

淘宝在线

与普通高中现行教材配套

导学精练

本册主编 / 曾明敏

湖北省

28

所名校联袂推出

DAOXUE
JINGLIAN

化学

高二

(上)



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

第一章

氮和磷

新课导学

在元素及其化合物部分,《氮和磷》是最为复杂的章节之一。近年来,随着考查水平的提高,本章由多个知识点串起来,难度呈上升趋势,在学习时应引起重视。主要内容包括:氮和氮的化合物;磷和磷的化合物;氧化-还原反应方程式的配平;有关多步计算和某种物质过量的计算等四块。在本章的学习上,建议从原子结构入手,推导物质的性质和总结变化规律。按照氮的价态变化由低到高的顺序,逐一落实。磷的两种单质(白磷、红磷)和重要的化合物,在考试中出现较多。氧化-还原反应是中学化学的难点、重点,也是考试热点。过量反应的计算和多步反应的计算,要相当熟练。

本章要求重点掌握的知识有:①氮族元素性质的递变规律;② N_2 、 NH_3 、 NO 、 NO_2 、 HNO_3 的性质, NO_3^- 的检验, NH_3 、 NO 、 NO_2 的制取和收集;③ NO 、 NO_2 分别与 O_2 混合后,通入水中后的计算;④磷的同素异形体;⑤多步反应与过量反应的计算;⑥氧化-还原反应方程式的配平;⑦环境保护等。

第一节 氮和磷

目标导航

1. 氮族元素在周期表中的位置,原子结构特点,氮族元素的相似性和递变规律。
2. 氮的分子结构、化学性质、用途,氮的固定。
3. 氮的氧化物的性质, NO 、 NO_2 与 O_2 混合后溶于水的计算。
4. 磷和磷酸的性质,同素异形体,白磷、红磷的转化。
5. 磷酸盐之间的相互转化。

知识梳理

一、氮族元素的原子结构特点及其在周期表中的位置

1. 氮族元素包括氮(N)、磷(P)、砷(As)、锑(Sb)、铋(Bi)五种元素

其原子结构特点相同点:原子最外层均为5个电子,都处于VA族,因此单质和化合物都有某些相似的化学性质。

不同点:核电荷数不同,核外电子层数不同,单质和化合物在性质上逐步改变。

2. 氮族元素性质的相似性、递变性

(1)相似性:①N、P、As均能结合3个电子达到8个电子的稳定结构,从而形成-3价化合物,同时也形成+5价,表现出价态的多样性;②氮族元素形成氢化物 RH_3 ;最高价氧化物 R_2O_5 ,最高价氧化物的水化物 HRO_3 或 H_3RO_4 。

(2)递变性:

性质	递变性
非金属性与金属性	N、P、As、Sb、Bi 非金属性依次减弱,金属性依次增强
与 O_2 反应	$N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2NO$ (难化合) $4P + 5O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} P_2O_5$ (易化合)
与 H_2 反应	$N_2 + 3H_2 \xrightarrow[\text{高温高压}]{\text{催化剂}} 2NH_3$ P、As很难与 H_2 化合,且不稳定
气态氢化物的稳定性	$NH_3, PH_3, AsH_3, SbH_3, BiH_3$ 稳定性逐渐减弱,还原性逐渐增强
形成含氧酸	$HNO_3, H_3PO_4, H_3AsO_4, H_3SbO_4$ 酸性逐渐增强

3. 氮族元素和氧族、卤族元素的比较

在周期表中的位置可以看出:氮族元素的非金属性比同周期的氧族和卤族的弱,因此有以下的结论:

- (1)气态氢化物的稳定性: $PH_3 < H_2O < HCl$;
- (2)气态氧化物的还原性: $PH_3 > H_2S > HCl$;
- (3)最高价氧化物的水化物的酸性: $H_3PO_4 < H_2SO_4 < HClO_4$ 。



典例解析

【例1】下列关于氮族元素的说法中正确的是()

- A. 单质的熔点依次升高
- B. 单质在常温下与 H_2 都难以直接化合
- C. 最高价氧化物的水化物,都以 H_3RO_4 表示



D. 最高价氧化物的水化物都是强酸

答案 B

解析 从 $N \rightarrow Sb$, 熔点依次升高, 但 Sb 到 Bi 时下降, A 错; C 中 N 的最高价含氧酸为 HNO_3 , 而且只有 HNO_3 是强酸, C、D 错误。

小结 此类题目除掌握元素性质递变性和相似性外, 还要掌握某些元素的特殊性。

【例 2】砷在 VA 族, 根据其在周期表中的位置, 推测砷不可能具备的性质是 ()

A. 砷在通常状况下是固体

B. 可以有 -3, +3, +5 等价态

C. As_2O_3 对应水化物的酸性比 H_3PO_4 弱

D. As 的还原性比 N 的弱

答案 D

解析 $N_2 \rightarrow P_4 \rightarrow As$ 相对分子量变大, 范氏力变大, 熔沸点升高, 状态依次为气 $\rightarrow$ 固 $\rightarrow$ 固; As 在 P 的下一周期, 可能有 -3, +3, +5 等价态。N $\rightarrow$ As, 非金属性减弱, 其最高价氧化物的水化物的酸性依次下降; 而表现出的还原性依次增强。故选 D。

小结 联系周期表的有关知识, 才能掌握某些规律。

二、氮气(N_2)

1. 氮的分子结构

分子式为 N_2 , 电子式为: $N \vdots \vdots N$; 结构式为 $N \equiv N$ 。由于含有氮氮三键, 因此很稳定, 性质不活泼。

2. N_2 的物理性质

氮是无色无味的气体, $\rho_{N_2} < \rho_{空气}$, 难溶于水, 熔沸点低(相似的有 H_2 、 O_2 、 CO 、 CO_2 、 CH_4 等)。

3. N_2 的化学性质很不活泼, 但一定条件下, 可以发生反应

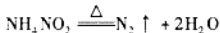
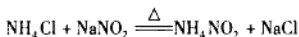
(1) 氧化性: $N_2 + H_2 \xrightarrow[\text{高温高压}]{\text{催化剂}} 2NH_3$ (合成氨工业)

$N_2 + 3Mg \xrightarrow{\text{点燃}} Mg_3N_2$ (与活泼金属都可以)

(2) 还原性: $N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2NO$ (要注意 N_2 与 O_2 不能一步生成 NO_2 , 只能生成 NO , 然后再生成 NO_2 。硫也这样, 先生成 SO_2 , 然后生成 SO_3 。另外, N_2 和 O_2 要在放电时才反应, 一般情况下不反应)。

4. N_2 的制备、用途、固定

(1) N_2 的制备: 工业上由液化分离空气得到, 实验室用 NH_4NO_2 制取:



(2) 用途: 主要用于合成氨工业, 另外可以作保护气与致冷剂。

(3) 固定: 分人工固氮和天然固氮两种形式, 只要是将游离态的氮转化成氮的化合物, 都称固氮。

人工固氮: 如合成氨工业。

天然固氮: 根瘤菌吸收 N_2 , 雷雨时 N_2 与 O_2 的反应。

【例 3】2.4 克镁在 O_2 中燃烧生成氧化镁, 增重 1.6g。而在空气中燃烧时, 增重却小于 1.6g, 其原因是_____。

解析 镁在 O_2 中只生成 MgO , 而在空气中, 生成 MgO 、 Mg_3N_2 。因此前者增重 1.6g, 后者小于 1.6g。

小结 Mg 可以和 O_2 、 CO_2 、 N_2 等反应, 其它活泼金属, 如 K 、 Ca 、 Na 等也有类似反应。

三、氮的氧化物

1. 氮的氧化物有 N_2O 、 NO 、 NO_2 、 N_2O_3 、 N_2O_4 、 N_2O_5 六种, 比较如下表所示。

组成	物理性质	化学性质	制备
N_2O (笑气)	无色, 有甜味, 能溶于水	能助燃	$NH_4NO_2 \xrightarrow{\Delta} N_2 + 2H_2O$
NO	无色气体, 不溶于水	易被氧化 $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$	$3Cu + 8HNO_3 \rightleftharpoons 3Cu(NO_3)_2 + NO \uparrow + 4H_2O$
N_2O_3	蓝色气体	不稳定 $N_2O_3 \rightleftharpoons NO_2 + NO$	$NO + NO_2 \rightleftharpoons N_2O_3$ (亚硝酸酐)
NO_2	红棕色气体, 易压缩、液化, 易溶于水, 有毒, 有强氧化性	可聚合 $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ (无色) $3NO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2HNO_3 + NO$	$2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$ $Cu + 4HNO_3(\text{浓}) \rightleftharpoons Cu(NO_3)_2 + NO_2 \uparrow + 2H_2O$
N_2O_5 (硝酸酐)	白色固体	很不稳定, 强氧化性, 溶于水生成硝酸	$2NO_2 + O_3 \rightleftharpoons N_2O_5 + O_2$

2. 要注意的几个问题:

(1) 不存在着纯净的 NO_2 或 N_2O_4 。因为 $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ 很易发生, 必定是 NO_2 和 N_2O_4 共存。(2) 光化学污染主要由 NO_2 引起。(3) NO 不与 H_2O 作用, 但有毒。能与人体血红蛋白结合, 引起中毒, 与 CO 相似, 阻止了氧气与血红蛋白的结合。(4) 雷雨时, N_2 与 O_2 在闪电作用下, 先产生 NO , 然后生成 NO_2 , 会造成酸雨, 形成污染, 同时, 这也是固氮的一种方式, 形成氮肥, 故而“雷雨发庄稼”之说。(5) NO_2 与 Br_2 都是红棕色气体, 可以用水洗法, 加入 $AgNO_3$ 或者 CCl_4 加以区别。其原理分别是 $3NO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2HNO_3 + NO$, 而 Br_2 在水中得到橙色溶液; Br_2 可以与 $AgNO_3$ 生成 $AgBr$ 的沉淀; Br_2 可以在 CCl_4 中溶解。

3. NO 、 NO_2 与 O_2 混合后通入水中的计算。

原理 $4NO + 3O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4HNO_3$

$4NO_2 + O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4HNO_3$

【例 4】在标况下, 将 NO_2 、 NO 、 O_2 的混合气体充入试管, 倒置于水中, 完全溶解后, 无气体剩余, 若产物不扩散, 则所得到的溶液的物质的量浓度为 () (浓度用 c 表示)

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. $\frac{1}{28} < c < \frac{1}{22.4}$

答案 C

解析 因为气体无剩余, 可以用极端假设法, 即完全由 NO_2 与 O_2 组成, 或者完全由 NO 与 O_2 组成。当由 NO_2 与 O_2



组成时, $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$, $c_1 = \frac{4}{5 \times 22.4} = \frac{1}{28}$, 而完全由 NO 和 O_2 组成时, 则为 $4\text{NO} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$, $c_2 = \frac{4}{7 \times 22.4} = \frac{1}{39.2}$, 所以应该是 C 选项。

小结 此类题目在考试中比较常见, 应多加注意。

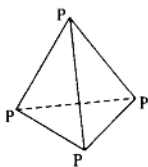
【同类练习】在一定温度下, 将 N_2 和 NO_2 混合气体充入试管后, 倒立水中, 足够时间后, 试管内气体的体积减小为原来的 $\frac{3}{5}$, 则原混合气体中, N_2 和 NO_2 气体的体积比为 ()

A. 2:3 B. 3:2 C. 3:5 D. 5:3

答案 A

四、磷

1. 磷的单质有多种同素异形体, 其中最重要的是白磷和红磷。白磷的化学式为 P_4 , 正四面体构型(如下图所示), 每摩尔 P_4 中有 6mol P—P 键, 红磷的分子结构复杂, 中学阶段不作要求。



白磷(P_4)的结构

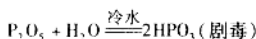
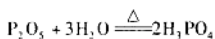
2. 白磷与红磷(见下表)

	白磷	红磷
分子结构	化学式 P_4 , 键角 60° , 分子晶体(正四面体结构)	由多个磷原子组成的结构, 复杂的分子晶体
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, 也不溶于 CS_2
着火点	40°C (易自燃)	240°C (不自燃)
毒性	剧毒	无毒
相互转化	$\text{白磷} \xrightarrow[\text{隔绝空气加热至 } 416^\circ\text{C, 升华冷却}]{\text{隔绝空气加热至 } 260^\circ\text{C}} \text{红磷}$	

注意: ①白磷以 P_4 表示, 红磷以 P 表示。②白磷、红磷在性质上, 物理性质差别大, 化学性质相似。③都可以和 O_2 、 Cl_2 反应, 与 Cl_2 反应时, 产生白色烟雾, 而与 O_2 反应时只有白烟。④白磷、红磷都要密封保存, 少量白磷可贮存在水中。⑤白磷、红磷相互转化时, 要隔绝空气加热, 同素异形体的转化是化学变化。⑥中学阶段接触到的同素异形体有 H_2 和 D_2 、 T_2 ; O_2 和 O_3 ; C_{60} 与 C_{70} 等。

3. 磷的化合物

(1) P_2O_5 : 白色固体, 有极强的吸水性, 是良好的干燥剂。

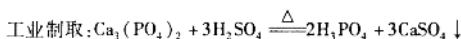


干燥剂的分类:

酸性干燥剂: 浓 H_2SO_4 , 但浓 H_2SO_4 不能干燥 HI 、 HBr 、 H_2S 等还原性物质和 NH_3
 P_2O_5 , 可以干燥 HI 、 HBr 、 H_2S , 但不能干燥 NH_3
 中性干燥剂: 无水 CaCl_2 , 但不能干燥 NH_3 和酒精
 碱性干燥剂: 固体 CaO 、碱石灰, 不能干燥 HCl 、 Cl_2 、 CO_2 、 HI 、 H_2S 、 HBr 等

(2) H_3PO_4

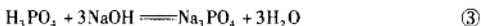
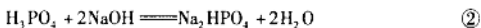
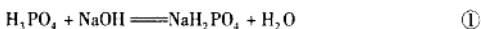
磷酸是无色透明晶体, 熔点 42.35°C , 常用的浓 H_3PO_4 浓度为 83% ~ 98%, 无色粘稠液体, 高沸点, 难挥发, 属于中等强度的三元酸, H_3PO_4 不显氧化性 (PO_4^{3-}), 有酸的通性。



实验室制取: $\text{P}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{热水}} 2\text{H}_3\text{PO}_4$ (冷水时, 形成偏磷酸, 有剧毒, 可以用加热煮沸的方法消除毒性, 即 $\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{H}_3\text{PO}_4$)。

(3) 磷酸盐

①磷酸是三元酸, 可以生成正盐、一氢盐、二氢盐。



要注意, 上述反应是分步进行的, 即①反应完成后进行②反应, 最后才是③反应。因此, 可以利用控制 NaOH 的量的方法, 获得不同的产物。

②磷酸盐性质较稳定, 加热难分解, 不显氧化性。其溶解规律如下:

正盐: 除 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 少数盐外, 一般不溶或难溶, 但在强酸中(如 HCl 、 HBr)可溶。(实际形成了磷酸二氢盐)

一氢盐: 除 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 外, 一般不溶, 但溶于强酸。

二氢盐: 都溶于水。

【例 5】已知亚磷酸(H_3PO_3)只能生成两种盐如 Na_2HPO_3 和 NaH_2PO_3 , 由此可知: ()

A. 在 H_3PO_3 中, 磷呈 +5 价

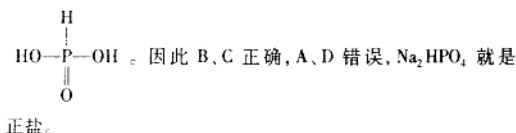
B. H_3PO_3 是二元酸

C. 亚磷酸有氧化性、还原性

D. 亚磷酸无正盐

答案 B、C

解析 H_3PO_3 只能生成两种盐, 说明 H_3PO_3 中有一个 H 不能电离, 即只可能是二元酸。 H_3PO_3 中 P 呈 +3 价, 由于 P 在中间价态, 因此有氧化性和还原性。其结构表示为





同步精练

一、基础题

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 $Si < P < S$
 C. 还原性 $SiH_4 < PH_3 < H_2S$
 D. 酸性 $H_2SiO_3 < H_3PO_4 < H_2SO_4$

2. 在 NO_2 被水吸收的反应中,发生氧化反应、还原反应的物质的质量之比为()

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

3. 下列说法中错误的是()

- A. N_2 不易和其它物质反应,是因为 N_2 分子的两个原子之间形成的共价键的键能很大
 B. N_2 可以用于制氮肥和硝酸工业的原料
 C. 利用 N_2 的不活泼性,可以作焊接工艺的保护气
 D. 氮元素的非金属性比磷强,所以 N_2 比磷的单质活泼,易燃烧

4. 氮由游离态转化成化合态的过程叫氮的固定,下列反应中,起固氮作用的是()

- A. N_2 和 H_2 在一定条件下,生成 NH_3
 B. NO 和 O_2 反应,生成 NO_2
 C. NH_3 催化氧化,生成了 NO
 D. 由 NH_3 制取 NH_4HCO_3

5. NO_2 和溴蒸气的颜色都是红棕色,可以用以下方法加以鉴别()

- A. 将 NO_2 和溴蒸气分别和水作用
 B. 与 $AgNO_3$ 作用
 C. 与 KI -淀粉试纸作用
 D. 湿润的蓝色石蕊试纸

6. 关于 NO_2 的说法中,不正确的是()

- A. NO_2 不是硝酸酐
 B. NO_2 不是酸性氧化物
 C. NO_2 不是大气污染物
 D. 通常状况下,测得的 NO_2 的分子量不准确(已知 $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$)

7. 将等体积混合的 NO 和 NO_2 的混合气体倒立在水槽中,反应完毕后,液面上升的体积是试管的()

- A. 1/2 B. 1/3 C. 2/3 D. 5/6

8. 将 N_2 和 NO_2 20ml 的混合气体,倒立在水槽中,充分反应后,试管内残留气体为 10ml,则混合气体中 N_2 和 NO_2 的体积比是()

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

9. 下列说法中,正确的是()

- A. 金属元素的最外层电子数一定小于 4

B. 氮族元素的非金属性强于同周期的卤素

C. 只含有一种元素的物质可能是纯净物,也可能是混合物

D. 只含一种元素的物质,可能是单质,也可能是化合物

10. 关于氮族元素的叙述中,正确的是()

- A. 最高化合价是 +5 价
 B. 形成酸时,都可以用 H_3RO_4 表示
 C. 氢化物的形式,都可以用 RH_3 表示
 D. 其含氧酸,都是一元强酸

11. 农谚说“雷雨发庄稼”,请从化学的角度进行分析。

(用化学方程式表述)

- ① _____
 ② _____
 ③ _____

12. 如图 1-1-1 所示是周期表的一部分,已知化学式为 Na_3BO_4 的钠盐的式量为 164,且 B 元素的原子核内质子数比中子多一个。

A	
B	
C	
D	
E	

① 写出各元素的元素符号

- A. _____ B. _____
 C. _____ D. _____
 E. _____

图 1-1-1

② 上述五种元素中,某元素形成的气态氢化物中氢的质量分数为 17.65%,则该元素的相对原子量为_____。如果其核内质子数与中子数相等,则是_____元素,其单质的电子式是_____。其原子的原子结构示意图是_____。

13. 假设实验室能用以下装置合成 NH_3 ,如图 1-1-2 所示($N_2 + 3H_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{加压, Pt}} 2NH_3$),试回答

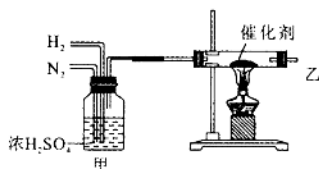


图 1-1-2

① 装置甲的作用

- a. _____
 b. _____
 c. _____

② 从乙处导出的气体是_____。

其主要成分怎么检验_____。

二、应用提高

1. 在合成洗涤剂中,富含磷等元素,因此城市污水处理时,有关说法正确的是()

- A. 磷是植物生长的营养元素,不必处理
 B. 含磷物促成水体富营养化,应除去
 C. 磷可以转化,不必处理



D. 除不除无所谓

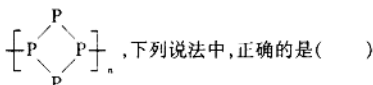
2. 下列关于 N、O、Cl、P 的叙述中, 正确的是()

- A. 通常状况下, 单质均是气体
B. 其单质均由双原子分子组成
C. 都是主族元素
D. 每种元素都只有一种氢化物

3. 下列氧化物中, 不是酸酐的是()

- A. NO_2 B. N_2O_5 C. N_2O_3 D. CO_2

4. 经研究发现, 有一种磷的结构是链状的, 可以表示成



- 下列说法中, 正确的是()
A. 它是一种极性分子, 易溶于水
B. 分子中, 每个磷原子以三个共价键结合三个磷原子
C. 分子量 8 倍于白磷分子
D. 它们和白磷都是同素异形体

5. 关于磷的下列叙述中, 正确的是()

- A. 红磷无毒而白磷有剧毒
B. 白磷在空气中加热到 260°C , 可以转化成红磷
C. 磷保存在水中
D. H_3PO_3 有毒, 加热后, 其毒性可以除去

6. 已知白磷和红磷可以相互转化, 这一变化中, 正确的说法是()

- A. 物理变化 B. 化学变化
C. 非氧化还原反应 D. 氧化还原反应

7. 下列物质都有毒, 其中引起中毒的原因, 是结合了血红蛋白的是()

- ① NO_2 ② CO ③ H_2S ④ SO_2 ⑤ Cl_2 ⑥ NO
A. ②⑥ B. ①②③④⑥
C. ②③⑤ D. ②③

8. “二战”时, 某国侦察小分队用了十几只涂有某种化学药剂的老鼠炸毁了德国的军火库, 估计这种化学药剂是()

- A. 烈性炸药 TNT B. KMnO_4 和 H_2SO_4
C. 硝酸甘油酯 D. 白磷的 CS_2 溶液

9. 下列实验中, 有白色烟雾产生的是()

- A. NH_3 和 HCl 气体接触 B. Fe 在 Cl_2 中燃烧
C. P 在 Cl_2 中燃烧 D. 磷在 O_2 中燃烧

10. 常见的污染物可以分成一次污染物和二次污染物, 二次污染物是一次污染物在物理或者化学因素影响下, 发生变化而形成的新污染物。如 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$, NO_2 便是二次污染物, 下列物质中, 能生成二次污染物的是()

- ① SO_2 ② NO_2 ③ H_2S
A. 只有①② B. 只有②③
C. 只有①③ D. 全部是

11. 将 $a\text{ml NO}$ 、 $b\text{ml NO}_2$ 、 $x\text{ml O}_2$ 混合在同一试管里, 并将管口倒置于水中。充分反应后试管内气体完全消失, 则 x 对 a 、 b 的函数关系式 $f(x(a, b))$ 是()

A. $\frac{a+b}{2}$

B. $\frac{2a+b}{3}$

C. $\frac{3a+b}{4}$

D. $\frac{4a+b}{5}$

12. 如图 1-1-3 所示, 将装有 12ml NO 的气体

的试管倒立在水槽中, 慢慢地通入 16ml O_2 , 下列说法中, 正确的是()

- A. 生成了红棕色的 NO_2 气体
B. 试管中气体呈无色
C. 试管内的气体是 NO
D. 试管内液面将会上升

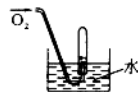


图 1-1-3

13. 在体积为 V l 的密闭容器中, 通入 $a\text{mol NO}$ 、 $b\text{mol O}_2$, 待反应后, 容器内的氮原子和氧原子的个数比为()

A. $\frac{b}{a}$

B. $\frac{a}{2b}$

C. $\frac{a}{2(a+b)}$

D. $\frac{a}{a+2b}$

14. 向含有 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3.7g 的石灰水中, 加入 150ml 的 0.5mol/l 的 H_3PO_4 溶液, 待充分反应后, 下列叙述中, 正确的是()

- A. 只生成 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 沉淀
B. 生成 CaHPO_4 和 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$
C. 生成 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 和 CaHPO_4
D. 生成 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 和 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$

15. 如图 1-1-4 所示的装置中, 内盛 22.4ml NO , 若通入 11.2ml O_2 后(标况下测定), 保持温度、压强不变, 则容器内气体的密度是()

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



图 1-1-4

16. 地球外层空间存在着微量的臭氧和氧原子。该臭氧能吸附太阳的有害紫外线。可是人为因素造成了大气臭氧层的破坏, 如超音速飞机排放的 NO 、 NO_2 与 O_3 和 O 反应, $\text{O}_3 + \text{NO} = \text{NO}_2 + \text{O}_2$; $\text{O} + \text{NO}_2 = \text{NO} + \text{O}_2$ 。

(1) 上述反应的总反应, 可以用_____表示。

(2) 氮的氧化物在臭氧的破坏中, 起了_____作用。

17. 在 PCl_3 中, 加入蒸馏水, 微热, PCl_3 将完全水解, 产物之一是 H_3PO_3 (亚磷酸), H_3PO_3 易溶于水, 其结构可以表示为



H_3PO_3 和 NaOH 反应只生成 Na_2HPO_3 和 NaH_2PO_3 两种盐, 且两种盐均呈碱性。若在装有 H_3PO_3 的试管中加入碘水, 振荡后碘水的棕黄色褪去, 再加入 AgNO_3 溶液, 有黄色沉淀。若在 H_3PO_3 溶液中加入 AgNO_3 , 则生成黑色的单质银, 试管口有红棕色气体出现。

(1) 写出下列方程式

① H_3PO_3 与碘水:



② H_3PO_3 和 AgNO_3 :

(2)上述事实表明, H_3PO_3 是()

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

18. 标况下, 7.84 ml CO_2 和 O_2 的混合气体, 通过足量的 Na_2O_2 充分反应后, 再将剩余气体慢慢通入倒扣在水中且充满 8.96 ml NO 气体的试管中, 当气体通完后, 试管中恰好充满液体, 计算:

(1) CO_2 的体积。

(2) 设溶液体积为 20 ml, 求所得 HNO_3 的浓度。

19. (1) 白磷在 O_2 中燃烧的现象是_____。如果用白磷来进行如图所示的实验, 图 1-1-5 中 I、II、III 三只试管中现象是不同的, 分别是 I _____, II _____, III _____。由此得出的结论是_____。

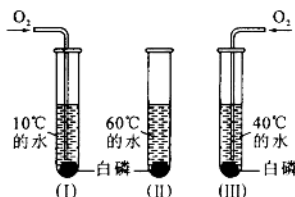


图 1-1-5

(2) 如图 1-1-6 中, 玻璃罩充满空气, 在木块上的蒸发皿中, 放入一块蜡状固体 A, 经过一段时间后, 发现水面上升了约 1/5 的高度, 请分析 A 是什么物质_____, 水面上升的原因是_____。

(3) 白炽灯中常加入少量的白磷和 N_2 , 其目的是_____。

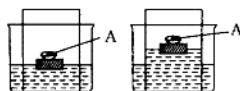


图 1-1-6

20. 图 1-1-7 是实验室制取 N_2 的装置, 其原理是 $\text{NaNO}_2 +$

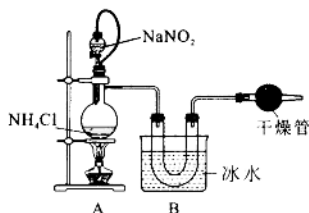
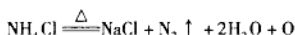


图 1-1-7

(1) 请回答, A 装置中, 分液漏斗与蒸馏烧瓶之间联结的导管有什么作用_____。

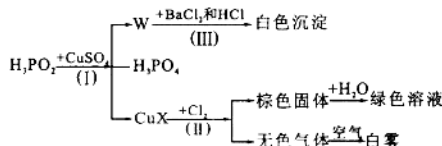
(2) B 装置的作用是_____

- a. 冷凝 b. 冷却氮气 c. 缓冲氮气

(3) 加热前必须进行的一个操作是: _____, 具体方法是_____, 加热后, 应立刻把酒精灯移开, 推测其原因可能是_____。

(4) 收集 N_2 时, 应采取_____措施, 可以收集到纯净的 N_2 。

21. 次磷酸(H_2PO_2) 是一种强还原性的弱酸, 能发生如下图所示的反应。



(1) CuX 中 X 元素表示_____元素, 其判断依据是_____。

(2) CuX 是离子化合物, 其电子式为_____。

(3) (III) 反应的方程式为_____。

(4) 当 (II) 反应中有 1 mol CuX 被氧化时, 转移的电子数目为_____个。

22. 在一支 10 ml 的试管中充满 NO_2 、 O_2 的混合气体, 倒立在水槽中, 若 x 表示原混合气体中 NO_2 的体积 (ml), y 表示完全反应后, 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。

第二节 氨 铵盐



目标导航

1. 氨分子的结构及其性质间的关系。
2. 氨气、铵盐的性质和用途, 氨水的性质、用途。
3. NH_3 的实验室制法和 NH_4^+ 的检验。



知识梳理

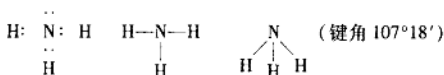
一、氨

1. 氨的分子组成和结构

电子式

结构式

空间构型(三角锥形)



由于在 NH_3 分子中, N 和 H 之间的共用电子对偏向 N 原子, 同时三个 N—H 的排列不对称, 键的极性不能相互抵消, 因此, 分子有极性。

2. 氨的物理性质

氨是一种无色、有刺激性气味的气体, 比空气轻, 沸点较高, 易液化, 液态氨可以作为制冷剂, 极易溶于水, 在 1 体积水中, 可溶解 700 体积的 NH_3 (常温常压下)。

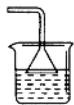
(1) 气体的溶解度: NH_3 (1:700) HCl (1:500)

SO_2 (1:40) H_2S (1:2.6) Cl_2 (1:2) (常温常压)

(2) 中学常见的刺激性气体: NH_3 、 HF 、 HCl 、 HBr 、 HI 、 SO_2 、 NO_2 、 F_2 、 Cl_2 、 Br_2 。

(3) 常见的 + 电子物质: 原子: Ne; 阳离子: Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 NH_4^+ ; 阴离子: N^{3-} 、 O^{2-} 、 F^- 、 OH^- ; 氢化物: CH_4 、 NH_3 、 H_2O 、 HF 。

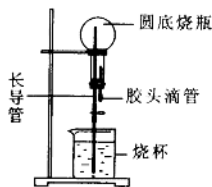
(4) 由于氨、氯化氨极易溶解于水, 因此, 可以形成倒吸, 在吸收 NH_3 、 HCl 时要注意使用下图中甲装置, 乙装置应禁用, 同时利用这一性质, 可以做喷泉实验。



(甲: 上扣倒置漏斗) (乙: 将导管直接插入水中)

喷泉实验: ①形成的原因是由于 NH_3 的溶解度极大, 当烧杯内挤入少量的水时, 就可以溶解大量的 NH_3 , 使烧瓶中压强迅速下降, 大气压强将水压入到烧瓶中, 形成喷泉。②在水中事先加入酚酞, 最终形成红色的溶液, 说明氨水呈碱性。③ HCl 、 HBr 、 SO_2 等也可以形成喷泉。难溶性的气体如果找到合适的溶剂, 也能形成喷泉。如 CO_2 , 用 NaOH 吸收时也行。④实验成功的关键: 要求烧瓶十分干燥, 氨等气体要充满烧瓶, 气

密性要好, 胶头滴管要挤入足量的水。⑤操作的顺序: 先挤压胶头滴管, 然后打开止水夹。⑥实验操作中, 要强调挤压胶头滴管, 将其中的水全部挤入烧瓶中。⑦装置如下图所示。



氨的喷泉实验装置



典例解析

【例 1】下列组合中, 可以形成喷泉实验的是 ()

- A. NO_2 和 H_2O
- B. CO_2 与 4 mol/L 的 NaOH 溶液
- C. Cl_2 与饱和 NaCl 溶液
- D. NH_3 和 2 mol/L 的 HCl 溶液

答案 BD

解析 只要溶剂能溶解大量的气体, 形成较大的压强差, 便可以形成喷泉。A 尽管可以形成, 但效果不明显。 Cl_2 在饱和的 NaCl 中几乎不溶, 故而 B、D 正确。

小结 此类题目只要抓住实验原理就可以解决。

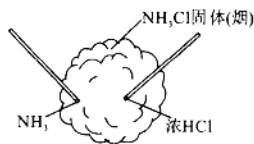
3. 氨的化学性质

(1) 氨和 H_2O 的反应: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, 其溶液显碱性。可以使酚酞变红, 在氨水中, 氨以 NH_3 形式最多, 加热时, 易挥发出 NH_3 。另外, 还要注意氨水浓度生成。

(2) 氨和 HCl 的反应

(见右图): 当蘸有浓 NH_3 、 H_2O 和蘸浓 HCl 的玻璃棒相遇时, 产生白烟。

原理: $\text{NH}_3 + \text{HCl} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Cl}$



注意: ①气体中, 一般只有 NH_3 和酸形成盐。②氨和其它酸如 H_2SO_4 、 HNO_3 、 CH_3COOH 等都能反应。因此, 浓 H_2SO_4 不能干燥 NH_3 。③浓 HNO_3 和蘸浓氨水的玻璃棒相遇时, 也产生白烟。

(3) 氨和 O_2 反应: $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ (催化

氧化)。注意: ①氨可以在纯氧中燃烧: $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$; ② NH_3 可以和 Cl_2 反应: $3\text{Cl}_2 + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 6\text{HCl}$ 或 $3\text{Cl}_2 + 8\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{N}_2 + 6\text{NH}_4\text{Cl}$ 。但 NH_3 不被浓 H_2SO_4 、

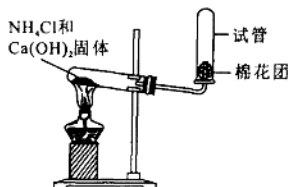


浓 HNO_3 氧化。

4. 氨的制取

(1) 工业制取 NH_3 : $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{高温高压}} 2\text{NH}_3$ (合成氨工业)

(2) 实验室制法: ①非常规法: 在浓 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 中, 滴入或加入固体 NaOH 、 CaO 均可以得到 NH_3 。②常规方法: $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (即铵盐与碱共热, 制 NH_3), 装置如下图所示。



实验室制取气体, 一般包括连→检→装→制→集→尾气处理几步。连: 连接装置; 检: 检验气密性; 装: 填装试剂; 制: 制取气体(可以加热); 集: 收集气体(排水或排气法); 尾气处理: 用适当的溶剂吸收。

5. 氨气的用途与贮存

氨气可以用于制肥料、硝酸、铵盐、纯碱、制冷剂、合成纤维、塑料、染料、尿素等。

贮存: 大量的液氨在低温下, 贮存在钢瓶中。实验室中少量的 NH_3 可倒置于集气瓶中, 但只能短时间保存, 氨水也是。

二、铵盐

1. 铵盐的晶体组成和结构

铵盐都是由 NH_4^+ 和酸根离子组成的。如 NH_4Cl 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 等, 铵根离子的化学式: NH_4^+ 。

电子式: $[\text{H} \text{---} \overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}} \text{---} \text{H}]^+ (\text{NH}_4\text{Cl} \text{ 为 } [\text{H} \text{---} \overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}} \text{---} \text{H}]^+ [\text{Cl}^-])$

结构式: $[\text{H} \text{---} \overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}} \text{---} \text{H}]^+ (\text{NH}_4\text{Cl} \text{ 为 } [\text{H} \text{---} \overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}} \text{---} \text{H}]^+ \text{---} \text{Cl}^-)$

空间构型: 正四面体。

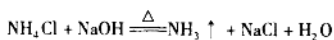
在 NH_4^+ 中, 有一个键是配位键。尽管其来源不同, 但其在键长、键能、键角上都相等, 因此, 其空间构型为正四面体。

2. 铵盐的物理性质

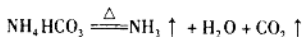
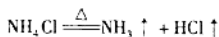
一般都是白色晶体, 且都易溶于水。

3. 铵盐的化学性质

(1) 铵盐与 NaOH 共热, 产生 NH_3 :



(2) 铵盐受热易分解:



说明: ①大多数铵盐受热易分解, 产生 NH_3 , 但 NH_4NO_3 受热时, 易爆炸, 且不产生 NH_3 。②铵盐在书写离子方程式时需

注意, 如果盐是固体, 不能写成离子方程式, 尽管是离子反应。

如实验室制 NH_3 : $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, 但在溶液中时, 一般写成 NH_4^+ 与某些离子反应, 如与 OH^- 反应时, 写成 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (浓溶液不必加热)。

(3) NH_4^+ 的检验:

①检验原理: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

②检验方法: a. NaOH 法, 把 NaOH 加入到某溶液中, 如果加热后, 产生气体, 且使湿润的红色石蕊试纸变蓝, 证明该物质是铵盐。b. 碱石灰法, 把固体物质与碱石灰混合, 在研钵中研磨, 产生的气体使红色石蕊试纸变蓝即为铵盐。

【例2】从某些性质看, NH_3 和 H_2O 相当, NH_4^+ 和 H_3O^+ 相当, NH_2^- 与 OH^- 相当, NH^{2-} 与 O^{2-} 相当, 下列方程式不正确的是()

- A. $\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KNH}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{KCl} + 2\text{NH}_3 \uparrow$
- B. $\text{M} + 2\text{NH}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{M}(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2 \uparrow$ (M 为二价活泼金属)
- C. $2\text{HCl} + \text{MNH} \xrightarrow{\Delta} \text{MCl}_2 + \text{NH}_3 \uparrow$
- D. $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{MO} \xrightarrow{\Delta} \text{M}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$

答案 D

解析 A 中 KNH_2 相当于 KOH , B 中 NH_3 看成 H_2O , C 中 MNH 看成 MO , A、B、C 均正确, 那么 D 可以看成: $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{MO} \xrightarrow{\Delta} 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{MCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$, D 错误。

小结 本题主要考察了 NH_3 的性质与信息迁移, 仔细阅读, 把实质搞清楚。此类题目, 有利于学生的能力提高。



同步精练

一、基础题

- 实验室干燥 NH_3 时, 可以选用的干燥剂是()
 - A. 浓 H_3PO_4 或浓 H_2SO_4
 - B. 无水 CaCl_2
 - C. P_2O_5 的固体
 - D. 碱石灰
- 任何铵盐都具备的性质是()
 - A. 都具备 NH_3 一样的刺激性气味
 - B. 都可以在一定条件下用于制 NH_3
 - C. 都易溶于水
 - D. 其水溶液都不呈中性
- 已知 $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O} \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow$, 如果将生成的混合气体依次经过 Na_2O_2 、碱石灰后, 得到()
 - A. NH_3
 - B. O_2
 - C. CO_2
 - D. NH_3 和 O_2 的混合物
- 在下列实验操作中, 所使用的仪器, 一定需干燥的是()
 - A. NH_3 或 HCl 的喷泉实验中, 使用的圆底烧瓶
 - B. 配制一定物质的量浓度的容量瓶
 - C. 实验室制取 Cl_2 或 HCl 气体的发生装置
 - D. 实验室制取 NH_3 时的发生装置



5. 密度分别为 ρ_1 、 ρ_2 的两种氨水, 其物质的量浓度分别为 c_1 、 c_2 。已知: $2c_1 = c_2$, 则下列说法正确的是()

A. $2\rho_1 = \rho_2$ B. $2\rho_2 = \rho_1$
C. $\rho_2 > 2\rho_1$ D. $\rho_1 > \rho_2$

6. 若 w_1 、 w_2 分别表示浓度为 8mol/L 和 4mol/L 的氨水的质量分数, 下列推断正确的是()

A. $2w_1 = w_2$ B. $2w_2 = w_1$
C. $w_1 > 2w_2$ D. $w_2 < w_1 < 2w_2$

7. 将质量分数不同的两种 H_2SO_4 溶液, 以相同质量混合时, 所得到的混合溶液质量分数为 w_1 ; 以相同体积混合时, 得到的混合液质量分数为 w_2 ; 两种质量分数不同的氨水, 以相同质量混合时, 质量分数为 w_3 ; 以相同体积混合时, 质量分数是 w_4 。则下列关于 w_1 、 w_2 、 w_3 、 w_4 的大小关系, 正确的是()

A. $w_1 > w_2 > w_3 > w_4$ B. $w_2 > w_1 > w_3 > w_4$
C. $w_2 > w_1 > w_4 > w_3$ D. $w_1 > w_2 > w_4 > w_3$

8. 下列各组物质相遇时, 产生白烟的是()

A. NO 和 O_2 B. NH_3 和 HCl (气体)
C. NH_3 和 H_2O (g) D. 磷在空气中燃烧

9. 某容器被隔板分成四个等容积的小室, 分别充入 O_2 、 NH_3 、 NO 、 HBr , 如果将隔板抽去后, 气体充分接触, 忽略隔板的体积, 在原温度和压强下, 容器的压强是原来压强的()

A. $3/4$ B. $3/8$ C. $8/3$ D. $1/2$

10. 如图 1-2-1 所示, 烧瓶是充分干燥的, 如果 A 口进气, 可以收集(), B 口进气, 可以收集()

A. NO B. SO_2
C. CH_4 D. NH_3

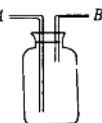


图 1-2-1

11. 某温度下, 在体积一定的容器中, 适量的 NH_3 和 Cl_2 完全反应, 若产物只有 N_2 和 $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s})$, 则反应前后, 容器中压强接近于()

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

12. “鬼火”即磷火, 夜间磷的氢化物燃烧时, 看得很清楚, “鬼火”出现在坟地上, 古时有“老槐生火, 久血为磷”之说, 古时不解其因, 直到 19 世纪, 化学家才揭开了“鬼火”之谜。原来是尸骨中的 Ca_3P_2 发生水解, 生成了 PH_3 (同时, 含有少量的 P_2H_4 , 即联磷)。

(1) 磷化钙水解产生 PH_3 的化学方程式:

(2) 联磷在空气中易自燃, 同时, 引燃 PH_3 , 其方程式分别是:

(3) 白磷与热的 NaOH 反应, 可以制得 PH_3 和 P_2H_4 。市售农药 Zn_3P_2 与 HCl 反应, 也可以制 PH_3 , 其方程式为_____。

13. 实验室制 NH_3 常有三种方法, 如图 1-2-2 中三种装置甲、乙、丙所示: ①用固体 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 NH_4Cl 反应。装置与课本相同; ②在试管中加入 NH_4HCO_3 固体, 再加入 NaOH , 在常温下, 即能产生 NH_3 。装置图如甲; ③在锥形瓶中注入浓氨水, 加入 NaOH 固体, 装置图如乙。选择三个 250ml 的干燥的烧瓶及瓶塞, 用于收集三种制法的氨气。

(1) 写出②法制氨气的化学方程式_____, 优点是_____, 缺点是_____。

(2) 说明用③法制取氨气的原理, 为什么不用加热? _____

(3) 检验氨气已收集满的方法是_____。

(4) 集满氨气的烧瓶做喷泉实验, 装置图如丙(烧杯内盛满酚酞试剂), 现象是:

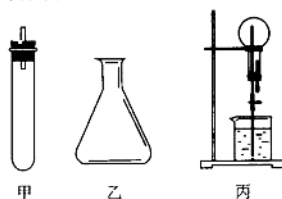


图 1-2-2

14. 实验装置如图 1-2-3 所示。

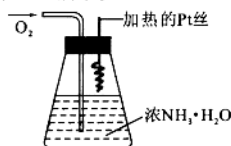


图 1-2-3

(1) 实验开始一段时间后, 可以观察到瓶口上方有白烟生成, 将可能观察到的现象补齐: _____。方程式为_____。

(2) 由于气温的原因, 上述实验一段时间后, 现象不太明显了, 加入哪些物质, 才能看到明显的现象: _____。

A. NaOH B. CaO

C. 浓 H_2SO_4 D. NH_4Cl

(3) 实验证明, 其它条件相同, 用空气代替氧气时, 实验效果差, 原因是_____。

15. 常温常压下 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, 仅含有 N 、 H 两种元素, 而不论 A 、 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 $7:1$, 则混合气体中 A 、 B 的物质的量之比为_____。

16. 已知 A 是氢、氮两种元素组成的化合物, 其氮元素的质量分数为 87.5% , 其相对分子质量为 32 , 请填写以下空白。

(1) A 的分子式_____。

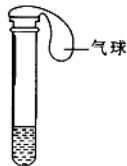
电子式_____。

(2) 它的水溶液呈_____性 (填“酸”、“碱”、“中”)。

$1\text{mol } A$ 最多可以与_____ mol HCl 或 NaOH 发生中和生成盐, 写出盐中含 N 元素的离子的电子式_____。

(3) A 在氧化-还原反应中, 可以和 H_2O_2 一样, 既可作氧化剂, 又可作还原剂, 请从价态的变化角度分析。

17. 某学生课外活动小组利用如图 1-2-4 所示的装置进行实验: (1) 在试管中, 注入某种红色溶液, 加热试管, 溶液颜色变浅, 冷却后变成红色, 则原溶液可能是_____, 加热时, 红色变浅的原因:_____。



(2) 在试管中注入的某无色溶液是_____ (图 1-2-4); 加热时无色变红色的原因:_____。

二、应用提高

1. 制备干燥氨气所需要的最佳药品组合是()

A. NH_4Cl 溶液、 NaOH 溶液、碱石灰
B. 饱和氨水、碱石灰
C. NH_4Cl 晶体、消石灰、碱石灰
D. NH_4Cl 晶体、 KOH 晶体和无水 CaCl_2

2. 150°C 时, 硝酸铵完全分解生成的气态混合物, 其密度是相同条件下氢气密度的()倍

A. 12 B. 75 C. 1 D. 4

3. 标况下, 在三个干燥烧瓶中, 分别充满纯净的氨气、空气和氯化氢的混合气体 ($1:1$), NO 和 O_2 ($V_{\text{NO}}:V_{\text{O}_2}=4:3$), 然后分别做喷泉实验, 实验完毕, 三个容器所得的溶液中, 物质的量浓度之比最接近()

A. $2:1:2$ B. $1:1:1$
C. $7:7:4$ D. $1:1:2$

4. 把 $a\text{L}$ 含 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和 NH_4NO_3 的混合液分成两等份, 一份加入 $b\text{mol NaOH}$ 并加热, 恰好把 NH_3 全部赶出, 另一份消耗 $c\text{mol BaCl}_2$, 恰好沉淀完全, 则原溶液中 NO_3^- 的浓度为() mol/L

A. $\frac{b-2c}{a}$ B. $\frac{2b-4c}{a}$
C. $\frac{2b-4c}{a}$ D. $\frac{b-4c}{a}$

5. 下列离子方程式正确的是()

A. 实验室制 NH_3 : $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
B. NaOH 与 NH_4Cl 的混合液加热: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$
C. 在氨水中加入 HCl : $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$
D. 氨气通入稀 H_2SO_4 : $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NH}_4^+$

6. 同主族元素形成同一类型的化合物, 其结构与性质往往相似, 碘化磷 (PH_4I) 是一种无色晶体, 下列关于它的描述正确的是()

A. 很稳定, 不易分解
B. 能和强碱反应, 生成气体
C. 该化合物含有共价键、配位键、离子键
D. 它的水溶液呈中性

7. 为了更简洁地制取干燥的 NH_3 , 下列方法合适的是()

A. NH_4Cl 和浓 H_2SO_4 共热, 生成的气体用碱石灰干燥
B. $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$, 用碱石灰干燥
C. 加热浓氨水, 用碱石灰干燥
D. 加热 NH_4HCO_3 , 气体用 P_2O_5 干燥

8. 在一定条件下, NO_2 与 NH_3 反应生成 N_2 和 H_2O , 则被氧化与被还原的氮元素的质量比为()

A. $4:3$ B. $3:1$ C. $3:2$ D. $6:5$

9. 如图 1-2-5 所示, 胶头滴管中盛满 Y 液体, 锥形瓶中有 X 气体, 若挤压 Y , 振荡, 一会儿后, 气球 a 鼓气, 气体 X 和 Y 不可能是()

A. X 是 NH_3 , Y 是水
B. X 是 SO_2 , Y 是 NaOH
C. X 是 CO_2 , Y 是 H_2SO_4
D. X 是 HCl , Y 是 NaOH

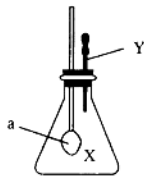


图 1-2-5

10. 氯化铵和氟化铵的结构相似, 又知道 NH_4H 和 H_2O 反应生

成 H_2 ，下列叙述中，不正确的是()

- A. NH_4H 是离子化合物，固态时，应是离子晶体
 B. NH_4H 易溶于水，其溶液呈碱性
 C. NH_4H 投入水中时，产生两种气体
 D. NH_4H 与水反应时， NH_4H 是氧化剂

11. 氨和重水(D_2O)形成的碱与 HCl 反应，这一反应生成的盐，在溶液中的阳离子的化学式为()

- A. NH_3D^+ B. $NH_3D_2^+$
 C. ND_3H^+ D. NH_4^+

12. 制取氨气并完成喷泉实验，图 1-2-6 中的夹持装置均已略去。

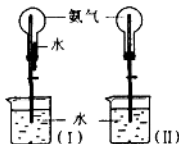


图 1-2-6

- (1) 写出实验室制取氨气的化学方程式_____。
 (2) 收集氨气应采用_____法，氨气可用_____作干燥剂。
 (3) 图(I)装置进行喷泉实验，上部烧瓶已装满干燥氨气，引发水上喷的操作是_____，实验原理是_____。
 (4) 如图(II)装置，能否引发喷泉？_____ (能或否)，如能，说明方法：_____。

13. 有资料表明，“氨气可以在纯氧中静静地燃烧……”某兴趣小组设计如下装置(如图 1-2-7 所示，图中夹持装置已省略)进行氨气的燃烧实验。

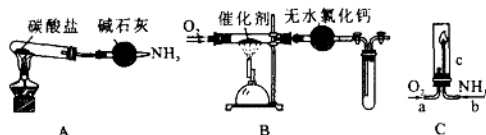


图 1-2-7

- (1) 用装置 A 制取纯净、干燥的氨气，大试管内碳酸盐的化学式是_____，碱石灰的作用是_____。
 (2) 将产生的氨气与过量的氧通入到 B 中(催化剂为铂)，用酒精喷灯加热。
 a. 氨催化氧化的化学方程式是_____，试管内红棕色的气体是_____，方程式为_____。
 b. 反应停止后，立即关闭 B 中两个活塞，一段时间后，将试管浸入冰水中，试管内气体颜色变浅，请结合化学方程式加以说明：_____。
 (3) 将过量的氧气与 A 产生的氨气分别从 a、b 两管进气口通入到 c 装置中，并在 b 端点燃氨气。
 a. 两气体通入的先后顺序是_____，其理由由是_____。
 b. 氨气燃烧的化学方程式是_____。

第三节 硝 酸

目标导航

1. 硝酸的物理性质和化学性质。
2. 硝酸的实验室制法。
3. 硝酸盐的性质和鉴别。

硝酸是中学化学中常用的强酸，强氧化剂，目前考试的趋势是对其强氧化性、氧化性规律的分析和在工农业生产中的运用，小题目综合化是本章考试的特点。

知识梳理

一、硝酸

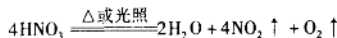
1. 硝酸的物理性质

①纯 HNO_3 ：无色，易挥发，有刺激性气味的液体，密度 $1.50g/cm^3$ ，沸点 $83^\circ C$ ，和水任意比互溶。②常用的浓硝酸质量分数大约为 69%。③当质量分数 $\geq 98\%$ 时，形成“发烟”硝酸，“烟”实际上是 HNO_3 的小液滴，是雾。这种雾在浓 H_2SO_4 、浓 HCl 中均能形成，但浓 H_2SO_4 是其中的 SO_3 挥发而形成的。

2. 硝酸的化学性质

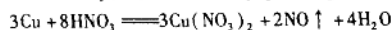
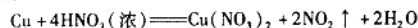
硝酸是一元强酸，除具有酸的通性外，还有以下特征：

①不稳定性，见光或受热易分解。



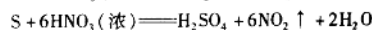
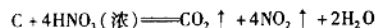
②强氧化性：无论浓 HNO_3 或者稀 HNO_3 ，都有强氧化性，和金属反应不产生 H_2 。(浓硝酸的氧化性比稀硝酸强)

a. 与金属反应：浓 HNO_3 的还原产物是 NO_2 ，随着浓度的降低，还原产物变成 NO 。如：



冷的浓 HNO_3 可使 Al 、 Fe 等金属表面生成致密的氧化膜，阻止继续反应(即钝化)，所以，铝槽可以运送冷的浓硝酸。(钝化是化学变化)

b. 与非金属的反应：浓硝酸与非金属反应时，非金属一般被氧化成最高价氧化物，如果最高价氧化物溶于水则形成酸。





典例解析

【例1】某单质可与浓 HNO_3 反应,已知单质和浓 HNO_3 物质的量之比为 $1:a$,则 A 反应后,形成的价态为()

- A. $+a$ B. $+2a$ C. $+a/2$ D. 不确定

答案 AC

解析 若 A 是金属,则生成硝酸盐、 NO_2 和水。假设 A 为 x 价,则有: $\text{A} + 2x\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{A}(\text{NO}_3)_x + x\text{NO}_2 + x\text{H}_2\text{O}$, 又因两者的物质的量之比为 $1:a$,故 $x = +\frac{a}{2}$ 。若 A 是非金属,则 $2\text{A} + 2x\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{A}_2\text{O}_x + 2x\text{NO}_2 + x\text{H}_2\text{O}$, $x = +a$,故 A、C 正确。

小结 本题易漏选 C,主要是不清楚 HNO_3 可以氧化非金属。

c. 与其它还原剂:



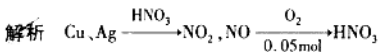
HNO_3 还可以与 H_2S 、 FeS 、 SO_2 、 I^- 、 Br^- 等反应。

d. 王水:浓 HNO_3 和浓 HCl 按体积比 $1:3$ 配制,有更强的氧化性,可以氧化 Pt 、 Au 。浓 HNO_3 能溶解 Cu 、 Ag 等不活泼金属,但不与 Pt 、 Au 反应。

【例2】 14g Cu 和 Ag 的合金与一定浓度的硝酸溶液完全反应,将放出的气体与 11.2L (标况下) O_2 混合,通入水中,恰好全部被水吸收,则合金中,铜的质量是()

- A. 9.6g B. 6.4g C. 3.2g D. 4.8g

答案 C



如果分析反应的实质, Cu 、 Ag 失去的电子最终全部由 O_2 获得,得失电子守恒,设有 $x\text{mol}$ Cu 、 $y\text{mol}$ Ag ,则有: $64x + 108y = 14$, $2x + y = 0.05$,可得 $x = 0.45$, $y = 0.1$,故而 C 正确。

小结 分析问题的实质,即电子转移的方向,在解与 HNO_3 相关题目时,可以借鉴这一方法。

二、硝酸盐的性质, NO_3^- 的检验

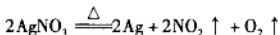
1. 硝酸盐

①一般都是无色晶体,极易溶于水。②一般来说,在 OH^- 中或中性环境中很稳定,在 H^+ 中有强氧化性。另外硝酸盐不稳定,几乎受热都分解。

分解规律:a. 金属活动顺序排在 Mg 以前的金属,受热时分解成亚硝酸盐和氧气, $2\text{KNO}_3 \xrightarrow{\Delta} 2\text{KNO}_2 + \text{O}_2 \uparrow$ 。

b. 金属活动顺序排在 $\text{Mg} \sim \text{Cu}$ 之间的,分解金属氧化物、 NO_2 、 O_2 , $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ 。

c. 活动性排在 Cu 以后的,产生金属单质与 NO_2 、 O_2 。

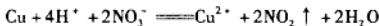


从上述反应看,硝酸盐受热时,放出 O_2 ,所以硝酸盐固体在高温时,都是氧化剂。因此,硝酸盐应低温避光保存。

2. NO_3^- 的检验

取样品晶体或浓溶液,加铜片,浓 H_2SO_4 ,加热,若产生红

棕色气体(NO_2),同时溶液变蓝,则有 NO_3^- ,即:



【例3】某金属单质跟一定浓度的 HNO_3 反应,假定只产生一种还原物,参加的单质和被还原的硝酸的物质的量之比为 $2:1$ 时,还原产物是()

- A. NO_2 B. NO C. N_2O D. N_2

答案 C

解析 设金属为 n 价,且设金属为 2mol ,则被还原的 HNO_3 为 1mol ,每摩尔得到电子 x ,则

$$2n = x \begin{cases} n=1 \text{ 时}, x=2, \text{N}_2\text{O} \\ n=2 \text{ 时}, x=4, \text{N}_2\text{O} \\ n=3 \text{ 时}, x=6 \text{ (舍去)} \end{cases}$$

小结 本题给出硝酸的消耗量与金属的消耗量之比,则可以用氮守恒和电子得失守恒解题。



同步精练

1. 下列物质,都带有黄色或浅黄色,是自身颜色引起的是()

- A. 工业盐酸 B. 浓 HNO_3 C. Na_2O_2 D. AgI

2. 可以不用棕色瓶保存,但必须用玻璃塞的试剂瓶存放的药品是()

- A. 氯水 B. AgNO_3 溶液
C. 液溴 D. 氢硫酸

3. 关于浓 HNO_3 和浓 H_2SO_4 的叙述中,正确的是()

- A. 均不稳定,见光都易分解
B. 暴露在空气中,容器的总质量都减轻
C. 常温下,和铜单质反应都很剧烈
D. 暴露在空气中,浓度都减小

4. 假“金元宝”的成分是铜锌合金,经常有人利用它进行诈骗,下列方法不易区别其真伪的是()

- A. 测定密度 B. 放入盐酸中
C. 放入硝酸中 D. 观察外观

5. 硝酸和下列物质反应时,既表现氧化性,又表现酸性的是()

- A. Cu 和稀 HNO_3 B. Cu 和浓 HNO_3
C. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 和稀 HNO_3 D. NH_3 和稀 HNO_3

6. 实验室用 FeS 制取 H_2S 气体时,可以选用的酸为()

- ①稀 HCl ②浓 HCl ③稀 HNO_3 ④浓 HNO_3 ⑤稀硫酸
⑥浓硫酸

- A. 只有②⑤ B. 只有①⑤
C. ①③⑤ D. ②④⑥

7. 镁或者铝都能在冷的浓硝酸中发生“钝化”,这利用了浓硝酸的()

- A. 强酸性 B. 强氧化性
C. 不稳定性 D. 挥发性

8. 当 Cu 粉加入到稀 H_2SO_4 中后,无明显现象,当加入一种盐后,铜粉质量减少,溶液变成蓝色,同时有气体产生,那么此



盐应是()

- A. KCl B. K_2SO_4
C. KNO_3 D. K_2CO_3

9. a mol 的铜恰好与 b mol HNO_3 溶液作用完,则被还原的硝酸的物质的量一定是()

- A. $(b-2a)$ mol B. $b/4$ mol
C. $2a/3$ mol D. $2a$ mol

10. 长期存贮的浓硝酸,明显呈黄色。消除其黄色的最好的办法是()

- A. 放在光亮处 B. 通入适量的空气
C. 加入足量的水和空气 D. 加入漂白粉

11. 当铜和足量的浓 HNO_3 反应,若有 1 mol HNO_3 被还原,则发生转移的电子是()

- A. 1 mol B. 2 mol
C. 0.5 mol D. 0.25 mol

12. 当铜和 1 mol/l 的 HNO_3 反应时,如果 NO_3^- 浓度下降 0.2 mol/l,则同时 $c(H^+)$ 下降()

- A. 0.2 mol/l B. 0.4 mol/l
C. 0.6 mol/l D. 0.8 mol/l

13. 检验铵盐溶液的方法是()

- A. 取少许于试管中,加热,用湿润的红色石蕊试纸置于试管口检验
B. 加碱后,加热,再滴入无色酚酞试剂
C. 加热,用蘸有浓盐酸的玻璃棒放在管口检验
D. 加烧碱后,加热,再用红色的石蕊试纸(湿润)置于试管口检验

14. 取 3 张蓝色石蕊试纸放在玻璃片上,然后分别滴上浓硝酸、浓硫酸、新制的氯水,3 张试纸分别呈现的颜色是()

- A. 白、红、白 B. 红、黑、红
C. 红、红、白 D. 白、黑、白

15. 将 7 g 某铜、银合金与足量的 a mol/l 的 HNO_3 充分反应,完全溶解后,放出的气体与标况下的氧气 0.56 l 混合,通入水中后,气体完全被吸收,此合金中铜的质量分数为()

- A. 22.8% B. 44.4%
C. 34.2% D. 68.4%

16. 图 1-3-1 是某种气体 X 的发生装置和收集装置,必要时可以加热,所用的试剂从下列试剂中选取 2~3 种: FeS 、 MnO_2 、 Cu 、 NH_4Cl 、稀 HNO_3 、浓 HCl 、蒸馏水。回答下列问题:

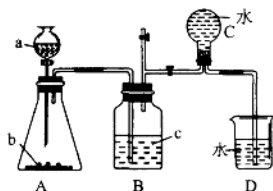


图 1-3-1

(1) 气体 X 的化学式为_____。

(2) 用所选用的药品 a 是_____, b 是_____, c 是_____, 装置 B 的作用是_____。

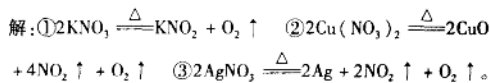
(3) 所选用的药品制取 X 时,离子方程式为_____。

(4) 写出反应刚开始时, A 中的主要现象。

17. 用以下三种途径制取相等质量的硝酸铜:(1) 铜跟浓 HNO_3 反应;(2) 铜跟稀 HNO_3 反应;(3) 铜先和氧气反应,生成氧化铜,氧化铜再与硝酸反应,以下叙述正确的是(), 通过计算加以说明。

- A. 三种途径所消耗的铜的质量相等
B. 三种途径所消耗的硝酸的物质的量相等
C. 所消耗的铜的质量是:途径(3) > 途径(1) > 途径(2)
D. 所消耗的硝酸的量是:途径(1) > 途径(2) > 途径(3)

18. 已知 KNO_3 、 $Cu(NO_3)_2$ 、 $AgNO_3$ 三种物质分别发生如下分



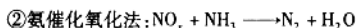
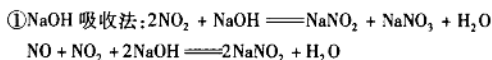
今有上述三种硝酸盐中的一种或几种组成的固体,取适量的该固体加热得到一定量的气体,该气体经水吸收后,剩余气体的体积在同温同压下为吸收前的 $1/6$ 。通过计算



回答:

- ①该固体是否可能只由一种盐组成?若可能,是哪种?
②若该固体是混合物,指出它的可能的组成和成分的物质
的量之比。

19. 硝酸工业尾气中,氮的氧化物(NO 、 NO_2)是主要的大气污染物,其常用的治理方法有以下两种:



现有只含 NO 、 NO_2 的硝酸尾气,若用过量的 NaOH 吸收后, NaNO_2 和 NaNO_3 的物质的量之比恰好与尾气中 NO 和 NO_2 的物质的量之比相等。

(1)若用 NO_x 表示尾气中氮的氧化物的平均组成。试求 x 值。

(2)若将 1 体积的该尾气用氨催化氧化,至少消耗相同状况下的氨气多少体积?

第四节 氧化-还原反应方程式的配平



目标导航

本节是中学化学中的重点难点,也是考试的热点。考试形式上一般以选择题和简答题为主。除此以外,还有方程式(离子方程式)的书写,缺项方程式的配平,氧化产物、还原产物、氧化剂、还原剂之间的相互关系。

需掌握:①配平的原则;②配平的步骤与方法。



知识梳理

一、氧化-还原反应判断依据

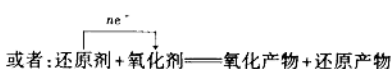
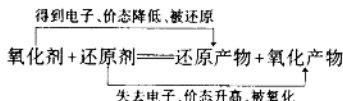
氧化-还原反应中,反应的本质是有电子得失(包括共用电子对的偏移),但在化学方程式中,表现为元素的化合价升降,

这是判断氧化-还原反应的依据。

1. 有关概念的比较

反应物质	→ 氧化剂	还原剂	← 反应物质
表现性质	→ 氧化性	还原性	← 表现性质
外在表现	→ 价态降低	价态升高	← 外在表现
反应类型	→ 还原反应	氧化反应	← 反应类型
生成产物	→ 还原产物	氧化产物	← 生成产物

氧化性和还原性,是两种相反的性质。





2. 几个恒等的关系

- ①氧化剂得到电子数 = 还原剂失去电子数
 ②元素化合价升高总数 = 元素化合价降低总数
 二、氧化-还原反应方程式配平的依据和步骤

1. 配平原则

①电子守恒: 氧化剂得到电子总数 = 还原剂失去电子总数。

②质量守恒: 反应前后元素的种类不变。

③电荷守恒: 在离子反应中, 一定要注意电荷前后相等。

2. 配平的步骤(标、等、定、平、查)

标: 标明反应前后有关物质的价态变化。

等: 得失电子总数相等, 采用最小公倍数法。

定: 先确定氧化剂、还原剂的系数。

平: 其余物质的系数使之相等, 配平。

查: 利用配平原则进行检查, 将横线改成等号。



典例解析

【例1】 $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{O}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

答案 $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 \uparrow + 5\text{O}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$

解析 标: $\overset{+7}{\text{Mn}} \longrightarrow \overset{+2}{\text{Mn}}$ (KMnO_4 是氧化剂)

$\text{H}_2\overset{-1}{\text{O}}_2 \longrightarrow \overset{0}{\text{O}_2}$ (H_2O_2 是还原剂)

等: $\overset{+7}{\text{Mn}} \longrightarrow \overset{+2}{\text{Mn}}$, 得 $5\text{e}^- \times 2$
 $2\overset{-1}{\text{O}} \longrightarrow \overset{0}{\text{O}_2}$, 失 $2\text{e}^- \times 5$ } 最小公倍数法

定: 最小公倍数法, KMnO_4 系数为 2, H_2O_2 的系数为 5。

平: 其余物质的系数相等, 用观察法配平。

其余的物质, 先配 K、S, 后配 O、H, 得到结果。

查: 看得失电子, 原子个数, 两边电荷是否相等。

小结 配平氧化-还原反应方程式, 首先是确定变价元素的系数, 当变价元素确定了, 其它元素才能确定。

【例2】 $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6 \longrightarrow \text{Pt} + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{HCl} \uparrow + \text{N}_2 \uparrow$

答案 $3(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6 \longrightarrow 3\text{Pt} + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 16\text{HCl} \uparrow + 2\text{N}_2 \uparrow$

解析 该反应是 $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$ 中 N 与 Pt 之间发生的氧化-还原反应, 可从生成物着手确定 Pt 和 N_2 的化学计量数。

$2\overset{-3}{\text{N}} \xrightarrow{\text{升高 } 6 \times 2} \overset{0}{\text{N}_2}$

$\overset{+4}{\text{Pt}} \xrightarrow{\text{降低 } 4 \times 3} \text{Pt}$

在确定了 Pt 和 N_2 的系数分别是 3 和 2 之后, 再用观察法

配平其它物质的化学计量数: $3\text{Pt} \xrightarrow{(\text{Pt守恒})} 3(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$

$\xrightarrow{(\text{N守恒})} 2\text{CH}_4\text{Cl} \xrightarrow{(\text{H或Cl守恒})} 16\text{HCl}$

∴ 最后得到: $3(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6 \longrightarrow 3\text{Pt} + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 16\text{HCl} \uparrow + \text{N}_2 \uparrow$

小结 自身的氧化-还原反应, 一般从生成物入手(即

逆向法), 容易配平。

【例3】缺项配平: $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \square \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

答案 $3\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 10\text{KOH} \longrightarrow 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$

解析 先配变价元素的系数: $2\overset{-1}{\text{O}} \longrightarrow 2\overset{-2}{\text{O}}$ 降 2×3 价, $2\overset{+3}{\text{Cr}} \longrightarrow 2\overset{+6}{\text{Cr}}$ 升 6×1 价, 即 3 和 1 分别是 H_2O_2 与 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 的系数, 再将 SO_4^{2-} 配平。缺项呢? 两边质量守恒, 左边有 K^+ , 则右边有 K^+ , 生成 H_2O , 就可能是 KOH 了。

小结 缺项配平一般较难, 但一般缺项限定在碱、酸和 H_2O 等常见物质, 仔细观察两边的元素种类, 便发现规律。

【例4】铁酸钠(Na_2FeO_4) 是水处理过程中使用的一种新型的净水剂, 它的氧化性比 KMnO_4 更强, 在反应中, $\overset{+6}{\text{Fe}}$ 变成 $\overset{+3}{\text{Fe}}$ 。

(1) 配平制取 Na_2FeO_4 的方程式:

$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NaOH} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{Na}_2\text{FeO}_4 + \text{NaNO}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$; 反应中 Fe 元素被氧化, 转移电子总数共 mol 。

(2) 铁酸钠杀菌的原因是 Fe 被氧化转移电子 6mol 。

答案 ① 2, 16, 3 — 2, 6, 6, 18, Fe 被氧化转移电子 6mol 。
 ② Fe 呈高价态, 有强氧化性, 故而杀菌。

解析 由题中条件可知, $\overset{0}{\text{Cl}_2} \longrightarrow 2\overset{-1}{\text{Cl}^-}$, 即 Cl_2 是氧化剂, Fe 由 $\overset{+3}{\text{Fe}} \longrightarrow \overset{+6}{\text{Fe}}$, 由最小公倍数法, 系数可以确定, 从而确定转移的电子数目。

小结 此类题目综合运用了氧化-还原反应的知识, 解决了实际中的应用, 将课本与生活相结合, 故而有较大的可能在高考中出现, 应加以注意。

三、氧化-还原方程式配平的技巧

1. 正向配平法

【例5】 $\text{KI} + \text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

答案 $5\text{KI} + \text{KIO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 3\text{I}_2 + 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$

解析 同种元素不同价态的原子间相互反应, 氧化产物和还原产物一般是同种物质, 把氧化剂和还原剂作为配平的基准, 问题便迎刃而解。本题中 $\overset{-1}{\text{I}} \longrightarrow \overset{0}{\text{I}^0}$, $\overset{+5}{\text{I}^+} \longrightarrow \overset{0}{\text{I}^0}$ 可以推测, $\overset{-1}{\text{I}}$ 的系数为 5, $\overset{+5}{\text{I}^+}$ 的系数为 1, 即 KI , KIO_3 的系数分别为 5 和 1, 那么 I_2 的系数为 3, 本题很快解决了。

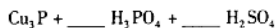
2. 逆向配平法

【例6】 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \longrightarrow \text{KCl} + \text{CrCl}_3 + \text{Cl}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

答案 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 14\text{HCl} \longrightarrow 2\text{KCl} + 2\text{CrCl}_3 + 3\text{Cl}_2 \uparrow + 7\text{H}_2\text{O}$

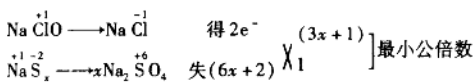
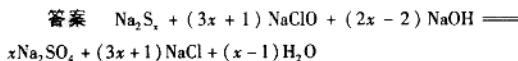
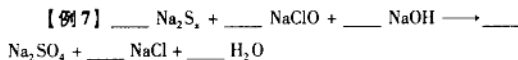
解析 $\overset{+6}{\text{Cr}} \longrightarrow \overset{+3}{\text{Cr}}$, $2\overset{+6}{\text{Cr}} \longrightarrow 2\overset{+3}{\text{Cr}}$, 可以推测 CrCl_3 和 Cl_2 的系数分别是 2 和 3, 利用 K、Cl 守恒, 逐一配平。

【同类练习】 $\text{P} + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow$



答案 11, 15, 24, 5, 6, 15

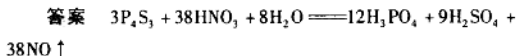
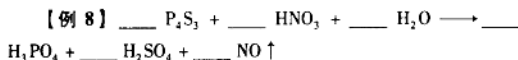
3. 整体标价法



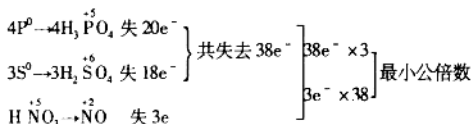
即满足 Na_2S_x 的系数为 1, NaClO 的系数为 $(3x+1)$ 。

小结 此种题型近几年比较常见,应注意。

4. 零价配平法



解析 正如现在的考试,我们会碰到很多不曾见过的东西,通过有关信息来解答。对学生的能力要求比较高,本题也是一种形式。P和S的价态,在反应物中不好确定,不如看做是整体,P、S都作零价,则有:



观察两边的物质,便可以逐一配平。

小结 类似的还有有机反应配平。如 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 的燃烧。 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ 中, H 当 +1 价, O 为 -2 价, 则 C 应为 +2 价。 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ 时, 很显然可以把 C 看做由 $\overset{+2}{\text{C}} \rightarrow \overset{+4}{\text{C}}$ 便容易配平, 答案为: $2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 7\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 4\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ 。把常见物质当做常见价态, 不常见价态由常见物质的常见价态确定, 十分有利于方程式的配平。

四、化学反应中的价态的某些规律

1. 同种元素的价态最高最低规律

当元素处在最高正价时, 只有氧化性, 在最低时, 只有还原性, 如 S^{+6} 和 S^{2-} , S^{+6} 只有氧化性, S^{2-} 只有还原性。

2. 越高(越低)越强规律

一般来说, 价态越高, 其对应离子的氧化性越强; 价态越低, 还原性越强。如 Fe^{3+} 的氧化性比 Fe^{2+} 强, Fe 的还原性比 Fe^{2+} 强。

3. 歧化反应

如 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HClO} + \text{HCl}$ 的反应中, Cl_2 中的 Cl 原子是 0 价, 但反应后生成了 Cl^+ 和 Cl^- 的两种物质, 还有 S、P 等均有相同的现象。

4. 归中反应

同种元素的高价和低价相接触时, 形成中间价态, 但要注

意, 价态归中时, 不能交叉, 比如 H_2SO_4 (浓) 与 H_2S 反应时 $\text{H}_2\overset{+6}{\text{S}}\text{O}_4 \longrightarrow \text{SO}_2, \text{H}_2\overset{-2}{\text{S}} \longrightarrow \overset{0}{\text{S}}$ 。反应可以表示成 H_2SO_4 (浓) + $\text{H}_2\text{S} \longrightarrow \text{SO}_2 \uparrow + \text{S} \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。即 SO_2 来源于浓 H_2SO_4 , S 来源于 H_2S , 不能看成 SO_2 由 H_2S 形成, S 由 H_2SO_4 形成。



同步精练

1. 对于 $2\text{NaBr} + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$, 下列说法正确的是()

- ① Cl_2 氧化 NaBr ② NaBr 被氧化
③ Cl_2 发生还原反应 ④ Cl_2 被 NaBr 还原

A. ①② B. ①③ C. ①②③ D. 全部

2. 在一定条件下, 在一具有可移动活塞的密闭容器中充入 NH_3 和 Cl_2 , 两者恰好完全反应, 若反应生成物只有 N_2 和 HCl , 则反应前和反应后的体积比为()

A. 5:7 B. 7:5 C. 7:11 D. 11:7

3. 如果用 0.3 mol/L 的亚硫酸 16 ml, 恰好将 3.2×10^{-3} mol 的强氧化剂 $[\text{RO}(\text{OH})_2]^+$ 还原成较低价态, 则反应后 R 的价态为()

A. 0 B. +1 C. +2 D. +3

4. 有关次氯酸的分解的说法中, 错误的是()

- ① 这是一个分解反应 ② 这是一个氧化-还原反应 ③ 在反应中氧元素还原为氧气 ④ 反应中氯还原为 -1 价 ⑤ 氧气是氧化产物

A. ①②③④ B. ②③⑤
C. ④⑤ D. ③

5. 将 mmol 的 Cu_2S 与足量稀硝酸反应, 生成 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 、 NO 、 H_2SO_4 和 H_2O , 则参加反应的硝酸中, 被还原的硝酸的物质的量是()

A. 4m mol B. 10m mol
C. 10/3m mol D. $\frac{22}{3}m$ mol

6. 化学方程式 $a\text{FeS} + b\text{H}_2\text{SO}_4$ (浓) $\longrightarrow c\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + d\text{SO}_2 \uparrow + e\text{S} \downarrow + f\text{H}_2\text{O}$ 中, a, b 的数值是()

A. a=2, b=6 B. a=4, b=18
C. a=6, b=16 D. a=8, b=18

7. 已知 NaBiO_3 是一种强氧化剂。NaBiO₃ 可将 MnO_4^{2-} 氧化成 MnO_4^- , 同时要用浓 HNO_3 酸化, 但不能用浓盐酸酸化, 这是因为()

- A. 硝酸是强氧化性酸, 它参加反应有助于将 MnO_4^{2-} 氧化成 MnO_4^-
B. NO_3^- 可以起催化作用
C. 硝酸的酸性比盐酸强
D. 盐酸中的 Cl^- 易被 BiO_3^- 氧化

8. 在一种强酸性溶液中可能存在 NO_3^- 、 I^- 、 Cl^- 、 Fe^{3+} 中的一种或几种, 向其中加入 Br_2 时, Br_2 被还原, 由此推断, 该溶液中()

A. 含有 I^- , 不能确定是否有 Cl^-