

物质微观结构的考查载体

——阿伏加德罗常数

江苏省南京市溧水区第三高级中学 226200 年文娟

阿伏加德罗常数是化学学科最重要的基本概念之一,它是指 1 mol 粒子集体所含的粒子数,很方便的把一定数目的原子、离子或分子等微观粒子与物质的宏观物理量联系起来。因此,准确完整地理解阿伏加德罗常数以及物质的量的概念,在化学学习中有着至关重要的作用。关于阿伏加德罗常数与物质的量、物质的量浓度、气体摩尔体积关系的考题比较常见。

物质的微观结构内容涉及较多,问题也比较复杂,包括物质的组成、物质的空间构型、pH 计算、物质的量浓度、相对原子质量等基本概念和理论,具有很强的综合性。要求考生基本概念清晰、基础知识扎实;同时还要审题仔细、思维严谨。

在近几年化学高考考题中,物质微观结构的考查主要依托于阿伏加德罗常数进行考查,对学生能力的考查有了更高的要求。因此,在了解物质结构的基础上,更要理解阿伏加德罗常数的内涵。

一、重要考题解析

例 1 (2015 年全国卷 I) N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列说法正确的是()。

A. 18 g D_2O 和 18 g H_2O 中含有的质子数均为 $10N_A$

B. 2 L 0.5 mol · L⁻¹ 亚硫酸溶液中含有的 H^+ 离子数为 $2N_A$

C. 过氧化钠与水反应时,生成 0.1 mol 氧气转移的电子数为 $0.2N_A$

D. 密闭容器中 2 mol NO 与 1 mol O_2 充分反应,产物的分子数为 $2N_A$

解析 D_2O 的摩尔质量为 20 g/mol, 18 g D_2O 的物质的量小于 1 mol, 1 个 D_2O 分子含有 10 个质子,则 18 g D_2O 的质子数小于 $10N_A$, A 项错误; 2 L 0.5 mol · L⁻¹ 亚硫酸溶液中含 1 mol H_2SO_3 , 亚硫酸为弱酸,未完全电离,故溶液中含有的 H^+ 数目小于 $2N_A$, B 项错误; Na_2O_2 与水反应生成 O_2 :

解析 本题是无机框图推断题,关键是找准突破口。 E 为红色金属单质,则 E 是铜。 C 为黑色氧化物,所以 C 是氧化铜。氧化铜被 B 还原生成铜,由于 B 为具有刺激性气味的气体,所以 B 应该是氨,则 F 是氮气。由 F 生成 D 的条件可知 A 是氧气, D 是 NO 。氨和氧气发生催化氧化,生成 NO 和水。 NO 被氧气氧化生成 NO_2 , 溶于水生成硝酸,所以 G 是硝酸,则 H 是硝酸铜, I 就是氢氧化铜, J 是氯化铜。由于 Cu^{2+} 具有氧化性,能将 SO_2 氧化生成硫酸, J, K 是同种金属的不同氯化物,所以 K 是氯化亚铜,则该反应的化学方程式是 $2Cu^{2+} + 2Cl^- + SO_2 + 2H_2O = 2CuCl \downarrow + 4H^+ + SO_4^{2-}$

答案: (1) NO : $N :: N$ (2) 硝酸
(3) $3Cu + 8H^+ + 2NO_3^- = 3Cu^{2+} + 2NO \uparrow + 4H_2O$

(4) $3CuO + 2NH_3 \xrightarrow{\Delta} 3Cu + N_2 + 3H_2O$

(5) $2Cu^{2+} + 2Cl^- + SO_2 + 2H_2O = 2CuCl \downarrow + 4H^+ + SO_4^{2-}$

(收稿日期: 2016-04-12)

►含元素中,除一种元素外,其余均为 1~18 号元素。

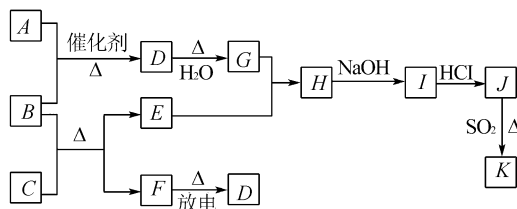


图 9

已知: A, F 为无色气体单质, B 为具有刺激性气味的气体, C 为黑色氧化物, E 为红色金属单质(部分反应的产物未列出)。请回答下列问题:

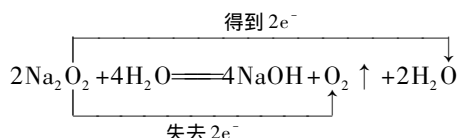
(1) D 的化学式为____; F 的电子式为____。

(2) A 与 B 生成 D 的反应在工业上是生产____的反应原理之一。

(3) E 与 G 的稀溶液反应的离子方程式为____。

(4) B 和 C 反应的化学方程式为____。

(5) J, K 是同种金属的不同氯化物, K 为白色沉淀。写出 SO_2 还原 J 生成 K 的离子方程式____。



当生成 0.1 mol O_2 时,转移的电子数为 $0.2N_A$,C 项正确;2 mol NO 与 1 mol O_2 反应生成 2 mol NO_2 ,但由于在密闭容器中存在化学平衡 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$,故产物的分子数小于 $2N_A$,D 项错误。答案:C。

例 2 (2015 年全国卷 II) N_A 代表阿伏加德罗常数的值。下列叙述正确的是()。

- A. 60 g 丙醇中存在的共价键总数为 $10N_A$
 B. 1 L 0.1 mol · L⁻¹ 的 NaHCO_3 溶液中 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 离子数之和为 $0.1N_A$
 C. 钠在空气中燃烧可生成多种氧化物。23 g 钠充分燃烧时转移电子数为 N_A
 D. 235 g 核素 $^{235}_{92}\text{U}$ 发生裂变反应: $^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0n \rightarrow {}^{90}_{38}\text{Sr} + {}^{136}_{54}\text{Xe} + 10{}_0^1n$,净产生的中子(${}_0^1n$)数为 $10N_A$

解析 1 个丙醇分子中含有 11 个共价键,60 g 丙醇为 1 mol,其中含 11 mol 共价键,A 项错误; HCO_3^- 在溶液中既存在电离平衡,又存在水解平衡, HCO_3^- 水解生成 H_2CO_3 ,即溶液中 HCO_3^- 与 CO_3^{2-} 之和小于 0.1 mol,B 项错误;23 g Na 完全反应,无论生成 Na_2O 还是 Na_2O_2 ,钠元素的化合价均由 $0 \rightarrow +1$,均转移 1 mol 电子,C 项正确;根据裂变反应可知 235 g 该核素发生反应,净产生的中子数为 $9N_A$,D 项错误。答案:C。

二、解答阿伏加德罗常数与物质微观结构判断“四部曲”

1. 读:读清题目所给的信息与要求,建立微观物体的组成与结构模型。

2. 看:看所给数据是体积、质量、还是物质的量等。如果所给数据是质量、物质的量,该类数据不受外界条件和物质状态的限制。

3. 定:当所给数据为体积时,要确定研究对象是气体、液体还是固体,还要确定外界条件是否为“标准状况”。

4. 算:根据所求“微粒”进行计算,在求算时要注意:①不要直接用溶液的浓度代替指定物质

的物质的量(即是否给定了溶液体积);②同种物质在不同的氧化还原反应中“角色”可能不同,电子转移数目也可能不同,不能一概而论。

三、阿伏加德罗常数与物质微观结构的考点分析(见表 1)

表 1

考查方向	应对策略
气体体积	没有指明温度、压强的气体体积,其数值无实际意义 22.4 L/mol 的使用前提:①看是否为标准状况;②标准状况下对应物质是否为气体
组成与结构	①稀有气体为单原子分子,离子化合物中无分子,“ O_2^{2-} ”是一个阴离子;②金刚石、晶体硅、 SiO_2 中每个碳原子、硅原子形成四个键,石墨中每个碳原子形成 3 个键(1 mol 上述物质中存在的共价键分别为 $2N_A$ 、 $2N_A$ 、 $4N_A$ 、 $1.5N_A$);③有机物中化学键可分为 $\text{H}-\text{C}$ 、 $\text{C}-\text{C}$ 等。
可逆过程	①盐的水解、弱电解质的电离是可逆的;② Cl_2 与 H_2O 、 N_2 与 H_2 、 SO_2 与 O_2 、酯化反应等均是可逆反应,反应物不可能消耗完
反应进程改变	①浓盐酸与 MnO_2 、浓硫酸与铜等金属反应,酸不可能消耗完。 ②浓硝酸与足量金属($\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}$)、过量铁与硝酸($\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$)、浓硫酸与足量氢前金属($\text{SO}_2 \rightarrow \text{H}_2$)
电子转移数目	抓住计算所依据的物质在反应中组成元素的价态变化,并要考虑反应是否存在可逆性,进行过程中反应的中止或方向改变的情况
胶粒及隐含反应	①一个氢氧化铁胶粒含若干个 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 微粒; ② $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$
总质量一定的 A、B 混合物	类型:①A、B 物质的最简式相同(如乙烯与丙烯);②A、B 物质的相对分子质量相同(如 N_2 、CO);③A、B 由同一种原子组成(如 O_2 、 O_3);④A、B 相同元素的质量分数相同(如 CuO 、 Cu_2S)。 对策:将①、②中 A、B 物质视为组成最简单的那一种物质,由该物质组成求某种原子数目或原子总数目;③将混合物直接看作是由对应原子构成的;④可直接求出相同元素的质量

总之,该类试题的命题规律是:以阿伏加德罗常数为载体设计成选择题、填空题等形式,可以与化学计算、物质结构、氧化还原反应、弱电解质的电离、盐的水解、有机反应等知识相联系,考查微粒的结构与存在形式,题目灵活多变,能很好的考查学生的计算、判断等思维能力。

(收稿日期:2016-03-25)