



恒谦教育
www.hengqian.com

北京教育出版社 恒谦教育研究院研究成果

超级学练考

(学生用书)

全国名牌重点中学特高级教师编写
丛书主编 方可

高二化学(上)

www.hengqian.com

北京出版社出版集团 北京教育出版社



恒谦教育
www.hengqian.com

北京教育出版社恒谦教育研究院研究成果

超级学练考

(学生用书)

丛书主编 方可
本册主编 李书华
撰稿人 尹明轩 李书华 刘增祥

高二化学(上)



北京出版集团



北京教育出版社



恒 谦 教 育
www.hengqian.com

北京教育出版社恒谦教育研究院研究成果

超级学练考

超级学练考
高二化学(上)
(学生用书)
丛书主编 方 可

*

北京出版社出版集团出版
北京教育出版社
(北京北三环中路6号)

邮政编码: 100011

网 址: www.bph.com.cn

北京出版社出版集团总发行
新华书店经销
西安旗舰印务有限公司印刷

*

880×1230 16开本 11.25印张 395 000字
2006年5月第3版 2006年5月第1次印刷

ISBN 7-5303-2868-9
G·2801 定价: 15.50元

(质量投诉电话: 029-82027917 010-58572393 010-58572245)



主编寄语

授人以鱼，还是授人以渔

以网络为载体的e时代，向中学教育提出了许多问题：1.什么样的教育理念最好？2.怎样及时应对教材多样化、考卷多元化的局面？3.老师怎样教，学生怎样学，才最有效果？……我们策划《超级学练考》的初衷，就是为了解决师生目前遇到的以上困惑——让广大学生在较短的时间内学得更多，记得牢，练得精。

《超级学练考》丛书作为同步类新型教辅，主要为进课堂编写（也可作为学生自读类用书），其突出特点在于：

一、渗透先进的教育理念，体现教师的主导作用和学生的主体地位，立足以学生发展为中心，注重学生学习方式及思维能力的培养。

二、“学”、“练”、“考”有机结合、环环相扣：“学”以节（课）为单位，归纳、细梳所要学习的核心内容；“练”按梯度分组设题，逐级提升学生的解题能力；“考”设置多种类型试卷，全方位挖掘和诠释考点，目的在于让学生“考”后而知不足。

三、“疑难点解析”、“典例归类”、“学习笔记”等栏目设计新颖、科学、实用，有如名师从旁指导，求知更加轻松。

四、题解分离，便于思考；详解单订，便于验证。

五、书网互动，增值无限。师生在使用本丛书时，可锁定**www.hengqian.com**进行信息查询、资源下载、在线辅导等，作为本书读者免费享受这些增值服务。

相信这样的一套好书，定会给您艰辛求学带来意想不到的实惠和无穷的轻松；实现我们既授人以鱼，更授人以渔的愿景！

丛书主编 方可





目 录

第 1 章 氮族元素

第一节 氮和磷·····	(1)
第二节 氨 铵盐·····	(5)
第三节 硝 酸·····	(10)
第四节 氧化还原反应方程式的配平·····	(14)
第五节 有关化学方程式的计算·····	(19)
本章复习与总结·····	(24)
本章综合测试题·····	(29)

第 2 章 化学平衡

第一节 化学反应速率·····	(32)
第二节 化学平衡·····	(37)
第三节 影响化学平衡的条件·····	(43)
第四节 合成氨条件的选择·····	(51)
本章复习与总结·····	(55)
本章综合测试题·····	(62)

第 3 章 电离平衡

第一节 电离平衡·····	(65)
第二节 水的电离和溶液的 pH ·····	(70)
第三节 盐类的水解·····	(75)
第四节 酸碱中和滴定·····	(81)
本章复习与总结·····	(87)
本章综合测试题·····	(93)





Contents

第4章 几种重要的金属

第一节 镁和铝·····	(97)
第二节 铁和铁的化合物·····	(104)
第三节 金属的冶炼·····	(112)
第四节 原电池原理及其应用·····	(117)
本章复习与总结·····	(121)
本章综合测试题·····	(129)
阶段测评卷(1) 氮族元素 ·····	(130)
阶段测评卷(2) 化学平衡 ·····	(133)
阶段测评卷(3) 电离平衡 ·····	(136)
阶段测评卷(4) 几种重要的金属 ·····	(139)
期中测试卷·····	(142)
期末测试卷·····	(145)

(参考答案活页装订,随书赠送)

第一节 氮和磷



总结、模仿、创新。这是内化知识、创新运用的基础。



预习探路

1. 实验室制取氮气时,能否用排空气法收集?

提示 不能。因 N_2 的相对分子质量为 28,与空气的平均相对分子质量(29)相近,即 N_2 与空气的密度相近,所以不能用排空气法收集。

2. 通常状况下, N_2 的化学性质为什么不活泼?

提示 由于氮分子中存在 $N \equiv N$,氮氮三键的键能很大,键很牢固,因此氮分子很稳定。

3. 夏季的雷雨为什么能促进植物的生长?

提示 依次发生的反应是: $N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2NO$, $2NO + O_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2NO_2$, $3NO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{放电}} 2HNO_3 + NO$ 。其中 HNO_3 与土壤中的矿物质作用,生成能被植物吸收的硝酸盐。

4. 氮的氧化物的主要来源有哪些?

提示 (1)石油产品和煤的燃烧;(2)制硝酸工厂的废气;(3)汽车尾气。

5. “磷在氯气中燃烧,只有白烟产生”这句话对吗?

提示 磷在不充足的氯气中燃烧,生成 PCl_3 (液体)和 PCl_5 (固体),现象为白色烟雾。反应方程式为: $2P + 3Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2PCl_3$, $2P + 5Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2PCl_5$ 。

磷在过量的氯气中燃烧,生成 PCl_5 (固体),现象为白烟。

反应方程式为: $2P + 5Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2PCl_5$ 。



疑难点解析

1. 为什么大气中的 N_2 含量基本不变?

氮分子键能大,一般条件下很难参加反应,但给它足够的能量,比如高温、高压、放电条件下, N_2 也能参加化学反应。本章开篇的第一个内容就是一幅图,图中的内容是大气中氮参与的自然循环。自然现象中的雷电,使 $N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2NO$, $2NO + O_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2NO_2$, $3NO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{放电}} 2HNO_3 + NO$, HNO_3 在土壤中形成硝酸盐,被植物吸收,生成蛋白质,蛋白质给动物以活力,植物、动物遗体腐烂被微生物分解,又生成

N_2 ,回归自然,周而复始,大气中的 N_2 含量基本不变。

2. 为什么氮元素是活泼的非金属元素而氮气的化学性质比较稳定?

元素的化学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,所以氮元素是一种较为活泼的非金属元素。

氮气的稳定性取决于氮的分子结构。氮分子是两个氮原子共用 3 对电子结合而成的。氮分子中的氮氮三键键能很大(946 kJ/mol),当氮气参加反应时,必须打开(破坏)分子中的三键,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,很难与其他物质发生化学反应。

3. 什么是光化学污染?

大气中 NO_x 浓度达一定程度时,如果还有碳氢化合物、硫化合物等存在时,受强烈的太阳紫外线照射后产生一种新的二次污染物——光化学烟雾。在复杂的光化学反应中,主要生成光化学氧化剂(O_3)及其他复杂的化合物,统称为光化学烟雾。

4. NO_2 溶于水生成 HNO_3 ,那么, NO_2 是否是 HNO_3 的酸酐?

NO_2 与 H_2O 反应生成 HNO_3 ,但 NO_2 不是 HNO_3 的酸酐。

酸酐一般是指能直接和水作用生成相应酸的氧化物。 NO_2 与水作用除生成 HNO_3 外还有 NO 生成,故 NO_2 不是硝酸的酸酐, N_2O_5 才是硝酸的酸酐。另外,成酸元素的化合价在酸中和酸酐中相同。

5. 氮氧化物混合气体溶于水的计算

NO_x 与 O_2 混合后与水反应,由于气体间的量化比例关系的改变,导致充分反应后,剩余气体的成分也会随之发生改变,此类问题除应用多步反应的计算模式外,还可以利用 HNO_3 的酸酐—— N_2O_5 的方法进行计算。

(1) 计算原理

① NO_2 与 O_2 混合气体溶于水时,由反应: $4NO_2 + O_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{放电}} 4HNO_3$ 知:

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

② NO 与 O_2 混合气体溶于水时,由反应: $4NO + 3O_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{放电}} 4HNO_3$

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

③ NO_2 、 NO 、 O_2 三种气体混合通入水中,可先按 NO_2 与水反应求出 NO 的体积,再加上原混合气体中 NO 的体积,再



按 NO 与 O₂ 混合方式进行计算.

值得注意的是:4NO₂+O₂ 和 4NO+3O₂ 从组成上均相当于 N₂O₅ 的组成,这为上述三种类型试题的解法提供了新思路,即利用混合气体中的 N、O 原子个数比值进行分析判断:

$$N(N):N(O) \begin{cases} < 2:5 \text{ 时, O}_2 \text{ 剩余;} \\ = 2:5 \text{ 时, 完全反应;} \\ > 2:5 \text{ 时, NO 剩余;} \end{cases}$$

(2) 例析

试题类型有①NO₂ 与 O₂ 混合型;②NO 与 O₂ 混合型;

③NO₂、NO 与 O₂ 混合型.

例 1 将 40 mL 由 NO₂、NO 组成的混合气体与 20 mL O₂ 在试管中混合并倒立于水槽,经充分反应后,试管里剩余 5 mL 气体,则原 NO₂、NO 组成的混合气体中 NO₂ 的体积为 ()

A. 10 mL B. 12.5 mL C. 20 mL D. 30 mL

解析 剩余气体可能有两种:①是 O₂,②是 NO.

设:原 NO₂、NO 的体积分别为 x mL、y mL,根据 N、O 原子个数列方程组.

①若剩余气体为 O₂

$$\text{则:} \begin{cases} x+y=40 \\ \frac{x+y}{2x+y+40-10} = \frac{2}{5} \end{cases}$$

解之得:x=30

②若剩余气体为 NO

$$\text{则:} \begin{cases} \frac{x+y-5}{2x+y+40-5} = \frac{2}{5} \\ x+y=40 \end{cases}$$

解之得:x=12.5

答案 BD

例 2 将 a mL NO、b mL NO₂、x mL O₂ 混合于同一试管,将试管口倒插入水中,充分反应后,试管内气体全部消失.则 x 对 a、b 的函数式 f[x(a、b)]是 ()

A. (a+b)/2 B. (2a+b)/3
C. (3a+b)/4 D. (4a+b)/5

解析 因为充分反应后,试管内气体全部消失,所以 NO、NO₂、O₂ 完全反应,则:

$$\frac{a+b}{a+2b+2x} = \frac{2}{5}$$

$$\text{解之得:} x = \frac{3a+b}{4}$$

答案 C

通过上例分析不难得出,利用 HNO₃ 的酸酐算式来解决氮的氧化物和氧气的混合气体与水反应的计算,大大简化了解题步骤和书写量,开拓了学生视野,提高了学生素质.



典例归类

1. 关于氮氧化物溶于水的问题

例 1 将 20 mL 充满 NO 和 NO₂ 混合气体的试管倒立于盛水的水槽中,充分反应后,剩余气体的体积变为 10 mL.求原混合气体中 NO 和 NO₂ 各占多少?

解析 NO、NO₂ 的混合气体与 H₂O 反应,只发生反应 3NO₂+H₂O=2HNO₃+NO,因此体积的变化完全由该反应引起.

设原混合气体中含有 NO₂ x mL,则含有 NO 为 (20-x) mL



$$\begin{array}{ccc} 3 & & 1 \\ x & & x/3 \end{array}$$

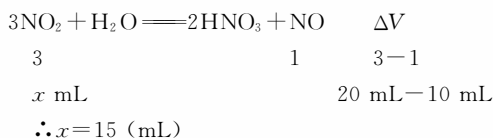
由题意得 20-x+x/3=10 (mL),解得 x=15 (mL).

答案 NO 为 5 mL,NO₂ 为 15 mL.

说明 对 3NO₂+H₂O=2HNO₃+NO 的反应要注意分析两个方面:一是电子转移的方向和数目,其中 NO₂ 既是氧化剂又是还原剂;二是反应前后的气体的数量关系,反应后气体体积为反应前的 1/3.

思考 本题中的体积变化只是由反应 3NO₂+H₂O=2HNO₃+NO 引起的,因此使用差量法会使解题更为简捷.

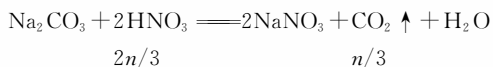
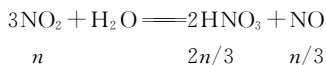
设 NO₂ 的体积为 x mL



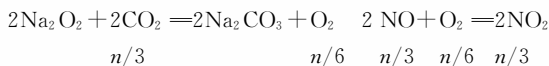
即原混合气体中有 NO 5 mL,NO₂ 15 mL.

例 2 n mol NO₂ 先通过盛有足量的 Na₂CO₃ 溶液的洗气瓶,再将获得的气体通过足量的 Na₂O₂ (不考虑 NO₂ 与 NaOH、Na₂O₂ 固体的反应)问:(1)最终获得的气体产物是什么?物质的量是多少?(2)如果把 Na₂CO₃ 改为 NaHCO₃ 呢?

解析 (1) NO₂ 通过 Na₂CO₃ 溶液时发生的反应为

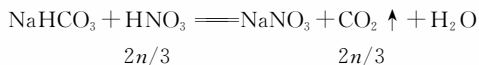
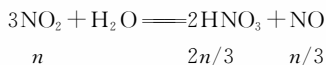


当 NO、CO₂ 通过足量的 Na₂O₂ 时,发生的反应为:

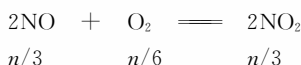
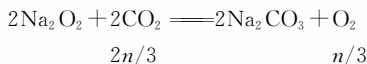


即 NO 与 O₂ 刚好反应生成 NO₂,物质的量为 n/3 mol.

(2) 如果把 Na₂CO₃ 换成 NaHCO₃



当 NO、CO₂ 通过足量的 Na₂O₂ 时,发生的反应为

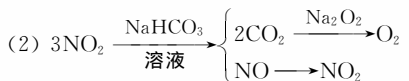
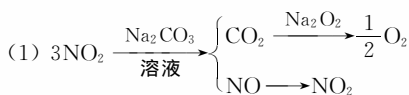


即生成 NO₂ n/3 mol

剩余 O₂ 为 n/3-n/6=n/6(mol)

答案 (1) $\text{NO}_2, n/3 \text{ mol}$ (2) $\text{NO}_2, n/3 \text{ mol}$;
 $\text{O}_2, n/6 \text{ mol}$

说明 本题的反应过程可以图示如下:



思考 CO_2 和 NO 混合气体通过 Na_2O_2 时的产物判断如下:

当 $n(\text{CO}_2) = n(\text{NO})$ 时, 产物为 NO_2 ;

当 $n(\text{CO}_2) > n(\text{NO})$ 时, 产物为 O_2, NO_2 ;

当 $n(\text{CO}_2) < n(\text{NO})$ 时, 产物为 NO, NO_2 .

2. 关于氮氧化物的污染问题

例3 氮的氧化物 NO_x 破坏臭氧层可简单表示如下:

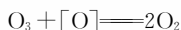


这两个反应反复循环, 对此叙述正确的是 ()

A. NO 在破坏臭氧层中起催化剂作用

B. NO_2 在破坏臭氧层中起催化剂作用

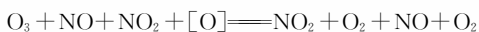
C. 破坏臭氧层的过程可用化学方程式表示为



D. 破坏臭氧层的过程可用化学方程式表示为



解析 将两式合并



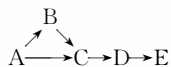
即得 $\text{O}_3 + [\text{O}] \longrightarrow 2\text{O}_2$

答案 AC

说明 催化剂是指参加了反应最后又生成的物质, 而中间产物是指反应中生成以后, 在后面的反应中又消耗掉的物质, 所以本题中 NO 是催化剂, NO_2 是中间产物.

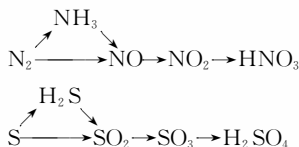
思考 氮的氧化物在不同的条件下, 既能分解 O_3 , 又能生成 O_3 , 本题实际上指出了氮的氧化物分解 O_3 的过程. 而当氮的氧化物和碳氢化合物在大气环境中受强烈太阳紫外线照射后, 发生光化学反应就会生成光化学氧化剂(主要是 O_3).

例4 A、B、C、D、E 是含有一种相同元素的五种物质, 在一定条件下可发生如图所示的转化, 其中 A 是单质, B 是气体, C、D 是氧化物, E 是最高价氧化物对应的水化物, 则 A 可能是 ()



A. Cl_2 B. N_2 C. S D. C

解析 根据图示的转化关系及氯、硫、碳的单质及化合物的性质可知答案为 B、C, 并可用下式转化关系验证:



答案 BC

说明 解答化学框图题, 通常最后的程序是把确定的答案“代入”到框图中, 以验证答案的可靠性.



学习 笔记

1. 元素的“位置—结构—性质”三者的关系

组成、结构、元素在周期表中的位置	决定	性质	决定	存在、用途 制法、检验方法
	体现		体现	

2. 氮族元素化学性质的相似性

(1) 化合价: 最高价+5 价, 最低价-3 价.

(2) 最高价氧化物: R_2O_5 .

(3) 气态氢化物: RH_3 溶于水后不能生成无氧酸.

(4) 最高价氧化物的水化物为 HRO_3 、 H_3RO_4 (氮元素原子半径小, 只有 HNO_3 一种) 均呈酸性.

3. 氮族元素的递变性

(1) 氮族元素的单质从非金属逐渐过渡到金属, 熔沸点: $\text{N} < \text{P} < \text{As}, \text{Sb} > \text{Bi}$.

(2) 元素的非金属性: $\text{N} > \text{P} > \text{As}$; 金属性: $\text{Sb} < \text{Bi}$.

(3) 气态氢化物的稳定性依次减弱, 还原性依次增强.

(4) 最高价氧化物的水化物的酸性依次减弱.

4. 主要反应



5. 氮的氧化物与水反应的计算方法: N_2O_5 法.



练

迎难而上, 方显英雄本色.



课堂 巩固

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. 砷元素是第四周期的主族元素

C. 砷原子的第四电子层含有 8 个电子

D. 砷的氧化物的水溶液呈强碱性

2. 关于磷的下列叙述中, 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°C 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

3. 以下说法错误的是 ()

A. 通常情况下, N_2 不易和其他物质发生化学反应, 是因为 N_2 分子中两原子间形成的共价键的键能很大

B. N_2 可作为制造氮肥和硝酸的原料

C. N_2 的化学性质很稳定, 所以可用作保护气

D. 氮元素的非金属性比磷强, 所以氮气比磷活泼, 易燃烧

4. 下列气体中, 不能用排空气法收集的气体是 ()

A. CO_2 B. N_2 C. NO_2 D. H_2

5. 关于白磷和红磷的叙述正确的是 ()

- A. 都不溶于水,但溶于 CS_2
 B. 白磷的主要用途是制造 H_3PO_4 和安全火柴
 C. 互为同素异形体,可相互转化
 D. 白磷隔绝空气加热到 416°C 升华后冷凝成红磷

6. 能证明氮元素比磷元素非金属性强的事实是 ()

- A. HNO_3 比 H_3PO_4 酸性强
 B. N_2 是气态, P_4 是固态
 C. NH_3 极易溶于水, PH_3 难溶于水
 D. NH_3 比 PH_3 稳定

7. 下列气体能造成空气中光化学烟雾污染的是 ()

- A. CO B. SO_2 C. NO_2 D. Cl_2

8. 氮族元素与同周期的碳族、氧族、卤族元素相比较,下列变化规律不正确的是 ()

- A. 原子半径: $\text{C} < \text{N} < \text{O}$
 B. 非金属性: $\text{Si} < \text{P} < \text{Cl}$
 C. 还原性: $\text{SiH}_4 < \text{PH}_3 < \text{HCl}$
 D. 酸性: $\text{H}_4\text{SiO}_4 < \text{H}_3\text{PO}_4 < \text{H}_2\text{SO}_4$

9. 在 NO_2 被水吸收的反应中,发生还原反应和发生氧化反应的物质,其质量比为 ()

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

10. 在体积为 $V\text{ L}$ 的密闭容器中,通入 $a\text{ mol NO}$ 和 $b\text{ mol O}_2$,反应后容器内氮原子数和氧原子数的比值为 ()

- A. a/b B. $\frac{a}{2b}$ C. $\frac{a}{a+2b}$ D. $\frac{a}{2(a+b)}$

11. 将 $a\text{ mL NO}$ 、 $b\text{ mL NO}_2$ 和 $c\text{ mL O}_2$ 混合于同一试管中,将试管倒置于水槽中,充分反应后,试管内气体全部消失,则 $a : b : c$ 不可能是 ()

- A. 1 : 1 : 1 B. 2 : 1 : 1
 C. 3 : 7 : 4 D. 1 : 5 : 2

12. 一定条件下,某元素的氢化物 X 可完全分解为两种单质 Y 和 Z . 已知:(1)反应前的 X 与反应后生成 Z 的物质的量之比 $n(X) : n(Z) = 2 : 3$; (2)单质 Y 的分子结构为正四面体.(1)单质 Y 是_____,单质 Z 是_____ (化学式);(2) Y 分子中共含有_____个共价键;(3) X 分解为 Y 和 Z 的化学方程式_____.13. 将一充满 NO 的试管倒扣于水槽中,然后向试管中通入一定量的 O_2 ,试管中恰好充满水时,则通入的 O_2 与原 NO 气体的体积比为_____. 假设生成的溶质不向外扩散,且为标准状况,则所得的溶液的物质的量浓度应为_____.

课后拓展

1. (1)实验室常用饱和 NaNO_2 和 NH_4Cl 溶液反应制取纯净的氮气,反应方程式为 $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{NaCl} + \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} \uparrow + \text{Q}$

实验装置如图 1-1-1 所示,试回答:

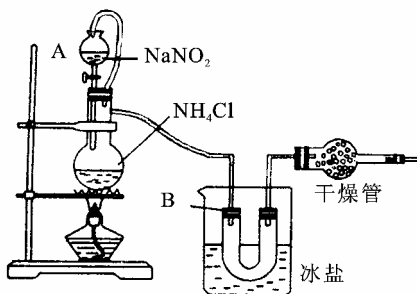


图 1-1-1

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

- 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

②B 部分的作用是_____.

- a. 冷凝
 b. 冷却氮气
 c. 缓冲氨气流

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

④收集 N_2 前,必须进行的步骤是(用文字说明)_____,收集 N_2 最适宜的方法是_____.

- a. 用排气法收集到集气瓶中
 b. 用排水法收集到集气瓶中
 c. 直接收集到球胆或塑料袋中

(2)实验室合成氨装置如图 1-1-2 所示,试回答:

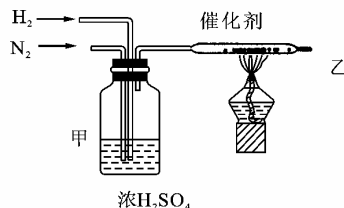


图 1-1-2

装置甲的作用是:①_____,②_____.

③_____.

从乙处导出的气体是_____.

检验产物的简单化学方法是_____.

2. NO 分子因污染空气而臭名昭著. 近年来,发现少量的 NO 在生物体的许多组织中存在,它有扩张血管、免疫、增强记忆的功能,而成为当前生命科学研究的热点, NO 亦被称为“明星分子”. 请回答下列问题:

(1) NO 对环境的危害在于_____.

- A. 破坏臭氧层
 B. 高温下能使一些金属被氧化
 C. 造成酸雨

(2)在含 Cu^+ 的酶的活化作用下,亚硝酸根离子可转化为 NO ,写出 Cu^+ 和亚硝酸根离子在酸性水溶液中反应的离子方程式_____.

(3)在常温下,把 NO 气体压缩到 100 个大气压,在一个体

积固定的容器里加热到 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, 发现气体的压力迅速下降, 压力降至略小于原压力 $\frac{2}{3}$ 就不再改变, 已知其中一种产物为 N_2O , 写出上述变化的化学方程式_____。

(4) 解释变化(3)中为什么最后的气体总压力小于原压力的 $\frac{2}{3}$?

考题演练

- (2005·重庆) 砒霜中毒事件时有发生, 砒霜的主要成分是三氧化二砷(As_2O_3), 医生通常给砒霜中毒患者服用一定剂量的氧化剂解毒。下列有关叙述正确的是 ()
A. 砷元素在化合物中的常见价态有+3、+5、+7
B. 砷酸(H_3AsO_4)的酸性强于磷酸
C. 砷化氢(AsH_3)比 NH_3 稳定
D. 砷的+3价化合物的毒性强于+5价化合物
- (2005·黄冈) 将盛有 12 mL NO_2 和 O_2 的混合气体的量筒倒立于水槽中, 充分反应后, 还剩余 2 mL 无色气体, 则原混合气体中 O_2 的体积是 ()
A. 1.2 mL B. 2.4 mL C. 3.6 mL D. 4 mL
- (2006·南昌) 将体积为 V mL 的试管充满 NO 气体, 按图 1-1-3 进行实验, 当通入相同条件下 O_2 49 mL 时, 液面仍在原来位置, 则试管体积 V 为 ()

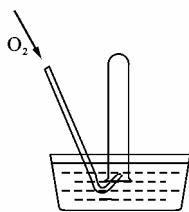


图 1-1-3

- 49 mL B. 28 mL C. 30 mL D. 24.5 mL
- (2005·北京春季) A、B、C、D 为常见气态单质。已知:
① A 和 B 可以在放电条件下发生化合反应, 其产物还可与 B 化合生成红棕色气体;
② C 分别与 A、B 反应生成的两种化合物分子中都含有 10 个电子;
③ C 和 D 反应生成的化合物易溶于水, 在其溶液中滴加 AgNO_3 溶液, 生成白色沉淀。
请回答:
(1) C 和 D 反应生成的化合物的电子式是_____。
(2) 上述②中化合物的热稳定性_____强于_____ (填写化学式)。
(3) 将 D 通入 B、C 生成的化合物中, 发生反应的化学方程式是_____。
(4) A、C、D 所含元素可组成一种离子化合物, 该化合物发生水解反应的离子方程式是_____。
 - (2005·全国理综 I) 已知 A、B、C、D 为气体, E、F 为固体, G 是氯化钙, 它们之间的转换关系如图 1-1-4 所示:
(1) D 的化学式是_____, E 的化学式是_____。
(2) A 和 B 反应生成 C 的化学方程式是_____。

(3) E 和 F 反应生成 D、H 和 G 的化学方程式是_____。

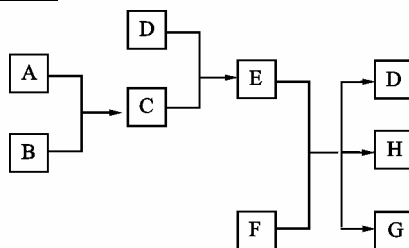


图 1-1-4

第二节 氨 铵盐



总结、概括、创新, 这是内化知识、创新运用的基础。



预习探路

1. 什么是极性分子和非极性分子?

提示 关键是键的极性能否相互抵消。若键的极性能相互抵消(或分子中只含非极性键)则为非极性分子;若键的极性不能抵消则为极性分子。

2. 如何判断分子的极性?

提示 (1) 单质中只含非极性键, 故都是非极性分子;

(2) 化合物分子中若只含两个原子则为极性分子, 如 HCl ; 若两种元素组成的化合物, 分子中又含有多个原子, 又分为两种情况: 一般来讲, 分子中的中心原子未全部成键(如 H_2O 分子中的氧原子), 分子不对称, 为极性分子; 这样的分子还有 NH_3 、 H_2S 等。分子中的中心原子全部成键(如 CO_2 分子中的碳原子), 分子为对称结构, 则分子为非极性分子, 这样的分子还有 CH_4 、 CCl_4 、 CS_2 等。

3. 为什么要学习分子的极性? 什么是相似相溶原理?

提示 学习分子的极性是为了更好地掌握同一物质在不同溶剂里的溶解能力。

相似相溶原理: 一般极性分子构成的溶质易溶于极性分子构成的溶剂, 非极性分子构成的溶质易溶于非极性分子构成的溶剂中, 如 HCl 、 NH_3 易溶于水, 但 CH_4 、 CCl_4 、 O_2 、 N_2 、 P_4 、 H_2 均不易溶于 H_2O ; P_4 、 S 易溶于 CS_2 、 CH_4 、苯、汽油中。

值得注意的是, Cl_2 、 CO_2 虽然是非极性分子, 却因可以与水反应, 而不能用排水法收集; 另外红磷虽为非极性分子, 但其结构复杂, 为巨型分子, 也不溶于 CS_2 等非极性溶剂。

4. 为什么液氨常作制冷剂?

提示 氨很容易液化, 在常压下冷却至 $-35.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或在常温下加压至 $700\text{ kPa} \sim 800\text{ kPa}$, 气态氨就液化成无色液体, 同时放出大量热。液态氨汽化时要吸收大量的热, 使周围的温度急剧下降, 所以液氨常作制冷剂。



5. 为什么氨气可做喷泉实验?

提示 NH_3 极易溶于水, 常温、常压下, 1 体积水可溶解 700 体积 NH_3 .

6. 为什么 NH_3 是极性分子?

提示 NH_3 分子结构是三角锥形, 是不对称结构.

7. 氨水与液氨有何区别? 氨水中有哪些粒子?

提示 氨气溶于水即得氨水, 氨水是混合物, 液氨是液态的氨气, 是纯净物. 氨水中的粒子有 H_2O 、 NH_3 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 NH_4^+ 、 OH^- 、 H^+ .

8. 氨水问题种种

(1) 氨气或液氨溶于水得氨水, 氨水的密度比水小, 并且氨水浓度越大, 密度越小. 计算氨水浓度时, 溶质是氨, 而不是 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

(2) 在氨水中存在如下平衡:



氨水显弱碱性, 是一种重要的可溶性碱, 具有碱的通性. 氨水可使紫色的石蕊试液变蓝. 常用湿润的红色石蕊试纸检验 NH_3 的存在.

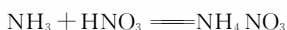
(3) 氨水是混合物, 溶液中存在三种分子: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 NH_3 、 H_2O 和三种离子: NH_4^+ 、 OH^- 及少量的 H^+ .

(4) 氨水是弱电解质, 但电解质是 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, NH_3 是非电解质.

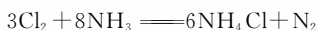
(5) 氨水受热可放出氨气:



(6) 氨水与酸可反应生成铵盐, 浓氨水与挥发性酸(如浓盐酸或浓硝酸)相遇会产生白烟. 如:



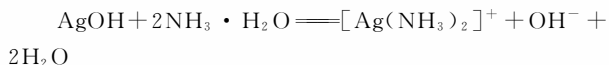
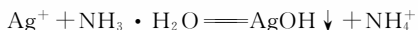
(7) 氨水具有还原性, 可被强氧化剂氧化. 如氨水可与 Cl_2 发生反应:



(8) 氨水是很好的沉淀剂, 可使多种阳离子: Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 等生成沉淀, 如:



其中 AgOH 等沉淀遇过量氨水会生成络离子而溶解, 如:



利用此性质在实验室中可用氨水制取 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和银氨溶液.

(9) 涉及氨水的离子方程式的书写:

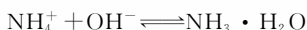
① 氨水作反应物, 用化学式 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 表示, 如:



② 生成氨水时, 如反应物为浓溶液或在加热条件下, 用下式表示:



③ 生成氨水时, 如使用的反应物为稀溶液, 用下式表示:



(10) 氨水是农业上常用的一种氮肥.

9. 铵盐与碱反应离子方程式的书写:

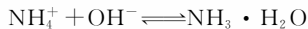
(1) 固体铵盐与碱反应时不写离子方程式.

(2) 在溶液中反应写离子方程式.

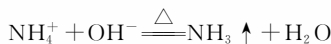
① 在浓液中(以 NH_4Cl 和 NaOH 为例)



② 在稀溶液中



③ 溶液共热

10. 为什么不用 NaOH 与铵盐反应来制取氨气?

提示 在加热条件下 NaOH 易与玻璃中的 SiO_2 反应而腐蚀玻璃.

11. NH_3 能作还原剂吗?

提示 NH_3 中的 N 元素为 -3 价. 因此常用作还原剂, 能与 O_2 、 CuO 、 NO_2 等反应, 在反应中, NH_3 被氧化.

12. NH_4Cl 加热后会“升华”吗?

提示 NH_4Cl 受热会分解, 发生反应



而温度降低后, NH_3 与 HCl 极易结合成 NH_4Cl , 所以 NH_4Cl 加热的过程是化学变化的过程, 不是升华的过程.

13. NH_4^+ 与 OH^- 能大量共存吗?

提示 不能. NH_4^+ 与 OH^- 反应, $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

14. 液氨和氨水的区别.

提示

	液 氨	氨 水
物质成分	纯净物(非电解质)	混合物
粒子种类	NH_3 分子	NH_3 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 H_2O 、 NH_4^+ 、 OH^- 、 H^+
主要性质	不具有碱性	具有碱的通性
存在条件	常温常压下不能存在	常温常压下存在

15. 氨(NH_3)和铵(NH_4^+)的区别.

提示

	氨(NH_3)	铵(NH_4^+)
类别	分子(电中性)	阳离子(带 1 个单位正电荷)
电子式、结构式	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ \text{H} : \text{N} : & & \text{H}-\text{N} \\ & / & \\ & \text{H} & \text{H} \end{array}$	$\left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} : \text{N} : \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} \right]^+ \quad , \quad \left[\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{N} \rightarrow \text{H} \\ \\ \text{H} \end{array} \right]^+$
空间结构	三角锥形	正四面体
存在	单独存在	只存在于氨水或铵盐中
性质	气态可与水或酸反应	可与碱(OH^-)反应
化学键	共价键(无配位键)	共价键(含配位键)
相互转化	$\text{NH}_3 \xrightleftharpoons[\text{碱}(\text{OH}^-)]{\text{酸}(\text{H}^+)} \text{NH}_4^+$	

16. 氨的喷泉实验问题

- (1) 收集 NH_3 的烧瓶为什么必须干燥？
- (2) 是先挤压胶头滴管还是先打开导管上的夹子？
- (3) 从胶头滴管里挤出的少量水有何作用？
- (4) 在烧杯中滴几滴酚酞有何作用？
- (5) 若不能形成喷泉或喷出的水不能充满烧瓶，主要原因有哪些？

(6) 能否用 CO_2 气体设计一个喷泉实验，如何设计？

提示 (1) 因为 NH_3 极易溶于水，故烧瓶必须干燥。

(2) 先打开夹子再挤压胶头滴管。

(3) 溶解 NH_3 ，使烧瓶内气压减小。

(4) 可检验 NH_3 溶于水后溶液呈碱性。

(5) 可能装置漏气或收集的氨气不纯混有空气。

(6) 能，可在装置的胶头滴管及烧杯中盛 NaOH 溶液。



疑难点解析

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

- A. 等于 15% B. 大于 15%
C. 小于 15% D. 无法计算

解析 当两氨水的密度相等、等体积（即等质量）混合时，所得混合液的质量分数才等于 15%。此题要注意两者的密度不等，当二者等体积混合时，浓度小的质量大，质量分数比二者平均值小，即小于 15%。

答案 C

例2 同温同压下，在一干燥的烧瓶 A 中充满空气和氨气（体积比为 1:1），在另一干燥烧瓶 B 中充满 NO_2 和 O_2 （体积比为 4:1）。分别做喷泉实验后，所得 A、B 溶液中的物质的量浓度之比为 ()。

- A. 1:1 B. 1:2 C. 5:4 D. 3:1

解析 同温同压下，气体物质的量之比等于体积之比。A 中氨气与水以任意比互溶，设 NH_3 的物质的量浓度为 1。而 B 中 NO_2 和 O_2 恰好完全反应 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$ ，则 HNO_3 的浓度为 $\frac{4}{5}$ ，所以 A、B 溶液中的物质的量浓度之比为 5:4。

答案 C

例3 下列物质中所含分子只有氨分子的是 ()。

- A. 氨水 B. 氨气
C. 一水合氨 D. 液氨

解析 将液氨认为是溶解在液体或水中的氨，是混合物，存在其他分子，造成漏选 D 项，正确答案 B、D。

答案 BD



典例归类

1. 关于气体溶质溶于水后，溶质浓度的计算

例1 在标准状况下，在三个干燥的烧瓶内分别装入：干燥纯净的 NH_3 、含一半空气的氯化氢气体、 NO_2 和 O_2 的混

合气体 [$V(\text{NO}_2) : V(\text{O}_2) = 4 : 1$]，然后分别做喷泉实验，三个烧瓶中所得溶液的物质的量浓度之比为 ()。

- A. 2:1:2 B. 5:5:4
C. 1:1:1 D. 无法确定

解析 NH_3 、 HCl 溶于水后，溶液的体积即为被溶解了的气体体积， $c = \frac{1}{22.4} \text{ mol/L}$ 。由 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HNO}_3$ 可知，当 O_2 过量时，每消耗 4 mol NO_2 、1 mol O_2 ，则生成 4 mol HNO_3 ， $c(\text{HNO}_3) = \frac{4 \text{ mol}}{5 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}} = \frac{4}{5} \times \frac{1}{22.4} \text{ mol/L}$ 。

答案 B

2. 关于气体溶质溶于水时溶液性质的判断

例2 某学生课外活动小组利用图 1-2-1 所示装置分别做如下实验：

(1) 在试管中注入某红色溶液，加热试管，溶液颜色逐渐变浅，冷却后恢复红色，则原溶液可能是_____溶液；加热时溶液由红色逐渐变浅的原因是_____。



图 1-2-1

(2) 在试管中注入某无色溶液，加热试管，溶液变为红色，冷却后恢复无色，则此溶液可能是_____溶液；加热时溶液由无色变为红色的原因是_____。

解析 气体的溶解度随着温度上升而减小，温度上升，氨气逸出，溶液颜色变浅，又由于 NH_3 极易溶于水，冷却后氨气重新溶于水，又恢复红色。同理， SO_2 溶于品红溶液，可使品红溶液褪色， SO_2 气体逸出后品红溶液恢复红色，冷却后， SO_2 重新溶入溶液中，溶液又褪色。

答案 (1) 稀氨水和酚酞 稀氨水中的 NH_3 气逸出，所以溶液的颜色变浅

(2) 溶有 SO_2 的品红 SO_2 气体逸出，品红溶液恢复红色

例3 现有 A、B、C 三种气体，A 在一定条件下能与 O_2 反应生成 B，B 不溶于水，B 与 O_2 反应生成 C，A 和 C 均能溶于水，其水溶液分别呈碱性和酸性，两溶液相互反应生成 D。试回答下列问题：

(1) 写出化学式：A _____；B _____；C _____；D _____。

(2) 写出有关的化学方程式。

解析 推断题解题的关键是寻找突破口，突破口的选择在于题意中直接求隐含条件中典型的结构、特殊的性质和反应现象等。本题中 A 的水溶液呈碱性，而氨是中学化学学过的惟一的碱性气体，则 A 为氨，由此可推得 B、C、D。

答案 (1) NH_3 NO NO_2 NH_4NO_3

(2) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\Delta]{\text{Pt}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ ，

$2\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$ ， $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ ， $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{NO}_3$

3. 关于 NH_3 的分子结构问题

例4 下列说法错误的是 ()。

A. 非金属原子间不可能形成离子键



- B. 非金属原子间不可能形成离子化合物
C. 以非极性键结合起来的分子一定是非极性分子
D. 以极性键结合起来的分子一定是极性分子

解析 任何两个非金属原子之间不可能形成离子键, A 正确. 但非金属原子间可以形成离子化合物, 如 NH_4Cl 、 NH_4F 等, B 错误. 若一个分子内部处处电荷分布均匀, 则整个分子的电荷肯定也分布均匀, 即整个分子无极性, 为非极性分子, C 正确. 以极性键结合的分子, 若分子内空间结构对称, 则也是非极性分子. 如 CO_2 、 CH_4 、 CCl_4 等.

答案 BD

4. 关于氨气的实验室制法问题

例 5 请在图 1-2-2 装置中选择合适的装置并组合制取干燥的氨气.

- (1) 选用装置的连接顺序是 _____;
(2) 制取 NH_3 反应的化学方程式为 _____;
(3) 装置 D 试管口放棉花的作用是 _____;
(4) 装置 F 的名称是 _____;
(5) 检验 NH_3 是否收集满可采用的方法是 _____.

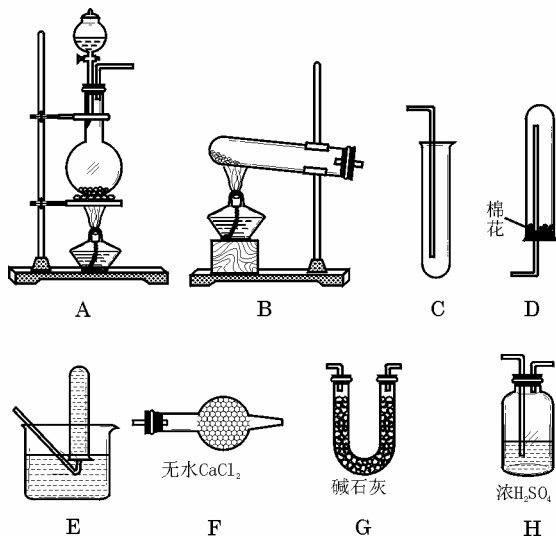


图 1-2-2

解析 实验室制取气体选择装置的依据: ①反应物的状态(固、液); ②反应条件(加热或不加热); ③生成物的性质. 气体的干燥根据被干燥气体和干燥剂的特性, 两者应不反应. 气体的收集则根据气体的溶解性、密度及是否与空气和水反应等性质.

答案 (1) B→G→D

- (2) $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
(3) 避免空气对流影响 NH_3 的纯度
(4) 干燥管

(5) 将湿润的红色石蕊试纸置于管口附近, 若试纸变蓝表明已收集满, 否则未收集满

5. 关于铵盐的性质问题

例 6 硫酸铵在强热条件下分解, 生成 NH_3 、 SO_2 、 N_2 、 H_2O , 反应中生成的氧化产物和还原产物的物质的量之比是

()

- A. 1 : 3 B. 2 : 3 C. 1 : 1 D. 4 : 3

解析 用电子守恒原理做题最容易: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{N}_2$, N_2 是氧化产物, 每生成 1 mol N_2 失去 6 mol 电子; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SO}_2$, SO_2 是还原产物, 每生成 1 mol SO_2 获得 2 mol 电子. 因此得失电子数应相等, 故 N_2 与 SO_2 的物质的量之比为 1 : 3.

答案 A

例 7 如图 1-2-3 所示①~⑪分别代表有关反应中的一种物质, 试填写:

- (1) ①、④、⑥的化学式 _____、_____、_____.
(2) ⑧与⑨反应的化学方程式 _____.

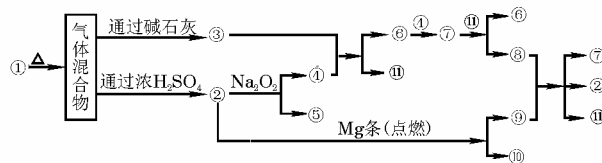


图 1-2-3

解析 本题的突破口就在题目的开始部分, 这一部分把反应条件和部分反应物都已列出, 为推断物质提供了充分的条件. 通过浓 H_2SO_4 后, 能与 Na_2O_2 反应, 又与燃着的 Mg 条反应, 气体②可猜想为 CO_2 , 那么④为 O_2 . 不被碱石灰吸收, 又能被催化氧化的气体③应为 NH_3 . 那么⑥为 NO , ⑪为 H_2O . 按此思路, ②~⑪各物质依次为 CO_2 、 NH_3 、 O_2 、 Na_2CO_3 、 NO 、 NO_2 、 HNO_3 、 C 、 MgO 、 H_2O . 则①就是 NH_4HCO_3 或 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$. 经验证, 完全符合题意.

答案 (1) NH_4HCO_3 或 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ O_2 NO

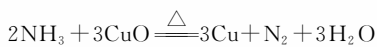
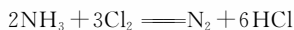
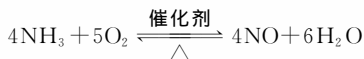
(2) $\text{C} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2 \uparrow + 4\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$



学习 笔记

1. 由氨的分子结构分析理解氨的性质: NH_3 分子为三角锥形, N—H 键具有极性, 决定了 NH_3 为极性分子, 因而氨易液化(易液化的还有 SO_2 、 Cl_2 等); 氨极易溶于水, 其水溶液的密度小于 1; NH_3 分子也极易与酸反应生成铵盐.

NH_3 分子中氮元素呈 -3 价, 为氮元素的最低价态, 具有还原性. 能在一定条件下与 O_2 、 Cl_2 、 CuO 等反应, 被它们氧化:



2. 几个比较

(1) 液氨和氨水的比较

	液 氨	氨 水
物质成分	纯净物(非电解质)	混合物($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 为弱电解质)
粒子种类	NH_3 分子	NH_3 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 H_2O 、 NH_4^+ 、 OH^- 、 H^+

主要性质	不具有碱性	具有碱的通性
存在条件	常温常压下不能存在	常温常压下可存在

(2) 氨(NH₃)与铵(NH₄⁺)的比较

	氨	铵
粒子结构	三角锥形	正四面体构型
存在	单独存在	只存在于氨水或铵盐中
电性	呈电中性	带一个单位正电荷
性质	气态可与水或酸反应	可与碱(OH ⁻)反应,能水解

3. 在学习掌握氨气的实验室制法时,首先要理解化学反应原理,在此基础上依据所用试剂的状态及反应条件(加热),选择气体的发生装置(注意装置特点),依据氨气的密度及水溶性选取氨气的收集方法,氨气常用碱石灰干燥,用蘸有浓盐酸的玻璃棒或湿润的红色石蕊试纸来检验。

实验室制取氨一般用 NH₄Cl 与熟石灰共热,铵盐一般不用 NH₄NO₃,因其产物复杂。碱一般也不用 NaOH 固体,因其易潮解,对玻璃有较强的腐蚀性。干燥氨气只能用碱性干燥剂如碱石灰等,不能用酸性干燥剂如浓 H₂SO₄、P₂O₅ 等,也不用无水 CaCl₂,因 CaCl₂ 吸收 NH₃ 生成 CaCl₂·8NH₃。用固体 NH₄Cl 和固体 Ca(OH)₂ 制氨的反应不能写离子方程式。凡用排空气集气法收集比空气轻的气体时,一是导管要插入管底,二是管口要塞一团棉花。



课堂巩固

- 在含有下列离子的某溶液中加入 NaOH 溶液,溶液中离子浓度明显减小的是 ()
A. NO₃⁻ B. SO₃²⁻ C. S²⁻ D. NH₄⁺
- 对于氨水的组成的叙述正确的是 ()
A. 只含有氨分子和水分子
B. 只含有一水合氨分子和水分子
C. 只含有氨分子、水分子和一水合氨分子
D. 含有氨分子、水分子、一水合氨分子、铵根离子和氢氧根离子
- 下列粒子具有正四面体结构的是 ()
A. NH₃ B. CH₄ C. H₃O⁺ D. NH₄⁺
- 已知同族元素的性质相似,碘化磷(PH₃I)是一种白色晶体,根据所学的知识,判断下列关于碘化磷的描述错误的是 ()
A. 它是离子化合物,稳定,加热时不分解
B. 该晶体易溶于水

C. 它与强碱反应放出 PH₃

D. 该物质中含有共价键和离子键

- 用一充满干燥 NH₃ 的烧瓶做喷泉实验,并使水充满整个烧瓶(标准状况下),烧瓶内氨水的物质的量浓度是 ()
A. 1 mol·L⁻¹ B. 0.023 mol·L⁻¹
C. 0.045 mol·L⁻¹ D. 0.45 mol·L⁻¹

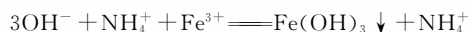
- 下列离子方程式书写正确的是 ()

A. 实验室检验铵盐 $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

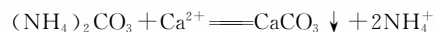
B. 用 NH₄Cl 晶体、熟石灰共热制取氨气



C. 氨水与氯化铁溶液混合



D. 碳酸铵溶液与氯化钙溶液混合



- 在 $8\text{NH}_3 + 3\text{Cl}_2 \rightleftharpoons 6\text{NH}_4\text{Cl} + \text{N}_2$ 反应中,若有 2 mol N₂ 生成,发生氧化反应的 NH₃ 物质的量是 ()

A. 16 mol NH₃ B. 8 mol NH₃

C. 4 mol NH₃ D. 3 mol NH₃

- 能鉴别 Na₂SO₄、NH₄NO₃、KCl、(NH₄)₂SO₄ 四种溶液(可以加热)的一种试剂是 ()

A. BaCl₂

B. Ba(NO₃)₂

C. Ba(OH)₂

D. AgNO₃

- 下列各组物质中,都是由极性键构成的极性分子的是 ()

A. CH₄ 和 Br₂

B. NH₃ 和 H₂O

C. H₂S 和 CCl₄

D. CO₂ 和 HCl

- Na₃N 是离子化合物,它与水作用可产生 NH₃,下列叙述正确的是 ()

A. Na₃N 与盐酸反应后生成两种盐

B. 在 Na₃N 与水的反应中,Na₃N 作还原剂

C. Na⁺ 与 N³⁻ 的电子层结构都与氖原子相同

D. Na⁺ 的半径大于 N³⁻ 的半径

- (2002·全国理综)制取氨气并完成喷泉实验(图 1-2-4 中夹持装置均已略去)。

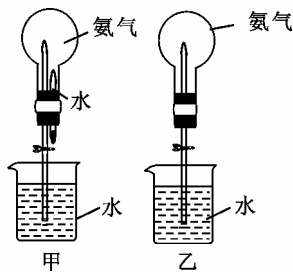


图 1-2-4

- 写出实验室制取氨气的化学方程式_____。
- 收集氨气应使用_____法,要得到干燥的氨气可选用_____作干燥剂。
- 用图 1-2-4 甲装置进行喷泉实验,上部烧瓶已装满干燥氨气,引起水上喷的操作是_____。该实验的原理是_____。
- 如果只提供如图 1-2-4 乙的装置,请说明引发喷泉



的方法是_____.



课后拓展

1. 按图 1-2-5 所示装置进行实验:

(1) 实验开始一段时间后,可观察到锥形瓶口上方有白烟生成,请将可能观察到的其他现象补齐_____.

有关化学方程式为_____.

(2) 由于气温的原因,上述实验一段时间后现象不太明显,需向锥形瓶内加入下列哪种物质才能看到明显的现象(填代号)_____.

- A. NaOH 固体
B. 生石灰
C. 浓 H_2SO_4
D. NH_4Cl 固体

2. 如图 1-2-6 中,锥形瓶内盛有气体 X,滴管内盛有液体 Y. 若挤压滴管胶头,使液体 Y 滴入瓶中,振荡,过一会可见小气球 a 鼓起. 气体 X 和液体 Y 不可能是 ()

- A. X 是 NH_3 , Y 是水
B. X 是 SO_2 , Y 是 NaOH 浓溶液
C. X 是 CO_2 , Y 是稀硫酸
D. X 是 HCl, Y 是 NaNO_3 稀溶液

3. 氯化铵与氯化铍的结构相似,又知 NH_4H 与水反应有 H_2 生成,下列叙述中不正确的是 ()

- A. NH_4H 是离子化合物
B. NH_4H 溶于水所形成的溶液显酸性
C. NH_4H 与水反应时, NH_4H 是氧化剂
D. NH_4H 固体投入少量的水中,有两种气体产生



图 1-2-5



图 1-2-6

第三节 硝酸



预习探路

1. 为什么 98% 以上的浓 HNO_3 有“发烟”现象?

提示 硝酸易挥发,挥发出 HNO_3 产生“发烟”现象.

2. 为什么浓 HNO_3 呈黄色?

提示 硝酸不稳定,易分解 $4\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{光或}\Delta} 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$,产生的 NO_2 溶于浓 HNO_3 而呈黄色.

3. 浓 HNO_3 能否用铝、铁容器盛装?

提示 铝、铁遇冷的浓 HNO_3 发生钝化,故可以盛装.

4. 为什么 Zn 、 Mg 与硝酸反应无 H_2 产生?

提示 NO_3^- 的氧化性强于 H^+ ,所以在金属与硝酸的反应中,是 NO_3^- 而不是 H^+ 氧化金属,故无 H_2 产生.



疑难点解析

1. 溶液中的 NO_3^-

几乎与所有离子能大量共存,但注意,当溶液的酸性较强时可形成硝酸溶液,具有还原性的某些离子则不能与其大量共存,如 NO_3^- 、 H^+ 、 Fe^{2+} 中任意两者能大量共存,但三者则不能大量共存.

即 NO_3^- 在中性或碱性溶液中不表现氧化性,而在酸性溶液中表现强氧化性.

2. 硝酸的强氧化性表现规律如下

① 浓 HNO_3 被还原为 NO_2 , 稀 HNO_3 被还原成 NO (极稀 HNO_3 被还原成 N_2O 或 NH_3).

② 硝酸越浓,其氧化性越强. 硝酸氧化性强弱并不是根据硝酸被还原的产物的化合价改变的大小来决定,而是由得电子难易程度来决定.

③ 由于硝酸的强氧化性,还原剂一般被氧化成最高价态.

④ NO_3^- 通常在碱性或中性溶液中较稳定,而在酸性条件下往往表现出较强的氧化性,其溶液中可发生等效于硝酸性质的反应.

⑤ 浓硝酸的强氧化性还表现为它具有漂白性. 在石蕊试纸上滴几滴浓 HNO_3 , 可见开始时先变红(硝酸的酸性), 微热后红色又逐渐褪去(有时不加热亦有此现象).

例 1 某单质能与浓硝酸反应,若参加反应的单质与硝酸的物质的量之比为 1:4,则该元素在反应中所显示的化合价可能是 ()

- A. +1 B. +2 C. +3 D. +4

解析 在错解中只考虑了某单质为金属单质的情况:(A 代表金属、x 表示其化合价) $\text{A} + 2x\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{A}(\text{NO}_3)_x + x\text{NO}_2 \uparrow + x\text{H}_2\text{O}$. $1:2x=1:4$ 则 $x=2$. 没有全面理解单质还可能是非金属单质这一情况,若单质为非金属单质(用 R 代表, y 表示其化合价)与硝酸反应. $2\text{R} + 2y\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{R}_2\text{O}_y + 2y\text{NO}_2 \uparrow + y\text{H}_2\text{O}$ 或 $\text{R} + y\text{HNO}_3 \longrightarrow \text{RO}_{\frac{y}{2}} + y\text{NO}_2 \uparrow + \frac{y}{2}\text{H}_2\text{O}$, $1:y=1:4$, 则 $y=4$, 所以全面考虑结果选择 B、D.

答案 BD

例 2 a g Cu 与 b g 硝酸溶液恰好反应,若 $a:b=4:10.5$, 则反应中被还原的硝酸的质量为_____.

解析 参加反应的硝酸并不全都被还原,而 $a:b=4:10.5$, 即 Cu 与 HNO_3 的物质的量之比为 3:8, 由方程式 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \longrightarrow 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 可知,被还原的 HNO_3 是参加反应的硝酸的 $\frac{1}{4}$, 即 $\frac{1}{4}b$ g.

答案 $\frac{1}{4}b$ g



典例归类

1. 关于被还原的 HNO_3 与参加反应的 HNO_3 的数量关系问题

例 1 38.4 mg Cu 与适量浓硝酸反应,铜全部作用后,收集到 22.4 mL(标准状况)气体,则反应消耗 HNO_3 的物质的量可能是(不考虑 N_2O_4 的存在) ()

- A. 1.0×10^{-3} mol B. 1.6×10^{-3} mol
C. 2.2×10^{-3} mol D. 2.4×10^{-3} mol

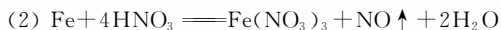
解析 $n(\text{HNO}_3) = 2n[\text{Cu}(\text{NO}_3)_2] + n(\text{NO}_2, \text{NO}) = 2.2 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$

答案 C

例 2 含 m g HNO_3 的稀硝酸,恰好使 5.6 g 铁粉完全溶解,若 HNO_3 被还原成 NO(无其他还原产物),则 m 的值不可能是 ()

- A. 12.6 B. 16.8 C. 18.9 D. 25.2

解析 可能发生的反应:



$$n(\text{Fe}) = 0.1 \text{ mol}$$

(1)(2)中参加反应的 HNO_3 为

$$m_1 = \frac{8}{3} \times 0.1 \text{ mol} \times 63 \text{ g/mol} = 16.8 \text{ g}$$

$$m_2 = 4 \times 0.1 \text{ mol} \times 63 \text{ g/mol} = 25.2 \text{ g}$$

故 $m_1 \leq m \leq m_2$ 均可以。

答案 A

2. 关于氧化还原反应的电子守恒问题

例 3 在标准状况下,将 1.92 g 铜和一定量的浓 HNO_3 反应,随着铜的不断溶解,反应生成的气体的颜色逐渐变浅,当铜全部溶解后,共收集到 1.12 L NO 和 NO_2 组成的混合气体,据此可知生成 NO 的体积为 ()

- A. 112 mL B. 108 mL C. 224 mL D. 448 mL

解析 由电子得失相等可解答题。

$$n(\text{NO}) + n(\text{NO}_2) = \frac{1.12 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} = 0.05 \text{ mol}$$

$$\text{电子守恒: } 3n(\text{NO}) + 0.05 \text{ mol} - n(\text{NO}) = \frac{1.92 \text{ g}}{64 \text{ g/mol}} \times 2$$

$$n(\text{NO}) = 0.005 \text{ mol}$$

$$V(\text{NO}) = 0.005 \text{ mol} \times 22.4 \text{ L/mol} = 0.112 \text{ L}$$

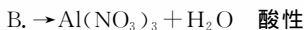
答案 A

3. 关于硝酸的氧化性和酸性的表现问题

例 4 在下列反应中,硝酸既表现氧化性又表现酸性的是 ()

- A. FeO 和 HNO_3 B. $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 HNO_3
C. H_2S 和 HNO_3 D. Cu 和 HNO_3

解析

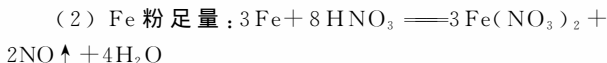
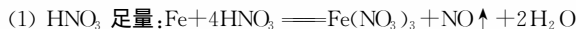


答案 AD

4. 关于 HNO_3 还原产物的判断问题

例 5 28 g 铁粉完全溶于 500 g 质量分数为 20.16% 的稀 HNO_3 溶液中,二者恰好完全反应,试通过计算求生成物是什么?物质的量为多少?

解析 Fe 与稀 HNO_3 可能发生反应:



$$(1) \text{中 } n(\text{Fe}) : n(\text{HNO}_3) = 1 : 4$$

$$(2) \text{中 } n(\text{Fe}) : n(\text{HNO}_3) = 3 : 8$$

题所给 $\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{HNO}_3)} = \frac{5}{16}$, 介于两个反应的定量关系之间,

故生成物是 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ 与 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 的混合物,列方程组可解出 $n[\text{Fe}(\text{NO}_3)_2] = 0.3 \text{ mol}$, $n[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3] = 0.2 \text{ mol}$.

答案 见解析

例 6 如图 1-3-1 所示的转化关系,判断 A、B、C、D、E 各是什么物质。

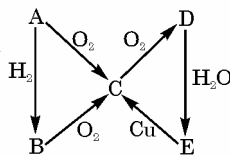


图 1-3-1

(1) 当 A 为气体单质时,

A 是 _____, B 是 _____,

C 是 _____, D 是 _____,

E 是 _____。(写化学式)

写有关反应的化学方程式 _____。

(2) 当 A 为固体单质时,写出有关化学式。

A _____, B _____,

C _____, D _____,

E _____。

答案 (1) N_2 NH_3 NO NO_2 HNO_3

反应方程式略

(2) S H_2S SO_2 SO_3 H_2SO_4



学习日记

本节知识主要是硝酸的性质和用途,在掌握时一定要抓住硝酸的特殊性和硝酸发生反应时的规律性。在解题时要注意隐含条件:一定量硝酸随着反应的进行浓度在逐渐改变,反应原理也会逐渐发生变化,防止解题产生漏洞。

1. 三守恒

(1) 质量守恒:反应前后元素的种类及原子个数相同;

(2) 电子守恒:还原剂失电子总数和氧化剂得电子总数相同;

(3) 电荷守恒:反应前后离子所带电荷的种类和数目均相同。

2. 硝酸的还原产物

浓硝酸一般被还原成 NO_2 ,稀硝酸一般被还原成 NO 。通常硝酸越稀,还原价态越低;还原剂的还原性越强,硝酸的还原价态越低。

3. 硝酸的“三性”

(1) 酸性:硝酸属于强酸;具有酸的通性,但与金属反应不产生氢气;

(2) 不稳定性:硝酸不稳定,见光受热易分解;