

1.1.3 电子云与原子轨道 能量最低原理、泡利原理和洪特规则

一、学习目标

1. 了解原子核外电子的运动状态。 2. 了解电子云和原子轨道的含义。
3. 知道原子核外电子的排布遵循能量最低原理。 4. 掌握基态原子核外电子排布的三原则。

二、学习重难点

掌握基态原子核外电子排布的三原则。

三、导学流程

（一）基础感悟

【任务一】电子云与原子轨道

1、电子云：电子云是处于一定_____的电子在原子核外空间的概率密度分布的形象化描述。不代表电子的运动轨迹。小点越密，表明概率密度越大_____。

2、原子轨道

- （1）含义：量子力学把电子在原子核外的_____称为一个原子轨道。
（2）表示：常用电子云轮廓图的形状和取向来表示原子轨道的形状和取向。各能级的一个伸展方向的电子云轮廓图即表示一个原子轨道。
（3）s 能级的原子轨道(_____形)：①所有原子的任一能层的 s 能级只有_____个原子轨道, 形状一致，均为球形。②除 s 能级，其他原子轨道形状都不是球形。③能层序数 n 越____，s 原子轨道半径越_____。
（4）p 能级的原子轨道(_____形或纺锤形)：①能层序数 n 越____，p 原子轨道半径越_____。
②p 能级有_____个原子轨道，分别为 p_x 、 p_y 、 p_z ，它们相互垂直。同一能层 p_x 、 p_y 、 p_z 能量____，取向_____。同一能级中能量_____的原子轨道称为简并轨道。所以 p 能级有 3 个简并轨道 p_x 、 p_y 、 p_z 。

【总结】不同能层的能级、原子轨道数、原子轨道名称以及形状和取向

能层	能级	原子轨道数	原子轨道名称	原子轨道形状和取向
K				
L				
M				
N				

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。

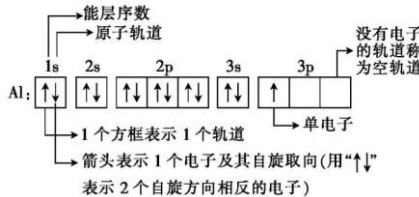
（二）未知探究：

【任务二】探究核外电子的排布规则

1. 泡利原理

(1) 自旋：电子自旋在空间有顺时针和逆时针两种取向，常用_____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_____。



2. 电子排布的轨道表示式(电子排布图)

- (1) 在轨道表示式中, 用方框(或圆圈)表示_____, 能量相同的原子轨道(简并轨道)的方框相连, 箭头表示一种自旋状态的电子, “↑↓”称_____, “↑”或“↓”称单电子(或称未成对电子)。
- (2) 表示方法: 以基态铝原子为例, 轨道表示式中各符号、数字的意义为:

3. 洪特规则

(1) 洪特规则内容

基态原子中, 填入简并轨道的电子总是先__, 且自旋_____。

如: $2p^3$ 的轨道表示式为_____, 不能表示为_____或_____。

(2) 洪特规则特例

当能量相同的原子轨道在全充满(p^6 、 d^{10} 、 f^{14})、半充满(p^3 、 d^5 、 f^7)和全空(p^0 、 d^0 、 f^0)状态时, 体系的能量最低, 如: $_{24}\text{Cr}$ 的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ 或 $[\text{Ar}] 3d^5 4s^1$ 。

4. 能量最低原理


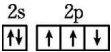
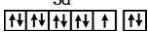
在构建_____时, 电子尽可能地占据_____, 使整个原子的能量_____。


【小结】原子结构的表示方法

基态原子核外电子排布的表示方法

表示方法	以硫(S)为例
原子结构示意图	
电子式	
电子排布式	
简化电子排布式	
价电子排布式	
电子排布图	
价电子排布图	

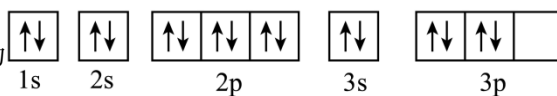
(三) 当堂检测

- 1: 在 $2p$ 能级上最多能容纳 6 个电子, 其依据的规律是()。
- A. 能量最低原理 B. 泡利原理 C. 洪特规则 D. 能量最低原理和泡利原理
2. 下列有关电子云和原子轨道的说法正确的是()。
- A. s 、 p 、 d 能级所含原子轨道数分别为 1、3、5
- 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, 随着能层的增加, p 能级原子轨道数也增多
- D. 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
2. 下列化学用语的表达正确的是()。
- A. 锰原子的价层电子排布是 $3d^5 4s^2$
- B. 氯原子的结构示意图: 
- C. 氮原子的最外层电子的轨道表示式: 
- D. 基态铜原子的价层电子的轨道表示式: 
3. 下列有关电子排布式或轨道表示式的结论错误的是()。

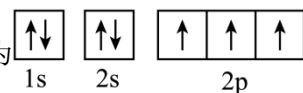
选项	电子排布式或轨道表示式	结论
A	$1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^0 2p_z^0$	违背洪特规则
B	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2$	书写正确
C		违背泡利原理

D. 处于激发态时其原子的电子排布式可能为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^2$

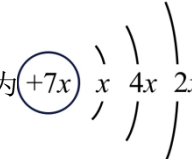
10. 下列各项叙述错误的是 ()

A. 如果硫原子的轨道表示式为 , 则违反了泡利不相容原理

B. 如果 25 号 Mn 元素的基态原子电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7$, 则违反了能量最低原理

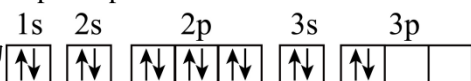
C. 氮原子的轨道表示式为 , 符合洪特规则和泡利不相容原理

D. 泡利不相容原理、洪特规则、能量最低原理是基态原子的核外电子排布的原则

11. 已知某原子结构示意图为 , 下列有关说法正确的是 ()

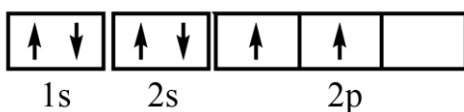
A. 结构示意图中 $x=4$

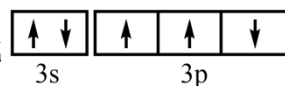
B. 该原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

C. 该原子基态的电子排布图为 

D. 该原子结构中共有 5 个能级上填充有电子

12. 下列微粒的核外电子的表示方法中正确的是 ()

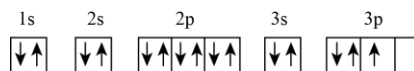
A. 碳原子轨道表示式 

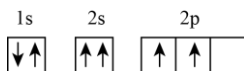
B. P 原子价电子轨道表示式 

C. Cr 原子的价电子排布式 $3d^4 4s^2$ D. Fe^{2+} 价电子排布式 $3d^4 4s^2$

13. 下列原子或离子的电子排布式或排布图正确的是_____ (填序号, 下同), 违反能量最低原理的是_____, 违反洪特规则的是_____, 违反泡利原理的是_____。

① Ca^{2+} : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ② F^- : $1s^2 2s^2 3p^6$

③ P:  ④ Cr: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$

⑤ Fe: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ ⑥ Mg^{2+} : $1s^2 2s^2 2p^6$ ⑦ C: 

14. A、B、C、D、E 代表 5 种元素。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, 其元素符号为_____

(2) B 元素的 -1 价离子和 C 元素的 +1 价离子的核外电子排布情况均与氩原子相同, 则 B 元素的 -1 价离子的结构示意图为_____, C 元素原子有_____个能层, _____个能级, _____个非空原子轨道

(3) D 元素的 +3 价离子的 3d 能级为半充满状态, D 的元素符号为_____, 其基态原子的核外电子排布式为_____

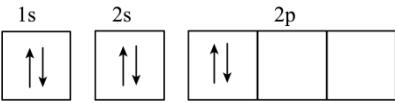
(4) E 元素基态原子的 M 层全充满, N 层只有一个电子, E 的元素符号为_____, 其基态原子的简化电子排布式为_____

14. 现有六种元素, 其中 A、B、C、D 为短周期主族元素 E、F 为第四周期元素, 它们的原子序数依次增大。

A 元素原子的核外 p 电子数比 s 电子数少 3
B 元素形成的物质种类繁多, 其形成的一种固体单质工业上常用作切割工具
C 元素基态原子 p 轨道有 3 个未成对电子
D 原子核外所有 p 轨道全充满或半充满
E 在该周期中未成对电子数最多
F 能形成红色(或砖红色)的 F_2O 和黑色的 FO 两种氧化物

某同学根据上述信息, 完成下列各题。

(1)画出 A 基态原子的核外电子轨道表示式: _____。

(2)B 基态原子的核外电子轨道表示式为  , 该同学所画的轨道表示式违背了_____。

(3)D 基态原子中能量最高的电子, 其电子云在空间有_____个伸展方向, 呈形_____形。

(4)写出 C 原子的电子排布式: _____; 写出 E 原子的简化电子排布式: _____。

(5)写出 F 元素原子的价层电子排布式: _____。

16. 已知 X、Y 和 Z 三种元素的原子序数之和等于 42。X 元素原子的 4p 轨道上有 3 个未成对电子。Y 元素原子的最外层 2p 轨道上有 2 个未成对电子, X 跟 Y 可形成化合物 X_2Y_3 。Z 元素可以形成负一价离子。请回答下列问题:

(1)X 元素基态原子的电子排布式为_____, 该元素的符号是_____。

(2)Y 元素原子的价层电子排布图为_____, 该元素的名称是_____。

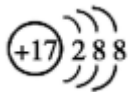
(3)已知化合物 X_2Y_3 在稀硫酸中可被金属锌还原为 XZ_3 , 产物还有 $ZnSO_4$ 和 H_2O , 该反应的化学方程式是_____。

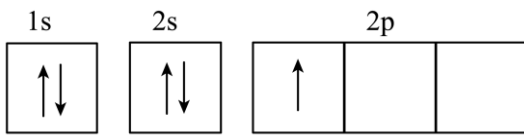
17. 下列说法错误的是 ()

A. ns 电子的能量不一定高于(n-1)p 电子的能量 B. 6C 的电子排布式 $1s^2 2s^2 2p_x^2$ 违反了洪特规则

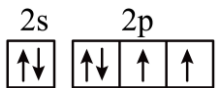
C. 电子排布式 $({}_{21}Sc)1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3$ 违反了能量最低原则

D. 电子排布式 $({}_{22}Ti)1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^{10}$ 违反了泡利原理

1-8BAACDCB 9-12DADA 13 ①⑤⑥ ② ③④ ⑦ 14 N  4 6 10 Fe

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ Cu $[Ar]3d^{10} 4s^1$ 15  洪特规则

3 哑铃 $1s^2 2s^2 2p^3$ $[Ar]3d^5 4s^1$ $3d^{10} 4s^1$ 16 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$ As

 氧 $As_2O_3 + 6Zn + 6H_2SO_4 = 2AsH_3 \uparrow + 6ZnSO_4 + 3H_2O$ 17A