

AOLINPIKE JINGSAI JINPAI CONGSHU
CHUZHONG HUAXUE



奥林匹克竞赛 金牌丛书

初中 化学

北京工业大学出版社





作者简介

邓立新，长沙市一中特级教师。现任长沙市一中教育科学研究室主任。所教学生先后有 6 人获全国一等奖，5 人进入国家集训队，40 人次获省级竞赛一、二等奖，2000 年所辅导的学生在第 32 届国际化学奥林匹克竞赛中荣获金牌。多次荣获湖南省化学学会颁发的优秀园丁奖，湖南省“九芝”英才导师奖，第五届湖南省十大杰出青年等多项表彰和奖励。主编了 20 多部教育教学辅导用书。

李德文，长沙市一中高级教师。化学教研组组长，湖南省化学学会理事，教学成绩突出，所教学生在 2001 年全国中学生化学竞赛中，3 人获全国一等奖，2001 年所辅导的学生在第 33 届国际化学奥林匹克竞赛中荣获金牌。主编有《高中化学奥林匹克竞赛同步教材》等多种竞赛用书。



前 言

为了帮助求知欲旺盛的中学生,在牢固掌握课内知识的基础上,拓宽知识领域,增长实验技能,提高解决问题的能力,参加初中各级理科竞赛,我们特编写了这套《奥林匹克竞赛金牌丛书》。丛书由初中数学、物理、化学和生物四本书组成。丛书体例统一,根据全国竞赛纲要要求,分为知识要点、典型例析、能力训练三部分,并在书后附有习题答案及解题简要提示,以方便使用。

丛书具有鲜明的风格和特点。第一,普及提高相结合。内容的起点低,落点高,难易搭配,由浅入深,极为适应初中学生从本年级的学习内容起步,逐步提高,一直可以提高到国家级竞赛的水平。这既可以满足各级竞赛的要求,又有助于巩固初中知识。第二,内容全面,结构合理。各书依照学科特点、难点,精辟地阐述了解题的思路、方法,翔实地汇集了我国近年来奥林匹克竞赛中典型的、有代表性的资料。第三,适用性强。本丛书由于集论述、示范、供题于一体,故既可做各级竞赛的教材,也可做常规教学的辅导资料。由于本书能有效地帮助读者理清思路、发挥想象、举一反三,所以它是初中学生自学和提高知识的辅助读物。

本丛书的作者均系湖南省长沙市第一中学的教师,其中有特级教师、全国模范教师、省优秀教师和省先进教育工作者、省十佳青年。他们忠诚于教育事业,荣获过各级奖励和荣誉称号,在全省乃至全国的学科竞赛中都有一定影响。作者们长期在第一线从事学科教学和竞赛的培训工作,他们广泛涉猎,潜心研究,勇敢探索,具体指导,对竞赛内容、发展趋势胸有成竹,对学生的全面素质培养、学习方法改进、竞赛心理调节都指导有方。湖南省长沙市第一中学的学生近十年来在奥林匹克竞赛中成绩辉煌,在全国各科竞赛中多次名列前茅。至2002年止,在国际学科竞赛中,已获得十



三金、八银、二铜,共二十三枚奖牌,且在国际学科竞赛的数学、物理、化学、生物和信息五科中均获得过金牌奖。正因为园丁们的辛勤耕耘,才有这累累硕果,正因为作者们的呕心沥血,才有了这套丛书。

本丛书在编写过程中,得到许多专家、教授的支持和指点,在此一并致谢。由于时间仓促,本书肯定有不当之处,敬请广大读者指正。

编 者

2002.9



目 录

第一部分 化学基本概念和原理

第一讲 物质的组成及结构	(1)
一、知识要点	(1)
二、典型例题	(6)
三、能力训练	(11)
第二讲 物质的分类	(17)
一、知识要点	(17)
二、典型例题	(19)
三、能力训练	(23)
第三讲 物质的性质和变化	(29)
一、知识要点	(29)
二、典型例题	(32)
三、能力训练	(36)
第四讲 化学用语及化学方程式	(43)
一、知识要点	(43)
二、典型例题	(47)
三、能力训练	(53)
第五讲 溶液	(61)
一、知识要点	(61)
二、典型例题	(66)
三、能力训练	(73)



第二部分 元素及其化合物

第六讲 氧气、氢气的性质及制法	(82)
一、知识要点	(82)
二、典型例题	(86)
三、能力训练	(91)
第七讲 碳及其重要化合物的性质	(98)
一、知识要点	(98)
二、典型例题	(106)
三、能力训练	(113)
第八讲 铁及几种重要金属的性质和用途	(120)
一、知识要点	(120)
二、典型例题	(124)
三、能力训练	(130)
第九讲 酸、碱、盐的性质	(136)
一、知识要点	(136)
二、典型例题	(145)
三、能力训练	(154)

第三部分 化学实验

第十讲 化学仪器及实验基本操作	(161)
一、知识要点	(161)
二、典型例题	(162)
三、能力训练	(163)
第十一讲 气体的制取、净化和收集	(170)
一、知识要点	(170)
二、典型例题	(172)
三、能力训练	(174)
第十二讲 物质的分离和提纯	(178)



一、知识要点	(178)
二、典型例题	(178)
三、能力训练	(181)
第十三讲 物质的鉴别和鉴定	(184)
一、知识要点	(184)
二、典型例题	(185)
三、能力训练	(187)
第十四讲 综合实验	(191)
一、知识要点	(191)
二、典型例题	(192)
三、能力训练	(193)

第四部分 化学计算

第十五讲 有关化学式的计算	(200)
一、知识要点	(200)
二、典型例题	(201)
三、能力训练	(203)
第十六讲 根据化学方程式的计算	(205)
一、知识要点	(205)
二、典型例题	(205)
三、能力训练	(210)
第十七讲 有关溶液的计算	(213)
一、知识要点	(213)
二、典型例题	(214)
三、能力训练	(216)
第十八讲 综合计算	(219)
一、知识要点	(219)
二、典型例题	(220)
三、能力训练	(223)
参考答案与提示	(227)



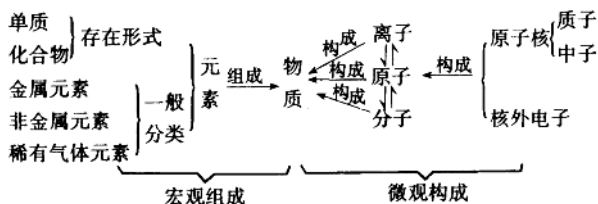
第一部分 化学基本概念和原理

第一讲 物质的组成及结构

一、知识要点

物质的组成、结构,是物质性质、变化、用途等的内部因素,是物质变化的根据和原动力。学习和掌握物质的组成、结构,一方面有利于从本质上认识 and 了解物质,另一方面有利于了解物质内在本质与外部表象之间的关系,从而更好地理解 and 掌握物质运动、变化的有关规律、原理。

初中化学中有关物质组成、结构的知识点:



1. 物质的组成

(1) 物质的宏观组成——元素

元素是具有相同核电荷数(即质子数)的同一类原子的总称。物质是由元素组成的,因此元素用来描述某类物质或某种物质的组成成分,例如:水是由氢元素和氧元素组成的。

理解元素的概念应注意:

- ①元素是一个宏观概念,只有种类的含义,没有个数的含义。
- ②元素的形态有游离态和化合态两种。在单质中的元素为游

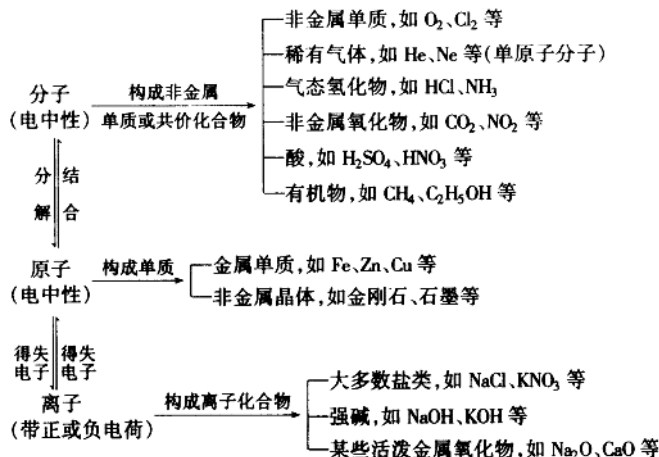


离态元素,在化合物中的元素为化合态元素。同一元素在游离态和化合态时其种类是相同的,但性质是有区别的。如 Na 和 Na^+ 同属钠元素,但化学性质不同。

③由同一种元素形成的不同性质的单质叫做同素异形体。形成同素异形体通常有三种方式:一种是组成分子的原子数目不同,例如:氧气(O_2)和臭氧(O_3);另一种是晶体中原子的排列方式不同,如金刚石和石墨以及 C_{60} 、红磷和白磷;还有一种是晶体中分子的排列方式不同,如斜方硫和单斜硫。

(2)物质的微观组成——分子、原子和离子

分子、原子和离子都是可直接构成物质的基本微粒。这些微粒有如下关系:



①分子是保持物质化学性质的一种微粒,具有:(i)不断做无规则的运动,(ii)彼此间有间隙,(iii)体积和质量都很小,(iv)能保持或反映出相应物质的化学性质等特点。分子能够独立存在,并且在不停地运动。扩散和蒸发都是分子存在和运动的有力证明。分子在化学反应中能够再分。



②原子是化学变化中的最小微粒。化学反应的实质是原子的重新组合;在化学变化中,原子不能再分。原子的体积和质量都很小,也在不停地运动。由几种原子结合而成的一个原子集团叫做原子团。在很多化学反应中,原子团作为一个整体参加反应,好像一个原子一样。含氧酸中的酸根都是原子团。如 H_2SO_4 中的 SO_4 叫做硫酸根、 H_3PO_4 中的 PO_4^{3-} 叫做磷酸根,它们都是原子团。物质可直接由原子构成,因此原子也是保持物质化学性质的一种微粒。

③离子是带电荷的原子或原子团,是原子得或失电子后形成的微粒。原子得到电子,带负电荷,形成阴离子;原子失去电子,带正电荷,形成阳离子。离子所带正电荷数或负电荷数等于原子得到或失去的电子数。物质也可直接由阴、阳离子构成。

2. 构成原子的微粒

(1) 原子结构

原子 $\left\{ \begin{array}{l} \text{原子核} \left\{ \begin{array}{l} \text{质子(带正电,决定元素的种类)} \\ \text{中子(不带电)} \end{array} \right. \\ \text{核外电子(带负电,决定元素的化学性质)} \end{array} \right.$

核电荷数 = 质子数 = 核外电子数

(2) 相对原子质量

相对原子质量就是指原子的原子量。

原子质量是指一种原子的实际质量,单位是千克(kg)。如 1 个氢原子质量是 $1.674 \times 10^{-27} \text{kg}$, 1 个碳原子质量是 $1.993 \times 10^{-26} \text{kg}$ 。原子质量的数值很小,使用起来极不方便,因此,科学上不直接采用原子质量,而采用一种原子的相对原子质量(即原子量)。

以碳-12 原子质量的 $1/12$ (约为 $1.66 \times 10^{-27} \text{kg}$)作为标准,其它原子的质量跟它比较所得的值,就是这种原子的相对原子质量(原子量)。

可见,相对原子质量(原子量)只是一个比值,它的国际制单位为 1,符号为 1,但一般省去不写。



一种原子的相对原子质量 = $\frac{\text{这种原子的质量}}{\text{碳-12 原子质量} \times 1/12}$

例如,氧原子质量为 $2.657 \times 10^{-26} \text{ kg}$, 则氧的相对原子质量 = $\frac{2.657 \times 10^{-26} \text{ kg}}{1.993 \times 10^{-26} \times 1/12 \text{ kg}} = 16$ 。即氧原子的质量约等于碳-12 原子质量的 $1/12$ 的 16 倍。

值得注意的是:当忽略电子的质量时,原子的质量就约等于原子核的质量,即等于质子的质量加中子的质量,相对原子质量等于质子的相对质量加中子的相对质量,而质子和中子的相对质量约等于 1,即有:

近似相对原子质量 = 质子数 + 中子数。

3. 原子核外电子排布的初步知识

(1) 原子核外电子运动的特征

电子在原子核外极小的空间 ($1 \times 10^{-10} \text{ m}$) 做高速(接近光速)运动。在含有多个电子的原子中,电子的能量越高,运动的区域离核越远。因此,我们根据电子的能量高低和运动区域离核的远近,可以认为电子是在核外能量不同的电子层上运动的,也就是说,电子在原子核外是分层排布的。

(2) 原子核外电子排布的规律

电子在原子核外排布的规律是:电子尽可能地进入能量最低、离核最近的电子层,只有当能量最低的电子层排满以后,才依次进入能量较高的电子层。同一电子层上电子排布又遵守以下规则:

- ① 每一电子层上最多容纳的电子数为 $2n^2$ 。
- ② 最外层上最多容纳的电子数为 8 (He 为 2 个)。
- ③ 次外层上最多容纳的电子数为 18。

表示原子核外电子排布情况的方法是画出原子结构示意图。根据上述规律,我们就可以画出核电荷数从 1 到 18 的元素的原子结构示意图。

(3) 元素的原子核外电子排布与元素性质的关系



元素的性质决定于元素的原子核外电子排布,由于元素的原子核外内层电子排布基本上是相同的,因此,元素的性质主要决定于最外层电子排布。

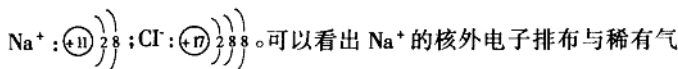
4. 离子化合物与共价化合物初步知识

(1) 离子化合物

阴、阳离子间通过静电作用而形成的化合物叫做离子化合物。

强碱[NaOH、KOH、Ba(OH)₂、Ca(OH)₂等]、活泼金属的氧化物(Na₂O、K₂O、CaO、MgO等)、盐类(NaCl、KF、Na₂S、Na₂SO₄、KNO₃、ZnSO₄、CuSO₄等)都是离子化合物。离子化合物都含有离子,但在固态时,离子不能自由移动,因而,离子化合物在固态时不能导电。离子化合物在熔化状态或水溶液中,能电离出自由移动的离子,因而其熔融体或水溶液能够导电。

阴、阳离子的核外电子排布也可以用结构示意图表示。如



体元素氖(Ne)的核外电子排布是相同的;Cl⁻的核外电子排布与稀有气体元素氩(Ar)的核外电子排布是相同的。根据元素的离子电子层结构可以推断元素的名称。例如,某元素的二价阴离子的电子层结构与氖元素的电子层结构相同,这种元素的名称是什么呢?我们可以这样推断:氖原子核外有10个电子,该元素得到2个电子成为阴离子后也有10个电子,则该元素的原子核外有8个电子,核电荷数为8,可推知为氧元素。

(2) 共价化合物

当非金属元素原子相互结合时,由于二者获得电子的难易程度相差不大,彼此都不能将对方的电子夺过来,因此,它们就采用组成共用电子对的方式,使各自达到最外层为8个电子(H为2个电子)的稳定结构,而形成化合物的分子。



这样以共用电子对相结合形成分子的化合物叫共价化合物。

一般说来,非金属氧化物(如 CO_2 、 SO_2 、 P_2O_3 等)、气态氢化物(如 HF 、 HCl 、 NH_3 、 CH_4 等)、水(H_2O)、含氧酸(如 H_2SO_4 、 HNO_3 、 H_3PO_4 等)都是共价化合物。

二、典型例题

例1 下列叙述正确的是()。

- (A)分子是保持物质性质的一种微粒
- (B)分子是可分的,原子是不能再分的微粒
- (C)离子是构成物质的一种微粒
- (D)原子的相对质量就是原子的真实质量

【解析】运用概念的定义作相应的判断时,应考虑概念的内涵与外延。物质的性质有物理性质和化学性质两大类,分子是保持物质化学性质的一种微粒;同样微粒的分割是有条件的,原子只是在化学变化中不能再分,在其他条件下仍有可能再分;相对质量与真实质量完全是两个不同的概念。

【答案】(C)

例2 某矿泉水标签上印有主要的矿物质成分如下(单位为毫克/升): $\text{Ca}20$ 、 $\text{K}39$ 、 $\text{Mg}3$ 、 $\text{Zn}0.06$ 、 $\text{F}0.02$ 等,这里的 Ca 、 K 、 Mg 、 Zn 、 F 是指()

- (A)单质 (B)元素 (C)金属离子 (D)分子

【解析】在透明澄清的矿泉水中不可能有金属单质,如果有,则矿泉水就会有沉淀物。金属不是由分子构成的,溶于水也就不可能产生分子。矿泉水中的矿物质实际上是由金属离子形成的盐类物质,它们在水中电离产生金属离子,但金属离子属于金属元素的一种存在形态,从宏观上讲,物质是由元素组成的。所以,我们讲矿泉水中含有某种金属离子,也就是含有某种元素,从宏观方面测定物质的组成成分,就是测定其组成元素的含量,所以,(A)、(C)、(D)均是错误的。



【答案】 (B)

例3 在下列各组物质中,具有不同原子团的是()。

- (A) FeSO_4 与 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (B) Na_2SO_4 与 Na_2SO_3
(C) NH_4Cl 与 NH_4Br (D) KMnO_4 与 K_2MnO_4

【解析】 原子团是在许多化学反应里,作为一个整体参加反应,好像一个原子一样的原子集团,有固定的组成和化学式,其所呈现的化合价或离子所带的电荷的性质、数目等都是—定的。如:硫酸根(SO_4^{2-}),亚硫酸根(SO_3^{2-}),铵根(NH_4^+)等;高锰酸根(MnO_4^-)和锰酸根(MnO_4^{2-})虽然组成形式相同,但其所呈现的化合价(前者为-1,后者为-2)和离子所带的电荷数是不同的。

【答案】 (B),(D)

例4 元素X的核电荷数为 a ,它的阳离子 X^{m+} 与元素Y的阴离子 Y^{n-} 的电子层结构相同,则元素Y的核电荷数是()

- (A) $a + m + n$ (B) $a - m - n$
(C) $m + n - a$ (D) $m - n - a$

【解析】 运用在阳离子里:核电荷数=核外电子数+所带正电荷数,可知X元素的阳离子 X^{m+} 的核外电子总数为 $a - m$ 。又知元素Y的阴离子 Y^{n-} 的电子层结构与 X^{m+} 相同,所以 Y^{n-} 的核外电子总数也为 $a - m$,再运用在阴离子里:核电荷数=核外电子总数-所带负电荷数,可知 Y^{n-} 的核电荷数为 $a - m - n$ 。应选(B)。

例5 R^{n+} 离子有两个电子层,且已达稳定结构与 R^{n+} 的电子数相等的微粒(分子、原子和离子,但不包括 R^{n+} 本身)可有()。

- (A) 6种 (B) 7种 (C) 8种 (D) 9种以上

【解析】 因为 R^{n+} 离子有两个电子层且已达稳定结构,所以 R^{n+} 的电子数为 $2 + 8 = 10$ 。具有10个电子的分子有 H_2O 、 HF 、 CH_4 、 NH_3 等,具有10个电子的原子有Ne,具有10个电子的离子有 N^{3+} 、 O^{2-} 、 F^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} ,还有 H_3O^+ 、 NH_4^+ 、 OH^- 等,可见与 R^{n+} 的电子数相等的微粒有9种以上。应选(D)。



例6 X元素一个原子的质量是 m 克, Y元素的相对原子质量为 A , 化合物 XY_2 的式量是 M , 则 W 克 XY_2 中含有 Y 原子数是 ()。

$$(A) \frac{2W(M-2A)}{Mm}$$

$$(B) \frac{2WM}{m(M-2A)}$$

$$(C) \frac{W(M-2A)}{2Mm}$$

$$(D) \frac{m(M-2A)}{2Mm}$$

【解析】 XY_2 的式量为 M , 可设 1 个 XY_2 分子的质量为 M 克, Y 的原子个数是 X 的 2 倍, 因此, 只要求出 X 的原子个数就可以使问题解决。

XY_2 的式量为 M , X 的相对原子质量为 $(M-2A)$ 。设 1 个 XY_2 分子的质量为 M 克, 则 M 克 XY_2 中 X 的原子个数为: $\frac{M-2A}{m}$, W 克 XY_2 中 X 的原子个数为 $\frac{W(M-2A)}{Mm}$, W 克 XY_2 中 Y 的原子个数为 $2 \times \frac{W(M-2A)}{Mm}$ 。

【答案】 (A)

例7 阳离子 A^{2+} 的核外有 10 个电子, 核内的质子数和中子数相同, 阴离子 B^- 的核外电子排布与氩原子相同, 核内有 18 个中子, 根据以上条件确定 A, B 两种原子形成的化合物的式量为 ()。

(A) 57

(B) 76

(C) 94

(D) 95

【解析】 A^{2+} 带 2 个单位正电荷, 说明 1 个 A 原子失去了 2 个电子, B^- 阴离子带 1 个单位负电荷, 说明 1 个 B 原子得到了 1 个电子, 所以 A、B 形成的化合物化学式为: AB_2 。 A^{2+} 核外有 10 个电子, A 原子应有 12 个电子, 核内质子数也是 12。因中子数和质子数相同, A 的近似相对原子质量为 $12 + 12 = 24$ 。 B^- 的核外电子排布与氩原子相同, 则 B 原子核外电子总数应为: $2 + 8 + 8 - 1 = 17$, 质子数也为 17, 已知中子数为 18, 则近似相对原子质量为: $17 + 18 = 35$ 。则 AB_2 的式量为: $24 + 35 \times 2 = 94$ 。故答案为 (C)。



例8 现有A、B、C、D、E五种元素。 A^{3+} 和 B^{2-} 均与氩原子具有相同的核外电子排布；C元素与B元素的一种化合物 CB_3 中C与B的质量比为2:3,而且C原子核内质子数等于中子数；D原子的核电荷数比C大1。根据以上叙述,试确定A、B、C、D各是什么元素?

【解析】 氩的核电荷数为10,A元素的离子带3个单位的正电荷且与氩原子具有相同的电子层排布,因此A元素的原子的核外电子数应为13,即A元素的核电荷数为13,所以A元素为铝元素。 B^{2-} 离子带2个单位的负电荷,即B原子得到2个电子后,其电子层排布与氩原子相同。因此B原子的核外电子数为8。其核电荷数为8,因此B是氧元素。C与B的化合物中C与B的质量比为2:3,而B(即氧)的相对原子质量为16,且C与B的原子个数比为1:3,可求出C与B相对原子质量之比为 $2/1:3/3=2:1$,即C的相对原子质量为32。由于C原子内质子数与中子数相等,因此C的质子数为16,C为硫元素。D的核电荷数比C大1,所以D的核电荷数为17,D为氯元素。故答案为:A是铝;B是氧;C是硫;D是氯。

例9 核电荷数都小于18的A、B、C三种元素,核电荷数按A、B、C顺序增大, C^+ 离子与A、B原子的电子层数都相同,它们之间可以形成 C_2B 和 AB_2 型化合物(其中C和A都呈最高价)。

(1)A元素的名称是____,B元素的名称是____

(2)三种元素间两两结合,形成的离子化合物的化学式是____,共价化合物的化学式是____。

(3)三种元素相互结合形成的化合物俗称____。

【解析】 阳离子是其原子失去最外电子层上的电子后形成的,因此,阳离子核外电子层数要比其原子核外电子层数少1。 C^+ 离子与A、B原子的电子层数相同,则C原子核外电子层数比A、B原子核外电子层数多1。在 C_2B 中,C显+1价,B显-2价;在 AB_2 中,A显+4价。因为元素的最高正价等于原子核外最外电子层



上电子数,负价值 $=8$ -最高正价,所以,可知A最外电子层有1个电子,B最外电子层有6个电子,A最外电子层有4个电子。又因为第一电子层最多只能排2个电子,则A、B元素原子核外至少有两个电子层,而C比A、B多1个电子层,则C元素原子核外至少有3个电子层。由此可知,A、B、C的核电荷数依次为:6、8、11,A、B、C三种元素的名称分别为:碳、氧、钠。

【答案】 (1)A元素的名称是碳,B元素的名称是氧。

(2)A、B、C两两之间形成的离子化合物的化学式为 Na_2O ,共价化合物的化学式为 CO_2 。

(3)三种元素相互结合的化合物化学式为 Na_2CO_3 ,俗称苏打或纯碱。

例10 A、B两种元素,B元素的原子最外层电子数是次外层电子数的3倍,B元素的阴离子与A元素的二价阳离子电子层排布相同。则A与B形成的化合物的化学式是_____。

【解析】 最外层电子数是次外层电子数倍数的元素原子核外只有2个电子层,其次外层为第一电子层,最多排2个电子。因此,B元素原子第二电子层排有6个电子,核外共有8个电子,核电荷数为8,可知B元素的名称为氧。 O^{2-} 的核外有10个电子,A元素的二价阳离子电子层与它相同,则A元素的核电荷数为12,A是镁元素。

【答案】 化学式为 MgO 。

例11 A原子的原子核内有1个质子,B元素的带一个单位负电荷的阴离子的核外电子层结构与氫原子相同。C元素的原子最外电子层是第二层,其最外层电子数是次外层的2倍。D元素的原子比C元素的原子多一个电子层,其阴离子带一个单位正电荷。E元素是地壳中含量最多的元素。试回答下列问题:

(1)写出下列符号:A原子____,B的阴离子_____。

(2)C原子结构示意图是____,D离子结构示意图是_____。

(3)E属于____元素(填元素分类),判断的依据是_____。