构不对称, 是极性分子; CH₄ 是正四面体结构, 分子高度对称, 是非极性分子。

(2) n(CH₄):n(H₂O) = 6:(46+2) = 1:8

第3课时



知能目标

[P₆]

1. 了解原子晶体的结构模型及其性质的一般特点。
2. 理解原子晶体的晶体类型与性质的关系。
3. 培养空间想像能力和进一步认识“物质的结构决定物质的性质”的客观规律。



教学建议

1. 对比三种晶体的结构和性质,加深认识。
2. 可让学生对比 CO₂ 和 SiO₂ 的结构、性质上的异同点,讨论对比分子晶体和原子晶体的异同点。



知识精要

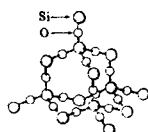
[P₆]

三、原子晶体

1. 概念: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。

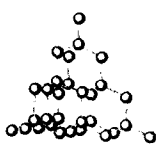
2. 典型晶体

(1) 二氧化硅晶体:在 SiO₂ 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, SiO₂ 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(如图所示)。



二氧化硅的晶体结构模型

(2) 金刚石晶体:金刚石也是一种原子晶体,其晶体结构与 SiO₂ 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(如图所示)。



金刚石的晶体结构模型

3. 性质特点:熔、沸点高,硬度大,一般不导电,难溶于常见的溶剂。



典例示范

[P₆]

【例 1】在金刚石的网状结构中,含有由共价键形成的碳原子环,其中最小的环上有 _____ (填数字)个碳原子,每个碳原子上的任意两个 C—C 键的夹角都是 _____ (填角度)。

【解析】从图分析可知,最小的环上有 6 个碳原子;由于每个碳原子与相邻的 4 个碳原子形成正四面体结构,故每个碳原子上的任意两个 C—C 键的夹角都是 109°28′。

答案:6 109°28′(或 109.5°)

【例 2】化工行业已合成有一种硬度比金刚石还大的晶体——氮碳化合物,若已知氮在化合物中显 -3 价,推断:

(1) 其化学式可能是 _____ ;

(2) 其晶体类型是 _____ ;

(3) 你认为其硬度比金刚石大的主要原因是 _____ 。

【解析】(1) 由 N 为 -3 价, C 为 +4 价,可知其化学式可能是 C₃N₄; (2) 由于其硬度很大,故是原子晶体。

答案:(1) C₃N₄ (2) 原子晶体 (3) 因为原子半径: N < C, 则核间距: C—N < C—C, 所以键能: C—N > C—C。键能越大,硬度越大。

【方法、规律、技巧】

1. 化学键与物质类别关系规律

(1) 只含非极性共价键的物质:同种非金属元素构成的单质,如: I₂、N₂、P₄、金刚石、晶体硅等。

(2) 只含有极性共价键的物质:一般是不同非金属元素构成的共价化合物,如: HCl、NH₃、SiO₂、CS₂ 等。

(3) 既有极性键又有非极性键的物质,如: H₂O₂、C₂H₂、CH₃CH₃、C₆H₆(苯)等。

(4) 只含有离子键的物质:活泼非金属元素与活泼金属元素形成的化合物,如: Na₂S、CaCl₂、K₂O、NaH 等。

(5) 既有离子键又有非极性键的物质,如: Na₂O₂、Na₄Si₄、CaC₂ 等。

(6)由离子键、共价键、配位键构成的物质,如: NH_4Cl 等。

(7)由强极性键构成但又不是强电解质的物质,如: HF 。

(8)只含有共价键而无范德华力的化合物,如:原子晶体 SiO_2 、 SiC 等。

(9)无化学键的物质:稀有气体,如:氩等。

2. 物质的熔、沸点变化规律和判断

(1)原子晶体中,原子间核间距越短,共价键越稳定,物质的熔、沸点越高,反之越低。

(2)离子晶体中,阴、阳离子半径越小,离子带的电荷数越多,离子键越强,熔、沸点越高,反之越低。

(3)分子晶体中,分子间作用力越大,物质的熔、沸点越高,反之越低(具有氢键的分子晶体熔、沸点反常地高)。

①对于结构相似分子,分子间作用力随相对分子质量增大而增强,故相对分子质量大的物质,其熔、沸点高。

②烃、卤代烃、醇、醛、羧酸等有机物一般随着分子里碳原子数增多,熔、沸点升高。

③同分异构体中,随着支链增多,熔、沸点降低。

④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。

⑤在高级脂肪酸甘油酯(即油脂)中,烃基的不饱和程度越大,熔、沸点越低。

(4)金属晶体中,金属原子的价电子数越多,原子半径越小,金属阳离子与自由电子的作用越强,金属键越强,熔、沸点越高。

(5)晶体类型不同时,一般规律为:

原子晶体 > 离子晶体 > 金属晶体 > 分子晶体

【牛刀小试】

1. 下列物质的晶体中,不存在分子的是 [A]

- A. 二氧化硅 B. 二氧化硫
C. 二氧化碳 D. 二硫化碳

【解析】 SiO_2 、 SO_2 、 CO_2 、 CS_2 中,只有 SiO_2 属于原子晶体,不存在分子,故选 A。

2. 二氧化硅晶体中,每个硅原子通过 4 个氧原子与它周围的 4 个硅原子形成的空间结构为 正四面体 形;并推算

二氧化硅晶体中最小的硅氧原子环上共有 12 个原子。



基础巩固

[P₇]

1. 下列物质中,属于原子晶体的化合物是 [A]

- A. 水晶 B. 晶体硅
C. 金刚石 D. 干冰

【解析】题干有两个条件:原子晶体、化合物。属于化合物的是水晶(SiO_2)和干冰,而干冰是分子晶体。故选 A。

2. 金刚石晶体中碳原子数与 C—C 键数之比为 1:2。

【解析】晶体中每个 C 原子参与了 4 条 C—C 键的形成,而在每条键中的贡献只有一半,故 C 原子数与 C—C 键数之比为 $1:(4 \times 1/2) = 1:2$ 。

3. 同为结构相同的原子晶体,为什么金刚石比晶体 Si 的熔、沸点高?

原子晶体熔、沸点高是因共价键键能大,而键能的大小又主要取决于原子半径的大小。由于原子半径 $C < Si$,所以 C—C 核间距 $< Si-Si$ 核间距, C—C 键能 $> Si-Si$ 键能,所以熔、沸点:金刚石 $>$ 晶体 Si。

4. 原子晶体不可能具有的性质是 [BC]

- A. 很高的熔沸点 B. 一般有良好的导电性
C. 易溶于极性溶剂 D. 硬度一般很大



能力培养

[P₇]

1. 氮化硅(Si_3N_4)是一种新型的耐高温耐磨材料,在工业上有广泛的用途,它属于 [A]

- A. 原子晶体 B. 分子晶体
C. 金属晶体 D. 离子晶体

2. 2003 年美国《科学》杂志报道:在超高压下,科学家用激光器将二氧化碳加热到 1800K,成功制得了类似石英的原子晶体二氧化碳,下列推断正确的是 [C]

- A. 原子晶体二氧化碳的熔、沸点很低
B. 原子晶体二氧化碳易气化,可用作致冷材料
C. 原子晶体二氧化碳硬度大,可用作耐磨材料
D. 每摩尔原子晶体二氧化碳中含 2mol C—O 键

【解析】由于是原子晶体,故硬度大,可用作耐磨材料;由于原子晶体二氧化碳的结构类似于石英,每个 C 和 4 个 O 形

成 C—O 键,故每摩尔原子晶体二氧化碳中应含 4 mol C—O 键。

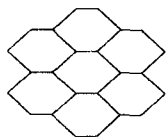
☞ 3. 下表所列有关晶体的说明,有错误的是 [C]

选项	A	B	C	D
晶体名称	碘化钾	干冰	石墨	碘
组成晶体的 粒子名称	阴、阳离子	分子	原子	分子
晶体内存在 的作用力	离子键	分子间 作用力	共价键	分子间 作用力

【解析】石墨是混合型晶体,其晶体内除共价键外,还存在分子间作用力。故选答案 C。

☞ 4. 若去掉 SiO₂ 晶体中的 O 原子,则可得到与金刚石空间网状结构相同的晶体——Si 的晶体。Si 晶体属 原子 晶体。已知金刚砂即碳化硅(SiC)质地坚硬,常用作优质磨料。其结构和金刚石相似,只是碳的骨架结构中有一半位置被 Si 原子所取代,形成 C—Si 交替的空间网状结构。金刚砂属于 原子 晶体,其熔、沸点与金刚石、晶体 Si 相比高低顺序为 金刚石 > 碳化硅 > 晶体 Si。

【解析】据 Si 晶体和金刚砂的结构和性质不难推断为原子晶体。比较 C、Si 原子半径,不难得出核间距: C—C < C—Si < Si—Si, 则键能: C—C > C—Si > Si—Si, 所以熔、沸点为金刚石 > 碳化硅 > 晶体 Si。



☞ 5. 石墨的片层结构如图所示, 试回答:

(1) 片层中平均每个六元环含碳原子数为 2 个。

(2) 在片层结构中,碳原子数、C—C 键数、六元环数之比为 2:3:1。

【解析】在石墨的片层结构中,我们以一个六元环为研究对象,由于碳原子为三个六元环共用,即属于每个六元环的碳原子数为 $6 \times 1/3 = 2$; 另外碳碳键数为二个六元环共用,即属于每个六元环的碳碳键数为 $6 \times 1/2 = 3$ 。



迁移运用

[P₉]

☞ 1. 已知 C₃N₄ 晶体很可能具有比金刚石还大的硬度,且原

子间均以单键结合。下列关于 C₃N₄ 晶体的说法正确的是 [C]

A. C₃N₄ 晶体是分子晶体

B. C₃N₄ 晶体中, C—N 键的核间距比金刚石中的 C—C 键的核间距要长

C. C₃N₄ 晶体中每个 C 原子连接 4 个 N 原子, 而每个 N 原子连接 3 个 C 原子

D. C₃N₄ 晶体中粒子间通过离子键结合

【解析】由 C₃N₄ 晶体的硬度和结构可知, C₃N₄ 晶体应为原子晶体, A、D 错误; N 原子的半径比 C 原子的小, C₃N₄ 晶体中, C—N 键的核间距比金刚石中的 C—C 键的核间距要短, B 错误; C₃N₄ 中 C 原子最外层为 4 个电子, 每个 C 原子可与 4 个 N 原子成 4 对共用电子对, N 原子最外层为 3 个电子, 每个 N 原子连接 3 个 C 原子成 3 对共用电子对, C 正确。

☞ 2. 氮化硅是一种高温陶瓷材料, 它的硬度大、熔点高、化学性质稳定, 工业上曾普遍采用高纯硅与纯氮在 1300℃ 反应获得。

(1) 氮化硅晶体属于 原子 晶体(填晶体类型)。

(2) 根据性质, 推测氮化硅陶瓷的用途是 ACD。

- A. 制汽轮机叶片 B. 制有色玻璃
C. 制永久性模具 D. 制造柴油机

(3) 已知氮化硅晶体结构中, 原子间都以单键相连, 且 N 原子和 N 原子、Si 原子和 Si 原子不直接相连, 同时每个原子都满足 8 电子稳定结构。请写出氮化硅的化学式 Si₃N₄。

(4) 氮化硅陶瓷抗腐蚀能力强, 除氢氟酸外, 它不与其他无机酸反应。试推测该陶瓷被 HF 腐蚀的化学方程式为 Si₃N₄ + 12HF = 3SiF₄ + 4NH₃。

(5) 现用四氯化硅和氮气在氢气气氛保护下, 加强热发生反应, 可得较高纯度的氮化硅。反应的化学方程式为 3SiCl₄ + 2N₂ + 6H₂ = Si₃N₄ + 12HCl。

【解析】(1)(2) 由氮化硅的性质特点可推知它的晶体类型和用途; (3) 由 N 原子和 C 原子的最外层电子数及题给条件可推知一个 N 要连接 3 个 Si, 一个 Si 要连接 4 个 N, 故其化学式为 Si₃N₄; (4)(5) 由题给条件易求解。

第二节 金属晶体(共1课时)



知能目标 [P₈]

1. 了解金属晶体的模型及性质的一般特点。
2. 能用金属晶体的有关知识解释金属的一些共同性质。
3. 通过比较四种晶体,培养科学的学习方法。



教学建议

1. 对金属键的概念不作要求。
2. 利用实物、录像和动画等,使学生能更好地将性质与结构联系在一起。



知识精要 [P₈]

一、金属晶体概念

1. 概念:通过金属离子与自由电子之间的较强作用形成的晶体。

2. 构成:金属离子、自由电子。

二、金属晶体的物理性质

1. 物理性质:有金属光泽、易导电导热、有良好的延展性,但熔、沸点的差异较大。

2. 金属晶体的结构与金属性质的内在联系

(1) 导电性:金属的自由电子在外加电场作用下定向运动,形成电流。——与自由电子有关

(2) 导热性:自由电子与金属离子相互碰撞,两者发生能量交换,通过自由电子运动,把能量从温度高的部分传到温度低的部分。——与自由电子有关

(3) 延展性:金属离子与自由电子的相互作用没有方向性,外力作用下,晶体中各原子层发生相对滑动,金属发生形变,但不会断裂。——与金属键有关



典例示范 [P₉]

【例1】金属的下列性质中,能用金属晶体结构加以解释

的是

- ①容易导电 ②容易导热
③有延展性 ④易锈蚀
A. ②④ B. ①②④
C. ①②③④ D. ①②③

【解析】金属的导电性导热性与自由电子有关,延展性也与金属结构有关,故选D。

【例2】物质结构理论推出:金属晶体中金属离子与自由电子之间的强烈相互作用,叫金属键。金属键越强,其金属的硬度越大,熔沸点越高,且据研究表明,一般说来金属原子半径越小,价电子数越多,则金属键越强。由此判断下列说法错误的是

- A. 镁的硬度大于铝 B. 镁的熔沸点低于钙
C. 镁的硬度大于钾 D. 钙的熔沸点高于钾

【解析】铝的原子半径比镁原子的小,价电子数比镁原子的多,则金属键铝比镁强,铝的硬度大于镁,A错误;镁的原子半径比钙原子的小,价电子数与钙原子一样,则金属键镁比钙强,镁的熔沸点高于钙,B项错误。选AB。

【方法、规律、技巧】

1. 金属晶体的形成和结构

固体金属单质都是由金属原子紧密堆积而形成的晶体,每一个金属原子的周围都有较多的金属原子围绕着(参看教材P₉图1—15)。为什么呢?

由于金属原子的价电子比较少,容易失去价电子成为金属离子(带电荷的金属原子)。这些释出来的电子称为自由电子。自由电子不专属于某个特定的金属离子,而为整个金属晶体所共有,它们在整个晶体里自由地运动着(参考教材P₉图1—16),形成了自由电子的“海洋”。释出价电子后的金属离子就沉浸在这种“海洋”中(抵消了金属离子之间的斥力)。这种自由电子跟金属离子之间较强烈的相互作用(称为金属键),使许多金属离子按一定规律排列形成金属晶体。