

普通高级中学新教材（试验修订本）同步立体训练

北京九所名校



高二化学 第二册（上）

本书主编 张绛珠 北京石景山区中学化学教研室主任 高级教师

北京大学附中

清华大学附中

北京师范大学附中

北京四中

北京师范大学实验中学

中国人民大学附中

教

师

编

写

组

团结出版社 ● 知识出版社

普通高级中学新教材（试验修订本）同步立体训练

北京九所名校金牌解题

高二化学

（第二册·上）

主 编 向佐初

副主编 鲁 月

本书主编：

张绛珠：北京市石景山区中学化学教研室主任、高级教师

团结出版社
知识出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

北京九所名校金牌解题. 高二化学·第2册·上 / 向佐初主编; 张绛珠分主编. - 北京: 知识出版社, 团结出版社, 2000.7

ISBN 7-5015-2667-2

I. 北… II. ①向…②张… III. 化学课-高中-教学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 67149 号

北京九所名校金牌解题丛书编委

胡国燕	刘德齐	戴凤春	张燕华	阮国杰	陈伟聪	刘晓昭
冀幼华	李建华	郝铁英	范仲平	张绛珠	郑妍	李意如
刘锄非	羿阳	鲁月	李妍华	余传隆	马玉森	吴建新
张美莉	杨春明	陈杰勋	陈鸿征	陈家骏	容建新	范雅妍

本书撰稿者

张绛珠 张景富 张春侠 张莉 周亚宏 杜素英 薛艳梅
檀猛 张卫 徐建

出版: 知识出版社 团结出版社 (北京市东城区东皇城根南街 84 号)

[电话 (010) 8205.9220 6513.3603(发行部)6524.4792(编辑部)]

<http://www.tuanjiecbbs.com> E-mail: unitypub@263.net

经销: 全国新华书店

印刷: 长沙鸿发印务实业有限公司

开本: 787×1092 毫米 16 开

印张: 7.5 字数: 185 千字

版次: 2001 年 7 月 第二版

印次: 2002 年 7 月 (长沙) 第二次印刷

书号: ISBN 7-5015-2667-2/G·1309

定价: 8.00 元 (平) (如有印装差错, 请与本社联系)

目 录

教材解析

第一章 氮族元素

第一节 氮和磷	(1)
第二节 氨 铵盐	(6)
第三节 硝酸	(11)
第四节 氧化还原反应方程式的配平	(17)
第五节 有关化学方程式的计算	(19)

第二章 化学平衡

第一节 化学反应速率	(25)
第二节 化学平衡	(29)
第三节 影响化学平衡的条件	(31)
第四节 合成氨条件的选择	(35)

第三章 电离平衡

第一节 电离平衡	(38)
第二节 水的电离和溶液的 pH	(43)
第三节 盐类的水解	(48)
第四节 酸碱中和滴定	(52)

第四章 几种重要的金属

第一节 镁和铝	(56)
第二节 铁和铁的化合物	(64)
第三节 金属的冶炼	(71)
第四节 原电池原理及其应用	(73)

测 试 卷

第一章 氮族元素	(78)
第二章 化学平衡	(81)
第三章 电离平衡	(87)
第四章 几种重要的金属	(93)
期中考试卷	(97)
期末考试卷	(104)
测试卷参考答案	(109)

第一章 氮族元素

教材解析

第一节 氮和磷

一、重点难点分析

1. 氮族元素原子结构特点及主要性质

氮族元素在元素周期表中属第 VA 族元素,包括氮(N)、磷(P)、砷(As)、锑(Sb)、铋(Bi)等五种元素。

(1) 氮族元素原子结构:

①表示方法: $\begin{array}{c} \text{(+7)} \\ \text{2 5} \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{(+15)} \\ \text{2 8 5} \end{array}$ (原子结构示意图)

$\cdot\ddot{\text{N}}\cdot$ 、 $\cdot\ddot{\text{P}}\cdot$ 、砷 $\cdot\ddot{\text{As}}\cdot$ (电子式)

②比较 $\left\{ \begin{array}{l} \text{相同点: 最外层都有 5 个电子, 电子式可表示为 } \cdot\ddot{\text{R}}\cdot \\ \text{不同点: 电子层数不同, 随核电荷数增加, 电子层数逐渐增多, 原子半径逐渐增大} \end{array} \right.$

(2) 氮族元素的主要性质

相似性: ①主要化合价相同: 最高正价为 +5, 负化合价为 -3 ②最高价氧化物水化物为酸, 分子式为 H_3RO_4 ③气态氢化物分子式都为 RH_3 型

递变规律: ①非金属性逐渐减弱, 金属性逐渐增强, 其中氮、磷表现出较显著的非金属性, 砷虽是非金属, 但已表现出一些金属性, 而锑、铋已表现出比较明显的金属性了。

②气态氢化物稳定性递变规律:

NH_3 PH_3 AsH_3 SbH_3 BiH_3
稳定性逐渐减弱, 还原性逐渐增强

③最高价氧化物对应水化物酸碱性递变规律

HNO_3 H_3PO_4 H_3AsO_4 H_3SbO_4 HBiO_3
酸性逐渐减弱, 碱性逐渐增强

2. 氮气

(1) 结构特点: 氮原子最外层有 5 个电子, 得电子能力强于失电子能力. 氮分子是双原子分子, 两个氮原子通过三个共价键结合起来. 键能很大, 当 N_2 参加反应时条件苛刻。

(2) N_2 的化学性质: 由于氮分子键能很大, 所以氮气的性质很稳定, 只有在一定条件下才能发生一些化学反应。

①与 H_2 的反应: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$

②与 O_2 的反应: $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{NO}$

③与 Mg 的反应: $\text{N}_2 + 3\text{Mg} \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Mg}_3\text{N}_2$ (将镁条在空气中点燃, 其产物有 MgO 和 Mg_3N_2 . 可利用生成物与水反应放出 NH_3 来鉴定 Mg_3N_2 的存在).

其化学方程式为 $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_3 \uparrow$

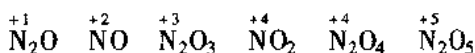
由于氮元素的非金属性较强, 与金属反应生成的化合物一般为离子化合物. Mg_3N_2 的电子式为: $\text{Mg}^{2+} [\times \ddot{\text{N}} \times]^{3-} \text{Mg}^{2+} [\times \ddot{\text{N}} \times]^{3-} \text{Mg}^{2+}$

(3)氮气的制法: 工业上从空气中分离出 N_2

(4)氮气的用途: 利用氮气的惰性做保护气(充灯泡、焊接金属、保存粮食); 利用其化学性质合成氨、硝酸

(5)氮的固定: 将空气中游离的氮转变为氮的化合物的方法, 叫做氮的固定. 固定方式有自然固氮和人工固氮. 雷雨天产生 NO 气体、豆科植物的根瘤菌把空气中的氮气变成铵盐就是自然固定. 工业上合成氨是人工固氮.

3. 氮的氧化物



N_2O 无色气体俗称“笑气”

NO 是无色气体, 是不成盐氧化物, 有毒, 能跟人体血红蛋白结合, 使其失去携氧能力.

N_2O_3 是淡蓝色固体是亚硝酸的酸酐: $\text{N}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_2$

NO_2 是红棕色气体, N_2O_4 是无色气体. NO_2 和 N_2O_4 可以互相转化 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$, NO_2 有剧毒, N_2O_5 是无色固体, 是硝酸的酸酐 $\text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3$

3. 一氧化氮和二氧化氮的比较

名称	一氧化氮	二氧化氮
物理性质	无色气体不溶于水	红棕色气体, 有刺激性 气味易溶于水
毒性	有毒! 能跟血红蛋白 结合, 使其失去携氧能力	有毒! 能刺激呼吸器官引 起呼吸道及肺部病变
化学性质	还原性较强 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$	氧化性强、能使湿润 淀粉碘化钾试纸变蓝 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ $\text{NO}_2 + \text{SO}_2 = \text{NO} + \text{SO}_3$ $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$
生成的反应	$\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{NO}$ $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{高温高压}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 实验室制备: $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀})$ $= 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$	$2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ $4\text{HNO}_3 \xrightarrow{\Delta \text{或见光}} 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 实验室制备: $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓})$ $= \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2 \uparrow$

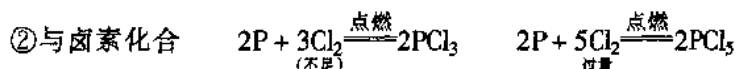
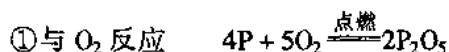
4. 磷

(1)同素异形体:一种元素形成几种单质的现象叫做同素异形现象.由同一种元素形成的多种单质,叫做这种元素的同素异形体.磷的同素异形体有红磷和白磷.

(2)白磷和红磷的比较(互为同素异形体)

名称	白磷	红磷
结构	分子由 4 个磷原子结合成 P_4 , 为正四面体型分子	P. 比白磷复杂
色态	白色蜡状质脆的固体	暗红色粉末
溶解性	不溶于水微溶于酒精 易溶于 CS_2 中	不溶于水, 也不溶于 CS_2
毒性	剧毒	无毒
被氧化情况	常温下易氧化发磷光 有自燃性(应保存于水中)	常温时不氧化. 保存密闭容器中即可
相互转化	$\text{白磷} \xrightleftharpoons[416^\circ\text{C 升华}]{260^\circ\text{C (隔绝空气)}} \text{红磷} + 16.7\text{kJ}$	

(3)磷的化学性质:

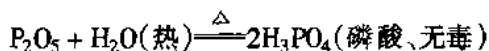
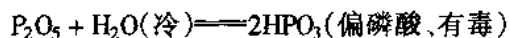


PCl_3 通常是无色液体, PCl_5 是白色固体, 磷在氯气中燃烧一般同时生成这两种产物, 所以磷在氯气中燃烧的现象是产生白色烟雾.

③磷与 H_2 很难直接化合, 用间接的方法可得到磷跟氢的化合物. 最普通的是磷化氢(PH_3), PH_3 是一种无色而有大蒜气味的气体, 在空气中可燃烧.

(4) P_2O_5 的性质

P_2O_5 是磷酸的酸酐, 简称“磷酐”, 是一种白色固体, 极易吸水, 可做干燥剂(是一种非氧化性酸性干燥剂), 磷酐属于酸性氧化物, 能与水、碱、碱性氧化物作用. 与水反应时温度不同产物亦不同.



(5) H_3PO_4 的性质及其制备

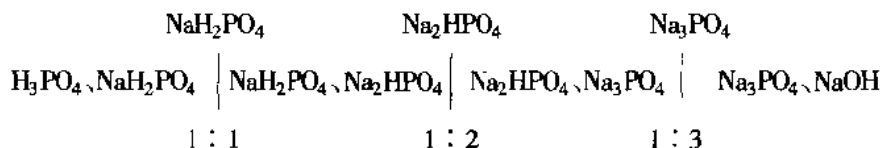
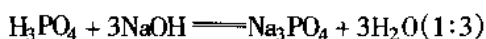
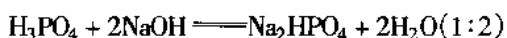
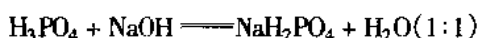
①磷酸是一种中等强度的三元酸, 不易挥发, 不易分解、无氧化性.

磷酸具有酸的通性 {

- ①与指示剂作用
- ②与活泼金属作用
- ③与碱反应
- ④与碱性氧化物作用
- ⑤与盐反应

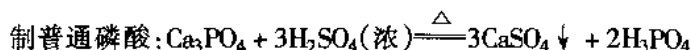
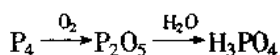
实验室利用磷酸难挥发性和无氧化性制取 HBr 或 HI 等 $3\text{NaBr} + \text{H}_3\text{PO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{HBr} \uparrow$; $3\text{NaI} + \text{H}_3\text{PO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{HI} \uparrow$

②磷酸是一种三元酸,在与碱反应时,由于二者的物质的量之比不同,可能生成多种磷酸盐.以 H_3PO_4 与 NaOH 反应为例:



③磷酸的制备

白磷用于制备高纯度 H_3PO_4



滤去微溶于水的 CaSO_4 沉淀,所得滤液就是磷酸溶液.

(6)磷酸盐

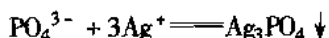
①水溶性:磷酸二氢盐全溶于水;磷酸一氢盐和正盐除钾、钠、铵盐外均不溶于水.

②两种磷酸的酸式盐与碳酸和亚硫酸的酸式盐一样,既能与强酸又能与强碱反应.

③常见的磷肥有过磷酸钙: $[\text{CaSO}_4 \text{ 和 } \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \text{ 的混合物}]$ 、重钙 $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$.

④ PO_4^{3-} 的检验

用 AgNO_3 溶液和稀 HNO_3 .若在溶液中加入 AgNO_3 溶液有黄色沉淀生成,再加稀硝酸黄色沉淀又溶解,则可知溶液中有 PO_4^{3-} 离子.



与 AgNO_3 生成黄色沉淀的还有 AgI ,但 AgI 是不溶于稀 HNO_3 的.

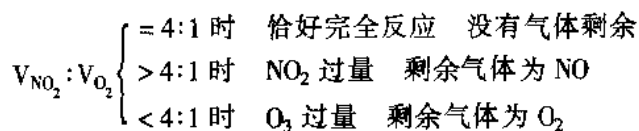
若要鉴别 H_2PO_4^- 中的 PO_4^{3-} 离子,应先加碱中和酸后,再加 AgNO_3 溶液即可.若不加碱而直接加 AgNO_3 溶液,由于磷酸银沉淀可溶于酸,将不会生成 Ag_3PO_4 的黄色沉淀.

(7)将 NO 、 NO_2 溶于水的计算

① NO_3 或 NO_2 与 N_2 的混合气体溶于水时可依据: $3\text{NO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 利用气体体积差进行计算.

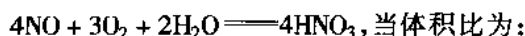
② NO_2 和 O_2 的混合气体溶于水时,可据 $4\text{NO}_2 + \text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{HNO}_2$ 利用差量法进行计算.

当 NO_3 和 O_2 的体积比为:



③ NO 和 O_3 同时通入水中时,其反应是: $2\text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2$ $4\text{NO}_2 + \text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{HNO}_3$,总

反应式为:



$$V_{\text{NO}}:V_{\text{O}_2} \begin{cases} = 4:3 \text{ 时} & \text{恰好完全反应 没有气体剩余} \\ > 4:3 \text{ 时} & \text{剩余 NO} \\ < 4:3 \text{ 时} & \text{剩余 O}_2 \end{cases}$$

④当 NO_2 、 NO 和 O_2 三种混合气通入水中时,可考虑设其中两种物质先反应,从而转化为上述方法之一进行计算.

二、典型例题分析

例 1 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 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

分析:比较元素的非金属性主要考虑以下几点:1. 根据元素周期律,在周期表中,同周期从左到右金属性逐渐减弱,非金属性逐渐增强;同主族由上到下非金属性逐渐减弱,金属性逐渐增强.2. 非金属与氢气化合越容易,形成气态氢化物越稳定,此非金属性越强.3. 最高价氧化物对应水化物酸性越强,此元素的非金属性越强.据以上几点,不难得出答案选 A、D

例 2 判断下列说法是否正确()

- (1)氮分子稳定,所以氮元素的非金属性弱.
- (2)燃着的镁条能用二氧化碳或氮气灭火
- (3)一氧化氮、二氧化氮属于酸性氧化物或酸酐.
- (4)工业上用二氧化碳和水吸收氮可制得碳酸氢铵,这一过程称为氮的固定

分析:(1)元素的非金属性主要是元素原子结合电子的能力,结合电子能力越强,元素的非金属性就越强.由于氮原子的结合能力比较强,所以氮元素是比较活泼的非金属元素.而氮分子是由氮原子与氮原子之间通过 3 个共用电子对结合而成的,当氮分子与其它微粒作用时,必须要使 $\text{N} \equiv \text{N}$ 间三个共价键发生断裂,这就需吸收很多能量,所以氮分子是很稳定的,通常情况下氮气不易于其它物质作用.综上分析可明确一点就是分子的活泼性和元素的活泼性是两个不同的概念.由此看来,氮元素的活泼性和氮分子的稳定性并不矛盾,故(1)说法不正确.(2)应明确 Mg 是活泼金属,在燃烧时能与 CO_2 和 N_2 反应. $2\text{Mg} + \text{CO}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{MgO} + \text{C}$; $3\text{Mg} + \text{N}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Mg}_3\text{N}_2$ 而继续燃烧.所以氮气的不燃烧,不助燃这一化性是相对的, CO_2 的灭火也是相对的.活泼金属的着火是不能用 CO_2 或氮气熄灭的,应用砂子盖灭才对.(3)应明确酸性氧化物,其中心元素的化合价必须与相应的含氧酸中该元素的化合价一致.含氮的酸有 HNO_2 和 HNO_3 ,其中 N 的化合价分别为 +3 和 +5 价,而 NO 和 NO_2 的化合价分别为 +2 和 +4 价,与这两种含氧酸中氮的化合价不一致,所以 NO 、 NO_2 不属于酸酐.(4)氮的固定是将空气中游离的氮转变为氮的化合物的方法,称为氮的固定.用氨、水、二氧化碳反应制备碳酸氢铵的反应中并不是直接以游离氮气作为反应物来制取氮的化合物.故不属于氮的固定.以上说法不正确.

答案为(1)×(2)×(3)×(4)×

例 3 鉴别 NO_2 气体和 Br_2 蒸气可用()

- A. AgNO_3 溶液
- B. KOH 溶液

C. 湿润的淀粉碘化钾试纸 D. 紫色石蕊试液

分析: A 可以, AgNO_3 溶液可与 Br_2 反应, 生成淡黄色沉淀, 而 NO_2 不与 AgNO_3 反应, 无明显现象. B 不可以, NO_2 与 Br_2 均与 KOH 溶液反应, 现象相同. C 不可以, NO_2 与 Br_2 均有强氧化性, 均可使 $2\text{I}^- \xrightarrow{\text{失 } 2e^-} \text{I}_2$ 致试纸变蓝色. D 不可以, NO_2 和 Br_2 均与水反应生成强酸, 致使紫色石蕊液变红色. 答案选 A

例 4 将盛满 24mL NO_2 的试管倒立在水中, 最后剩余多少毫升气体?

解: 据反应 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ V 减少

3	3 - 1 = 2
24	x

可知体积减少量为 $x = \frac{2 \times 24}{3} = 16(\text{mL})$

试管内剩余气体量为 $24\text{mL} - 16\text{mL} = 8\text{mL}$

答: 最后剩余气体为 8ml

例 5 0.1mol 红磷在一定量的氯气中燃烧后, 质量增加 14.2g, 则生成的物质是()

A. 只有 PCl_3 B. 只有 PCl_5 C. PCl_3 和 PCl_5 的混合物 D. PCl_4

分析: 采用计算 1mol 物质中各元素的原子个数比的方法, 14.2g 是氯气的质量, 则 Cl_2 的物质的量为: $\frac{14.2\text{g}}{35.5\text{g/mol}} = 0.4\text{mol}$. 得知磷原子与氯原子的物质的量之比为 1:4. 可确定生成物是 PCl_3 和 PCl_5 的混合物. 答案选 C

例 6 证明红磷和白磷是同素异形体的事实是()

A. 红磷无毒 白磷有毒
B. 红磷的结构比较复杂, 白磷分子的空间构型为正四面体型
C. 红磷和白磷在充足的氧气中燃烧都只生成五氧化二磷
D. 红磷的着火点高, 白磷的着火点低

分析: 白磷和红磷都是由磷元素组成的单质, 在与 O_2 反应时均生成 P_2O_5 用此性质可以证明它们是互为同素异形体的. 答案选 C

第二节 氨 铵盐

一、重点难点分析

1. 氨

(1) 氨分子的结构:

氨分子为三角锥形的极性分子, 电子式 $\text{H} : \overset{\text{H}}{\underset{\cdot\cdot}{\text{N}}} : \text{H}$ 结构式 $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \end{array}$

(2) 氨气的物理性质:

无色、有刺激性气味气体, 比空气轻, 易液化, 极易溶于水(1:700). 喷泉实验用于证明氨气极易溶于水, 且氨水显碱性. 另外, 氨水的浓度越大, 密度越小, 氨水的密度小于水的密度. 与此相类似的还有酒精, 它们的浓度与密度的关系与硫酸、盐酸、烧碱等刚好相反.

(3) 氨气的化学性质:

A 碱性: 与水反应: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$

①溶液呈碱性: 氨气能使湿润的红色石蕊试纸变蓝, 这是检验氨气的一种方法. 在氨水中氮元

素的主要存在形式是 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, NH_3 和 NH_4^+ 很少.

②与酸反应成铵盐: $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$ (氨与氯化氢相遇时会生成浓的白烟, 这也是检验氨气的一种方法.) $2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

③与盐反应: $\text{Mg}^{2+} + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_4^+$

$\text{Al}^{3+} + 3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4^+$,

B 还原性: NH_3 中 N 为 -3 价, 处于最低价态, 具有还原性

①氨的催化氧化: $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{催化剂}} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$

②* 氨在纯氧中燃烧: $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 (\text{纯氧}) \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

③* 与氯气反应: $8\text{NH}_3 (\text{足}) + 3\text{Cl}_2 = 6\text{NH}_4\text{Cl} + \text{N}_2$ $2\text{NH}_3 (\text{不足}) + 3\text{Cl}_2 = 6\text{HCl} + \text{N}_2$

(4)氨气的用途:

制冷剂、制化肥(硫酸、硝酸、尿素等)、制硝酸

(5)氨气的制法:

①实验室制法:

原理: $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

发生装置: 固、固加热制气装置, 还可用来制备氧气等

收集: 只能用向下排空气法

干燥: 碱石灰

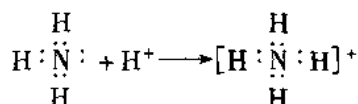
验满: 用湿润的红色石蕊试纸(变蓝)或者用蘸有浓盐酸的玻璃棒接近瓶口(产生白烟)

②工业制法: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$

* 氮化物的性质: $\text{Mg}_3\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = 3\text{Mg}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{NH}_3 \uparrow$

2. 铵盐

(1)形成与结构: 铵根(NH_4^+)离子是氨分子与酸电离出的 H^+ 通过配位键而形成的, 其电子式可表示为:



铵根离子为正四面体构型, 其中的 4 个 N—H 键的键长、键角都相等.

(2)物理性质: 易溶于水的无色离子晶体

(3)化学性质:

①易分解: 由不稳定性酸生成的铵盐, 如: $\text{NH}_4\text{HCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

由挥发性酸生成的铵盐, 如: $\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{HCl} \uparrow$

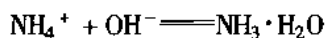
(冷却相遇: $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$)

由强氧化性酸生成的铵盐: 如: $\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{N}_2\text{O} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

或 $4\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{\Delta} 3\text{N}_2 \uparrow + 2\text{NO}_3 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ (受热分解生成的氨气被氧化)

②与碱反应: 由于氨气的溶解度很大, 所以铵盐在稀溶液中与碱溶液反应时, 因反应条件的不同, 反应的离子方程式也有所不同. 如在加热和不加热的条件下, 反应的离子方程式分别为:

$\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ (用于 NH_4^+ 的检验)



③铵离子的检验方法:将晶体与浓 NaOH 溶液混合共热,再用湿润的红色石蕊试纸检验产生的气体,若试纸变蓝,则有 NH_4^+ ,证明是铵盐.

3. 几个比较

(1)液氨和氨水的比较

名称	液氨	氨水
形成	氨液化	氨气溶于水
物质类别	纯净物	混合物
微粒种类	NH_3 分子	NH_3 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 H_2O 、 NH_4^+ 、 OH^- 、 H^+
部分性质	不能导电,不显碱性	部分电离,能导电,具有碱性
存在条件	常混常压下不能存在	常温常压下存在于溶液中
用途	用作致冷剂	用作化学试剂或直接作化肥

(2)氨与铵的比较

名称	氨	铵
组成	由 1 个 N 原子与 3 个 H 原子组成	由 1 个 N 原子与 4 个 H 原子组成
电子式	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H} : \ddot{\text{N}} : \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ [\text{H} : \ddot{\text{N}} : \text{H}]^+ \\ \\ \text{H} \end{array}$
电性	呈电中性	带一个单位正电荷的离子
空间构型	三角锥型	正四面体
存在	可以单独存在	只存在于氨水或铵盐中
主要性质	1. 无色,易溶,有刺激性气味 2. 与水、酸等反应,水溶液呈碱性, 3. 能发生催化氧化	1. 无色,易溶 2. 与热的浓碱反应放出氨气
检验	用湿润的红色石蕊试纸检验	与碱共热后用湿润的红色石蕊试纸检验
相互转化	$\text{NH}_3 \xrightleftharpoons[\text{OH}^-]{+\text{H}^+} \text{NH}_4^+$	

4. 喷泉实验的本质

进行喷泉实验的条件是:气体在液体中的溶解度很大,能产生足够的压强差(负压).中学阶段,溶于水能形成喷泉现象的常见气体有: NH_3 、 HCl 、 HBr 、 HI 、 SO_2 、 NO_2 等,这些气体在水中的溶解度大,溶于水后使烧瓶中的压强大大减小,外界大气压把水压入烧瓶而形成喷泉. CO_2 、 H_2S 、 Cl_2 等在水中溶解度不大的气体,不能形成喷泉,但若将水改成 NaOH 溶液,这些气体在碱性溶液中溶解度显著增大,因而能够形成喷泉.喷泉实验成功的关键:a. 装置要干燥;b. 装置的气密性要好;c. 收集的气体纯度要高.

下面借鉴物理知识以 NH_3 的喷泉实验为例来说明气体在液体中溶解度多大时才能形成喷泉。假设实验时所用的烧瓶容积为 250mL, 玻璃导管长 35cm, 胶头滴管内能挤出约 0.5mL 的水, 则在 0.5mL 水中要溶解多少体积的气体才能形成喷泉?

要使水顺利喷出, 瓶内外的压强必须超过一个特定的值, 即这个压强差(设为 ΔP)必须克服玻璃导管水柱的重力作用才能使水顺利压入烧瓶。由物理学知识可知: 1 个标准大气压相当于由 10.34m 高的水柱产生的压强。则有: $1\text{atm}:10.34\text{m} = \Delta P:0.35\text{m}$, 所以 $\Delta P = 0.034\text{atm}$, 即烧瓶内气体压强至少减小至 0.966atm 。由道尔顿分压定律 $P_{\text{总}} V_{\text{分}} = P_{\text{分}} V_{\text{总}}$, 得 $1\text{atm} \times V = 0.034\text{atm} \times 250\text{mL}$, 所以 $V = 8.50\text{mL}$ 。即此压强差 ΔP 相当于由 8.50mL 气体所产生的压强。所以当 0.50mL 水中溶解 8.50mL 气体时, 水就可以喷出。由此可知, 当气体的溶解度大于或等于 17, 就能成功地进行喷泉实验了。例如 HCl 、 HBr 、 HI 、 SO_2 、 NO_2 等气体溶于水后均可以类似 NH_3 气体形成美丽的喷泉。

5. 氮肥

氮元素是组成蛋白质的主要成分, 是维持动植物生命活动不可缺少的营养素。但是, 动植物不能直接从大气中摄取游离态的氮, 动物可从植物性食物和动物性食物中摄取含氮的有机物, 而植物却只能从土壤里摄取含氮的盐类, 这些能促进农作物生长的盐类在农业上统称为氮肥。

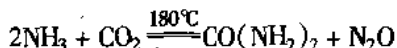
(1) 氮肥的分类:

氮肥 $\left\{ \begin{array}{l} \text{天然氮肥: 人类尿、厩肥等} \\ \text{化学肥料} \left\{ \begin{array}{l} \text{硝酸钠、硝酸钾、硝酸钙、硝酸铵} \\ \text{硫酸铵、氯化铵、氨水、碳酸氢铵、尿素} \end{array} \right. \end{array} \right.$

(2) 使用最普遍的化学氮肥是硫酸铵、硝酸铵、氨水和碳酸氢铵。使用氮肥时应注意: 氨水施用时要防挥发, 碳酸氢铵受热易分解, 贮存和运输时要密封, 避免受潮或曝晒, 施用后要盖土或立即灌溉。硝酸铵晶体易吸湿结块, 用铁器撞击又易爆炸, 所以常把它制成颗粒状, 这样既能克服以上缺点, 又可以施用方便。铵盐氮肥易与碱反应, 生成氨气而逸去, 从而使肥料失效, 因此施用时不能与消石灰混合施用, 反应方程式为:



硫酸铵属于酸性肥料, 长期施用时会使土壤酸化而影响植物生长, 所以使用一段时间后要注意改良土壤。尿素为白色晶体, 易溶于水, 中性肥料, 含 N 量最高(46%)。制法:



(3) 计算氮肥的有效成分: 氮肥的有效成分, 通常以该纯净肥料里含氮的质量分数来表示。如:

$$\text{N}\% = \text{N 的式量} / \text{NH}_4\text{Cl 的式量} \times 100\% = 14 / 53.5 \times 100\% = 26.16\%$$

$$\text{N}\% = 2\text{N 的式量} / \text{NH}_4\text{NO}_3 \text{ 的式量} \times 100\% = (2 \times 14) / 80 \times 100\% = 35\%$$

6. 气体溶于水后物质的量浓度的计算

一般地, 溶解多少体积的气体就进入烧瓶中多少体积的溶液。

(1) 单一气体: HCl 、 NH_3 等气体喷泉实验后物质的量浓度的计算。

HCl 、 NH_3 极易溶于水, 溶质分别为 HCl 和 NH_3 , 气体和体积就是最后溶液的体积, 所以所得溶液的物质的量浓度 $= V \times 22.4^{-1} / V_{\text{mol}} / \text{L} = \frac{1}{22.4} \text{mol} / \text{L} = 0.045 \text{mol}$ 。以上数据适用于喷满烧瓶或喷不满烧瓶两种情况。

(2) 混合气体:

① NO_2 、 O_2 混合气体做喷泉实验。如果烧瓶充满水, 则 NO_2 和 O_2 恰好完全反应, 方程式如下: $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HNO}_3$ 。此时气体的体积 V_{L} , HNO_3 水溶液的体积也为 V_{L} , 则物质的量浓度计

算式如下:

$$C(\text{HNO}_3) = V \times 4/5 \times 22.4^{-1} \times V^{-1} = 4/5 \times 1/22.4 \text{ mol/L} = 1/28 \text{ mol/L} = 0.036 \text{ mol/L}$$

②NO、O₂混合气体做喷泉实验.如果烧瓶充满水,则NO和O₂按下式恰好反应:4NO + 3O₂ + 2H₂O = 4HNO₃.此时气体体积为VL, HNO₃溶液的体积也为VL,则HNO₃溶液的物质的量浓度计算式如下:

$$C(\text{HNO}_3) = V \times 4/7 \times 22.4^{-1} \times V^{-1} = 4/7 \times 1/22.4 \text{ mol/L} = 1/39.2 \text{ mol/L} = 0.026 \text{ mol/L}$$

③NH₃、N₂(或HCl、N₂)混合气体做喷泉实验.由于气体含不溶于水的杂质,所以水不能充满整个烧瓶,充入水的体积即为NH₃(或HCl)气体的体积.如水充满2/3,则NH₃(或HCl)占2/3,物质的量浓度计算式如下:

$$C(\text{NH}_3) = V \times 2/3 \times 22.4^{-1} / (2/3 \times V) = 1/22.4 \text{ mol/L} = 0.045 \text{ mol/L}$$

二、典型例题分析

例1 用加热可分离的一组是 ()

A. 氯化铵和消石灰 B. 碳酸铵和过氧化钠 C. 碘和食盐 D. 硝酸铵和硫酸钠

分析:A组受热时发生反应 $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \uparrow$. B组受热时NH₄HCO₃分解产生H₂O、CO₂,又会再与Na₂O₂反应. C组碘受热升华后再冷凝,可与食盐分离. D组NH₄NO₃受热时易发生氧化—还原反应. 正确答案是C

例2 可以干燥氨气的物质是 ()

A. 浓硫酸 B. P₂O₅ C. 碱石灰 D. 固体NaOH

分析:选择干燥剂应根据被干燥的气体的性质和干燥剂的性质而定,原则是干燥剂只能吸收气体中的水分而不得与气体发生反应. 浓硫酸、P₂O₅不仅能吸水而且能吸收氨气,另外,无水CaCl₂遇氨气也反应,故不能用于干燥氨气. 正确答案是C、D

例3 在标准状况下,将439L氨气溶于1L水中,得到密度为0.9g/mL的氨水(水的密度为1g/mL). 试求氨水的质量分数和物质的量浓度.

分析:氨水的质量分数a% = 氨水中氨气的质量/氨水的质量 × 100%

$$= (439/22.4 \times 17) / (1000 + 439/22.4 \times 17) \times 100\% = 25\%$$

氨水的物质的量浓度 = 氨水中氨气的物质的量(或一水合氨的物质的量)/氨水的体积

$$= (439/22.4) / [(1000 + 439/22.4) / (0.91 \times 1000)] \\ = 13.4 \text{ mol/L}$$

或氨水的物质是量浓度 = (100 × 0.91 × 25%) / (17 × 1) = 13.4 mol/L

正确答案是25%、13.4 mol/L.

例4 密度为0.91g/mL的氨水,质量分数为25%,将该氨水用等体积的水混合均匀后,所得溶液的质量分数 ()

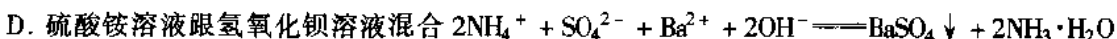
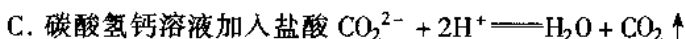
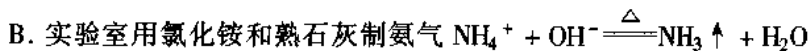
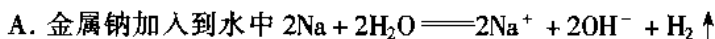
A. 等于12.5% B. 大于12.5% C. 小于12.5% D. 无法确定

分析:本题考查氨水稀释后溶质质量分数的计算和抽象问题具体化的计算方法以及将化学问题抽象为数学问题,(利用不等式关系)的思维能力. 取1体积氨水用1体积水稀释,稀释后溶质的质量分数为: $(1 \times 0.91 \times 25\%) / (1 \times 0.91 + 1 \times 1) \times 100\% = 0.91 / (0.91 + 1) \times 25\% < 0.91 / (0.91 + 0.91) \times 25\% = 1/2 \times 25\% = 12.5\%$. 上式将水的密度1g/mL换为氨水的密度0.91g/mL,得出不等式关系式,无需运算便可得出结论且看出其中的规律:稀释后溶质的质量分数小于原来的一半. 如果是密度大于水的密度1g/mL的稀溶液用等体积水稀释,则上述不等式反号,结论与此相反.

此题若推广到同溶质不同浓度的溶液间进行混合并计算,则有以下规律:(1)若两溶液等质量混合,则混合后溶质的质量分数等于原来两质量分数之和的一半。(2)若两溶液等体积混合,则混合后溶质的质量分数由密度大小确定,①当溶液密度大于 1g/mL 且密度随质量分数的增大而增大时,混合后溶质的质量分数大于原来两质量分数之和的一半,如 H_2SO_4 、 HNO_3 及大多数盐溶液符合这一情况。②当溶液密度小于 1g/mL 且密度随质量分数的增大而减小时,混合后溶质的质量分数小于原来两质量分数之和的一半,如氨水、酒精等溶液符合这一情况。正确答案是 C

例 5 下列离子方程式正确的是

()



分析:因为实验室制氨气,所有原料是固态氯化铵和熟石灰,属于固态反应,不易电离出 NH_4^+ 和 OH^- ,所以习惯上不用离子方程式来表示该原理,B是错误的。因为碳酸氢钙在水中发生如下电离: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$,而 HCO_3^- 不易电离,所以 C 也是错误的,在碳酸氢钙溶液中加入盐酸的正确离子方程式是: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。正确答案是 A、D

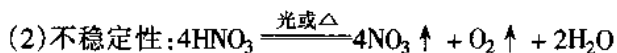
第三节 硝 酸

一、重点难点分析

1. 硝酸的物理性质:纯硝酸为无色有刺激性气味的液体,低沸点(83°C)易挥发,在空气中呈发烟现象,98%的硝酸称为“发烟硝酸”,常用浓硝酸浓度大约为 69%。浓硝酸一般为黄色,是由于 $4\text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{光或}\Delta} 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 产生的 NO_2 溶于硝酸的缘故。

2. 硝酸的化学性质:

(1)强酸性:具有酸的通性。稀硝酸遇石蕊试液变红,浓硝酸遇石蕊试液先变红(H^+ 作用),随后褪色(强氧化作用、即漂白作用)。用此实验可以证明浓硝酸的氧化性比稀硝酸强。

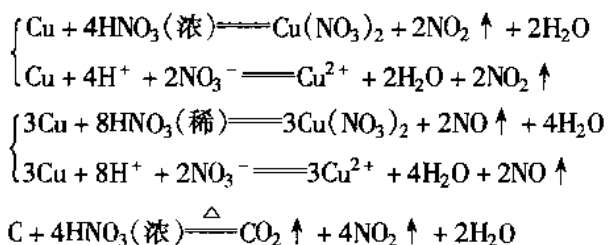


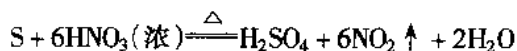
浓硝酸一般呈黄色,是由于硝酸分解产生的 NO_2 溶于硝酸的缘故;硝酸浓度越大越容易分解,因此浓硝酸应放在棕色(避光)细口瓶内,贮放在黑暗而且温度低(避免受热分解)的地方,用玻璃塞(硝酸会腐蚀橡皮塞)而不能用橡皮塞。

(3)强氧化性:是因为 HNO_3 中 +5 价 N 得电子能力强于 H^+ 的得电子能力。

①硝酸越浓,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;

②能氧化除 Au、Pt 以外所有的金属、许多非金属和某些还原性化合物(如: H_2S 、 FeS 、 SO_2 、 Na_2SO_3 、 KI 、 HBr 、 HI 等);





③HNO₃ 与金属反应时既表现了强氧化性又表现了强酸性,与非金属单质反应只表现强氧化性;

④金属跟硝酸反应,一般不产生 H₂,而是浓硝酸被还原成 NO₂,稀硝酸被还原成 NO(极稀 HNO₃ 被还原成 N₂O 或 NH₃),还原剂被氧化成最高价态;

⑤Fe、Al 在冷浓 HNO₃ 中发生钝化(钝化为化学变化);

⑥Cu 与浓 HNO₃ 反应时,随着反应的进行,浓度逐渐变稀,所以 HNO₃ 的还原产物是 NO₂ 和 NO 的混合物,但被还原的 HNO₃ 的物质的量等于还原产物气体的物质的量;

⑦Mg 与稀 HNO₃ 反应的物质的量之比为 4:10,还原产物有两种情况:



金属越活泼、硝酸越稀,HNO₃ 被还原的价态越低;

⑧Au、Pt 不溶于 HNO₃,但溶于王水,王水是浓硝酸和浓盐酸按 1:3 体积之比混合而成的。

3. 硝酸的制法:

(1)实验室制法:利用难挥发性酸制易挥发性酸

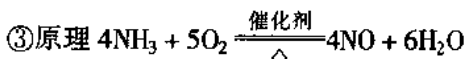


注意:①加热温度不能过高,否则 HNO₃ 会分解,因此只能生成 NaHSO₄ 而不能生成 Na₂SO₄;②HNO₃ 具有强氧化性,会腐蚀橡胶制品,所以不宜采用制 Cl₂ 的装置,通常采用曲颈甑等玻璃仪器。

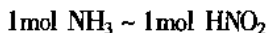
(2)工业制硝酸——氨的催化氧化法

①原料:氨气、水、空气

②设备:氧化炉、吸收塔



④循环操作的意义:从反应 $3NO_2 + H_2O \longrightarrow 2HNO_3 + NO$ 看,只有 $2/3NO_2$ 被转化为 HNO₃,工业上在吸收反应进行过程中,补充一些空气,使 NO 的氧化经过多次循环,尽可能多地转化为硝酸,提高了 NH₃ 中 N 转化成 HNO₃ 的百分率,所以,在计算时可认为



⑤尾气处理:有害气体为 NO、NO₂,可用 NaOH 溶液吸收。



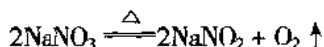
⑥硝酸的浓缩:工业上制得的硝酸浓度一般为 50% 左右,如果要制得更浓的硝酸,可用硝酸镁(或浓硫酸)作吸水剂,将稀硝酸蒸馏浓缩,即可得 96% 以上的浓硝酸,注意不能用 MgCl₂ 作吸水剂,否则会引入 HCl 杂质。

⑦化工生产的一般科学原理:增大反应物的浓度;选择适当的温度;使用催化剂;增大反应物的接触面积;反应物的循环使用;利用化学反应放出的热等。

4. 硝酸盐:一般为无色晶体,极易溶于水。硝酸盐受热分解生成 O₂,故在高温下硝酸盐具有强氧化性;硝酸盐为易爆物,应低温、避光保存;如 AgNO₃ 应存放在棕色瓶中。

* 硝酸盐受热分解规律为:在金属活动顺序表中

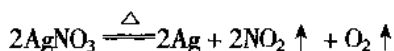
①K ~ Na 的硝酸盐受热分解生成亚硝酸盐和 O₂,如:



②Mg~Cu的硝酸盐受热分解生成金属氧化物、NO₂和O₂,如:

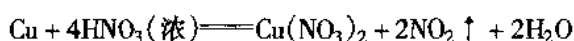
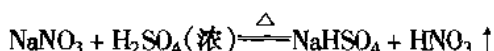


③Cu以后硝酸盐受热分解生成金属单质、NO₂和O₂,如:



在溶液中NO₃⁻几乎与所有的离子能大量共存,由于硝酸盐在溶液中只有在酸性条件下才有强氧化性,因此,当溶液的酸性较强时,具有还原性的某些离子(S²⁻、SO₃²⁻、I⁻、Br⁻、Fe²⁺等)则不能与其大量共存,如NO₃⁻、H⁺、Fe²⁺中任意二者能大量共存,但三者则不能大量共存。

5.NO₃⁻的检验:晶体或浓溶液与浓H₂SO₄、Cu共热时,若产生红棕色气体则含有NO₃⁻,反应原理:



若为稀溶液则先浓缩后再检验。

6. 大气污染与环境保护

(1)环境污染主要包括:大气污染、水污染、土壤污染、食品污染等,还包括固体废弃物、放射性、噪声等污染。

(2)大气污染的主要物质有:硫的氧化物、粉尘、煤烟、氮的氧化物、碳的氧化物、碳氢化合物等。

(3)消除大气污染的主要方法是:减少污染物的排放,消除污染源。

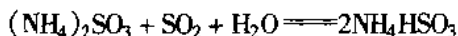
(4)中学化学涉及到与环境保护有关的几个知识点:

①制备Cl₂和使用Cl₂,多余的Cl₂必须用碱液吸收掉。

②H₂S的制取和使用必须在通风橱中进行,实验中多余的H₂S必须用CuSO₄溶液或碱液吸收

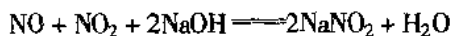
③CO使用时,多余的CO必须采用燃烧法除掉

④接触法制硫酸含SO₂尾气的排放会污染环境,必须用氨水吸收:



并加以回收: $2\text{NH}_4\text{HSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \longrightarrow 2\text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

⑤硝酸工业尾气必须用碱液吸收后才能排放:



⑥炼铁时的高炉煤气和炼钢时的棕色烟气都必须净化回收。

7. 酸的氧化性和氧化性酸:酸的氧化性可能由酸分子引起,也可能由酸根离子或H⁺引起;氧化性酸是指酸根中的成酸元素(中心原子)在反应中表现出较强的得电子的能力,常见的氧化性酸有的是强酸,如浓H₂SO₄、浓HNO₃、稀HNO₃等,也有的是弱酸,如HClO。酸分子或酸根离子不显氧化性的酸称为非氧化性酸,非氧化性酸也有氧化性即酸的氧化性,一般是指酸中+1价的H具有得电子的能力,而表现出的性质,酸在溶液中都能不同程度地电离出H⁺,所以,酸都有氧化性,如稀H₂SO₄、HCl、H₃PO₄、HPO₃(偏磷酸)、HF、H₂S、CH₃COOH(醋酸)等。如果酸根中的成酸元素(中心原子)在反应中表现出较强的失电子的能力,则为还原性酸,如H₂SO₃。