



供中等以上水平学生使用

丛书主编/薛金星



高才生

第二次修订

怎样学好

高二化学 (上)



北京教育出版社 北京出版社





高才生

GAOCAI SHENG

◎丛书主编 / 薛金星

★供中等以上水平学生使用

怎样学好

高二化学 上

北京教育出版社
北 京 出 版 社



阅读导引



基础知识导读

大楼建的好,基础最重要,每节的“基础知识导读”为你储备知识奠定基础。



重要问题学法指导

上课时重点问题最担心,总想让老师多讲几遍,“重要问题学法指导”为老师排忧,为学生解惑。



解题方法·技巧·策略

每次做题总像走迷宫,费时又费力。“解题方法、技巧、策略”教你应对各类题型的高招!



高考信息要求

实话:“谁不想考上!”复习时总怕常考知识点漏掉。“高考信息要求”帮你抓住考分!



典型思维误区警示

每节都有困惑之处,总要麻烦老师。“典型思维误区警示”帮你轻松解决问题!



方法技巧归纳

解题方法单一、思路不开阔是学生的通病。“方法技巧归纳”给你总结解题思路、方法和技巧,给你解题金钥匙。



竞赛题解题指导

想成为高才生吗?竞赛题一定不放过。“竞赛题解题指导”向你展示方法,让你开阔思维。让学习更上一层楼!



新·难·活·精题集萃

为什么平时高分,考试时成绩不理想呢?平时题型比较单一保守,考试很难拿到高分。“新·难·活·精题集萃”,各类题型一应俱全,给你新感觉。考试拿高分。



第一章

氮族元素

本章共分五节,主要包括三部分内容:①氮及其重要化合物,磷及其化合物;②氧化还原方程式的配平;③有关化学方程式的计算。从氮族元素原子的最外层电子排布等知识入手,概括出它们所具有的共性和递变规律,对于氮的学习,按照单质、氧化物、气态氢化物、氧化物对应的水化物的线索来进行研究,从而掌握学习非金属元素的方法和主线,对磷的学习,只简单介绍了磷及其化合物,对于氧化还原反应方程式的配平,是在已学的氧化还原反应知识的基础上,学习用化合价升降的方法来配平化学方程式,掌握这一配平方法,对于化学方程式的计算,重点掌握过量问题计算及多步反应的计算大有益处。

氮族元素包括氮(N)、磷(P)、砷(As)、锑(Sb)、铋(Bi)。其中氮(N)、磷(P)、砷(As)为非金属,锑(Sb)、铋(Bi)为金属。

一、氮族元素的原子结构及在周期表中的位置

1. 原子结构

(1) 原子结构示意图

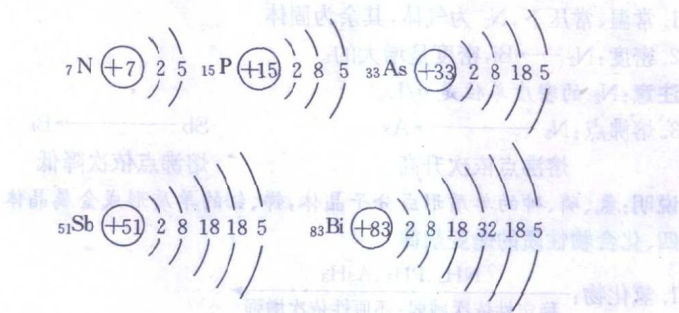


图 1-1

说明:①最外层都为 5 个电子。



②从氮到铋,原子序数依次增多,电子层数依次增多,原子半径依次增大。

③根据氮和磷的原子序数,会推其余几种元素的原子序数。某氮族元素的原子序数等于同族上周期元素的原子序数加上该元素所在周期的元素种类数。例如:砷为第四周期,该周期有18种元素,其原子序数等于15(P的原子序数)加上18为33。

(2)电子式: $\cdot \ddot{\text{N}} \cdot$ $\cdot \ddot{\text{P}} \cdot$ $\cdot \ddot{\text{As}} \cdot$ 等。

2. 周期表中的位置

第ⅤA族,从氮到铋,依次为第二、三、四、五、六周期。

规律:①主族元素的族序数=原子结构示意图中的最外层电子数。

②原子结构示意图中的电子层数=该元素所在的周期数。

二、元素性质的相似性和递变性

1. 相似性:最高正价为+5价,负价为-3价;其最高价氧化物对应的水化物的化学式为 HRO_3 或 H_3RO_4 ;气态氢化物的化学式为 RH_3 。

说明:①结构决定性质。氮族元素的最外层为5个电子,因此最高正价为+5价。

②最高价氧化物的化学式为 R_2O_5 ,其对应水化物的化学式为 HRO_3 (如 HNO_3 、 HBiO_3)或 H_3RO_4 (如 H_3PO_4 、 H_3AsO_4)。

2. 递变性:从氮到铋,原子半径由小到大;非金属性由强到弱,金属性由弱到强。如氮、磷表现出显著的非金属性,砷虽然是非金属,但已表现出一定的金属性,铋、铊表现出比较明显的金属性。

说明:①铋、铊是金属元素,主要化合价为+3、+5价,没有-3价;

②氢化物的分子式不是 H_3R 而是 RH_3 ;

③因氮的原子半径小,它只有一种含氧酸 HNO_3 ,磷元素有两种含氧酸 HPO_3 和 H_3PO_4 。

三、氮族元素单质的物理性质递变规律

1. 常温、常压下, N_2 为气体,其余为固体。

2. 密度: $\text{N}_2 \rightarrow \text{Bi}$,密度是增大的。

注意: N_2 的密度单位是 g/L 。

3. 熔沸点: $\text{N}_2 \longrightarrow \text{As}$

熔沸点依次升高

$\text{Sb} \longrightarrow \text{Bi}$

熔沸点依次降低

说明:氮、磷、砷的单质形成分子晶体,铋、铊的单质形成金属晶体。

四、化合物性质的递变规律

1. 氢化物: $\xrightarrow{\text{NH}_3, \text{PH}_3, \text{AsH}_3}$
稳定性依次减弱;还原性依次增强

注意: Sb 和 Bi 无氢化物。

2. 含氧酸: $\xrightarrow{\text{HNO}_3, \text{H}_3\text{PO}_4, \text{H}_3\text{AsO}_4}$
酸性逐渐减弱



第一章 氮族元素

五、同周期氮族、氧族、卤族比较

由氮族元素在元素周期表中的位置可知：氮族元素的非金属性要比同周期的氧族元素和卤族元素的非金属性弱。例如

1. 最高价氧化物对应的水化物的酸性： $\text{H}_3\text{RO}_4 < \text{H}_2\text{RO}_4 < \text{HRO}_4$
2. 气态氢化物的稳定性： $\text{RH}_3 < \text{H}_2\text{R} < \text{HR}$
3. 氢化物的还原性： $\text{RH}_3 > \text{H}_2\text{R} > \text{HR}$

第一节 氮和磷



基础知识导读

1. 氮分子中有三个共价键，键能大于其他双原子分子，因此氮分子结构很稳定。在通常情况下，氮气的化学性质不活泼，很难跟其他物质发生化学反应。氮气只有在一定的条件下才能跟 O_2 、 H_2 和某些金属反应。

2. 磷主要有红磷和白磷两种同素异形体，由于红磷和白磷的结构不同，导致物理性质有较大的差别，如红磷无毒，不溶于水也不溶于 CS_2 ，而白磷有毒，不溶于水但可溶于 CS_2 等。

不管红磷还是白磷，都是由磷原子构成的单质，故化学性质基本相同，都可与 O_2 、 Cl_2 等氧化剂反应，还可与 H_2 反应生成不稳定的 PH_3 。

3. P_2O_5 和磷酸的性质。



重要问题学法指导

问题 1 氮气的分子结构

N_2 的结构：电子式： $\text{N}::\text{N}$ ，结构式 $\text{N}\equiv\text{N}$ 。

说明：① N_2 分子中有三对共用电子（三个共价键），其键能很大，键能为 946 kJ/mol 。其他的双原子分子的键能比 N_2 的小，如 H_2 的键能为 436 kJ/mol ， O_2 的键能为 493 kJ/mol 。

② 氮分子的结构很稳定，在通常情况下， N_2 的性质很不活泼，很难与其他物质发生化学反应；但在高温或放电的条件下，氮分子获得足够的能量，离解成氮原子，也能跟 H_2 、 O_2 、金属等物质发生化学反应。

③ N_2 分子中的 N 的化合价为 0 价，0 价在 -3 价和 +5 价之间，因此 N_2 在参加的化学反应中，它可被氧化，作还原剂；也可被还原，作氧化剂。



例如: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{高温高压}]{\text{Fe}} 2\text{NH}_3$, N_2 作氧化剂; $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{NO}$, N_2 作还原剂。

注意:氮元素的化学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。

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。氮分子中有共价三键,它的键能很大,化学反应时很难打开共价三键,化学性质不活泼,故氮分子很稳定。

问题2 氮气的物理性质

(1)色、态、味:氮气是一种没有颜色、没有气味的气体。

说明:①空气中含有大量的 N_2 , 很易理解其色、态、味。

②常见的无色、无味的气体有 H_2 、 O_2 、 N_2 、 CO 、 CO_2 、 NO 、 CH_4 等,能直接排入空气中的有 O_2 、 N_2 、 CO_2 。

(2)密度:密度比空气略小。

说明:①标准状况下,空气的密度为 1.293 g/L, N_2 的密度为 1.250 6 g/L, O_2 的密度为 1.429 g/L。

②同温同压下,密度之比等于气体的摩尔质量之比,空气的平均相对分子质量为 29, N_2 的相对分子量为 28, 因此其密度比空气稍小。

③实验室收集 N_2 时不能用排空气法,只能用排水法。

(3)熔沸点:熔点 -209.86°C , 沸点 -195.8°C 。

说明:① N_2 的熔、沸点很低,在压强为 1.01×10^5 Pa、温度为 -195.8°C 时,变为没有颜色的液体, -209.86°C 时,变成雪花状固体。

② N_2 的沸点低于 O_2 的沸点 (-183°C), 利用该特点可从空气中分离出 O_2 。具体步骤是:先将空气液化,然后将温度升至 -195.8°C , 使 N_2 气化,最后剩余 O_2 。

(4)溶解度: N_2 难溶于水,在通常情况下,1 体积水中大约可溶解 0.02 体积的 N_2 。

说明:① N_2 难溶于水,因此可用排水法收集。

②常见的难溶性气体有 N_2 、 O_2 、 H_2 、 CO 、 NO 、 CH_4 等。

③记住常见的易溶及可溶性气体的溶解度: CO_2 : 1 : 1, Cl_2 : 1 : 2, HCl : 1 : 500, H_2S : 1 : 2.6, SO_2 : 1 : 40, NH_3 : 1 : 700。

问题3 氮气的化学性质

氮气中氮的化合价为 0 价,在反应中能升高或降低,说明氮气既有氧化性又有还原性。

一、氮气的氧化性

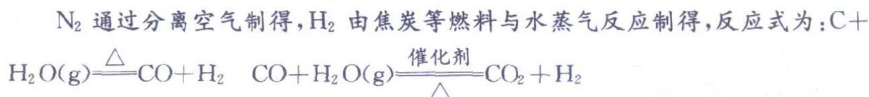
1. 与 H_2 反应





注意:反应条件:温度 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, 压强为 $2 \times 10^7 \sim 5 \times 10^7\text{ Pa}$, 催化剂为铁触媒。

说明:①该反应是工业合成氨的原理。



②反应特点:可逆反应;正反应为气体体积减小的反应;正反应为放热反应。

③氮、氧、氟非金属性的比较: F_2 与 H_2 在暗处就能爆炸生成 HF ; H_2 与 O_2 点燃时反应生成 H_2O ; N_2 与 H_2 在高温、高压和催化剂条件下反应生成 NH_3 , 所以说单质的氧化性: $\text{F}_2 > \text{O}_2 > \text{N}_2$; 元素的非金属性: $\text{F} > \text{O} > \text{N}$ 。

2. 与某些金属反应

氮气与镁、钙、钡等金属在点燃或高温条件下发生反应生成氮化物。



注意:① Mg 条在空气中燃烧, 其产物大部分为 MgO 和微量的 Mg_3N_2 。这也说明镁跟氮气反应比镁跟氧气反应要难得多。

②等量的 Mg 在氧气中燃烧后质量增加得多; 等量的 Mg 在氮气中燃烧后质量增加得少; 等量的 Mg 在空气中燃烧后质量增加的量在上述两者之间。

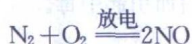
关于 Mg_3N_2 的性质

①它是离子晶体, 在晶体中 Mg^{2+} 与 N^{3-} 的个数比为 $3:2$ 。

② Mg_3N_2 遇水剧烈反应: $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_3 \uparrow$

二、氮气的还原性

在放电条件下, 氮气跟氧气能直接化合生成无色的一氧化氮(NO):



说明:①除在放电条件外, 在打雷时, 汽车引擎中也发生此反应。因此汽车尾气中含有 NO , 能污染大气。

②此反应中 N_2 为还原剂, O_2 为氧化剂。

问题 4 氮气的用途

性质决定用途。在常温下, N_2 的化学性质稳定, 可做保护气; 在一定条件下, N_2 可与一些物质发生化学反应, 这就决定了 N_2 有如下用途:

①大量的氮气在工业上主要用作合成氨、制造硝酸等, 它们是氮肥、炸药等的原料。

②氮气可用来代替稀有气体作焊接金属时的保护气。

③氮气或氮气和氩气的混合气体可用来充填灯泡, 以防止钨丝的氧化和减慢钨丝的挥发, 使灯泡经久耐用。

④粮食、水果如处于低氧高氮的环境中, 能使害虫缺氧窒息而死, 同时能使植



物种处于休眠状态,代谢缓慢,所以可利用氮气保存粮食、水果等农副产品。

⑤在医学上,常用液氮作冷冻剂,在冷冻麻醉条件下做手术等。

⑥在高科技领域中常用液氮制造低温环境,如有些超导材料就是在经液氮处理后的低温下才获得超导性能的。

问题 5 氮气的制法

工业上由空气中分离出 N_2 , 主要有两种方法

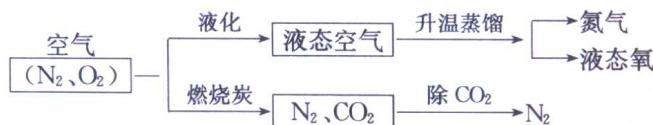


图 1-2

问题 6 氮的氧化物及其重要性质

氮的氧化物包括: N_2O 、 NO 、 N_2O_3 、 NO_2 、 N_2O_4 、 N_2O_5 等。

1. N_2O : 俗称笑气, 无色气体, 具有麻醉作用。

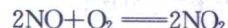
2. NO :

(1) 物理性质: 无色气体、不溶于水

(2) 化学性质:

①不成盐氧化物(不与碱或水反应)。

②强还原性(易被氧气氧化)。

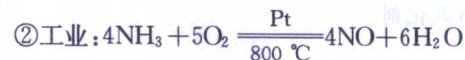


③有毒性: NO 能与血红蛋白作用生成一氧化氮血红蛋白而引起中毒。

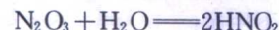
(3) 制法:



(实验装置: 固-液不加热制气体的简易装置)。



3. N_2O_3 : 暗蓝色气体, 是亚硝酸的酸酐。



4. NO_2 :

(1) 物理性质: 红棕色、有刺激性气味、易溶于水, 气体。

(2) 化学性质:

①强氧化性: S 、 P 、 C 等物质在 NO_2 中可以燃烧。



②能使湿润的淀粉 KI 试纸变蓝。



③ $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$; $\Delta H = -57.5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (常温下即可反应,是可逆反应)。

④ $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$

⑤ $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$

⑥ 有毒性:刺激呼吸器官,导致呼吸道肺部病变,浓度大时引起死亡。

(3) 制法:

① 实验室制法: $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (实验装置:固-液不加热制气体的简易装置)

② 工业制法: $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$

(4) NO_2 和 N_2O_4 可逆反应的应用

通常“纯净”的 NO_2 或 N_2O_4 并不纯,因为常温、常压下反应 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ 就能发生。由于此可逆反应的发生,通常实验测得的 NO_2 的式量大于它的实际值,或在相同条件下,比相同物质的量的气体体积要小。同理,通常实验测得 N_2O_4 的式量小于它的实际值,或在相同条件下,比相同物质的量的气体体积要大。因而可逆反应 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ 在解化学题中有很重要的应用。

5. N_2O_5 : 白色固体,极不稳定,是硝酸的酸酐。

$\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3$

注意: ① NO 和 NO_2 等氮的氧化物都是大气的污染物。

② 空气中 NO 和 NO_2 污染物主要来自石油产品和煤的燃烧、汽车尾气以及制硝酸工厂的废气等。

③ 光化学烟雾污染问题已引起人们的注意,而空气中的 NO_2 是造成光化学烟雾的主要因素。 NO_2 在紫外线照射下,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,它刺激呼吸器官,使人生病甚至死亡。

问题 7 NO_2 和溴蒸气的鉴别

由于 NO_2 和溴在性质上有不少相似之处:(1)均具有氧化性;(2)溶于水后有酸生成;(3)可与碱反应等。所以不能用(不宜用)淀粉 KI 溶液、 NaOH 溶液、 pH 试纸来鉴别。但二者性质又有差别,所以可用:

(1) 利用 AgNO_3 溶液鉴别:通入 AgNO_3 溶液后有淡黄色沉淀生成的是溴蒸气,无此现象者为 NO_2 , $\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HBr} + \text{HBrO}$ $\text{Br}^- + \text{Ag}^+ = \text{AgBr} \downarrow$ (浅黄色)

(2) 利用 CCl_4 鉴别:通入 CCl_4 溶剂中,易溶且溶液显橙红色的是溴蒸气,另者为 NO_2 。

③ (3) 用“冷却法”鉴别:将盛有气体的容器插入冷水中,颜色变淡的是 NO_2 , 否则是溴,因为: $2\text{NO}_2(\text{红棕色}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{无色})$ (放热反应)

④ (4) 用水洗法鉴别:因 NO_2 溶于水时发生 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 反应,得无色溶液,而 Br_2 溶于水得橙黄色溶液。

**问题 8 有关 NO、NO₂、O₂ 等与水或 Na₂O₂ 反应的计算**

1. NO 和 NO₂ 混合溶于水, 剩余气体只能是 NO, 可据:

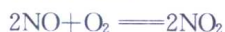
3NO₂ + H₂O = 2HNO₃ + NO 进行计算

$$V(\text{NO}) = V(\text{原 NO}) + \frac{V(\text{NO}_2)}{3}$$

反应后 HNO₃ 溶液的浓度: $c(\text{HNO}_3) = \frac{1}{22.4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (标况, 下同)

2. NO(NO₂) 与 O₂ 的混合气体溶于水

分化学反应:



剩余气体分析: (见表 1-1)

表 1-1

气体成分	$\frac{V_{\text{NO}_x}}{V_{\text{O}_2}}$	剩余气体	剩余气体体积	HNO ₃ 浓度 (mol · L ⁻¹)
NO ₂ 、O ₂	= 4 : 1	无	0	$\frac{4}{5} \times \frac{1}{22.4}$
	> 4 : 1	NO	$\frac{1}{3} V_{\text{过量 NO}_2}$	$\frac{1}{22.4} \sim \frac{1}{28}$
	< 4 : 1	O ₂	$V_{\text{过量 O}_2}$	$\frac{1}{28}$
NO、O ₂	= 4 : 3	无	0	$\frac{4}{7} \times \frac{1}{22.4}$
	> 4 : 3	NO	$V_{\text{过量 NO}}$	$\frac{1}{39.2}$
	< 4 : 3	O ₂	$V_{\text{过量 O}_2}$	$\frac{1}{39.2}$

3. CO₂、NO 的混合气体通过足量的 Na₂O₂ (设 NO 不与 Na₂O₂ 反应)

分化学反应:



由 ① + ② 得:



根据 CO₂、NO 的用量比及过程与产物分析如表 1-2:



第一章 氮族元素

表 1-2

$\frac{V(\text{CO}_2)}{V(\text{NO})}$	计算方法	剩余气体	剩余气体体积
$=1:1$	仅按③算	NO_2	原混合气的一半
$<1:1$	仅按③算	NO 、 NO_2	大于原混合气的一半
$>1:1$	先按③算再按①算	NO_2 、 O_2	原混合气的一半

问题 9 同素异形现象、同素异形体

同素异形体：一种元素形成几种单质的现象叫做同素异形现象。由同一种元素形成的多种单质，叫做这种元素的同素异形体。

说明：①许多元素的单质会形成同素异形体。

②形成同素异形体有下列三种方式：a. 组成分子的原子数目不同，如氧气(O_2)和臭氧(O_3)；b. 晶体里原子的排列方式不同，如金刚石和石墨；c. 晶体里分子的排列方式不同，如斜方硫和单斜硫。

③常见的同素异形体有： O_2 与 O_3 ，金刚石与石墨，红磷与白磷。

④磷的同素异形体主要有红磷、白磷等多种，我们主要学习白磷和红磷。

⑤同素异形体的物理性质不同，化学性质相似。

⑥同素异形体在一定条件下能相互转化。这种转化为化学变化。

⑦注意同素异形体、同位素概念的比较。(见表 1-3)

表 1-3

比 较 概 念	定 义	结 构	化 学 式	性 质
同位素	质子数相同，中子数不同的原子	电子层结构相同 原子核结构不同	元素符号表示不同。如 ^1_1H 、 ^2_1H 、 ^3_1H	物理性质不同，化学性质几乎完全相同
同素异形体	同一种元素形成的不同单质	单质的组成或结构不同	元素符号表示相同，分子式可能不同。如 O_2 和 O_3	物理性质不同，化学性质相似

问题 10 白磷和红磷性质比较

表 1-4

名 称	白 磷	红 磷
分子结构	化学式 P_4 ，正四面体，键角 60° ，分子晶体	分子晶体 结构复杂
颜色状态	白色蜡状固体	暗红色粉末

名 称	白 磷	红 磷
溶解性	不溶于水,易溶于 CS ₂	不溶于水和 CS ₂
着火点	40 °C(在空气中自燃)	240 °C
毒 性	剧毒	无毒
与 O ₂ 反应	$4P + 5O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2P_2O_5(\text{白烟})$	
与 Cl ₂ 反应	$2P + 3Cl_2(\text{不足}) \xrightarrow{\text{点燃}} 2PCl_3(\text{白雾})$ $2P + 5Cl_2(\text{足量}) \xrightarrow{\text{点燃}} 2PCl_5(\text{白烟})$	
互相转化	$\text{白磷} \xrightleftharpoons[\text{隔绝空气加热至 } 416\text{ }^{\circ}\text{C 升华冷却}]{\text{隔绝空气加热至 } 260\text{ }^{\circ}\text{C}} \text{红磷}$	
保存方法	少量保存在水中	密封保存
主要用途	制纯 H ₃ PO ₄ , 烟幕弹	制安全火柴

说明:①白磷的着火点较低,为 40 °C,白磷受到轻微的摩擦或被加热到 40 °C,就会发生燃烧现象。

②白磷在空气里,即使在常温下,也会缓慢地氧化,氧化时会发光,在暗处可以清楚地看见。所以,白磷必须保存在密闭容器里,少量的白磷可保存在水里。

③白磷和红磷在性质上的差别,是和它们不同的结构有关的,白磷分子是由四个磷原子结合而成的四面体型分子,可写作 P₄,其键角为 60°,而红磷的结构比较复杂。

P₄ 表示白磷,P 既可表示红磷又可表示白磷。

④P₄ 是由 4 个原子形成的正四面体结构,键角为 60°,而 CH₄、CCl₄ 等是由 5 个原子形成的正四面体结构,其键角为 109°28'。

⑤磷在过量的氯气中燃烧也可看作是两步反应: $2P + 3Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2PCl_3$, $PCl_3 + Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} PCl_5$ 。但不能写成 $2P + 4Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} PCl_3 + PCl_5$ 。

红磷、白磷都能在氯气中燃烧。

磷在氯气中燃烧的现象为出现白色烟雾,烟为 PCl₅、雾为 PCl₃。

注意:N₂ 的化学活动性比 P(红磷、白磷)差,但 N 的非金属性比 P 强。

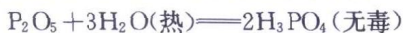
P 比 N₂ 更活泼,因为在 N₂ 分子中存在氮氮三键,分子中的键能较大,因此 N₂ 较稳定,例如 N₂、P 与 O₂ 的反应等。但是氮的得电子能力比磷强,如 NH₃ 比 PH₃ 稳定,因此氮的非金属性比磷强。



问题 11 五氧化二磷和磷酸

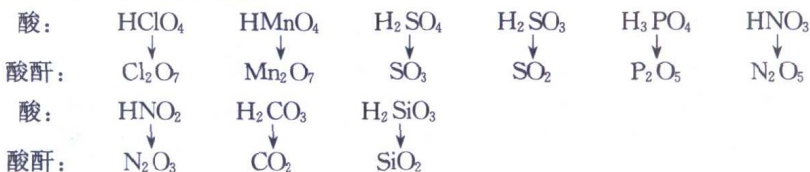
1. 五氧化二磷

P_2O_5 是白色固体,是磷酸的酸酐,也是偏磷酸的酸酐,具有强烈的吸水性,是良好的酸性干燥剂,不能干燥氨气等碱性物质, P_2O_5 与水反应的化学方程式为:



偏磷酸

总结:常见含氧酸的酸酐:



总结:常用干燥剂(见表 1-5)

表 1-5

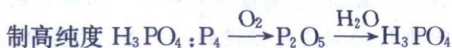
干燥剂		能干燥的气体	不能干燥的气体
酸性干燥剂	浓 H_2SO_4	酸性气体、中性气体(还原性气体除外)	碱性气体: NH_3 还原性气体: H_2S 、 HI 、 HBr
	P_2O_5	酸性气体 中性气体	碱性气体 NH_3
中性干燥剂	无水 $CaCl_2$	中性气体 酸性气体	NH_3
碱性干燥剂	碱石灰 $NaOH(\text{固})$ CaO	中性气体 碱性气体	酸性气体

2. 磷酸

磷酸是中学所涉及的惟一的一种三元中强酸。

①性质:纯净的磷酸为无色晶体,有吸湿性、难挥发、难分解、无强氧化性,具有酸的通性。

②制备:



3. 磷酸与碱反应产物的判断

磷酸与碱或 NH_3 反应时其产物应根据碱与磷酸的物质的量之比来判断。

设一元碱(若非一元碱,应该计 OH^- 的物质的量)和磷酸的物质的量之比为 m ,



则有:

(1) 当 $m=1:1$ 时, 主要产物为磷酸二氢盐。



(2) 当 $m=2:1$ 时, 主要产物为磷酸一氢盐。



(3) 当 $m=3:1$ 时, 主要产物为磷酸盐。



(4) 当 $1 < m < 2$ 时, 主要产物为磷酸二氢盐和磷酸一氢盐。

(5) 当 $2 < m < 3$ 时, 主要产物为磷酸一氢盐和磷酸盐。

(6) 当 $m > 3$ 时, 即碱过量, 主要产物为正盐和碱的混合物。

(7) 当 $0 < m < 1$ 时, 即酸过量, 主要产物为磷酸二氢盐和磷酸的混合物。

说明: 利用浓 H_3PO_4 的难挥发性和无强氧化性可制取还原性的挥发性气体 HBr 和 HI 。

磷酸与硝酸的性质比较: (见表 1-6)

表 1-6

HNO_3	强氧化性	分解	强酸
H_3PO_4	不显强氧化性	不易分解	中等强度酸



解题方法·技巧·策略

一、氮族元素性质的考查

例 1 (2003·上海) 关于氮族元素(用 R 代表)的下列叙述正确的是()。

A. 最高化合价是 +5 价

B. 氢化物的通式为 RH_5

C. 非金属性由上到下递增

D. 其含氧酸均为一元酸

解析: 氮族元素位于元素周期表第 VA 族, 从氮族元素的原子结构来看, 它们原子的最外层都有 5 个电子, 所以最高化合价是 +5 价, 选项 A 是正确的。氮族元素氢化物的通式应为 RH_3 , 如氨 NH_3 , 故 B 是错误的。氮族元素由上到下元素的原子半径逐渐增大, 核对外层电子的引力逐渐减弱, 在化学反应中得电子能力逐渐减弱, 失电子能力逐渐增强, 非金属性逐渐减弱, 金属性逐渐增强。选项 C 的叙述是错误的。磷酸 H_3PO_4 是三元酸, 选项 D 的叙述是错误的。根据以上分析, 本题的答案应选 A。

答案: A

例 2 (2003·潍坊) 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非金属硫化物与碱性金属硫化物作用制得。如:



试写出下列反应的化学方程式:



(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: _____。

解析: 由同族氧化物的性质可以类推出硫化物的性质,即由 Na_2O_2 的有关性质可类推出 Na_2S_2 的性质,由 Na_2O 的有关性质类推出 Na_2S 的性质,并结合原子守恒、电子守恒解答此题。



变式演练

1. 关于非金属元素 N、O、Cl、P 的叙述,正确的是()。

- A. 在通常情况下其单质均为气体 B. 其单质均由双原子分子构成
C. 都属于主族元素 D. 每种元素仅生成一种氢化物

答案: C

2. 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. 砷元素是第四周期的主族元素
C. 砷原子的第 3 电子层含有 18 个电子
D. 砷的氧化物水溶液呈强碱性

答案: BC

3. BGO 是我国研制的一种闪烁晶体材料,曾用于诺贝尔奖获得者丁肇中的著名实验,它是锗酸铋的简称。若知:①在 BGO 中,锗处于其最高价态,②在 BGO 中,铋的价态与其跟氯形成某种共价氯化物时所呈的价态相同,在此氯化物中铋具有最外层 8 电子稳定结构,③BGO 可看成是由锗和铋两种元素的氧化物所形成的复杂氧化物,且在 BGO 晶体的化学式中,这两种氧化物所含氧的总质量相同。请填空:

(1) 锗和铋的元素符号分别是 _____ 和 _____。

(2) BGO 晶体的化学式是 _____。

(3) BGO 晶体中所含铋的氧化物的化学式是 _____。

答案: (1) Ge, Bi (2) $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ [或 $2\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{GeO}_2$ 、 $\text{Bi}_4(\text{GeO}_4)_3$] (3) Bi_2O_3

二、氮气性质的考查

例 (2003 · 山东) 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：正确书写镁在氧气、氮气中燃烧的化学方程式，是思考分析本题的基础；过量计算的运用，则是获取所得固体产物质量由大到小顺序的正确途径。在本题第一问中“相同质量的镁条”是不足量的，在第二问中“相同体积的氧气、氮气和空气”则是不足量的，它们都是判断生成固体产物质量的基准物质。而相同质量的镁条就是相同物质的量的镁条，相同体积的氧气、氮气等就是相同物质的量的氧气和氮气，这一点明确了，对定量判断将会带来极大的方便。

解答：镁在氧气、氮气里燃烧的化学方程式是：



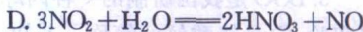
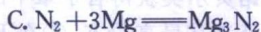
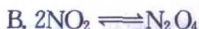
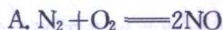
当 Mg 为 1 mol 时，在 O_2 中燃烧，质量增加 16 g；在 N_2 中燃烧，质量增加 9.33 g。相同质量的镁条在 O_2 、 N_2 和空气中充分燃烧生成固体物质的质量由大到小的顺序是： $\text{O}_2 > \text{空气} > \text{N}_2$ 。

当气体物质的量为 1 mol 时，镁在 O_2 里燃烧，质量增加 48 g；镁在 N_2 里燃烧，质量增加 72 g。过量镁条在相同体积的 O_2 、 N_2 和空气中燃烧生成 MgO 和 Mg_3N_2 的质量由大到小的顺序是： $\text{N}_2 > \text{空气} > \text{O}_2$ 。

注意：在解答本题时，运用物质的量进行计算可迅速做出判断，若运用质量进行计算，则会涉及到比例式计算。这样比较麻烦，这启发我们回答化学问题的途径有优有劣，要善于寻找捷径求得最佳解法。

变式演练

1. 下列反应中氮元素仅被还原的是()。



答案：C

2. 实验室可用氯化铵和亚硝酸钠两种饱和溶液反应制取少量氮气。反应的化学方程式为： $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{NaCl} + \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

(1) N_2 的发生装置与下列哪种气体的发生装置相同()。



(2) 制得的气体可用的收集方法是()。

A. 向上排空气法

B. 向下排空气法

C. 排水法

D. 充袋法

答案：(1)D (2)CD