

高等學校教材

无机化学教程

下 册

戴安邦 尹敬执 編著
严志弦 張青蓮

人 民 教 育 出 版 社

高等学校教材



无机化学教程

下册

戴安邦 尹敬执 編著
严志弦 張青蓮

人民教育出版社

本书是戴安邦(主編)、尹敬执、严志弦、張青蓮等同志編的“无机化学教程”一书的新版。新版中内容与順序的安排上結合“少而精”的教学原則作了些刪減和調整。例如,在新版中,將旧版下册的金屬概論一章移入上册;將碱土金屬一章提至銅副族前面讲授,使主族与副族不交叉叙述;將某些次要部分刪去,將一些大字排印部分改为小字排印;將铁系元素与鉑系元素二章合为一章;书末增加了一个較詳細的标准电极电位表。本书下册共分 16 章。

本书可作为綜合大学和师范学院无机化学課程的教材。

无机化学教程

下 册

戴安邦 尹敬执 严志弦 張青蓮編著

北京市书刊出版业營業許可証出字第 2 号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

人民教育印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店經售

統一书号 K13010·515 开本 850×1168 $1/32$ 印张 15 $1/8$

字数 379,000 印数 107,301—114,300 定价 (5) 元 1.40

1958 年 1 版 1964 年 12 月第 2 版 1964 年 12 月北京第 12 次印刷

下册目录

第十三章 第五主族 氮族元素	423
13-1 氮族元素的通性.....	423
氮	426
13-2 氮的存在和制备.....	426
13-3 氮的性质.....	427
13-4 氮氢化合物.....	428
1. 氨(428) 2. 氨的衍生物(434)	
13-5 氮卤化合物.....	438
1. NX_3 型化合物(438) 2. 氮的低级氟化物(439)	
13-6 氮的氧化物.....	439
1. 氧化二氮(440) 2. 氧化氮(440) 3. 三氧化二氮(442) 4. 二氧化氮(443)	
5. 五氧化二氮(445)	
13-7 氮的含氧酸和含氧酸盐.....	446
1. 连二亚硝酸(447) 2. 亚硝酸(448) 3. 硝酸(450) 4. 硝酸盐(455)	
磷	456
13-8 磷的存在和制备.....	456
13-9 磷的性质.....	457
1. 白磷(457) 2. 紫磷(458) 3. 黑磷(458)	
13-10 磷的氢化合物.....	459
1. 膦(459) 2. 联膦(460)	
13-11 磷的卤化物.....	460
1. 三卤化磷(461) 2. 五卤化磷(461)	
13-12 磷的氧化物.....	462
1. 三氧化二磷(462) 2. 五氧化二磷(463)	
13-13 磷的含氧酸和含氧酸盐.....	464
1. 次磷酸(464) 2. 亚磷酸(466) 3. 连二磷酸(468) 4. 磷酸(468)	
砷、锑、铋	473
13-14 砷、锑、铋的存在、提炼和用途.....	473
13-15 砷、锑、铋的性质.....	474
1. 固态的变体(474) 2. 砷的固态的变体和性质(475) 3. 锑的固态的变体和性质(476) 4. 铋的性质(476)	
13-16 砷、锑、铋的氢化物.....	476
1. 氢化物的制备(477) 2. 氢化物的性质(477)	

13-17 砷、锑、铋的卤化物·····	479
1. 卤化物的形成(480) 2. 卤化物的性质(480)	
13-18 砷、锑、铋的氧化物和含氧酸·····	481
1. 砷的氧化物和含氧酸(482) 2. 锑的氧化物和含氧酸(483) 3. 铋的氧化物、 氢氧化物和含氧酸(484)	
13-19 磷、砷、锑、铋的硫化物·····	485
1. 磷的硫化物(487) 2. 砷的硫化物(487) 3. 锑的硫化物(488) 4. 铋的硫化 物(488)	
习题·····	488
第十四章 第四主族 碳族元素 ·····	491
14-1 碳族元素的通性·····	491
碳 ·····	495
14-2 碳的存在·····	495
14-3 碳的变体和性质·····	496
1. 金刚石(497) 2. 石墨(498) 3. 黑炭(499)	
14-4 吸附作用·····	500
碳的化合物 ·····	501
14-5 碳的卤化物·····	502
1. 四氟化碳(502) 2. 四氯化碳(502) 3. 四溴化碳(503) 4. 四碘化碳(503)	
14-6 碳的氧化物·····	503
1. 二氧化碳(504) 2. 一氧化碳(505) 3. 发生炉气、水煤气和煤气(507) 4. 燃 烧与火焰(508)	
14-7 碳的含氧酸和含氧酸盐·····	509
1. 碳酸和碳酸盐(510) 2. 甲酸和甲酸盐(510) 3. 乙酸和乙酸盐(511)	
14-8 碳的硫化物·····	511
1. 二硫化碳(511) 2. 一硫化碳(512) 3. 硫氧化碳(512)	
14-9 碳化物·····	513
1. 离子型碳化物(513) 2. 共价型碳化物(514) 3. 金属型碳化物(515)	
硅 ·····	516
14-10 硅的制备和性质·····	516
1. 制备(516) 2. 性质(517)	
硅的化合物 ·····	517
14-11 硅化物·····	518
14-12 硅的氢化物·····	519
14-13 硅的卤化物·····	520
1. 四氟化硅(521) 2. 氟硅酸和氟硅酸盐(521) 3. 四氯化硅(522)	
14-14 硅的氧化物·····	522

1. 一氧化硅(522) 2. 二氧化硅(523)	
14-15 硅酸和硅酸盐	524
1. 硅酸(525) 2. 硅酸溶胶和凝胶(525) 3. 碱金属的硅酸盐(526)	
14-16 天然硅酸盐的结构	527
1. 单个阴离子(528) 2. 链式或片式阴离子(529) 3. 架式结构(531)	
14-17 玻璃	532
锗、锡、铅	533
14-18 锗分族元素的存在、制备和性质	533
1. 存在和制备(533) 2. 性质(534)	
14-19 锗分族元素的氢化物	535
14-20 锗分族元素的卤化物	537
1. 四卤化物(537) 2. 二卤化物(539)	
14-21 锗分族元素的氧化物	541
1. 锗的氧化物和氢氧化物(542) 2. 锡的氧化物和氢氧化物(542) 3. 铅的氧化物和氢氧化物(544)	
14-22 锗分族元素的硫化物	546
1. 锗的硫化物(546) 2. 锡的硫化物(547) 3. 铅的硫化物(547)	
习题	547
第十五章 第三主族 硼族元素	549
15-1 硼族元素的通性	549
硼	553
15-2 硼的存在、制备和性质	553
15-3 硼的氢化物	554
1. 性质(555) 2. 结构(555)	
15-4 硼的卤化物	557
1. 三氟化硼和氟硼酸(557) 2. 三氯化硼(558)	
15-5 硼的含氧化合物	559
1. 三氧化二硼(559) 2. 硼酸及硼酸盐(559)	
15-6 硼化物	563
铝	565
15-7 铝的存在和制备	565
15-8 铝的性质	566
15-9 铝的卤化物	568
1. 氟化铝和氟铝酸盐(569) 2. 氯化铝(570)	
15-10 铝的含氧化合物	571
1. 氧化铝(571) 2. 氢氧化铝和水合氧化铝(571) 3. 铝酸盐(573)	
15-11 含氧酸的铝盐	574

1. 硫酸鋁(574) 2. 硝酸鋁(575) 3. 乙酸鋁(575)	
鋅、銻、鉍.....	576
15-12 鋅分族元素的存在、制备和性质.....	576
15-13 三价鋅、銻、鉍的化合物.....	577
1. 卤化物(577) 2. 氧化物和氢氧化物(578) 3. 硫化物(579)	
15-14 一价鋅、銻、鉍的化合物.....	579
1. 一价鋅的化合物(580) 2. 一价銻的化合物(580) 3. 一价鉍的化合物(581)	
习题.....	582
第十六章 絡合物	584
16-1 分子間化合物.....	584
16-2 維尔納配位学說.....	587
16-3 配位化合物中化学鍵的本质.....	589
16-4 絡合物的結構体系和异构現象.....	594
16-5 內絡合物.....	597
16-6 絡合物的稳定性和它在溶液中的离解平衡.....	599
16-7 絡合物的命名法.....	601
16-8 絡合物在化学上的意义.....	601
习题.....	602
第十七章 第一主族 碱金屬	604
17-1 碱金屬的通性.....	604
17-2 碱金屬的存在和提炼.....	606
17-3 碱金屬的性质和用途.....	608
17-4 碱金屬的化合物.....	609
1. 氢化物(609) 2. 氧化物(610) 3. 氢氧化物(611) 4. 卤化物(613) 5. 硫酸盐(614) 6. 硝酸盐(616) 7. 碳酸盐(617) 8. 不溶性的碱金屬盐(619)	
17-5 鈉.....	620
习题.....	620
第十八章 第二主族 碱土金屬	622
18-1 碱土金屬的通性.....	622
18-2 碱土金屬的存在和冶炼.....	624
18-3 碱土金屬的性质和用途.....	625
18-4 碱土金屬的化合物.....	627
1. 氢化物(627) 2. 氧化物和氢氧化物(628) 3. 卤化物(630) 4. 硫酸盐(632) 5. 硝酸盐(633) 6. 碳酸盐(634) 7. 硫化物(636) 8. 其他不溶性盐(637)	
18-5 鈣.....	637
习题.....	639
第十九章 第一副族 銅、銀、金	641

19-1 第一副族的通性.....	641
銅.....	643
19-2 銅的存在和冶炼.....	643
19-3 銅的性质和用途.....	645
19-4 銅的化合物.....	646
1. 一价銅化合物(647) 2. 二价銅化合物(648)	
銀.....	650
19-5 銀的存在和冶炼.....	650
19-6 銀的性质和用途.....	651
19-7 銀的化合物.....	652
一价銀化合物(652)	
金.....	656
19-8 金的存在和冶炼.....	656
19-9 金的性质和用途.....	656
习题.....	658
第二十章 第二副族 鋅、鎘、汞	650
20-1 第二副族的通性.....	660
鋅.....	662
20-2 鋅的存在和冶炼.....	662
20-3 鋅的性质与用途.....	663
20-4 鋅的化合物.....	665
1. 氧化鋅和氫氧化鋅(665) 2. 卤化鋅(666) 3. 硫酸鋅(667) 4. 硫化鋅(667)	
鎘.....	668
20-5 鎘的存在和冶炼.....	668
20-6 鎘的性质和用途.....	669
20-7 鎘的化合物.....	669
1. 氧化鎘和氫氧化鎘(669) 2. 卤化鎘(670) 3. 硫酸鎘(670) 4. 硫化鎘(671)	
汞.....	671
20-8 汞的存在和冶炼.....	671
20-9 汞的性质和用途.....	672
20-10 汞的化合物.....	673
1. 一价化合物(674) 2. 二价化合物(675)	
习题.....	678
第二十一章 第三副族 鈳、釷、鐳系及錒系元素	679
21-1 第三副族的通性.....	679
鈳.....	680

21-2 铈的存在和提炼	680
21-3 铈的化合物	681
钇和镧系元素	682
21-4 稀土元素的存在和提炼	682
21-5 钇	684
21-6 稀土元素的性质和用途	684
21-7 镧系元素的电子结构和原子价	686
21-8 镧系收缩和稀土元素的分类	688
21-9 稀土元素化合物	689
1. 氢氧化物和氧化物(689) 2. 盐类(690) 3. 稀土元素络合物(693)	
21-10 四价铈化合物	693
21-11 稀土元素的二价化合物	694
21-12 稀土元素的分离	694
1. 分級結晶(694) 2. 离子交换(696) 3. 萃取(696) 4. 分离时純度的檢驗(696)	
铈系元素	697
21-13 铈系元素的存在	697
21-14 铈系元素的电子层结构和原子价	698
21-15 铈	699
21-16 镧	699
21-17 钍的提炼、性质和用途	700
21-18 钍的化合物	700
1. 氧化钍(701) 2. 氢氧化钍(701) 3. 氯化钍(701) 4. 氟化钍(702) 5. 硝酸钍(702) 6. 硫酸盐(702) 7. 草酸钍(703) 8. 碳酸基钍酸盐(703) 9. 磷酸钍(703)	
21-19 铀的提炼、性质和用途	703
21-20 铀的化合物	705
1. 氟化物(705) 2. 氯化物(706) 3. 氧化物(706) 4. 过氧化物(707) 5. 铀氧基盐(707) 6. 铀酸盐(708) 7. 四价铀化合物(708)	
21-21 超铀元素的化合物	709
1. 三价化合物(709) 2. 四价化合物(709) 3. 五价化合物(709) 4. 六价化合物(710)	
21-22 镎、钷、钷及其化合物	710
21-23 铀、镎、钷的分离	711
21-24 超铀元素	712
1. 錒(712) 2. 錒(713) 3. 錒(713) 4. 錒系收缩(713)	
习题	714

第二十二章 第四副族 鈦、鋳、鉛	715
22-1 第四副族的通性	715
鈦	717
22-2 鈦的存在和提取	717
22-3 鈦的性质和用途	718
22-4 鈦的化合物	719
1. 四价鈦化合物(719) 2. 三价鈦化合物(722) 3. 二价鈦化合物(723)	
鋳和鉛	723
22-5 鋳和鉛的存在及提取	723
22-6 鋳和鉛的性质及用途	724
22-7 鋳和鉛的化合物	725
1. 四价鋳化合物(726) 2. 低价鋳化合物(729) 3. 鉛的化合物(729)	
22-8 鋳和鉛的分离	730
1. 分級結晶(730) 2. 萃取(731) 3. 离子交換(731)	
习题	731
第二十三章 第五副族 釩、鈮、鉍	732
23-1 第五副族的通性	732
釩	734
23-2 釩的存在和提炼	734
23-3 釩的性质和用途	735
23-4 釩的化合物	736
1. 五价釩化合物(736) 2. 四价釩化合物(738) 3. 三价釩化合物(739) 4. 二价釩化合物(740)	
鈮和鉍	741
23-5 鈮和鉍的存在和提炼	741
23-6 鈮和鉍的性质和用途	742
23-7 鈮和鉍的化合物	743
1. 五价鈮化合物(743) 2. 鈮的低价化合物(745) 3. 五价鉍化合物(746)	
4. 低价鉍化合物	748
习题	749
第二十四章 第六副族 鉻、鉍、鎢	750
24-1 第六副族的通性	750
鉻	752
24-2 鉻的存在和冶炼	752
24-3 鉻的性质和用途	753
24-4 鉻的化合物	754

1. 二价铬化合物(754) 2. 三价铬化合物(755) 3. 六价铬化合物(757)	
鉍	760
24-5 鉍的存在和冶炼	760
24-6 鉍的性质和用途	761
24-7 鉍的化合物	762
1. 氧化物(762) 2. 卤化物(763) 3. 鉍酸和鉍酸盐(764)	
鎢	765
24-8 鎢的存在和冶炼	765
24-9 鎢的性质和用途	765
24-10 鎢的化合物	766
1. 氧化物(766) 2. 卤化物(767) 3. 鎢酸和鎢酸盐(767)	
24-11 同多酸和杂多酸	768
1. 同多酸的分类(768) 2. 杂多酸和同多酸的结构(769)	
习题	770
第二十五章 第七副族 锰、铈、铈	772
25-1 第七副族的通性	772
锰	773
25-2 锰的存在和冶炼	773
25-3 锰的性质和用途	774
25-4 锰的化合物	775
1. 氧化物和氢氧化物(775) 2. 二价锰盐(776) 3. 锰酸盐(778) 4. 高锰酸盐(778)	
铈	779
25-5 铈的产生及其化学	779
铈	780
25-6 铈的存在和冶炼	780
25-7 铈的性质和用途	781
25-8 铈的化合物	781
1. 氧化物、含氧酸及其盐(781) 2. 卤化物(782) 3. 硫化物(783)	
习题	784
第二十六章 第八副族 铁系元素和铂系元素	785
26-1 铁系元素的通性	785
26-2 铂系元素的通性	787
铁	790
26-3 铁的存在和冶炼	790
26-4 铁的性质和用途	793
26-5 铁的化合物	794

1. 氧化物和氢氧化物(794) 2. 二价铁的盐(795) 3. 三价铁的盐(797) 4. 六价铁的化合物(799) 5. 铁的络合物(799)	
26-6 金属的腐蚀和防护	801
钴和镍	803
26-7 钴和镍的存在、冶炼、性质和用途	803
26-8 钴和镍的化合物	804
1. 氧化物和氢氧化物(804) 2. 二价钴和镍的盐(805) 3. 三价钴盐(806)	
4. 钴和镍的络合物(806)	
铂系元素	808
26-9 铂系元素的存在和用途	808
26-10 钨和钼的化合物	809
26-11 铈和铀的化合物	810
26-12 钽和钨的化合物	812
习题	814
第二十七章 原子核化学	816
天然放射性	816
27-1 元素的放射性及其研究法	816
27-2 放射性单位和放射性操作	819
27-3 放射性基本定律、放射性常数和半衰期	820
27-4 位移定律	822
27-5 天然放射系	823
27-6 放射性平衡	826
27-7 天然放射性元素	828
27-8 射线的化学作用	830
同位素	831
27-9 稳定同位素和质谱	831
27-10 同位素质量	833
27-11 稳定同位素的分离	833
1. 精馏(834) 2. 同位素交换法(835) 3. 电解法(836) 4. 扩散法(837) 5. 电磁分离(837)	
27-12 氘及重水	838
原子核结构	840
27-13 质量亏损	841
27-14 原子核的结合能	841
人工核反应和人工放射性	842
27-15 人工核反应的发现	843

27-16 人工放射性	844
27-17 基本粒子	844
27-18 人工核反应的实现	845
1. 迴旋加速器(845) 2. 中子源(846)	
27-19 原子核反应中的能量关系	847
27-20 标记原子	847
1. 常用的同位素(848) 2. 同位素在研究化学反应历程中的应用(849) 3. 同位素交换和化学结构(850)	
27-21 合成元素	851
1. 超铀元素的合成(851) 2. 铀放射系(852)	
原子能	854
27-22 原子核的裂变	854
1. 裂变的能量(855) 2. 减速剂和中子吸收截面(856) 3. 中肯质量(856)	
27-23 反应堆	857
27-24 原子能的和平利用	859
27-25 热核反应	859
习题	860
第二十八章 元素周期系的概观	862
28-1 元素的原子半径和离子半径	862
28-2 元素熔点和沸点变化的周期性	865
28-3 元素的第一电离势	866
28-4 元素的原子价	868
28-5 化学键类型改变的周期性	869
28-6 氢化物	870
28-7 卤化物	873
28-8 氧化物	877
28-9 元素的分布	881
1. 地球在不同深度的结构(881) 2. 地壳中化学元素的分布(882)	
28-10 周期律是现代化学研究的南针	884
习题	885
附录一 化学元素的相对丰度	887
附录二 标准电位表	888

第十三章 第五主族 氮族元素

本族元素在地壳内的丰度为: 氮 0.0046%, 磷 0.118%, 砷 $5 \times 10^{-4}\%$, 锑 $1 \times 10^{-4}\%$, 铋 $2 \times 10^{-5}\%$ 。这些元素都是比较熟悉的元素, 但除磷而外皆为量不多。氮在地壳岩石内虽然含量很低, 但在空气中的含量却达 78.09% 体积, 故它是取之不尽, 用之不竭的。氮也是生物蛋白质的主要成分, 是合成肥田粉、炸药、若干种高聚合物等所不可缺少的元素。磷有富集的矿, 它和它的化合物也有广泛的用途。砷、锑、铋有富集的矿, 它们的化合物容易分离和还原为元素状态, 而且有多样的用途。

13-1 氮族元素的通性

表 13-1 中列有氮族元素的重要特性常数。由表可见, 随着原子量和原子序的增加, 该族的各元素单质的密度、原子体积、熔点(锑和铋例外)、沸点、共价半径和离子半径等皆作相应的增加。由于锑和铋具有显著的金属特性, 所以上述性质变迁不像 VII 族和 VI 族元素那样有规则; 因为这两族元素虽然电负性随着原子量的增高而减小, 但较重的元素除铋外基本上还是非金属, 所以这两族元素性质的变迁是有规则的。本族元素性质的变迁就比较完全, 从典型的非金属氮到近乎典型的金属铋, 这两种不同类型物质的特性有若干的变迁是不一致的, 其中熔点就是一例。

本族元素原子的最外层电子的排列比惰性气体的原子结构皆少三个电子。虽然各元素原子具有获得三个电子以达到稳定结构的趋势, 但由于所需得到的电子数毕竟多了, 所以带三个负电荷

表 13-1. 氮族元素的性质

性 质	氮	磷	砷	锑	铋
符号.....	N	P	As	Sb	Bi
原子序.....	7	15	33	51	83
原子量.....	14.0067	30.9738	74.9216	121.75	208.98
外层电子构型.....	$2s^2 2p^3$	$3s^2 3p^3$	$4s^2 4p^3$	$5s^2 5p^3$	$6s^2 6p^3$
主要原子价.....	I, II, III, IV, V	I, III, IV, V	III, V	III, V	III, V
气体分子式.....	N_2	$P_4 \rightleftharpoons P_2$	$As_4 \rightleftharpoons As_2$	$Sb_4 \rightleftharpoons Sb_2$	$Bi_2 \rightleftharpoons Bi$
固体密度, 克/厘米 ³ ...	0.8792 (-210°C)	1.823(白) 2.34(紫)	5.7(灰)	6.67(灰)	9.8
固体原子体积, 厘米 ³ /克原子.....	15.95	17.0(白)	13.13(灰)	18.26(灰)	21.32
熔点, °C	-210.1	44.1(白) 592.5(紫) 587.5(黑)	817 (36大气压)	630.5	271
沸点, °C	-195.8	280.5(白)	613(升华)	1637	1559
熔化热, 千卡/克原子...	0.086	0.15	6.62	4.74	2.6
汽化热, 千卡/克原子...	0.67	2.97	34.5	16.23	36.2
共价半径, Å	0.74	1.10	1.21	1.41	1.52
电离势, ev	14.54	11.0	10.5	8.64	7.29
电负性.....	3.0	2.1	2.0	1.9	1.9
结晶半径, Å					
Z^{-3}	1.71	2.12	2.22	2.45	—
Z^{+3}	—	—	0.69	0.90	1.20
Z^{+5} (在 ZO_3^- 内).....	0.11	0.34	0.47	0.62	0.74
$E^0, Z+3H^++3e \rightleftharpoons$ ZH_3 , 伏	0.27	-0.03	-0.54	-0.51	约-0.8
$E^0, H_3ZO_3+3H^++3e$ $\rightleftharpoons Z+3H_2O$, 伏	1.44 (HNO_2)	-0.49	0.25 ($HAsO_2$)	0.21 (SbO^+)	0.32 (BiO^+)

的离子, 除掉原子半径最小、电负性最高的氮而外, 是不存在的。本族元素自氮以下电负性减小很多, 虽能与电正性很高的金属元素相化合, 但所形成的键主要还是共价的。本族元素的这种负三价的共价化合物是很普通的, 其中研究得最充分的是简单的氢化物。从随着原子量增高而降低的电负性数值和 $Z(-III) - Z(0)$ 电偶的

标准电位数值可以看出，形成负三价共价化合物的趋势是从氮到铋逐渐减小。原子间借共享电子，以形成双原子或多原子分子乃是本族元素达到稳定结构的主要方式。

以上是叙述本族元素负性氧化价变迁的情况。这些元素的正性氧化价也可从它们的电负性和表 13-1 所列的有关数据看出来。本族较重的元素，它们的电负性较小，在与电负性较高的元素化合而形成的化合物内就表现为正氧化价。然而它们的电正性毕竟很小，只有在与电负性最高的元素氟化合时，才有可能形成离子型的键，在与其他元素化合所成的键主要为共价型。当然，本族元素的原子愈小，形成共价型键的趋势也愈高。

根据价电子的构型 ns^2np^3 可以推知，本族元素的主要正氧化数为 +3 和 +5。在它们氧化数为 +3 的化合物内，化合键只包括 3 个 p 电子，氧化数为 +5 的，则包括 s 和 p 电子。这种推测是与事实符合的。元素表现为 +3 价时，未与其他原子共享的孤独的 s 电子对是有重要作用的。元素的原子量增加，这对电子的稳定性即随之增高，因此，由磷到铋表现为 +3 价的特性逐渐增强。正三价的铋化合物虽在固态时所表现的离子性不多，但在极性溶剂的溶液内则可产生各种离子。这种趋势由铋到磷逐渐减弱。本族所有元素在正三价态时，因有一对未共享的 s 电子，故皆可成为电子给予体。但这种性质只有氮原子才表现突出，氮在负三价态时不能再接受电子，因为 L 层的最高容量是八个电子。

在正五价状态时，本族元素主要显非金属的酸性性质。键的共价性比正三价增强。随着原子量增高，元素变为正五价状态的特性减少。再提一下，这是由于未共享的 s 电子对的渐趋稳定的缘故。本族各元素，除氮外，在正五价状态时的价电子层皆可扩展以接受其他原子或原子团的电子。当然由于空间的限制，所接纳的原子或原子团必须体积很小。磷、砷、锑的五氧化物皆与氟离子形成络

离子 $[\text{ZF}_6]^-$ ，至于与氢氧离子结合而形成的络离子，则可以銻的化合物为例： $[\text{Sb}(\text{OH})_6]^-$ 。

氮的独特性质不仅表现在它的三价和五价的氧化态，而且也表现在它的其他价的存在。磷在較小的程度上也有这种特点。說明見后。本族元素較重要的化学性质汇列于表 13-2 內。

表 13-2. 氮族元素的化学特性

普通方程式①	說 明
$x\text{Z} + y\text{M} \longrightarrow \text{M}_y\text{Z}_x$	M 为金属，特别是电正性高的金属。这种趋势从 $\text{Z}=\text{N}$ 到 $\text{Z}=\text{Bi}$ 逐步降低
$2\text{Z} + 3\text{H}_2 \longrightarrow 2\text{H}_3\text{Z}$	$\text{Z}=\text{N}$
$4\text{Z} + 3\text{O}_2 \longrightarrow (\text{Z}_2\text{O}_3)_2$	当 O_2 过量时，P 产生 P_4O_{10} ， N_2 产生 NO 或 NO_2
$2\text{Z} + 3\text{X}_2 \longrightarrow 2\text{ZX}_3$	当卤素 F_2 、 Cl_2 、 Br_2 过量时，用 P、As、Sb 则产生 ZX_5
$2\text{Z} + 3\text{S} \longrightarrow \text{Z}_2\text{S}_3$	特别与 Sb、Bi 作用，与 P、As 生成其他硫化物

① $\text{Z}=\text{P}, \text{As}, \text{Sb}, \text{Bi}$; $\text{X}_2=\text{卤素分子}$ 。

由表可見，本族元素化学性质的变迁与氧族相同。所列化学反应是磷和較重元素的特性，氮有与其余元素不一致的性质。氮分子特別稳定，故在普通实验情况下，它显得不活泼，若不外加能量使之激发，则不发生反应。

氮

13-2 氮的存在和制备

空气內除約 78 体积%的单体氮而外，尚含有极微量的、由有机氮化合物在腐烂时所产生的氨和雷雨时所产生的硝酸。在自然界中，大量的无机氮化合物存在的情况不多，只有硝酸鈉存在于若干地区，特别是智利沿海。氮也以銨盐、硝酸盐或亚硝酸盐的形式