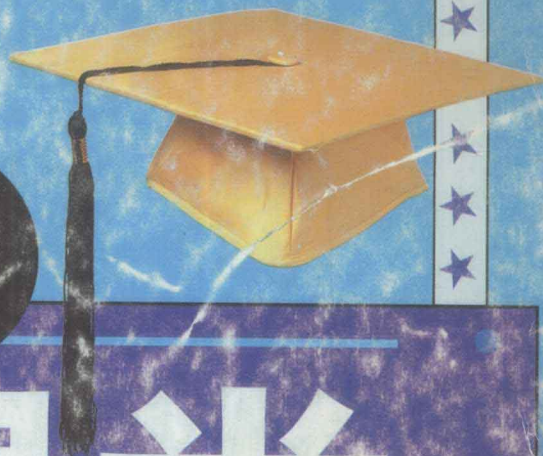




1+1

大课堂

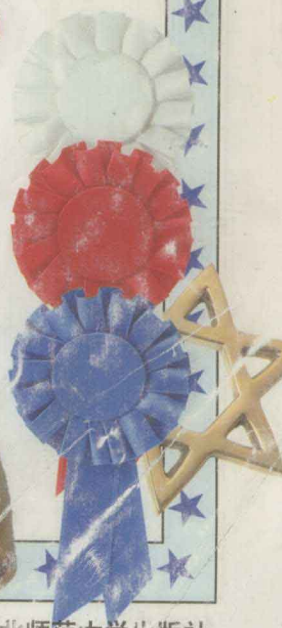
Da Ketang

高中化学

三年级

李 赤 主编

全一册



东北师范大学出版社



1+1

大课堂

Da Ketang

高中化学

三年级

李 赤 主编

全一册



东北师范大学出版社
长春

.....
☐主 编:李 赤
☐副 主 编:刘荣铁 吴启键 郑子曲
☐编 委:刘文永 朱 越 李咏虹 赵大川 孙琳琳
张怡心 徐 佳 王红娟 孙国辉
.....

图书在版编目(CIP)数据

1+1 大课堂·高中化学·三年级/李赤主编·—长春:
东北师范大学出版社,2002.7
ISBN 7-5602-3072-5

I. 1.1... II. 李... III. 化学课—高中—教学参考资料
IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 052029 号

☐出 版 人:贾国祥 ☐总策划:第三编辑室
☐责任编辑:岳国菊 ☐封 面 设 计:魏国强
☐责任校对:叶 青 ☐责 任 印 制:张文霞

东北师范大学出版社出版发行
长春市人民大街 138 号(130024)
电话:0431—5695744 5688470
传真:0431—5695744 5695734
网址:<http://www.nnup.com>
电子函件:sdcbs@mail.jl.cn

东北师范大学出版社激光照排中心制版

长春第二新华印刷有限责任公司印刷

2002 年 7 月第 1 版 2002 年 7 月第 1 次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:16.5 字数:440 千

印数:00 001—8 000 册

定价:17.00 元

出版说明

培养中小学生的创新精神、创造性思维方式,提高创造性地运用知识解决实际问题的能力,是国家九五重点研究的课题,是中小学教师在教学过程中不断追求的目标,更是我们编写《1+1大课堂》的主旨。今天,我们将这套书作为一份厚礼,奉献给广大同学。

走进大课堂,新理念、新思维、新方法、新视觉使你目不暇接,流连忘返。

走进大课堂,巩固课内,拓展课外,定使你收获匪浅。

走进大课堂,创新题型、应用题型、竞赛题型,会培养你的创造性思维方式、多角度的探索精神、综合运用知识的能力。

让我们一起走进大课堂:

《1+1大课堂》吸收“九五”国家重点课题“面向21世纪中国基础教育课程教材改革实验”的最新研究成果,重视中小学课程一体化理论的应用,无论是内容和方法都具有超前性和实用性。

《1+1大课堂》按最新课程标准设计内容,依托人民教育出版社最新版本教材,又不局限于教材,具有很强的灵活性和指导性。

《1+1大课堂》既注意课内知识的学习,又兼顾课外能力的培养,包括竞赛能力及综合素质的训练。作为少有的一套与教材同步的竞赛辅导书,既是对中小学课程教材的丰富,又是中小学生在双休日、寒暑假课外活动的极好辅助读物。

《1+1大课堂》与人民教育出版社教材相配套,即一本教材配一本辅导书(上、下册配上、下册,全一册配全一册),分小学语文、数学,中学语文、外语、数学、物理、化学,共69册,其中秋季版41册。每册由知识链接、学法扫描、例题引路、分层体验、实际应用、答案放映六部分组成。

知识链接:在阐述本章与前后内容联系的同时,对知识点进行归纳总结,帮助学生从整体知识角度,理清知识脉络,构建科学的知识结构。

学法扫描:对本章知识点进行学习方法指导,针对学生学习所遇到的问题和困难,介绍学习策略,分析规律技巧,拓展发散思维空间。

例题引路:除对接近教材中典型习题加以分析外,还根据中小学教材内容增加竞赛内容,精选近年中、高考试题和作者多年教学积累的典型题目。通过例题分析,引导学生形成解题思路,掌握科学思维方法。

分层体验:精编基本题和提高题。基本题围绕重点、难点选题,旨在学好课本,巩固知识;提高题则以近年中、高考题和学科内综合题、跨学科综合题为主,意在培养学生综合运用所学知识分析和解决实际问题,提高创新能力。

实际应用:侧重理论联系实际,扩展学生知识视野,把生活中的具体问题知识化,从而提升学生的科学观念和素质。

答案放映:每章练习题均有答案,并配有提示与解题思维指导,使学生知其然也知其所以然,同时便于学生复习使用。

《1+1 大课堂》由全国重点中小学特级和高级教师编写,大部分教师是参加教育部“面向 21 世纪教育振兴行动计划——跨世纪园丁工程”的骨干教师,具有很高的权威性。

《1+1 大课堂》充分体现了求实、求新、求活的教育理念,它必将成为教辅书海中的又一颗璀璨明珠!望天下学子,走进我们的大课堂,跨知识海洋,攀科学高峰!

东北师大出版社第三编辑室

2002 年 5 月

目 录

第一章 晶体的类型与性质 1

知识链接	1
学法扫描	2
例题引路	3
分层体验	8
基本题	8
提高题	11
实际应用	13
答案放映	14

第二章 胶体的性质及其
应用 16

知识链接	16
学法扫描	17
例题引路	18
分层体验	22
基本题	22
提高题	24
实际应用	26
答案放映	26

第三章 化学反应中的物质变化
和能量变化 29

知识链接	29
学法扫描	30
例题引路	34
分层体验	42
基本题	42
提高题	46
实际应用	50
答案放映	51

第四章 电解原理及其应用 54

知识链接	54
------------	----

学法扫描	55
例题引路	57
分层体验	61
基本题	61
提高题	64
实际应用	67
答案放映	69

第五章 硫酸工业 72

知识链接	72
学法扫描	73
例题引路	74
分层体验	78
基本题	78
提高题	79
实际应用	81
答案放映	82

第六章 化学实验方案的
设计 84

知识链接	84
学法扫描	84
例题引路	86
分层体验	90
基本题	90
提高题	92
实际应用	94
答案放映	96

专题一 氧化还原反应规律及
应用 98

知识链接	98
例题引路	98
分层体验	100
答案放映	101

专题二 配平氧化还原反应**方程式** 102

知识链接 102

例题引路 102

分层体验 104

答案放映 104

专题三 物质结构 105

知识链接 105

例题引路 105

分层体验 108

答案放映 109

专题四 元素周期律和元素**周期表** 110

知识链接 110

例题引路 110

分层体验 114

答案放映 116

专题五 根据空间形象及信息**分析物质结构和相关****性质** 117

知识链接 117

例题引路 117

分层体验 119

答案放映 120

专题六 化学反应速率 121

知识链接 121

例题引路 121

分层体验 123

答案放映 124

专题七 化学平衡 125

知识链接 125

例题引路 125

分层体验 127

答案放映 128

专题八 等效平衡 129

知识链接 129

例题引路 129

分层体验 130

答案放映 131

专题九 化学反应速率和化学**平衡图像** 132

知识链接 132

例题引路 132

分层体验 134

答案放映 135

专题十 化学平衡计算 136

知识链接 136

例题引路 136

分层体验 138

答案放映 139

专题十一 弱电解质的电离**平衡** 140

知识链接 140

例题引路 140

分层体验 141

答案放映 142

专题十二 溶液的 pH 143

知识链接 143

例题引路 143

分层体验 145

答案放映 145

专题十三 水解平衡 146

知识链接 146

例题引路 146

分层体验 147

答案放映 148

专题十四 离子反应和离子**方程式** 149

知识链接 149

例题引路 150

分层体验 152

答案放映 153

专题十五 离子共存	154	专题二十一 不饱和度概念的应用	177
知识链接	154	知识链接	177
例题引路	154	例题引路	177
分层体验	156	分层体验	179
答案放映	156	答案放映	180
专题十六 溶液中离子浓度的比较	157	专题二十二 同系物与同分异构体	181
知识链接	157	知识链接	181
例题引路	157	例题引路	181
分层体验	158	分层体验	183
答案放映	159	答案放映	184
专题十七 电化学基础	160	专题二十三 有机反应与合成	185
知识链接	160	知识链接	185
例题引路	160	例题引路	185
分层体验	161	分层体验	188
答案放映	162	答案放映	189
专题十八 非金属及其化合物	163	专题二十四 有机物的推断	191
知识链接	163	知识链接	191
例题引路	163	例题引路	191
分层体验	165	分层体验	194
答案放映	166	答案放映	196
专题十九 金属元素及其化合物	167	专题二十五 有机物的燃烧规律及应用	197
知识链接	167	知识链接	197
例题引路	167	例题引路	197
分层体验	169	分层体验	199
答案放映	171	答案放映	199
专题二十 新情境化学方程式的书写	172	专题二十六 有机化学计算	200
知识链接	172	知识链接	200
例题引路	172	例题引路	200
分层体验	174	分层体验	201
答案放映	175	答案放映	202

**专题二十七 常用化学仪器及
化学实验基本操作**

..... 203

知识链接	203
例题引路	203
分层体验	206
答案放映	207

专题二十八 物质的鉴别 208

知识链接	208
例题引路	208
分层体验	210
答案放映	211

**专题二十九 物质的分离和
提纯** 212

知识链接	212
例题引路	212
分层体验	214
答案放映	215

专题三十 实验设计 216

知识链接	216
例题引路	216
分层体验	219
答案放映	220

专题三十一 综合实验设计 222

知识链接	222
例题引路	222
分层体验	224
答案放映	226

**专题三十二 有关阿伏加德罗
定律的计算** 228

知识链接	228
例题引路	228
分层体验	231
答案放映	231

**专题三十三 有关 H_2S 燃烧的
计算** 232

知识链接	232
------------	-----

例题引路	232
分层体验	234
答案放映	235

**专题三十四 有关氮的氧化物
及氢化物的计算**

..... 236

知识链接	236
例题引路	236
分层体验	238
答案放映	239

**专题三十五 有关 Na_2O_2 , NaHCO_3
参加和生成反应的
计算** 240

知识链接	240
例题引路	240
分层体验	242
答案放映	243

**专题三十六 新材料与生活中
的化学** 244

知识链接	244
例题引路	244
分层体验	245
答案放映	246

**专题三十七 环境保护与绿色
化学** 248

知识链接	248
例题引路	248
分层体验	250
答案放映	250

专题三十八 理科综合 251

知识链接	251
例题引路	251
分层体验	254
答案放映	256

第一章 晶体的类型与性质

★知识链接

本章是在前面学过的原子结构、化学键的基础上,研究晶体的组成、结构和性质。

1. 理解四种晶体的概念

离子晶体——由阴、阳离子通过离子键结合而成的晶体。

分子晶体——由分子通过分子间作用力结合而成的晶体。

原子晶体——由原子通过共价键结合而成的晶体。

金属晶体——由金属阳离子和自由电子通过金属键结合而成的晶体。

2. 理解晶体结构与性质的关系

(1)晶体的熔沸点及硬度由晶体内微粒之间的作用强弱所决定。分子间作用力弱,所以分子晶体的熔沸点低,硬度小。其他晶体都由化学键结合,熔沸点高或较高。

(2)晶体的导电性由构成晶体的质点所决定。金属晶体、石墨(过渡型)晶体中有自由移动的电子,所以能导电。离子晶体熔融时,有自由移动的离子,所以也能导电。分子晶体熔融时,质点是分子,不导电,但如果溶于水后,在水分子的作用下能离解为阴、阳离子,就能导电了。

(3)晶体的溶解性比较复杂,不仅与构成晶体的微粒有关、与微粒间的作用类型和作用力大小有关,还与溶剂有关。水是极性溶剂,许多离子晶体和由极性分子组成的分子晶体一般溶于水。原子晶体难溶于水和有机溶剂。金属晶体也难溶于水或有机溶剂(除非发生反应)。

3. 掌握典型晶体的结构特征

(1)离子晶体以 NaCl 型和 CsCl 型为代表(见下图)。它们的阴、阳离子个数比都是 1:1,但它们的晶胞是不同的。通过对晶胞的分析,理解 NaCl 和 CsCl 不是分子式,而是化学式。理解阴、阳离子的相对位置,建立良好的空间结构,并进行必要的计算(如密度与离子核间距离的关系等)。

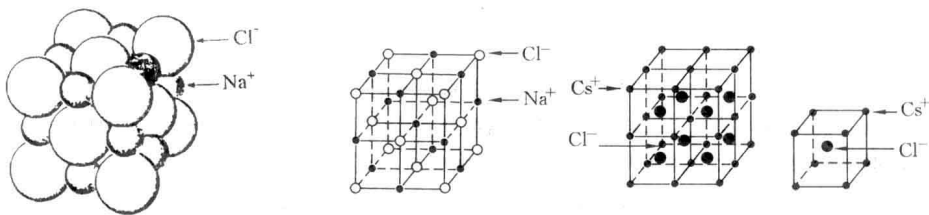


图 1-1

(2)原子晶体以金刚石为代表。每个碳原子以共价键与四个碳原子相连,它们的键长、键能、键角相等,形成正四面体结构,由此向空间发展,构成彼此联结的立体网状晶体(如右图)。从图中还可发现,最小的环是六元环,形成“椅型”的六边形。

晶体硅的结构与金刚石相似,也是正四面体向空间发展形成的立体网状结构,区别在于硅原子的半径比碳原子半径大,因此键长、键能不同,熔沸点也就不同。二氧化硅的结构只有局部与金刚石类似,即硅与四个氧原子相连,形成正四面体的结构,但氧原子只连接两个硅原子,相当于许多正四面体顶点通过氧原子相接,向空间发展形成立体网状的晶体。



图 1-2

4. 比较四种晶体的结构和性质

表 1-1

晶体类型	离子晶体	原子晶体	分子晶体	金属晶体
晶体质点(微粒)	阴、阳离子	原子	分子	金属阳离子、自由电子
微粒间作用(力)	离子键	共价键	分子间作用力	金属键
熔沸点	相对较高	很高	很低或较低	一般较高,少部分低
硬度	较硬而脆	很硬	一般很软	一般较硬,少部分软
溶解性	多数易溶于极性溶剂,不溶于有机溶剂	难溶解于一般溶剂	相似相溶	难溶(Na等与水反应)
导电情况	晶体不导电,能溶于水的,其水溶液导电;熔化导电	有的能导电,如硅是半导体, SiO ₂ 、金刚石不导电	晶体不导电;溶于水后能电离的,其水溶液可导电;熔化不导电	晶体导电;熔化导电
实例	NaCl, CaCO ₃ , NaOH, Mg ₃ N ₂	金刚石、水晶、碳化硅、SiO ₂ 、B ₁₀	干冰、冰、纯磷酸、HCl(固)、H ₂ (固)、I ₂	Na, Mg, Al, Fe, Hg(固), 合金

★学法扫描

1. 怎样判断晶体的类型

(1)根据构成晶体的微粒种类或微粒间的相互作用情况进行判断。

分子组成的晶体是分子晶体,原子组成(除金属)的晶体是原子晶体,离子组成的晶体是离子晶体,金属组成的晶体是金属晶体。

例如,CaO晶体是活泼的金属钙与活泼的非金属氧组成,它们有得失电子,形成Ca²⁺和O²⁻,所以是离子晶体。SO₃是分子,它形成的晶体就是分子晶体。绝大多数的有机物是分子组成的,所以有机物形成的晶体绝大多数为分子晶体。惰性气体的组成微粒是单原子分子,所以惰性气体形成的晶体也是分子晶体。

(2)根据晶体的物理性质判断。

对一些不知组成的晶体或已知组成但还无法确定晶体类型的晶体,可以通过测定晶体的物理性质进行判断。

例如,BN是一种新合成的结构材料,它是分子晶体还是原子晶体呢?我们要测定它的物理性能。经测定,它具有超硬度、耐磨、耐高温的特性,由此可知它不可能是分子晶体,当然也不可能是金属晶体与离子晶体,只能是原子晶体。

2. 怎样判断晶体熔沸点的高低

(1)根据晶体的类型判断。不同晶型的物质,熔沸点的高低顺序一般是:原子晶体>离子晶体>金属晶体>分子晶体。如:晶体硅>氯化钠>镁>二氧化碳。但应注意,金属晶体也有一些熔沸点很高的,如钨。

(2)同晶型的晶体熔沸点高低由晶体内微粒间的作用强弱所决定。

原子晶体要比较共价键的强弱。一般地说,原子半径越小,形成的共价键越短,键能就越大,其晶体熔沸点就越高,如熔点:金刚石>碳化硅>晶体硅。

离子晶体要比较离子键的强弱。一般地说,阴阳离子的电荷数越多,离子半径越小,则离子间的作用就越强,其晶体的熔沸点就越高,如熔点:MgO>MgCl₂>NaCl>CsCl。

金属晶体中金属离子半径越小,离子电荷数越多,其金属阳离子与自由电子间的作用力越强,金属熔沸点就越高,如熔点Al>Mg>Na。

分子晶体的熔沸点比较复杂。一般地说,组成和结构相似的物质,相对分子质量越大,熔沸点越高,如I₂>Br₂>Cl₂>F₂。组成与结构不相似的分子晶体,分子极性越大,其熔沸点就越高,如熔沸点:HCl>CH₄, SO₂>CO₂。在同分异构体中,一般地说,支链数越多,熔沸点越低,如熔沸点:正戊烷>异戊烷>新戊烷。同分异构体的芳香烃及其衍生物,其熔沸点高低顺序是邻位化合物>间位化合物>对位化合物。

3. 怎样判断晶体的导电性

晶体的导电性取决于晶体中有无自由移动的带电粒子(自由电子或阴、阳离子)。

原子晶体和分子晶体里既没有离子,也没有自由电子,都不导电(石墨属于混合型晶体,能导电)。它们熔化成液态时,自由移动的微粒是原子或分子,也不导电。

离子晶体是由阴阳离子组成的。但在固态时,阴阳离子不能自由移动,所以一般不导电。在熔化成液体后,阴阳离子能自由移动,所以能导电。离子晶体若能溶于水,进入水中的水合阴阳离子能自由移动,所以也能导电。

金属晶体因为存在自由电子,所以固态或熔化为液态均能导电。

现代科学实验还发现了一些“反常规”的导体。比如 2000 年的诺贝尔化学奖就授予了三位致力于研究导电聚合物的科学家。这种导电聚合物是一些添加了其他化学成分的塑料,它改变了传统塑料的许多性质,具有了导电性和金属光泽。又如,目前世界各国正在研制开发的高温固体燃料电池中的固态电解质,是混入了钙、镱或钇等金属离子的氧化锆晶体,在高温下会成为固态良导体。这是由于 Ca^{2+} , Yb^{3+} 或 Y^{3+} 等混入离子的价态低于 Zr^{4+} 的价态,使有些氧负离子晶格席位空出来,在高温下氧负离子能够穿越几个空席位的距离而导电,这一发现改变了离子晶体在固态时不导电的定势。可见,真理也有它的局限性。因此,只能说离子晶体在固态时一般不导电。

4. 怎样判断晶体的溶解性

水是极性溶剂,苯、四氯化碳等多数的有机溶剂为非极性溶剂。

四种晶体的溶解性与晶体内部微粒间的作用力性质和强弱有关。

分子间作用力较弱,所以绝大多数的分子晶体或溶于极性溶剂,或溶于非极性溶剂,它们多遵循相似相溶的原理。如 HCl , HBr , HI 溶于水,而有机分子大多溶于有机溶剂。但有些分子晶体既不溶于水,也不溶于有机溶剂。如:惰性气体晶体、 $\text{H}_2(\text{固})$ 、 $\text{N}_2(\text{固})$ 等。

原子晶体和金属晶体不溶解于一般的溶剂,但可溶于能与之反应的特殊的溶液。如金属晶体溶于酸或硝酸或王水、硅溶于热的浓碱、碳溶于热的浓硝酸等。

离子晶体中的多数溶于水而难溶于有机溶剂。如:钾、钠的盐,硝酸盐等。

5. 处理好几个容易混淆的概念判断

(1)“在晶体中只要有阳离子就一定有阴离子”,这是错误的判断。金属晶体就是由阳离子和自由电子构成的,没有阴离子。

(2)“离子晶体一定含有金属元素”,这也是错误的。如 NH_4Cl 也是离子晶体。

(3)“离子晶体只有离子键”,也不正确。如 NaOH 晶体中还含有极性共价键, Na_2O_2 晶体中还含有非极性共价键。

(4)“原子晶体的熔沸点一定比离子晶体高”是不对的。如 MgO 是离子晶体(熔点 2800°C),而 SiO_2 是原子晶体(熔点是 1732°C), MgO 的熔点高于 SiO_2 的熔点。

(5)“由金属元素和非金属元素组成的晶体是离子晶体”是有误的。如无水 AlCl_3 是由金属元素 Al 和非金属元素 Cl 组成的分子晶体。

★例题引路

例 1 下列四种晶体①金刚石;②氯化钠;③晶体硅;④碘,它们的熔点由低到高的顺序正确的是()。

- A. ④②③① B. ③①②④ C. ④②①③ D. ③④②①

[分析] 晶体内部微粒间的作用力大小决定了不同晶体熔点的高低。一般来说,熔点由高到低的顺序为原子晶体 > 离子晶体 > 分子晶体。上述四种晶体中①金刚石为原子晶体,② NaCl 为离子晶体,③晶体硅为原子晶体,④ I_2 为分子晶体。原子晶体是通过共价键形成的,其熔点取决于其键长和键能,键长越短,键能越大,其熔点也就越高,由于 C 原子半径小于 Si 原子半径,因此键长 $\text{C}-\text{C}$ 键 < $\text{Si}-\text{Si}$ 键,金刚石熔点高。

解答 A

例 2 下列各组物质中,化学键类型相同,晶体类型也相同的是()。

- A. SO_2 和 SiO_2 B. CO_2 和 H_2O C. NaCl 和 HCl D. CCl_4 和 KCl

[分析] A 中 SO_2 是分子晶体, SiO_2 是原子晶体,不可选; B 中 CO_2 和 H_2O 都是分子晶体,晶体类型相同,且化学键类型也相同,故可选; C 中 NaCl 属离子晶体, HCl 属分子晶体,不可选; D 中 CCl_4 是分子晶体,而 KCl 是离子晶体,不可选。

解答 B

例3 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. NH_4NO_3 B. SiO_2 C. $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$

D. Cu

[分析] 本题考查了化学式的含义。在四大晶体中,除了分子晶体中含有独立的分子以外,其余几种晶体都找不到独立的分子,此时化学式仅表示物质中原子的最简组成。

解答 C

例4 下列事实能够用“键能大小”来解释的是()。

A. N_2 的化学性质比 O_2 稳定

B. 晶体硅的熔点低于金刚石

C. 惰性气体一般很难发生化学反应

D. 常温下溴是液态,碘是固态

[分析] 键能大小对化学性质的影响较大,键能大,则化学键不易被破坏,化学性质稳定,也影响原子晶体的熔点。惰性气体是单原子分子,无化学键。 I_2 , Br_2 是分子晶体,其熔沸点与分子间力有关。

解答 A B

例5 在 a mol 金刚石中含 C—C 键数为()。

A. $4a \times 6.02 \times 10^{23}$ B. $a \times 6.02 \times 10^{23}$ C. $2a \times 6.02 \times 10^{23}$ D. $8a \times 6.02 \times 10^{23}$

[分析] 在金刚石晶体中,每一个碳原子与 4 个碳原子相连,但每两个碳原子才能构成一个共价键,即每个碳原子参与 4 个 C—C 键的形成,且每个 C—C 的形成,其提供 $\frac{1}{2}$ 。因此,每个碳原子可形成 $4 \times \frac{1}{2} = 2$ 个共价 C—C 键,即 a mol 碳原子可形成 $a \times 2 \times 6.02 \times 10^{23}$ 个共价键。

解答 C

例6 石墨晶体如右图所示,每一层由无数个正六边形形成,则平均每一个正六边形所占有的碳原子数为()。

A. 6 个

B. 4 个

C. 3 个

D. 2 个

[分析] 因为每个碳原子即图中的点均分属三个面共有,故分归到每个面只为 $\frac{1}{3}$, 而每个正六边形均有 6 个点,所以平均每个正六边形所占有的碳原子数为 $6 \times \frac{1}{3} = 2$ (个)。

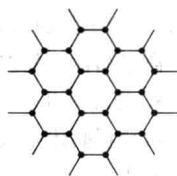


图 1-3

解答 D

例7 关于晶体的说法正确的是()。

A. 晶体中只要有阳离子就一定有阴离子

B. 溶于水能导电的晶体一定是离子晶体

C. 分子晶体的熔点一定比金属晶体低

D. 原子晶体中一定存在共价键

[分析] 金属晶体有阳离子,但没有阴离子,A 不对。有些分子晶体溶于水,也能导电,如硫酸、硝酸等,B 也错。金属晶体的熔点一般比分子晶体高,但也有例外的情况。如汞的熔点 -60°C ,比冰的熔点 0°C 还低,所以 C 也不正确。原子晶体的高熔点、高硬度就是由于共价键的键能大造成的,原子晶体就是通过共价键形成的,所以 D 正确。

解答 D

例8 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粒子间的作用力与氮化硅熔化时所克服的粒子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

[分析] 氮化硅硬度大、熔点高,是原子晶体。原子晶体熔化时,要克服共价键。在给出的四个选项中,只有 B 项的两种物质均属于原子晶体,熔化时克服的是共价键。A 项中的硝石为 NaNO_3 ,是离子晶体,C 和 D 项都是分子晶体。

解答 B

例9 在 40 GPa 的高压下,用激光器加热到 1800 K 时,人们成功地制得了原子晶体干冰。下列推断正确的是()。

A. 原子晶体干冰有很高的熔、沸点

B. 原子晶体干冰易汽化,可用做制冷材料

C. 原子晶体干冰硬度大,可用做耐磨材料

D. 每摩原子晶体干冰中含 2 mol C=O 键

[分析] 在特殊的条件下,人们合成了原子晶体干冰,这时的干冰就不同于分子晶体的干冰,应该具有原子晶

体的通性了。因此,这种干冰具有高熔沸点、高硬度、难汽化的特殊性,故B项是错的。原子晶体干冰的结构也不同于分子晶体干冰,在原子晶体中没有分子态的 CO_2 ,结构应类似于 SiO_2 ,因此不存在 $\text{C}=\text{O}$ 键,D不正确。

解答 A C

例 10 在结构化学中,可将晶体结构截分为一个个包含等同内容的基本单位,这个基本单位叫做晶胞。钙、钛、氧可以形成如右图所示的晶胞,则该物质的化学式可表示为()。

A. $\text{Ca}_8\text{TiO}_{12}$ B. Ca_4TiO_6 C. Ca_4TiO_3 D. CaTiO_3

[分析] 由图可以看出,该晶胞是一个立方体。Ca在8个顶点,每个顶点为8个相邻的立方体共用,属于这个立方体的只有 $\frac{1}{8}$,所以Ca属于该晶胞为 $8 \times \frac{1}{8} = 1$ 个;O原子在12条棱的中间,有 $12 \times \frac{1}{4} = 3$ 个;Ti在立方体的中心,是完整的1个,所以化学式为 CaTiO_3 。

解答 D

例 11 测知氯化钠晶体中相邻的 Na^+ 离子和 Cl^- 离子的距离为 a cm,该晶体密度为 $\rho(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$,则阿伏加德罗常数可表示为()。

A. $\frac{0.585}{4a^3\rho}$ B. $\frac{58.5}{8a^3\rho}$ C. $\frac{58.5}{2a^3\rho}$ D. $117a^3\rho$

[分析] 设阿伏加德罗常数为 N_A ,则一个 Na^+ 和一个 Cl^- 的质量和为 $\frac{58.5}{N_A}$ g。在NaCl晶体中,相邻 Na^+ 和 Cl^- 构成的最小立方体如右图所示,其体积为 $a^3 \text{cm}^3$,含 Na^+ 的个数相当于 $4 \times \frac{1}{8} = 0.5$ 个,含 Cl^- 相当于 $4 \times \frac{1}{8} = 0.5$ 个。由 $\rho \cdot V = m$ 可知 $\rho(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}) \cdot a^3(\text{cm}^3) = \frac{1}{2} \times \frac{58.5}{N_A}$ g, $N_A = \frac{58.5}{2a^3\rho}$ 。

解答 C

例 12 在下列各过程中,未发生化学键破坏的是_____,仅发生离子键破坏的是_____,仅发生共价键破坏的是_____,既发生离子键破坏,又发生共价键破坏的是_____。

① I_2 升华;② NH_4Cl 受热挥发;③烧碱熔化;④石英熔化;⑤ NaCl 溶于水;⑥ HCl 溶于水;⑦ Br_2 溶于 CCl_4 ;⑧ Na_2O 溶于水。

[分析] ①的 I_2 和⑦的 Br_2 是非极性分子,它们的升华和溶于 CCl_4 均克服分子间作用力,没有破坏化学键;③烧碱熔化和⑤ NaCl 溶于水均破坏了离子键;④石英是原子晶体,熔化时破坏了共价键,⑥ HCl 溶于水破坏了共价键形成的 HCl 分子;② NH_4Cl 受热挥发是发生了分解,生成 NH_3 和 HCl ,破坏了 NH_4Cl 的离子键和 NH_4^+ 内部的部分共价键。而⑧ Na_2O 溶于水,破坏了 Na_2O 的离子键和水的共价键,它们反应生成了 NaOH 。

解答 ①⑦ ③⑤ ④⑥ ②⑧

例 13 (1)短周期元素X,Y,Z在周期表中位置关系如右图所示。

①X元素的单质分子式是_____,若X核内中子数与质子数相等,X单质的摩尔质量是_____。

②Z单质的晶体类型属于_____,Z与钠形成的化合物的电子式为_____。

(2)已知下列元素的原子半径。

表 1-2

原 子	N	S	O	Si
半径(10^{-10} m)	0.75	1.02	0.74	1.17

根据以上数据,磷原子的半径(10^{-10} m)可能的范围在_____。

[分析] (1)由图可知,X,Y,Z处于三个不同的周期,且又是短周期,故X只能在第一周期,且在右端,只能是He。He为2号元素,质子数为2。

Z为硫元素,由硫单质是易脆的淡黄色固体,易溶于 CS_2 ,微溶于酒精,可知它不可能是原子晶体,也不可能是金属晶体和离子晶体,所以只能是分子晶体。

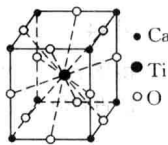


图 1-4

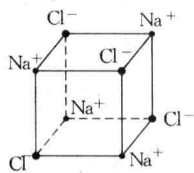
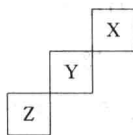


图 1-5



(2)P 处于第三周期 Si, S 之间, 同周期元素原子半径从左到右逐渐减小, 故 P 原子半径处于 $1.02 \times 10^{-10} \text{ m} \sim 1.17 \times 10^{-10} \text{ m}$ 之间。

解答 (1)①He $4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ②分子晶体 电子式为 $\text{Na}^+[\text{:}\ddot{\text{S}}\text{:}]^{2-}\text{Na}^+$ (2) $1.02 \times 10^{-10} \text{ m} \sim 1.17 \times 10^{-10} \text{ m}$

例 14 同类晶体物质熔、沸点的变化是有规律的, 试分析下列两组物质熔点规律性变化的原因。

物质 A	NaCl	KCl	CsCl	物质 B	Na	Mg	Al
熔点(K)	1074	1049	918	熔点(K)	317	923	933

晶体熔、沸点的高低, 取决于组成晶体微粒间的作用力的大小。A 组是_____晶体, 晶体微粒之间通过_____相连。B 组晶体属_____晶体, 价电子数由少到多的顺序是_____, 粒子半径由大到小的顺序是_____。由库仑定律 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 可知, 金属键强度由小到大的顺序为_____。

[分析] 本题以晶体熔点变化规律的解释为背景, 综合了物理、化学两门学科的知识内容, 涉及理解、推理、分析、想像等诸多能力的综合运用。

A 组为离子晶体, 离子之间通过离子键相连, 强度可借助库仑定律比较 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 。由于 NaCl, KCl, CsCl 中的阴阳离子所带电荷数相等, 而 $r(\text{Na}^+) < r(\text{K}^+) < r(\text{Cs}^+)$, 所以有 $F(\text{NaCl}) > F(\text{KCl}) > F(\text{CsCl})$, 故熔点是逐渐降低的。

B 组为金属晶体, 是由金属键相互结合而成的, 因为电荷数 $q(\text{Na}^+) < q(\text{Mg}^{2+}) < q(\text{Al}^{3+})$, 而离子半径 $r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Al}^{3+})$, 所以 $F(\text{Na}) < F(\text{Mg}) < F(\text{Al})$, 故其熔点是逐渐升高的。

解答 离子 离子键 金属 $\text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}, \text{Al}^{3+}$ $r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Al}^{3+})$ $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ $\text{Na} < \text{Mg} < \text{Al}$

例 15 单质硼有无定形体和晶体两种, 参考下列数据。

表 1-3

	金刚石	晶体硅	晶体硼
熔点(K)	> 3823	1683	2573
沸点(K)	5100	2628	2823
硬度	10	7.0	9.5

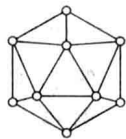


图 1-6

(1)晶体硼的晶体类型属于_____晶体, 理由是_____。

(2)已知晶体硼的基本结构单元是由硼原子组成的正二十面体(如图所示), 其中有 20 个等边三角形的面和一定数目的顶角, 每 1 个顶点各有 1 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。

[分析] (1)从所给数据可以看出晶体硼的熔点、沸点、硬度都介于原子晶体金刚石和硅之间, 故为原子晶体。

(2)20 个正三角形, 60 个顶点, 每一个顶点为 5 个三角形共用。所以, 顶点数目即每个结构单元中硼原子数为 $\frac{20 \times 3}{5} = 12$ 个。

解答 (1)原子 晶体硼具有高熔点和高硬度 (2)12

例 16 已知氯化铝的熔点为 190°C ($2.02 \times 10^5 \text{ Pa}$), 但它在 180°C 即开始升华。

(1)氯化铝是_____ (填离子化合物或共价化合物)。

(2)在 500 K 和 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时, 它的蒸气密度(换算成标准状况时)为 $11.92 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 且已知它的结构中有配位键, 氯化铝的化学式为_____, 结构式为_____。

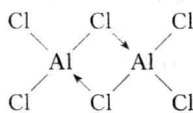
(3)无水氯化铝在空气中强烈地“发烟”, 其原因是_____。

(4)设计一个可靠的实验, 判别氯化铝是离子化合物还是共价化合物。你设计的实验是_____。

[分析] 本题是新情景题, 考查学生运用知识的能力。由题给条件, 氯化铝熔点低、又易升华, 所以不可能是离子晶体或离子化合物。由所给密度可求出氯化铝的摩尔质量为 $11.92 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = 267 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。而 AlCl_3 的式量为 133.5, 故其化学式应为 Al_2Cl_6 。无水氯化铝在空气中强烈“发烟”, 不可能与氧气或二氧化碳反应, 只可能是水分, 因此是氯化铝与空气中的水发生水解, 产生 HCl 形成酸雾而“发烟”。最后一个问题, 可以试验它在

熔融状态下的导电性,检验是共价化合物。

解答 (1)共价化合物 (2) Al_2Cl_6



(3)氯化铝与空气中的水发生水解反应产生 HCl

气体, HCl 在空气中形成酸雾而“发烟”。(4)在其熔融状态下试验其是否导电,若不导电是共价化合物。

例 17 右图是 CO_2 分子晶体结构的一部分,可观察图形,试说明每个 CO_2 分子周围有 _____ 个与之紧邻且等距的 CO_2 分子。试判断:① CO_2 ;② CS_2 ;③ SiO_2 晶体的沸点由高到低的排列顺序是 _____ > _____ > _____ (填写相应物质的编号)。

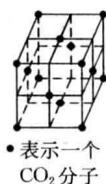


图 1-7

[分析] 以 CO_2 分子晶体中某一 CO_2 分子为中心 O ,画出这一点在空间上与之等距相邻的点。

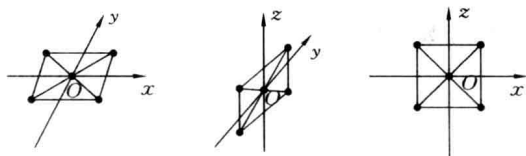


图 1-8

在 $x-z$ 平面上与 O 等距紧邻点有 4 个,同样在 $y-z, x-y$ 平面上与 O 等距点各有 4 个,故在整个空间与每个 CO_2 分子有 12 个与之紧邻且等距的 CO_2 分子。

解答 12 ③>②>①

例 18 (1)中学教材上图示了 NaCl 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, Ni^{2+} 与最邻近 O^{2-} 的核间距离为 $a \times 10^{-8} \text{ cm}$,计算 NiO 晶体的密度(已知 NiO 的摩尔质量为 $74.7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)。

(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,其结果是晶体仍呈电中性,但化合物中 Ni 和 O 的比值却发生了变化。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。

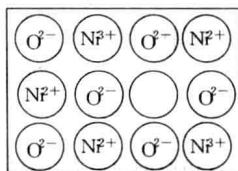


图 1-9

[分析] 本题为 1999 年的全国高考题,意在考查学生空间想像能力、知识迁移能力和逻辑推理能力,是综合性较强的试题。

解答 (1)解法一: 1 cm^3 中阴、阳离子总数 = $\left(\frac{1.00 \text{ cm}}{a \times 10^{-8} \text{ cm}}\right)^3$, 1 cm^3 中 $\text{Ni}^{2+} - \text{O}^{2-}$ 离子对数 = $\left(\frac{1.00 \text{ cm}}{a \times 10^{-8} \text{ cm}}\right)^3 \times \frac{1}{2}$, 密度 = $\frac{\left(\frac{1.00 \text{ cm}}{a \times 10^{-8} \text{ cm}}\right)^3 \text{ cm}^{-3} \times 74.7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{2 \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = \frac{62.0}{a^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (式中 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 可用符号 N_A 代替)。

解法二: 据 NaCl 晶体结构,隔离出一个小立方体(如右图),小立方体的每个顶点离子为 8 个立方体共用,因此小立方体含 $\text{O}^{2-} 4 \times \frac{1}{8} = \frac{1}{2}$, 含 $\text{Ni}^{2+} 4 \times \frac{1}{8} = \frac{1}{2}$, 即每个小立方体含有 $\frac{1}{2}$ 个 $(\text{Ni}^{2+} - \text{O}^{2-})$ 离子对。故 1 cm^3 晶体中 $(\text{Ni}^{2+} - \text{O}^{2-})$ 离子对数为 $\left(\frac{1 \text{ cm}}{a \times 10^{-8} \text{ cm}}\right)^3 \times \frac{1}{2}$ 。

密度 $\rho = \frac{\left(\frac{1.00 \text{ cm}}{a \times 10^{-8} \text{ cm}}\right)^3 \text{ cm}^{-3} \times 74.7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{2 \times N_A} = \frac{62.0}{a^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

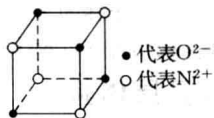


图 1-10

(2)题的解法更多,可以应用中学化学最常用的诸多方法和技巧。以下是笔者当年评卷收集及与评卷老师讨论和事后分析领悟出来的八种解法。曾在当年 10 月《中学生理科应试》上发表。

解法一:(电量守恒法,高考化学题的标准解法) 设 $1 \text{ mol Ni}_{0.97}\text{O}$ 中含 $\text{Ni}^{3+} x \text{ mol}$, $\text{Ni}^{2+} (0.97-x) \text{ mol}$ 。根据电中性 $3x \text{ mol} + 2(0.97-x) \text{ mol} = 2 \times 1 \text{ mol}$, $x = 0.06$, Ni^{2+} 为 $(0.97-x) \text{ mol} = 0.91 \text{ mol}$ 。离子数之比 $\text{Ni}^{3+} : \text{Ni}^{2+} = 0.06 : 0.91 = 6 : 91$ 。

解法二:(质量电量守恒法,联立方程组) 设 $1 \text{ mol Ni}_{0.97}\text{O}$ 中含 $\text{Ni}^{3+} x \text{ mol}$, Ni^{2+} 为 $y \text{ mol}$ 。根据原子数和电量守

恒有 $\begin{cases} x \text{ mol} + y \text{ mol} = 0.97 \text{ mol} \\ 3x \text{ mol} + 2y \text{ mol} = 2 \times 1 \text{ mol} \end{cases}$, 解得 $x = 0.06, y = 0.91$ 。离子数之比 $\text{Ni}^{3+} : \text{Ni}^{2+} = 0.06 : 0.91 = 6 : 91$ 。

解法三:(平均化合价之十字相乘法) $\text{Ni}_{0.97}\text{O}$ 中 Ni 的平均化合价为 $+\frac{2}{0.97}$ 。

运用十字相乘法

$$\begin{array}{rcc} \text{Ni}^{3+} & 3 & \frac{2}{0.97} - 2 = \frac{0.06}{0.97} \\ & \frac{2}{0.97} & \\ \text{Ni}^{2+} & 2 & 3 - \frac{2}{0.97} = \frac{0.91}{0.97} \end{array}$$

离子数之比 $\text{Ni}^{3+} : \text{Ni}^{2+} = \frac{0.06}{0.97} : \frac{0.91}{0.97} = 6 : 91$ 。

解法四:(平均组成之十字相乘法) Ni^{3+} 的氧化物组成为 Ni_2O_3 , 原子数比为 $\frac{2}{3}$ 。 Ni^{2+} 的氧化物组成为 NiO , 原子数比为 $\frac{1}{1}$ 。现 $\text{Ni}_{0.97}\text{O}$ 中 Ni 和 O 的原子数比为 $\frac{0.97}{1}$ 。

Ni_2O_3 $\frac{2}{3}$ 0.03
 0.97
 NiO 1 $\frac{0.91}{3}$

$\therefore$ 物质的量之比 $\text{Ni}_2\text{O}_3 : \text{NiO} = 0.03 : \frac{0.91}{3} = 9 : 91$, 离子数之比 $\text{Ni}^{3+} : \text{Ni}^{2+} = 9 \times \frac{2}{3} : 91 = 6 : 91$ 。

解法五:(平均式量之十字相乘法) NiO 式量 74.7, Ni_2O_3 为 55.13, $\text{Ni}_{0.97}\text{O}$ 为 72.94。

Ni_2O_3 55.13 1.76
 72.94
 NiO 74.7 17.81

$\therefore$ 物质的量之比 $\text{Ni}_2\text{O}_3 : \text{NiO} = 8.8 : 89.05$, 离子数之比 $\text{Ni}^{3+} : \text{Ni}^{2+} = 8.8 \times 1 \frac{2}{3} : 89.05 = 6 : 91$ 。

解法六:(直接法。此法经过审题直接推算最为简便)依题意,1 个 Ni^{2+} 空缺,另有 2 个 Ni^{2+} 被 2 个 Ni^{3+} 所取代。由 $\text{Ni}_{0.97}\text{O}$ 可知,每 100 个氧离子,就有 97 个镍离子,就有 3 个 Ni^{2+} 空缺,也就有 6 个 Ni^{2+} 被 6 个 Ni^{3+} 所取代,所以 Ni^{3+} 有 6 个, Ni^{2+} 为 $97 - 6 = 91$ 个,即 Ni^{3+} 与 Ni^{2+} 之比为 $6 : 91$ 。

解法七:(“鸡兔同笼”法)从 $\text{Ni}_{0.97}\text{O}$ 可知,假设有 100 个氧离子,就有 97 个镍离子,假设这 97 个镍离子都是 +2 价,那么正价总和为 194 价,负价总和为 200 价。为什么还差 +6 价呢?这是因为多假设 6 个 +2 价的镍离子。实际上有 Ni^{3+} 6 个, Ni^{2+} 91 个,所以 Ni^{3+} 与 Ni^{2+} 的个数比为 $6 : 91$ 。这种创造性的、突破常规的解法妙不可言。

解法八:(量差法)从组成可知,每 100 个氧离子就有 97 个镍离子,镍离子比氧离子少了 3 个。少了 3 个镍离子就差了 +6 价(假设都是 +2 价),每个 Ni^{3+} 比 Ni^{2+} 多了 1 价,就要有 6 个 Ni^{3+} 来代替 6 个 Ni^{2+} ,所以 Ni^{3+} 有 6 个, Ni^{2+} 有 91 个,个数比为 $6 : 91$ 。

比较上述的各种解法不难发现,守恒法、量差法、十字相乘法不失为适应性很广的常用方法,但是此题的最简便的解法首推直接法。这说明审题认真、细致的重要性。

★分层体验

基 本 题

- 下列晶体中,硬度最大的是()。
A. 干冰 B. 铝 C. 金刚石 D. 氯化镁
- 下列物质的晶体中,不存在分子的是()。
A. 二氧化硅 B. 二氧化碳 C. 二氧化硫 D. 二硫化碳
- 下列各组原子序数所表示的两种元素能组成 AB_2 型分子晶体的是()。
A. 12 和 17 B. 6 和 8 C. 14 和 8 D. 13 和 16
- 下列各组物质汽化或熔化时,所克服的粒子间的作用力属同种类型的是()。
A. 碘和干冰的升华 B. 二氧化硅和生石灰的熔化