

丛书主编 饶祥明

分册主编 付裕龙

课时优化

重难点课课练

高二 化学(上册)



课时优化·重难点课课练

高二化学(上册)

第3版

丛书主编	饶祥明		
丛书副主编	罗习奇		
执行主编	廖小林	汪小洋	
分册主编	付裕龙		
参编	赵中华	邱国昌	周春勇
	李彩霞	王赞保	全智坚
	赵小明	周永桂	丁瑜
	章菁	姜群英	尧小兰
	阮桂林	江水龙	李承平
	赵文英	邱小华	徐统南



机械工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

课时优化·重难点课课练.高二化学.上册/付裕龙主编.
—3版.—北京:机械工业出版社,2006.6

ISBN 7-111-01881-8

I.课… II.付… III.化学课—高中—习题
IV.G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 051144 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王春雨

封面设计:饶 薇 责任印制:洪汉军

北京振兴源印务有限公司印刷厂印刷

2006 年 7 月第 3 版第 1 次印刷

210mm×297mm · 10.5印张 368千字

定价:15.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话:(010)68326294

编辑热线:(010)88379037

封面无防伪标均为盗版

丛书序

随着教育制度改革的不断深入,中学各学科的教学均提出了全新的标准,广大师生迫切需要一种既有指导课时优化又能强化训练的教学同步参考书。为此,我们精心策划、认真编写了“课时优化·重难点课课练”丛书。

本丛书具有以下特点。

立足新课标,面向《考试大纲》

在编写中,我们针对新课标及《考试大纲》的要求,结合教学的实际需要,设计了全新的编写体例,精选精编了各类习题,注重强化能力训练,开发学生学习的潜能。

突出重点,突破难点

丛书着眼于使学生对所学的知识有一个系统化、条理化的认识,从而构建起一个清晰的知识网络。我们在把握习题难度时依照的原则是:中等及中等以上难度题目占全书的60%左右,而一些简单的、学生容易掌握的内容,则涉及较少。

对接高考,强调综合思考能力

本丛书把握未来高考走向,定位复习热点,所有习题贴近考试真题,使训练更具有针对性和有效性,力争让学生节省时间,提高学习效率。为了适应新课标培养学生灵活运用知识的教学目标,本丛书在突破难点的同时,引入了很多综合类试题,旨在帮助学生在同步学习的过程中培养综合思考的能力。

强调实用,注重创新

书中大多数学科有“期中测试题”“期末测试题”,绝大多数学科配有“单元知识检测”。考虑到学科和年级的特殊需要,部分书中还有实用性很强的“新颖题赏析”“课外创新题”“点击高考”等相关内容,学生可以在课上或课后在老师的辅导下进行练习,也可以单独进行测试。参考我们精心设计的题目,相信学生的能力能得到逐步提高。

总之,本丛书从中、高定位出发,为广大学生精心策划和编写,力争满足教与学的需要。由于时间仓促,书中疏漏在所难免,诚请广大师生批评指正。

编者

2006年7月



目 录

丛书序

第一章 氮族元素	1
第一节 氮和磷	1
第二节 氨 铵盐	9
第三节 硝酸	18
第四节 氧化还原反应方程式的配平	25
第五节 有关化学方程式的计算	33
单元知识检测	42
第二章 化学平衡	45
第一节 化学反应速率	45
第二节 化学平衡	50
第三节 影响化学平衡的条件	56
第四节 合成氨条件的选择	63
单元知识检测	68

第三章 电离平衡	72
第一节 电离平衡	72
第二节 水的电离和溶液的 pH	78
第三节 盐类的水解	84
第四节 酸碱中和滴定	90
单元知识检测	96
第四章 几种重要的金属	99
第一节 镁和铝	99
第二节 铁和铁的化合物	108
第三节 金属的冶炼	118
第四节 原电池原理及其应用	125
单元知识检测	133
答案与解析	137



第一章 氮族元素



本章学习要点

本章共分五节,主要包括三部分内容:氮及其重要化合物、磷及其化合物;氧化还原反应方程式的配平;有关化学方程式的计算。从氮族元素原子的最外层电子排布等知识入手,概括出它们所具有的共性和递变规律。对于氮的学习,按照单质、氧化物、气态氢化物、最高价氧化物对应的水化物的线索来进行研究,有利于掌握学习非金属元素及其化合物知识的主线的方法。对磷的学习,只简单介绍了磷及其化合物。对于

氧化还原反应方程式的配平,是在已学的氧化还原反应知识的基础上,学习用化合价升降的方法来配平化学方程式。对于化学方程式的计算,在原有基础上拓展为过量问题计算及多步反应的计算。

本章学习重点:氮族元素的原子结构特点及其性质的变化规律;氮和硝酸的性质及其应用;用化合价升降法配平氧化还原反应方程式;有关化学方程式计算中的过量问题计算及多步反应的计算。

本章学习难点:用化合价升降法配平氧化还原反应方程式;硝酸跟金属的反应;过量问题的计算。



氮和磷

学习目标

1. 了解氮族元素的名称、符号、在周期表中的位置及其原子结构特点;了解氮族元素性质的相似性和递变规律,并能用有关理论解释其原因。
2. 了解氮气的分子结构、性质及其重要用途。
3. 掌握一氧化氮、二氧化氮的重要性质和有关计算。
4. 了解磷的两种同素异形体的有关性质和磷的一些化合物的有关知识。

知识要点

一、氮族元素

1. 氮族元素的名称、符号、在周期表中的位置及原子结构

元素名称与符号	在周期表中的位置	原子结构示意图	原子结构共同点	原子结构递变规律
氮(N)	第二周期 第VA族		最外层都是5个电子	随着原子序数的递增,电子层数依次增多,原子半径依次增大
磷(P)	第三周期 第VA族			
砷(As)	第四周期 第VA族			
锑(Sb)	第五周期 第VA族			
铋(Bi)	第六周期 第VA族			

2. 氮族元素的性质

(1)相似性:因为氮族元素原子最外层都是5个电子,所以元素性质具有相似性。

①元素化合价:最高价都显+5价;显负价时,最低为-3价;

②最高价氧化物的化学式为 R_2O_5 ,气态氢化物的化学式为 RH_3 ,最高价氧化物对应的水化物的化学式为 H_3RO_4 或 HRO_4 。

(2)递变性:随着原子序数的递增,原子半径依次增大,得电子能力依次减弱,失电子能力逐渐增强。元素的化合价、非金属性和金属性呈现出明显的规律性变化。

①最低负价(-3)都有还原性,还原性按 $N \rightarrow As$ 的顺序依次增强。如: NH_3 在纯氧气中才会燃烧,而 PH_3 在空气中会自燃;

②元素非金属性随原子序数递增而逐渐减弱,金属性逐渐增强,表现在:

气态氢化物的稳定性减弱: $NH_3 > PH_3 > AsH_3$

气态氢化物的还原性增强: $NH_3 < PH_3 < AsH_3$

最高价氧化物对应的水化物的酸性逐渐减弱:

$HNO_3 > H_3PO_4 > H_3AsO_4$

③单质性质的递变:

N_2 P As Sb Bi 性质递变完整

特殊地,+5价的磷在反应中很难表现氧化性,+5价的铋有强氧化性,+5价的铋也有很强的氧化性。

如: $5NaBiO_3 + 2Mn^{2+} + 14H^+ \xrightarrow{\Delta} 5Na^+ + 5Bi^{3+} + 2MnO_4^- + 7H_2O$ ($NaBiO_3$ 是微溶于水的)

(3)氮族元素的性质与同周期卤素、氧族元素的性质对比:氮族元素的非金属性比同周期的氧族元素、卤素的非金属性弱。表现在:

氢化物的稳定性: $PH_3 < H_2S < HCl$



最高价含氧酸酸性: $H_3PO_4 < H_2SO_4 < HClO_4$

二、氮气

1. 氮气的分子结构

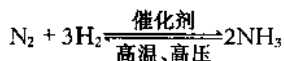
分子式: N_2 , 电子式: $:N::N:$, 结构式: $N \equiv N$.

2. 氮气的性质

(1) 物理性质: 通常状况下, 纯净的氮气是无色无味的气体, 密度比空气稍小, 难溶于水, 难液化, 101kPa 下, 在 $-195.8^\circ C$ 时变为液体, 在 $-209.9^\circ C$ 时变为雪花状固体。

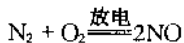
(2) 化学性质: 由于氮分子中 $N \equiv N$ 键很牢固, 分子很稳定, 化学性质不活泼, 通常情况下氮气难与其他物质发生化学反应。但在高温、高压、放电等条件下, 氮气分子获得足够的能量后, $N \equiv N$ 键断裂而能与一些物质如 H_2 、 O_2 等发生反应。

① 与氢气反应(氮气的氧化性)

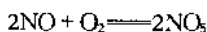


注意: 该反应是可逆反应、放热反应, 工业上利用此反应原理合成氨。

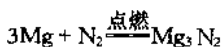
② 与氧气反应(氮气的还原性)



注意: NO 在空气中立即与氧气化合生成 NO_2 :



③ 与镁反应(氮气的氧化性)



注意: 镁在空气中燃烧时, 主要产物是 MgO , 生成的 Mg_3N_2 较少, 因为氧气比氮气的化学性质更活泼。

3. 氮气的用途

① 工业上合成氨; ② 作保护气; ③ 用液氮作制冷剂。

三、氮的氧化物的性质

1. 氮的氧化物有多种

N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5 等。

2. 一氧化氮(NO)

无色, 有毒, 难溶于水的气体。与氧气迅速化合: $2NO + O_2 = 2NO_2$ (用此原理检验 NO)。NO 中毒与 CO 中毒原理相同, 都是与血红蛋白结合使血红蛋白不能结合氧而失去输氧功能。

3. 二氧化氮(NO_2)

红棕色, 有刺激性气味的气体, 有毒, 易溶于水且与水反应: $3NO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2HNO_3 + NO$ 。通常情况下, 二氧化氮会发生自身化合反应生成四氧化二氮(N_2O_4): $2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ (四氧化二氮是无色气体)。

注意: 二氧化氮有较强的氧化性, 能氧化 I^- , 故它像溴蒸气一样能使湿润的碘化钾—淀粉试纸变蓝。因此, 鉴别 NO_2 和溴蒸气时, 不能用湿润的碘化钾—淀粉试纸来检验, 而是将它们分别通入水中或 $AgNO_3$ 溶液中鉴别。

4. 氮的氧化物都有毒, 都是大气污染物

生产中产生的含 NO 、 NO_2 的尾气可用烧碱溶液吸收: $2NO_2 + 2NaOH \rightleftharpoons NaNO_2 + NaNO_3 + H_2O$; $NO + NO_2 + 2NaOH \rightleftharpoons 2NaNO_2 + H_2O$

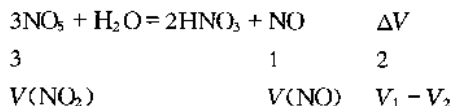
5. N_2O_3 是 HNO_2 的酸酐, N_2O_5 是 HNO_3 的酸酐; 与对应的水化物之间所含元素的化合价一致。如: $SO_3 \sim H_2SO_4$, $SO_2 \sim H_2SO_3$, $CO_2 \sim H_2CO_3$ 。

四、一氧化氮、二氧化氮的有关计算

1. 关于 NO_2 溶于水的计算

根据气体溶解前后体积的差量进行计算。有关反应方程式为: $3NO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2HNO_3 + NO$ 。若 NO_2 中混有 NO 、 CO_2 、 N_2 等不参与反应的气体时, 溶于水的有关计算仍用此法——气体体积差量法, 其基本格式如下:

假设溶于水之前气体为 V_1 , 溶解之后变为 V_2 , 则有:



2. 关于 NO 或 NO_2 与 O_2 、 H_2O 反应的计算

(1) NO 与 O_2 、 H_2O 反应的计算:

有关反应的化学方程式为: $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$, $3NO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2HNO_3 + NO$, 但计算时按总反应 $4NO + 3O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4HNO_3$ 进行, 根据总反应中 NO 和 O_2 之间量的关系, 有如下表的计算情况:

NO 和 O_2 的体积比 $V(NO) : V(O_2)$	反应结果	计算情况
$0 < \frac{V(NO)}{V(O_2)} < \frac{4}{3}$	O_2 过量并剩余 O_2	$\frac{V(NO)}{V(O_2) - V(剩)} = \frac{4}{3}$
$\frac{V(NO)}{V(O_2)} = \frac{4}{3}$	恰好反应, 无气体剩余	$\frac{V(NO)}{V(O_2)} = \frac{4}{3}$
$\frac{V(NO)}{V(O_2)} > \frac{4}{3}$	NO 过量 且剩余 NO	$\frac{V(NO) - V(剩)}{V(O_2)} = \frac{4}{3}$

(2) NO_2 与 O_2 、 H_2O 反应的计算:

有关反应方程式为 $3NO_2 + H_2O \rightleftharpoons 2HNO_3 + NO$, $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$, 但计算时按总反应方程式 $4NO_2 + O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4HNO_3$ 进行, 根据总反应中 NO_2 和 O_2 之间量的关系, 有如下计算情况:

NO_2 与 O_2 的体积比 $V(NO_2) : V(O_2)$	反应结果	计算情况
$0 < \frac{V(NO_2)}{V(O_2)} < \frac{4}{1}$	O_2 过量且剩余 O_2	$\frac{V(NO_2)}{V(O_2) - V(剩)} = \frac{4}{1}$
$\frac{V(NO_2)}{V(O_2)} = \frac{4}{1}$	恰好反应, 无气体剩余	$\frac{V(NO_2)}{V(O_2)} = \frac{4}{1}$
$\frac{V(NO_2)}{V(O_2)} > \frac{4}{1}$	NO_2 过量, 但 剩余气体为 NO, 因发生反 应: $3NO_2 + H_2O$ $= 2HNO_3 + NO$	$\frac{V(NO_2) - 3V(剩)}{V(O_2)} = \frac{4}{1}$

五、磷和磷的化合物

1. 磷单质

磷有多种同素异形体, 主要有白磷和红磷。白磷



和红磷的物理性质差别较大,化学性质相似,其具体情况对比如下表:

		白磷	红磷
物理性质	状态	蜡状固体	粉末状固体
	颜色	白色	暗红色
	密度(g/cm ³)	1.82	2.34
	溶解性	不溶于水,易溶于二硫化碳(CS ₂)	不溶于水,也不溶于CS ₂
	毒性	剧毒	无毒
	着火点	40℃	240℃
化学性质	与氧气反应: 4P + 5O ₂ $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 2P ₂ O ₅ , 燃烧时伴有黄色火焰和浓重的白烟		
	与氯气反应: Cl ₂ 不足量: 2P + 3Cl ₂ $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 2PCl ₃ Cl ₂ 足量: 2P + 5Cl ₂ $\xrightarrow{\text{点燃}}$ 2PCl ₅		
保存	密封(少量白磷保存在水中)	密封保存	
用途	制 H ₃ PO ₄ , 燃烧弹, 烟幕弹等	制 H ₃ PO ₄ , 农药, 安全火柴等	
相互转化	白磷 $\xrightarrow[\text{加热到 } 416^\circ\text{C 升华后冷凝}]{\text{隔绝空气加热到 } 260^\circ\text{C}}$ 红磷		

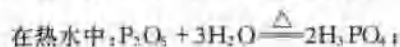
注意: 证明白磷与红磷是同素异形体的方法有:

①利用白磷与红磷在一定条件下相互转化;

②取相同质量的白磷和红磷,在足量的氧气中充分燃烧,所得产物都只有 P₂O₅且质量相等。

2. 磷的重要化合物

(1)五氧化二磷(P₂O₅): 白色固体,易吸水,可作干燥剂,可用于干燥各种中性、酸性气体,但不能用于干燥氨气等碱性气体。与水发生化合反应:



在冷水中: P₂O₅ + H₂O = 2HPO₃ (偏磷酸,有剧毒)。

(2)磷酸(H₃PO₄): 纯净的磷酸是无色晶体,无毒,与水能以任意比互溶,高沸点,属中等强度的三元酸。

主要化学性质有: 酸的通性、高沸点性等。

①酸的通性: 使紫色石蕊试液变红,与碱发生中和反应,与碱性氧化物反应;

注意: 与碱中和时,生成的盐根据碱的量的多少不同分别有正盐、磷酸一氢盐、磷酸二氢盐三种。如: H₃PO₄与NaOH反应时有如下情况:

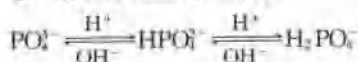


②与挥发性酸对应的盐反应: 如实验室制 HBr、HI 的反应原理就是应用了磷酸的高沸点性: H₃PO₄(浓) + KBr $\xrightarrow{\Delta}$ KH₂PO₄ + HBr↑; H₃PO₄(浓) + NaI $\xrightarrow{\Delta}$ NaH₂PO₄ + HI↑。

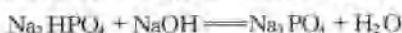
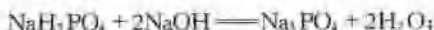
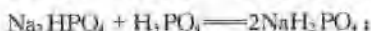
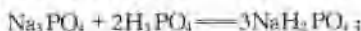
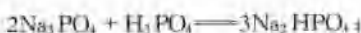
(3)磷酸盐。

①磷酸盐有三种: 正盐,磷酸一氢盐,磷酸二氢盐。其中磷酸二氢盐大部分都可溶于水,而正盐,磷酸一氢盐除钾、钠、铵盐溶于水外,其余均不溶于水;

②三种盐之间可相互转化:



如 Na₃PO₄, Na₂HPO₄, NaH₂PO₄ 有如下转化反应:



③磷肥简介:

钙镁磷肥: Ca₃(PO₄)₂, Mg₃(PO₄)₂ 等混合物。

过磷酸钙(过钙): Ca(H₂PO₄)₂ 与 CaSO₄ 的混合物。

重过磷酸钙(重钙): Ca(H₂PO₄)₂。

典型例题剖析

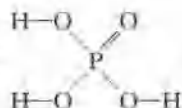
【例1】下列物质的关系中,叙述正确且能说明氮元素的非金属性比磷元素的非金属性强的是 ()

- 硝酸的酸性比磷酸弱
- PH₃的稳定性比NH₃强
- PH₃的还原性比NH₃强
- N₂的化学性质比磷单质稳定

【解析】元素的性质是由原子结构决定的,原子最外层电子数越多,原子半径越小,元素的非金属性越强,表现在单质的非金属性更强、对应最高价含氧酸的酸性更强、对应氢化物的稳定性更强、最低价还原性更弱等方面。但单质的化学性质既与组成元素的原子结构有关,又与分子结构有关。当分子结构相似时,元素的非金属性越强,单质的化学性质就越活泼,如卤素单质;当分子结构不相似时,则不一定,如氮气和磷单质:氮元素的非金属性比磷强,但氮气的化学性质比磷单质稳定得多,这是由于氮分子中存在 N≡N 键,氮气要发生化学变化必须打破分子中的 N≡N 键,这需要很高的能量,故氮气一般要在高温高压等条件下才会与某些物质反应,而磷单质中不存在这样的结构而较易发生化学变化。

本题意在考查运用元素周期律分析元素性质的能力、对元素性质概念的理解以及对单质性质与分子结构关系的认识等。

【答案】C

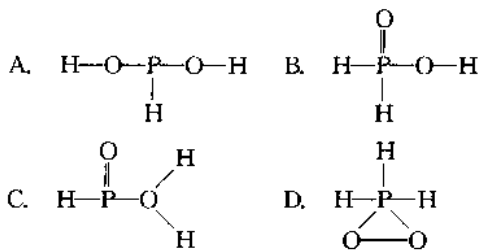


【例2】已知磷酸分子()中有





3个氢原子都可以跟重水分子(D₂O)中的D原子发生氢交换。又知次磷酸(H₃PO₂)也可跟D₂O发生氢交换,但次磷酸钠(NaH₂PO₂)却不能再跟D₂O发生氢交换。由此可推断出H₃PO₂的分子结构是 ()



【解析】 物质的性质是由结构决定的。磷酸分子中三个H都能与D₂O分子发生氢交换,通过分析H₃PO₄分子的结构发现三个H都与O成键,所以,从结构上找到能发生氢交换的规律:与O成键的H才能与D₂O发生氢交换,反之,不与O成键的H则不能与D₂O发生氢交换。因此,次磷酸(H₃PO₂)能与D₂O发生氢交换,意味着H₃PO₂中有H与O成键的情况;但其对应的盐NaH₂PO₂中虽有2个H原子,却不能与D₂O发生氢交换,则又意味着H₃PO₂中有2个H不与O成键(则与P成键),即H₃PO₂分子的结构应该是1个H与O成键,2个H与P成键。

此题为信息给予题,要求学生能从物质性质是由物质结构所决定的这一基本观点出发,读懂题中原型信息,并进行知识迁移,考查了学生分析问题、知识迁移的能力。

【答案】 B

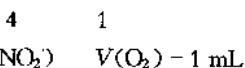
【例3】 将一充满NO₂和O₂的混合气体的试管倒立于水中,若试管的容积为10mL,经充分反应后,试管内剩余气体的体积为1mL,求原混合气体中NO₂和O₂的体积各为多少毫升?

【解析】 因NO₂与O₂及水会发生如下总反应:4NO₂ + O₂ + 2H₂O = 4HNO₃,此反应无气体生成,所以最后试管内余下的1mL气体是由混合气体中O₂过量或NO₂过量造成的。当O₂过量时,余下的1mL气体即为O₂;当NO₂过量时,因过量的NO₂发生反应:3NO₂ + H₂O = 2HNO₃ + NO,故余下的1mL气体为NO。

此题是氮的氧化物的有关计算的基本题型,题中涉及过量问题的计算,需进行讨论。

解 (1)若O₂过量,余下1mL气体为O₂,反应掉的NO₂和O₂总体积为10mL - 1mL = 9mL。

根据:4NO₂ + O₂ + 2H₂O = 4HNO₃



$$\text{得 } \frac{V(\text{NO}_2)}{V(\text{O}_2) - 1 \text{ mL}} = \frac{4}{1}$$

$$V(\text{NO}_2) + V(\text{O}_2) = 10 \text{ mL}$$

$$V(\text{NO}_2) = 7.2 \text{ mL}, V(\text{O}_2) = 2.8 \text{ mL}$$

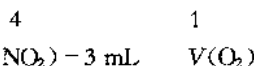
(2)若NO₂过量,剩余的1mL气体为NO。

由3NO₂ + H₂O = 2HNO₃ + NO



得过量NO₂为3mL。

根据:4NO₂ + O₂ + 2H₂O = 4HNO₃



$$\text{得 } \frac{V(\text{NO}_2) - 3 \text{ mL}}{V(\text{O}_2)} = \frac{4}{1} \quad V(\text{NO}_2) + V(\text{O}_2) = 10 \text{ mL}$$

$$V(\text{NO}_2) = 8.6 \text{ mL} \quad V(\text{O}_2) = 1.4 \text{ mL}$$

【答案】 原混合气体中NO₂和O₂的体积分别是7.2mL和2.8mL或8.6mL和1.4mL。

【例4】 在标准状况下,将O₂与NO按3:4的体积比充入一个干燥的烧瓶中,当瓶内气体充满后,将烧瓶倒立于水中,瓶内液面逐渐上升,最后烧瓶内溶液的物质的量浓度为(假设溶质不扩散到烧瓶以外的水中)

()

A. 0.045 mol · L⁻¹ B. 0.036 mol · L⁻¹

C. 0.026 mol · L⁻¹ D. 0.030 mol · L⁻¹

【解析】 在往烧瓶内通入O₂和NO时,O₂和NO会立即发生反应:2NO + O₂ = 2NO₂。根据通入O₂和NO的体积比为3:4,设通入3L O₂与4L NO时,瓶内恰好充满气体。根据反应方程式2NO + O₂ = 2NO₂可计算出通入的3L O₂中有2L恰好与通入的4L NO完全反应而生成4L NO₂,故瓶内实际充有的气体为1L O₂与4L NO₂。根据总反应:4NO₂ + O₂ + 2H₂O = 4HNO₃,可知4L NO₂和1L O₂恰好完全溶于水生成

$\frac{4}{22.4}$ mol的HNO₃,所以,最后得到HNO₃溶液物质的

$$\text{量浓度为 } \frac{\frac{4}{22.4} \text{ mol}}{5 \text{ L}} = 0.036 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

本题关键是要发现通入的气体与最后烧瓶中所装气体不同,并且能运用简单的物理知识推断出当烧瓶内气体全部溶于水后,理论上烧瓶内将充满溶液,即进入的溶液的体积等于所溶解的气体的体积。

【答案】 B

【例5】 氮元素的化合价较多,同种物质既有负价态氮又有正价态氮时,一定条件下两者之间会发生氧化还原反应,有些反应会生成氮气。下面介绍的是甲、乙两位同学设计的两种制备少量氮气的不同实验方案的示意图(箭头方向为气体流向),试回答下列问题。

甲:空气 → 红磷点燃 → 水 → 碱石灰 → 灼热的铜粉 → 集气瓶

乙:加热NH₄NO₂ → 浓H₂SO₄ → 灼热的镁粉 → 集气瓶

(1)甲、乙两学生的实验方案能否制得氮气?甲 _____,乙 _____。(填“能”或“不能”)

(2)若不能制得氮气,请说明原因并给予纠正:

原因: _____。

纠正: _____。



(3)甲方案中所用的碱石灰是否能换成浓硫酸?理由是_____。

(4)甲、乙两同学若按正确的操作制得氮气,相同条件下用密度法分别测出各自得到氮气的相对分子质量为 $M(\text{甲})$ 、 $M(\text{乙})$ (精确到0.001)。若进行比较,则 $M(\text{甲})$ ____ $M(\text{乙})$ (填“大于”“等于”或“小于”)。

【解析】 甲同学的方案是利用空气的主要成分为 N_2 、 O_2 (还有少量 CO_2 、稀有气体等),通过用燃烧红磷的方法除去 O_2 以得到 N_2 。其间用水吸收生成的 P_2O_5 ,用碱石灰干燥 N_2 ,同时还除去了空气中的 CO_2 ,用灼热的铜粉除去微量的 O_2 ,最后收集到 N_2 。但此方法得到的 N_2 中含少量稀有气体。乙同学的方案是利用 NH_4NO_2 中-3价的N与+3价的N之间发生氧化还原反应(题给信息)的方法制取 N_2 。根据所学知识不难得出, NH_4NO_2 受热分解的化学方程式为 $\text{NH}_4\text{NO}_2 \xrightarrow{\Delta} \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,所以其间用浓硫酸干燥 N_2 ,但灼热的镁粉会与 N_2 发生反应: $\text{N}_2 + 3\text{Mg} \xrightarrow{\Delta} \text{Mg}_3\text{N}_2$,故最终得不到 N_2 。要得到 N_2 ,只需将“气体通入灼热的镁粉”这一步骤去掉。

此题属实验设计与评价题型,是高考热点题型。解此类题需从实验目的出发,分析每步操作的作用与目的,最终理清整个实验过程。

【答案】 (1)能 不能 (2)乙同学不能得到氮气的原因是产生的氮气被灼热的镁粉反应掉 将“灼热镁粉”这一操作步骤去掉 (3)不能 空气中含有二氧化碳,碱石灰不仅能吸收氮气中的水蒸气,还能吸收二氧化碳,而浓硫酸不能吸收二氧化碳 (4)大于

高考试题评析

【例1】 (2004·广东)上个世纪80年代后期,人们逐渐认识到NO在人体起着多方面的重要的生理作用。下列关于NO的说法中不正确的是 ()

- A. NO分子中有极性键
- B. NO是造成光化学烟雾的因素之一
- C. NO是汽车尾气的有害成分之一
- D. NO分子所含电子数为偶数

【解析】 NO分子是由氮原子和氧原子构成的,不同原子之间形成的共价键一定是极性键;光化学烟雾是由汽车排放的尾气中氮的氧化物和某些有机物等在空气中经太阳紫外线的照射,发生一系列复杂的光化学反应(大气中氧气也参加)所形成的;NO分子的电子总数等于构成它的氮原子与氧原子的电子数总和,即 $7+8=15$ 。

该题既考查了分子结构的基本知识,又考查了环境污染的一些常识。这种题目涉及的知识一般较简单,但却是高考题中出现的容易题的常见形式,要求学生对生活中与化学有关的一些知识有所了解。

【答案】 D

【例2】 (江苏考题)同温同压下,在三支相同容积

的试管中分别充有等体积的两种气体,它们是:①NO和 NO_2 ;② NO_2 和 O_2 ;③ NH_3 和 N_2 。现将三支试管均倒置于水槽中,充分反应后,试管中剩余气体的体积分别为 V_1 、 V_2 、 V_3 ,则下列关系正确的是 ()

- A. $V_1 > V_2 > V_3$
- B. $V_1 > V_3 > V_2$
- C. $V_2 > V_3 > V_1$
- D. $V_2 > V_1 > V_3$

【解析】 设试管容积为 $2V$,则试管中各种气体的体积为 V 。

试管①中只有 NO_2 与水反应: $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$,根据反应方程式可知, V 体积的 NO_2 与水反应后生成 $V/3$ 体积的NO,所以试管①中剩余气体 $V_1 = V + \frac{1}{3}V = \frac{4}{3}V$ 。

试管②中 NO_2 和 O_2 会发生反应: $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{HNO}_3$,根据反应方程式可知, NO_2 、 O_2 体积相等时, O_2 过量,则 V 体积的 NO_2 完全反应并消耗 $\frac{1}{4}V$ 体积的 O_2 ,所以试管②中剩余气体为 O_2 的一部分,即 $V_2 = \frac{3}{4}V$ 。

试管③中只有 NH_3 完全溶于水, N_2 不溶于水。故剩余气体为所有的 N_2 ,即 $V_3 = V$ 。

本题考查了氮的氧化物的有关计算,属于无数据计算题型。要求学生掌握氮的氧化物与水、氧气反应的知识,并能根据题意自设数据,训练了学生的创新思维能力。

本题还可用图示法解答(如图1-1-1所示):

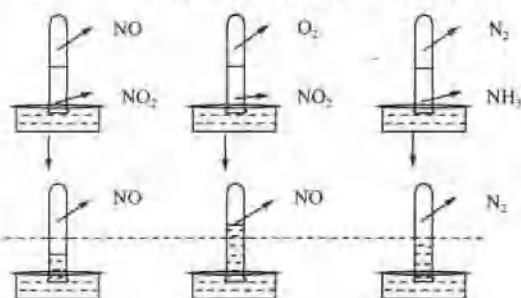


图 1-1-1

此法一目了然,也是解答化学计算中对比计算的一种快速的解题方法。

【答案】 B

应用创新点拨

【例1】 如图1-1-2为带活塞的密闭容器,内盛22.4 mL一氧化氮。若通入11.2 mL氧气(气体体积均在标准状况下测定),保持温度、压强不变,则容器中气体的密度为 ()

- A. 等于 $1.369 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$
- B. 等于 $2.054 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$
- C. 在 $1.369 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $2.054 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 之间
- D. 大于 $2.054 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

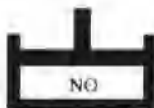


图 1-1-2



【解析】 22.4 mL NO 与 11.2 mL O₂ 恰好完全反应生成 22.4 mL NO₂, 但通常情况下, NO₂ 会有一部分发生自身化合反应生成 N₂O₄。

【答案】 D

【例 2】 亚硝酸钠 (NaNO₂) 可用作水泥施工的防冻剂。它易溶于水, 有咸味, 既有氧化性也有还原性, 在酸性溶液中它能氧化碘离子、亚铁离子。它能将人体内血红蛋白中的亚铁离子氧化为三价铁离子而使人中毒, 在建筑工地上多次发生把亚硝酸钠误作食盐食用, 导致民工中毒的事件。亚硝酸钠和酸反应生成亚硝酸 (HNO₂), 亚硝酸是不稳定的酸, 它只能存在于冷的稀溶液中, 易发生如下分解反应: $3\text{HNO}_2 = 2\text{NO} \uparrow + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 。现从浓醋酸、氨水、纯碱、稀盐酸、碘化钾淀粉溶液中选择适当的物质作试剂, 用两种简单的化学实验来鉴别亚硝酸钠和食盐。试写出这两种实验方法所使用的试剂并据此鉴别它们的现象。(两种方法所选试剂不重复)

方法一: 只选用一种试剂, 该试剂为 _____, 现象为 _____。

方法二: 选择试剂为 _____, 现象为 _____。

【解析】 先将题中所有信息进行分析, 很快发现 NaNO₂ 在酸性溶液中能氧化 I⁻, 而药品中有碘化钾淀粉溶液和浓醋酸、稀盐酸, 方法二可考虑此反应原理。方法一只能用一种试剂, 考虑到 NaNO₂ 与酸反应生成 HNO₂, 后者分解产生的 NO 遇空气立即变成红棕色气体 NO₂, 可将 NaNO₂ 转变成浓度较大的 HNO₃ 溶液而进行鉴别。

【答案】 浓醋酸 加入浓醋酸后有红棕色气体产生的为亚硝酸钠 稀盐酸和碘化钾淀粉溶液 加入稀盐酸和碘化钾淀粉溶液后变蓝的是亚硝酸钠

学习成果测试

A. 基础训练

- 以下说法中错误的是 ()
 - 通常状况下氮气不易和其他物质发生化学反应, 是因为氮气分子中两个氮原子间形成三个共价键而使氮分子很稳定
 - 氮气可用作制氮肥、硝酸的原料
 - 氮气的化学性质不活泼, 工业上常用氮气代替稀有气体作焊接金属的保护气
 - 氮元素的非金属性比磷强, 所以氮单质比磷单质的化学性质活泼
- 在某氮的氧化物中, 氮元素与氧元素的质量比是 7:12, 则该氮的氧化物中氮元素的化合价为 ()
 - +5
 - +4
 - +3
 - +2
- 下列现象的产生与人为排放大气污染物氮的氧化物无关的是 ()
 - 臭氧层空洞
 - 闪电

C. 光化学烟雾 D. 酸雨

- Murad 等三位教授最早提出一氧化氮分子在人体内有独特功能, 近几年在此领域有重大进展, 因此这三位教授荣获了 1998 年诺贝尔医学及生理学奖。关于 NO 的下列叙述中不正确的是 ()
 - NO 可以是某些含低价 N 的物质被氧化的产物
 - NO 是酸性氧化物
 - NO 是红棕色气体
 - NO 可能是某些含高价 N 的物质被还原的产物
- 一定条件下, 将等体积的 NO₂ 和 O₂ 混合于试管中, 将试管倒立于水槽中充分反应, 则剩余气体的体积为试管容积的 ()
 - $\frac{1}{4}$
 - $\frac{3}{4}$
 - $\frac{1}{8}$
 - $\frac{3}{8}$
- 在一定条件下, 将 m 体积 NO 和 n 体积 O₂ 同时通入倒立于水中且盛满水的容器内, 充分反应后容器内残留 $\frac{m}{2}$ 体积的气体, 该气体遇空气后立即变成红棕色。则 m 与 n 的比值为 ()
 - 3:2
 - 2:3
 - 8:3
 - 3:8
- 工农业生产及城市生活污水中含磷元素。家用洗涤剂是污水中磷的一个重要来源(洗涤剂中含有磷酸钠), 给农作物施用的化肥主要含氮、磷、钾元素。有关污水中的磷元素是否要除去的说法中正确的是 ()
 - 磷是农作物的营养元素, 不必除去
 - 含磷的污水是很好的肥料, 不必除去
 - 磷对人无害, 除去与否无关紧要
 - 含磷污水排放到自然水中, 会引起藻类繁殖而出现“水华”等现象, 使水质变差, 必须除去

8. 图 1-1-3 是元素周期表的一部分。

已知 B 元素的含氧酸盐 Na₂B₄O₇ 的式量为 164, 且 B 元素的原子核内的中子数比质子数多 1。

(1) 写出各元素的符号: A: _____, B: _____, C: _____, D: _____, E: _____。

(2) 写出 A、B、C 三种元素气态氢化物的电子式: _____, 其中最稳定的是 _____, 最不稳定的是 _____。(填化学式)

(3) 上述元素中, 某元素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质量为 _____。如果该元素原子核内中子数与质子数相等, 则该元素与 C 的最高价氧化物的水化物酸性强弱顺序为(用酸的化学式表示) _____。

- 相同质量的镁条分别在足量的氧气、氮气和空气中充分燃烧, 所得固体产物的质量分别为 m_1 、 m_2 、 m_3 , 则 m_1 、 m_2 、 m_3 之间的大小顺序为 _____; 若将过量的镁条分别在相同状况下相同体积的氧气、氮

A
B
C
D
E

图 1-1-3



气和空气中充分燃烧,生成固体产物的质量分别为 a, b, c , 则 a, b, c 三者的大小关系为_____。

10. 将红磷放在氯气中燃烧,若红磷与氯气的物质的量之比为 $1:1.8$, 则充分反应后生成物中的 PCl_3 与 PCl_5 物质的量之比为_____。
11. 闪电雷鸣是人们司空见惯的自然现象,地球上每年平均发生 315160 余次闪电。

(1) 当雷电交加之际,空气中可能发生如下反应:

- ① _____;
② _____;
③ _____。

(2) 试解释“雷雨发庄稼”的原因: _____

12. 将 20 mL 充满 NO 和 NO_2 混合气体的试管倒立于盛有水的水槽中,充分反应后,剩余气体的体积为 10 mL。

(1) 求原混合气体中 NO 和 NO_2 各占多少毫升?

(2) 要使试管中充满水,需往试管中通入相同状况下的 O_2 多少毫升?

B. 能力提升

1. 下列反应中可视为人工固氮的是 ()
- A. 工业上用 N_2 和 H_2 合成 NH_3
B. 闪电时发生反应: $N_2 + O_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2NO$
C. 豆科植物根瘤菌把空气中的 N_2 变成硝酸盐
D. 工业上用氨催化氧化法生产硝酸
2. 砷在第四周期第 VA 族,根据砷在元素周期表中的位置推测砷及其化合物不可能具有的性质是 ()
- A. 砷在通常状况下是固体

B. 可以有 $-3, +3, +5$ 等多种价态

C. 砷单质的氧化性比磷弱

D. 其对应的最高价氧化物的水化物是一种强酸

3. 少量白磷应保存在装有水的广口试剂瓶中,取用白磷的方法是:从试剂瓶中取出白磷后,在水面下用小刀切割成所需的大小。若往长时间浸泡过白磷(经常取用白磷)的试剂瓶中滴入 1~2 滴紫色石蕊试液,则试剂瓶中液体颜色为 ()

A. 无色 B. 蓝色 C. 红色 D. 紫色

4. A 气体(Cl_2 和 NO_2 的混合气)和 B 气体(SO_2 和 O_2 的混合气)的平均相对分子质量分别为 51 和 48, 将 A、B 混合后通入盛满水的倒立于水槽中的试管中,充分反应后,试管内无气体剩余,则 A 与 B 的体积比为 ()

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

5. 向澄清石灰水中逐渐加入稀 H_3PO_4 溶液直到过量。图 1-1-4 中能正确表示生成沉淀的物质的量(y)和所加 H_3PO_4 的物质的量(x)的关系是 ()

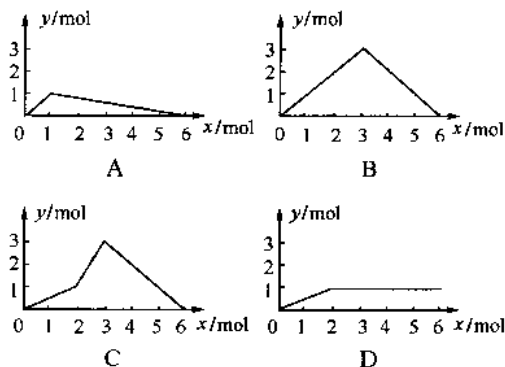


图 1-1-4

6. 常温下将充满 NO_2 和 O_2 的试管倒立于水中,充分反应后,残留气体的体积为原混合气体体积的 $1/8$, 则原混合气体中 NO_2 和 O_2 的体积比为 ()
- A. 8:1 B. 7:1 C. 7:3 D. 7:4
7. 把 CO_2 和 NO 的混合气体 V mL 缓缓通过足量的过氧化钠固体中,气体体积缩小到 $\frac{1}{2}V$ mL, 则原混合气体中 CO_2 和 NO 的体积比不可能是 ()
- A. 2:1 B. 3:2 C. 3:4 D. 5:4
8. 下列化合物中能用单质直接化合而成的是 ()
- A. $FeCl_2$ B. Fe_2S_3
C. NO_2 D. Mg_3N_2
9. (1) 白磷在氧气中燃烧的现象是_____。如果用白磷来进行如图 1-1-5 所示实验,则实验 I、II、III 的现象分别为:

I: _____; II: _____; III: _____, 由此可得出结论是:可燃物燃烧必须具备以下条件:

_____。

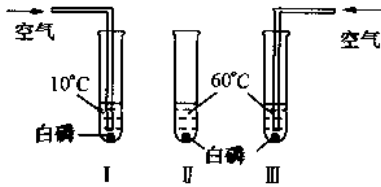


图 1-1-5

(2)在白炽灯泡内常加入极少量的白磷,其目的是:

10. 实验室常用饱和 NaNO_2 溶液和饱和 NH_4Cl 溶液在微热条件下反应制取 N_2 。反应的化学方程式为: $\text{NaNO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{NaCl} + \text{N}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ (反应放热)。现用如图 1-1-6 所示实验装置制取纯净的 N_2 。试回答下列问题:

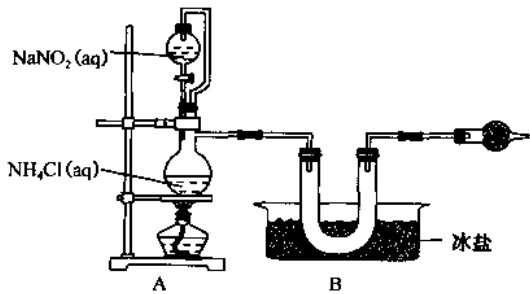


图 1-1-6

(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. 使饱和 NaNO_2 溶液平稳滴下

(2)B 部分的作用是_____。

- a. 冷凝热的水蒸气
- b. 缓冲氮气流
- c. 将氮气冷却

(3)实验前必须进行的一个操作步骤是_____，加热片刻后应移去酒精灯，以防止反应太快而使反应物冲出，其原因是_____。

(4)本实验收集氮气的方法应采用_____。

- a. 排空气法
- b. 排水法
- c. 直接收集在球胆或塑料袋内

11. 有下列实验装置:

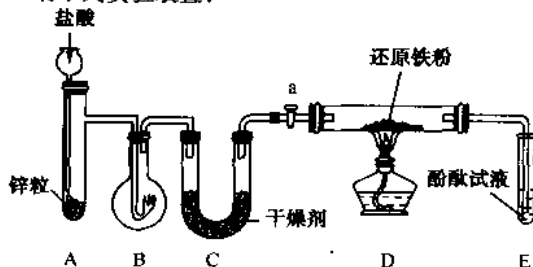


图 1-1-7

(1)实验前先将所有仪器(未装药品)按图 1-1-7 所示连接好装置,再检查整套装置的气密性,具体操作为_____

(2)实验开始后,先关闭活塞 a,取下烧瓶 B,向 A 中加入一定量浓度适当的盐酸,产生氢气,待确定氢气纯净后点燃氢气,然后如图 1-1-7 所示套上烧瓶 B,让氢气在烧瓶中继续燃烧,同时加热 D 管中的还原铁粉。为什么要让氢气在烧瓶中燃烧?原因是_____。

(3)待 B 中氢气火焰熄灭后打开活塞 a,气体进入反应管 D 中,最后进入试管 E 中,发现酚酞试液呈红色。

- ①写出 D 中发生的反应的化学方程式:_____ ,还原铁粉作用是:_____ ;
- ②解释 E 中无色酚酞变红的原因(写化学方程式):_____ ;
- ③C 中干燥剂应选用_____ ;该干燥剂起到的作用是_____。

12. 取一根镁条置于坩埚中点燃,充分反应后生成总质量为 0.470 g 的氧化镁和氮化镁的混合物。冷却后加过量的水,产生一种有刺激性气味的气体。将水蒸干并灼烧,最后得到固体质量为 0.486 g。

(1)写出氮化镁与水反应的化学方程式。

(2)计算燃烧后所得到混合物中氮化镁的质量。



氮 族 元 素



学习目标

1. 了解极性分子与非极性分子的概念, 会分析一些简单的有关键的极性和分子极性的关系。
2. 认识氨分子的结构。掌握氨的实验室制法及氨的性质。理解喷泉实验原理。
3. 掌握铵盐的性质和铵根离子的检验方法。
4. 了解氨及铵盐的用途。

知识要点

一、极性分子与非极性分子

1. 极性键与非极性键

(1) 极性键: 不同元素的原子之间形成共价键时, 共用电子对会偏离一方(得电子能力弱的一方)而偏向另一方(得电子能力强的一方), 这样的共价键为极性共价键, 简称极性键。

(2) 非极性键: 相同元素(一般为非金属元素)的原子之间形成共价键时, 共用电子对不发生偏移, 这样的共价键为非极性共价键, 简称非极性键。

2. 极性分子与非极性分子

(1) 非极性分子: 电荷分布对称的分子为非极性分子。如: X_2 型分子(H_2 、 N_2 、 O_2 等)都是非极性分子; XY_n 型分子(CO_2 、 CCl_4 等)因键的极性互相抵消, 也是非极性分子。

(2) 极性分子: 电荷分布不对称的分子为极性分子。

如: XY 型分子(HF 、 HCl 、 NO 等)都是极性分子; XY_n 型分子(SO_2 、 H_2O 、 NH_3 等)因键的极性不能互相抵消, 也是极性分子。

3. 分子极性与键的极性之间的关系

分子极性取决于分子中键的极性及键在空间分布的对称性。对双原子分子, 其分子极性与键的极性一致。对 XY_n 型分子($n > 1$), 其分子极性应视分子的空间构型而定。具体关系如下表:

分子组成	实例	键的极性	分子空间构型及键角	分子极性
X_2	H_2 、 Cl_2 等	非极性键	直线	非极性分子
XY	HCl 、 NO 等	极性键	直线	极性分子
$XY_2(X_2Y)$	CO_2 、 CS_2	极性键	直线; 180°	非极性分子
	SO_2	极性键	角型; 120°	极性分子
	H_2O 、 H_2S	极性键	角型; 104.5°	极性分子
XY_3	BF_3	极性键	平面三角形; 120°	非极性分子
	NH_3	极性键	三角锥型; 107.3°	极性分子
XY_4	CH_4 、 CCl_4	极性键	正四面体型; 109.5°	非极性分子

4. 判断 XY_n 型分子极性的经验规律

若中心原子(X)的化合价为最高正价, 则该分子一

般为非极性分子。如: CO_2 、 CS_2 、 BF_3 、 CCl_4 、 PCl_5 等, 其中C、B、P为最高正价, 这些分子都是非极性分子; SO_2 、 PCl_3 、 H_2O 等, 其中S、P、O分别为+4、+3、-2价, 不是最高正价, 而这些分子都是极性分子。

5. 分子极性与物质溶解性关系的经验规律

相似相溶规律: 极性分子构成的物质在由极性分子构成的溶剂(如水)中有较大的溶解度, 如: HCl 、 NH_3 、 SO_2 等在 H_2O 中有较大溶解度; 非极性分子构成的物质在由非极性分子构成的溶剂(如 CCl_4 、 CS_2 等)中有较大溶解度, 而在极性溶剂中溶解度较小, 如: Br_2 、 I_2 等易溶于 CCl_4 、苯等非极性溶剂, 但在水中的溶解度却较小。

二、氨气

1. 氨分子结构

分子式	电子式	结构式	分子空间构型	键角	分子极性
NH_3	$H: \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{N}} : H$ $\quad \quad \quad $ $\quad \quad \quad H$	$\begin{array}{c} N \\ / \quad \backslash \\ H \quad H \quad H \end{array}$	三角锥型	$107^\circ 18'$	极性分子

2. 氨的物理性质

(1) 色、味、态: 通常状况下, 氨是无色, 有刺激性气味的气体。

(2) 密度: 比空气小(用向下排空气法收集)。

(3) 溶解性: 极易溶于水(1体积水可溶解700体积氨气。不能用排水法收集)。

(4) 沸点: $-33.5^\circ C$ (101 kPa), 常见气体中, 氨的沸点属于较高的一种, 易液化, 可用作制冷剂。

3. 氨的化学性质

(1) 与水反应, 生成一水合氨($NH_3 \cdot H_2O$); 一水合氨在水中部分电离, 产生 OH^- 而使溶液呈碱性。
 $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

(2) 与酸反应, 生成铵盐:

$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$ (吸收氨的方法)

$NH_3 + HCl = NH_4Cl$ (现象: 产生大量白烟)

据此反应, 可用蘸有浓盐酸的玻璃棒来检验 NH_3 或实验室收集 NH_3 时检验是否集满 NH_3 。

(3) 与氧气反应(NH_3 的还原性): 氨的催化氧化:

$4NH_3 + 5O_2 \xrightarrow[\Delta]{Pt} 4NO + 6H_2O$ (放热反应), 此反应是工业上制 HNO_3 的基础。

在纯氧中, NH_3 能燃烧:

$4NH_3 + 3O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2N_2 + 6H_2O$

(4) 与氯气反应:(NH_3 的还原性)

$8NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6NH_4Cl$

4. 氨水

(1) 氨水是氨气的水溶液, 属混合物。除水分子外, 溶液中还含有 $NH_3 \cdot H_2O$ 、 NH_3 、 OH^- 、 NH_4^+ 、 H^+



等粒子,其中 OH^- 比 H^+ 浓度大,所以溶液呈碱性。

(2)氨水具有碱的通性:

①能使紫色石蕊试液变蓝,使无色酚酞试液变红;

②与酸发生中和反应: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$;

③与某些盐溶液反应: $3\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{Al}^{3+} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4^+$ 。

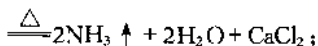
(3)表示氨水浓度时,溶质指所有溶解的 NH_3 。如: $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氨水含义是:在 1L 氨水溶液中溶有 1 mol 氨气,即在 1 L 该溶液中, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 NH_3 、 NH_4^+ 三种粒子物质的量总和为 1 mol。氨水密度比水小,浓度越大密度越小。

5. 氨的制法

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

(2) NH_3 实验室制法:

①反应原理:加热铵盐与碱的固体混合物。实验室常用加热 NH_4Cl 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 固体混合物的方法制取 NH_3 。反应方程式为 $2\text{NH}_4\text{Cl}(\text{s}) + \text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$



②实验装置:固体 $\xrightarrow{\Delta}$ 气体,与实验室制取氧气的装置相似。如图 1-2-1 所示;

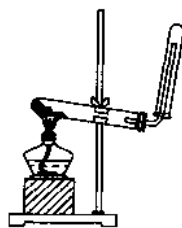


图 1-2-1

③收集方法:向下排空气法,不能用排水集气法;(收集时,在试管口放一团棉花,防止氨气与空气发生对流)

④验满方法:用玻璃棒挑着湿润的红色石蕊试纸(或蘸有浓盐酸的玻璃棒)放在试管口。试纸变蓝(或产生大量白烟),说明氨气收集满了;

⑤干燥方法:一般用碱石灰干燥。装置如图 1-2-2 所示。

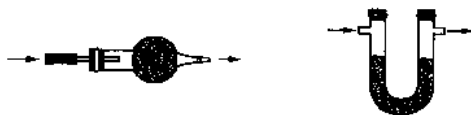


图 1-2-2

不能用浓硫酸、 P_2O_5 、 CaCl_2 等干燥, CaCl_2 与 NH_3 会发生反应生成 $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$;

⑥尾气吸收:用水吸收,注意防倒吸。吸收装置如图 1-2-3 所示。

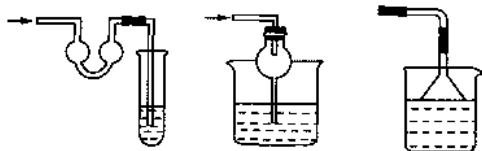


图 1-2-3

(3)实验室快速制取少量氨气的其他方法:

①加热浓氨水: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$;

②浓氨水与碱石灰或 NaOH 固体或 CaO 固体混合。原理是:碱石灰吸水,增大了氨水的浓度;碱石灰

溶解吸热,氨水温度升高;碱石灰溶解时电离出 OH^- , 增大氨水中 OH^- 的浓度。这些都有利于 NH_3 的逸出。有关反应为: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaO} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{NH}_3 \uparrow$, $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

6. 喷泉实验

(1)实验介绍:如图 1-2-4,烧瓶中收集了氨气,胶头滴管中吸好了水。实验时,捏挤胶头,打开止水夹。可以看到,烧杯中的水沿导管迅速上升,在烧瓶内形成喷泉。

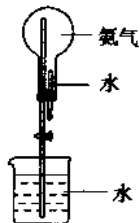


图 1-2-4

(2)实验原理:由于 NH_3 极易溶于水,当挤压胶头滴管时,少量水进入烧瓶而溶解了大量 NH_3 ,使烧瓶内气压迅速减小,外界大气压将烧杯中的水压入烧瓶而形成喷泉。

(3)实验关键:装置不漏气,烧瓶干燥,氨气要收集满。

(4)有关计算:喷泉实验完毕后,不管烧瓶内是否充满水,所得溶液中氨的物质的量浓度均为 $\frac{1}{22.4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (假设实验在标准状况下进行),其计算过程如下:

设烧瓶中充有 $V \text{ L}$ 氨气(标准状况下),则喷泉完后烧瓶中进入的溶液为 $V \text{ L}$ 。

$$\text{则有: } c(\text{NH}_3) = \frac{n(\text{NH}_3)}{V(\text{aq})} = \frac{\frac{V \text{ L}}{22.4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}}{V \text{ L}} = \frac{1}{22.4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

(5)实验拓展: HCl 、 SO_2 等溶解度大的气体,也会像 NH_3 一样产生喷泉。 CO_2 、 H_2S 、 Cl_2 等在水中溶解度不大的气体,若将水改成 NaOH 溶液,因这些气体在碱溶液中会反应而溶解度明显增大,从而也会形成喷泉。

(6)引发喷泉的操作原理:用胶头滴管往烧瓶内挤入少量水,是使烧瓶内气体部分溶于水而使得烧瓶内压强小于外界大气压,引起喷泉。还可用其他方法引起喷泉,如用吸有冰水的毛巾冷敷烧瓶,使烧瓶内气压降低,烧杯中的水被吸入烧瓶而引起喷泉;或用热毛巾热敷烧瓶,使烧瓶内气压增大, NH_3 被沿导管压入烧杯而溶于水,引起喷泉。

三、铵盐及铵根离子检验

1. 铵盐的组成结构

含有 NH_4^+ 的化合物。

2. 铵盐的物理性质

无色晶体,易溶于水。

3. 铵盐的化学性质

(1)与碱反应: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

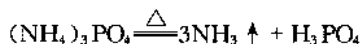
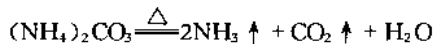
注意:铵盐与碱反应时,产物书写形式与反应条件有关。在浓溶液或受热条件下写成 $\text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 的形式,即: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$;而在稀溶液中不加热条件下写成 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 形式,即:



(2)受热分解:铵盐一般都不稳定,受热易分解。



①非氧化性酸的铵盐,加热分解生成氨气和相应的酸(若该酸不稳定,则生成对应的酸酐和水)。如:



②氧化性酸对应的铵盐,加热时会发生氧化还原反应,产物很复杂。如 NH_4NO_3 受热或受到撞击会发生复杂的反应,并爆炸。

4. NH_4^+ 的检验

用一个洁净试管取少量样品与碱混合,加热,用湿润的红色石蕊试纸靠近试管口,若试纸变蓝,证明样品中含 NH_4^+ 。也可用蘸有浓盐酸的玻璃棒代替湿润的红色石蕊试纸,若产生白烟,说明样品中含有 NH_4^+ 。

四、氨及铵盐的用途

1. 氨是一种重要的化工产品。是氮肥工业、制硝酸、制铵盐、生产纯碱等的重要原料。氨在有机合成工业上也是一种常用原料(如制合成纤维、塑料、染料、尿素等),氨还可用作制冷剂。

2. 铵盐常用作氮肥。

典型例题剖析

【例1】下列各组物质中,只含有极性键并且都是极性分子的一组是 ()

- A. CH_4 与 Br_2 B. NH_3 与 H_2S
C. H_2O 与 H_2O_2 D. CO_2 与 HCl

【解析】共价键有极性键和非极性键两种,由双原子构成的单质分子中只有非极性键,而在化合物分子中一定有极性键,但不一定只有极性键,也有些化合物中存在非极性键,如 H_2O_2 分子中既有 $\text{H}-\text{O}$ 之间的极性键又有 $\text{O}-\text{O}$ 之间的非极性键。判断化合物中是否存在相同原子之间形成非极性键的情况,有一种快速判断的经验方法:看化合物中呈负价的元素化合价是否为最低价,若为最低价,则无非极性键;若不是最低价,则存在非极性键。如 Na_2O_2 、 CO_2 中,前者 O 为 -1 价,不是最低价,有 $\text{O}-\text{O}$ 非极性键;后者 O 为 -2 价,是最低价,无非极性键。

分子极性的判断要结合分子中键的极性和分子空间构型。双原子单质分子中只有非极性键,是非极性分子;双原子化合物分子中只有极性键,是极性分子;对 XY_n 型或 X_nY 型分子,中心原子为最高价时,一般为非极性分子(如 CH_4 、 CO_2 等),否则为极性分子(如 NH_3 、 H_2S 、 H_2O 等)。

本题要求能够判断多原子分子中键的极性是整个分子的极性,因此要求了解键的极性有关概念及分子极性判断的常用方法,同时要求了解一些简单分子的空间构型。

【答案】B

【例2】大气压强对许多化学实验有着影响,如喷泉实验。制取氨气并完成喷泉实验(图中夹持装置均已略去)。

(1)写出实验室制取氨气的化学方程式:_____。

(2)收集氨气应使用_____法,要得到干燥的氨气可选用_____作干燥剂。

(3)用图 1-2-5a 中所示装置进行喷泉实验,上部烧瓶已装满了干燥氨气,引发水上喷的操作是_____。该实验的原理是_____。

(4)如果只提供如图 1-2-5b 所示的装置,请说明引发喷泉的方法:_____。

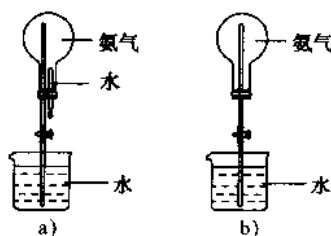


图 1-2-5

【解析】(1)实验室一般用加热 NH_4Cl 与熟石灰的固体混合物的方法来制取 NH_3 。

(2) NH_3 极易溶于水,密度比空气小,故只能用向下排空气法收集。 NH_3 是碱性气体,必须用碱性或中性干燥剂干燥,一般用碱石灰。

(3)(4)引发喷泉的关键是形成烧瓶内、外压强差,可以是减小烧瓶内压强,也可以是增大烧瓶内压强。减小烧瓶内压强的方法有:往烧瓶内挤入少量水(如图 1),或用冷却烧瓶的方法;增大烧瓶内压强可以利用热敷烧瓶的方法。

本题考查实验室制取氨气的有关知识及对氨气喷泉实验原理的理解和应用。要求学生能够在理解实验原理的基础上自行设计一些简单的实验操作。

【答案】(1) $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

(2)向下排空气 碱石灰

(3)打开止水夹,挤出胶头滴管内的水 氨气极易溶于水,当往烧瓶内挤水时,瓶内气体大量溶解而使瓶内气压迅速减小,外界大气压将烧杯中水压入烧瓶形成喷泉

(4)打开止水夹,用热毛巾捂热烧瓶(或用吸有冰水的冷毛巾冷敷烧瓶)

【例3】图 1-2-6 是某联合化工厂的生产流程图,在反应③中产物 K 因溶解度较小而从混合液中析出。

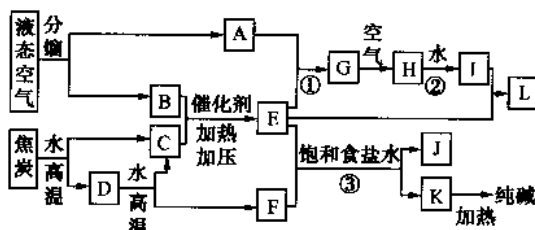


图 1-2-6



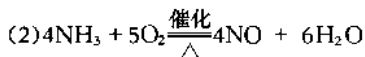
据图回答下列问题:

- (1) 写出下列物质的化学式: C: _____, J: _____, L: _____.
- (2) 写出反应①的化学方程式并注明反应条件: _____.
- (3) 反应②中氧化剂与还原剂的物质的量之比为: _____.
- (4) 实际生产过程中, 发生反应③时, 应先通入 E 而后通入 F 的原因是 _____.

【解析】 分馏液态空气可得到 N_2 和 O_2 (A 或 B); 焦炭与水在高温下反应是生产水煤气的原理, 得到的是 H_2 与 CO (C 或 D), 其中能在高温下与水继续反应的只有 CO (即 D); CO 与水高温下反应生成 H_2 和 CO_2 (C 或 F), 其中在高温、高压、催化剂条件下与空气成分之一发生反应的是 H_2 (即 C), 则 B 为 N_2 , A 为 O_2 , F 为 CO_2 ; E 为 NH_3 ; 工业上用 NH_3 催化氧化法生产 HNO_3 , 其间涉及中间产物 NO (G)、 NO_2 (H), 最后得到 HNO_3 (I); 结合 NH_3 (E)、 CO_2 (F)、饱和食盐水、纯碱等信息, 可推断出反应③是侯氏制碱法的反应原理之一 ($NaCl + NH_3 + CO_2 + H_2O = NaHCO_3 + NH_4Cl$).

本题通过框图推断的形式全面考查工业上合成氨、氨催化氧化法生产硝酸、侯氏制碱法等化工生产基本原理, 是一种综合性较强的推断题, 能较好地训练学生的综合思维能力.

【答案】 (1) H_2 NH_4Cl NH_4NO_3



(3) 1 : 2

(4) 因氨在饱和食盐水中溶解度大, 先通入 NH_3 得到碱性溶液可充分吸收 CO_2 , 从而生成大量 $NaHCO_3$ 并析出晶体; 反之, 若先通入 CO_2 , 因 CO_2 在水中溶解度小而不会有 $NaHCO_3$ 析出

【例 4】 同主族元素形成的同一类型的化合物, 其结构和性质往往相似. 化合物 PH_4I 是一种无色晶体, 有关它的下列叙述中不正确的是 ()

- A. PH_4I 是一种共价化合物
- B. 加热 PH_4I 时可分解并产生紫色蒸气
- C. PH_4I 可由 PH_3 与 HI 化合而成
- D. PH_4I 不能与烧碱溶液反应
- E. PH_4I 很稳定, 受热不分解.

【解析】 根据题中提示信息“同主族元素形成的同一类型的化合物, 其结构和性质往往相似”, 将 PH_4I 与 NH_4Cl 对比; NH_4Cl 是铵盐, 属离子化合物; 不稳定, 受热易分解生成 NH_3 和 HCl ; 可由 NH_3 与 HCl 化合而得到; 与烧碱溶液反应生成 $NH_3 \cdot H_2O$. 所以, PH_4I 应该是离子化合物; 受热易分解并生成 PH_3 和 HI ; 可由 PH_3 和 HI 化合得到; 但 HI 不稳定, 受热条件下分解成 H_2 和 I_2 ; 与碱溶液反应会生成 PH_3 气体.

这是一种给定信息知识迁移题, 利用同主族元素之间的关系将 NH_4Cl 有关知识向 PH_4I 迁移, 在知识迁移过程中, 既要注意相似性的迁移, 也要注意一些性质的递变规律和不同点.

【答案】 ADE

【例 5】 按图 1-2-7 所示装置进行实验.

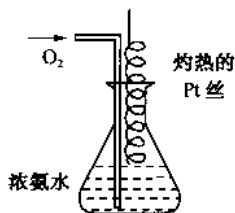


图 1-2-7

(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, 请将还可能观察到的其他现象补齐: _____.

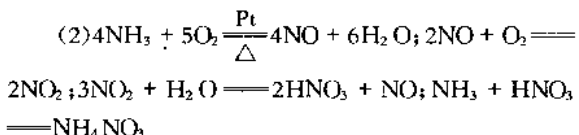
(2) 有关反应的化学方程式为 _____.

(3) Pt 丝不能插入浓氨水中, 为什么? _____.

【解析】 现象的描述依赖题目信息的引导. 锥形瓶上方的白烟为 NH_4NO_3 , 依此可推知锥形瓶内应发生的反应及现象.

此题综合 NH_3 的催化氧化, NO 与 O_2 、 H_2O 反应转化为 HNO_3 , 及 NH_3 与 HNO_3 化合生成 NH_4NO_3 的基本知识. 要求能根据反应情况分析变化现象, 这是化学学习的基本方法之一.

【答案】 (1) 在锥形瓶瓶口附近有红棕色气体出现, 铂丝保持红热 (NH_3 的催化氧化是放热反应)



(3) Pt 丝插入浓氨水中, 温度会降低而失去催化作用

高考试题评析

【例 1】 (2004·北京) 资料显示: “氨气可在纯氧中安静燃烧……”. 某校化学兴趣小组的学生设计了如图 1-2-8 所示装置 (图中铁夹等夹持装置已略去) 进行氨气与氧气在不同条件下反应的实验.

(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气通到装置 B (催化剂为铂石棉) 中, 用酒精喷灯加热. 氨催化氧化的化学方程式是 _____; 试管内气体变为红棕色, 该反应的化学方程式是 _____.

(3) 将过量的氧气与 A 产生的氨气分别从 a、b 两管进气口通入到装置 C 中, 并在 b 管上端点燃氨气:

① 两气体通入的先后顺序是 _____, 其理由