



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

经浙江省中小学教辅材料
评议委员会评议通过

全品智能作业

学·练·考

主编 肖德好

学习册

本册 主编 陈燕峰

高中化学

选择性必修2 RJ 浙江省

长江出版传媒
崇文书局

CONTENTS 目录

第一章 原子结构与性质	01
第一节 原子结构	01
第 1 课时 能层与能级 基态与激发态 原子光谱 构造原理与电子排布式	01
第 2 课时 电子云与原子轨道 泡利原理、洪特规则、能量最低原理	05
拓展微课 1 核外电子排布	09
第二节 原子结构与元素的性质	11
第 1 课时 原子结构与元素周期表	11
第 2 课时 元素周期律	14
拓展微课 2 电离能和电负性	17
第二章 分子结构与性质	19
第一节 共价键	19
第 1 课时 共价键	19
第 2 课时 键参数——键能、键长与键角	22
第二节 分子的空间结构	24
第 1 课时 分子结构的测定 多样的分子空间结构 价层电子对互斥模型	24
第 2 课时 杂化轨道理论简介	28
拓展微课 3 原子的杂化类型与粒子的空间结构	30
拓展微课 4 分子中共价键的键角大小比较	31

第三节 分子结构与物质的性质	32
第 1 课时 共价键的极性	32
第 2 课时 分子间的作用力	35
第 3 课时 分子的手性	38
拓展微课 5 大 π 键的形成和 π 电子数的计算	39
第三章 晶体结构与性质	41
第一节 物质的聚集状态与晶体的常识	41
第二节 分子晶体与共价晶体	45
第 1 课时 分子晶体	45
第 2 课时 共价晶体	48
第三节 金属晶体与离子晶体	51
第 1 课时 金属晶体与离子晶体	51
第 2 课时 过渡晶体与混合型晶体	54
拓展微课 6 有关晶胞的常见计算	55
拓展微课 7 晶体坐标参数与投影图分析	57
第四节 配合物与超分子	59
拓展微课 8 配合物 配位键和配位数	64
■ 参考答案	65

第一章 原子结构与性质

第一节 原子结构

第1课时 能层与能级 基态与激发态 原子光谱 构造原理与电子排布式

◆ 知识点一 能层与能级

【自主预习】

1. 能层及能量关系

(1) 含义

核外电子按_____不同分成能层(电子层)。

(2) 能层序数及能量关系

能层序数 1、2、3、4、5、6、7 分别用_____、_____、
_____, N、O、P、Q 表示。能层越高, 电子的能量_____, 能量的高低顺序为 $E(K)$ _____
 $E(L)$ _____ $E(M)$ _____ $E(N) < E(O) <$
 $E(P) < E(Q)$ 。

2. 能级

(1) 含义

同一能层的电子, 根据_____的差异, 又可分成
不同能级。

(2) 表示方法

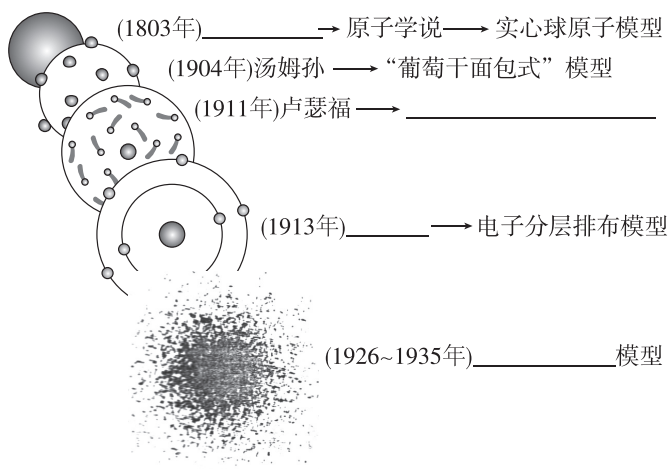
①任一能层的能级总是从_____能级开始, 能级数
等于该_____, 即第一能层只有_____个能级
(1s), 第二能层有_____个能级(2s 和 2p), 第三能
层有_____个能级(3s、3p 和 3d), 依次类推。

②能级的字母代号总是按_____
排序的, 字母前的数字是它们所处的能层序数, 它
们可容纳的最多电子数依次为自然数中的奇数序
列_____的 2 倍。

(3) 多电子原子中, 同一能层各能级的能量关系:

$E(ns)$ _____ $E(np)$ _____ $E(nd)$ _____
 $E(nf)$

3. 原子结构模型的发展史



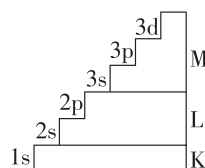
【核心讲解】

1. 能层与能级的关系

- (1) 任何能层总是从 s 能级开始, 任何能层均含有 s 能级, 但并不是任何能层都含有 p、d、f 能级。
- (2) 能层就是电子层, 各能层具有的能级数等于能层序数。如 K 层只有 1s 能级, L 层有 2s、2p 两个能级, M 层有 3s、3p、3d 三个能级。
- (3) 每一能层中最多容纳的电子数为 $2n^2$ (n 代表能层序数)。
- (4) 不同能层中符号相同的能级所容纳的最多电子数相同。

2. 能层中各能级之间能量高低关系

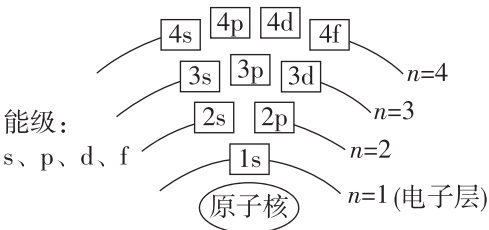
- (1) 能层与能级的关系类似楼层与阶梯之间的关系, 在每一个能层中, 能级符号顺序是 ns 、 np 、 nd 、 nf (如图所示):



(2)能层或能级的能量关系：



(3)原子核外电子排布与能层、能级的关系：



3. 理清能层、能级与最多容纳的电子数、能量之间的相互关系

能层(n)	一	二	三	四	五	六	七	...
符号	K	L	M	N	O	P	Q	...
能级	1s	2s 2p	3s 3p 3d	4s 4p 4d 4f	5s ...	...	...	...
最多容纳电子数	2	2 6	2 6 10	2 6 10 14	2 ...	...	...	...
离核远近	由近到远							
不同能层能量	逐渐升高							

【典例应用】

例 1 能层序数为 n ，下列有关认识中正确的是 ()

- A. 在同一能层不同能级上的电子，其能量肯定不同
- B. 各能层的能级都是从 s 能级开始至 f 能级结束
- C. 各能层含有的能级数为 $n-1$
- D. 各能层含有的电子数为 $2n^2$

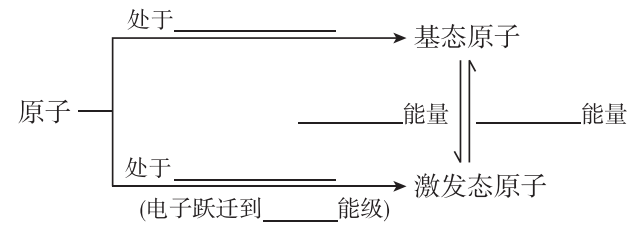
例 2 下列关于能层与能级的说法中正确的是 ()

- A. 同一原子中，符号相同的能级，其上电子能量一定相同
- B. 多电子原子中，同一能级上电子的能量一定相同
- C. 同是 s 能级，在不同的能层中所能容纳的最多电子数不同
- D. 任一能层的能级总是从 s 能级开始，能级数与能层序数无关

◆ 知识点二 基态与激发态 原子光谱

【自主预习】

1. 基态原子与激发态原子



2. 电子跃迁的能量变化与可见光

激发态原子不稳定，电子从较高能量的激发态跃迁到较低能量的激发态乃至基态时，将释放能量。_____是电子跃迁释放能量的重要形式。焰火、霓虹灯光、激光、荧光、LED 灯光等可见光都与原子核外电子跃迁释放能量有关。

3. 原子光谱

不同元素原子的电子发生_____时会吸收或释放不同的光，可以用光谱仪摄取各种元素原子的_____光谱或_____光谱，总称原子光谱。

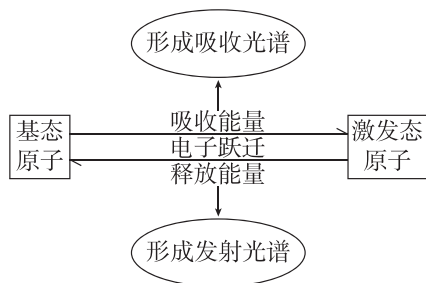


4. 光谱分析

在现代化学中,常利用_____上的特征谱线来鉴定元素,称为光谱分析。

【核心讲解】

1. 光谱的成因与分类



2. 焰色试验与电子跃迁

焰色试验中观察到的特殊焰色是电子跃迁的结果,故焰色试验是物理变化而不是化学变化。发生的过程:基态原子 $\xrightarrow{\text{吸收能量}}$ 激发态原子 $\xrightarrow{\text{释放能量}}$ 较低能量的激发态或基态原子。

(1)电子的跃迁是物理变化(未发生电子转移),而原子得失电子时发生的是化学变化。

(2)一般在能量相近的能级间发生电子跃迁,如基态碳原子 2s 能级上的一个电子可激发到 2p 能级上,得到不稳定的激发态碳原子。

(3)可见光包括红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫,其中紫色光的波长最短、红光的波长最长。

3. 可以用光谱分析法鉴定元素的原因

一种元素有一种原子光谱,一种原子光谱对应着一种元素,不同元素的原子光谱都是特定的。可以用光谱仪摄取各种元素原子的吸收光谱或发射光谱(总称原子光谱),所以可以用光谱分析法鉴定元素。

【典例应用】

例 3 以下现象与核外电子跃迁有关的是 ()

- ①霓虹灯发出有色光
- ②棱镜分光
- ③激光器产生激光
- ④石油分馏
- ⑤凸透镜聚光
- ⑥燃放的焰火在夜空中呈现五彩缤纷的礼花

⑦日光灯通电发光

⑧冷却结晶

A. ①③⑥⑦

B. ②④⑤⑧

C. ①③⑤⑥⑦

D. ①②③⑤⑥⑦

例 4 下列有关光谱的说法中不正确的是 ()

- A. 原子中的电子在跃迁时会发生能量的变化,能量的表现形式之一是光(辐射),这也是原子光谱产生的原因
- B. 不同元素原子的电子发生跃迁时会吸收或释放不同的光,用光谱仪器摄取各种元素原子的吸收或发射光谱,称为原子光谱,是一种物理的检测方法
- C. 通过原子光谱可以发现新的元素,也可以鉴定某些元素
- D. 基态原子的电子获得一定能量变为激发态原子,而激发态原子变为基态原子,则要吸收能量

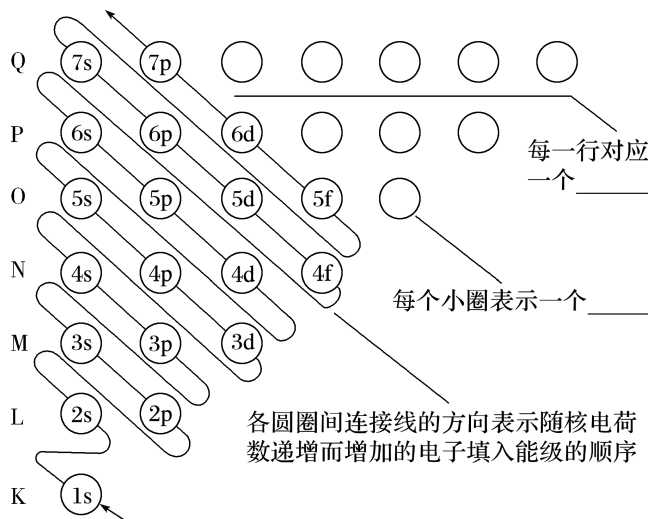
◆ 知识点三 构造原理与电子排布式

【自主预习】

1. 构造原理

(1)以_____事实为基础,从氢开始,随核电荷数递增,新增电子填入能级的顺序称为_____。

(2)示意图如下:

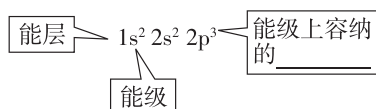


2. 电子排布式

(1)含义:将各能级所容纳的电子数标在相应能级符号右上角,并按照能层序数从小到大的顺序排列的式子,称为电子排布式。

(2)表示方法:按照构造原理,元素的核电荷数每递增一个,同时增加一个核电荷和一个_____,就得到一个_____的电子排布。电子填满了一个_____,开始填入下一个_____,由此构建了元素周期系中各元素的基态原子的电子排布。电子排布式中,能级符号右上角的数字表示该能级的_____。

(3)示例:基态氮原子的电子排布式为



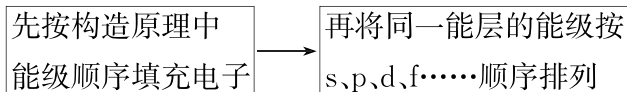
【核心讲解】

1. 能级交错现象

由构造原理可知,从第三能层开始,不同能层的能级出现能级交错现象:随核电荷数的递增,电子并不总是填满一个能层后再开始填入下一个能层的。电子是按 $3p \rightarrow 4s \rightarrow 3d$ 的顺序而不是按 $3p \rightarrow 3d \rightarrow 4s$ 的顺序填充的。

2. 电子排布式的书写

(1)书写方法



如 $_{22}\text{Ti}$:先排列为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$,然后将同一能层的能级排列到一起,即该基态原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$ 。

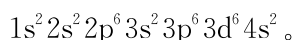
(2)注意事项

①在书写电子排布式时,一般情况下,能层低的能级要写在左边,而不是按构造原理顺序写。

电子填充顺序(构造原理): $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, \dots$

书写顺序: $1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 3d, 4s, 4p, 4d, 4f, 5s, \dots$

如:基态 Fe 原子的电子排布式是



②基态原子的能量最低,故基态原子的电子排布式是能量最低的状态;基态氮原子不存在 $1s^1 2s^1$ 的状态,但氮处于激发态时可能会存在 $1s^1 2s^1$ 的状态。

3. 简化电子排布式

为了避免电子排布式过于烦琐,我们可以把内层电子达到稀有气体结构的部分,以相应稀有气体元素

符号外加方括号来表示。如 Na 的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$,其中第一、二能层与 Ne($1s^2 2s^2 2p^6$)的电子排布式结构相同,所以其电子排布式可简化为 $[\text{Ne}]3s^1$ 。

4. 简单离子的电子排布式

对于主族元素的原子来说,一般只失去最外层电子,而过渡元素的原子可能还会进一步失去内层电子;原子得到电子时,一般总是填充到最外层未填满的能级上。如基态 Fe 原子的简化电子排布式为 $[\text{Ar}]3d^6 4s^2$;其原子在失去电子时,仍遵循先失去最外层电子,后失去次外层电子的顺序,即 Fe 失去电子时先失去 4s 能级上的 2 个电子,转化为 Fe^{2+} ,再失去 3d 能级上的 1 个电子转化为 Fe^{3+} 。基态 Fe^{2+} 的简化电子排布式为 $[\text{Ar}]3d^6$,基态 Fe^{3+} 的简化电子排布式为 $[\text{Ar}]3d^5$ 。

5. 价层电子排布

为突出化合价与电子排布的关系,将在化学反应中可能发生电子变动的能级称为价电子层(简称价层)。该能级的电子排布式称为价层电子排布。如 Cl 的简化电子排布式为 $[\text{Ne}]3s^2 3p^5$,则其价层电子排布为 $3s^2 3p^5$ 。对于过渡元素而言,价电子包含最外层电子和部分内层电子,如 Fe 的价层电子排布为 $3d^6 4s^2$,通常元素周期表只给出价层电子排布。

【典例应用】

例 5 下列有关构造原理的说法错误的是 ()

- A. 原子核外电子填充 3p、3d、4s 能级的顺序为 $3p \rightarrow 4s \rightarrow 3d$
- B. 某基态原子部分核外电子的排布式为 $3s^2 4s^2$
- C. 不是所有基态原子的核外电子排布均符合构造原理
- D. 构造原理中的电子填入能级的顺序,实质是各能级能量由低到高的顺序

例 6 下列各基态原子或离子的电子排布式错误的是 ()

- A. $\text{Na}^+ \quad 1s^2 2s^2 2p^6$
- B. $\text{F} \quad 1s^2 2s^2 2p^5$
- C. $\text{Cl}^- \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- D. $\text{As} \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$

◆ 知识点一 电子云与原子轨道

【自主预习】

1. 电子云

(1) 概率密度分布

量子力学指出,一定空间运动状态的电子在核外空间各处都可能出现,但出现的概率不同。

$\rho = \frac{P}{V}$ (ρ 表示 _____, P 表示电子在某处出现的 _____, V 表示该处的 _____)。

(2) 电子云

① 电子运动的特点

电子质量小,运动速度快,无规则,故无法确定核外电子在某个时刻处于原子核外空间的何处。只能确定它在原子核外空间各处出现的 _____。

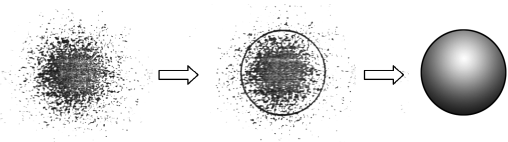
② 电子云

电子云是处于一定空间运动状态的电子在原子核外空间的 _____ 的形象化描述。

③ 电子云轮廓图

绘制电子云轮廓图的目的是表示 _____ 的形状,对核外电子的 _____ 有一个形象化的简便描述。绘制电子云轮廓图时,把电子在原子核外空间出现概率 $P =$ _____ 的空间圈出来,即电子云轮廓图。电子云图很难绘制,使用不方便,故常使用电子云轮廓图。

如 1s 电子云轮廓图的绘制:



2. 原子轨道

(1) 定义:量子力学把电子在原子核外的一个 _____ 称为一个原子轨道。

(2) 形状:s 电子的原子轨道呈 _____ 形,p 电子的原子轨道呈 _____ 状。

(3) 原子轨道数目与能级符号的关系

能级符号	ns	np	nd	nf
原子轨道数目	1	3	5	7

(4) 不同能层中的原子轨道

能层	能级	原子轨道数	原子轨道名称	原子轨道的形状和取向	
				形状	取向
K	1s	1	1s	球形	—
	2s	1	2s	球形	—
L	2p	3	$2p_x$ 、 $2p_y$ 、 $2p_z$	哑铃形	相互垂直
	3s	1	3s	球形	—
	3p	3	$3p_x$ 、 $3p_y$ 、 $3p_z$	哑铃形	相互垂直
M	3d	5			
					
N					

【核心讲解】

1. 正确认识电子云

(1) 电子云表示电子在原子核外空间某处出现的概率,不代表电子的运动轨迹。电子云中的小点是电子在原子核外出现的概率密度的形象化描述,小点越密,表明概率密度越大。常把电子在原子核外空间出现的概率 $P = 90\%$ 的空间圈起来,即电子云轮廓图。

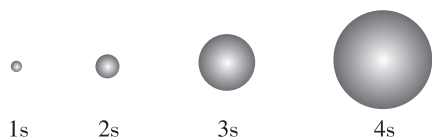
(2) 电子云图中的小点并不代表电子,小点的数目也不代表电子真实出现的次数。

(3) 由氢原子的 1s 电子在原子核外出现的概率密度分布图可知,电子在离原子核越近的空间出现的概率越大;电子云的外围形状具有不规则性。



2. 原子轨道与能层序数的关系

(1) 不同能层的同种能级的原子轨道形状相同,半径不同。能层序数 n 越大,原子轨道的半径越大。如:同一原子中 s 电子的电子云轮廓图都是一个球形,只是球的半径不同,如图所示。



(2) ns 能级只有一个原子轨道, np 能级有 3 个能量相同的原子轨道,它们相互垂直,分别以 p_x 、 p_y 、 p_z 表示。 nd 能级有 5 个能量相同的原子轨道, nf 能级有 7 个能量相同的原子轨道。

(3)同一能层中,不同能级的原子轨道的能量及空间伸展方向不同,但同一能级的几个原子轨道的能量相同,如 $2p_x$ 、 $2p_y$ 、 $2p_z$ 的能量相同。

(4)各能层中原子轨道数与能层序数(n)的关系:某能层中原子轨道数目=该能层序数的平方(即 n^2)。

3. s 能级和 p 能级原子轨道的比较

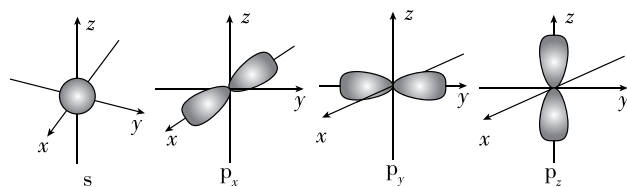
能级	s	p
轨道图形		
轨道形状	球形	哑铃形
轨道数目	1	3(相互垂直)
最多容纳电子数	2	6
相同点	①均以原子核为对称中心 ②原子轨道的平均半径分别随能层数增大而增大,且同种能级符号的原子轨道形状相似	

【典例应用】

例 1 下列有关电子云和原子轨道的说法正确的是 ()

- A. 原子核外的电子像云雾一样笼罩在原子核周围,故称电子云
- B. s 能级的原子轨道呈球形,处在该轨道上的电子只能在球壳内运动
- C. p 能级的原子轨道呈哑铃形,随着电子层数的增加, p 能级原子轨道也在增多
- D. 与 s 电子原子轨道相同, p 电子原子轨道的平均半径随电子层数的增多而增大

例 2 [2025·湖南岳阳一中高二月考] 如图是 s 能级和 p 能级的原子轨道示意图,下列说法正确的是 ()



- A. s 能级和 p 能级的原子轨道形状相同
- B. 每个 p 能级都有 6 个原子轨道
- C. s 能级的原子轨道的半径与电子层序数有关
- D. 基态 Na 原子的电子在 11 个原子轨道上高速运动

◆ 知识点二 泡利原理、洪特规则、能量最低原理

【自主预习】

1. 电子自旋与泡利原理

(1)自旋相反

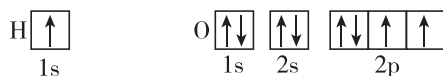
电子自旋在空间有_____和_____两种取向,简称自旋相反,常用上下箭头($\uparrow$ 和 $\downarrow$)表示自旋相反的电子。

(2)泡利原理

在一个原子轨道里,最多只能容纳_____个电子,它们的自旋_____。(也称泡利不相容原理)

2. 电子排布的轨道表示式

(1)轨道表示式(又称电子排布图)是表述电子排布的一种图式,如氢和氧的基态原子的轨道表示式如下:



在轨道表示式中,用方框(也可用圆圈)表示_____,能量相同的原子轨道(简并轨道)的方框_____。

(2)箭头表示一种自旋状态的电子,“ $\uparrow\downarrow$ ”称_____,“ $\uparrow$ ”或“ $\downarrow$ ”称_____ (或称_____)。

如基态氧原子有_____个未成对电子。

(3)箭头同向的单电子称_____,如基态氧原子有_____个自旋平行的 $2p$ 电子。

(4)通常应在方框下方或上方标记_____。有时画出的能级上下错落,以表达_____高低不同。

3. 洪特规则

(1)基态原子中,填入_____的电子总是先_____,且_____,称为洪特规则。

它不仅适用于基态原子,也适用于_____。

洪特规则是针对电子填入简并轨道而言的,并不适用于电子填入能量不同的轨道。如 $2p^3$ 的轨道表示式为 $\begin{array}{|c|c|c|}\hline \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline\end{array}$, 不能表示为 $\begin{array}{|c|c|c|}\hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \\ \hline\end{array}$ 。

(2)特例:当同一能级上的电子排布为全充满(p^6 、 d^{10} 、 f^{14})、半充满(p^3 、 d^5 、 f^7)或全空状态(p^0 、 d^0 、 f^0)时,具有较低的能量和较强的稳定性。如根据构造原理,基态 Cr、Cu 原子的核外电子排布式应为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$ 、 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^2$, 此状态时 Cr、Cu 的能量较高、不稳定,而基态 Cr、Cu 的电子排布式实际是_____和_____。

4. 能量最低原理

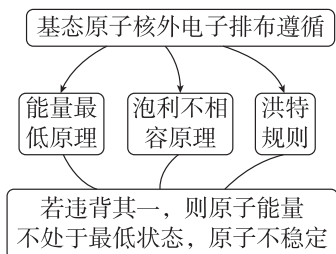
(1)能量最低原理:在构建基态(能量最低的状态)原子时,电子将尽可能地占据能量_____的原子轨道,使整个原子的能量_____,这就是能量最低原理。

(2)整个原子的能量由_____、_____和_____三个因素共同决定,相邻能级能量相差很_____时,电子填入能量_____的能级即可使整个原子能量最低(如所有主族元素的基态原子);相邻能级能量相差不太大时,有 1~2 个电子占据能量稍_____的能级可能反而降低了电子排斥能而使整个原子能量最低(如所有副族元素的基态原子)。

【核心讲解】

1. 基态原子核外电子排布

(1)基态原子核外电子排布的规律

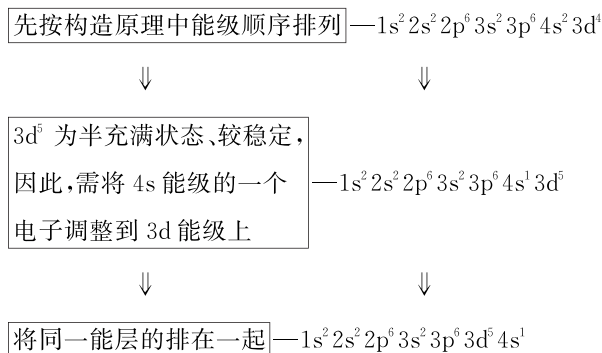


这三个原则并不是孤立的,而是相互联系、相互制约的,也就是说基态原子核外电子在原子轨道上的排布要同时遵循这三个原则。

(2)特殊原子核外电子排布

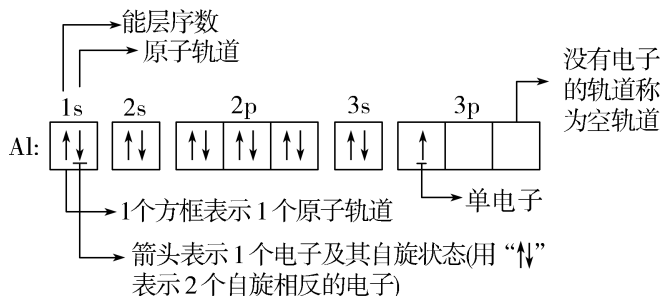
当 p 、 d 、 f 能级处于全空、全充满或半充满状态时,能量相对较低,原子结构较稳定。

如 $_{24}\text{Cr}$ 的电子排布:



2. 轨道表示式

(1)轨道表示式中各符号、数字的含义(以基态 Al 原子为例)



(2)书写原子轨道表示式的“五项要求”

①一个方框($\square$)表示一个原子轨道,一个“箭头”表示一个电子,其中, s 轨道为 $\square$, p 轨道为 $\square \square \square$, d 轨道为 $\square \square \square \square$ 。

②不同能级中的方框($\square$)要相互分开,同一能级中的方框($\square$)要相互连接。

③整个原子的轨道表示式中各能级的排列顺序与相应的电子排布式一致。

④当一个方框($\square$)中有 2 个电子时,它们的自旋相反;当同一能级中的不同原子轨道有多个单电子时,电子要分占不同的原子轨道且自旋平行。

⑤根据洪特规则的特例,如基态 $_{24}\text{Cr}$ 原子价层电子

的轨道表示式为 $\begin{array}{|c|c|c|c|c|}\hline \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline\end{array}$ $\begin{array}{|c|}\hline \uparrow \\ \hline\end{array}$ (半充满), 易错写为 $\begin{array}{|c|c|c|c|c|}\hline \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \\ \hline\end{array}$ $\begin{array}{|c|}\hline \uparrow\downarrow \\ \hline\end{array}$ 。

3. 核外电子排布表示方法

原子(离子)结构示意图	含义	将每个能层上的电子总数表示在原子核外的式子
	实例	$\text{Al}:(+13)\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{2}}}\overset{\cdot\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot\cdot}{\text{8}}}\overset{\cdot\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot\cdot}{\text{3}}}\quad \text{S}^{2-}:(+16)\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{2}}}\overset{\cdot\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot\cdot}{\text{8}}}\overset{\cdot\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot\cdot}{\text{8}}}$
电子排布式	含义	用数字在能级符号右上角标明该能级上排布的电子数,并按照能层序数从小到大的顺序排列的式子
	实例	$\text{K}:1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$
简化电子排布式	含义	为了避免电子排布式书写过于烦琐,把内层电子达到稀有气体原子结构的部分以相应稀有气体元素符号外加方括号表示
	实例	$\text{K}:[\text{Ar}]4s^1$
价层电子排布	含义	在化学反应中可能发生电子变动的能级中的电子排布式,主族元素的价层电子排布即最外层电子排布式
	实例	$\text{Al}:3s^2 3p^1$
轨道表示式(电子排布图)	含义	每个方框(或圆圈)代表一个原子轨道,每个箭头代表一个电子
	实例	$\text{Al}:\begin{array}{ccccc} 1s & 2s & 2p & 3s & 3p \\ \boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow\downarrow}\boxed{\uparrow\downarrow}\boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow}\boxed{}\boxed{} \end{array}$
电子式	含义	化学中常在元素符号周围用“·”或“×”来表示元素原子的最外层电子,相应的式子叫电子式
	实例	$\cdot\ddot{\text{P}}\cdot\cdot,\text{K}\cdot\cdot,\cdot\ddot{\text{S}}\cdot\cdot$

[名师小结] 前四周期元素核外电子排布的特殊性

(1)最外层只有 1 个未成对电子的元素

I A 族(ns^1 :H、Li、Na、K);

III A 族($ns^2 np^1$:B、Al、Ga);

VII A 族($ns^2 np^5$:F、Cl、Br);

Cr($3d^5 4s^1$)、Cu($3d^{10} 4s^1$)。

(2)最外层有 2 个未成对电子的元素

IV A 族($ns^2 np^2$:C、Si、Ge);

VI A 族($ns^2 np^4$:O、S、Se)。

(3)最外层有 3 个未成对电子的元素

V A 族($ns^2 np^3$:N、P、As)。

(4)核外电子排布中,未成对电子数最多的元素

Cr($3d^5 4s^1$,共有 6 个未成对电子)。

【典例应用】

例 3 [2025·山东菏泽高二期末] 基态铁原子的价层电子轨道表示式正确的是 ()

↑↓

↑

↑

↑

↑

↑

↑↓

3d

4s

A

↑↓

↑↓

↑

↑

↑

↑

3d

4s

B

↑↑

↑

↑

↑

↑

↑

↑↓

3d

4s

C

↑↓

↑↓

↑↓

↑↓

↑↓

↑↓

3d

4s

D

例 4 下列对电子排布式或轨道表示式书写的评价正确的是 ()

选项	电子排布式或轨道表示式	评价
A	基态 N 原子的轨道表示式: $\begin{array}{ccc} \boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow}\boxed{\uparrow}\boxed{\uparrow} \\ 1s & 2s & 2p \end{array}$	错误;违反洪特规则
B	基态 O 原子的轨道表示式: $\begin{array}{ccc} \boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow\downarrow}\boxed{\uparrow\downarrow}\boxed{} \\ 1s & 2s & 2p \end{array}$	错误;违反泡利不相容原理
C	基态 K 原子的电子排布式: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1$	错误;违反泡利不相容原理
D	基态 C 原子的电子排布式: $1s^2 2s^2 2p_x^2$	错误;违反洪特规则

微课精讲

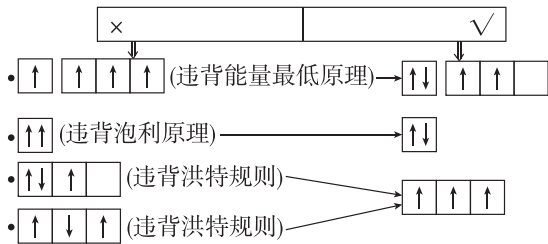
类型一 原子核外电子排布表示方法及书写时的常见错误

1. 原子核外电子排布表示方法

表示方法(以硫原子为例)	书写方法及注意事项
原子结构示意图:	(1)每个电子层最多容纳的电子数为 $2n^2$ 个 (2)最外层电子数不超过 8 个(若最外层为 K 层则不超过 2 个);次外层电子数不超过 18 个(若次外层为 L 层则不超过 8 个);倒数第三层电子数不超过 32 个
电子排布式: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	按电子排入各电子层中各能级的先后顺序,用能级符号依次写出各能级中的电子数,同时注意洪特规则特例
简化电子排布式: $[\text{Ne}]3s^2 3p^4$	用“[稀有气体]+价层电子”的形式表示
价层电子排布: $3s^2 3p^4$	价层电子排布能反映基态原子的能层数和参与成键的电子数以及最外层电子数
轨道表示式: 	用方框表示原子轨道,用“↑”或“↓”表示一种自旋状态的电子,按排入各电子层中各能级的先后顺序和在轨道中的排布情况书写

2. 核外电子排布书写时的常见错误

(1)在写基态原子的轨道表示式时,常出现以下错误:



(2)洪特规则特例

如 $\begin{cases} \text{Cr}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2 (\times) \\ \text{Cr}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1 (\checkmark) \\ \text{Cu}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^2 (\times) \\ \text{Cu}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1 (\checkmark) \end{cases}$

(3)当出现 d 轨道时,虽然电子按 $ns, (n-1)d, np$ 的顺序填充,但在书写电子排布式时,仍把 $(n-1)d$ 放在 ns 前,如 $\text{Fe}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$,而失电子时,却先失 $4s$ 轨道上的电子,如 $\text{Fe}^{3+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$ 。

(4)注意比较原子核外电子排布式、简化电子排布式、价层电子排布的区别与联系。如 Cu 的电子排布式: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$;简化电子排布式: $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^1$;价层电子排布: $3d^{10} 4s^1$ 。

例 1 (1)基态 Ca^{2+} 和 Cl^- 的最外层电子的轨道表示式均为_____。

(2)基态 S 原子价层电子排布是_____。

(3)基态 Fe^{2+} 的 3d 电子轨道表示式为_____。

(4)Se 与 S 同族,基态硒原子的价层电子排布为_____。

(5)基态 O 原子的电子排布式:_____,其中未成对电子有_____个。

例 2 (1)Al 在元素周期表中的位置:_____。基态 Zn 原子的价层电子排布:_____。

(2)Mn 位于元素周期表中第四周期第_____族,基态 Mn 原子核外未成对电子有_____个。

(3)基态 Cu 原子核外电子排布式为_____。

(4)基态 Cl 原子中,电子占据最高能级的电子云轮廓图为_____形。

(5)下列基态原子或离子的价层电子的轨道表示式正确的是_____ (填标号)。

A. Fe^{2+} : B. Cu : C. Fe^{3+} : D. Cu^+ :

类型二 核外电子的空间运动状态和运动状态的
区别

1. 相关概念

- (1)简并轨道:能量相同的原子轨道。
(2)电子对:同一原子轨道中,自旋相反的一对电子,用“↑↓”表示。
(3)单电子:一个原子轨道中若只有一个电子,则该电子称为单电子,用“↑”或“↓”表示,又称未成对电子。
(4)自旋平行:箭头同向的单电子称为自旋平行。
(5)运动状态:原子中一个电子是一种运动状态,有几个电子,则有几种运动状态。
(6)空间运动状态:原子核外的一个原子轨道是一个空间运动状态,占据几个原子轨道,则有几种空间运动状态。

2. 常见问题表述及示例

	基态硫原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
①运动状态等于电子数	S 原子核外有 16 个电子,则有 16 种不同运动状态的电子
②空间运动状态等于轨道数	S 原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$, 占据轨道数为 $1+1+3+1+3=9$, 则有 9 种不同的空间运动状态
③伸展方向看轨道类型	S 原子的 s 轨道为球形, 只有 1 种伸展方向, p 轨道有 3 种伸展方向, 则共有 4 种不同的伸展方向
④不同能量的电子看能级数	S 原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$, 有 5 种不同能量的电子

例 3 [2024·浙江宁波北仑中学高二开学考] Al 原子核外电子的空间运动状态有 ()
A. 5 种 B. 7 种 C. 9 种 D. 13 种

例 4 回答下列问题。

- (1)对于基态 Cr 原子,下列叙述正确的是 (填标号)。
A. 轨道处于半充满时体系总能量低,核外电子排布式应为 $[\text{Ar}]3d^5 4s^1$
B. 4s 电子能量较高,总是在比 3s 电子离核更远的地方运动
(2)原子中运动的电子有两种相反的自旋状态,若一种自旋状态用 $+\frac{1}{2}$ 表示,则与之相反的用 $-\frac{1}{2}$ 表

- 示,称为电子的自旋磁量子数。对于基态的磷原子,其价电子自旋磁量子数的代数和为 _____。
(3)镁元素基态原子核外 M 层电子的自旋 _____ (填“平行”或“相反”)。
(4)基态 S 原子的核外电子占据最高能级的电子云轮廓图为 _____ 形。
(5)铝原子的核外电子云有 _____ 种不同的伸展方向,有 _____ 种不同运动状态的电子。

类型三 未成对电子数目

基态原子的未成对电子数目规律

族序数	I A	II A	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0
未成对电子数	1	0	1	2	3	2	1	0
族序数	III B (Sc)	IV B (Ti)	V B (V)	VI B (Cr)	VII B (Mn)	VIII (Fe, Co, Ni)	I B (Cu)	II B (Zn)
未成对电子数	1	2	3	6	5	4, 3, 2	1	0

- 例 5 下列微粒中,未成对电子数最多的是 ()
A. $\text{O}: 1s^2 2s^2 2p^4$
B. $\text{P}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$
C. $\text{Fe}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$
D. $\text{Mn}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$

例 6 判断原子中未成对电子数目,按要求填空:

- (1)基态 Ti^{3+} 中未成对电子数有 _____ 个;与 Ti 同族且相邻的元素 Zr 的基态原子价层电子排布为 _____;与钛同周期元素的基态原子中,未成对电子数与钛相同的元素有 _____ 种。
(2)血红蛋白中的 Fe^{2+} 处于基态时,其最高能级的单电子数为 _____。
(3)Cr 与 Ni 的基态原子核外未成对电子数之比为 _____。
(4)第四周期中未成对电子数最多的基态原子的价层电子轨道表示式为 _____。
(5)基态 Cu 原子的价层电子轨道表示式为 _____,基态 Cu 原子有 _____ 个未成对电子。
(6)某元素的原子最外层电子排布式为 $ns^n np^{n+2}$, 则 $n =$ _____;原子中能量最高的是 _____ 电子,价层电子轨道表示式为 _____。

第二节 原子结构与元素的性质

第1课时 原子结构与元素周期表

◆ 知识点 原子结构与元素周期表

【自主预习】

1. 元素周期律、元素周期系和元素周期表

(1) 元素周期律

元素的性质随_____递增而呈周期性的变化，这个规律称作元素周期律。

(2) 元素周期系

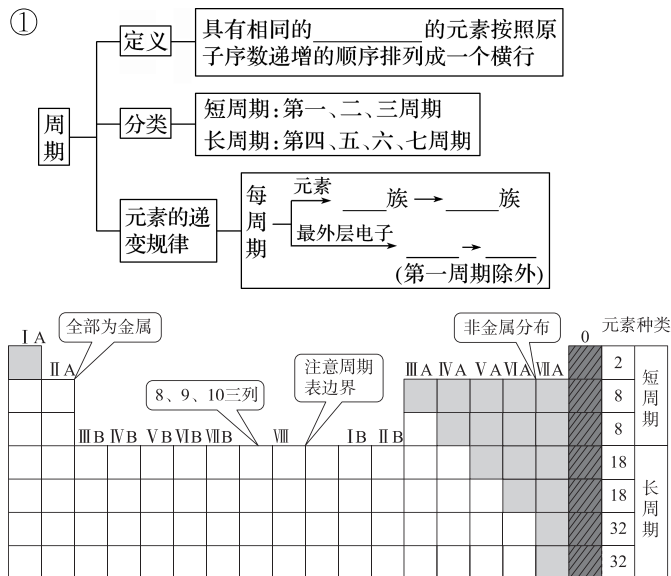
元素按其_____（即_____）递增排列的序列称为元素周期系。

(3) 元素周期表是呈现_____的表格。

_____只有一个，_____多种多样。

2. 构造原理与元素周期表

(1) 周期



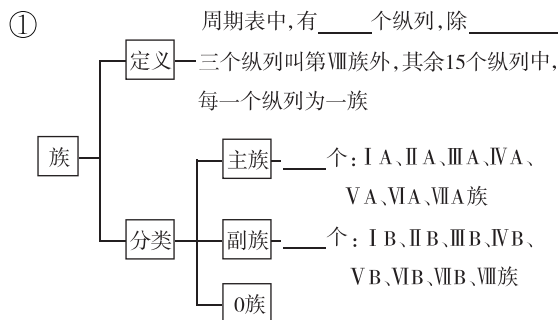
② 元素周期系中每个周期的元素数，第一周期从_____开始，以_____结束，只有两种元素。其余各周期总是从_____能级开始，以_____结束，而从 ns 能级开始以 np 结束递增的_____（或_____）就等于每个周期里的元素数。

周期	一	二	三	四	五
元素数	2	8	8	18	18

周期	六	七
元素数	32	32

③ 从第四周期开始的长周期，比短周期多出的元素全部是_____，这是因为它们的最外层电子数始终不超过 2，为_____（Pd 例外）。而第六、第七周期比第四、第五周期多出 14 种元素的基态原子最外层也只有 2 个 s 电子，所以也是_____。

(2) 族



② 元素周期表中，同族元素_____相同，这是同族元素性质相似的结构基础。例如，元素周期表最左侧第ⅠA 族元素的基态原子最外层都只有一个电子，即_____；元素周期表最右侧稀有气体元素的基态原子，除氦 ($1s^2$) 外，最外层都是 8 电子，即_____。

(3) 分区

① 根据核外电子排布，可把元素周期表划分成 5 个区：s 区、p 区、d 区、ds 区、f 区。除 ds 区外，一般来说，各区的名称来自按构造原理最后填入电子的能级的符号。

② 根据元素的金属性和非金属性，划分为金属元素区（周期表左下方）和非金属元素区（周期表右上方）。

【核心讲解】

1. 核外电子排布与周期的划分

(1) 每一周期元素原子的价层电子排布与元素种类

周期	价层电子排布			各周期增加的能级	元素种类
	第 I A 族	0 族	最外层最多容纳电子数		
一	$1s^1$	$1s^2$	2	1s	2
二	$2s^1$	$2s^2 2p^6$	8	2s、2p	8
三	$3s^1$	$3s^2 3p^6$	8	3s、3p	8
四	$4s^1$	$4s^2 4p^6$	8	4s、3d、4p	18
五	$5s^1$	$5s^2 5p^6$	8	5s、4d、5p	18
六	$6s^1$	$6s^2 6p^6$	8	6s、4f、5d、6p	32
七	$7s^1$	$7s^2 7p^6$	8	7s、5f、6d、7p	32

(2) 核外电子排布与周期划分的关系

- ① 根据构造原理, 将能量相近的能级分为一组, 按能量由低到高可分为 7 个能级组, 同一能级组内, 各能级能量相差较小, 各能级组之间能量相差较大。
- ② 每一个能级组对应一个周期, 且该能级组中最高的能级对应的能层数等于元素的周期序数。
- ③ 能级组容纳的最多电子数等于该周期元素种数。

2. 核外电子排布与族的划分

(1) 主族元素原子的价层电子排布

主族序数	I A	II A	III A	IV A	V A	VI A	VII A
价层电子排布	ns^1	ns^2	$ns^2 np^1$	$ns^2 np^2$	$ns^2 np^3$	$ns^2 np^4$	$ns^2 np^5$

- ① 主族元素的族序数 = 价电子总数 = 最高正价 (O、F 除外)。
- ② 同主族元素原子的价层电子排布相同, 价电子全部排布在 ns 或 ns 和 np 轨道上。
- ③ 稀有气体原子的价层电子排布为 $1s^2$ 或 $ns^2 np^6$ 。
- ④ 过渡元素 (以第四周期为例) 原子的价层电子排布

族序数	价层电子排布
III B	$3d^1 4s^2$
IV B	$3d^2 4s^2$
V B	$3d^3 4s^2$
VI B	$3d^5 4s^1$

(续表)

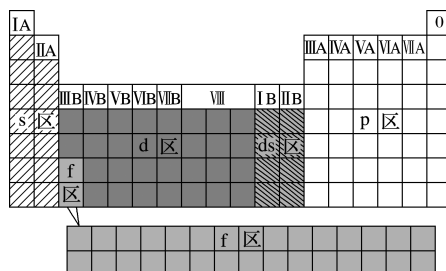
族序数	价层电子排布
VII B	$3d^5 4s^2$
VIII	$3d^{6 \sim 8} 4s^2$
I B	$3d^{10} 4s^1$
II B	$3d^{10} 4s^2$

- ① 第 III B 族 → 第 VII B 族: 族序数 = 价电子数 = 原子最外层 ns 电子数 + 次外层 $(n-1)d$ 电子数 = 最高正价 (镧系、锕系除外)。
- ② 第 VIII 族: 原子最外层 ns 电子数与次外层 $(n-1)d$ 电子数之和分别为 8、9、10。
- ③ 第 I B 族和第 II B 族的族序数 = 原子最外层电子数。

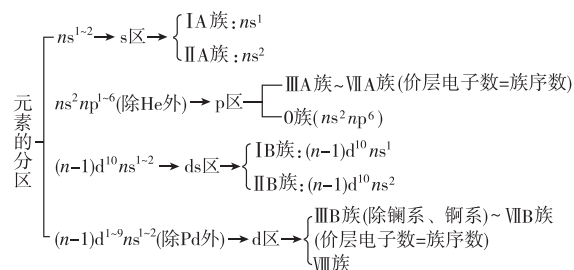
3. 元素周期表的分区

(1) 按电子排布分区

- ① 一般按核外电子排布式中最后填入电子的能级符号可将元素周期表 (第 I B 族、第 II B 族除外) 分为 s、p、d、f 4 个区, 而第 I B 族、第 II B 族这 2 个纵列元素原子的核外电子可理解为先填满 $(n-1)d$ 能级后再填充 ns 能级而得名 ds 区。



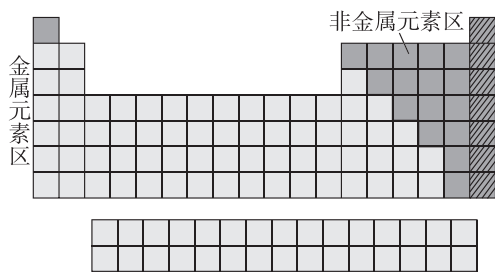
② 元素的分区与核外电子排布:



(2) 按金属元素与非金属元素分区

① 金属、非金属元素在元素周期表中的位置

沿着周期表中硼、硅、砷、碲、砹与铝、镓、铟、铊之间画一条线, 线的左边是金属元素 (氢除外), 线的右边是非金属元素 (稀有气体元素除外)。非金属元素主要集中在元素周期表右上角的三角区内 (如图所示)。



②金属与非金属分界线附近元素的性质特点
在元素周期表中位于金属和非金属分界线附近的元素兼有金属和非金属的性质,位于此处的元素(如硼、硅、锗、砷、锑等)常被称为半金属或类金属(一般可用作半导体材料)。

[方法技巧] 元素周期表结构巧记口诀

横行叫周期,现有一至七,四长三个短,全部已填满。

纵列称为族,共有十六族,一八依次现^①,一零再一遍^②。

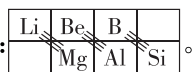
一纵一个族,VIII族搞特殊,三纵算一族,占去8、9、10。

铜系与镧系,蜗居不如意,十五挤着住,都属ⅢB族。
说明:①指IA族、ⅡA族、ⅢB族、ⅣB族、ⅤB族、ⅥB族、ⅦB族、Ⅷ族;

②指I B族、ⅡB族、ⅢA族、ⅣA族、ⅤA族、ⅥA族、ⅦA族、0族。

4. 对角线规则

(1)对角线规则:在元素周期表中,某些主族元素与右下方的主族元素的有些性质是相似的,这种相似性被称为对角线规则。如:



(2)对角线规则示例

锂与镁:锂和钠虽位于同一主族,但与钠的性质相差较远,而锂的化学性质与镁更相似。如:

①锂和镁在 O_2 中燃烧,并不生成过氧化物,都只生成氧化物(Li_2O 、 MgO)。

②锂和镁都能直接与 N_2 反应生成氮化物(Li_3N 、 Mg_3N_2)。

③锂和镁的氢氧化物在加热时都可分解生成氧化物(Li_2O 、 MgO)和 H_2O 。

④锂和镁的碳酸盐均不稳定,受热均能分解生成相应氧化物和 CO_2 。

⑤含锂和镁的某些盐,如碳酸盐、磷酸盐等均难溶于水。

(3)对角线规则是从相关元素及其化合物的许多性质中总结出来的经验规则。

如铍、铝两元素的性质相似性:

	与酸反应	与碱反应
单质	$2Al + 6H^+ \longrightarrow$ $2Al^{3+} + 3H_2 \uparrow$ $Be + 2H^+ \longrightarrow Be^{2+} + H_2 \uparrow$	$2Al + 2OH^- + 6H_2O \longrightarrow$ $2[Al(OH)_4]^- + 3H_2 \uparrow$ $Be + 2OH^- + 2H_2O \longrightarrow$ $[Be(OH)_4]^{2-} + H_2 \uparrow$
氧化物	$Al_2O_3 + 6H^+ \longrightarrow$ $2Al^{3+} + 3H_2O$ $BeO + 2H^+ \longrightarrow$ $Be^{2+} + H_2O$	$Al_2O_3 + 2OH^- + 3H_2O \longrightarrow$ $2[Al(OH)_4]^-$ $BeO + 2OH^- + H_2O \longrightarrow$ $[Be(OH)_4]^{2-}$
氢氧化物	$Al(OH)_3 + 3H^+ \longrightarrow$ $Al^{3+} + 3H_2O$ $Be(OH)_2 + 2H^+ \longrightarrow$ $Be^{2+} + 2H_2O$	$Al(OH)_3 + OH^- \longrightarrow$ $[Al(OH)_4]^-$ $Be(OH)_2 + 2OH^- \longrightarrow$ $[Be(OH)_4]^{2-}$

[易错提醒] 对角线规则是从相关元素及其化合物的许多性质中总结出来的经验规则,不是定理。这种对角线规则是一种经验规则,也就是说从理论上来说它并不是很严谨,所以它在实用方面有一定的局限性,应慎重使用。

【典例应用】

例1 [2025·广东广州培英中学高二期中] 已知某元素基态+3价离子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3$, 该元素在周期表中的位置和区域是 ()

- A. 第三周期第ⅥB族;p区
- B. 第三周期第ⅢB族;d区
- C. 第四周期第ⅥB族;d区
- D. 第四周期第ⅡB族;ds区

例2 下列说法不正确的是 ()

- A. Xe元素所在族的基态原子的最外层电子排布式均为 $ns^2 np^6$
- B. 在元素周期表中,s区、d区和ds区的元素都是金属元素(氢元素除外)
- C. 基态Ag原子的价层电子排布为 $4d^{10} 5s^1$,由此可判断Ag在第五周期第ⅠB族,处于ds区
- D. 某元素基态原子的价层电子排布为 $4f^7 5d^1 6s^2$,该元素位于第六周期第ⅢB族

第2课时 元素周期律

◆ 知识点一 原子半径

【自主预习】

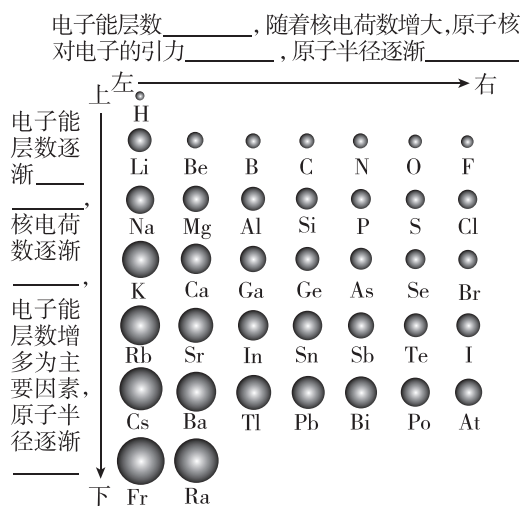
1. 影响因素

(1) 电子的能层数: 电子的能层越多, 电子之间的排斥作用将使原子的半径_____。

(2) 核电荷数: 核电荷数越大, 原子核对电子的吸引作用也越大, 将使原子的半径_____。

(3) 核外电子数: 电子层数和核电荷数都相同时, 核外电子数越多, 将使粒子的半径_____。

2. 变化规律



除 Li 外, 第三周期主族元素原子半径大于第二周期主族元素原子半径 [$r(\text{Mg}) > r(\text{Li}) > r(\text{Al})$]。

【核心讲解】

比较粒子半径大小的方法

(1) 快速判断简单粒子半径大小的方法

“一看”电子层数: 最外层电子数相同(同族)时, 电子层数越多, 半径越大。

“二看”核电荷数: 当电子层数相同时, 核电荷数越大, 半径越小。

“三看”核外电子数: 当电子层数和核电荷数均相同时, 核外电子数越多, 半径越大。

(2) 离子半径的大小比较

① 电子层结构相同的离子, 核电荷数越大, 半径越小, 例如, $r(\text{O}^{2-}) > r(\text{F}^-) > r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Al}^{3+})$ 。

② 同主族带相同电荷的离子, 电子层数越多, 半径越大, 例如, $r(\text{Li}^+) < r(\text{Na}^+) < r(\text{K}^+) < r(\text{Rb}^+) < r(\text{Cs}^+)$, $r(\text{O}^{2-}) < r(\text{S}^{2-}) < r(\text{Se}^{2-}) < r(\text{Te}^{2-})$ 。

③ 同种元素的离子半径: 阴离子半径大于原子半径, 原子半径大于阳离子半径, 低价阳离子半径大于高价阳离子半径, 例如, $r(\text{Cl}^-) > r(\text{Cl})$, $r(\text{Fe}) > r(\text{Fe}^{2+}) > r(\text{Fe}^{3+})$ 。

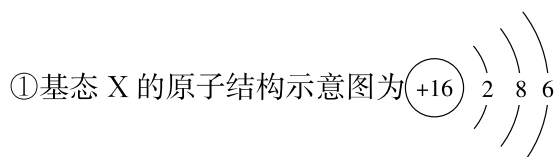
④ 核电荷数、电子层数均不相同的离子可选一种离子作参照进行比较, 例如, 比较 $r(\text{K}^+)$ 与 $r(\text{Mg}^{2+})$ 可选 $r(\text{Na}^+)$ 为参照, $r(\text{K}^+) > r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{2+})$ 。

【典例应用】

例 1 下列有关粒子半径的变化规律, 不正确的是 ()

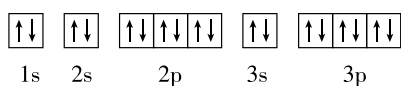
- A. 当电子层数相同时, 核电荷数越大, 原子半径越大
- B. 当最外层电子数相同时, 质子数越多, 主族元素的原子半径越大
- C. $r(\text{K}^+) > r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Al}^{3+})$
- D. $r(\text{O}^{2-}) < r(\text{S}^{2-}) < r(\text{Se}^{2-}) < r(\text{Te}^{2-})$

例 2 下列四种粒子中, 半径按由大到小排列顺序正确的是 ()



② 基态 Y 的价层电子排布为 $3s^2 3p^5$

③ 基态 Z^{2-} 的轨道表示式为



④ 基态 W 有 2 个电子层, 其电子式为: $\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot$

- A. ① > ② > ③ > ④
- B. ③ > ④ > ① > ②
- C. ③ > ① > ② > ④
- D. ① > ② > ④ > ③

◆ 知识点二 电离能

【自主预习】

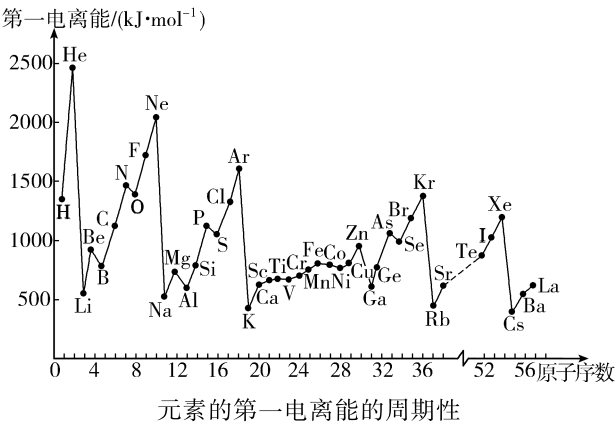
1. 第一电离能的概念

_____ 基态原子失去 _____ 电子转化为气态基态正离子所需要的 _____ 叫作第一电离能。元素第一电离能符号：_____。



基态原子 基态正离子

2. 第一电离能递变规律



(1) 每个周期的第一种元素(氢和碱金属)的第一电离能 _____, 最后一种元素(稀有气体)的第一电离能 _____, 即一般来说, 同一周期, 随着核电荷数的递增, 元素的第一电离能呈 _____ 趋势。第ⅢA族如B和Al的第一电离能较小的原因: 失去的是 np 能级上的电子, 该能级电子的能量比同周期第ⅡA族Be和Mg失去的 ns 能级电子的能量 _____。

第ⅥA族如O、S的第一电离能较小的原因: 第ⅤA族的N和P的电子排布是 _____ 状态, 比较稳定, 电离能 _____。

(2) 同一主族元素, 从上到下第一电离能逐渐 _____。

3. 电离能的意义

衡量元素的原子失去电子的难易程度。第一电离能越 _____, 原子越易失去一个电子。

【核心讲解】

1. 元素原子第一电离能的变化规律

电离能的数值大小主要取决于原子的核电荷数、原子半径以及原子的核外电子排布。

同周期元素	规律	同周期元素从左到右, 第一电离能整体呈增大趋势。每个周期的第一种元素(氢和碱金属)的第一电离能最小, 最后一种元素(稀有气体)的第一电离能最大
	原因	同周期元素原子的电子层数相同, 但随着核电荷数增大, 原子核对外层电子的吸引作用增强, 失去电子的能力逐渐减弱, 所以元素的第一电离能整体呈增大趋势
同主族元素	规律	同主族元素自上而下, 第一电离能逐渐减小
	原因	同主族元素原子的价层电子数相同, 但自上而下, 原子半径逐渐增大, 原子核对外层电子的吸引作用逐渐减弱, 失去电子的能力逐渐增强, 所以元素的第一电离能逐渐减小
过渡元素	规律	过渡元素的第一电离能的变化不太规则, 同周期过渡元素中随着元素原子核电荷数的增加, 第一电离能略有增加
	原因	对过渡元素原子来说, 增加的电子大部分排在 $(n-1)d$ 或 $(n-2)f$ 轨道上, 原子核对外层电子的吸引作用变化不是太大

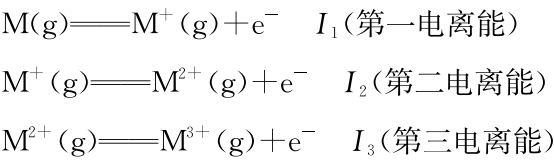
[易错提醒] (1) 第一电离能的变化与元素原子的核外电子排布有关。通常情况下, 当原子核外电子排布在能量相等的轨道上形成全空(p^0 、 d^0 、 f^0)、半充满(p^3 、 d^5 、 f^7)或全充满(p^6 、 d^{10} 、 f^{14})结构时, 原子的能量较低, 该元素具有较大的第一电离能。

- ① 稀有气体元素的第一电离能在同周期中最大。
- ② 同周期从左到右, 元素的第一电离能呈增大趋势, 但第ⅡA族的Be、Mg的第一电离能较同周期第ⅢA族的B、Al的第一电离能要大, 这是由于第ⅢA族元素原子失去 np 能级电子的能量比左边Be、Mg失去的 ns 能级电子的高, 易失去, 第ⅤA族的N、P、As的第一电离能分别较同周期第ⅥA族的O、S、Se的第一电离能要大, 这是由于第ⅤA族元素原子的最外层电子排布式为 ns^2np^3 , p 轨道为半充满状态, 比第ⅥA族的 ns^2np^4 状态稳定。

(2)金属活动性顺序与元素的第一电离能大小顺序不完全一致,故不能根据金属活动性顺序判断元素第一电离能的大小,如金属活动性 $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Al}$, 但第一电离能: $\text{Mg} > \text{Al} > \text{Na}$ 。

2. 逐级电离能

(1)含义:气态基态一价正离子再失去一个电子成为气态基态二价正离子所需的最低能量叫作第二电离能,第三电离能和第四、第五电离能以此类推。可以表示为



(2)变化规律

- ①同一元素的逐级电离能是逐渐增大的,即 $I_1 < I_2 < I_3 < \dots$ 这是由于原子失去一个电子变成+1价阳离子后,半径变小,核电荷数未变而电子数目变少,原子核对外层电子的吸引作用增强,因而失去第二个电子比失去第一个电子更难,需要的能量更多。
- ②原子的逐级电离能逐渐增大并且会发生突变即突然增大多倍,这是由于电子是分层排布的。如Na原子的 I_1 、 I_2 、 I_3 分别是 496、4562、6912(单位: $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,下同),在 I_1 和 I_2 之间发生突变;Mg原子的 I_1 、 I_2 、 I_3 分别是 738、1451、7733,在 I_2 和 I_3 之间发生突变,说明在化学反应中Na易失去1个电子,Mg易失去2个电子。

3. 电离能的应用

判断元素的金属性和非金属性强弱	一般来说, I_1 越大,元素的非金属性越强; I_1 越小,元素的金属性越强。注意第ⅡA族及第ⅤA族的反常现象
判断原子核外电子的分层排布情况	如Li: $I_1 \ll I_2 < I_3$ 表明Li原子核外的三个电子排布在两个能层(K、L)上,且最外层上只有一个电子
判断元素在化合物中的化合价	如K: $I_1 \ll I_2 < I_3$ 表明K原子易失去1个电子形成+1价阳离子

【典例应用】

例3 下列说法中错误的是 ()

- A. 第二电离能是气态基态+1价阳离子失去一个电子所需要的最小能量
- B. 硫的第一电离能比磷的第一电离能小
- C. 在所有元素中,氟的第一电离能最大
- D. 某元素的第一电离能越小,表示在气态时该元素的基态原子越容易失去电子

例4 下表列出了某短周期元素R的各级电离能数据(用 I_1 、 I_2 ……表示,单位为 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$)。下列关于元素R的判断一定正确的是 ()

I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	……
740	1500	7700	10 500	13 600	……

- ①R的最高正价为+3价
 - ②R元素位于元素周期表中第ⅡA族
 - ③R元素第一电离能大于同周期相邻元素
 - ④R元素的原子最外层共有4个电子
 - ⑤R元素基态原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2$
- A. ①③ B. ②③ C. ②③④ D. ②③⑤

◆ 知识点三 电负性

【自主预习】

1. 键合电子和电负性的含义

(1)键合电子的含义
元素相互化合时,原子中用于形成_____的电子。

(2)电负性的含义
用来描述不同元素的原子对_____吸引力的大小。电负性越大的原子,对键合电子的吸引力_____。

2. 衡量标准

以氟的电负性为_____和锂的电负性为_____作为相对标准,得出各元素的电负性(稀有气体未计)。

3. 递变规律

- (1)一般来说,同一周期元素,从左到右,元素的电负性逐渐_____。
- (2)同一主族元素,从上到下,元素的电负性逐渐_____。