中学教材·创新讲解
高二化学
上

需要全本请访问 www.ertongbook.

第一章　氮族元素

第一节　氮和磷

教材全解

知识点 1　氮族元素概述

(1)周期表中的位置：ⅤA(N、P、As、Sb、Bi)

(2)原子结构 {相同点：最外层电子数相同。 不同点：电子层数不同。

(3)主要性质：

①相似性：a. 最高正价 +5、负价 −3；b. 非金属元素可形成气态氢化物 RH_3；c. 非金属元素最高价氧化物对应的水化物为 H_3RO_4(HRO_3)，其水溶液呈酸性。

②递变性(按原子序数增大的顺序)：a. 原子半径由小到大；b. 氢化物的稳定性由强到弱；c. 最高价含氧酸的酸性由强到弱。

知识点 2　氮气的性质　　重点

(1)N_2分子结构

电子式：$\dot{N}\vdots\vdots\dot{N}$:　　结构式：$N\equiv N$

氮氮三键的键能高达 946kJ/mol，是常见单质分子中键能最大者！

(2)物理性质

纯净的 N_2是一种无色无味的气体，难溶于水，在空气中约占其总体积的 78%。

(3)化学性质

常温下，N_2的化学性质很不活泼，可代替稀有气体做保护气。但在高温、放电、点燃等条件下，N_2能与 H_2、O_2、Mg 等发生化学反应。氮的固定是指将空气中的氮气转变为氮的化合物。

①N_2和 H_2：$N_2+3H_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2NH_3$

②N_2和 O_2：$N_2+O_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2NO$

③与活泼金属：$N_2+3Mg \xrightarrow{\text{点燃}} Mg_3N_2$

提醒　1. 化学反应的实质是“旧键”的断裂和“新键”的形成。由于 N_2 分子中 $N\equiv N$ 三键的键能很大，故 N_2 分子结构稳定，化学性质不活泼。如果 N_2 与某些物质反

应时事先不需要先将 $N\equiv N$ 叁键断开，则该反应将变得很容易，常温常压下即可发生反应。

2. N_2 和 O_2 反应后的“最初产物”是 NO，而不是 NO_2。

3. N_2 不能燃烧，也不助燃，但 Mg 条却可以在 N_2 中燃烧。所以 Mg 条在空气中燃烧，不仅生成 MgO，也有 Mg_3N_2 生成。Mg_3N_2 是淡黄色固体，它与水反应迅速，生成 $Mg(OH)_2$ 和 NH_3。反应方程式为：$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2\downarrow + 2NH_3\uparrow$

知识点 3　磷及其化合物

(1)白磷和红磷

单　质	白　磷(P_4)	红　磷
分子结构	正四面体、键角 60°	结构复杂
色、态	白色蜡状固体	暗红色粉末
溶解性	不溶于水，易溶于 CS_2	不溶于水和 CS_2
毒性	剧毒	无毒
着火点	40℃、在空气中自燃	240℃、可燃
保存方法	贮存在水中(少量)	密封
转化	白磷 $\underset{\text{加热到 416℃升华后、冷凝}}{\overset{\text{隔绝空气加热到 260℃}}{\rightleftharpoons}}$ 红磷	

(2)磷单质的化学性质

①与 O_2 反应：$4P + 5O_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2P_2O_5$(白烟)

②与 Cl_2 反应：

Cl_2 不足：$2P + 3Cl_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2PCl_3$(白雾)

Cl_2 过量：$2P + 5Cl_2 \xlongequal{\text{点燃}} 2PCl_5$(白烟)

(3)磷的化合物的性质

①P_2O_5：$P_2O_5 + H_2O$(冷)$=2HPO_3$(偏磷酸、剧毒)

$P_2O_5 + 3H_2O$(热)$=2H_3PO_4$(磷酸、无毒)

$HPO_3 + H_2O \xlongequal{\triangle} H_3PO_4$

②H_3PO_4：(难挥发的三元中强酸)

纯净的磷酸是无色晶体，有吸湿性，能跟水以任意比例混溶。浓 H_3PO_4 为无色粘稠液体，稳定，不挥发，有酸的通性。

③磷酸盐

a. H_3PO_4 为三元酸，与碱反应，当碱的用量不同时，可生成不同的盐。例如 H_3PO_4 与 NaOH 的反应：$H_3PO_4 + NaOH = NaH_2PO_4 + H_2O$

$H_3PO_4 + 2NaOH = Na_2HPO_4 + 2H_2O$

$H_3PO_4 + 3NaOH = Na_3PO_4 + 3H_2O$

$n(H_3PO_4):n(NaOH)$(物质的量比)	生成的盐
$\geqslant 1:1$	NaH_2PO_4 磷酸二氢盐
$=1:2$	Na_2HPO_4 磷酸一氢盐
$\leqslant 1:3$	Na_3PO_4 磷酸(正)盐
介于 1:1 和 1:2 之间	NaH_2PO_4和 Na_2HPO_4
介于 1:2 和 1:3 之间	Na_2HPO_4和 Na_3PO_4

b. 溶解性

磷酸二氢盐绝大多数易溶于水,而磷酸(正)盐和磷酸一氢盐除钾、钠、铵盐外大都不溶于水。

c. 相互转化关系

磷酸盐$\underset{OH^-}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}}$磷酸一氢盐$\underset{OH^-}{\overset{H^+}{\rightleftharpoons}}$磷酸二氢盐

(4)磷肥的制取和使用

制磷肥的原料是磷矿粉[主要成分 $Ca_3(PO_4)_2$],它不溶于水,植物难以吸收。制磷肥的原理,便是把不溶性的 $Ca_3(PO_4)_2$转化为可溶性的 $Ca(H_2PO_4)_2$,便于植物吸收。

①制过磷酸钙:(用浓 H_2SO_4处理磷矿粉)

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 = 2CaSO_4 + Ca(H_2PO_4)_2$$

主要成分为 $Ca(H_2PO_4)_2$和 $CaSO_4$,有效成分为 $Ca(H_2PO_4)_2$。

②制重过磷酸钙:(用浓 H_3PO_4处理磷矿粉)

$$Ca_3(PO_4)_2 + 4H_3PO_4 = 3Ca(H_2PO_4)_2$$

主要成分为 $Ca(H_2PO_4)_2$。

③制磷酸:$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4$(浓)$= 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$。

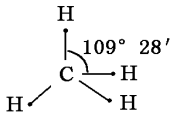
提醒 1. P_2O_5是磷酸和偏磷酸的酸酐。P_2O_5吸湿性很强,可用作干燥剂。

2. 磷肥不能与碱性物质混合施用。因为 $Ca(H_2PO_4)_2$遇碱性物质会转化为难溶于水的 $CaHPO_4$或 $Ca_3(PO_4)_2$,而难以被植物吸收,降低或丧失肥效。

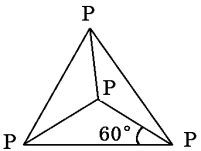
3. 白磷的结构是正四面体,与甲烷相同,但四个磷原子在正四面体的顶点,故键角不是 109°28′,而是 60°(如图 1 – 1 – 1)。

(5)PO_4^{3-}的检验

一般检验 PO_4^{3-}的方法是向试液中加入 $AgNO_3$溶液,生成黄色沉淀 Ag_3PO_4。再加稀 HNO_3,沉淀溶解。有关离子方程式为:



甲烷(CH_4)：正四面体
键角109° 28′



白磷(P_4)：正四面体
键角60°

图 1－1－1

$3Ag^+ + PO_4^{3-} = Ag_3PO_4\downarrow$（黄）

$\begin{cases} Ag_3PO_4 + 2H^+ = H_2PO_4^- + 3Ag^+ \text{（}AgH_2PO_4\text{可溶于水）} \\ \text{或 } Ag_3PO_4 + 3H^+ = H_3PO_4 + 3Ag^+ \end{cases}$

提醒 1. Ag_3PO_4和 AgI 都是不溶于水的黄色沉淀，但前者溶于 HNO_3溶液，而后者不溶。

2. 若要检验 $H_2PO_4^-$，应先加碱中和，使溶液中 $H_2PO_4^-$ 转化为 PO_4^{3-}，再加 $AgNO_3$溶液。若不加碱直接加 $AgNO_3$溶液，则不会生成 Ag_3PO_4沉淀。

知识点 4 氮的氧化物

(1)氮的氧化物有以下六种

$\overset{+1}{N_2}O$、$\overset{+2}{N}O$、$\overset{+3}{N_2}O_3$、$\overset{+4}{N}O_2$、$\overset{+4}{N_2}O_4$、$\overset{+5}{N_2}O_5$

①N_2O_3和 N_2O_5分别是 HNO_2和 HNO_3的酸酐

$$N_2O_3 + H_2O = 2HNO_2$$

$$N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$$

②NO 是无色有毒气体，易被空气氧化为 NO_2

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

③NO_2是红棕色气体、有毒，易溶于水，有强氧化性。重要的反应有：$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$，$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$，$NO_2 + SO_2 = SO_3 + NO$。

提醒 1. NO_2 和溴蒸气均为红棕色气体，其鉴别方法：

①利用 $AgNO_3$ 鉴别：分别通入 $AgNO_3$ 溶液，有淡黄色沉淀产生的是溴蒸气，无沉淀生成的是 NO_2。

②利用水鉴别：通入水中，溶于水后得黄色溶液的为溴蒸气，无变化的为 NO_2。

2. 我们通常所制备的 NO_2气体实际上混有 N_2O_4，是不纯净的，原因是常温常压下

需要全本请访问 www.ertongbook.

能发生下列可逆反应：$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$。

3. NO_x是大气污染物，空气中的 NO_x主要来自石油产品和煤的燃烧、汽车尾气以及硝酸工厂的废气等。空气中的 NO_2是造成光化学烟雾的主要因素。NO_2在紫外线的作用下，会发生一系列光化学反应，产生一种有毒的烟雾 —— 光化学烟雾，刺激呼吸器官，使人生病甚至死亡。

(2)氮的氧化物的有关计算 重点

①NO_2、O_2同时通入水中，反应化学方程式为

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

上述两个反应无限循环，综合这两个反应，得总“反应关系式”为：

$4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$。

反应结果有三种情况：

a. $V(NO_2) : V(O_2) = 4:1$ 时，恰好反应，无气体剩余；

b. $V(NO_2) : V(O_2) > 4:1$ 时，NO_2过量，剩余气体为 NO；

[思考]为什么剩余气体不是 NO_2？

c. $V(NO_2) : V(O_2) < 4:1$ 时，O_2过量，剩余气体为 O_2。

②NO、O_2同时通入水中，反应化学方程式为

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$$

同样，上述两个反应无限循环，综合这两个反应，得总“反应关系式”为：

$4NO + 3O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$

最后结果有以下三种情况：

a. $V(NO) : V(O_2) = 4:3$ 时，恰好反应，无气体剩余；

b. $V(NO) : V(O_2) > 4:3$ 时，NO 过量，剩余气体 NO；

c. $V(NO) : V(O_2) < 4:3$ 时，O_2过量，剩余气体 O_2。

③NO_2与 NO 混合气体通过 NaOH 溶液，反应化学方程式为

$NO + NO_2 + 2NaOH = 2NaNO_2 + H_2O$

$2NO_2 + 2NaOH = NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O$

反应结果亦有三种情况：

a. $V(NO_2) : V(NO) = 1:1$ 时，无气体剩余，生成的盐为 $NaNO_2$；

b. $V(NO_2) : V(NO) > 1:1$ 时，无气体剩余，生成的盐为 $NaNO_2$和 $NaNO_3$；

c. $V(NO_2) : V(NO) < 1:1$ 时，剩余 NO 气体，生成的盐为 $NaNO_2$。

提醒 若将 NO_2气体通入 NaOH 溶液(足量)中充分反应，NO_2将全部被吸收，

最后无气体剩余，生成的盐为 $NaNO_2$ 和 $NaNO_3$。

知识点 5 实验分析

[实验 1－1] 红磷能变成白磷。

实验目的 验证红磷是否可以转化为白磷

实验现象 加热后，玻璃管内有黄色物质产生，并且在玻璃管内壁冷的地方有黄色固体物质出现，这就是白磷（白磷有时呈微黄色，故也叫黄磷）。

注意事项：①玻璃管要一端封口，另一端敞口，这样既可避免管内空气对流，又能保持管内外气压平衡。封闭管口可用较耐热的软木塞，不能用不耐热的橡胶塞。

②加热时，要先均匀加热红磷周围处来预热玻璃管及驱赶管内空气，然后放在红磷的地方加强热，以保证红磷尽快升华。

想一想 ①刚开始加热时玻璃管内会有小火花，但火花很快会消失。这是为什么？（提示：玻璃管内含少量空气）

②演示完红磷转变为白磷的实验后，白磷有毒，请问，如何将白磷处理掉？（提示：烧掉）

解题能力培养 基础篇

1 氮气的性质

【例 1】 相同质量的镁条分别在氧气、氮气和空气中充分燃烧，所得固体产物的质量由大到小的顺序是_____；过量的镁条分别在相同状况下相同体积的氧气、氮气和空气中充分燃烧，生成的固体产物的质量由大到小的顺序是_____。

[解析] 根据 $2Mg + O_2 \xrightarrow{点燃} 2MgO$，

$3Mg + N_2 \xrightarrow{点燃} Mg_3N_2$ 可知，

当 Mg 为 1mol 时，在 O_2 中燃烧，质量增加 16g；在 N_2 中燃烧，质量增加 9.33g。相同质量的镁条在 O_2、N_2 和空气中充分燃烧生成固体物质质量由大到小的顺序是：O_2 > 空气 > N_2。

当气体物质的量为 1mol 时，生成 MgO 2mol（质量为 80g），生成 Mg_3N_2 1mol（质量为 100g），故生成固体产物的质量由大到小的顺序是：

N_2 > 空气 > O_2。

[答案] O_2 > 空气 > N_2；

N_2 > 空气 > O_2

【例 2】 使含硫化氢和水蒸气的空气依次通过足量 NaOH 溶液、浓硫酸和灼热的镁条，最后所得的气体含有哪些成分？为什么？写出有关反应的化学方程式。

[解析] 混合气（O_2、N_2、CO_2、稀有气体、H_2S、H_2O）$\xrightarrow{NaOH\ 溶液}$ O_2、N_2、稀有气体、H_2O $\xrightarrow{浓\ H_2SO_4}$ O_2、N_2、稀有气体 $\xrightarrow[\triangle]{Mg}$ 惰气。

[答案]最后所得的气体含有惰性气体。因为 H_2S 和 CO_2 被 NaOH 溶液吸收，水蒸气被浓 H_2SO_4 吸收，O_2 和 N_2 被镁条吸收。

$$2NaOH + H_2S = Na_2S + 2H_2O$$

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

$$2Mg + O_2 \xlongequal{\triangle} 2MgO, 3Mg + N_2 \xlongequal{\triangle} Mg_3N_2$$

想一想　若将“镁条”改为“铜片”，则最后所得气体含哪些成分？

（提示：N_2 和少量稀有气体）

2　有关氮的氧化物的计算

这是高考热点，常见题型有“$NO_2 + N_2 + H_2O$”型、“$NO_2 + O_2 + H_2O$”型、“$NO_2 + O_2 + H_2O$”型。

例3　常温下盛有 10mL NO_2 和 10mL NO 组成的混合气体的大试管倒立于水中，当向其中缓缓通入 O_2 一段时间后，试管内残留 2mL 气体，则通入 O_2 的体积可得为多少 mL？

[解析]残留的 2mL 气体可能是 NO，也可能是 O_2，应分别予以讨论。

(1)若残留 2mL 气体是 NO，则转化成 HNO_3 的 NO 体积为：

10mL − 2mL = 8mL。根据：

$$4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$$

4　　1

10mL　　x

$$\frac{4}{1} = \frac{10mL}{x} \quad x = 2.5mL$$

即 NO_2 转化为 HNO_3 耗 O_2 2.5mL。

$$4NO + 3O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$$

4　　3

8mL　　y

$$\frac{4}{3} = \frac{8mL}{y} \quad y = 6mL$$

共消耗 O_2 的体积为：

$$V_{(O_2)} = 2.5mL + 6mL = 8.5mL$$

(2)若残留 2mL 气体为 O_2 则 NO、NO_2 全部反应完全。

$$4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$$

4　　1

10mL　　a

$\frac{4}{1}=\frac{10mL}{a}$ $a=2.5mL$

$4NO + 3O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$

4 3

10mL b

$\frac{4}{3}=\frac{10mL}{b}$ $b=7.5mL$

故通入 O_2 的体积为：

$V(O_2)=2.5mL+7.5mL+2mL=12mL$

[答案]通入 O_2 的体积可能为 8.5mL 或 12mL

点拨 **有关 NO、NO_2、O_2 混合气体与水反应的计算，其题型较多，但其基本的解题方法可根据 $4NO + 3O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$ 和 $4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$ 两个方程式逐步推算。**

例 4 **在一支容积为 25 mL 的试管内充满 NO_2和 O_2的混合气体，把试管倒置于水中，充分反应后，(1)若无气体剩余，原混合气体中 NO_2和 O_2的体积各为多少？**

(2)若气体剩余 5 mL，原混合气体中 NO_2和 O_2的体积各为多少？

[解析]反应关系式为：$4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$

(1)因无气体剩余，则发生如下反应：

$$4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$$

设混合气体中 O_2 x mL，则 NO_2为(25 − x) mL，

$$(25-x):x=4:1 \qquad x=5$$

即 $V(O_2)=5mL$，$V(NO_2)=25mL$

(2)剩余气体可能是 O_2，也可能是 NO。

①当剩余气体为 O_2时，设混合气中 O_2为 y mL，则 NO_2为(25 − y) mL。

$$\frac{y-5}{25-y}=\frac{1}{4} \qquad y=9$$

即 $V(O_2)=9mL$，$V(NO_2)=16mL$

②当剩余气体为 NO 时，设原混合气体中 NO_2为 z mL，O_2为(25 − z) mL。

$$4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$$

4 1

4(25 − z) (25 − z)

NO_2过量[z − 4(25 − z)] mL，继续与水反应

$$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO\uparrow$$

3 1

需要全本请访问 www.ertongbook.

$z-4(25-z)$ $\frac{1}{3}[z-4(25-z)]$

$\frac{1}{3}[z-4(25-z)]=5$

$z=23\text{mL}$

[答案](1)NO_2为 20mL,O_2为 5mL。

(2)两种可能:①NO_2为 16mL,O_2为 9mL;②NO_2为 23mL,O_2为 2mL。

想一想 若将题中"NO_2"改为"NO",其他均不变,请求算。

(提示:(1)无气体剩余时,NO 为$\frac{100}{7}$mL,O_2为$\frac{75}{7}$mL。

(2)若剩余气体为 O_2,则 NO 为$\frac{80}{7}$mL,O_2为$\frac{95}{7}$mL;

若剩余气体为 NO,则 NO 为$\frac{115}{7}$mL,O_2为$\frac{60}{7}$mL。)

3 磷及其化合物的性质

例 5 已知白磷和氧气可发生如下反应:$P_4+3O_2=\!=\!=P_4O_6$,$P_4+5O_2=\!=\!=P_4O_{10}$。在某一密闭容器中加入 62 g 白磷和 50.4L 氧气(标准状况),使之恰好完全反应,所得到的 P_4O_{10}与 P_4O_6的物质的量之比为(　　)

A.1∶3　　B.3∶2　　C.3∶1　　D.1∶1

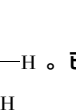
[解析]P 原子的物质的量为$\frac{62\text{g}}{31\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}}=2\text{ mol}$,O 原子的物质的量为$\frac{50.4\text{L}}{22.4\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}}\times 2=4.5\text{ mol}$。利用原子守恒法,即可轻松做答。

[答案]设 P_4O_{10} x mol,P_4O_6 y mol

$$\begin{cases}4x+4y=2\\10x+6y=4.5\end{cases}$$

$$\begin{cases}x=0.375\text{ mol}\\y=0.125\text{ mol}\end{cases}$$

故选 C。

例 6 在 PCl_3中加入蒸馏水并微热,PCl_3完全水解,产物之一是亚磷酸(H_3PO_3),其结构为: 。已知:

a.H_3PO_3与 NaOH 反应只能生成 NaH_2PO_3和 Na_2HPO_3两种盐;

b.H_3PO_3与碘水反应,碘水的棕黄色逐渐褪去,再加 $AgNO_3$溶液有黄色沉淀生成;

c. 在盛 H_3PO_3的试管中加 $AgNO_3$溶液有黑色沉淀,并在试管口有红棕色气体出现。

根据以上信息,回答以下问题:

(1)下列关于 H_3PO_3 的叙述中正确的是(　　)

①强酸　②弱酸　③二元酸

④三元酸　⑤氧化性酸　⑥还原性酸

A.①④⑤　B.②③　C.②③⑥　D.①④

(2)下列有关生成物的叙述中正确的是(　　)

①b、c 反应均有 H_3PO_4 生成,②b 反应中生成的黄色沉淀是 AgI 和 Ag_3PO_4 的混合物,③b 反应中生成的黄色沉淀是 AgI,④c 反应中还原产物是 NO 和 Ag,⑤c 反应中的还原产物是 NO_2 和 Ag。

A.②③⑤　B.⑤　C.①③④　D.②

[解析](1)H_3PO_3 中虽有 3 个 H 原子,但它与 NaOH 溶液反应只能生成两种盐。由此可推知 H_3PO_3 为二元酸。又据题给信息:H_3PO_3 与碘水反应,碘水褪色,说明 I_2 被还原,可见 H_3PO_3 有还原性,反应化学方程式为:$H_3PO_3 + I_2 + H_2O = H_3PO_4 + 2HI$。

(2)b 反应中由于有 HI 和 H_3PO_4 生成,当加入 $AgNO_3$ 溶液后,将产生 AgI 沉淀:$Ag^+ + I^- = AgI\downarrow$。而 Ag_3PO_4 沉淀不可能在 HNO_3 溶液中生成,因为 Ag_3PO_4 与 HNO_3 反应转化为 AgH_2PO_4,所有的磷酸二氢盐均可溶于水。说明黄色沉淀只能是 AgI。

又据 c 知 H_3PO_3 有还原性。当在其中加入 $AgNO_3$ 溶液后有黑色沉淀物生成,并在试管口有红棕色的气体生成,由此不难看出,Ag^+ 被还原成黑色的 Ag,同时 NO_3^- 被还原为 NO,并在试管口被氧化为 NO_2。有关反应的化学方程式为:

$$2H_3PO_3 + AgNO_3 = 2H_3PO_4 + Ag\downarrow + NO\uparrow$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

[答案](1)C

(2)C

4 实验考查

例 7 实验室常用饱和 $NaNO_2$ 与 NH_4Cl 溶液反应制取纯净的 N_2,反应式为:

$$NaNO_2 + NH_4Cl \xrightarrow{\triangle} NaCl + N_2\uparrow + 2H_2O + Q$$

装置如图 1-1-2 所示。

试回答:

(1)装置中 A 部分的分液漏斗与烧瓶间连接的导管所起的作用为_____(填写序号)

a. 防止 $NaNO_2$ 饱和溶液蒸发。

b. 保证实验装置不漏气。

c. 使 $NaNO_2$ 饱和溶液容易滴下。

(2)B 部分的作用是_____。

a. 冷凝水

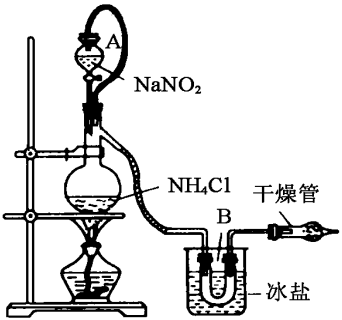


图 1－1－2

b. 冷却氮气

c. 缓冲氮气气流

(3)加热前必须进行的一个步骤是_____。加热片刻后,即应移去酒精灯,以防止反应物冲出,其原因是_____。

(4)收集氮气前,必须进行的一个步骤是_____(文字说明)收集氮气最适宜的方法是_____(填写序号)

a. 用排气法收集在集气瓶中。

b. 用排水法收集在集气瓶中。

c. 直接收集在球胆或塑料袋中。

[解析](1)由反应的方程式知,烧瓶中的压力必定比分液漏斗 A 中大,因而 $NaNO_2$ 溶液不易滴下,将 A 与烧瓶间用导管连接,可使 A 与烧瓶中压力始终保持相同,有利于 $NaNO_2$ 溶液顺利滴入烧瓶中。

(2)由于是溶液间反应且需加热,N_2 必定带有大量水蒸气。冰盐致冷剂的温度可达 0℃以下,可将大部分水蒸气冷凝。

(3) 气体制备反应开始前,必须检查装置的气密性。由于该反应为放热反应,加热引发之后,依靠自身放热即可持续进行,不需额外加热,否则导致反应物冲出。

(4)由于制备纯净氮气,故收集前应排尽系统内的空气。用排气法收集不能保证气体的纯度,而排水法会导致气体不干燥,所以收集纯净的气体用抽空的球胆或塑料袋最为理想。

[答案](1)c

(2)a

(3)检查装置的气密性 ;反应为放热反应。

(4)排尽装置中的空气 ;c

点拨 此题为新情境题,需仔细审题,抓准信息点:①图 ②放热的提示 ③

制取纯净 N_2。

综合创新与应用 提高篇

【综合思维培养】 本节知识内容丰富，涉及面较广。本节知识常以元素及其化合物知识为载体与化学基本概念、基本理论、化学实验及化学计算密切结合。其中氮的氧化物溶于水的有关计算是训练学生严密的思维方法的重点题型。

例 8 由 NO、H_2、CO_2 组成的混合气体 A，经过量的 Na_2O_2 处理后成为混合气体 B，(设 NO 不与 Na_2O_2 反应)将 B 引燃使其充分反应后得到的只是 HNO_3 溶液，再无其他气体。该硝酸溶液中 HNO_3 与 H_2O 的质量比为 7∶3，则 A 和 B 中各气体的体积之比分别是多少？

[解析]该题考查对元素化合物知识的综合运用能力、分析判断能力及根据化学方程式的计算技能。

(1)混合气体 A 经过量的 Na_2O_2 处理，发生以下反应：

$2Na_2O_2 + 2CO_2 = 2Na_2CO_3 + O_2$

$2NO + O_2 = 2NO_2$

(2)经处理后得到混合气体 B 可引燃，且生成物只有 HNO_3 和 H_2O，得出以下结论：①B 气体是 NO_2、H_2、O_2 的混合气体 ②B 气体引燃后发生的反应：

$2H_2 + O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2H_2O$

$4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$

(3)由于引燃后生成的硝酸溶液中，HNO_3 和 H_2O 的质量比为 7∶3，即物质的量之比为 2∶3，根据引燃后反应的化学方程式推算出 B 中各气体的体积之比，进而推算出 A 中各气体的体积比。

[答案](1)求 B 中各气体的体积比。

硝酸溶液中 $n(HNO_3) : n(H_2O) = \frac{7}{63} : \frac{3}{18} = \frac{2}{3}$

设 HNO_3 为 2mol，则 H_2O 为 3mol

$4NO_2 + \quad O_2 \quad + 2H_2O = 4HNO_3$

$2mol \quad 0.5mol \quad 1mol \quad 2mol$

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$

$4mol \quad 2mol \quad (3+1)mol$

因此，$n(NO_2) = 2mol$ $n(O_2) = (2+0.5)mol = 2.5mol$ $n(H_2) = 4mol$

体积之比为：$V(NO_2) : V(H_2) : V(O_2) = 2:4:2.5 = 4:8:5$

(2)求 A 中各气体的体积之比。

$2NO + O_2 = 2NO_2$

2mol 1mol 2mol

$2Na_2O_2 + 2CO_2 = 2Na_2CO_3 + O_2$

7mol (2.5 + 1)mol

因此，$n(NO) = 2mol$，$n(H_2) = 4mol$，$n(CO_2) = 7mol$

故体积比为：$V(NO) : V(H_2) : V(CO_2) = 2:4:7$

点拨 本题必须准确推断 B 气体的成分及 B 中各气体的体积比，进而推算出 A 中各气体的体积比。

【创新应用思维培养】 氮和磷是生物体中不可缺少的元素，在植物生命活动中占有极其重要的地位，与生物学科知识紧密相连。化工生产过程中产生的氮的氧化物给环境带来严重的污染。大量的含氮、含磷肥料的生产和使用，使水体富营养化，形成“赤潮”。氮、磷及其化合物还与人类健康密切相关。这些与社会实际密切相连的知识内容符合高考理科综合测试要求，将成为“3 + x”综合测试的热点问题。

【例9】 NO 分子因污染空气而臭名昭著，近年来，发现少量的 NO 在生物体内许多组织中存在，它有扩张血管、免疫、增强记忆的功能，成为当前生命科学的研究热点，NO 亦被称为“明星分子”。请回答下列问题：

(1) NO 对环境的危害在于(　　)

A. 破坏臭氧层

B. 高温下能使一些金属被氧化

C. 造成酸雨

D. 与人体血红蛋白结合

(2)在含 Cu^+ 的酶的活化中心中，亚硝酸根离子可转化为 NO，写出 Cu^+ 和亚硝酸根离子在酸性水溶液中反应的离子方程式_____。

(3)在常温下，把 NO 气体压缩到 100$a$tm，在一个体积固定的容器里加热到 50℃，发现气体的压力迅速下降，压力降至略小于原压力的 2/3 就不再改变，已知其中一种产物为 N_2O，写出上述变化的化学方程式_____。

(4)解释变化(3)中为什么最后气体的总压力小于原压力的 2/3？

[解析] (1) NO 气体能破坏臭氧层(破坏臭氧层的还有氟氯烃中的氯)；NO 被 O_2 氧化成 NO_2，NO_2 与水反应生成 HNO_3 可形成酸雨；NO 还能与人体血红蛋白结合使人中毒。

(2)在酶的作用下，亚硝酸根离子(NO_2^-)转化为 NO 时，N 的化合价降低，($\overset{+3}{N}O_2^- \longrightarrow \overset{+2}{N}O$)则 Cu^+ 在该反应中化合价必升高为 +2。该反应的离子方程式为：

$$Cu^+ + NO_2^- + 2H^+ \xlongequal{\text{酶}} Cu^{2+} + NO\uparrow + H_2O$$

(3)反应物只有 NO 一种时，其反应生成了 N_2O，说明 NO 中 N 原子一部分得电子转化为 N_2O 的同时，必有一部分失电子转化为 NO_2，即 $3NO = N_2O + NO_2$

(4)最后气体总压力小于原压力的 2/3 的原因是由于发生了 $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ 的反应。

[答案](1)A C D

(2) $Cu^+ + NO_2^- + 2H^+ \xlongequal{\text{酶}} Cu^{2+} + NO\uparrow + H_2O$

(3) $3NO = NO_2 + N_2O$

(4)因为反应 $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ 的发生,使气体的压力减小。

点拨 在写(3)中方程式时,常错写成 $4NO = N_2O + O_2$,这是因为忽略了 O_2 的氧化性大于 NO(由反应 $2NO + O_2 = 2NO_2$ 即可证明)

高考热点点拨 高考篇

氮、磷等元素知识是非金属元素的命题热点之一,试题常以元素化合物知识为载体,与化学基本概念、基本理论、化学实验及化学计算密切结合。本节主要的高考热点有:

1. 氮的氧化物溶于水的计算,常见的题型有"$NO_2 + N_2 + H_2O$"型、"$NO_2 + O_2 + H_2O$"型、"$NO + O_2 + H_2O$"型等,务必掌握最基本的解题方法。

2. 隐含反应 $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ 的应用。

3. 氮、磷单质及其化合物的性质及相互转化。

氮、磷在近几年的高考中,以氮为重点,突出氮的变价的题型,应用和与社会密切联系的特点(如含氮氧化物与大气、氮、磷与土壤等)。而这些仍有可能作为今后高考的重点。

例 10 (2003 年模拟)在一定条件下,将 m 体积 NO 和 n 体积 O_2 同时通入倒立于水中且盛满水的容器内,充分反应后,容器内残留 $\frac{m}{2}$ 体积的气体。该气体与空气接触后变为红棕色。则 m 与 n 的比值为(　　)

A.3∶2　　B.2∶3　　C.8∶3　　D.3∶8

[解析]反应关系式为:$4NO + 3O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$,由于残留气体"与空气接触后变为红棕色",故残留气体应为 NO。

$$4NO + 3O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$$
$$4 \quad 3$$
$$\left(m - \frac{m}{2}\right) \quad n$$

$4n = 3\left(m - \frac{m}{2}\right)$　　$m : n = 8 : 3$　　选 C。

[答案]C

例 11 (2001·广东、河南高考题)已知脊椎动物的骨骼中含有磷。以下是测定动物骨灰中磷元素含量的实验方法。称取其动物骨灰样品 0.103g,用硝酸处理,使磷

转化为磷酸根。再加入某试剂，使磷酸根又转化为沉淀。沉淀经灼烧后得组成为 $P_2Mo_{24}O_{77}$ 的固体（其式量以 3.60×10^3 计）0.504g。试由上述数据计算该骨灰样品中磷的质量分数。（磷的相对原子质量为 31.0）

[解析] 根据原子守恒，可建立以下关系式：

$$2P \longrightarrow P_2Mo_{24}O_{77}$$

$$2P \longrightarrow P_2M_{O24}O_{77}$$

$$2\times31g \qquad 3600g$$

$$xg \qquad 0.504g$$

$$x = 0.00868(g) \qquad P\% = \frac{0.00868g}{0.103}\times100\% = 8.43\%$$

[答案] 8.43%

实力检测

一、选择题

1. 氮族元素与同周期的碳族，氧族元素相比较，下列变化规律正确的是（　　）

A. 原子半径 C < N < O　　B. 非金属性 Si < P < Cl

C. 还原性 SiH_4 < PH_3 < HCl　　D. 酸性 $H_2SiO_3 < H_3PO_4 < H_2CO_3$

[同类提高] 已知元素砷（As）为第四周期第 VA 族元素，根据其在元素周期表中的位置推测，砷不可能具有的性质是（　　）

A. 砷在通常状况下是固体　　B. 可能有 −3、+3、+5 等多种化合价

C. As_2O_5 对应水化物的酸性比 H_3PO_4 弱　　D. 砷的还原性比磷弱

2. 氮气能大量存在于空气中的根本原因是（　　）

A. 氮气的性质稳定，即使在高温下也很难跟其他物质发生反应

B. 氮气比空气轻，且不溶于水

C. 氮气分子中存在一个三键，它的键能大，分子结构稳定

D. 氮气无氧化性，也无还原性，不跟其他物质反应

[同类提高] 通常情况下，磷单质化氮气的化学性质活泼，其理由是（　　）

A. 氮气是双原子分子　　B. 原子半径 P > N

C. 相对原子质量 P > N　　D. 氮分子中有三个共价键，其键能大

3. 环保部门每天通过新闻媒体向社会发布以污染物浓度为标准确定的空气质量信息，这些污染物是（　　）

A. 稀有气体、氟氧化物、二氧化碳、可吸入颗粒物、臭氧

B. 二氧化硫、二氧化氮、二氧化碳、可吸入颗粒物、臭氧

C. 三氧化硫、氮氢化物、一氧化碳、可吸入颗粒物、臭氧

D. 二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳、可吸入颗粒物、臭氧

[同类提高] 工农业及城市生活污水中含磷。家用洗涤剂是污水中磷的一个重

要来源(洗涤剂中含有磷酸钠),处理污水时要不要除去磷?下列说法中正确的是(　　)

A. 磷是生物的营养元素,不必除去

B. 含磷的污水是很好的肥料,不必除去

C. 含磷污水排到自然水中,引起藻类增殖,使水质变坏,必须除去

D. 磷对人无毒,除去与否都无关紧要

4. 如图 1－1－3 所示,当向试管内通入 21mL O_2 时,最后试管中的液面仍在原来的位置,则原试管中的 NO 为(　　)

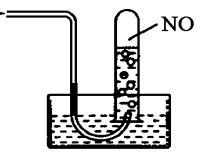


图 1－1－3

A. 6mL　　B. 12mL

C. 16mL　　D. 18mL

[同类提高]将 amL NO、bmL NO_2、xmL O_2 混合于同一试管里,将试管口倒立于水中,充分反应后试管内气体全部消失,则 x 对 a、b 的函数关系式 f[x(a,b)]是(　　)

A. $(a+b)/2$　　B. $(2a+b)/3$

C. $(3a+b)/4$　　D. $(4a+b)/5$

5. 标准状况下,将 NO_2 气体和 O_2 按 4∶1 的体积比混合后,充满一个干燥的烧瓶,将烧瓶倒置于水中,瓶内液面上升,最后烧瓶内溶液物质的量浓度约为(　　)

A. 0.045mol·L^{-1}　　B. 0.036mol·L^{-1}

C. 0.026mol·L^{-1}　　D. 0.030mol·L^{-1}

[同类提高]在标准状况下,将 NO_2、NO、O_2 混合后充满容器,倒置于水中,完全溶解,无气体剩余,若产物也不扩散,则所得溶液的物质的量浓度的数值范围是(　　)

A. $0 < c < \frac{1}{22.4}$　　B. $\frac{1}{39.2} < c < \frac{1}{28}$

C. $\frac{1}{39.2} < c < \frac{1}{22.4}$　　D. $\frac{1}{28} < c < \frac{1}{22.4}$

6. 常温下,在 VL 的密闭容器中有 a mol NO 气体,压强为 bkPa,若再充入 $a$mol O_2,保持温度不变,反应后容器内的压强为(　　)

A. 1.5bkPa　　B. 2bkPa

C. 小于 1.5bkPa　　D. 大于 1.5bkPa

[同类提高]图 1－1－4 为装有活塞的密闭容器,内盛 22.4mL NO,若通入 11.2mL O_2(气体体积均在标准状况下测定),保持温度,压强不变,则容器内的密度为(　　)

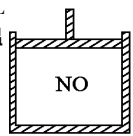


图 1－1－4

A. 等于 1.369g·L^{-1}

B. 等于 2.054g·L^{-1}

C. 在 1.369g·L^{-1}和 2.054g·L^{-1}之间

D. 大于 2.054g·L^{-1}

需要全本请访问 www.ertongbook.