

高中化学复习资料

(上册)

南通地区教育局教研室

一九八〇年

目 录

(上册)

第一章 物质的组成、结构和变化	1
第一节 物质的组成和结构	1
第二节 物质的分类	29
第三节 物质的性质和变化	34
第二章 元素周期律和元素周期表	47
第一节 元素周期律	47
第二节 元素周期表	50
第三章 水和溶液	60
第一节 水	60
第二节 溶液	61
第四章 电解质 电离平衡	78
第一节 电解质	78
第二节 电离平衡	81
第三节 同离子效应	83
第四节 电离常数和它的计算	84
第五节 水的电离	89
第六节 缓冲溶液	92

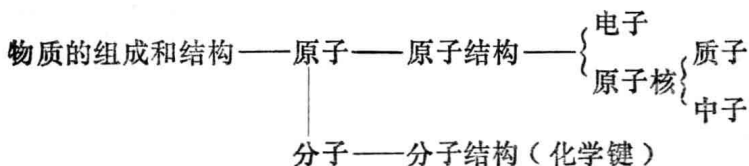
第七节	酸碱质子理论·····	94
第八节	盐类的水解·····	96
第九节	电解和电镀·····	99
第十节	电池·····	102
第五章	化学反应的热效应 化学反应速度 化学平衡··	108
第一节	化学能·····	108
第二节	化学反应速度·····	111
第三节	化学平衡 平衡常数·····	120
第六章	元素和它们的重要化合物·····	130
第一节	氢·····	131
第二节	卤族元素·····	132
第三节	氧族元素·····	138
第四节	氮族元素·····	148
第五节	碳族元素·····	160
第六节	碱金属元素·····	169
第七节	碱土金属元素·····	172
第八节	铝 铁 铜·····	178

第一章 物质的组成、结构和变化

化学是一门研究物质和它的变化的科学。要研究物质和它的变化，就应该先认识物质。这里，首先从物质的组成、结构、分类、性质和变化等方面去认识它。

第一节 物质的组成和结构

物质的组成和结构的知识是研究物质和它的变化的基础。



一、原子和分子

1. 分子是构成物质的一种微粒，它是保持物质化学性质的最小微粒。分子间有一定的距离。

2. 原子是构成分子的一种微粒，它是物质进行化学反应的基本微粒。有时，原子也是直接构成物质的一种微粒。例如，金属铁和一些非金属碳、硅等。

3. 一切原子和分子都处于不断运动的状态。

由此，物质的质量，一定就是组成它的无数分子和原子的质量。所以说，分子和原子再小还是有它一定质量的。

(三) 定组成定律——组成纯净化合物的各元素之间的质量比是恒定。例如：水的分子式是 H_2O 。

$$\begin{aligned} & \text{水分子里氢元素的质量:水分子里氧元素的质量} \\ &= \text{氢的原子量} \times 2 : \text{氧的原子量} \times 1 \\ &= 1 \times 2 : 16 \times 1 = 2 : 16 = 1 : 8 \end{aligned}$$

一个水分子里氢氧两元素的质量比是1:8, 由无数水分子聚集成的水(物质)里, 氢氧两元素的质量比一定也是1:8。经过分析研究, 组成化合物的各元素之间的质量比是恒定的。

(四) 摩尔——结构微粒(如分子、原子、离子等)计数的单位。1摩尔的结构微粒数跟0.012千克(12克)碳(^{12}C)含有的原子数相等。12克碳(^{12}C)含有原子的数目是一个常数(6.022×10^{23})^①, 这个常数叫做阿佛加德罗常数。因此, 任何元素1摩尔的原子数是 6.022×10^{23} , 任何化合物1摩尔的分子数也是 6.022×10^{23} 。

(五) 原子的摩尔质量——元素的 6.022×10^{23} 个原子用克做单位时的质量, 在数值上等于该元素的原子量。例如, 钠的原子量是23, 1摩尔钠原子含有 6.022×10^{23} 个钠原子, 重23克; 也就是钠(原子)的摩尔质量是23克/摩尔。

(六) 分子的摩尔质量——任何化合物的 6.022×10^{23} 个分子用克做单位时的质量, 在数值上等于该化合物的分子量。例如, 氢氧化钠的分子量是40, 1摩尔氢氧化钠分子含有 6.022×10^{23} 个氢氧化钠分子, 重40克; 也就是氢氧化钠(分子)的摩尔质量是40克/摩尔。

^①阿佛加德罗常数可由十多种方法来加以测定。例如, 电解含 Ag^+ 的溶液而使它在阴极上析出1摩尔的银, 必须通过96484.56库仑的电量。已知每个电子的电荷是 $1.6021892 \times 10^{-19}$ 库仑, 就得N值如下式:

$$N = \frac{96484.56 \text{ 库仑/摩尔}}{1.6021892 \times 10^{-19} \text{ 库仑}} = 6.022045 \times 10^{23} / \text{摩尔}.$$

(七) 摩尔体积——在标准状况下(0℃和1大气压) 1 摩尔任何气体的分子所占的体积约22.4升。

标准状况下, 一升氢气重0.0899克。现在已经知道, 1 摩尔氢气的质量是 2.016 克, 所以 1 摩尔氢气在标准状况下所占的体积是

$$\frac{2.016 \text{ 克}}{0.0899 \text{ 克/升}} = 22.4 \text{ 升}$$

根据同样计算, 32克氧气、44克二氧化碳等气体, 在标准状况下所占的体积都约是22.4升。

(八) 阿佛加德罗定律——在同温度、同压力的情况下, 同体积的任何气体都有相同数目的分子。

在标准状况下, 体积 22.4 升的任何气体都含有同数 (6.022×10^{23}) 的分子, 那么就可以推知在标准状况下, 同体积 (假定是11.2升) 的任何气体都含有同数 (跟假定体积相应的 $6.022 \times 10^{23} / 2$) 的分子, 如果给等体积 (在同样状况下) 的两种气体增加同样大小的压力, 它们的体积就相应缩小; 温度同样升高, 体积就相应扩大。经过许多实验的数据证明, 就得出了阿佛加德罗定律。但是应该注意这个定律不适用于液体和固体。

为什么阿佛加德罗定律只适用于气体呢? 这是因为气体分子间有较大的距离, 这距离比分子本身的直径大很多倍, 因而气体的体积主要决定于它们分子间的距离。而在同温同压下, 一切气体分子间的平均距离几乎都是一样的, 所以同体积的不同气体含有同数分子。在固体和液体里, 分子间的距离很小, 它们的体积不决定于分子间的距离而决定于分子本身的大小。不同固体或液体的分子大小不同, 即使在同样条件下, 同体积的固体或液体里所含的分子数是不同的。

二、原子结构

1.任何元素的原子都由三种基本质点构成。

名 称	质 量 (克)	带电量(库仑)	符 号
质 子	1.6726×10^{-24}	$+1.602 \times 10^{-19}$	p
中 子	1.6748×10^{-24}	——	n
电 子	0.9108×10^{-27}	-1.602×10^{-19}	e

2.原子模型——质子和中子组成原子核，电子在核外绕核作高速运转。

3.由于核内的质子数和核外的电子数相等，所以整个原子不显电性。

4.原子的质量几乎全部集中在核上。构成原子的三种基本质点都有一定的质量，但电子的质量过小，所以说原子的质量可以看作几乎全部集中在核上。

5.电子层结构——电子绕核高速运转，由于能量较高的电子常出现在离核较远的空间，能量较低电子常出现在离核较近的空间，因而形成离核远近不同的电子层。以原子核为中心，向外称为第一层、第二、……第七层（一般用K、L、M、N、O、P、Q等符号来表示层次）。每一层里容纳的电子数有一定限度。它的规则如下：（1）第 n 层里的电子数最多可容纳 $2n^2$ 个，如第一层（K层）最多可容纳 $2(1)^2 = 2$ （个），第四层（N层）最多可容纳 $2(4)^2 = 32$ （个）。（2）最外层里只能容纳8个电子。（3）次外层里最多容纳18个电子。已达到能容纳最多电子数的层叫做饱和层，否则就是不饱和层。

（一）氢原子的电子云 电子绕核作高速运转，它的规律不能用经典物理学里的运动方程来描写，而是要用量子力学的

理论来描述的。

电子云——电子绕核高速（接近光速）运转时在空间出现机会多少的分布状况。电子在某一部分出现的机会多少（几率）

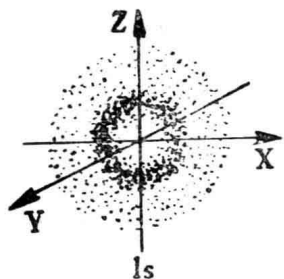


图1—1 氢原子的电子云示意图

用小黑点表示，就可以看到某些部分黑点比较密集，某些部分比较稀疏，看上去好象天空里的云雾一样。图1—1是氢原子的电子云示意图。电子绕核运转时，虽然在所有的核外空间（ $r \approx 10^{-8}$ 厘米）都有可能出现，但是它有一定的范围，所以电子云的大小形状应该是有一定规律的。

电子绕核运转时的运动状态比较复杂，要从下列四个方面来加以描述：

1. 主量子数 n 主量子数是用来描述电子在核外运动几率最大处离核的远近，也就是说主量子数由小而大可以反映电子活动几率最大处离核由近而远，电子的能量由低而高。例如， $n = 1$ 表示电子活动几率最大处离核最近，能量最低，也最稳定，余类推。

2. 副量子数 l 副量子数（也叫角量子数）是用来描述电子在空间不同角度活动几率的情况，也就是表示电子云的形状。当主量子数(n)一定时，副量子数(l)可以等于 $0、1、2、\dots n-1$ （相应地可用 $s、p、d、f、\dots$ 表示），也就是 l 有几个值，电子云就有几个形状。例如， $n=1, l=0$ ，电子云呈球形，通常叫它 s 电子云或 s 状态； $n=2, l=0$ 时，电子云呈球形， $l=1$ 时，电子云的剖面是“8”字形，好象两个对称的纺锤体，通常叫它 p 电子云或 p 状态(图1-2)。如果 $l=2$ 时，电子云

就好象四个对称的纺锤体，叫它 d 电子云或 d 状态（图1-3）。

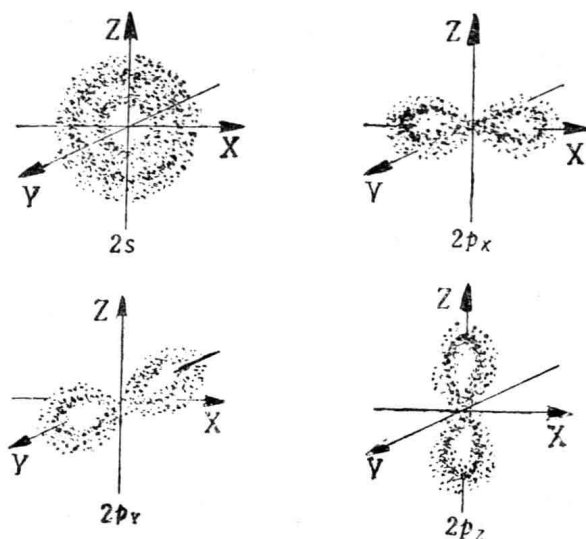


图1-2 s电子云和p电子云

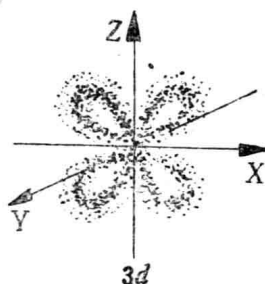


图 1-3 d 电子云

3. 磁量子数 m_l 磁量子数描述电子云在空间的伸展方向——同一形状的电子云向空间伸展的方向不同。 m_l 的值是 $+l$ 到 $-l$ 间的整数，也就是 $m_l = (2l + 1)$ 。例如， $l = 1$ ， $m_l = (2l + 1) = 3$ ，就表示有三个 p 电子云各沿 x, y, z 轴方向伸展，

如图1-2所示。

4. 自旋量子数 m_s ，自旋量子数描述电子的自旋，由于自旋只有正逆两个方向，所以 m_s 只有两个数值 ($+\frac{1}{2}$ 和 $-\frac{1}{2}$)。

由此可知，在同一原子中每一个电子要用四个量子数才能描述它的运动状态，特别是主量子数 (n) 和副量子数 (l) 是决定电子能量的。例如， $2p$ 电子表示它的一定能量， $2p$ 电子和 $3s$ 电子是表示它们各自的不同能量。从图 1-4 可以看出原子核外电子的近似能级和能级组 (图中用虚线划分) ①，在同一电子层如 M 层里各个能级的能量就不同， $3s < 3p < 3d$ 。由于原子内部电子能级的高低是比较复杂的，就出现了能级交错现象，

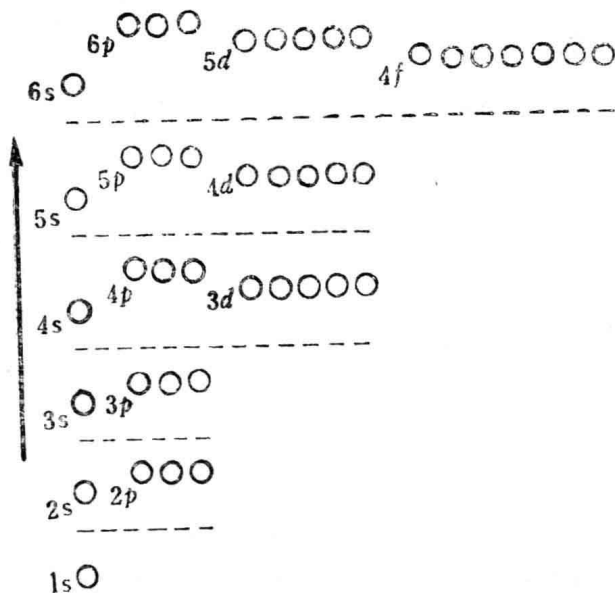


图 1—4 原子核外电子的近似能级示意图

① 能级组之间的能量相差较大，能级组里各能级之间能量相差较小或基本上接近。

例如图 1-4 所示： $4s < 3d$, $5s < 4d$, $6s < 4f < 5d$ 等。对每一个电子来说，四个量子数是相互联系和相互制约的，也就是说知道了 n 的数值，就可推知 l 的数值，等等。

根据四个量子数，可以算出各个能层里电子可能有的运动状态数如下表：

能层	n	l	m_l	m_s	电子符号	状态数
K	1	0	0	$\uparrow\downarrow$	1s	2
L	2	0	0	$\uparrow\downarrow$	2s	2
		1	-1, 0, +1	$\uparrow\downarrow$	2p	6
M	3	0	0	$\uparrow\downarrow$	3s	2
		1	-1, 0, +1	$\uparrow\downarrow$	3p	6
		2	-2, -1, 0, +1, +2	$\uparrow\downarrow$	3d	10
N	4	0	0	$\uparrow\downarrow$	4s	2
		1	-1, 0, +1	$\uparrow\downarrow$	4p	6
		2	-2, -1, 0, +1, +2	$\uparrow\downarrow$	4d	10
		3	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	$\uparrow\downarrow$	4f	14

从上表说明各能层里电子的最多状态数是 K 层 2 个， L 层 8 个， M 层 18 个和 N 层 32 个。由此可以得出结论：各能层里电子可能有的最多状态数，等于能层号数（主量子数）平方的两倍，也就是 $2n^2$ 。

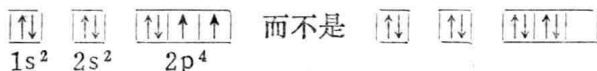
电子的运动状态既已描述如上，它们在原子核外的排布是遵循着一定规律的。

1. 能量最低原理 在核外排布的电子尽可能处于能量最低的状态——基态。当外界给予电子一定能量时，它能跃变成能量比较高的状态而处于激发态。处于激发态的电子不稳定，很容易放出能量而跃回到基态。

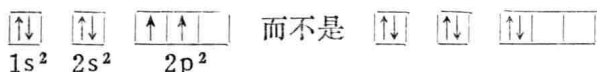
2. 泡利原理 在同一个原子中，不能存在四个量子数完全

相同的两个电子，也就是说每一个“轨道”①上最多只能有两个自旋方向相反的电子。

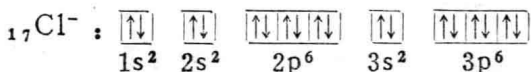
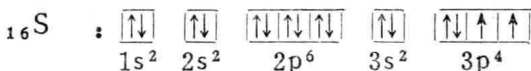
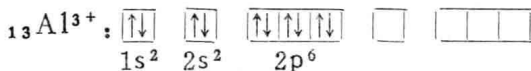
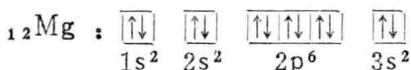
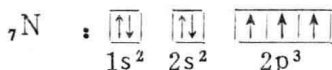
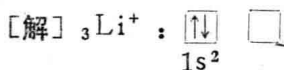
3.洪特规则 电子尽可能单独占有和它 n, l 相同的轨道，也就是说，在同一能层里，在未填满所有轨道之前不成对。例如，氧的核外电子排布是：



碳的核外电子排布是：



〔例〕就 $K, L, M, \dots$ 各层里 s, p, d, f 等轨道的电子数来表示 $\text{Li}^+(3), \text{N}(7), \text{Mg}(12), \text{Al}^{3+}(13), \text{S}(16)$ 和 $\text{Cl}^-(17)$ ，括号里的数字是该元素的核电荷数。



① 在化学上，常把一定取向的电子云看作是一个量子轨道。例如， s 电子是球形，因而只有一个轨道； p 电子是纺锤形，有 p_x, p_y, p_z 三个轨道； d 电子有五个轨道等；每一轨道可以容纳两个自旋方向相反的电子。

(二) 同位素——具有相同的质子数和不同的中子数的各种原子互称为该种元素的同位素。氢有三种同位素氕(${}^1_1\text{H}$)、氘(${}^2_1\text{H}$)和氚(${}^3_1\text{H}$)，它们的质量虽不同，但决定化学性质主要因素的核电荷数相同，所以同位素在化学性质上几乎完全相同。由于氢的三个同位素还是氢元素，它们在元素周期表里只能占据氢的同一位置，这也是同位素命名的由来。

(三) 原子序数——按照元素原子的核电荷数的递增顺序排列的编号。已知元素共有 107 种，其中氢原子的核电荷数是 1，所以氢是第 1 号元素，原子序数是 1；碳原子的核电荷数是 6，碳是第 6 号元素，原子序数是 6。所以元素的原子序数就是该元素原子的核电荷数。

(四) 电子层的稳定结构——原子核外最外电子层有 8 个电子的结构。具有这种结构的氦、氖、氩、氙、氡等元素的性质十分稳定，一般不起化学变化。我们把这些具有稳定结构的元素叫做惰性气体元素。氦气是一种惰性气体，可是它的原子核外只有一个电子层，层里只有 2 个电子。所以从电子层的结构来看，第一层有了 2 个电子，也是稳定的结构。最外层不是稳定结构的原子都能起化学反应，它在化学反应里具有成为稳定结构的倾向——一切原子的最外电子层都有成为稳定结构的倾向^①。

(五) 离子——原子失去或取得电子后所形成的带有电荷

① 随着物质结构理论的逐步发展，人们认识到虽然所有简单的阴离子都具有惰性气体原子的结构，但对阳离子来说，除了具有惰性气体原子的结构外，具有 18、18+2 以及少于 18 个电子结构也是稳定的。例如：

具有外层为 18 个电子的结构 $\text{Zn}^{2+}(\text{3s}^2\text{3p}^6\text{3d}^{10})$, $\text{Ag}^+(\text{4s}^2\text{4p}^6\text{4d}^{10})$

具有外层为 18+2 个电子的结构 $\text{Pb}^{2+}(\text{5s}^2\text{5p}^6\text{5d}^{10}\text{6s}^2)$,

$\text{Sn}^{2+}(\text{4s}^2\text{4p}^6\text{4d}^{10}\text{5s}^2)$

具有外层少于 18 个电子的结构 $\text{Cr}^{3+}(\text{3s}^2\text{3p}^6\text{3d}^3)$, $\text{Mn}^{2+}(\text{3s}^2\text{3p}^6\text{3d}^5)$,

$\text{Fe}^{2+}(\text{3s}^2\text{3p}^6\text{3d}^6)$

的质点。原子失去电子带有正电荷的质点叫做阳离子，如 Al^{3+} 、 Na^{+} 等；原子取得电子带有负电荷的质点叫做阴离子，如 Cl^{-} 、 S^{2-} 等。

三、分子的形成和化学键

分子的形成——原子相互结合而形成分子的过程。

除惰性气体元素以外的元素原子的最外电子层都不饱和，都有成为稳定结构的倾向。各种原子的核外电子层结构不同，当它们彼此互相接近结合成分子时，最外层里的电子（有时次外层里的电子也参加进去）“配对”的情况也就不同。因此，分子里原子间的电子云密度不同而形成性质不同的化学键。

化学键——分子里各个直接相连接的原子间强烈结合的相互作用。

共价键（又称原子键）——原子和原子通过电子云的重迭而形成的化学键。

电子对——在分子里为两个原子所共有的一对电子。

电子式——在某元素符号周围用小黑点或其他记号代表电子来表示这个原子最外层里电子的图式。

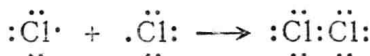
下面，我们讨论三种化学键性质不同的分子的形成。

（一）氯分子的形成 氯分子是由两个氯原子构成的。氯原子核外最外层 $3p$ 轨道里还有 1 个未成对的电子。当两个氯原子充分靠近时，它们由于各自那个未成对的电子自旋方向相反，发生吸引作用而互相靠得更近，结果这两个未成对的电子就此“配对”^①，它们的电子云彼此重迭而键合在一起形成了氯

① 电子配对法是由于分子是由原子组成的，原子在未化合前含有未成对的电子，这些未成对的电子如果自旋方向相反，可以两两偶合构成“电子对”。每一对电子的偶合就构成一个共价键。

分子（这时两个氯原子都达到了稳定结构）。因此，我们说在氯分子的两个氯原子间共有一个电子对。应该注意，这并不意味着这个电子对仅停留在原子间，而是相对地讲它们出现在两原子间的几率比较大些，也就是在两核间的电子云密度比较大些。

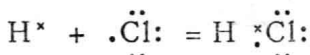
用电子式表示氯分子的形成如下式：



这样结合的化学键叫做共价键。共价键的形成可以看成是两个原子的电子云重叠的结果。

氮原子核外最外层 $2p$ 轨道里有3个未成对电子。当两个氮原子相互靠近时，它们就能双双“配对”键合成氮分子($:\text{N}::\text{N}:$)。这样，氮分子里有三个共价键，结合得比氯分子更牢固。

（二）氯化氢分子的形成 氯化氢分子是由一个氢原子和一个氯原子构成的。当它们相互靠近时，由于它们彼此结构的不同，因而对电子的吸引能力也不同。在形成氯化氢分子的过程里，氯原子（核电荷数为17）吸引电子的能力较氢原子（核电荷数为1）吸引电子的能力大。在这种情况下，氯化氢分子形成时成键电子云的中心必然会或多或少地偏近于对它吸引力较大的氯原子一边，使得氯原子一边电子云密度较大而部分地带负电，氢原子一边电子云密度较小而部分地带正电。下面我们有意识地把那“配对”的成键电子画得偏近于氯元素符号一边。



共价化合物——分子里只有共价键的化合物。氯化氢是一种共价化合物。

极性共价键（简称极性键）——由于原子结构的不同，形成共价化合物分子时好象化学键有了两个电性不同的极。这种共价键叫做极性共价键。

形成氯化氢分子时，电子云的中心偏近氯原子的一端负电荷较强，电子云的中心偏离氢原子的一端正电荷较强，所以氯化氢分子里的化学键是极性共价键。

强极性共价键（简称强极性键）——形成极性键的电子云的中心在原子间偏离程度大的键，如氯化氢、硫化氢等分子里的化学键都是强极性共价键。

弱极性共价键（简称弱极性键）——形成极性键的电子云的中心在原子间偏离程度小的键，如甲烷分子里碳氢之间的化学键是弱极性共价键。

非极性共价键（简称非极性键）——形成共价键的电子云的中心在原子间并无偏向的键，如氯分子、氮分子、氢分子等的化学键都是非极性共价键。

（三）氯化钠分子的形成 在强极性键分子里原子间的电子云的中心偏离程度较大，但“配对”成键的那个电子对还是环绕两个原子核运转的。如果由于原子结构的不同，在形成化学键时一个原子能够将自己最外层里的电子完全供给另一原子，使双方都成为稳定结构而成为离子，然后，双方依靠静电引力而相互靠近。当它们充分接近时，它们的电子云之间和原子核之间都产生斥力。在一定条件下引力和斥力达到暂时的平衡，阴阳离子保持一定距离而形成分子。例如，氯原子和钠原子相互结合形成氯化钠，就是这类的典型。用电子式表示氯化钠的形成过程如下：

