



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30⁺年专注教育行业

全品学练考

主编 肖德好

导学案

高中化学4

选择性必修2 RJ

北京
专版

数智教辅

索取二维码
贴此处
激活享受服务

— 全品AI学伴 —
7×24小时有问必答
高效预复习，吃透每一课

天津出版传媒集团
天津人民出版社

CONTENTS

目录 | 导学案

01 第一章 原子结构与性质

PART ONE

第一节 原子结构	085
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	085
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	090
拓展微课 1 核外电子排布	095
第二节 原子结构与元素的性质	098
第 1 课时 原子结构与元素周期表	098
第 2 课时 元素周期律	102
拓展微课 2 电负性与电离能的考查	108
④ 本章素养提升	110

02 第二章 分子结构与性质

PART TWO

第一节 共价键	112
第 1 课时 共价键	112
第 2 课时 键参数——键能、键长与键角	117
第二节 分子的空间结构	120
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	120
第 2 课时 杂化轨道理论简介	124
拓展微课 3 原子的杂化类型与粒子的空间结构	128
拓展微课 4 分子中共价键的键角大小比较	129

第三节 分子结构与物质的性质 130

 第 1 课时 共价键的极性 130

 第 2 课时 分子间的作用力 134

 第 3 课时 分子的手性 139

❶ 本章素养提升 141

03

第三章 晶体结构与性质

PART THREE

第一节 物质的聚集状态与晶体的常识 144

第二节 分子晶体与共价晶体 149

 第 1 课时 分子晶体 150

 第 2 课时 共价晶体 155

第三节 金属晶体与离子晶体 159

 第 1 课时 金属键与金属晶体 160

 第 2 课时 离子晶体 过渡晶体与混合型晶体 163

拓展微课 5 有关晶胞的常见计算 166

第四节 配合物与超分子 168

拓展微课 6 配合物、配位键和配位数 173

❶ 本章素养提升 174

◆ 参考答案 179



第一节 原子结构

学习目标	素养目标
1. 知道电子运动的能量状态具有量子化的特征，能从电子跃迁角度初步解释原子光谱的形成，进一步强化“结构决定性质”的观念。 2. 了解原子核外电子排布的构造原理，能写出 1~36 号元素基态原子的电子排布式，进一步增强证据推理意识。 3. 知道电子的运动状态可通过原子轨道和电子云模型来描述，能说明微观粒子运动状态与宏观物体运动特点的差异，建立对原子结构的模型认知。 4. 认识基态原子中核外电子的排布遵循能量最低原理、泡利原理和洪特规则，能写出 1~36 号元素基态原子的轨道表示式，初步学会运用模型解决实际问题	[宏观辨识与微观探析] 通过认识原子结构及核外电子运动的形象化表达，辨识微观粒子的运动状态不同于宏观物体的运动状态。 [证据推理与模型认知] 结合原子结构模型的演变过程和原子核外电子排布规律及核外电子排布的原则，建立观点、结论和证据之间的逻辑关系。 [科学探究与创新意识] 体会在对物质微观结构的科学探究中经历基于实验证据建立、优化甚至是重构模型的过程，既需要严谨的科学推理，又需要大胆的科学猜想

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

新课探究 知识导学 素养初识

学习任务一 能层与能级

【课前自主预习】

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，又可分为不同能级。

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

[问题思考]

(1)能层和能级的关系与生活中的大楼结构中的什么相似?

(2)以s能级为例,不同能层的s能级间的能量有何关系?同一能层不同能级间的能量有何关系?

(3)一个能层的能级数与能层序数(n)间存在什么关系?一个能层最多可容纳的电子数与能层序数(n)间存在什么关系?

【核心知识讲解】

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。

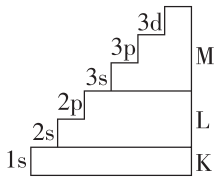
(2)能层就是电子层,各能层具有的能级数等于能层序数。如K层只有1s能级,L层有2s、2p两个能级,M层有3s、3p、3d三个能级。

(3)每一能层中最多容纳的电子数为 $2n^2$ (n 代表能层序数)。

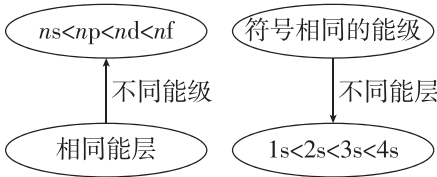
(4)不同能层中符号相同的能级所容纳的最多电子数相同。

2. 能层中各能级之间能量高低关系

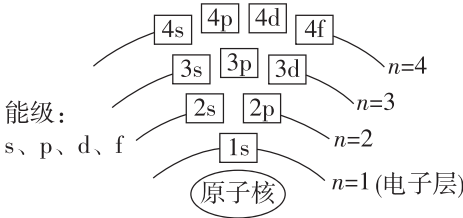
(1)能层与能级的关系类似楼层与阶梯之间的关系(如图所示),在每一个能层中,能级符号顺序是 ns 、 np 、 nd 、 nf ……



(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(<i>n</i>)	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	...	...	...	...
	2	8		18			32				50		72	98	每一能层最多可容纳的电子数是 $2n^2$
离核远近	→ 由近到远														
不同能 层能量	→ 逐渐升高														

【知识迁移应用】

例 1 下列有关原子结构的说法不正确的是

()

- A. 第五能层有 5 个能级,最多能容纳 50 个电子
- B. 同一原子中,不同能层均含有的能级是 s 能级
- C. 不同原子中,3d 能级实际容纳的电子数一定为 10 个
- D. 能层和能级的划分,均以电子的能量高低为依据

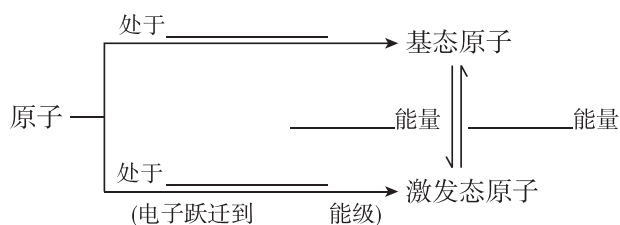
例 2 下列叙述不符合原子核外电子排布基本规律的是 ()

- A. K 层是能量最低的电子层
- B. 原子达到稳定结构时,最外层电子数为 8(K 层为最外层时,电子数为 2)
- C. N 电子层为次外层时,最多能容纳的电子数为 18
- D. 核外电子总是优先从原子最外电子层排起

◆ 学习任务二 基态与激发态 原子光谱

【课前自主预习】

1. 基态原子与激发态原子

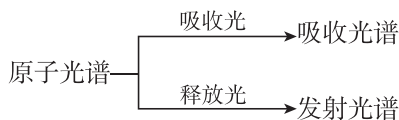


2. 电子跃迁的能量变化与可见光

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。



发射光谱为暗色背景的明亮谱线,吸收光谱为明亮背景的暗色谱线。

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。

【问题思考】

(1)我们经常燃放焰火来庆祝节日,焰火产生的原因是什么?

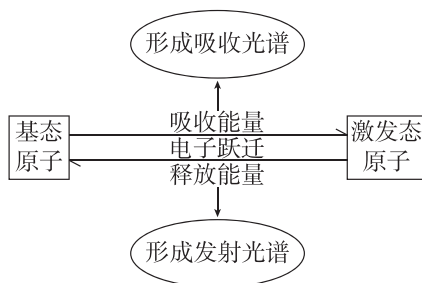
(2)原子光谱是怎么产生的,有什么应用?

(3)钠在空气中燃烧时发出黄色火焰,是因为钠被氧气氧化失去电子吗? 金属的焰色试验是物理变化,还是化学变化?

(4)电子跃迁和电子得失一样吗?

【核心知识讲解】

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。

4. 电子跃迁的一般规律

(1)一般在能量相近的能级间发生电子跃迁,但并不意味着能量差距大的能级之间不能发生电子跃迁。

(2)激发态原子不稳定,易释放能量变为基态原子。

【知识迁移应用】

例 3 下列关于同一种原子的基态和激发态的说法中正确的是 ()

- A. 基态时的能量比激发态时高
- B. 激发态时比较稳定
- C. 由基态转化为激发态过程中吸收能量
- D. 电子仅在由激发态跃迁到基态时才会产生原子光谱

例 4 下列说法正确的是 ()

- A. 同一原子中,能层越高,电子能量越高
- B. 原子光谱是由基态原子吸收能量到激发态时,电子跃迁产生的
- C. 能级的字母代号是 K、L、M、N、O 等
- D. 英国科学家道尔顿提出能层与能级理论,成功诠释了复杂的原子光谱

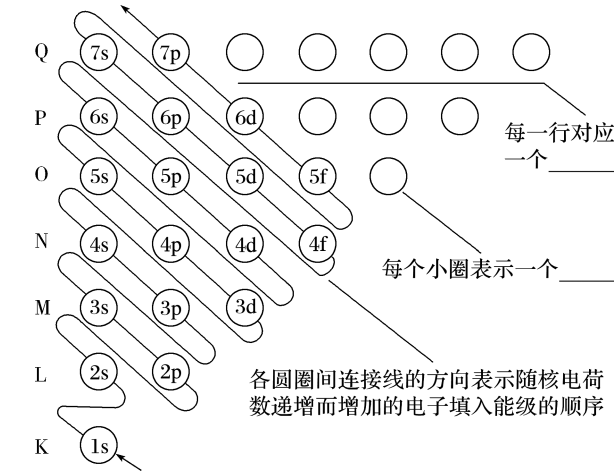
◆ 学习任务三 构造原理与电子排布式

【课前自主预习】

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:

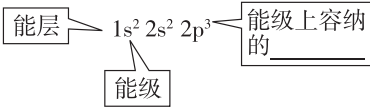


2. 电子排布式

(1)含义:将各能级上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



[问题思考]

(1)为什么 K 原子的原子结构示意图不是 $(+19) \begin{smallmatrix} \curvearrowright \\ \curvearrowright \\ \curvearrowright \\ \curvearrowright \end{smallmatrix} 289$, 而是 $(+19) \begin{smallmatrix} \curvearrowright \\ \curvearrowright \\ \curvearrowright \\ \curvearrowright \end{smallmatrix} 2881$?

(2)从元素周期表给出的信息可知,基态 Cr 原子和基态 Cu 原子的电子排布式分别为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ 和 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$, 这样的电子排布符合构造原理吗? 是根据什么确定其电子排布的?

【核心知识讲解】

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。

【注意】基态铬、铜原子的核外电子排布不符合构造原理。

2. 电子排布式的书写

(1) 书写方法

先按构造原理中能级顺序填充电子 $\rightarrow$ 再将同一能层的能级按 s、p、d、f……顺序排列

如基态 $_{22}\text{Ti}$: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): $1s$ 、 $2s$ 、 $2p$ 、 $3s$ 、 $3p$ 、 $4s$ 、 $3d$ 、 $4p$ 、 $5s$ ……

书写顺序: $1s$ 、 $2s$ 、 $2p$ 、 $3s$ 、 $3p$ 、 $3d$ 、 $4s$ 、 $4p$ 、 $4d$ 、 $4f$ 、 $5s$ ……

如基态 Fe 的电子排布式是 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ 。

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;基态氢原子不存在 $1s^1 2s^1$ 的状态,但氢原子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原子结构的部分,以相应稀有气体元素符号外加方括号来表示。如基态 Na 的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$,其中第一、二能层与基态 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。如基态 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,如基态 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。

【知识迁移应用】

例 5 下列粒子基态时电子排布式错误的是

()

- A. $\text{Ne}: 1s^2 2s^2 2p^6$
- B. $\text{S}^{2-}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- C. $\text{Ca}^{2+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- D. $\text{F}: 1s^2 2s^1 2p^6$

例 6 下列说法中正确的是

()

- A. 某基态原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$,则该元素原子核外有 4 个能级填有电子
- B. 原子核电荷数为 33,其基态原子的简化电子排布式为 $[\text{Ar}]4s^2 4p^3$
- C. 根据构造原理可知同一原子的各能级能量高低为 $4f > 4d > 3d > 3p$
- D. Fe^{2+} 与 Cr 原子的核外电子数相同,因此基态时电子排布式相同

课堂评价

知识巩固 素养形成

1. 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

(1)能层就是电子层 ()

(2)高能层的所有能级的能量都比低能层能级的能量高 ()

(3)基态 Mg 的简化电子排布式为 $[\text{Ne}]3s^2$ ()

(4)原子核外每一能层最多可容纳 n^2 个电子 ()

(5)3d 能级最多容纳 5 个电子 ()

(6)任一能层的 s 能级最多容纳的电子数均为 2 ()

(7)同一原子中,2p、3p、4p 电子的能量逐渐升高 ()

(8)基态 Ni 原子价层电子排布为 $3d^84s^2$ ()

2. 下列说法中不正确的是 ()

- A. 处于最低能量状态的原子叫作基态原子
- B. $3p^2$ 表示 3p 能级有两个电子
- C. 基态 K^+ 的电子排布式为 $1s^22s^22p^63s^23p^6$
- D. 同一原子中,2p、3p、4p 能级最多可容纳电子数依次增多

3. 某元素基态原子的最外层电子排布式是 $4s^24p^5$,该元素不可能具有的性质是 ()

- A. 单质能与水发生反应
- B. 最高化合价呈+7 价
- C. 最高价氧化物对应的水化物显酸性
- D. 气态氢化物的热稳定性比 HCl 强

4. 激发态原子和基态原子可以通过电子跃迁的方式相互转换,跃迁过程中可得到光谱。下列说法错误的是 ()

A. 霓虹灯能发出五颜六色的光,发光机理与氢原子光谱形成机理基本相同

B. 利用光谱仪只能测得原子的发射光谱

C. 焰色试验中发生的是物理变化

D. 原子光谱可以用于定性鉴定元素

5. 按要求填空。

(1)基态 Si 原子中,电子占据的最高能层符号为 _____,该能层电子数为 _____。

(2)基态 Ni^{2+} 的价层电子排布为 _____。

(3)基态 Cu 原子的核外电子排布式为 _____。

(4)Br 的原子序数为 _____,其基态原子核外 M 层电子的排布式为 _____。

6. 有几种元素的粒子,基态时其原子核外电子排布式均为 $1s^22s^22p^63s^23p^6$,其中:

(1)某电中性粒子一般不和其他元素的原子反应,这种粒子的符号是 _____。

(2)某粒子的盐溶液能使溴水褪色,并出现浑浊,这种粒子的符号是 _____。

(3)某粒子的氧化性很弱,但得到电子后还原性很强,且这种粒子的原子基态时有一个单电子,这种粒子的符号是 _____。

(4)某粒子的还原性虽弱,但失去电子后氧化性强,且这种粒子的原子得到一个电子即达稳定结构,这种粒子的符号是 _____。

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

新课探究

知识导学 素养初识

◆ 学习任务一 电子云与原子轨道

【课前自主预习】

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。

(2)电子云

①电子运动的特点

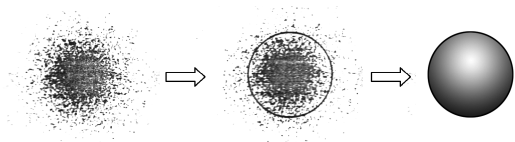
电子质量小,运动速度快,无规则,故无法确定核外电子在某个时刻处于原子核外空间的何处。只能确定它在原子核外空间各处出现的 _____。

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

目的:表示_____的形状,
对核外电子的_____有一个形象
化的简便描述。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	<i>ns</i>	<i>np</i>	<i>nd</i>	<i>nf</i>
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	—
L	2s	1	2s	球形	—
	2p	3	2p _x 、2p _y 、2p _z	哑铃形	相互垂直
M	3s	1	3s	球形	—
	3p	3	3p _x 、3p _y 、3p _z	哑铃形	相互垂直
	3d	5			
N					

[问题思考]

- (1)电子云图中的独立小点是否有意义? 电子
云图中的小点的含义是什么?

(2)电子在原子核外出现的概率有什么规律?

(3)不同能层中的 s 电子和 p 电子的电子云轮廓
图分别相同吗? 能量分别相同吗?

【核心知识讲解】

1. 正确认识电子云

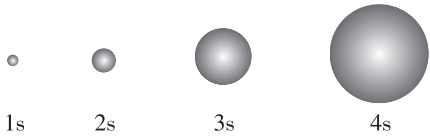
- (1)电子云表示电子在原子核外空间某处出现
的概率,不代表电子的运动轨迹。电子云中的
小点是电子在原子核外出现的概率密度的形象
化描述,小点越密,表明概率密度越大。常把电
子在原子核外空间出现的概率 $P=90\%$ 的空间
圈出来,即电子云轮廓图。
(2)电子云图中的小点并不代表电子,小点的数
目也不代表电子真实出现的次数。
(3)由氢原子的 1s 电子在原子核外出
现的概率密度分布图可知,电子在离原
子核越近的空间出现的概率越大;电子云的外
围形状具有不规则性。



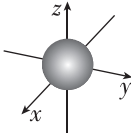
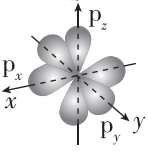
2. 原子轨道与能层序数的关系

- (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	

【知识迁移应用】

例 1 基态 K 原子中,核外电子占据最高能层的符号和占据该能层电子的电子云轮廓图形状分别为 ()

- A. M 球形 B. N 球形
C. M 哑铃形 D. N 哑铃形

例 2 下列有关核外电子的运动状态的说法错误的是 ()

- A. 各原子轨道的伸展方向按 p、d、f 的顺序分别为 3、5、7
B. 在同一能层上运动的电子,其空间运动状态可能不同
C. 电子的运动与行星的运动相似,围绕原子核在固定轨道上高速旋转
D. 原子轨道伸展方向与能量大小无关

◆ 学习任务二 泡利原理、洪特规则、能量最低原理

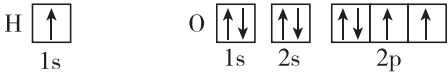
【课前自主预习】

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(↑和↓)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,“↑↓”称_____,“↑”或“↓”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 $\boxed{\uparrow}\boxed{\uparrow}\boxed{\uparrow}$,不能表示为 $\boxed{\uparrow\downarrow}\boxed{\uparrow}\boxed{}$ 。

(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 的核外电子排布式应分别为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$ 、 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^2$,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)。

[问题思考]

(1)常见原子失去电子变为离子时,优先失去最外层电子还是能量最高的电子?

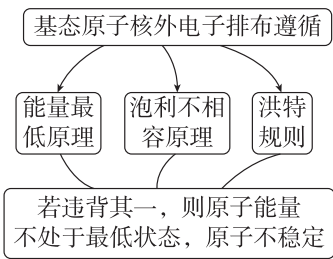
(2)什么是原子核外电子的运动状态?

(3)写出基态钠原子的原子结构示意图、电子排布式、轨道表示式和电子式。

【核心知识讲解】

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

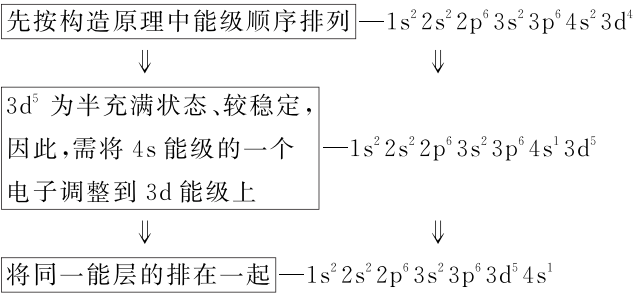


这三个原则并不是孤立的,而是相互联系、相互制约的,也就是说核外电子在原子轨道上的排布要同时遵循这三个原则。

(2)特殊原子核外电子排布

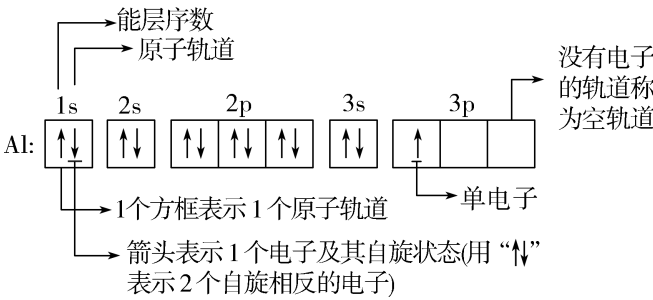
当p、d、f能级处于全空、全充满或半充满状态时,能量相对较低,原子结构较稳定。

如基态₂₄Cr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(□)表示一个原子轨道,一个“箭头”表示一个电子,其中,s轨道为□,p轨道为□□□,d轨道为□□□□□。

②不同能级中的方框(□)要相互分开,同一能级中的方框(□)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(□)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₂₄Cr原子价层

电子的轨道表示式为 $\begin{array}{c} 3d \quad 4s \\ \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \quad \uparrow \end{array}$ (半充满),易错写为 $\begin{array}{c} 3d \quad 4s \\ \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \quad \uparrow \downarrow \end{array}$ 。

3. 核外电子排布的代表方法

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	Al: $\text{(+13)} \begin{array}{c} \text{2} \\ \text{8} \\ \text{3} \end{array}$ S^{2-} : $\text{(+16)} \begin{array}{c} \text{2} \\ \text{8} \\ \text{8} \end{array}$

④某种激发态碳原子的电子排布式是 $1s^2 2s^1 2p^3$ 而不是 $1s^2 2s^2 2p^2$

B. ②③

D. ①②③④

例 5 下列对基态原子的电子排布式或轨道表示式的评价错误的是 ()

选项	电子排布式或轨道表示式	评价
A	C 原子: $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^0 2p_z^0$	违背洪特规则
B	Cr 原子: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$	书写正确
C	N 原子: $\begin{array}{ c c c } \hline \uparrow\uparrow & \uparrow\uparrow & \uparrow \\ \hline 1s & 2s & 2p \\ \hline \end{array}$	违背泡利原理
D	Ar 原子: $1s^2 2s^2 2p^4 3s^2 3p^6 3d^2$	书写正确

知识巩固 素养形成

1. 判断正误(正确的打“√”,错误的打“×”)。

()

()

()

()

()

()

()

()

()

C. 处于 $1s$ 轨道上的电子在空间出现的概率分布呈球形对称,而且电子在原子核附近出现的概率小,离核越远电子出现的概率越大

D. 处在 $2p_z$ 轨道的电子主要在 xy 平面的上、下方出现

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	基态 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	基态 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,主族元素原子的价层电子排布即最外层电子排布式
	实例	基态 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	基态 Al: $\begin{array}{ccccc} 1s & 2s & 2p & 3s & 3p \\ \boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow\downarrow\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow\downarrow} & \boxed{\uparrow}\boxed{}\boxed{} \end{array}$
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	$\cdot \ddot{\text{P}} \cdot \cdot \text{K} \cdot \cdot \cdot \ddot{\text{S}} \cdot$

例 3 [2024 · 北京清华附中高二月考] 某基态原子的最外能层的各能级中, 轨道表示式正确的是 ()

B. $3s$ $3p$

$\uparrow$	$\uparrow\downarrow$		
------------	----------------------	--	--

D. $\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 3s & 3p & & \\ \hline \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$

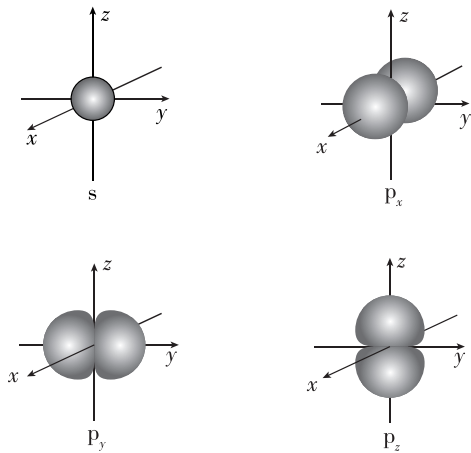
例 4 通常情况下,原子核外 p、d 能级的简并轨道上电子排布为“全空”“半充满”“全充满”时更加稳定,称为洪特规则的特例,下列事实能作为这个规则的证据的是 ()

①基态 He 原子的电子排布式为 $1s^2$, 基态 H 原子的电子排布式为 $1s^1$

② Fe^{2+} 容易失电子转变为 Fe^{3+} , 表现出较强的还原性

③基态 Cu 原子的简化电子排布式是 $[\text{Ar}]3\text{d}^{10}4\text{s}^1$ 而不是 $[\text{Ar}]3\text{d}^94\text{s}^2$

3. 如图是 s 能级和 p 能级的原子轨道图,下列说法正确的是 ()



- A. 每个 p 能级都有 3 个原子轨道
 B. s 能级和 p 能级的原子轨道形状相同
 C. 基态钠原子的电子在 11 个原子轨道上高速运动
 D. s 能级的原子轨道半径与能层序数无关

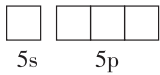
4. 下列对各基态原子或离子的电子排布式或轨道表示式书写的评价正确的是 ()

选项	电子排布式或轨道表示式	评价
A	N 原子的轨道表示式: $\begin{array}{ccc} 1s & 2s & 2p \\ \uparrow\uparrow & \uparrow\uparrow & \uparrow\uparrow\uparrow \end{array}$	错误;违反洪特规则
B	O 原子的轨道表示式: $\begin{array}{ccc} 1s & 2s & 2p \\ \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow\uparrow\downarrow \end{array}$	错误;违反泡利不相容原理
C	K 原子的电子排布式: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^1$	错误;违反能量最低原理
D	Br ⁻ 的简化电子排布式: $[\text{Ar}]3d^{10} 4s^2 4p^6$	错误;违反能量最低原理

5. 下列 Li 原子核外电子轨道表示式表示的状态中,能量最低和最高的分别为____(填标号)。

- A. $\begin{array}{ccc} \uparrow & \uparrow\downarrow & \square\square\square \\ 1s & 2s & 2p_x 2p_y 2p_z \end{array}$
 B. $\begin{array}{ccc} \square & \uparrow\downarrow & \uparrow\square\square \\ 1s & 2s & 2p_x 2p_y 2p_z \end{array}$
 C. $\begin{array}{ccc} \square & \uparrow & \uparrow\downarrow\square\square \\ 1s & 2s & 2p_x 2p_y 2p_z \end{array}$
 D. $\begin{array}{ccc} \uparrow\downarrow & \uparrow & \square\square\square \\ 1s & 2s & 2p_x 2p_y 2p_z \end{array}$

6. [2024·北京卷节选] 锡(Sn)是现代“五金”之一,广泛应用于合金、半导体工业等。Sn 位于元素周期表的第 5 周期第 IV A 族。将 Sn 的基态原子最外层轨道表示式补充完整:



7. 回答下列问题:

- (1)某元素的激发态(不稳定状态)原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^3 3d^2$,则该元素基态原子的电子排布式为____;其最高价氧化物对应水化物的化学式是____。
 (2)s 电子的原子轨道呈____形,每个 s 能级有____个原子轨道;p 电子的原子轨道呈____形,每个 p 能级有____个原子轨道。
 (3)元素 X 的基态原子最外层电子排布式为 $ns^n np^{n+1}$,其 p 电子云在空间有 3 个相互____(填“垂直”或“平行”)的伸展方向;元素 X 的名称为____,它的最低价氢化物的电子式是____。
 (4)元素 Y 的基态原子最外层电子排布式为 $ns^{n-1} np^{n+2}$,则元素 Y 的元素符号为____。

拓展微课1

考情分析

核外电子排布是高考必考基础题,从考查形式看既有选择题,也有非选择题。选择题侧重从符合某类特点的元素类别,以及与元素推

核外电子排布

断相联系,考查元素周期律;非选择题考查书写指定元素的各类电子排布,以及解释元素的性质等。重点考查宏观辨识与微观探析、证据推理与模型认知的科学素养。

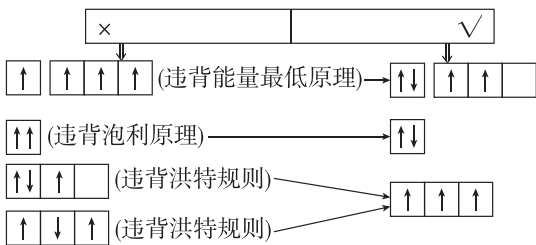
类型一 原子核外电子排布表示方法及书写时的常见错误

1. 原子核外电子排布表示方法

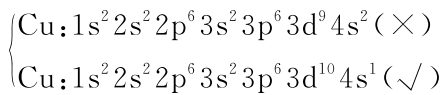
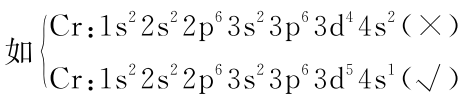
表示方法(以基态硫原子为例)	书写方法及注意事项
原子结构示意图:	(1)每个电子层最多容纳的电子数为 $2n^2$ 个 (2)最外层电子数不超过 8 个(若最外层为 K 层则不超过 2 个);次外层电子数不超过 18 个(若次外层为 L 层则不超过 8 个);倒数第三层电子数不超过 32 个
电子排布式: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$	按电子排入各电子层中各能级的先后顺序,在能级符号右上方依次写出各能级中的电子数,同时注意洪特规则特例
简化电子排布式: $[\text{Ne}]3s^2 3p^4$	用“[稀有气体元素符号]+价层电子”的形式表示
价层电子排布: $3s^2 3p^4$	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(以基态原子为例)



(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,如基态 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,如基态 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。如基态 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)[2024·甘肃卷节选] Ca^{2+} 和 Cl^- 的最外层电子排布图均为_____。

(2)[2023·北京卷节选] 基态 S 原子价层电子排布式是_____。

(3)[2025·北京朝阳一模] ^{13}C -NMR 能测定含碳化合物的骨架结构。在基态 ^{13}C 原子中,核外存在_____对自旋相反的电子。

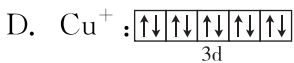
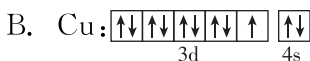
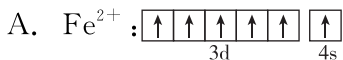
例 2 (1)Al 在元素周期表中的位置:_____。基态 Zn 原子的价层电子排布:_____。

(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)。



第二节 原子结构与元素的性质

学习目标	素养目标
1. 认识元素周期表的基本结构,能从原子价电子数目和价层电子排布的角度解释元素周期表的分区、周期和族的划分,促进对“位置”与“结构”关系的理解。	[宏观辨识与微观探析] 通过认识原子结构及价层电子排布与元素在周期表中的位置关系,了解元素周期表是微观上原子核外电子排布的宏观表达方式。
2. 认识元素的原子半径、第一电离能、电负性等元素性质的周期性变化,能从电子排布的角度对元素性质的周期性变化进行解释,促进对“结构”与“性质”关系的理解。	[证据推理与模型认知] 通过原子半径、第一电离能和电负性的数据和图示,掌握相关规律,建立“位—构—性”的本质关联。
3. 建构元素周期律(表)模型,能列举元素周期律(表)的应用,进一步建立基于“位置”“结构”“性质”关系的系统思维框架	[变化观念与平衡思想] 把相对抽象的元素金属性、非金属性具体化为电离能与电负性等可量化的元素性质,丰富了元素周期表的应用价值。
	[科学探究与创新意识] 通过对元素周期表发展史的了解,认识科学家对元素周期表经历的探索过程

第 1 课时 原子结构与元素周期表

新课探究 知识导学 素养初识

学习任务 原子结构与元素周期表

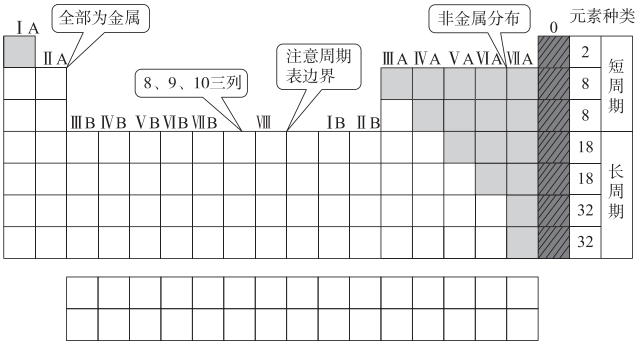
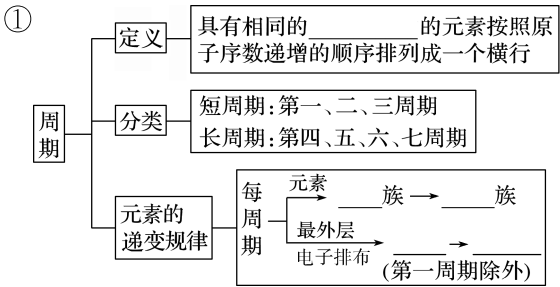
【课前自主预习】

1. 元素周期律、元素周期系和元素周期表

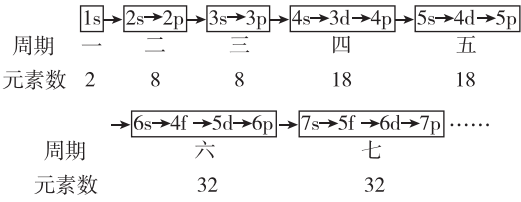
- (1)元素周期律
元素的性质随_____递增而呈周期性的变化,这个规律称作元素周期律。
- (2)元素周期系
元素按其_____ (即_____)递增排列的序列称为元素周期系。
- (3)元素周期表是呈现_____ 的表格。
_____ 只有一个,_____ 多种多样。

2. 构造原理与元素周期表

(1)周期



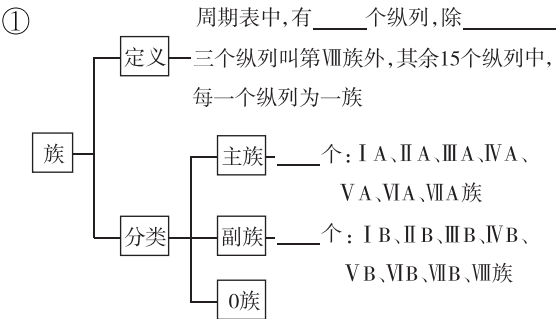
②元素周期系中每个周期的元素数,第一周期从_____开始,以_____结束,只有两种元素。其余各周期总是从_____能级开始,以_____结束,而从 ns 能级开始以 np 结束递增的_____ (或_____)就等于每个周期里的元素数。



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)。

[问题思考]

(1)根据构造原理,解释为什么元素周期表中,第一、二、三、四、五、六、七周期中含有元素的数目分别是 2、8、8、18、18、32、32?

(2)元素周期表划分区的依据是什么?区的名称与该区原子中电子的能级符号之间有什么关系?

(3)能否根据原子的价层电子排布判断元素在周期表中的位置?

【核心知识讲解】

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		最外层最多容纳电子数	各周期增加的能级	元素种类
	第ⅠA族	0族			
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	ⅠA	ⅡA	ⅢA	ⅣA	ⅤA	ⅥA	ⅦA
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。

(2)稀有气体原子的价层电子排布为 $1s^2$ 或 $ns^2 np^6$ 。

(3)过渡元素(以第四周期为例)原子的价层电子排布

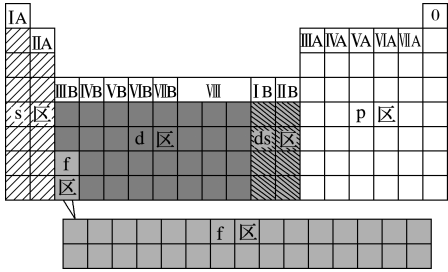
族序数	价层电子排布
Ⅲ B	$3d^1 4s^2$
Ⅳ B	$3d^2 4s^2$
Ⅴ B	$3d^3 4s^2$
Ⅵ B	$3d^5 4s^1$
Ⅶ B	$3d^5 4s^2$
Ⅷ	$3d^{6\sim 8} 4s^2$
Ⅰ B	$3d^{10} 4s^1$
Ⅱ B	$3d^{10} 4s^2$

- ①第ⅢB族→第ⅦB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。
- ③ⅠB族和ⅡB族的族序数=原子最外层电子数。

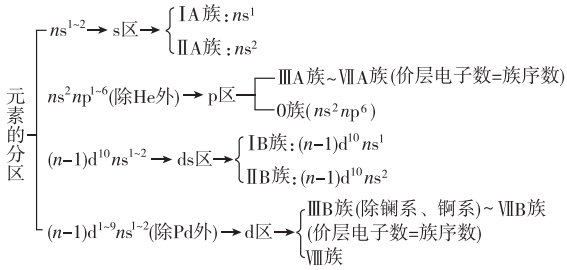
3. 元素周期表的分区

(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ⅠB族、第ⅡB族除外)分为s、p、d、f共4个区,而第ⅠB族、第ⅡB族这2个纵列元素原子的核外电子可理解为先填充满 $(n-1)d$ 能级而后再填充 ns 能级,因而得名ds区。



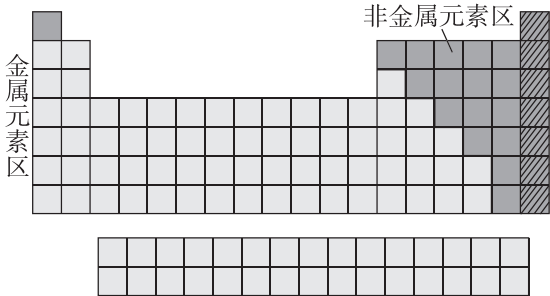
②元素的分区与核外电子排布:



(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、锗、铋、钋、釷之间画一条线,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,一零再一遍。

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:

Li	Be	B	
	Mg	Al	Si

(2)对角线规则示例

硼与硅:B、Si都可与强碱反应。

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 。