

黄冈兵法·高二化学

主	编	傅全安		
编	写	南丽娟	熊全告	陈晓锋
		苏晓军	杜五州	刘宏波
		陶金姣	卢明辉	李平安

陕西师范大学出版社



目 录

第一章 氮族元素

第一节 氮和磷	1
第二节 氨 铵盐	15
第三节 硝酸	31
第四节 氧化还原反应方程式的配平	47
第五节 有关化学方程式的计算	60
单元小结	73

第二章 化学平衡

第一节 化学反应速率	87
第二节 化学平衡	100
第三节 影响化学平衡的条件	112
第四节 合成氨条件的选择	124
单元小结	136

第三章 电离平衡

第一节 电离平衡	145
第二节 水的电离和溶液的 pH	157
第三节 盐类的水解	166
第四节 酸碱中和滴定	179
单元小结	189

第四章 几种重要的金属

第一节 镁和铝	198
第二节 铁和铁的化合物	208
第三节 金属的冶炼	220





第四节 原电池原理及其应用	228
单元小结	237
第五章 烃	
第一节 甲烷	246
第二节 烷烃	256
第三节 乙烯 烯烃	268
第四节 乙炔 炔烃	280
第五节 苯 芳香烃	293
第六节 石油的分馏	307
单元小结	318
第六章 烃的衍生物	
第一节 溴乙烷 卤代烃	330
第二节 乙醇 醇类	342
第三节 有机物分子式和结构式的确定	354
第四节 苯酚	368
第五节 乙醛 醛类	379
第六节 乙酸 羧酸	390
单元小结	404
第七章 糖类 油脂 蛋白质	
第一节 葡萄糖 蔗糖	420
第二节 淀粉 纤维素	431
第三节 油脂	441
第四节 蛋白质	452
单元小结	462
第八章 合成材料	
第一节 有机高分子化合物简介	474
第二节 合成材料	481
第三节 新型有机高分子材料	495
单元小结	504
参考答案	516





第一章

氮族元素

第一节 氮和磷

知能转化导引

1. 氮族元素概述

(1) 氮族元素

氮族元素由氮、磷、砷、锑、铋五种元素组成,位于元素周期表中第ⅤA族。从原子结构上看,它们的最外层都有5个电子,这就决定了它们的单质及化合物在化学性质上具有某些相似性。另外,它们的核外电子层数不同,原子半径随着核电荷数的增加而逐渐增大。

(2) 氮族元素性质的相似性和递变性

相似性 主要化合价有+5、+3、-3 (Sb、Bi 无负价);气态氢化物的化学式为 RH_3 ;最高价氧化物的化学式为 R_2O_5 ;最高价含氧酸的化学式为 HRO_3 或 H_3RO_4 ,低价态的含氧酸化学式为 HRO_2 或 H_3RO_3 。

递变性 从 $\text{N} \rightarrow \text{Bi}$,随着原子半径的递增,得电子能力减弱,失电子能力增强 元素非金属性逐渐减弱,金属性逐渐增强。单质的状态、密度、熔点和沸点的变化都有一定的规律 (见教材)。

2. 氮气

(1) 氮元素性质的活泼性与氮分子结构的稳定性

元素的性质取决于元素的原子结构。氮原子半径小,最外层电子数多,吸引电子的能力很强,故氮元素是一种较活泼的非金属元素。

氮气的稳定性则取决于氮分子的结构。氮分子是由两个氮原子通过3对共用电子紧密结合而成的双原子分子,氮分子的电子式为: $\text{N} :: \text{N} :$,结构式为 $\text{N} \equiv \text{N}$, $\text{N} \equiv \text{N}$ 键多且短,所以键能很大 (为 946 kJ/mol),一般大于其他双原子分子。因此,氮分子的结构很稳定。通常状况下,氮气的化学性质不活泼,在某些情况下,可代替稀有气体作保护气。

(2) 氮气的物理性质



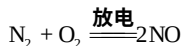


纯净的氮气是无色、无味的气体,难溶于水,密度比空气稍小,沸点 - 196 °。氮气的溶解度和沸点都低于氧气。

(3) 氮气的化学性质

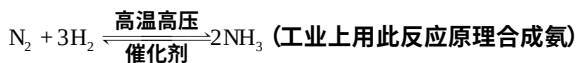
氮气的化学性质不活泼,必须在高温、放电或有催化剂存在的条件下,才能与某些物质反应。氮气中氮的化合价为 0,在反应中化合价既可升高,又可降低,因此氮气既有氧化性,又有还原性。

① 氮气的还原性

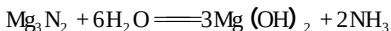


在放电条件下, N_2 和 O_2 可以直接化合成 NO,在雷雨时有此反应发生。但放电时该反应程度非常小,生成的 NO 很少,因而此反应不宜用于工业合成 NO。另外,高温、高压条件下也能发生此反应,如在汽车引擎中,这就是汽车尾气中含氮氧化物等大气污染物的原因。

② 氮气的氧化性



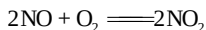
镁条在空气中点燃发生的反应有 $2\text{Mg} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{MgO}$,



3. 氮的氧化物

(1) 氮的氧化物包括 N_2O 、NO、 N_2O_3 、 NO_2 、 N_2O_4 、 N_2O_5 等气体。当气体不确定时可用 NO_x 表示氮的氧化物。

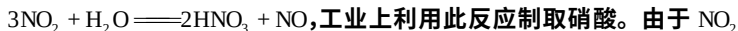
(2) 氮的氧化物的性质:



(无色) (红棕色)

此反应在常温下就能发生。NO、 NO_2 是大气的污染物,它是造成酸雨、光化学烟雾的主要原因。NO 和 NO_2 污染物主要来自石油和煤的燃烧产物、汽车尾气、工业制硝酸的废气等。

NO 不溶于水,与 CO 一样能与血红蛋白结合,使血红蛋白失去载氧能力,从而使人中毒。





与水作用除生成硝酸外,还生成有 NO,故 NO₂ 不是硝酸的酸酐。

$2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$, 在常温常压下 NO₂ 与 N₂O₄ 总是共存,故通常纯净的 NO₂ 或 N₂O₄ 并不纯。

NO₂ 具有强氧化性,如 $\text{NO}_2 + \text{SO}_2 = \text{SO}_3 + \text{NO}$,亦能使湿润的 KI 淀粉试纸变蓝(不能用此法鉴别 Br₂ 和 NO₂)。

N₂O₅ 是硝酸的酸酐,N₂O₃ 为亚硝酸(HNO₂)的酸酐。

在电闪雷鸣的雨天,氮气在空气中发生以下一系列的变化: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{NO} \xrightarrow{\text{O}_2} 2\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} 2\text{HNO}_3$,这就是“雷雨发庄稼”的道理。

4. 磷

(1) 磷的两种同素异形体

白磷:无色蜡状固体,剧毒,着火点 40,不溶于水,能溶于 CS₂,少量时保存在盛水的广口瓶中。

红磷:暗红色粉末,无毒,着火点 240,不溶于水和 CS₂,保存时要防止吸湿,通常贮存在干燥的广口瓶中。

白磷和红磷的物理性质差异较大,但化学性质基本相同,控制温度,两者可以相互转化。

可用如下两个实验确定红磷和白磷是磷的同素异形体:

① 白磷和红磷可以相互转化

白磷 $\xrightarrow[\text{加热到 } 416]{\text{隔绝空气加热到 } 260}$ 红磷 (升华后冷却)

② 取相同质量的白磷和红磷,分别在足量的 O₂ 中充分燃烧,所得的五氧化二磷是同一物质,且质量相等。

(2) 磷的化学性质

$4\text{P} + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{P}_2\text{O}_5$ (产生白色的烟)

P₂O₅ 有很强的吸湿性,常用作干燥剂。

$\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{热水}} 2\text{H}_3\text{PO}_4$ (P₂O₅ 是酸性氧化物)

$\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{冷水}} 2\text{HPO}_3$ (HPO₃ 剧毒, H₃PO₄ 无毒)

$2\text{P} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{PCl}_3$ (在不充足的 Cl₂ 中的反应)

$2\text{P} + 5\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{PCl}_5$ (在过量的 Cl₂ 中的反应)





磷在氯气中燃烧产生白色的烟雾。

(3) 磷的含氧酸

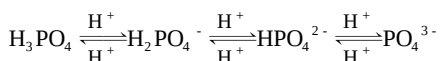
磷的几种常见的含氧酸见下表：

名称	正磷酸	偏磷酸	亚磷酸	次磷酸
分子式	H_3PO_4	HPO_3	H_3PO_3	H_3PO_2
结构式	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HO}-\text{P}-\text{OH} \\ \\ \text{HO} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HO}-\text{P}=\text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{HO}-\text{P}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{P}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$
磷的化合价	+5	+5	+3	+1

磷酸为无色、透明的晶体。常用的磷酸(浓度为 83% ~ 98%)是无色粘稠的浓溶液。磷酸是不易分解、高沸点的中强酸,它又是非氧化性酸,因此,在实验室里可用于制取 HI 、 HBr 和 H_2S 等还原性的气体。

由于磷酸是三元酸,所以可以生成三种盐:一种正盐和两种酸式盐。

H_3PO_4 与碱的中和反应是分步进行的,控制 H_3PO_4 与碱的比例,便可得到不同的磷酸盐,碱过量时生成正盐,碱不足时生成酸式盐。



磷酸的工业制法 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{CaSO}_4 \downarrow$

方法技巧规律

1. 学习非金属元素及化合物例谈

(1) 要充分发挥物质结构理论的指导作用。把握住“位—构—性”三者的关系,掌握元素化合物知识的学习方法。

① 具体物质“位—构—性”的关系是：

组成、结构、元素在周期表里的位置	决定	性质	决定	存在、用途、制法
	体现		体现	

② 非金属元素及其化合物的学习程序是：

非金属 $\rightarrow$ $\begin{cases} \text{氧化物} \rightarrow \text{含氧酸} \rightarrow \text{含氧酸盐} \\ \text{气态氢化物} \end{cases}$

(2) 要善于抓住知识的点、线、面进行学习,做到由具体到一般,由浅入深,由简单到复杂,并注意新旧知识的联系和对比,从而使知识系统化。



(3) 比较元素非金属性强弱方法:可从元素最高价氧化物对应水化物酸性的强弱,或从与氢气生成气态氢化物的难易及气态氢化物稳定性,或气态氢化物的还原性大小来比较。

2. 氮元素的化学活动性与氮分子的稳定性的区别

元素的性质取决于元素的原子结构。氮的原子半径小,吸引电子的能力较强,故表现出较强的化学活动性,所以说氮元素是一种较为活泼的非金属元素。

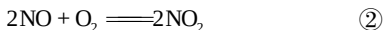
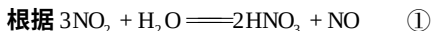
氮气的稳定性则取决于氮分子的结构。氮分子是由两个氮原子共用 3 对电子结合而成的,氮分子中有 3 个共价键 ($N \equiv N$), 它的键能很大 (946kJ/mol), 当氮气参加化学反应时,必须打开(破坏)分子中的 3 个共价键,这就需要吸收很高的能量。因此,在通常情况下,氮气的性质很不活泼,很难跟其他物质发生化学反应。只有在高温或放电条件下,氮分子获得了足够的能量,使氮分子中的共价键断裂而形成活动性较强的氮原子,才能跟氢、氧、金属等物质发生化学反应。

由此可见,氮元素的活动性与氮分子的稳定性是两个不同的概念,它们之间并不矛盾。

3. 关于氮的氧化物的计算

(1) NO_2 、 NO 、 O_2 混合气体与水反应的有关计算,通常有两种方法:

① 关系式法:



由① $\times$ ② + ② $\times$ ③ 得 $4NO + 3O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4HNO_3$

当 $V(NO) : V(O_2) = 4 : 3$ 时, NO 和 O_2 恰好完全反应,无气体剩余;

当 $V(NO) : V(O_2) > 4 : 3$ 时,反应中 NO 过量,剩余气体为 O_2 ,剩余气体为 NO ,剩余 NO 的量及生成 HNO_3 的量依 O_2 的量计算;

当 $V(NO) : V(O_2) < 4 : 3$ 时,反应中 O_2 过量,剩余 O_2 的量及生成 HNO_3 的量依 NO 的量计算。

同理 由① $\times$ ② + ② 得 $4NO_2 + O_2 + 2H_2O \longrightarrow 4HNO_3$

当 $V(NO_2) : V(O_2) = 4 : 1$ 时, NO_2 和 O_2 恰好完全反应,无气体剩余;

当 $V(NO_2) : V(O_2) > 4 : 1$ 时,反应中 NO_2 过量,但由于 $3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$,反应中剩余气体为 NO ,剩余 NO 的量及生成 HNO_3 的量依上两式计算;



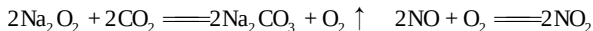


$V(\text{NO}_2) : V(\text{O}_2) < 4 : 1$ 时,反应中 O_2 过量,剩余气体为 O_2 ,剩余 O_2 的量及生成 HNO_3 的量依 NO_2 的量计算。

② 电子守恒法:

当 NO_2 或 NO 转化为 HNO_3 时要失去电子,若上述两种气体与 O_2 混合,得电子的是 O_2 ,且得失电子数目必然相等,这是电子守恒法解答此类问题的依据。

(2) 有关 NO 和 CO_2 通入 Na_2O_2 的计算



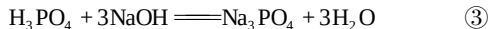
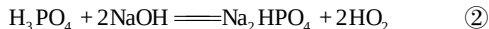
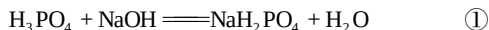
当 $V(\text{NO}) : V(\text{CO}_2) = 1 : 1$ 时,恰好完全反应生成 NO_2 ,剩余气体为 NO_2 , $V(\text{NO}_2) = \frac{1}{2}V_{\text{总}}$;

当 $V(\text{NO}) : V(\text{CO}_2) > 1 : 1$ 时,反应中 NO 过量,剩余气体为 NO 、 NO_2 ,其中 $V(\text{NO}_2) = V(\text{CO}_2)$, $V(\text{NO})_{\text{剩}} = V(\text{NO})_{\text{原}} - V(\text{CO}_2)$,则剩余气体总体积 $V_{\text{剩}} = V(\text{NO})_{\text{原}}$;

当 $V(\text{NO}) : V(\text{CO}_2) < 1 : 1$ 时,反应中 CO_2 过量,剩余气体为 O_2 、 NO_2 ,其中 $V(\text{NO}_2) = V(\text{NO})$, $V(\text{O}_2) = \frac{1}{2}V(\text{CO}_2) - \frac{1}{2}V(\text{NO})$,则剩余气体的总体积 $V_{\text{剩}} = V(\text{NO}_2) + V(\text{O}_2) = V(\text{NO}) + \frac{1}{2}[V(\text{CO}_2) - V(\text{NO})] = \frac{1}{2}V_{\text{总}}$ 。

4. 有关 H_3PO_4 与 NaOH 的计算规律

设 NaOH 与 H_3PO_4 的物质的量之比为 x_0 。



当 $x \leq 1$ 时,反应按①式进行,生成产物为 NaH_2PO_4 ;

当 $1 < x < 2$ 时,反应按①、②式进行,生成 NaH_2PO_4 和 Na_2HPO_4 ;

当 $x = 2$ 时,反应按②式进行,生成 Na_2HPO_4 ;

当 $2 < x < 3$ 时,反应按②、③式进行,生成 Na_2HPO_4 和 Na_3PO_4 ;

当 $x \geq 3$ 时,反应按③式进行,生成 Na_3PO_4 。

能力升级建径

【例 1】已知元素砷 (As) 的原子序数为 33,下列叙述正确的是 ()

A. 砷元素的最高化合价为 +3



- B. 砷元素的是第 4 周期的主族元素
- C. 砷原子的第 3 个电子层含有 18 个电子
- D. 砷的氧化物的水溶液呈强碱性

分析 本题考查了氮族元素性质的相似性、原子结构特征及元素周期律和元素周期表知识的应用。砷为第 V A 族元素,最高化合价为 +5 价,故

A 错 砷为第四周期元素,其原子核外电子排布为 $(+33) 2 8 18 5$,第 3 电子层含

有 18 个电子,故 B、C 正确 砷为非金属元素,与同族元素氮、磷相似,砷的氧化物的水溶液呈酸性,故 D 错。综上所述,本题答案为 B、C。

答案 B、C

技巧点 本题技巧点在于要依据砷的原子结构及砷在周期表中的位置进行推断。砷的原子序数为 33,可写出砷的原子结构示意图,砷的核外电子层结构就一目了然。砷位于周期表中第四周期第 V A 族,根据元素周期律及元素周期表的知识易推断砷的最高化合价为 +5 价,砷的氧化物的水溶液呈酸性。

【例 2】 在标准状况下,将 O_2 与 NO 按 3 : 4 的体积比充满一个干燥烧瓶,将烧瓶倒置于水中,瓶内液面逐渐上升后,最后烧瓶内溶液的物质的量浓度为 ()

- A. 0.045 mol/L
- B. 0.036 mol/L
- C. 0.026 mol/L
- D. 0.030 mol/L

分析 设 O_2 为 3 mol,NO 为 4 mol,根据 $2NO + O_2 = 2NO_2$,烧瓶内实际存在的是 4 mol NO_2 和 1 mol O_2 ,与水作用后 $4NO_2 + O_2 + 2H_2O = 4HNO_3$,恰好生成 4 mol HNO_3 ,溶液的体积为 5×22.4 L。故硝酸溶液的浓度为 $4 / (5 \times 22.4) = 0.036$ mol/L。

答案 B

易错点 解答本题容易出现下列错误:设 O_2 为 3 L,NO 为 4 L,恰好反应生成 $\frac{4}{22.4}$ mol HNO_3 ,烧瓶容积等于气体体积,为 $3 + 4 = 7$ (L),故 HNO_3 的物质的量浓度为 $\frac{4}{22.4} / 7 = 0.026$ mol/L,选 (C)。错误的根本原因在于忽视了 3 L O_2 和 4 L NO 充入烧瓶即发生反应 $2NO + O_2 = 2NO_2$,气体实际





体积为 5 L (4 L NO_2 和 1 L O_2)，故烧瓶容积应为 5 L 而不是 7 L。

【例 3】 已知磷酸分子 $\left[\begin{array}{c} \text{H}-\text{O} \quad \text{O}-\text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{P} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H}-\text{O} \quad \text{O} \end{array} \right]$ 中的三个氢原子都可以跟

重水分子 (D_2O) 中的 D 原子发生氢交换。又知次磷酸 (H_3PO_2) 也可跟 D_2O 进行氢交换,但次磷酸钠 (NaH_2PO_2) 却不再能跟 D_2O 发生氢交换。由此可推出 H_3PO_2 的分子结构是 ()

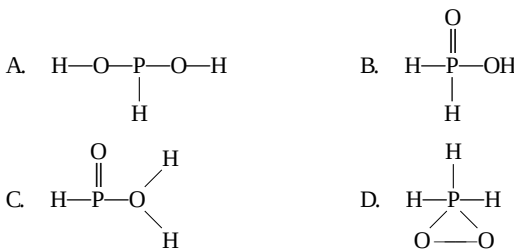


图 1-1-1

分析 由 H_3PO_4 中有三个氢原子可以与 D_2O 发生氢交换及题给 H_3PO_4 分子结构知: $-\text{OH}$ 中的氢原子能与 D_2O 发生氢交换,现 H_3PO_2 能与 D_2O 发生氢交换而 NaH_2PO_2 则不能,可以类推 H_3PO_2 中只有一个 $-\text{OH}$,从而选 B。

答案 B

延伸点 此题为信息给予题,它以一般学生没有接触过的知识实例作为原型(磷酸分子中 3 个 $-\text{OH}$ 中的 H 可与 D_2O 中 D 发生氢交换),要求学生在原型的启发下求解。这类题一般思路为:分析原型→找出规律[只有活泼的氢(能电离的 H)才能发生氢交换]→比较问题和原型,建立联系→应用规律完成迁移。

【例 4】 氮是蛋白质的基本组成元素之一,所有生物体均含有蛋白质,氮循环涉及到生物圈的全部领域,以下关于氮的生物体的吸收途径正确的是 ()

- ① 氮在大气中高达 78%, 可被生物体直接利用。
- ② 通过高能固氮可将空气中游离的氮转化为硝酸盐和氨,而被植物所吸收。
- ③ 所有植物都具有生物固氮作用,其根部的根瘤菌可使氮气转变成硝酸盐,而被植物吸收。



④ 动物以植物为食而获得氮并转化为动物蛋白。

⑤ 动植物死亡后,遗骸中的蛋白质被微生物分解成 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 NH_3 ,又回到土壤中和水体中,被植物再次吸收。

A. ①⑤

B. ③⑤

C. ②④⑤

D. ②④

分析 氮气不能被生物体直接利用,生物体只能吸收化合态的氮。例如,高能固氮转化为 NO_3^- 和 NH_4^+ 态的氮能被植物吸收。动物以植物为食而获得的氮并将其转化为蛋白质,动植物的腐败,又常使含氮化合物分解生成 N_2 ,进入大气中而有一部分有机体中的蛋白质被微生物分解成 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 NH_3 又回到土壤和水体中被植物再次吸收。

答案 C

信息点 氮是理、化、生三科综合的切入点,因氮熔、沸点低且气化时对环境不构成污染,故可用作绿色环保型汽车的动力,这是物理学命题的素材。氮是蛋白质的基本组成元素之一,所有的生物体均含有蛋白质。氮在自然界的循环涉及到生物圈的全部领域,故氮是理、化、生三科综合命题的切入点,是近年来理科综合能力测试命题的热点。

【例5】 已知镁条可以在氮气中燃烧生成 Mg_3N_2 ,反应的化学方程式为 $3\text{Mg} + \text{N}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Mg}_3\text{N}_2$ 。相同质量的镁条分别在相同体积氧气、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_____。

分析 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 16 g 在 N_2 中燃烧,质量增加 9.33 g 由于空气中 O_2 约占 1/5, N_2 约占 4/5,在空气中燃烧,质量增加应介于 16 g ~ 9.33 g 之间。因此,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 $\text{O}_2 > \text{N}_2 > \text{空气}$ 。

当气体物质的量为 1 mol 时,过量的镁条在 O_2 中燃烧生成 MgO 2 mol,其质量为 80 g 在 N_2 中燃烧生成 Mg_3N_2 1 mol,其质量为 100 g 在空气中燃烧生成 MgO $2 \text{ mol} \times \frac{1}{5} = 0.4 \text{ mol}$,其质量为 16g,生成 Mg_3N_2 $1 \text{ mol} \times 4/5 = 0.8 \text{ mol}$,其质量为 80g,生成固体产物总质量为 $16\text{g} + 80\text{g} = 96\text{g}$ 。因此,过量的镁条分别在相同状况下相同体积的 O_2 、 N_2 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 $\text{N}_2 > \text{空气} > \text{O}_2$ 。





探究点 镁条在空气中燃烧所发生的化学反应可用实验方法进行探究。由于 Mg_3N_2 极易与水反应 $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_3$, 通过检验生成的 NH_3 证明镁在点燃下既能与 O_2 反应, 又能与 N_2 反应。探究实验方法如下: 点燃一根镁条在空气中燃烧, 把生成的固体物质放入一干燥洁净的蒸发皿中, 拿一只表面皿, 在表面皿里贴上一块润湿的红色石蕊试纸, 把表面皿倒扣在蒸发皿上, 然后向蒸发皿中加入少量蒸馏水, 微热蒸发皿, 过一会儿, 发现贴在表面皿里的红色石蕊试纸变蓝。通过实验表明, 镁条燃烧产物能与水反应生成 NH_3 , 说明产物中除 MgO 外还有其他固体即 Mg_3N_2 。因此, 镁条在空气中燃烧所发生的化学反应为: $2\text{Mg} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{MgO}$, $3\text{Mg} + \text{N}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Mg}_3\text{N}_2$ 。

综合能力测试

基础能力训练

- 氮气是一种不活泼的气体, 其根本原因是 ()
A. 氮元素的非金属性较弱
B. 氮原子半径小, 核对外层电子吸引力较强
C. 氮气是双原子分子
D. 使 $\text{N} \equiv \text{N}$ 键断裂需要很高能量
- 下列气体不会造成大气污染的是 ()
A. 二氧化硫 B. 氮气 C. 一氧化碳 D. 一氧化氮
- 下列氧化物中, 不是酸酐的是 ()
A. N_2O_5 B. NO C. N_2O_3 D. P_2O_5
- 雷阵雨时, 植物从雨水中得到的化合态的氮物质是 ()
A. N_2 B. NO
C. 稀 HNO_3 D. 硝酸盐中的 NO_3^-
- 下列反应, 氮元素被还原的是 ()
A. $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{NO}$ B. $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$
C. $\text{N}_2 + 3\text{Mg} \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Mg}_3\text{N}_2$ D. $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{加热加压}]{\text{催化剂}} 2\text{NH}_3$
- 某集气瓶中气体呈红棕色, 加入足量水盖上玻片振荡, 得橙色溶液, 气体颜色消失; 再打开玻璃片后, 瓶中气体又变为红棕色, 则该气体可能是下列混合气体中的 ()



- A. N_2 、 NO_2 、 Br_2 (g) B. NO_2 、 NO 、 N_2
C. NO_2 、 NO 、 O_2 D. N_2 、 O_2 、 Br_2 (g)

7. 砷为第四周期 V A 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. 砷在通常状态下是固体
B. 可以有 -3、+3、+5 等多种化合物
C. 砷的还原性比磷弱
D. As_2O_5 对应水化物的酸性比 H_3PO_4 弱

8. 下列关于磷的叙述中,正确的是 ()

- A. 红磷没有毒性而白磷有剧毒
B. 白磷在空气中加热到 260 可转变为红磷
C. 白磷可用于制造安全火柴
D. 少量的白磷应保存在水中

9. 牙膏中配有氟化物添加剂以防止龋齿的原因是,长期使用加氟牙膏在牙齿表面生成了一层质地坚硬溶解度小的氟磷酸钙。已知氟磷酸钙化学式中除钙离子外还含有 3 个 PO_4^{3-} 离子,一个 F^- 离子,则其化学式是 ()

- A. $Ca_5(PO_4)_3F$ B. $Ca_3(PO_4)_3F$
C. $Ca_2(PO_4)_3F$ D. $Ca_6(PO_4)_3F$

10. 氮族元素 (R) 随着核电荷数的增加,递变规律正确的是 ()

- A. 金属性逐渐增强 B. RH_3 稳定性增强
C. 熔、沸点逐渐升高 D. 单质的密度增大

11. 将游离态氮转变成化合态氮的方法叫氮的固定,下列反应起氮的固定作用的是 ()

- A. N_2 与 H_2 反应合成 NH_3 B. NH_3 经催化氧化生成 NO
C. NO 与 O_2 反应生成 NO_2 D. 由 NH_3 制碳铵和硫酸

12. 已知亚磷酸 (H_3PO_3) 只能生成两种钠盐 (NaH_2PO_3 和 Na_2HPO_3),由此可知不正确的说法是 ()

- A. 亚磷酸中磷呈 +3 价
B. 亚磷酸有氧化性和还原性
C. 亚磷酸是二元弱酸
D. 亚磷酸只有两种酸式盐而无正盐





13. 现有等体积混合而成的四组气体：① $\text{NO}_2 + \text{NO}$ 、② $\text{NO}_2 + \text{O}_2$ 、③ $\text{HCl} + \text{N}_2$ 、④ $\text{NO} + \text{N}_2$ ，将其分别通入体积相同的试管并立即倒立在足量的水中，试管内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. $H_1 > H_2 > H_3 > H_4$

14. 将盛有 N_2 和 NO_2 混合气体的试管倒立于水中，经足够时间后，试管内气体体积缩小为原体积的 $\frac{3}{5}$ ，则原混合气体中 N_2 和 NO_2 的体积比是 ()

- A. 1 : 1 B. 1 : 3 C. 2 : 3 D. 3 : 1

15. 常温下盛有由 10 mL NO_2 和 10 mL NO 组成的混合气体的大试管倒立于水槽中，当向其中缓缓通入 O_2 ，一段时间后，试管内残留 2 mL 气体，则通入 O_2 体积可能为 ()

- A. 5 mL B. 8.5 mL C. 12 mL D. 15 mL

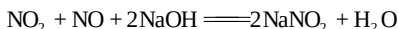
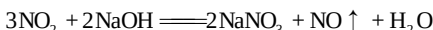
16. 10 mL NO 、 CO_2 的混合气体通过足量的 Na_2O_2 后，气体的体积变为 5 mL (相同状况)，则 CO_2 和 NO 的体积比不可能为 ()

- A. 1 : 1 B. 2 : 1 C. 3 : 2 D. 1 : 2

17. 将标准状况下 NO_2 和 O_2 按体积比 4 : 3 混合后充入一干燥烧瓶中，然后将烧瓶倒立于水中使其充分作用后，烧瓶内溶液物质的量浓度为 ()

- A. $\frac{1}{22.4} \text{ mol/L}$ B. $\frac{4}{7} \times \frac{1}{22.4} \text{ mol/L}$
C. $\frac{4}{5} \times \frac{1}{22.4} \text{ mol/L}$ D. $\frac{4}{5} \text{ mol/L}$

18. 已知氮的氧化物跟 NaOH 溶液发生的化学反应如下：



现有 $m \text{ mol NO}_2$ 和 $n \text{ mol NO}$ 组成的混合气体，要用 NaOH 溶液使其完全吸收无气体剩余，现用浓度为 $a \text{ mol/L}$ 的 NaOH 溶液，则需此 NaOH 溶液的体积是 ()

- A. $\frac{m}{a} \text{ L}$ B. $\frac{2m}{3a} \text{ L}$ C. $\frac{2(m+n)}{3a} \text{ L}$ D. $\frac{(m+n)}{a} \text{ L}$

19. 氮族元素位于周期第 _____ 族，包括的元素有 (填写元素符号)

_____、_____、_____、_____。氮族元素的原子最外



层电子数都是_____,所以主要化合价表现为_____价和_____价。
通常情况下,氮气不活泼,但是在一定条件下可与其他物质反应,现有 2 种
气体,一种能氧化氮气,一种能还原氮气,这两个反应的化学方程式为:
①_____;②_____。氮气的溶沸点很低,其原因是_____。

20. 某元素的最高价氧化物为 R_2O_5 ,该元素的气态氢化物中氢的质量
分数为 8.82%,已知该元素原子的原子核内中子数比核外电子数多 1。试推
断:(1) 该元素的名称是_____,在元素周期表中的位置是_____。
(2) 该元素的最高价氧化物对应水化物与同周期元素最高价含氧酸的酸性
强弱的比较应为(写化学式)_____。

21. (1) 某元素的原子核外有 2 个电子层,其最高正价与负价绝对值之
差为 2。该元素的气态氢化物与最高价氧化物对应的水化物发生反应的化
学方程式为_____。

(2) 红磷放在氯气中燃烧,若 P 与 Cl_2 按物质的量之比为 1 : 1.8 混合,
待充分反应后,生成物中 PCl_3 与 PCl_5 的物质的量之比为_____。

(3) 砷(As)的原子序数为 33,在元素周期表中砷元素位于第_____
周期,第_____族,最高价氧化物对应的水化物的化学式为_____,气
态氢化物的化学式为_____。砷酸可以用硝酸氧化三氧化二砷而得,而
硝酸的还原产物为 NO,写出该反应的化学方程式_____;砷酸钠在酸性
条件下将碘化钾氧化为碘单质,自身被还原为 Na_3AsO_3 和水,这个反应的离
子方程式是_____。

22. 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 $NaNO_2 + NH_4Cl = NaCl + N_2 \uparrow + 2H_2O \uparrow$,已知该反应放热,实验装置如
图 1 - 1 - 2 所示。

(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_____ (填编号)。

- 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 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
移去酒精灯以防止反应物冲出,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



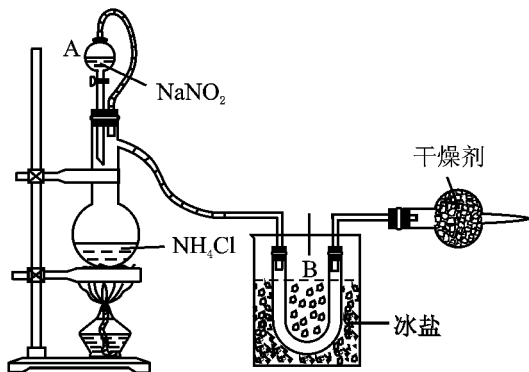


图 1-1-2

最适宜的方法是(填编号)_____。

- 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。

23. 为配制某培养液,需要用含 NaH_2PO_4 和 Na_2HPO_4 (物质的量比为 3:1) 的混合液,每升混合液中含磷元素 3.1 g。现用 4.0 mol/L H_3PO_4 溶液和固体 NaOH 配制 2.0 L 混合液,问需取该 H_3PO_4 溶液多少毫升? NaOH 多少克?

发展思维训练

24. 光化学烟雾形成的化学过程是:当汽车尾气产生的 NO_2 在日光照射下分解成为 NO 和 O 时,即开始光化学烟雾的循环,不断地产生 O_3 ,这个循环包括了下列三个化学方程式,请补充(1)中的化学方程式②。



(2) 写出以上三个化学反应的净结果_____。

25. 甲、乙两学生分别用 NaH_2PO_4 溶液和石灰水进行混合反应实验。他们各在含 0.01 mol NaH_2PO_4 的溶液中滴加石灰水,甲要使溶液中 H_2PO_4^- 完全转化为 PO_4^{3-} ,他至少要加入含 _____ mol $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的石灰水。此时发生反应的离子方程式是:_____。乙要使全部 PO_4^{3-} 都转化为磷酸钙沉