

下册目录

第四章 氮族	1
本章说明	1
第一节 氮族元素	3
说明(3) 建议(4) 资料(5)	
第二节 氮气	6
说明(6) 建议(8) 习题(8) 实验(10) 资料(11)	
第三节 氨 铵盐	13
说明(13) 建议(13) 习题(15) 实验(16) 资料(18)	
第四节 硝酸的工业制法	21
说明(21) 建议(22) 习题(24) 资料(26)	
第五节 硝酸 硝酸盐	29
说明(29) 建议(30) 习题(32) 实验(33) 资料(34)	
第六节 氧化-还原反应方程式的配平	41
说明(41) 建议(43) 习题(45) 资料(46)	
第七节 磷 磷酸 磷酸盐	52
说明(52) 建议(53) 实验(54) 习题(55) 资料(59)	
第五章 化学反应速度和化学平衡 合成氨	69
本章说明	69
第一节 化学反应速度	71
说明(71) 建议(72) 习题(78) 资料(79)	
第二节 化学平衡	94
说明(94) 建议(95) 习题(102) 资料(104)	
第三节 影响化学平衡的条件	110
说明(110) 建议(110) 实验(115) 习题(117) 资料(120)	
第四节 合成氨工业	124
说明(124) 建议(124) 习题(125) 资料(128)	

第六章 碳族元素 胶体	133
本章说明	133
第一节 碳族元素	136
说明(136) 建议(136) 资料(139)	
第二节 碳的同素异形体	140
说明(140) 建议(140) 资料(142)	
第三节 碳的化学性质 碳的氧化物	145
说明(145) 建议(146) 习题(147) 资料(148)	
第四节 碳化物 碳酸和碳酸盐	151
说明(151) 建议(152) 习题(153) 资料(154)	
第五节 硅及其重要化合物	157
说明(157) 建议(158) 资料(160)	
第六节 硅酸盐工业简述	169
说明(169) 建议(170) 习题(171) 资料(172)	
第七节 胶体	176
说明(176) 建议(176) 实验(177) 习题(179) 资料(183)	

第四章 氮 族

本章说明

一、教学目的要求

1. 掌握氮族元素的原子结构和性质的变化规律。
2. 认识氮的主要性质和重要用途；掌握氨和铵盐的性质、用途及氨的实验室制法；学会检验铵离子。
3. 掌握硝酸和硝酸盐的特性；掌握氨氧化法制取硝酸的化学反应原理。
4. 认识磷及其重要化合物的性质、用途，理解同素异形体的概念。
5. 学会用化合价升降法配平氧化-还原反应方程式。

二、教材内容的编排

本章编排在《物质结构 元素周期律》章之后，它是学习这些知识后所讲的第一个元素族，体现了物质结构和元素周期律知识对学习元素、化合物的指导作用，并有利于巩固和加深物质结构、元素周期律这些理论知识。

本章介绍的氨，是氮的一种重要化合物，它的合成原理是讲解化学平衡的典型例证。因此，学好这一章就为学习下一章《化学反应速度和化学平衡 合成氨》作好准备。

本章内容首先从氮族元素原子的最外层电子构型概括出它们所具有的共同性质，再从它们的原子半径和第一电离能来说明氮族元素性质的递变规律，并通过比较氮族跟氧族、卤

BCE 01/1502 1002
~~1002~~

素在周期表里的位置和它们的原子的核外电子排布，推断出氮族的非金属性比相应的氧族、卤素弱这一结论。氮的化合物如氨、硝酸等在工农业生产和国防上有重要意义，因而本章着重讨论氮的重要化合物，对磷及其化合物只作简要介绍。讨论硝酸跟金属、非金属反应时，介绍了一些比较复杂的化学方程式，本章就以这些化学方程式作为例子，在初中介绍过的氧化-还原反应知识的基础上，让学生学习用化合价升降的方法来配平化学方程式。掌握这一配平方法，对以后的学习是很有帮助的。

三、重点和难点

本章涉及到的元素、化合物知识，一般地说，学生是比较容易掌握的。但由于氮有多种化合价，氮的化合物在不同的反应条件下，可能生成不同的氧化产物或还原产物。例如，硝酸跟不同的金属反应时，硝酸能使金属氧化，而硝酸本身可能被还原成为价态不同的含氮物质。在这里，硝酸的还原产物跟硝酸的浓度和金属的活动性有关。因此，问题比较复杂。至于硝酸盐的受热分解，由于组成硝酸盐的金属元素的活动性不同，不同的硝酸盐的热稳定性不同，分解产物也不同，所以，问题也比较复杂。

本章的重点是：

1. 氮族元素的原子结构特点和性质变化规律。
2. 氨和铵盐的性质，硝酸和硝酸盐的特性。
3. 用化合价升降法配平氧化-还原反应方程式。

本章的难点是：

1. 硝酸盐受热分解的一般规律。

2. 用化合价升降法配平氧化-还原反应方程式。

四、课时分配建议

第一节	氮族元素	1 课时
第二节	氮气	1 课时
第三节	氨 铵盐	2 课时
第四节	硝酸的工业制法	1 课时
第五节	硝酸 硝酸盐	2 课时
第六节	氧化-还原反应方程式的配平	2 课时
课堂练习		1 课时
第七节	磷 磷酸 磷酸盐	2 课时
实验六	氨的制备和性质 铵离子的检验	1 课时
实验七	硝酸的性质	1 课时
复习课		1 课时

第一节 氮族元素

一、说明

本节课文中的两个表，是本节的主要内容。第一表指明氮族元素原子的核外电子排布规律；第二表说明氮族元素的性质跟原子结构的关系，表中着重从第一电离能、主要化合价、单质的状态和密度的递变来说明问题。从表中可以看到，随着核电荷数增加，第一电离能逐渐减小，即这些元素的气态原子去掉一个电子变成 +1 价气态阳离子时，需要反抗核电荷的引力而消耗的能量逐渐减小，这是它们的化学性质递变

的重要根据,并且是这些元素随着核电荷数的增加,非金属性逐渐减弱,金属性逐渐增强的主要原因。运用元素周期律知识,同样可以推断出上述结论。

这一节的编排跟第一章第六节《氧族元素》有所不同,表现在:(1)后者是在学习完硫及其化合物之后,对氧族元素的性质进行归纳和小结,而这一节却是以刚学过的原子结构和元素周期律知识为指导,让学生认识氮族元素的概貌,利于学生往下学习。(2)氧族元素性质比较表是在讲完一章之后作归纳小结,并把它们的氢化物的特性和最高氧化物的水化物的特性也列出来;而氮族元素这节则作为本章的开头,表中的内容着重是物理性质方面,而把化学性质放在各节中分述。就是说,氧族元素采用由个别到一般的叙述法,为讲述元素周期律打下基础,而本章是在学过原子结构和元素周期律之后,直接运用这些理论作为指导来认识氮族元素的变化规律。

本节的教学目的是:

(1) 能运用原子核外电子的排布规律,较熟练地写出氮、磷、砷、锑、铋五种元素原子的电子排布式。

(2) 认识由氮族元素原子的核外电子排布而引起的氮族元素性质的相似性和递变规律。

本节的重点是氮族元素原子的核外电子排布和氮族性质的相似和递变的一般规律。

二、建议

1. 讲述课本表 4-1 时,要复习第三章第三节关于原子核外电子排布规律(即两原理、一规则),引导学生写出氮族元素原子核外电子排布式。让学生总结出氮族元素原子核外电子

排布的共同点(最外电子层结构为 ns^2np^3), 并推断其化合价、得失电子趋势及氮族元素金属性、非金属性的递变规律。

在第三章中, 学生只学过 1~36 号元素的原子结构, 也就是说, 学生只学过 s 、 p 、 d 电子的排列方法, 仍未接触到 f 电子的排列方法, 而 Bi 的原子里却有 f 电子存在, 教学时应注意到这点。

2. 有条件的话, 展示几种氮族元素的单质, 以加深学生的感性认识。

3. 讲述过程要紧扣原子结构和元素周期律知识, 根据氮族元素在周期表中的位置和它们的原子的核外电子排布, 推断氮族比同周期的氧族、卤素的非金属性弱。

三、资料

1. 砷、锑、铋简介

(1) 存在

自然界中, 砷、锑、铋三种元素有时以单质状态存在, 但主要以硫化物矿形式存在, 如雄黄 (As_4S_4)、辉锑矿 (Sb_2S_3)、辉铋矿 (Bi_2S_3) 等。氧化物矿有白砷石 (As_2O_3)、方锑矿 (Sb_2O_3)、铋华 ($Bi_2O_3 \cdot nH_2O$) 等。

我国锑的蕴藏很丰富, 主要产地是湖南, 其次是贵州、云南、广东、广西、浙江、安徽等省。

(2) 制法

单质砷、锑、铋一般是用碳还原它们的氧化物来制备。例如:



或将硫化物矿先煅烧成氧化物,然后用碳还原。若用铁粉作还原剂,可以直接把硫化物还原成单质。例如:



(3) 主要性质

跟过渡金属相比,砷、锑、铋的熔点较低,并且容易挥发。锑、铋质脆,易碎为粉末,锑还有冷胀性,是制造印刷字模所用合金的材料。

在常温下,砷、锑、铋在水中和空气中都较稳定,不跟稀硝酸作用,但能跟浓硫酸、王水等起反应。在高温时能跟许多非金属作用。

2. 氮族元素性质比较表(见第7页)。

第二节 氮 气

一、说明

本节首先介绍氮气的存在,氮对于生命的重要意义和氮气的工业制法。然后依次介绍氮气的物理性质和化学性质,着重指出氮分子由于结构稳定,化学性质不活泼,只有在高温下,获得了足够能量时,才能跟氢气、氧气和某些金属起反应。氮气跟氢气化合生成氨;氮能跟氧气化合生成一氧化氮,一氧化氮易氧化成二氧化氮,二氧化氮溶于水而生成硝酸等,这些都是以下几节讲氨和硝酸时必备的基础知识。

本节的教学目的是,认识氮的分子结构,氮气的物理性质和化学性质;熟悉氮在五种不同氧化物中的化合价。

本节重点是,氮分子的结构和化学性质。

元素名称	氮	磷	砷	锑	铋
元素符号	N	P	As	Sb	Bi
价电子构型	$2s^2 2p^3$	$3s^2 3p^3$	$4s^2 4p^3$	$5s^2 5p^3$	$6s^2 6p^3$
主要氧化数	-3, -2, -1, +1 +2, +3, +4, +5	-3, -1, +3 +5	-3, +3+5	+3, +5	+3, +5
离子半径(Å) M^{3-} M^{3+}	1.71 —	2.12 —	2.22 0.69 0.47	2.45 0.92 0.62	— 1.08 0.74
$M^{+5}(\text{MO}_3^-)$	0.11	0.34	0.47	0.62	0.74
第一电离能(千卡/摩尔)	335.3	253.7	230.6	199.2	184.5
电负性	3.07	2.06	2.20	1.82	1.67
主要氢化物	NH_3	PH_3	AsH_3	SbH_3	BiH_3
氢化物的稳定性减弱 \rightarrow					
主要的氧化物	$\text{NO}, \text{N}_2\text{O}_3$ $\text{NO}_2, \text{N}_2\text{O}_5$	P_2O_3 P_2O_5	As_2O_3 As_2O_5	Sb_2O_3 Sb_2O_5	Bi_2O_3 Bi_2O_5
主要的含氧酸	HNO_2 HNO_3	HPO_3 H_3PO_4	H_3AsO_3 H_3AsO_4	$\text{Sb}(\text{OH})_3$ $\text{H}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$	$\text{Bi}(\text{OH})_3$
或氢氧化物					
酸 性 减 弱 \rightarrow					

说明：表中的第一电离能的单位是千卡/摩尔，课本采用的单位是电子伏特。两个单位的关系是：1电子伏特相当于 23.06千卡/摩尔。

二、建议

1. 讲述氮的化学性质时,要强调指出氮分子里有三个共价键,它的键能很大(226.8 千卡/摩尔),键的强度高于其他双原子分子中的键,所以氮气在通常情况下是稳定的。

2. 氮跟氢气或跟金属的反应,其生成的氮化物表现为-3价,这可以从氮在元素周期表中的位置和氮的原子结构来说明。氮气跟氢气的反应的难易程度,可与氧族元素跟氢气的反应作对比,建议对比其反应条件和氢化物的稳定性,以复习周期律的知识。

3. 氮原子跟氧原子有多种形式结合,在这些结合形式中,氮的化合价可以从+1到+5。课本里说的“氮跟氧化合时,在不同条件下,它能生成不同的氧化物”,指的就是这个意思。

氮气跟氧气直接化合的生成物是一氧化氮,而且是在放电的条件下进行的。以上这些,建议向学生说明。

介绍氮气跟氧气反应时,重点讨论一氧化氮的生成、一氧化氮容易转化为二氧化氮,以及二氧化氮易溶于水等知识。

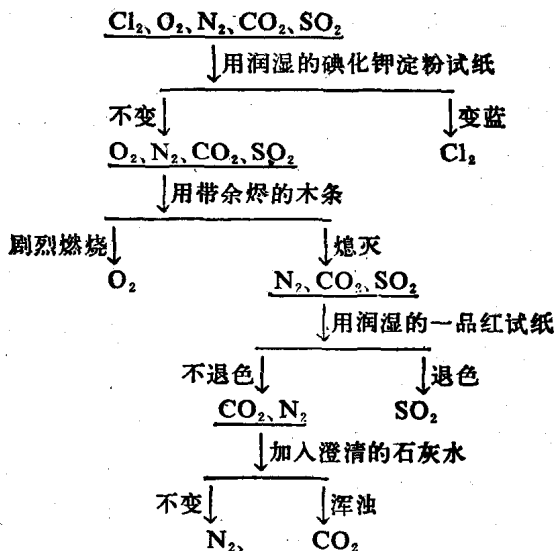
讲述二氧化氮跟水反应时,建议补充演示实验,其操作方法见下文。

三、习题

本节习题第2题的提示:首先应知道空气中气体的成分。按初中课本的要求,空气中含有氮气、氧气、二氧化碳、惰性气体和水蒸气。题中的硫化氢可视为混入空气中的杂质。

空气中的成分: H_2S CO_2 O_2 H_2O N_2 惰性气体
参加反应的物质: NaOH Cu(热) $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓})$ 剩余物

第3题的提示：题目要求是鉴别，下列方法供参考。要注意的是各气体是用集气瓶装着的，鉴别过程往往分成几步，因此不要一次就将瓶里的待检气体用完。



在中学化学里，检验物质一般有两种要求：

一种是所谓鉴别或区别、区分、辨认、辨别、识别。例如，要鉴别给出的A、B两种物质，只要用化学方法（特征反应）检验出A来，剩下的另一种物质不用检验便知道是B了。有时也可根据被检物的物理性质，如颜色、状态、特殊气味等去识别或辨认。多数情况下，凡能用化学方法检验的，都以用化学方法鉴别为好。

另一种要求是鉴定或确定，即要求把待检物质的各个成分（阳离子和阴离子或有机物的官能团等），根据特征反应，把它们检验出来。

物质的检验，一般要经过取样、溶解、加入试剂、观察现象等步骤，最后得出正确的结论。

第4题的提示：

将气体分别溶于水，再加入 AgNO_3 溶液，能产生淡黄色沉淀的那一瓶就是溴蒸气。

二氧化氮和溴的氧化能力相似，都会使碘离子氧化为碘。因此，不宜用碘化钾淀粉试纸来检验。

四、实验

二氧化氮溶于水的演示实验：

(1) 课前制备好两大试管二氧化氮，其中一支备用。

(2) 将装满二氧化氮的大试管倒插入盛水的大烧杯中，水逐渐上升，试管上部空间的气体变无色(图4-1)。这时若用大拇指紧按住试管口，取出试管，倒转振荡，再倒插入大烧杯的水中，效果更好。

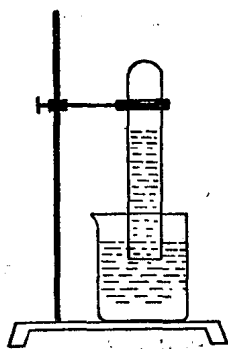
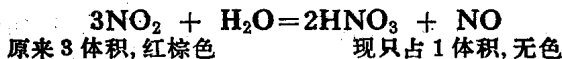
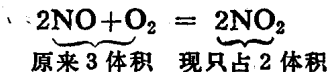


图4-1 二氧化氮溶于水



(3) 用一弯曲导管，往上述实验后的、留有一氧化氮的试管中通入氧气(氧气事前收集于贮气瓶或胶袋中)，无色气体又变为红棕色气体，体积缩小。实验时通氧要适量，气泡要间断，不要把上升到管内的水都排了出来，以稍见气体变红棕色为度。



(4) 将试管口用手堵住,从烧杯里拿出,滴入紫色石蕊试液,溶液变红色。

上述(3)(4)两步也可这样操作:用大拇指按住试管口,取出试管,把管内的水放入小烧杯中,然后往试管中尽快通少量氧气,用塞子塞住,观察试管内颜色的变化。在小烧杯中滴入紫色石蕊试液,观察试液颜色变化。

五、资料

1. 关于氮分子的结构与反应性能

氮分子的结构简单表示式是: $\text{N}\equiv\text{N}$ 。氮分子中的两个氮原子间以三对共用电子结合成三个共价键。实验证明,这三个共价键中,一个是 σ 键,两个是 π 键。这三个共价键结合得很牢固,这可以从氮—氮键能得到证实。 $\text{N}\equiv\text{N}$ 键能是226千卡/摩尔。由键能数据可知,要打开氮分子的化学键是很困难的。在反应前氮分子必须先离解成原子,那么反应就要很高的活化能,因而在通常情况下反应就不容易发生,必须在高温、高压、有催化剂存在等条件下发生。例如合成氨就是这种情况。

2. 氮气的制法

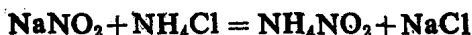
氮气占空气体积的78%。工业上是将空气加压并冷却,制成液态空气,然后将液态空气分馏而得氮气、氧气和其他气体。液态氮是一种低温致冷剂(-198°C)。

化肥工业是用半水煤气经转换而制得氮气和氢气。

在实验室里,可用氯化铵和亚硝酸钠饱和溶液相作用而制得氮气,操作方法如下:

在圆底烧瓶上配双孔胶塞,带上一分液漏斗和一短弯导

管。烧瓶中加入 50 毫升氯化铵饱和溶液。分液漏斗中放 50 毫升饱和亚硝酸钠溶液。加热烧瓶到 85°C 左右,从分液漏斗滴入亚硝酸钠溶液,就有氮气产生,用排水集气法收集(按上述用药量可得 5~8 升氮气)。



3. 氮的几种氧化物及其重要性质

氮能生成化合价从 +1 到 +5 价的各种氧化物。

一氧化二氮



一氧化氮



三氧化二氮(亚硝酸酐)



二氧化氮



五氧化二氮(硝酸酐)



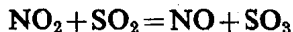
三氧化二氮和五氧化二氮的对应水化物分别是亚硝酸和硝酸。一氧化二氮微有麻醉性,俗名叫笑气,在高温时可以分解成氧和氮。一氧化氮最重要的特点是很容易与氧气化合生成二氧化氮。二氧化氮是红棕色、有强烈刺激性气味的气体,受热时颜色变深,而冷却时颜色变浅。因为在二氧化氮气体中实际上存在着有一部分四氧化二氮气体,互成下列平衡:



四氧化二氮是无色的气体,而二氧化氮是红棕色气体。当温度升高时,平衡向生成 NO_2 的方向移动,所以颜色加深;温度降低时,平衡向生成 N_2O_4 的方向移动,所以颜色变浅。在 -10°C 时,体系中仅有 N_2O_4 存在,而在 140°C 时, N_2O_4 完全

变成 NO_2 。温度再高时， NO_2 便开始分解生成 NO 和 O_2 。

二氧化氮有很强的氧化能力。硫、磷、碳等物质在二氧化氮中都可以燃烧。二氧化硫可以被它氧化成三氧化硫。



氮的氧化物的制备方法、物理性质及结构式见下页的表：

第三节 氨 铵盐

一、说明

本节是在学习过氮气性质的基础上，介绍氨的分子结构，指出氨分子中氮原子的 3 个未成对的 $2p$ 电子分别与 3 个氢原子的 $1s$ 电子形成共用电子对，此外，还有一个孤电子对。氨分子中的 $\text{N}-\text{H}$ 键是极性键，氨分子呈三角锥形，所以，氨分子是个极性分子，认识氨分子的结构特点，有助于理解氨的性质。

本节介绍了氨和铵盐的物理性质、化学性质、制法和用途。本节实验较多，这是认识氨和铵盐性质的重要手段。

本节的教学目的是：掌握氨分子结构、氨和铵盐的性质、用途；掌握氨的实验室制法和铵离子检验方法。

本节重点是氨的分子结构、氨和铵盐的化学性质。

二、建议

1. 教学时，先引导学生，用电子式表示氮原子与氢原子结合成氨分子的过程。这样既有助于复习上一章的知识，又有助于理解氨分子的结构。

2. 要抓住氨分子结构与性质的关系，强调氨分子中

分子式	制备反应	颜色	状态	熔点(°C)	沸点(°C)	结构式
N_2O	$NH_4NO_3 \xrightarrow{190-300^\circ C} N_2O + 2H_2O$	无色	气体	-102.4	-88.5	$\begin{array}{c} \cdot \quad \cdot \\ \quad \\ N-N-O \\ \quad \cdot \\ \cdot \quad \cdot \end{array}$
NO	$3Cu + 8HNO_3(\text{稀}) \rightleftharpoons 3Cu(NO_3)_2 + 2NO \uparrow + 4H_2O$	无色	气体	-163.6	-151.8	$\begin{array}{c} \cdot \quad \cdot \\ \quad \\ :N-O: \\ \quad \cdot \\ \cdot \quad \cdot \end{array}$
N_2O_3	$NO + NO_2 \rightleftharpoons N_2O_3$	暗蓝色	气体, 低温下为蓝色液体或固体	-102.2	3.5(分解)	$\begin{array}{c} \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \quad \quad \\ :O:N:O:N:O: \\ \quad \quad \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \end{array}$
NO_2	1) $2NO + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$ 2) $Cu + 4HNO_3(\text{浓}) \rightleftharpoons Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 \uparrow + 2H_2O$ 3) $2Pb(NO_3)_2(\text{固}) \xrightarrow{\Delta} 2PbO + 4NO_2 \uparrow + O_2 \uparrow$	红棕色	气体	-92	21.3(分解)	$\begin{array}{c} \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\ \quad \quad \\ :O-N-O: \\ \quad \quad \\ \cdot \quad \cdot \quad \cdot \end{array}$ 结构呈三角形 O-N-O 角为 132°
N_2O_5	$2NO_2 + O_3 \rightleftharpoons N_2O_5 + O_2$	白色	固体	30(分解)	47(分解)	$\begin{array}{c} \quad \quad \quad O \\ \quad \quad \quad / \quad \backslash \\ \quad \quad \quad N \quad O \quad N \\ \quad \quad \quad \backslash \quad / \\ \quad \quad \quad O \quad \quad \quad O \end{array}$