

第六章 化学计算

专题一 化学基本计算

新纲导航

1. 掌握有关相对分子质量、物质的量、物质的量浓度、气体摩尔体积的计算及其应用于化学方程式的计算。
2. 掌握物质溶解度及溶质质量分数的计算以及有关溶液稀释及与物质的量浓度间的相互换算。
3. 掌握反应物中有一种过量时的计算及多步反应的计算,掌握有关燃烧热的计算及有关有机物分子式确定的计算。
4. 掌握差量法、守恒法、关系式法、十字交叉法、平均值法、估算法、讨论法、假设法等基本计算技巧。

知识点拨

1. 计算题解题基本思维模式:

题示信息 + 基础知识 + 逻辑思维,就是这样一种思维模式。它强调解题应按一定的基本步骤进行,其中最不可缺少的三个步骤是:

(1) 认真阅读、挖掘题示信息

认真审题,明确条件和要求,挖掘题示和信息,弄清要解决的问题。

有些关键题示往往成为解题的突破口

(2) 灵活组合、运用基础知识

弄清题意后,在明确化学涵义的基础上,需选择、调用贮存在自己脑中的基础知识块,使之分解、迁移、转换、重组。化学基础知识的融汇贯通、组合运用是解决化学问题的基础。

(3) 充分思维,形成解题思路

深入思考,运用化学知识找出已知项与未知项在量方面的内在联系,找出突破口,并抓准解题的关键环节,广开思路,使隐蔽的关系式变明显。最终形成正确的解题思路,并灵活选择合适的方法将题解出。

以上三个步骤是解题思维的三个基本步骤。从某种意义上讲,它也是一种能力模式,反映了解决化学问题的基本能力要求,所以我们有时称‘题示信息 + 基础知识 + 逻辑思维’为解题的能力公式。

2. 计算题解题基本方法技巧

(1) 差量法

差量法是根据物质变化前后某种量发生变化的化学方程式或关系式,找出所谓‘理论差量’,这个差量可

以是质量差、气态物质的体积差、压强差,也可以是物质的量之差、反应过程中的热量差等。该法适用于解答混合物间的反应,且反应前后存在上述差量的反应体系。尤其是混合物间反应中某些物质只有一部分参加了反应,若按常规解法,需列出几个方程组,而运用差量法求解,过程简捷,计算方便。

差量法解题的常见类型有:

- ① 利用物质在化学反应前后的质量差求解;
- ② 利用气相物质反应前后的体积差量求解;
- ③ 几种重要的特殊差量。

(1) 守恒法

这里所谓的‘守恒’就是巧妙地选择化学式中某两数如正负化合价总数、阴阳离子所带的正负电荷总数)始终保持相等,或几个连续(或平行)的化学方程式前后某粒子(如离子、原子、电子)的物质的量保持不变作为解题依据,这样既可避免书写繁琐的化学方程式,提高解题速度,又可避免在纷纭复杂的解题背景中寻找关系式,也无需过问变化的途径,过程的细节,只需要考虑始态和终态即可,从而使思维更加深刻,思路更加简捷,解题的准确度进一步提高。下面介绍守恒法的具体应用。

① 根据化学式中正、负化合价总数数值相等的原则进行计算;

② 根据原子或离子的物质的量守恒进行计算;

③ 根据得失电子守恒进行计算;

④ 根据电荷守恒进行计算;

⑤ 根据质量守恒进行计算。

(2) 关系式法

关系式是化学计算中用来表示已知量与未知量成正比比例关系的式子。根据关系式确定的数量关系进行化学计算的方法叫关系式法。此种方法主要用于多步反应的计算。由于关系式法抓住了物质变化过程中,已知量与未知量间的数量关系这一主要矛盾,所以可有效地提高解题速度和准确性。

① 利用粒子守恒建立关系;

② 利用化学方程式中的化学计量数建立关系式;

③ 利用方程式的加合建立关系式。

(3) 十字交叉法

在二元组分组成的混合体系中,各组分某种共同

特征的数量的代数和等于该混合体系中的同一特征的总数量,也就是说,在二元混合体系中各组分的特征数量具有加和性。这一规律可用数学模式表示为: $A \cdot a\% + B \cdot b\% = Q (a\% + b\%)$ 式中, A 、 B 分别为二元混合体系中两组分的量,且 $A > B$, $a\%$ 、 $b\%$ 分别为组合 A 、 B 的特性数量分数, Q 为混合体系的特性数量总值,即平均值)。将此式变换成十字交叉形式就是:

$$\begin{array}{ccc} A & & Q-B \\ & \searrow & \nearrow \\ & Q & \\ & \nearrow & \searrow \\ B & & A-Q \end{array} \rightarrow \frac{Q-B}{A-Q} = \frac{a}{b}$$

在二元混合体系中,用十字交叉法求解,思路简捷,运算方便。

十字交叉法解题的常见类型有:

- ① 有关平均相对原子质量的计算;
- ② 有关平均相对分子质量的计算。

5) 平均值法

所谓平均值法是一种将数学平均原理应用于化学计算的解题方法。它所依据的数学原理是:两个数 Mr_1 和 Mr_2 ($Mr_1 > Mr_2$) 的平均值 $\overline{Mr}$ 一定介于二者之间,即 $Mr_2 < \overline{Mr} < Mr_1$ 。所以只要求出平均值 $\overline{Mr}$, 就可以判断出 Mr_1 和 Mr_2 的取值范围,再结合题给条件可求出正确答案。

平均值法在化学计算中具有实用性强、应用范围广、求解迅速的特点。尤其在解有关混合物的计算题方面更是如此。

- ① 平均相对原子质量;
- ② 平均摩尔质量;
- ③ 平均摩尔电子质量;
- ④ 平均组成;
- ⑤ 平均消耗或平均占有量。

6) 估量法

估量法是从化学原理出发,充分利用边界条件,并运用近似值、平均值、极限值、等于、大于或小于等数学方法,对化学中的定量问题进行估算、评价、推断,从而得出正确结论的一种思维方法。

- ① 根据取值范围进行估算;
- ② 通过比较进行估算;
- ③ 将化学问题抽象为数学问题进行估算;
- ④ 变换思维角度进行估算。

7) 讨论法

由于某一条件的不确定,可能得到两个或两个以上的结论,或在某个范围内取值,这类题经常用讨论的方法求解。近几年高考中出现的涉及讨论的试题主要

有四种类型:

- ① 讨论反应发生的程度;
- ② 讨论反应物是否过量;
- ③ 讨论反应物或生成物的组成成分或范围;
- ④ 讨论不定方程的解。

前三种类型的讨论题一般思路是:

首先利用有关反应方程式(或加工变形的关系式)确定两种反应物恰好完全作用时,各反应物和生成物的具体的量的关系。

然后再按某一反应物的量不足或过量分别讨论。讨论时,根据反应确定界点和区域,分区域求值。在解题过程中进行多种情况和范围的讨论时,容易遗漏,造成答案不全。因此,若能运用数轴进行分析,则大大加强思维的条理性,从而加快解题速度和准确性。

对不定方程的讨论,则需要充分利用题目中给出的条件,运用化学原理有选择地讨论。

8) 假设法

假设法是科学研究中常用的思维方法,也是化学解题中常用的技巧与策略,一些较难的化学题,运用适当的假设加以解决,既方便又快捷,这不仅给试题的解决方式带来了新意,同时,也给考查学生的思维能力提供了有效的途径和方法。近几年高考中涉及假设法解题主要有五种类型:

① 极端假设

所谓极端假设,就是把研究的对象、过程、数据、变化、经过假设,推到理想的极限值,从而绝处逢生,得到正确答案。

② 中值假设

选定研究过程中的某点、过程中的某量、某方程式的参照,分析、推理量变关系进而求解。

③ 状态假设

将复杂的变化过程假设为若干个简单的、理想的过程状态(称为等效状态),考虑等效状态的量与需求量之间的关系,进而找到求解的方法。

④ 变向假设

改变研究问题的条件,结论或方向,从一个新的角度来分析问题、解决问题,最后过渡到所要解决的问题上来,从而得出正确结论。

⑤ 赋值假设

在解决无数数据计算、字母讨论,以比值形式作已知条件这一类问题时,赋予一些具体的量值,化抽象为具体从而快速解题。

3. 运用基本解题技巧解题的根本思想

① 守恒

化学变化遵循质量守恒、能量守恒的规律。在变化过程中,各元素的原子个数不变。离子反应中,阴阳离子所带电荷的代数和为零。氧化-还原反应中,氧化剂所得电子总数等于还原剂所失电子数总数等等。应用这些守恒关系,结合差量法、关系法等基本解题方法,从问题的整体考虑,由起始态及终态有关物质的组成,可以得到简捷的关系而获解。

② 简单化

有些问题中,形式或关系比较隐含复杂,不易直接计算,有时可以采用等量代换的方法化难为易。

有些化学过程包含几个反应(连续反应或并行反应等)我们可将其合理合并,或寻求相关物之间的关系式进行计算;

在化学变化中有关物质的量有增减,可利用化学方程所示的“比”的关系,按比例的性质——“分比”或“合比”进行简算。

以上所述即简单化,是观察分析,简取相关量进行计算的方法。当然,从广义的角度来说,我们讨论的思想方法都能使问题化繁为简,得以解决。

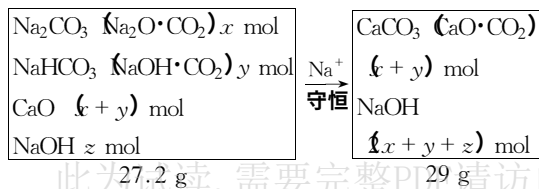
热点破译

例 1] 如有 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 CaO 和 NaOH 组成的混合物 27.2 g, 把它们溶于足量的水中, 充分反应后, 溶液中 Ca^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 均转化为沉淀, 将反应容器内水分蒸干, 最后得到白色固体物质共 29 g, 则原混合物中含 Na_2CO_3 的质量是 ()

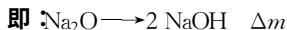
- A. 10.6 g B. 5.3 g
C. 15.9 g D. 无法确定

解析] 按一般的常规解法——运用化学方程式列出方程组求解, 很难获得正确答案。如果根据题意, 运用微粒 (Na^+ 、 Ca^{2+} 、 C) 守恒的原理剖析题目内容, 会很快找到解题的捷径, 结合关系法和差量法, 可迅速解题。

从“溶液中的 Ca^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 均转化为沉淀”可知: 原混合物中含 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 的物质的量之和必等于含 CaO 的物质的量。而最后所得白色固体物质中所含 NaOH 的物质的量必等于原混合物中 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 和 NaOH 中所含 Na^+ 的物质的量之和, 可图示如下:



由上图解不难看出, 质量差 $29 - 27.2 = 1.8$ g 的实质, 相当于 x mol 的 Na_2O 转化为 $2x$ mol 的 NaOH 的质量差。



$$1 \text{ mol} \quad 80 \text{ g} - 62 \text{ g} = 18 \text{ g}$$

$$x \text{ mol} \quad 29 \text{ g} - 27.2 \text{ g} = 1.8 \text{ g}$$

$$1 : x = 18 : 1.8 \quad x = 0.1$$

所以含 Na_2CO_3 为 10.6 g, 答案为 A。

答案] A

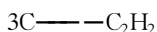
例 2] 工业生产电石是用生石灰与焦炭在电炉内

加热进行的 ($\text{C} + \text{CaO} \xrightarrow{\Delta} \text{CaC}_2 + \text{CO} \uparrow$), 假设原料利用率为 100%, 则 36 t 焦炭可生产多少吨乙炔?

解析] 对于多步进行的连续反应, 尽管每一步反应都是各自独立的(反应条件和设备可能不同), 但前一个反应的产物是后一个反应的反应物, 可根据中间产物的传递关系, 找出原料和最终产物的关系式。由关系式进行计算带来很大的方便, 并且可以保证计算结果的准确性。寻找关系式时要特别注意原料中的某些元素是否都转入到产物中去, 中间产物是否又有原始原料参与, 不可盲目地根据起始物和产物中的原子守恒直接得出关系式。

此题可用关系式法计算, 要注意的是: 由焦炭提供的碳与生成乙炔中的碳是不相等的(因为生成了部分 CO 挥发掉), 所以, 不能仅根据碳元素守恒列出关系式。

由反应式可得:



$$3 \times 12 \text{ t} \quad 26 \text{ t}$$

$$36 \text{ t} \quad x \quad \text{解之得 } x = 26 \text{ t}$$

答案] 26 t

例 3] 已知 H_2 和 CO 的混合气, 其平均相对分子质量是 20, 求混合气中 H_2 和 CO 的体积比。

解析] 设混合气中含 H_2 x mol 含 CO y mol, 同温同压下体积比等于物质的量之比。

$$\text{根据混合气式量有 } 2x + 28y = 20 \quad \textcircled{1}$$

$$\text{根据题意有 } x + y = 1 \quad \textcircled{2}$$

$$\textcircled{2} \times 20 : 20x + 20y = 20$$

$$\text{即 } 2x + 28y = 20x + 20y$$

$$\text{整理得: } (10 - 2)x = (18 - 20)y$$

$$\text{则 } \frac{x}{y} = \frac{28 - 20}{20 - 2} = \frac{4}{9}$$

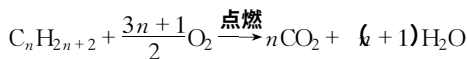
也可利用十字交叉法解题:

H_2	2	28 - 20	4
	20		:
CO	28	20 - 2	9

答案] $n(\text{H}_2):n(\text{CO})=4:9$

例 4] 一定温度下在密闭容器中混有 2 mL 气态烷烃和 13 mL 氧气, 点火爆炸生成的只有气态产物, 从其中除去二氧化碳又在剩余物中加入 6 mol 氧气再进行一次爆炸, 重新得到的燃烧产物除二氧化碳外还有剩余的氧气, 试确定该烃的分子式。

解析] 设该烃分子式为 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, 有 x mL 氧气恰好能和 2 mL 该烷烃完全反应:



$$\frac{1}{2} \quad \frac{3n+1}{2}$$

$$2 \quad x$$

则 $x=3n+1$ 。

由题意知该烷烃第一次爆炸为不完全燃烧, 待加 6 mL 氧气后进行第二次爆炸氧气有剩余:

则有 $13 < 3n+1 < 13+6$

解得 $4 < n < 6$

因 n 为正整数, 所以 $n=5$ 分子式为 C_5H_{12}

本题通过极端假设法, 推出理想的值, 从而迅速解题。

答案] C_5H_{12}

例 5] 在 25°C , 101 kPa 条件下, 将 15 L O_2 通入 10 L CO 和 H_2 的混合气中, 使其完全燃烧, 干燥后, 恢复至原来的温度和压强。

(1) 若剩余气体的体积是 15 L, 则原 CO 和 H_2 的混合气中

$V(\text{CO}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{L}$, $V(\text{H}_2) = \underline{\hspace{2cm}} \text{L}$ 。

(2) 若剩余气体的体积为 a L, 则原 CO 和 H_2 的混合气中 $V(\text{CO}):V(\text{H}_2) = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(3) 若剩余气体的体积为 a L, 则 a 的取值范围是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

解析] 从题意反应 $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$, $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$ 可知, 10 L CO 、 H_2 的混合气完全燃烧消耗的氧气体积一定小于 10 L, 故 O_2 (5 L) 过量, 因此应以 CO 、 H_2 的量来进行计算。

设 10 L CO 和 H_2 混合气中 CO 为 x L, H_2 为 y L, 则有 $x+y=10$ ①

(1) 根据反应方程式中反应前后体积的差量关系可得 $\frac{x}{2} + \frac{3}{2}y = 10$ ②

由①、②联解可得 $x=5, y=5$ 。

(2) 依照 (1) 中解法, 则有 $\frac{x}{2} + \frac{3}{2}y = 25-a$ ③

由①、③联解 $x=a-10, y=20-a$

故 $V(\text{CO}):V(\text{H}_2) = (a-10):(20-a)$

(3) 由 (1) 答案可知 $10 < a < 20$

此问还可采取极值法: ① 若 10 L 混合气全部为 CO , 完全燃烧后, 剩余气体的体积

$$V(\text{剩余}) = 15 \text{ L} + 10 \text{ L} - 5 \text{ L} = 20 \text{ L}$$

② 若 10 L 混合气全部为 H_2 , 完全燃烧后, 剩余气体的体积 $V(\text{剩余}) = 15 \text{ L} - 5 \text{ L} = 10 \text{ L}$

故 a 的取值范围为 $10 < a < 20$

答案] (1) 5:5 (2) $(a-10):(20-a)$

(3) $10 < a < 20$

针对训练

1. 常温下, 在托盘天平的左右两盘上各放一只质量相等的烧杯, 均分别注入 60 mL $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸, 然后按下列各组一定量的金属置于烧杯中, 完全反应后, 天平保持平衡的是 ()

- A. 左盘置 0.05 mol Na, 右盘置 0.05 mol Mg
B. 左盘置 0.2 mol Na, 右盘置 0.2 mol Mg
C. 左盘置 0.5 g K, 右盘置 0.5 g Ca
D. 左盘置 0.05 mol K, 右盘置 0.05 mol Mg

2. 标况下将 24 g 硫粉放在 4.48 L 氧气中充分燃烧后恢复到原条件, 所得气体总体积为 ()

- A. 16.8 L B. 21.28 L
C. 4.48 L D. 2.24 L

3. 有一硝酸铵样品, 经测定其中氮的质量分数为 37%, 则可能混入的杂质为 ()

- A. $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ B. NH_4HCO_3
C. $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ D. NH_4Cl

4. Fe、Mg、Al 三种金属混合物与足量稀 H_2SO_4 充分作用后得到标况下氢气 2.24 L, 则这三种金属的总物质的量不可能是 ()

- A. 0.095 mol B. 0.085 mol
C. 0.05 mol D. 0.075 mol

5. 将质量分数为 $a\%$ 的硫酸溶液与 $3a\%$ 的硫酸溶液等体积混合后, 所得溶液在相同条件下的质量分数为 ()

- A. 小于 $2a\%$ B. 等于 $2a\%$
C. 大于 $2a\%$ D. 无法确定

6. 将 5.6 g 铁溶于足量稀盐酸中, 蒸发至干并在空气中灼烧至恒重, 最后得到的固体质量最接近于 ()

- A. 23.2 g B. 16 g C. 15.2 g D. 8 g

7. 将 N_2 、 O_2 、 CO_2 等体积混合后通过 Na_2O_2 吸收后, 体积缩小为原来的 $\frac{8}{9}$, 则体积缩小后的混合气体中 N_2 、 O_2 、 CO_2 的体积比为 ()

- A. 3:3:2 B. 3:4:2

C. 1:4:2 D. 3:4:1

8. 某氮的氧化物和一氧化碳在催化剂作用下充分反应,生成氮气和二氧化碳,若测得氮气和二氧化碳的物质的量之比为 1:2,则该氮的氧化物是 ()

A. N_2O B. NO C. NO_2 D. N_2O_5

9. 过氧化钠可与 CO_2 作用,反应方程式为 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$,当 0.2 mol $\text{Na}_2^{18}\text{O}_2$ 完全作用后, Na_2CO_3 的质量为 ()

A. 21.2 g B. 21.6 g

C. 22.0 g D. 22.4 g

10. 用排气法收集一烧瓶干燥的氨气,测得收集到的气体对 H_2 的相对密度为 9.2。在标准状况下,用该烧瓶进行喷泉实验,则实验结束后,烧瓶中所得溶液的物质的量浓度接近 (假设烧瓶中溶液不扩散) ()

A. $0.032 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ B. $0.045 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ C. $0.054 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ D. $0.039 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

11. 向含有 CuSO_4 和 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 的混合溶液中加入一定质量且足量的 Fe 粉,经充分反应后过滤、洗净、干燥,所得固体质量与原 Fe 粉质量相等,求原混合液中 CuSO_4 和 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 的物质的量浓度之比。

12. 如某一价金属碘化物溶液中,加入 AgNO_3 溶液,恰好完全反应,生成 AgI 沉淀和硝酸盐。已知该一价金属碘化物溶液的质量与所得到的硝酸盐溶液的质量相等。试计算所加入的 AgNO_3 溶液的质量分数。

13. 吗啡和海洛因都是严格查禁的毒品。吗啡分子含 C 71.64%,H 7.67%,N 4.91%,其余为 O。已知吗啡的相对分子质量不超过 300。试求:

(1) 吗啡的相对分子质量,吗啡的分子式。

(2) 已知海洛因是吗啡的二乙酸酯。求海洛因的相对分子质量,海洛因的分子式。

14. 已知 Fe_2O_3 在高炉中有下列反应:



反应形成的固体混合物 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$) 中,元素铁和氧的质量比用 $m(\text{Fe}):m(\text{O})$ 表示。

(1) 上述固体混合物中, $m(\text{Fe}):m(\text{O})$ 不可能是_____ (选填 a、b、c,多选扣分)

a. 21:9 b. 21:7.5 c. 21:6

(2) 若 $m(\text{Fe}):m(\text{O}) = 21:8$,计算 Fe_2O_3 被 CO 还原的百分率。

(3) 设 Fe_2O_3 被 CO 还原的百分率为 $A\%$,则 $A\%$ 和混合物中 $m(\text{Fe}):m(\text{O})$ 的关系式为 (用含 $m(\text{Fe}):m(\text{O})$ 的代数式表示) $A\% = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

请在图 6-1-1 中画出 $A\%$ 和 $\frac{1}{m(\text{Fe})/m(\text{O})}$ 关系的图形。

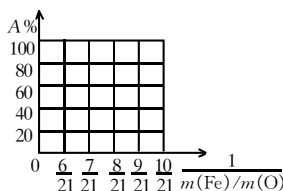


图 6-1-1

- (4) 如果 $3\text{Fe}_2\text{O}_3$ 和 CO 的反应分两步进行:



试分析反应形成的固体混合物可能的组成及相应的 $m(\text{Fe}):m(\text{O}) = 21:a$ 的 a 的取值范围。将结果填入下表。

混合物组成 (用化学式表示)	a 的取值范围

15. 向 300 mL KOH 溶液中缓慢通入一定量的 CO_2 气体,充分反应后,在减压低温下蒸发溶液,得到白色固体。请回答下列问题:

(1) 由于 CO_2 通入量不同,所得到的白色固体的组成也不同,试推断有几种可能的组成,并分别列出。

(2) 若通入 CO_2 气体为 2.24 L (标准状况下),得到 11.9 g 的白色固体。请通过计算确定此白色固体是由哪些物质组成的,其质量各为多少?所用的 KOH 溶液的物质的量浓度为多少?

专题二 “3+X”综合热点例析

综合热点导航

1. “3+X”理科综合试题中,对掌握化学计算的要求有所降低,对于“繁、难、偏”的计算逐年减少。

2. 综观 2002 全国理综试题,上述宗旨得到进一步贯彻,有关计算的考试试题难度明显降低。“3+X”理综试题中有关计算的热点仍将出现在多步反应,有机物的分子式确定和物质的量浓度等计算中。

3. 解题策略 掌握基础,认真审题,技巧迁移。

综合热点例析

例 1] 在 2 L $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 CuSO_4 的混合溶液中,加入 30 g 纯 Fe 粉,最后得到 2 L $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 FeSO_4 溶液以及 26 g 固体沉淀物。求原混合溶液中 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 和 CuSO_4 的物质的量浓度。

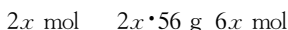
解析] 最后得到 2 L FeSO_4 溶液中 FeSO_4 0.5 mol,若它全由 CuSO_4 与 Fe 作用得到,则需 Fe 粉 28 g。若一部分由 CuSO_4 与 Fe 作用得到,另一部分由 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 跟 Fe 粉作用得到,则需 Fe 粉必少于 28 g,所以 30 g Fe 粉过量。

设原溶液中 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 的浓度为 $x \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, CuSO_4 为 $y \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 则 $n[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3] = 2x \text{ mol}$, $n(\text{CuSO}_4) = 2y \text{ mol}$

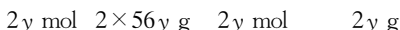
有关反应方程式:



关系量: 1 mol 56 g 3 mol



关系量: 1 mol 56 g 1 mol 64 g



根据题意得方程:

$$\begin{cases} x + 2y = 2 \times 0.25 & \text{①} \\ 28y + 30 - 2 \times 56(x + y) = 26 & \text{②} \end{cases}$$

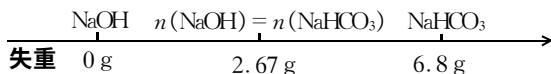
解得 $x = 0.05$ $y = 0.1$

答案] 原溶液 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 为 $0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, CuSO_4 为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

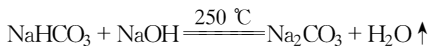
例 2] 18.4 g NaOH 与 NaHCO_3 的固体混合物,在密闭容器中加热到 250°C ,经充分反应排出气体,冷却,称得剩余固体质量 16.6 g。试计算混合物中 NaOH 的质量分数。

解析] 本题可以设想三个界点:①固体全部是

NaOH 时加热失重为 0 g,②固体全部是 NaHCO_3 时加热失重为 $18.4 \text{ g} \times \frac{6}{84} = 6.8 \text{ g}$,③当 $n(\text{NaHCO}_3)$ 与 $n(\text{NaOH})$ 相等时, $\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH} \xrightarrow{250^\circ\text{C}} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \uparrow$, 加热后失重 $18.4 \text{ g} \times \frac{[8/(40+84)]}{1} = 2.67 \text{ g}$, 将以上三个界点标记在数轴上。



现混合物失重 $18.4 \text{ g} - 16.6 \text{ g} = 1.8 \text{ g}$, 介于 0 ~ 2.67 g 之间, 可知 NaOH 过量, 设 NaOH 质量为 x 。



有 $84 \text{ g} : (8.4 \text{ g} - x) = 18 \text{ g} : 1.8 \text{ g} \therefore x = 10 \text{ g}$

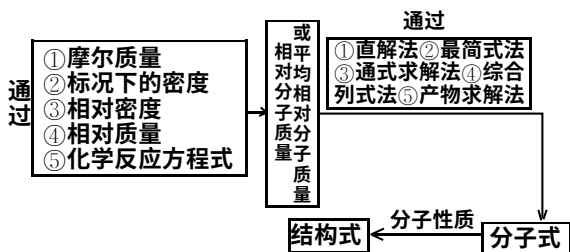
$w(\text{NaOH}) = \frac{10 \text{ g}}{18.4 \text{ g}} \times 100\% = 54.3\%$

答案] 54.3%

例 3] 某有机物中含 C:60%, H:13.4%, O:26.6%, 其蒸气相对密度是同状况下 H_2 密度的 30 倍。现取该有机物 2 g 在 O_2 中充分燃烧, 生成 2.24 L (标况) CO_2 和 2.4 g H_2O , 试求有机物分子式。

解析] 有机化合物的分子式, 结构式计算推断的基本规律和计算相对分子质量的基本方法有五种。

(1) 基本规律



①求分子式的五种方法

①直接法 根据相对分子质量和各元素的质量分数直接求出有机物分子中元素原子的个数。

相对分子质量 = $30 \times 2 = 60$

$$\text{C}:\text{H}:\text{O} = \frac{60 \times 60\%}{12} : \frac{60 \times 13.4\%}{1} : \frac{60 \times 26.6\%}{16} = 3:8:1$$

故有机物分子式为 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$

②最简式法 首先求出最简式, 再根据式量与相对分子质量之间的倍数关系, 确定分子式。

$$\text{因 } \text{C}:\text{H}:\text{O} = \frac{60}{12} : \frac{13.4}{1} : \frac{26.6}{16} = 5:13.4:1.66 \approx 3:8:1$$

最简式为 C_3H_8O , 式量为 60, 因式量等于相对分子质量, 所以分子式为 C_3H_8O 。

③通式求解法 中学化学涉及到的含氧衍生物通式有:

醇 $C_nH_{2n+2}O$, 相对分子质量为 $14n + 18$ 。

醛 $C_nH_{2n}O$, 相对分子质量为 $14n + 16$ 。

羧酸和酯 $C_nH_{2n}O_2$, 相对分子质量为 $14n + 32$ 。

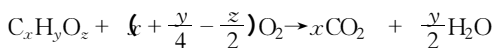
设该烃的衍生物为醇,

因 $14n + 18 = 60$ 故 $n = 3$

有机物分子式为 C_3H_8O 。

④综合列式法 根据燃烧化学方程式求解,

设有机物分子式为 $C_xH_yO_z$, 则有



$$60 \text{ g} \qquad \qquad \qquad 22.4x \text{ L} \quad 18 \times \frac{y}{2} \text{ g}$$

$$2 \text{ g} \qquad \qquad \qquad 2.24 \text{ L} \quad 2.4 \text{ g}$$

$$\text{故 } 60:22.4x = 2:2.24 \quad x = 3$$

$$60:18 \times \frac{y}{2} = 2:2.4 \quad y = 8$$

由 $12x + y + 16z = 60$, 解得 $z = 1$,

∴ 分子式 C_3H_8O 。

⑤产物求解法 根据有机物燃烧生成 CO_2 和 H_2O 的量求分子式。

2 g 该有机物中:

$$C \text{ 元素质量} = \frac{2.24 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 12 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1.2 \text{ g}$$

2 g 该有机物中:

$$H \text{ 元素质量} = \frac{2.4 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 \times 1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.27 \text{ g}$$

2 g 该有机物中:

$$O \text{ 元素质量} = 2 \text{ g} - 1.2 \text{ g} - 0.27 \text{ g} = 0.53 \text{ g}$$

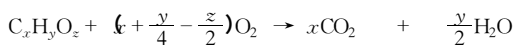
$$\text{故 } C:H:O = \frac{1.2}{12} : \frac{0.27}{1} : \frac{0.53}{16} = 0.1:0.27:0.03 \\ = 3:8:1$$

最简式为 C_3H_8O , 式量为 60, 又因式量等于相对分子质量, 所以该有机分子式为 C_3H_8O 。

答案] C_3H_8O

例 4] 某有机物为烃的含氧衍生物, 在 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 120°C 时, 取其蒸气 40 mL 与 140 mL O_2 混合点燃, 恰好完全反应生成等体积的 CO_2 和 H_2O 蒸气。当恢复到反应前的状况时, 反应后混合物的体积比反应前混合物的体积多 60 mL。求该有机物的分子式。若该有机物能跟 Na_2CO_3 反应, 试写出它的结构简式。

解析] 设有机物为 $C_xH_yO_z$, 其燃烧方程式为:



$$\begin{array}{ccccccc} 1 & x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2} & x & \frac{y}{2} \\ 40 \text{ mL} & 140 \text{ mL} & \frac{40 + 140 + 60}{2} \text{ mL} & \frac{40 + 140 + 60}{2} \text{ mL} \end{array}$$

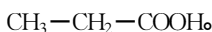
$$1:x = 40:\frac{40 + 140 + 60}{2}, x = 3,$$

$$\text{又 } x = \frac{y}{2} = 3, \text{ 故 } y = 6$$

$$1:\left(x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2}\right) = 40:140, \text{ 解得 } z = 2$$

故有机物分子式为 $C_3H_6O_2$ 。

根据性质, 此有机物是羧酸, 结构简式为



答案] $C_3H_6O_2$; CH_3CH_2COOH

例 5] 将一定质量的镁铝合金投入 100 mL 一定物质的量浓度的盐酸溶液中, 合金全部溶解。向所得溶液中滴加 $5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaOH 溶液到过量, 生成沉淀的质量与加入的 NaOH 溶液体积关系如图 6-2-1 所示。

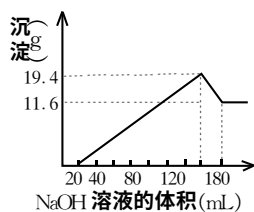


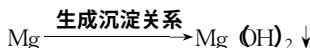
图 6-2-1

系如图 6-2-1 所示。由图中数据计算:

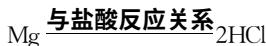
(1) 原合金中 Mg、Al 的质量。

(2) 盐酸的物质的量浓度。

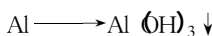
解析] 设 Mg 为 $m \text{ g}$, Al 为 $n \text{ g}$, 跟 Mg、Al、NaOH 作用的盐酸分别为 $a \text{ mol}$ 、 $b \text{ mol}$ 、 $c \text{ mol}$ 。



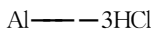
$$\begin{array}{ccc} 24 & & 58 \\ m \text{ g} & & 11.6 \text{ g} \quad m = 4.8 \end{array}$$



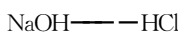
$$\begin{array}{ccc} 1 & & 2 \\ \frac{4.8}{24} \text{ mol} & & a \text{ mol} \quad a = 0.4 \end{array}$$



$$\begin{array}{ccc} 27 & & 78 \\ n \text{ g} & & (9.4 - 11.6) \text{ g} \quad n = 2.7 \end{array}$$



$$\begin{array}{ccc} 1 & & 3 \\ \frac{2.7}{27} \text{ mol} & & b \text{ mol} \quad b = 0.3 \end{array}$$

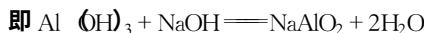


$$\begin{array}{ccc} 1 & & 1 \\ 0.02 \times 5 \text{ mol} & & c \text{ mol} \quad c = 0.1 \end{array}$$

$$c(\text{HCl}) = \frac{(a + b + c) \text{ mol}}{0.1 \text{ L}} = \frac{(0.4 + 0.3 + 0.1) \text{ mol}}{0.1 \text{ L}}$$

$$= 8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

本题还可以利用溶解 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的碱量求出 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 物质的量,再求出 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 物质的量,最后求 Al 、 Mg 的质量,这样也挺简单。



$$\begin{array}{ccc} 1 & & 1 \\ x & & 5 \times 0.02 \end{array}$$

$x = 0.1$, 即 Al 为 0.1 mol ,

$$m(\text{Al}) = 0.1 \text{ mol} \times 27 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 2.7 \text{ g}$$

答案] $m(\text{Mg}) = 4.8 \text{ g}$, $m(\text{Al}) = 2.7 \text{ g}$, $c(\text{HCl}) = 8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

例 6] 某天然碱 (纯净物) 可看做由 CO_2 和 NaOH 反应后的产物所组成。称取天然碱样品 4 份, 溶于水后, 分别逐滴加入相同浓度的盐酸溶液 30 mL , 产生 CO_2 的体积 (标准状况) 如下表:

	I	II	III	IV
盐酸的体积 / mL	30	30	30	30
样品质量 / g	3.32	4.15	5.81	7.47
二氧化碳的体积 / mL	672	840	896	672

(1) 由第 I 组数据中的 CO_2 体积与样品质量之比, 可以推测用 2.49 g 样品进行同样的实验时, 产生 CO_2 _____ mL (标准状况)。

(2) 另取 3.32 g 天然碱样品于 300°C 加热至完全分解 (100°C 时 Na_2CO_3 不分解), 产生 CO_2 112 mL (标准状况) 和 H_2O 0.45 g , 计算并确定天然碱的化学式。

(3) 已知 Na_2CO_3 与 HCl (4) 的反应分下列两步进行: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{NaHCO}_3$; $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。由上表中第 IV 组数据可以确定所用的 HCl (4) 的浓度为 _____ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(4) 依据上表所列数据以及天然碱的化学式, 讨论并确定上述实验中 CO_2 (标准状况) 体积 V (mL) 与样品质量 m (g) 之间的关系式。

解析] 本题考查碳酸盐的性质和学生读表能力及信息分析能力。

从表中数据可知 第 I 组和第 II 组实验中盐酸是过量的。所以

$$(1) 3.32:672 = 2.49:V(\text{CO}_2)$$

$$\Rightarrow V(\text{CO}_2) = 504 \text{ (mL)}$$

(2) 样品分解产生 CO_2 112 mL , 说明样品中含碳酸氢钠, 且为 $\frac{0.112 \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 2 = 0.01 \text{ mol}$ 。 3.32 g 样品加

热分解生成 $\frac{0.45 \text{ g}}{18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0.025 \text{ mol } \text{H}_2\text{O}$, 说明天然碱

中含有结晶水 $0.025 \text{ mol} - \frac{0.01}{2} \text{ mol} = 0.02 \text{ mol}$ 。
 3.32 g 样品中共含 NaHCO_3 和 H_2O 为 $0.01 \times 84 + 0.02 \times 18 = 1.2 \text{ g}$, 说明样品中还含有 Na_2CO_3 , 其物质的量为: $(3.32 - 1.2) \text{ g} / 106 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.02 \text{ mol}$ 。从以上计算可得出天然碱的组成为 $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 从以上推出的样品组成可以算出 7.47 g 样品中 Na_2CO_3 为 $7.47 \text{ g} / 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 2 = 0.045 \text{ mol}$, 故 HCl 和 NaHCO_3 的第一步反应耗用盐酸为 0.045 mol 。此时, 样品中只有 NaHCO_3 存在, 所以产生 $672 \text{ mL } \text{CO}_2$ 耗用的 HCl 物质的量为 $672 \text{ mL} / 2400 \text{ mL} \cdot \text{mol}^{-1} = 0.03 \text{ mol}$ 。

$$\text{所以 } c(\text{HCl}) = \frac{0.045 + 0.03}{0.03} = 2.5 \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1})。$$

(4) 从样品组成可推出, 1 mol 样品与 HCl 完全作用, 需耗 5 mol HCl 。而 HCl 的量恒定为 0.075 mol , 所以产生 CO_2 最多时样品的质量为: $332 \times \frac{0.075}{5} = 4.98 \text{ (g)}$, 而当 HCl 只和 Na_2CO_3 进行第一步反应时, 样品的质量至少为 $332 \times \frac{0.075}{2} = 12.45 \text{ (g)}$ 。

通过以上的分析可以得出 在 $0 < m \leq 4.98 \text{ g}$ 时, HCl 足量, 生成的 CO_2 体积决定于样品的质量。

$V(\text{CO}_2) = \frac{m}{332} \times 3 \times 22400 = 202.4m \text{ (mL)}$; 在 $m \geq 12.45 \text{ g}$ 时, HCl 只和 Na_2CO_3 进行第一步反应, $V(\text{CO}_2) = 0$, 而当 $4.98 \text{ g} < m < 12.45 \text{ g}$, 此时 HCl 不足, CO_2 的体积取决于 HCl 。 $V(\text{CO}_2) = [0.075 - \frac{m}{332} \times 2] \times 22400 = (680 - 135m) \text{ (mL)}$ 。

答案] (1) 504 mL

(2) $2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

(3) $2.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(4) ① $0 < m \leq 4.98 \text{ g}$, $V(\text{CO}_2) = 202.4m \text{ (mL)}$

② $4.98 \text{ g} < m < 12.45 \text{ g}$,

$V(\text{CO}_2) = (680 - 135m) \text{ (mL)}$

③ $m \geq 12.45 \text{ g}$, $V(\text{CO}_2) = 0$

第二章 化学基本理论

专题一 原子结构

新纲导航

1. 了解原子的组成及同位素的概念。
2. 理解原子序数、核电荷数、质子数、中子数、核外电子数,以及质量数与质子数、中子数之间的相互关系。
3. 以第 1、2、3 周期的元素为例,了解原子核外电子排布规律。能画出 1~20 号元素的原子结构示意图。

知识点拨

1. 原子的构成

2. 原子中有关量的关系:

(1) 质子数 = 核电荷数 = 核外电子数 = 原子序数

(2) 离子电荷数 = 质子数 - 核外电子数

(3) 质量数 (A) = 质子数 (Z) + 中子数 (N)

(4) 质子数 (Z) = 离子的核外电子数 + 离子的电荷数 (阳离子电荷数为正值,阴离子为负值)

3. 同位素

4. 相对原子质量的计算方法

相对原子质量 = $\frac{\text{元素的一个原子的质量 (g)}}{1 \text{ 个 } ^{12}\text{C} \text{ 原子的质量 (g)} \times \frac{1}{12}}$

5. 原子核外电子的排布

(1) 电子层:

根据电子具有能量的高低 (即离核的远近),把电子在核外的分布分成不同的电子层。

电子层的表示方法:

电子层数 (n)	1	2	3	4	5	6	7
符号	K	L	M	N	O	P	Q
电子离核远近	近————→远						
电子的能量	低————→高						

(2) 核外电子排布的规律:

在多电子的原子中,电子按能量不同分层排布,其基本要点是:

① 核外电子总是尽先排布在能量较低电子层,然后依次排布在能量逐步升高的电子层 (即由里向外)。这就是能量最低原理。

② 各电子层所能容纳电子的最高数为 $2n^2$ (n 表示电子层数)。

③ 作为最外层所能容纳电子的最高数不能超过 8

个 (K 层为最外层时不能超过 2 个)。

④ 作为次外层所能容纳的电子的最高数不能超过 18 个 (L 层为次外层时不能超过 2 个),倒数第三层所能容纳的电子的最高数不超过 32 个。

上述的规律是相互联系的,不能孤立的套用,这些规律是解决原子核外电子排布问题的基础。

(3) 原子核外电子排布的情况可用原子结构示意图

)))

表示。如 $\text{Na} \begin{array}{c} (+11) \\ 2 \ 8 \ 1 \end{array}$

)))

6. 几种特殊粒子的结构特点

(1) 离子的电子层排布

主族元素阳离子跟上一周期稀有气体的电子层排布相同,如 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 与 Ne 相同。

阴离子跟同一周期稀有气体的电子层排布相同,如 O^{2-} 、 F^- 与 Ne 相同。

(2) 等电子粒子 注意主要元素在周期表中的相对位置)

① 10 电子粒子: CH_4 、 N^{3-} 、 NH_2^- 、 NH_3 、 NH_4^+ 、 O^{2-} 、 OH^- 、 H_2O 、 H_3O^+ 、 F^- 、 HF 、Ne、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 等。

② 18 电子粒子: SiH_4 、 P^{3-} 、 PH_3 、 S^{2-} 、 HS^- 、 H_2S 、 Cl^- 、 HCl 、Ar、 K^+ 、 Ca^{2+} 等。

特殊情况: F_2 、 H_2O_2 、 C_2H_6 、 CH_3OH

③ 核外电子总数及质子总数均相同的阳离子有: Na^+ 、 NH_4^+ 、 H_3O^+ 等;阴离子有 F^- 、 OH^- 、 NH_2^- 、 HS^- 与 Cl^- 等。

热点破译

例 1] 下列说法中不正确的是 ()

① 质子数相同的粒子一定属于同一种元素

② 同位素的性质几乎相同

③ 质子数相同,电子数也相同的两种粒子,不可能是一种分子和一种离子

④ 电子数相同的粒子不一定是同一种元素

⑤ 一种元素只能有一种质量数

⑥ 某种元素的相对原子质量取整数,就是其质量数

A. ②③⑤⑥

B. ①②④⑤

C. ①②⑤⑥

D. ③④⑤⑥

解析] 此题考查了三个概念:一是粒子 分子、离

子、原子、质子、中子等)的概念。如 H_2O 与 Ne 不可称为同一元素,而 ^1_1H 、 ^2_1H 粒子显然是同一元素,所以①错④对。一种分子和一种离子,如果质子数相等,它们的电子数一定不等,故③对。二是同位素的概念,同位素原子质子数相同,化学性质几乎相同,但因其质量数不同,其物理性质不同。三是质量数的概念,质量数是针对某个原子而言,而不是对元素而言的,因一种元素往往有几种同位素原子,它们的质量数各不相同。故⑤⑥是错误的。

答案]C

例2]在原子的第 n 电子层中,当 n 为最外电子层时,最多容纳的电子数与 $(n-1)$ 层相同。当 n 为次外层时,其最多容纳的电子数比 $(n+1)$ 层作为最外层时最多容纳的电子数多 10,则 n 层是 ()

A. N 层 B. M 层 C. L 层 D. K 层

解析]根据原子核外电子排布规律进行分析,K 层、L 层容纳电子的最高数分别为 2 个和 8 个。不符合题意。不是本题的答案。M 层作为最外层时最多可排布 8 个电子,与 $(n-1)$ 层即 L 层相同,M 层作为次外层,所能容纳的最高电子数为 18,比 $(n+1)$ 层即 N 层作为最外层所能容纳的最高电子数多 10 个,这是符合题意的。若为 N 层,作为最外层时最高可容纳电子 8 个,而此时作为次外层的 M 层最高容纳电子数为 18 个,二者是不相等的,故 n 层不可能为 N 层。

答案]B

例3]已知 $^m\text{R}^{n-}$ 阴离子的原子核内有 x 个中子, $W \text{ g } ^m\text{R}^{n-}$ 阴离子中含有的电子的物质的量为 ()

- A. $(n-x) \text{ mol}$
B. $W(n-x-n) \text{ mol}$
C. $W(n-x+n) \text{ mol}$
D. $(n-x+n) \text{ mol} / W$

解析]先确定 $1 \text{ mol } ^m\text{R}^{n-}$ 中所含电子的物质的量。已知一个 ^mR 原子的原子核内有 z 个质子,根据质量数与质子、中子的关系,一个 ^mR 原子中质子数为 $z = m - x$,电子数为 $m - x$ 个。

由此可推知 $^m\text{R}^{n-}$ 一个离子所含的电子数为 $(n-x+n)$ 个

$1 \text{ mol } ^m\text{R}^{n-}$ 所含电子的物质的量为 $(n-x+n) \text{ mol}$,进一步不难求出 $W \text{ g } ^m\text{R}^{n-}$ 中含电子的物质的量为 $\frac{W}{m} (n-x+n) \text{ mol}$ 。

答案]C

例4]某元素 X 所形成的分子 X_2 共有三种,其相对分子质量依次为 158、160、162,其三种分子的物质的

量之比是 7:10:7。则下列结论正确的是 ()

- A. X 有三种同位素
B. 其中一种同位素原子的质量数为 80
C. 质量数为 79 的同位素的原子分数为 50 %
D. X_2 的平均相对分子质量为 159

解析]若 X 有三种同位素,可形成六种 X_2 分子,若 X 有两种同位素时可组成三种 X_2 分子: X_2 、 XX' 、 X'_2 ,故 A 错。由于 X 只有两种同位素,所形成的三种分子中,相对分子质量是 158、162 的两种为同种同位素原子组成,质量数分别为 79 和 81,相对分子质量为 160 的分子是两种同位素原子共同组成,平均相对分子质量为 $79 + 81 = 160$,故 B 错。因 X_2 三种分子的物质的量之比为 7:10:7,所以两种同位素原子的物质的量之比为 $(7 \times 2 + 10): (10 + 7 \times 2) = 1:1$,质量数为 79 的同位素其原子的质量分数为 $\frac{1}{1+1} \times 100\% = 50\%$,故 C 正确。 X_2 的平均相对分子质量 $= \frac{7 \times 158 + 10 \times 160 + 7 \times 162}{7 + 10 + 7} = 160$,故 D 错。

答案]C

针对训练

- 由两种原子组成的纯净物 ()
A. 一定是化合物
B. 可能是单质,也可能是化合物
C. 一定是单质
D. 一定是同素异形体
- 一种比黄金贵百倍的 $^{18}_8\text{O}_2$ 气体,在兰州近代物理研究所制备成功, $1 \text{ mol } ^{18}_8\text{O}_2$ 中,下列各项正确的是 ()
A. 含 18 mol 质子 B. 含 16 mol 电子
C. 含 20 mol 中子 D. 含 16 mol 中子
- 一些科学家预言,存在稳定的超重元素,如: $Z = 114$, $N = 184$ 的原子,它位于元素周期表第七周期,第四主族。由此,下列说法正确的是 ()
A. 第七周期有 50 种元素
B. 该原子的质量数是 184
C. 该元素相对原子质量是 298
D. 该原子核外有 114 个电子
- 放射性原子在人类的生活中的很多地方都有着特殊的作用,对人类的科学研究有着很大的帮助,其中最主要的作用是作为示踪原子。医学界通过用放射性 ^{14}C 来标记 C_{60} ,发现一种 C_{60} 的羧酸衍生物在特定条件下可通过断裂 DNA 来杀死细胞,从而抑制艾滋病。下面有关 ^{14}C 的叙述正确的是 ()

- A. ^{14}C 与 ^{14}N 含有相同的中子数
 B. ^{14}C 与 C_{60} 是同分异构体
 C. ^{14}C 与 C_{60} 中普通碳原子的化学性质不同
 D. ^{14}C 与 ^{12}C 互为同位素

5. 一种元素的同位素原子的质量数 A 与中子数 N 之间的关系是图 2-1 中的 ()

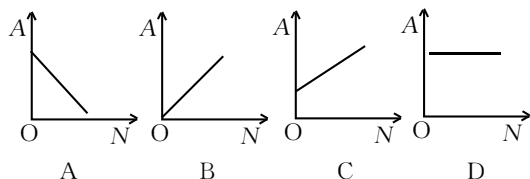


图 2-1 A 与 N 的关系图

6. 有 ^1_1H , ^2_1H , ^3_1H 三种原子。

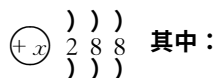
(1) 三种原子具有相同的 _____ ；

(2) 在标准状况下, 三种原子各自形成的单质之间密度之比是 _____ ；

(3) 1 g 各种单质中, 它们的质子数之比是 _____ ；

(4) ^2_1H 和 ^3_1H 各自形成的 1 mol 单质中, 它们的中子数之比是 _____ 。

7. 有几种元素的粒子的核外电子层结构如图所示,



(1) 某电中性粒子一般不和其他元素的原子反应, 这种粒子符号是 _____ 。

(2) 某粒子氧化性甚弱, 但得到电子后还原性强, 且这种粒子形成原子后最外层只有一个电子, 这种粒子符号是 _____ 。

(3) 某粒子还原性虽弱, 但失电子后氧化性强, 且这种原子得一个电子即达到稳定结构, 这种粒子的符号是 _____ 。

8. a、b、c、d、e 为六种常见元素构成的粒子, 它们都有 18 个电子, 其结构特点如下:

粒子代码	a	b	c	d	e
原子核数	单核	单核	多核	单核	多核
带电荷数 (单位电荷)	0	1+	0	2+	0

c 是由极性键构成的 4 原子分子, e 为既含有极性键又含有非极性键的 4 原子分子。填写下列空白:

(1) a 粒子的原子结构简图 _____ 。

(2) b 与 d 相应元素最高价氧化物对应水化物的碱性强弱比较为 (用化学式表示)

_____ > _____ 。

(3) 纯净的 c 在空气中燃烧, 能生成其某一组成元素的最高价含氧酸, 该反应的化学方程式是 _____ 。

(4) e 在二氧化锰催化下很容易分解, 其反应方程式为: _____ 。

9. A、B、C、D、E 五种短周期元素。已知: 它们的原子序数依次增大, A、B 两种元素的核电荷数之差等于它们的原子最外层电子数之和; B 原子最外层电子数比其次外层电子数多 2; 在元素周期表中, C 是 E 的邻族元素; D 和 E 的原子序数之和为 30。它们两两形成的化合物有甲、乙、丙、丁四种。这四种化合物中原子个数比如下表:

化合物	甲	乙	丙	丁
化合物中各元素原子个数比	A 和 C 1:1	B 和 A 1:2	D 和 E 1:3	B 和 E 1:4

(1) 写出元素符号: A _____, B _____, C _____, D _____, E _____ 。

(2) 向甲的水溶液中加入 MnO_2 , 氧化产物是 _____ 。

(3) 已知有机物乙的分子为平面结构, 碳氢键键角为 120° , 实验室制取乙的化学方程式为: _____ 。

(4) 丙的水溶液呈酸性, 其原因是 (用离子方程式表示): _____ 。

专题二 元素周期律和周期表

新纲导航

1. 掌握元素周期律的实质,了解元素周期表(长式)的结构(周期、族)
2. 以第3周期为例,掌握同一周期内元素性质(如原子半径、化合价、单质及其化合物性质)的递变规律与原子结构的关系;以ⅠA和ⅦA族为例,掌握同一主族内元素性质递变规律与原子结构的关系
3. 了解元素的“位—构—性”关系,学会运用周期表

知识点拨

1. 元素周期表的结构:

包括:周期 7 个 (1 个横排)

族 16 个 (共 18 个纵行)

周期:具有相同电子层数而又按照原子序数递增的顺序排列的一系列元素:

分为:短周期: { 第一周期 (二种元素)
第二周期 (八种元素)
第三周期 (八种元素)
第四周期 (十八种元素)
长周期: { 第五周期 (十八种元素)
第六周期 (三十二种元素)

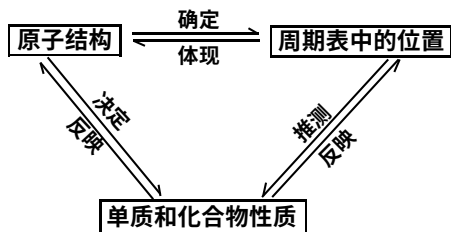
不完全周期:第七周期

族:主族由短周期元素和长周期元素共同组成的族。

副族:仅由长周期元素构成的。

主族:7 个 (ⅠA—ⅦA) {2, 13, 14, 15, 16, 17 列}
副族:7 个 (ⅡB—ⅦB, I B—II B) {4, 5, 6, 7, 11, 12 列}
Ⅷ族:1 个 {8, 9, 10 列}
零族:1 个 (稀有气体元素) (8 列)

2. 元素的“位、构、性”关系



3. 有关规律

(1) 元素金属性判定规律:单质跟水或酸反应置换出氢越易及其氢氧化物的碱性越强,则金属性越强。

(2) 元素非金属性判定规律:单质跟 H_2 反应越易,

生成的气态氢化物越稳定,或最高价氧化物对应的水化物酸性越强,则非金属性越强。

(3) 主族元素的族序数、原子序数、最高(或最低)价数同为奇数或偶数。

(4) 原子、离子半径大小判断规律

① 同周期主族元素从左到右,原子半径逐渐减小(短周期中惰性元素的半径测定条件不同);

② 同主族元素原子(或离子)半径从上到下逐渐增大;

③ 金属元素原子半径比相应的离子半径大,非金属元素原子半径比相应的离子半径小;

④ 电子层结构相同的阳离子和阴离子,核电荷数越多,离子半径越小,反之,离子半径越大。

4. 元素周期表的应用

解答有关元素周期表的应用题型必须熟练掌握如下知识:① 元素所在周期表的主族数=该元素原子核外最外层电子数=价电子数。② 同周期主族元素从左到右金属性逐渐减弱,非金属性逐渐增强;元素最高价氧化物对应水化物碱性逐渐减弱,酸性逐渐增强,非金属气态氢化物酸性增强,稳定性增强。③ 同主族的金属元素从上到下金属性逐渐增强,最高价氧化物对应水化物的碱性增强;同主族非金属元素从上到下非金属性减弱,最高价氧化物酸性减弱,气态氢化物的酸性增强,稳定性减弱。

5. 推断未知元素的方法,除应用上述规律外,还有:① 根据各周期表数目的递减推断法。② 根据离子电子层结构相同的“阴上阳下”推断法。③ 根据上下左右原子序数差的“图示代数推算法”。④ 根据短周期元素三角相邻特点的巧解方法,如平均值法。⑤ 根据元素的“位、构、性”的特殊点推断。

热点破译

例 1] X、Y、Z 为短周期元素,这些元素原子的最外层电子数分别是 1、4、6,则由这三种元素组成的化合物的化学式不可能是 ()

A. XYZ B. X_2YZ C. X_2YZ_2 D. X_2YZ_3

解析] 本题以元素周期表为依据,考查思维的敏捷性。

从题设条件可知,符合要求的元素 X 可能是 H、Li、Na,符合要求的元素 Y 可能是 C、Si,符合要求的元素 Z 可能是 O、S。

根据上述元素确定能组成哪些化合物,应该说不太困难的。很明显不可能组成选项 A 中的化学式,则 A 应为本题答案。

符合选项 B 的化合物可以有 H_2CO , 即 HCHO (甲醛); 选项 C 可以是 H_2CO_2 , 即 HCOOH (甲酸); 选项 D 则可以是 H_2CO_3 (碳酸)、 Na_2CO_3 、 NaSiO_3 等。

需要注意的是本题要求回答不可能是,因此审题一定细心,另外如果忽视了元素 X 可能是氢元素,只从 Li 、 Na 考虑,则本题无法回答。未能考虑到组成的物质可以是有机物,是考生失分的主要原因,这个教训应该吸取。

答案] A

例 2] X、Y 两元素的原子,当它们分别获得一个电子后都形成稀有气体原子的电子层结构时, X 放出的能量大于 Y, 那么下述推断中不正确的是 ()

- A. X^- 的还原性大于 Y^-
- B. Y 的氧化性小于 X
- C. X 的原子序数小于 Y
- D. X^- 的还原性小于 Y^-

解析] 同主族非金属原子获得相同数目电子,形成稀有气体原子的电子层结构时,都要放出能量,非金属越活泼,放出的能量越多,由此可确定 X 的非金属性比 Y 强。

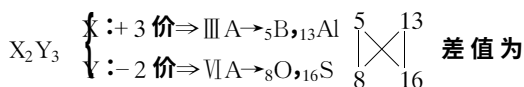
本题是一道学科内综合试题,解此题的关键在于吃透题意,抓住两个关键点: (1) X、Y 两元素是同一主族非金属元素, (2) X 放出的能量大于 Y, 说明 X 比 Y 活泼,一般原子获得电子要放出能量,获得相同数目电子放出能量越多,该原子性质越活泼; 原子失去电子需要吸收能量,失去相同电子,需要能量越多,越难失去,原子性质越不活泼。

答案] A

例 3] 若短周期元素 X、Y 可形成原子个数比为 2:3 的化合物,则这两种元素的原子序数之差可能是 ()

- A. 1
- B. 3
- C. 5
- D. 6

解析] 解法一 由 X_2Y_3 确定化合价,由化合价确定 X、Y 在周期表中的位置,进而确定 X、Y 的原子序数,最后计算差值,确定选项。



3, 5, 11

再考虑特殊情况, X_2Y_3 可能为 N_2O_3 , 差值:

$$8 - 7 = 1$$

解法二 运用数学奇偶相减的原理,在 X_2Y_3 中, X

的化合价为奇数,其原子序数必为奇数,同理, Y 原子的原子序数为偶数,二者之差只能为奇数,不能是偶数。注意不能随意猜想具体物质,导致出错。

答案] D。

例 4] 有 X、Y、Z 三种元素。已知:

(1) 它们是周期表的前 20 号元素, Y 和 Z 不在同一周期。

(2) 它们可以组成化合物 XY_2 、 YZ_2 和 XZ 。

(3) X 的阳离子和 Z 的阴离子的核外电子排布相同。

(4) XY_2 能和水反应,生成白色浆状物,将浆状物过滤所得到的溶液与 Y 的氧化物 YO_2 反应,可以得到另一种白色沉淀 A。

请填写下列空白: X 是 _____; Y 是 _____; Z 是 _____; A 是 _____; XY_2 与水反应的化学方程式是 _____。

解析] 根据 Y 的氧化物 YO_2 , 可知 Y 是 +4 价, 则 YZ_2 中的 Z 为 -2 价, XZ 中的 X 为 +2 价。题给信息

(3) X 的阳离子和 Z 的阴离子的核外电子排布相同, 可知 X 在 Z 的下一个周期。它们又都是前 20 号元素, 所以 X 可能是 Mg 或 Ca , Y 可能是 C 或 Si , Z 可能是 O 或 S 。根据题给信息 (4) XY_2 能与水反应生成白色浆状物, 此浆状物的水溶液可与 YO_2 反应生成白色沉淀 A, 结合有关元素化合物的知识可知 XY_2 为 CaC_2 , YO_2 为 CO_2 。 CaC_2 与水反应生成的白色浆状物为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与 CO_2 生成的白色沉淀 A 为 CaCO_3 , 从而确定出 X 为钙, Y 为碳。 Z 在 X (Ca) 的上一周期, 且为 -2 价, 所以 Z 是硫。

答案] Ca C S CaCO_3 ;



针对训练

1. 居里夫人发现的镭是主族元素, 它有七个电子层, 最外层有 2 个电子。下列有关它的描述中错误的是 ()

- A. 在化合物中呈 +2 价
- B. 氢氧化物呈两性
- C. 原子半径在本族元素中最大
- D. 单质与水反应能放出氢气

2. 镁、锂在元素周期表中具有特殊“对角线”关系, 它们的性质相似, 例如, 它们的单质在过量氧气中燃烧时均只生成正常的氧化物等, 下列有关锂的性质叙述不正确的是 ()

- A. Li_2SO_4 能溶于水
- B. LiOH 是易溶于水, 受热不分解的强碱

C. Li 遇浓硫酸不产生‘钝化’现象

D. Li_2CO_3 受热分解,生成 Li_2O 和 CO_2

3. 已知短周期元素 A、B、C、D,原子序数依次增大,A、B 为非金属元素,C、D 为金属元素,且它们的离子都具有相同的电子层结构。则下列叙述正确的是 ()

A. 原子半径 $\text{D} > \text{C} > \text{A} > \text{B}$
 B. 离子半径 $\text{A} < \text{B} < \text{C} < \text{D}$
 C. 单质还原性 $\text{C} > \text{D}$
 D. 单质的摩尔质量 $\text{D} < \text{C} < \text{B} < \text{A}$

4. 下列说法正确的是 ()

A. 在化学反应中某元素由化合态变为游离态,该元素一定被还原
 B. 失电子难的原子获得电子的能力一定强
 C. 电子层结构相同的各种离子,它的半径随核电荷数的增加而减小
 D. 最外层电子数较少的金属元素,一定比最外层电子数较它多的金属元素活泼性强

5. 短周期元素 X、Y、Z 在周期表中的位置如图所示,下列叙述不正确的是 ()

		X
	Y	
Z		

A. X 是活泼的非金属元素,其最高价氧化物的水化物是一种强酸
 B. Y 是最活泼的非金属元素,不存在最高价氧化物的水化物
 C. Z 是较活泼的非金属元素,其最高价氧化物的水化物是一种强酸
 D. X、Y、Z 的单质均由分子构成,晶体均属分子晶体

6. 有关硼元素的叙述中,正确的是 ()

A. 从硼的相对原子质量为 10.8 可判断硼原子核内的中子数一定为 6
 B. 在三氯化硼分子中,硼原子最外层满足了 8 电子结构
 C. 硼元素可以和氢元素结合成氢化物
 D. 硼元素和氢氧根结合的化合物是一种强碱

7. X、Y 是短周期元素,两者能组成 X_2Y_2 化合物,已知 X 的原子序数为 n ,则 Y 的原子序数可能是 ()

A. $n + 11$ B. $n - 5$ C. $n + 3$ D. $n + 4$

8. 设 X、Y、Z 代表 3 种元素。已知：

① X^+ 和 Y^- 两种离子具有相同的电子层结构 ② Z 元

素原子核内质子数比 Y 元素原子核内质子数少 9 个 ③ Y 和 Z 两元素可以形成四核 42 个电子的负一价阴离子。

据此,请填空：

(1) Y 元素是_____,Z 元素是_____。

(2) 由 X、Y、Z 三元素所形成的含 68 个电子的盐类化合物的化学式是_____

9. 不同元素的原子在分子内吸引电子的能力大小可用一定数值 x 来表示,若 x 值越大,其原子吸引电子能力越强,在所形成的分子中成为负电荷一方 若两种非金属元素原子的 x 值相差越大,在形成的化合物中共价键的极性就越强。下面是原子序数为 3~19 号元素的 x 值 (稀有气体元素除外)：

元素	Li	Be	B	C	N	O	F	Na
x 值	0.98	1.57	2.04	2.55	3.04	3.44	3.98	0.93
元素	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	
x 值	1.31	1.61	1.90	2.19	2.58	3.16	0.82	

- (1) 推测 x 值与原子半径关系是_____。

这些主族元素 x 值的这种变化特点体现了元素性质的_____变化规律。

- (2) 通过分析 x 值变化规律,估计 Ca 的 x 值范围：_____ $< x(\text{Ca}) <$ _____ 预测在卤素的四种气态氢化物中,_____是共价键极性最弱的分子 请填写化学式)。

(3) 次卤酸 (HXO) 的电子式为_____ 卤素原子用 X 表示) 根据上表 x 值,可判断在次氟酸 (HFO) 中,元素 F、O 的价态分别为_____、_____。

10. 经验表明,除氢和氦外,当元素原子的电子层数 (n) 多于或等于原子最外层电子数 (m) 时,该元素属于金属元素 当元素原子的最外层电子数 (m) 多于原子的电子层数 (n) 时,该元素属于非金属元素。其数学表达式为 ($n \geq 2$)：

$(n - m) \geq 0$ 时,是金属元素；

$(n - m) < 0$ 时,是非金属元素。

试回答：

(1) 第 n 周期有_____种主族金属元素,有_____种非金属元素。

(2) 第 m 主族有_____种非金属元素。

(3) 根据以上规则,预言未来发现的元素中有_____种非金属元素,其理由是_____

_____。

专题三 化学键、分子结构、晶体类型及其性质

新纲导航

1. 了解化学键的涵义。
2. 理解离子键、共价键与离子化合物、共价化合物的关系。
3. 了解晶体的主要性质,掌握晶体类型与物质熔点、硬度、导电性等的关系。
4. 理解极性键与非极性键、极性分子和非极性分子的涵义及其相互关系。
5. 理解分子间作用力,了解氢键的涵义。

知识点拨

1. 几种化学键的比较

类型	离子键	共价键	
		非极性键	极性键
作用方式	阴阳离子静电作用	原子间通过共用电子对作用	
键型特点	没有小分子	形成小分子	
形成条件	活泼金属和活泼非金属化合而形成的	不同非金属元素之间形成共用电子对(偏移)或同种非金属元素之间形成共用电子对(无偏移)	
一般规律	I A、II A 族金属与 X_2 卤素)、 O_2 、S 等化合成键	非金属元素之间以及非金属与部分较不活泼金属之间的成键	
举例	$K^+ [Br:]^-$	$\times N \times \times N:$	$H \times \ddot{Cl}:$

2. 键的极性与分子极性的结构关系

化学键的极性是分子极性产生的原因之一。当分子中所有化学键都是非极性键时,分子为非极性分子。当分子内的化学键为由分子中电荷的空间分布不对称,即各键的极性无法抵消时为极性分子。由分子中电荷的空间分布对称,使各个键的极性互相抵消时,形成非极性分子。所以,原子间的极性键形成的分子如 NH_3 分

子中的电荷空间分布不对称,键的极性无法抵消,是极性分子。极性分子中一定存在极性键。但有的极性分子中可以存在非极性键,如 H_2O_2 。由非极性键形成的双原子分子,一定是非极性分子。如 Cl_2 、 O_2 等。而 CH_4 、 CO_2 分子中虽然存在极性键,但由于分子中电荷空间分布对称,正负电荷重心重合,键的极性相互抵消,亦属非极性分子。常见极性分子与非极性分子见下表)

分子类型		键的极性	分子构型	分子极性	
单原子分子		／	／	非极性	He、Ar 等
双原子	A ₂	非极性	直线 对称)	非极性	N ₂ 、X ₂ 等
双原子	AB	极性键	直线 不对称)	极性	HX、CO 等
多原子	A—B—A	极性键	直线 对称)	非极性	CO ₂ 、CS ₂ 等
多原子	A—B—A	极性键	折线 不对称)	极性	SO ₂ 、H ₂ O

3. 常见的几种晶体的结构分析

1) 氯化钠晶体

$NaCl$ 晶体中 Na^+ 和 Cl^- 交替占据立方体的顶点而向空间延伸。在每个 Na^+ 周围最近的等距离 (设为 a) 的 Cl^- 有 6 个 (上、下、左、右、前、后), 在每个 Cl^- 周围最近的等距离的 Na^+ 亦有 6 个 (在每个 Na^+ 周围最近的等距离 必为 $\sqrt{2}a$) 的 Na^+ 有 12 个 (同层 4 个, 上层 4 个, 下层 4 个), 在每个 Cl^- 周围最近的等距离的 Cl^- 亦有 12 个。

2) 二氧化碳晶体

干冰晶体中每 8 个 CO_2 构成立方体且再在 6 个面的中心又各占据 1 个 CO_2 。在每个 CO_2 周围等距离 ($\sqrt{2}a$, a 为立方体棱长) 最近的 CO_2 有 12 个 (同层 4 个、上层 4 个、下层 4 个)。

3) 金刚石晶体

金刚石晶体是一种空间网状结构——每个 C 与另 4 个 C 以共价键结合, 前者位于正四面体中心, 后四者位于正四面体顶点。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 C 组成且六者不在同一平面内。晶体中每个 C 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 原子个数与 C—C 键数之比为 $4 \times \frac{1}{2} : 4 = 1 : 2$

4) 石墨晶体

石墨晶体是一种混合型晶体——层内存在共价键，层间以范德华力结合，兼具有原子晶体、分子晶体的特征和特性。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条C—C键的形成，而在每条键中的贡献只有一半，故每个正六边形平均只占有 $6 \times \frac{1}{2} = 3$ 个C，C原子个数与C—C键数之比为 $2: \frac{2 \times 3}{2} = 2:3$

5) 二氧化硅晶体

SiO_2 晶体中每个Si与4个O结合，前者在正四面体的中心，后四者在正四面体的顶点，同时每个O被两个正四面体所共用，如图2-3-1所示：

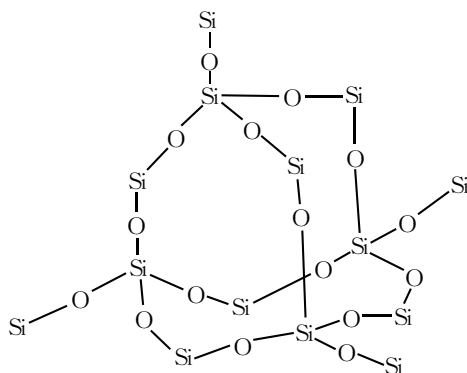


图 2-3-1

每个正四面体占有一个完整的Si、四个“半O原子”，故晶体中Si原子与O原子个数比为 $1: (4 \times \frac{1}{2}) = 1:2$ 。

3. 四种晶体的比较

项目	离子晶体	原子晶体	分子晶体	金属晶体
概念	离子间通过离子键而结合的晶体	相邻原子间以共价键而结合形成的空间网状结构的晶体	分子间以分子间作用力相互结合的晶体	通过金属键而结合的金属单质晶体
构成晶体的粒子	阴、阳离子	原子	分子	金属阳离子和自由电子
键能	大	大	小	大
熔、沸点	较高	高	低	一般较高、但Hg、Ca低

项目	离子晶体	原子晶体	分子晶体	金属晶体
硬度	较大	大	小	一般较大，部分小
延展性	差	差	差	良好
导电性	水溶液或熔化状态导电	一般为非导体（不是电解质）	非导体、熔化状态不导电	良导体
物质的种类	大多数盐类、强碱、活泼金属氧化物	碳（金刚石）、晶体硅、 SiO_2 、SiC等	非金属单质，气态氢化物，非金属氧化物，含氧酸、大多数有机物	金属单质，合金

说明①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。

②分子晶体中分子内部原子间以共价键结合，分子间是范德华力或氢键，而原子晶体内部不存在分子，所有原子间都以共价键相结合。

③含有离子的晶体不一定是离子晶体。如金属晶体中含金属阳离子。离子晶体中不一定不含分子。如 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ，它们均属离子晶体，但组成粒子除含阴离子外，还含有水分子。

④离子晶体除含离子键外不一定不含其它化学键。如 $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 含有离子键、极性键、非极性键。

4. 晶体熔、沸点的高低比较

(1) 单质的熔、沸点变化规律

①同一主族金属单质的熔、沸点一般随原子序数的递增而逐渐降低（因为同一主族金属单质的金属键随原子序数递增而减弱）。

②同一主族非金属单质的熔、沸点一般随原子序数递增逐渐升高（常指组成和结构相似的分子晶体）。

③同一主族的非金属单质，如是原子晶体，其熔、沸点随原子序数的递增而降低（如：金刚石的熔点大于晶体硅）。

④四种晶体的熔、沸点的高低，取决于组成晶体的粒子间的作用力大小，粒子间的作用力越大，晶体的熔、沸点越高，粒子间的作用力越小，熔、沸点越低。

在四种晶体类型中，一般是原子晶体熔、沸点最高，分子晶体熔、沸点最低。离子晶体、金属晶体要根据具体物质结构粒子间的作用力大小来判断其熔、沸点的高低，但一般介于上述两者之间。如： $\text{SiO}_2 > \text{NaCl} > \text{干冰}$ ；