氮及其化合物考点探究

山东省滕州市第一中学西校　(277500)　柴　勇

氮元素及其化合物是中学化学中元素化合物中的重要部分,是近几年高考命题的常考内容,为了更好的学习这一部分内容,下面将其常见考点总结如下.

一、氮气

1. 氮的固定

使空气中游离态的氮转化为化合态氮的过程.

2. 氮气的性质

(1) 物理性质: 纯净的 N_2 是一种无色无味的气体,难溶于水,在空气中约占总体积的 4/5.

(2) 化学性质: 通常情况下,N_2 化学性质很稳定,只在高温、放电、催化剂等条件下才能发生一些化学反应.

①与 H_2 反应: $N_2+3H_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2NH_3$.

②与 O_2 反应: $N_2+O_2 \xrightleftharpoons{\text{放电或高温}} 2NO$.

例 1　下列推断正确的是(　　).

A. N_2、NO、NO_2 都是大气污染气体,在空气中都能稳定存在

B. 向 $AlCl_3$ 溶液中滴加过量的氨水能看到先产生白色沉淀,后沉淀溶解

C. 可用浓硫酸或者浓硝酸除去镀在铝表面的铜镀层

D. 在稀硫酸中加入铜粉,铜粉不溶解; 再加入 $Cu(NO_3)_2$ 固体,铜粉就会溶解

解析　A 项,N_2 不是污染物,NO 在空气中会发生反应 $2NO+O_2=2NO_2$,不能稳定存在,A 错; B 项,$Al(OH)_3$ 沉淀不能溶于过量的氨水中,B 错误; 浓硫酸和浓硝酸都能使铝钝化,但在常温下,浓硝酸能与铜反应,浓硫酸不能与铜反应,故可用浓硝酸,不能用浓硫酸, C 错误; 选项 D,Cu 不能与稀硫酸反应,但加入 $Cu(NO_3)_2$ 后,溶液中存在 HNO_3,Cu 可以溶解在 HNO_3 中,D 正确. 答案: D

二、氮的氧化物

1. NO 和 O_2 混合气体通入水中

由 $2NO+O_2=2NO_2$ 和 $3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$ 得总反应为: $4NO+3O_2+2H_2O=4HNO_3$

2. NO 和 NO_2 的比较表

	NO	NO_2
颜色	无色	红棕色
毒性	有毒	有毒
溶解性	不溶	能溶
与 O_2 反应	$2NO+O_2=2NO_2$	
与 H_2O 反应		$3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$
	形成酸雨、光化学烟雾	形成酸雨、光化学烟雾

3. NO_2 和 O_2 混合气体通入水中

由 $3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$ 和 $2NO+O_2=2NO_2$ 得总反应为: $4NO_2+O_2+2H_2O=4HNO_3$

4. NO、NO_2 和 O_2 三种混合气体通入水中

先按 $3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$ 计算出生成的 NO 体积,再加上原来混合气体中 NO 体积,再计算.

例 2　如图 1 所示,试管中盛装的是红棕色气

► (1) D 的化学式(分子式)是 ____,E 的化学式(分子式)是 ____.

(2) A 和 B 反应生成 C 的化学方程式是 ____.

(3) E 和 F 反应生成 D、H 和 G 的化学方程式是 ____.

解析　因 C、D 为气体,E、F 为固体,且"$D+C\rightarrow E$,$E+F\rightarrow D+H+G(CaCl_2)$",抓住这一突破口可知,$D$ 为 NH_3,E 为 NH_4Cl,F 为 $Ca(OH)_2$,H 为 H_2O,C 为 HCl; 从而可知,A、B 为 H_2 和 Cl_2 中的一种. 则可写出有关反应的化学方程式.

故答案为: (1) NH_3,NH_4Cl;

(2) $H_2+Cl_2 \xrightleftharpoons{\text{点燃}} 2HCl$;

(3) $2NH_4Cl+Ca(OH)_2 \xrightleftharpoons{\triangle} 2NH_3\uparrow+2H_2O+CaCl_2$.

(收稿日期: 2014-08-09)

体(可能是混合物),当倒扣在盛有水的水槽中时,试管内水面上升,但不能充满试管,当向试管内鼓入氧气后,可以观察到试管中水柱继续上升,经过多次重复后,试管内完全被水充满,原来试管中盛装的气体是(　　).

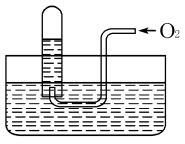


图1

A. 可能是 N_2 与 NO_2 的混合气体

B. 只能是 O_2 与 NO_2 的混合气体

C. 可能是 NO 与 NO_2 的混合气体

D. 只能是 NO_2 一种气体

解析　解答本题要注意以下两点:(1)明确氮气不溶于水,且常温下不与其他物质发生化学反应;(2)NO_2 可与水反应生成不溶于水的 NO. NO_2 和 NO 与氧气按适当的比例被水完全吸收. 答案:C

例3　将容积为 50 mL 的量筒充满二氧化氮和氧气的混合气体,将量筒倒置在盛满水的水槽里,一段时间后,量筒里剩余气体体积为 5 mL. 则原混合气体中 NO_2 和 O_2 体积比可能是____或____(可写出大概计算过程).

解析　(1)设剩余的 5 mL 气体为 O_2,则参加反应 $4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$ 的 NO_2 和 O_2 的总体积为 50 mL − 5 mL = 45 mL,则原混合气体里,NO_2 的体积为 45 mL × 4/5 = 36 mL,O_2 的体积为 50 mL − 36 mL = 14 mL 即 NO_2 与 O_2 的体积比为 36∶14 = 18∶7.

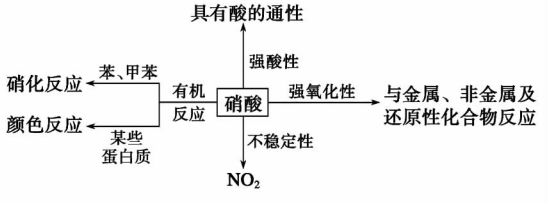
(2)设剩余的 5 mL 气体为 NO,则必由过量的 NO_2 与水反应 $3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$ 所得,过量的 NO_2 体积为 15 mL,则发生反应 $4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$ 的 NO_2 和 O_2 的总体积为 50 mL − 15 mL = 35 mL,则原混合气体里,O_2 的体积为 35 mL × 1/5 = 7 mL,NO_2 的体积为 50 mL − 7 mL = 43 mL,即 NO_2 与 O_2 的体积比为 43∶7.

答案:18∶7　43∶7

三、硝酸的性质

1. 物理性质

硝酸是无色易挥发的液体,有刺激性气味.



2. 化学性质

(1)不稳定性:反应:$4HNO_3 \xrightleftharpoons[\text{或光照}]{\triangle} 2H_2O + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

(2)强氧化性:硝酸无论浓、稀都有强氧化性,而且浓度越大氧化性越强.

①与金属反应:稀硝酸与铜反应:$3Cu + 8HNO_3$(稀)$= 3Cu(NO_3)_2 + 2NO\uparrow + 4H_2O$;浓硝酸与铜反应:$Cu + 4HNO_3$(浓)$= Cu(NO_3)_2 + 2NO_2\uparrow + 2H_2O$.

②与非金属反应:浓硝酸与 C 的反应为:$C + 4HNO_3$(浓)$\xrightarrow{\triangle} CO_2\uparrow + 4NO_2\uparrow + 2H_2O$;稀硝酸与 $FeSO_4$ 溶液反应的离子方程式为 $3Fe^{2+} + 4H^+ + NO_3^- = 3Fe^{3+} + NO\uparrow + 2H_2O$.

(3)颜色反应:某些蛋白质遇到浓硝酸时变黄色.

例4　在标准状况下将 1.92 g 铜粉投入一定量浓 HNO_3 中,随着铜粉的溶解,反应生成的气体颜色逐渐变浅,当铜粉完全溶解后共收集到由 NO_2 和 NO 组成的混合气体 1.12 L,则混合气体中 NO 的体积为(　　).

A. 112 mL　　B. 1 008 mL

C. 224 mL　　D. 448 mL

解析　混合气体的总物质的量为 1.12 L/22.4 L·mol^{-1} = 0.05 mol,1.92 g 铜粉的物质的量为 0.03 mol. 设 NO 的物质的量为 n_1 mol,则 NO_2 的物质的量为(0.05 − n_1) mol,根据得失电子守恒得 $3n_1 + (0.05 - n_1) \times 1 = 0.03 \times 2$,解得 $n_1 = 0.005$,$V(NO) = 0.005\ mol \times 22.4\ L \cdot mol^{-1} = 0.112\ L = 112\ mL$. 答案:A

例5　向某稀 HNO_3 和 $Fe(NO_3)_3$ 的混合溶液中逐渐加入铁粉,产生无色气体. 该气体遇空气变红棕色,溶液中 Fe^{2+} 浓度和加入 Fe 粉的物质的量之间的关系如图 2 所示. 则稀溶液中 HNO_3 和 $Fe(NO_3)_3$ 的物质的量浓度之比为(　　).

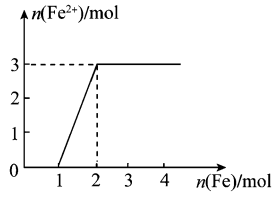
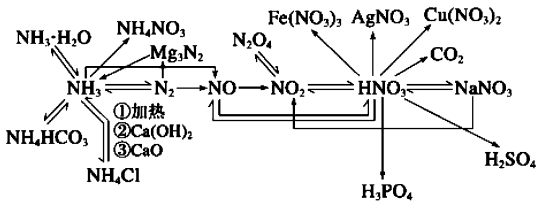


图2

A. 2∶1　　B. 1∶1　　C. 4∶1　　D. 3∶1

解析　从图示可知,加入 1 mol Fe 和稀 HNO_3 反应生成 1 mol Fe^{3+}:$Fe + 4HNO_3$(稀)$= Fe(NO_3)_3 + NO\uparrow + 2H_2O$ 消耗 4 mol HNO_3,另由 1 mol Fe 与 Fe^{3+} 反应 $Fe + 2Fe^{3+} = 3Fe^{2+}$ 生成 3 mol Fe^{2+},恰与图 2 一致;说明原混合物中 Fe^{3+} 为 1 mol,则 HNO_3 和 $Fe(NO_3)_3$ 的物质的浓度之比为 4∶1. 答案:C

四、氮及其化合物知识网络



例6　用内置有螺旋状铜丝的胶头滴管小心吸取一滴管浓硝酸后迅速插入细口瓶中(如图3)，滴管与瓶口接触处垫一小块滤纸使滴管与瓶口留少量空隙，依次观察到如下现象：①滴管内产生红棕色气体，液面下降；②滴管内液面上升，气体变成无色；③滴管内液面再次下降. 下列说法中不正确的是(　　).

图3

A. 现象①中产生的红棕色气体为 NO_2

B. 产生现象②的原因是 NO_2 与水反应

C. 产生现象③的原因是铜与稀硝酸反应

D. 最终瓶内溶液中的溶质一定只有 $Cu(NO_3)_2$

解析　A. 用内置有螺旋状铜丝的胶头滴管小心吸取一滴管浓硝酸后迅速插入细口瓶中，铜和浓硝酸反应 $Cu+4HNO_3 = Cu(NO_3)_2+2NO_2\uparrow+2H_2O$，生成的二氧化氮为红棕色气体，正确；B. 现象①中产生的二氧化氮能和水反应：$3NO_2+H_2O = 2HNO_3+NO$，从方程式可知，3 mol 红棕色的二氧化氮与水反应，生成 1 mol 一氧化氮无色气体，气体体积减少，滴管内压强减少，所以滴管内液面上升，气体变成无色，正确；C. 现象②生成的稀硝酸与内置的螺旋状铜丝反应：$3Cu+8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2+2NO\uparrow+4H_2O$，因滴管内有气体生成，压强增大，所以，液面再次下降，正确；D. 滴管与瓶口接触处垫一小块滤纸使滴管与瓶口留少量空隙，现象③生成的一氧化氮气体与氧气、水反应生成硝酸，硝酸继续与铜反应，最终可能有硝酸剩余，所以最终瓶内溶液中的溶质有 $Cu(NO_3)_2$，可能还有硝酸，错误. 答案：D

例7　硝酸铜是一种重要的工业产品，化学上有很多方法可以制取硝酸铜：①将铜溶于硝酸中；②先将铜与 O_2 反应生成 CuO，再溶于硝酸中；③将铜溶于 N_2O_4 的乙酸乙酯(溶剂，不参加反应)溶液中生成硝酸铜和一氧化氮. 下列认识或判断错误的是(　　).

A. 方法③是最经济和环保的

B. 方法①中，若从经济和环保的角度考虑，用稀硝酸比用浓硝酸好

C. 方法②需要消耗能源，对环境不产生污染

D. 方法③中 N_2O_4 既是氧化剂又是还原剂

解析　方法③中产物中有 NO，对环境会造成污染，A 错；稀 HNO_3 的还原产物为 NO，浓 HNO_3 的还原产物为 NO_2，制取相同量的 $Cu(NO_3)_2$，消耗浓 HNO_3 比稀 HNO_3 多，B 正确；Cu 和 O_2 生成 CuO，CuO 和 HNO_3 反应只生成 $Cu(NO_3)_2$ 和 H_2O，C 正确；N_2O_4 中氮元素的化合价为 +4 价，而产物中 $Cu(NO_3)_2$ 和 NO 的化合价分别为 +5 价和 +2 价，故 N_2O_4 既作氧化剂又作还原剂，D 正确. 答案：A

例8　某化学探究小组拟用铜粉制取 $Cu(NO_3)_2$，并探究其化学性质.

Ⅰ. 他们先把铜粉放在空气中灼烧，再与稀硝酸反应制取 $Cu(NO_3)_2$.

(1) 如果直接用铜粉与稀硝酸反应来制取 $Cu(NO_3)_2$，可能导致的两个不利因素是____、____.

(2) 实验中铜粉应该放在____(填“蒸发皿”“坩埚”或“烧杯”)中灼烧. 欲从反应后的溶液中得到 $Cu(NO_3)_2$ 晶体，实验操作步骤按顺序分别是____、____、过滤.

Ⅱ. 为了探究 $Cu(NO_3)_2$ 的热稳定性，探究小组用图4中的装置进行实验(图中铁架台、铁夹和加热装置均略去)，往左试管中放入研细的无水 $Cu(NO_3)_2$ 晶体并加热，观察到左试管中有红棕色气体生成，最终残留黑色粉末；用 U 形管除去红棕色气体，在右试管中收集到无色气体.

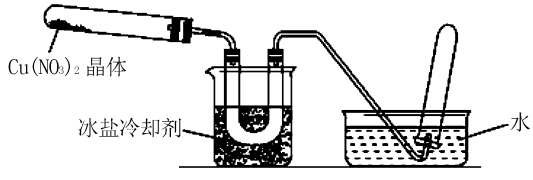


图4

(1) 红棕色气体是____. (2) 当导管口不再有气泡冒出时，停止反应，这时在操作上应注意____. (3) 探究小组判断 $Cu(NO_3)_2$ 的分解属于氧化还原反应，产物除了红棕色气体和黑色固体外，进一步分析，推断，分解产物中一定还含有____.

解析　Ⅱ. (3) 黑色粉末是 CuO，红棕色气体是 NO_2，因铜的化合价不变，氮从 +5 价降到 +4 价，必有一种元素化合价升高，所以无色气体是 O_2，据化合价升降相等结合原子守恒写出 $Cu(NO_3)_2$ 分解的方程式.

答案：Ⅰ. (1) 生成 NO 会污染空气　比用 CuO 制 $Cu(NO_3)_2$ 多消耗 HNO_3　(2) 坩埚　蒸发浓缩　冷却结晶　Ⅱ. (1) NO_2 (2) 从水槽中拿出导管、防止水倒吸入 U 形管 (3) O_2

(收稿日期：2014-09-09)