



恒谦教学与备考研究中心研究成果
全国名牌重点中学特高级教师编写

教材解析

双通道

丛书主编 方可



高二化学 (上)

北京教育出版社

编写说明

一、教材是学习的重要工具，但教辅图书必不可少

万丈高楼平地起，学习正是如此，没有对教材内容全面、准确、细致、深刻的领会，中考、高考无从谈起。教材是以知识为载体，按照一定的学科系统、认知规律来编排的，限于篇幅，囿于各地情况的不同，对于一些规律和方法不可能做到详尽阐述，仅仅是以知识内容的直接运用为主，远远不能满足考试大纲中对知识综合运用要求。因此，相关的教辅图书应运而生，对师生来说必不可少。

二、《教材解析双通道》是连接教材和考试的最佳双向通道

中考、高考是一种阶段性测试，“龙门”一跃对所有的考生来说，都是一道必须跨越的门槛。由于目前国情所限，中考、高考是一种以教材为基础、以解题为表象、以能力为核心的选拔性测试。上过考场的人都知道，真正的考题与教材尚有一段距离。

如何实现教材内容——解题能力——应考素质这三个环节的有效转换，是检验教师教学质量、衡量教辅图书优劣惟一有效的标尺！为达此目的，众多的教辅图书都做了许多有益的尝试。《教材解析双通道》就是其中之一。首先，它遵循一般的认知规律，铺就了一条由知识到能力的正向通道，即挖掘教材知识内容，列举各类典型例题，提供多种解题思路，并通过练习提升能力，达到对知识的全面掌握。其次，反其道而行之，它铺就了一条由考场到教材内容的反向通道，即整理各章（节）的常考点，通过各类考题检验学生对教材内容的掌握情况，同时总结相关的规律、方法，指出以往易错之处及思维误区，传授多种解题思路及技巧，帮助学生找到考题和教材的内在联系，从而更有针对性地掌握教材的知识内容。《教材解析双通道》铺就的这种双向通道，可以有效地拉近考题与教材之间的距离。

三、《教材解析双通道》力求实现教材与考试的零距离

为了实现教材内容——解题能力——应考素质这三个环节真正意义上的贯通，我们针对最新的教材内容，按照同步学习的教学顺序，每一章（节）进行如下讲解：

教材重点、难点、疑点挖掘 抓住教材中的重点、难点、疑点，对基本概念、基础知识进行多角度、全方位地分析、讲解。

典型例题归纳与解题规律、方法点评 对与教材相关的类型题分类讲述，总结相关的规律、方法，把解题的诀窍分散到章（节），一点一滴地渗透、传授。

（中考）高考常考点归纳与突破 联系最新的考题，研究相应的考点规律和解答策略，指导学生走出思维误区，实现对（中考）高考的彻底跨越。

题型设计与预测 优化习题，优化思维，考察对知识的理解和解题方法的运用，并传递最新的考情及题型信息。

《教材解析双通道》——您成功的光彩大道！

恒谦教学与备考研究中心
《教材解析双通道》丛书编委会

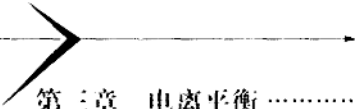




目 录



第一章 氮族元素	(1)
第一节 氮和磷	(3)
第二节 氨 铵盐	(25)
第三节 硝 酸	(48)
第四节 氧化还原反应方程式的配平	(65)
第五节 有关化学方程式的计算	(77)
第二章 化学平衡	(93)
第一节 化学反应速率	(93)
第二节 化学平衡	(108)
第三节 影响化学平衡的条件	(124)
第四节 合成氨条件的选择	(144)



第三章 电离平衡 (151)

第一节 电离平衡 (151)

第二节 水的电离和溶液的 pH (169)

第三节 盐类的水解 (189)

第四节 酸碱中和滴定 (211)

第四章 几种重要的金属 (231)

第一节 镁和铝 (232)

第二节 铁和铁的化合物 (263)

第三节 金属的冶炼 (290)

第四节 原电池原理及其应用 (304)

参考答案 (327)

第一章 氮族元素

本章主要内容

一、氮族元素

氮(N)、磷(P)、砷(As)、锑(Sb)、铋(Bi)五种元素被称为氮族元素。

氮族元素全部为非放射性元素,能在自然界中稳定存在;而ⅠA族的钫(Fr)、ⅡA族的镭(Ra)、ⅥA族的钋(Po)、ⅦA族的砹(At)和零族的氡(Rn)等均为放射性元素,在自然界不能稳定存在。

二、氮族元素的位、构、性关系

1. 氮族元素位于元素周期表的ⅤA族。
2. 原子结构:它们原子的最外层都有5个电子,但各原子的核电荷数、电子层数、原子半径各不相同。

3. 主要性质:

(1)相似性:最高正价都是+5,最低负价都是-3(Sb、Bi除外)。最高价氧化物的水化物(HRO_3 或 H_3RO_4)都显酸性。

(2)递变性:(周期表从上到下)原子半径逐渐增大;气态氢化物的稳定性逐渐减弱;最高价含氧酸的酸性逐渐减弱,其中硝酸是一元强酸,磷酸是三元中强酸,其余都是弱酸;元素的非金属性逐渐减弱,金属性逐渐增强,其中氮、磷为非金属,砷虽然是非金属,但已有一些金属性,而锑、铋已具有比较明显的金属性。

三、氮族元素及其单质的一些重要性质

表 1-1 氮族元素及其单质的一些重要性质

元素名称	元素符号	原子半径 nm	主要化合价	单质的性质			
				颜色和状态 (常态)	密度	熔点 ℃	沸点 ℃
氮	N	0.075	-3, +1, +2, +3, +4, +5	无色气体	$1.251 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$	-209.9	-195.8
磷	P	0.110	-3, +3, +5	白磷:白色或黄色固体	$1.82 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (白磷)	44.1	280
				红磷:红棕色固体	$2.34 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (红磷)	(白磷)	(白磷)
砷	As	0.121	-3, +3, +5	灰砷:灰色固体	$5.727 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (灰砷)	817 (2.8MPa) (灰砷)	613 (升华) (灰砷)
锑	Sb	0.141	+3, +5	银白色金属	$6.684 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	630.7	1 750
铋	Bi	0.152	+3, +5	银白色或微显红色金属	$9.80 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	271.3	1 560

解读与挖掘

(1)在氮族元素的单质中,氮、磷表现出比较明显的非金属性,砷虽然是非金属,但已有一些金属性(灰砷在新折断处有金属光泽,具有金属的导电性),而锑、铋已具有比较明显的金属性。由此可知,在 $\text{N} \rightarrow \text{Bi}$ 中,存在着较明显的由非金属性向金属性过渡的现象。

(2)氮族元素的化合价比较丰富,尤其是氮的价态数颇多,且既有奇数,又有偶数。

(3)氮族元素单质的熔、沸点的变化规律,不同于其他多数主族元素单质的熔、沸点的变化规律。氮、磷、砷的熔、沸点逐渐升高,原因是这些单质的晶体为分子晶体,熔、沸点的高低与范德华力有关,这与卤素单质、稀有气体单质的熔、沸点的变化规律相似。锑到铋,单质的熔、沸点降低,原因是这些单质的晶体是金属晶体,熔、沸点的高低与化学键(金属键)有关,这与碱金属单质的熔、沸点的变化规律相似。

(4)白磷和红磷是磷的同素异形体(由磷元素组成的不同种单质),与磷相邻的元素如氧(臭氧 O_3 、氧气 O_2)、碳(金刚石、石墨)、硫(S_2 、 S_4 、 S_8)、硅(无定形硅、晶体硅)均存在同素异形体。

(5)砷的同素异形体之一是灰砷,在 613°C 时能升华。升华是在一定条件下,固态物质不经过液态而直接变成气态的物理现象。晶体碘也能在一定条件下升华。

第一节 氮和磷

教材重点、难点、疑点挖掘

1. 氮气

(1) 氮的存在

教材内容

氮元素以游离态和化合态两种形态广泛存在于自然界中。

解读与挖掘

①空气中 N_2 的体积分数为 78%， O_2 的体积分数为 21%，稀有气体的体积分数为 0.94%， CO_2 的体积分数为 0.03%，其他杂质的体积分数为 0.03%。

②氮也以化合态形式存在于很多无机物和有机物中，氮是构成蛋白质和核酸（形成生命的重要物质）不可缺少的元素。

③在自然界中，化合态氮和游离态氮之间进行着连续不断的，具有动态平衡的循环。（可参考教材第 1 页插图）。

④氮的固定是指游离态氮转化为化合态氮的过程。固氮包括人工固氮和自然固氮两种类型。在自然界中，大豆、蚕豆等豆科植物的根部都有根瘤菌，能把空气中的氮气变成氮的化合物，雷雨天（放电条件下）氮气与氧气化合以及工业上合成氨等都属于氮的固定。

例 下列反应属于氮的固定作用的是 ()

- A. N_2 和 H_2 在一定条件下反应生成 NH_3
- B. 由 NH_3 制碳铵和硫铵
- C. NH_3 经催化氧化生成 NO
- D. NO 与 O_2 反应生成 NO_2

解析 氮的固定是指将空气中的氮气转化为氮的化合物的过程，答案应为 A。

(2) 氮气的分子结构

教材内容

分子式为 N_2 ，电子式为 $:N::N:$ ，结构式为 $N \equiv N$ 。其分子中氮氮叁键的键能很大，高达 946 kJ/mol，分子结构很稳定，通常状况下，化学性质不活泼。但是，在一定条件下，如高温、高压、放电等，氮分子获得足够的能量，使共价键断裂，就能与一些物质如 H_2 、 O_2 等发生化学反应。

解读与挖掘

- ① N_2 分子中的共价键无极性, N_2 分子也无极性。
- ② 要从 N_2 分子的结构和相对论的观点两方面理解 N_2 化学性质的稳定性。
- ③ 书写 N_2 的电子式时, 注意不要漏掉孤对电子。

例 下列说法中错误的是 ()

- A. N_2 的化学性质不活泼, 是因为 N_2 分子内存在的 $N \equiv N$ 键的键能很大
- B. N_2 分子电子式为 $N :: N$
- C. N_2 是非极性分子
- D. 氮元素的非金属性比磷强, 所以氮气比白磷活泼

解析 由上述解读可知: A、C 的说法是正确的。B 选项中遗漏了 N 原子的孤对电子。同时应注意元素的非金属性与单质的活泼性是两个不同的概念, 前者可以理解为原子得到电子的难易程度, 而后者是指单质发生化学反应的难易程度, 不能将两者混淆。故应选 B、D。

答案 B、D

(3) 氮气的物理性质

教材内容

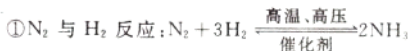
纯净的氮气是一种无色的气体, 难溶于水。

解读与挖掘

- ① 实验室收集 N_2 时不能用排空气法, 只能用排水法。
- ② 常见的无色、无味的气体有 H_2 、 O_2 、 N_2 、 CO_2 、 CO 、 NO 、 CH_4 等, 其中能直接排入空气的有 O_2 、 N_2 、 CO_2 , 难溶于水的有 N_2 、 O_2 、 H_2 、 NO 、 CO 、 CH_4 等。

(4) 氮气的化学性质

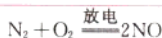
常温下, N_2 的化学性质很不活泼, 可以代替稀有气体作保护气, 但在高温、高压、放电、点燃等条件下, N_2 能与 H_2 、 O_2 、 Mg 等发生化学反应。



此反应速率慢, 需有合适的催化剂, 又是可逆反应, 工业上利用这一反应原理合成氨。

② N_2 与 O_2 反应:

教材内容

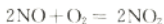


解读与挖掘

a. 反应条件是“放电”，而不是“加热”或“高温”，因为氮气不能燃烧。

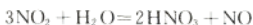
b. 在雷雨天气，空气中有大量的 N_2 和 O_2 反应，汽车、摩托车等排放的尾气中的 NO ，也是经过上述反应而生成的。

c. NO 不稳定，在常温下容易与空气中的 O_2 化合生成 NO_2 。



无色 红棕色

NO_2 易溶于水，它与水反应生成 HNO_3 和 NO 。



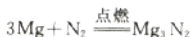
工业上利用这一反应制取硝酸。

例 有句俗语叫“雷雨肥田”，它所包含的化学原理是什么？

解析 $\text{N}_2 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$ 的一系列反应是自然界中经常发生的重要反应。在雷雨天，闪电会产生放电现象，使空气中的 N_2 和 O_2 反应生成 NO ， NO 又被 O_2 氧化成 NO_2 。 NO_2 在雨水中与水反应生成硝酸，随着雨水淋洒在土壤上并与土壤中的矿物质作用生成能被植物吸收的硝酸盐，这样就使土壤从空气中得到氮，促进植物的生长。

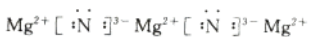
③ N_2 与某些金属反应

氮气与 Mg 、 Ca 、 Ba 等金属在点燃或高温条件下发生反应生成氮化物。



解读与挖掘

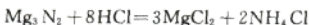
a. 氮化镁为离子型化合物，其电子式为：



b. Mg_3N_2 遇水剧烈反应：



c. Mg_3N_2 与盐酸反应生成两种盐：



(5) 氮气的用途

① 合成氨，制造硝酸等原料。

② 焊接金属时的保护气。

③ 填充灯泡。

④ 保存粮食、水果等农副产品。

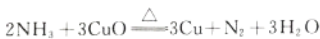
⑤ 在医学上常用液氮作冷冻剂。

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液氮处理

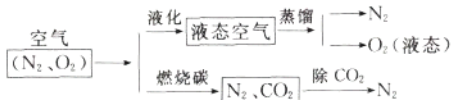
后的低温下才获得超导性能的。

(6) 氮气的制备

① 实验室常用加热 NH_4Cl 和 NaNO_2 饱和溶液并煮沸或用氨气通过炽热的氧化铜来制取。



② 工业上从空气中分离出 N_2 ，有两种主要方法。



2. 氮的氧化物

氮的氧化物有 N_2O 、 NO 、 N_2O_3 、 NO_2 、 N_2O_4 和 N_2O_5 六种。其中 N_2O_3 是亚硝酸 (HNO_2) 的酸酐， N_2O_5 是硝酸 (HNO_3) 的酸酐， NO_2 和 N_2O_4 是两种不同的氧化物。氮的氧化物都有毒。

教材内容

NO 和 NO_2 是大气的污染物。

解读与挖掘

(1) 空气中 NO 和 NO_2 的污染物主要来自于石油产品和煤的燃烧，汽车尾气以及制硝酸工厂排放的废气等。

(2) 光化学烟雾主要是空气中的 NO_2 造成的。 NO_2 在紫外线照射下，会发生一系列的光化学反应，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。

(3) 雷雨天如果产生大量的 NO_2 ，会造成酸雨，酸雨腐蚀金属、建筑物、破坏森林、污染湖泊等。

(4) NO 是无色、不溶于水的气体，不与碱或水反应（即不成盐的氧化物），有毒，能与血红蛋白作用生成 NO 血红蛋白而引起中毒。

注意 CO 也能与血红蛋白结合。

NO_2 是红棕色、有刺激性气味、易溶于水的气体，有强氧化性，能把空气中的 SO_2 氧化为 SO_3 ，导致雨水酸性增强。



NO_2 能使淀粉碘化钾试纸变蓝色。

(5)重要的可逆反应及其应用



实验测得 NO_2 的相对分子质量大于它的理论值(或在相同条件下,比相同物质的量的气体体积要小),这一点在解化学题中有很重要的作用。

例 1 图 1-1 为装有活塞的密闭容器,内盛 22.4 mL NO 。

若通入 11.2 mL 氧气(气体体积均在标准状况下测定),保持温度、压强不变,则容器中气体的密度 ()

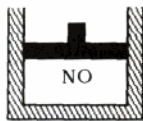


图 1-1

- 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

解析 依据 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$, NO 和 O_2 恰好完全反应生成 NO_2 , 若只有 NO_2 生成, 在标准状况下密度为 $\rho = \frac{46 \text{ g/mol}}{22.4 \text{ L/mol}} \approx 2.054 \text{ g/L}$ 。但在标准状况下, 存在可逆反应 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$, 由 $\rho = \frac{m}{V}$ 可知, m 一定, 但 V 减小, 故 $\rho > 2.054 \text{ g/L}$ 。

答案 D。

例 2 室温下等体积的 NO 与 O_2 的混合气体的平均相对分子质量应是 ()

- A. 31 B. 41.3 C. 稍大于 41.3 D. 稍小于 41.3



则混合气体中有 0.5V L O_2 和 V L NO_2 。

$$\overline{M} = \frac{0.5 \text{ L}}{1.5 \text{ L}} \times 32 + \frac{1 \text{ L}}{1.5 \text{ L}} \times 46 \approx 41.3$$

因为 NO_2 还存在可逆反应 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$,

所以 $\overline{M} > 41.3$ 。

答案 C。

注意 在涉及到 N_2O_4 或 NO_2 的有关计算时, 一般要考虑可逆反应 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ 的存在对有关量(气体物质的量、体积、密度、相对分子质量等)的影响。

(6) NO_2 和溴蒸气的鉴别

由于 NO_2 和溴在性质上有不少相似性, 如: 均具有氧化性; 溶于水后有酸生成; 可与碱反应等。因此鉴别时不能用淀粉 KI 溶液、NaOH 溶液、pH 试纸等。现利用二者性质的差异进行鉴别:

油洗法: 把两种气体分别通入汽油(或 CCl_4 、苯)中, 溶解且所得溶液呈橙红色的是溴蒸气(Cl_2 、 Br_2 、 I_2 易溶于有机溶剂), 不溶的是 NO_2 。

第一章

· 教材解析 双通道 ·

水洗法:因为 NO_2 溶于水时发生反应 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, 得到无色溶液, 而 Br_2 溶于水得橙色溶液(即溴水)。

AgNO_3 试液法:把两种气体通入 AgNO_3 溶液, 有淡黄色沉淀生成的是溴蒸气($\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HBr} + \text{HBrO}$, $\text{HBr} + \text{AgNO}_3 = \text{AgBr} \downarrow + \text{HNO}_3$), 无沉淀生成的是 NO_2 。

冷却(或加热)法:将盛有气体的试管插入冷水中, 颜色变浅的是 NO_2 ,

$2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 + \text{Q}$; 否则是溴蒸气。

红棕色 无色

3. 磷

(1) 磷在自然界中存在的状况

教材内容

在自然界中, 没有游离态的磷存在, 磷主要以磷酸盐的形式存在于矿石中。

解读与挖掘

① 磷在地壳中含量较多, 以化合物的形式存在, 主要有磷酸钙矿 $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2]$ 和磷灰石矿 $[\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3]$, 即 $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ 。

② 磷也是一种生命元素, 组成细胞核的蛋白质是蛋白质和核酸的结合体, 核酸的组分核苷酸内就含有各种以磷酸形式存在的磷元素。另外在脊椎动物的骨骼中也含有磷酸钙。

(2) 磷的同素异形体

教材内容

白磷和红磷是最常见的磷单质的两种同素异形体, 它们在一定条件下可以相互转化。

白磷 $\xrightleftharpoons[\text{加热到 } 416\text{ }^\circ\text{C} \text{ 升华后, 冷凝}]{\text{隔绝空气加热到 } 260\text{ }^\circ\text{C}}$ 红磷

解读与挖掘

① 白磷和红磷的比较(见表 1-2)

表 1-2

名 称	白 磷	红 磷
分子结构	化学式 P_4 , 正四面体	结构复杂
颜色、状态	白色蜡状固体	暗红色粉末状固体
溶解性	不溶于水, 易溶于 CS_2	不溶于水和 CS_2
着火点	$40\text{ }^\circ\text{C}$ (在空气中自燃)	$240\text{ }^\circ\text{C}$
毒 性	剧毒	无毒

名 称	白 磷	红 磷
保 存	水中	密封
与 O ₂ 反应	$4P + 5O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2P_2O_5$ (白烟)	
与 Cl ₂ 反应	$2P + 3Cl_2$ (不足) $\xrightarrow{\text{点燃}} 2PCl_3$ (白雾)	
	$2P + 5Cl_2$ (充足) $\xrightarrow{\text{点燃}} 2PCl_5$ (白烟)	
主要用途	制纯 H ₃ PO ₄ 、烟雾弹	制安全火柴

②白磷和红磷充分燃烧,都生成惟一的产物——白色的 P₂O₅,燃烧时都伴有黄色火焰和浓重的白烟。

③磷和氯气反应,燃烧产物随着反应物物质的量的变化而有所不同。磷在氯气中燃烧的产物是 PCl₃ 和 PCl₅ 的混合物,产生白色的烟雾(因为 PCl₃ + Cl₂ = PCl₅)。

例 红磷在氯气中燃烧,若 P 与 Cl₂ 按物质的量之比为 1 : 1.8 混合,待充分反应后,生成物中 PCl₃ 与 PCl₅ 的物质的量之比为_____。

解析 红磷在 Cl₂ 中燃烧生成 PCl₃ 和 PCl₅。

设生成 PCl₃ 的红磷为 x ,生成 PCl₅ 的红磷为 y 。



$$(x+y) : \left(\frac{3}{2}x + \frac{5}{2}y\right) = 1 : 1.8$$

$$x : y = 7 : 3$$

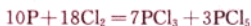
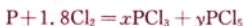
或利用原子守恒法: $n(PCl_3) : n(PCl_5) = x : y$

$$\begin{cases} x+y=1 \text{ (磷守恒)} \\ 3x+5y=1.8 \times 2 \text{ (氯守恒)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x+y=1 \text{ (磷守恒)} \\ 3x+5y=1.8 \times 2 \text{ (氯守恒)} \end{cases}$$

$$x : y = 7 : 3$$

或利用配平化学方程式法:



答案 7 : 3

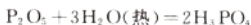
(3) P₂O₅

教材内容

P₂O₅ 是一种白色固体,它是磷酸的酸酐,具有强烈的吸水性,是良好的酸性干燥剂。

解读与挖掘

① P_2O_5 与水剧烈反应, 并放出大量的热。



用此反应可制高纯度的磷酸。

② P_2O_5 能作干燥剂, 但不能干燥氨气等碱性物质。

(4) 磷酸及磷酸盐

教材内容

磷酸是中学所涉及的惟一的一种三元中强酸, 其结构为: $\text{HO}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{OH}}{\text{P}}}-\text{OH}$ 。纯净

的磷酸为无色晶体, 有吸湿性, 难挥发, 难分解, 无氧化性, 具有酸的通性。

解读与挖掘

① 利用浓 H_3PO_4 的难挥发性和无氧化性可制取还原性的挥发性气体 HBr 和 HI 。

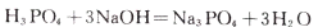
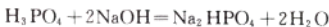
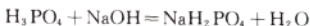


② 磷酸的工业制法



③ 磷酸与碱反应的产物的判断

磷酸是三元酸, 与碱反应可生成三种盐: 正盐、一氢盐、二氢盐。



磷酸与碱的中和反应是分步进行的, 控制 H_3PO_4 与碱 (OH^-) 的物质的量之比, 可以得到不同的磷酸盐。

若 $n(\text{NaOH}) : n(\text{H}_3\text{PO}_4) = m$, 其产物的规律是:

$m = 3 : 1$, 产物为 Na_3PO_4 ;

$m = 2 : 1$, 产物为 Na_2HPO_4 ;

$m = 1 : 1$, 产物为 NaH_2PO_4 ;

$m > 3$, 产物为 Na_3PO_4 , 剩余 NaOH ;

$m < 1$, 产物为 NaH_2PO_4 , 剩余 H_3PO_4 ;

$1 < m < 2$, 产物为 Na_2HPO_4 和 NaH_2PO_4 ;

$2 < m < 3$, 产物为 Na_3PO_4 和 Na_2HPO_4 。

注意 Na_3PO_4 与 NaH_2PO_4 、 Na_3PO_4 与 H_3PO_4 均不共存。

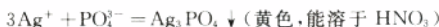


④磷酸盐稳定,加热难分解,其溶解性有如下规律:正盐(除 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 等少数盐外)都难溶于水,但能溶于强酸(如 HNO_3 、 HCl 等);一氢盐溶于强酸,难溶于水的正盐对应的一氢盐也难溶于水;二氢盐都溶于水。

⑤磷肥的制取



⑥ PO_4^{3-} 的检验:用 AgNO_3 和稀 HNO_3



典型例题归纳与解题规律、方法点评

1. 有关氮的氧化物和氧气等气体溶于水的计算问题

(1)“ $\text{NO}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$ ”型

例 1 在一定温度和压强下,装有 NO 和 NO_2 混合气体的试管倒立于水中,充分反应后,试管内气体体积缩小为原来的 $\frac{3}{5}$,则原混合气体中 NO 和 NO_2 的体积比为()

A. 5 : 3

B. 2 : 3

C. 3 : 2

D. 3 : 5

解析 新产生的 NO 只有参加反应的 NO_2 的 $\frac{1}{3}$,即: $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 。

若原混合气体的体积为 5,则反应后的气体体积为 3。现设原混合气体中 NO 的体积为 x ,则 NO_2 的体积为 $(5-x)$,依题意有:

$$\frac{1}{3}(5-x) + x = 3$$

$$x = 2$$

$$V(\text{NO}) : V(\text{NO}_2) = 2 : 3$$

答案 B。

例 2 将装有 30 mL NO 和 NO_2 混合气体的试管倒立于水中,经过足够长的时间,到水面不再上升为止,此时试管内剩余气体的体积为 16 mL。求原混合气体中 NO 和 NO_2 的体积各是多少?

解 剩余气体的 16 mL 为 NO ,其中包括 NO_2 和 H_2O 反应生成的 NO 和原有的 NO 。

解法一: 气体体积之和法

设原混合气体中含 NO_2 的体积为 x ,则 NO 的体积为 $(30-x)$,则有:

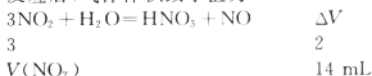
$$\frac{1}{3}x + (30-x) = 16$$

$$x = 21$$

$$V(\text{NO}_2) = 21 \text{ mL} \quad V(\text{NO}) = 9 \text{ mL}$$

解法二:气体体积差量法

反应后,气体体积减小值为 $30 \text{ mL} - 16 \text{ mL} = 14 \text{ mL}$ 。



$$V(\text{NO}_2) = 21 \text{ mL}$$

$$V(\text{NO}) = 30 \text{ mL} - 21 \text{ mL} = 9 \text{ mL}$$

说明 “ $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ”型,涉及的反应为 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$,可利用气体体积变化的差值进行计算。

规律方法总结

差量法

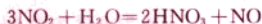
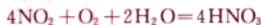
它是把化学变化过程中引起物理量增加或减少的量放在方程式的右端,作为已知量或未知量,利用对应量的比例关系求解的一种方法。对于气体,其差量可以是质量差,粒子个数差,物质的量差,同温、同压下的体积差等。

(2)“ $\text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ”型

例 3 现有 NO_2 和 O_2 的混合气体 12 mL ,通入足量的水中,充分反应后逸出气体 2 mL (同温同压下),则原混合气体中含 O_2 的体积是 ()

- A. 1.2 mL B. 2.4 mL C. 3 mL D. 4 mL

解析 根据化学方程式:



设原混合气体中 O_2 的体积为 x ,剩余气体可能是 O_2 ,也可能是 NO 。

①若剩余 O_2 ,则 $V_{\text{剩余}} = x - \frac{1}{4}(12 - x) = 2 \text{ mL}$,

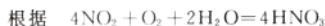
$$x = 4 \text{ mL}$$

②若剩余气体为 NO ,则 $V_{\text{剩余}} = \frac{1}{3}(12 - x - 4x) = 2 \text{ mL}$, $x = 1.2 \text{ mL}$

答案 A、D。

例 4 在一支 10 mL 试管中充满 NO_2 和 O_2 ,将其倒立在盛有足量水的水槽中,若完全反应后,试管内剩余气体为 $y \text{ mL}$ 。假设原混合气体中 NO_2 的体积为 $x \text{ mL}$,试求 x 的取值范围不同时, y 与 x 的函数关系式。

解 设 NO_2 为 $x \text{ mL}$,则 O_2 为 $(10 - x) \text{ mL}$ 。



求出 x 的临界值为 8 mL (无气体剩余)。

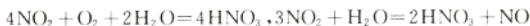
① $0 < x \leq 8$ 时, O_2 过量,剩余气体为 O_2 。

$$y = 10 - x - \frac{1}{4}x = 10 - \frac{5}{4}x$$

② $8 < x < 10$ 时, NO_2 过量, 剩余气体为 NO 。

$$y = \frac{1}{3}[x - 4(10 - x)] = \frac{1}{3}(5x - 40)$$

说明 “ $\text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ”型涉及的反应为:



$V(\text{NO}_2)/V(\text{O}_2) = 4:1$ 时, 恰好完全反应;

$V(\text{NO}_2)/V(\text{O}_2) > 4:1$ 时, 剩余气体为 NO ;

$V(\text{NO}_2)/V(\text{O}_2) < 4:1$ 时, 剩余气体为 O_2 。

(3) “ $\text{NO} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ”型

例 5 盛有 a 体积 NO 的试管倒置在水中, 欲使最后气体体积为 $\frac{a}{2}$ 体积, 则通

入的 O_2 体积(同温同压下)为

()

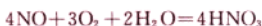
A. a

B. $\frac{3}{8}a$

C. $\frac{5}{4}a$

D. $\frac{3}{4}a$

解析 根据化学方程式

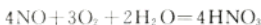


若剩余气体为 NO , 则通入 O_2 为 $\frac{3}{8}a$, 选 B;

若剩余气体为 O_2 , 则通入 O_2 为 $\frac{5}{4}a$, 选 C。

答案 B、C。

说明 “ $\text{NO} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ”型涉及的反应:



$V(\text{NO})/V(\text{O}_2) = 4:3$ 时, 恰好完全反应;

$V(\text{NO})/V(\text{O}_2) > 4:3$ 时, 剩余气体为 NO ;

$V(\text{NO})/V(\text{O}_2) < 4:3$ 时, 剩余气体为 O_2 。

(4) “ $\text{NO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ”型

例 6 将标准状况下 2 240 mL NO_2 和 NO 的混合气体与 1 120 mL O_2 混合后, 再与水充分反应, 剩余 280 mL 无色气体, 而所得溶液体积为 1 L。问:

(1) 若所得 HNO_3 浓度最大, 则原混合气体中 NO_2 、 NO 的体积各为多少?

(2) 所得硝酸的物质的量浓度是多少?

解 要想所得 HNO_3 浓度最大, 必须要求 NO_2 和 NO 全部溶于水, 剩余气体只能是 O_2 。

设混合气体中 NO_2 的体积为 x , NO 的体积为 y 。