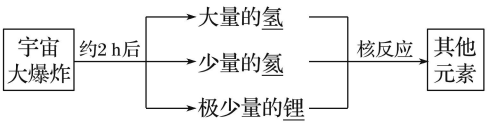
练习 17　原子结构

知识梳理　整合知识，重点归纳！

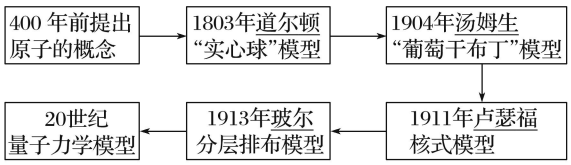
一、开天辟地——原子的诞生

1．原子的诞生

（1）原子的诞生



（2）人类对原子结构认识的演变



2．宇宙中的元素

宇宙的组成元素及含量

宇宙 { { 氢约为宇宙原子总数的 88.6%；氦约为氢原子数的$\frac{1}{8}$ } 二者约占宇宙原子总数的 99.7%以上；其他 90 多种天然元素的原子总数加起来不足 1% }

其他原子总数不到 1%

3．地球上的元素分布

绝大多数为金属元素，包括稀有气体在内的非金属仅 24 种。地壳中含量在前五位：O、Si、Al、Fe、Ca。

二、能级与能层

1．能层

能层	一	二	三	四	五	六	七	……
符号	K	L	M	N	O	P	Q	……
最多容纳电子数	2	8	18	32	50	……		
离核距离	有小到大							
能量高低	由低到高							

2．能级

同一个能层中电子的能量也可能不同，同一能层又分成不同的能级(电子亚层)。

能级名称：s、p、d、f、g、h……

能级符号：ns、np、nd、nf……（n 代表能层）

每一能級最多容纳电子的数量　s:2　　p:6　　d:10　　f:14

3．能层、能级与最多容纳电子数

能层(n)	一	二		三			四				五		六	七	…
符号	K	L		M			N				O		P	Q	…
能级	1*s*	2*s*	2*p*	3*s*	3*p*	3*d*	4*s*	4*p*	4*d*	4*f*	5*s*	…	…	…	…
轨道数	1	1	3	1	3	5	1	3	5	7	1				
最多容纳电子数	2	2	6	2	6	10	2	6	10	14	2	…	…	…	…
	2	8		18			32				…		…	…	…
能量	K＜L＜M＜N＜O＜P＜Q														

由上表可知：

（1）能层序数等于该能层所包含的能级数，如第三能层有 3 个能级。

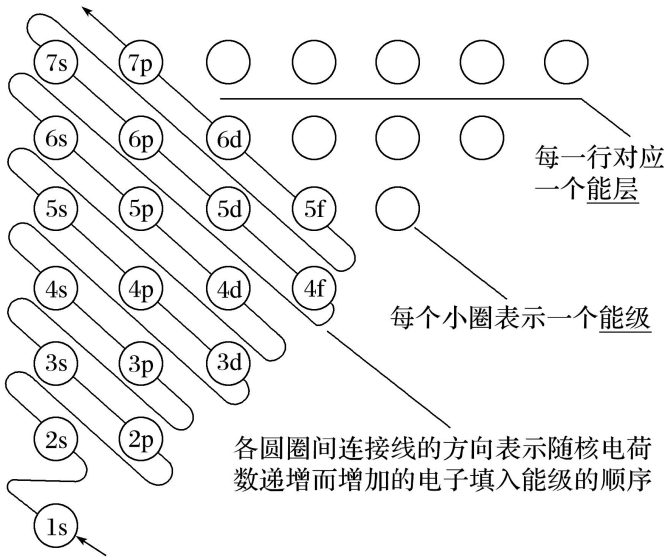
（2）s、p、d、f 各能级可容纳的电子数分别为 1、3、5、7 的 2 倍。

（3）原子核外电子的每一能层最多可容纳的电子数是 $2n^2$(*n* 为能层的序数)。

三、构造原理

1．构造原理

多电子基态原子的电子按先填能量低的能级，填满后再填能量高的能级的规律。



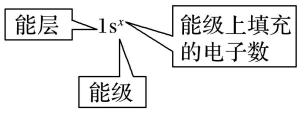
即电子所排的能级顺序为 1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p 7s..

2．电子排布式

（1）电子排布式：

①概念：能层低的能级写在左边，依次书写能层高的能级 ，能级的右上角标注排布的电子数。

②表示方法



例如：$_8$O：$1s^22s^22p^4$。

（2）简化(并)电子排布式：与之接近的稀有气体元素符号(原子实)+剩余的电子排布。

四、能量最低原理、基态与激发态、光谱

1．能量最低原理

原子的电子排布遵循构造原理能使整个原子的能量处于最低状态，简称能量最低原理。

2．基态原子与激发态原子

（1）基态原子：处于最低能量的原子。

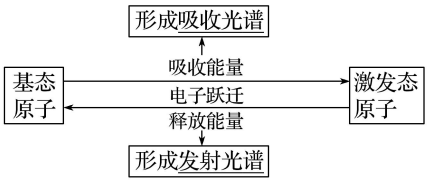
（2）激发态原子：基态原子的电子吸收能量后，电子会跃迁到较高能级，变成激发态原子。

（3）基态、激发态相互间转化的能量变化

基态原子 $\xrightarrow[\text{释放能量，主要形式为光}]{\text{吸收能量}}$ 激发态原子

3．光谱

（1）光谱的成因及分类



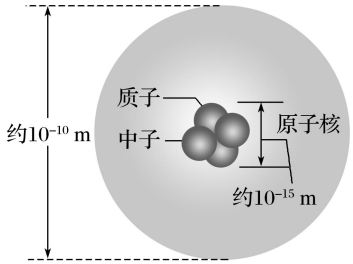
（2）光谱分析：现代化学中，常利用原子光谱上的特征谱线来鉴定元素，称为光谱分析。

五、电子云与原子轨道

1．原子核外电子的运动特点

（1）相对于原子和电子的体积而言，电子运动的空间很大。

（2）电子运动的速度很快，接近光速($3.0\times10^{8}\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)。



2．电子云

（1）电子云：处于一定空间运动状态的电子在原子核外空间的概率密度分布的形象化描述。

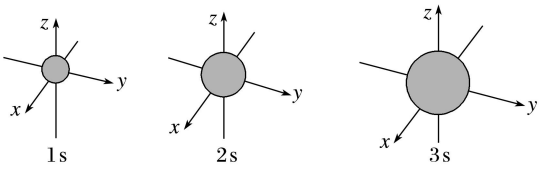
（2）电子云轮廓图的形状：s 能级的电子云轮廓图是球形，p 能级的电子云轮廓图是哑铃形。

3．原子轨道

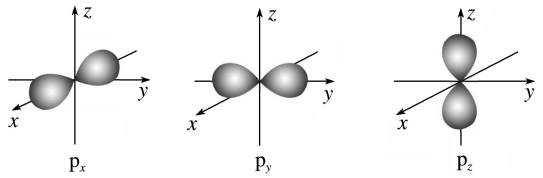
（1）概念：量子力学把电子在原子核外的一个空间运动状态称为一个原子轨道。

（2）形状

①s 电子的原子轨道呈球形，能层序数越大，原子轨道的半径越大。



②p 电子的原子轨道呈哑铃形，能层序数越大，原子轨道的半径越大。



（3）各能级所含有原子轨道数目

能级符号	*n*s	*n*p	*n*d	*n*f
轨道数目	1	3	5	7

六、泡利原理和洪特规则

1．能量最低原理

原子核外的电子应优先排布在能量最低的能级里，然后由里到外，依次排布在能量逐渐升高的能级里。能级的能量高低顺序如构造原理所示(对于 1～36 号元素来说，应重点掌握和记忆“1s→2s→2p→3s→3p→4s→3d→4p”这一顺序)。

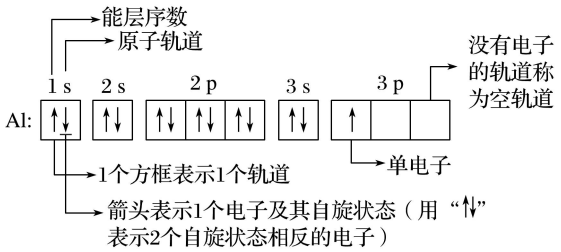
2．泡利原理

（1）原理内容：在一个原子轨道里，最多只能容纳 2 个电子，而且它们的自旋状态相反，用方向相反的箭头“↑↓”表示。

（2）电子排布图

①将每一个原子轨道用一个方框表示，在方框内标明基态原子核外电子分布的式子。

②以铝原子为例，电子排布图中各符号、数字的意义为



3．洪特规则

（1）内容：当电子排布在同一能级的不同轨道时，基态原子中的电子总是优先单独占据一个轨道，而且自旋状态相同。

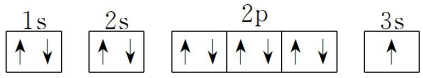
（2）特例

在等价轨道(同一能级)上的电子排布处于全充满、半充满和全空状态时，具有较低的能量和较大的稳定性。

相对稳定的状态{全充满：p^6、d^{10}、f^{14}；全空：p^0、d^0、f^0；半充满：p^3、d^5、f^7}

如 $_{24}Cr$ 的电子排布式为 $1s^22s^22p^63s^23p^63d^54s^1$，为半充满状态，易错写为 $1s^22s^22p^63s^23p^63d^44s^2$。

【方法点拨】原子核外电子排布表示方法的比较

原子(离子)结构示意图	意义	能直观反映出核内的质子数、核外的电子层数及各电子层上的电子数
	实例	Cl： F^-：
电子排布式	意义	能直观反映出核外的电子层、能级及各能级上的电子数
	实例	$_{20}Ca$：$1s^22s^22p^63s^23p^64s^2$
简化电子排布式	含义	把内层电子排布用相应稀有气体的元素符号外加方括号表示的形式
	意义	避免电子排布式书写过于繁琐
	实例	Mg：$[Ne]3s^2$
价电子排布式	含义	在简化电子排布式中，省去相应的稀有气体的元素符号后剩下的部分称为外围电子排布式，也叫价电子排布式
	意义	能直观反映出基态原子的电子层数、参与成键的电子数及最外层电子数
	实例	S：$3s^23p^4$
电子排布图	意义	能直观反映出电子的排布情况及电子的自旋状态
	实例	Na：

积累运用

轻松积累，灵活运用！

1．下列能级符号正确的是

A．6s　　B．2d　　C．1d　　D．3f

2．下列能级符号正确的是

A．3f　　B．2d　　C．4s　　D．2f

3．下列叙述正确的是

A．能级就是电子层

B．每个能层最多可容纳的电子数是 $2n^2$

C．同一能层中的不同能级的能量高低相同

D．不同能层中的 s 能级的能量高低相同

4．下列原子或离子的核外电子排布式，正确的是

A．$_{16}S^{2-}$：$1s^22s^22p^63s^23p^4$

B．$_{21}Sc$：$1s^22s^22p^63s^23p^64s^23d^1$

C．$_{18}Ar$：$1s^22s^22p^63s^23p^6$

D．$_9F$：$2s^22p^5$

5．若某基态原子的价电子排布式为 $4d^15s^2$，则下列说法正确的是

A．该元素基态原子共有 3 个电子

B．该元素基态原子核外有 5 个电子层

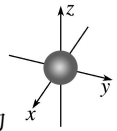
C．该元素基态原子最外层有 3 个电子

D．该元素基态原子 M 能层共有 8 个电子

6．列说法中正确的是

A．1s 电子云呈球形，表示电子绕原子核做圆周运动

B．电子云图中的小黑点密度大，说明该原子核外空间电子数目多

C．*n*s 能级的原子轨道图可表示为 

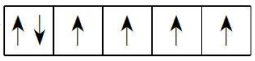
D．$3d^3$ 表示 3d 能级有 3 个原子轨道

7．下列离子中外层 d 轨道达全充满状态的是

A．Cu^+　　B．Fe^{3+}　　C．Co^{3+}　　D．Cr^{3+}

8．下列说法不正确的是

A．在氢原子的电子云图中，每个小黑点代表一个电子

B．某基态原子 3d 能级中电子排布的情况可能为 

C．电子构型为$[Ar]3d^54s^2$ 的元素是过渡金属元素

D．当碳原子的核外电子排布由 $1s^22s^22p^2$ 转变为 $1s^22s^12p^3$ 时，碳原子由基态变为激发态

9．按要求填空：

(1)B 原子的核电子排布式为_____。

(2)N 原子的价电子排布式为_____。

(3)Se 的原子序数为_____，其核外 M 层电子的排布式为_____。

(4)Li_3N 晶体中氮以 N^{3-}形式存在，N^{3-}的电子排布式为_____。

(5)写出镓(Ga)原子的电子排布式：_____。

10．A、B、C、D、E 代表前 4 周期的五种元素，原子序数依次增大。请填空：

(1)A 元素基态原子的最外层有 3 个未成对电子，次外层有 2 个电子，其电子轨道表示式为_____。

(2)B 元素的负一价离子的电子层结构与氩相同，B 离子的结构示意图为_____。

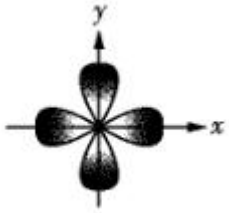
(3)C 元素的正三价离子的 3d 能级为半充满，C 的元素符号为_____，该元素在周期表中的位置为_____。

(4)D 元素基态原子的 M 层全充满，N 层没有成对电子，只有一个未成对电子，D 的元素基态原子的电子排布式为_____，在元素周期表中的位置为_____。

(5)E 元素基态原子中没有未成对电子，E 的外围电子排布式是_____。

能力展现　以已所学，展现自我！

1．下列说法错误的是



A．电子排布式为 $1s^22s^22p^63s^23p^1$ 的元素，其价态为+3 时最稳定

B．在同一能级上运动的电子，其运动状态肯定不同

C．碳原子核外能量最高的电子云轮廓图如图所示

D．钠原子由 $1s^22s^22p^63p^1 \rightarrow 1s^22s^22p^63s^1$ 时，吸收能量，由激发态转化成基态

2．以下对核外电子运动状况的描述正确的是

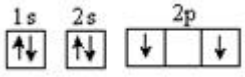
A．电子的运动与行星相似，围绕原子核在固定的轨道上高速旋转

B．能量低的电子只能在 s 轨道上运动，能量高的电子总是在 f 轨道上运动

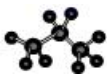
C．电子层数越大，s 轨道的半径越大

D．在同一轨道上运动的电子，其能量不相同

3．下列化学用语正确的是

A．碳原子的核外电子轨道表示式：

B．甲基的电子式为：

C．丙烷的比例模型：

D．氮分子的结构式：

4．下列各组原子中，彼此化学性质一定相似的是

A．最外层都只有一个电子的 X、Y 原子

B．原子核外 L 层上有 8 个电子的 X 原子与 M 层上有 8 个电子的 Y 原子

C．2p 轨道上有 3 个未成对电子的 X 原子与 3p 轨道上有 3 个未成对电子的 Y 原子

D．原子核外电子排布式为 $1s^2$ 的 X 原子与原子核外电子排布式为 $1s^22s^2$ 的 Y 原子

5．A、B、C 是中学化学中常见的三种短周期元素。

已知：①A 元素原子最外层电子数是次外层电子数的 2 倍；②B 元素最高正价与最低负价的代数和为 2；③C 元素有多种化合价，且常温下 C 元素的单质与某种一元强碱溶液反应，可得到两种含 C 元素的化合物；④B、C 两种元素质子数之和是 A 元素质子数的 4 倍。

(1)写出 A 元素在周期表中的位置：_____。

(2)画出 B 元素的原子结构示意图：_____。

(3)写出 C 元素的核外电子排布式：_____。

(4)写出 C 的单质和强碱溶液反应的离子方程式_____。

(5)由 B、C 两种元素组成的化合物 x，常温下为易挥发的淡黄色液体，X 分子为三角锥形分子。且分子里 B、C 两种原子最外层均达到 8 个电子的稳定结构。X 遇水蒸气可形成一种常见的漂白性物质。则 X 的电子式为_____，X 与水反应的化学方程式是_____。