



湖南师大附中



最新修订

精导 精练

2合1

高二化学

(上)

■ 主编 李 安



龍門書局

www.Longmenbooks.com



湖南师大附中

精导 2合1 精练

第五次修订版

丛书主编 常力源
化学主编 李安
分册主编 李安
编者 李安 邓建安

陈克勤

高二化学
(上)

龍門書局
北 京

序 言



人类社会已迈入了一个崭新的世纪,同时也迎来了一个知识经济的时代。知识经济呼唤高素质人才,而高素质人才应具备系统扎实的科学技术基础,健康健全的身体、心理素质,同时,更应具有较强的思维能力、实践能力和创新精神。

学校教育的目的是育人。在今天,一切为了学生发展的理念已日趋成为现代教育的灵魂。如何发掘学生的潜能,并引导其健康地发展成为鲜明的个性特长?如何推进以创新精神的培养为核心的全面素质教育?如何在基础教育阶段为未来高素质人才的成长铺垫好坚实的根基?每一位有责任感的教育工作者都在认真地思考和探索着。编写这套丛书的学校,就是这一伟大变革中的积极实践者。



湖南师大附中这所有着近百年办学历史的湘湖名校,不失时机地把握改革开放的历史机遇,坚持以“三个面向”为指针,贯彻以改革为动力,以育人为根本的办学方针,确立了“以人为本、承认差异、发展个性、着眼未来”的学校课程改革理念,努力构建高中课程新体系,推动素质教育的深入实施。在“学生主体、教师主导、思维主线”教学思想的指引下,学校“全面发展、全面发展、特长发展、和谐发展”的育人目标得以较好的实现,学生整体素质和个性特长也都得到了较好发展。多年来,学校的高中毕业会考和高考成绩一直名列湖南省前茅,1985年以来向北京大学、清华大学等全国名牌重点大学免试保送优秀毕业生 900 多名,还有 38 名学生考入中国科学技术大学等大学少年班。在国际中学生学科奥林匹克竞赛中,学校历届学生先后获得数、理、化、生等学科金牌 17 枚,银牌 6 枚,为国家赢得了极大荣誉,学校亦被誉为“金牌摇篮”。学校推行全面素质教育的育人经验曾被《人民教育》长篇专题报道。

全面推行素质教育,培养学生创新精神的主渠道是学科课堂教学。为了更好地与同行们交流学科育人的心得,同时也为了给莘莘学子提供一套能与现行教学大纲和教材同步配套,并实用有效的练习类丛书,在龙门书局的大力支持下,我们组织了湖南师大附中有着丰富教学经验的教师和国际奥林匹克竞赛的金牌教练员编写了这套不同学段、多学科组合的《精导·精练(2合1)》丛书,力求通过同步辅导与课时练习的有机结合,使学生在明确重点、突破难点的基础上,加深对基础知识、基本技能的理解和运用,积累解题技巧,掌握学科思想方法,学会举一反三和融会贯通,能将知识内联、外延、迁移、重组,在新情景下解决新问题,切实提高学生的学科学习能力和创新意识。

本丛书是面向普通学校广大学生的同步导学、系统复习和应考提高的有效工具书。“精导”与“精练”相结合,是本书的特色,对我们来说,也是一次新的尝试。由于受编著者水平所限,加之编著时间仓促,书中难免存在不足和差错,恳请不吝指正。

常力源



湖师大附中简介

湖南师范大学附属中学是国家教育部基础教育司“国家级示范性普通高中建设”项目执行学校、湖南省教育厅直属重点中学,是湖南省实施素质教育的示范学校。学校历史已近百年,其前身是民主革命先驱禹之谟于1905年创办的唯一学堂,1912年学校更名为湖南私立广益中学,1955年1月更名为湖南师范学院附属中学。近百年来,学校培养了四万多名三湘学子,李立三、柳直荀、欧阳予倩、康濯、朱镕基、中国工程院院士“黎氏三兄弟”(黎鳌、黎介寿、黎磊石)、张履谦、朱之悌、何继善,中国科学院院士朱作言等,就是他们当中的杰出代表。

学校座落在风光秀丽、人文荟萃的岳麓山下,校园占地10.7万平方米,建筑总面积近9万平方米;2000年10月建成了千兆校园网络,教学设施已具备信息化功能。教职工近300人,高级教师114人,先后有24名教师被评为湖南省特级教师,有15人先后获得全国或湖南省优秀校长、优秀教师、劳动模范等荣誉称号。20多年来,学校共获全国教育系统先进集体、全国中小学德育工作先进集体、全国青少年科技活动先进集体、全国群众体育先进集体等国家级荣誉称号9次,教育教改成果获省级以上奖励16项次。

1978年以来,学校进入一个崭新的发展时期,教育教学质量稳居全省前列,教改教研成果丰硕喜人,形成了“科研兴校、全面育人”的鲜明办学特色,享有“金牌摇篮”的美誉。自1991年至2003年,在国际中学生奥林匹克竞赛中,共获物理、化学、生物等学科竞赛金牌18枚、银牌7枚。2000年8月,学校被湖南省教育厅确定为“湖南省高中课程改革实验学校”,全面实施课程改革,确立了“以人为本、承认差异、发展个性、着眼未来”的学校课程改革理念,构建了“两性四型”的课程框架。新课程体系的构建与实施,为学生提供了前所未有的学习发展空间。

十年树木,百年树人;改革迭起,任重道远。湖南师范大学附属中学是蕴蓄着湖湘文化历史积淀的育人沃土,又是具有改革创新精神的实施素质教育的前驱,在新的世纪中,必将展现出新的风采。





读者反馈表

感谢您选择龙门书局的《精导精练(2合1)·高二化学(上)》。

本书自推出之日起,就一直深受广大读者的欢迎,许多中学生纷纷来电来信对本书给予了高度评价,并提出了很多宝贵的建议,这些意见和建议对本书在2006年的全新改版起了举足轻重的作用,在此我们深表感谢。

2005~2006学年的龙门奖学金活动即将结束,2006~2007学年的龙门奖学金活动已经在紧锣密鼓的准备之中。将以下信息填写后寄至龙门读者俱乐部,您就会成为我们俱乐部的会员。您不仅有机会获得龙门奖学金,而且可以参加俱乐部举办的各项活动。来信请寄:北京市东城区东黄城根北街16号龙门书局读者俱乐部石伟收,邮编:100717。

龙门书局读者俱乐部入会信息表

姓 名		性 别	
年 级		班 级	
邮政编码		联系电话	
学校(或家庭)通讯地址:			

- 您的学校是_____ a. 省重点 b. 市重点 c. 普通中学
- 您是如何获得本书的? _____ a. 书店购买 b. 老师订购 c. 他人赠送 d. 其他
- 您认为本书的价格 _____ a. 高 b. 低 c. 合适
- 您认为本书的封面 _____ a. 不错 b. 一般 c. 改进的地方
- 您希望本书的开本 _____ a. 比现在大 b. 比现在小 c. 和课本一样大 d. 不变
- 您喜欢下列哪类辅导书? _____ a. 全面细致讲解 b. 练习题、试卷 c. 有讲解有练习的 d. 双色印刷、图文并茂、版式活泼 e. 单色印刷、信息量大、内容丰富 f. 其他
- 您在学习过程中使用过哪些辅导书? _____
- 您最喜欢本书的哪些栏目,不喜欢哪些栏目,为什么? _____
- 您是如何使用本书的? _____ a. 每一部分仔细阅读 b. 看例题 c. 做习题 d. 看知识点
- 您是在哪个时间段使用本书的? _____ a. 课前 b. 上课 c. 课后 d. 其他
- 您认为本书的优点是 _____
- 您认为本书的缺点是 _____
- 您在学习遇到的困难是 _____
- 您的学习成绩在班里是 _____ a. 优秀 b. 良好 c. 一般
- 您的梦想是 _____
- 您如果发现书中的错误,请列在下面。 _____

目 录

第一章 氮族元素	1
1.1 氮和磷	1
1.2 氨 铵盐	7
1.3 硝酸	14
1.4 氧化还原反应方程式的配平	19
1.5 有关化学方程式的计算	25
第二章 化学平衡	31
2.1 化学反应速率	31
2.2 化学平衡	37
2.3 影响化学平衡的条件	41
2.4 合成氨条件的选择	48
知识提升园地	52
2005 年高考化学试题——化学平衡	60
第三章 电离平衡	64
3.1 电离平衡	64
3.2 水的电离和溶液的 pH	68
3.3 盐类的水解	73
3.4 酸碱中和滴定	79
知识提升园地	84
2005 年高考化学试题——电离平衡	89
第四章 几种重要的金属	92
4.1 镁和铝	92
4.2 铁和铁的化合物	98
4.3 金属的冶炼	103
4.4 原电池原理及其应用	108
知识提升园地	113
2005 年高考化学试题——几种重要的金属	118

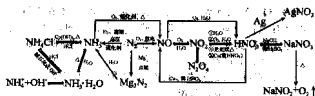
附参考答案

第一章

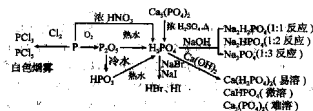
氮族元素

※ 本章结构图解 ※

一、氮及其化合物的相互转化关系



二、磷及其化合物的相互转化关系



1.1 氮 和 磷

课堂导学

※ 知识点整理 ※

【考点一 氮族元素的原子结构及性质比较】

氮族元素	周期表位置：第VA族，从N→Bi，依次为第二、三、四、五、六周期	原子结构
	表示方法： 原子结构示意图： $\text{N}(\text{7}) \begin{array}{c} 2 \\ 5 \end{array}$ ， $\text{P}(\text{15}) \begin{array}{c} 2 \\ 8 \\ 5 \end{array}$ 电子式： $\text{N} \cdot \cdot \text{N} \cdot \cdot$ ， $\text{P} \cdot \cdot \text{P} \cdot \cdot$	元素性质
	比较：不同点：电子层数不同，电子层数依次增多，原子半径依次增大 相似性：最高价氧化物中都显+5价，化学式为 R_2O_5 气态氢化物中都显-3价，化学式为 RH_3 最高价氧化物的水化物呈酸性(HRO_3 或 H_3RO_4)	递变性(N→Bi)：原子半径由小到大 非金属性减弱，金属性增强
	单质：常温常压下， N_2 为气体，其余为固体 密度： $\text{N}_2 < \text{Bi}$ ，密度依次增大，注意 N_2 的密度单位是 g/L 熔沸点： $\text{N}_2 < \text{As}$ ，依次升高， $\text{Sb} > \text{Bi}$ 依次降低 N、P是非金属，Bi属于非金属，但已有一些金属性，而Sb、Bi具有明显的金属性	化合物：含氧酸： HNO_3 、 H_3PO_4 、 H_3AsO_4 、 H_3SbO_4 、 HBiO_4 的酸性依次减弱 含氧酸： HNO_2 、 H_3PO_3 、 H_3AsO_3 、 H_3SbO_3 、 HBiO_3 的酸性依次减弱 气态氢化物的热稳定性： $\text{NH}_3 > \text{PH}_3 > \text{AsH}_3 > \text{SbH}_3 > \text{BiH}_3$ 即 $\text{PH}_3 < \text{AsH}_3 < \text{SbH}_3 < \text{BiH}_3$

氮族元素的非金属性比同周期的卤族元素和氧族元素的非金属性弱

【范例1】关于氮族元素的叙述，正确的是

- A. 它们的单质在常温下都难以与 H_2 化合
B. 它们的单质熔、沸点依N→Bi逐渐升高
C. 它们最高价含氧酸均可用 H_2RO_4 表示
D. 它们最高价氧化物的水化物都是强酸

思路点拨 元素的非金属性越强，其单质与氢气化合的能力就越强，氮是VA族元素中非金属性最强的元素，而氮气在常温下较稳定，不与 H_2 化合，故A是正确的。单质的熔沸点从 N_2 到 Sb 随原子序数增大而升高，到 Bi 则下降，故B不正确，原因在于不同结构的单质无法比较，像卤族结构最相似则可比较。氮族元素中N和Bi的最高价含氧酸的化学式不能用 H_2RO_4 表示，而是用 HNO_3 表示的，氮族元素最高价氧化物对应的水化物中，只有 HNO_3 是强酸，故C和D的叙述均不正确。

◆ 点拨 ◆ 在学习元素性质递变规律时，既要注意到一般性质的递变规律，又要注意到某些“反常”性质的递变规律。

例题1 下列关于氮族元素的有关性质比较，不正确的是

- A. 从N→Bi，单质的密度逐渐增大
B. 从N→Bi，单质的颜色逐渐加深
C. 从N→Bi，气态氢化物的稳定性逐渐减弱
D. 从N→Bi，最高价氧化物的水化物酸性逐渐减弱

【考点二 氮气分子的结构和性质】

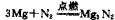
1. 氮气的分子结构

电子式： $\text{N} \cdot \cdot \text{N} \cdot \cdot$ 结构式： $\text{N} \equiv \text{N}$

2. 氮气的化学性质

氮气的化学性质在常温下很稳定，原因是 $\text{N} \equiv \text{N}$ 键牢固。氮气虽然稳定但并不等于它不能参加化学反应，只是要求的条件较高，如高温、高压、放电等，掌握这一特点是至关重要的。

(1) 氧化性： $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightarrow[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$ (工业上用此原理合成氨)



注意：①镁条在空气中燃烧，其产物大部分为 MgO 和少量的 Mg_3N_2 。这也说明镁跟氮气反应比镁跟氧气反应要难得多。②等量的Mg在氧气中燃烧后质量增加得多，等量的Mg在氮气中燃烧后质量增加得少，等量的Mg在空气中燃烧后质量增加的量在上述两者之间。

(2) 还原性： $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow[\text{或高温}]{\text{放电}} 2\text{NO}$ (打雷、汽车引擎中发生的反应)

注意：“放电”相当于高温，在雷雨时会有此反应发生，但反应程度较小，生成的NO很少，因此此反应不宜用于合成NO。此反应也是汽车尾气中含氮氧化物污染物的原因。

3. 氮的氧化物

氮有多种化合价: -3、0、+1、+2、+3、+4、+5, 五种正价可形成六种氧化物: N_2O 、 NO 、 N_2O_3 、 NO_2 、 N_2O_4 、 N_2O_5 , 六种氧化物都是大气污染物。

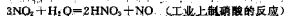
(1) N_2O_3 和 N_2O_5 分别是 HNO_2 和 HNO_3 的酸性氧化物(酸酐)。

(2) NO 是一种无色、不溶于水、有毒的气体, 还原性极强, 易被 O_2 氧化为 NO_2 。

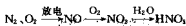


注意: NO 与 O_2 不能共存, 收集 NO 只能用排水法, 不能用排空气法。

(3) NO_2 是一种红棕色、有刺激性气味、有毒的气体, 难溶于水, 与水反应。



注意: ①收集 NO_2 不能用排水法, 只能用排空气法。②空气中的 NO_2 是造成光化学烟雾的主要原因, NO_2 在紫外线照射下, 会发生一系列光化学反应, 产生一种有毒的烟雾——光化学烟雾, 刺激呼吸器官, 使人致病甚至死亡。③ NO_2 具有强氧化性, 能使湿润的 KI 淀粉试纸变蓝, 所以, 不能用该试纸来鉴别 NO_2 气体和溴蒸气, 可用水或 $AgNO_3$ 溶液来鉴别, 前者溶于水溶液无色, 溶于 $AgNO_3$ 溶液没有沉淀产生; 后者溶于水溶液显棕色, 溶于 $AgNO_3$ 溶液产生淡黄色沉淀。④在电闪雷鸣的雨天, 氮气在空气中发生以下一系列的变化:



这就是“雷雨发庄稼”的道理。

4. 氮的固定

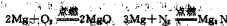
将游离态氮转变为化合态氮的方法叫氮的固定。固定氮的方式有自然固氮和人工固氮, 如工业合成氨为人工固氮, 而雨天产生 NO 气体就属于自然固氮。

5. 氮气的用途

- (1) 惰性之用, 保护气(充灯泡、焊接金属、保存粮食等)。
- (2) 作原料用, 合成氨、制 HNO_3 、制氮肥等。
- (3) 医学上常用液氮作冷冻剂, 在冷冻麻醉条件下做手术等。

【例题 2】 (2003·山东) 相同质量的镁条分别在氧气、氮气和空气中充分燃烧, 所得固体产物的质量由大到小的顺序是 $MgO > Mg_3N_2 > MgO$, 过量的镁条在相同状况下相同体积的氧气、氮气和空气中充分燃烧, 生成的固体产物的质量由大到小的顺序是

【解析】 镁在氧气、氮气里燃烧的方程式是:



当 Mg 为 1mol 时, 在 O_2 中燃烧, 质量增加 16g; 在 N_2 中燃烧, 质量增加 9.33g。相同质量的镁条在 O_2 、 N_2 和空气中充分燃烧生成固体物质的质量由大到小的顺序是 $O_2 > N_2 > N_2$ 。

当气体物质的量为 1mol 时, 镁在 O_2 里燃烧, 质量增加 48g; 镁在 N_2 里燃烧, 质量增加 72g。过量镁条在相同体积的 O_2 、 N_2 和空气中燃烧生成 MgO 和 Mg_3N_2 的质量由大到小的顺序是: $N_2 > O_2 > O_2$ 。

◆点拨: 本题只须分析 MgO 和 Mg_3N_2 中 Mg 的质量分

数, 就可以比较得出结果。

思考: 4.8 g 镁在空气中燃烧时质量增加 3.2 g, 而相同质量的镁在空气中燃烧时, 质量增加却少于 3.2 g, 其原因是什么?

答案: 镁在空气中燃烧有一部分要与 N_2 反应, 相同质量的镁分别与 N_2 、 O_2 反应生成的固体质量 (Mg_3N_2) 小于后者生成的固体质量 (MgO)。

【例题 3】 Murad 等三位教授最早提出 NO 分子在人体内具有独特功能, 近年来此领域研究有很大的进展, 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 的下列叙述不正确的是

- NO 可以是某些含低价 N 物质的氧化产物
- NO 不是亚硝酸酐
- NO 可以是某些含高价 N 物质的还原产物
- NO 是红棕色气体

【解析】 NO 中 N 为 +2 价, 处于中间价态, 它可以是 -3 价 N 或零价 N_2 单质被氧化以后生成的氧化产物, 也可以是 +5 价、+4 价等高价态 N 元素被还原以后生成的还原产物, 故 A、C 叙述正确。亚硝酸 (HNO_2) 中 N 元素的化合价为 +3 价, 故 NO 不是 HNO_2 的酸酐, HNO_2 的酸酐是 N_2O_3 , 选项 B 叙述正确。 NO 是无色气体, NO_2 才是红棕色气体, 选项 D 错误。

◆点拨: 某氧化物是否属于酸酐(酸性氧化物), 关键是判断酸的分子中中心元素(非氢、非氧元素)的化合价是否保持不变。如下列氧化物分别是下列酸的酸酐: CO_2 — H_2CO_3 、 SO_2 — H_2SO_3 、 SO_3 — H_2SO_4 、 N_2O_5 — HNO_3 、 N_2O_3 — HNO_2 、 P_2O_5 — H_3PO_4 (或 HPO_3)、 SiO_2 — H_4SiO_4 (或 H_2SiO_3)、 Cl_2O_7 — $HClO_4$ 、 Cl_2O — $HClO$ 。而 NO 和 NO_2 氧化物不是酸酐: CO 、 NO 、 NO_2 。

例题 2 下列说法中, 不正确的是

- NO_2 溶于水生成 HNO_3 , 所以 NO_2 是硝酸酐
- 空气中的 NO_2 是造成光化学烟雾的主要原因
- N_2 常用作焊接金属、保存粮食的保护气
- N_2 在过量空气中放电条件下生成 NO

【考点 3 氮的性质及用途】

1. 氮的同素异形体

名称	白磷		红磷
	名称	名称	名称
物理性质	颜色状态	白色蜡状固体	红色粉末
	溶解性	易溶于 CS_2 , 不溶于水	不溶于 H_2O 和 CS_2
	密度	$1.82 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$	$2.3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
	着火点	40°C	240°C
化学性质	稳定性	剧毒	无毒
	与 O_2 反应	$4P + 5O_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2P_2O_5$ (白烟)	
	与 Cl_2 反应	$2P + 3Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2PCl_3$ (白雾) (Cl_2 量不足时) $2P + 5Cl_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2PCl_5$ (白烟) (Cl_2 量过量时)	
相互转化		白磷 $\xrightarrow{\text{隔绝空气加热到 } 40^\circ\text{C} \text{ 以上并摩擦}}$ 红磷 红磷 $\xrightarrow{\text{隔绝空气加热到 } 470^\circ\text{C} \text{ 以上并摩擦}}$ 白磷	
保存方式		少量时保存在水中	密封保存
用途		制磷的 H_3PO_4 、磷酸盐、磷酸钙、制农药、安全火柴等	

注意：(3)可用如下两个实验证明红磷和白磷是同素异形体：①红磷和白磷之间可以相互转化，说明红磷和白磷都是由磷元素组成；②取相同质量的白磷和红磷，分别在足量氧气中充分燃烧，所得产物都为五氧化二磷，且质量相等，说明二者均由磷元素组成。

(2)通过如下实验可实现红磷转化为白磷：

①实验步骤：在长玻璃管中放少量红磷，玻璃管的一端用软木塞塞紧，另一端敞开。先均匀加热红磷周围的玻璃管，然后在放红磷的地方加热（见图1-1），观察发生的现象。

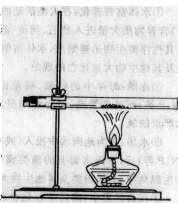


图1-1 红磷转变成白磷

②实验现象：加热后，玻璃管内有黄色蒸气产生，并且在玻璃管内壁冷的地方有黄色固体附着，此固体即为白磷。

(3)使用白磷时，不得随意乱放，因为白磷的着火点只有40℃，易自燃。

(4)磷在氧气中燃烧的现象为出现白色烟雾。

2. 五氧化二磷

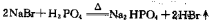
物理性质：白色固体，具有强烈的吸水性，是一种良好的酸性干燥剂，但不能干燥氨气等碱性气体。五氧化二磷是磷酸和偏磷酸的酐。

化学性质： $P_2O_5 + 3H_2O \xrightarrow{\text{加热}} 2H_3PO_4$ （无毒）
 $P_2O_5 + H_2O \text{（冷）} \rightarrow 2HPO_3$ （偏磷酸有毒）

3. 磷酸

(1)磷酸的性质 纯净的磷酸是无色、透明、易溶于水的晶体，难挥发、稳定、无氧化性的中等强度的三元酸，具有酸的通性。

在实验室里可用于制取 HI 、 HBr 和 H_2S 等还原性气体。



由于磷酸是三元酸，与碱反应可生成三种盐：正盐、一氢盐、二氢盐。



(2)磷酸的制法 $Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 \text{（浓）} \xrightarrow{\Delta} 2H_3PO_4 + 3CaSO_4$

(3)三种磷酸盐的溶解性规律

①所有的磷酸二氢盐均溶于水。

②磷酸一氢盐和正盐除 K^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 外，几乎都不溶于水，磷酸氢盐的溶解度大于磷酸盐的溶解度，如：



（可溶于水）（微溶于水）（难溶于水）

③若正盐不溶于水，则一氢盐也不溶于水，不溶于水的磷酸盐均能溶于磷酸。

【范例4】关于磷的下列叙述中正确的是（ ）

- A. 白磷在空气中加热到260℃可转变为红磷
 B. 白磷可用于制造安全火柴
 C. 少量白磷应保存在水中
 D. 白磷和红磷的混合物可用 CS_2 溶剂分离

解析：白磷在空气中着火点为40℃，加热到260℃时，自燃生成了 P_2O_5 ，不能转化为红磷，红磷转化为红磷需在隔绝氧气的条件下，故A不正确，由于白磷的着火点低，在空气中易自燃，不能用于制造安全火柴，用于制造安全火柴的是红磷，故B不正确，白磷在空气中易氧化，应保存在水中，故C正确，白磷易溶于 CS_2 ，红磷难溶，利用两者在 CS_2 中的溶解性不同，可先溶于 CS_2 ，再过滤，即可将两者分离开，故D正确。

◆点评◆ 此题考查红磷和白磷的性质与用途，即可迎刃而解。

类题3 下列说法正确的是（ ）

- A. 白磷在氯气中燃烧产物为 PCl_3 ，红磷在氯气中燃烧产物为 PCl_5
 B. 白磷、红磷之间互称同位素
 C. P_2O_5 是磷酸和偏磷酸的酐
 D. 磷酸和偏磷酸都具有强氧化性

【范例5】（2003·全国）X、Y、Z是短周期元素的三种常见氧化物。X跟水反应后可生成一种具有还原性的不稳定的二元酸，该酸的化学式是_____，Y和X的组成元素相同，Y的化学式是_____，1mol Z在加热时跟水反应的产物需要用6mol氢氧化钠才能完全中和，Z的化学式是_____，其中中和产物的化学式是_____。在一定条件下，Y可以跟非金属单质A反应生成X和Z，其反应的化学方程式是_____。

解析：首先由X、Y、Z为短周期元素的氧化物，确定元素大搞范围，再由X能与水反应生成不稳定的、具有还原性的二元酸，确定X为非金属氧化物且为酸酐，并需被氧化。从所学过的知识来分析，X应为 SO_2 ，形成的酸为 H_2SO_3 。Y与X的组成元素相同，可推得Y为 SO_3 。

由题意可得Z也为一种酸的酸酐。1mol Z与热水形成的酸需6mol NaOH中和，推得氧化物Z应为 P_2O_5 。该氧化物1mol与热水反应生成2mol H_3PO_4 ，中和2mol H_3PO_4 需6mol NaOH，中和产物为 Na_2HPO_4 和 H_2O 。 SO_3 与A反应，可生成 SO_2 和Z，则说明Z中含A元素，A为单质P。

最后一问依据题意就可写出方程式。

◆点评◆ 本题考查了依据物质性质（具有还原性的、不稳定的二元酸）、反应关系（1mol Z生成的酸需6mol NaOH中和）来推断物质及依据信息书写化学方程式的能力。

类题4 （2001·湖南、浙江）有一磷的络构式是



，有关它的下列叙述不正确的是（ ）

- A. 它完全燃烧时的产物是 P_2O_5
 B. 它不溶于水
 C. 它在常温下呈固态
 D. 它与白磷互为同分异构体

实验探究案例

【案例一】图1-2是氮元素在自然界中的循环示意图。据图回答下列有关问题：

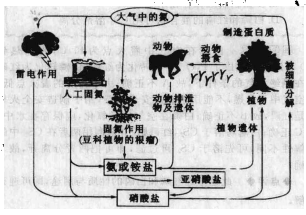
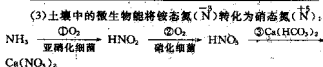


图1-2

(1)图1-2可知，自然固氮有两种途径：一种是在植物的_____里面，将 N_2 转化为氨或铵盐；另一种是通过雷电作用，将 N_2 转化为化合态氮，最后转化为硝酸盐。写出后一种有关反应的化学方程式。

(2)用方程式表示图中人工固氮的化学方程式



最后形成的硝酸盐能被植物吸收。

请写出上述转变的化学方程式：

①_____；②_____；③_____。

(4)当土壤通气不良，反硝化细菌又把硝态氮_____（填“氧化”或“还原”）为 N_2 ，虽会降低肥力，但对自然界中氮的循环来说必不可少。

(5)动物排泄物或动植物遗体腐烂过程中，将蛋白质最终分解成_____。

A. 亚硝酸盐 B. 硝酸盐 C. N_2 D. 氨或铵盐

◆探究提示◆ 本题综合考查氮及其化合物的转化关系，将化学与生物、生活、环境、化工紧密联系起来，是当今高考中热点问题，也符合素质教育的要求，培养学生的创新能力。

氮在自然界中的循环可总结如图1-3所示。

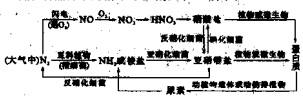


图1-3

【案例二】下列有关磷的叙述中不正确的是_____。

- A. 磷和氮一样，是构成蛋白质的成分之一
B. 动物的骨骼、牙齿和神经组织，植物的果实和幼芽，生物的细胞里都含有磷

C. 大量未经处理的生活污水随意排放，使水体含有大量的氮和磷而使水体富营养化，可产生水华（赤潮）等现象。

D. 磷可以以磷矿石、红磷形式存在于矿石中，但矿石中不含白磷。

◆探究提示◆ 本题变化侧重点是了解磷的存在形式，了解相关环境保护的知识。

①水体富营养化：在人类活动的影响下，生物所需的(N、P等)营养物质大量进入湖泊、河流、海湾等淡水水体；引起藻类及其他浮游生物迅速繁殖，水体溶解氧含量下降，水质恶化；鱼类及其他生物大量死亡的现象。

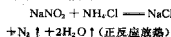
②赤潮：海洋中的红藻、褐藻由于吸收较多的营养物质(N、P等)而过度繁殖，引起海面呈赤色的现象，它会造成海水严重缺氧。

③水华：人为地向水中投入(或排入)生物需要的营养物质(N、P等)后，导致水面上的藻类疯长、繁殖，并使水质恶化而产生臭味，造成鱼类及其他生物大量死亡的现象。

④在自然界中，磷只能以化合态(主要是磷矿石)存在，无游离态磷存在形式。

实验能力训练

实验室常用饱和的 $NaNO_2$ 与 NH_4Cl 溶液反应制取纯净氮气，反应式为：



实验装置如图1-4所示，试回答：

(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

(2)装置B的作用是_____。

a. 冷凝 b. 冷却氮气 c. 缓冲氮气流

(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_____。

(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（填写编号）_____。

a. 用排水法收集在集气瓶中

b. 用排气法收集在集气瓶中

c. 直接收集在球胆或塑料袋中

◆探究提示◆ (1)根据题中所给反应式看，发生反应时，蒸馏烧瓶中有 N_2 生成，压强较高，若没有这个装置，分液漏斗中的 $NaNO_2$ 溶液不易顺利流下，有了这个装置，蒸馏烧瓶和分液漏斗中压强相等，利用液体的重力可使溶液顺利流下来。

(2)由于是液体与液体反应能吸气体，又属放热反应，因此气体产物 N_2 中一定含有大量水蒸气，通过冰盐冷却后，可将大部分水蒸气冷凝，减少 N_2 中的水蒸气。

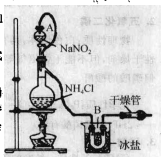


图1-4

(3) 制取气体的反应在反应前必须检查装置的气密性。而且该反应是放热反应, 反应一旦启动, 就不必再继续加热, 否则会由于反应过于激烈而使反应物冲出。由于实验目的是制纯净氮气, 因而在收集 N_2 前必须将装置内的空气排尽。

(4) 从提供的三种收集 N_2 方法看, 最适宜的方法是直接收集在玻璃或塑料瓶中。若只考虑收集, a 和 c 都可以, 但考虑到一个实验中要使 N_2 排出, 只能选择 c, 因为用平口玻璃瓶或塑料瓶, 氮气就会排出, 但对集气瓶就无能为力了, 而且用排水法收集的 N_2 不干燥。用排空气法收集的 N_2 不纯, 因为 N_2 的密度和空气的密度接近。



知识过关检测

基础训练

- 氮族元素与同周期碳族、氧族、卤族元素相比较, 下列递变规律不正确的是 ()
 - 原子半径 $C < N < O$
 - 非金属性 $Si < P < Cl$
 - 还原性 $SiH_4 > PH_3 > HCl$
 - 酸性 $H_2SiO_3 < H_3PO_4 < H_2SO_4$
- 已知元素砷 (As) 的原子序数为 33, 下列叙述正确的是 ()
 - 砷元素的最高化合价为 +3 价
 - 砷元素是第四周期的主族元素
 - 砷原子的第 3 电子层含有 8 个电子
 - 砷的氧化物水溶液呈强碱性
- 下列变化属于氮的固定的是 ()
 - 植物从土壤中吸收含氮的营养
 - 豆科植物的根瘤菌将氮向化合物转变为植物蛋白质
 - 工业上将氨气氧化成硝酸和其他氮的化合物
 - 雷雨时空气中的氮气转化为氮的氧化物
- 工、农业及城市生活污水中含有磷。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), 对于处理污水时不要除去磷, 下列说法中正确的是 ()
 - 磷是生物的营养元素, 不必除去
 - 含磷的污水是很好的肥料, 不必除去
 - 含磷污水排到自然水中, 引起藻类增殖, 使水质变质, 必须除去
 - 磷对人无毒, 除去与否都无关紧要
- 安全火柴盒的侧面所涂物质是 ()
 - 白磷和三硫化二砷等
 - 红磷和三硫化二砷等
 - 氯化钾、二氧化锰和硫等
 - 硝酸钾、二氧化锰等
- 新电灯泡的玻璃柱上涂有一层暗红色物质, 以除去灯泡内残留的氧, 该物质是 ()
 - CaO
 - Fe_2O_3
 - 红磷
 - 铜粉
- 在 NO_2 被水吸收的反应中, 发生还原反应和氧化反应的物质的量比为 ()
 - 1:2
 - 2:1
 - 1:3
 - 3:1
- 在春夏之交的夜晚, 基地周围常出现“鬼火”, 即磷火, 这是由于春末的 Ca_3P_2 与水反应生成 PH_3 , PH_3 自燃的结果。写出 Ca_3P_2 与水反应的化学方程式: _____

写出 PH_3 发生自燃的化学方程式: _____

- NO 中混有少量 NO_2 , 除去 NO_2 的最好方法是 _____, N_2 中混有少量 O_2 , 除去 O_2 的最好方法是 _____
- 在新疆与青海两省区交界处有一狭长山谷, 每当牧因和牲畜进入后, 风和日丽的晴天顷刻间电闪雷鸣, 狂风大作, 人畜常遭雷击而倒毙。奇怪的是这里却牧草茂盛, 四季常青, 被当地牧民称为“魔鬼谷”。用化学方程式表示“魔鬼谷”牧草茂盛、四季常青的原因。

综合提高

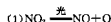
- (2003 · 上海) 关于氮族元素 (用 R 代表) 的下列叙述正确的是 ()
 - 最高化合价是 +5 价
 - 氢化物的通式为 RH_3
 - 非金属性由上到下递增
 - 其含氧酸均为一元弱酸
- 关于非金属元素 N、O、Cl、P 的叙述, 正确的是 ()
 - 在通常情况下其单质均为气体
 - 其单质均由双原子分子构成
 - 都属于主族元素
 - 每种元素仅生成一种氧化物
- 某氮的氧化物和一氧化碳在催化剂的作用下充分反应, 生成氮气和二氧化碳。若测得氮气和二氧化碳的物质的量之比为 1:2, 则该氮的氧化物是 ()
 - N_2O
 - NO
 - NO_2
 - N_2O_5
- (2003 · 湖南) 下列反应现象中不正确的是 ()
 - N_2 和 H_2 在高温、高压、催化剂作用下产生有强烈刺激性气味的气体
 - 向盛有 NO 的集气瓶中通入空气, 无明显现象
 - 磷在空气中点燃产生白烟
 - 白磷在空气中加热到 $260^\circ C$ 便转化成红磷
- 无色集气瓶中充入某组气体后, 集气瓶呈红棕色; 加入足量的水, 盖上玻璃片振荡, 得棕色溶液, 气体颜色消失, 再打开玻璃片后, 瓶中气体又变为红棕色。该气体可能是下列混合气体中的 ()
 - N_2 、 NO_2 、 Br_2
 - NO_2 、 NO 、 N_2
 - NO 、 O_2 、 NO
 - N_2 、 O_2 、 Br_2
- 牙膏中有氟化物添加可以防止龋齿的原因是: 长期使用含氟牙膏, 在牙齿表面生成了一层质地坚硬、溶解度小的氟磷酸钙。已知氟磷酸钙化学式中除 Ca^{2+} 外还含有 3 个 PO_4^{3-} , 1 个 F^- , 则其化学式是 ()
 - $Ca_3(PO_4)_3F$
 - $Ca_5(PO_4)_3F$
 - $Ca_3(PO_4)_2F$
 - $Ca_4(PO_4)_3F$
- 下列关于红磷和白磷的说法正确的是 ()
 - ①红磷没有毒性而白磷剧毒
 - ②白磷在空气中加热到 $260^\circ C$ 可转变为红磷
 - ③白磷可用于制造安全火柴
 - ④少量白磷应保存在水中

⑤取用少量白磷时,应用镊子夹取白磷,将其放在玻璃片上,用小刀切取所需量。

⑥干燥的红磷放在空气中而变强,说明红磷易潮解。

10. A. ①④ B. ②⑤ C. ①④⑤ D. ①②④⑤

11. 光化学烟雾形成的化学过程是:当汽车尾气产生的 NO_x 在日光照射下分解成 NO 和氧原子时,即开始光化学烟雾循环,不断产生 O_3 。这个循环包括了下列3个化学方程式,请补充化学方程式(2):



写出以上3个反应的总方程式: _____

拓展升级

19. (上海市春季高考题)空气缓慢通过如图1-5所示的a~d装置时,依次除去的气体是 _____

- A. O_2 , N_2 , H_2O , CO_2 B. CO_2 , H_2O , O_2 , N_2
C. H_2O , CO_2 , N_2 , O_2 D. N_2 , O_2 , CO_2 , H_2O

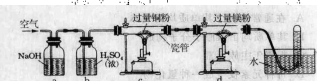
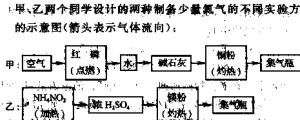


图1-5

20. 某酸式盐的组成可用 $\text{Ca}_x(\text{PO}_4)_2 \cdot m\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 来表示,先取7.56g此盐,将它加热到 100°C 以上,得7.02g残留固体;另取7.56g此盐溶于水,加入4.44g消石灰,恰好使它全部转化为正盐,则此酸式盐的组成下列表示中错误的是 _____

- A. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_3\text{PO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
B. $\text{Ca}_3(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
C. $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
D. $\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

21. (2003·广东)氮元素的化合价较多,负价态氮与正价态氮之间发生氧化还原反应时会有氮气生成。下面介绍的是甲、乙两个同学设计的两种制备少量氮气的不同实验方案的示意图(箭头表示气体流向):



试回答下列问题:

- (1)甲、乙两同学的实验方案是否能制得氮气?甲 _____,乙 _____(填“能”或“不能”)
(2)若不能制得氮气,请具体说明原因,并指出纠正的办法(如两种方案均能制得氮气,此小题不用回答)。

(3)甲方案中所用的碱石灰是否可换成浓硫酸?说明理由。

(4)甲、乙两同学若按正确的方法制得氮气,相同条件下,用带火星的木条检验氮气的量为 M (精确到0.001),若进行比较,有 $M_{\text{甲}}$ _____ $M_{\text{乙}}$ (填“大于”“等于”或“小于”)。
22. 大气污染是环境污染的一个重要问题,有各种大气污染一次污染物和二次污染物。二次污染物是指从环境中的一次污染物在物理化学因素或生物作用下发生变化或与环境中的其他物质发生反应,生成新的污染物(如 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$)。则 NO_2 就是二次污染物,由 NO 导致的污染就是 NO 的二次污染。下列物质,① SO_2 、② NO 、③ CO 、④ HCl 、⑤ CO_2 不易导致二次污染的是 _____(填序号)。

23. (广东省高考题)如图1-6所示的A~G是元素周期表的一部分。已知:①甲、乙、丙、丁均为前三周期元素的单质;②在一定条件下甲与丙和甲与丁都能按物质的量之比1:3反应,分别生成X和Y,在产物中元素甲呈负价;③在一定条件下乙与丙和乙与丁都按物质的量之比1:2反应,分别生成Z和W,在产物中元素乙呈负价。试回答(1)甲、乙分别为何物质?(2)甲与丙反应的化学方程式;(3)乙与丙反应的化学方程式。

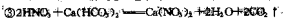
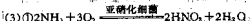
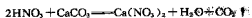
图1-6

24. 已知脊椎动物的骨骼中含有磷,以下是测定动物骨灰中磷元素含量的实验方法:称取某动物骨灰样品0.103g,用硝酸处理,使磷转化成磷酸根,再加入某试剂,使磷酸根又转化成沉淀。沉淀经灼烧后得磷钼组成为 $\text{P}_3\text{Mo}_8\text{O}_{37}$ 的固体(其相对分子质量以 3.60×10^3 计)0.504g,试由上述数据计算该骨灰样品中磷的质量分数。(磷的相对原子质量以31.0计)

※ 串讲答案 ※

- 范例1: 答案 A 类题1: 答案 B
范例2: 答案 $\text{O}_2 > \text{空气} > \text{N}_2$; $\text{N}_2 > \text{空气} > \text{O}_2$
范例3: 答案 D 类题2: 答案 A
范例4: 答案 C、D 类题3: 答案 C
范例5: 答案 H_2SO_4 ; SO_2 ; P_2O_5 ; Na_3PO_4 和 H_2O
$$2\text{P} + 5\text{SO}_2 \xrightarrow{\text{一定条件}} 5\text{SO}_2 + \text{P}_2\text{O}_5$$

类题4: 答案 D
案例一: 答案 (A)豆科 根瘤菌 $\text{N}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{NO}$
 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$



案例二 答案 D

实验能力训练: 答案 (1)c, (2)a (3)检查装置的气密性 本反应为放热反应,反应一旦启动,就不必再继续加热,否则会由于反应过于激烈而使反应物冲出。(4)将系统内的空气排尽

1.2 氮 族 元 素

课堂导学

※知识考点整理※

【考点一 氮的氧化物】

1. 氮分子的结构

分子式	电子式	结构式	N-H键的夹角	空间构型
NH_3	$\text{H} \times \text{N} \times \text{H}$ $\quad \times$ $\quad \text{H}$	$\begin{array}{c} \text{N} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$107^\circ 18'$	三角锥形 极性分子

2. 非极性分子和极性分子

(1)非极性分子:电荷分布是对称的分子称为非极性分子。例如, X_2 型双原子分子(如 H_2 、 Cl_2 、 Br_2 等), XY_2 型多原子分子中键的极性互相抵消的分子(如 CO_2 、 CCl_4 等),都属非极性分子。

(2)极性分子:电荷分布是不对称的分子称为极性分子。例如, XY 型双原子分子(如 HF 、 HCl 、 CO 、 NO 等), XY_2 型多原子分子中键的极性不能互相抵消的分子(如 SO_2 、 H_2O 、 NH_3 等),都属极性分子。

3. 键的极性与分子极性的关系

分子的极性取决于键的极性和键在空间分布的对称性。双原子分子中,其键的极性和分子的极性一致; AB_n 型多原子分子的极性应视分子的空间构型而定。键的极性和分子极性的关系见表:

类型	实例	两个键之间的夹角	键的极性	分子的极性	空间构型
X_2	H_2 、 N_2	—	非极性键	非极性分子	直线形
XY_2	HCl 、 NO	—	极性键	极性分子	直线形
XY_2	CO_2 、 CS_2	180°	极性键	非极性分子	直线形
$(\text{X}_2\text{Y})_2$	SO_2	120°	极性键	极性分子	三角形
	H_2O 、 H_2S	104.5°	极性键	极性分子	三角形
XY_3	BF_3	120°	极性键	非极性分子	平面三角形
	NH_3	$107^\circ 18'$	极性键	极性分子	三角锥形
XY_4	CH_4 、 CCl_4	$109^\circ 28'$	极性键	非极性分子	正四面体形
X_4	P_4	60°	非极性键	非极性分子	正四面体形

4. 判断极性分子和非极性分子的简单方法

根据化学式,标出中心原子化合价,若其他原子带与价电子数(最外层电子数),则为非极性分子,否则为极性分子。

例如: SO_2 中 S 为 +6 价,等于 S 原子最外层电子数 6,故为非极性分子; SO_3 中 S 为 +4 价,不等于 S 原子最外层电子数 6,故为极性分子。

PCl_3 中 P 为 +3 价,不等于 P 原子最外层电子数 5,故为非极性分子; PCl_5 中 P 为 +5 价,不等于 P 原子最外层电子数 5,故为极性分子。

5. 判断分子中的原子是否为 8 电子结构的简单方法

根据化学式,标出元素化合价,若其绝对值与价电子数之和等于 8,则该原子为 8 电子结构,否则不为 8 电子结构。

例如: SO_2 中 S 为 +6 价, $6+6$ 不等于 8,故 S 原子不是 8 电子结构; SO_3 中 S 为 +4 价, $4+6$ 不等于 8, S 原子也不是 8 电子结构; O 为 -2 价, $2+6$ 等于 8, O 为 8 电子结构。

PCl_3 中 P 为 +3 价, $3+5$ 不等于 8,故 P 原子不是 8 电子结构; PCl_5 中 P 为 +5 价, $5+5$ 等于 8,故 P 原子为 8 电子结构; Cl 为 -1 价, $1+7$ 等于 8, Cl 为 8 电子结构。故 PCl_3 分子中所有原子都满足最外层 8 电子稳定结构。

【范例 1】下列说法中正确的是

- 极性分子中一定有极性键
- 非极性分子一定没有极性键
- 由极性键组成的分子,若为双原子分子,则一定为极性分子
- 不同元素的原子共用电子对时,有的是极性键,有的是非极性键

思路点拨: 键的极性是产生分子极性的前提,但含极性键的分子若电荷分布是对称的,则键产生的极性可以互相抵消,此时形成非极性分子;若电荷分布不对称,则键产生的极性不能互相抵消,此时形成极性分子。故 A 正确, B 错误; 含极性键的双原子分子电荷一定是不对称分布,必为极性分子。不同元素原子间形成的共用电子对,由于它们吸引电子的能力不同,共用电子对必发生偏移,此时只形成极性键。故 C 正确, D 错误。

◆点评◆ 如果因不清楚极性键与分子是否有极性之间的关系而错选,可用排除法。其法则是明确:①分子中全是非极性键,则该分子是非极性分子;②以极性键结合的双原子分子是极性分子;③以极性键结合的多原子分子的极性,视分子的空间结构而定。

变式 1 下列叙述正确的是

- 以非极性键结合形成的分子一定是非极性分子
- 以极性键结合形成的分子一定是极性分子
- 非极性键只存在双原子分子中
- 非极性分子中一定含有非极性键

【范例 2】(上海市高考题)下列各组物质中,都是由极性键构成极性分子的一组是

- CH_4 和 Br_2
- NH_3 和 H_2O
- H_2S 和 CHCl_3
- CO_2 和 HCl

④键型:除H₂外,其他分子中的键都是极性键。CH₄、CO₂分别是正四面体形、直线形对称结构,为非极性分子;NH₃为三角锥形,H₂O和H₂S为角形非对称结构,为极性分子;CCl₄为正四面体形,那么CHCl₃为四面体构型但不是正四面体形,因而也是极性分子。

◆点评◆表中概括了中学范围内出现的极性分子、非极性分子及其判断原则和方法,理解该表便能顺利解答这类试题。

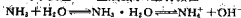
问题2:PH₃在常温下是一种无色有大蒜臭味的有毒气体,它的分子结构与NH₃分子结构相似,下列关于PH₃的叙述中,正确的是()

- A. PH₃是非极性分子
B. PH₃分子中有未成键的电子对
C. PH₃是一种强氧化剂
D. PH₃分子中,P-H键是非极性键

【考点二 氨的化学性质和制备】

1. 氨的化学性质

(1)与水反应——生成氨水,呈弱碱性



氨水能使酚酞变红,氨气能使湿润的红色石蕊试纸变蓝(可用于检验氨气)。上述反应是可逆反应,故浓氨水有挥发性,应保存在阴冷处。

注意:A. 喷泉实验的有关问题

①实验原理:由于氨极易溶于水,挤压滴管胶头,少量氨水即可溶解大量的氨(1:700),使烧瓶内压强迅速减小,外界大气压将烧杯中的水压入上面的烧瓶,形成美丽的喷泉。计算表明:当气体在水中的溶解度大于17时,该气体即能形成喷泉。故NH₃、HCl、HBr、HI、SO₂等气体均能溶于水产生喷泉现象。

②实验现象:产生红色喷泉(氨溶于水后形成碱性溶液,酚酞遇碱呈红色)。

③实验关键:a. 盛NH₃的烧瓶必须干燥。若瓶中有水,收集的NH₃溶于水,瓶口留下空气,形成喷泉压力不大,喷泉“无力”。b. NH₃要充满烧瓶。为此,收集时导气管必须插入瓶底,瓶口放一团棉花,防止空气对流,使NH₃浓度减少。c. 烧瓶不能漏气。d. 由滴管内挤入的水不要太多,这样就可保证,将胶头滴管内的水挤入烧瓶后,迅速在烧瓶内形成负压,成功地出现喷泉现象。

④形成条件:a. 凡是溶解度很大的气体,如NH₃、HCl、HBr等,当它们溶于水后,由于瓶内压强突然减小,形成内外压强差,大气压将烧杯中的水压入烧瓶中,因此极易溶于水的气体都可做喷泉实验。b. 对那些在水中溶解度不大的气体,只要选用合适的吸收剂,同样也可做喷泉实验。如烧瓶中充满Cl₂、H₂S、SO₂、Cl₂、NO₂等,用NaOH溶液作吸收剂,由于CO₂与NaOH发生反应,CO₂全部被吸收,同样可使瓶内基本形成真空,进行喷泉实验。注意在进行操作时,应将滴管中的液体挤入烧瓶内,轻轻振荡烧瓶,使反应充分进行,再打开弹簧夹,观察喷泉实验。因此能否做喷泉实验要从气体和液体两方面来考虑。c. 若改变喷泉实验装置,也可使某些本来不能形成喷泉的气体形成喷泉,因此要从产生喷泉的条件来认识形成喷泉的本质。

⑤做喷泉实验时,水一般不能充满整个烧瓶的原因,用排空气法收集气体是不可能把瓶中的空气全部“赶跑”的,这样收集的HCl气体中混有空气,空气难溶于水,故做喷泉实验时水很难充满整个烧瓶。

B. 氨水和浓氨水的区别

	氨水	浓氨
形成	氨气溶于水所得的溶液	氨气降温加压后使之变成液体
成分	NH ₃ ·H ₂ O、NH ₃ ·H ₂ O、NH ₄ ⁺ 、OH ⁻ 、H ⁺ (极少)	NH ₃
分类	混合物,一元弱碱,弱电解质	纯净物,化合物,非电解质
用途	化肥	制冷剂

注意:氨水的密度小于水的密度,这是因为NH₃的相对分子质量小于H₂O的相对分子质量。氨水的密度随氨水的浓度增大而减小。计算氨水的物质的量浓度和溶液的质量分数时,溶质应为NH₃,而不是NH₃·H₂O。

C. 有关计算

①用充满VL氨的烧瓶做喷泉实验,若水充满整个烧瓶,则溶液的物质的量浓度为多少?若改为混有等体积空气的氨呢?(气体体积在标准状况下测定)

解:若VL气体均为氨,则浓度为:

$$\frac{VL}{22.4L \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot \frac{1}{VL} = \frac{1}{22.4} \text{mol/L}$$

若VL气体为V(空气):V(氨气)=1:1时,浓度为:

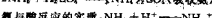
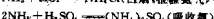
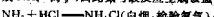
$$\frac{VL/2}{22.4L \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \frac{1}{2}} = \frac{1}{22.4} \text{mol/L}$$

结论:用NH₃(或HCl)做喷泉实验,若混有不与该气体反应的气体,如空气、O₂、N₂等,则不论混合气体比例如何,水是否充满烧瓶,标准状况下其溶液浓度均为 $\frac{1}{22.4} \text{mol/L}$ 。其浓度与混有的空气无关。

②质量分数为3a%与质量分数为a%的氨水等体积混合,其质量分数小于2a%。

(2)与酸反应——生成铵盐

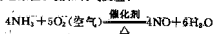
氨分子中氮原子上有一对孤对电子,能与H⁺等通过共价键形成NH₄⁺离子,因此氨与酸反应生成铵盐。



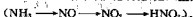
注意:①利用此反应可检验氨气。②不能用浓H₂SO₄来干燥氨气,2NH₃+H₂SO₄→(NH₄)₂SO₄。③挥发性的弱碱与氨气在空气中相遇,便产生白烟现象。如HCl、HBr、HNO₃等,遇NH₃均有白烟产生,而H₂SO₄、H₃PO₄、H₂CO₃则无此现象。

(3)与O₂反应

NH₃中N元素为-3价,可被氧化剂氧化,决定了NH₃具有还原性。氨和氧气反应:



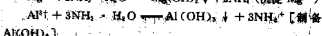
此反应叫氨的催化氧化,是工业上制硝酸的基础。



氨在纯氧中燃烧,产生黄绿色火焰,反应的化学方程式为:

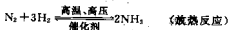


(4)与盐溶液反应



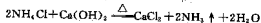
2. 氨的制法

(1) 氨的工业制法



(2) 氨的实验室制法

① 反应原理。用铵盐和碱共热生成氨气：

② 发生装置。采用“固+固 $\xrightarrow{\Delta}$ 气体”的装置，与制 O_2 的装置相同。③ 收集方法。只能用向下排空气法收集，并在收集 NH_3 的试管口塞一团棉花，防止产生的 NH_3 和空气对流而使 NH_3 不纯。

④ 检验方法

a. 用湿润的红色石蕊试纸置于试管口，试纸变蓝色；

b. 将蘸有浓盐酸的玻璃棒置于试管口，有白烟产生。

⑤ 干燥方法。用碱石灰(NaOH 固体和 CaO 固体的混合物)作干燥剂。注意：①不能用 NH_4NO_3 、 NH_4HCO_3 代替 NH_4Cl ，因 NH_4NO_3 加热可能发生爆炸性的分解反应而发生危险； NH_4HCO_3 受热极易分解产生 CO_2 ，使生成的 NH_3 中混有较多的 CO_2 杂质。②不能用 NaOH 等强碱代替 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，因 NaOH 固体易潮解而结块，且对玻璃有较强的腐蚀性。③不能用浓 H_2SO_4 干燥 NH_3 ，因为 $2\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ，也不能用无水 CaCl_2 干燥 NH_3 ，因 NH_3 能与无水 CaCl_2 反应生成一种复合物 $\text{CaCl}_2 \cdot 8\text{NH}_3$ 。④实验室制取氨气还有一个很方便实用的方法，即加热浓氨水或在浓氨水中加入强碱。如浓氨水与新制的生石灰作用可生成 NH_3 ： $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaO} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{NH}_3 \uparrow$

【范例3】(2002·天津卷)大气压强对许多物理和化学实验有着重要影响。制取氨气并完成喷泉实验(图1-7中夹持装置均已略去)。

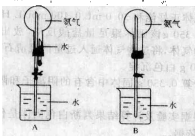


图1-7

(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_____做干燥剂。

(3) 用图A装置进行喷泉实验，上部烧瓶已装满干燥氨气，引发水上喷的操作是_____。该实验的原理是_____。

(4) 如果只提供如图B的装置，请说明引发喷泉的方法_____。

题题题题 实验室常用 NH_4Cl 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 共热制取 NH_3 。由于 NH_3 极易溶于水，所以，只能用向下排空气法收集(NH_3 比空气密度小)。为干燥 NH_3 ，可用碱石灰作干燥剂。为使之形成喷泉，必须使烧瓶和烧杯中的水产生足够的压强差。

◆点评◆ 此题将 NH_3 的制取、收集、干燥、性质(溶解性)融于一体，既重基础(1)、(2)、(3)间，又重能力(第4)问，便于考查学生的发散性思维和动手能力。怎样使图1-6装置产生喷泉是这道题的难点，要答好此题，必须了解产生喷泉的原理： NH_3 极易溶于水，易产生负压，在外界大气压作用下，将烧杯中的水沿玻璃管压入烧瓶，形成喷泉。那么怎样产生负压呢？

形成喷泉的几种方法：

(1) 向烧瓶中，挤入水(图A用此法，图B此法不通)。

(2) 给烧瓶升温。用手捂、热毛巾捂；甚至加热等方法，使 NH_3 受热膨胀，赶走导气管中空气， NH_3 通过导气管与水接触、溶解，产生负压，形成喷泉。(图B用此法， NH_3 还可改为 HCl 气体)。

(3) 其他方法。如图B中烧瓶改加如图1-8的装置，锥形瓶中滴稀盐酸溶液，从气球中加入 NaHCO_3 粉末后，混佳气体，由于锥形瓶中产生 CO_2 气体，压强增大，可将稀溶液压入烧瓶中而形成喷泉。这一方法是方志(2)的逆向思维，保持 NH_3 压强不变，而增大烧杯中溶液的压强。



图1-8

例题3 (2001·春季高考)A是一种白色晶体，它与浓 NaOH 溶液共热，放出无色气体B。用圆底烧瓶收集干燥的B。按图1-9装置仪器，挤压滴管的胶头时，可以听到蓝色喷泉；A与浓 H_2SO_4 反应，放出无色气体C。用圆底烧瓶收集干燥的C，仍按图1-9装置仪器，挤压滴管的胶头时，可以得到红色喷泉。

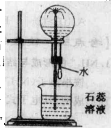


图1-9

(1) A的化学式是_____。

(2) 可用于除去B中水分的干燥剂是_____。收集气体B的方法是_____。

(3) 收集气体C的方法是_____。

【范例4】 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 $[\text{V}(\text{NO}_2) : \text{V}(\text{O}_2) = 4 : 1]$ ，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

题题题题 (1) 由于 NH_3 极易溶于水，最终所得溶液的体积和原 NH_3 的体积是相等的。故所得溶液的物质的量浓度为
为 $\frac{1}{22.4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，约为 $0.045 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2) 由于 HCl 气体极易溶于水，最终所得溶液的体积和原

HCl 气体的体积相等,即相当于 VL 溶液溶解了 HCl 气体,为 $\frac{V}{22.4}$ mol (设烧瓶的容积为 VL),溶液的物质的量浓度为:

$$\frac{V}{22.4} = \frac{1}{22.4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}, \text{ 约为 } 0.045 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

(3) NO_2 和 O_2 的混合气体溶于水后,发生的化学反应为 $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{HNO}_3$,由化学反应方程式知, NO_2 与 HNO_3 的物质的量相等, NO_2 的体积占混合气体总体积的 $\frac{4}{5}$,

即相当于 1 L 溶液中溶有的 HNO_3 为 $\frac{1 \text{ L}}{22.4 \text{ L/mol}} \times \frac{4}{5} = \frac{1}{28} \text{ mol} \approx 0.036 \text{ mol}$,其物质的量浓度为 $0.036 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

◆点评◆ 抓住烧瓶中气体可全部溶于水,则充入水的体积就等于原气体的体积,即可迅速作答。

【例题 4】(1998·上海)周温同压下,两个等体积的干燥圆底烧瓶分别充满① NH_3 ,② NO_2 ,进行喷泉实验,如图 1-10 所示,瓶内溶液反应后,瓶内溶液物质的量浓度为 ()

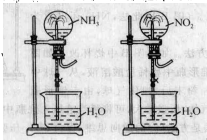


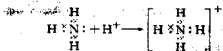
图 1-10

- A. ①>② B. ①<② C. ①=② D. 不能确定

【考点五】铵盐的性质

1. NH_4^+ 的形成与结构

铵根离子(NH_4^+)是氨分子与酸电离出的 H^+ 通过共价键而形成,其电子式可表示为:



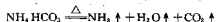
在铵根离子中,4个 N—H 键的键长、键角都相等。

2. 铵盐的性质

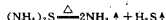
(1) 无色离子晶体,易溶于水。

(2) 铵盐受热不稳定易分解 铵盐的分解产物与组成铵盐相应酸的性质有关,其受热分解规律如下:

① 不稳定的无氧性酸的铵盐,受热分解生成 NH_3 和相应酸分解的产物,如:

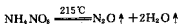


② 挥发性的无氧性酸的铵盐,受热分解生成 NH_3 和相应的酸,如:



③ 氧化性酸的铵盐分解,一般发生氧化还原反应,温度不

同,其分解产物也不同。如:



(3) 铵盐与碱的反应



注意:① 固态铵盐与碱反应时不写离子方程式,在溶液中反应才写离子方程式。

② 在浓溶液中(以 NH_4Cl 和 NaOH 为例):



③ 在稀溶液中: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \longrightarrow \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

④ 溶液共热: $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

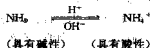
(2) 铵态氮肥不能与碱性物质混合使用,以防降低肥效。

(3) 贮存铵态氮肥时,为防止受热分解,应密封包装并放在阴凉通风处。

3. NH_4^+ 的检验方法

① 取少样品与碱混合于试管中共热,将湿润的红色石蕊试纸靠近管口,若试纸变蓝,则证明样品中含 NH_4^+ 。② 取少样品于试管中,加入碱后加热,用蘸有浓盐酸的玻璃棒靠近试管口,若有白烟产生,则证明样品中含有 NH_4^+ 。

注意:① 实验室不用加热分解铵盐的方法检验 NH_4^+ 的存在。因为并不是所有铵盐加热分解都产生 NH_3 ,如 NH_4NO_3 受热分解无 NH_3 产生。② NH_3 与 NH_4^+ 之间的转化:



【例题 5】有一瓶白色固体,取少量置于试管中加热,固体逐渐消失,产生水蒸气和其他两种气体,试管口除少量水珠外,没有任何残留物。取 0.350 g 这种固体跟足量碱液反应,生成一种能使湿润红色石蕊试纸变蓝的气体,这些气体正好能和 30.0 mL 0.100 mol/L H_2SO_4 反应;另取 0.350 g 该固体跟足量盐酸反应,放出一种无色、无味的气体,将这些气体通入过量的澄清石灰水中,得到 0.400 g 白色沉淀。

(1) 计算 0.350 g 固体中含有的阴离子和阳离子的物质的量。

(2) 根据实验及计算结果判断白色固体是什么? 写出判断的依据。

【思路点拨】从固体与碱液共热时放出能使湿润红色石蕊试纸变蓝的气体,可以证明有 NH_4^+ 存在;从固体与酸反应放出无色无味气体且使石灰水变浑浊,可知有 CO_3^{2-} 或 HCO_3^- 的存在;从固体加热分解后试管内没有任何残留物,以及除生成水之外只有两种气体,说明该固体中无其他金属离子和酸根离子。由此可以计算出 NH_4^+ 、 CO_3^{2-} 或 HCO_3^- 的物质的量。

NH_4^+ 被完全吸收的反应为:



$$\text{故有 } n(\text{NH}_4^+) = 2n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \times 30.0 \times 10^{-3} \times 0.1 \text{ mol/L} = 0.006 \text{ mol}$$