

物质结构与性质选考题突出考查 空间想象能力和逻辑思维能力

陕西师范大学化学化工学院 710062 杨辉祥

2014 年全国高考新课程卷 I 理综题 37,是考查《物质结构与性质》模块的一道选考题,该题突出考查了学生的空间想象能力和逻辑思维能力,并对学生的计算能力和数学悟性有较高的要求。笔者主要谈谈对此题的解析及试题特点。

[题目]早期发现的一种天然二十面体准晶颗粒由 Al、Cu、Fe 三种金属元素组成。回答下列问题:

(1) 准晶是一种无平移周期序,但有严格准周期位置序的独特晶体,可通过____方法区分晶体、准晶体和非晶体。

(2) 基态 Fe 原子有____个未成对电子,Fe³⁺的电子排布式为____。可用硫氰化钾检验 Fe³⁺,形成的配合物的颜色为____。

(3) 新制备的 Cu(OH)₂ 可将乙醛(CH₃CHO)氧化成乙酸,而自身还原成 Cu₂O。乙醛中碳原子的杂化轨道类型为____,1 mol 乙醛分子中含有的 σ 键的数目为____。乙酸的沸点明显高于乙醛,其主要原因是____。Cu₂O 为半导体材料,在其立方晶胞内部有 4 个氧原子,其余氧原子位于面心和顶点,则该晶胞中有____个铜原子。

(4) Al 单质为面心立方晶体,其晶胞参数 a = 0.405 nm,晶胞中铝原子的配位数为____。列式表示 Al 单质的密度____ g · cm⁻³ (不必计算出结果)。

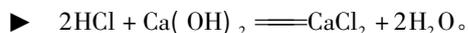
一、题目解析

本题考查的是《物质结构与性质》选修模块,题目涉及该模块的各章内容。考点有晶体的鉴别方法、Fe 原子结构、洪特规则、Fe³⁺ 结构(电子排布式)、Fe³⁺ 的检验(必修 1 也涉及)、分子结构(杂化轨道类型)、σ 键、氢键、晶胞中原子数目的确定、金属晶体的晶胞中原子的配位数的确定、晶体密度的计算。

各问都很具体,考点和教材上的知识点是“点对点”,回答问题时,学生会觉得顺手。

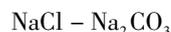
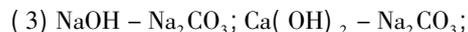
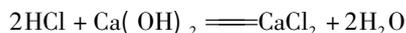
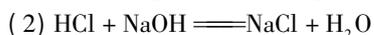
第(1)问考查的是区分晶体、准晶体和非晶体的方法。教材上明确指出“区分晶体和非晶体最可靠的科学方法是对固体进行 X-射线衍射实验”,题中提到的准晶体虽是新知识,但对准晶体作了说明,准晶体是独特晶体。显然,用 X-射线衍射方法可以区分晶体、准晶体、非晶体三者。另外在《晶体的常识》一节中,就有一道练习题:区分晶体和非晶体最科学的方法是什么?因此,第(1)问对学生来说确实不难。

第(2)问,学生只要知道 Fe 是 26 号元素,或 Fe 原子的外围电子层排布 3d⁶4s²,就可写出 Fe 原子的电子排布式,遵循洪特规则可知,基态 Fe 原子 5 个 3d 轨道中一个排有 2 个电子,其余 4 个 d 轨道上各排 1 个电子,即基态 Fe 原子有 4 个未成对电子。Fe³⁺ 相较基态 Fe 原子,失去了外围电子



(3) 把稀硫酸滴入 NaOH、Na₂CO₃ 或 Ca(OH)₂、Na₂CO₃ 的混合物中时,硫酸与碱反应后再与碳酸钠反应生成二氧化碳。

答案:

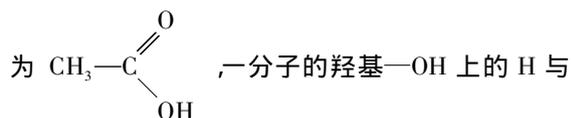


点评 解答本题的关键是要掌握各种物质的性质,只有掌握了物质的性质才能确定物质之间能否反应及其反应的实验现象等方面的内容。

(收稿日期:2014-03-05)

层中的 3 个电子,即失去 2 个 4s 电子和 1 个 3d 电子,按照洪特规则是含 2 个电子的 d 轨道上失去 1 个电子, Fe^{3+} 的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$ 。溶液中 Fe^{3+} 的检验,学生在必修 1 中已学到, Fe^{3+} 遇到硫氰化钾溶液时变成红色。而在《物质结构与性质》模块的《分子的立体结构》一节中讲到配合物理论时,实验并列举了 Fe^{3+} 跟硫氰酸根 (SCN^-) 离子形成了配离子,该离子的颜色极似血液。因此,学生容易回答出用硫氰化钾检验 Fe^{3+} ,所形成的配合物的颜色为“血红色”。

第(3)问考查 CH_3CHO 中 C 原子的杂化轨道类型,甲基— CH_3 中的 C 采用 sp^3 杂化,醛基— CHO 中的 C 采用 sp^2 杂化,在 CH_3CHO 中 4 个 H 原子分别与两个 C 原子形成 4 个 σ 键;两个 C 之间形成 1 个 σ 键;C 与 O 之间形成一个 σ 键和一个 π 键。即 1 分子 CH_3CHO 中有 6 个 σ 键,那么 1 mol CH_3CHO 中含有 6 mol σ 键或 $6 N_A$ (或 $6 \times 6.022 \times 10^{23}$) 个 σ 键。 CH_3COOH 的分子结构



另一分子的羰基 $\text{C}=\text{O}$ 上的 O 可形成分子间氢键,而使 CH_3COOH 的沸点明显高于 CH_3CHO 。

Cu_2O 晶体的立方晶胞内部有 4 个 O 原子,其余 O 原子位于面心和顶点,即有 6 个 O 原子位于立方体的面心,有 8 个 O 原子位于立方体的顶点,一个晶胞内 O 原子的数目是:

$$4 \times 1 + 6 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{8} = 8$$

而 Cu_2O 中 Cu 原子数与 O 原子数之比为: 2:1,即 Cu_2O 晶胞内铜原子数为 $8 \times 2 = 16$ 。

第(4)问中 Al 单质为面心立方晶体,由教材中金属晶体的堆积模型知,该晶胞中铝原子的配位数为 12。一个晶胞中有 6 个铝原子位于面心,8 个铝原子位于立方体的顶点,即一个晶胞中有 $(6 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{8}) = 4$ 个铝原子。一个晶胞的体积:

$$V = (0.405 \text{ nm})^3 = (0.405 \times 10^{-7} \text{ cm})^3$$

$$= (0.405 \times 10^{-7})^3 \text{ cm}^3$$

一个晶胞的质量:

$$m = (4 \times 27 \text{ g}) \div N_A = \frac{4 \times 27}{6.022 \times 10^{23}} \text{ g}$$

Al 单质的密度:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{4 \times 27}{6.022 \times 10^{23} \times (0.405 \times 10^{-7})^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

二、答案

(1) X-射线衍射

(2) $4 \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$ 血红色

(3) sp^3 、 sp^2 $6N_A$ CH_3COOH 存在分子间氢键 16

(4) $12 \quad \frac{4 \times 27}{6.022 \times 10^{23} \times (0.405 \times 10^{-7})^3}$

三、试题特点

1. 本题的考点和教材知识点联系紧密,所考查的知识均在教材之内。题目依据教材,根基于教材,设问明了、简洁,也相对容易。

2. 考点涉及了《物质结构与性质》模块的各章内容,考查面广。

3. 前几年《物质结构与性质》模块的考查均有结构图,让学生看图作答,而今年的考查一改过去试题的面孔,只给出晶体结构的特点或类型,让学生想出结构,再确定出晶胞中原子的数目或计算出晶体的密度。这种命题方式是对过去命题思路及解题思维的一个翻转。

4. 本题的难点也许在第(4)问,一是晶胞中有几个铝原子;二是 nm 与 cm 之间数量级是多少。针对这两点,若逆向思维可反推出计算式。设一个晶胞中有 x 个 Al 原子,1 nm = 10^{-7} cm,其 Al 的密度 ($2.7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,学过的知识)可表示为:

$$\frac{27x}{6.022 \times 10^{23} \times (0.405 \times 10^{-7})^3} = 2.7$$

$$x = 4.0 \times 10^{21-3y}$$

若 $y = 7$ 则 $x = 4$ 。若想到此,学生就可自信地写出其密度的计算式

$$\frac{4 \times 27}{6.022 \times 10^{23} \times (0.405 \times 10^{-7})^3}$$

5. 本题有利于培养学生的空间想象能力和逻辑思维能力,尤其是有利于培养学生的逆向思维能力。

(收稿日期:2014-07-05)