

高才生系列

主编 单 博 南京师范大学教授、博士生导师

冯建农 编 南京市中华中学高级教师、江苏省优秀指导教师

500多个课件 1000多套好题

题型题库演绎 不受教材限制

一题多解 提升综合解题能力

高中三年级 上学期

化学

红 星 电子音像出版社

高才生系列——

化 学

高 三 年 级 (上)

江苏工业学院图书馆
藏书章

冯建农 编

红星 电子音像出版社

编委会名单:

主 编:单 樽

副主编:潘娉姣 葛 军

刘国钧 孙夕礼

作 者:单 樽 葛 军 熊 斌 胡大同 董林伟

周 珺 顾 滨 范端喜 潘娉姣 朱建明

仇炳生 何炳均 脱新祥 冯惠愚 刘国钧

周永昌 韩祥泰 李大志 刘白生 陈金贵

谢 璞 朱建廉 孙夕礼 顾浩平 施洪明

陈 益 朱红兵 保志明 韩宏兵 龚国祥

冯建农

总 序

近年来,助学类 VCD 越出越多,这反映了社会各界对于这类读物的需求在不断地增长。但是,从总体上看,这类读物在编辑出版理念及其制作上存在较多误区。比如,片面图解文字教材;搞“课堂搬家”;不顾学生的主、客观差异,等等。有的读物既不符合中小学教育改革的需要,又没有发挥多媒体教学出版物的特点。

在这样的形势下,红星电子音像出版社推出了一套高质量的供中等水平以上学生和参加奥赛的师生使用的教学类 VCD——《高才生》系列。内容涵盖初、高中数、理、化,既有竞赛问题,又有基础知识。对于广大初、高中同学,无论是准备参加竞赛,还是准备参加升学考试,都有很大的帮助。一定会受到同学、老师和家长们的热烈欢迎。

这套 VCD 的第一个特点,就是主讲者都是学科竞赛的著名专家或中学特级教师,可谓阵容鼎盛。以数学为例,主讲人北京的胡大同老师,曾是中国数学会理事(理事中,只有两个名额是中学教师),1978 年华罗庚先生主持第一届全国高中竞赛时,胡老师即参加命题工作。1986 年第一届数学奥林匹克国家集训队在北京集训,胡老师担任班主任兼教练,并整理出版了《第一届数学奥林匹克国家集训队资料选编》,这是我国在数学奥林匹克方面,第一本系统的训练材料。上海华东师范大学的熊斌老师,多次担任中国数学奥林匹克国家教练,参加全国与上海的高、初中数学竞赛的命题工作,担任《数学通讯》数学竞赛讲座的主持人,出版著作 20 多种。南京师范大学的葛军老师是中国数学奥林匹克的高级教练。1990 年,IMO(国际数学奥林匹克)第一次在中国举行,葛老师担任中

国国家集训队的班主任,并参加这届 IMO 的组织工作。他还是《数学通讯》问题解答栏的主持人。出版著作 10 多种。他们培养了大批在 IMO 中获奖(主要是金牌)的选手,如方为民、李平立、张浩、罗华章、霍晓明、蒋步星等,这里不一一作介绍。

南京市是竞赛活动开展较早而且取得较好成绩的城市之一。在华罗庚金杯赛中曾取得团体第一的好成绩。学生中徐开闻、姚一隼分别获得初中组、小学组的第一名。沈凯获得 IMO 的金牌,查玉涵、姚一隼获得银牌,徐开闻、韦韬分别获得物理国际奥林匹克的金、银牌。指导这些同学的特级教师潘娉姣、仇炳生、冯惠愚等都是我们这套 VCD 的主讲人。

这套 VCD 及配套课本的另一特色是兼顾竞赛与升学考试。其中升学考试的大题与竞赛一试、二试的比约 4:5:1。

有人误以为竞赛与升学是对立的。其实两者之间密切相关。升学考试为学科竞赛打好基础,而竞赛则是前者的提高。中国古代的教育家就知道“取法务上”,也就是要立一个高标准,要站得高些,才能纵览全局。只就升学搞升学,往往水平不易提高,就好像苏东坡先生所说“不识庐山真面目,只缘身在此山中”。如果学一点竞赛的内容,观点提高了,思路开阔了,那么升学考试也就不在话下。这就像乘飞机鸟瞰庐山,对庐山面目可以看得更加清楚、更加全面。使用这套 VCD,升学、竞赛一箭双雕,岂不快哉!

学习的最好方法就是自己动脑筋去想,动手去做。VCD 讲座的内容,听了以后应当反复地思考,自己做一做,真正弄懂。不仅如此,配套的课本中还有不少练习,更应自己努力去做,然后再看解答。

最近获得国家最高科技成就奖的黄昆院士谈到他自己的经历时说:“中学打的基础是影响一辈子的事。”又说:“我刚

上中学的半年是住在身为教授的伯父家。他见我放学后很空闲而询问我,我说老师安排的数学作业我都做完了,他说那不行,数学书上的题目自己都要做。从此,我就按他的话做了,其影响深远,这不仅使我做数学题很熟练,也产生了很大的兴趣,而且由此我就忙于自己做题,很少去看书上的例题。我后来回想,总觉这一偶然情况有深远影响,使我养成了独立治学的习惯。”

这段话充分表明自己动手做题的重要性。当然物理、化学也应自己去实践(包括动手做一些实验),这里就不多说了。

最后,祝愿使用这套 VCD 的同学们获得学习的愉快,取得学业的进步!

序

近年来,许多学生都踊跃参加各类化学竞赛,这是因为通过参加竞赛,能培养自己对化学学科的兴趣,训练自己的思维,对创新精神和实践能力的发展也起到了很好的促进作用。在中学阶段,怎样发挥名师的作用,让他们给众多渴求知识的学子上课?怎样在竞赛辅导中做到基础与能力同时培养、提高?怎样将竞赛与平时的学习、高考结合起来?是我们多年一直思考的问题,通过本套 VCD 光盘的出版,解决了我们在中学教育中探索的许多疑问。

本套 VCD 将高中所学知识分成高一年级八讲、高二年级八讲、高三年级八讲,每讲以高中化学新大纲为蓝本,适当拓展加深,自成体系。可以与教材配套使用,也可独立使用。每讲分五个栏目,即〔知识要点〕、〔方法技能〕、〔范例解析〕、〔应用练习〕、〔参考答案〕。

〔知识要点〕 以精要的语言将每讲所涉及的知识归纳讲解,语言简捷,重点突出,知识点之间有一定的逻辑顺序,便于学生自学。

〔方法技能〕 主要是介绍解决问题时所应用到的方法、技能,既能培养学生一般的解题能力,也能培养学生较高的解题能力。

〔范例解析〕 每讲举 5~6 个例题,由浅入深,对知识要求和能力要求进行示范,其中有 1~2 个例题是竞赛要求,其余为高考要求。

〔应用练习〕 精选本讲成题、为题,让学训练,检测自己的学习效果。

参加本书编写的是全国示范重点高中的名师,都是奥校

高级教练,他们当中有市学科带头人,名校教研组长,全国优质课一等奖获得者、硕士研究生等,指导的学生多人获全国、省竞赛一、二等奖,愿他们的智慧结晶成为您成功的催化剂。

目 录

总序	单 樽
序	孙夕礼
第一讲 晶体的类型与性质	(1)
知识要点	(1)
方法技能	(2)
范例解析	(3)
应用练习	(15)
第二讲 胶体的性质及其应用	(25)
知识要点	(25)
方法技能	(28)
范例解析	(29)
应用练习	(35)
第三讲 化学反应中的物质变化和能量变化	(46)
知识要点	(46)
方法技能	(48)
范例解析	(50)
应用练习	(60)
第四讲 电解原理及其应用	(71)
知识要点	(71)
方法技能	(73)
范例解析	(74)
应用练习	(80)
参考答案	(92)

第一讲 晶体的类型与性质

一、知识要点

1. 根据构成晶体的粒子种类及粒子之间的相互作用的不同,可以将晶体分成离子晶体、原子晶体、分子晶体和金属晶体。在晶体结构中,构成晶体的粒子在晶体中是有规则排列的。由于构成粒子的不同以及粒子之间作用力的不同,导致不同类型的晶体具有不同的性质特点。归纳成下表:

晶体类型	构成粒子	作用力	物性特点
离子晶体	阴阳离子	离子键	熔沸点高、硬度大、质脆,能溶于水(极性溶剂),不导电
原子晶体	原子	共价键	熔沸点高、硬度大,难溶于水,有的能导电
分子晶体	分子	分子间力	熔沸点低、一般质软,晶体不导电,溶于水后能电离则水溶液导电
金属晶体	金属离子、自由电子	金属键	一般熔沸点较高、质硬(少数质软),难溶于水(K、Na、Ca 等与水反应),导电

2. 晶体类型的判别

一般根据成键类型和晶体的物理性质判断。

(1) 凡是离子化合物形成的晶体,具有熔沸点高、硬度大、质脆、不导电的特点,属离子晶体。如:NaCl、KOH、MgSO₄ 等。

(2) 直接由原子构成,并以共价键结合形成空间网状结构,具有熔沸点高、硬度大、难溶于水的特性,属原子晶体。如:金刚石、单晶硅、二氧化硅、碳化硅等。

(3) 通过分子间作用力结合而成的,具有熔沸点低、质软、

不导电特性的晶体属分子晶体。在分子晶体中各原子以共价键结合,分子间则是以范德华力结合,所以分子晶体的熔沸点低,通常状态下为液体或气体。如:干冰、 I_2 单质、冰醋酸等。

(4)金属原子之间通过金属键结合,具有导电导热延展性、一般熔沸较高、硬度较大特性的晶体,属金属晶体。由于金属晶体中有自由电子存在,所以具有导电导热的特性。

3. 化学键的强弱与物质性质的关系

离子晶体中,离子键键能的大小与离子的半径、离子所带的电荷数、离子的核电荷数有关,一般起决定作用的主要是离子半径的大小。离子半径小,阴、阳离子间的静电作用力大,离子键键能就大,离子晶体的熔沸点就高,硬度也大。

原子晶体中共价键键能的大小与成键的原子半径有关,原子半径越小,键长越短,键能就越大,晶体的熔沸点就越高,硬度也就越大。

分子晶体中分子与分子之间的作用力为范德华力,其能量较小。对于组成和结构相似的物质,其分子间的作用力随相对分子质量的增大而增大,熔沸点也随之增高。还与分子的极性有关,分子极性大,分子间作用力大,熔沸点高。

金属晶体中金属离子半径越小,离子电荷数越大,其金属离子与自由电子间的作用力越强,金属的熔沸点就越高。

4. 石墨晶体具有层状结构的特点,层内原子间以共价键的方式形成平面网状结构(相当于原子晶体),层与层之间以范德华力结合(相当于分子晶体),层与层间有自由电子存在,晶体具有导电性(相当于金属晶体),所以石墨是一种过渡性或混合型晶体。

二、方法技能

1. 思想方法

高考说明中要求考生“对原子、分子、化学键等微观结构

有一定的三维空间能力”。晶体的空间构型是学习和理解晶体结构十分重要的一个方面,应用数学思想和数型结合的思维方式,在思考有关物质结构题目时,应用分析和综合、比较和归纳的思考方法,充分应用学过的化学键、分子间力,结合立体几何知识,想象晶体中粒子在空间的排布方式,勾勒出晶体的整体结构。应用事物是相互联系的观点,从物质的结构,分析物质的性质。

2. 技能方法

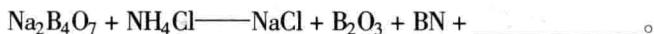
通过观察分析典型的晶体模型(金刚石、 SiO_2 、 NaCl 、干冰、石墨),掌握晶体中粒子在空间的排布,从构成晶体的粒子以及粒子间作用力不同,分析晶体的物性特点,利用立体几何、排列、组合的数学知识,解析晶体中粒子个数比。如果是原子晶体还可以解析粒子数与成键数之间的关系。利用晶体结构的知识,通过数理计算,解析晶体的密度、粒子间的距离或测定阿佛加德罗常数值。

三、范例解析

例 1 已知 $\begin{array}{c} | \\ \text{—B—N—} \\ | \end{array}$ 与 $\begin{array}{c} | & | \\ \text{—C—C—} \\ | & | \end{array}$ 属等电子体物质,

其结构和性质均有很大的相似性。又知 BN 是一种新制的无机材料,则它的两种晶体中,一种是类似于_____的空间网状结构晶体,可用作耐磨材料;另一种是类似于_____的层状结构的混合型晶体,可用作润滑材料,在其晶体结构的每一层上最小的封闭环中有_____个 B 原子, B—N 键的键角应为_____。

目前 BN 可通过下列反应制得,请配平该反应。



思路分析 碳单质有两种晶体:一种是金刚石,碳原子以共价键结合形成空间正四面体网状结构,键能大,硬度大、熔

沸点高;另一种为石墨晶体,层状结构,每一层中碳原子排列成平面正六边形,每个碳原子与其他三个碳原子以共价键结合,键角为 120° ,每一最小环有 6 个碳原子组成,层与层之间以分子间作用力结合,因而容易滑动(可用作润滑剂)。BN 与碳单质属等电子

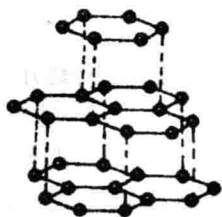


体,碳的晶体结构中 C 原子 $1/2$ 被 B 原子替代, $1/2$ 被 N 原子替代,依据题中所给晶体的物理性质,推得 BN 应形成金刚石和石墨两种类型的晶体。在类似于石墨的晶体结构中,每一

层上 $\begin{array}{c} | & | \\ -C & -N- \\ | & | \end{array}$ 形成的最小环中有 3 个 N 原子和 3 个 B 原子。B—N 键角为 120° 。

待配平的是一缺项反应式,产物中缺氢,经分析知缺水,应先将缺少的产物水补上。然后配平化学方程式。

解题快车道 一种是类似于金刚石结构的晶体,另一种是类似于石墨结构的混合型晶体,最小的封闭环中有 3 个 B 原子,B—N 键的键角应为 120° 。



配平的化学方程式:



本题是一道结构信息题,在解答本题时应对所提供信息(等电子体、晶体的物理性质)的分析,联系碳的两种晶体的结构和性质,推断出 BN 的晶体类型。注意知识的迁移、联系、对比在解题中的应用。缺项配平应根据元素守恒定律,找出缺少的元素种类,根据化学反应的原理,推出缺项物质。

例 2 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形成的固体,是外观像冰的甲烷水化物。

(1)试设想,若把它从海底取出,拿到地面上,它将发生什么变化?为什么?它的晶体是分子晶体、离子晶体还是原子晶体?你作出判断的根据是什么?

(2)已知每 1m^3 这种晶体能释放出 164m^3 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,只要假设的合理均按正确论)。

思路分析 (1)我们知道甲烷在常态下是气体,从海底取出的甲烷水合物是在高压下形成的,拿到地面将融化并放出甲烷气体。甲烷分子和水分子都是由有限数目的原子通过共价键形成的小分子物质,水分子和甲烷分子之间主要靠范德华力结合,而水分子之间不仅存在范德华力,还存在氢键,所以甲烷水合物是分子晶体。

(2)要求晶体中水与甲烷的分子比,在题给条件下,还需要知道晶体的密度和甲烷气体的状态。

解题快车道 假设甲烷的体积已折合成标况下的体积,甲烷水合物晶体的密度与冰的密度相同,为 $1000\text{kg}/\text{m}^3$,则 1m^3 晶体的质量为 $1\text{m}^3 \times 1000\text{kg}/\text{m}^3 = 1000\text{kg}$ 。

其中甲烷的物质的量 $164\text{m}^3 \div 22.4/\text{kmol} = 7.32\text{kmol}$;

甲烷的质量为 $7.32\text{kmol} \times 16\text{kg}/\text{kmol} = 171.12\text{kg}$;

水的质量为 $1000\text{kg} - 171.12\text{kg} = 828.88\text{kg}$;

水的物质的量为 $828.88\text{kg} \div 18\text{kg}/\text{kmol} = 46.05\text{kmol}$;

因此 $\text{CH}_4:\text{H}_2\text{O} = 7.32:46.05 = 1:6.3$ (分子比)。

以上计算是在自我假设的条件下得到的结果,只是答案之一。只要假设合理,可以得到不同的结果。由此看出在解

题的过程中,分析题意和抓住条件是至关重要的。

例 3 1996 年诺贝尔奖授予对发现 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(如图所示),该结构的建立基于以下考虑:

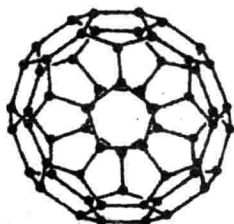
(1) C_{60} 分子中每个碳原子只跟相邻的 3 个碳原子形成化学键;

(2) C_{60} 分子中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:

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

据上所述,可推知 C_{60} 分子中有 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:



C_{60} 的结构

(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 _____。

(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 _____。

思路分析 本题用获诺贝尔奖的素材为背景,考查物质结构知识,题给条件较充分,但四个小问由易到难,逐步加深,有一定的坡度,更有一定的难度。是一道入门容易上楼难的题。

(1) 判断晶体熔沸点的高低,主要是依据晶体的类型。本

质是粒子之间的作用力。金刚石是典型的原子晶体,熔沸点高硬度大,而固体 C_{60} 应属分子晶体,熔沸点低,所以金刚石的熔沸点比 C_{60} 高。

(2)能否发生加成反应,要分析物质结构中是否含有不饱和键。 C_{60} 分子中含有双键数为 30,所以 C_{60} 能与极活泼的 F_2 分子发生加成反应。

(3)分析题意和结构图可知, C_{60} 分子中形成的化学键数应等于棱边数,每一个碳原子分别与另 3 个碳原子成键(单键或双键)形成三条棱,每一个碳原子相当于形成 1.5 条棱,棱边数为: $1.5 \times 60 = 90$,已知 C_{60} 分子中含双键数为 30,所以 C—C 单键数为 $90 - 30 = 60$ 。本小题也可以由欧拉定理公式计算。

(4)在认识 C_{60} 分子的基础上,通过知识的迁移和联系来解决 C_{70} 的问题。

解题快车道 (1)金刚石,因为金刚石是典型的原子晶体,熔沸点高硬度大,而固体 C_{60} 属分子晶体,熔沸点低,所以金刚石的熔沸点比 C_{60} 高。

(2)可能,因为 C_{60} 分子含有 30 个双键,能与极活泼的 F_2 分子发生加成反应生成 $C_{60}F_{60}$ 。

(3) C_{60} 分子中形成的化学键数等于棱边数, $1/2(3 \times 60) = 90$ 。

也可以由欧拉定理公式计算棱边数(即化学键数)

$$60 + (12 + 20) - 2 = 90。$$

C_{60} 分子中含单键数为 $90 - 30 = 60$ 。

(4)设分子中有五边形数为 X ,六边形数为 Y ,每条棱边被两个多边形共用。则得:

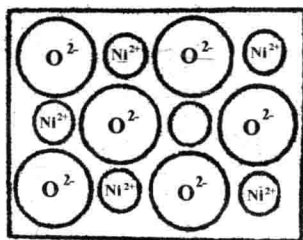
$$1/2(5X + 6Y) = 1/2(3 \times 70) \text{ (化学键数即棱边数),}$$

$$70 + (X + Y) - 1/2(3 \times 70) = 2 \text{ (欧拉定理),}$$

解得 $X = 12$ (五边形), $Y = 25$ (六边形)。

本题是一道综合性和难度较大的题,解答时应充分利用题目所提供的信息,如 C_{60} 分子中有 12 个五边形和 20 个六边形, C_{60} 分子中含有双键数为 30, 欧拉定理。抓住分子中键数与棱边数、碳数与成键数的关系,尤其是每一个碳原子与其他 3 个碳原子成键为何可以折算成每一个碳原子相当于形成 1.5 个键(棱)。本题还可以继续求 C_{70} 分子中碳碳双键的数目。

例 4 (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+} 与最相邻的 O^{2-} 的核间距离为 $a \times 10^{-8} \text{cm}$, 计算晶体的密度(已知 NiO 的摩尔质量为 74.7g/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 晶体中就存在如图所示的缺陷:一个 Ni^{2+} 空缺,另有两个 Ni^{2+} 被 Ni^{3+} 所取代。其结果晶体仍呈电中性,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 $Ni_{0.97}O$, 试计算晶体中 Ni^{3+} 与 Ni^{2+} 的离子数之比。

思路分析及解答 本题根据已掌握的 NaCl 晶体的知识,引伸出 NiO 晶体结构。

(1)求晶体的密度:画出 NiO 晶体的立体结构简图,分析晶体的结构,根据体

