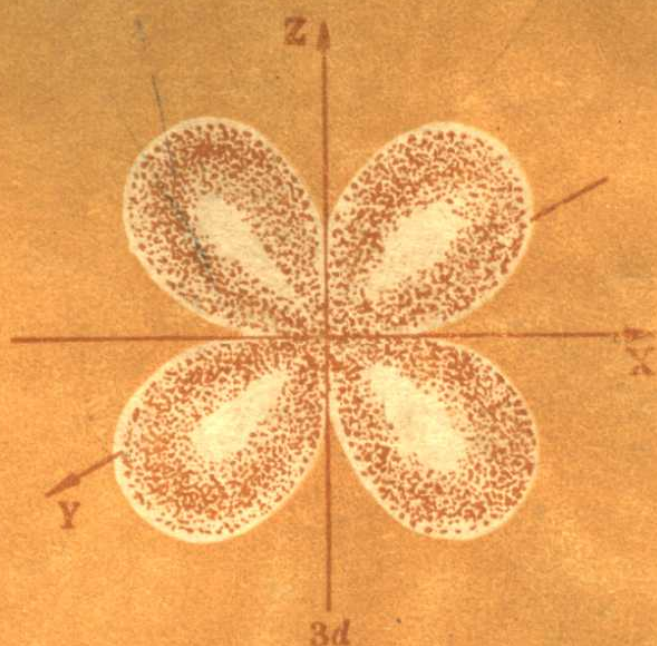


ZHONGXUE JICHU ZHISHI SHOUCE HUAXUE



中学基础知识手册

化学



上海教育出版社

中学基础知识手册



化 学

李 玉 廉

上海教育出版社

中学基础知识手册

化 学

李 玉 廉

上海教育出版社出版

(上海永福路 123 号)

新华书店上海发行所发行 上海中华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 8 插页 1 字数 177,000

1979 年 4 月第 1 版 1979 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—335,000 本

统一书号: 7150·2123 定价: 0.62 元

前 言

一、《中学基础知识手册——化学》参照《全日制十年制学校中学化学教学大纲(试行草案)》编写而成,力求体现中学化学教学内容的现代化。

二、为了更有效地使学生牢固而系统地掌握中学化学基础知识和基本技能,在编写本书时,将中学化学教材的主要内容加以整理,分成七章,并贯彻精简原则,突出重点、难点和关键,努力做到理论性教材叙述通俗易懂,深入浅出,对重要元素、化合物的知识,列表进行对比,以显示各种性质的变化规律。

三、本书每章开始,先提出纲目,然后顺序叙述,注意基本概念、基本理论等的科学性和完整性;对化学计算和重要的化学实验则详细加以解答和分析,以加强基本技能的训练;并于有关章节之后,附有一定数量的、有启发性的和综合性的习题,以便学生复习巩固。

四、本书主要供全日制十年制学校高中学生学习化学时参考用,也可供相当于上述程度的其他读者使用。

五、本书在编写过程中承季文德同志详加审阅,特此致谢。

六、由于本人水平有限,本书一定还存在不少缺点和错误,希望读者批评指正。

编 者

一九七九年一月

目 录

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	114

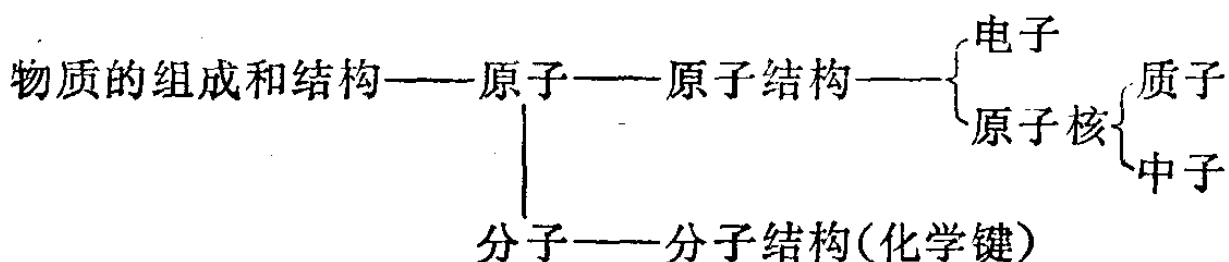
第三节	化学平衡 平衡常数·····	123
第六章	元素和它们的重要化合物·····	133
第一节	氢·····	134
第二节	卤族元素·····	135
第三节	氧族元素·····	141
第四节	氮族元素·····	151
第五节	碳族元素·····	163
第六节	碱金属元素·····	172
第七节	碱土金属元素·····	175
第八节	铝 铁 铜·····	181
第七章	有机化合物·····	197
第一节	烃·····	198
第二节	烃的衍生物·····	213
第三节	合成有机高分子化合物·····	233
附 录		
一、	元素原子的电子层结构·····	247
二、	酸液和碱液的百分浓度和比重值对照表·····	251
三、	波美度数($^{\circ}\text{Bé}$)和比重(d_4^{15})值对照表·····	252
四、	元素的电负性·····	252
	化学元素周期表	
	对数表	

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。

(一)原子量——国际上选用碳的同位素 ^{12}C 的质量 12 作为原子量的基准,所有元素的原子量就是以 ^{12}C 质量为准而测定的比值。

原子具有一定质量。下面几种原子的质量是用“克”做单位来表示的:

碳原子的质量 = 0.0000000000000000000000001993 克

$$= 1.993 \times 10^{-23} \text{ 克}$$

氧原子的质量 = 0.0000000000000000000000002657 克

$$= 2.657 \times 10^{-23} \text{ 克}$$

铁原子的质量 = 0.0000000000000000000000009288 克

$$= 9.288 \times 10^{-23} \text{ 克}$$

氢原子的质量 = 0.0000000000000000000000001673 克

$$= 1.673 \times 10^{-24} \text{ 克}$$

由此可以看出,用“克”做单位来表示原子的质量,在计算和使用方面都很不便。现在,我们把 ^{12}C 的质量 12 作为基准来计算氧、铁和氢三种元素的原子量如下:

氧的原子量: $1.993 \times 10^{-23} : 2.657 \times 10^{-23} = 12 : x,$

$$x \doteq 15.9994$$

铁的原子量: $1.993 \times 10^{-23} : 9.288 \times 10^{-23} = 12 : y,$

$$y \doteq 55.847$$

氢的原子量: $1.993 \times 10^{-23} : 1.673 \times 10^{-24} = 12 : z,$

$$z \doteq 1.0079$$

为了方便起见,通常使用原子量时,取用比较适当的数值,如氢的原子量为 1 或 1.008,氧的原子量为 16。所有元素的原子量可以从化学元素周期表里查得。

(二)分子量——一个分子里所有原子质量(用原子量表示)的总和。例如,水的分子量 $M = 1 \times 2 + 16 = 18$ 。

(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的。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($^{12}_6\text{C}$)含有的原子数相等。12 克碳($^{12}_6\text{C}$)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°C 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、第二层、……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

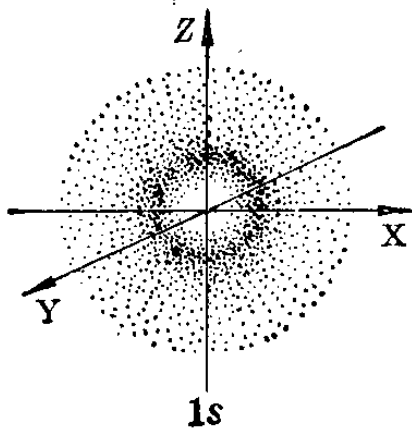


图 1-1 氢原子的电子云示意图

率)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)。

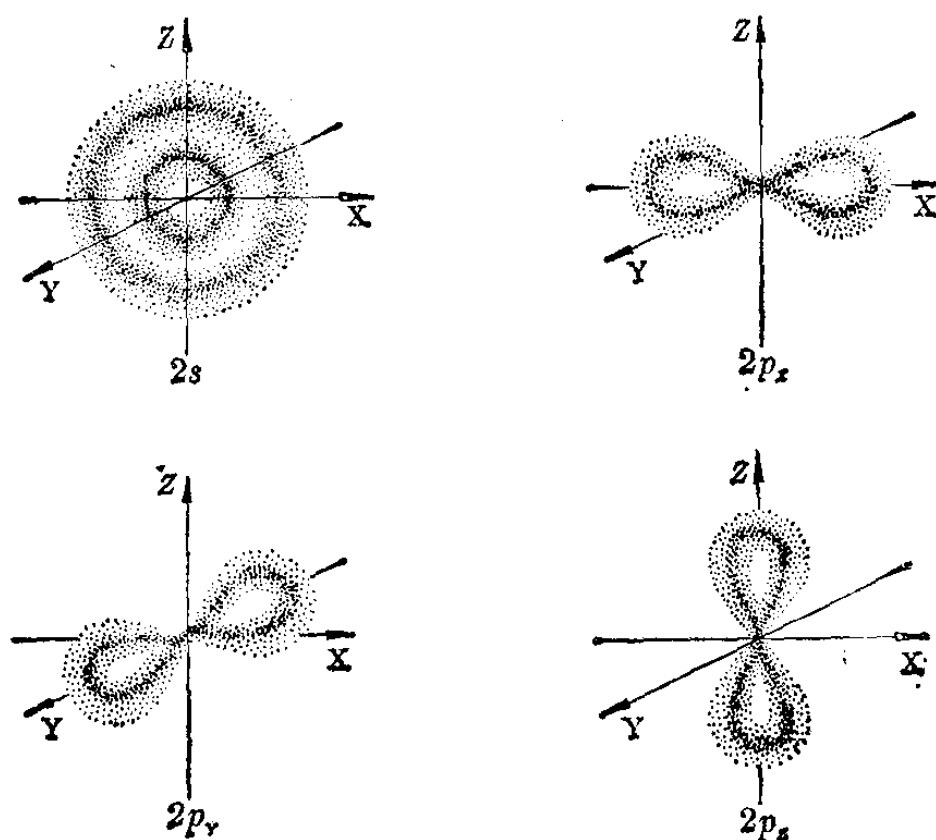


图 1-2 s 电子云和 p 电子云

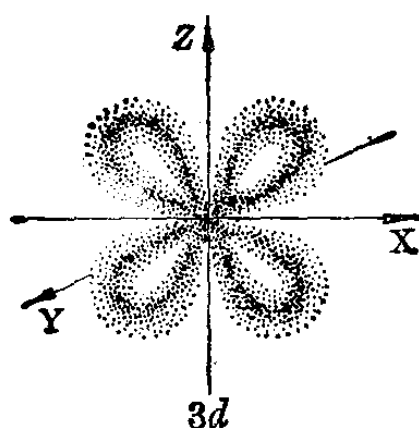


图 1-3 d 电子云

8. 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

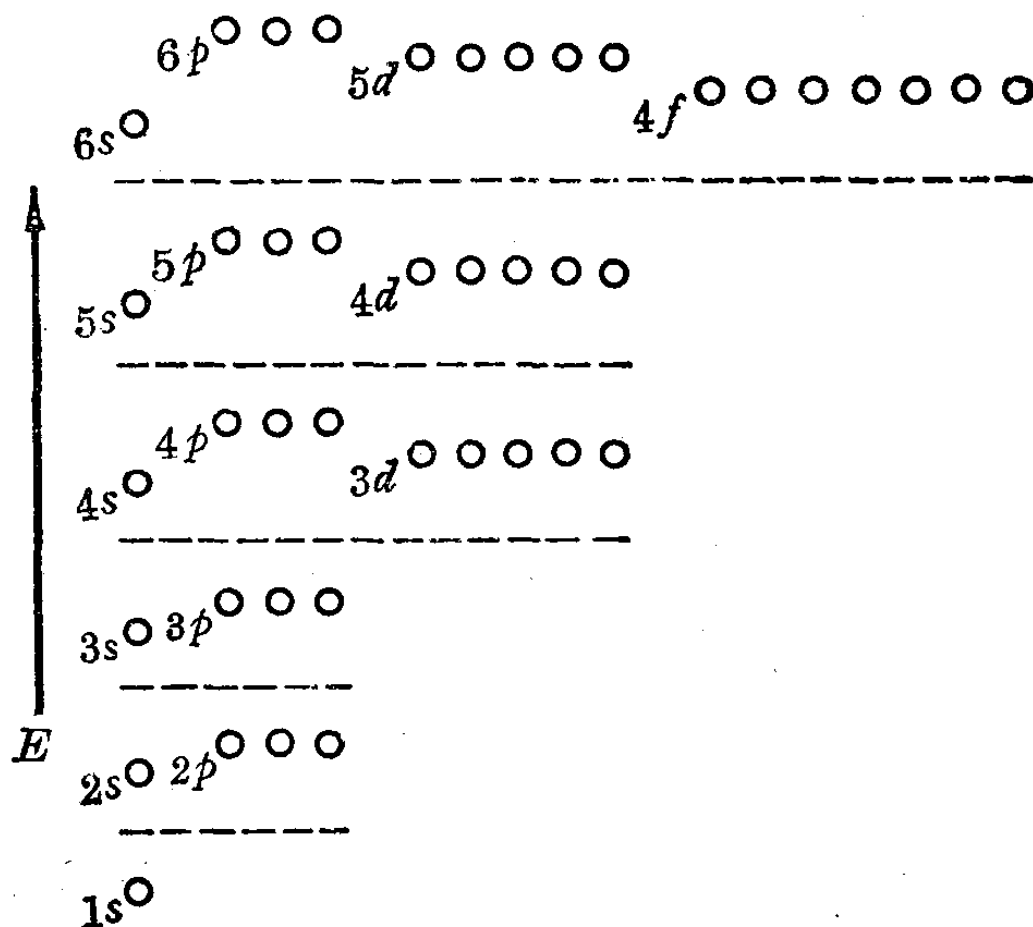


图 1-4 原子核外电子的近似能级示意图

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。

错现象，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 $2n^2$ 。

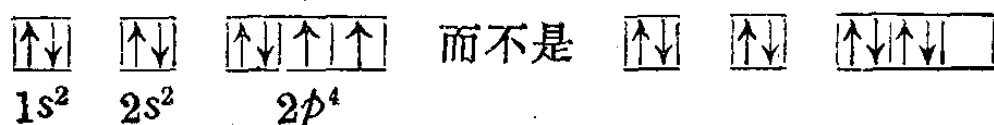
电子的运动状态既已描述如上，它们在原子核外的排布是遵循着一定规律的。

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。

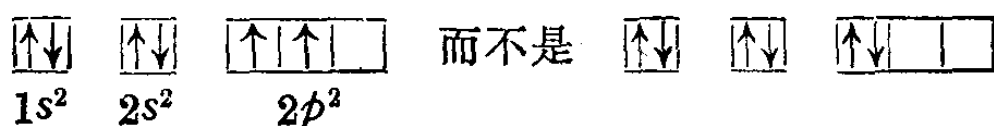
2. 泡利原理 在同一个原子中，不能存在四个量子数完

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。

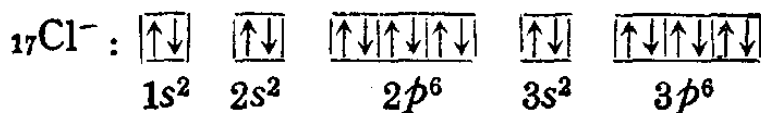
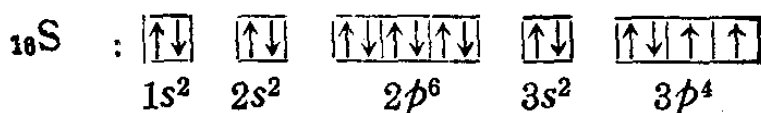
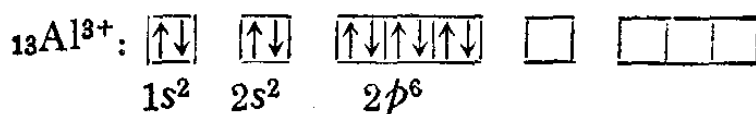
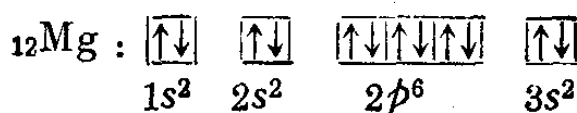
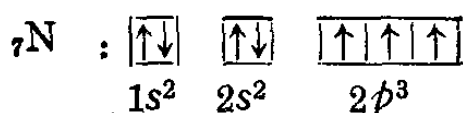
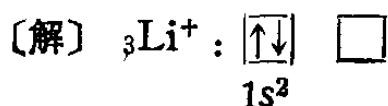
3. 洪特规则 电子尽可能单独占有和它 n 、 l 相同的轨道，也就是说，在同一能层里，在未填满所有轨道之前不成对。例如，氧的核外电子排布是：



碳的核外电子排布是：



〔例〕 就 K 、 L 、 M 、……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的质点。原子失去电子带有正电荷的质点叫做阳离子，如

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 个电子的结构也是稳定的。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 $\text{Cr}^{3+}(\text{3s}^2\text{3p}^6\text{3d}^3)$ ， $\text{Mn}^{2+}(\text{3s}^2\text{3p}^6\text{3d}^5)$ ，

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