

目 录

龙门新教案

高二化学(上)

第一章 氮族元素

课时一	氮族元素、氮气	1
课时二	氮的氧化物、磷	4
课时三	氨	9
课时四	铵盐	14
课时五	硝酸	18
课时六	氧化还原反应及配平	23
课时七	氧化还原反应配平技巧	27
课时八	有一种反应物过量的计算	30
课时九	多步反应的计算	33
实验一	氨的制取和性质,铵离子的检验	37
小结与复习		40
创新能力综合测试		45

第二章 化学平衡

课时一	化学反应速率和外界条件对化学反应 速率的影响	49
课时二	外界条件对反应速率的影响	53
课时三	化学平衡	57
课时四	浓度、压强对化学平衡的影响	60
课时五	外界条件对化学平衡的影响	63
课时六	合成氨条件的选择	67
实验二	化学反应速率和化学平衡	70
小结与复习		72
创新能力综合测试		75

第三章 电离平衡

课时一	电离平衡	78
课时二	水的电离和溶液的 pH	81
课时三	盐类水解实质和规律	84
课时四	盐类水解的应用	87
课时五	酸碱中和滴定	90
实验三	电解质溶液	93
实验四	中和滴定	95



小结与复习	97
创新能力综合测试	102

第四章 几种重要的金属

课时一 镁和铝的性质	105
课时二 铝的重要化合物	108
课时三 铁和铁的化合物	112
课时四 金属的冶炼	116
课时五 原电池的原理及应用(一)	119
课时六 原电池的原理及应用(二)	122
实验五 镁、铝及其化合物	125
实验六 原电池原理、铁及其化合物的性质	127
小结与复习	130
创新能力综合测试	134

附赠 参考答案提示与点拨

第一章 氮族元素

课时一 氮族元素、氮气

课程导入

氮族元素是第ⅤA族元素,其中典型元素为氮,氮元素的化学性质活泼,这取决于氮元素原子结构。氮气的性质如何呢?能否说氮元素的化学性质活泼,氮气亦如此呢?

教材全解

知识点 1

氮族元素的相似性、递变性、特殊性:

氮族元素原子结构的异同点 相同点是最外层都是 5 个电子;不同点是核电荷数不同,电子层数不同,原子半径随核电荷数增大而逐渐增大。前者决定了氮族元素的相似性,后者决定元素的递变性和差异性。

氮元素有五种正价: +1、+2、+3、+4、+5,其中 +5 价氮元素有较强的氧化性。+5 价磷元素则不显氧化性。

(1) 相似性 ①最外层上均有 5 个电子,能获得 3 个电子达到稳定结构。在与非金属、氢气反应时显 -3 价(Sb、Bi 没有负价),气态氢化物的通式为 RH_3 ; ②最高正价均为 +5 价,最高价氧化物通式为 R_2O_5 ,对应水化物的通式为 HRO_3 或 H_3RO_4 ; ③均有 +3 价化合物,氧化物的通式 R_2O_3 ,对应水化物的通式为 HRO_2 或 H_3RO_3 。

(2) 递变性 氮 磷 砷 锑 铋

N P As Sb Bi

得电子能力(非金属性)减弱

失电子能力(金属性)增强

HNO_3 H_3PO_4 H_3AsO_4 H_3SbO_4 H_3BiO_4

酸性减弱 碱性增强

NH_3 PH_3 AsH_3 SbH_3 BiH_3

稳定性减弱 还原性增强

(3) 特殊性 ①氮元素最高价含氧酸写法为 HNO_3 ,其余均为 H_3RO_4 。其中 HNO_3 是一元强酸, H_3PO_4 是三元中强酸,其余均为弱酸; ②+5 价氮元素有较强的氧化性,+5 价磷元素则不显氧化性; ③氮元素有五种正价,六种氧化物(N_2O 、 NO 、 N_2O_3 、 NO_2 、 N_2O_4 、 N_2O_5); ④氮族元素的非金属性比同周期的氧族元素、卤族元素的非金属性弱。

例 1] 下列关系式不正确的是 ()

A. 非金属性: $\text{N} > \text{P} > \text{As} > \text{Sb} > \text{Bi}$

B. 酸性: $\text{HNO}_3 > \text{H}_3\text{PO}_4 > \text{H}_3\text{AsO}_4$

C. 稳定性: $\text{NH}_3 < \text{PH}_3 < \text{AsH}_3$

D. 稳定性: $\text{HCl} > \text{H}_2\text{S} > \text{PH}_3 > \text{SiH}_4$

思路

对于上述 A、B、C、D 四个选项,最高价氧化物的水化物的酸性强弱以及其氢化物的稳定性由非金属元素的非金属性强弱决定。非金属性越强,其最高价氧化物水化物的酸性越强,氢化物越稳定,所以不正确的选项应为 C 项。

答案

总结

判断非金属元素对应氧化物的水化物的酸性强弱,以及其氢化物的稳定性强弱,应先判断其非金属性的强弱。同周期的氮族元素与卤族元素的氧族元素的非金属性比较,前者弱,但比同周期的碳族元素的非金属性强。

随堂练习

1. 氮族元素与同周期的碳族元素、氧族元素相比,下列变化规律正确的是 ()

A. 原子半径: $\text{C} < \text{N} < \text{O}$

B. 非金属: $\text{Si} < \text{P} < \text{Cl}$

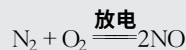
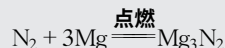
C. 还原性: $\text{SiH}_4 < \text{PH}_3 < \text{HCl}$

D. 酸性: $\text{H}_2\text{SiO}_3 < \text{H}_3\text{PO}_4 < \text{H}_2\text{SO}_4$

知识点 2

氮气的性质:

氮气的物理性质,无色无味,难溶于水(1:0.02),比空气稍轻。化学性质稳定,但在高温和放电条件下,可与氢气、金属、氧气等反应。即:



化学式: N_2 ; 电子式: $:\text{N}::\text{N}:$; 结构式: $\text{N}\equiv\text{N}$; 由于“ $\text{N}\equiv\text{N}$ ”叁键的键能大,很牢固,不易断裂,所以 N_2 分子稳定,通常性质很不活泼,但在高温和放电等条件下,可与氢气、金属、氧气等反应。

氮气的化学性质表现如下:

(1) 与 H_2 反应: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温高压}} 2\text{NH}_3$, 这一原理可应用于合成氨工业。

(2) 与 O_2 反应: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{NO}$, 农谚“一场雷雨一场肥”, 其化学原理为: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{NO}$, $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$, $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, HNO_3 进入土壤中,被植物吸收。

(3) 与金属镁反应: $3\text{Mg} + \text{N}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Mg}_3\text{N}_2$, 说明 N_2 可支持镁

条燃烧。

例 2] 相同质量的镁条分别在氧气、氮气和空气中充分燃烧,所得的固体产物的质量由大到小的顺序_____ ;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_____。

思路 根据 $2\text{Mg} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{MgO}$, $3\text{Mg} + \text{N}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Mg}_3\text{N}_2$ 可知,当 Mg 为 1 mol 时,在 O_2 中燃烧,质量增加_____g 在 N_2 中燃烧,质量增加_____g。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 $\text{O}_2 > \text{空气} > \text{N}_2$ 。

当气体物质的量为 1 mol 时,生成 MgO 2 mol (质量为 80 g),生成 Mg_3N_2 1 mol (质量为 100 g),故生成固体产物的质量由大到小的顺序是 $\text{N}_2 > \text{空气} > \text{O}_2$ 。

答案 _____。

总结 镁可在氧气中燃烧,氮气也能支持镁条燃烧 相同质量的镁条在空气中燃烧产生固体的质量应介于氮气和氧气中燃烧之间。

随堂练习

2. 氮气与其他单质化合一般需要高温,有时还需要高压等条件,但金属锂在常温、常压下就与氮气化合生成氮化锂,则 ()

①此反应可能为吸热反应 ;②此反应可能为放热反应 ;③此反应中可能氮分子不必先分解为原子 ;④此反应前可能是氮分子先分解成原子。

A. ①② B. ②④ C. ②③ D. ①④

知识点 3

氮气的存在、用途以及氮的固定：

氮的固定即将游离的氮转变为化合态氮的过程,包括自然固氮和人工固氮。

(1) 游离态 大气中 N_2 占 $\begin{cases} 78\% \text{ (体积比)} \\ 75\% \text{ (质量比)} \end{cases}$

(2) 化合态 KNO_3 等无机物中,蛋白质、核酸等有机物中。

(3) 用途 ①合成氨,制氮肥、硝酸 ;②用作保护气,焊接金属,填充灯泡,保存粮食、水果等 ;③液氮可用作制冷剂,用于医学和高科技领域。

(4) 自然固氮,如 雷雨固氮 生物固氮,即豆科类植物根瘤菌固氮。还有人工固氮,如合成氨工业。

研讨应用

在初中我们学习了氧气的实验室制法,本节课我们又学习了 N_2 的性质,下面对 N_2 的制法研讨如下：

例 3] 实验室常用饱和 NaNO_2 与 NH_4Cl 溶液反应制取纯净氮气,反应式为： $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{NaCl} + \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} \uparrow + \text{Q}$,实验装置如图 1-1-1 所示,试回答：

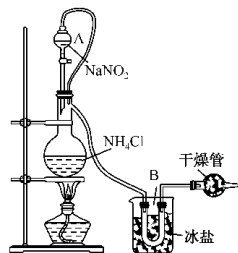


图 1-1-1

(1) 装置中 A 部分的分液漏斗与蒸馏烧瓶之间连接的导管所起的作用是_____ (填写字母)。

- 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_____ (填写字母)。

- a. 冷凝 b. 冷却氮气 c. 缓冲氮气流

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

(4) 收集 N_2 前,必须进行的步骤是 (用文字说明)_____

_____ ,收集 N_2 最适宜的方法是_____ (填写编号)。

- 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

思路

(1) 从反应式看,发生反应时,烧瓶中的压力必然比分液漏斗 A 中_____ ,因而使 A 中的 NaNO_2 溶液不易滴入瓶中,如果将 A 与烧瓶间用导管连接,可以使 A 与烧瓶中的压力始终_____ ,有利于 NaNO_2 溶液滴入烧瓶中。

(2) 由于液体与液体反应制气体,又是放热反应,因此气体产物 N_2 中一定含有大量水蒸气,通过冰盐制冷剂后,可将大部分水蒸气冷凝而得较纯净的氮气。

(3) 制气反应在反应前必须检查装置的气密性。该反应为放热反应,反应一旦发生,就不必再继续加热,否则会由于反应过于剧烈而使反应物冲出。

(4) 由于实验目的是制备纯净的氮气,因而在收集 N_2 前必须将系统内的空气排尽,从提供的三种收集 N_2 的方法看,最适宜的方法是直接收集到球胆或塑料袋中。

答案 (1) _____

(2) _____

(3) _____

(4) _____

总结 N_2 的制法：

(1) 工业制法 空气 $\xrightarrow[\text{加压}]{\text{降温}}$ 液态空气

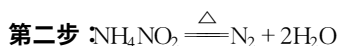
蒸馏 $\begin{cases} \rightarrow \text{氮气 (沸点 } -195.8^\circ\text{C)} \\ \rightarrow \text{液氧 (沸点 } -183^\circ\text{C)} \end{cases}$

也可用空气与碳反应,然后将反应后气体通过碱液,最后得 N_2 。

(2) 实验室制法 (本例题), 其中 N_2 的收集方法还可用排水法收集, 不能用排空气法。

随堂练习

3. (2001·上海理综) 金属加工后的废切削液中含有 2%~3% 的 $NaNO_2$, 它是一种环境污染物。人们用 NH_4Cl 溶液来处理废切削液, 使 $NaNO_2$ 转化为无毒物质, 该反应分两步进行:



下列对第二步反应的叙述中正确的是 ()

- ① NH_4NO_2 仅是氧化剂; ② NH_4NO_2 仅是还原剂;
③ NH_4NO_2 发生了分解反应; ④ 只有氮元素的化合价发生了变化; ⑤ NH_4NO_2 既是氧化剂又是还原剂。

A. ①③ B. ①④ C. ②③④ D. ③④⑤

心得笔记

课程导入 N_2 的性质稳定 氮元素的性质活泼与氮气分子的稳定性是两个不同的概念。不能类推, 它们之间不矛盾。

例 1 C

例 2 $16 \text{ g } 33 \text{ g } O_2 > \text{空气} > N_2$; $N_2 > \text{空气} > O_2$

例 3 大, 保持相同 (1) c (2) a (3) 检查装置的气密性; 本反应是放热反应 (4) 将系统内空气排尽;

课后作业

班级 _____ 姓名 _____ 分数 _____

基础演练

- 下列说法中, 不正确的是 ()
 - 氮气很不活泼, 是因为 N_2 分子内存在的 $N \equiv N$ 键很牢固
 - 氮气既可用排水法收集, 也可用排空气法收集
 - 氮元素的非金属性比磷的强, 所以氮气比白磷活泼
 - 越活泼的金属或非金属, 越不可能以游离态形式存在
- 能证明氮元素的非金属性比磷元素的非金属性强的实验事实是 ()
 - 氮气在常温下是气体, 而磷单质是固体
 - 氮气在空气中不能燃烧, 而磷能在空气中燃烧
 - NH_3 在空气中不能燃烧而 PH_3 在空气中能燃烧
 - NH_3 极易溶于水而 PH_3 难溶于水
- (2004·江苏) 1919 年, Langmuir 提出等电子原理: 原子数相同、电子总数相同的分子, 互称为等电子体。等电子体的结构相似、物理性质相近。
 - 根据上述原理, 仅由第 2 周期元素组成的共价分子中, 互为等电子体的是 _____ 和 _____ ; _____ 和 _____。
 - 此后, 等电子原理又有所发展。例如, 由短周期元素组成的微粒, 只要其原子数相同, 各原子最外层电子数之和相同, 也可互称为等电子体, 它们也具有相似的结构特征。在短周期元素组成的物质中, 与 NO_2^- 互为等电子体的分子有 _____、_____。
- 在汽车尾气中, 能造成城市光化学烟雾的主要污染物是什么? 除了汽车尾气外, 哪些情况下也会排放出这些污染物?
- 在 5 个集气瓶中分别装有气体: Cl_2 、 O_2 、 N_2 、 CO_2 、 SO_2 , 如何鉴别它们? 写出有关反应方程式。

综合测试

6. 如图 1-1-2 所示是周期表的一部分, 已知化学式为 Na_3BO_4 的钠盐的相对分子质量为 164, 且 B 元素原子核内的中子数比质子数多 1 个。

(1) 写出各元素的元素符号。

A _____,
B _____,
C _____,
D _____,
E _____。

	A	
	B	
	C	
	D	
	E	

图 1-1-2

- (2) 上述元素中, 某种元素所形成的气态氢化物中氢的质量分数为 17.65%, 则元素的相对原子质量是 ____。如果

该元素的原子核内中子数与质子数相等,则该元素的原子结构示意图为_____,原子的电子式为_____。

7. 某集气瓶内装的混合气体呈红棕色,加入足量水,盖上玻璃片振荡,得棕色溶液,气体颜色消失,再打开玻璃片,瓶中气体又变为红棕色。该混合气体可能是下列混合气体中的 ()

A. N_2 、 NO_2 、 Br_2 B. NO_2 、 NO 、 N_2
C. NO_2 、 O_2 、 NO D. N_2O 、 O_2 、 Br_2

探究升级]

8. CO_2 和 NO 共 30 mL,通过足量的 Na_2O_2 固体并充分反应后,气体体积缩小到 20 mL,原混合气体中 NO 的体积是 ()

A. 10 mL B. 15 mL
C. 20 mL D. 25 mL

9. 有 A、B、C、D 四种短周期元素,已知 A 元素原子最外层电子数比电子层数少,常温、常压下, B_2 、 C_2 、 D_2 均为双原子分子;这四种元素的单质和化合物之间在一定条件下存在着如下的反应(括号内注明的状态均为常温常压下的状态) ① $2A + C_2 = 2AC$ (白色固体); ② $3A + D_2 = A_3D_2$; ③ $3B_2 + D_2 = 2DB_3$ (无色气体); ④ $2B_2 + C_2 = 2B_2C$ (无色液体)。

(1) A 的原子结构示意图为_____。

(2) D_2 、 DB_3 、 AC 、 B_2C 的电子式分别为_____、_____、_____、_____。

(3) 写出 C_2 与 D_2 反应的化学方程式_____。

10. 酸性氧化物和碱性氧化物相互作用可生成含氧酸盐,而硫代酸盐也可由酸性的非金属硫化物与碱性的金属硫化物作用制得,如:



试写出下列反应的化学方程式:

① Na_2S 和 As_2S_3 反应_____;

② CaS 和 As_2S_3 反应_____;

③ As_2S_3 和 As_2O_3 相似,均具有还原性; Na_2S_2 和 Na_2O_2 相似,均具有氧化性。则 As_2S_3 和 Na_2S_2 作用的化学方程式为_____。

11. 化合物 E (含两种元素) 与 NH_3 反应,生成化合物 G 和 H_2 。化合物 G 的式量约为 81。G 分子中硼元素(B 原子量为 10.8) 和氢元素的质量分数分别是 40% 和 7.4%。由此推断:

(1) 化合物 G 的化学式为_____;

(2) 反应消耗 1 mol NH_3 恰好完全反应,化合物 E 中的元素是_____和_____;

(3) 1 mol E 和 2 mol NH_3 恰好完全反应,化合物 E 的化学式为_____。

课时二 氮的氧化物、磷

课程导入

1998 年 Murad 等三位教授最早提出一氧化氮在人体内有独特功能,因此三位教授荣获 1998 年诺贝尔医学及生理学奖,昔日的有毒气体,今天成了“明星分子”,NO 导致人体中毒原理与 CO 类似,你能解释吗?

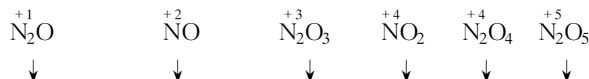
教材全解

知识点 1

氮的氧化物。氮元素有如下五种化合价: +1、+2、+3、+4、+5。六种氧化物: N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5 , 除 NO_2 为红棕色气体外,其余均为无色气体,都是大气污染物。

鉴别 NO_2 和 Br_2 可用蒸馏水、 $AgNO_3$ 溶液、苯等有机溶剂,不能使用淀粉 KI 试纸。

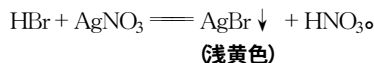
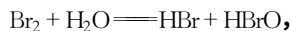
(1) 六种氧化物:



特点: (笑气) 不成盐氧化物 亚硝酸酐 红棕色 无色 硝酸酐

(2) NO 无色气体,不溶于水,有毒(中毒原理同 CO),表现还原性, $2NO + O_2 = 2NO_2$ (红棕色),利用此原理可检验 NO 的存在。

(3) NO_2 红棕色,有刺激性气味,有毒,跟水、KI 等反应, $3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$, $2NO_2 + 2KI = 2KNO_2 + I_2$ 能使湿润的 KI 淀粉试纸变蓝。鉴别 Br_2 和 NO_2 可用加水振荡或加 $AgNO_3$ 溶液法,也可用有机溶剂苯等鉴别。加 $AgNO_3$ 溶液的反应的方程式:



(4) 隐含反应 $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ 的应用

常温、常压下存在可逆反应 $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$,使实验测得 NO_2 的相对分子质量大于它的真实值,而 N_2O_4 的相对分子质量则小于它的真实值,且温度、压强对此反应也有较大影响,因此可逆反应 $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ 在化学解题中有很重要的应用。

例 1] 氮的氧化物都能和灼热的 Fe 进行如下反应: $4N_xO_y + 3yFe = yFe_3O_4 + 2xN_2$,将 2 mol N_xO_y 通过 500 g 灼热的 Fe 粉完全反应,生成 1 mol N_2 和 1 mol Fe_3O_4 ,使用的 N_xO_y 是 ()

A. NO B. NO_2 C. N_2O D. N_2O_3

思路 依据已知条件能否求出 x、y 的值?

可求 $\frac{x}{y}$ 的比值,已知反应物 2 mol N_xO_y 与 500 g Fe 粉

反应,不知谁过量,因此应从生成物 1 mol N_2 和 1 mol Fe_3O_4 入手,即可求出 $\frac{2x}{y} = \frac{1}{1}$, 即 $\frac{x}{y} = \frac{1}{2}$ 。观察选项即为 B。

答案

总结 当已知条件过少时,应筛选条件,观察选项,正确选择。

随堂练习

1. 鉴别 NO_2 气体和 Br_2 蒸气可用 ()
A. 湿润的淀粉 KI 试纸 B. 水
C. 苯 D. 烧碱溶液
2. 下列气体中只能用排水法收集的是 ()
A. CO_2 B. NO
C. H_2 D. NO_2
3. 有一容积为 50 mL 带有滑动活塞的密闭容器,在常温下往此容器中充入 30 mL NO 和 10 mL O_2 ,待活塞停止后,容器内气体的体积 (V) 为 ()
A. $V = 40$ mL B. $30 \text{ mL} < V < 40 \text{ mL}$
C. $V = 30$ mL D. $20 \text{ mL} < V < 30 \text{ mL}$

知识点 2

有关混合气体 (NO_2 、NO、 O_2 等) 与水反应的计算。

(1) NO_2 、NO (或 N_2) 混合气体溶于水:



(2) NO_2 和 O_2 混合气体溶于水:



(3) NO 和 O_2 混合气体溶于水:



(4) NO 、 NO_2 、 O_2 三种混合气体通入水中: $NO + NO_2 + O_2 + H_2O = 2HNO_3$, 或者按 (2) (3) 两式, 当同时满足 $V(NO) : V'(O_2) = 4:3$, $V(NO_2) : V''(O_2) = 4:1$, 且 $V(O_2) = V'(O_2) + V''(O_2)$ 时, 气体可完全溶于水。

(1) 对于 NO_2 、NO (或 N_2) 混合气体溶于水时, 可依据 $3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$ 利用气体体积变化差值 (即差量法) 计算。

(2) 对于 NO_2 和 O_2 的混合气体溶于水时, 由 $4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$ 可知, 当体积比:

$$V(NO_2) : V(O_2) \begin{cases} = 4:1, \text{恰好完全反应;} \\ > 4:1, NO_2 \text{ 过量, 剩余气体为 NO;} \\ < 4:1, O_2 \text{ 过量, 剩余气体为 } O_2. \end{cases}$$

(3) NO 和 O_2 同时通入水中时, 其反应: $4NO + 2O_2 = 4NO_2$, $4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$, 总式为: $4NO + 3O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$, 当体积比:

$$V(NO) : V(O_2) \begin{cases} = 4:3, \text{恰好完全反应;} \\ > 4:3, \text{剩余气体为 NO;} \\ < 4:3, \text{剩余气体为 } O_2. \end{cases}$$

(4) NO 、 NO_2 、 O_2 三种混合气体通入水中, 可先按 (1) 求出 NO_2 与 H_2O 反应生成的 NO 的体积, 再加上原混合气体中 NO 的体积即为 NO 的总体积, 再按 (3) 法进行计算。

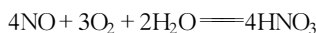
例 2] 40 mL NO 和 NO_2 的混合气体与 20 mL O_2 同时通入水中 (混合气体先装入体积为 60 mL 的试管中), 充分反应后, 试管里还剩 5 mL 气体 (气体体积均已换算成标准状况下的体积), 求原混合气的组成。

思路 此题可看作 NO_2 、NO、 O_2 三种气体的混合物溶于水的情况, 因为有剩余气体, 故不可能为 $V(NO_2) : V(NO) : V(O_2) = 1:1:1$, 剩余气体是什么呢?

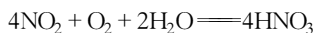
分析可知剩余气体应为 NO 或 O_2 , 应分别进行讨论。

设 NO 为 x mL, NO_2 为 y mL

(i) 若为 O_2 过剩:



$$x \quad \frac{3}{4}x$$



$$y \quad \frac{1}{4}y$$

$$\therefore \begin{cases} x + y = 40 \\ \frac{3}{4}x + \frac{1}{4}y = 20 - 5 \end{cases} \quad \text{解得} \begin{cases} x = 10 \\ y = 30 \end{cases}$$

(2) 若 NO 剩余, 实际转化为 HNO_3 的 NO 为 $(x - 5)$ mol

则有方程

解得

答案

总结 本题涉及氮的氧化物的混合物与氧气共溶于水的计算, 一定要分不同情况进行讨论, 否则会有遗漏。

随堂练习

4. 在一支 10 mL 试管中充满 NO_2 和 O_2 的混合气体, 将其倒立于盛满水的水槽中, 若 x 表示原混合气中 NO_2 的体积 (mL), y 表示完全反应后试管中剩余气体的体积 (mL), 试以 x 为横坐标, y 为纵坐标, 在坐标系中表示出 x 与 y 的曲线关系。

随堂练习

5. 现有等体积混合而成的4组气体:① $\text{NO}_2 + \text{NO}$; ② $\text{NO}_2 + \text{O}_2$; ③ $\text{NH}_3 + \text{N}_2$; ④ $\text{NO} + \text{N}_2$ 将各组气体分别通入体积相同的试管并立即倒立于足量水中,试管中水面上升的高度分别为 H_1 、 H_2 、 H_3 和 H_4 ,其中高度关系正确的是 ()

- A. $H_2 > H_3 > H_1 > H_4$ B. $H_3 > H_2 > H_1 > H_4$
C. $H_1 = H_2 = H_3 = H_4$ D. $H_1 > H_2 > H_3 > H_4$

知识点3

磷及其化合物:

(1) 磷的同素异形体:白磷与红磷。

(2) 五氧化二磷:

- ① 白色固体,有强烈的吸水性,为良好的干燥剂。
② 极易与水化合,反应剧烈。
③ P_2O_5 是酸性氧化物。

(3) 磷酸:纯净的磷酸为无色晶体,常用的为黏稠状液体(83%~98%),有吸水性,难挥发,难分解,无强氧化性,可用于实验室制 HI 、 HBr 和 H_2S 等还原性气体,是三元中强酸。

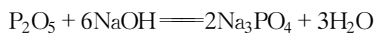
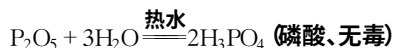
(4) 磷酸盐:

- ① 三种盐的溶解规律。
② 磷肥。
③ PO_4^{3-} 的检验。

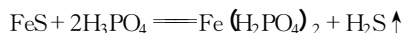
(1) 磷的同素异形体:

	白磷	红磷
① 分子结构	分子式 P_4 , 正四面体 (键角 60°)	结构复杂
② 颜色、状态	白色蜡状固体	红色粉末
③ 溶解性	在水中	不溶于水
	在 CS_2 中	易溶
④ 毒性	剧毒	无毒
⑤ 着火点	40°C 自燃	240°C
⑥ 保存方法	保存在水中	密封保存
⑦ 用途	制磷酸、燃烧弹、烟幕弹	制农药、安全火柴
⑧ 相互转化	白磷 $\xrightarrow[460^\circ\text{C, 升华冷却}]{\text{隔绝空气加热到 } 260^\circ\text{C}}$ 红磷	
⑨ 主要化学性质	$4\text{P} + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{P}_2\text{O}_5$	
	$2\text{P} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{PCl}_3$ (白雾)	
	$2\text{P} + 5\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{PCl}_5$ (白烟)	

(2) P_2O_5 :



(3) 磷酸制 HBr 、 H_2S 等:



H_3PO_4 是三元中强酸,故可与 NaOH 反应生成三种盐,当 $n(\text{OH}^-):n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 1:1$ 时,为 NaH_2PO_4 ; 此值为 2 时,则为 Na_2HPO_4 ; 此值为 3 时,则为 Na_3PO_4 。

(4) 磷酸盐的溶解性:钾、钠、铵盐、磷酸二氢盐都溶于水。大多数正盐、一氢盐不溶于水(除 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 外)。

常见磷肥有普钙(过磷酸钙) $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaSO}_4]$ 、重钙: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 。

PO_4^{3-} 的检验: AgNO_3 和稀 HNO_3 , 如加 AgNO_3 溶液,有黄色沉淀,再加稀 HNO_3 又溶解,则可知溶液中有 PO_4^{3-} 。如果检验 H_3PO_4 中的 PO_4^{3-} , 须先用碱中和后,才能用上述方法进行检验。

例 3] 红磷在充满氯气的集气瓶中燃烧会产生白色“烟雾”。

(1) “雾”来自何种物质 ()

- A. 红磷 B. 三氯化磷
C. 氯气 D. 五氯化磷

(2) “烟”来自于 ()

- A. 红磷 B. 三氯化磷
C. 氯气 D. 五氯化磷

(3) 以下诗词中所出现的“烟”字,哪些指的是真正的“烟” ()

- A. 大漠孤烟直,长河落日圆
B. 暧暧远人村,依依墟里烟
C. 南朝四百八十寺,多少楼台烟雨中
D. 谈笑间,檣櫓灰飞烟灭

思路 化学概念“烟”“雾”的意义是什么?

若是固体小颗粒,悬浮于空气中,即为“烟”;如为小液滴悬浮于空气中,即为“雾”。 PCl_3 为液体, PCl_5 为固体小颗粒。

答案 (1) _____ (2) _____ (3) _____

总结 掌握“烟”“雾”的概念,正确分析化学现象,如“烟”小颗粒固体悬浮于空气中,“雾”小液滴颗粒悬浮于空气中,“烟雾”则为二者兼有。

随堂练习

6. 在 PCl_3 中加入蒸馏水,微热, PCl_3 完全水解,产物之一是亚磷酸(H_3PO_3), H_3PO_3 易溶于水,它的结

构式表示为 $\begin{array}{c} \text{HO} \quad \text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{P} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{HO} \quad \text{H} \end{array}$, H_3PO_3 和 NaOH 反应只生成

Na_2HPO_3 和 NaH_2PO_3 两种盐,这两种盐溶液均呈碱性。若在装有 H_3PO_3 溶液的试管中加入碘水,振荡后,碘水的棕黄色褪去,再滴加 AgNO_3 溶液有黄色沉淀析出。若在装有 H_3PO_3 溶液的试管中加入 AgNO_3 溶液,则析出黑色

随堂练习

金属银沉淀,在试管口有红棕色气体出现。试回答:

(1) 写化学方程式:

① H_3PO_3 和碘水反应_____。

② H_3PO_3 和 AgNO_3 溶液反应_____。

(2) 就上述事实可知 H_3PO_3 是_____ (填序号)。

- A. 强酸 B. 弱酸
C. 二元酸 D. 三元酸
E. 具有氧化性 F. 具有还原性

综合延伸

化学题中经常在生活情景、生物学情景或物理学情景等,解题时必须充分运用题中信息,抓住本质,从多个角度和层次去分析问题。

例 4] NO 是空气污染物之一,它催化 O_3 分解,破坏大气臭氧层,在空气中易被氧化为 NO_2 ,氮的氧化物参与产生光化学烟雾。空气中 NO 最高允许含量不超过 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。但在 1992 年 NO 却因其神奇的生物活性,如有扩张血管、免疫、增强记忆的功能,被美国 *Science* 杂志授予“明星分子”的荣誉称号,从此 NO 成为生命科学的研究热点。请回答下列问题:

(1) NO 在大气层中可发生反应: $\text{NO} + \text{O}_3 \rightleftharpoons \text{NO}_2 + \text{O}_2$, $\text{NO}_2 + \text{O} \rightleftharpoons \text{NO} + \text{O}_2$, 从反应过程和最终结果看, NO 是一种 ()

- A. 氧化物 B. 还原剂 C. 还原产物
D. 氧化产物 E. 催化剂

(2) 在含 Cu^+ 离子的酶的活化中心中,亚硝酸根离子可转化为 NO , 写出 Cu^+ 与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 个大气压,在一个体积固定的容器里加热到 50°C , 发现气体的压力迅速下降,压力降至略小于原压力 $2/3$ 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) 中为什么最后的气体总压力小于原压力的 $2/3$?

思路 (1) 根据氧化还原反应原理,结合反应方程式可看出, NO 在第一个反应中作还原剂,在第二个反应中为还原产物,从最终结果看, NO 作_____。

(2) 由题意可得,亚硝酸根离子被还原为 NO , 所含 N 元素价态降低,则必有元素价态升高,可推得 Cu^+ 被氧化为 Cu^{2+} 。

(3) 由压力减小,说明 NO 经降温后,得气体的物质的量减小,又知其一种产物为 N_2O , 故另一产物中 N 元素的化合价应升高,即为 NO_2 , 据此可写出其变化的化学方程式。

(4) 由 (3) 中的反应式 $3\text{NO} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + \text{NO}_2$ 知生成的 NO_2 又发生如下反应 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$, 故其压力略小

于原来的 $\frac{2}{3}$ 。

答案 (1) _____
(2) _____
(3) _____
(4) _____

总结 氮的氧化物是氮族元素中比较重要的一类化合物,在学习中应注意联系实际,结合汽车污染等环保问题,了解光化学烟雾、氮的氧化物对臭氧层破坏等化学与生活相连的基础知识,增强运用现有知识解决实际问题的能力。

心得笔记

课程导入 NO 易与血红蛋白结合,使血红蛋白失去携氧的功能,使人体中毒。

例 1] B

例 2]
$$\begin{cases} x + y = 40 \\ \frac{3}{4}(x - 5) + \frac{y}{4} = 20 \end{cases}; \begin{cases} x = 27.5 \\ y = 12.5 \end{cases}$$
 若剩余气体为 O_2 ,

则 NO 为 10 mL, NO_2 为 30 mL。若剩余气体为 NO , 则 NO 为 27.5 mL, NO_2 为 12.5 mL。

例 3] (1) B (2) D (3) ABD

例 4] 催化剂 (1) BCE

(2) $\text{NO}_2^- + \text{Cu}^+ + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NO} + \text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$

(3) $3\text{NO} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O} + \text{NO}_2$

(4) 见 [思路]

课后作业

班级 _____ 姓名 _____ 分数 _____

基础演练

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

2. 3 L NO_2 气体,依次通过下列三个分别装有足量的① NaHCO_3 饱和溶液 ②浓 H_2SO_4 ③ Na_2O_2 后,用排水法收集残留气体,则收集到的气体是(同温同压) ()

A. 1 L NO B. 1 L NO_2 和 0.05 L O_2
C. 2 L O_2 D. 0.25 L O_2

3. (2001·全国理综)有一种磷的结构式是 $\left[\begin{array}{c} \text{P} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{P} \quad \text{P} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{P} \end{array} \right]_n$, 有关它的下列叙述不正确的是 ()

A. 它完全燃烧时的产物是 P_2O_5
B. 它不溶于水
C. 它在常温下呈固态
D. 它与白磷互为同分异构体

4. 10 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{H}_3\text{PO}_4$ 与 10 mL $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 完全反应所生成的盐为 ()

A. $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ B. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
C. $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ D. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 和 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

综合测试

5. 将 $V \text{ mL}$ NO 和 NO_2 的混合气体通过水吸收后,得到 $a \text{ mL}$ 无色气体 A,将此无色气体 A 与等体积 O_2 混合,再通过水充分吸收后,收集到 5 mL 无色气体 B。试回答:

(1) A 气体是 _____, B 气体是 _____。
(2) A 气体的体积为 _____ mL 。
(3) V 值的取值范围为 _____。

6. 0.03 mol Cu 完全溶于硝酸,产生氮的氧化物(NO 、 NO_2 、 N_2O_4)混合气体共 0.05 mol 。该混合气体的平均相对分子质量可能为 ()

A. 30 B. 46
C. 50 D. 66

探究升级

7. 只含有一种元素的物质 ()

A. 可能是纯净物也可能是混合物
B. 可能是单质也可能为化合物
C. 一定是纯净物
D. 一定是一种单质

8. 磷是存在于自然界和生物体内的重要元素,回答下列与磷及其化合物有关的问题。

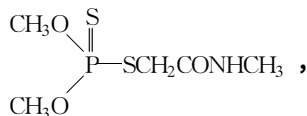
(1) 磷在自然界里主要以 _____ 的形式存在于矿石中。

磷的单质有多种同素异形体,其中最常见的是有毒的 _____ 和无毒的 _____。

- (2) 磷在不充足的氯气中燃烧的化学反应式为 _____,而在过量的氯气中燃烧的化学反应式是 _____。

- (3) 磷(相对原子质量为 31)在空气中燃烧生成的氧化物通常可用作强干燥剂。制备 100 g 这种干燥剂所消耗的空气的体积约为 _____ L (在标准状况下)。

- (4) 有机磷农药“乐果”的结构简式是:



其中所含的双键有 _____ 个。

9. 如图 1-2-1 为装有活塞的密闭容器,内盛有 22.4 mL NO 。若通入 11.2 mL 氧气(标准状况下测定的体积),保持温度压强不变,则容器内的密度 ()

A. 等于 1.369 g/L
B. 等于 2.054 g/L
C. 在 1.369 g/L 和 2.054 g/L 之间
D. 大于 2.054 g/L

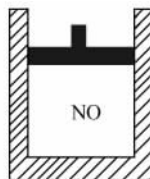


图 1-2-1

10. 我国医学工作者陈竺等人于 90 年代中期首创用剧毒的砒霜(As_2O_3)治疗癌症的方法,目前已得到国际公认。1999 年下半年我国已批准用砒霜制成亚砷酸注射液为国家级二类新药。以下有关 As_2O_3 的叙述中正确的是 ()

A. As_2O_3 是砷元素的最高价态的氧化物
B. As_2O_3 既能被氧化,也能被还原
C. 我国有丰富的以 As_2O_3 形式存在的含砷矿石
D. 砒霜制成亚砷酸注射液时发生了氧化还原反应

11. 如图 1-2-2,在一只试剂瓶内盛满 O_2 ,试管中充满 NO ,现向试剂瓶内慢慢滴入水,试管中的物质充分反应。如果滴入的水为 35 mL 时,试管先充满水而后充满气体,则原试管中盛有的 NO 为 _____ mL ,若想使水充满试管,则应向试剂瓶内滴入的水是 _____ mL 。

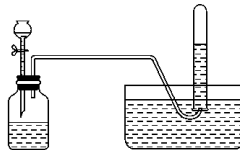


图 1-2-2

氨

- 图 1-3-1

知识点 1 氨的物理性质

- (1) **色、味、态** 无色有刺激性气味气体。
- (2) **密度** 比空气轻 ($\rho = 0.717 \text{ g/L}$)。
- (3) **溶解性** 极易溶于水 (1:700)。
- (4) **沸点** : $-33.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 易液化。

- 知识点 2 喷泉实验 (液体为水)**
- (1) 产生喷泉实验的条件 : 气体在液体中的溶解度很大, 产生足够的压强差。
- (2) 能形成喷泉实验的气体有 : NH_3 、 HCl 、 HBr 、 HI 、 SO_2 、 NO_2 等, HF 则不能用玻璃仪器做实验。

- 此为试读, 需要完整PDF请访问: www.cn-english-book.com $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$

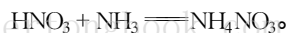
$$\begin{array}{c} \text{N} \\ \diagdown \quad | \quad \diagup \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$$

- 图 1-3-2

$$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons{\text{电离}} \text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \quad (\text{显弱碱性})$$
$$2\text{NH}_3 + 3\text{CuO} \xrightarrow{\Delta} 3\text{Cu} + \text{N}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$$

	液氨 (纯净物)	氨水 (混合物)
形成	易液化	易溶于水
组成	只有 NH_3 分子	H_2O 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 NH_3 、 NH_4^+ 、 OH^- 、 H^+
部分性质	不导电,无碱性,不能使干燥的红色石蕊试纸变蓝(湿润试纸可变蓝,此法可检验氨气)	部分电离,能导电($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 为电解质)具有碱性,能使干燥的红色石蕊试纸变蓝

② 与酸反应 如将蘸有浓氨水的玻璃棒与蘸有浓盐酸、浓 HNO_3 等挥发性酸的玻璃棒接近,有白烟产生,用此法可检验氨水 如为浓 H_2SO_4 、浓 H_3PO_4 等不挥发性酸,则无白烟,但可吸收 NH_3 (浓 H_2SO_4 不能干燥氨气)。



(3) 与 CO_2 反应: NH_3 与 CO_2 同时通入水中,若 NH_3 过量,生成 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$; 若 CO_2 过量,生成 NH_4HCO_3 , 因此物质的量之比不同,生成产物不同。

(4) 与氧化剂反应: 说明氨气有还原性,其催化氧化是工业制硝酸的重要步骤,利用 Cl_2 与氨反应的现象: 白烟,可检验工业输氯管道是否破损。

例 1] 标况下 $V \text{ L}$ 氨气溶于 1 L 水中,所得溶液的密度为 $\rho \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$,试确定此氨水的物质的量浓度和质量分数。

思路 氨气溶于水中的反应方程式为 _____,氨水的溶质是 _____,不是 _____,其物质的量浓度可依据概念求算如下:

$$c(\text{NH}_3) =$$

$$\frac{V \text{ L} \div 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}}{\frac{17V}{22.4} + 1000} = \frac{1000\rho V}{17V + 22400} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\frac{\rho}{22.4} \times 10^{-3} \text{ L}$$

其质量分数既可用 $c(\text{NH}_3)$ 与 $w(\text{NH}_3)$ 换算求出,也可用质量分数的概念求出如下:

$$w(\text{NH}_3) = \frac{c(\text{NH}_3) \times 17}{1000 \times \rho} \times 100\%$$

答案

总结 (1) 氨水的溶质是 NH_3 , 不是 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。

(2) 氨水的密度随其浓度的增大而减小。

随堂练习

1. 已知 25% 的氨水的密度为 $0.91 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 5% 的氨水的密度为 $0.98 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 如将上述两溶液等体积混合, 所得氨水的质量分数是 ()

- A. 等于 15% B. 大于 15%
C. 小于 15% D. 无法估算

2. 标准状况下, 用一定量的水吸收氨气后得到浓度为 $12.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, 密度为 $0.915 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的氨水。试计算 1 体积水吸收多少体积的氨气可制得上述氨水。(氨的相对分子质量为 17.0, 水的密度为 $1.00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)

知识点 4 氨气的制法

(1) 实验室制法:

用铵盐 $[\text{NH}_4\text{Cl}, (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ 与消石灰混合加热制取。



制气: 固 + 固 $\xrightarrow{\Delta}$ 气。

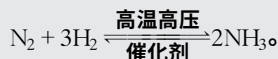
收集: 向下排空气法。

检验: 湿润红色石蕊试纸。

干燥: 碱石灰为干燥剂。

实验室还可以向固体 NaOH 或生石灰中滴加浓氨水的方法快速制备少量的氨气。

(2) 工业制法:



(1) 实验室制法的原理: $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaCl}_2$, 实质为: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 因为是固体混合物加热, 虽为离子反应, 但不写离子方程式。使用铁架台、试管、酒精灯、干燥管等主要仪器, 制气装置与 O_2 相似; 如用试管收集, 应在试管口塞上棉花, 防止生成的 NH_3 与空气对流, 以便收集较纯净的 NH_3 ; 验满可用湿润的红色石蕊试纸(变蓝), 也可用蘸有浓盐酸的玻璃棒接近瓶口(出现白烟), 这两种方法也用于检验; 干燥只能用碱性干燥剂, 碱石灰, 生石灰, 氢氧化钠等, 不能用 CaCl_2 , 因为 $\text{CaCl}_2 + 8\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$ (该产物加热又可分解为 NH_3 和 CaCl_2), 所以 CaCl_2 不能干燥 NH_3 。

(2) 如何解释快速制备少量 NH_3 的原理? 应用何装置呢?

如用 NaOH , 则 NaOH 吸收浓氨水中的水, 溶解放热, 使 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 分解生成 NH_3 逸出; 如用 CaO , 则 CaO 吸水、放热, 并有 $\text{CaO} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{NH}_3 \uparrow$, 采用固 + 液 $\xrightarrow{\text{不加热}}$ 气装置。与向浓氨水中吹入热空气或加热浓氨水相比较, 上述方法最佳。

例 2] 某学生课外活动小组利用图 1-3-3 所示装置做如下实验: 在试管中注入某红色溶液, 加热试管, 溶液颜色逐渐变浅, 冷却后恢复红色, 则溶液可能是 _____。加热时, 溶液由红色逐渐变浅的原因是 _____。



图 1-3-3

思路 由实验装置和实验过程可以看出, 受热时, 有气体从溶液中逸出, 导致溶液颜色发生变化; 冷却后, 逸出的气体又重新溶解, 得到原溶液, 所以又恢复原颜色, 水中溶有什么样气体可有这样的性质?

若水中溶有碱性气体 NH_3 , 能使酚酞溶液变红, 加热时气体不断逸出, 溶液碱性变弱, 所以颜色变浅。停止加热后, 恢复到原温度, NH_3 极易溶于水, 重新溶解在水中, 溶液又恢复原来的碱性, 故恢复原来的红色。

答案

总结 本题为碱性气体物理、化学性质的综合应用实验题。根据实验现象判断实验原理, 考查直觉和逆向思维能力。

随堂练习

3. 实验室若用如图 1-3-4 所示装置制氨气,试用表格形式列出图中装置的错误之处,并用文字简要说明如何改正。

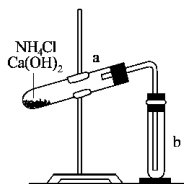


图 1-3-4

例 3] A、B、C、D、E 各物质的关系如图 1-3-5:



图 1-3-5

其中 X 是能使红色石蕊试液变蓝的气体。

(1) 无色溶液 A 是 _____, A 与 B 反应的化学方程式为 _____。

(2) 由 X 转化为 N_2 的化学方程式为 _____。

(3) 白色固体 C 的化学式为 _____, 写出由 D 转化为 E 的离子方程式 _____。

思路 这是一道实验分析判断题,可以运用逆向思维的方法,由 X 气体可以与 CuO 在加热条件下发生反应生成 N_2 ,说明 X 是含氮化合物并且能使红色石蕊试纸变蓝,说明 X 一定是 _____,由 C 能与 CO_2 生成白色沉淀 D, CO_2 过量时又转化为无色溶液 E,说明 C 是 _____, D 是 $CaCO_3$, E 是 $Ca(HCO_3)_2$ 。由 X 和 C 反推出无色溶液 A 一定是 _____,白色固体 B 一定是 _____。

答案

总结 物质推断题大多考查的知识有:①化学反应类型;②化学反应特点;③化学反应条件;④物质的颜色、状态气味等;⑤物质的组成。解这类题目,即要观察分析类型、特点,又要有熟练的基础知识储备。在解题过程中,根据物质的性质特点分析,大胆代入尝试,注意综合联系,进行比较观察,从而得出结果;其思维方法经常使用逆向思维的方法。

随堂练习

4. 有一瓶白色固体,取少量置于试管中加热,固体逐渐消失,放出水蒸气和其他两种气体,试管除管口有少量水珠外,没有任何残留物。取 0.350 g 这种固体跟过量的碱液反应,生成一种能使湿润红色石蕊试纸变蓝的气体,这些气体正好能和 30.0 mL 0.100 mol/L H_2SO_4 完全反应;另取 0.350 g 该固体跟足量盐酸反应,放出一种无色、无臭的气体,将这些气体通入过量的澄清石灰水中,得到 0.400 g 白色沉淀。

(1) 计算 0.350 g 固体中含有的阴离子和阳离子的物质的量。

(2) 根据实验及计算结果确定白色固体是什么?写出判断的依据。

体验探究

探究课题 化学模拟喷泉实验设计。

活动目的 通过学习课本知识,查资料,培养实验设计及操作能力,了解喷泉形成的原理,掌握一些气体的溶解性,能解决喷泉实验装置等方面的问题,激发同学们学习化学的兴趣。

活动过程 用一洁净干燥的烧瓶收集一瓶干燥的气体如 NH_3 、 CO_2 或 H_2 ,如图 1-3-6 安装在铁架台上,将胶头滴管 b 中的水或某溶液挤入 a 中,观察喷泉现象是否能形成。

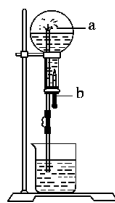


图 1-3-6

思路 化学模拟喷泉实验的原理:烧瓶中的气体易溶于水或因与某溶液发生化学反应而被吸收液吸收,使烧瓶内气体分子数目减少,在相同温度下,压强也减小,大气压产生的压力作用于烧杯中的液面,将烧杯中的吸收液压入烧瓶,形成喷泉。
对气体溶解性要求:易溶于水或能被吸收液吸收。
对吸收液的要求:一定要吸收或溶解气体。如 NO_2 能被 NaOH 溶液吸收等。
喷泉的颜色:如吸收液吸收 NH_3 ,显碱性,如事先加有酚酞则能产生红色喷泉。

总结

- (1) 查资料、处理信息,明确模拟喷泉实验形成的条件。
- (2) 探讨化学模拟喷泉实验的原理,运用力学知识,分析受力情况,明确原理。
- (3) 设计实验方案研究气体溶解性大小对喷泉形成的影响,可选用易溶于水的气体(如 NH_3 、 HCl 等),在水中溶解度不大的气体(如 CO_2),难溶于水的气体(如 H_2)等。
- (4) 设计实验方案,研究吸收液对喷泉形成的影响。
- (5) 喷泉颜色的研究。
- (6) 将材料进行汇总,加以讨论,激发学习化学的兴趣,巩固所学知识。

心得笔记

【课程导入】 (1) NH_3 (2) $0.045 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(3) 由于氨气用向下排空气法收集,其中一定混有少量的空气,不能使烧瓶完全充满氨气,因此喷泉停止,烧瓶内总是不能充满水。

(提示:(1) 使酚酞试液变红的气体应为碱性气体。

$$(2) \text{氨水的物质的量浓度} = \frac{n(\text{NH}_3)}{V(\text{氨水})} = \frac{V \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \div V \text{ L} = 0.045 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

【例 1】 $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$;

$$\frac{\frac{V \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{\frac{V \text{ L}}{22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 17 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} + 1 \text{ L} \times 1000 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1} \times 1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}} = \frac{17V}{17V + 22400} \times 100\%; \quad c(\text{NH}_3) = \frac{1000\rho V}{17V + 22400} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1};$$

$$w(\text{NH}_3) = \frac{17V}{17V + 22400} \times 100\%$$

【例 2】 NH_3 加热时 NH_3 不断逸出,溶液碱性变弱

【例 3】 $\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2$ 浓氨水 $\rightleftharpoons \text{CaO}$

(1) 浓氨水 $\rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaO} \longrightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{NH}_3 \uparrow$

(2) $2\text{NH}_3 + 3\text{CuO} \xrightarrow{\Delta} 3\text{Cu} + \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

(3) $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$

课后作业

班级_____ 姓名_____ 分数_____

基础演练

1. 下列溶液中密度最小的是 ()
A. $12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸 B. 98% 的 H_2SO_4
C. $12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 氨水 D. $6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氨水
2. 下列各组物质相遇会产生白烟的是 ()
A. NO 和 O_2 B. NH_3 和 HCl
C. NH_3 和 H_2O (g) D. 磷在空气中燃烧
3. 下列粒子不能跟质子结合的是 ()
A. 氨气 B. 铵根离子
C. 水 D. 氟离子
4. 常温常压下,由 A 和 B 两种气体组成的混合气体(A 的相对分子质量大于 B 的相对分子质量),经分析得知,混合气体中仅含氮和氢两种元素,而且不论 A 和 B 以何种比例混合,氮和氢的质量比总大于 14:3。由此确定 A 为_____,B 为_____,其理由是_____。
若上述混合气体中氮和氢的质量比为 7:1,则在混合气中 A 和 B 的物质的量之比为_____,A 占的体积分数为_____。
5. 据图 1-3-7 回答问题:

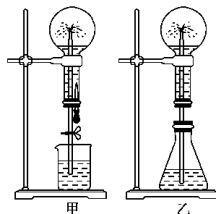


图 1-3-7

- (1) 图甲为中学教材上的喷泉实验装置,在烧瓶中充满干燥气体,胶头滴管及烧杯中分别盛有液体,下列各组不能形成喷泉的是 ()
A. HCl 和 H_2O B. O_2 和 H_2O
C. NH_3 和 H_2O D. CO_2 和 NaOH 溶液
- (2) 某实验爱好者积极思考产生喷泉的其他方法,设计了如图乙所示装置。在图乙的锥形瓶中,分别加入足量的下列物质,反应后可能产生喷泉的是 ()
A. Cu 与稀盐酸
B. NaHCO_3 与 NaOH 溶液
C. CaCO_3 与稀 H_2SO_4
D. NH_4HCO_3 与稀盐酸
- (3) 比较图甲与图乙两套装置,从产生喷泉的原理分析,图甲是_____上部烧瓶内的压强,图乙是_____下部锥形瓶的气体的压强(填“增大”或“减小”),城市中常见的人造喷泉及自然景观中的火山爆发的原理与上述_____

_____ (填“图甲”或“图乙”)装置的原理相似。

综合测试]

6. 如图 1-3-8 装置中,烧瓶是干燥的,位置不得移动,则由 A 口进气可收集的气体有 ()

A. NO B. SO₂
C. CH₄ D. NH₃



图 1-3-8

7. 某温度下,在体积一定的密闭容器中适量的氨气恰好和氯气完全反应,若产物只有 N₂ (g) 和 NH₄Cl (s),则反应前后容器中压强应接近于

()

A. 1:11 B. 11:1 C. 7:11 D. 11:7

探究升级]

8. 氨在高温下进行催化氧化以制取 NO (不考虑 NO 与 O₂ 的反应) 时,其主反应为 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$, 副反

应为 $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 。今在相同条件下将每一升氨混合 10 L 空气后通入反应器,空气中 O₂ 和 N₂ 的体积百分含量分别以 20% 和 80% 计,上述反应完成后,测得混合气体中不含 NH₃,而 O₂ 与 N₂ 的物质的量之比为 1:10,试求参加主反应的氨占原料氨的体积百分含量 (保留小数点后一位)。

9. 阅读科技短文,填空:

“鬼火”即磷火。夜间磷的氢化物燃烧看得很清楚,古时称它为“鬼火”,古时有“老槐生火,久血为磷”之说。当时不解其因,直到 19 世纪才由化学家揭开“鬼火”之谜。“鬼火”常常出现在老坟地上,尤其在炎夏,气温较高,尸骨中的磷化钙发生水解生成 PH₃ (含少量 P₂H₄,即联膦)。

磷化钙水解产生 PH₃ 的化学方程式为 _____。

联膦在空气中自燃,同时引燃 PH₃, 化学方程式分别为 _____;

_____。

白磷与热的苛性钾溶液反应可制得 PH₃ 和 P₂H₄,市售一种鼠药磷化锌 (Zn₃P₂) 与盐酸反应,也能产生 PH₃,其反应方程式为 _____。

10. 如图 1-3-9 所示的实验装置 (铁架台均略去) 中, A 是简易的氢气发生器; B 是大小适宜的圆底烧瓶; C 是装有干燥剂的 U 形管; a 是旋转活塞; D 是装有还原铁粉的反应管; E 是装有酚酞试液的烧杯。实验前先检查装置的气密性。实验开始时,先关闭活塞 a,并取下烧瓶 B,向 A 中加入一定量的盐酸 (浓度适当),生成氢气。经必要的操作 [见问题 (2)] 后,

在导管的出口处点燃氢气,然后如图所示套上烧瓶 B,塞紧瓶塞,氢气在烧瓶中继续燃烧。用酒精灯加热反应管 D 中的还原铁粉,待 B 中氢气的火焰熄灭后,打开活塞 a,气体通过反应管 D 进入烧杯 E 中,使酚酞试液呈红色。请回答下列有关问题:

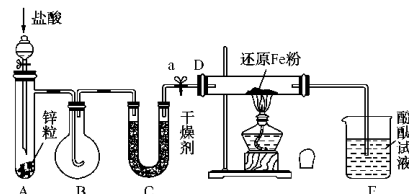


图 1-3-9

- (1) 实验前后如何检查装置的气密性?

_____。

- (2) 点燃氢气前必须进行 _____ 操作,该操作方法是 _____。

- (3) 写出 B、D 中分别发生反应的化学方程式。

B 中: _____;

D 中: _____。

- (4) C 中所盛干燥剂的名称是 _____,该干燥剂的作用是 _____。

课时四

铵 盐

课程导入

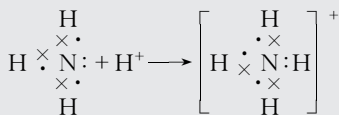
我们知道氮肥中的尿素、碳铵、硝铵肥料等,你知道碳铵、硝铵肥料为什么不能与碱性肥料混合施用呢?请说明原因。

教材全解

知识点 1

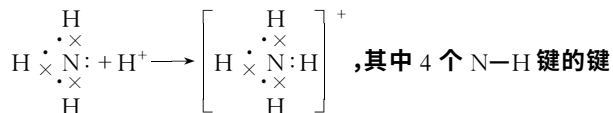
铵盐的形成与结构、用途:

(1) 铵盐的形成与结构:



(2) 铵盐的用途。

(1) NH_4^+ 是由氨分子与酸电离出来的 H^+ 通过配位键而形成的,形成过程如下:



(2) 铵盐主要用作氮肥, NH_4NO_3 可作炸药, NH_4Cl 可用于焊接金属,还可以用作实验室制氨气。

例 1] 铵盐受热分解的过程就是铵根离子 (NH_4^+) 把质子 (H^+) 转移给酸根离子的过程,对于相同类型的铵盐,可根据上述反应判断热稳定性。试比较 NH_4F , NH_4Cl , NH_4Br , NH_4I 的热稳定性,由强到弱的次序是 _____,其理由是 _____。

思路 NH_4F , NH_4Cl , NH_4Br , NH_4I 均是氢卤酸的铵盐,属同一类型的物质,根据题意,它们的稳定性强弱的判断可转化为 NH_4^+ 把其质子转移给各卤离子的难易的判断。由于 F^- , Cl^- , Br^- , I^- 的离子半径依次 _____,故其结合质子的能力依次 _____,即 NH_4^+ 把质子转移给它们变得越来越困难,因此对应铵盐的稳定性依次增强。

答案 _____

总结 此题要克服思维定势的干扰,氢卤酸中 HI 最不稳定,在此容易误认为 NH_4I 最不稳定。根据信息:稳定性需从 NH_4^+ 把其质子转移给各卤离子的难易去判断。做题时一定要注意审清题意。

随堂练习

1. 同主族元素所形成的同一类型的化合物结构和性质往往相似,已知化合物 PH_4I 是一种无色晶体,试判断下列对其描述正确的是 ()

- A. PH_4I 加热易分解,且可产生紫红色气体
- B. PH_4I 很稳定,加热不易分解
- C. PH_4I 不能与 NaOH 反应
- D. PH_4I 不可由 PH_3 与 HI 化合生成

知识点 2

铵盐的性质、铵盐的检验:

铵盐的性质:

(1) 易溶于水的无色离子晶体。

(2) 均不稳定,受热易分解:由不稳定性且无氧化性酸生成的铵盐的分解;由挥发性且无氧化性酸生成的铵盐的分解;由不挥发性酸组成的铵盐的分解:硫酸铵的分解等。

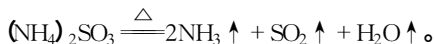
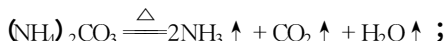
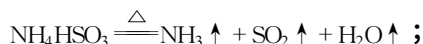
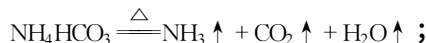
(3) 与碱反应: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,铵盐与碱反应,固体与固体加热或者浓溶液混合或者加热才有 NH_3 逸出。如果为稀溶液则 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。

(4) NH_4^+ 的检验:利用铵盐与碱反应生成 NH_3 ,再利用 NH_3 能使湿润的红色石蕊试纸变蓝,或利用蘸浓盐酸的玻璃棒检验,产生白烟,说明有铵根离子存在。

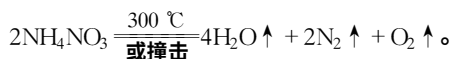
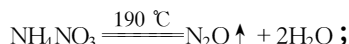
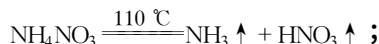
铵盐都是离子晶体。且易溶于水,且铵盐受热不稳定,发生分解:

(1) 由挥发性且无氧化性酸生成的铵盐,如 $\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{HCl} \uparrow$ (冷却相遇: $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$)。

(2) 由不稳定性且无氧化性酸生成的铵盐,如:



(3) 由强氧化性酸生成的铵盐,如 NH_4NO_3 ,因温度不同产物不同。



(4) 由不挥发性酸生成的铵盐,如 $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ 。

$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4 \xrightarrow{\Delta} 3\text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_3\text{PO}_4$,仅有 NH_3 逸出,酸残留下来,且分解为逐级分步的。

(5) 硫酸铵分解随温度不同产物不同。

例 2] 下列说法中正确的是 ()

- A. 所有铵盐受热均可以分解,产物均有 NH_3
- B. 所有铵盐都易溶于水,不是所有铵盐中的氮均呈 -3 价

C. NH_4Cl 溶液中加入 NaOH 浓溶液共热时反应的离子方

程式为 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

D. NH_4Cl 与 NaCl 的固体混合物可用升华法分离

思路 根据铵盐的有关知识逐一分析判断。选项 A 中,有的铵盐受热分解产生氨气(如 $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$);有的铵盐受热分解不产生氨气(如 $\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{N}_2\text{O} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$),故选项 A 说法错误。选项 B 中,所有的铵盐都易溶于水,铵盐里除 NH_4^+ 中的 N 呈 -3 价外,还可能含有其他价态的 N 元素(如 NH_4NO_3 中的 N 有 -3、+5 两种价态),故选项 B 说法正确。选项 C 中,铵盐与碱液反应时,反应条件不同,产物也不同。即加热时,生成 NH_3 ,不加热时,生成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。故选项 C 说法正确。选项 D 中,可用____法分离 NH_4Cl 和某些固体(不分解、不升华的固体)的混合物,但其过程为先受热分解,再降温化合,而不是升华,故选项 D 说法错误。

答案 _____

总结 铵盐与碱反应的实质为 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,但反应条件不同产物不同,加热或浓溶液时按 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$,不加热则按 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 反应,也有的铵盐与碱反应的离子方程式与上述不同,如 NH_4HCO_3 与 NaOH 的反应:



随堂练习

2. 氢化铵 (NH_4H) 与氯化铵的结构相似,又知 NH_4H 与水反应有 H_2 生成,下列叙述不正确的是 ()

- A. NH_4H 是离子化合物,固态时属离子晶体
- B. NH_4H 溶于水,所形成的溶液显碱性
- C. NH_4H 固体投入少量水中,有两种气体产生
- D. NH_4H 与水反应时, NH_4H 是氧化剂

3. 将碳酸铵加热到全部转化为气体后,将气体先通过过氧化钠,固体质量增加 x g,再通过浓硫酸,液体质量增加 y g;若先通过浓硫酸,液体质量增加 z g,再通过过氧化钠,固体质量增加 w g。则 x 、 y 、 z 、 w 由大到小排列的顺序是 ()

- A. $x > y > z > w$
- B. $w > z > y > x$
- C. $y > z > w > x$
- D. $z > y > x > w$

知识点 3

关于“喷泉实验”后溶液浓度的计算:

(1) 用 NH_3 或 HCl 气体做喷泉实验,标况下所得溶液的浓度为 $\frac{1}{22.4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 用 NO_2 做喷泉实验,可以分三种情况计算。

(3) 用 NO 、 O_2 的混合气体做喷泉实验,标况下的浓度均为 $\frac{1}{39.2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

“喷泉实验”后溶液浓度的计算:

(1) 用 NH_3 或 HCl 做喷泉实验,若混有与气体和 H_2O 反应的气体,如空气、 O_2 、 N_2 等,则不论混合气体比例如何,水是否充满烧瓶,标况下溶液的浓度为 $\frac{1}{22.4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 用 NO_2 做喷泉实验,若混有与 NO_2 和 H_2O 反应的气体,如 N_2 ,则不论混合气体比例如何,水均不能充满烧瓶,但标况下溶液浓度均为 $\frac{1}{22.4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$,若 NO_2 中混有氧气或空气,则溶液浓度需讨论两种情况:剩余 O_2 或空气,浓度为 $\frac{1}{28} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;剩余气体为 NO ,浓度与剩余气体体积有关,应从两方面计算 HNO_3 的物质的量:a. 反应的 $\text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$,b. 剩余 $\text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$,再求出浓度。

(3) 用 NO 、 O_2 混合气体做喷泉实验,不论水是否充满,也不论剩余何种气体,以及其中混有与气体和水反应的 N_2 等。标况下浓度均为 $\frac{1}{39.2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

例 3] 用充满 V 升氨气的烧瓶做喷泉实验,若水充满整个烧瓶,则溶液的物质的量浓度为多少?若改为混有等体积空气的氨气呢(气体体积在标况下测定)?

思路 求溶液的物质的量的浓度应先了解溶液的溶质。再求溶质的物质的量以及溶液的体积,氨的物质的量为 $\frac{V}{22.4} \text{ mol}$,溶液的体积应为充满烧瓶后的体积即 $V \text{ L}$,

$$c(\text{NH}_3) = \frac{V}{22.4} \div V = \frac{1}{22.4} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

如混有等体积的空气的氨气,则:

$$c(\text{NH}_3)' = \frac{\frac{V}{2}}{22.4} = \frac{1}{22.4} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$$

答案 _____

总结 所以用 NH_3 或 HCl 做喷泉实验,无论是否混有与 NH_3 或 HCl 以及 H_2O 反应的气体,也不论混合气体比例如何,水是否充满烧瓶,标况下溶液的浓度均为 $\frac{1}{22.4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

随堂练习

4. 标况下,用充有 NO 、 O_2 混合气体的烧瓶做喷泉实验,若水充满烧瓶,所得溶液的物质的量浓度为多少?若水未充满烧瓶,溶液浓度会改变吗?

5. 同温同压下,在两个等体积的干燥的圆底烧瓶中分别充满① NH_3 、② NO_2 ,进行喷泉实验,经充分反应后,瓶内溶液溶质的物质的量浓度 ()

- A. ① > ②
- B. ① < ②
- C. ① = ②
- D. 不能确定