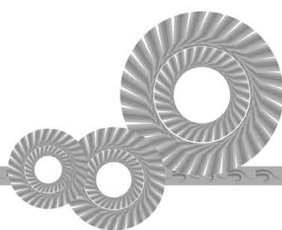


# 目录

# Contents ★★★★★



## 第1章 原子结构与元素性质..... 1

第1节 原子结构模型..... 1

第2节 原子结构与元素周期表..... 7

第1课时 基态原子的核外电子排布..... 7

第2课时 核外电子排布与元素周期表... 12

第3节 元素性质及其变化规律..... 17

第1课时 原子半径和元素的电离能及其变化规律..... 17

第2课时 元素的电负性及其变化规律... 21

微项目 甲醛的危害与去除  
——利用电负性分析与预测物质性质  
..... 25

本章总结..... 25

本章自我检测..... 26

## 第2章 微粒间相互作用与物质性质..... 29

第1节 共价键模型..... 29

第1课时 共价键的特征与类型..... 29

第2课时 共价键的键参数..... 32

第2节 共价键与分子的空间结构..... 36

第1课时 分子空间结构的理论分析..... 36

第2课时 分子空间结构与分子性质..... 39

第3节 离子键、配位键与金属键..... 42

第1课时 离子键..... 43

第2课时 配位键..... 45

第3课时 金属键..... 48

第4节 分子间作用力..... 51

第1课时 范德华力与物质性质..... 51

第2课时 氢键与物质性质..... 53

微项目 补铁剂中铁元素的检验  
——应用配合物进行物质检验..... 58

本章总结..... 59

本章自我检测..... 60

## 第3章 不同聚集状态的物质与性质..... 63

第1节 认识晶体..... 63

第1课时 晶体的特性..... 63

第2课时 晶体结构的基本重复单元——晶胞  
..... 66

第2节 几种简单的晶体结构模型..... 70

第1课时 金属晶体..... 70

第2课时 离子晶体..... 74

第3课时 共价晶体..... 77

第4课时 分子晶体..... 81

第5课时 晶体结构的复杂性..... 84

第3节 液晶、纳米材料与超分子..... 89

微项目 青蒿素分子的结构测定  
——晶体在分子结构测定中的应用... 92

本章总结..... 93

本章自我检测..... 95

期末检测(一)..... 98

期末检测(二)..... 102

参考答案..... 107

通过初中化学课程和高中化学必修课程的学习,我们已经对原子结构的知识有了初步了解。但是仍有许多有关原子结构的问题困扰着我们,例如:宏观物体的运动与微观粒子的运动有什么区别?原子核外电子的运动状态应当如何描述?元素的性质与原子结构之间的关系是怎样的?除原子半径、元素的主要化合价和元素的金属性、非金属性外,还有哪些元素的性质会随着原子序数的递增而呈现周期性变化?

化学学科的核心观念之一就是“结构决定性质”,所以关于原子结构的知识是探究化学问题的基础。化学反应不会引起原子结构的变化,因此化学科学对原子结构的研究主要集中在原子核外电子的运动行为上,即主要研究原子核外电子的运动状态及其变化规律。本章通过对原子结构模型的认识以及对原子核外电子运动状态、核外电子排布规律、原子结构与元素性质之间的关系、原子结构与元素周期表之间的关系、元素性质的周期性变化规律及其应用的学习,继续发展“变化观念与平衡思想”“科学态度与社会责任”化学学科核心素养,重点发展“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”“科学探究与创新意识”化学学科核心素养。

## 第1节 原子结构模型

### → 瞄准课标 靶向学习 →

课标内容要求	课标学业要求
1. 了解有关核外电子运动模型的历史发展过程,认识核外电子的运动特点。 2. 知道电子运动的能量状态具有量子化的特征,电子可以处于不同的能级。 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。	1. 体会假说、模型的建立对科学创造的重要意义,能说明原子结构等模型建立的重要证据及推理过程。 2. 能说明原子光谱在物质结构研究中的作用。 3. 能认识到化学已发展成为实验和理论并重的学科,能欣赏物质结构的研究及其理论发展对化学学科的贡献。 4. 能说明微观粒子的运动状态与宏观物体运动特点的差异。 5. 能说明建构思维模型在人类认识原子结构过程中的重要作用,能论证证据与模型建立及其发展之间的关系。 6. 能简要说明原子核外电子运动规律的理论探究对研究元素性质及其变化规律的意义。

### 走进新知

### 素养初探

#### 预习导读

阅读教材,思考如下问题:

1. 什么是光谱?光谱是怎么形成的?

2. 光谱的形成与原子结构有什么关系?

3. 量子力学从哪些方面描述原子核外电子的运动状态?

4. 电子层数与该电子层中的能级数、原子轨道数有什么关系? 能级与原子轨道数之间又有什么关系?

5. 决定电子能量高低的因素是什么?

### 自主检测

- 原子结构模型的建立经历了 5 个发展阶段: 1803 年, 英国化学家\_\_\_\_\_创立了原子学说; 1904 年, 汤姆孙在发现电子的基础上提出了原子结构的\_\_\_\_\_模型, 开始涉及原子的内部结构; 1911 年, 英国物理学家卢瑟福根据  $\alpha$  粒子散射实验提出了原子结构的\_\_\_\_\_模型; 丹麦科学家\_\_\_\_\_于 1913 年进一步建立起了核外电子分层排布的原子结构模型; 20 世纪 20 年代, 以量子力学为理论基础建立了原子结构的\_\_\_\_\_模型。
- 下列有关说法正确的是( )
  - 一般而言,  $n$  越大, 电子离核平均距离越远, 能量越低
  - 第  $n$  电子层中含有  $n$  个能级
  - 同一能级的不同原子轨道的能量是不同的
  - 处于同一原子轨道上的电子自旋运动状态可能相同, 也可能不同
- 下列有关电子云和原子轨道的说法正确的是( )
  - 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
  - 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
  - p 能级的原子轨道呈哑铃形, 随着电子层的增加, p 能级原子轨道也在增多
  - 与 s 原子轨道相同, p 原子轨道的平均半径随电子层的增大而增大

### 学习体验

### 素养形成

## 探究学习 一 光谱和氢原子光谱

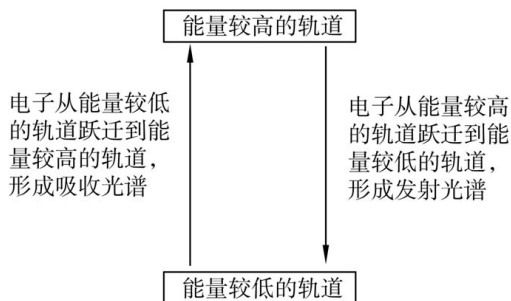
(1) 光谱

① 概念: 利用仪器将物质\_\_\_\_\_的光或\_\_\_\_\_的光的\_\_\_\_\_分布记录下来的谱线。

② 形成原因: 电子在不同\_\_\_\_\_间跃迁时, 会\_\_\_\_\_能量。

③ 光谱类型: 处于能量较低的氢原子中的电子吸收能量后跃迁到能量较高的轨道, 形成\_\_\_\_\_谱; 处于激发态的氢原子中的电子从能量较高的轨道跃迁到能量较低的轨道时, 辐射的能量以光的形式发出, 形成\_\_\_\_\_谱。反过来说, 人们通过光谱实验获得的谱线的频率(或波长)数值就能知道电子是在哪些轨道之间跃迁的了。

(2) 氢原子光谱: 属于线状光谱。



氢原子吸收光谱和发射光谱的形成示意图

原子线状光谱的产生来源于原子核外的电子在不同的能量量子化轨道上的跃迁。因此, 多电子原子的光谱由多条谱线组成。这可能是由于量子数  $n$  标记的状态中包含许多“轨道”, 电子在不同“轨道”之间跃迁, 产生的谱线就会增多。

**注意:** 光辐射是电子释放能量的重要形式之一。灯光、霓虹灯光、激光、焰火等可见光都与原子核外电子发生跃迁释放能量有关。

### 典例解析

**【例 1】** 下列原子结构模型最早成功解释了氢原子光谱为线状光谱的是( )

- 卢瑟福原子结构模型
- 玻尔原子结构模型
- 量子力学模型
- 汤姆孙原子结构模型

**解析:** 玻尔原子结构模型最早成功地解释了氢原子光谱为线状谱; 卢瑟福原子结构模型是根据  $\alpha$  粒子散射实验提出来的; 汤姆孙原子结构模型只解释了原子中存在电子。

**答案:** B

**易错点拨:** 原子结构模型的发展史, 化学家及其对应的模型要对应记牢。同时玻尔原子结构模型仅解释了氢原子的线状光谱, 而对于多电子原子的光谱需要用现代量子力学模型来解释。

## 拓展训练

1. 给充有氖气的霓虹灯管通电,发出红色光。产生这一现象的主要原因是( )

A. 电子由激发态向基态跃迁时以光的形式释放能量

B. 电子由基态向激发态跃迁时吸收除红光以外的光线

C. 氖原子获得电子后转变成发出红光的物质

D. 在电流的作用下,氖原子与构成灯管的物质发生反应

## 探究学习(二) 玻尔原子结构模型

1. 玻尔原子结构模型基本观点

(1) 原子中的电子在具有\_\_\_\_\_的圆周轨道上绕原子核运动,并且\_\_\_\_\_能量。可理解为行星模型,这里的“轨道”实际上就是我们现在所说的电子层。

(2) 定态假设:玻尔原子结构理论认为同一电子层上的电子能量完全相同。在不同轨道上运动的电子具有不同的能量( $E$ ),而且能量值是\_\_\_\_\_的,即能量是“一份一份”的。各电子层能量差具有不连续性,即  $E_3 - E_2 \neq E_2 - E_1$ 。

(3) 只有当电子从一个轨道(能量为  $E_1$ )跃迁到另一个轨道时,才会\_\_\_\_\_能量。如果辐射或吸收的能量以光的形式表现并记录下来,就形成了\_\_\_\_\_。

2. 玻尔原子结构模型理论成功地解释了氢原子光谱是\_\_\_\_\_光谱的实验事实,但不能解决氢原子光谱的精细结构问题和多原子复杂的光谱现象。

## 典例解析

【例2】为揭示原子光谱是线状光谱这一事实,玻尔提出了核外电子的分层排布理论。下列说法中,不符合这一理论的是( )

A. 电子绕核运动具有特定的半径和能量

B. 电子在特定半径的轨道上运动时不辐射能量

C. 电子跃迁时,会吸收或放出特定的能量

D. 揭示了氢原子光谱有精细结构

解析:D选项的内容无法用玻尔理论进行解释。要解释氢原子光谱有精细结构,需用量子力学所建立的四个量子数来描述核外电子的运动状态。

答案:D

易错点拨:玻尔原子结构模型的基本观点:电子在具有确定半径的圆周轨道上绕核运动,不辐射能量;不同轨道上的电子具有不同的能量;电子在不同轨道间跃迁时,会吸收或放出特定的能量。

## 拓展训练

2. 玻尔理论不能解释( )

A. 氢原子光谱为线状光谱

B. 在一给定的稳定轨道上,运动的核外电子不辐射能量

C. 氢原子的可见光区谱线

D. 在有外加磁场时氢原子光谱有多条谱线

## 探究学习(三) 原子轨道

1. 电子层( $n$ )

分层标准	电子离核的远近						
$n$ 的取值	1	2	3	4	5	6	7
符号							
能量	由低到高 →						
离核	由近到远 →						

2. 能级

在同一电子层中,电子所具有的能量可能\_\_\_\_\_,所以同一电子层可分成不同的\_\_\_\_\_,用\_\_\_\_\_表示。

3. 原子轨道

(1) 概念:原子中的单个电子的\_\_\_\_\_状态。

(2)  $n$  值所对应的能级和原子轨道的情况:

$n$ (电子层)		能级	原子轨道	
取值	符号	符号	符号	数目
1	K	s		
2	L	s		
		p		
3	M	s		
		p		
		d		
4	N	s		
		p		
		d		
		f		

## 4. 自旋运动状态

处于同一原子轨道上的电子自旋运动状态只有两种,分别用符号“ $\uparrow$ ”和“ $\downarrow$ ”表示。

5. 电子层数( $n$ )、能级数、原子轨道数、容纳电子数的关系

$n$ 取值	1	2	3	4	$n$
能级数	1	2	3	4	$n$
原子轨道数	1	4	9	16	$n^2$
最多容纳电子数	2	8	18	32	$2n^2$

6. “电子空间运动状态”与“电子运动状态”的辨析

电子空间运动状态:在量子力学理论中,把原子中单电子的空间运动状态称为原子轨道。

电子运动状态:电子的运动状态由电子层、能级、原子轨道和电子的自旋四个方面描述。

举例:13号元素铝原子的核外有7种(即原子轨道数目)不同空间运动状态的电子,有13种(即核外电子数目)不同运动状态的电子。

## 归纳总结

## 电子层、能级、原子轨道之间的关系

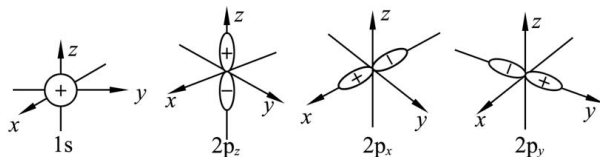
量子数 $n$	符号	能级		原子轨道		
		能级数目	能级种类	原子轨道符号	原子轨道数	原子轨道总数
$n=1$	K	1	s	1s	1	1
$n=2$	L	2	s	2s	1	4
			p	2p	3	
$n=3$	M	3	s	3s	1	9
			p	3p	3	
			d	3d	5	
...	...	...	...	...	...	...
$n$		$n$				$n^2$

## 典例解析

【例3】在  $1s$ 、 $2p_x$ 、 $2p_y$ 、 $2p_z$  轨道中,具有球对称性的是( )

- A.  $1s$     B.  $2p_x$     C.  $2p_y$     D.  $2p_z$

解析: $1s$  轨道和  $2p$  轨道的图形分别为:



由上图可知,呈球对称性的为  $1s$  原子轨道。

答案:A

易错点拨:原子轨道的形状是一定的, $s$  轨道是球形,例如  $1s$ 、 $2s$ 、 $3s$ ...;  $p$  轨道是哑铃形,例如  $2p$ 、 $3p$ 、 $4p$ ...

## 拓展训练

3. 能够确定核外电子空间运动状态的组合为( )

- A. 电子层、原子轨道的形状  
 B. 电子层、原子轨道的形状、原子核外电子的自旋运动  
 C. 电子层、原子轨道的形状、原子轨道在空间的伸展取向  
 D. 电子层、原子轨道的形状、原子轨道在空间的伸展取向、核外电子的自旋运动

## 探究学习(四) 原子轨道的图形描述和电子云

## 1. 原子轨道的图形描述

- (1)对象:原子中单个电子的\_\_\_\_\_即原子轨道。  
 (2)方法:用\_\_\_\_\_标注。  
 (3)意义:表示原子轨道的\_\_\_\_\_。  
 (4)形状: $s$  轨道呈\_\_\_\_\_; $p$  轨道在空间的分布特点是分别相对于  $x$ 、 $y$ 、 $z$  轴对称,呈\_\_\_\_\_。

## 2. 电子云

- (1)概念:描述电子在空间单位体积内出现的\_\_\_\_\_的图形。  
 (2)含义:用单位体积内小黑点的疏密程度表示电子在原子核外出现的\_\_\_\_\_大小。

注意:与宏观物体运动相比,电子的运动特征是速度快、运动范围小、无确定的轨道,为了更好地研究电子这种微观粒子的运动特征,人们形象地用电子云进行描述。电子云是人们用仪器对电子在不同时间进行拍照,然后把照片进行叠加而得到的,所以电子云中的小黑点不代表电子,它的疏密仅代表电子在核外该区域内出现的概率大小。

电子云是一种对原子核外电子运动状态形象化描述的方法,而不是一个具体的实物。

## 典例解析

【例4】氢原子的电子云图中的小黑点表示的意义是( )

- A. 一个小黑点表示一个电子
- B. 小黑点的多少表示电子个数的多少
- C. 表示电子运动的轨迹
- D. 小黑点的疏密表示电子在核外空间出现概率的大小

**解析:**在电子云图中,小黑点并不代表电子,而代表电子在核外空间区域出现的机会,小黑点的疏密与电子在该区域出现的概率大小成正比。

**答案:**D

**易错点拨:**本题考查电子云。电子云是对电子运动的形象化描述,它仅表示电子在某一区域内出现的概率,并非原子核真被电子云所包裹。

## 拓展训练

4. 下列关于电子云的叙述不正确的是( )
  - A. 电子云是用小黑点的疏密程度来表示电子在空间出现概率大小的图形
  - B. 电子云实际上是电子运动形成的类似云的图形
  - C. 电子云图说明离核越近,电子出现概率越大;越远,电子出现概率越小
  - D. 轨道不同,电子云的形状也不同
5. 下列说法正确的是( )
  - A. 电子云中,一个小黑点代表了一个电子
  - B. 电子云是电子在核外运动的真实图像,所以氢原子的核外电子是按照圆形轨道运动的
  - C. 氢原子中只有一个电子,故氢原子只有一个轨道
  - D. 原子轨道与电子云都是用来形象描述电子运动状态的

## 分层训练

## 素养提升

## 学习·理解

1. 首次将量子化概念应用到原子结构,并解释了原子的稳定性的科学家是( )
  - A. 道尔顿
  - B. 爱因斯坦
  - C. 玻尔
  - D. 普朗克
2. 原子的吸收光谱是线状的而不是连续的,主要原因是( )

- A. 原子中电子的能量高低
  - B. 外界条件的影响
  - C. 仪器设备的工作原理
  - D. 原子轨道的能量是量子化的
3. 道尔顿的原子学说曾经起了很大的作用,他的学说中,包含下述三个论点:①原子是不能再分的粒子;②同种元素原子的各种性质和质量都相同;③原子是微小的实心球体。从现代的观点看,你认为这三个论点中不确切的是( )
    - A. ③
    - B. ①③
    - C. ②③
    - D. ①②③
  4. 图1和图2分别是1s电子的概率分布图和原子轨道图。下列有关认识正确的是( )

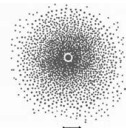


图1

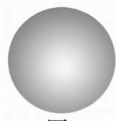


图2

- A. 图1中的每个小黑点表示1个电子
  - B. 图2表明1s轨道呈球形,有无数个对称轴
  - C. 图2表示1s电子只能在球体内出现
  - D. 图1中的小黑点表示某一时刻电子在核外所处的位置
5. 下列电子层中,原子轨道的数目为9的是( )
    - A. K层
    - B. L层
    - C. M层
    - D. N层
  6. 下列有关电子云的叙述中,正确的是( )
    - A. 电子云形象地表示了电子在核外某处单位体积内出现的概率
    - B. 电子云直观地表示了核外电子的数目
    - C. 1s电子云界面图是一个球面,表示在这个球面以外电子出现的概率为零
    - D. 电子云是电子绕核运动形成的一团带负电荷的云雾

## 应用·实践

7. (不定项)下列说法正确的是( )
  - A. 氢原子光谱是元素的所有光谱中最复杂的光谱之一
  - B. 量子化就是不连续的意思,微观粒子运动均有此特点
  - C. 玻尔理论仅成功地解释了氢原子光谱,并未推广到其他原子光谱
  - D. 原子中电子在具有确定半径的圆周轨道上像卫星一样高速运转着

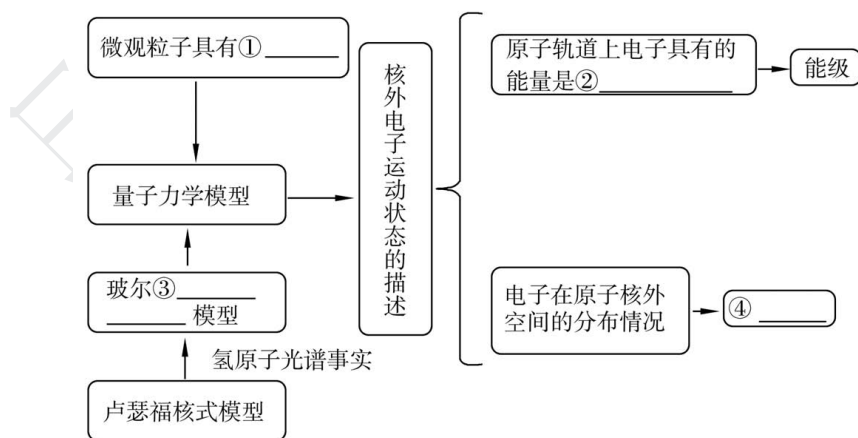
8. 下列说法正确的是( )

- A. 同一个电子层中 s 能级的能量总是大于 p 能级的能量
- B. 2s 原子轨道半径比 1s 原子轨道半径大, 说明 2s 的电子云中的电子比 1s 的多
- C. 第 2 电子层上的电子, 不论在哪一个原子轨道

上, 其能量都相等

- D. N 电子层的原子轨道类型数和原子轨道数分别为 4 和 16
9. 某元素原子核外有三个电子层, 最外电子层上有 4 个电子, 该原子核内的质子数为( )
- A. 14
  - B. 15
  - C. 16
  - D. 17

### 本书建构整合



### 教材习题答案

1. C 2. D 3. A 4. C 5. A
6. 内容: ①原子中的电子在具有特定半径的圆周轨道上绕原子核运动, 并且不辐射能量。②同一电子层上的电子能量完全相同。在不同轨道上运动的电子具有不同的能量(E), 而且能量是量子化的, 即能量是“一份一份”的。各电子层能量差具有不连续性, 即  $E_3 - E_2 \neq E_2 - E_1$ 。③只有当电子从一个轨道(能量为  $E_1$ )跃迁到另一个轨道时, 才

会辐射或吸收能量。

成功之处: 成功地解释了氢原子光谱是线状光谱的实验事实, 指出了原子光谱来自核外电子在能量不同的轨道之间的跃迁, 而电子所处的轨道的能量是量子化的。

不足之处: 无法解释一条谱线分裂为几条波长相近的谱线的现象; 认为电子在确定半径的圆周轨道上运动, 仍然把电子的运动看作经典力学描述下的轨道运动。

7. A

## 第2节 原子结构与元素周期表

### → 瞄准课标 靶向学习 >

课标内容要求	课标学业要求
1. 知道原子核外电子的能级高低顺序,了解原子核外电子排布的构造原理,认识基态原子中核外电子的排布遵循能量最低原理、泡利不相容原理和洪特规则等。知道1~36号元素基态原子核外电子的排布。 2. 知道原子核外电子排布呈现周期性变化是导致元素性质周期性变化的原因。知道元素周期表中分区、周期和族的元素原子核外电子排布特征,了解元素周期律(表)的应用价值。	1. 能结合能量最低原理、泡利不相容原理、洪特规则书写1~36号元素基态原子的核外电子排布式和轨道表示式,并说明含义。 2. 能从原子价电子数目和价电子排布的角度解释元素周期表的分区、周期和族的划分。

### 第1课时 基态原子的核外电子排布

#### 走进新知

#### 素养初探

#### 预习导读

阅读教材,思考如下问题:

1. 原子核外电子排布的表达方式有哪些?如何规范表示?

2. 基态原子核外电子排布应遵循哪些原则?试举例说明。

#### 自主检测

- 下列说法正确的是( )
  - 处于最低能量的原子称为基态原子
  - $3p^2$  表示  $3p$  能级有两个轨道
  - 同一原子中,  $1s$ 、 $2s$ 、 $3s$  电子的能量逐渐减小
  - 同一原子中,  $2p$ 、 $3p$ 、 $4p$  能级的轨道数依次增多
- 具有  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$  电子结构的原子是( )
  - Mg
  - Na
  - He
  - Al

#### 学习体验

#### 素养形成

#### 探究学习(一) 1~18号元素基态原子的电子排布

试写出元素周期表中1~18号元素的名称、元素符号、电子排布式及轨道表示式。

原子序数	元素符号	电子排布式	轨道表示式
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			

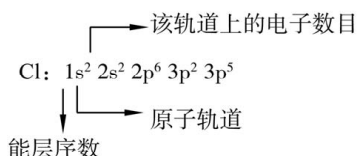


(续表)

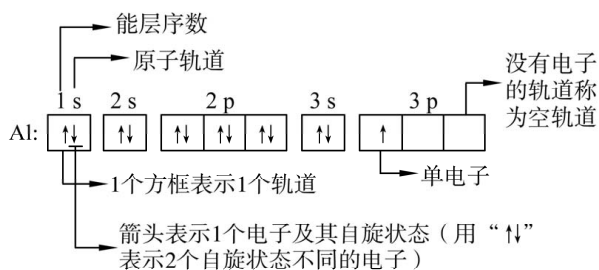
原子序数	元素符号	电子排布式	轨道表示式
14			
15			
16			
17			
18			

### 方法导引

1. 电子排布式中各符号、数字的含义(以氯原子为例)



2. 轨道表示式中各符号、数字的含义(以铝原子为例)



**注意:**表达轨道表示式时,没有排入电子的空轨道不能省略。书写同一能级的原子轨道时应紧挨在一起,不能独立书写。

### 归纳总结

1. 核外电子排布表示方法

表示方法	含义	实例
原子(离子)结构示意图	将每个能层上的电子总数表示在原子核外的式子	Al: $(+13) 2 8 3$ S <sup>2-</sup> : $(+16) 2 8 8$
电子排布式	用数字在 ns、np、nd 等各能级符号右上角用数字标明该能级中的电子数	K: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

(续表)

表示方法	含义	实例
轨道表示式(电子排布图)	用方框(或小圆圈、短线)代表一个原子轨道,用箭头“↑”或“↓”来区别自旋状态不同的电子	C: $1s \ 2s \ 2p$ $\uparrow\downarrow \ \uparrow\downarrow \ \uparrow \ \uparrow \ \uparrow$
简化电子排布式	为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	K: $[\text{Ar}]4s^1$
价电子(外围电子)排布式	只表示与原子化学性质密切相关的外层电子的排布方法。对于主族元素而言,最外层电子排布式即价电子排布式	Al: $3s^2 3p^1$
电子式	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	$\cdot \text{P} \cdot \quad \text{K} \cdot \quad \cdot \cdot \text{S} \cdot \cdot$

**注意:**价电子不一定是最外层电子。主族元素的最外层电子排布式即价电子排布式,第4周期过渡元素基态原子的价电子包含3d和4s上的电子。

2. 基态原子核外电子排布的三个原则

(1)泡利不相容原理:一个原子轨道中最多只能容纳两个电子,且这两个电子的自旋状态不同。即一个原子中不会存在运动状态完全相同的电子。

由泡利不相容原理知,每个能级最多容纳的电子数是:s能级2个电子,p能级6个电子,d能级10个电子,f能级14个电子;各电子层中容纳的电子最多是 $2n^2$ 个。

(2)能量最低原则:在不违背泡利不相容原理的前提下,核外电子在各个原子轨道上的排布方式应使整个原子体系的能量最低。

(3)洪特规则:对于基态原子,核外电子在能量相同的原子轨道上排布时,将尽可能分占不同的原子轨道并且自旋状态相同。例如,基态C原子的2p轨道电子排布为 $\uparrow \uparrow \uparrow$ ,而非 $\uparrow\downarrow \uparrow$ 。

**注意:**书写基态原子的电子排布式时,要兼顾三条原则。若违背其一,则电子能量不处于最低状态。

## 典例解析

【例1】在d轨道中电子排布成  $\uparrow\uparrow\uparrow\uparrow$  , 而不排布成  $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$  , 遵循的是( )

- A. 能量最低原理      B. 泡利原理  
C. 构造原理          D. 洪特规则

解析:洪特规则表明,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。

答案:D

【例2】下列电子排布图所表示的元素原子中,其能量处于最低状态的是( )

- A.  $\begin{array}{cccc} 1s & 2s & 2p & 3s \\ \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \end{array}$
- B.  $\begin{array}{cccc} 1s & 2s & 2p & 3s \\ \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow \end{array}$
- C.  $\begin{array}{cccc} 1s & 2s & 2p & 3s \\ \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow \end{array}$
- D.  $\begin{array}{cccc} 1s & 2s & 2p & 3s \\ \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow \end{array}$

解析:A项,2s轨道应排布两个电子且自旋状态不同;B项,三个2p轨道应该分别排布1个单电子且自旋状态相同;D项,2p<sub>x</sub>轨道应排布2个电子且自旋状态不同。

答案:C

## 拓展训练

1. (1) 以下列出的是一些原子的2p能级和3d能级中电子排布的情况。试判断,哪些违反了泡利原理? \_\_\_\_\_,哪些违反了洪特规则? \_\_\_\_\_。

- ①  $\begin{array}{ccc} \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow \end{array}$       ②  $\begin{array}{ccc} \uparrow & \downarrow & \uparrow \end{array}$
- ③  $\begin{array}{ccc} \uparrow & \uparrow & \uparrow \end{array}$       ④  $\begin{array}{ccc} \uparrow\downarrow & & \uparrow \uparrow \uparrow \end{array}$
- ⑤  $\begin{array}{cccc} \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \end{array}$       ⑥  $\begin{array}{ccc} \downarrow & \uparrow & \uparrow \end{array}$

(2) 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 \_\_\_\_\_。

## 探究学习 (二) 19~36号元素基态原子的电子排布

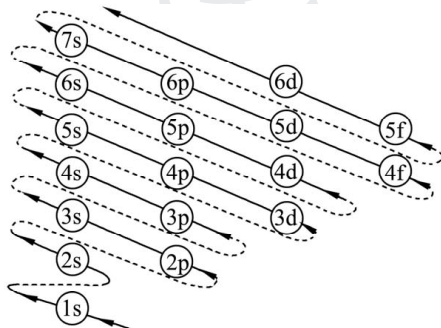
试写出元素周期表中19~36号元素的名称、元素符号、简化电子排布式及价电子轨道表示式。

原子序数	元素符号	(简化)电子排布式	价电子轨道表示式
19			
20			
21			
22			
23			
24		$[\text{Ar}]3d^5 4s^1$	
25			
26			
27			
28			
29		$[\text{Ar}]3d^{10} 4s^1$	
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			

## 归纳总结

## 1. 构造原理

基态原子的核外电子在原子轨道上的排布顺序如图所示,它表示随着原子序数的递增,基态原子的“外层电子”按照箭头的方向依次排布在:1s、2s、2p、3s、3p、4s、3d、4p、5s、4d、5p、6s……此顺序可简记为:ns、(n-1)d、(n-2)f、np。



例如:原子序数为19的K,3p轨道排满后,多余的一个电子排入4s轨道而非3d轨道,因为原子轨道的能量  $4s < 3d$ , 电子先排入4s轨道,然后排入3d轨道。

## 2. 洪特规则特例

电子在能级相同的原子轨道中,电子排布为全

充满( $p^6$ 、 $d^{10}$ 、 $f^{14}$ )、半充满( $p^3$ 、 $d^5$ 、 $f^7$ )和全空状态( $p^0$ 、 $d^0$ 、 $f^0$ )时,具有较低的能量和较强的稳定性。

例如,铬( $_{24}\text{Cr}$ )的价电子排布是  $3d^5 4s^1$  (3d、4s 能级均为半充满),而不是  $3d^4 4s^2$ ;铜( $_{29}\text{Cu}$ )的价电子排布是  $3d^{10} 4s^1$  (3d 全充满、4s 半充满),而不是  $3d^9 4s^2$ 。

### 方法导引

#### 基态原子(或离子)电子排布式的书写规则

##### 1. 基态原子的电子排布式书写

对于复杂原子,当出现能级交错现象时,不是按照电子排布的顺序书写,而是按照电子层由内到外的顺序书写,同一电子层按照能级顺序连在一起。如基态 Fe 原子:电子排布时先排入 4s 轨道,再排 3d 轨道,但在书写电子排布式时仍把 3d 轨道放在 4s 轨道前,表示为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ 。

##### 2. 特殊原子的电子排布

基态 Cr 原子的电子排布不是  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^4 4s^2$ ,而是  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$  (3d 和 4s 轨道均为半充满状态,比较稳定),一旦出现  $3d^4 4s^2$  写法即为错误的。

基态 Cu 原子的电子排布不是  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9 4s^2$ ,而是  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$  (3d 轨道全充满,4s 轨道半充满状态,比较稳定)。

##### 3. 简单离子的电子排布

书写简单离子的电子排布式时,先写原子的电子排布式,然后按照能层由外向内,能级由高到低的顺序依次失电子。

### 典例解析

**【例 3】**(1) Si 的基态原子核外电子排布式为 \_\_\_\_\_,核外有 \_\_\_\_\_ 个未成对电子。

(2)  $\text{Cu}^+$  基态核外电子排布式为 \_\_\_\_\_。

(3) 基态 Fe 原子有 \_\_\_\_\_ 个未成对电子,  $\text{Fe}^{3+}$  的电子排布式为 \_\_\_\_\_。

(4) X 元素的价电子排布为  $3s^2 3p^5$ , X 元素的符号是 \_\_\_\_\_。

**解析:** (1) Si 原子核外电子数为 14,基态原子核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ 。

(2) Cu 为 29 号元素,基态原子的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ ,  $\text{Cu}^+$  的基态核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$ 。

(3) 基态 Fe 原子的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ ,所以有 4 个未成对电子,失

去 2 个 4s 电子、1 个 3d 电子形成  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$ 。

(4) 基态 Cl 原子的价电子排布为  $3s^2 3p^5$ 。

**答案:** (1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$  或  $[\text{Ne}] 3s^2 3p^2$

(2)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$  或  $[\text{Ar}] 3d^{10}$

(3) 4  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$  或  $[\text{Ar}] 3d^5$  (4) Cl

### 拓展训练

2. 下列基态原子的价电子表示正确的是( )

A. Cu:  $3d^9 4s^2$

B. Ca:  $3d^2$

C. Mn:  $3d^5 4s^2$

D. N:  $2p^5$

3. 满足下列条件之一的是哪一族或哪种元素?

(1) 某元素 +2 价离子和 Ne 原子的电子排布相同: \_\_\_\_\_。

(2) 最外层具有 5 个 p 电子: \_\_\_\_\_。

(3) 第 4 周期次外层全满,最外层有 1 个 s 电子的基态原子: \_\_\_\_\_。

(4) 某元素 +3 价离子的 3d 轨道半充满: \_\_\_\_\_。

(5) 1~36 号元素中,未成对电子数为 3 个的原子: \_\_\_\_\_。

(6) 1~36 号元素中,未成对电子数为 2 个的原子: \_\_\_\_\_。

4. (1) 元素 Mn 与 O 中,基态原子核外未成对电子数较多的是 \_\_\_\_\_。

(2) 基态 Ge 原子有 \_\_\_\_\_ 个未成对电子。

(3) 基态 K 原子中,核外电子占据最高能层的符号是 \_\_\_\_\_,占据该能层电子的电子云轮廓图形状为 \_\_\_\_\_。

(4) 基态 Cu 原子的价层电子轨道表示式为 \_\_\_\_\_。

### 分层训练

### 素养提升

#### 学习·理解

1. 基态原子的核外电子排布原则不包括( )

A. 能量守恒原理

B. 能量最低原理

C. 泡利不相容原理

D. 洪特规则

2. 构造原理揭示的电子排布能级顺序,实质是各能级能量高低。若以  $E(ns)$  表示某 s 能级的能量,以下各式正确的是( )

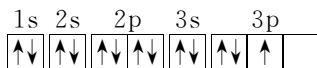
A.  $E(5s) > E(4f) > E(4s) > E(3d)$

B.  $E(3d) > E(4s) > E(3p) > E(3s)$ C.  $E(4s) < E(3s) < E(2s) < E(1s)$ D.  $E(5s) > E(4s) > E(4f) > E(3d)$ 

3. 下列说法正确的是( )

A. p 能级能量一定比 s 能级的能量高

B. 基态磷原子的电子排布图为



C. 同一原子中, 2p、3p、4p 能级的轨道数依次增多

D. Ni 的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$ 

4. 下列关于能层与能级的说法不正确的是( )

A. 原子核外电子的每一个能层最多可容纳的电子数为  $2n^2$  ( $n$  为能层序数)

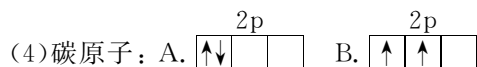
B. 任一能层的能级总是从 s 能级开始, 而且能级数等于该能层序数

C. 同是 s 能级, 在不同的能层中所能容纳的最多电子数是相同的

D. 1 个原子轨道里最多只能容纳 2 个电子, 且自旋状态相同

5. 下列原子的外层电子排布式(或外层轨道表示式)中, 哪一种状态的能量较低?

(1) 氮原子:

(2) 钠原子: A.  $3s^1$  B.  $3p^1$ (3) 铬原子: A.  $3d^5 4s^1$  B.  $3d^4 4s^2$ 

(5) Li 原子:



6. 按要求填空:

(1) 基态 B 原子的电子排布式为\_\_\_\_\_。

(2) Se 原子序数为\_\_\_\_\_, 其核外 M 层电子的排布式为\_\_\_\_\_。

(3)  $\text{Li}_3\text{N}$  晶体中氮以  $\text{N}^{3-}$  存在, 基态  $\text{N}^{3-}$  的电子排布式为\_\_\_\_\_。

(4) 写出基态镓(Ga)原子的电子排布式:\_\_\_\_\_。

(5) 基态钒(V)原子价层电子的电子排布图(轨道表达式)为\_\_\_\_\_。

(6) 基态 Zn 原子核外电子排布式为\_\_\_\_\_。

## 应用·实践

7. (不定项)R 元素的原子, 其最外层的 p 能级电子数等于所有能层的 s 能级电子总数, 则 R 是( )

A. Li B. O C. S D. Ar

8. 已知某元素与氩元素同周期, 当此元素的原子失去 3 个电子后, 其能量最高的 d 轨道内电子恰好为半充满, 则该元素的名称为\_\_\_\_\_。

9. 按要求填空:

(1) 根据构造原理写出下列基态原子或离子的核外电子排布式。

① A 元素原子核外 M 层电子数是 L 层电子数的一半:\_\_\_\_\_。

② B 元素原子的最外层电子数是次外层电子数的 1.5 倍:\_\_\_\_\_。

③ 基态  $\text{Ni}^{2+}$ 、 $\text{S}^{2-}$  的电子排布式分别为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。(2) 某元素基态原子的最外层电子排布式是  $4s^2 4p^5$ , 则其元素符号为\_\_\_\_\_。(3) 基态  $\text{Ti}^{2+}$  中, 电子占据的最高的能层符号为\_\_\_\_\_, 该能层有\_\_\_\_\_个能级。

(4) 写出基态砷原子的电子排布式:\_\_\_\_\_, 砷位于元素周期表中第\_\_\_\_\_周期\_\_\_\_\_族。

## 迁移·创新

10. 元素 A~D 是元素周期表中短周期的四种元素, 请根据表中信息回答下列问题。

元素	性质或结构信息
A	单质制成的高压灯, 发出的黄光透雾力强、射程远
B	工业上通过分离液态空气获得其单质, 分子中有三对共用电子
C	单质常温、常压下是气体, 原子的 M 层有一个未成对的 p 电子
D	+2 价阳离子的核外电子排布与氩原子相同

(1) 下列电子排布图中是基态 B 原子的是\_\_\_\_\_。



- (2) A 元素基态原子的电子排布式是\_\_\_\_\_。
- (3) D 与 C 形成的化合物主要是从海水中获取的, 写出利用 D 与 C 形成的化合物制取 D 单质的化学方程式:\_\_\_\_\_。
- (4) 火箭的二级燃料由表中 B 元素与 H 元素形成的液态化合物  $B_2H_4$  提供, 它燃烧时放出

- 大量的热, 并形成两种无毒无害的物质。写出该化合物燃烧的化学方程式:\_\_\_\_\_。
- (5) A 和 D 两元素金属性较强的是\_\_\_\_\_ (写元素符号)。写出能证明该结论的一个实验事实:\_\_\_\_\_。

## 第 2 课时 核外电子排布与元素周期表

### 走进新知

### 素养初探

#### 预习导读

阅读教材, 思考以下问题:

1. 周期序数与原子核外电子排布的关系是什么?

2. 族的划分依据是什么? 周期系形成的原因是什么?

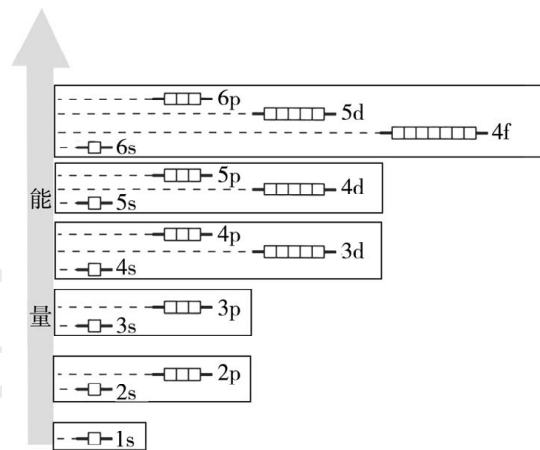
#### 自主检测

1. (不定项) 下列关于元素周期表说法错误的是( )
- A. 元素周期表中 III B 族到 II B 族 10 个纵行的元素都是金属元素
- B. 元素周期表中, 7 个横行是 7 个周期, 18 个纵行是 16 个族
- C. 每一周期都是从活泼金属元素开始, 以稀有气体元素结束
- D. 最外层电子排布为  $ns^1$  或  $ns^2$  的元素一定是为金属元素
2. 下列说法正确的是( )
- A. 最外层电子排布式为  $ns^2$  的基态原子所对应元素一定位于 II A 族
- B. 元素原子的价电子一定是最外层电子
- C. 第四周期中 d 区元素的原子一定都有 d 轨道电子
- D. 基态原子价电子排布式为  $ns^n np^n$  的元素一定是金属元素

### 学习体验

### 素养形成

#### 探究学习 ① 核外电子排布与周期的划分



鲍林近似能级图

请根据 1~36 号元素原子的核外电子排布, 参照鲍林近似能级图及元素周期表, 尝试分析原子核外电子排布与元素周期表中周期划分的内在联系。

- 鲍林近似能级图的依据是什么?
- 周期的划分与鲍林的近似能级组有何关系?
- 每一周期各容纳几种元素? 有何规律?
- 周期序数与什么有关? (从基态原子的核外电子排布角度分析)

## 归纳总结

1. 周期的划分与能级组有关。
2. 一个能级组对应一个周期,一个能级组所容纳的最多电子数等于一个周期所包含的元素种数,每个周期所含元素种数恰好是该能级所含的原子轨道数目的2倍,即从第1周期到第7周期所包含元素种数分别为2、8、8、18、18、32、32。

## 典例解析

**【例1】**元素原子的核外电子排布决定了元素在元素周期表中的位置,已知某元素原子的核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$ ,则该元素所处的周期是( )

- A. 第2周期                      B. 第3周期  
C. 第4周期                      D. 第6周期

**解析:**该元素原子有4个电子层容纳电子,属于第4周期。

**答案:**C

## 拓展训练

1. 第114号元素是一种人工合成的放射性化学元素,推测此元素在周期表中的位置为( )  
A. 第8周期ⅢA族      B. 第6周期ⅤA族  
C. 第7周期ⅣB族      D. 第7周期ⅣA族

## 探究学习(二) 核外电子排布与族的划分

根据教材附录中的“元素周期表”,思考以下问题:

1. 主族元素原子价电子排布与过渡元素原子价电子排布有什么区别?
2. 同一主族元素原子的价电子排布有什么特点? 主族序数与价电子数有何关系?
3. 同一族过渡元素原子的价电子排布有什么特点? 过渡元素原子的族序数与其价电子数有何关系?

## 归纳总结

1. 族的划分与核外电子排布的关系  
族的划分取决于原子的价电子数目和排布。同族元素的价电子数目和排布相同。
2. 各族元素的价电子排布  
主族元素  $\left\{ \begin{array}{l} \text{价电子排布: } ns^{1-2} \text{ 或 } ns^2 np^{1-5} \\ \text{族序数} = \text{价电子数} \end{array} \right.$   
过渡元素  $\left\{ \begin{array}{l} \text{价电子排布: } (n-1)d^{1-10} ns^{1-2} \\ \text{族序数} \left\{ \begin{array}{l} \text{ⅢB} \sim \text{ⅦB: 族序数} = \text{价电子数} \\ \text{ⅠB} \sim \text{ⅡB: 族序数} = ns \text{ 电子数} \end{array} \right. \end{array} \right.$   
稀有气体元素价电子排布: $ns^2 np^6$ (其中He为 $1s^2$ )

## 典例解析

**【例2】**某元素+3价离子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$ ,则该元素在周期表中的位置为( )

- A. ⅤB族      B. ⅢB族      C. Ⅷ族      D. ⅤA族

**解析:**由离子的电子排布式可推出该原子的电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$ ,为Ⅷ族。

**答案:**C

## 拓展训练

2. 满足下列条件之一的是哪一族或哪一种元素?  
(1)最外层电子具有6个p电子:\_\_\_\_\_。  
(2)次外层d轨道全满,最外层有1个s电子:\_\_\_\_\_。  
(3)元素的+3价离子和氦原子的电子排布相同:\_\_\_\_\_。  
(4)元素的+2价离子的3d轨道半充满:\_\_\_\_\_。

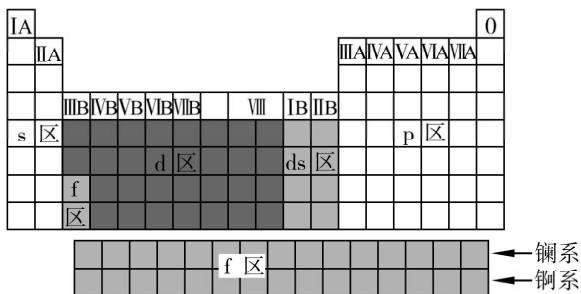
## 探究学习(三) 核外电子排布与元素周期表的分区

1. 观察元素周期表中各族元素的价电子排布,尝试根据价电子排布的特点将元素周期表分区划分。
2. 讨论s区、p区、d区元素的价电子排布特点。

3. 各区元素的价电子排布与各区元素的性质有何关系?

归纳总结

1. 元素周期表分区图



2. s、p、d 区元素位置、价电子排布及性质特点

分区	元素位置	价电子排布式	元素种类及性质特点
s 区	I A 族、II A 族	$ns^{1-2}$	原子的核外电子最后排布在 $ns$ 能级上, 属于活泼金属 (氢除外), 为碱金属和碱土金属
p 区	III A ~ VII A 族及 0 族元素	$ns^2 np^{1-6}$	原子的核外电子最后排布在 $np$ 能级上, 为非金属和少数金属
d 区	III B ~ VII B 族 (镧系、锕系除外) 以及 VIII 族	$(n-1)d^{1-9} ns^{1-2}$ (钪除外)	原子的核外电子最后排布在 $(n-1)d$ 上, 为过渡金属

典例解析

【例 3】写出原子序数分别为 33、52 两种元素原子的电子排布, 并判断它们在周期表中的位置 (区、周期、族) 及元素名称。

答案: 33 号:  $[\text{Ar}]3d^{10}4s^24p^3$ , p 区, 第 4 周期 VA 族, 砷 (As); 52 号:  $[\text{Kr}]4d^{10}5s^25p^4$ , p 区, 第 5 周期 VIA 族, 碲 (Te)。

拓展训练

3. X、Y、Z、W 是元素周期表前四周期中的常见元素, 且原子序数依次增大。其相关信息如下表:

元素	相关信息
X	X 的基态原子核外有 2 个单电子
Y	Y 的基态原子最外层电子排布式为 $ns^n np^{n+2}$
Z	Z 存在质量数为 23、中子数为 12 的核素
W	W 有多种化合价, 其白色氢氧化物在空气中会迅速变成灰绿色, 最后变成红褐色

(1) W 位于元素周期表第 \_\_\_\_\_ 周期 \_\_\_\_\_ 族, 其基态原子最外层有 \_\_\_\_\_ 个电子, 价电子排布式为 \_\_\_\_\_。

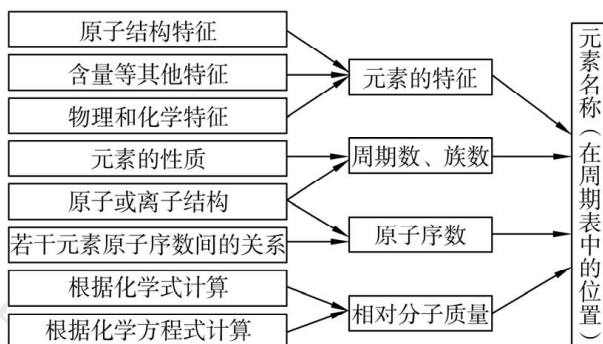
(2) X 和 Y 的气态氢化物中, 较稳定的是 \_\_\_\_\_ (写化学式)。

(3) 写出表格中描述的关于 W 元素变化的化学方程式: \_\_\_\_\_。

(4) 在 25℃、101 kPa 下, 已知 11.5 g 的 Z 固体单质在  $\text{Y}_2$  气体中完全燃烧, 放热  $a$  kJ, 该反应的热化学方程式是 \_\_\_\_\_。

思维建模

元素推断题的一般思维过程



分层训练 素养提升

学习·理解

- M 元素的基态原子, 其最外层的 p 能级电子数等于所有 s 能级电子数之和的一半, 则 M 可能是 ( )  
A. Li    B. Be    C. S    D. Ar
- 当基态原子的第 6 电子层只有 2 个电子时, 原子的第 5 电子层的电子数 ( )  
A. 肯定为 8 个    B. 肯定为 18 个  
C. 肯定为 8~18 个    D. 肯定为 8~32 个
- 已知元素原子的下列结构或性质, 能确定其在周期表中位置的是 ( )  
A. 某元素原子的第 2 电子层电子排布图为  $\uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow$   
B. 某元素在某种化合物中的化合价为 +4  
C. 某元素的原子最外层上电子数为 6  
D. 某元素的价电子排布式为  $5s^2 5p^1$

4. (不定项)若某原子在处于能量最低状态时,价电子排布为  $4d^1 5s^2$ ,则下列说法正确的是( )
- A. 该元素原子处于能量最低状态时,原子中共有 3 个未成对电子
- B. 该元素原子核外共有 10 个能级
- C. 该元素原子的 M 电子层共有 18 个电子
- D. 该元素原子最外层共有 1 个电子,位于 ds 区
5. 具有下列电子层结构的原子,其对应的元素一定属于同一周期的是( )
- A. 两种元素原子的电子层上全部都是 s 电子
- B. 3p 能级上只有 1 个空轨道的原子和 3p 能级上只有 1 个未成对电子的原子
- C. 最外层电子排布为  $2s^2 2p^6$  的原子和最外层电子排布为  $2s^2 2p^6$  的离子
- D. 原子核外的 M 层上的 s、p 能级上都填满了电子而 d 轨道未排电子的两种原子
6. 元素 X、Y、Z 在周期表中的相对位置如图所示,已知 Y 元素原子的价电子排布为  $ns^{(n-1)} np^{(n+1)}$ ,则下列说法不正确的是( )

		X
	Y	
Z		

- A. Y 元素基态原子的价电子排布为  $4s^2 4p^4$
- B. Y 元素在周期表的第 3 周期 VI A 族
- C. X 元素所在周期中所含非金属元素最多
- D. Z 元素基态原子的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$

### 应用·实践

7. (1)X 原子在第二电子层上只有一个空轨道,则 X 是\_\_\_\_\_;其轨道表示式为\_\_\_\_\_。
- (2)R 原子的 3p 轨道上只有一个未成对电子,则 R 原子可能是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_,其中原子半径较大的是\_\_\_\_\_。
- (3)Y 原子的核电荷数为 34,其价电子排布为\_\_\_\_\_,其在元素周期表中的位置为\_\_\_\_\_,属于\_\_\_\_\_ (填“金属”或“非金属”)元素。
8. 下表是元素周期表的一部分,表中所列的字母分别代表一种元素。结合元素周期表回答下列问题:

	C	D																			
	L																				

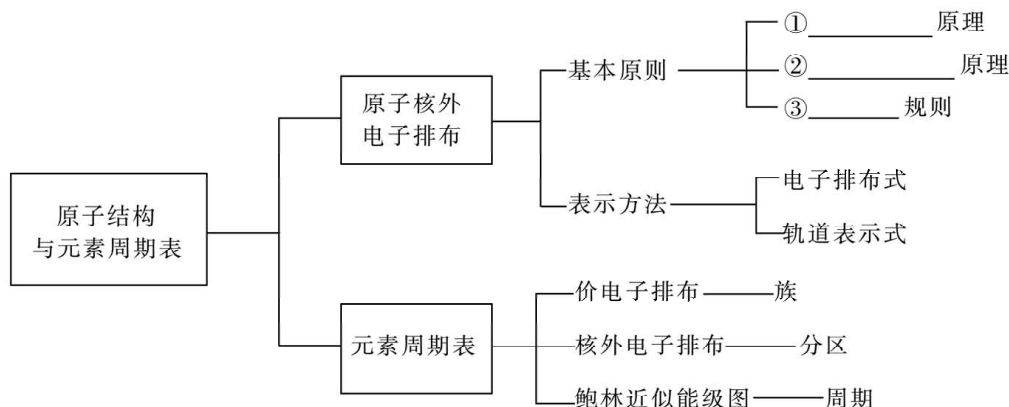
- (1)写出基态时 J 元素原子的价电子排布式:\_\_\_\_\_,N 元素原子的价电子排布式:\_\_\_\_\_。
- (2)下列关于元素在元素周期表中的位置以及元素原子的价电子排布特点的有关叙述不正确的是\_\_\_\_\_ (填序号)。
- A. L 位于元素周期表中第 5 周期 I A 族,属于 s 区元素
- B. O 位于元素周期表中第 7 周期 VIII 族,属于 d 区元素
- C. M 的价电子排布式为  $6s^1$ ,属于 ds 区元素
- D. F 所在族的价电子排布式为  $ns^2 np^2$ ,属于 p 区元素
- (3)某元素 +2 价离子的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$ ,则该元素位于\_\_\_\_\_族。
- (4)根据鲍林能级图,I 元素原子核外电子最高能级组的电子占有\_\_\_\_\_个轨道。
9. 原子结构与元素周期表存在着内在联系。根据已学知识,请你回答下列问题:
- (1)指出 31 号元素镓(Ga)在元素周期表中的位置:\_\_\_\_\_周期\_\_\_\_\_族。
- (2)写出 3p 轨道上有 2 个未成对电子的元素符号:\_\_\_\_\_。
- (3)被誉为“21 世纪的金属”的钛(Ti)元素原子的价电子排布式为\_\_\_\_\_。
- (4)某元素被科学家称之为人体微量元素中的“防癌之王”,其原子的价电子排布式为  $4s^2 4p^4$ ,该元素的名称是\_\_\_\_\_。
- (5)日常生活中广泛应用的不锈钢,在其生产过程中添加了某种元素,该元素的价电子排布式为  $3d^5 4s^1$ ,该元素的名称为\_\_\_\_\_。

### 迁移·创新

10. 化学作为一门基础自然科学,在材料科学、生命科学、能源科学等诸多领域发挥着重要作用。
- (1)高温超导材料钇钡铜氧的化学式为  $YBaCu_3O_7$ ,其中  $\frac{1}{3}$  的 Cu 以罕见的  $Cu^{3+}$  形式存在。Cu 在元素周期表中的位置为\_\_\_\_\_,基态  $Cu^{3+}$  的核外电子排布式为\_\_\_\_\_。
- (2)磁性材料在生活和科学技术中应用广泛。研究表明,若构成化合物的阳离子有未成对电子时,则该化合物具有磁性。下列物质适合做录音磁带磁粉原料的为\_\_\_\_\_ (填序号)。
- A.  $V_2O_5$     B.  $CrO_2$     C.  $PbO$     D.  $ZnO$

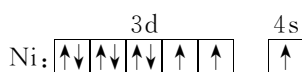
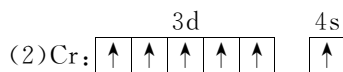


本书建构整合

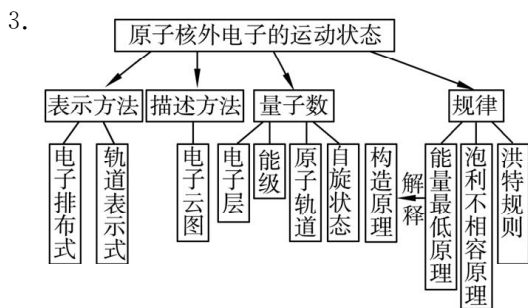


教材习题答案

1. (1) B:  $1s^2 2s^2 2p^1$  S:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$   
 Fe:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$



2. 违反泡利不相容原理: (1)(4)。  
 违反洪特规则: (2)(3)。



4. (1) 第2电子层s能级或者第2电子层s轨道。  
 (2) 第2电子层p轨道上有三个电子。  
 (3) 第3电子层沿X轴方向伸展的p轨道有1个电子。

5. (1) 根据构造原理, 3d 能量高于 4s, 电子优先排到 4s。  
 (2) 基态铬原子的 3d 轨道为半充满状态, 体系的能量较低, 原子较稳定。  
 (3) 根据洪特规则, 基态原子的核外电子在能量相同的各个原子轨道排布时, 将尽可能分占不同原子轨道, 且自旋方向相同, 从而使能量最低。  
 (4) 由鲍林近似能级图可知, 将能量相近的原子轨道划为同一能级组, 对应一个周期。第 2、3 周期所对应的能级组为  $nsnp$ , 最多容纳 8 个电子, 则元素种类为 8; 第 4、5 周期所对应的能级组为  $ns(n-1)dnp$ , 最多容纳 18 个电子, 则元素种类为 18; 第 6、7 周期所对应的能级组为  $ns(n-2)f(n-1)dnp$ , 最多容纳 32 个电子, 则元素种类为 32。

6. C 7. C

8. (1) 氮元素; 第 2 周期 V A 族;  $1s^2 2s^2 2p^3$ 。

(2) p 区;  $3p; 6$ 。



(4) 4; 16。

## 第3节 元素性质及其变化规律

### 瞄准课标 靶向学习

课标内容要求	课标学业要求
1. 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。 2. 知道原子核外电子排布呈现周期性变化是导致元素性质周期性变化的原因。	1. 能说出元素电离能、电负性的含义,能描述主族元素第一电离能、电负性变化的一般规律,能从电子排布的角度对这一规律进行解释。 2. 能说明电负性大小与原子在化合物中吸引电子能力的关系。能利用电负性判断元素的金属性和非金属性的强弱,推测化学键的极性。 3. 能说明建构思维模型在人类认识原子结构过程中的重要作用,能论证证据与模型建立及其发展之间的关系。 4. 能简要说明原子核外电子运动规律的理论探究对研究元素性质及其变化规律的意义。

### 第1课时 原子半径和元素的第一电离能及其变化规律

#### 走进新知 素养初探

#### 预习导读

阅读教材,回答下列问题:

1. 原子半径和经典意义上的半径相同吗?

2. 如何测定原子半径?

(1) 人们假定原子是一个 \_\_\_\_\_, 并采用 \_\_\_\_\_ 来测定原子半径。

(2) 常用的测定方法有哪两种?

利用其中一种方法测得的原子半径有三种, 分别是 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

3. 结合教材图 1-3-2, 总结归纳原子半径的变化规律, 并尝试从原子结构方面分析原因。

4. 电离能的定义、意义、符号、单位、分类。

5. 电离能的变化规律, 并尝试从结构上分析原因。

(1) 同种元素不同级电离能的变化规律?

(2) 同周期元素第一电离能的变化规律?

(3) 同主族元素第一电离能的变化规律?

#### 自主检测

1. 比较下列各组中微粒的半径的大小(用“>”“<”或“=”填空)。

(1) Mg \_\_\_\_\_ Ba; (2) Ca \_\_\_\_\_ K;

(3) S \_\_\_\_\_ S<sup>2-</sup>; (4) F<sup>-</sup> \_\_\_\_\_ Na<sup>+</sup>。

2. (1) Na、Mg、Al 三元素的第一电离能由大到小的顺序为 \_\_\_\_\_。

(2) K、Na、P、Cl 四元素中, 第一电离能最小的是 \_\_\_\_\_。

(3) 某元素  $I_2 \gg I_1$ , 该元素易呈 \_\_\_\_\_ 价。

## 素养形成

### 学习体验

## 探究学习(一) 原子半径及其变化规律

### 1. 原子半径的变化规律

变化规律		原因分析
同周期	主族元素	
	过渡元素	
同主族		

### 2. 半径大小比较(判断半径大小并说明原因)

(1) 电子层数不同的不同原子: Ca \_\_\_\_\_ Sc。

(2) 核外电子排布相同的不同离子: Na<sup>+</sup> \_\_\_\_\_ Al<sup>3+</sup>。

(3) 同主族不同元素的原子或离子: Sn<sup>2+</sup> \_\_\_\_\_ Pb<sup>2+</sup>。

(4) 同一元素的不同微粒: Fe<sup>2+</sup> \_\_\_\_\_ Fe<sup>3+</sup>。

### 方法导引

#### 判断单核微粒半径大小的规律

(1) “首先看层”: 一般来说, 电子层数越多, 半径越大。

同主族, 从上到下, 电子层数递增, 原子或同价态离子半径均增大。

(2) “同层看核”: 电子层数相同的, 核电荷数越大, 半径越小。

① 同周期, 从左到右, 原子半径依次减小。

② 电子层结构相同的离子, 随核电荷数增大离子半径减小, 如  $r(\text{S}^{2-}) > r(\text{Cl}^-) > r(\text{K}^+) > r(\text{Ca}^{2+})$ 。

(3) “同核看数”: 同种元素的不同微粒, 核外电子数越多半径越大。

① 阳离子半径小于对应的原子半径, 阴离子半径大于对应的原子半径, 如  $r(\text{Na}^+) < r(\text{Na}), r(\text{S}) < r(\text{S}^{2-})$ 。

② 不同价态的同种元素的离子, 核外电子多的半径大, 如  $r(\text{Fe}^{2+}) > r(\text{Fe}^{3+}), r(\text{Cu}^+) > r(\text{Cu}^{2+})$ 。

**注意:** (1) 不同周期不同主族元素原子半径比较: 找出其中一种元素的同主族元素作为参照进行比较, 如比较 P 与 F 原子半径的大小, 可引入 N 元素, 可通过原子半径  $P > N > F$  来比较。

(2) 对于离子的半径比较: 要借助于电子层结构

相同的离子半径和元素周期律进行判断。

### 典例解析

**【例 1】** 下列微粒半径大小比较错误的是( )

A.  $\text{K} > \text{Na} > \text{Li}$

B.  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Al}^{3+}$

C.  $\text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{F}^-$

D.  $\text{Cl}^- > \text{F}^- > \text{F}$

**解析:** 同主族, 由上到下微粒半径逐渐增大, A 项正确; 核外电子排布相同的微粒, 核电荷数越大, 微粒半径越小, B 项正确; C 项应该为  $\text{F}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+}$ ; D 项可引入 Cl, 顺序为  $\text{Cl}^- > \text{Cl} > \text{F}^- > \text{F}$ , 正确。

**答案:** C

### 拓展训练

1. 下列微粒半径的比较中, 不正确的是( )

A. 价电子排布式为  $3s^1$  的元素的原子半径大于价电子排布式为  $3s^2 3p^1$  的元素的原子半径

B. 结构示意图为  $(+16) \begin{matrix} 2 \\ 8 \\ 6 \end{matrix}$  的元素的原子半径大

于结构示意图为  $(+15) \begin{matrix} 2 \\ 8 \\ 5 \end{matrix}$  的元素的原子半径

C. 质子数为 17 的元素的原子半径大于质子数为 9 的元素的原子半径

D. 价电子排布式为  $3s^2 3p^6$  的阴离子半径大于价电子排布式为  $3s^2 3p^6$  的阳离子半径

## 探究学习(二) 电离能及其变化规律

### 电离能的变化规律

下表是第 2 周期元素的第一电离能数据:

元素	第一电离能/ ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	元素	第一电离能/ ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )
Li	520.3	N	1 402.3
Be	899.5	O	1 314.0
B	800.6	F	1 681.0
C	1 086.4	Ne	2 080

(1) 将上表数据, 分别以原子序数和第一电离能为横、纵坐标画一草图。

(2) 讨论从 Li 到 Ne, 第一电离能变化的总趋势。

(3) 试从电子排布解释所绘图中两处反常现象。

### 归纳总结

#### 1. 影响电离能的因素及变化规律

电离能数值的大小主要取决于原子的核电荷数、原子半径及原子的核外电子排布。

##### (1) 核电荷数、原子半径对电离能的影响

① 同周期元素具有相同的电子层数, 从左到右核电荷数增大, 原子半径减小,  $I_1$  总体上有增大的趋势(而非逐渐增大, 因IIA族、VA族元素出现特殊情况)。碱金属元素的  $I_1$  最小, 稀有气体元素的  $I_1$  最大。

② 同主族元素从上到下, 原子半径增大起主要作用, 元素的  $I_1$  逐渐减小。

##### (2) 核外电子排布对电离能的影响

① 某原子或离子具有全充满、半充满、全空的电子排布时, 电离能较大。如IIA族元素、VA族元素比同周期左右相邻元素的  $I_1$  都大, 这是因为IIA族的元素原子的最外层原子轨道为  $ns^2$  全充满、 $np^0$  全空的稳定状态, VA族的元素原子的最外层原子轨道为  $ns^2$  全充满、 $np^3$  半充满的稳定状态。各周期稀有气体元素的  $I_1$  最大, 原因是稀有气体元素的原子各轨道具有全充满的稳定结构。

② 通常情况下, 元素的电离能逐级增大。因为离子的电荷正值越来越大, 离子半径越来越小, 所以失去这些电子逐渐变难, 需要的能量越来越高。

③ 当相邻逐级电离能突然变大时, 说明电子的电子层发生了变化, 即同一电子层中电离能相近, 不同电子层中电离能有很大的差距。

#### 2. 电离能的应用

##### (1) 比较元素金属性的强弱

一般情况下, 元素的第一电离能越小, 元素的金属性越强。

##### (2) 确定元素原子的核外电子排布

由于电子是分层排布的, 内层电子比外层电子难失去, 因此元素的电离能会发生突变。

##### (3) 确定元素的化合价

如果  $\frac{I_{n+1}}{I_n} \gg \frac{I_n}{I_{n-1}}$ , 即电离能在  $I_n$  与  $I_{n+1}$  之间发生突变, 则元素的原子易形成  $+n$  价离子, 并且主族元素的最高化合价为  $+n$  价(或只有  $+n$  价、0 价)。某元素的逐级电离能, 若  $I_2 \gg I_1$ , 则该元素通常显

$+1$  价; 若  $I_3 \gg I_2$ , 则该元素通常显  $+2$  价; 若  $I_4 \gg I_3$ , 则该元素通常显  $+3$  价。过渡元素的价电子数较多, 且各级电离能之间相差不大, 所以常表现多种化合价。如锰元素通常有  $+2 \sim +7$  多种化合价。

### 典例解析

【例2】下列说法正确的是( )

- A. 第3周期所含的元素中钠的第一电离能最小  
B. 铝的第一电离能比镁的第一电离能大  
C. 在所有元素中, 氟的第一电离能最大  
D. 钾的第一电离能比镁的第一电离能大

**解析:** 同周期中碱金属元素的第一电离能最小, 稀有气体最大, 故A项正确, C项错误。由于镁的核外电子排布为  $3s^2$ , 属全充满结构, 原子的能量较低, 具有相对较大的第一电离能; 而铝的核外电子排布为  $3s^2 3p^1$ , 原子的能量较高, 具有相对较小的第一电离能, 故B项错误。D项中钾比镁更易失电子, 钾的第一电离能小于镁的, 故D项错误。

**答案:** A

### 拓展训练

2. 四种基态原子的电子排布式如下, 其中电离能最大的元素是( )

- A.  $1s^2 2s^2 2p^5$                       B.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$   
C.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$                 D.  $1s^2 2s^2 2p^6$

3. (1) 元素 Mn 与 O 中, 第一电离能较大的是\_\_\_\_\_。元素铜与镍的第二电离能分别为:  $I_{Cu} = 1958 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $I_{Ni} = 1753 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,  $I_{Cu} > I_{Ni}$  的原因是\_\_\_\_\_。

(2) 根据元素周期律, 原子半径: Ga \_\_\_\_\_ As, 第一电离能: Ga \_\_\_\_\_ As。(均填“大于”或“小于”)

(3) N、O、S 中第一电离能最大的是\_\_\_\_\_ (填元素符号)。

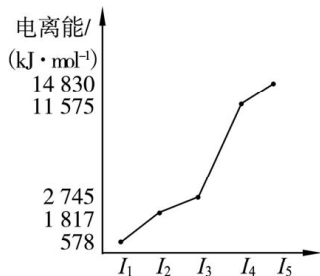
### 分层训练

### 素养提升

#### 学习·理解

1. 下列微粒的半径的大小比较不正确的是( )
- A.  $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Al}$                       B.  $\text{F} < \text{Cl} < \text{Br}$   
C.  $\text{Fe} > \text{Fe}^{2+} > \text{Fe}^{3+}$                 D.  $\text{Cl}^- < \text{K}^+ < \text{Cu}^{2+}$

2. 某元素 X 的逐级电离能如图所示, 下列说法正确的是 ( )



- A. X 元素可能为 +4 价  
 B. X 可能为非金属  
 C. X 为第 5 周期元素  
 D. X 与氯反应时最可能生成的阳离子为 X<sup>3+</sup>
3. 元素 X 形成的离子与钙离子的核外电子排布相同, 且 X 的离子半径小于负二价硫离子的半径。X 元素为 ( )  
 A. Al      B. P      C. Ar      D. K
4. 下列各组元素的递变情况错误的是 ( )  
 A. Li、Be、B 原子最外层电子数依次增多  
 B. P、S、Cl 元素最高正价依次升高  
 C. N、O、F 原子半径依次减小  
 D. Na、K、Rb 第一电离能逐渐增大
5. 下列关于电离能的叙述中, 错误的是 ( )  
 A. 金属的活动性顺序与相应的第一电离能的大小顺序是一致的  
 B. 气态原子或离子失去一个电子所需要的最小能量叫作电离能  
 C. 电离能是表示离子或原子失去电子难易程度的物理量  
 D. 同周期元素原子的第一电离能从左到右总体上呈增高趋势
6. (不定项) 已知短周期元素的离子  ${}_aA^{2+}$ 、 ${}_bB^{3+}$ 、 ${}_cC^{3-}$ 、 ${}_dD^{2-}$  都具有相同的电子层结构, 则下列叙述正确的是 ( )  
 A. 原子半径:  $A > B > D > C$   
 B. 原子序数:  $d > c > b > a$   
 C. 离子半径:  $C^{3-} > D^{2-} > A^{2+} > B^{3+}$   
 D. 基态原子的第一电离能:  $C > D > A > B$

应用·实践

7. 下列四种元素中, 第一电离能由大到小顺序正确的是 ( )  
 ① 原子含有未成对电子最多的第 2 周期元素  
 ② 电子排布为  $1s^2$  的元素    ③ 周期表中电负性最

强的元素    ④ 原子最外层电子排布为  $3s^2 3p^4$  的元素

- A. ②③①④      B. ③①④②  
 C. ①③④②      D. 无法比较

8. 处于相邻两个周期的主族元素 A、B、C、D, 它们的原子序数依次增大; A 的离子和 D 的离子的电子层相差两层, 且能形成 AD<sub>2</sub> 型离子化合物; B 的离子带 3 个单位正电荷; C 的气态氢化物分子式为 H<sub>2</sub>C, C 在它的最高价氧化物中的质量分数是 40%, 原子核中有 16 个中子。

(1) 写出 A、B、C、D 的元素符号: A \_\_\_\_\_、B \_\_\_\_\_、C \_\_\_\_\_、D \_\_\_\_\_。

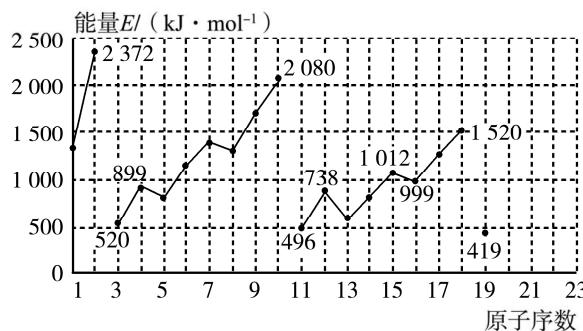
(2) B、C、D 的第一电离能由大到小的顺序为 \_\_\_\_\_ (填元素符号)。

9. (1) Z 元素的基态原子的 M 层与 K 层电子数相等, Z 所在周期中第一电离能最大的主族元素是 \_\_\_\_\_。

(2) b、c、d 是短周期元素, 原子序数依次增大。b 的价电子层中的未成对电子有 3 个, c 的最外层电子数为其内层电子数的 3 倍, d 与 c 同族。b、c、d 中第一电离能最大的是 \_\_\_\_\_ (填元素符号)。

迁移·创新

10. 不同元素的气态原子失去最外层一个电子所需要的能量 (设其为 E) 如下图所示。试根据元素在元素周期表中的位置, 分析图中曲线的变化特点, 并回答下列问题:



- (1) 同主族内不同元素的 E 值变化特点是 \_\_\_\_\_。  
 各主族中 E 值的这种变化特点体现了元素性质的 \_\_\_\_\_ 变化规律。
- (2) 同周期内, 随原子序数增大, E 值增大, 但个别元素的 E 值出现反常现象。试预测下列关系正确的是 \_\_\_\_\_ (填写编号)。

- ① $E(\text{砷}) > E(\text{硒})$  ② $E(\text{砷}) < E(\text{硒})$   
 ③ $E(\text{溴}) > E(\text{硒})$  ④ $E(\text{溴}) < E(\text{硒})$   
 (3) 估计 1 mol 气态 Ca 原子失去最外层一个电子所需能量  $E$  的范围: \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} <$

- $E <$  \_\_\_\_\_  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。  
 (4) 分析 10 号元素  $E$  值较大的原因: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_。

## 第 2 课时 元素的电负性及其变化规律

### 走进新知

### 素养初探

#### 预习导读

#### 电负性及其变化规律

阅读教材,并回答下列问题:

#### 1. 电负性

(1) 定义

(2) 意义

(3) 数值

#### 2. 元素电负性的变化规律

(1) 同周期元素电负性的变化规律?

(2) 同主族元素电负性的变化规律?

#### 3. 元素电负性的应用

(1) 利用电负性数据如何判断元素种类?

(2) 利用电负性数据如何判断元素化合价的正负?

(3) 利用电负性数据如何判断化学键的性质?

4. 结合教材第 27 页“交流·研讨”栏目,讨论归纳,随原子序数的递增,元素的原子半径、第一电离能和电负性的递变规律的异同。

#### 自主检测

1. 下列说法不正确的是( )  
 A. I A 族元素的电负性从上到下逐渐减小,而

- VII A 族元素的电负性从上到下逐渐增大  
 B. 电负性的大小可以作为衡量元素的金属性和非金属性强弱的尺度  
 C. 元素的电负性越大,表示其原子在化合物中吸引电子的能力越强  
 D. NaH 的存在能支持可将氢元素放在 VII A 族的观点  
 2. 下列各元素的电负性按由大到小的顺序排列正确的是( )  
 A.  $K > Na > Li$                       B.  $F > O > S$   
 C.  $As > P > N$                         D.  $C > N > O$   
 3. 已知 X、Y 元素同周期,且电负性  $X > Y$ ,下列说法错误的是( )  
 A. 第一电离能 Y 可能小于 X  
 B. 气态氢化物的稳定性:  $H_m Y$  强于  $H_n X$   
 C. 若 X 和 Y 均能形成最高价含氧酸,则其酸性: X 对应的酸性强于 Y 的  
 D. X 和 Y 形成化合物时, X 显负价, Y 显正价

### 学习体验

### 素养形成

#### 探究学习 一 电负性及其变化规律

#### 1. 电负性

(1) 定义:元素的原子在化合物中\_\_\_\_\_能力的标度。

(2) 意义:元素的电负性越大,表示其原子在化合物中吸引电子的能力越\_\_\_\_\_;反之,电负性越小,相应原子在化合物中吸引电子的能力越\_\_\_\_\_。

(3) 标准:以氟的电负性为\_\_\_\_\_作为标准,得出各元素的电负性。

#### 2. 电负性的变化规律

	变化规律	原因分析
同一周期		
同一主族		

## 3. 电负性的应用

(1) 判断元素种类。

(2) 比较元素金属性、非金属性强弱。

(3) 判断化合物中元素化合价的正负。

(4) 判断化学键类型。

## 方法导引

## 1. 电负性大小比较

(1) 同一周期, 从左到右, 元素的电负性逐渐增大。

(2) 同一主族, 自上而下, 元素的电负性逐渐减小。

(3) 电负性大的元素集中在周期表的右上角(稀有气体除外), 电负性小的元素集中在周期表的左下角(钫是放射性元素, 除外)。

(4) 同一副族, 自上而下, 元素的电负性大体上呈逐渐减小的趋势。

## 2. 电负性数值的应用

(1) 判断元素的类别

通常, 电负性小于 2 的元素大部分是金属元素, 电负性大于 2 的元素大部分是非金属元素。

(2) 判断元素的性质

非金属元素的电负性越大, 非金属元素越活泼; 金属元素的电负性越小, 金属元素越活泼。

(3) 判断化合物中元素化合价的正负

在化合物中, 电负性大的元素易呈现负价, 电负性小的易呈现正价。

(4) 利用元素的电负性差值可以判断化学键的类型

电负性差值大的元素原子之间主要形成离子键, 电负性差值小或相同的非金属元素的原子之间主要形成共价键。(通常把差值 1.7 作为界线)

## 3. 元素的化合价

(1) 决定因素: 元素的化合价与原子的核外电子排布特别是价电子排布有着密切关系。

(2) 规律

① 除Ⅷ族的某些元素和 0 族外, 元素的最高正价数 = 族序数。

② 非金属元素的最高化合价和它的负化合价的绝对值之和 = 8(氢、氟、氧除外)。

③ 一般过渡元素具有多种价态。

(3) 利用电离能和电负性进行判断

利用电负性判断化合价的正负, 利用某元素不同级电离能分析化合价的数值。

## 典例解析

**【例题】**美国化学家鲍林(L. Pauling)首先提出了电负性的概念。电负性也是元素的一种重要性质, 电负性越大, 其原子吸引电子的能力越强, 在所形成的分子中成为带负电荷的一方。下表给出的是原子序数小于 20 的 16 种元素的电负性数值:

元素	H	Li	Be	B	C	N	O	F
电负性	2.1	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
元素	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K
电负性	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0	0.8

请仔细分析, 试回答下列问题。

(1) 根据表中所给数据分析推测:

同主族的不同元素的电负性变化的规律是\_\_\_\_\_;

同周期中, 电负性与原子半径的关系为\_\_\_\_\_。

(2) 预测周期表中电负性最大的元素应为\_\_\_\_\_(填元素符号); 估计钙元素的电负性的取值范围为\_\_\_\_\_ < Ca < \_\_\_\_\_。

(3) 预测周期表中, 电负性最小的元素位于第\_\_\_\_\_周期\_\_\_\_\_族(放射性元素除外), 其基态原子核外电子排布式可表示为\_\_\_\_\_, 与氯形成的化合物化学式为\_\_\_\_\_, 属于\_\_\_\_\_(填“离子”或“共价”)化合物。

**解析:**(1) 由题给信息可知: 元素的非金属性越强, 则元素的电负性越大; 元素金属性越强, 则元素的电负性越小。所以同主族元素, 从上至下, 电负性逐渐变小; 同周期元素的电负性随原子半径的减小而增大。

(2) 周期表中氟元素的非金属性最强, 所以氟的电负性最大; 由于元素金属性强弱为  $K > Ca > Mg$ , 所以 Ca 的电负性的取值范围为 0.8~1.2。

(3)电负性越小,元素的金属性越强,周期表中金属性最强的元素为Cs,它位于周期表中第6周期的IA族。其基态原子核外电子排布式为 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^1$ 。铯与氯形成的化合物为CsCl,Cs的电负性小于0.8,氯的电负性为3.0,其差值为 $3.0 - 0.8 = 2.2 > 1.7$ ,属于离子化合物。

**答案:**(1)核电荷数越大,电负性越小 原子半径越小,电负性越大 (2)F 0.8 1.2 (3)6 IA  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^6 6s^1$  CsCl 离子

### 拓展训练

- 下列有关电负性的说法中,正确的是( )
  - 主族元素的电负性数值越大,元素原子的第一电离能一定越大
  - 在元素周期表中元素的电负性从左到右越来越大
  - 金属元素的电负性一定小于非金属元素的电负性
  - 在形成化合物时电负性越小的元素越容易显正价
- 元素电负性随原子序数的递增而增大的是( )
  - Na K Rb B. N P As
  - O S Cl D. Si P Cl
- 有短周期A、B、C、D四种元素,A、B同周期,C、D同主族,已知A的阳离子与D的阴离子具有相同的电子层结构,B的阴离子和C的阴离子电子层结构相同,且C离子的核电荷数高于B离子,电负性顺序正确的是( )
  - $A > B > C > D$  B.  $D > C > B > A$
  - $C > D > B > A$  D.  $A > B > D > C$

### 分层训练

### 素养提升

#### 学习·理解

- 下列关于元素电负性的叙述中,正确的是( )
  - 电负性用来表示两个不同原子在形成化学键时吸引电子能力的相对强弱
  - 元素的电负性越大,表明其化合物中该原子吸引电子的能力越弱
  - 同周期元素从左到右,元素的电负性逐渐减小
  - 同主族元素从上到下,元素的电负性逐渐增大
- 利用元素的电负性大小,不能判断出( )
  - 在化合物中元素原子吸引电子能力的相对强弱

- 元素在元素周期表中的准确位置
  - 某元素是金属元素还是非金属元素
  - 元素在化合物中的化合价的正负
- 四种基态原子的电子排布式如下,其中电负性最大的元素是( )
    - $1s^2 2s^2 2p^5$  B.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
    - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$  D.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
  - 下列各元素,最易形成离子化合物的是( )
    - 第3周期第一电离能最小的元素
    - 价层电子构型为 $2s^2 2p^6$ 的原子
    - 2p能级为半满的元素
    - 电负性最大的元素
    - ①② B. ③④ C. ②③ D. ①④
  - 处于同一周期的A、B、C、D四种短周期元素,其气态原子获得一个电子所放出的能量: $A > B > C > D$ 。下列关于A、B、C、D四种元素的说法中,正确的是( )
    - 元素的非金属性依次增强
    - 元素的电负性依次减小
    - 元素的第一电离能依次增大
    - 最高价的大小关系: $A < B < C < D$
  - 在下列空格中,填上适当的元素符号。
    - 在第3周期中,第一电离能最小的元素是\_\_\_\_\_,第一电离能最大的元素是\_\_\_\_\_;电负性最小的元素是\_\_\_\_\_,电负性最大的元素是\_\_\_\_\_;离子半径最小的元素是\_\_\_\_\_。
    - 在元素周期表中,第一电离能最小的元素是\_\_\_\_\_,第一电离能最大的元素是\_\_\_\_\_;电负性最小的元素是\_\_\_\_\_,电负性最大的元素是\_\_\_\_\_。(不考虑放射性元素)
    - $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 中,电负性最高的元素是\_\_\_\_\_,第一电离能最大的是\_\_\_\_\_。
    - C、H、O三种元素的电负性由小到大的顺序为\_\_\_\_\_ < \_\_\_\_\_ < \_\_\_\_\_。

#### 应用·实践

- (不定项)XY是由电负性相差最大的两种主族元素所形成的化合物(放射性元素除外),下列有关XY及其组成元素的说法中,不正确的是( )
  - X元素的第一电离能远大于其第二电离能
  - Y元素的单质中含有共价键



C. Y 元素位于元素周期表的右上角

D. XY 可能是离子化合物,也可能是共价化合物

8. 光催化还原  $\text{CO}_2$  制备  $\text{CH}_4$  反应中,带状纳米  $\text{Zn}_2\text{GeO}_4$  是该反应的良好催化剂。 $\text{Zn}$ 、 $\text{Ge}$ 、 $\text{O}$  电负性由大至小的顺序是\_\_\_\_\_。

9. Q、R、X、Y、Z 五种元素的原子序数依次递增。已知:

①Z 的原子序数为 29,其余的均为短周期主族元素;

②Y 原子价电子(外围电子)排布式为  $ms^mnp^n$ ;

③R 原子核外 L 层电子数为奇数;

④Q、X 原子 p 轨道的电子数分别为 2 和 4。

请回答下列问题:

(1)  $\text{Z}^{2+}$  的核外电子排布式是\_\_\_\_\_。

(2) Q、R、Y 三种元素的第一电离能数值由小到大的顺序为\_\_\_\_\_ (用元素符号作答)。

(3) 五种元素中,非金属元素的电负性由小到大的顺序是\_\_\_\_\_,电负性最大与最小的两种非金属元素形成的化合物是\_\_\_\_\_ (填化学式)。

### 迁移·创新

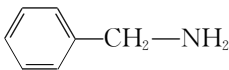
10. 部分元素在一定标度下的电负性数值(X)如表

所示,请依据数据回答下列问题:

元素	Li	Be	B	C	O	F
X	1.0	1.5	2.0	2.5	3.5	4.0
元素	Na	Al	Si	P	S	Cl
X	0.9	1.5	1.8	2.1	2.5	3.0

(1) 通过分析 X 值变化规律,确定 N、Mg 的 X 值范围: \_\_\_\_\_  $< X(\text{Mg}) <$  \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_  $< X(\text{N}) <$  \_\_\_\_\_。

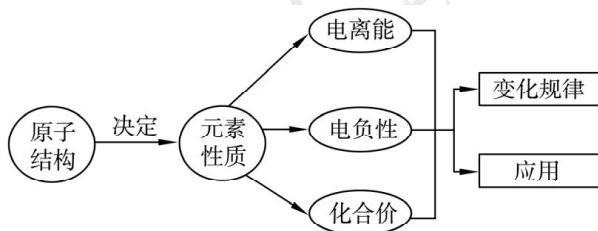
(2) 推测 X 值与原子半径的关系是\_\_\_\_\_ ;短周期元素的 X 值变化特点,体现了元素性质的\_\_\_\_\_ 变化规律。

(3) 某有机化合物结构简式为 - $\text{CH}_2-\text{NH}_2$ , 其中 C—N 中,你认为共用电子对偏向谁? \_\_\_\_\_ (写原子名称)。

(4) 经验规律告诉我们:设成键的两原子相应元素的 X 值的差值为  $\Delta X$ ,当  $\Delta X > 1.7$  时,一般形成离子键;当  $\Delta X < 1.7$  时,一般形成共价键。试推断溴化铝中化学键类型是\_\_\_\_\_。

(5) 预测元素周期表中,X 值最小的元素(放射性元素除外)的位置:\_\_\_\_\_。

### 本节建构整合



### 教材习题答案

1. A 2. C 3. B 4. C

5. (1) 第一电离能  $\text{Mg} > \text{Al} > \text{Na}$ 。

(2) 同一元素随着电子的逐步失去,阳离子的正电荷越来越高,离子半径逐渐减小,核对外层电子的有效吸引逐渐增强,所以同一元素的各级电离能逐级增大。

(3)  $\text{Na}$ 、 $\text{Mg}$ 、 $\text{Al}$  电子层数相同,但随着核电荷数增大,原子核对外层电子的有效吸引作用增强,所以第一电离能:  $\text{Al} > \text{Na}$ ;又由于基态  $\text{Mg}$  原子的 3s 轨道全满,3p 轨道全空,体系能量更低,原子更难失电子,所以  $\text{Mg}$  第一电离能大于  $\text{Al}$ ;  $\text{Na}$  失去 1 个电子变为  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}$  失去 2 个电

子变为  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}$  失去 3 个电子变为  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  最外层均为  $2s^2 2p^6$  稳定结构,再失 1 个电子更难,所以  $\text{Na}$  的第二电离能远大于第一电离能,  $\text{Mg}$  的第三电离能远大于第二电离能,  $\text{Al}$  的第四电离能远大于第三电离能。

6. (1) O、C、H (2) C、H、Si

(3) 极性共价 +1  $\text{BrCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HBrO}$

7. (1) 同周期元素,原子序数递增,电负性递增;同主族元素,原子序数递增,电负性递减;非金属元素电负性大于金属元素电负性。

(2) 前四周期元素中电负性最小的元素是 K,电负性最大的元素是 F,这两种元素形成离子化合物

KF,其电子式为  $\text{K}^+ [:\ddot{\text{F}}:]^-$ 。

(3) 电负性:  $1.5 < \text{Si} < 2.1$ 。

## 微项目 甲醛的危害与去除

### ——利用电负性分析与预测物质性质

#### 项目拆解

随着各种胶黏剂、油漆、涂料的使用,室内污染变得日益严重,室内污染物的种类很多,其中最受关注的莫过于甲醛。因此,了解甲醛的性质以及其对人体健康的危害以及去除方法,就成了十分值得关注的事情。选择这样一个课题作为载体开展微项目的学习,有利于激发学习兴趣,感受化学学习对生活的影响,同时有利于培养科学态度与社会责任的化学学科核心素养。本项目由以下4个环节组成。

#### 【环节1:解释甲醛危害产生的原因】

甲醛对人体健康的危害主要是甲醛和蛋白质发生反应,根据反应的示意图,利用电负性分析反应的过程。

#### 【环节2:环境中甲醛的检测】

由于环境中的甲醛浓度较低,因此在对环境中的甲醛进行检测的过程中可能会遇到反应时间过长,反应变色不明显等情况,本环节是利用较浓的甲醛溶液和甲醛快速检测试剂进行空气中甲醛浓度检测的模拟实验。

#### 【环节3:环境中甲醛的去除】

环境中甲醛的去除具有多种方法,在课上首先联系生活经验和所学知识,发散思维思考问题,说说

可以采取什么样的方法去除空气中的甲醛。在选择化学试剂的过程中,既要利用本节课所强调的内容,分析得出可用胺类、氨、酚类物质对甲醛进行吸收,同时也要从其他角度,例如利用甲醛的还原性来考虑,选择常见的强氧化剂对其进行吸收。

#### 【环节4:项目成果展示】

结合所学内容,总结借助电负性认识与预测有机化合物性质的思路和方法。可以采取利用软件绘制思维导图或者利用相关工具绘制海报的形式,分小组进行展示交流。

#### 项目达标

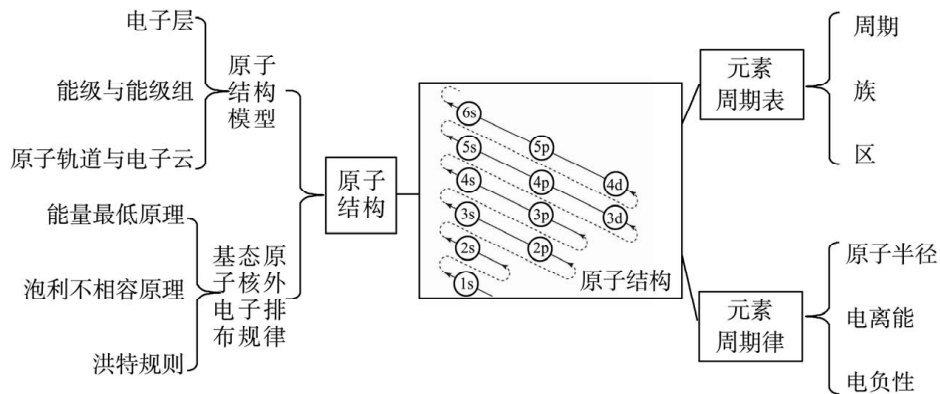
- 组成甲醛的元素中,电负性最大的是\_\_\_\_\_ (填元素符号)。
- 甲醛与有机化合物中氨基的反应既是其致毒原理,也是其防腐原理。在反应过程中,不会生成下列化学键中的\_\_\_\_\_ (填字母)。
 

A. 碳氮键	B. 氧氢键
C. 氮氧键	D. 碳氧键

该反应原理还可用于消除甲醛,如用甲醛与氨反应会生成 $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ (乌洛托品),反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

## 本章总结

#### 本章建构整合



## 教材习题答案

1. B 2. C 3. B 4. B 5. A 6. C 7. A

8. (1) X 为 H, 基态 Q 原子的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$ 。(2) 9 (3) K, Cu (4) 电负性:  $N > C > H$ 。 (5) +2

9. 略

## 本章自我检测

(时间: 45 分钟 分值: 100 分)

## 一、选择题(本题包括 8 小题, 每小题 3 分, 共 24 分。)

每小题只有一个选项符合题意)

1. 在 2p 能级上最多只能排布 6 个电子, 其依据的规律是( )

- A. 能量最低原理  
B. 泡利不相容原理  
C. 洪特规则  
D. 能量最低原理和泡利不相容原理

2. 同周期的三种元素 X、Y、Z, 已知其最高价氧化物对应水化物的酸性强弱为  $HXO_4 > H_2YO_4 > H_3ZO_4$ , 则下列判断错误的是( )

- A. 原子半径:  $Z > Y > X$   
B. 气态氢化物的稳定性:  $HX > H_2Y > ZH_3$   
C. 电负性:  $X > Y > Z$   
D. 第一电离能:  $X > Y > Z$

3. 以下核外电子的表示方法中, 能表示该原子处于能量最低状态且正确的是( )

- A. N:  $\begin{array}{ccc} 1s & 2s & 2p \\ \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \uparrow \square \end{array}$  B. F:  $\begin{array}{ccc} 1s & 2s & 2p \\ \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \uparrow\downarrow \end{array}$   
C. Fe:  $[Ar]3d^5 4s^2$  D. Cu:  $[Ar]3d^{10} 4s^1$

4. 现有四种元素的基态原子的电子排布式如下:

- ①  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ; ②  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ ; ③  $1s^2 2s^2 2p^3$ ; ④  $1s^2 2s^2 2p^5$ 。下列有关比较正确的是( )

- A. 第一电离能: ④ > ③ > ② > ①  
B. 原子半径: ④ > ③ > ② > ①  
C. 电负性: ④ > ③ > ② > ①  
D. 最高正化合价: ④ > ③ = ② > ①

5. 下列说法正确的是( )

- A. 最外层电子排布式为  $ns^2$  的基态原子所对应元素一定位于 II A 族  
B. 最外层电子排布式为  $ns^1$  的基态原子所对应元素一定是金属元素  
C. d 区元素的原子一定都有 d 轨道电子

D. 基态原子价电子排布式为  $ns^n np^n$  的元素一定是金属元素

6. 前四周期元素的基态原子中, 未成对电子数与其所在周期数相同的元素有( )

- A. 3 种 B. 4 种 C. 5 种 D. 6 种

7. 下列关于原子核外电子排布与元素在周期表中位置关系的叙述正确的是( )

- A. 基态原子核外 N 电子层上只有一个电子的元素一定是 IA 族元素  
B. 原子核外价电子排布式为  $(n-1)d^{6-8} ns^2$  的元素一定是副族元素  
C. 基态原子的 p 能级上半充满的元素一定位于 p 区  
D. 基态原子核外价电子排布式为  $(n-1)d^x ns^y$  的元素的族序数一定为  $x+y$

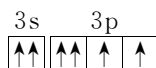
8. 如图为元素周期表中短周期的一部分, 关于 Y、Z、M 的说法正确的是( )

- A. 电负性:  $Y > Z > M$

- B. 离子半径:  $M^- > Z^{2-} > Y^-$

- C.  $ZM_2$  分子中各原子的最外层均满足 8 电子稳定结构

- D. Z 元素基态原子最外层电子的轨道表示式为



## 二、选择题(本题包括 4 小题, 每小题 4 分, 共 16 分。)

每小题有 1~2 个选项符合题意)

9. 下表为元素周期表前四周期的一部分, 下列有关 R、W、X、Y、Z 五种元素的叙述中, 正确的是( )

		X	
W	Y		R
		Z	

- A. W 元素的第一电离能大于 Y 元素的第一电离能

- B. Y、Z 的阴离子电子层结构都与 R 原子的相同  
 C. p 轨道未成对电子最多的是 Z 元素  
 D. X 元素是电负性最大的元素
10. 下列各组中的 X 和 Y 两种原子,在周期表中一定位于同一族的是( )  
 A. X 原子和 Y 原子最外层都只有一个电子  
 B. X 原子的核外电子排布式为  $1s^2$ , Y 原子的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2$   
 C. X 原子 2p 能级上有三个电子, Y 原子的 3p 能级上有三个电子  
 D. X 原子核外 M 层上仅有两个电子, Y 原子核外 N 层上也仅有两个电子
11. 不能说明元素 X 的电负性比元素 Y 的大的是( )  
 A. 与  $H_2$  化合时 X 单质比 Y 单质容易  
 B. X 的最高价氧化物的水化物的酸性比 Y 的最高价氧化物的水化物的酸性强  
 C. X 原子的最外层电子数比 Y 原子的最外层电子数多  
 D. X 单质可以把 Y 从其氢化物中置换出来
12. X、Y、Z、W 是短周期元素, X 元素原子的最外层未达到 8 电子稳定结构, 工业上可通过分离液态空气获得单质; Y 元素原子最外电子层上 s、p 电子数相等; Z 元素 +2 价阳离子的核外电子排布与氖原子相同; W 元素原子的 M 层有 1 个未成对的 p 电子。下列有关这些元素性质的说法一定正确的是( )  
 A. X 元素的氢化物的水溶液显碱性  
 B. Z 元素的离子半径大于 W 元素的离子半径  
 C. Z 元素的单质在一定条件下能与 X 元素的单质反应  
 D. Y 元素最高价氧化物的晶体具有很高的熔点和沸点

### 三、非选择题(本题包括 4 小题,共 60 分)

13. (20 分)下表为元素周期表的一部分,其中编号代表对应的元素。

①																						
	②																			③		
	④																			⑤	⑥	⑦
	⑧																					⑩

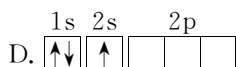
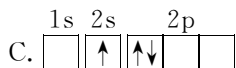
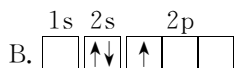
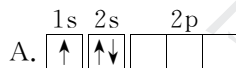
请回答下列问题:

- (1)表中属于 d 区的元素是\_\_\_\_\_ (填序号)。  
 ④⑤⑥⑦⑧ 五种元素形成的简单离子中,离子半径最小的是\_\_\_\_\_ (填离子符号)。

- (2)表中元素①的 6 个原子与元素③的 6 个原子形成的某种环状分子名称为\_\_\_\_\_。  
 (3)某元素原子的价电子排布式为  $ns^n np^{n+1}$ , 该元素原子的最外层上未成对电子数为\_\_\_\_\_; 该元素与元素①形成的分子遇到⑦与①形成的分子时的现象为\_\_\_\_\_, 化学方程式为\_\_\_\_\_。  
 (4)元素⑨基态原子的原子结构示意图为\_\_\_\_\_, 常见化合价是\_\_\_\_\_。  
 (5)元素④的第一电离能\_\_\_\_\_ (填“>”“<”或“=”)元素⑤的第一电离能; 元素⑥的电负性\_\_\_\_\_ (填“>”“<”或“=”)元素⑦的电负性。  
 (6)某些不同族元素的性质也有一定的相似性, 如上表中元素⑤与元素②的氢氧化物有相似的性质, 请写出元素②的氢氧化物与 NaOH 溶液反应的离子方程式:\_\_\_\_\_。

14. (12 分)请回答下列问题:

- (1)锌在工业中有重要作用,也是人体必需的微量元素。  
 ①Zn 原子核外电子排布式为\_\_\_\_\_。  
 ②黄铜是人类最早使用的合金之一,主要由 Zn 和 Cu 组成。第一电离能  $I_1$  (Zn) \_\_\_\_\_  $I_1$  (Cu) (填“大于”或“小于”)。原因是\_\_\_\_\_。  
 (2)Li 是最轻的固体金属,采用 Li 作为负极材料的电池具有小而轻、能量密度大等优良性能,得到广泛应用。  
 ①下列 Li 原子轨道表示式表示的状态中,能量最低和最高的分别为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_ (填字母)。



- ②  $Li^+$  与  $H^-$  具有相同的电子构型,  $r(Li^+)$  小于  $r(H^-)$ , 原因是\_\_\_\_\_。

15. (14 分)前四周期元素 A、B、C、D、E、F 原子序数依次增大,其相关性质如表所示。

A	2p 能级电子半充满
B	与 A 同周期,且原子核外有 2 个未成对电子
C	基态原子核外有 6 个原子轨道排有电子,且只有 1 个未成对电子
D	其基态原子外围电子排布为 $ms^nm p^{n+2}$
E	前四周期元素中,E 元素基态原子未成对电子数最多
F	基态 $F^+$ 各能层电子全充满

请根据以上情况,回答下列问题:

- (1) E 元素基态原子未成对电子数为 \_\_\_\_\_ 个,基态原子核外有 \_\_\_\_\_ 种能量不同的电子。
- (2) F 位于元素周期表第 \_\_\_\_\_ 周期 \_\_\_\_\_ 族,写出 F 元素基态原子的价电子排布式: \_\_\_\_\_。
- (3) A、B、C、D 四种元素第一电离能由大到小的顺序为 \_\_\_\_\_ (用元素符号表示)。
- (4) B、C、D 三种元素的简单离子的半径由大到小的顺序为 \_\_\_\_\_ (用离子符号表示)。
- (5) 写出一个化学方程式证明元素 B 和 D 的非金属性强弱: \_\_\_\_\_。
16. (14 分) 有 A、B、C、D、E、F 六种短周期元素,其原子序数依次增大,A 元素基态原子的 p 能级上的电子数等于次外层电子数,C 元素基态原子的 s 能级与 p 能级上的电子数相等,D 是短周期中电

负性最小的元素,E 原子的第一电离能(单位:  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,下同)至第四电离能分别为 578、1 817、2 745、11 575,F 原子的价电子构型与 C 原子的相同。请回答下列问题:

- (1) 写出 A 原子的轨道表示式: \_\_\_\_\_, 占据其最高能层电子的电子云在空间有 \_\_\_\_\_ 个伸展方向,原子轨道呈 \_\_\_\_\_ 形。
- (2) 写出元素 E 的最高价氧化物与 D 的最高价氧化物对应的水化物反应的离子方程式: \_\_\_\_\_。
- (3) 根据下表所提供的电离能数据,回答下列问题。

	锂	X	Y
$I_1$	519	502	2 100
$I_2$	7 296	4 570	4 000
$I_3$	11 799	6 920	6 140
$I_4$		9 550	9 400

表中 X 可能为以上六种元素中的 \_\_\_\_\_ (填元素名称)。检验此元素的方法是 \_\_\_\_\_,请用原子结构的知识解释产生此现象的原因: \_\_\_\_\_。

写出 X 和上述六种元素中的 C 所形成的原子个数比为 1:1 的化合物的电子式: \_\_\_\_\_。

## 第2章

# 微粒间相互作用与物质性质

通过必修课程的学习,我们已经了解了原子之间能够通过强烈的相互作用——化学键结合在一起。那么原子之间为什么能够以不同类型的化学键结合?原子形成的分子为什么有不同的空间结构?分子之间是否也存在着相互作用?想要解决这些问题就要学习有关化学键与分子间作用力——物质结构的基础理论。本章通过对共价键、离子键、配位键、金属键及分子间作用力的存在、形成、特点的认识,结合分子空间结构和化学键对物质性质的影响的学习,继续发展“科学态度与社会责任”化学学科核心素养,重点发展“宏观辨析与微观探析”“证据推理与模型认知”“科学探究与创新意识”“变化观念与平衡思想”等化学学科核心素养。

## 第1节 共价键模型

### → 瞄准课标 靶向学习

课标内容要求	课标学业要求
<ol style="list-style-type: none"><li>1. 认识原子间通过原子轨道重叠形成共价键。</li><li>2. 了解共价键具有饱和性和方向性。</li><li>3. 知道根据原子轨道的重叠方式,共价键可以分为<math>\sigma</math>键和<math>\pi</math>键。</li><li>4. 知道共价键可以分为极性键和非极性键。</li><li>5. 知道共价键的键能、键长和键角可以用来描述键的强弱和分子的空间结构。</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 掌握共价键的概念、本质及特征。</li><li>2. 掌握共价键分类。</li><li>3. 理解键参数及对共价键的影响,利用键参数说明简单分子的某些性质。</li></ol>

## 第1课时 共价键的特征与类型

### 走进新知 素养初探

#### 预习导读

阅读教材,回答下列问题:

1. 原子之间通过共用电子对形成的化学键称为\_\_\_\_\_键。通常电负性\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_小的非金属元素原子之间形成的化学键为共价键。

2. 共价键的分类

(1)根据原子之间形成共用电子对的数目可以将共价键分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

(2)根据原子轨道重叠方式的不同可以将共价键分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。其中原子轨道以“头碰头”方式重叠形成的共价键称为\_\_\_\_\_键,以“肩并肩”方式重叠形成的共价键称为\_\_\_\_\_键。

(3)根据共用电子对是否偏移将共价键分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

#### 自主检测

1. 在 HCl 分子中,由 H 的一个\_\_\_\_\_轨道上的一个未成对电子和 Cl 的一个\_\_\_\_\_轨道上的一个未成对电子形成共用电子对,在 Cl<sub>2</sub> 分子

中,由两个Cl中的\_\_\_\_\_轨道各提供一个未成对电子形成共用电子对。

- 水分子的分子式是 $\text{H}_2\text{O}$ 不是 $\text{H}_3\text{O}$ ,说明共价键具有\_\_\_\_\_性;水分子的键角接近 $90^\circ$ ,说明共价键具有\_\_\_\_\_性。
- 下列说法正确的是( )
  - 在 $\text{N}_2$ 分子中两个原子间的总键能是氮氮单键键能的三倍
  - $\text{N}_2$ 中有一个 $\sigma$ 键和两个 $\pi$ 键
  - 一个 $\text{N}_2$ 分子中有两个 $\sigma$ 键和一个 $\pi$ 键
  - 一个 $\text{N}_2$ 分子中有一个 $\sigma$ 键和一个 $\pi$ 键

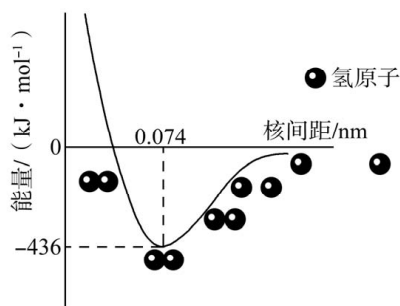
## 学习体验

## 素养形成

## 探究学习(一) 共价键的形成与特征

1. 两个氢原子能无限地靠近吗?

2. 两个氢原子靠得越近能量越低吗? 描述氢原子间的能量与距离的关系。



## 归纳总结

原子间通过共用电子形成的化学键称为共价键。通常,电负性相同或差值小的非金属元素原子形成的化学键为共价键。

## 【合作探究】

在 $\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{HCl}$ 分子中氧原子和氯原子结合氢原子的数目为何不同?

$\text{Cl}_2$ 中有\_\_\_\_\_个共价键, $\text{N}_2$ 中有\_\_\_\_\_个共价键,共价键具有\_\_\_\_\_性。除了s轨道是\_\_\_\_\_对称外,其他原子轨道都具有一定的空间取向。所以共价键还具有\_\_\_\_\_性。

## 典例解析

【例1】下列对共价键的说法不正确的是( )

- 共价键是通过共用电子对或原子轨道重叠形成的
- 形成共价键的原子电负性相同或者相差不大
- 一般情况下一个原子有几个未成对电子就会和几个自旋状态不同的未成对电子成键
- 共价键是通过共用电子对形成的,不属于电性作用

解析:根据共价键的形成实质和特征,A、B、C项都正确。共价键也是一种电性作用,所以D项错误。

答案:D

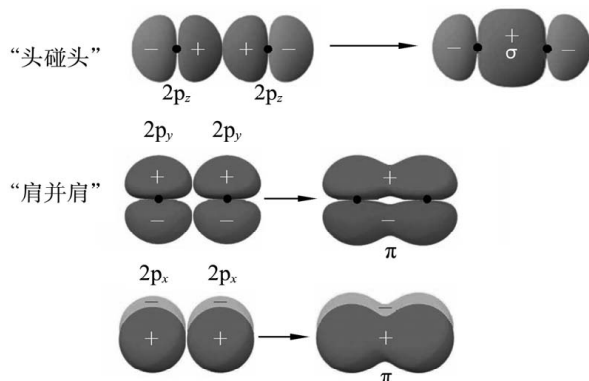
## 拓展训练

1. 写出 $\text{H}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{CH}_4$ 的电子式。

2. 是不是所有的非金属元素之间都能形成共价键? He和Cl能形成共价键吗?

探究学习(二)  $\sigma$ 键与 $\pi$ 键

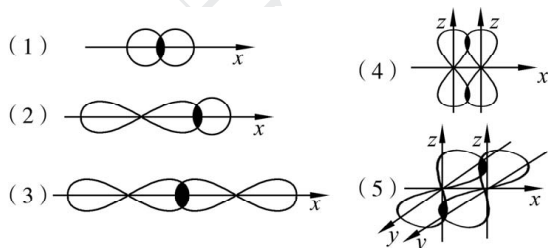
观察氮分子的形成过程,填写下表。



	$\sigma$ 键	$\pi$ 键
概念		
轨道重叠方式		
轨道重叠程度		
键的强弱		
活泼性		
判断方法		

## 典例解析

【例 2】指明下列化学键类型的名称,并举例含有这些类型化学键的物质。



- (1) 化学键类型: \_\_\_\_\_; 物质: \_\_\_\_\_。  
 (2) 化学键类型: \_\_\_\_\_; 物质: \_\_\_\_\_。  
 (3) 化学键类型: \_\_\_\_\_; 物质: \_\_\_\_\_。  
 (4) 化学键类型: \_\_\_\_\_; 物质: \_\_\_\_\_。  
 (5) 化学键类型: \_\_\_\_\_; 物质: \_\_\_\_\_。

解析:根据共价键的类型可以分为  $\sigma$  键和  $\pi$  键,又包括 s-s  $\sigma$  键、s-p  $\sigma$  键、p<sub>x</sub>-p<sub>x</sub>  $\sigma$  键。

答案:(1) $\sigma$  键 H<sub>2</sub> (2) $\sigma$  键 HCl (3) $\sigma$  键 Cl<sub>2</sub> (4) $\pi$  键 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (5) $\pi$  键 N<sub>2</sub>

## 拓展训练

3. 下列对  $\sigma$  键认识不正确的是( )  
 A.  $\sigma$  键是共价键的一种  
 B. 分子中若含有共价键,至少含有一个  $\sigma$  键  
 C.  $\sigma$  键和  $\pi$  键重叠方式不相同  
 D. 同一个分子中  $\sigma$  键比  $\pi$  键活泼,更容易断开

## 探究学习 三 极性键与非极性键

分析共用电子对在 H<sub>2</sub> 和 HCl 中的位置关系及原子的电性情况,并回答下列问题。

像 H—H 这样的,元素的电负性相同,共用电子对不发生偏移的,我们称为 \_\_\_\_\_ 键。像 H—Cl 这样的,元素的电负性不同,共用电子对发生偏移的,我们称为 \_\_\_\_\_ 键,并且电负性相差越大,键的

极性越 \_\_\_\_\_。

## 典例解析

【例 3】下列物质不含非极性共价键的是( )

- ① Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ② CCl<sub>4</sub> ③ FeS<sub>2</sub> ④ NH<sub>4</sub>F  
 ⑤ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ⑥ NaOH  
 A. ①②③④ B. ④⑤⑥  
 C. ②④⑥ D. ②③⑤

解析:在 Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 中存在 O—O 非极性共价键。FeS<sub>2</sub> 中存在 S—S 非极性共价键,且 S<sub>2</sub><sup>2-</sup> 与 O<sub>2</sub><sup>2-</sup> 离子的成键情况相似。

答案:C

## 拓展训练

4. CH<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O、HF 四种分子中,共价键的极性由强到弱的顺序是( )  
 A. CH<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O、HF  
 B. HF、H<sub>2</sub>O、NH<sub>3</sub>、CH<sub>4</sub>  
 C. H<sub>2</sub>O、HF、CH<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>  
 D. CH<sub>4</sub>、HF、NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O

## 分层训练

## 素养提升

## 学习·理解

1. 下列物质中存在  $\pi$  键的是( )  
 A. H<sub>2</sub> B. NH<sub>3</sub> C. N<sub>2</sub> D. HCl
2. 下列各组指定原子序数的元素,不能形成 AB<sub>2</sub> 型共价化合物的是( )  
 A. 6 和 8 B. 16 和 8  
 C. 14 和 8 D. 19 和 17
3. 对  $\sigma$  键和  $\pi$  键的认识不正确的是( )  
 A.  $\sigma$  键和  $\pi$  键不属于共价键,是另一种化学键  
 B. s-s  $\sigma$  键与 s-p  $\sigma$  键的电子云均为轴对称图形  
 C. 分子中含有共价键,则至少含有一个  $\sigma$  键  
 D. 含有  $\pi$  键的化合物与只含  $\sigma$  键的化合物的化学性质不同
4. 下列关于  $\sigma$  键和  $\pi$  键说法不正确的是( )  
 A.  $\sigma$  键和  $\pi$  键不能同时存在于同一个分子中  
 B.  $\sigma$  键是由原子轨道“头碰头”重叠而成, $\pi$  键是由原子轨道“肩并肩”重叠而成  
 C. 乙烯分子中含有 5 个  $\sigma$  键和 1 个  $\pi$  键



- D. 氢气分子中存在  $\sigma$  键, 氮气分子中存在  $\sigma$  键和  $\pi$  键
5. 氰气分子  $(\text{CN})_2$ , 结构式为  $\text{N}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$ , 性质与卤素相似, 下列叙述正确的是( )
- A. 在一定条件下可以发生加成反应
- B. 分子中因为有三键的存在, 所以分子很稳定
- C. 分子中含有 2 个  $\sigma$  键和 4 个  $\pi$  键
- D. 不和氢氧化钠溶液反应
6. 下列说法正确的是( )
- A. 若把  $\text{H}_2\text{S}$  写成  $\text{H}_3\text{S}$ , 则违背了共价键的饱和性
- B.  $\text{H}_3\text{O}^+$  的存在, 说明共价键不具有饱和性
- C. 所有共价键都有方向性
- D. 两个原子轨道发生重叠时, 两核间的电子不仅存在于两核之间而是绕两个原子核运动

## 应用·实践

7. 下列关于  $\sigma$  键的说法错误的是( )
- A. 如果电子云图像是由两个  $s$  电子云重叠形成的, 即形成  $s-s$   $\sigma$  键
- B.  $s$  电子与  $p$  电子形成  $s-p$   $\sigma$  键
- C.  $p$  电子与  $p$  电子不能形成  $\sigma$  键
- D.  $\text{HCl}$  中含有一个  $s-p$   $\sigma$  键
8. 下列关于乙醇分子中化学键的说法正确的是( )
- A. 分子中共含有 8 个极性键
- B. 分子中不含非极性键

- C. 分子中只有  $\sigma$  键
- D. 分子中含有 1 个  $\pi$  键
9. 现有下列分子:  $\text{NH}_3$   $\text{H}_2\text{O}$   $\text{HCl}$   $\text{CH}_4$   $\text{C}_2\text{H}_4$   $\text{N}_2$   $\text{CO}_2$   $\text{H}_2\text{O}_2$
- (1) 只含有极性键的是\_\_\_\_\_;
- (2) 只含有非极性键的是\_\_\_\_\_;
- (3) 既有极性键, 又有非极性键的是\_\_\_\_\_;
- (4) 中心原子只有一个价电子参与成键的是\_\_\_\_\_;
- (5) 最外层有未参与成键电子对的是\_\_\_\_\_;
- (6) 既有  $\sigma$  键, 又有  $\pi$  键的是\_\_\_\_\_。

## 迁移·创新

10. (不定项) 元素原子在形成物质时, 其结合方式与其核外电子排布有密切关系。已知 P 原子的价电子排布为  $3s^2 3p^3$ , 其与 Cl 可以形成  $\text{PCl}_3$ 、 $\text{PCl}_5$  两种化合物, 请判断下列关于两种化合物的说法正确的是( )
- A. P 原子最外层有 3 个未成对电子, 故只能结合 3 个 Cl 原子形成  $\text{PCl}_3$
- B.  $\text{PCl}_3$  分子中 P—Cl 键都是  $\sigma$  键
- C. P 原子最外层有 3 个未成对电子, 但是能形成  $\text{PCl}_5$ , 说明传统的价键理论有缺陷
- D.  $\text{PCl}_3$  分子中 P—Cl 键都是  $\pi$  键

## 第 2 课时 共价键的键参数

## 走进新知

## 素养初探

## 预习导读

阅读教材, 并回答下列问题:

1.  $\text{N}_2$  和  $\text{H}_2$  在常温下很难反应, 需要在高温下才能反应。而  $\text{F}_2$  和  $\text{H}_2$  在暗处就能发生反应, 为什么?

2. 描述下列分子的空间结构:  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{CH}_4$ 。

## 自主检测

1. 关于键长、键角和键能的说法不正确的是( )
- A. 键角是描述分子空间结构的重要参数
- B. 键长的大小与成键原子的半径有关
- C. 键能越大, 键长越长, 共价键越牢固
- D. 利用键能数据, 可估算化学反应的能量变化
2. (1) \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 是衡量共价键稳定性的参数。
- (2) 键长是形成共价键的两个原子核之间的

\_\_\_\_\_。键长越长,键能越\_\_\_\_\_,  
键越\_\_\_\_\_断裂,化学性质  
越\_\_\_\_\_。

(3) 键能越大,即形成化学键时放出的能量越\_\_\_\_\_,意味着这个化学键越\_\_\_\_\_。

(4) 键角是描述化学键的重要性参数,分子的许多性质都与键角有关。 $\text{CO}_2$ 呈\_\_\_\_\_形,键角是\_\_\_\_\_。 $\text{H}_2\text{O}$ 呈\_\_\_\_\_形,键角是\_\_\_\_\_。

## 学习体验 素养形成

### 探究学习 键长 键角 键能

#### 1. 键长

某些共价键的键长数据如下所示。

键	键长/pm	键	键长/pm
H—H	74	C=C	121
F—F	143	C—H	109
Cl—Cl	199	O—H	96
Br—Br	228	N—H	101
I—I	266	N=N	110
C—C	154	Si—Si	235
C=C	134	Si—O	162

原子发生轨道重叠,键长小于成键原子的半径之和,键长是衡量共价键稳定性的一个参数。

判断  $\text{F}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  的键长和共价键稳定性的关系:\_\_\_\_\_。

#### 2. 键角

在多原子分子中,两个化学键的夹角叫作键角,多用于描述分子的空间结构。

分子空间结构	键角	实例
正四面体形	$109^\circ 28'$	$\text{CH}_4$ 、 $\text{CCl}_4$ 、 $(\text{NH}_4^+)$
	$60^\circ$	白磷: $\text{P}_4$
平面型	$120^\circ$	苯、乙烯、 $\text{SO}_3$ 、 $\text{BF}_3$ 等
三角锥形	$107^\circ 18'$	$\text{NH}_3$
角形	$104^\circ 30'$	$\text{H}_2\text{O}$
直线形	$180^\circ$	$\text{CO}_2$ 、 $\text{CS}_2$ 、 $\text{CH}\equiv\text{CH}$

#### 3. 键能

键能的大小可以定量地表示化学键键能的

强弱。

键	键能/( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	键	键能/( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )
H—H	436.0	N=N	945
F—F	157	N—O	176
Cl—Cl	242.7	N=O	607
Br—Br	192.7	O—O	142
I—I	150.7	O=O	497.3
C—C	346.7	C—H	413.4
C=C	614	O—H	466.8
C=C	839	N—H	390.8
C—O	351	H—F	565
C=O	745	H—Cl	430.8
N—N	193	H—Br	363
N=N	418	H—I	296.7

从键长、键能的角度解释为什么  $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{F}_2$  与  $\text{H}_2$  的反应能力依次增强?

### 典例解析

【例题】化合物 A( $\text{H}_3\text{BNH}_3$ )是一种潜在的储氢材料,可由六元环状物质( $\text{HB}=\text{NH}$ ) $_3$ 通过反应  $3\text{CH}_4 + 2(\text{HB}=\text{NH})_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CO}_2 + 6\text{H}_3\text{BNH}_3$  制得。A在一定条件下通过多步去氢可最终转化为氮化硼(BN)。请回答:

(1) 下列叙述不正确的是( )

a. BN 分子中存在非极性共价键

b.  $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$  的分子空间结构分别为正四面体形、角形、直线形

c. 第一电离能的大小关系: $\text{N} > \text{O} > \text{C} > \text{B}$

d. A 分子中存在共价键

(2) 相关化学键的键能如下表所示,简要分析和解释下列事实。

化学键	B—H	B—O	B—B
键能/( $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	389	561	293

自然界中不存在硼单质,硼氢化物也很少,主要是含氧化物,其原因为:\_\_\_\_\_。

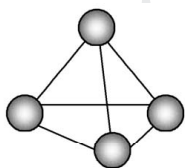
解析:(1) B 与 N 的电负性相差不大,二者之间可以形成极性共价键,a 错误;根据键角可以判断,

$\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$  的空间结构分别是正四面体形、角形和直线形, b 正确; 同一周期元素中, 元素的第一电离能随着原子序数的增大而呈增大趋势, 但第 II A 族、第 V A 族元素的第一电离能大于相邻元素, B、C、N、O 都是第 2 周期元素, 因此, 它们的第一电离能大小顺序为  $\text{N} > \text{O} > \text{C} > \text{B}$ , c 正确;  $\text{A}(\text{H}_3\text{BNH}_3)$  由六元环状化合物  $(\text{HB}=\text{NH})_3$  通过题述反应制得, 其中含有共价键, d 正确。

答案: (1) a (2) B—O 键键能大于 B—B 键和 B—H 键, 所以更易形成稳定性更强的 B—O 键

### 拓展训练

某研究团队获得了具有理论研究意义的气态分子  $\text{N}_4$ , 其结构如图所示, 已知断裂 1 mol N—N 键吸收 167 kJ 热量, 生成 1 mol  $\text{N}\equiv\text{N}$  键放出 942 kJ 热量。下列说法正确的是 ( )



$\text{N}_4$  分子结构

- A.  $\text{N}_4$  属于一种新型的化合物  
 B.  $\text{N}_4$  中的 N—N 键的键角是  $109^\circ 28'$   
 C.  $\text{N}_4$  分子中存在非极性键  
 D. 1 mol  $\text{N}_4$  转变成  $\text{N}_2$  需要吸收 882 kJ 热量

### 分层训练

### 素养提升

#### 学习·理解

1. 能用键能大小解释的是 ( )
- ①稀有气体的化学性质非常稳定  
 ②金刚石的熔点高于晶体硅  
 ③氮气的化学性质非常稳定  
 ④ $\text{I}_2$  和干冰易升华
- A. ①② B. ②③ C. ③④ D. ①④
2. 下列叙述中的距离属于键长的是 ( )
- A. 氨分子中两个氢原子之间的距离  
 B. 氯分子中两个氯原子之间的距离  
 C. 金刚石中任意两个相邻的碳原子核间的距离  
 D. NaCl 晶体中相邻的  $\text{Cl}^-$  和  $\text{Na}^+$  间的距离
3. 下列共价键的键能由大到小排列的是 ( )

A. N—Cl N—Br N—F

B. H—Cl H—S H—P

C. Se—H S—H O—H

D. C—H N—H O—H

4.  $\text{NH}_3$  中 N—H 键的键角和白磷 ( $\text{P}_4$ ) 分子中 P—P 键的键角大小关系是 ( )
- A. 大于 B. 小于  
 C. 等于 D. 不确定
5. 能说明  $\text{BF}_3$  的 4 个原子是同一平面的是 ( )
- A. 键与键之间的夹角是  $120^\circ$   
 B. B—F 键是非极性共价键  
 C. 3 个 B—F 键的键能相同  
 D. 3 个 B—F 键的键长相同
6. 苯分子为平面正六边形, 下列说法正确的是 ( )
- A. 苯分子中的键角都相同  
 B. 苯分子中碳碳键的键长不相等  
 C. 苯分子中碳碳键存在两种, 单键和双键  
 D. 邻二氯苯有两种

### 应用·实践

7. (不定项) 下列说法正确的是 ( )
- A. 分子中键能越高, 键长越短, 分子越稳定  
 B. 周期表中 I A 族 (除了 H 外) 与 VII A 族的原子间不能形成共价键  
 C. 水分子中的化学键可以表示为 H—O—H, 所以其键角是  $180^\circ$   
 D. H—O 键的键能是  $467 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 即 9 g  $\text{H}_2\text{O}$  分解成  $\text{H}_2$  和  $\text{O}_2$  所需要吸收的能量是 467 kJ
8. 某些化学键的键能如下表所示 ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ):

键	H—H	Br—Br	I—I	Cl—Cl	H—Cl	H—I	H—Br
键能	436	193	151	243	431	297	363

- (1) 把 1 mol  $\text{Cl}_2$  分解为气态原子时, 需要 \_\_\_\_\_ (填“吸收”或“放出”) \_\_\_\_\_ kJ 能量。
- (2) 1 mol  $\text{H}_2$  在 2 mol  $\text{Cl}_2$  中燃烧, 放出的热量是 \_\_\_\_\_ kJ。
- (3) 由表中所列化学键形成的单质分子中, 最稳定的是 \_\_\_\_\_, 最不稳定的也是 \_\_\_\_\_; 形成的化合物分子中, 最稳定的是 \_\_\_\_\_, 最不稳定的也是 \_\_\_\_\_。
- (4) 在一定条件下, 1 mol  $\text{H}_2$  与足量的  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  分别反应, 放出热量由多到少的是 \_\_\_\_\_。
- A.  $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$  B.  $\text{I}_2 > \text{Br}_2 > \text{Cl}_2$

9. 碳和硅的有关化学键键能如下所示, 简要分析和解释下列有关事实:

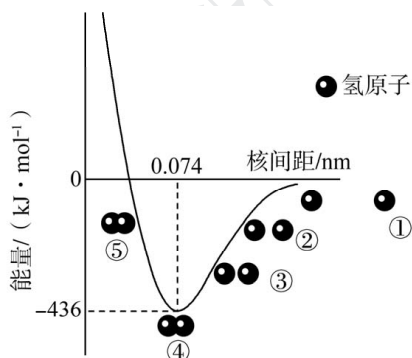
化学键	C—C	C—H	C—O	Si—Si	Si—H	Si—O
键能/ ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	347	413	358	226	323	368

(1) 硅与碳同族, 也有系列氢化物, 但硅烷在种类和数量上都远不如烷烃多, 原因是\_\_\_\_\_。

(2)  $\text{SiH}_4$  的稳定性小于  $\text{CH}_4$ , 更易生成氧化物, 原因是\_\_\_\_\_。

### 迁移·创新

10. 根据氢分子的形成过程示意图, 回答下列问题:



(1) H—H 键的键长是\_\_\_\_\_, ①~⑤中, 体系能量由高到低是\_\_\_\_\_。

(2) 下列说法正确的是( )

- A. 氢气分子中含有一个  $\pi$  键  
 B. 由①~④, 电子在核间出现的概率增大  
 C. 由④~⑤, 必须消耗外界的能量  
 D. 氢气分子中含有一个极性共价键

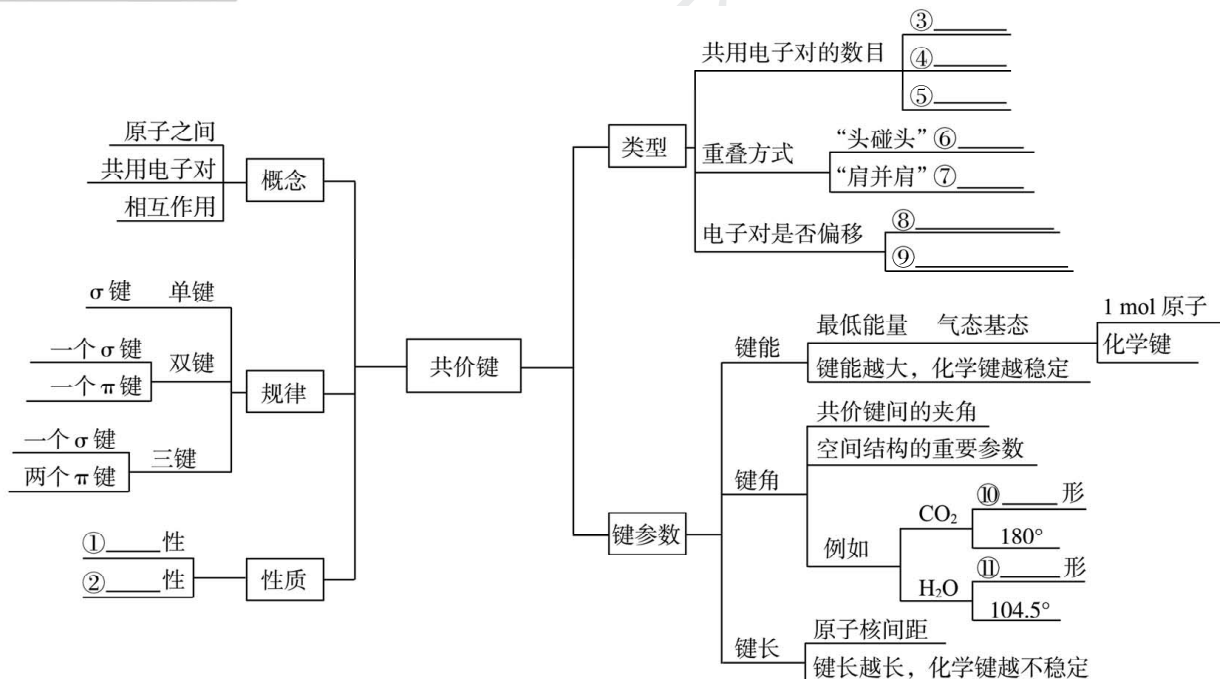
(3) 几种常见化学键的键能如下:

化学键	Si—O	H—O	O=O	Si—Si	Si—C
键能/ ( $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )	368	467	498	176	$x$

① 比较 Si—Si 键与 Si—C 键的键能大小得出:  $x$  \_\_\_\_\_ 176 (填“大于”“小于”或“等于”)。

② 试计算: 每摩尔氢气燃烧(生成水蒸气)放出的热量约为\_\_\_\_\_; 每摩尔硅完全燃烧放出的热量约为\_\_\_\_\_ (已知每摩尔硅中含有 2 摩尔 Si—Si 键, 每摩尔  $\text{SiO}_2$  中含有 4 摩尔 Si—O 键)。

### 本书建构整合



## 教材习题答案

1. A 2. C 3. C 4. 共价键具有饱和性。  
 5.  $\text{Cl}_2$  中, 氯原子各有一个未成对的 p 轨道电子, 采用“头碰头”的方式以最大程度重叠, 降低体系的能量, 所以是  $\sigma$  键。在 HCl 分子中, H 的一个 s 轨道上的单电子和 Cl 原子一个 p 轨道的单电子形成“头碰头”的重叠方式, 所以是  $\sigma$  键。  
 6. (1) Si—H 键的键能比 C—H 键的键能小, Si—Si

键的键能比 C—C 键的键能小, 所以不如碳的氢化物稳定, 所以种类和数量上都偏少。

(2) Si—H 键的键能小于 C—H 键, 所以  $\text{SiH}_4$  的稳定性小于  $\text{CH}_4$ ; Si—H 键的键能小于 Si—O 键的键能, 所以硅的氧化物的稳定性大于硅的氢化物的稳定性, 所以更容易生成硅的氧化物。

7. 稳定性由强到弱:  $\text{HF} > \text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3 > \text{PH}_3$ 。原因: 键长由大到小为  $\text{H—F} < \text{H—O} < \text{N—H} < \text{P—H}$ , 键能由大到小为  $\text{H—F} > \text{H—O} > \text{N—H} > \text{P—H}$ 。

## 第2节 共价键与分子的空间结构

## 瞄准课标 靶向学习

课标内容要求	课标学业要求
1. 结合实例了解共价分子具有特定的空间结构, 并可以运用相关理论进行解释和预测。	1. 能根据共价分子的结构特点说明简单分子的某些性质。
2. 知道分子的结构可以通过波谱、晶体 X 射线衍射等技术进行测定。	2. 能根据给定的信息分析常见简单分子的空间结构。
3. 知道分子可以分为极性分子和非极性分子。知道分子极性与分子中键的极性、分子的空间结构密切相关。	3. 能根据分子结构特点和键的极性来判断分子的极性, 并据此对分子的一些典型性质及其应用做出解释。
4. 结合实例初步认识分子的手性对其性质的影响。	

## 第 1 课时 分子空间结构的理论分析

## 走进新知

## 素养初探

## 预习导读

阅读教材, 思考下列问题:

1. 甲烷、乙烯、乙炔和苯中碳的杂化类型。
2. 解释甲烷、氨气和苯的空间结构。

## 自主检测

1. 填写下列表格。

分子	分子的空间结构	中心原子的杂化类型
$\text{CF}_4$		
$\text{BF}_3$		
$\text{C}_2\text{H}_2$		
$\text{C}_6\text{H}_6$		

2. 有关苯分子中的化学键描述不正确的是( )
- A. 每个碳原子的  $\text{sp}^2$  杂化轨道中的其中一个形成大  $\pi$  键
  - B. 每个碳原子的未参加杂化的 2p 轨道形成大  $\pi$  键
  - C. 碳原子的三个  $\text{sp}^2$  杂化轨道与其他原子形成三

个  $\sigma$  键

D. 苯分子中六个碳碳键完全相同, 键角均为  $120^\circ$

3. 能说明  $\text{SO}_3$  分子的四个原子在同一平面的理由是 ( )

A. S—O 键间的键角为  $109^\circ 28'$

B.  $\text{SO}_3$  分子是非极性分子

C. 三个 S—O 键的键能相同

D. 三个 S—O 键的键长相等

## 学习体验 素养形成

### 探究学习 建模, 分子空间结构的理论分析

#### 1. 杂化轨道理论

列举常见典型分子、离子的空间结构:

	正四面体形	三角锥形	平面三角形	直线形	角形
列举常见分子、离子					
中心原子杂化类型					

中心原子杂化方式的判断方法:

杂化方式	空间结构	
	无孤电子对	有孤电子对
$sp^3$		
$sp^2$		
$sp$		

#### 2. 价电子对互斥理论

$m$ : 配位原子数,  $n$ : 中心原子孤电子对,  $m+n=2, 3, 4, 5, 6$  时, 分子空间结构分别是直线形、三角形、四面体、三角双锥形和八面体形。

分子	$\text{BeCl}_2$	$\text{BF}_3$	$\text{CH}_4$	$\text{CO}_2$	$\text{NH}_3$	$\text{H}_2\text{O}$
$m+n$						
杂化轨道类型						
空间结构						

### 典例解析

【例 1】下列分子的中心原子的杂化轨道类型相

同的是 ( )

A.  $\text{BeCl}_2$  与  $\text{BF}_3$

B.  $\text{CO}_2$  与  $\text{SO}_2$

C.  $\text{CCl}_4$  与  $\text{NH}_3$

D.  $\text{C}_2\text{H}_2$  与  $\text{C}_2\text{H}_4$

解析:  $\text{CCl}_4$  中 C 原子有 4 个未成对单电子采取  $sp^3$  杂化与 4 个 H 原子成键,  $\text{NH}_3$  中 N 原子有 3 个未成对单电子, 一对孤电子对采取  $sp^3$  杂化与 3 个 H 原子成键。

答案: C

【例 2】若  $\text{AB}_n$  型分子的中心原子 A 上没有未用于形成共价键的孤电子对, 运用价层电子对互斥模型, 下列说法正确的是 ( )

A. 若  $n=2$ , 则分子的空间结构为角形

B. 若  $n=3$ , 则分子的空间结构为三角锥形

C. 若  $n=4$ , 则分子的空间结构为正四面体形

D. 以上说法都不正确

解析: 中心原子 A 没有孤电子对, 当  $n=2$  时为直线形; 当  $n=3$  时为平面三角形; 当  $n=4$  时, 为正四面体结构, 最稳定。

答案: C

### 拓展训练

1. 下列物质中分子立体结构与水分子相似的是 ( )

A.  $\text{CO}_2$     B.  $\text{H}_2\text{S}$     C.  $\text{PCl}_3$     D.  $\text{SiCl}_4$

2. 用价层电子对互斥理论预测  $\text{H}_2\text{S}$  和  $\text{BF}_3$  的立体结构, 两个结论都正确的是 ( )

A. 直线形; 三角锥形

B. 角形; 三角锥形

C. 直线形; 平面三角形

D. 角形; 平面三角形

3. (不定项) 下列分子立体结构中属于直线形分子的是 ( )

A.  $\text{H}_2\text{O}$     B.  $\text{CO}_2$     C.  $\text{C}_2\text{H}_2$     D.  $\text{P}_4$

## 分层训练 素养提升

### 学习·理解

1. 用价层电子对互斥理论可以预测许多分子或离子的空间结构, 有时也能用来推测键角大小。下列判断正确的是 ( )

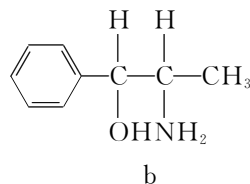
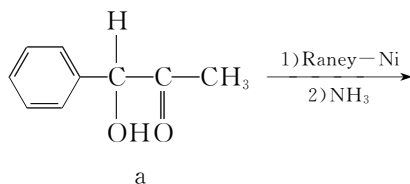
A.  $\text{SO}_2$ 、 $\text{CS}_2$ 、 $\text{HI}$  都是直线形的分子

- B.  $\text{BF}_3$  键角为  $120^\circ$ ,  $\text{SnBr}_2$  键角大于  $120^\circ$   
 C.  $\text{COCl}_2$ 、 $\text{BF}_3$ 、 $\text{SO}_3$  都是平面三角形的分子  
 D.  $\text{PCl}_3$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{PCl}_5$  都是三角锥形的分子
2. 氨气分子空间结构是三角锥形, 而甲烷是正四面体形, 这是因为( )  
 A. 两种中心原子的杂化类型不同,  $\text{NH}_3$  为  $\text{sp}^2$  杂化, 而  $\text{CH}_4$  是  $\text{sp}^3$  杂化  
 B.  $\text{NH}_3$  分子中 N 原子形成 3 个杂化轨道,  $\text{CH}_4$  分子中 C 原子形成 4 个杂化轨道  
 C.  $\text{NH}_3$  分子中有一对未成键的孤电子对, 它对成键电子的排斥作用较强  
 D. 氨气中 N 的非金属性大于甲烷中 C 的非金属性
3. 实验测得  $\text{BeCl}_2$  为共价化合物, 两个  $\text{Be}-\text{Cl}$  键的夹角为  $180^\circ$ , 可判断  $\text{BeCl}_2$  属于( )  
 A. 由极性键形成的极性分子  
 B. 由极性键形成的非极性分子  
 C. 由非极性键形成的极性分子  
 D. 由非极性键形成的非极性分子
4. 铋化氢( $\text{SbH}_3$ )在常温常压下为无色气体, 主要用于制有机铋化合物, 分析上常用于区别砷和铋, 还用作熏蒸剂。下列关于铋化氢的说法正确的是( )  
 A. 属于非极性分子  
 B. 分子中存在孤电子对  
 C. 沸点低于砷化氢  
 D. 具有强氧化性
5. 胼( $\text{N}_2\text{H}_4$ )分子可视为  $\text{NH}_3$  分子中的一个氢原子被  $-\text{NH}_2$  (氨基)取代形成的另一种氮的氢化物。则  $\text{NH}_3$  分子的空间结构是\_\_\_\_\_ ;  $\text{N}_2\text{H}_4$  分子中氮原子轨道的杂化类型是\_\_\_\_\_。
6. 在① $\text{HCHO}$  ② $\text{SO}_4^{2-}$  ③ $\text{CH}_3\text{Cl}$  ④石墨烯(碳原子排列与石墨的单原子层相同) ⑤ $\text{PCl}_3$  ⑥ $\text{CN}_2^{2-}$ (结构与  $\text{CO}_2$  相似)中, 中心原子属于  $\text{sp}^3$  杂化的有\_\_\_\_\_, 空间结构为正四面体形的有\_\_\_\_\_, 存在  $\pi$  键的有\_\_\_\_\_。

## 应用·实践

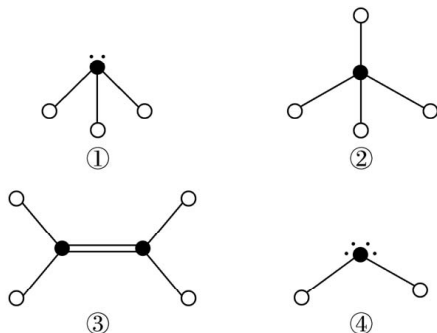
7. (不定项)三氯化磷分子的空间结构是三角锥形而不是平面正三角形, 下列关于三氯化磷分子空间结构理由的叙述, 不正确的是( )  
 A.  $\text{PCl}_3$  分子中三个共价键的键长都相等  
 B.  $\text{PCl}_3$  分子中的  $\text{P}-\text{Cl}$  键属于极性共价键  
 C.  $\text{PCl}_3$  分子中三个共价键键能均相等  
 D.  $\text{PCl}_3$  是非极性分子

8. 氨基钠( $\text{NaNH}_2$ )橄榄绿色或白色结晶性粉末有氨的气味。露置空气中易吸收水分和二氧化碳。 $400^\circ\text{C}$ 开始挥发,  $500\sim 600^\circ\text{C}$ 分解。遇水分解反应剧烈, 生成氢氧化钠和氨。其中  $\text{NH}_2^-$  中 N 原子采用\_\_\_\_\_杂化, 离子的空间结构为\_\_\_\_\_。请推测  $\text{NH}_2^-$  中的键角\_\_\_\_\_  $\text{NH}_3$  中的键角(填“大于”“小于”或“等于”), 并解释原因:\_\_\_\_\_。
9. 雷尼镍催化实例如图所示: 化合物 b 中进行  $\text{sp}^3$  杂化的原子有\_\_\_\_\_个。



## 迁移·创新

10. 有 A、B、C、D、E 五种元素, 其中 A、B、C、D 为短周期元素, A 元素的周期数、主族数、原子序数相同; B 原子核外有 3 种能量不同的原子轨道且每种轨道中的电子数相同; C 原子的价电子构型为  $cs^2cp^{c+1}$ , D 元素的原子最外层电子数比次外层电子数少 2 个, D 的阴离子与 E 的阳离子电子层结构相同, D 和 E 可形成化合物  $\text{E}_2\text{D}$ 。
- (1) 上述元素中, 第一电离能最小的元素的原子结构示意图为\_\_\_\_\_ ; D 的电子排布式为\_\_\_\_\_。
- (2) 下列分子结构图中的●和○表示上述元素的原子中除去最外层电子的剩余部分, 小黑点表示没有形成共价键的最外层电子, 短线表示共价键。



则在以上分子中,中心原子采用  $sp^3$  杂化形成化学键的是\_\_\_\_\_ (填写分子的化学式); 在③的分子中有\_\_\_\_\_个  $\sigma$  键和\_\_\_\_\_

个  $\pi$  键。

(3)A、C、D可形成既具有离子键又具有共价键的化合物,其化学式可能为\_\_\_\_\_。

## 第2课时 分子空间结构与分子性质

### 走进新知

### 素养初探

#### 预习导读

阅读教材,根据下列分子  $CH_4$ 、 $C_2H_4$ 、 $C_2H_2$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$ 、 $NH_3$  的空间结构,回答下列问题:

1. 上述分子的化学键中,哪些是极性键,哪些是非极性键?

2. 上述分子哪些是极性分子,哪些是非极性分子?

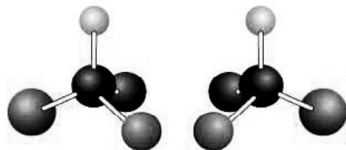
#### 自主检测

- 下列说法不正确的是( )
  - 手性异构体性质完全相同
  - 手性异构体分子组成相同
  - 互为手性异构体的分子互为镜像关系
  - 利用手性催化剂合成主要(或只)得到一种手性分子
- 带静电的有机玻璃棒靠近下列液体的细流,细流会发生偏转的是( )
  - 苯
  - 二硫化碳
  - 溴水
  - 四氯化碳
- $NH_3$ 、 $H_2S$  等是极性分子,  $CO_2$ 、 $BF_3$ 、 $CCl_4$  等是极性键构成的非极性分子。根据上述实例可推出  $AB_n$  型分子是非极性分子的经验规律是( )
  - 分子中不能含有氢原子
  - 在  $AB_n$  分子中 A 原子没有孤电子对
  - 在  $AB_n$  分子中 A 的相对原子质量小于 B 的相对原子质量
  - 分子中每个共价键的键长应相等

### 学习体验

### 素养形成

#### 探究学习(一) 建模,分子中原子排布与对称性



如果一对分子,它们的组成和原子的排列方式完全相同,但如同左手和右手一样互为镜像,在三维空间里不能重叠,这对分子互称手性异构体。有手性异构体的分子称为手性分子。

#### 典例解析

【例1】下列化合物中含有2个手性碳原子的是( )

- $OHCCH(OH)CH_2OH$
- $OHCCHClCHClBr$
- $HOOCCH(OH)CClBrCHClBr$
- $(CH_3)_2C(CH_2CH_3)Br$

解析:当四个不同的原子或基团连接在碳原子上时,形成的化合物存在手性异构体。其中,连接四个不同的原子或基团的碳原子称为手性碳原子。

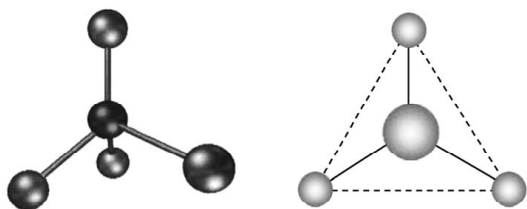
答案:B

#### 拓展训练

- 下列化合物含有手性碳原子的是( )
  - $CH_2F_2$
  - $CH_3CH(OH)COOH$
  - $CH_3CH_2OH$
  - $(CH_2OH)_2CHOH$



## 探究学习(二) 建模,分子中电荷分布与极性



正电荷重心和负电荷重心相重合的分子,为非极性分子。正电荷重心和负电荷重心不相重合的分子,为极性分子。

### 归纳总结

#### 分子极性的判断方法

1. 双原子分子:取决于成键原子之间的共价键是否有极性。
2. 多原子分子:取决于分子的空间结构( $AB_m$ )。
3. 化合价法:若中心原子A的化合价的绝对值等于该元素所在的主族序数,则为非极性分子,若不等则为极性分子。

### 典例解析

【例2】下列叙述正确的是( )

- A. 极性分子中不可能含有非极性键
- B. 离子化合物中不可能含有非极性键
- C. 非极性分子中不可能含有非极性键
- D. 共价化合物中不可能含有离子键

解析: $H_2O_2$ 中含非极性键,A项错误; $Na_2O_2$ 中含非极性键,B项错误; $CCl_4$ 是极性键构成的非极性分子,C项错误。

答案:D

### 拓展训练

2. 下列说法正确的是( )
  - A. 非极性分子中的原子上一定不含孤电子对
  - B. 平面三角形分子一定是非极性分子
  - C. 二氯甲烷( $CH_2Cl_2$ )分子的中心原子采取  $sp^3$  杂化,键角均为  $109^\circ 28'$
  - D.  $AB_n$  型分子的中心原子最外层满足 8 电子结构,则  $AB_n$  不一定是非极性分子

## 分层训练 素养提升

### 学习·理解

1. 下列分子有极性的是( )
  - A.  $CCl_4$
  - B.  $CO_2$
  - C.  $NH_3$
  - D.  $C_6H_6$
2. 下列物质中不含非极性共价键的是( )
  - ①  $Na_2O_2$
  - ②  $CCl_4$
  - ③  $FeS_2$
  - ④  $NH_4F$
  - ⑤  $H-O-O-H$
  - ⑥  $NaOH$
  - A. ①②③④
  - B. ④⑤⑥
  - C. ②④⑥
  - D. ②③⑤
3. 磷( $PH_3$ )又称磷化氢,在常温下是一种无色有大蒜臭味的有毒气体,电石气的杂质中常含有磷化氢。它的分子结构是三角锥形。以下关于  $PH_3$  的叙述正确的是( )
  - A.  $PH_3$  是非极性分子
  - B.  $PH_3$  分子中有未成键的孤电子对
  - C.  $PH_3$  是一种强氧化剂
  - D.  $PH_3$  分子的 P—H 键是非极性键
4. 下列物质中,以极性键结合的非极性分子是( )
  - A.  $H_2O$
  - B.  $CS_2$
  - C.  $SO_2$
  - D.  $H_2S$
5. 碘单质在水溶液中溶解度很小,但在  $CCl_4$  中溶解度很大,这是因为( )
  - A.  $CCl_4$  与  $I_2$  分子量相差较小,而  $H_2O$  与  $I_2$  分子量相差较大
  - B.  $CCl_4$  与  $I_2$  都是直线形分子,而  $H_2O$  不是直线形分子
  - C.  $CCl_4$  和  $I_2$  都不含氢元素,而  $H_2O$  中含有氢元素
  - D.  $CCl_4$  和  $I_2$  都是非极性分子,而  $H_2O$  是极性分子
6. 下列含有极性键的非极性分子是( )
  - ①  $CCl_4$
  - ②  $NH_3$
  - ③  $CH_4$
  - ④  $CO_2$
  - ⑤  $N_2$
  - ⑥  $H_2S$
  - ⑦  $SO_2$
  - ⑧  $CS_2$
  - ⑨  $H_2O$
  - ⑩  $HF$
  - A. ②③④⑤⑧
  - B. ①③④⑤⑧
  - C. ①③④⑧
  - D. 以上均不对

### 应用·实践

7. (不定项)某化工厂发生三氯化氮爆炸事故,造成多人受伤,氯气泄漏导致数万人疏散。三氯化氮在常温下是黄色的油状液体,分子结构与氨相似。下列关于  $NCl_3$  的说法正确的是( )
  - A. 分子中 N—Cl 是非极性键
  - B. 分子中不存在孤电子对

- C.  $\text{NCl}_3$  结构与  $\text{BF}_3$  相似,呈平面三角形  
D.  $\text{NCl}_3$  是极性分子
8. 根据价电子对互斥理论及原子的杂化轨道理论判断, $\text{NF}_3$  分子的空间结构和中心原子的杂化方式为( )
- A. 直线形、 $\text{sp}^1$  杂化  
B. 平面三角形、 $\text{sp}^2$  杂化  
C. 三角锥形、 $\text{sp}^2$  杂化  
D. 三角锥形、 $\text{sp}^3$  杂化
9.  $\text{CO}_2$ 、 $\text{BF}_3$ 、 $\text{CCl}_4$ 、 $\text{CH}_4$  都是非极性分子,而  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  都是极性分子。由此推出  $\text{AB}_n$  型分子是非极性分子的经验规律正确的是( )
- A. 所有原子在同一平面内  
B. 分子中不含氢原子  
C. A 的原子量小于 B  
D. 在  $\text{AB}_n$  分子中 A 原子化合价的绝对值等于其最外层电子数

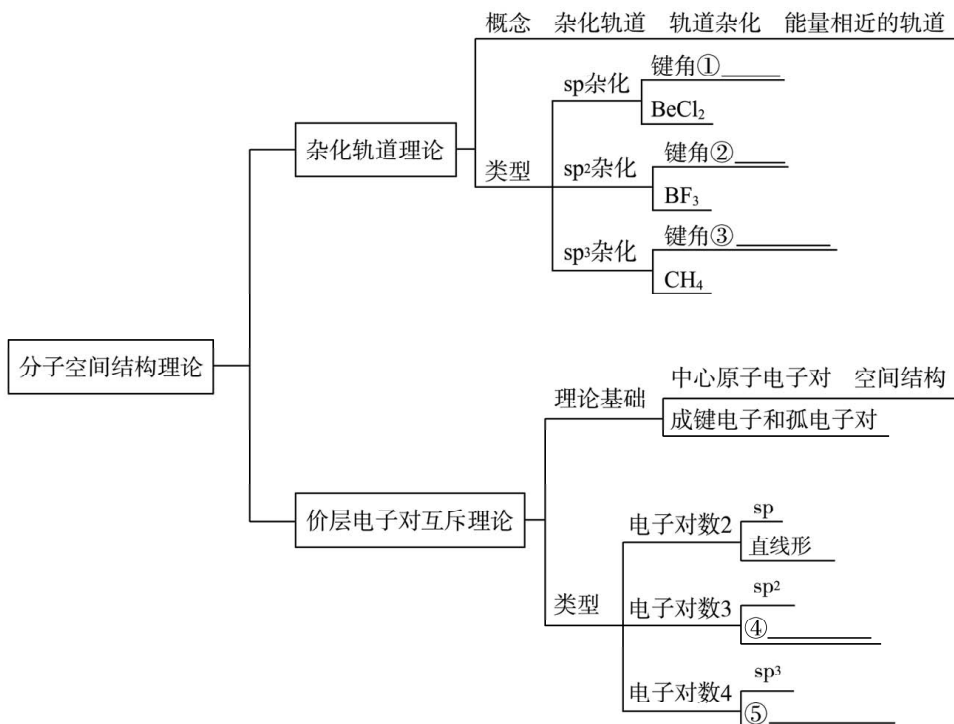
## 迁移·创新

10. 现有 A、B、C 三种物质,A 为气态氢化物,分子式为  $\text{RH}_3$ ,含 R 为 82.4%,B 是另一气态氢化物,A

+B→C,C 与碱液共热放出 A。C 的水溶液加入稀  $\text{HNO}_3$  酸化后,滴入  $\text{AgNO}_3$  溶液,产生不溶性的白色沉淀,回答下列问题:

- (1) 写出 A 的名称和电子式,并指出它是否是极性分子。其稳定性比  $\text{PH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  如何?
- (2) 写出 B 的名称和电子式,并指出它是否是极性分子? 其稳定性比  $\text{HF}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{HBr}$  如何? 其水溶液的酸性比  $\text{HF}$ 、 $\text{HBr}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  如何?
- (3) 写出 C 的名称和电子式,具体指明 C 物质中各部分的化学键。
- (4) 写出上述有关反应的化学方程式或离子方程式。

## 本书建构整合



## 教材习题答案

1. B 2. C 3. D 4. D

5. B 原子的价电子排布为  $2s^2 2p^1$ ,  $\text{BF}_3$  中 B 原子采用  $sp^2$  杂化, 3 条  $sp^2$  杂化轨道之间的夹角为  $120^\circ$ , B 原子与 F 原子之间形成 3 个  $sp^2-2p$   $\sigma$  键, F—B—F 的键角为  $120^\circ$ ,  $\text{BF}_3$  的空间结构为平面三角形。N 原子的价电子排布为  $2s^2 2p^3$ ,  $\text{NF}_3$  中 N 原子采用  $sp^3$  杂化, 4 条  $sp^3$  杂化轨道之间的夹角为  $109^\circ 28'$ , N 原子与 F 原子之间形成 3 个  $sp^3-2p$   $\sigma$  键, 另 1 条杂化轨道被孤电子对占据; 孤电子对与 N—F  $\sigma$  键间的斥力比 N—F  $\sigma$  键间的斥力大, F—N—F 键的键角被压缩, 变得小于  $109^\circ 28'$ , 因此  $\text{NF}_3$  的立体结构为三角锥形。

6. 乙烯分子中 2 个 C 原子都采取  $sp^2$  杂化, 3 条  $sp^2$  杂化轨道之间的夹角为  $120^\circ$ , 每个 C 原子的 2 条  $sp^2$  杂化轨道分别与 2 个 H 原子的 1s 轨道形成  $\sigma$  键, H—C—H 键角为  $120^\circ$ ; 2 个 C 原子分别以 1 条  $sp^2$  杂化轨道形成  $\sigma$  键, H—C—C 键角为  $120^\circ$ ; 每个 C 原子剩余的 2p 轨道上各有 1 个电子, 且两条 2p 轨道互相平行, 它们“肩并肩”重叠形成  $\pi$  键,  $\pi$  键的存在使得碳碳之间的共价键不能自由旋转; 所以乙烯的空间结构为平面结构。

乙炔分子中 2 个 C 原子都采取  $sp$  杂化, 2 条  $sp$  杂化轨道之间的夹角为  $180^\circ$ , 每个 C 原子的 1 条  $sp$  杂化轨道分别与 1 个 H 原子的 1s 轨道形

成  $\sigma$  键; 2 个 C 原子分别以 1 条  $sp$  杂化轨道形成  $\sigma$  键, H—C—C 键角为  $180^\circ$ ; 每个 C 原子剩余的 2 条相互垂直的 2p 轨道上各有 1 个电子, 两个 C 原子分别以各自的两条 2p 轨道“肩并肩”重叠形成 2 条  $\pi$  键; 所以乙炔的空间结构为直线形。

7. HF 分子中 H—F 键是极性键, 是极性分子;  $\text{H}_2\text{O}$  分子中 H—O 键是极性键, 分子空间结构为角形, 正负电荷重心无法重合, 所以是极性分子;  $\text{NH}_3$  分子中 H—N 键是极性键, 分子空间结构为三角锥形, 正负电荷重心无法重合, 所以是极性分子;  $\text{CS}_2$  分子中 C—S 键是极性键, 分子空间结构为直线形, 正负电荷重心重合, 所以是非极性分子;  $\text{CH}_4$  分子中 C—H 键是极性键, 分子空间结构为正四面体形, 正负电荷重心重合, 所以是非极性分子;  $\text{N}_2$  分子中 N—N 键是非极性键, 是非极性分子。

8. (1)  $\text{CO}_2$  为直线形,  $\text{SO}_2$  为角形,  $\text{CO}_3^{2-}$  为平面三角形,  $\text{NH}_4^+$  为正四面体形。

(2) 根据价电子对互斥理论,  $\text{CO}_3^{2-}$  的空间结构是平面三角形, O—C—O 键角为  $120^\circ$ ;  $\text{SO}_3^{2-}$  的空间结构是三角锥形, O—S—O 键角小于  $109^\circ 28'$ ; 所以 O—C—O 键角大于 O—S—O 键角。

9. (1) 极性键有 C—H、B—F、H—Cl、C=O; 非极性键有 C=C、C≡C。

(2) 极性分子: HCl; 非极性分子:  $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{C}_2\text{H}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{BF}_3$ 。

## 第3节 离子键、配位键与金属键

## → 瞄准课标 靶向学习

课标内容要求	课标学业要求
1. 认识离子键的本质。结合常见的离子化合物和共价分子的实例, 认识物质的构成微粒、微粒间相互作用与物质性质的关系。 2. 知道配位键的特点, 认识简单的配位化合物的成键特征, 了解配位化合物的存在与应用。 3. 知道金属键的特点与金属某些性质的关系。	1. 能说出微粒间作用(离子键、配位键)的主要类型、特征和实质, 能比较不同类型的微粒间作用的联系与区别, 能说明典型物质的成键类型。 2. 能运用离子键、配位键、金属键等模型, 解释离子化合物、配合物、金属等物质的某些典型性质。 3. 能从微粒的空间排布及其相互作用的角度对生产、生活、科学研究中的简单案例进行分析, 举例说明物质结构研究的应用价值, 如配合物在生物、化学等领域的广泛应用。

## 第1课时 离子键

## 走进新知 素养初探

## 预习导读

离子键是一类重要的化学键。请尝试判断下列哪些原子间可以形成离子键,说明你的判断依据是什么。

Cs Mg K H F Cl S O

## 自主检测

- Mg、O 原子通过什么途径达到稳定结构? 以此为例,说明离子键是如何形成的。
- 下列原子序数所对应的元素之间,最容易形成离子键的是( )
 

A. 4 和 8	B. 13 和 17
C. 19 和 9	D. 11 和 17

## 学习体验 素养形成

## 探究学习 ① 离子键的形成

- 离子键的形成条件是什么?
- 离子键的实质是什么?
- 哪些物质中含有离子键?

## 归纳总结

成键原子所属元素的电负性差值越大,原子间越容易形成离子键。一般认为,当成键原子所属元素的电负性差值大于 1.7 时,原子间才有可能形成离子键。

离子键的实质是阴、阳离子之间的静电作用,它包括阴、阳离子之间的静电引力和两原子核及它们

的电子之间的静电斥力两个方面。

活泼的金属元素(I A 族、II A 族)和活泼的非金属元素(VI A 族、VII A 族)形成的化合物;活泼的金属元素和酸根离子(或氢氧根离子)形成的化合物;铵根和酸根离子(或活泼非金属元素离子)形成的盐中存在离子键。

## 典例解析

【例 1】下列叙述正确的是( )

- 带相反电荷离子之间的相互吸引称为离子键
- 金属元素与非金属元素化合时,不一定形成离子键
- 某元素的原子最外层只有一个电子,它跟卤素结合时所形成的化学键一定是离子键
- 非金属原子间不可能形成离子键

解析:相互作用包括相互吸引和相互排斥两个方面,A 错误;B 正确,如  $\text{AlCl}_3$ 、 $\text{BeCl}_2$  是由活泼金属与活泼非金属形成的共价化合物;C 错误,如  $\text{HCl}$  是通过共价键形成的;D 错误,如  $\text{NH}_4^+$  是由非金属元素形成的阳离子,铵盐为离子化合物,含离子键。

答案:B

【例 2】下列元素的原子在形成不同物质时,既能形成离子键,又能形成极性键和非极性键的是( )

- A. Na    B. Mg    C. Ne    D. Cl

解析:Ne 是稀有气体,性质稳定,不易形成化学键,故排除 C;而活泼金属不能形成共价键,则排除 A、B;D 选项,如  $\text{NaCl}$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{HCl}$  三种物质中分别形成离子键、非极性共价键和极性共价键。

答案:D

## 拓展训练

- 由下列各组的三种元素共同组成的化合物中,既可能有离子化合物,又可能有共价化合物的是( )
 

A. H、O、C
B. Na、S、O
C. H、N、O
D. H、S、O

## 探究学习(二) 离子键的特征

## 思维建模

离子键有没有方向性？有没有饱和性？

离子键的实质是静电作用，离子的电荷分布通常被看成是球形对称，因此一种离子对带异性电荷离子的吸引作用与其所处的方向无关。

在离子化合物中，只要空间条件允许，阳离子将吸引尽可能多的阴离子排列在其周围，阴离子也将吸引尽可能多的阳离子排列在其周围，以达到降低体系能量的目的。

## 归纳总结

离子键无方向性，也无饱和性。

## 典例解析

【例3】下列关于离子键的特征的叙述中，正确的是( )

A. 一种离子对带异性电荷离子的吸引作用与其所处的方向无关，故离子键无方向性

B. 因为离子键无方向性，故阴、阳离子的排列是没有规律的，随意的

C. 因为氯化钠的化学式是 NaCl，故每个  $\text{Na}^+$  周围吸引一个  $\text{Cl}^-$

D. 因为离子键无饱和性，故一种离子周围可以吸引任意多个带异性电荷的离子

解析：A 选项，离子键的特征是没有饱和性和方向性。B 选项，因为离子键没有方向性，故带异性电荷的离子间的相互作用与其所处的相对位置无关，但是为了使物质的能量最低，体系最稳定，阴、阳离子的排列也是有规律的，不是随意的。C 和 D 选项，离子键无饱和性，体现在一种离子周围可以尽可能多地吸引带异性电荷的离子，但也不是任意的，因为这个数目还要受两种离子的半径比和个数比的影响，如 NaCl 晶体中每个  $\text{Na}^+$  周围吸引 6 个  $\text{Cl}^-$ ，每个  $\text{Cl}^-$  周围也只能吸引 6 个  $\text{Na}^+$ ，故  $\text{Cl}^-$  和  $\text{Na}^+$  的个数比为 1:1，“NaCl”仅仅是表示阴、阳离子个数比的一个比例式，而不是表示物质确定组成的“分子式”。

答案：A

## 拓展训练

2. 下列物质中，离子键最强的是( )

- A. NaCl                      B.  $\text{CaCl}_2$   
C. MgO                        D.  $\text{K}_2\text{O}$

## 分层训练 素养提升

## 学习·理解

1. 下列化合物中，离子键最强的是( )

- A.  $\text{Na}_2\text{O}$     B. MgO    C.  $\text{Al}_2\text{O}_3$     D.  $\text{Na}_2\text{S}$

2. 下列关于离子键的叙述中，正确的是( )

- A. 离子键比共价键的极性更强  
B. 在氯化钠中，每个  $\text{Na}^+$  周围有六个  $\text{Cl}^-$ ，每个  $\text{Cl}^-$  周围有六个  $\text{Na}^+$ ，故离子键是有饱和性的  
C. 在氯化钠中， $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  的相对位置都是有方向性的  
D. 只有含有活泼金属阳离子的化合物中才存在离子键

3. 下列说法中正确的是( )

- A. 两个原子或多个原子之间的相互作用叫作化学键  
B. 阴、阳离子通过静电引力而形成的化学键叫作离子键  
C. 只有金属原子和非金属原子化合时才能形成离子键  
D. 大多数的盐、碱和低价金属氧化物中含有离子键

4. 具有下列电子排布的原子中最难形成离子键的是( )

- A.  $1s^2 2s^2 2p^2$                       B.  $1s^2 2s^2 2p^5$   
C.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$                     D.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

5. 下列叙述不正确的是( )

- A. 活泼金属与活泼非金属化合时，能形成离子键  
B. 离子化合物中只含离子键  
C. 离子所带电荷的符号和数目与原子成键时得失电子及其数目有关  
D. 阳离子半径比相应的原子半径小，而阴离子半径比相应的原子半径大

6. 下列物质中,不含离子键的是( )
- ① $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  ② $\text{NH}_3$  ③ $\text{BaSO}_4$   
 ④ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ⑤ $\text{Ba}(\text{OH})_2$  ⑥ $\text{H}_2\text{SO}_4$
- A. ①④⑥ B. ②③⑤  
 C. ④⑤ D. ②⑥

## 应用·实践

7. 下列反应过程中,同时有离子键、极性共价键和非极性共价键的断裂和形成的反应是( )
- A.  $\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 \uparrow + \text{HCl} \uparrow$   
 B.  $\text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NH}_4\text{HCO}_3$   
 C.  $2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 = \text{NaCl} + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O}$   
 D.  $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{CO}_2 = 2\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{O}_2$
8. 在下列  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$ 、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  等化合物中,由离子键和极性键构成的化合物是\_\_\_\_\_ ;由离子键和非极性键构成的化合物是\_\_\_\_\_ ;由极性键和非极性键构成的化合物是\_\_\_\_\_。
9. 下面给出常见元素的电负性。

元素	Al	B	Be	C	Cl	F	Li
电负性	1.5	2.0	1.5	2.5	3.0	4.0	1.0
元素	Mg	N	Na	O	P	S	Si
电负性	1.2	3.0	0.9	3.5	2.1	2.5	1.8

判断下列物质是离子化合物还是共价化合物:

a.  $\text{Li}_3\text{N}$  b.  $\text{BeCl}_2$  c.  $\text{AlCl}_3$  d.  $\text{SiC}$

属于离子化合物的是\_\_\_\_\_ ;属于共价化合物的是\_\_\_\_\_。

请设计一个实验方案证明上述所得到的结论:

## 迁移·创新

10. 氮化钠( $\text{Na}_3\text{N}$ )是科学家制备的一种重要的化合物,它与水作用可产生  $\text{NH}_3$ 。请回答下列问题:
- (1)  $\text{Na}_3\text{N}$  的电子式为  $\text{Na}^+ [ : \underset{\cdot\cdot}{\overset{\cdot\cdot}{\text{N}}} : ]^{3-} \text{Na}^+$ , 该化合物由\_\_\_\_\_键形成。
- (2)  $\text{Na}_3\text{N}$  与盐酸反应生成两种盐,这两种盐的化学式分别是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
- (3)  $\text{Na}_3\text{N}$  与水的反应属于\_\_\_\_\_ (填基本反应类型)。
- (4) 比较  $\text{Na}_3\text{N}$  中两种粒子的半径:  $r(\text{Na}^+) \quad \quad \quad r(\text{N}^{3-})$  (填“>”“<”或“=”)。

## 第2课时 配位键

## 走进新知

## 素养初探

## 预习导读

为什么  $\text{NH}_3$  分子与氢离子能反应?

## 自主检测

配位键与共价键有什么相同之处?有什么不同之处?

## 学习体验

## 素养形成

## 探究学习(一) 配位键的形成

1. 形成配位键的一方是能够提供孤电子对,哪些分子或者离子中有孤电子对? 举例说明。

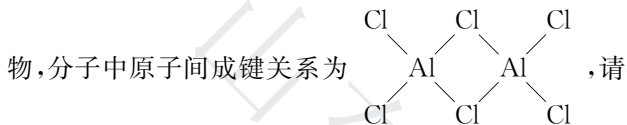
2. 形成配位键的另一方是能够接受孤电子对,什么样的原子或者离子容易接受孤电子对? 举例说明。

## 归纳总结

配位键的实质是一种特殊的共价键。但形成配位键的共用电子对是由一方提供,不是由双方共同提供的。在物质世界中,有一大类过渡金属的原子或离子(价电子层的部分 d 轨道和 s、p 轨道是空轨道)与含有孤电子对的分子或离子通过配位键构成的物质,这类物质称为配位化合物。

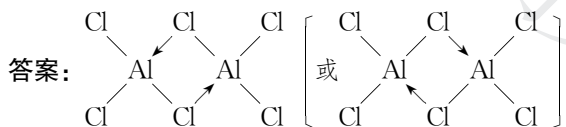
## 典例解析

【例 1】气态氯化铝( $\text{Al}_2\text{Cl}_6$ )是具有配位键的化合物,分子中原子间成键关系为



你将图中你认为是配位键的斜线上加上箭头。

解析:配位键的箭头指向提供空轨道的一方。氯原子最外层有 7 个电子,通过一个共用电子对就可以形成一个单键,另有三对孤电子对。所以氯化铝( $\text{Al}_2\text{Cl}_6$ )中与两个铝原子形成共价键的氯原子中,有一个是配位键,氯原子提供电子,铝原子提供空轨道。



## 拓展训练

$\text{Al}(\text{OH})_3$  能溶解在过量的  $\text{NaOH}$  溶液中,这一过程中就有配位键的形成,请写出这一过程的离子方程式,并写出  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  的电子式和结构简式。

## 探究学习 二 配合物的制备

实验一:向试管中加入 2 mL 5% 的硫酸铜溶液,再逐滴加入浓氨水,振荡。观察实验现象,解释原因。

实验二:向 2% 的  $\text{AgNO}_3$  溶液中逐滴加入稀氨水。观察实验现象,解释原因。

## 典例解析

【例 2】下列物质不能溶于浓氨水的是( )

- A.  $\text{AgCl}$                       B.  $\text{Cu}(\text{OH})_2$   
C.  $\text{AgOH}$                       D.  $\text{Fe}(\text{OH})_3$

解析: $\text{AgCl}$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{AgOH}$  与氨水分别形成  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 、 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 、 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$  而使沉淀溶解, $\text{Fe}(\text{OH})_3$  不与浓氨水反应,选 D。

答案:D

## 分层训练 素养提升

## 学习·理解

- 下列分子或离子中都存在着配位键的是( )
 

A.  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$                       B.  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{H}_3\text{O}^+$   
C.  $\text{N}_2$ 、 $\text{HClO}$                       D.  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 、 $\text{PCl}_3$
- 在  $\text{NH}_4^+$  离子中存在 4 个 N—H 共价键,则下列说法正确的是( )
 

A. 四个共价键的键长完全相同  
B. 四个共价键的键长完全不同  
C. 原来的三个 N—H 的键长完全相同,但与由配位键形成的 N—H 键不同  
D. 四个 N—H 键键长相同,但键能不同
- 下列关于配位化合物的叙述中,不正确的是( )
 

A. 配位化合物中必定存在配位键  
B. 配位化合物中只有配位键  
C.  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$  中的  $\text{Cu}^{2+}$  提供空轨道, $\text{H}_2\text{O}$  中的氧原子提供孤电子对形成配位键  
D. 配位化合物在半导体等尖端技术、医学科学、催化反应和材料化学等领域都有着广泛的应用
- 下列现象的变化与配合物的形成无关的是( )
 

A. 向  $\text{FeCl}_3$  溶液中滴加  $\text{KSCN}$ ,出现红色  
B. 向  $\text{Cu}$  与  $\text{Cl}_2$  反应的集气瓶中加入少量  $\text{H}_2\text{O}$ ,呈绿色,再加水,呈蓝色  
C. 向  $\text{FeCl}_2$  溶液中滴加氯水,溶液颜色变深  
D. 向  $\text{AlCl}_3$  溶液中逐滴加入  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  溶液至过量,出现白色沉淀
- 下列分子或离子中,能提供孤电子对与某些金属离子形成配位键的是( )
 

① $\text{H}_2\text{O}$     ② $\text{NH}_3$     ③ $\text{Cl}^-$     ④ $\text{CN}^-$     ⑤ $\text{CO}$   
A. ①②                      B. ①②③

C. ①②④

D. ①②③④⑤

6. 向盛有硫酸铜水溶液的试管里加入氨水, 首先形成难溶物, 继续添加氨水, 难溶物溶解得到深蓝色的透明溶液。下列对此现象说法正确的是( )
- A. 反应后溶液中不存在任何沉淀, 所以反应前后  $\text{Cu}^{2+}$  的浓度不变
- B. 沉淀溶解后, 将生成深蓝色的配合离子  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$
- C. 硫酸铜水溶液里加入氨水生成的沉淀是氢氧化铜, 继续加氨水沉淀又溶解, 说明氢氧化铜是两性氢氧化物
- D. 在  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$  离子中,  $\text{Cu}^{2+}$  给出孤电子对,  $\text{NH}_3$  提供空轨道

## 应用·实践

7. 以下微粒含配位键的是( )
- ①  $\text{N}_2\text{H}_5^+$  ②  $\text{CH}_4$  ③  $\text{OH}^-$  ④  $\text{NH}_4^+$   
⑤  $\text{Fe}(\text{CO})_3$  ⑥  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  ⑦  $\text{H}_3\text{O}^+$   
⑧  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$
- A. ①②④⑦⑧                      B. ③④⑤⑥⑦  
C. ①④⑤⑥⑦⑧                    D. 全部
8. 具有 6 个配体的  $\text{Co}^{3+}$  的配合物  $\text{CoCl}_m \cdot n\text{NH}_3$ , 若 1 mol 该配合物与  $\text{AgNO}_3$  作用生成 1 mol  $\text{AgCl}$  沉淀, 则  $m, n$  的值是( )
- A.  $m=1, n=5$                       B.  $m=3, n=4$   
C.  $m=5, n=1$                       D.  $m=4, n=5$
9. 水是生命之源, 它与我们的生活密切相关。在化学实验和科学研究中, 水也是一种常用的试剂。
- (1) 写出与  $\text{H}_2\text{O}$  分子电子数相等的微粒: \_\_\_\_\_ (写一个即可)。
- (2) 水分子在特定条件下容易得到一个  $\text{H}^+$  形成水合氢离子 ( $\text{H}_3\text{O}^+$ )。下列对上述过程的描述不合理的是 \_\_\_\_\_。
- A. 氧原子的杂化类型发生了改变  
B. 微粒的形状发生了改变  
C. 微粒的化学性质发生了改变  
D. 微粒中的键角发生了改变
- (3) 将白色的无水  $\text{CuSO}_4$  固体溶解于水中, 溶液

呈蓝色, 是因为生成了一种呈蓝色的配位数是 4 的配合离子。请写出生成此配合离子的离子方程式: \_\_\_\_\_。

## 迁移·创新

10. 取  $\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$  (黄色)、 $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$  (紫红色)、 $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$  (绿色) 和  $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$  (紫色) 四种化合物各 1 mol, 分别溶于水, 加入足量硝酸银溶液, 立即产生氯化银沉淀的量分别为 3 mol、2 mol、1 mol 和 1 mol。

(1) ①请根据实验事实用配合物的形式写出它们的化学式。

$\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$ : \_\_\_\_\_,

$\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$ : \_\_\_\_\_,

$\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$  (绿色和紫色): \_\_\_\_\_。

②  $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$  (绿色) 和  $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$  (紫色) 的组成相同而颜色不同的原因是 \_\_\_\_\_。

③ 上述配合物中, 中心离子的配位数都是 \_\_\_\_\_。

(2) 向黄色的三氯化铁溶液中加入无色的  $\text{KSCN}$  溶液, 溶液变成红色。经研究表明,  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  是配合物,  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  不仅能以 1:3 的个数比配合, 还可以其他个数比配合。请按要求填空:

①  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  反应时,  $\text{Fe}^{3+}$  提供 \_\_\_\_\_,  $\text{SCN}^-$  提供 \_\_\_\_\_, 二者通过配位键结合。

② 所得  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  的配合物中, 主要是  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  以个数比为 1:1 配合所得离子显红色。含该离子的配合物的化学式是 \_\_\_\_\_。

③ 若  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  以个数比为 1:5 配合, 则  $\text{FeCl}_3$  与  $\text{KSCN}$  在水溶液中发生反应的化学方程式可以表示为 \_\_\_\_\_。



## 第3课时 金属键

## 走进新知 素养初探

## 预习导读

金属铜、金属铁、金属钨的熔点分别高达 1 356.6 K、1 808.0 K 和 3 300.0 K。这说明由金属元素的原子构成的金属单质内存在一种作用。那么,为什么金属元素的原子之间会产生如此强的相互作用?这种相互作用的实质又是什么?

## 自主检测

金属单质中金属原子之间是怎样结合的呢?

## 学习体验 素养形成

## 探究学习(一) 金属键及其实质

1. 金属键的构成微粒是什么?
2. 为什么说金属键是一种特殊形式的共价键?

## 归纳总结

金属键是自由电子和金属阳离子之间的强相互作用。电子是可以在三维空间自由移动的,所以金属键既没有饱和性,也没有方向性。

## 典例解析

【例 1】下列关于金属的叙述中,不正确的是( )

- A. 金属键是金属阳离子和自由电子这两种带异性电荷的微粒间的强烈相互作用,其实质与离子键类似,也是一种电性作用
- B. 金属键可以看作是许多原子共用许多电子所形成的强烈的相互作用,所以与共价键类似,也有方

向性和饱和性

C. 金属键是带异性电荷的金属阳离子和自由电子间的相互作用,故金属键无饱和性和方向性

D. 构成金属的自由电子在整个金属内部的三维空间中做自由运动

**解析:**从构成微粒的基本性质看,金属键与离子键的实质类似,都属于电性作用,特征都是无方向性和饱和性,自由电子是由金属原子提供的,并且在整个金属内部的三维空间内运动,为整个金属的所有阳离子所共有,从这个角度看,金属键与共价键有类似之处,但两者又有明显的不同,如金属键无方向性和饱和性。

答案:B

## 探究学习(二) 金属键与金属性质

1. 试解释金属不透明,有金属光泽的原因。
2. 试解释金属具有良好的导电性、导热性的原因。

## 归纳总结

金属的性质与金属键密切相关。因为固态金属中有“自由电子”,所以当可见光照射到金属表面上时,“自由电子”能吸收所有频率的光并迅速释放,使金属不透明并具有金属光泽。金属的导热性是由于当金属中存在温度差时,自由电子在热的作用下通过自身与金属阳离子之间的碰撞,将能量由高温处传向低温处。

## 典例解析

【例 2】下面有关金属的叙述正确的是( )

- A. 金属阳离子与自由电子间的相互作用较弱
- B. 通常情况下,金属中的自由电子会发生定向移动,而形成电流
- C. 金属受外力作用时常常发生变形而不易折断,是由于金属离子之间有较强的作用
- D. 金属是自由电子通过自身与金属阳离子之

间的碰撞,把能量从高温部分传到低温部分

**解析:**金属阳离子与自由电子间的相互作用较强,故A项不正确;自由电子要在外加电场作用下才能发生定向移动产生电流,B项不正确;金属受外力作用时变形而不易折断是因为金属晶体中各原子层会发生相对滑动,但不会改变原来的排列方式,故C项不正确;金属的导热性是由于当金属中存在温度差时,自由电子在热的作用下通过自身与金属阳离子之间的碰撞,将能量由高温传向低温处,故D项正确。

**答案:**D

### 拓展训练

金属键的强弱与金属的价电子数多少有关,价电子数越多金属键越强;与金属阳离子的半径大小也有关系,金属阳离子半径越大,金属键越弱。据此判断下列金属熔点逐渐升高的是( )

- A. Li、Na、K            B. Na、Mg、Al  
C. Li、Be、Mg          D. Li、Na、Mg

### 分层训练

### 素养提升

#### 学习·理解

- 下列叙述中,可以肯定是一种主族金属元素的是( )
  - 原子最外层有3个电子的一种金属
  - 熔点低于100℃的一种金属
  - 次外电子层上有8个电子的一种金属
  - 除最外层,原子的其他电子层电子数目均达饱和的一种金属
- 在金属晶体中,自由电子与金属离子的碰撞中有能量传递,可以用此来解释的金属的物理性质是( )
  - 延展性
  - 导电性
  - 导热性
  - 硬度
- 物质结构理论推出:金属晶体中金属阳离子与自由电子之间的强烈的相互作用,叫金属键。金属键越强,其金属的硬度越大,熔、沸点越高,且据研究表明,一般说来金属原子半径越小,价电子数越多,则金属键越强。由此判断下列说法错误的是( )
  - 镁的硬度小于铝
  - 镁的熔、沸点低于钙
  - 镁的硬度大于钾
  - 钙的熔、沸点高于钾

4. 下列物质的金属键最强的是( )

- A. Na                      B. Mg  
C. K                        D. Ca

5. 下列有关叙述正确的是( )

- 任何固体中,若含有阳离子,也一定含有阴离子
- 金属键越强,则该金属的熔点越低
- 将铁制品做成炊具,金属键没有被破坏
- 常温下,金属单质都以固体金属形式存在

6. 下列叙述错误的是( )

- 离子键没有方向性和饱和性,而共价键有方向性和饱和性
- 非金属元素间可以形成离子化合物
- 配位键在形成时,是由成键双方各提供一个电子形成共用电子对
- 金属键的实质是金属中的自由电子与金属阳离子形成的一种强烈的相互作用

#### 应用·实践

- 若某原子在处于能量最低状态时,外围电子排布式为 $4d^1 5s^2$ ,则下列说法正确的是( )
  - 该元素原子最外层共有3个电子
  - 该元素处于第5周期ⅡA族
  - 该元素原子核外N层上共有9个不同状态的电子
  - 该元素原子第四电子层上有5个空轨道
- 下列物质中:①金属铜;②NaOH;③I<sub>2</sub>;④MgCl<sub>2</sub>;⑤Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub>;⑥氟气。
  - 不存在化学键的是\_\_\_\_\_;
  - 存在金属键的是\_\_\_\_\_;
  - 只存在非极性键的是\_\_\_\_\_;
  - 只存在离子键的是\_\_\_\_\_;
  - 既存在离子键又存在极性键的是\_\_\_\_\_;
  - 既存在离子键又存在非极性键的是\_\_\_\_\_。
- BGO是我国研制的一种闪烁晶体材料,它是锗酸铋的简称。已知:①在BGO中,锗处于其最高价态;②在BGO中,铋的价态与铋跟氯形成某种共价氯化物时所呈的价态相同,在此氯化物中,铋具有最外层8电子稳定结构;③BGO可看作是由锗和铋两种元素的氧化物所形成的复杂氧化物,且在BGO晶体的化学式中,这两种氧化物所含氧的总质量相同。请填写:
  - 锗和铋的元素符号分别是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
  - BGO晶体的化学式是\_\_\_\_\_。

迁移·创新

10. 元素 A~D 是元素周期表中短周期的四种元素, 请根据表中信息回答下列问题。

元素	A	B	C	D
性质或结构信息	单质制成的高压灯, 发出的黄光透雾力强、射程远	工业上通过分离液态空气获得其单质。原子的最外层未达到稳定结构	单质常温、常压下是气体, 原子的 L 层有一个未成对的 p 电子	+2 价阳离子的核外电子排布与氖原子相同

(1) 上表中与 A 属于同一周期的元素是 \_\_\_\_\_, 写出 D 离子的电子排布式: \_\_\_\_\_。

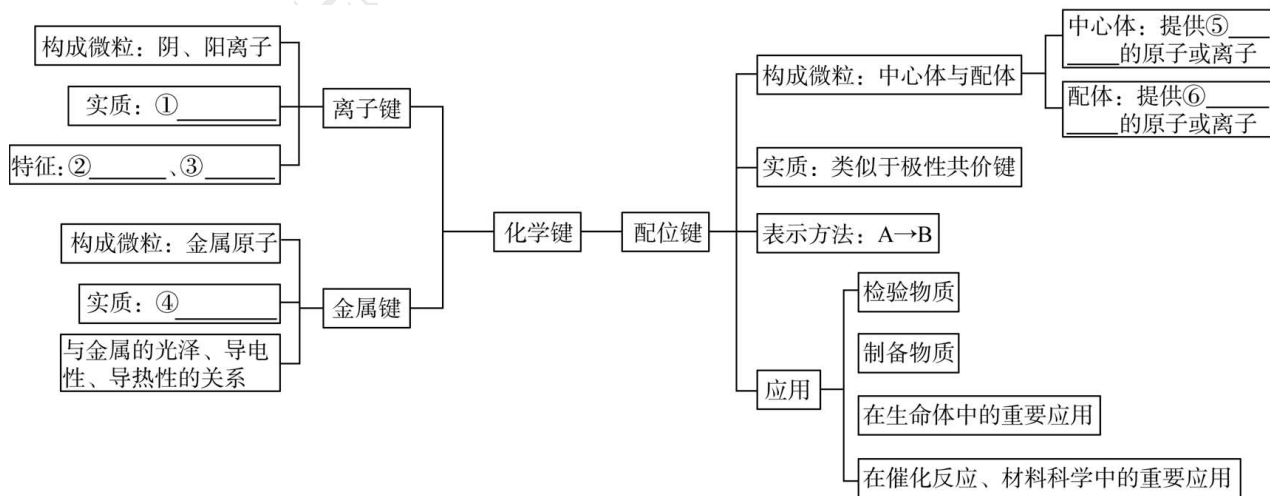
(2) D 和 C 形成的化合物中含有 \_\_\_\_\_ 键。  
写出 C 单质与水反应的化学方程式: \_\_\_\_\_。

(3) 对元素 B 的单质或化合物描述正确的是 \_\_\_\_\_ (填序号)。

- a. B 元素的最高正价为 +6
- b. 常温、常压下单质易溶于水
- c. 单质分子中含有 18 个电子
- d. 在一定条件下镁条能与单质 B 反应

(4) A 和 D 两元素金属性较强的是 \_\_\_\_\_ (写元素符号)。写出能证明该结论的一个实验事实: \_\_\_\_\_。

本书建构整合



教材习题答案

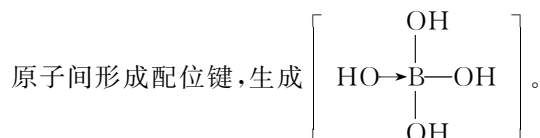
1. (1) × (2) √ (3) ×
2. D 3. D
4. 提供孤电子对的微粒:  $H_2O$ 、 $NH_3$ 、 $F^-$ 、 $CN^-$ ; 可以接受孤电子对的微粒:  $Fe^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Zn^{2+}$ 、 $Ag^+$ 。

	相同点	不同点		
		成键微粒	成键元素间电负性差	特点
离子键 (NaCl)	都属于化学键, 都是微粒间强烈的静电作用	阴、阳离子, 如 $Na^+$ 、 $Cl^-$	电负性差通常大于 1.7	没有饱和性和方向性
共价键 (HCl)		原子, 如 H、Cl	电负性差通常小于或等于 1.7	有饱和性和方向性

6. 金属导电是自由电子的定向移动, 属于物理变化, 电解质溶液导电是阴、阳离子的定向移动并在阴、阳极放电的过程, 是化学变化。

7. (1)  $NH_3$  中 N 原子上有孤电子对,  $BF_3$  中 B 原子上有空轨道,  $NH_3$  和  $BF_3$  反应时 N 和 B 原子间形成配位键, 生成  $H_3N \rightarrow BF_3$ 。

(2)  $H_3BO_3$  即  $[B(OH)_3]$  中, B 原子上有空轨道,  $OH^-$  中的 O 原子上有孤电子对, 反应时 O 和 B



8. A 9. B
10. (1)  $NH_3$  (2)  $O_2$  (3)  $CO_2$  (4)  $C_2H_2$   
(5)  $Na_2O$  (6)  $Na_2O_2$  (7)  $NaOH$

## 第4节 分子间作用力

### → 瞄准课标 靶向学习 >

课标内容要求	课标学业要求
1. 认识分子间存在相互作用。 2. 知道范德华力和氢键是两种常见的分子间作用力。 3. 了解分子内氢键和分子间氢键在自然界的广泛存在及重要作用。	1. 能根据物质的微粒间作用力说明或预测物质的物理性质, 评估所做说明或预测的合理性; 能根据解决问题的需要提出实验探究课题。 2. 能收集并用数据、图表等多种方式描述实验证据, 能基于现象和数据进行分析推理得出合理结论。 3. 能运用化学原理和方法解释或解决生产、生活中与化学相关的一些实际问题。

### 第1课时 范德华力与物质性质

#### 走进新知

#### 素养初探

#### 预习导读

阅读教材, 思考以下问题:

- 什么是分子间作用力?
- 分子间普遍存在的一种相互作用力是什么作用力? 对比一下这种作用力与化学键的作用强度大小。
- 范德华力的实质是什么? 它有没有方向性和饱和性?
- 范德华力包括哪几种形式的作用力?

#### 自主检测

- 判断正误(正确的在括号内打“√”, 错误的在括号内打“×”)。
  - 范德华力的实质是电性作用, 有一定的方向性和饱和性。( )
  - 范德华力与物质的性质没有必然的联系。( )
  - 范德华力能够影响物质的化学性质和物理性

质。( )

(4) 范德华力仅是影响物质部分物理性质的一种因素。( )

(5) 分子间作用力就是范德华力。( )

(6) 范德华力比化学键弱得多。( )

2. 下列说法正确的是( )

- 分子间作用力越大, 分子越稳定
- 分子间作用力越大, 物质的熔、沸点越高
- 相对分子质量越大, 其范德华力越大
- 分子间只存在范德华力

#### 学习体验

#### 素养形成

#### 探究学习 范德华力与物质性质

卤素单质  $F_2$ 、 $Cl_2$ 、 $Br_2$ 、 $I_2$  的熔点分别为  $-219.6\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-101.5\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-7.25\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $113.6\text{ }^\circ\text{C}$ , 沸点分别为  $-188.1\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $-34.04\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $58.8\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $185.2\text{ }^\circ\text{C}$ 。

请讨论以下问题:

1. 按照  $F_2$ 、 $Cl_2$ 、 $Br_2$ 、 $I_2$  的顺序, 卤素单质的熔点和沸点呈现怎样的变化趋势?

2. 按照上面的顺序, 卤素单质的相对分子质量呈现怎样的变化趋势?

3. 试着讨论物质的相对分子质量、分子间的范德华力和物质的熔点、沸点三者之间的关系。

由此,我们可以得到结论,按照  $F_2$ 、 $Cl_2$ 、 $Br_2$ 、 $I_2$  的顺序,随着卤素单质的相对分子质量的\_\_\_\_\_,范德华力逐渐\_\_\_\_\_,卤素单质的熔点和沸点\_\_\_\_\_。

### 归纳总结

#### 范德华力对物质性质的影响

物质特点	范德华力变化规律	举例
组成和结构相似的分子	相对分子质量越大,范德华力越大,物质的熔、沸点越高	熔、沸点: $F_2 < Cl_2 < Br_2 < I_2$
同分异构体	分子对称性越好,范德华力越小	熔、沸点: 新戊烷 $<$ 异戊烷 $<$ 正戊烷; 沸点: 对二甲苯 $<$ 间二甲苯 $<$ 邻二甲苯
相对分子质量相近的物质	分子的极性越小,范德华力越小,物质的熔、沸点通常越低	熔、沸点: $N_2 < CO$

### 典例解析

卤素单质从  $F_2$  到  $I_2$  在常温常压下的聚集状态由气态、液态到固态的原因是( )

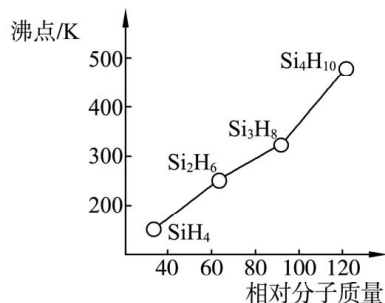
- 原子间的化学键键能逐渐减小
- 范德华力逐渐增大
- 原子半径逐渐增大
- 氧化性逐渐减弱

**解析:** 卤素单质从  $F_2$  到  $I_2$  结构相似,相对分子质量依次增大,范德华力依次增大,单质的熔、沸点依次升高。

**答案:** B

### 拓展训练

硅烷( $Si_nH_{2n+2}$ )的沸点与其相对分子质量的变化关系如图所示,呈现这种变化关系的原因是\_\_\_\_\_。



## 分层训练 素养提升

### 学习·理解

- 当干冰变为气态二氧化碳时,下列所述各项中发生变化的是( )
  - 分子的空间结构
  - 范德华力
  - 分子内共价键
  - 化学性质
- 下列有关范德华力的叙述正确的是( )
  - 范德华力的实质是一种电性作用,所以范德华力是一种较弱的化学键
  - 范德华力与化学键的区别是作用力的强弱不同
  - 稀有气体原子间不存在范德华力
  - 范德华力非常微弱,故破坏范德华力不需要消耗能量
- 下列有关范德华力的叙述正确的是( )
  - 范德华力存在于所有物质的构成微粒之间
  - 范德华力是影响所有物质物理性质的因素
  - 因为相对分子质量  $M_r(I_2) > M_r(Br_2)$ ,所以范德华力:  $I_2 > Br_2$ ,  $I_2$  比  $Br_2$  稳定
  - 范德华力比较弱,范德华力越大,物质的熔点和沸点越高
- 下列叙述与范德华力无关的是( )
  - 气体物质加压或降温时能凝结或凝固
  - 通常状况下氯化氢为气体
  - 氟、氯、溴、碘单质的熔、沸点依次升高
  - 氯化钠的熔点较高
- 下列物质发生状态变化时,克服了范德华力的是( )
  - 食盐熔化
  - 碳酸氢钠受热分解
  - 碘升华
  - 氢氧化钠溶液导电
- 下列各组物质熔化或升华时,所克服的粒子间作用属于同种类型的是( )
  - $Na_2O$  和  $SiO_2$  熔化
  - $Mg$  和  $S$  熔化
  - 氯化钠和蔗糖熔化
  - 碘和干冰升华

### 应用·实践

- 共价键、离子键和范德华力都是微观粒子之间的不同作用力。下列物质:①  $Na_2O_2$ 、②  $SiO_2$ 、③ 金刚石、④  $CaCl_2$ 、⑤ 干冰,其中含有两种不同类型的

作用力的是( )

- A. ①③⑤                      B. ①⑤  
C. ②④                         D. ①②③

8.  $\text{NCl}_3$  是一种淡黄色油状液体,下列对  $\text{NCl}_3$  的有关描述正确的是( )

- A. 该分子呈平面三角形  
B. 该分子为非极性分子  
C. 它的沸点比  $\text{PCl}_3$  的低  
D. 因为 N—Cl 键的键能大,所以  $\text{NCl}_3$  更稳定

9. (不定项)下列物质的变化,破坏的主要是范德华力的是( )

- A. 碘单质的升华  
B.  $\text{KCl}$  溶于水  
C. 将液溴加热变为气态  
D.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  受热分解

### 迁移·创新

10. 稀有气体的熔点、沸点和在水中的溶解度( $20^\circ\text{C}$ )

等信息(部分)如下表:

	氦(He)	氖(Ne)	氩(Ar)	氪(Kr)	氙(Xe)
熔点/K			83.95	116.55	161.15
沸点/K	4.24	27.25	87.45		
溶解度/ ( $\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$ )	13.8	14.7		73	110.9

(1)表中的稀有气体,熔点最低的是\_\_\_\_\_,  
沸点最高的是\_\_\_\_\_,氙在水中的溶解度大于  
\_\_\_\_\_  $\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$ ,而小于\_\_\_\_\_  $\text{mL} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(2)下列说法错误的是\_\_\_\_\_ (填序号)。

- ①稀有气体的范德华力随着熔点的升高而增大  
②稀有气体的范德华力随着沸点的升高而增大  
③稀有气体的范德华力随着溶解度的增大而增大  
④稀有气体的范德华力随着相对原子质量的增大而增大

## 第2课时 氢键与物质性质

### 走进新知

### 素养初探

#### 预习导读

1. 氢键是怎样形成的?
2. 氢键怎样表示? 氢键的作用能指哪个过程的能量?
3. 氢键形成的条件是什么?
4. 一个水分子可以与几个水分子形成氢键? 分别指向什么方向?

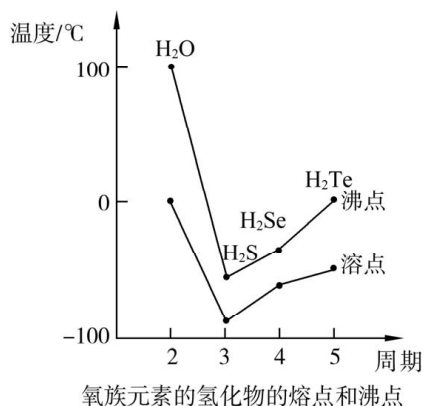
#### 自主检测

1. 下列物质中不存在氢键的是( )
  - A. 冰醋酸中醋酸分子之间
  - B. 液态氟化氢中氟化氢分子之间
  - C.  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  中的  $\text{NH}_3$  与  $\text{H}_2\text{O}$  分子之间
  - D. 可燃冰( $\text{CH}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ )中甲烷分子与水分子之间
2. 水的沸点是  $100^\circ\text{C}$ , 硫化氢的分子结构跟水相似, 但它的沸点却很低, 是  $-60.7^\circ\text{C}$ , 引起这种差异的主要原因是( )
  - A. 范德华力
  - B. 共价键
  - C. 氢键
  - D. 相对分子质量
3. 下列事实, 不能用氢键知识解释的是( )
  - A. 水和乙醇可以完全互溶
  - B. 氨容易液化
  - C. 干冰易升华
  - D. 液态氟化氢化学式有时写成  $(\text{HF})_n$  的形式

## 学习体验 素养形成

### 探究学习 氢键对物质性质的影响

观察氧族元素的氢化物的熔点和沸点的图示,思考下列问题:



1. 按照 H<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>S、H<sub>2</sub>Se、H<sub>2</sub>Te 的顺序,分子的相对分子质量怎样变化?

2. 分子之间的范德华力怎样变化?

3. 根据范德华力的变化趋势推测,物质的熔点和沸点应该怎样变化?

4. 按照范德华力大小来推测,在氧族元素的氢化物中,水的相对分子质量最小,水的沸点应该低于同族其他元素氢化物的沸点,但是事实却是水的沸点最高,这是什么原因呢?

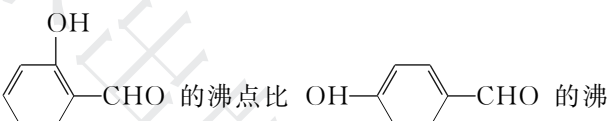
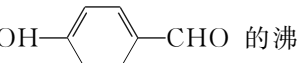
### 归纳总结

#### 氢键对物质性质的影响

性质	影响结果	举例
熔、沸点	分子间存在氢键的物质,物质的熔、沸点明显高;同分异构体分子间形成氢键的物质比分子内形成氢键的物质熔、沸点高	熔沸点: NH <sub>3</sub> > PH <sub>3</sub> 、邻羟基苯甲酸 < 对羟基苯甲酸
溶解度	溶剂和溶质之间形成氢键使溶质的溶解度增大	NH <sub>3</sub> 、甲醇、甲酸等易溶于水
密度	氢键的存在会使某些物质的密度反常	水的密度比冰的密度大
电离能力	氢键的存在会影响某些物质的电离常数	邻苯二甲酸的电离平衡常数与对苯二甲酸的电离常数差别大

### 典例解析

【例 1】(1) H<sub>2</sub>O 分子内的 O—H 键、分子间的范德华力和氢键从强到弱依次为\_\_\_\_\_。

 的沸点比  的沸点低,原因是\_\_\_\_\_。

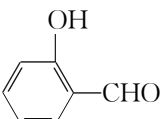
(2) 乙二胺(H<sub>2</sub>N—CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—NH<sub>2</sub>)和三甲胺[N(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>]均属于胺,但乙二胺比三甲胺的沸点高得多,原因是\_\_\_\_\_。

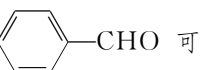
(3) H<sub>2</sub>O 与 CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH 可以任意比例互溶,除因它们是极性分子外,还因为\_\_\_\_\_; H<sub>2</sub>O 在乙醇中的溶解度大于 H<sub>2</sub>S,其原因是\_\_\_\_\_。

**解析:** (1) 化学键是相邻原子间的强相互作用;分子间的范德华力和氢键均属于分子间作用力的范畴,但氢键强于范德华力,所以它们从强到弱的顺序依次为 O—H 键、氢键、范德华力。对羟基苯甲醛易形成分子间氢键,邻羟基苯甲醛易形成分子内氢键,分子间氢键使分子间作用力增大,所以对羟基苯甲醛的沸点比邻羟基苯甲醛的高。

(2)乙二胺分子中存在 N—H 键,故乙二胺分子间存在氢键,三甲胺中不能形成氢键,所以乙二胺的沸点高于三甲胺。

(3) $H_2O$  与乙醇可以形成分子间氢键,使得水与乙醇互溶;而  $H_2S$  与乙醇不能形成分子间氢键,故  $H_2S$  在乙醇中的溶解度小于  $H_2O$ 。

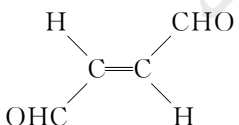
答案:(1)O—H 键 > 氢键 > 范德华力 

形成的是分子内的氢键,而  可形成分子间的氢键,分子间氢键使分子间的作用力增大

(2)乙二胺分子间可以形成氢键,三甲胺分子间不能形成氢键

(3) $H_2O$  与  $CH_3CH_2OH$  之间可以形成氢键,水分子和乙醇分子之间形成氢键,而硫化氢分子和乙醇分子之间不能形成氢键

**易错点拨:**形成氢键的关键,是分子内必须有 N、O、F 原子与氢原子形成的共价键。


**【例 2】**关于化合物 , 下列

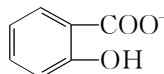
叙述正确的有 \_\_\_\_\_ (填字母)。

- 分子间可形成氢键
- 分子中既有极性键又有非极性键
- 分子中含有 7 个  $\sigma$  键和 1 个  $\pi$  键
- 该分子在水中的溶解度大于  $CH_3CH=CHCH_3$

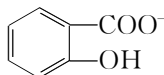
**解析:**分子中不存在与电负性很强、原子半径小的元素相连的 H 原子,所以不存在氢键,故 a 项不正确;分子中碳碳键是非极性键,碳氢键、碳氧键是极性键,b 项正确;分子中有 3 个碳碳  $\sigma$  键、2 个碳氧  $\sigma$  键、4 个碳氢  $\sigma$  键、2 个碳氧  $\pi$  键和 1 个碳碳  $\pi$  键,共有 9 个  $\sigma$  键和 3 个  $\pi$  键,故 c 项不正确;由于醛基中的氧原子与水分子间形成氢键,增大了其在水中的溶解度,d 项正确。

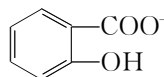
答案:bd

**【例 3】**已知苯酚()具有弱酸性,其  $K_a=1.1 \times 10^{-10}$ ;水杨酸第一级电离形成的离子

 能形成分子内氢键。据此判断,相同温度下电离平衡常数  $K_{a2}$ (水杨酸) \_\_\_\_\_ (填

“>”或“<”)  $K_a$ (苯酚),其原因是 \_\_\_\_\_。

**解析:**  中形成分子内氢键,使其更难电离出  $H^+$ ,故相同温度下电离平衡常数  $K_{a2}$ (水杨酸) <  $K_a$ (苯酚)。

**答案:** <  中形成分子内氢键,使其更难电离出  $H^+$

### 拓展训练

1. 甲烷与甲烷、甲醛与甲醛分子间能形成氢键吗?

2. 在 V A、VI A、VII A 族元素的氢化物中,为什么  $NH_3$ 、 $H_2O$ 、HF 三者的相对分子质量分别小于同主族其他元素的氢化物,但熔点、沸点却比其他元素的氢化物高?

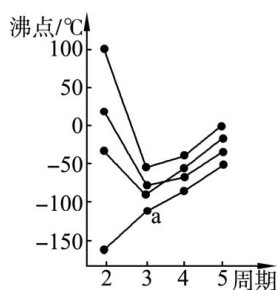
## 分层训练 素养提升

### 学习·理解

- 下列现象,不能用氢键知识解释的是( )
  - 葡萄糖易溶于水
  - 在  $4\text{ }^\circ\text{C}$  时水的密度最大
  - 硫酸是一种强酸
  - 水通常情况下为液态
- 下列各组物质的熔、沸点高低只与范德华力有关的是( )
  - Li、Na、K、Pb
  - HF、HCl、HBr、HI
  - LiCl、NaCl、KCl、RbCl
  - $F_2$ 、 $Cl_2$ 、 $Br_2$ 、 $I_2$
- 如图中每条折线表示周期表中 IV A ~ VII A 族中的某一主族元素氢化物的沸点变化,其中 a 点代表



的是( )

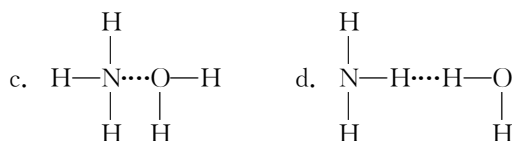
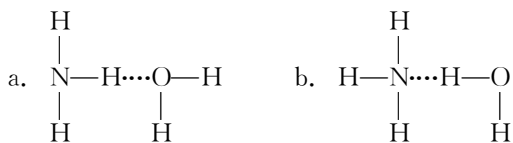


- A.  $H_2S$     B.  $HCl$     C.  $PH_3$     D.  $SiH_4$

4. 下列说法中错误的是( )
- A.  $H_2O$ 、 $NH_3$ 、 $HF$  的沸点高于同族其他非金属气态氢化物的沸点是由于它们分子间存在氢键
- B.  $H_2O$  的沸点比  $HF$  的高,与氢键有关
- C. 氨气极易溶于水,重要的原因之一是由于氨分子与水分子之间能形成氢键
- D. 相同物质的量的水在气态、液态和固态时均有氢键,且氢键的数目依次增多
5. 下列两组命题中,Ⅱ组中命题正确,且能用Ⅰ组中的命题加以解释的是( )

选项	Ⅰ组	Ⅱ组
A	相对分子质量: $HCl > HF$	沸点: $HCl$ 高于 $HF$
B	键能: $H-O > H-S$ 键	沸点: $H_2O$ 高于 $H_2S$
C	分子间作用力: $H_2O > H_2S$	稳定性: $H_2O$ 强于 $H_2S$
D	相对分子质量: $HI > HCl$	沸点: $HI$ 高于 $HCl$

6.  $NH_3$  在水中的溶解度是常见气体中最大的。
- (1) 下列因素与  $NH_3$  的水溶性没有关系的是 \_\_\_\_\_ (填字母,下同)。
- a.  $NH_3$  和  $H_2O$  都是极性分子
- b.  $NH_3$  在水中易形成氢键
- c.  $NH_3$  溶于水建立了以下平衡:  $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$
- d.  $NH_3$  是一种易液化的气体
- (2)  $NH_3$  溶于水时,大部分  $NH_3$  与  $H_2O$  通过氢键结合形成  $NH_3 \cdot H_2O$  分子。根据氨水的性质可推知  $NH_3 \cdot H_2O$  的结构式为 \_\_\_\_\_。



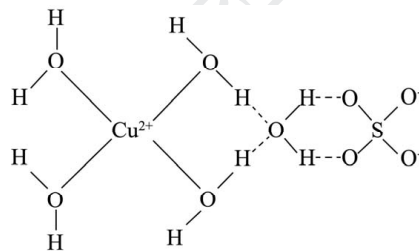
- (3)  $NH_3$  和  $PH_3$  在常温、常压下都是气体,但  $NH_3$  比  $PH_3$  易液化,其主要原因是 \_\_\_\_\_。
- a.  $N-H$  键比  $P-H$  键的键能大
- b.  $NH_3$  的极性比  $PH_3$  强
- c.  $PH_3$  的相对分子质量比  $NH_3$  大
- d.  $NH_3$  分子之间存在氢键, $PH_3$  分子间不存在氢键

应用·实践

7. 下列事实与氢键无关的是( )
- A. 液态氟化氢中有三聚氟化氢( $HF$ )<sub>3</sub> 分子存在
- B. 冰的密度比液态水的密度小
- C. 乙醇能与水以任意比混溶
- D.  $NH_3$  比  $PH_3$  稳定
8. 下列几种氢键: ①  $O-H \cdots O$ ; ②  $N-H \cdots N$ ; ③  $F-H \cdots F$ ; ④  $O-H \cdots N$ 。氢键从强到弱的顺序正确的是( )
- A. ③>①>④>②    B. ①>②>③>④
- C. ③>②>①>④    D. ①>④>③>②
9. 甲醇的沸点明显高于甲醛,乙酸的沸点明显高于乙醛,其主要原因是什么?

迁移·创新

10. 胆矾晶体是配制波尔多液的主要原料,其结构示意图可简单表示如下:



- (1) 胆矾的化学式用配合物的形式表示为 \_\_\_\_\_。
- (2) 胆矾中含有的作用力除极性共价键、配位键外还有 \_\_\_\_\_。
- (3) 胆矾晶体中杂化轨道类型是  $sp^3$  的原子是 \_\_\_\_\_。

## 本书建构整合

- 分子间作用力
- 范德华力
1. 概念: 分子之间普遍存在的一种相互作用力
  2. 实质: 电性作用
  3. 特征 { 作用通常比化学键的键能① \_\_\_\_\_ 得多  
没有② \_\_\_\_\_ 和③ \_\_\_\_\_
  4. 影响因素 { 组成和结构相似的物质, 随着④ \_\_\_\_\_ 的增加, 范德华力逐渐增大  
相对分子质量相近时, 分子的⑤ \_\_\_\_\_ 越大, 范德华力越大
  5. 主要影响物质的物理性质(熔点、沸点)
- 氢键
1. 概念: 当氢原子与电负性大的原子 X 以共价键结合时, H 原子与另一个分子中电负性大的原子 Y 之间的静电作用
  2. 表示形式 { 用 X—H...Y 表示, X、Y 为⑥ \_\_\_\_\_  
氢键的作用能是指 X—H...Y 分解为 X—H 和 Y 所需要的能量
  3. 类型 { 分子内氢键  
分子间氢键
  4. 特征 { 作用能比范德华力的作用能⑦ \_\_\_\_\_ 一些, 比化学键的键能⑧ \_\_\_\_\_ 得多  
有一定的⑨ \_\_\_\_\_ 和⑩ \_\_\_\_\_
  5. 主要影响物质的物理性质(熔点、沸点、电离、溶解)

## 教材习题答案

## 教材习题答案

1. (1)× (2)√ (3)× (4)×
2. A 3. A
4.  $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  的结构和组成相似, 相对分子质量逐渐增大, 范德华力逐渐增强, 所以熔点依次增大。
5. HI 和  $\text{CH}_4$  分子间都不能形成氢键。原因: I 原子半径较大, 碘元素的电负性较小, H、I 原子的共用电子对偏离 H 原子程度不大, H 原子核不会裸露, 所以 HI 分子间不会形成氢键。碳元素电负性也较小, H 原子核不会裸露, 而且  $\text{CH}_4$  分子中的 C 原子上也没有孤对电子, 所以  $\text{CH}_4$  分子间不能形成氢键。
6. (1) 水分子和乙醇分子间可以形成氢键, 所以水和乙醇可以以任意比例互溶。  
(2) 氨分子间可以形成氢键, 所以氨的沸点相对较

高, 氨就容易液化。

(3) 液态氟化氢中 HF 分子间存在氢键, 多个 HF 分子被氢键结合在一起, 所以化学式有时可以写成  $(\text{HF})_n$  的形式。

7. IVA 族元素气态氢化物分子间都没有氢键, 范德华力随其相对分子质量的增加而增大, 所以沸点逐渐增大:  $\text{CH}_4 < \text{SiH}_4 < \text{GeH}_4 < \text{SnH}_4$ 。VA 族、VIA 族、VIIA 族元素气态氢化物中, 第 2 周期的  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、HF 分子间存在氢键, 分子间作用力较强, 其沸点就较高, 比其同主族的其他元素的气态氢化物沸点高 ( $\text{NH}_3$  比  $\text{PH}_3$ 、 $\text{AsH}_3$  沸点高, 比  $\text{SbH}_3$  沸点低)。第 3~5 周期的气态氢化物分子间没有氢键, 范德华力随其相对分子质量的增加而增大, 沸点逐渐增大。
8. 假如水分子间没有氢键, 水分子的沸点、熔点就会降低很多; 固态水中水分子间如果没有氢键, 分子间距离就会变小, 密度就会增大; 液态水的密度就可能小于固态水的密度。
9. (1) 2 mol (2) 20  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

## 微项目 补铁剂中铁元素的检验

### ——应用配合物进行物质检验

#### 项目拆解

铁是人体必需的微量元素之一,因为自然代谢每天都有铁元素的损失,为了保持体内的铁平衡,就需要从食物等外界环境中摄入铁元素。因为个体吸收差异、饮食习惯、地域差异等原因,如果长时间不能摄入足够的铁就会导致缺铁性贫血等疾病,这时就需要及时补充铁剂维持铁平衡。以补铁剂中铁元素的检验为项目课题,可以将化学与实际生活紧密联系在一起。本项目由以下5个环节组成。

#### 【环节1:检验补铁药片中的三价铁】

补铁药片中是否有被氧化得到的三价铁,以此为探究问题开展实验活动。从微观上来分析,酸性溶液中存在自由的  $\text{Fe}^{3+}$ ,能够与  $\text{SCN}^-$  结合使溶液变红,而在中性条件下  $\text{OH}^-$  优先结合  $\text{Fe}^{3+}$ ,与  $\text{SCN}^-$  存在竞争关系,配合物的反应中多种配体可能存在竞争,酸碱性能影响  $\text{OH}^-$  浓度从而影响反应的发生。

#### 【环节2:检验补铁药片中存在二价铁】

复习  $\text{Fe}^{2+}$  的检验方法并进行实验探究。已知的方法是基于  $\text{Fe}^{2+}$  还原性的,例如可以使酸性高锰酸钾溶液褪色,或者先加硫氰化钾溶液再加氯水溶液变红或红色加深,但这些都是间接证据,在复杂体系中可能无法得出结论。

#### 【环节3:筛选检验二价铁和三价铁的试剂】

先介绍一些可以用来当作配体的试剂,从结构的角度分析能否与  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  配位,配位原子是哪

个原子。分析过程可以对刚刚学过的原子结构和分子结构进行复习,对于复杂的有机配体,可以从成键角度帮助分析原子是否有孤对电子,是否可能形成配位键。分析清楚之后,猜想形成的配合物稳定性怎么样,并设计实验验证,设计实验时要注意控制变量。

#### 【环节4:探索邻二氮菲检验 $\text{Fe}^{2+}$ 的酸碱性条件】

实验结束后要从微粒角度分析结果产生的原因。颜色深浅和配合物浓度有关,需要深入思考酸碱性与配合物浓度有什么关系。这一活动中使用到了颜色深浅和配合物浓度有关这一条件,可以介绍比色法测定离子含量,从定性到定量,了解配合物的应用。

#### 【环节5:项目成果展示】

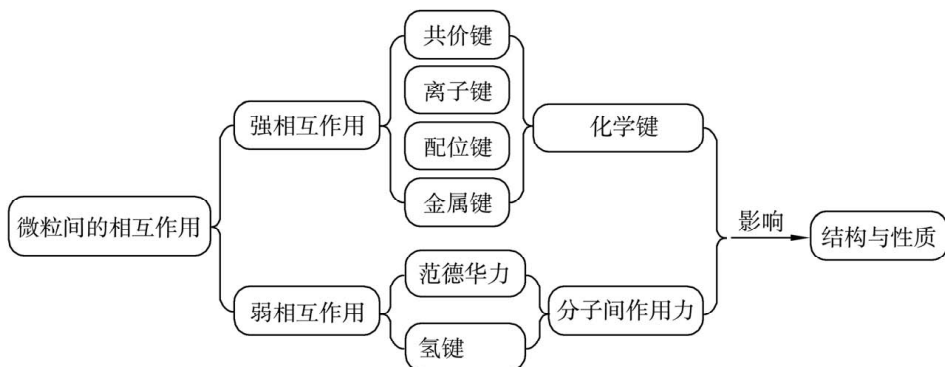
可以采用思维导图的方式从借助配合物进行离子检验出发,总结配合物相关内容。总结可以是具体知识层面的也可以是应用方法的。形式上可以采用小组展示汇报的方式,多个小组展示各自的思维框架,展示时适当进行解读相互补充。

#### 项目达标

- $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  可以形成多种配合物,在这些配合物中,  $\text{Fe}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{3+}$  作\_\_\_\_\_ (填“中心体”或“配体”)。
- 利用  $\text{SCN}^-$  检验  $\text{Fe}^{3+}$  的适宜条件是 pH \_\_\_\_\_。
- 邻二氮菲与  $\text{Fe}^{2+}$  可通过配位键形成  $[\text{Fe}(\text{phen})_3]^{2+}$ , 其中提供孤电子对的原子是\_\_\_\_\_,配位数为\_\_\_\_\_。

# 本章总结

## 本章建构整合



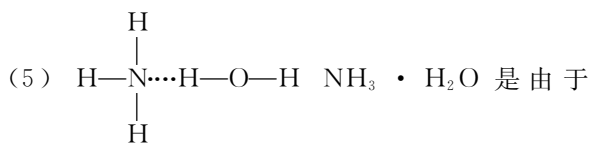
## 教材习题答案

### 教材习题答案

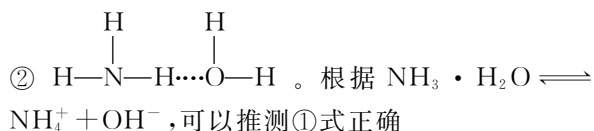
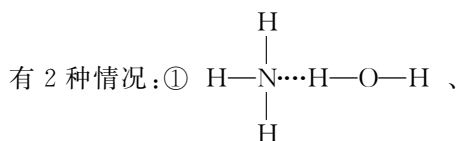
- C 2. A 3. BD 4. 略
- H<sub>2</sub>O 中的 O 原子、NH<sub>3</sub> 中的 N 原子、F<sup>-</sup>、CN<sup>-</sup> 中的 C 和 N 原子都含有孤电子对, 所以它们都可以和某些金属离子形成配位键。
- D
- C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 分子中 C 原子都采取 sp<sup>3</sup> 杂化, C—C 键是 σ 键。而在 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 分子中 C 原子都采取 sp<sup>2</sup> 杂化, 碳原子和碳原子之间有 1 个 σ 键、1 个 π 键; C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 分子中 C 原子都采取 sp 杂化, 碳原子和碳原子之间有 1 个 σ 键、2 个 π 键; 碳原子间共用电子对增多, 键长变短, 键能变大。乙烯分子为平面分子, 乙炔分子为直线形。
- 间硝基苯酚和对硝基苯酚分子间都存在氢键, 而邻硝基苯酚存在分子内氢键, 减少了形成分子间氢键的可能性, 所以邻硝基苯酚比间硝基苯酚和对硝基苯酚的熔点低。类似这样的现象还有: 邻硝基苯甲酸比间硝基苯甲酸和对硝基苯甲酸的熔点低。
- A 10. B 11. D
- (1) 直线形: CO<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 等, 键角为 180°。  
(2) 平面三角形: BF<sub>3</sub>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 等, 键角为 120°。  
(3) 三角锥形: NH<sub>3</sub>、NCl<sub>3</sub> 等, 键角为 107.3°。  
(4) 正四面体形: CH<sub>4</sub>、CCl<sub>4</sub> 等, 键角为 109°28'。
- 空间结构图略。所有碳原子和非端位氧原子通

过共价键与其他原子相连。对于 4 条单键的 C 原子和 2 条单键的 O 原子, 根据杂化轨道理论都是 sp<sup>3</sup> 杂化, 根据价层电子对互斥理论, 中心原子的价层电子对有 4 个空间取向, 呈四面体形; 对于有双键的 C 原子, 根据杂化轨道理论是 sp<sup>2</sup> 杂化, 根据价层电子对互斥理论, 中心原子的价层电子对有 3 个空间取向, 呈三角形。这四种分子中, 只有 (2) 具有旋光性, 因为只有这个分子与羟基直接相连的 C 原子连接了四个不同的原子或原子团(甲基、羟基、羧基和氢原子), 是不对称碳原子, 所以该分子是手性分子, 具有旋光性; 而其他原子没有不对称碳原子, 所以没有旋光性。

- (1) S p 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>4</sup>  
(2) 角形 直线形 SO<sub>2</sub> SO<sub>2</sub> 是极性分子, CO<sub>2</sub> 是非极性分子  
(3) sp<sup>2</sup> 平面三角形  
(4) H<sub>2</sub>O > H<sub>2</sub>S > CH<sub>4</sub> 水分子间存在氢键, 沸点最高, H<sub>2</sub>S 是极性分子且相对分子质量较大  
(5) 4
- (1) N 3d<sup>10</sup>4s<sup>1</sup> (2) sp<sup>3</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (3) H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>  
(4) SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 共价键和配位键 H<sub>2</sub>O H<sub>2</sub>O 与 Cu<sup>2+</sup> 的配位键比 NH<sub>3</sub> 与 Cu<sup>2+</sup> 的配位键弱



是由于 NH<sub>3</sub> 和 H<sub>2</sub>O 间形成氢键而形成的, 其结构可能



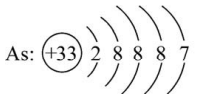
16. 碳和硅等非金属元素相比,具有独特性:(1)具有多样化的成键方式,能与碳或其他不同原子(基团)结合,形成种类繁多、各具特性的物质;(2)C—C键的键能较大,从而为多碳原子构成分子骨架提供可能;(3)碳和 N、P、S 等元素形成的化合价的键能并不大,容易在自然或人体条件下通过反应转化为新的化合物。

## 本章自我检测


(时间:45 分钟 分值:100 分)

一、选择题(本题包括 8 小题,每小题 3 分,共 24 分。每小题只有一个选项符合题意)

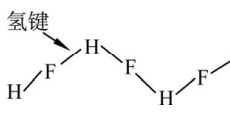
- 日常生活中用的防晒霜,如氨基苯甲酸、羟基丙酮等。它们之所以能“防晒”是( )
  - 因它们为有机物,涂用后形成了一层“保护层”
  - 因它们挥发时吸热,降低皮肤温度
  - 因它们含有  $\pi$  键,能够有效吸收紫外线
  - 因它们能与皮肤形成一层“隔热层”,阻碍照射
- 下列各组粒子的中心原子杂化类型相同,其键角不相等的是( )
  - $\text{CCl}_4$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{SiH}_4$
  - $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{NF}_3$ 、 $\text{CH}_4$
  - $\text{BCl}_3$ 、 $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ 、 $\text{PH}_3$
  - $\text{SO}_3$ 、 $\text{C}_6\text{H}_6$ (苯)、 $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$
- 通常把原子总数和价电子总数相同的分子或离子称为等电子体。人们发现等电子体的空间结构相同,则下列有关说法正确的是( )
  - $\text{CH}_4$  和  $\text{NH}_4^+$  是等电子体,键角均为  $60^\circ$
  - $\text{NO}_3^-$  和  $\text{CO}_3^{2-}$  是等电子体,均为平面正三角形结构
  - $\text{H}_3\text{O}^+$  和  $\text{PCl}_3$  是等电子体,均为三角锥形结构
  - $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$  和苯是等电子体, $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$  分子中不存在“肩并肩”式重叠的轨道
- 下列物质中,同时含有极性键和非极性键的是( )
  - $\text{CO}_2$
  - $\text{H}_2\text{O}$
  - $\text{Br}_2$
  - $\text{H}_2\text{O}_2$
- 下列事实不能用键能的大小来解释的是( )
  - 氮元素的电负性较大,但  $\text{N}_2$  的化学性质很稳定
  - 惰性气体一般难发生反应
  - $\text{HF}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HBr}$ 、 $\text{HI}$  的稳定性逐渐减弱
  - $\text{F}_2$  比  $\text{O}_2$  更容易与  $\text{H}_2$  反应
- 下列物质性质的变化规律与分子间作用力无关的是( )
  - 在相同条件下, $\text{N}_2$  在水中的溶解度小于  $\text{O}_2$
  - $\text{HF}$  加热到很高的温度都难以分解
  - $\text{F}_2$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$  的熔、沸点逐渐升高
  - $\text{CH}_3\text{CH}_3$ 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ 、 $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_3$ 、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  的沸点逐渐升高
- 最新研究表明生命起源于火山爆发,是因为火山爆发产生的气体中含有 1% 的羰基硫( $\text{OCS}$ ),已知羰基硫中所有原子均满足 8 电子稳定结构。下列有关羰基硫的说法正确的是( )
  - 属于非极性分子
  - 沸点低于  $\text{CO}_2$
  - 电子式为  $:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{C}}:\ddot{\text{S}}:$
  - 三个原子位于同一直线上
- 用示意图或图示的方法能够直观形象地将化学知识传播给学生,下列示意图或图示正确的是( )
 



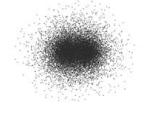
砷原子结构示意图  
A



水合钠离子示意图  
B



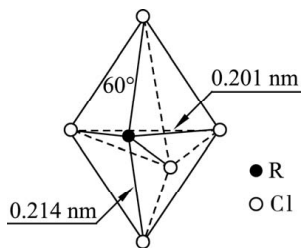
HF 分子间氢键  
C



在通常状况下氢原子电子云示意图  
D

二、选择题(本题包括4小题,每小题5分,共20分。每小题有2个选项符合题意)

9. 下列实验事实不能用氢键来解释的是( )
- A. 冰的密度比水小,能浮在水面上  
B. 氯化钠的熔点高于氯化氢的熔点  
C. 邻羟基苯甲醛的沸点低于对羟基苯甲醛的沸点  
D.  $H_2O$  比  $H_2S$  稳定
10. 经验规律(相似相溶原理):一般来说,由极性分子组成的溶质易溶于极性分子组成的溶剂,非极性分子组成的溶质易溶于非极性分子组成的溶剂。以下事实中可以用相似相溶原理解释的是( )
- A.  $HCl$  易溶于水      B.  $I_2$  可溶于水  
C.  $Cl_2$  可溶于水      D.  $NH_3$  易溶于水
11. 下列物质的沸点,从高到低的顺序正确的是( )
- A.  $HI > HBr > HCl > HF$   
B.  $Cl_4 > CBr_4 > CCl_4 > CF_4$   
C.  $NaCl > NaBr > KBr$   
D.  $Na > Mg > Al$
12. 第V A族元素的原子R与A原子结合形成 $RA_3$ 气态分子,其空间结构呈三角锥形。 $RCl_5$ 分子结构如下图所示,下列关于 $RCl_5$ 分子的说法中不正确的是( )



$RCl_5$  的分子结构

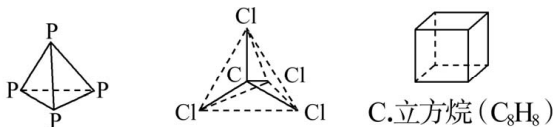
- A. 每个原子都达到8电子稳定结构  
B. 键角( $Cl-R-Cl$ )有 $90^\circ$ 、 $120^\circ$ 、 $180^\circ$ 三种  
C.  $RCl_5$  受热分解生成的 $RCl_3$ 分子空间结构呈三角锥形  
D. 分子中5个 $R-Cl$ 键键能都相同

三、非选择题(本题包括4小题,共56分)

13. (12分)下面是同学们熟悉的物质:① $O_2$ , ②金刚石, ③ $NaBr$ , ④ $H_2SO_4$ , ⑤ $Na_2CO_3$ , ⑥ $NH_4Cl$ , ⑦ $NaHSO_4$ , ⑧ $Ne$ , ⑨ $Na_2O_2$ , ⑩ $NaOH$ 。
- (1) 这些物质中,只含有共价键的是\_\_\_\_\_ (填序号,下同);只含有离子键的是\_\_\_\_\_ ;既含有共价键又含有离子键的是\_\_\_\_\_ ;不存在化学键的是\_\_\_\_\_ ;属于共价化合物的是\_\_\_\_\_ ;属于离子化合物的是\_\_\_\_\_。

(2) 将 $NaHSO_4$ 溶于水,破坏了 $NaHSO_4$ 中的\_\_\_\_\_,写出其电离方程式:\_\_\_\_\_ ; $NaHSO_4$ 在熔融状态下电离,破坏了 $NaHSO_4$ 中的\_\_\_\_\_,写出其电离方程式:\_\_\_\_\_。

14. (16分)(1)在化学中,常用一条短线表示一个化学键,如下图所示的物质结构中,虚线表示化学键或分子间作用力的是\_\_\_\_\_ (填字母)。



A. 白磷的结构      B.  $CCl_4$  的结构      C. 立方烷( $C_8H_8$ ) 的结构

- (2) 已知 $PH_3$ 与 $NH_3$ 结构相似,回答下列问题:
- ①  $PH_3$ 的电子式\_\_\_\_\_,结构式\_\_\_\_\_。  
② 空间结构为\_\_\_\_\_。  
③ 中心原子采取\_\_\_\_\_杂化。  
④  $PH_3$ 分子中的化学键\_\_\_\_\_ (填“有”或“无”)极性,其分子为\_\_\_\_\_ (填“极性”或“非极性”)分子。  
⑤  $PH_3$ 与 $NH_3$ 的热稳定性:\_\_\_\_\_更强。

15. (14分)Q、R、X、Y、Z五种元素的原子序数依次递增。已知:

- ① Z的原子序数为29,其余的均为短周期主族元素;  
② Y原子价电子(外围电子)排布式为 $ms^x mp^y$ ;  
③ R原子核外L层电子数为奇数;  
④ Q、X原子p轨道的电子数分别为2和4。

请回答下列问题:

- (1)  $Z^{2+}$ 的核外电子排布式是\_\_\_\_\_。
- (2) 在 $[Z(NH_3)_4]^{2+}$ 中, $Z^{2+}$ 的空轨道接受 $NH_3$ 分子提供的\_\_\_\_\_形成配位键。
- (3) Q与Y形成的最简单气态氢化物分别为甲、乙,下列判断正确的是\_\_\_\_\_ (填字母)。
- a. 稳定性:甲>乙,沸点:甲>乙  
b. 稳定性:甲>乙,沸点:甲<乙  
c. 稳定性:甲<乙,沸点:甲<乙  
d. 稳定性:甲<乙,沸点:甲>乙
- (4) Q、R、Y三种元素的第一电离能数值由小至大的顺序为\_\_\_\_\_ (用元素符号作答)。
- (5) Q的一种氢化物相对分子质量为26,其分子中 $\sigma$ 键与 $\pi$ 键的键数之比为\_\_\_\_\_。

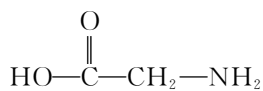
16. (14分)氮元素是地球大气中含量最多的元素。

(1) 氮元素基态原子核外电子中,成对电子数与

未成对电子数之比为\_\_\_\_\_。

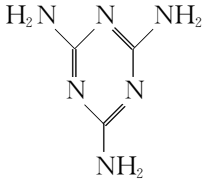
(2)氨分子中氮原子与氢原子之间的作用力是\_\_\_\_\_，而在氨水中，分子间的作用力有\_\_\_\_\_。

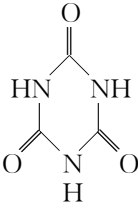
(3)甘氨酸(结构简式如下图所示)是最简单的一种氨基酸，其相对分子质量为 75，而戊烷相对分子质量为 72，与甘氨酸相差不大，但甘氨酸易溶解于水，戊烷却难溶解于水，出现这种差异的原因是\_\_\_\_\_。



(4)氮的氢化物除氨外，还有联氨，其结构简式为  $\text{NH}_2-\text{NH}_2$ 。在联氨分子中，N 原子采用\_\_\_\_\_杂化，联氨中的六个原子\_\_\_\_\_

(选填“在”或“不在”)同一个平面上。

(5)三聚氰胺(  )俗称“蛋白精”。

动物摄入三聚氰胺和三聚氰酸(  )

后，三聚氰酸与三聚氰胺分子相互之间通过\_\_\_\_\_结合，在肾脏内易形成结石。

## 第3章

# 不同聚集状态的物质与性质

本章学习主要促进“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”化学学科核心素养的发展。通过前面的学习,学生已经初步掌握了原子结构、原子核外电子运动状态、微粒间相互作用类型等知识,这些知识皆是从微观认识元素和物质世界,而本章教材以学习几种典型的晶体模型为主线,通过引导学生认识宏观物质的主要聚集状态及其性质特征,使学生将微观粒子的排列与宏观物质的聚集状态和性质联系起来,从而建立系统、完整的物质结构观,促进学生“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”化学学科核心素养的发展。

## 第1节 认识晶体

### → 瞄准课标 靶向学习 →

课标内容要求	课标学业要求
1. 了解晶体中微粒的空间排布存在周期性。 2. 认识简单的晶胞。 3. 知道 X 射线衍射等是测定物质结构的基本方法和实验手段。	1. 能说出晶体与非晶体的区别。 2. 能结合实例描述晶体中微粒排列的周期性规律。 3. 能说明 X 射线衍射在物质结构研究中的作用。

### 第 1 课时 晶体的特性

#### 走进新知 素养初探

##### 预习导读

阅读教材,思考以下问题:

1. 什么样的物质才能称为晶体?请举例说明。
2. 晶体与玻璃、橡胶等非晶体有何不同?
3. 晶体为什么具有明显不同于非晶体的特性?

##### 自主检测

1. 下列有关晶体和非晶体的说法正确的是( )  
A. 具有规则几何外形的固体均为晶体  
B. 晶体具有自范性,非晶体没有自范性  
C. 晶体研碎后即变为非晶体  
D. 将玻璃加工成规则的固体即变成晶体
2. 不能够支持石墨是晶体这一事实的选项是( )  
A. 石墨和金刚石是同素异形体  
B. 石墨中的碳原子呈周期性有序排列  
C. 石墨的熔点为 3 625 °C  
D. 在石墨的 X 射线衍射图谱上有明锐的谱线

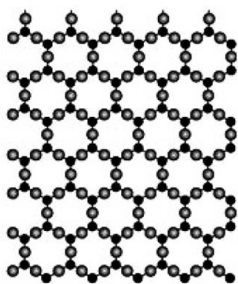


## 学习体验 素养形成

### 探究学习(一) 认识晶体的特性

#### 1. 晶体和非晶体

观察下列物质的结构模型,分析晶体和非晶体内部的微粒排布分别有什么特点?



晶体的内部微粒排列



非晶体的内部微粒排列

#### 2. 晶体的特性

(1)在适宜的条件下,晶体能够自发地呈现封闭的、规则的多面体外形,这是晶体的自范性。晶体外形往往还表现出一定的对称性。例如:规则的食盐晶体具有立方体外形,它既有\_\_\_\_\_ ,也有\_\_\_\_\_ 。

(2)晶体在不同方向上会表现出不同的物理性质,这称作晶体的\_\_\_\_\_ 性。例如:石墨在与层平行的方向上的电导率数值约为在与层垂直的方向上的电导率数值的1万倍。

(3)晶体拥有固定的\_\_\_\_\_ ,在熔化过程中,温度始终保持不变。

#### 3. 检验晶体的方法

晶体可以使X射线发生有规律的\_\_\_\_\_ 现象,所以借助X射线进行物质结构的分析,成为测定物质中原子空间排布的重要途径。

### 归纳总结

固体	外观	微观结构	自范性	各向异性	熔点
晶体	具有规则的几何外形	微粒在三维空间周期性重复排列	有	各向异性	固定
非晶体	不具有规则的几何外形	微粒排列无周期性重复	无	各向同性	不固定
本质区别	微观粒子在三维空间是否呈现周期性有序排列				

### 方法导引

物质的结构决定性质,试从晶体和非晶体的微观结构的不同之处分析它们在性质上呈现出的差别。

### 典例解析

【例1】区分晶体和非晶体最可靠的科学方法是( )

- A. 测定熔、沸点
- B. 观察外形
- C. 对固体进行X射线衍射实验
- D. 通过比较硬度确定

解析:从外形和某些物理性质可以初步鉴别晶体和非晶体,但并不一定可靠。区分晶体和非晶体的最可靠的科学方法是对固体进行X射线衍射实验。

答案:C

### 拓展训练

1.(不定项)下列对晶体的有关描述一定正确的是( )

- A. 具有规则的几何外形的固体一定是晶体
- B. 具有各向异性的固体一定是晶体
- C. 某物体表现出各向异性是由于组成物质的微粒在不同方向上排列的规律不同
- D. 粉末状固体一定不是晶体

### 探究学习(二) 晶体的分类

为了认识复杂的晶体世界,人们常常从结构简单的晶体入手。氯化钠、铜、金刚石、冰中存在着离子、原子或分子等微粒的周期性排列,根据这些晶体内部微粒间相互作用的不同,将它们分为离子晶体(如氯化钠)、金属晶体(如铜)、共价晶体(如金刚石)和分子晶体(如冰)。

### 方法导引

对于复杂的晶体世界,人们通常利用分类的思想进行研究。晶体分类有两个常见的分类依据:一是依据晶体内部微粒的种类;二是依据构成晶体微粒间的相互作用的不同。

## 归纳总结

晶体	微粒种类	相互作用	举例
离子晶体	阴、阳离子	离子键	NaCl、KF
金属晶体	金属阳离子和自由电子	金属键	Fe、Cu
共价晶体	原子	共价键	金刚石、水晶
分子晶体	分子	分子间作用力	冰、干冰

## 典例解析

【例2】关于晶体与化学键关系的下列说法中，正确的是( )

- A. 离子晶体中一定存在共价键
- B. 共价晶体中可能存在离子键
- C. 金属晶体中含有离子，但却不存在离子键
- D. 分子晶体中一定存在共价键

解析：离子晶体中一定存在离子键，可能存在共价键；共价晶体中只存在共价键；金属晶体是由金属阳离子和自由电子构成的，属于金属键；分子晶体中可能存在共价键。

答案：C

易错点拨：金属晶体中包括金属阳离子和自由电子，所以“含有离子的晶体一定是离子晶体”这句话是错误的。

## 拓展训练

2. 在单质的晶体中一定不存在的微粒是( )
- A. 原子
  - B. 分子
  - C. 阴离子
  - D. 阳离子

## 探究学习 三 材料的用途

由于内部微粒的周期性重复排列，使得晶体在很多方面具有优越的性能，晶体材料处于材料科学发展的前沿，对近代科学技术的发展起到推动作用。例如：利用某些晶体可以将机械能转变成电能制成了\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_；有些晶体对热特别敏感，可以制成\_\_\_\_\_，不仅可以在伸手不见五指的黑夜观察具有热辐射性能的物体，还可以辅助确定人体内病变的部位和病灶形状；半导体晶体可以在一块硅片上集成几十亿个晶体管，从而推动了计算机技术的迅速发展。

尺有所短，寸有所长，非晶体也常常表现出一些优异的性能。例如：某些非晶态合金的强度和硬度比相应晶态合金高5~10倍；某些非晶态合金的耐腐蚀性甚至比不锈钢要好得多；非晶态硅对阳光的吸收系数远大于单晶硅，这对提高硅太阳能电池的工作效率有很大意义。

## 归纳总结

晶体材料目前广泛应用于电子、激光、通信、能源和生物等各种高新技术领域；而非晶体材料也因具有优异的物理、化学特性而得到了迅速的发展，成为一大类重要的新型固体材料。

## 分层训练 素养提升

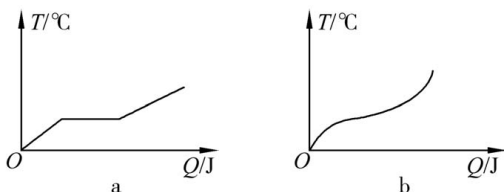
## 学习·理解

- (不定项)下列说法错误的是( )
  - A. 同一物质有时可以是晶体，有时可以是非晶体
  - B. 区分晶体和非晶体最可靠的科学方法是确定有没有固定熔点
  - C. 雪花是水蒸气凝华得到的晶体
  - D. 只有无色透明且具有规则几何外形的固体才是晶体
- 下列哪些性质不能区别晶体与玻璃体( )
  - ①各向异性 ②X射线衍射 ③导电性 ④有规则的几何外形
  - A. ①② B. ②④ C. ③④ D. ①③
- 下列叙述正确的是( )
  - A. 固态物质一定是晶体
  - B. 冰和固体碘晶体中微粒间相互作用力完全相同
  - C. 晶体内部的微粒按一定规律做周期性的重复排列
  - D. 凡有规则外形的固体一定是晶体
- (不定项)将晶体划分为离子晶体、金属晶体、共价晶体和分子晶体的标准是( )
  - A. 内部微粒的排列顺序
  - B. 晶体中最小重复结构单元的种类
  - C. 晶体内部微粒的种类
  - D. 晶体内部微粒间相互作用的不同
- 某固态物质在固态和熔融态时均能导电，熔点较

高,该固态物质可能是( )

- A. 离子晶体                      B. 共价晶体  
C. 分子晶体                      D. 金属晶体

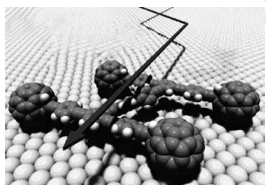
6. 下图是 a、b 两种不同物质的熔化曲线,下列说法正确的是( )



- A. a 没有固定的熔点              B. a 是非晶体  
C. b 是晶体                          D. b 是非晶体

### 应用·实践

7. (不定项)科学家用有机分子和球形笼状分子  $C_{60}$  首次制成了“纳米车”(如图所示),每辆“纳米车”是用一个有机分子和四个球形笼状分子“组装”而成。下列说法正确的是( )



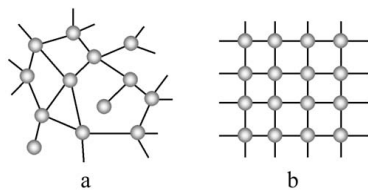
- A. 我们可以直接用肉眼清晰地看到这种“纳米车”的运动  
B. “纳米车”的诞生,说明人类操纵分子的技术进入一个新阶段  
C.  $C_{60}$  是一种分子晶体  
D.  $C_{60}$  熔点比金刚石熔点高
8. 下列叙述正确的是( )
- A. 任何晶体中,若含有阳离子也一定含有阴离子  
B. 离子晶体中可能含有共价键  
C. 离子晶体中只含有离子键,不含有共价键  
D. 分子晶体中只存在分子间作用力,不含有其他

### 化学键

9. 云母属于晶体,是单斜晶系一族层状结构的硅酸盐矿物的总称。用烧热了的针去接触涂有薄薄一层石蜡的云母片的反面时,融化了的石蜡呈现椭圆形。这是因为( )
- A. 云母是热的不良导体,传热不均匀  
B. 石蜡是热的不良导体,传热不均匀  
C. 石蜡具有各向异性,不同的方向导热性不同  
D. 云母具有各向异性,不同的方向导热性不同

### 迁移·创新

10. 非晶硅光电薄膜产业的研发成长,在转换效率上,已逐渐接近于多晶硅太阳能电池,发电成本仅为多晶硅的三分之一。预计非晶硅光电薄膜产业的成长速率,将比多晶硅太阳能产业更为快速,非晶硅薄膜技术将成为今后太阳能电池的市场主流。试探究下列问题:



- (1) 上图中 a、b 是两种硅的部分结构,\_\_\_\_\_是晶体硅,\_\_\_\_\_是非晶硅。(均填字母)
- (2) 有关晶体常识的相关说法中正确的是\_\_\_\_\_ (填字母)。
- A. 玻璃是非晶体  
B. 固体粉末都是非晶体  
C. 晶体内部质点具有有序性的特征,有固定的熔、沸点和各向异性  
D. 区别晶体和非晶体最有效的方法是通过 X 射线衍射实验

## 第 2 课时 晶体结构的基本重复单元——晶胞

### 走进新知

### 素养初探

#### 预习导读

俗语说“窥一斑而得全豹”,由于晶体中的微粒

呈现可重复的周期性排列,因此研究晶体结构时只需要找到其中基本的重复单元对其加以分析就可以知道整个晶体的结构了。

#### 自主检测

1. 晶体中的微粒呈现可重复的周期性排列,结

构中最小的重复单元称为晶胞。

2. 选取晶胞的方式很多, 通常会在保证\_\_\_\_\_的前提下, 依据晶胞尽量\_\_\_\_\_ (如所含的原子数尽量\_\_\_\_\_, 优选棱的夹角为\_\_\_\_\_)的原则在晶体中选取晶胞。将一个个晶胞上、下、前、后、左、右并置起来, 就构成了整个晶体结构。

## 学习体验 素养形成

### 探究学习 晶胞微粒数的计算

了解晶胞内微粒的组成, 就能知道整个晶体的组成。那么, 应该如何分析一个晶胞中包含的微粒数呢? 位于晶胞表面上的微粒并不为一个晶胞所独占, 通常可以用“切割法”计算一个晶胞中实际包含的微粒数。下面我们以平行六面体的晶胞和非平行六面体的结构单元为例学习计算晶胞微粒数的方法。

#### 思维建模

##### 1. 平行六面体晶胞微粒数目的计算

计算一个晶胞中实际拥有的微粒数, 常用“切割法”(或“均摊法”)。即某个微粒为  $n$  个晶胞所共有, 那么切割后的每个晶胞对这个微粒分得的份额是  $1/n$ 。

晶胞中不同位置的微粒数的计算:

①处于顶点上的微粒, 同时为 8 个晶胞所共有, 每个微粒有  $1/8$  属于该晶胞。

②处于棱边上的微粒, 同时为 4 个晶胞所共有, 每个微粒有  $1/4$  属于该晶胞。

③处于晶面上的微粒, 同时为 2 个晶胞所共有, 每个微粒有  $1/2$  属于该晶胞。

④处于晶胞内部的微粒, 则完全属于该晶胞。

##### 2. 非平行六面体结构单元

若所给单元不是一个平行六面体的晶胞, 而是其他形状的结构单元, 则粒子对结构单元的贡献视情况而定, 与平行六面体形晶胞不同的是计算顶点以及侧棱上的微粒情况。

以下图的正三棱柱形结构单元为例, 要 12 个三棱柱才能将一个顶点完全盖住, 所以顶点为 12 个结构单元共用, 相应的其侧棱被 6 个结构单元共用, 上下边为 4 个结构单元所有, 该结构内部的微粒为一

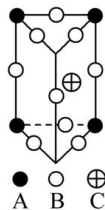
个结构单元独有:

$$A: 4 \times \frac{1}{12} = \frac{1}{3}$$

$$B: 3 \times \frac{1}{6} + 6 \times \frac{1}{4} = 2$$

$$C: 1 \times 1 = 1$$

因此, A、B、C 三种微粒的个数比为  $1:6:3$ 。



### 典例解析

【例题】铜晶体的晶胞是面心立方晶胞, 如下图所示。则铜晶胞中填入铜原子的个数为\_\_\_\_\_。



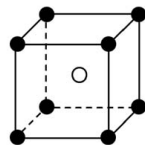
铜晶体面心立方晶胞及其切割示意图

解析: 铜晶胞中 8 个顶点上各有一个原子, 6 个面心上各有一个原子, 按照均摊法计算, 此晶胞中填入的原子数为  $8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4$ 。

答案: 4

### 拓展训练

某离子化合物的晶胞为如图所示的立体结构, 晶胞是整个晶体中最基本的重复单元。阳离子位于此晶胞的中心, 阴离子位于 8 个顶点, 该离子化合物中, 阴、阳离子个数比是( )



A.  $1:8$

B.  $1:4$

C.  $1:2$

D.  $1:1$

## 分层训练 素养提升

### 学习·理解

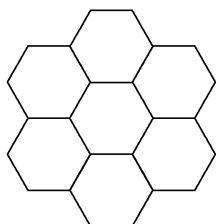
1. 下列关于晶胞的说法不正确的是( )

- 晶胞是晶体结构中具有代表性的最小重复单元
- 相同晶体中的晶胞都是大小、形状完全相同的平行六面体

C. 通常采用“切割法”来计算一个晶胞中实际拥有的微粒数

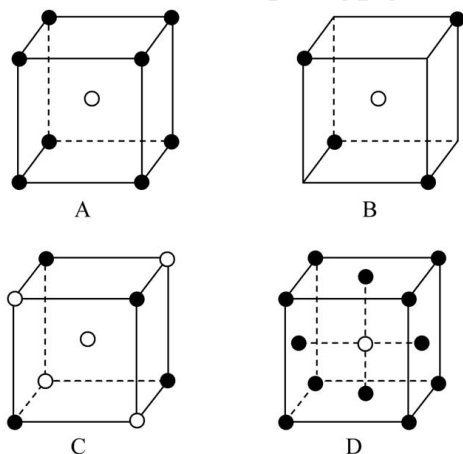
D. 晶胞是晶体中最基本的实体

2. 如图所示,石墨晶体中,每一层由无数个正六边形构成,平均每个最小的正六边形占有碳原子数目为( )

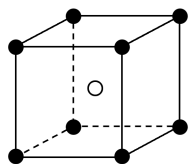


- A. 2      B. 3      C. 4      D. 6

3. 有下列离子晶体的空间结构示意图:以 M 代表阳离子,以 N 代表阴离子,●代表阳离子,○代表阴离子,化学式为  $MN_2$  的晶体结构为( )

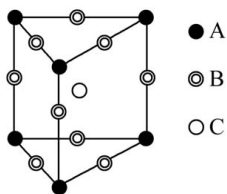


4.  $MCl$  晶体具有立方体结构,其晶胞结构如图所示,在该晶体中,每个  $M^+$  周围与它最接近的且距离相等的  $M^+$  的个数共有( )



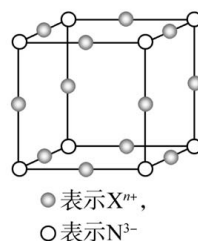
- A. 6 个      B. 8 个  
C. 12 个      D. 16 个

5. 某晶体的一部分如图所示,上下底面为正三角形。这种晶体中 A、B、C 三种粒子数之比是( )



- A. 3 : 9 : 4      B. 1 : 4 : 2  
C. 2 : 9 : 4      D. 3 : 8 : 4

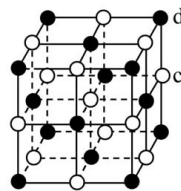
6. 元素 X 的某价态离子  $X^{n+}$  中所有电子正好充满 K、L、M 三个电子层,它与  $N^{3-}$  形成晶体的晶胞结构如图所示。



- (1) 该晶体的阳离子与阴离子个数比为 \_\_\_\_\_。  
(2) 该晶体中  $X^{n+}$  中  $n =$  \_\_\_\_\_。  
(3) X 元素的原子序数是 \_\_\_\_\_。  
(4) 晶体中每个  $N^{3-}$  被 \_\_\_\_\_ 个等距离的  $X^{n+}$  包围。

应用·实践

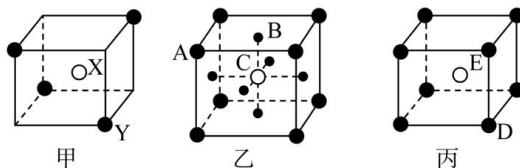
7. 某物质 M 的部分微观结构如图所示,回答下列问题:



- (1) 若 M 是一种离子化合物,d 为氯离子,则 c 的化合价为 \_\_\_\_\_,若 c 为阴离子,则 M 的化学式为 \_\_\_\_\_。  
(2) 若 M 是一种共价化合物,下列说法正确的是 \_\_\_\_\_ (填字母)。

- A. 该图表示 M 的一个晶胞  
B. 据图能确定 M 的化学式  
C. 通常情况下 M 可能是一种液体  
D. M 具有较高的熔点

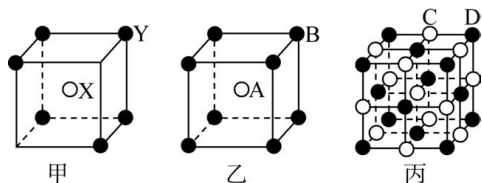
8. 分析下图所示的甲、乙、丙三种晶体并回答有关问题:



- (1) 甲晶体化学式(X 为阳离子)为 \_\_\_\_\_。  
(2) 乙晶体中 A、B、C 三种微粒的个数比是 \_\_\_\_\_。

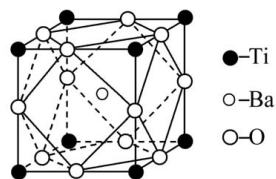
(3) 丙晶体中每个 D 周围结合 E 的个数是 \_\_\_\_\_ 个。

9. 现有甲、乙、丙三种晶体的晶胞(甲中 X 处于晶胞的中心,乙中 A 处于晶胞的中心),可推知:甲晶体中 X 与 Y 的个数比是 \_\_\_\_\_;乙中 A 与 B 的个数比是 \_\_\_\_\_;丙晶胞中有 \_\_\_\_\_ 个 C 离子,有 \_\_\_\_\_ 个 D 离子,与 C 离子等距离且最近的 D 离子有 \_\_\_\_\_ 个。



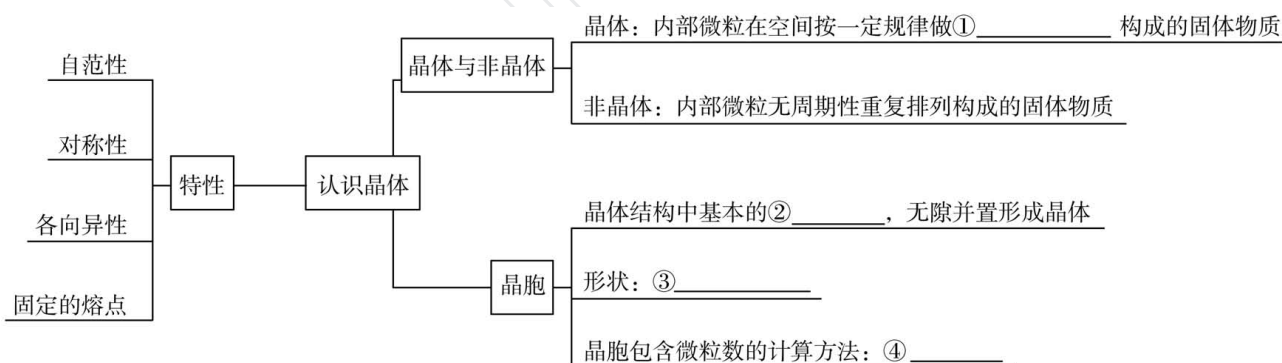
### 迁移·创新

10. 钛和钛的合金已被广泛用于制造通信器材、人造骨骼、化工设备、飞机等航天航空材料,被誉为“未来世界的金属”。试回答下列问题:



- (1) 钛有 ${}^{49}_{22}\text{Ti}$ 和 ${}^{50}_{22}\text{Ti}$ 两种原子,它们互称为 \_\_\_\_\_。Ti 元素基态原子的电子排布式为 \_\_\_\_\_。
- (2) 偏钛酸钡在小型变压器、话筒和扩音器中都有应用。偏钛酸钡晶体中晶胞的结构如图所示,它的化学式是 \_\_\_\_\_。

### 本书建构整合



### 教材习题答案

1. BC 2. D

3.

聚集状态	微观特征	宏观性质	举例和用途
晶体	内部微粒有序排列	对称性, 固定熔点, 各向异性, 有规则几何外形, X 射线衍射	有的晶体可以把机械能转变成电能, 用于制造遥控器和石英表

(续表)

聚集状态	微观特征	宏观性质	举例和用途
非晶体	内部微粒无序排列	无对称性, 无固定熔点, 各向同性, 无规则几何外形	某些非晶态合金的硬度和强度更高, 有的耐腐蚀性好

4. 每个晶胞含有 2 个 B 原子; 该功能陶瓷的化学式为 BN。

5. (1) 4 个 (2)  $3.65 \times 10^{-10} \text{ m}$

## 第2节 几种简单的晶体结构模型

### → 瞄准课标 靶向学习

课标内容要求	课标学业要求
1. 借助分子晶体、共价晶体、离子晶体、金属晶体等模型认识晶体的结构特点。 2. 知道介于典型晶体之间的过渡晶体及混合型晶体是普遍存在的。	1. 能借助分子晶体、共价晶体、离子晶体、金属晶体等模型说明晶体中的微粒及其微粒间的相互作用。 2. 能从微粒的空间排布及其相互作用的角度对生产、生活、科学研究中的简单案例进行分析, 举例说明物质结构研究的应用价值。

### 第1课时 金属晶体

#### 走进新知

#### 素养初探

#### 预习导读

阅读教材, 思考以下问题:

1. 金属晶体的结构特点是什么样的?
2. 常见金属的晶胞有哪些类型?

#### 自主检测

1. 按下列四种有关性质的叙述, 可能属于金属晶体的是( )
  - A. 由分子间作用力结合而成, 熔点低
  - B. 固体或熔融后易导电, 熔点在  $1\ 000\ ^\circ\text{C}$  左右
  - C. 由共价键结合成网状结构, 熔点高
  - D. 固体和熔融状态不导电, 但溶于水后可能导电
2. 金属的下列性质中和金属晶体无关的是( )
  - A. 良好的导电性
  - B. 反应中易失电子
  - C. 良好的延展性
  - D. 良好的导热性

#### 学习体验

#### 素养形成

#### 探究学习(一) 常见金属晶体的结构

请根据教材表 3-2-1 中晶体铝和钠的结构, 完成下面的问题:

1. 晶体铝中一个铝原子周围最近的其他原子个数为\_\_\_\_\_, 晶体钠中一个钠原子周围最近的其他原子个数为\_\_\_\_\_。
2. 晶体铝的一个晶胞中含有的铝原子个数为\_\_\_\_\_, 一个铝原子的质量为\_\_\_\_\_, 一个晶胞的质量为\_\_\_\_\_。晶体钠的一个晶胞中含有的钠原子个数为\_\_\_\_\_, 一个晶胞的质量为\_\_\_\_\_。
3. 假设铝晶胞的边长为  $a\ \text{cm}$ , 钠晶胞的边长为  $b\ \text{cm}$ , 则铝晶胞的体积为\_\_\_\_\_  $\text{cm}^3$ , 铝的密度为\_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ; 钠晶胞的体积为\_\_\_\_\_  $\text{cm}^3$ , 钠的密度为\_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。
4. 两种晶体中原子间的作用力均为\_\_\_\_\_。两者的熔点大小为\_\_\_\_\_ > \_\_\_\_\_。

#### 思维建模

结构决定性质。研究晶体的结构, 可以合理地解释晶体的性质, 故研究典型晶体的一般思路是从晶体微粒和微粒间的作用力入手。利用微粒和作用力所体现的晶体结构特点解释晶体的一般性质, 而对不同

金属晶体的具体研究则要抓住晶胞这把“钥匙”。

### 方法导引

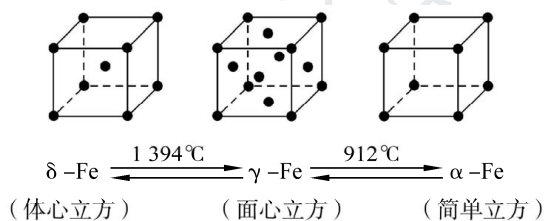
#### 晶胞密度的计算方法

以晶胞为研究对象,运用“切割法”分析每个晶胞中含有的微粒数,计算一个晶胞的质量  $m = \frac{n \cdot M}{N_A}$  ( $N_A$  为阿伏加德罗常数,  $n$  为晶胞中所含微粒个数,  $M$  为所含微粒的摩尔质量)。

结合晶胞中的几何关系,计算一个晶胞的体积,用  $m = \rho \cdot V$  的关系计算。

### 典例解析

【例1】铁有  $\delta$ 、 $\gamma$ 、 $\alpha$  三种晶体结构,下图是  $\delta$ 、 $\gamma$ 、 $\alpha$  三种晶体不同温度下转化的示意图,下列有关说法不正确的是( )



A.  $\delta\text{-Fe}$  晶体中与每个铁原子距离相等且最近的铁原子有 8 个

B.  $\gamma\text{-Fe}$  晶体中与每个铁原子距离相等且最近的铁原子有 12 个

C.  $\alpha\text{-Fe}$  晶胞边长若为  $a$  cm,  $\gamma\text{-Fe}$  晶胞边长若为  $b$  cm, 则  $\alpha\text{-Fe}$  和  $\gamma\text{-Fe}$  两种晶体的密度比为  $b^3 : 4a^3$

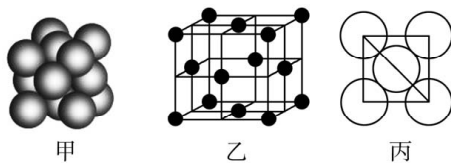
D. 将铁加热到  $1500^\circ\text{C}$  分别急速冷却和缓慢冷却,得到的晶体类型相同

**解析:**  $\delta\text{-Fe}$  为体心立方密堆积,中心 Fe 与 8 个顶点上的 Fe 距离相等且最近;  $\gamma\text{-Fe}$  为面心立方最密堆积,与每个铁原子距离相等且最近的铁原子数为  $8 \times 3 \times \frac{1}{2} = 12$ , 每个晶胞中含铁原子数为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ,  $\alpha\text{-Fe}$  晶胞中含铁原子数为  $8 \times \frac{1}{8} = 1$ , 则  $\alpha\text{-Fe}$  和  $\gamma\text{-Fe}$  两种晶体的密度比为  $\frac{1}{a^3} : \frac{4}{b^3} = b^3 : 4a^3$ ; 由三种晶体的转化温度关系可以看出急速冷却和缓慢冷却可得到两种不同类型的晶体。

答案:D

### 拓展训练

1. Al 的晶体中原子的堆积方式如图甲所示,其晶胞特征如图乙所示,原子之间相互位置关系的平面图如图丙所示。



若已知 Al 的原子半径为  $d$  cm,  $N_A$  代表阿伏加德罗常数, Al 的相对原子质量为  $M$ , 请回答:

(1) 晶胞中 Al 原子的配位数为 \_\_\_\_\_, 一个晶胞中 Al 原子的数目为 \_\_\_\_\_。

(2) 该晶体的密度为 \_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (用字母表示)。

### 探究学习(二) 金属晶体的结构与物理性质

1. 金属为什么具有良好的延展性?

2. 如何比较钠、镁、铝三种金属的熔点高低? 镁和钙两种金属呢?

3. 合金相比于纯金属有哪些优点?

### 归纳总结

1. 金属晶体具有良好的延展性。由于金属通常采用密堆积方式,在锻压或捶打时,密堆积层的金属原子之间比较容易产生滑动,但金属密堆积层之间始终保持着金属键的作用。

2. 金属晶体中原子的堆积方式也会影响金属的性质,如具有最密堆积结构的金属的延展性往往比其他结构的延展性好。

3. 金属晶体熔、沸点的规律

(1) 金属的熔、沸点取决于金属键的强弱,一般金属原子的价电子数越多,原子半径越小,金属晶体内部金属键越强,晶体熔、沸点越高。

(2) 金属晶体的熔点差别较大,如汞熔点很低,碱金属熔点较低,铁等金属熔点很高。这是由于金属晶体紧密堆积方式、金属阳离子和自由电子的作用力不同造成的。



(3)同一周期主族金属单质的熔点,从左到右逐渐升高;同一主族金属单质的熔点,自上而下逐渐降低。

(4)合金的熔点一般低于成分金属的熔点。

金属的导电性、导热性与自由电子的运动有关;金属具有金属光泽与自由电子有关;金属的延展性与金属键有关,金属的熔点和硬度与金属键的强弱有关。

### 典例解析

**【例 2】**金属晶体熔、沸点的高低和硬度的大小一般取决于金属键的强弱,而金属键的强弱与金属阳离子所带电荷的多少及半径大小相关。由此判断下列说法正确的是( )

- A. 金属镁的硬度大于金属铝  
B. 碱金属单质的熔、沸点,从 Li 到 Cs 逐渐增大  
C. 金属镁的熔点大于金属钠  
D. 金属镁的硬度小于金属钙

**解析:**镁离子比铝离子的半径大,而所带的电荷少,所以金属镁比金属铝的金属键弱,熔、沸点和硬度都小;从 Li 到 Cs,离子半径逐渐增大,金属键逐渐减弱,熔、沸点和硬度都逐渐减小;金属镁比金属钠离子的半径小而所带电荷多,金属键强,所以金属镁比金属钠的熔、沸点和硬度都大;镁比钙离子的半径小,金属键强,所以金属镁比金属钙的熔、沸点和硬度都大。

**答案:**C

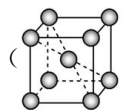
#### 易错点拨:

1. 结构决定性质,金属晶体的物理性质跟金属键的强弱密切相关。

2. 金属键的强弱取决于金属阳离子所带的电荷数和半径,所带电荷数越多,金属阳离子半径越小,则金属键越强。相应的金属晶体的硬度越大,熔、沸点越高。

### 拓展训练

2. 金属钠晶体的晶胞为体心立方晶胞



( ),晶胞的边长为  $a$ 。假定金属钠原子为等径的刚性球,且晶胞中处于体对角线上的三个球相切。则钠原子的半径  $r$  为( )

- A.  $\frac{a}{2}$     B.  $\frac{\sqrt{3}a}{4}$     C.  $\frac{\sqrt{3}a}{2}$     D.  $2a$

## 分层训练 素养提升

### 学习·理解

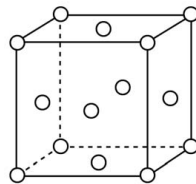
- 金属的下列性质中,与自由电子无关的是( )
 

A. 密度大小                      B. 容易导电  
C. 延展性好                      D. 易导热
- 下列叙述错误的是( )
 

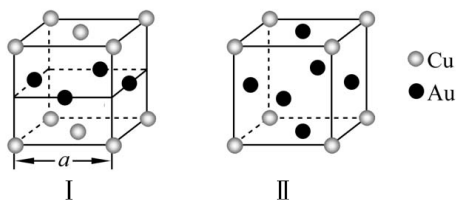
A. 金属单质或其合金在固态和液态时都能导电  
B. 晶体中存在离子的一定是离子晶体  
C. 金属晶体中的自由电子为整块晶体所共有  
D. 钠比钾的熔点高是因为钠中金属阳离子与自由电子之间的作用力强
- 下列关于金属性质和原因的描述不正确的是( )
 

A. 金属一般具有银白色光泽,是物理性质,与金属键没有关系  
B. 金属具有良好的导电性,是因为金属晶体中共享了金属原子的价电子,形成了“电子气”,在外电场的作用下自由电子定向移动便形成了电流  
C. 金属具有良好的导热性能,是因为自由电子通过与金属离子发生碰撞,传递了能量  
D. 金属晶体具有良好的延展性,是因为金属晶体中的原子层可以滑动而不破坏金属键
- 下列对各物质性质的比较正确的是( )
 

A. 熔点:  $\text{Li} < \text{Na} < \text{K}$   
B. 导电性:  $\text{Ag} > \text{Cu} > \text{Al} > \text{Fe}$   
C. 密度:  $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Al}$   
D. 空间利用率: 钾型  $<$  镁型  $<$  铜型
- 已知铜的晶胞结构如图所示,则在铜的晶胞中所含铜原子数及配位数分别为( )



- A. 4, 8                                  B. 4, 12  
C. 14, 6                                D. 14, 8
6. 《X 射线金相学》中记载关于铜与金可形成两种有序的金属互化物,其结构如图 I、II 所示。下列有关说法正确的是( )

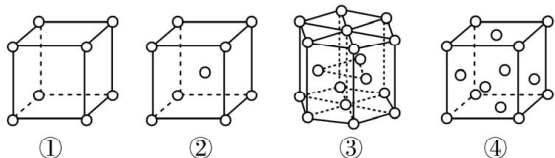


- A. 图 I、II 中物质的化学式相同  
 B. 图 II 中物质的化学式为  $\text{CuAu}_3$   
 C. 图 II 中与每个铜原子紧邻的铜原子有 3 个  
 D. 设图 I 中晶胞的边长为  $a \text{ cm}$ , 则图 I 中合金的

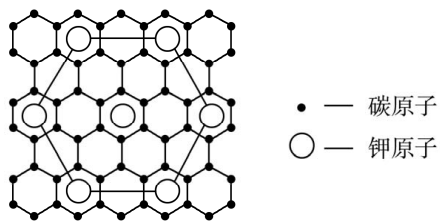
$$\text{密度为 } \frac{261}{N_A a^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

### 应用·实践

7. 有四种不同堆积方式的金属晶体的晶胞如下图所示, 有关说法正确的是( )

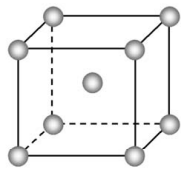


- A. ①为简单立方堆积, ②为六方最密堆积, ③为体心立方密堆积, ④为面心立方最密堆积  
 B. 每个晶胞含有的原子数分别为①1个, ②2个, ③6个, ④4个  
 C. 晶胞中原子的配位数分别为①6, ②8, ③8, ④12  
 D. 空间利用率的大小关系为①<②<③<④
8. 石墨能与熔融金属钾作用, 形成石墨间隙化合物, 钾原子填充在石墨各层原子中。比较常见的石墨间隙化合物是青铜色的化合物, 其化学式可写为  $\text{C}_x\text{K}$ , 其平面图形如图所示。x 的值为( )



- A. 8      B. 12      C. 24      D. 60

9. 金属钨晶体中晶胞的结构模型如图所示。它是一种体心立方结构。实际测得金属钨的密度为  $\rho$ , 钨的相对原子质量为  $M$ , 假定钨原子为等直径的刚性球, 请回答下列问题:



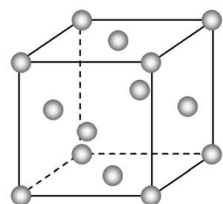
- (1) 每一个晶胞分摊到 \_\_\_\_\_ 个钨原子。  
 (2) 晶胞的边长  $a$  为 \_\_\_\_\_。  
 (3) 钨的原子半径  $r$  为 \_\_\_\_\_ (只有体对角线上的各个球才是彼此接触的)。  
 (4) 金属钨原子形成的体心立体结构的空间利用率为 \_\_\_\_\_。

### 迁移·创新

10. 铜和金可形成合金, 请回答下列问题:

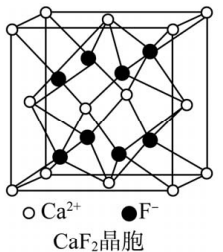
- (1) Cu 晶体中 Cu 原子的配位数为 \_\_\_\_\_。

- (2) 元素金(Au)处于周期表中的第 6 周期, 与 Cu 同族, Au 原子最外层电子排布式为 \_\_\_\_\_;



一种铜金合金晶体具有面心立方最密堆积的结构, 在晶胞中 Cu 原子处于面心、Au 原子处于顶点位置, 则该合金中 Cu 原子与 Au 原子数量之比为 \_\_\_\_\_; 该晶体中, 原子之间的作用力是 \_\_\_\_\_, 若该晶胞的边长为  $a \text{ cm}$ , 则该合金密度为 \_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (阿伏加德罗常数的值为  $N_A$ )。

- (3) 上述晶体具有储氢功能, 氢原子可进入到由 Cu 原子与 Au 原子构成的四面体空隙中。若将 Cu 原子与 Au 原子等同看待, 该晶体储氢后的晶胞结构与  $\text{CaF}_2$  的结构相似, 该晶体储氢后的化学式应为 \_\_\_\_\_。



## 第2课时 离子晶体

## 走进新知 素养初探

## 预习导读

阅读教材,思考以下问题:

1. 离子晶体是如何形成的?
2. 氯化钠晶体与氯化铯晶体的晶胞有哪些不同?
3. 离子晶体的熔、沸点高低不同的原因是什么?

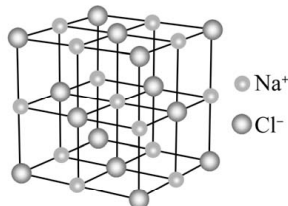
## 自主检测

1. 离子晶体不可能具有的性质是( )
  - A. 较高的熔、沸点
  - B. 良好的导电性
  - C. 溶于极性溶剂
  - D. 坚硬而易粉碎
2.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的下列性质能用晶格能解释的是( )
  - A.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  可用作耐火材料
  - B. 固态时不导电,熔融时能导电
  - C.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  是两性氧化物
  - D. 晶体  $\text{Al}_2\text{O}_3$  可以作宝石

## 学习体验 素养形成

离子晶体是\_\_\_\_\_在空间呈现周期性重复排列所形成的晶体。

## 探究学习 一 认识氯化钠的晶体结构



根据氯化钠晶体结构思考:

1. 相对位置:由于静电作用没有\_\_\_\_\_,阴、

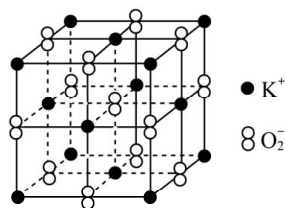
阳离子\_\_\_\_\_排列。钠离子在\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_,氯离子在\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_,或两者位置对调。

2. 配位数:钠离子周围最近的氯离子个数为\_\_\_\_\_,故钠离子的配位数为\_\_\_\_\_,氯离子周围最近的钠离子个数为\_\_\_\_\_,故氯离子的配位数为\_\_\_\_\_。故并不存在单独的“NaCl”分子,该化学式体现的是整个晶体中\_\_\_\_\_。

3. 晶胞中的物理量:一个晶胞中包含的“NaCl”个数为\_\_\_\_\_,质量为\_\_\_\_\_ g,故密度为\_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (设晶胞的边长为  $a$  cm)。

## 典例解析

**【例1】**高温下,超氧化钾晶体呈立方体结构。晶体中氧的化合价可看作部分为0价,部分为-2价。如图为超氧化钾晶体的一个晶胞(晶体中最小的重复单元)。下列说法正确的是( )



- A. 该晶体是体心立方晶胞
- B. 超氧化钾的化学式为  $\text{KO}_2$ , 每个晶胞含有1个  $\text{K}^+$  和1个  $\text{O}_2^-$
- C. 晶胞中与每个  $\text{K}^+$  距离最近的  $\text{O}_2^-$  有6个
- D. 晶体中所有原子之间都是以离子键结合

**解析:**根据题给信息,超氧化钾晶体的晶胞是面心立方晶胞,超氧化钾晶体( $\text{KO}_2$ )是离子化合物,阴、阳离子分别为  $\text{O}_2^-$ 、 $\text{K}^+$ ,晶体中  $\text{K}^+$  与  $\text{O}_2^-$  以离子键相结合, $\text{O}_2^-$  中 O—O 键为共价键。作为面心立方晶胞,每个晶胞中含有4(即  $8 \times \frac{1}{8} + \frac{1}{2} \times 6$ )个  $\text{K}^+$ ,4(即  $1 + \frac{1}{4} \times 12$ )个  $\text{O}_2^-$ ,晶胞中与每个  $\text{K}^+$  距离最近的  $\text{O}_2^-$  有6个。

**答案:**C

**易错点拨:**

1. 离子晶体的晶胞类型可以只取一种便于观察空间分布的情况来判断。

2. 离子晶体是由离子化合物形成的, 一定会有离子键, 但也可能会有共价键, 离子晶体中的共价键一般出现在原子团中。

### 拓展训练

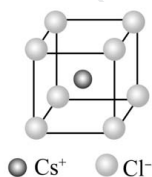
1. 在冰晶石( $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$ )的晶胞中,  $[\text{AlF}_6]^{3-}$  占据的位置相当于  $\text{NaCl}$  晶胞中  $\text{Cl}^-$  占据的位置, 则冰晶石晶胞中含  $\text{Na}^+$  数为( )

- A. 12 个    B. 8 个    C. 4 个    D. 3 个

### 方法导引

晶体中离子个数比与配位数之比互为反比。

## 探究学习(二) 认识氯化铯的晶体结构



1. 相对位置: 铯离子在 \_\_\_\_\_, 氯离子在 \_\_\_\_\_, 或两者位置对调。
2. 配位数: 铯离子周围最近的氯离子个数为 \_\_\_\_\_, 故铯离子的配位数为 \_\_\_\_\_, 氯离子周围最近的铯离子个数为 \_\_\_\_\_, 故氯离子的配位数为 \_\_\_\_\_。故并不存在单独的“ $\text{CsCl}$ ”分子, 该化学式体现的是整个晶体中 \_\_\_\_\_。
3. 晶胞中的物理量: 一个晶胞中包含的“ $\text{CsCl}$ ”个数为 \_\_\_\_\_, 质量为 \_\_\_\_\_ g, 故密度为 \_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (设晶胞的边长为  $a$  cm)。

### 典例解析

【例 2】下列有关离子晶体的叙述不正确的是( )

- A. 1 mol 氯化钠中有  $N_A$  个  $\text{NaCl}$  分子  
 B. 氯化钠晶体中, 每个  $\text{Na}^+$  周围距离相等的  $\text{Cl}^-$  共有 6 个

C. 氯化铯晶体中, 每个  $\text{Cs}^+$  周围紧邻 8 个  $\text{Cl}^-$

D. 平均每个  $\text{NaCl}$  晶胞中有 4 个  $\text{Na}^+$ 、4 个  $\text{Cl}^-$

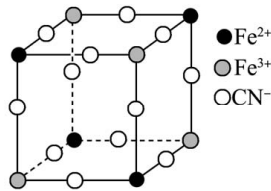
解析: A 项氯化钠中不含分子, 故 A 项不正确。

答案: A

### 拓展训练

2. 有一种蓝色晶体[可表示为  $\text{M}_x\text{Fe}_y(\text{CN})_6$ ], 经

X 射线研究发现, 它的结构特征是  $\text{Fe}^{3+}$  和  $\text{Fe}^{2+}$  互相占据立方体互不相邻的顶点, 而  $\text{CN}^-$  位于立方体棱上。其晶体中阴离子的最小结构单元如图所示。下列说法正确的是( )



- A. 该晶体的化学式为  $\text{MFe}_3(\text{CN})_6$   
 B. 该晶体属于离子晶体, M 呈 +1 价  
 C. 该晶体属于离子晶体, M 呈 +2 价  
 D. 晶体中与每个  $\text{Fe}^{3+}$  距离最近且等距离的  $\text{CN}^-$  为 3 个

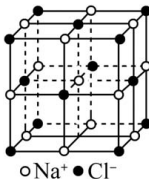
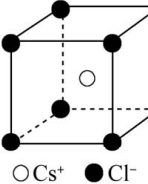
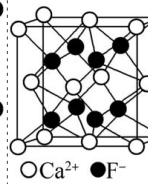
## 探究学习(三) 认识常见离子晶体的结构

1.  $\text{NaCl}$ 、 $\text{CsCl}$  都是同一主族的氯化物, 且都是 AB 型, 为什么它们的配位数却不相同呢( $\text{NaCl}$  的是 6,  $\text{CsCl}$  的是 8)?

2. 是否所有的离子晶体的阴、阳离子配位数的比值都是 1:1 关系呢?

### 归纳总结

#### 常见的离子晶体

晶体类型	$\text{NaCl}$ 型	$\text{CsCl}$ 型	$\text{CaF}_2$ 型
晶胞	 ○ $\text{Na}^+$ ● $\text{Cl}^-$	 ○ $\text{Cs}^+$ ● $\text{Cl}^-$	 ○ $\text{Ca}^{2+}$ ● $\text{F}^-$
配位数	6	8	$\text{Ca}^{2+}$ 8 $\text{F}^-$ 4
晶胞中微粒数	$\text{Na}^+$ 4 $\text{Cl}^-$ 4	$\text{Cs}^+$ 1 $\text{Cl}^-$ 1	$\text{Ca}^{2+}$ 8 $\text{F}^-$ 4
物质	$\text{Li}$ 、 $\text{Na}$ 、 $\text{K}$ 、 $\text{Rb}$ 的卤化物、 $\text{AgF}$ 、 $\text{MgO}$ 等	$\text{CsBr}$ 、 $\text{CsI}$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 等	$\text{BaF}_2$ 、 $\text{CeO}_2$ 等

## 探究学习 四 离子晶体的性质与晶格能

氧化镁、氧化铝常做耐火材料使用,试从离子晶体的结构角度,采用规范的化学术语加以解释。试总结晶格能的大小与哪些因素有关。

### 归纳总结

#### 1. 离子晶体的性质

(1)熔、沸点较高,而且随着离子电荷的增加,离子间距的缩短,晶格能增大,熔点升高。

(2)一般易溶于水,而难溶于非极性溶剂。

(3)在固态时不导电,熔融状态或在水溶液中能导电。

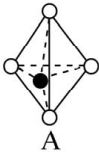
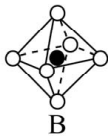
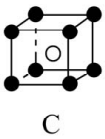
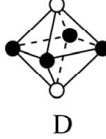
#### 2. 晶格能大小的判断方法

影响晶格能大小的因素主要是离子半径、离子所带电荷数以及离子晶体的结构类型等,通常离子半径越小,所带电荷越多,晶格能越大。

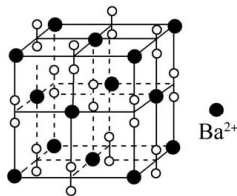
### 分层训练 素养提升

#### 学习·理解

- 离子晶体中一定不会存在的相互作用是( )
  - 离子键
  - 极性键
  - 非极性键
  - 范德华力
- 下列图像是 NaCl、CsCl、ZnS 等离子晶体结构图或是从其中分割出来的部分结构图。试判断属于 NaCl 的晶体结构的图像为( )
 





- 自然界中的  $\text{CaF}_2$  又称萤石,是一种难溶于水的固体,属于典型的离子晶体。下列实验一定能说明  $\text{CaF}_2$  是离子晶体的是( )
  - $\text{CaF}_2$  难溶于水,其水溶液的导电性极弱
  - $\text{CaF}_2$  的熔、沸点较高,硬度较大
  - $\text{CaF}_2$  固体不导电,但在熔融状态下可以导电
  - $\text{CaF}_2$  在有机溶剂(如苯)中的溶解度极小

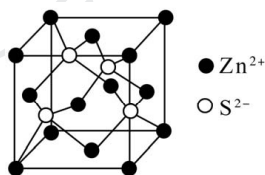
- 钡在氧气中燃烧时得到一种钡的氧化物晶体,结构如图所示,有关说法不正确的是( )



- 该晶体属于离子晶体
  - 晶体的化学式为  $\text{Ba}_2\text{O}_2$
  - 该晶体晶胞结构与 NaCl 相似
  - 与每个  $\text{Ba}^{2+}$  距离相等且最近的  $\text{Ba}^{2+}$  共有 12 个
- 下列有关离子晶体的数据大小比较,不正确的是( )
    - 熔点:  $\text{NaF} > \text{MgF}_2 > \text{AlF}_3$
    - 晶格能:  $\text{NaF} > \text{NaCl} > \text{NaBr}$
    - 阴离子的配位数:  $\text{CsCl} > \text{NaCl} > \text{CaF}_2$
    - 硬度:  $\text{MgO} > \text{CaO} > \text{BaO}$
  - X、Y 都是 II A 族(Be 除外)的元素,已知它们的碳酸盐的热分解温度:  $T(\text{XCO}_3) > T(\text{YCO}_3)$ ,则下列判断不正确的是( )
    - 晶格能:  $\text{XCO}_3 > \text{YCO}_3$
    - 阳离子半径:  $\text{X}^{2+} > \text{Y}^{2+}$
    - 金属性:  $\text{X} > \text{Y}$
    - 氧化物的熔点:  $\text{XO} < \text{YO}$

#### 应用·实践

- 锌与硫所形成化合物晶体的晶胞如图所示。下列判断正确的是( )



- 该晶体属于分子晶体
  - 该晶胞中  $\text{Zn}^{2+}$  和  $\text{S}^{2-}$  数目不相等
  - 阳离子的配位数为 4
  - 氧化锌的晶格能大于硫化锌
- 同类晶体物质熔、沸点的变化是有规律的,试分析下列两组物质熔点规律性变化的原因:

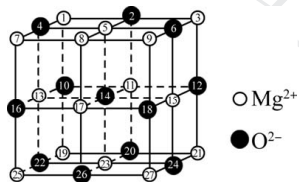
A 组	物质	NaCl	KCl	CsCl
	熔点(K)	1 074	1 049	918
B 组	物质	Na	Mg	Al
	熔点(K)	317	923	933

晶体熔、沸点的高低,决定于构成晶体微粒间的作用力的大小。A组晶体属\_\_\_\_\_晶体,晶体微粒之间通过\_\_\_\_\_相连,微粒之间的作用力由大到小的顺序是\_\_\_\_\_。B组晶体属\_\_\_\_\_晶体,价电子数由少到多的顺序是\_\_\_\_\_,离子半径由大到小的顺序是\_\_\_\_\_。金属键强度由小到大的顺序为\_\_\_\_\_。

9. 镁、铜等金属的离子是人体内多种酶的辅因子。工业上从海水中提取镁时,先制备无水氯化镁,然后将其熔融电解,得到金属镁。

(1) 以  $MgCl_2$  为原料用熔融盐电解法制备镁时,常加入  $NaCl$ 、 $KCl$  或  $CaCl_2$  等金属氯化物,其主要作用除降低熔点之外还有\_\_\_\_\_。

(2) 已知  $MgO$  的晶胞结构属于  $NaCl$  型。某同学画出的  $MgO$  晶胞结构示意图如图所示,请改正图中的错误:\_\_\_\_\_。



(3) 用镁粉、碱金属盐及碱土金属盐等可以做成烟花。燃放时,烟花发出五颜六色的光,请用原子结构的知识解释发光的原因:\_\_\_\_\_。

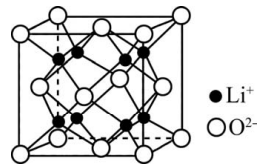
(4)  $Mg$  是第 3 周期元素,该周期部分元素氟化物的熔点如下表所示:

氟化物	$NaF$	$MgF_2$	$SiF_4$
熔点/K	1 266	1 534	183

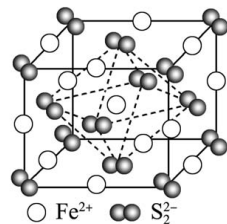
解释表中氟化物熔点差异的原因:\_\_\_\_\_。

### 迁移·创新

10. (1)  $Li_2O$  具有反萤石结构,晶胞如图所示。已知晶胞边长为  $0.4665 \text{ nm}$ ,阿伏加德罗常数的值为  $N_A$ ,则  $Li_2O$  的密度为\_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (列出计算式)。



(2)  $FeS_2$  晶体的晶胞如图所示。晶胞边长为  $a \text{ nm}$ ,  $FeS_2$  相对式量为  $M$ ,阿伏加德罗常数的值为  $N_A$ ,其晶体密度的计算表达式为\_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ;晶胞中  $Fe^{2+}$  位于  $S_2^{2-}$  所形成的正八面体的体心,该正八面体的边长为\_\_\_\_\_  $\text{nm}$ 。



## 第 3 课时 共价晶体

### 走进新知

### 素养初探

#### 预习导读

阅读教材,思考以下问题:

1. 共价晶体是如何形成的?

2. 金刚石晶体的结构是怎样的?

3. 金刚石的性质与结构之间有何关系?

#### 自主检测

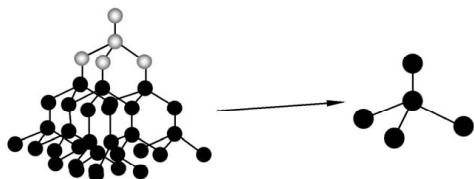
下列有关共价晶体的叙述错误的是( )

- A. 共价晶体中,原子不遵循紧密堆积原则
- B. 共价晶体具有空间网状结构
- C. 共价晶体中不存在独立的分子
- D. 共价晶体熔化时不破坏共价键

## 素养形成

### 学习体验

#### 探究学习(一) 金刚石晶体的结构



1. 金刚石晶体有怎样的空间结构? 碳原子的杂化方式是什么? 键角是多少?

2. 在金刚石晶体中每个碳原子周围紧邻的碳原子有多少个? 为什么?

3. 在金刚石晶体中每个碳原子连接有几个共价键?

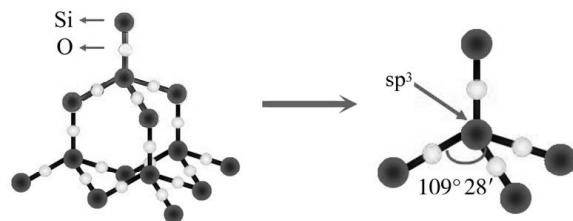
4. 在金刚石晶体中碳原子个数与 C—C 共价键个数之比是多少? 24 g 金刚石中包含的共价键数目是多少?

5. 为什么金刚石是一种熔点很高、硬度很大的物质? 金刚石导电吗?

#### 归纳总结

由于共价键的饱和性和方向性, 共价晶体的内部结构普遍呈现出相似的空间网状结构, 一般来说, 原子间的键长越短、键能越大, 共价键越稳定, 相应的共价晶体的熔沸点越高, 硬度越大。

#### 探究学习(二) 二氧化硅晶体的结构



1. 在  $\text{SiO}_2$  晶体中每个硅原子周围紧邻的氧原子有多少个? 每个氧原子周围紧邻的硅原子有多少个?

2. 晶体中硅原子与氧原子个数之比是多少? 晶体中存在单独的  $\text{SiO}_2$  分子吗?

3. 晶体中的配位数之比与化学式中的微粒个数比存在什么关系? 你有什么启发?

4. 每个硅原子连接有几个共价键? 每个氧原子连接有几个共价键? 30 g 二氧化硅晶体中包含的共价键数目是多少?

#### 归纳总结

1. 共价晶体: 相邻原子间以共价键结合而形成的具有空间立体网状结构的晶体。

(1) 构成共价晶体的基本微粒是原子。

(2) 形成共价晶体的作用力是共价键。在共价晶体中只存在共价键(极性键或非极性键), 没有分子间作用力和其他相互作用。

2. 共价晶体的结构特征

(1) 由于共价键的方向性和饱和性, 每个中心原子周围排列的原子数目是有限的, 故原子不遵循紧密堆积原则。

(2) 共价晶体呈空间立体网状结构, 共价晶体中不存在单个分子, 共价晶体的化学式仅仅表示晶体

中的原子个数关系。

### 3. 常见的共价晶体

(1) 某些非金属单质, 如金刚石(C)、硼(B)、晶体硅(Si)等。

(2) 某些非金属化合物, 如碳化硅(SiC)、氮化硼(BN)、二氧化硅(SiO<sub>2</sub>)等。

### 典例解析

【例 1】下列有关共价晶体的叙述不正确的是 ( )

A. 金刚石和二氧化硅晶体的最小结构单元都是正四面体

B. 含 1 mol C 的金刚石中, C—C 键的数目是  $2N_A$ , 1 mol SiO<sub>2</sub> 晶体中, Si—O 键的数目是  $4N_A$

C. 水晶和干冰在熔化时, 晶体中的共价键都会断裂

D. SiO<sub>2</sub> 晶体是共价晶体, 所以晶体中不存在分子, SiO<sub>2</sub> 不是它的分子式

**解析:** 金刚石是 1 个中心碳原子连接 4 个碳原子, 二氧化硅是 1 个中心硅原子连接 4 个氧原子, 均为正四面体, A 项正确; 金刚石中, 1 个 C 原子与另外 4 个 C 原子形成 4 个 C—C 键, 这个 C 原子对每个单键的贡献只有  $\frac{1}{2}$ , 所以 1 mol C 原子形成的

C—C 键为  $4 \text{ mol} \times \frac{1}{2} = 2 \text{ mol}$ , 而二氧化硅晶体中 1 个 Si 原子分别与 4 个 O 原子形成 4 个 Si—O 键, 则 1 mol SiO<sub>2</sub> 晶体中 Si—O 键为 4 mol, B 项正确; 干冰熔化时只破坏分子间作用力, 共价键不会断裂, C 项错误; 共价晶体的构成微粒是原子不是分子, D 项正确。

**答案:** C

**易错点拨:** 将物质的量的运算与物质结构的知识结合考查是高考中的热点, 解决这类问题的思维模式为: 先搞清楚“数量”是哪一种微粒的, 然后再根据结构的知识搞清楚该微粒与“问题对象”的数量比, 即可得出正确的结果。

【例 2】晶体硅(Si)和金刚砂(SiC)都是与金刚石相似的共价晶体。其结构与性质比较如下表所示:

晶体	键能/(kJ·mol <sup>-1</sup> )	键长/pm	熔点/℃	摩氏硬度
金刚石	(C—C)347	154	3 350	10
金刚砂	(C—Si)301	186	2 600	9
晶体硅	(Si—Si)226	234	1 415	7

请根据上表中的数据, 分析其熔点、硬度的大小

与其结构之间的关系。

**答案:** 键长越短, 键能越大, 熔点越高, 硬度越大; 反之, 键长越长, 键能越小, 熔点越低, 硬度越小。

### 方法导引

(1) 由于共价晶体中原子间以较强的共价键相结合, 故共价晶体: ①熔、沸点很高; ②硬度大; ③一般不导电; ④难溶于溶剂。

(2) 共价晶体具有不同的结构类型, 对于结构相似的共价晶体来说, 原子半径越小, 键长越短, 键能越大, 晶体的稳定性越高, 熔、沸点越高, 硬度越大。

**提示:** 共价晶体的熔、沸点不一定高于金属晶体和离子晶体。如 MgO(2 800 ℃) > SiO<sub>2</sub>(1 713 ℃)、钨(3 410 ℃) > SiO<sub>2</sub>(1 713 ℃)。

### 拓展训练

1. 下列物质的晶体直接由原子构成的一组是 ( )

①CO<sub>2</sub> ②SiO<sub>2</sub> ③晶体 Si ④白磷 ⑤氨基乙酸 ⑥固态 He

A. ①②③④⑤⑥

B. ②③④⑥

C. ②③⑥

D. ①②⑤⑥

2. 根据下列物质的性质, 判断其属于共价晶体的是 ( )

A. 熔点 2 700 ℃, 导电性强, 延展性强

B. 无色晶体, 熔点 3 550 ℃, 不导电, 质硬, 难溶于水 and 有机溶剂

C. 无色晶体, 能溶于水, 质硬而脆, 熔点为 800 ℃, 熔化时能导电

D. 熔点 -56.6 ℃, 微溶于水, 硬度小, 固态或液态时不导电

### 分层训练

### 素养提升

#### 学习·理解

1. 下列关于金刚石的下列说法中, 错误的是 ( )

A. 晶体中不存在独立的分子

B. 碳原子间以共价键相结合

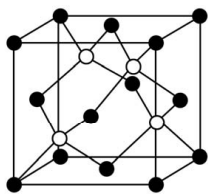
C. 是天然存在的硬度最大的物质

D. 化学性质稳定, 在高温下也不与氧气发生反应

2. 下列关于 SiO<sub>2</sub> 晶体网状结构的叙述中, 正确的是



- ( )
- A. 存在四面体结构单元, O 原子处于中心, Si 原子处于 4 个顶角
- B. 最小的环上, 有 3 个 Si 原子和 3 个 O 原子
- C. 最小的环上, Si 原子和 O 原子个数之比为 1 : 2
- D. 最小的环上, 有 6 个 Si 原子和 6 个 O 原子
3. 下列说法正确的是( )
- A. 在含 4 mol Si—O 键的二氧化硅晶体中, 氧原子的数目为  $4N_A$
- B. 金刚石晶体中, 碳原子数与 C—C 键数之比为 1 : 2
- C. 30 g 二氧化硅晶体中含有  $0.5N_A$  个二氧化硅分子
- D. 晶体硅、晶体氮均是由相应原子直接构成的共价晶体
4. 已知金刚石不导电而导热; 锆石( $ZrO_2$ )不导电、不导热, 却硬似钻石; 近期用制耐热器的碳化硅制成了假钻石, 则识别它们的可行方法是( )
- A. 能在玻璃上刻画出痕迹的为金刚石
- B. 很硬、不导电而导热的是金刚石和碳化硅
- C. 既可导电, 又可导热的是碳化硅
- D. 不导电的为锆石
5. 下列物质的熔点顺序判断不正确的是( )
- A.  $Li > Na > K > Rb$
- B. 共价晶体 > 离子晶体 > 金属晶体
- C. 金刚石 > 碳化硅 > 晶体硅
- D.  $NaCl > KCl > CsCl$
6. 磷化硼是一种超硬耐磨涂层材料。下图为其晶体结构中最小的重复结构单元, 其中的每个原子均满足 8 电子稳定结构。下列有关说法正确的是( )



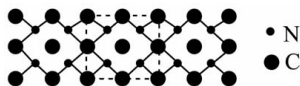
- A. 磷化硼晶体的化学式为 BP, 属于离子晶体
- B. 磷化硼晶体的熔点高, 且熔融状态下能导电
- C. 磷化硼晶体中每个原子均形成 4 个共价键
- D. 磷化硼晶体结构微粒的空间堆积方式与氯化钠相同

### 应用·实践

7. 在 40 GPa 高压下, 用激光器加热到 1 800 K 时, 科学家成功地制得了共价晶体  $CO_2$ , 下列有关这

种  $CO_2$  晶体推断正确的是( )

- A. 共价晶体  $CO_2$  易升华, 可用作制冷剂
- B. 共价晶体  $CO_2$  的硬度和耐磨性都不如水晶
- C. 共价晶体  $CO_2$  有很高的熔、沸点, 很大的硬度, 可用作耐磨材料
- D. 每摩尔共价晶体  $CO_2$  含 2 mol C—O 键, 每摩尔 C 原子与 4 mol O 原子形成共价键
8. 氮化碳部分结构如图所示, 其中  $\beta$ -氮化碳硬度超过金刚石晶体, 成为超硬新材料。下列有关氮化碳的说法不正确的是( )

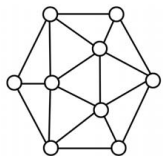


- A. 氮化碳属于共价晶体
- B. 氮化碳中, C 为 -4 价, N 为 +3 价
- C. 氮化碳的化学式为  $C_3N_4$
- D. 每个碳原子与四个氮原子相连, 每个氮原子与三个碳原子相连
9. 单质硼有无定形和晶体两种, 参考下表数据:

	金刚石	晶体硅	晶体硼
熔点/K	>3 500	1 412	2 573
沸点/K	5 100	2 628	2 823
硬度	10	7.0	9.5

(1) 晶体硼的晶体类型属于\_\_\_\_\_晶体, 理由是\_\_\_\_\_。

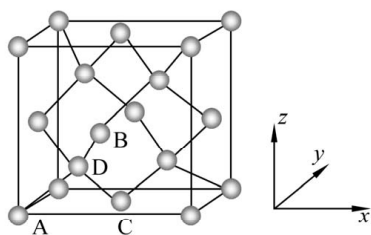
(2) 已知晶体硼的基本结构单元是由硼原子组成的正二十面体(右图), 其中有 20 个等边三角形的面和一定数目的顶点, 每个顶点上各有 1 个 B 原子。通过观察图形及推算, 此晶体结构单元由\_\_\_\_\_个 B 原子组成, 键角为\_\_\_\_\_。



### 迁移·创新

10. (1) Ge 单晶具有金刚石型结构, 其中 Ge 原子的杂化方式为\_\_\_\_\_, 微粒之间存在的作
- 用力是\_\_\_\_\_。
- (2) 晶胞有两个基本要素: ①原子坐标参数, 表示晶胞内部各原子的相对位置。如图为 Ge 单晶的晶胞, 其中原子坐标参数 A 为(0, 0, 0); B 为( $\frac{1}{2}$ , 0,  $\frac{1}{2}$ ), C 为( $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 0)。则 D 原子

的坐标参数为\_\_\_\_\_。



②晶胞参数,描述晶胞的大小和形状。已知 Ge 单晶的晶胞边长为 565.76 pm,其密度为 \_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (列出计算式即可,已知 Ge 的相对原子质量为 73)。

## 第 4 课时 分子晶体

### 走进新知 素养初探

#### 预习导读

阅读教材,思考以下问题:

1. 分子晶体是如何形成的?
2. 干冰和冰两种晶体中微粒的空间排布是怎样的?
3. 分子晶体的熔、沸点为什么相对较低?

#### 自主检测

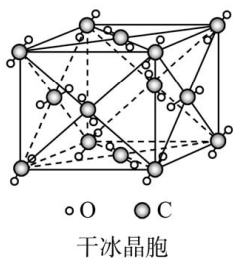
下列各组物质各自形成晶体,均属于分子晶体的化合物是( )

- A.  $\text{NH}_3$ 、HD、 $\text{C}_{10}\text{H}_8$                       B.  $\text{PCl}_3$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$   
C.  $\text{SO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$                       D.  $\text{CCl}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{S}$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$

### 学习体验 素养形成

#### 探究学习 认识常见分子晶体的结构和性质特点

1. 根据干冰晶胞示意图,回答下列问题:



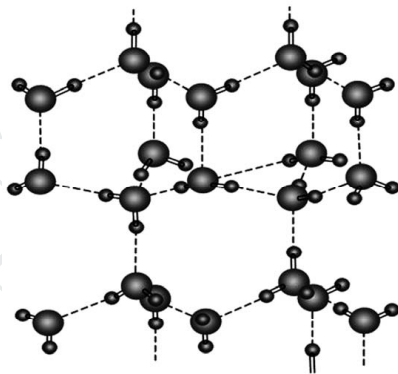
(1)干冰晶胞中,二氧化碳分子的位置在\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_,分子间的作用力是\_\_\_\_\_。

(2)每个晶胞中含有二氧化碳分子的个数为\_\_\_\_\_。

(3)每个分子周围最近的其他分子的个数为\_\_\_\_\_。

(4)为什么二氧化碳在常温下为气态?

2. 根据冰晶体的结构,回答下列问题:



冰晶体的结构

(1)每个水分子周围最近的其他水分子的个数为\_\_\_\_\_。

(2)每个水分子参与形成的氢键个数为\_\_\_\_\_,18 g 水中所含氢键个数为\_\_\_\_\_。

#### 归纳总结

(1)分子晶体的结构特点

若分子间不存在氢键,则分子晶体的微粒排列时尽可能采用紧密堆积方式;若分子间存在氢键,由于氢键具有方向性和饱和性,则晶体不能采用紧密堆积方式。

(2)常见的分子晶体

- ① 所有非金属氢化物:  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{CH}_4$ 、

H<sub>2</sub>S 等。

②多数非金属单质:卤素(X<sub>2</sub>)、O<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、白磷(P<sub>4</sub>)、红磷、硫、稀有气体等。

③多数非金属氧化物:CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、SO<sub>3</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 等。

④几乎所有的酸:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、CH<sub>3</sub>COOH、H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 等。

⑤绝大多数有机物:乙醇、蔗糖等。

(3)分子晶体的性质

①分子晶体一般具有较低的熔点和沸点,较小的硬度、较强的挥发性。

②分子晶体在固态、熔融时均不导电。

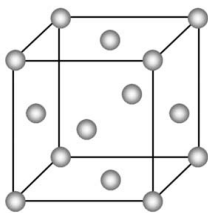
③不同的分子晶体在溶解度上存在较大差别,并且同一分子晶体在不同的溶剂中溶解度也有较大差别。

**提示:**(1)稀有气体固态时形成分子晶体,微粒之间只存在分子间作用力,分子内不存在化学键。

(2)分子晶体汽化或熔融时,克服分子间作用力,不破坏化学键。

### 典例解析

**【例 1】**下图是甲烷晶体的晶胞结构,下列有关说法正确的是( )



- A. 甲烷晶胞中的球体只代表一个碳原子  
B. 晶体中 1 个 CH<sub>4</sub> 分子有 12 个紧邻的甲烷分子

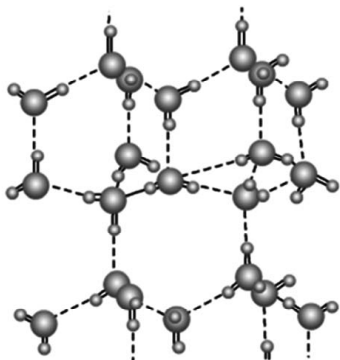
C. CH<sub>4</sub> 晶体熔化时需克服共价键

D. 一个甲烷晶胞中含有 8 个 CH<sub>4</sub> 分子

**解析:**甲烷是分子晶体,熔化时需克服范德华力。晶胞中的球体代表的是一个甲烷分子,并不是一个碳原子。以该甲烷晶胞为单元,位于顶点的某一个甲烷分子与其距离最近的甲烷分子有 3 个,而这 3 个甲烷分子在面上,因此每个都被共用 2 次,故与 1 个甲烷分子紧邻的甲烷分子有  $3 \times 8 \times \frac{1}{2} = 12$  个。甲烷晶胞属于面心立方晶胞,既然甲烷晶胞中的球体代表一个甲烷分子,该晶胞含有甲烷的分子个数为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$  个。综上所述,只有 B 项正确。

**答案:**B

**【例 2】**下图为冰晶体的结构模型,大球代表 O,小球代表 H。下列有关说法正确的是( )



A. 冰晶体中每个水分子与另外四个水分子形成四面体

B. 冰晶体具有空间网状结构,是共价晶体

C. 水分子间通过 H—O 键形成冰晶体

D. 冰融化时,水分子之间空隙增大

**解析:**冰中的水分子是靠氢键结合在一起,氢键不是化学键,而是一种分子间作用力,故 B、C 两项均错误;H<sub>2</sub>O 分子形成氢键时沿 O 的四个 sp<sup>3</sup> 杂化轨道形成氢键,可以与 4 个水分子形成氢键,这 4 个水分子形成空间四面体结构,A 项正确;水分子靠氢键连接后,分子间空隙变大,因此融化时,水的体积缩小,D 项错误。

**答案:**A

### 拓展训练

1. 关于氢键,下列说法正确的是( )

A. 每一个水分子中平均含有四个氢键

B. 水是非常稳定的化合物是由于水分子间存在氢键

C. 冰、液态水、水蒸气内都存在氢键

D. 冰能浮于水面上的现象可用水分子间存在氢键来解释

2. 下列关于物质熔点的排列顺序,不正确的是( )

A. HI > HBr > HCl > HF

B. Cl<sub>4</sub> > CBr<sub>4</sub> > CCl<sub>4</sub> > CF<sub>4</sub>

C. NaCl > NaBr > KBr

D. 金刚石 > 碳化硅 > 晶体硅

## 素养提升

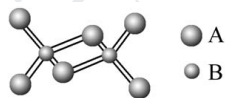
### 分层训练

#### 学习·理解

1. 下列物质变化时,需克服的作用力不属于化学键的是( )

A. HCl 溶于水                      B. I<sub>2</sub> 升华  
C. H<sub>2</sub>O 电解                        D. 烧碱熔化

2. 如图所示是某无机化合物的二聚分子,该分子中 A、B 两种元素都是第 3 周期的元素,分子中所有原子的最外层电子都达到 8 电子稳定结构。下列说法不正确的是( )



- A. 该化合物的分子式可能是 Al<sub>2</sub>Cl<sub>6</sub>  
B. 该化合物是离子化合物,在熔融状态下能导电  
C. 该化合物在固态时所形成的晶体是分子晶体  
D. 该化合物中不存在离子键,也不含有非极性共价键
3. 某化学兴趣小组,在学习分子晶体后,查阅了几种氯化物的熔、沸点,记录如下:

物质	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>	SiCl <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>
熔点/°C	801	712	190	-68	782
沸点/°C	1 465	1 418	230	57	1 600

根据这些数据分析,属于分子晶体的是( )

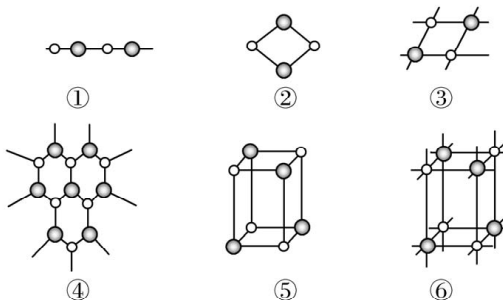
- A. NaCl、MgCl<sub>2</sub>、CaCl<sub>2</sub>    B. AlCl<sub>3</sub>、SiCl<sub>4</sub>  
C. NaCl、CaCl<sub>2</sub>                D. 全部
4. SiCl<sub>4</sub> 的分子结构与 CCl<sub>4</sub> 的相似,下列对 SiCl<sub>4</sub> 的推测不正确的是( )
- A. SiCl<sub>4</sub> 晶体是分子晶体  
B. 常温、常压下 SiCl<sub>4</sub> 是气体  
C. SiCl<sub>4</sub> 的分子是由极性键形成的非极性分子  
D. SiCl<sub>4</sub> 为正四面体结构
5. 下列排序不正确的是( )
- A. 晶体熔点由低到高: H<sub>2</sub>O < H<sub>2</sub>S < H<sub>2</sub>Se < H<sub>2</sub>Te  
B. 硬度由大到小: 金刚石 > 碳化硅 > 晶体硅  
C. 熔点由高到低: Al > Mg > Na  
D. 晶格能由大到小: NaF > NaCl > NaBr > NaI
6. 下列各物质的晶体中,晶体类型相同的是( )
- A. CCl<sub>4</sub> 与 H<sub>2</sub>O                      B. SiO<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub>

C. NaCl 与金刚石

D. MgCl<sub>2</sub> 与 Na

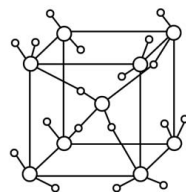
#### 应用·实践

7. AB 型化合物形成的晶体结构多种多样。下图所示的几种结构所表示的物质最有可能是分子晶体的是( )



A. ①③                                  B. ②⑤  
C. ⑤⑥                                  D. ③④⑤⑥

8. 下图为冰的一种骨架形式,以此为单元向空间延伸,请问该冰中的每个水分子有几个氢键( )



A. 2                                      B. 4                                      C. 8                                      D. 12

9. 参考下表物质的熔点,回答有关问题:

物质	NaF	NaCl	NaBr	NaI
熔点/°C	995	801	750	622
物质	NaCl	KCl	RbCl	CsCl
熔点/°C	801	776	715	646
物质	SiF <sub>4</sub>	SiCl <sub>4</sub>	SiBr <sub>4</sub>	SiI <sub>4</sub>
熔点/°C	-90.4	-70.4	5.2	120
物质	SiCl <sub>4</sub>	GeCl <sub>4</sub>	SnCl <sub>4</sub>	PbCl <sub>4</sub>
熔点/°C	-70.4	-49.5	-36.2	-15

- (1) 钠的卤化物及碱金属的氯化物的熔点与卤离子及碱金属离子的\_\_\_\_\_有关,随着\_\_\_\_\_的增大,熔点依次降低。
- (2) 硅的卤化物熔点及硅、锗、锡、铅的氯化物的熔点与\_\_\_\_\_有关,随着\_\_\_\_\_的增大,\_\_\_\_\_增大,故熔、沸点依次升高。
- (3) 钠的卤化物的熔点比相应的硅的卤化物的熔点高得多,这与\_\_\_\_\_有关,因为一般\_\_\_\_\_比\_\_\_\_\_熔点高。

## 迁移·创新

10. 据报道科研人员用计算机模拟出结构类似  $C_{60}$  的物质  $N_{60}$ 。已知：①  $N_{60}$  分子中每个氮原子均以  $N-N$  键结合三个  $N$  原子而形成 8 电子稳定结构；②  $N-N$  键的键能为  $167 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。请回答下列问题：

(1)  $N_{60}$  分子组成的晶体为\_\_\_\_\_晶体，其熔、沸点比  $N_2$  \_\_\_\_\_(填“高”或“低”)，

原因是\_\_\_\_\_。

(2)  $1 \text{ mol } N_{60}$  分解成  $N_2$  时吸收或放出的热量是\_\_\_\_\_  $\text{kJ}$  (已知  $N \equiv N$  键的键能为  $942 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )，表明稳定性  $N_{60}$  \_\_\_\_\_(填“>”“<”或“=”)  $N_2$ 。

(3) 由(2)列举  $N_{60}$  的用途：\_\_\_\_\_ (举一种)。

## 第 5 课时 晶体结构的复杂性

## 走进新知

## 素养初探

## 预习导读

阅读教材，思考以下问题：

1. 石墨晶体中碳原子的排列有什么特点？
2. 石墨晶体在性质上有哪些独特之处？
3. 你对石墨晶体结构有什么新的收获？

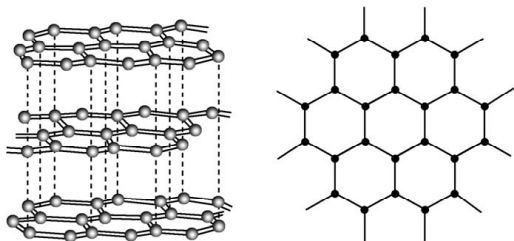
## 自主检测

石墨晶体为什么具有导电性？

## 学习体验

## 素养形成

## 探究学习 一 石墨晶体的结构



石墨的晶体结构示意图

参照石墨晶体的结构示意图，回答下列问题：

1. 石墨晶体具有\_\_\_\_\_结构。同一层内，碳原子间以\_\_\_\_\_作用形成\_\_\_\_\_网状结构。
2. 每个碳原子参与形成\_\_\_\_\_条共价键， $12 \text{ g}$  石墨晶体中含有的共价键条数为\_\_\_\_\_。
3. 层与层之间以\_\_\_\_\_结合。
4. 碳原子的杂化方式为\_\_\_\_\_，在同一平面的碳原子还各剩下一个  $2p$  轨道，并含有一个未成对电子形成\_\_\_\_\_键。电子比较自由，相当于金属中的\_\_\_\_\_，所以石墨能导热和导电，这正是金属晶体的特征。

## 归纳总结

四种晶体的比较：

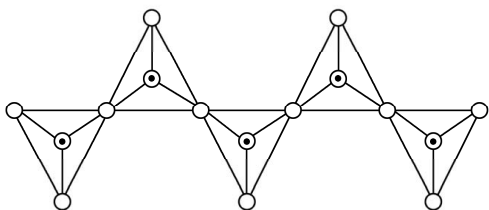
	离子晶体	共价晶体	分子晶体	金属晶体
构成晶体的粒子	阴、阳离子	原子	分子	金属阳离子和自由电子
粒子间的作用	离子键	共价键	分子间作用力(有的有氢键)	金属键
作用力强弱(一般情况下)	较强	很强	弱	较强
确定作用力强弱的判断方法	离子所带电荷总数、离子半径	键长(原子半径)	分子间的氢键、增大分子间作用力、组成和结构相似时比较、相对分子质量	离子半径、离子所带电荷数

(续表)

	离子晶体	共价晶体	分子晶体	金属晶体
熔、沸点	较高	高	低	差别较大(如汞常温下为液态,钨熔点为3 410℃)
硬度	硬而脆	大	较小	差别较大
导热和导电性	不良导体(熔化后或溶于水导电)	不良导体	不良导体(部分溶于水发生电离后导电)	良导体
溶解性	多数易溶于水	一般不溶于水	相似相溶	一般不溶于水,少数与水反应
机械加工性	不良	不良	不良	优良
延展性	差	差	差	优良

## 探究学习(二) 晶体结构的复杂性

研究发现,在  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  固体中不存在  $\text{SiO}_3^{2-}$ , 硅原子与氧原子间的结构如下图所示。

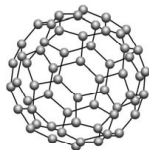
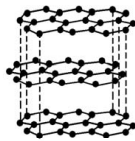


参照上面的  $\text{SiO}_4^{4-}$  的结构示意图,完成下列问题:

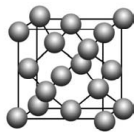
1. 硅原子的杂化方式为\_\_\_\_\_。
2. 该固体中存在的化学键类型有\_\_\_\_\_。

### 典例解析

【例题】碳元素的单质有多种形式,下图依次是  $\text{C}_{60}$ 、石墨和金刚石的结构图:

 $\text{C}_{60}$ 

石墨



金刚石晶胞

回答下列问题:

- (1) 金刚石、石墨烯(指单层石墨)中碳原子的杂化方式分别为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。
- (2)  $\text{C}_{60}$  属于\_\_\_\_\_晶体,石墨属于\_\_\_\_\_晶体。

(3) 在金刚石晶体中,碳原子数与化学键数之比为\_\_\_\_\_;在石墨晶体中,平均每个最小的碳原子环所拥有的化学键数为\_\_\_\_\_,该晶体中碳原子数与共价键数之比为\_\_\_\_\_。

(4) 石墨晶体中,层内 C—C 键的键长为 142 pm,而金刚石中 C—C 键的键长为 154 pm。推测金刚石的熔点\_\_\_\_\_ (填“>”“<”或“=”) 石墨的熔点。

**解析:** (1) 金刚石中碳原子与四个碳原子形成 4 个共价单键(即 C 原子采取  $\text{sp}^3$  杂化), 构成正四面体, 石墨中的碳原子采取  $\text{sp}^2$  杂化, 形成平面六元环结构。(2)  $\text{C}_{60}$  中构成微粒是分子, 所以属于分子晶体; 石墨晶体有共价键、金属键和范德华力, 所以石墨属于混合型晶体。(3) 金刚石晶体中每个碳原子平均拥有的化学键数为  $4 \times \frac{1}{2} = 2$ , 则碳原子数与化学键数之比为 1:2。石墨晶体中, 平均每个最小的碳原子环所拥有的碳原子数和化学键数分别为  $6 \times \frac{1}{3} = 2$  和  $6 \times \frac{1}{2} = 3$ , 其比值为 2:3。(4) 石墨中的 C—C 键键长比金刚石中的 C—C 键键长短, 键能更大, 故石墨的熔点高于金刚石。

**答案:** (1)  $\text{sp}^3$   $\text{sp}^2$  (2) 分子 混合型 (3) 1:2 2:3 (4) <

### 归纳总结

#### 金刚石与石墨比较

晶体	金刚石	石墨
碳原子杂化方式	$\text{sp}^3$	$\text{sp}^2$
碳原子成键数	4	3
有无未成对价电子	无	有
最小环碳原子个数	6	6
键角	$109.5^\circ$	$120^\circ$
含有 1 mol C 的晶体中所含化学键数目	2 mol	1.5 mol

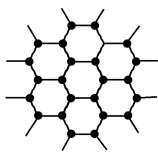
### 分层训练

#### 素养提升

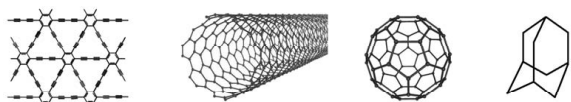
#### 学习·理解

1. 石墨晶体为层状结构, 每一层均为碳原子与周围其他 3 个碳原子相结合而成的平面片层, 同层相

邻碳原子间距为 142 pm、相邻片层间距为 335 pm。右图是其晶体结构片层俯视图。下列说法不正确的是( )

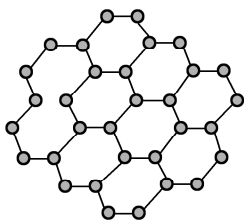


- A. 碳原子采用  $sp^2$  杂化  
 B. 每个碳原子形成 3 个  $\sigma$  键  
 C. 碳原子数与  $\sigma$  键键数之比为 2 : 3  
 D. 片层之间的碳形成共价键
2. 石墨炔是继富勒烯、碳纳米管、石墨烯之后,一种新的全碳纳米结构材料,其独特的结构有利于锂离子在面内和面外的扩散和传输。下列有关物质①~④的说法正确的是( )

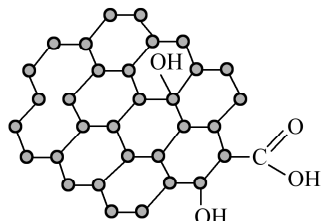


- ①石墨炔 ②碳纳米管 ③富勒烯 ④金刚烷
- A. 物质①③均能发生加成反应,是不饱和烃  
 B. 物质②主要由呈六边形排列的碳原子构成,没有导电性  
 C. 物质①有望成为一种新的导电材料  
 D. 物质④的分子式为  $C_{10}H_{14}$ ,性质稳定,其一氯代物有两种

3. 以下对石墨烯的推测不正确的是( )
- A. 石墨烯性质稳定,不能在氧气中燃烧  
 B. 石墨烯与石墨都具有导电性  
 C. 石墨烯与金刚石互为同素异形体  
 D. 石墨烯与石墨都具有较高的熔点
4. 新材料的新秀——石墨烯、氧化石墨烯已成为物理、化学、材料科学研究的国际热点课题。其结构模型见下图。下列有关说法正确的是( )

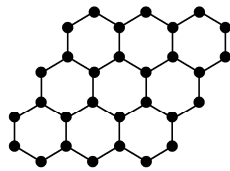


石墨烯片层结构示意图



片层氧化石墨烯的示意图

- A. 石墨烯是一种新型化合物  
 B. 氧化石墨烯即石墨烯的氧化物  
 C. 二者和石墨都是碳的同素异形体  
 D. 氧化石墨烯具有一定的亲水性
5. 石墨烯是由碳原子构成的单层片状结构的新材料(结构如图所示),可由石墨剥离而成,具有极好的应用前景。下列说法正确的是( )



- A. 石墨烯与石墨互为同位素  
 B. 0.12 g 石墨烯中含有  $6.02 \times 10^{22}$  个碳原子  
 C. 石墨烯是一种有机物  
 D. 石墨烯中的碳原子间以共价键结合
6. 2016 年诺贝尔化学奖授予借助某些金属离子制造出复杂新分子,从而合成分子机器的三位科学家,合成新分子过程模拟如下:



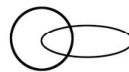
1. 环形分子和新月形分子被铜离子吸引



2. 铜离子将分子组合在一起




3. 第三个分子连接到新月形分子上



4. 两个环分子被“机械键”“互锁”连接,移除铜离子

下列有关信息错误的是( )

- A. 图中新月形分子和环状分子“组合”在一起,铜离子起关键作用  
 B. 利用此方式可以合成新分子,同时也可能创造一种全新“机械键”  
 C. 在创造新分子技术中,铜离子是唯一可以借助的金属离子  
 D. 此技术可以“互锁”合成  分子,甚至成更复杂的分子

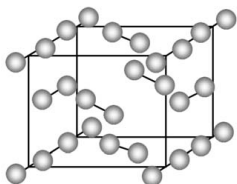
### 应用·实践

7. 请回答下列问题:

- (1) 下列有关石墨晶体的说法正确的是\_\_\_\_\_ (填字母,下同)。
- a. 由于石墨晶体导电,所以它是金属晶体  
 b. 由于石墨的熔点很高,所以它是共价晶体  
 c. 由于石墨质软,所以它是分子晶体  
 d. 石墨晶体是一种混合型晶体
- (2) 据报道,科研人员应用电子计算机模拟出来类似  $C_{60}$  的物质  $N_{60}$ ,试推测下列有关  $N_{60}$  的说法正确的是\_\_\_\_\_。
- a.  $N_{60}$  易溶于水

- b.  $N_{60}$  是一种分子晶体, 有较高的熔点和硬度
- c.  $N_{60}$  的熔点高于  $N_2$
- d.  $N_{60}$  的稳定性比  $N_2$  强

(3) 已知碘的晶胞结构如图所示, 请回答下列问题:

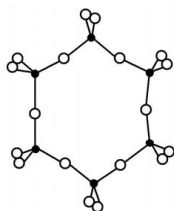


- ① 碘晶体属于 \_\_\_\_\_ 晶体。
- ② 碘晶体熔化过程中克服的作用力为 \_\_\_\_\_。
- ③ 假设碘晶胞中立方体的长为  $a$  cm, 阿伏加德罗常数的值为  $N_A$ , 则碘单质的密度为 \_\_\_\_\_。

8. 某硅酸盐研究所在硅酸盐材料和闪烁晶体等领域研究上取得了重大的成就。

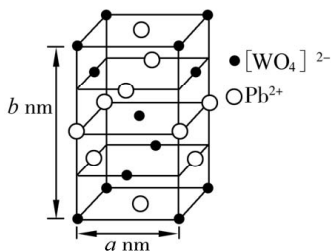
(1)  $[SiO_4]^{4-}$  是构成硅酸盐的基本结构单元, 通过共用氧相连可形成硅氧组群。

- ① 基态硅原子价电子的轨道表示式是 \_\_\_\_\_。
- ② 下图为一种硅氧组群的结构示意图, 其离子符号为 \_\_\_\_\_, 其中 Si 原子的杂化方式为 \_\_\_\_\_。



③ 电负性: Si \_\_\_\_\_ (填“>”“<”或“=”) O。

(2) 钨酸铅 (PWO) 是一种闪烁晶体, 晶胞结构如图所示。



① PWO 中钨酸根结构式为  $\left[ \begin{array}{c} O \\ || \\ O=W-O \\ | \\ O \end{array} \right]^{2-}$ ,

该离子中,  $\sigma$  键和  $\pi$  键的个数比是 \_\_\_\_\_。

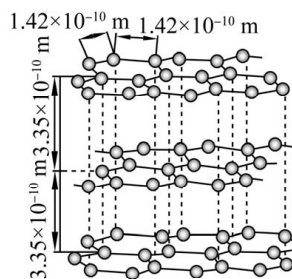
② PWO 晶体中含有的微粒间作用力是

\_\_\_\_\_ (填字母)。

- A. 范德华力
- B. 离子键
- C. 共价键
- D. 金属键

③ 已知 PWO 的摩尔质量为  $M$   $g \cdot mol^{-1}$ , 则该晶体的密度  $d =$  \_\_\_\_\_  $g \cdot cm^{-3}$ 。

9. 决定物质性质的重要因素是物质结构。请回答下列问题:

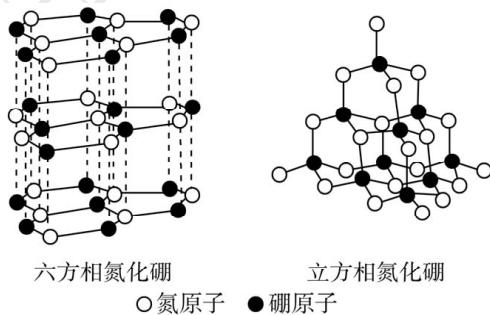


(1) 上图是石墨的结构, 其晶体中存在的作用力有 \_\_\_\_\_ (填字母)。

- A.  $\sigma$  键
- B.  $\pi$  键
- C. 氢键
- D. 配位键
- E. 范德华力
- F. 金属键
- G. 离子键

(2) 碳纳米管由单层或多层石墨层卷曲而成, 其结构类似于石墨晶体, 每个碳原子通过 \_\_\_\_\_ 杂化与周围碳原子成键, 多层碳纳米管的层与层之间靠 \_\_\_\_\_ 结合在一起。

(3) 氮化硼 (BN) 晶体有多种相结构。六方相氮化硼是通常存在的稳定相, 与石墨相似, 具有层状结构, 可作高温润滑剂。立方相氮化硼是超硬材料, 有优异的耐磨性。它们的晶体结构如图所示。



① 关于这两种晶体的说法正确的是 \_\_\_\_\_ (填字母)。

- a. 立方相氮化硼含有  $\sigma$  键和  $\pi$  键, 所以硬度大
- b. 六方相氮化硼层间作用力小, 所以质地软
- c. 两种晶体中的 B—N 键均为共价键
- d. 两种晶体均为分子晶体

② 六方相氮化硼晶体层内一个硼原子与相邻氮原子构成的空间结构为 \_\_\_\_\_, 其结构与石墨相似却不导电, 原因是 \_\_\_\_\_。



③ $\text{NH}_4\text{BF}_4$  (氟硼酸铵)是合成氮化硼纳米管的原料之一。1 mol  $\text{NH}_4\text{BF}_4$  含有 \_\_\_\_\_ mol 配位键。

迁移·创新

10. 磷化铟和砷化铟纳米晶具备独特的光学和电学特性,广泛应用于生物医学、通信、太阳能电池等领域。

回答下列问题:

- 基态磷原子的核外电子排布式为 \_\_\_\_\_ ;  
基态 As 原子中未成对电子数为 \_\_\_\_\_ 。
- $\text{PH}_3$  分子空间结构为 \_\_\_\_\_ ;  $\text{AsO}_3^{3-}$  中 As 原子的杂化方式为 \_\_\_\_\_ 。
- $\text{AsH}_3$  与  $\text{NH}_3$  在水中溶解度较大的是 \_\_\_\_\_ , 其原因是 \_\_\_\_\_ 。

(4) 酞菁铟是有机分子酞菁与金属铟形成的复杂分子, 结构简式如下图 1 所示, 该分子中存在的化学键为 \_\_\_\_\_ (填字母)。

- $\sigma$  键
- $\pi$  键
- 离子键
- 配位键

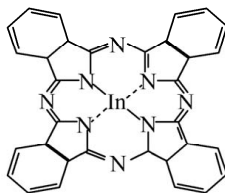


图1

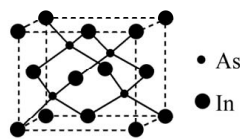
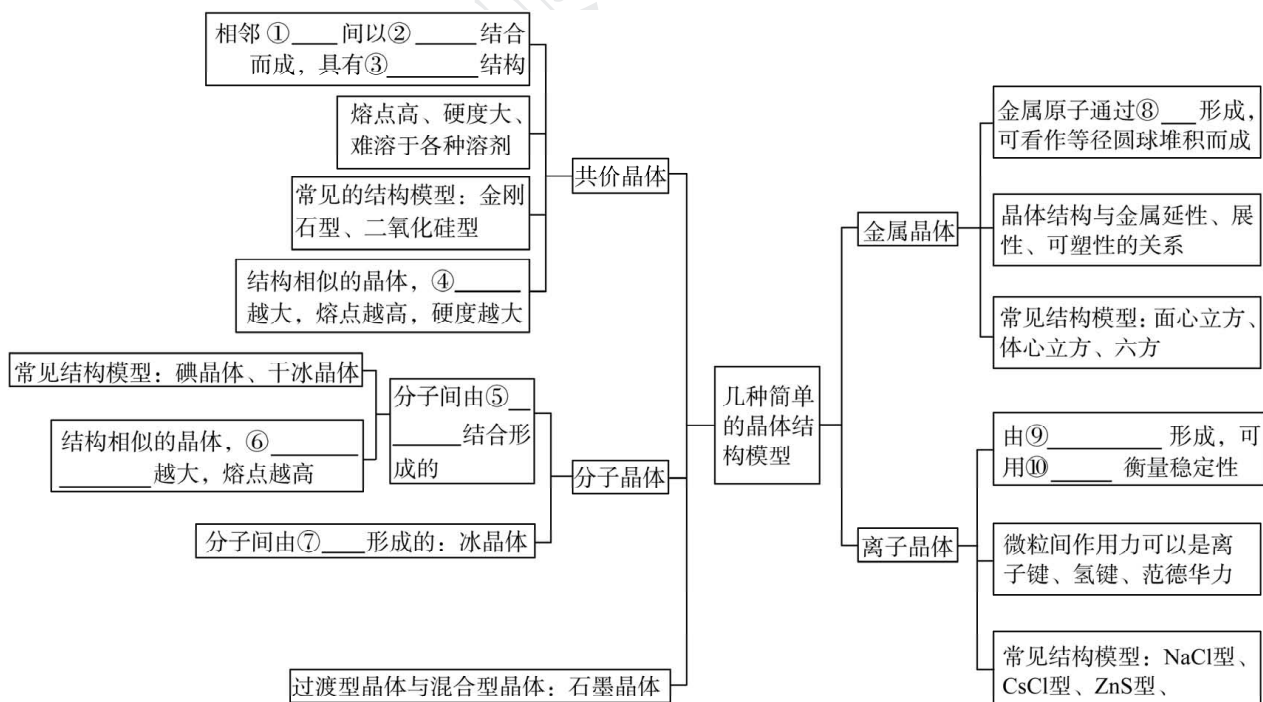


图2

(5) 砷化铟的晶胞结构如上图 2 所示, 砷化铟晶体的化学式为 \_\_\_\_\_ ; 该晶胞的棱长为  $a$  cm, 则砷化铟晶体的密度为 \_\_\_\_\_ (用含  $a$ 、 $N_A$  的代数式表示; As 的相对原子质量为 75, In 的相对原子质量为 115)。

本书建构整合



教材习题答案

- AC 2. D 3. AB 4. A 5. B
- (1) 金属晶体受到外力作用时, 密堆积层的金属原子之间比较容易滑动, 由于金属键在整个晶体范围内起作用, 这种滑动不会破坏密堆积的排列方

式, 故发生了形变但不致断裂; 而离子晶体受外力时, 离子键被破坏, 故离子晶体容易破裂。

(2) 离子晶体中的离子键没有方向性, 使阴阳离子交错排列, 又由于离子键没有绝对的饱和性, 使阴离子周围吸引着一定数量的阳离子, 同样, 阳离子周围吸引着一定数量的阴离子, 故离子晶体中不存在单个的分子。

7. 以体心原子为中心,其余四个碳原子形成正四面体结构,即四个顶点与中心原子形成的四条键平分空间角。
8. 甲烷晶体是分子晶体,每个晶胞中含有4个甲烷分子。分子间以微弱的范德华力结合,使甲烷晶体沸点低于常温,故常温时甲烷以气态存在。
9. (1)二者均属于离子晶体,但氧化钙晶体中阴阳离子的电荷数更多,离子间距更小,使得氧化钙晶体的晶格能更大,故熔点高许多。  
(2)CO<sub>2</sub>中C与O原子之间形成 $\sigma$ 键和 $\pi$ 键,CO<sub>2</sub>

分子之间的分子间作用力为范德华力,作用弱,常温下CO<sub>2</sub>以气态形式存在。SiO<sub>2</sub>属于共价晶体,Si与O原子间以 $\sigma$ 键相连形成,共价键键能大,不易被破坏,因此SiO<sub>2</sub>的熔点高。

10. D 11. B 12. BC

13. 同素异形体 金刚石

金刚石为共价晶体,原子间共价键结合,且所含碳碳键键长短,键能高,故熔点较高,足球烯为分子晶体,分子间以范德华力结合,故熔点较低

## 第3节 液晶、纳米材料与超分子

### → 瞄准课标 靶向学习

课标内容要求	课标学业要求
1. 知道物质的聚集状态会影响物质的性质,通过改变物质的聚集状态可能获得特殊的材料。 2. 了解人类探索物质结构的过程,认同“物质结构的探索是无止境的”观点,了解从原子、分子、超分子等不同尺度认识物质结构的意义。	1. 了解液晶的性质与用途。 2. 了解纳米材料的性质与用途。 3. 了解超分子的性质与用途。

### 走进新知 素养初探

#### 预习导读

阅读教材,思考以下问题:

1. 液晶、纳米材料、超分子中的微粒聚集方式有什么特点?

2. 液晶、纳米材料具有哪些神奇的功能?

3. 你能想象出分子间通过非共价键作用聚集在一起而表现出的特殊性质吗?

#### 自主检测

- 人们认识到物质在一定温度范围内既具有液体的可流动性,在\_\_\_\_\_等方面又表现出类似晶体的\_\_\_\_\_。人们形象称这类物质为液态晶体,简称液晶。
- 液晶最重要的用途是\_\_\_\_\_。
- 纳米材料具有\_\_\_\_\_的独特性质。\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_是纳米材料中的“明星”。

## 素养形成

### 学习体验

#### 探究学习(一) 液晶的特点、内部结构及应用

1. 阅读教材第 114 页“资料在线”栏目,结合教材图 3-3-2,通过液晶的发现和名称的由来,初步了解液晶的特点。

2. 利用教材图 3-3-3,了解液晶在折射率、磁化率、电导率等方面表现出各向异性是由于其内部分子在分子长轴方向上有序排列造成的。

3. 查阅资料自主学习液晶的应用。

#### 方法导引

1. 液晶定义:在一定温度范围内存在的液体既具有液体的可流动性,又具有像晶体那样的各向异性,这种液体为液态晶体,简称为液晶。

2. 液晶的性质:液晶在折射率、磁化率、电导率等宏观性质方面之所以表现出类似晶体的各向异性,是因为内部分子的排列沿分子长轴方向呈现出有序的排列。

3. 液晶的显示功能与液晶材料内部分子的排列密切相关。在施加电压时,液晶分子能够沿电场方向排列,而在移去电场之后,液晶分子又恢复到原来的状态。这就是电子手表和笔记本电脑数字或图像得以显示的原因。

#### 典例解析

【例 1】下列关于液晶的说法,错误的是( )

- A. 液晶是液态晶体的简称
- B. 液晶内部分子在分子长轴方向上无序排列
- C. 液晶在一定温度范围内具有液体的可流动性
- D. 液晶的宏观性质表现出各向异性

解析:液晶内部分子在分子长轴方向上有序排列,由此在分子长轴的平行方向和垂直方向表现出不同的性质,所以 B 选项错误。

答案:B

#### 拓展训练

1. 下列关于液晶的性质及应用,正确的是( )

- A. 液晶材料只有人工合成的没有天然的
- B. 液晶的显示功能与液晶内部分子的排列密切相关

无关

C. 液晶最重要的用途是制造液晶显示器

D. 液晶在折射率、磁化率、电导率等方面表现出各向同性

#### 探究学习(二) 纳米材料的结构及应用

1. 从长度单位的角度体会“纳米材料”与传统材料的不同。

2. 了解纳米材料的微观结构特点。

3. 通过具体实例体会纳米材料的优良特性,感受物质世界的奇妙和科学技术的力量。

#### 归纳总结

从纳米材料的结构特征来看,纳米固体具有与晶态、非晶态和原子簇等不同的物理、化学特性。这些特性来源于两个方面即表面效应与体积效应。纳米材料是具有既不同于原来组成的原子、分子,也不同于宏观的物质的特殊性能的材料。如果仅仅是尺度达到纳米,而没有特殊性能的材料,也不能叫纳米材料。

#### 典例解析

【例 2】纳米材料具有一些与传统材料不同的特征,具有广阔的应用前景。下列关于纳米材料基本构成微粒的叙述中,错误的是( )

- A. 三维空间尺寸必须都处于纳米尺寸
- B. 既不是微观粒子也不是宏观物质
- C. 是原子排列成的纳米数量级原子团
- D. 是长程有序的晶状结构

解析:纳米颗粒的三维空间尺寸只要一维处于纳米尺度即可。

答案:A

#### 拓展训练

2. 纳米粒子是指直径为 1~100 nm 的超细粒子(1 nm=10<sup>-9</sup> m)。由于表面效应和体积效应,其常有奇特的光、电、磁、热等性质,可开发为新型功能材料,下列有关纳米粒子的叙述不正确的是( )

- A. 因纳米粒子半径太小,故不能将其制成胶体
- B. 一定条件下纳米粒子可催化水的分解
- C. 一定条件下,纳米 TiO<sub>2</sub> 陶瓷可发生任意弯曲,可塑性好
- D. 纳米粒子半径小,表面活性高

## 素养提升

### 分层训练

#### 学习·理解

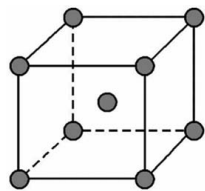
- 关于液晶的叙述中,错误的是( )
  - 液晶是物质的一种聚集状态
  - 液晶具有流动性
  - 液晶和液态是物质的同一种聚集状态
  - 液晶具有各向异性
- (不定项)下列特殊聚集状态中,不具有导电功能的是( )
  - 晶体
  - 非晶体
  - 液晶
  - 金属纳米颗粒
- 下列关于物质特殊聚集状态结构的叙述中,错误的是( )
  - 等离子体的基本构成微粒的排列是带电的离子和电子及不带电的分子或原子
  - 非晶体基本构成微粒的排列是长程无序和短程有序的
  - 液晶内部分子沿分子长轴方向有序排列,使液晶具有各向异性
  - 纳米材料包括纳米颗粒与颗粒间的界面两部分,两部分都是长程有序的
- 下列物质中,不属于非晶体的是( )
  - 玻璃
  - 石蜡和沥青
  - 塑料
  - 干冰
- 电子表、电子计算器、电脑显示器都运用了液晶材料显示图像和文字。有关其显示原理的叙述中,正确的是( )
  - 施加电场时,液晶分子垂直于电场方向排列
  - 移去电场后,液晶分子恢复到原来状态
  - 施加电场时,液晶分子恢复到原来状态
  - 移去电场后,液晶分子沿电场方向排列
- 下列关于纳米材料的叙述中,错误的是( )
  - 包括纳米颗粒和颗粒间界面两部分
  - 纳米材料属于晶体
  - 纳米材料属于非晶体
  - 同一种金属元素构成的纳米材料与宏观金属晶体具有完全等同的性质

#### 应用·实践

- (不定项)纳米材料是当今材料科学研究的前沿,其研究成果广泛应用于催化及军事科学中。如将

纳米材料分散到液体分散剂中,所得混合物可能具有的性质是( )

- 能全部透过半透膜
  - 有丁达尔现象
  - 所得液体可以全部通过滤纸
  - 所得物质一定是溶液
- 我国科学家成功合成了 3 nm 长的管状纳米管,长度居世界之首。这种碳纤维具有强度高、刚度(抵抗变形的能力)高、密度小(只有钢的 1/4),熔点高、化学性质稳定性好的特点,因而被称为“超级纤维”。下列对碳纤维的说法不正确的是( )
    - 它是制造飞机的理想材料
    - 它的主要组成元素是碳
    - 它的抗腐蚀能力强
    - 碳纤维复合材料不易导电
  - 纳米材料的表面粒子数占总粒子数的比例极大,这是它具有许多特殊性质的原因。假设某纳米颗粒的大小和形状恰好与某晶体晶胞的大小和形状(如图)相同,则这种纳米颗粒的表面粒子数占总粒子数的百分数为( )
    - 87.5%
    - 88.9%
    - 96.3%
    - 100%



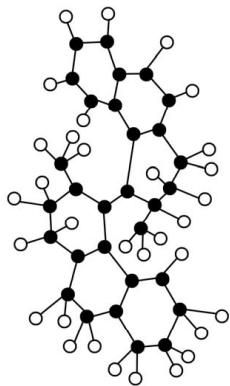
#### 迁移·创新

- 21 世纪的新领域纳米技术正日益受到各国科学家的关注。

请回答下列问题:

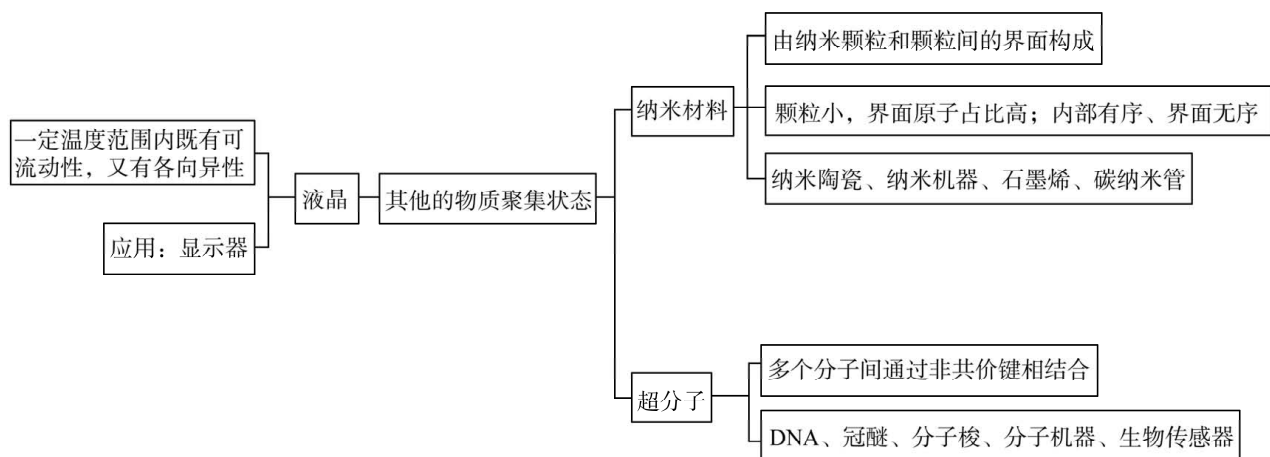
(1)纳米是\_\_\_\_\_单位,1 纳米等于\_\_\_\_\_米。纳米科学与技术是研究结构尺寸在 1 至 100 纳米范围内材料的性质与应用。它与\_\_\_\_\_分散系的粒子大小一样。

(2)世界上最小的马达只有千万分之一的蚊子那么大,如图所示,这种分子马达将来可用于消除体内垃圾。



①该图是马达分子的\_\_\_\_\_ (填“空间填充模型”或“球棍模型”)。  
②该分子中含有的组成环的原子是\_\_\_\_\_ 元素的原子,分子中共有\_\_\_\_\_ 个该原子。

## 本书建构整合



## 教材习题答案

## 教材习题答案

1. C 2. B

3.

聚集状态	微观特征	宏观性质	举例和用途
液晶	内部分子的排列沿分子长轴方向呈现出有序排列	既具有液体的可流动性，又具有晶体的各向异性	制造液晶显示器

(续表)

聚集状态	微观特征	宏观性质	举例和用途
纳米材料	纳米颗粒内部具有晶状结构，界面为无序结构	在光、声、电、磁、热、力、化学反应方面与其他类物质完全不同	金属纳米材料几乎都是黑色，制作隐形飞机上的雷达吸收材料
超分子	内部分子依靠非共价键结合	具有分子识别能力，又具有光、电、磁、声、热等特性功能	新型催化剂、药物、分子器件、生物传感器等

4. 略 5. 略

## 微项目 青蒿素分子的结构测定

## ——晶体在分子结构测定中的应用

## 项目拆解

本项目是新课标化学选择性必修“物质结构与性质”模块的最后一个专题，承载着进一步提升有关物质结构的基本认识，深入认识物质的结构与性质的关系，认识研究物质结构的方法和价

值，发展“宏观辨识与微观探析”“证据推理与模型认知”核心素养的使命。本项目由以下3个环节组成。

## 【环节1：了解利用晶体测定分子结构的意义】

简要介绍青蒿素的组成与结构测定的文献资料，为了解、讨论并梳理测定分子结构的常用方法提

供学习资源。在梳理研究方法的过程中,能够逐步意识到核磁共振等常用的仪器方法对于复杂有机物分子结构的精确测定存在局限性。介绍比较知名、被广泛使用的晶体与生物大分子结构数据库,为后续的学习和研究提供资源。

### 【环节 2:借助原子位置确定分子空间结构】

根据实际知识储备介绍 X 射线、光的衍射实验、晶体的结构特点等。借助弹簧衍射实验演示晶体 X 射线衍射测定蛋白质分子双螺旋结构的实验现象,简介对应的原理。逐步体会衍射图案与物质结构之间的对应关系。根据原子坐标信息利用泡沫模型将碳原子和氧原子的位置摆放并固定好。根据键长信息确定青蒿素分子中化学键的位置和种类,用竹签等工具将成键原子连接起来,获得青蒿素的分子骨架,再借助碳、氧原子的成键规律,将氢原子连接在所搭模型相应的原子上,获得青蒿素分子的完整结构。

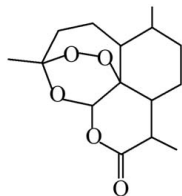
### 【环节 3:项目成果展示】

展示汇报所搭建的青蒿素分子结构模型,并分享体会与收获。可从晶体 X 射线衍射测定分子结构的角度,或者青蒿素分子结构确定后对其分子稳定性的解释、结构的改性、对全合成的指导意义等角度切入,展开讨论。可以采用电脑软件绘制思维导图或者利用相关工具绘制海报的形式,进行小组交流和展示。在展示的过程中,进行自我评价、组

内和组间互评、教师评价等多种形式相结合的评价方式。

### 项目达标

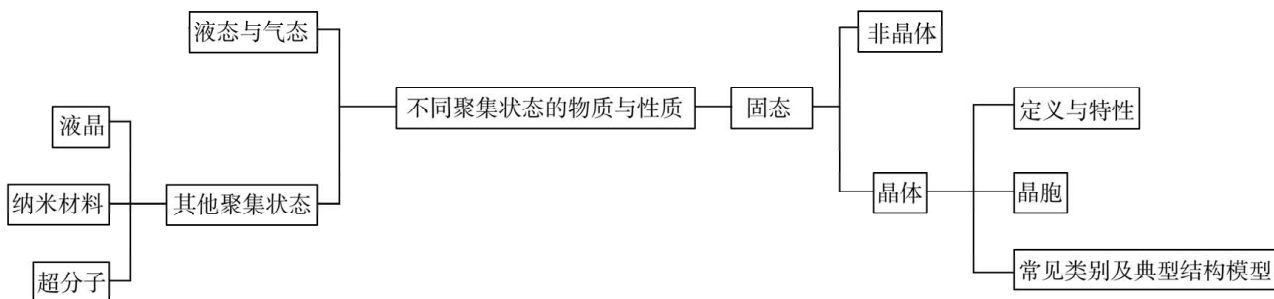
1. 青蒿素结构式如图所示。下列有关青蒿素的说法错误的是( )



- A. 青蒿素的分子式为  $C_{15}H_{22}O_5$   
 B. 青蒿素分子结构稳定,受热不易分解  
 C. 青蒿素可溶于 NaOH 溶液,可使酸性高锰酸钾溶液褪色  
 D. 青蒿素难溶于水,提取的方法是用有机溶剂萃取后蒸馏
2. 某学生对青蒿素的性质进行探究. 将青蒿素加入含有 NaOH、酚酞的水溶液中,青蒿素的溶解量较小,加热并搅拌,青蒿素的溶解量增大,且溶液红色变浅,与青蒿素化学性质相似的物质是( )
- A. 乙醇  
 B. 乙酸  
 C. 乙酸乙酯  
 D. 葡萄糖

## 本章总结

### 本章建构整合

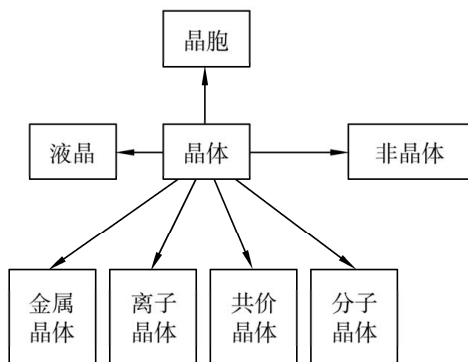


## 教材习题答案

## 教材习题答案

1. C 2. C

3.



4. B 5. C

6. (1) 钠的卤化物及碱金属的氯化物都是离子晶体, 熔点与晶格能大小有关。钠的卤化物按照 NaF、NaCl、NaBr、NaI 的顺序, 阳离子相同, 阴离子半径逐渐增大, 晶格能减小, 熔点降低。碱金属的氯化物按照 NaCl、KCl、RbCl、CsCl 的顺序, 阴离子相同, 阳离子半径逐渐增大, 晶格能减小, 熔点降低。

(2) 硅的卤化物及硅、锗、锡、铅的氯化物都是分子晶体, 熔点与范德华力大小有关。硅的卤化物结构和组成相似, 按照  $\text{SiF}_4$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{SiBr}_4$ 、 $\text{SiI}_4$  的顺序, 相对分子质量依次增大, 范德华力增大, 熔点升高。硅、锗、锡、铅的氯化物结构和组成相似, 按照  $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{GeCl}_4$ 、 $\text{SnCl}_4$ 、 $\text{PbCl}_4$  的顺序, 相对分子质量依次增大, 范德华力增大, 熔点升高。

(3) 钠的卤化物的熔点比相应的硅的卤化物的熔点高得多, 因为钠的卤化物都是离子晶体, 微粒间靠离子键联系在一起, 作用比较强, 熔点较高, 而硅的卤化物都是分子晶体, 微粒间靠范德华力联系在一起, 作用比较弱, 熔点较低。

7. (1)  $4s^2 4p^2$  价电子在 4p 能级上的排布遵循洪特规则, 也就是当能量相同的三个轨道里面要填充两个电子时, 会填充到不同的两个轨道, 并且电子的自旋状态相同。

(2) 区分晶体与非晶体的最可靠的科学方法是进行 X 射线衍射实验, 晶体能看到衍射现象而非晶体不能。

(3) 每个 As 原子周围有 4 个距离最近的 Ga 原子, 每个晶胞中有 4 个 Ga 原子。

8. C

9. (1) CO

(2)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$  +4 价(3) Y 为  $\text{CO}_2$ , 中心 C 原子 sp 杂化, 键角  $180^\circ$ 。

(4) 熔点较高的是 SiC 晶体。SiC 晶体和晶体硅都是共价晶体, Si 原子的半径比 C 原子大, SiC 中的 Si—C 键键长比晶体硅中的 Si—Si 键键长短, Si—C 键键能比 Si—Si 键键能大, SiC 的熔点更高。

(5) 在 SiC 晶体中最小的环上有 6 个原子。1 mol SiC 中含有 4 mol Si—C 键, 所以, 理论上分解 1 mol SiC 形成气态原子所需要的能量相当于 4 mol Si—C 键的键能, 是 4a kJ。

10. D

11. 金晶胞为面心立方晶胞, 每个晶胞含有 4 个金原子。

所以有等式  $\rho = \frac{4M}{a^3 \cdot N_A}$ , 其中 M 为金的摩尔质量  $197 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , a 为晶胞边长,  $\rho$  为晶体密度,  $N_A$  为阿伏加德罗常数。对于面心立方晶胞来说, 侧面对角线的原子是相切的关系, 也就是有  $\sqrt{2}a = 4r$ ,  $a = 2\sqrt{2}r$ , 把金原子的半径带入计算得到 a 的数值, 再代入密度公式, 算得  $N_A$  数值为  $6.05 \times 10^{23}$ 。

12. (1) K 和 Cr 都属于金属晶体,  $\text{K}^+$  所带电荷不如  $\text{Cr}^{3+}$  多, 而且  $\text{K}^+$  的半径比  $\text{Cr}^{3+}$  大, 都使得 K 中金属键的作用比 Cr 中更小, 所以 K 的熔点比金属 Cr 低。

(2) 由图可知, 与 K 原子紧邻的 O 原子有 12 个。我们以晶胞最前面的面右上角 K 原子为例, 上面面心的 O 原子与它紧邻, 补齐包含此 K 原子的右边一个和这两个前面两个晶胞, 这三个晶胞的上表面的面心 O 原子也是紧邻的, 这样, 在上表面所在的平面内, 有 4 个 O 原子与 K 原子紧邻。右侧面面心的 O 原子也是紧邻的, 补齐前面一个和这两个上方的两个晶胞, 发现右侧面所在的平面内, 也是有 4 个 O 原子与 K 原子紧邻。前表面面心的 O 原子也是紧邻的, 补齐右边一个和这两个上方的两个晶胞, 发现前表面所在的平面内, 也是有 4 个 O 原子与 K 原子紧邻。这样加起来, 就是有 12 个 O 原子与 K 原子紧邻。

(3) 0.329 nm。K 原子与 O 原子间的最短距离, 是面对角线一半的长度, 也就是边长的  $\frac{\sqrt{2}}{2}$  倍, 长度为  $1/\sqrt{2} \times 0.466 \text{ nm} = 0.329 \text{ nm}$ 。

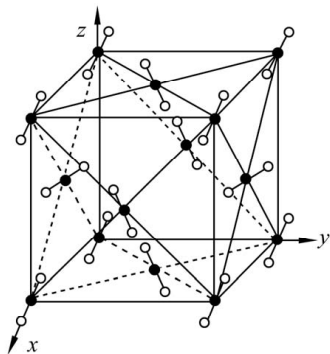
# 本章自我检测

(时间:45分钟 分值:100分)

## 一、选择题(本题包括8小题,每小题5分,共40分。

每小题只有一个选项符合题意)

- 下列说法符合科学的是( )
  - 我厂生产的食盐对人体有益,它是纳米材料,易吸收消化
  - 我厂生产的食盐,处于液晶状态,它是非常纯净的非晶体
  - 金的熔点为  $1\ 064\ ^\circ\text{C}$ ,制成  $2\ \text{nm}$  尺寸的金的熔点只有  $327\ ^\circ\text{C}$ ,所以纳米金为分子晶体
  - 液晶是液体状态,是具有晶体性质的特殊物质,可用于制造显示器
- 最近科学家成功地制成了一种新型的碳氧化物,该化合物晶体中每个碳原子均以四个共价单键与氧原子结合为一种空间网状的无限伸展结构,下列对该晶体叙述错误的是( )
  - 该物质的化学式为  $\text{CO}_4$
  - 晶体的熔、沸点高,硬度大
  - 晶体中C原子数与C—O键的键数之比为  $1:4$
  - 晶体的空间最小环共由  $12$  个原子所构成
- 下列各类物质中,固态时只能形成离子晶体的是( )
  - 非金属氧化物
  - 非金属单质
  - 强酸
  - 强碱
- 干冰晶体是一种面心立方结构,如图所示,即每  $8$  个  $\text{CO}_2$  构成立方体,且在  $6$  个面的中心各有  $1$  个,在每个  $\text{CO}_2$  周围距离为  $\frac{\sqrt{2}}{2}a$  (其中  $a$  为立方体棱长)的  $\text{CO}_2$  有( )



- A. 4个    B. 8个    C. 12个    D. 6个

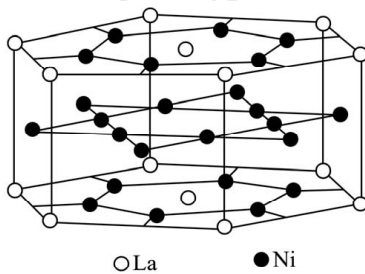
- 下列对化学知识概括合理的是( )

- 共价晶体、离子晶体、金属晶体、分子晶体中都一定存在化学键
- 同素异形体之间的转化都是物理变化
- 共价晶体的熔点不一定比金属晶体的高,分子晶体的熔点不一定比金属晶体的低
- 一种元素可能有多种氧化物,但同种化合价只对应一种氧化物

- 已知A元素原子核外电子共占有  $5$  个轨道且有  $2$  个成单电子;B元素原子核外能量最高电子为  $n=3, l=1, m=1, m_s = +\frac{1}{2}$ ,  $n=3, l=1, m=0, m_s = +\frac{1}{2}$ 。A、B两元素所形成化合物的晶体类型为( )

- 分子晶体
- 共价晶体
- 离子晶体
- 金属晶体

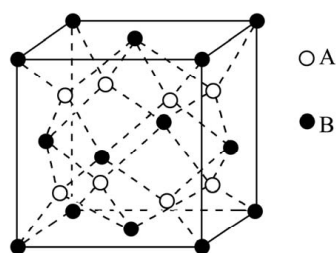
- 氢是重要而洁净的能源。要利用氢气作为能源,必须解决好安全有效地储存氢气的问题。化学家研究出利用合金储存氢气的方法,其中镧(La)镍(Ni)合金是一种储氢材料,这种合金的晶体结构已经测定,其基本结构单元如图所示,则该合金的化学式可表示为( )



- $\text{LaNi}_5$
- $\text{LaNi}$
- $\text{La}_{14}\text{Ni}_{24}$
- $\text{La}_7\text{Ni}_{12}$

- 某离子晶体的晶体结构中最小重复单元如图所示:A为阴离子,在正方体内,B为阳离子,分别在顶角和面心,则该晶体的化学式为( )





A. B<sub>2</sub>A    B. BA<sub>2</sub>    C. B<sub>7</sub>A<sub>4</sub>    D. B<sub>4</sub>A<sub>7</sub>

二、非选择题(本题包括 4 小题,共 60 分)

9. (14 分) Mn、Fe 均为第四周期过渡元素,两元素的部分电离能数据列于下表:

元素		Mn	Fe
电离能/(kJ·mol <sup>-1</sup> )	I <sub>1</sub>	717	759
	I <sub>2</sub>	1 509	1 561
	I <sub>3</sub>	3 248	2 957

回答下列问题:

(1) 锰元素基态原子的价电子排布式为 \_\_\_\_\_, 比较两元素的 I<sub>2</sub>、I<sub>3</sub> 可知, 气态 Mn<sup>2+</sup> 再失去一个电子比气态 Fe<sup>2+</sup> 再失去一个电子难。对此, 你的解释是 \_\_\_\_\_

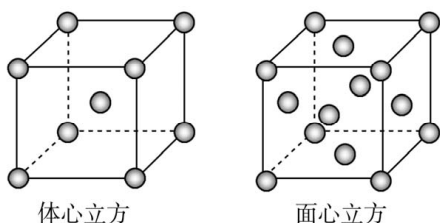
(2) Fe 原子或离子外围有较多能量相近的空轨道而能与一些分子或离子形成配合物。

① 与 Fe 原子或离子形成配合物的分子或离子应具备的结构特征是 \_\_\_\_\_;

② 六氰合亚铁离子 [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup> 中的配体 CN<sup>-</sup> 中 C 原子的杂化轨道类型是 \_\_\_\_\_。

(3) 三氯化铁常温下为固体, 熔点 282 °C, 沸点 315 °C, 在 300 °C 以上易升华。据此判断三氯化铁晶体为 \_\_\_\_\_。

(4) 金属铁的晶体在不同温度下有两种堆积方式, 晶胞分别如下图所示。面心立方晶胞和体心立方晶胞中实际含有的 Fe 原子个数之比为 \_\_\_\_\_。



10. (12 分) I. 自 20 世纪 60 年代合成了第一个稀有气体的化合物 XePtF<sub>6</sub> 以来, 人们又相继发现了氙的一系列化合物, 如 XeF<sub>2</sub>、XeF<sub>4</sub> 等。

(1) 请根据 XeF<sub>4</sub> 的结构示意图(图 1)判断这个分子是极性分子还是非极性分子? \_\_\_\_\_。

(2) XeF<sub>2</sub> 晶体是一种无色晶体, 图 2 为它的晶胞结构图。XeF<sub>2</sub> 晶体属于哪种类型的晶体? \_\_\_\_\_。

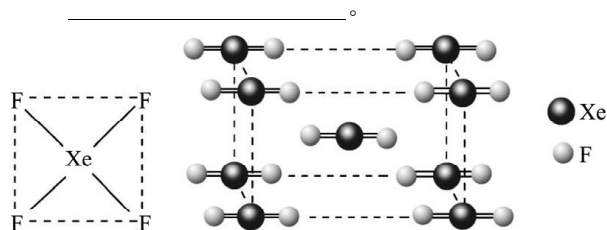


图1

图2

II. 已知有关物质的熔、沸点数据如下表所示:

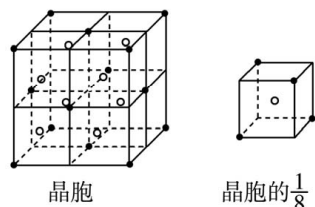
物质	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgCl <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>
熔点/°C	2 852	2 072	714	190(2.6×10 <sup>5</sup> Pa)
沸点/°C	3 600	2 980	1 412	182.7

请参考上述数据填空和回答问题:

(1) 工业上常用电解熔融 MgCl<sub>2</sub> 的方法生产金属镁, 用电解 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 与冰晶石熔融混合物的方法生产铝。为什么不用电解 MgO 的方法生产镁, 也不用电解 AlCl<sub>3</sub> 的方法生产铝?

(2) 设计可靠的实验证明 MgCl<sub>2</sub>、AlCl<sub>3</sub> 所属的晶体类型, 其实验方法是 \_\_\_\_\_。

11. (16 分) A、B、C、D、E 都是元素周期表中前 20 号元素, 原子序数依次增大, B、C、D 同周期, A、D 同主族, E 和其他元素既不在同周期也不在同主族。A 和 E 形成离子化合物 EA<sub>2</sub>, B、C、D 的最高价氧化物的水化物两两混合均能发生反应生成盐和水。根据以上信息, 回答下列问题:

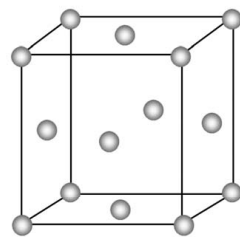


(1) A 和 D 的氢化物中, 沸点较低的是 \_\_\_\_\_ (填“A”或“D”); A 和 B 的离子中, 半径较小的是 \_\_\_\_\_ (填离子符号)。

(2) C 在元素周期表中的位置是 \_\_\_\_\_。

(3) A 和 E 可形成离子化合物 EA<sub>2</sub>, 其晶胞(晶胞

是在晶体中具有代表性的最小重复单元)结构如图所示,阳离子(用“ $\bullet$ ”表示)位于该正方体的顶点或面心,阴离子(用“ $\circ$ ”表示)均位于小正方体的中心。该化合物的电子式是\_\_\_\_\_。



12. (18分)氯化铬酰( $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$ )在有机合成中可作氧化剂或氯化剂,能与许多有机物反应。请回答下列问题:

(1)写出铬原子的基态电子排布式:\_\_\_\_\_,与铬同周期的所有元素的基态原子中最外层电子数与铬原子相同的元素有\_\_\_\_\_ (填元素符号),其中一种金属的晶胞结构如图所示,该晶胞中含有金属原子的数目为\_\_\_\_\_。

(2) $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$  常温下为深红色液体,能与  $\text{CCl}_4$ 、 $\text{CS}_2$  等互溶,据此可判断  $\text{CrO}_2\text{Cl}_2$  是\_\_\_\_\_ (填“极性”或“非极性”)分子。

(3)在①苯、② $\text{CH}_3\text{OH}$ 、③ $\text{HCHO}$ 、④ $\text{CS}_2$ 、⑤ $\text{CCl}_4$  五种有机溶剂中,碳原子采取  $\text{sp}^2$  杂化的分子有\_\_\_\_\_ (填序号), $\text{CS}_2$  分子的空间结构是\_\_\_\_\_。

# 期末检测(一)

——等级考水平测试

(时间:90分钟 分值:100分)

可能用到的相对原子质量: H 1 B 11 C 12  
N 14 As 75

一、选择题(本题共 10 小题,每小题 2 分,共 20 分。

每小题只有一个选项符合题意)

1. 下列关于原子结构模型的说法中,正确的是( )

- A. 道尔顿的原子结构模型将原子看作实心球,故不能解释任何问题
- B. 汤姆孙“葡萄干布丁”原子结构模型成功地解释了原子中的正、负粒子是可以稳定共存的
- C. 卢瑟福核式原子结构模型指出了原子核和核外电子的质量关系、电性关系及占有体积的关系
- D. 玻尔电子分层排布原子结构模型引入了量子化的概念,能够成功解释所有的原子光谱

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,能量高的电子总在 f 轨道上运动
- C. 在一个多电子原子中可以找到两个能量相同的电子
- D. 在同一能级上运动的电子,其运动状态肯定相同

3. As 的原子结构示意图为  , 下列关于 As

的描述不正确的是( )

- A. 位于第 4 周期 V A 族
  - B. 属于非金属元素
  - C. 酸性:  $H_3AsO_4 > H_3PO_4$
  - D. 稳定性:  $AsH_3 < PH_3$
4. 寿山石  $\{X_4[Y_4Z_{10}](ZW)_8\}$  的组成元素均为短周期元素, X 的最高价氧化物对应水化物常用于治疗胃酸过多, X 的简单离子与  $ZW^-$  含有相同的电子数, Y 的单质是制造芯片的基础材料。下列说法正确的是( )
- A. 原子半径:  $Y > X > Z > W$
  - B. 最高价氧化物水化物的酸性:  $X > Y$

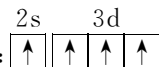
C. NaW 与水反应时作还原剂

D. 简单氢化物的热稳定性:  $Y > Z$

5. 下列说法正确的是( )

- A. 原子核外电子排布式为  $1s^2$  的原子与原子核外电子排布式为  $1s^2 2s^2$  的原子化学性质相似
- B.  $Fe^{3+}$  的最外层电子排布式为  $3s^2 3p^6 3d^5$
- C. 基态铜原子价电子的轨道表示式:



D. 基态碳原子价电子的轨道表示式: 

6. 现有四种元素的基态原子的电子排布式如下:

- ①  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ ; ②  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ ; ③  $1s^2 2s^2 2p^4$ ;
- ④  $1s^2 2s^2 2p^3$ 。

则下列有关比较正确的是( )

- A. 原子半径: ③ > ④ > ② > ①
- B. 第一电离能: ④ > ③ > ② > ①
- C. 最高正化合价: ③ > ④ = ② > ①
- D. 电负性: ④ > ③ > ② > ①

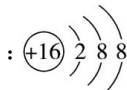
7. 化学用语是学好化学知识的重要基础, 下列有关化学用语表示正确的有( )

①用电子式表示 HCl 的形成过程:  $H: H + \cdot \ddot{Cl} : \ddot{Cl} : \rightarrow 2H: \ddot{Cl} :$

②  $MgCl_2$  的电子式:  $Mg^{2+} [ : \ddot{Cl} : ]_2^-$

③质量数为 133、中子数为 78 的铯原子:  $^{133}_{55}Cs$

④乙烯、乙醇结构简式依次为:  $CH_2=CH_2$ 、 $C_2H_6O$

⑤  $S^{2-}$  的结构示意图: 

⑥次氯酸分子的结构式:  $H-O-Cl$

A. 3 个 B. 4 个 C. 5 个 D. 6 个

8. 有关杂化轨道的说法不正确的是( )

- A. 杂化轨道全部参与形成化学键
- B.  $sp^3$ 、 $sp^2$ 、 $sp$  杂化轨道的夹角分别为  $109^\circ 28'$ 、 $120^\circ$ 、 $180^\circ$
- C. 四面体形、三角锥形、角形分子的结构可以用

$sp^3$  杂化轨道解释

D. 杂化前后的轨道数不变,但轨道的形状发生了改变

9. 具有下列性质的物质可能属于离子晶体的是( )

A. 熔点  $10.31^\circ\text{C}$ , 液态不导电, 水溶液能导电

B. 熔点  $1700^\circ\text{C}$ , 易溶于水, 水溶液能导电

C. 能溶于  $\text{CS}_2$ , 熔点  $112.8^\circ\text{C}$ , 沸点  $444.6^\circ\text{C}$

D. 熔点  $97.81^\circ\text{C}$ , 质软, 固体能导电, 密度  $0.97\text{ g/cm}^3$

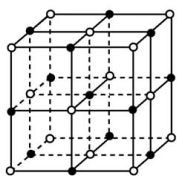
10. 最近发现了一种由金属原子 M 和非金属原子 N 构成的气态团簇分子, 如图所示, 顶点和面心的原子是 M 原子, 棱中心和体心的原子是 N 原子, 它的分子式为( )

A.  $\text{M}_4\text{N}_4$

B. MN

C.  $\text{M}_{14}\text{N}_{13}$

D. 条件不够, 无法写出



二、选择题(本题共 5 小题, 每小题 4 分, 共 20 分。每小题有 1 个或者 2 个选项符合题意, 全都选对得 4 分, 选对但选不全的得 1 分, 有错选的得 0 分)

11. 防晒霜之所以能有效地减轻紫外线对人体的伤害, 是因为它所含的有效成分的分子中含有  $\pi$  键, 这些有效成分的分子中的  $\pi$  电子可在吸收紫外线后被激发, 从而阻挡部分紫外线对皮肤的伤害。下列物质没有防晒效果的是( )

A. 氨基苯甲酸

B. 羟基丙酮

C. 肉桂酸( $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$ )

D. 酒精

12. 固体 X 化学式为  $\text{NH}_5$ , 与氯化铵的结构相似, 它与水反应有气体生成。关于固体 X 的叙述正确的是( )

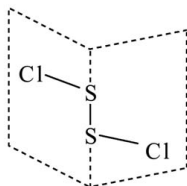
A. X 是离子化合物, 只含有离子键

B. 固体 X 投入少量的水中, 产生两种气体

C. 与水反应时, X 是还原剂

D. X 的电子式是  $[\text{H}:\overset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}}: \text{H}]^+ \text{H}^-$

13. 二氯化二硫( $\text{S}_2\text{Cl}_2$ ) 是广泛用于橡胶工业的硫化剂, 其分子结构如右图所示。常温下,  $\text{S}_2\text{Cl}_2$  遇水易水解, 并产生能使品红褪色的气体。下列说法错



误的是( )

A.  $\text{S}_2\text{Cl}_2$  的电子式为  $\text{Cl}:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{S}}}:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{S}}}:\text{Cl}$

B.  $\text{S}_2\text{Cl}_2$  同时含有极性键和非极性键

C.  $\text{S}_2\text{Br}_2$  与  $\text{S}_2\text{Cl}_2$  结构相似, 熔、沸点:  $\text{S}_2\text{Br}_2 < \text{S}_2\text{Cl}_2$

D.  $\text{S}_2\text{Cl}_2$  与  $\text{H}_2\text{O}$  反应的化学方程式可能为  $2\text{S}_2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{SO}_2 \uparrow + 3\text{S} \downarrow + 4\text{HCl}$

14. 下列有关说法不正确的是( )



图1

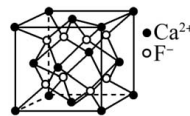


图2

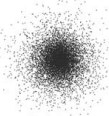


图3



图4

A. 水合铜离子的模型如图 1 所示, 1 个水合铜离子中有 4 个配位键

B.  $\text{CaF}_2$  晶体的晶胞如图 2 所示, 每个  $\text{CaF}_2$  晶胞平均占有 4 个  $\text{Ca}^{2+}$

C. H 原子的电子云如图 3 所示, H 原子核外的大多数电子在原子核附近运动

D. 金属 Cu 原子堆积模型如图 4 所示, 该金属晶体为最密堆积, 每个 Cu 原子的配位数均为 12

15. 水的状态除了气、液和固态外, 还有玻璃态。它是由液态水急速冷却到  $165\text{ K} (-108^\circ\text{C})$  时形成的, 玻璃态的水无固定形状, 不存在晶体结构, 且密度与普通液态水的密度相同, 下列叙述正确的是( )

A. 水由液态变为玻璃态, 体积不变

B. 水由液态变为玻璃态, 体积膨胀

C. 玻璃态是水的一种特殊状态

D. 玻璃态水是分子晶体

三、非选择题(本题共 5 小题, 共 60 分)

16. (6 分) 磷的单质及其化合物用途非常广泛。完成下列填空:

(1) 画出磷的原子结构示意图: \_\_\_\_\_。

(2) 磷酸钙真空制磷的反应为  $2\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 28\text{C} \xrightarrow{\text{高温}} 6\text{CaC}_2 + \text{P}_4 \uparrow + 16\text{CO} \uparrow$ 。该反应的氧化产物是 \_\_\_\_\_ (填化学式);  $\text{CaC}_2$  中的共价键的类型为 \_\_\_\_\_。

(3) 次磷酸钠的结构为  $\text{Na}^+ [\text{O}-\overset{\text{H}}{\underset{\text{O}}{\text{P}}}-\text{H}]^-$ 。

① 次磷酸钠的化学式为 \_\_\_\_\_, 磷的化合价为 \_\_\_\_\_。

② 次磷酸钠为 \_\_\_\_\_ 盐(填“正”或“酸式”)。

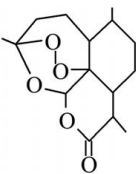
17. (8分) 化学作为一门基础自然科学, 在材料科学、生命科学、能源科学等诸多领域发挥着重要作用。

(1) 高温超导材料钇钡铜氧的化学式为  $\text{YBaCu}_3\text{O}_7$ , 其中  $1/3$  的 Cu 以罕见的  $\text{Cu}^{3+}$  形式存在。Cu 在元素周期表中的位置为 \_\_\_\_\_, 基态  $\text{Cu}^{3+}$  的核外电子排布式为 \_\_\_\_\_。

(2) 磁性材料在生活和科学技术中应用广泛。研究表明, 若构成化合物的阳离子有未成对电子时, 则该化合物具有磁性。下列物质适合做录音磁带磁粉原料的为 \_\_\_\_\_ (填字母)。

- A.  $\text{V}_2\text{O}_5$     B.  $\text{CrO}_2$     C.  $\text{PbO}$     D.  $\text{ZnO}$

(3) 屠呦呦因在抗疟药青蒿素研究中的杰出贡献, 成为我国首获科学类诺贝尔奖的人。青蒿素的结构简式如图所示, 其组成元素的电负性由大到小的顺序为 \_\_\_\_\_。



18. (18分) 科研人员合成一种新的具有超高热导率半导体材料一砷化硼 (BA<sub>s</sub>)。回答下列问题:

(1) 基态 As 原子价层电子的电子排布图 (轨道表达式) 为 \_\_\_\_\_, 基态 B 原子核外电子占据最高能级的电子云轮廓图形状为 \_\_\_\_\_。

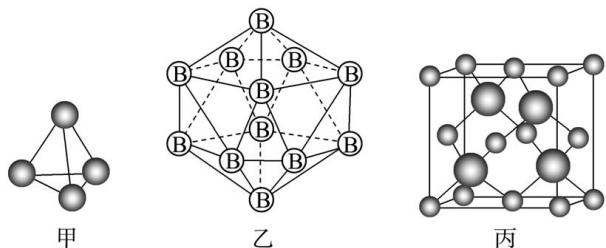
(2) 通过反应  $4\text{BI}_3(\text{g}) + \text{As}_4(\text{g}) \xrightarrow{800^\circ\text{C}} 4\text{BA}_s(\text{s}, \text{晶体}) + 6\text{I}_2(\text{g})$  可制备 BA<sub>s</sub> 晶体,  $\text{As}_4$  结构如图甲所示。

①  $\text{BI}_3$  分子空间结构为 \_\_\_\_\_, 其中 B 原子杂化方式是 \_\_\_\_\_。

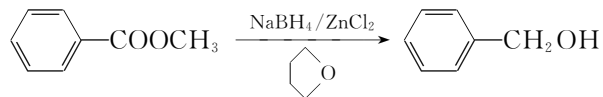
②  $\text{As}_4$  分子中键角为 \_\_\_\_\_, 分子中成键电子对与孤电子对数目之比为 \_\_\_\_\_。

(3) 晶态单质硼有多种结构, 它们都以  $\text{B}_{12}$  (结构如图乙所示) 为基本的结构单元。  $\text{B}_{12}$  结构单元为正 \_\_\_\_\_ 面体。单质硼的熔点为  $2180^\circ\text{C}$ , 它属于 \_\_\_\_\_ 晶体。

(4) BA<sub>s</sub> 晶胞结构如图丙所示, 已知晶胞边长为  $0.4777\text{ nm}$ , 阿伏加德罗常数的值为  $N_A$ 。As 原子的配位数为 \_\_\_\_\_; BA<sub>s</sub> 晶体的密度为 \_\_\_\_\_  $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$  (列出计算式)。



19. (10分) 苯甲酸甲酯在  $\text{NaBH}_4$ 、 $\text{ZnCl}_2$  等作用下可转化为醇, 其中  $\text{NaBH}_4$  转化为  $\text{H}_3\text{BO}_3$ :



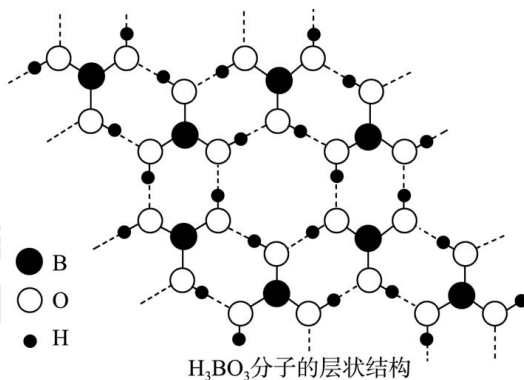
(1)  $\text{Zn}^{2+}$  基态核外电子排布式为 \_\_\_\_\_。

(2) 苯甲醇 ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}$ ) 中碳原子的杂化轨道类型为 \_\_\_\_\_。

(3)  $1\text{ mol}$  苯甲酸甲酯 ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOCH}_3$ ) 分子中含有  $\sigma$  键的数目为 \_\_\_\_\_  $\text{mol}$ 。

(4) 与  $\text{BH}_4^-$  互为等电子体的阳离子为 \_\_\_\_\_ (填化学式),  $\text{BH}_4^-$  离子的空间结构为 (用文字描述) \_\_\_\_\_。

(5) 硼酸是一种层状结构白色晶体, 层内的  $\text{H}_3\text{BO}_3$  分子通过氢键相连 (如图所示)。  $1\text{ mol}$   $\text{H}_3\text{BO}_3$  晶体中有 \_\_\_\_\_  $\text{mol}$  氢键。



20. (18分) 镍及其化合物是重要的合金材料和催化剂。请回答下列问题:

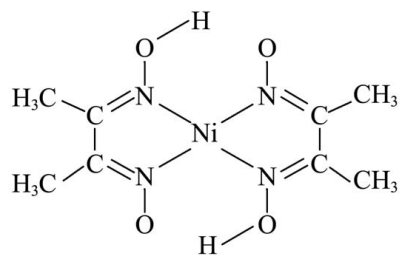
(1) 基态镍原子的价电子排布式为 \_\_\_\_\_, 排布时最高能层的电子所占的原子轨道有 \_\_\_\_\_ 个伸展方向。

(2) 镍能形成多种配合物如正四面体形的  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  和正方形的  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ 、正八面体形的  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  等。下列说法不正确的有 \_\_\_\_\_ (填字母)。

- A. CO 与  $\text{CN}^-$  互为等电子体, 其中 CO 分子内  $\sigma$  键和  $\pi$  键个数之比为  $1:2$   
 B.  $\text{NH}_3$  的空间结构为平面三角形  
 C.  $\text{Ni}^{2+}$  在形成配合物时, 其配位数可能为  $4$  或  $6$   
 D.  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  中, 镍元素是  $\text{sp}^3$  杂化

(3) 丁二酮肟常用于检验  $\text{Ni}^{2+}$ : 在稀氨水中, 丁

二酮肟与  $\text{Ni}^{2+}$  反应生成鲜红色沉淀,其结构如图所示。该结构中,除共价键外还存在配位键和氢键,请在图中用“ $\rightarrow$ ”表示出配位键,用“ $\cdots$ ”表示出氢键。



(4)  $\text{NiO}$  的晶体结构类型与氯化钠的相同,相关离子半径如下表所示:

离子	$\text{Na}^+$	$\text{Ni}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{O}^{2-}$
半径/pm	102	69	181	140

$\text{NiO}$  晶胞中  $\text{Ni}^{2+}$  的配位数为 \_\_\_\_\_,  $\text{NiO}$  熔点比  $\text{NaCl}$  高的原因是 \_\_\_\_\_。

# 期末检测(二)

——等级考水平测试

(时间:90分钟 分值:100分)

可能用到的相对原子质量: H 1 B 11 C 12 N 14  
O 16

一、选择题(本题共 10 小题,每小题 2 分,共 20 分。

每小题只有一个选项符合题意)

1. 下列对不同时期原子结构模型的提出在时间上先后排列顺序正确的是( )

- ① 电子分层排布模型 ② “葡萄干布丁”模型  
③ 量子力学模型 ④ 道尔顿原子学说 ⑤ 核式模型

- A. ①③②⑤④ B. ④②③①⑤  
C. ④②⑤①③ D. ④⑤②①③

2. 下列排布式对应的元素的原子,半径最大的是( )

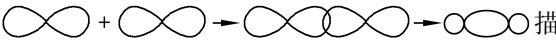
- A.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$   
B.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$   
C.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$   
D.  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$


3. 下列说法正确的是( )

- A. 金刚石晶体中的最小碳环由 6 个碳原子构成  
B.  $\text{Na}_2\text{O}_2$  晶体中阴离子与阳离子数目之比为 1:1  
C. 1 mol  $\text{SiO}_2$  晶体中含 2 mol Si—O 键  
D. 金刚石化学性质稳定,在高温下也不会和  $\text{O}_2$  反应

4. 下列有关化学用语的说法不正确的是( )

A. —OH 与  $\text{H}:\ddot{\text{O}}\cdot$  都表示羟基

B.  描述的是  $\pi$  键的形成过程

C.  $\text{CH}_4$  分子的球棍模型: 

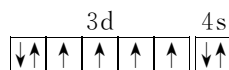
D. 次氯酸分子的电子式:  $\text{H}:\ddot{\text{O}}:\ddot{\text{Cl}}:$

5. 下列说法或有关化学用语的表达正确的是( )

A. 在基态多电子原子中, p 轨道电子能量一定高

于 s 轨道电子能量

B. 基态 Fe 原子的外层电子排布图为



C. 因氧元素的电负性比氮元素的大,故氧原子的第一电离能比氮原子的第一电离能大

D. 根据原子核外电子排布的特点,Cu 在元素周期表中位于 s 区

6. 下列各组分子中,都属于含极性键的非极性分子的是( )

- A.  $\text{CS}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  B.  $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{CH}_4$   
C.  $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2\text{H}_4$  D.  $\text{NH}_3$ 、 $\text{HF}$

7. 下列各组微粒的空间结构相同的是( )

- ①  $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$  ②  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{H}_3\text{O}^+$  ③  $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_3\text{O}^+$   
④  $\text{O}_3$  和  $\text{SO}_2$  ⑤  $\text{CO}_2$  和  $\text{BeCl}_2$  ⑥  $\text{SiO}_4^{4-}$  和  $\text{SO}_4^{2-}$   
⑦  $\text{BF}_3$  和  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$

- A. 全部 B. 除④⑥⑦以外  
C. ③④⑤⑥ D. ②⑤⑥

8. “类推”是常用的化学学习方法,但有时会产生错误结论。下列类推的结论中,正确的是( )

A. IV A 族元素氢化物沸点顺序是  $\text{GeH}_4 > \text{SiH}_4 > \text{CH}_4$ ; 则 V A 族元素氢化物沸点顺序也是  $\text{AsH}_3 > \text{PH}_3 > \text{NH}_3$

B. 第 2 周期元素氢化物稳定性顺序是  $\text{HF} > \text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3$ ; 则第 3 周期元素氢化物稳定性顺序也是  $\text{HCl} > \text{H}_2\text{S} > \text{PH}_3$

C. 晶体中有阴离子,必有阳离子;则晶体中有阳离子,也必有阴离子

D. 干冰( $\text{CO}_2$ )是分子晶体;则二氧化硅( $\text{SiO}_2$ )也是分子晶体

9. X、Y 都是 II A 族(Be 除外)的元素,已知它们的碳酸盐的热分解温度:  $T(\text{XCO}_3) > T(\text{YCO}_3)$ , 则下列判断不正确的是( )

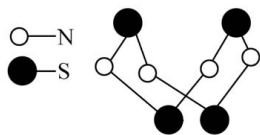
A. 晶格能:  $XCO_3 > YCO_3$

B. 阳离子半径:  $X^{2+} > Y^{2+}$

C. 金属性:  $X > Y$

D. 氧化物的熔点:  $XO < YO$

10. 现代无机化学对硫氮化合物的研究是最为活跃  
的领域之一。其中下图所示是已合成的最著名的  
硫氮化合物的分子结构。



下列说法正确的是( )

A. 该物质的分子式为  $S_4N_4$

B. 该物质的分子中既有极性键,又有非极性键

C. 该物质在固态时形成共价晶体

D. 该物质与化合物  $S_2N_2$  互为同素异形体

## 二、选择题(本题共 5 小题,每小题 4 分,共 20 分。

每小题有 1 个或者 2 个选项符合题意,全都选对  
得 4 分,选对但选不全的得 1 分,有错选的得  
0 分)

11. 下列几种说法正确的是( )。
- A. 铜的价电子排布是  $3d^{10}4s^1$ ,而不是  $3d^94s^2$
- B. 最外层电子数是 2 的原子一定位于元素周期  
表中 II A 族
- C. 2p 轨道有一个空轨道的原子和核外电子排布  
为  $1s^22s^22p^2$  的原子是同种元素的原子
- D. 同主族元素的电负性随核电荷数递增而依次  
增大
12. 观察下列模型并结合有关信息,判断下列说法不  
正确的是( )

	B 结构单元 (有 12 个 B 原子)	$SF_6$ 分子	$S_8$ 分子	HCN
结构模 型示意 图				
备注	熔点 1 873 K	—	易溶于 $CS_2$	—

A. 单质 B 属于共价晶体,结构单元中含有 30 个  
B—B 键,含 20 个正三角形

B.  $SF_6$  是由极性键构成的非极性分子

C. 固态硫  $S_8$  属于共价晶体

D. HCN 的结构式为  $H-C \equiv N$

13. 下列物质性质的变化规律,与共价键的键能大小  
有关的是( )

A.  $F_2$ 、 $Cl_2$ 、 $Br_2$ 、 $I_2$  的熔点、沸点逐渐升高

B. HF、HCl、HBr、HI 的热稳定性依次减弱

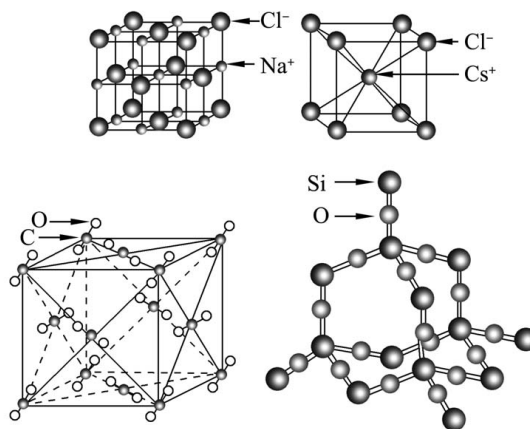
C. 金刚石的硬度、熔点、沸点都高于晶体硅

D. NaF、NaCl、NaBr、NaI 的熔点依次降低

14. 对下表中的陈述,解释不合理的是( )

选项	陈述	解释
A	$ZnCO_3$ 中,阴离子空 间结构为平面三角形	因为阴离子的中心碳 原子为 $sp^3$ 杂化
B	自然界碳氢化合物比 硅氢化合物种类多 得多	C—H 键键能比 Si—H 键键能大,C—H 键更 稳定,更容易形成
C	干冰熔点比 $SiO_2$ 低, 硬度也比 $SiO_2$ 小	相对分子质量: $CO_2$ < $SiO_2$
D	$NH_3$ 分子中的键角小 于 $109^\circ 28'$	斥力:孤电子对与 $\sigma$ 电子 对 > $\sigma$ 电子对与 $\sigma$ 电子对

15. 氯化钠、氯化铯、二氧化碳和二氧化硅的晶体结  
构如下图所示:



下列关于这些晶体结构和性质的叙述不正确  
的是( )

A. 同一主族的元素与另一相同元素所形成的化

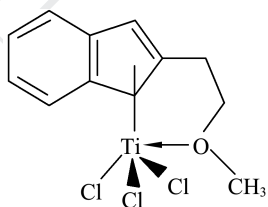


- 学式相似的物质不一定具有相同的晶体结构
- B. 氯化钠、氯化铯和二氧化碳的晶体的晶胞结构都是立方体,它们具有相似的物理性质
- C. 二氧化碳晶体是分子晶体,其中不仅存在分子间作用力,而且也存在共价键
- D. 在二氧化硅晶体中,平均每个 Si 原子形成 4 个 Si—O 共价单键

### 三、非选择题(本题共 5 小题,共 60 分)

16. (10 分) 按要求回答下列问题。

- (1) 半夹心结构催化剂 M 能催化乙烯、丙烯、苯乙烯的聚合,其结构如下图所示。



组成 M 的元素中,电负性最大的是\_\_\_\_\_ (填名称)。

- (2) 钛元素基态原子未成对电子数为\_\_\_\_\_,能量最高的电子占据的能级符号为\_\_\_\_\_。

- (3) ① 写出基态 Fe 原子的价电子排布图:\_\_\_\_\_。从结构上分析  $\text{Fe}^{3+}$  比  $\text{Fe}^{2+}$  稳定的原因:\_\_\_\_\_。

②  $\text{SCN}^-$  常用来检测  $\text{Fe}^{3+}$  的存在,三种元素电负性由大到小的顺序为\_\_\_\_\_。

- (4) 元素 Mn 与 O 中,第一电离能较大的是\_\_\_\_\_,基态原子核外未成对电子数较多的是\_\_\_\_\_。

- (5) 基态铜原子核外电子占有的空间运动状态有\_\_\_\_\_种。

17. (12 分) 按要求回答下列问题。

- (1) 乙二胺( $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$ )是一种有机化合物,分子中氮、碳的杂化类型分别是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

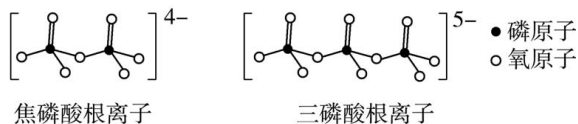
- (2)  $\text{ZnF}_2$  具有较高的熔点( $872\text{ }^\circ\text{C}$ ),其化学键类型是\_\_\_\_\_; $\text{ZnF}_2$  不溶于有机溶剂而  $\text{ZnCl}_2$ 、 $\text{ZnBr}_2$ 、 $\text{ZnI}_2$  能够溶于乙醇、乙醚等有

机溶剂,原因是\_\_\_\_\_。

- (3) 与  $\text{O}_3$  分子互为等电子体的一种阴离子为\_\_\_\_\_ (填化学式);  $\text{N}_2$  分子中  $\sigma$  键与  $\pi$  键的数目比  $n(\sigma) : n(\pi) =$ \_\_\_\_\_。

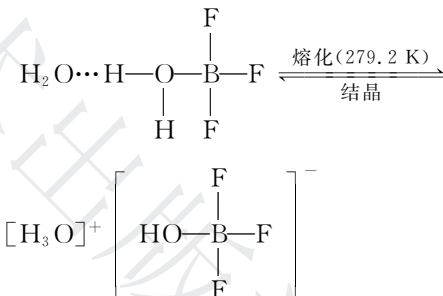
- (4)  $\text{FeCl}_3$  中的化学键具有明显的共价性,蒸汽状态下以双聚分子存在的  $\text{FeCl}_3$  的结构式为\_\_\_\_\_,其中 Fe 的配位数为\_\_\_\_\_。

- (5)  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  和  $\text{LiFePO}_4$  属于简单磷酸盐,而直链的多磷酸盐则是一种复杂磷酸盐,如:焦磷酸钠、三磷酸钠等。焦磷酸根离子、三磷酸根离子如图所示:



这类磷酸根离子的化学式可用通式表示为\_\_\_\_\_。

- (6)  $\text{BF}_3$  与一定量的水形成晶体  $\text{Q}[(\text{H}_2\text{O})_2 \cdot \text{BF}_3]$ , Q 在一定条件下可转化为 R:



晶体 Q 中各种微粒间的作用力不涉及\_\_\_\_\_ (填字母)。

- a. 离子键 b. 共价键 c. 配位键 d. 金属键  
e. 氢键 f. 范德华力

18. (14 分) X、Y、Z、L 四种元素分别位于元素周期表中三个相邻的周期且原子序数依次增大。它们的相关信息如下: X 元素原子的价电子排布为  $ns^n np^{2n}$ , Y 和 Z 位于同一周期,最外层都有两个未成对电子, L 元素基态原子的未成对电子数是同周期最多的元素。请回答如下问题:

- (1) L 元素在周期表中的位置是\_\_\_\_\_。该

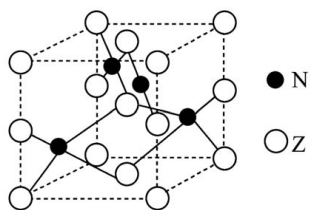
原子核外电子排布式是\_\_\_\_\_。  
其最高正价氧化物对应的水化物的化学式是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

(2)元素 X 与 Y 形成的化合物的晶体类型是\_\_\_\_\_晶体,1 mol 该化合物含有的化学键数目为\_\_\_\_\_ (阿伏加德罗常数的值用  $N_A$  表示)。

(3)元素 M 是周期表中电负性最强的元素, X 与 M 形成的化合物  $XM_2$  的分子空间结构是\_\_\_\_\_,该化合物中 X 原子的杂化轨道类型是\_\_\_\_\_。

(4)X 与碳、氢三种元素形成的相对分子质量最小的分子中有\_\_\_\_\_个  $\sigma$  键,\_\_\_\_\_个  $\pi$  键。

(5)金属元素 N 与 Z 形成的离子化合物的晶胞结构如图,晶胞中 Z 离子的数目为\_\_\_\_\_。




19. (10 分)已知 A、B、C、D、E 五种元素的原子序数依次递增, A、B、C、D 位于前三周期。A 位于元素周期表的 s 区,其原子中电子层数和未成对电子数相同; B 的基态原子中电子占据三种能量不同的原子轨道,且每种轨道中的电子总数相同; D 原子的核外成对电子数是未成对电子数的 3 倍。A、B、D 三种元素组成的一种化合物 M 是新装修居室中常含有的一种有害气体, A、B 两种元素组成的原子个数比为 1:1 的化合物 N 是常见的有机溶剂。E 有“生物金属”之称,  $E^{4+}$  和氙原子的核外电子排布相同。请回答下列问题: (答题时, A、B、C、D、E 用所对应的元素符号表示)

- (1)E 的基态原子的价电子排布式为\_\_\_\_\_。
- (2)由 A、B、C 形成的 ABC 分子中,含有\_\_\_\_\_个  $\sigma$  键,\_\_\_\_\_个  $\pi$  键。
- (3)下列叙述正确的是\_\_\_\_\_ (填字母)。

a. M 易溶于水,是因为 M 与水分子间能形成氢键,且 M 是极性分子; N 不溶于水,是因为 N 是非极性分子

b. M 和二氧化碳分子的中心原子均采用  $sp^2$  杂化

c.  分子中含有 6 个  $\sigma$  键和 1 个  $\pi$  键

d.  $BD_2$  晶体的熔点、沸点都比二氧化硅晶体的低

(4)B、C、D 三种元素的第一电离能由小到大的顺序为\_\_\_\_\_ (用元素符号表示)。

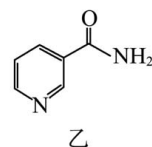
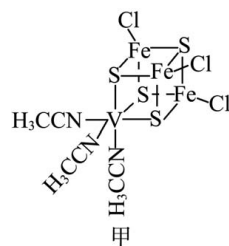
(5)在浓的  $ECl_3$  的盐酸溶液中加入乙醚,并通入 HCl 至饱和,可得到配位数为 6,组成为  $ECl_3 \cdot 6H_2O$  的绿色晶体,该晶体中两种配体的物质的量之比为 1:5,则该配离子的化学式为\_\_\_\_\_。

20. (14 分)H、C、N、O、W、Fe、V 都是生活与化学工业中常见元素,用  $N_A$  代表阿伏加德罗常数的值。请回答下列问题:

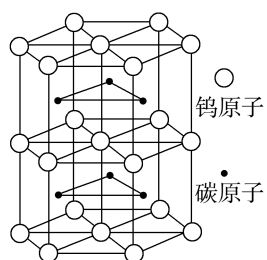
(1)碳负离子  $CH_3^-$  的空间结构为\_\_\_\_\_ ; 根据等电子原理,  $NO^+$  的电子式为\_\_\_\_\_。

(2)N、 $Na^+$ 、 $Fe^{3+}$ 、 $Cu^{2+}$  四种微粒基态的核外电子排布式中未成对电子数最多的是\_\_\_\_\_ ;  $Cu^{2+}$  在水中呈现蓝色是因为形成了水合铜离子,其化学式为\_\_\_\_\_。

(3)钒可用于人工合成二价钒固氮酶(结构如图甲所示)。钒固氮酶中钒的配位原子有\_\_\_\_\_ (填元素符号)。



(4)烟酰胺(结构如图乙)可用于合成光合辅酶 NADPH,烟酰胺分子中氮原子的杂化轨道类型有\_\_\_\_\_,1 mol 该分子中含  $\sigma$  键的数目为\_\_\_\_\_。



(5) 上图为碳化钨晶体的一部分结构, 碳原子嵌入金属钨的晶格的间隙, 并不破坏原有金属

的晶格, 形成填隙+固溶体; 也称为填隙化合物。在此结构中, 其中钨原子有 \_\_\_\_\_ 个, 1 个钨原子周围距离最近的碳原子有 \_\_\_\_\_ 个, 假设该部分晶体的体积为  $V \text{ cm}^3$ , 碳化钨的摩尔质量为  $M \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ , 密度为  $b \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 则阿伏加德罗常数的值  $N_A$  可表示为 \_\_\_\_\_。

# 参考答案

## 第 1 章 原子结构与元素性质

### 第 1 节 原子结构模型

#### 自主检测

1. 道尔顿 “葡萄干布丁” 核式 玻尔 量子力学  
2. B 3. D

#### 拓展训练

1. A 2. D 3. C 4. B 5. D

#### 【分层训练 素养提升】

1. C 2. D 3. D 4. B 5. C 6. A  
7. BC 8. D 9. A

#### 【本节建构整合】

- ①波动性 ②量子化的 ③电子分层排布 ④电子云

### 第 2 节 原子结构与元素周期表

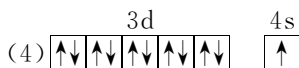
#### 第 1 课时 基态原子的核外电子排布

#### 自主检测

1. A 2. D

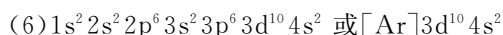
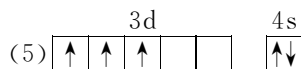
#### 拓展训练

1. (1)③ ②④⑥ (2) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$   $H_2SO_4$   
2. C  
3. (1)Mg (2)ⅦA 族 (3)Cu (4)Fe (5)N、P、As、V、Co (6)C、Si、Ge、O、S、Se、Ti、Ni  
4. (1)Mn (2)2 (3)N 球形



#### 【分层训练 素养提升】

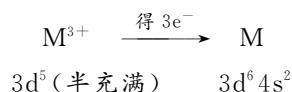
1. A 2. B 3. D 4. D  
5. (1)B (2)A (3)A (4)B (5)D  
6. (1) $1s^2 2s^2 2p^1$  或  $[He]2s^2 2p^1$  (2)34  $3s^2 3p^6 3d^{10}$   
(3) $1s^2 2s^2 2p^6$  (4) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^1$  或  $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^1$



7. BD

8. 铁元素

解析:失去 3 个电子后, d 轨道为半充满的元素一定在 d 区,即为副族元素。氩为第 4 周期元素,故此元素必定为第 4 周期副族元素。



故该元素为第 26 号元素 Fe。

9. (1)① $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$  或  $[Ne]3s^2 3p^2$

② $1s^2 2s^2 2p^1$  或  $[He]2s^2 2p^1$

③ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8$  或  $[Ar]3d^8$

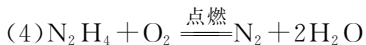
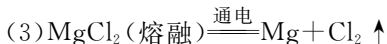
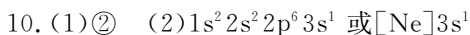
$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  或  $[Ne]3s^2 3p^6$

(2)Br (3)M 3 (4) $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^3$  4 VA

解析:(1)①L 层有 8 个电子,则 M 层有 4 个电子,故 A 为硅。②当次外层为 K 层时,最外层电子数则为 3,为硼;当次外层为 L 层时,最外层电子数为  $1.5 \times 8 = 12$ ,违背了排布规律,故不可能。

③Ni 的原子序数为 28,根据构造原理,基态 Ni 原子的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$ ,故  $Ni^{2+}$  的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8$ ;硫原子序数为 16,基态硫原子的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ ,故  $S^{2-}$  的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ 。(2)根据价电子排布式可知该元素有 4 个电子层,最外层有 7 个电子,位于元素周期表的第 4 周期ⅦA 族,为溴元素。(3)Ti 的原子序数为 22,基态 Ti 原子的电子排布式为  $[Ar]3d^2 4s^2$ ,故基态  $Ti^{2+}$  的电子排布式为  $[Ar]3d^2$ ,电子占据的最高能层符号为 M,该能层有 3s、3p、3d 3 个能级。(4)砷的原子序数为 33,基态 As 原子的电子排布式为  $[Ar]3d^{10} 4s^2 4p^3$ ,位

于第4周期V A族。



(5) Na 与  $\text{H}_2\text{O}$  反应比 Mg 与  $\text{H}_2\text{O}$  反应剧烈 [或 NaOH 的碱性比  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  强]

提示:由表中提供的有关信息,推知 A 是钠, B 是氮, C 原子 M 层有一个未成对的 p 电子,符合该条件的是 Al 或 Cl,在常温、常压下是气体的单质为  $\text{Cl}_2$ 。由 D 的 +2 价离子的核外电子排布和氦原子相同,可知 D 是镁。据此可回答有关问题。

### 第2课时 核外电子排布与元素周期表

#### 自主检测

1. CD 2. C

#### 探究学习一

- 原子轨道的能量。
- 1 个能级组就是 1 个周期。
- 从第 1 周期到第 7 周期所包含元素种类分别为 2、8、8、18、18、32、32,每个周期所含元素种数恰好是该能级所含的原子轨道数目的 2 倍。
- 周期序数与电子层数有关,最外层电子所在轨道处于第  $n$  电子层时,该元素位于第  $n$  周期。

#### 拓展训练

1. D

#### 探究学习二

- 主族元素原子价电子排布  $ns^{1-2}$  或  $ns^2 np^{1-6}$ ;过渡元素原子价电子排布为  $(n-1)d^{1-10} ns^2$ 。
- 同主族元素原子价电子排布完全相同,主族的序数等于价电子数。
- 同一族过渡元素原子的价电子排布相似,且 III B ~ VIII B 族族序数等于价电子数。

#### 拓展训练

2. (1) 稀有气体元素 (He 除外) (2) I B 族元素  
(3) Sc (4) Mn

解析:(1)原子基态时最外层具有 6 个 p 电子, s 能级容纳 2 个电子,则最外层电子数为 8,处于 0 族。  
(2)原子基态时次外层 d 轨道全满,最外层有一个 s 电子,基态原子价电子排布为  $(n-1)d^{10} ns^1$ ,处于 I B 族。

(3)某元素 +3 价离子基态时和氩原子的电子构型相同,该元素质子数 =  $18 + 3 = 21$ ,为钪元素。

(4)某元素 +2 价离子基态时的 3d 轨道半充满,则基态原子价电子排布为  $3d^5 4s^2$ ,为锰元素。

#### 探究学习三

1. 略

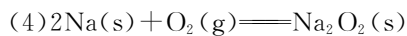
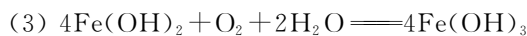
2. s 区元素:  $ns^{1-2}$ ; p 区元素:  $ns^2 np^{1-6}$ ; d 区元素:  $(n-1)d^{1-9} ns^{1-2}$ 。

3. 结构决定性质:各区元素的价电子排布特点决定各区元素的性质。

#### 拓展训练



(2)  $\text{H}_2\text{O}$

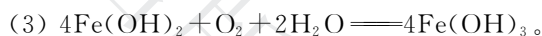


$$\Delta H = -4a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

解析:根据题给信息, Y 的基态原子最外层电子排布式为  $ns^n np^{n+2}$ , 因为 s 能级最多可容纳 2 个电子, 所以 Y 为氧元素; X 的基态原子核外有 2 个单电子, 原子序数比 Y 小, 可知 X 为碳元素; Z 为钠元素; 因为 W 的白色氢氧化物在空气中会迅速变成灰绿色, 最后变为红褐色, 故 W 为铁元素。

(1)铁元素位于元素周期表第 4 周期 VIII 族,其基态原子最外层电子数为 2,价电子排布为  $3d^6 4s^2$ 。

(2)氧元素的非金属性强于碳元素,气态氢化物中  $\text{H}_2\text{O}$  更稳定。



(4) 11.5 g Na 的物质的量为 0.5 mol, 2 mol Na 在  $\text{O}_2$  中完全燃烧后放出的热量为  $a \text{ kJ} \times 4 = 4a \text{ kJ}$ , 故热化学方程式为  $2\text{Na}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{Na}_2\text{O}_2(\text{s}) \quad \Delta H = -4a \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

#### 【分层训练 素养提升】

1. A 2. C 3. D 4. BC 5. B 6. A

7. (1) C (或碳) 

1s	2s	2p
↑↓	↑↓	↑↑

 (2) Al Cl Al

(3)  $4s^2 4p^4$  第 4 周期 VIA 族 非金属

解析:(1)X 的电子排布为  $1s^2 2s^2 2p^2$ , 即 6 号元素 C。(2)R 原子的核外电子排布为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$  或  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ , 即 13 号元素 Al 或 17 号元素 Cl, 二者同周期, Al 的原子半径较大。(3)34 号元素的价电子排布为  $4s^2 4p^4$ , 位于第 4 周期 VIA 族,

是非金属元素。

8. (1)  $3d^6 4s^2$   $6s^2 6p^5$  (2) C (3) I B (4) 4

解析: (1) J 位于第 VIII 族, 价电子数为 8, 所以其价电子排布式为  $3d^6 4s^2$ ; N 位于第 6 周期第 VII A 族, 原子最外层有 7 个电子, 所以价电子排布式为  $6s^2 6p^5$ 。(2) M 位于第 6 周期 I B 族, 价电子排布式为  $5d^{10} 6s^1$ , 属 ds 区元素。(3) 某元素 +2 价离子的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$ , 则其原子的价电子排布式为  $3d^{10} 4s^1$ , 根据次外层 3d 上有 10 个电子, 最外层有 1 个电子, 可知它位于第 4 周期 I B 族。(4) I 位于第 4 周期 V B 族, 价电子数为 5, 价电子排布式为  $3d^3 4s^2$ , 最高能级组为 4s、3d、4p, 5 个电子共占 4 个轨道。

9. (1) 4 III A (2) Si 或 S (3)  $3d^2 4s^2$  (4) 硒 (5) 铬

解析: (1) 31 号元素的价电子排布为  $4s^2 4p^1$ , 位于第 4 周期 III A 族。(2) 此元素 3p 轨道电子排布为  $\uparrow\uparrow\uparrow$  或  $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$ , 故是 Si 或是 S。(3) 钛为 22 号元素, 其价电子排布式为  $3d^2 4s^2$ 。(4) 价电子排布式为  $4s^2 4p^4$ , 该元素的名称是硒。(5) 价电子排布式为  $3d^5 4s^1$ , 该元素的名称为铬。

10. (1) 第 4 周期 I B 族  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8$  (或  $[\text{Ar}]3d^8$ ) (2) B

解析: (1) Cu 原子核外有 29 个电子, 基态 Cu 原子的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$ , 故 Cu 元素在周期表中处于第 4 周期 I B 族。基态 Cu 原子失去 3 个电子得到  $\text{Cu}^{3+}$ , 故基态  $\text{Cu}^{3+}$  的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8$  或  $[\text{Ar}]3d^8$ 。

(2) 构成化合物的阳离子有未成对电子时, 则该化合物具有磁性,  $\text{V}^{5+}$  的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ , 不含未成对电子;  $\text{Cr}^{4+}$  的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2$ , 含 2 个未成对电子; Pb 和 C 元素同主族,  $\text{Pb}^{2+}$  的 6s 能级处于最外层, 有 2 个电子, 故  $\text{Pb}^{2+}$  不含未成对电子;  $\text{Zn}^{2+}$  的价电子排布式为  $3d^{10}$ , 不含未成对电子, 故具有磁性的为  $\text{CrO}_2$ 。

【本节建构整合】

- ① 能量最低 ② 泡利不相容 ③ 洪特

第 3 节 元素性质及其变化规律

第 1 课时 原子半径和元素的电离能及其变化规律

自主检测

1. (1)  $<$  (2)  $<$  (3)  $<$  (4)  $>$   
2. (1)  $\text{Mg} > \text{Al} > \text{Na}$  (2) K (3) +1

探究学习一

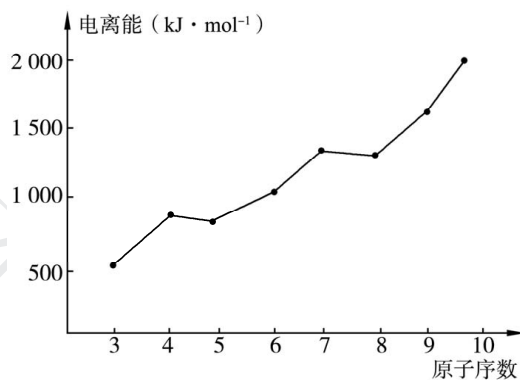
2. (1)  $>$  核电荷数  $\text{Ca} < \text{Sc}$   
(2)  $>$  核电荷数  $\text{Na}^+ < \text{Al}^{3+}$   
(3)  $<$  电子层数  $\text{Sn}^{2+} < \text{Pb}^{2+}$   
(4)  $>$  核外电子数  $\text{Fe}^{2+} > \text{Fe}^{3+}$

拓展训练

1. B

探究学习二

提示 (1) 从 Li 到 Ne 电离能变化的总趋势草图如下图所示。



- (2) Li~Ne 第一电离能变化的总趋势为增大。  
(3) 电离能大小反常的是 Be、N。Be 的 2s 能级有 2 个电子, 为全充满的稳定结构, 所以第一电离能是 Be 比 B 大。N 的 2p 能级有 3 个电子, 为半充满的较稳定结构, 所以第一电离能是 N 比 O 大。

拓展训练

2. D  
3. (1) O 铜失去的是全充满的  $3d^{10}$  电子, 镍失去的是  $4s^1$  电子 (2) 大于 小于 (3) N

【分层训练 素养提升】

1. D 2. D 3. D 4. D 5. A 6. CD 7. A  
8. (1) Mg Al S Br (2)  $\text{Br} > \text{S} > \text{Al}$   
9. (1) 氯(Cl) (2) N

解析: (1) Z 是镁元素, 第 3 周期中第一电离能最大的主族元素是氯元素。(2) b 是氮元素, c 是氧

元素, d 是硫元素。第一电离能:  $N > O > S$ 。

10. (1) 随着原子序数的增大,  $E$  值变小 周期性  
 (2) ①③ (3) 419 738 (4) 10 号元素是氖, 其最外层电子的排布已达 8 电子稳定结构  
 解析: (1) 横坐标表示原子序数, 纵坐标表示气态原子失去一个最外层电子所需要的能量。  
 (2) 同一周期, 3~10 号和 11~18 号, 随着原子序数的递增  $E$  值增大, 到稀有气体达本周期的最大值。但同一周期中 5 号和 8 号、13 号和 16 号两处出现了反常, 是 III A 族的  $E$  值小于同周期 II A 族的, VI A 族的  $E$  值小于同周期 V A 族的。(3) 分析 3、11、12 和 19 号元素, 得出  $E$  值范围。

第 2 课时 元素的电负性及其变化规律

#### 自主检测

1. A 2. B 3. B

#### 拓展训练

1. D 2. D 3. B

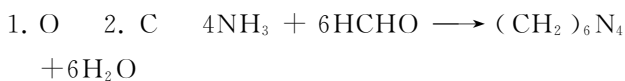
#### 【分层训练 素养提升】

1. A 2. B 3. A 4. A 5. B  
 6. (1) Na Ar Na Cl Al (2) Cs He Cs F  
 (3) O N (4) H C O  
 7. AD  
 8.  $O > Ge > Zn$   
 9. (1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$  (2)  $Si < C < N$   
 (3)  $Si < C < N < O$   $SiO_2$   
 10. (1) 1.0 1.5 2.5 3.5 (2) 原子半径越大,  $X$  值越小 周期性 (3) 氮原子 (4) 共价键  
 (5) 第 6 周期 I A 族

解析: (1) 通过表中数据分析可知, 同周期从左到右, 元素的  $X$  值依次增大, 同主族从上到下, 元素的  $X$  值依次减小, 可判断  $X(Na) < X(Mg) < X(Al)$ , 且  $X(Be) > X(Mg)$ , 故  $1.0 < X(Mg) < 1.5$ 。同理,  $X(C) < X(N) < X(O)$ , 即  $2.5 < X(N) < 3.5$ 。(2) 通过思考同周期、同主族元素原子半径的变化与  $X$  值的变化可得出结论。(3) 根据题给信息可知  $X$  值越大, 其原子吸引电子的能力越强, 在所形成的化合物中为带负电荷的一方, 由  $X(C) = 2.5, X(N) > X(C) = 2.5$  知,

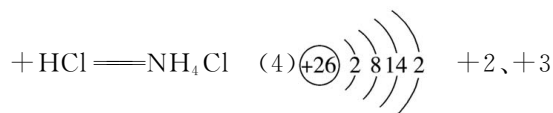
共用电子对偏向 N 原子。(4) 根据表中数据的变化规律可得  $X(Br) < X(Cl)$ , 因此  $X(Br)$  与  $X(Al)$  的差值要小于  $X(Cl)$  与  $X(Al)$  的差值, 故  $AlBr_3$  中的化学键为共价键。(5) 根据  $X$  值的变化规律,  $X$  为最小值的元素在元素周期表的左下角, 但要注意放射性元素除外, 故为 Cs(铯), 其位置为第 6 周期 I A 族。

#### 微项目 甲醛的危害与去除



#### 本章自我检测

1. B 2. D 3. D 4. A 5. C 6. C 7. C 8. C  
 9. AD 10. C 11. C 12. C  
 13. (1) ⑨  $Al^{3+}$  (2) 苯 (3) 3 产生白烟  $NH_3$

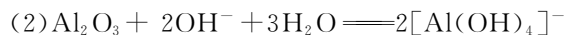


(5)  $>$   $<$

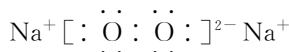


14. (1) ①  $[Ar]3d^{10}4s^2$  或  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$   
 ② 大于 Zn 核外电子排布为全满稳定结构, 较难失电子  
 (2) ① D C ②  $Li^+$  与  $H^-$  的电子层结构相同, 但  $Li^+$  的核电荷数大于  $H^-$  的核电荷数, 对核外电子的吸引力大,  $r(Li^+) < r(H^-)$   
 15. (1) 6 7 (2) 四 I B  $3d^{10} 4s^1$   
 (3)  $N > O > S > Na$  (4)  $S^{2-} > O^{2-} > Na^+$   
 (5)  $2H_2S + O_2 = 2S + 2H_2O$  (或其他合理答案)

16. (1)  $\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline 1s & 2s & 2p & \end{array}$  3 哑铃



(3) 钠 焰色试验 当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。电子从较高能量的激发态跃迁到较低能量的激发态或基态时, 将以光的形式释放能量



## 第2章 微粒间相互作用与物质性质

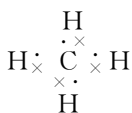
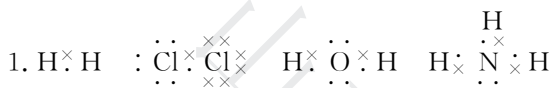
### 第1节 共价键模型

#### 第1课时 共价键的特征与类型

##### 自主检测

1. 1s 3p 3p 2. 饱和 方向 3. B

##### 拓展训练



2. 并不是所有非金属元素原子之间都能形成共价键,稀有气体元素不能形成共价键。

解析:电负性相同或差异小的非金属元素,成键原子的原子轨道在空间重叠使体系的能量降低。

3. D 4. B

##### 【分层训练 素养提升】

1. C 2. D 3. A 4. A 5. A 6. A 7. C 8. C

9. (1)  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$

(2)  $\text{N}_2$  (3)  $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$  (4)  $\text{HCl}$

(5)  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}_2$

(6)  $\text{C}_2\text{H}_4$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{CO}_2$

解析: $\text{NH}_3$ 中含有3个N—H极性共价键。 $\text{H}_2\text{O}$ 中含有2个H—O极性共价键。 $\text{HCl}$ 中含有1个H—Cl极性共价键。 $\text{CH}_4$ 中含有4个C—H极性共价键。 $\text{C}_2\text{H}_4$ 中含有4个C—H极性共价键,1个C—C非极性共价 $\sigma$ 键,1个C=C非极性共价 $\pi$ 键。

10. BC

解析:根据原子轨道理论:P最外层5个电子,Cl最外层7个电子,每个Cl提供一个电子给P和它共用,而P也给对应Cl一个电子,形成共用电子对,所以在 $\text{PCl}_3$ 中有3个P—Cl共价 $\sigma$ 键。而 $\text{PCl}_5$ 的存在说明传统价键理论存

在缺陷。

#### 第2课时 共价键的键参数

##### 自主检测

1. C

2. (1)键长 键能 (2)核间距 小 易 活泼

(3)多 牢固 (4)直线  $180^\circ$  角形  $104.5^\circ$

##### 拓展训练

C 解析: $\text{N}_4$ 是单质,键角是 $60^\circ$ ,故A、B错误。 $\text{N}_4$ 中都是N—N非极性键,故C正确。1 mol  $\text{N}_4$ 参与反应需要断开6 mol N—N键,最终放出882 kJ热量,所以D错误。

##### 【分层训练 素养提升】

1. B 2. C 3. B 4. A 5. A 6. A 7. AB

8. (1)吸收 243 (2)183 (3) $\text{H}_2$   $\text{I}_2$   $\text{HCl}$   $\text{HI}$

(4) A

解析:(1)化学键断裂要吸收能量,由表中数据可知把1 mol  $\text{Cl}_2$ 分解为气态原子时,需要吸收243 kJ的能量。(2)1 mol  $\text{H}_2$ 在2 mol  $\text{Cl}_2$ 中燃烧,发生 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$ ,断裂化学键吸收的热量以及形成化学键放出的热量,则放出的热量为 $2 \times 431 \text{ kJ} - (436 \text{ kJ} + 243 \text{ kJ}) = 183 \text{ kJ}$ 。(3)因键能越大越稳定,最稳定的是 $\text{H}_2$ ,最不稳定的是 $\text{I}_2$ ,形成的化合物分子中,最稳定的是 $\text{HCl}$ ,最不稳定的是 $\text{HI}$ 。(4)在一定条件下,1 mol  $\text{H}_2$ 与足量的 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{Br}_2$ 、 $\text{I}_2$ 分别反应,放出热量分别是183 kJ、 $2 \times 363 \text{ kJ} - (436 \text{ kJ} + 93 \text{ kJ}) = 97 \text{ kJ}$ 、 $2 \times 297 \text{ kJ} - (436 \text{ kJ} + 151 \text{ kJ}) = 7 \text{ kJ}$ ,由多到少的顺序是 $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$ ,故答案为A。

9. (1)C—C键和C—H键较强,所形成的烷烃稳定,而硅烷中Si—Si键和Si—H键的键能较低,易断裂,导致长链硅烷难以生成

(2)C—H键的键能大于C—O键,C—H键比C—O键稳定。而Si—H键的键能却远小于



Si—O键,所以 Si—H 键不稳定而倾向于形成稳定性更强的 Si—O 键

10. (1) 0.074 nm ①⑤②③④ (2) BC (3) ①大于 ②249kJ 622 kJ

### 【本节建构整合】

- ①饱和 ②方向 ③单键 ④双键 ⑤三键 ⑥ $\sigma$ 键  
⑦ $\pi$ 键 ⑧极性共价键 ⑨非极性共价键 ⑩直线  
⑪角

## 第2节 共价键与分子的空间结构

### 第1课时 分子空间结构的理论分析

#### 自主检测

分子	分子的空间结构	中心原子的杂化类型
CF <sub>4</sub>	正四面体形	sp <sup>3</sup>
BF <sub>3</sub>	平面三角形	sp <sup>2</sup>
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	直线形	sp
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	平面正六边形	sp <sup>2</sup>

2. A 3. B

#### 拓展训练

1. B 2. D 3. BC

#### 【分层训练 素养提升】

1. C 2. C 3. B 4. B

5. 三角锥形 sp<sup>3</sup> 杂化

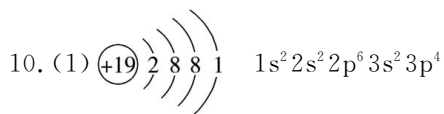
6. ②③⑤ ② ①⑥

7. D 解析: PCl<sub>3</sub> 分子中有三个共价键和一对孤电子对,与 NH<sub>3</sub> 一样,是三角锥形分子。其中三个 P—Cl键是极性共价键,键长、键能都相同,但是键角小于 108.5°,为极性分子。

8. sp<sup>3</sup> 角形 小于 NH<sub>2</sub><sup>-</sup> 中有两对孤电子对,对键的排斥力较大,所以键角较小

解析: NH<sub>2</sub><sup>-</sup> 中 N 原子采取 sp<sup>3</sup> 杂化,存在两对孤电子对,所以空间结构为角形。又因为 NH<sub>2</sub><sup>-</sup> 中有两对孤电子对,对成键电子的排斥力较大,所以其键角比 NH<sub>3</sub> 的键角小。

9. 5



(2) NH<sub>3</sub>、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>S 5 1

(3) (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S

解析: 有 A、B、C、D、E 五种元素,其中 A、B、C、D 为短周期元素,A 元素的周期数、主族数、原子序数相同,则 A 为氢元素;B 原子核外有 3 种能量不同的原子轨道且每种轨道中的电子数相同,则其原子核外电子排布式为 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>2</sup>,则 B 为碳元素;C 原子的价电子排布为 cs<sup>c</sup>cp<sup>c+1</sup>,s 能级容纳 2 个电子,则 c=2,其价电子排布为 2s<sup>2</sup>2p<sup>3</sup>,则 C 为氮元素;D 元素的原子最外层电子数比次外层电子数少 2 个,C 应有三个电子层,最外层电子数为 6,则 D 为硫元素;D 的阴离子与 E 的阳离子具有相同的电子排布,离子核外电子数为 18,两元素可形成化合物 E<sub>2</sub>D,E 在第 4 周期 I A 族,则 E 为钾元素。

### 第2课时 分子空间结构与分子性质

#### 自主检测

1. A 2. C 3. B

#### 拓展训练

1. B 2. D

#### 【分层训练 素养提升】

1. C 解析: CO<sub>2</sub>、CCl<sub>4</sub>、C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> 虽然都有极性共价键,但由于其高度的对称性,使得正负电荷重心重合,是非极性分子。NH<sub>3</sub> 为三角锥形,正负电荷重心不重合,所以为极性分子。

2. C 解析: Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 中含有 O—O 非极性共价键。FeS<sub>2</sub> 中含有 S—S 非极性共价键。H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 中含有 O—O 非极性共价键。

3. B 4. B 5. D 6. C 7. D 8. D

9. D 解析: 水分子是平面形结构,但不是非极性分子,A 不正确;甲烷分子中含有氢原子,但也是非极性分子,B 不正确;甲烷分子中碳原子的相对原子质量大于氢原子的,而甲烷是非极性分子,C 不正确;根据化学式可知,选项 D 正确。

10. (1) A 的名称为氨气,其电子式为  $\text{H}:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{N}}}\text{H}$ ,  $\text{NH}_3$  是极性分子。 $\text{NH}_3$  与  $\text{PH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  的稳定性为  $\text{H}_2\text{O} > \text{NH}_3 > \text{PH}_3$ 。

(2) B 的名称为氯化氢,其电子式为  $\text{H}:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}}\text{H}$ ,

$\text{HCl}$  是极性分子。 $\text{HCl}$  与  $\text{HF}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{HBr}$  的稳定性顺定为  $\text{HF} > \text{HCl} > \text{HBr} > \text{H}_2\text{S}$ 。 $\text{HCl}$  与  $\text{HF}$ 、 $\text{HBr}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  水溶液的酸性为  $\text{HCl} > \text{HBr}$ ,  $\text{HCl} > \text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCl} > \text{HF}$ 。

(3) 名称:氯化铵;电子式: $[\text{H}:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{N}}}\text{H}]^+ [:\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}}:]^-$ ;

C 物质中含有极性键、配位键、离子键。

(4)  $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \xrightarrow{\Delta} \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}$

【本节建构整合】

①  $180^\circ$  ②  $120^\circ$  ③  $109^\circ 28'$  ④ 正三角形 ⑤ 正四面体形

第 3 节 离子键、配位键与金属键

第 1 课时 离子键

自主检测

1. 略 2. C

拓展训练

1. C 2. C

【分层训练 素养提升】

1. C 2. A 3. D 4. A 5. B 6. D 7. D

8.  $\text{Ba}(\text{OH})_2$   $\text{Na}_2\text{O}_2$   $\text{H}_2\text{O}_2$

9. a bcd 测定各物质在熔融状态下能否导电,若导电则为离子化合物,反之则为共价化合物

10. (1) 离子 (2)  $\text{NaCl}$   $\text{NH}_4\text{Cl}$  (3) 复分解反应 (4)  $<$

解析:(1) 由  $\text{Na}_3\text{N}$  的电子式可知,  $\text{Na}_3\text{N}$  是由  $\text{Na}^+$  和  $\text{N}^{3-}$  以离子键结合而成。(2)  $\text{Na}_3\text{N}$  与盐酸反应生成  $\text{NaCl}$  和  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 。(3)  $\text{Na}_3\text{N}$  与水反应生成  $\text{NaOH}$  和  $\text{NH}_3$ , 该反应属于复分解反应。

(4)  $\text{Na}^+$  和  $\text{N}^{3-}$  的核外电子层结构相同, 但  $\text{Na}^+$  的核电荷数大于  $\text{N}^{3-}$ , 故  $r(\text{N}^{3-}) < r(\text{Na}^+)$ 。

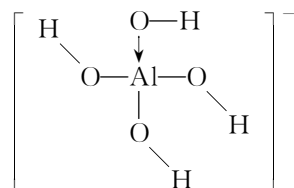
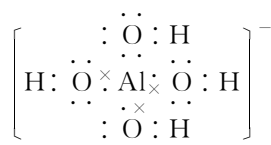
第 2 课时 配位键

自主检测

略

拓展训练

$\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$



【分层训练 素养提升】

1. B 2. A 3. B 4. D 5. D 6. B 7. C

8. B 解析: 由 1 mol 配合物生成 1 mol  $\text{AgCl}$  知, 1 mol 配合物电离出 1 mol  $\text{Cl}^-$  即配离子显 +1 价, 外界有一个  $\text{Cl}^-$ , 又因 Co 显 +3 价, 所以  $[\text{CoCl}_{m-1} \cdot n\text{NH}_3]^+$  中有两个  $\text{Cl}^-$ , 也就是  $m-1=2$ ,  $m=3$ 。又因为该配合物有 6 个配体, 所以  $n=6-2=4$ 。

9. (1)  $\text{NH}_3$  (或  $\text{NH}_2^-$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{HF}$  等) (2) A

(3)  $\text{Cu}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O} = [\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$

解析:(2) 水分子中氧原子采取  $\text{sp}^3$  杂化形成 4 个杂化轨道, 其中 2 个轨道由孤电子对占据, 依据价层电子对互斥模型, 孤电子对互相排斥, 使水的空间结构呈角形。在一定条件下水分子与氢离子结合形成配位键, 这样氧原子与三个氢原子间的共用电子对和剩下的一对孤电子对相互排斥形成了三角锥形结构, 同时其键角也发生了改变, 形成的微粒兼有水分子和氢离子的性质, 故只有 A 项不正确。

10. (1) ①  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$   $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$   $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$  ② 它们互为同分异构体 ③ 6

(2) ① 空轨道 孤电子对 ②  $[\text{Fe}(\text{SCN})]\text{Cl}_2$

③  $\text{FeCl}_3 + 5\text{KSCN} = \text{K}_2[\text{Fe}(\text{SCN})_5] + 3\text{KCl}$

解析:(1)①1 mol  $\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$  只生成3 mol  $\text{AgCl}$ , 则1 mol  $\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$  中有3 mol  $\text{Cl}^-$  为外界离子, 钴的配位数为6, 则配体为  $\text{NH}_3$  和  $\text{Cl}^-$ , 所以其化学式为  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ ; 1 mol  $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$  只生成2 mol  $\text{AgCl}$ , 则1 mol  $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$  中有2 mol  $\text{Cl}^-$  为外界离子, 钴的配位数为6, 则配体为  $\text{NH}_3$  和  $\text{Cl}^-$ , 所以其化学式为  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ ; 1 mol  $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$  (绿色) 和  $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$  (紫色) 只生成1 mol  $\text{AgCl}$ , 则1 mol  $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$  中有1 mol  $\text{Cl}^-$  为外界离子, 钴的配位数为6, 则配体为  $\text{NH}_3$  和  $\text{Cl}^-$ , 所以其化学式为  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$ 。  
②  $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$  (绿色) 和  $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$  (紫色) 的化学式都是  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{Cl})_2]\text{Cl}$ , 但因其空间结构不同导致颜色不同。③这几种配合物的化学式分别是  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 、 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$ 、 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{Cl})_2]\text{Cl}$ , 其配位数都是6。  
(2)①  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  反应生成的配合物中,  $\text{Fe}^{3+}$  提供空轨道,  $\text{SCN}^-$  提供孤电子对。②  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  以个数比 1:1 配合所得离子为  $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ , 故  $\text{FeCl}_3$  与  $\text{KSCN}$  在水溶液中反应生成  $[\text{Fe}(\text{SCN})]\text{Cl}_2$  与  $\text{KCl}$ 。③  $\text{Fe}^{3+}$  与  $\text{SCN}^-$  以个数比 1:5 配合所得离子为  $[\text{Fe}(\text{SCN})_5]^{2-}$ , 故  $\text{FeCl}_3$  与  $\text{KSCN}$  在水溶液中反应生成  $\text{K}_2[\text{Fe}(\text{SCN})_5]^{2-}$  与  $\text{KCl}$ , 所以反应方程式为  $\text{FeCl}_3 + 5\text{KSCN} \rightleftharpoons \text{K}_2[\text{Fe}(\text{SCN})_5] + 3\text{KCl}$ 。

### 第3课时 金属键

#### 自主检测

略

#### 拓展训练

B

#### 【分层训练 素养提升】

1. A 2. C 3. B 4. B 5. C

6. C 解析:离子的电荷分布通常被看作是球形对称的,因此一种离子对带异性电荷离子地吸引与其所处的方向无关;每个离子也将尽可能多地吸引异性电荷排列在其周围,故离子键无方向性和饱

和性,但共价键具有方向性和饱和性;非金属元素间可形成离子化合物,如  $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$  等;配位键中一方提供孤电子对而另一方提供空轨道;金属键是化学键,是一种强烈的相互作用。

7. C 解析:该元素基态原子的电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^1 5s^2$ 。由此可见:该元素原子中共有39个电子,分5个电子层,其中M能层上有18个电子,N层上9个电子,最外层上有2个电子,该元素处于第5周期ⅢB族。故选C。

8. (1)⑥ (2)① (3)③ (4)④ (5)② (6)⑤

9. (1)Ge Bi (2) $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$

解析:元素锗属于ⅣA族,最高正价为+4价,相应氧化物化学式为  $\text{GeO}_2$ ;铋为ⅤA族中的元素之一,其原子最外层有5个电子,有8电子稳定结构的化合物只能是  $\text{BiCl}_3$ 。其中铋是+3价,相应的氧化物化学式为  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 。这两种氧化物构成的晶体含氧的总质量相同,所以为  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ 。

10. (1)Mg  $1s^2 2s^2 2p^6$  (2)离子  $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{HF} + \text{O}_2$  (3)d (4)Na 钠与水反应比镁与水反应剧烈或氢氧化钠的碱性比氢氧化镁的强(合理即可)

解析:由短周期元素知,A、B、C、D的原子序数均 $\leq 18$ 。由A单质的用途知,A为Na;由B单质的工业制法及原子结构知,B为N或O;由C原子的电子排布可知C可能为B或F,又由其物理性质推断C为F;由D的原子结构知,D为Mg。  
(3)由于B单质为  $\text{N}_2$  或  $\text{O}_2$ ,O及N均无+6价,故a错误; $\text{N}_2$  常温常压下难溶于水,氧气常温常压下不易溶于水,故b错误; $\text{O}_2$  分子中含有16个电子, $\text{N}_2$  分子中含有14个电子,故c错误; $2\text{Mg} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{MgO}$ 、 $3\text{Mg} + \text{N}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} \text{Mg}_3\text{N}_2$ ,故d正确。(4)比较金属性强弱的依据有:①与水(或酸)反应的剧烈程度;②最高价氧化物对应水化物的碱性;③金属间的置换反应等。

#### 【本节建构整合】

①静电作用 ②方向性 ③饱和性 ④电性作用

⑤空轨道 ⑥孤电子对

## 第4节 分子间作用力

第1课时 范德华力与物质性质

### 自主检测

1. (1)× (2)× (3)× (4)√ (5)× (6)√  
2. B

### 拓展训练

硅烷的结构和组成相似,相对分子质量越大,分子间作用力越大,沸点越高

### 【分层训练 素养提升】

1. B 2. B 3. D 4. D 5. C 6. D 7. B

8. C 解析:  $\text{NCl}_3$  中 N 原子的价电子对数为  $\frac{5+3}{2} =$

4,孤电子对数=1,所以该分子为三角锥形,由于3个 N—Cl 极性键的排列不对称,所以该分子为极性分子。 $\text{NCl}_3$  与  $\text{PCl}_3$  的组成和结构相似,相对分子质量  $\text{NCl}_3$  小于  $\text{PCl}_3$ ,所以范德华力  $\text{NCl}_3$  小于  $\text{PCl}_3$ ,沸点  $\text{NCl}_3$  低于  $\text{PCl}_3$ 。 $\text{NCl}_3$  的沸点与 N—Cl 键的键能无关。

9. AC 解析:碘单质的升华破坏范德华力,KCl 溶于水破坏离子键,将液溴加热变为气态破坏范德华力, $\text{NH}_4\text{Cl}$  受热分解破坏氯离子和铵根离子之间的离子键和铵根分子内部的一个氮氢共价键。

10. (1) He Xe 14.7 73

(2) ①②③

解析:相对分子质量越大,范德华力越大,熔、沸点越高。从表格中数据推测,稀有气体在水中的溶解度也是随着相对分子质量的增加而增大的。

第2课时 氢键与物质性质

### 自主检测

1. D 2. C 3. C

### 拓展训练

1. 不能。甲烷和甲醛分子中都没有氧氢键,不具备形成氢键的条件。  
2. 因为  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{HF}$  三者的分子间能形成氢键,

同族其他元素的氢化物中不能形成氢键,所以它们的熔点和沸点高于同族其他元素的氢化物。

### 【分层训练 素养提升】

1. C 2. D

3. D 解析:由图可知 a 点所在曲线沸点没有反常现象,说明不是 VA 族、ⅥA 族、ⅦA 族的氢化物,则只能为 IV A 族的氢化物,即为  $\text{SiH}_4$ 。

4. D 解析:因  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{HF}$  分子之间存在氢键,所以  $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{HF}$  是同族氢化物中沸点最高的,A 正确; $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  中  $\text{NH}_3$  与  $\text{H}_2\text{O}$  之间存在氢键,C 正确;在气态时,分子间距离大,分子之间没有氢键,故 D 错误。

5. D 解析:由于相对分子质量: $\text{HCl} > \text{HF}$ ,所以范德华力: $\text{HCl} > \text{HF}$ ,但  $\text{HF}$  分子间存在氢键,而  $\text{HCl}$  分子间不存在氢键,所以沸点  $\text{HCl}$  低于  $\text{HF}$ ,A 中命题 II 不正确;由于原子半径: $\text{O} < \text{S}$ ,键长: $\text{H—O} < \text{H—S}$ ,所以键能: $\text{H—O} > \text{H—S}$  键,但沸点与共价键的键能无关, $\text{H}_2\text{O}$  分子间存在氢键,所以沸点  $\text{H}_2\text{O}$  高于  $\text{H}_2\text{S}$ ,B 中命题 I 不能解释命题 II;由于相对分子质量: $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{O}$ ,所以范德华力: $\text{H}_2\text{S} > \text{H}_2\text{O}$ ,但  $\text{H}_2\text{O}$  分子间存在氢键,所以分子间作用力: $\text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S}$ ,由于键能: $\text{H—O} > \text{H—S}$  键,所以稳定性  $\text{H}_2\text{O}$  强于  $\text{H}_2\text{S}$ ,分子的稳定性与分子间作用力无关,所以 C 中命题 I 不能解释命题 II;由于相对分子质量: $\text{HI} > \text{HCl}$ ,所以范德华力: $\text{HI} > \text{HCl}$ ,沸点: $\text{HI}$  高于  $\text{HCl}$ ,命题 I 能解释命题 II。

6. (1)d (2)b (3)d

解析:(1) $\text{NH}_3$  极易溶于水主要是因为  $\text{NH}_3$  分子与  $\text{H}_2\text{O}$  分子间形成氢键,另外还有其他原因, $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$  都是极性分子, $\text{NH}_3$  和  $\text{H}_2\text{O}$  能够发生化学反应。 $\text{NH}_3$  易液化是因为  $\text{NH}_3$  分子之间易形成氢键,而不是  $\text{NH}_3$  与  $\text{H}_2\text{O}$  分子之间的作用。(2)从氢键的形成原理上讲,a、b 都成立;但从空间结构上讲,由于氨分子是三角锥形,易于提供孤电子对,所以以 b 方式结合空间位阻最小,结构最稳定;从事实上讲,依据  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons$

$\text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$ , 可知答案为 b。(3)“易液化”属于物质的物理性质,与分子间作用力有关,与化学键无关。按照相对分子质量与分子间作用力的关系应该有  $\text{PH}_3$  比  $\text{NH}_3$  的沸点高,  $\text{PH}_3$  比  $\text{NH}_3$  易液化。而实际是  $\text{NH}_3$  比  $\text{PH}_3$  易液化,是因为在  $\text{NH}_3$  分子间存在比范德华力强的氢键。

7. D 解析:氢键是已经与电负性很强的原子形成共价键的氢原子与另一个分子中电负性很强的原子之间的作用力,它只影响物质的物理性质,故只有 D 与氢键无关。

8. A 解析:F、O、N 的电负性依次降低, F—H、O—H、N—H 键的极性依次降低,故 F—H $\cdots$ F 中的氢键最强,其次是 O—H $\cdots$ O,再次是 O—H $\cdots$ N,最弱是 N—H $\cdots$ N。

9. 甲醇分子间、乙酸分子间能形成氢键,而甲醛分子间、乙醛分子间不能形成氢键。

10. (1)  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (2) 离子键、氢键 (3) S、O

解析:每个  $\text{Cu}^{2+}$  与 4 个  $\text{H}_2\text{O}$  分子形成配位键,所以胆矾的化学式为  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,由图示看出胆矾中除极性键、配位键外,还含有离子键和氢键两种作用力。S 的价电子对数 =  $\frac{6+2}{2}=4$ ,所以 S 原子采取  $\text{sp}^3$  杂化,  $\text{H}_2\text{O}$  分子 O 原子价电子对数为  $\frac{6+2}{2}=4$ ,所以 O 原子采取  $\text{sp}^3$  杂化。

### 【本节建构整合】

①小 ②方向性 ③饱和性 ④相对分子质量 ⑤极性 ⑥N、O、E ⑦大 ⑧小 ⑨方向性 ⑩饱和性

### 微项目 补铁剂中铁元素的检验

1. 中心体 2. 小于 3 3. 氮原子 6

### 本章自我检测

1. C 2. B 3. B 4. D 5. B 6. B 7. D 8. D

9. BD 10. AD 11. BC 12. AD

13. (1)①②④ ③ ⑤⑥⑦⑨⑩ ⑧ ④ ③⑤⑥⑦⑨⑩ (2) 离子键和共价键  $\text{NaHSO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$  离子键  $\text{NaHSO}_4 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{HSO}_4^-$

14. (1) AC

(2) ①  $\text{H} \times \overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{P}}} \times \text{H}$   $\text{H}-\overset{\cdot\cdot}{\underset{\cdot\cdot}{\text{P}}}-\text{H}$  ② 三角锥形

③  $\text{sp}^3$  ④ 有极性 ⑤  $\text{NH}_3$

15. (1)  $1\text{s}^2 2\text{s}^2 2\text{p}^6 3\text{s}^2 3\text{p}^6 3\text{d}^9$  或  $[\text{Ar}]3\text{d}^9$

(2) 孤电子对

(3) b (4)  $\text{Si} < \text{C} < \text{N}$  (5) 3 : 2

16. (1) 4 : 3 (2) 共价键 氢键、范德华力

(3) 甘氨酸分子与水分子之间存在氢键,而戊烷与水分子不能形成氢键

(4)  $\text{sp}^3$  不在 (5) 氢键

## 第 3 章 不同聚集状态的物质与性质

### 第 1 节 认识晶体

#### 第 1 课时 晶体的特性

#### 自主检测

1. B 2. A

#### 探究学习一

1. 晶体内部的微粒在空间按照一定规律做周期性重复排列;非晶体内部微粒无周期性重复排列。

2. (1) 对称轴 对称面 (2) 各向异 (3) 熔点

3. 衍射

#### 拓展训练

1. BC 解析:组成晶体的微粒在空间上按照一定规律做周期性重复排列,所以在外形上呈现规则的几何外形,但具有规则几何外形的固体未必是晶体, A 错误;晶体内部微粒在不同方向上排列的规律不同,从而使晶体具有各向异性, B、C 正确;不能通过颗粒大小判断是不是

晶体,粉末状的物质也可以是晶体,如碳酸氢钠粉末也是晶体。

2. C 解析:A项,如金刚石由碳原子组成;B项,如碘单质由 $I_2$ 分子组成;D项,如金属铜由 $Cu^{2+}$ 和自由电子组成;C项中阴离子只能存在于离子化合物中。

### 探究学习三

遥控器 石英表 红外夜视仪

#### 【分层训练 素养提升】

1. BD 解析:本题考查区别晶体和非晶体的方法。A项正确,如晶态 $SiO_2$ 和非晶态 $SiO_2$ ;B项错误,最可靠的科学方法是对固体进行X射线衍射实验;C项正确;D项错误,晶体并不都是无色的,如硫酸铜晶体是蓝色的,只依靠外观特征也不能准确无误的判断是否属于晶体,科学的方法是进行X射线衍射实验。
2. C 解析:根据晶体的特点和性质可知,晶体具有规则的几何外形,但具有规则的几何外形的物质不一定是晶体;晶体的物理性质具有各向异性;对晶体进行X射线衍射时能看到谱线;而晶体除金属晶体外,一般不容易导电,故选C项。
3. C 解析:固态物质分为晶体和非晶体,二者的根本区别是构成物质的内部微粒(原子、离子或分子)在空间是否按一定规律做周期性重复排列。B项,冰中除范德华力外还含有氢键,而碘中只有范德华力。所以A、B、D都错误,只有C正确。
4. CD 解析:根据晶体内部微粒的种类和微粒间的相互作用的不同,可将晶体分为离子晶体、金属晶体、共价晶体和分子晶体。
5. D 解析:A项,离子晶体固态不导电;B项,共价晶体一般不导电;C项,分子晶体不导电且熔点低;D项,固态金属和熔融态金属均导电,且熔点可能较高,故只有D项最符合题意。
6. D 解析:晶体有固定的熔点,由a的熔化曲线分析可知,中间有一段温度不变但一直在吸收能量,该段所对应的温度就是晶体a的熔点;由b的熔化曲线可知,温度一直升高,所以物质b没有固定

的熔点,为非晶体。

7. BC 解析:据题意,“纳米车”是肉眼所不能见的,A项错误; $C_{60}$ 属于分子晶体,熔点要比金刚石低得多,C项正确,D项错误。
8. B 解析:金属晶体中存在金属阳离子与“自由电子”,没有阴离子,A项错误;离子晶体中一定含有离子键,可能含有共价键,B项正确,C项错误;分子晶体中一定存在分子间作用力,除稀有气体分子外均存在共价键,D项错误。
9. D 解析:云母属于晶体,晶体具有各向异性,该现象体现了云母在不同方向上导热性的不同。
10. (1)b a (2)ACD

解析:(1)从粒子在微观空间里是否有有序性和自范性角度观察。(2)A项,玻璃是一种无固定熔、沸点的非晶体;B项,许多固体粉末不能用肉眼观察到晶体外形,但可通过光学显微镜或电子显微镜看到规则的几何外形,所以固体粉末也可能是晶体。

### 第2课时 晶体结构的基本重复单元——晶胞

#### 自主检测

2. 对称性 简洁 少 直角

#### 拓展训练

- D 解析:阳离子为该晶胞独立拥有,而每个阴离子则为8个晶胞共用,所以晶胞拥有阴离子个数为 $\frac{1}{8} \times 8 = 1$ ,故D项正确。

#### 【分层训练 素养提升】

1. D 解析:由晶胞的定义可知A选项正确;相同晶体中晶胞的大小和形状完全相同,不同晶体中晶胞的大小和形状不一定相同,B选项正确;知道晶胞的组成,利用“切割法”,也叫“均摊法”,即可推知晶体的组成,C选项正确。晶胞是晶体结构中的最小重复单元但并不是实体,D选项错误。
2. A 解析:据均摊法,从图中可知,每个顶点上的碳原子为三个正六边形共有,因而每个正六边形占有的碳原子数目为 $6 \times \frac{1}{3} = 2$ 。

3. B 解析: 本题考查晶胞拥有微粒个数的计算方法。利用均摊法计算立方晶胞微粒个数的过程如下: A 中阳离子处于顶点位置, 故其在晶胞中的数目为  $8 \times \frac{1}{8} = 1$ , 而阴离子位于体心, 其数目为 1, 故 A 的化学式为 MN; 同理可得, B 中 M 为  $4 \times \frac{1}{8} = \frac{1}{2}$ , N 为 1, 化学式为  $MN_2$ ; C 中 M 为  $4 \times \frac{1}{8} = \frac{1}{2}$ , N 为  $4 \times \frac{1}{8} + 1 = \frac{3}{2}$ , 化学式为  $MN_3$ ; D 中 M 为  $8 \times \frac{1}{8} + 4 \times \frac{1}{2} = 3$ , N 为 1, 化学式为  $M_3N$ 。

4. A 解析: 根据 MCl 的晶胞结构可以看出每个  $M^+$  的正上、正下、左、右、前、后各有一个  $M^+$  与之距离相等且最近, 故每个  $M^+$  周围与它最近的且距离相等的  $M^+$  共有 6 个。

5. B 解析: 这不是一个立方晶胞结构, 而是一个正三棱柱结构, 那么依据实际情况来计算, 微粒的分摊数分别是: 顶点为  $\frac{1}{12}$ , 水平棱上为  $\frac{1}{4}$ , 竖棱上为  $\frac{1}{6}$ , 面上为  $\frac{1}{2}$ , 内部为 1。故 A、B、C 三种粒子数的比为  $(6 \times \frac{1}{12}) : (6 \times \frac{1}{4} + 3 \times \frac{1}{6}) : 1 = 1 : 4 : 2$ 。

6. (1) 3 : 1 (2) 1 (3) 29 (4) 6

解析: (1) 利用“切割法”计算阳离子与阴离子的个数比为  $(12 \times \frac{1}{4}) : (8 \times \frac{1}{8}) = 3 : 1$ ; 该物质的化学式为  $X_3N$ , 阳离子为 +1 价离子,  $n=1$ ;  $X^+$  的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$ , 因此 X 的原子序数为  $2+2+6+2+6+10+1=29$ , 是铜元素; 晶胞中与  $N^{3-}$  相邻的是该顶点的 6 个棱边上的  $Cu^+$ 。

7. (1) +1 dc (2) C

8. (1)  $X_2Y$  (2) 1 : 3 : 1 (3) 8

解析: (1) 利用“切割法”可知甲晶体中 X、Y 离子的个数比为  $1 : (4 \times \frac{1}{8}) = 2 : 1$ , 化学式为  $X_2Y$ 。

(2) 利用切割法可求乙晶体中 A、B、C 三种微粒的个数比是  $(8 \times \frac{1}{8}) : (6 \times \frac{1}{2}) : 1 = 1 : 3 : 1$ 。

(3) 每个顶点上有 1 个 D 原子, 与它相邻的是 8 个相同的晶胞, 每个晶胞内有 1 个 E 原子。

9. 4 : 3 1 : 1 4 4 6

解析: 根据“切割法”: 甲中体心 X 为 1, 顶点 Y 为  $\frac{1}{8} \times 6$ , 所以  $X : Y = 1 : \frac{6}{8} = 4 : 3$ ; 同理可计算出

乙、丙中微粒个数及其比值。丙晶胞中有 C 离子为  $1 + 12 \times \frac{1}{4} = 4$ , 有 D 离子为  $6 \times \frac{1}{2} + 8 \times \frac{1}{8} = 4$ 。

以体心位置的 C 离子为例, 与它等距离且最近的 D 离子应该在晶胞中六个面的面心位置, 共 6 个。

10. (1) 同位素  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2 4s^2$  (或  $[Ar] 3d^2 4s^2$ )

(2)  $BaTiO_3$

解析: 根据偏钛酸钡晶体的晶胞结构, 求得 Ba、Ti、O 原子数之比 =  $1 : (8 \times \frac{1}{8}) : (12 \times \frac{1}{4}) =$

$1 : 1 : 3$ , 故它的化学式是  $BaTiO_3$ 。

### 【本节建构整合】

- ① 周期性重复排列 ② 重复单元 ③ 平行六面体  
④ 切割法

## 第 2 节 几种简单的晶体结构模型

### 第 1 课时 金属晶体

#### 自主检测

1. B 2. B

#### 探究学习一

1. 12 8 2.4  $27/N_A$   $108/N_A$  2  $46/N_A$

3.  $a^3$   $108/(N_A a^3)$   $b^3$   $46/(N_A b^3)$

4. 金属键 铝 钠

#### 拓展训练

1. (1) 12 4 (2)  $\frac{M}{4\sqrt{2}d^3 N_A}$

解析: (1) Al 属于  $\cdots ABCABC \cdots$  方式堆积的面心立方最密堆积, 配位数为 12, 一个晶胞中 Al 原子的数目为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ 。(2) 把数据代入公

式  $\rho V = \frac{N}{N_A} M$  得  $\rho \times (2\sqrt{2}d)^3 = \frac{4}{N_A} M$ , 解得  $\rho =$

$\frac{M}{4\sqrt{2}d^3 N_A}$ 。利用公式求金属晶体的密度,关键是

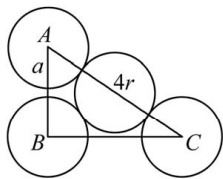
找出晶胞正方体的边长。本题中面对角线的长度为  $4d$ ,然后根据边长的  $\sqrt{2}$  倍等于面对角线的长度可求得晶胞正方体的边长。

### 探究学习二

- 金属晶体受到外力作用时,密堆积层的金属原子之间比较容易滑动,由于金属键在整个晶体范围内起作用,这种滑动不会破坏密堆积的排列方式,故发生了形变但不致断裂,即有良好的延展性。
- 比较晶体的熔沸点首先判断作用力的类型,它们均属于金属键,那么作用力的强弱就取决于金属阳离子所带的电荷数多少和金属阳离子的大小。故同主族中熔点铝  $>$  镁  $>$  钠,同主族中镁  $>$  钙。
- 合金的熔点比它的成分金属低,便于铸造加工;硬度更大,更牢固;耐腐蚀性更强等。

### 拓展训练

- B 解析:如果沿着某一面的对角线对晶胞作横切面,可得如图所示的结构,其中  $AB$  为晶胞的边长,  $BC$  为晶胞的面对角线,  $AC$  为晶胞的体对角线。根据立方体的特点可知:  $BC = \sqrt{2}a$ , 结合  $AB^2 + BC^2 = AC^2$  得:  $r = \frac{\sqrt{3}a}{4}$ 。



### 【分层训练 素养提升】

- A 解析:密度大小与自由电子无关, A 符合题意;容易导电是由于自由电子的定向移动形成电流, B 不符合题意;金属发生形变时自由电子仍然可以在金属离子之间流动,使金属不会断裂, C 不符合题意;金属内自由电子和金属阳离子发生碰撞,所以易导热, D 不符合题意。
- B 解析:离子晶体中存在阴、阳离子,而在金属晶体中存在金属阳离子和自由电子,所以 B 错误;自由电子在整块金属中可自由移动,为整块晶体所

共有,所以 C 正确;金属晶体的熔点高低取决于金属键的强弱,金属键越强,金属晶体的熔点越高,反之,越低,所以 D 正确。

- A 解析:金属中的自由电子吸收了可见光,又把各种波长的光大部分再反射出来,因而金属一般显银白色光泽;金属具有导电性是因为在外加电场作用下,自由电子定向移动形成电流;金属具有导热性是因为自由电子受热后,与金属离子发生碰撞,传递能量;良好的延展性是因为原子层滑动,但金属键未被破坏。
- B 解析:按 Li、Na、K 的顺序,金属键逐渐减弱,熔点逐渐降低, A 项错误;按 Na、Mg、Al 的顺序,密度逐渐增大, C 项错误;不同堆积方式的金属晶体空间利用率:简单立方为 52%, 钾型为 68%, 镁型和铜型均为 74%, D 项错误;常用的金属导体中,导电性最好的是银,其次是铜,再次是铝、铁, B 项正确。
- B 解析:根据铜的晶胞结构可知,含有铜原子数为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ;配位数为每个 Cu 原子周围紧邻的 Cu 原子数,故为  $3 \times 8 \times \frac{1}{2} = 12$ 。
- B 解析:图 I 中,铜原子个数为  $8 \times \frac{1}{8} + 2 \times \frac{1}{2} = 2$ , 金原子个数为  $4 \times \frac{1}{2} = 2$ , 故化学式为 CuAu。图 II 中,铜原子个数为  $8 \times \frac{1}{8} = 1$ , 金原子个数为  $6 \times \frac{1}{2} = 3$ , 故化学式为 CuAu<sub>3</sub>。图 II 中,铜原子位于立方体的顶点,故紧邻的铜原子有 6 个。图 I 中,铜原子、金原子各为 2 个,晶胞的体积为  $a^3 \text{ cm}^3$ , 密度  $\rho = \frac{m}{V} = \left[ \frac{2}{N_A} \times (64 + 197) \div a^3 \right] \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} = \frac{522}{N_A a^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。
- B 解析:①为简单立方堆积,②为体心立方密堆积,③为六方最密堆积,④为面心立方最密堆积,②与③判断有误, A 项不正确;每个晶胞中含有的原子个数分别为 ①  $8 \times \frac{1}{8} = 1$ , ②  $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ , ③  $12 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{2} + 3 = 6$ , ④  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ , B



项正确;晶胞③中原子的配位数应为12,其他判断正确,C项不正确;四种晶体的空间利用率分别为52%、68%、74%、74%,所以D项不正确,应为④=③>②>①。

8. A 解析:可选取题图中6个钾原子围成的正六边形为结构单元,每个钾原子被3个正六边形共用,则该结构单元中实际含有的钾原子数为 $6 \times \frac{1}{3} + 1 = 3$ ,该六边形内实际含有的碳原子数为24,故钾原子数与碳原子数之比为1:8。

9. (1)2 (2)  $\sqrt[3]{\frac{2M}{N_A \rho}}$  (3)  $\frac{\sqrt{3}}{4} \times \sqrt[3]{\frac{2M}{N_A \rho}}$  (4)68%

解析:(1)晶胞中每个顶点的钨原子为8个晶胞所共有,体心的钨原子完全为该晶胞所有,故每一个晶胞分摊到2个钨原子。

(2)每个晶胞中含有2个钨原子,则每个晶胞的质量  $m = \frac{2M}{N_A}$ ,又因每个晶胞的体积  $V = a^3$ ,所以晶胞密度  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{2M}{N_A a^3}$ ,  $a = \sqrt[3]{\frac{2M}{N_A \rho}}$ 。

(3)钨晶胞的体对角线上堆积着3个钨原子,则体对角线的长度为钨原子半径的4倍,即  $4r = \sqrt{3}a$ ,

$$r = \frac{\sqrt{3}a}{4} = \frac{\sqrt{3}}{4} \times \sqrt[3]{\frac{2M}{N_A \rho}}$$

(4)每个晶胞含有2个钨原子,2个钨原子的体积  $V' = 2 \times \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{8\pi r^3}{3}$ ,则该体心立方结构的空

$$\text{利用率} = \frac{V'}{V} = \frac{\frac{8\pi r^3}{3}}{a^3} \times 100\% = \frac{\frac{8}{3} \pi \left(\frac{\sqrt{3}}{4} a\right)^3}{a^3} \times 100\% = \frac{\sqrt{3}\pi}{8} \times 100\% = 68\%$$

10. (1)12 (2)6s<sup>1</sup> 3:1 金属键  $389/N_A a^3$

(3)H<sub>8</sub>AuCu<sub>3</sub>

解析:(1)Cu原子周围最近且距离相等的其他Cu原子为12个,以晶胞中上平面面心为研究对象,同一平面4个,下一平面4个(面心),上一平面4个(面心),故配位数为12。

(2)Au原子最外层电子排布式可类比Cu,只是电子层多两层,由于该合金晶体是面心立方最密

堆积结构,晶胞内  $N(\text{Cu}) = 6 \times 1/2 = 3$ ,  $N(\text{Au}) = 8 \times 1/8 = 1$ ;1个晶胞质量为  $389/N_A$  g,则  $\rho = 389/N_A a^3$  g·cm<sup>-3</sup>。

(3)CaF<sub>2</sub>晶胞中含有Ca<sup>2+</sup>:  $8 \times 1/8 + 6 \times 1/2 = 4$ 个,含F<sup>-</sup>8个,所以氢原子在晶胞内有8个,可以得储氢后的化学式为H<sub>8</sub>AuCu<sub>3</sub>。

## 第2课时 离子晶体

### 自主检测

1. B 2. A

### 探究学习一

1. 方向性 交错 顶点 面心 棱上 体内

2. 6 6 6 阴、阳离子的个数比

3. 4  $234/N_A$   $234/(N_A a^3)$

### 拓展训练

1. A 解析:NaCl晶胞中Cl<sup>-</sup>的个数为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times$

$\frac{1}{2} = 4$ ,由题意知,冰晶石晶胞中[AlF<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>的个数

也应当为4,化学式Na<sub>3</sub>[AlF<sub>6</sub>]中Na<sup>+</sup>和[AlF<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>的个数比为3:1,所以冰晶石晶胞中含Na<sup>+</sup>的个数为  $4 \times 3 = 12$ ,故选A。

### 探究学习二

1. 顶点 体内

2. 8 8 8 8 阴、阳离子的个数比

3. 1  $168.5/N_A$   $168.5/(N_A a^3)$

### 拓展训练

2. B 解析:由题图可推出,晶体中阴离子的最小结构单元中含Fe<sup>2+</sup>的个数为  $4 \times \frac{1}{8} = \frac{1}{2}$ ,含Fe<sup>3+</sup>的

个数也为  $\frac{1}{2}$ ,CN<sup>-</sup>的个数为  $12 \times \frac{1}{4} = 3$ ,因此阴离

子的化学式为[Fe<sub>2</sub>(CN)<sub>6</sub>]<sup>-</sup>,则该晶体的化学式只能为MFe<sub>2</sub>(CN)<sub>6</sub>,由阴、阳离子形成的晶体为离子晶体,M的化合价为+1价,故B项正确;由题图可看出与每个Fe<sup>3+</sup>距离最近且距离相等的CN<sup>-</sup>为6个。

### 探究学习三

1. 氯化钠晶体中钠离子与氯离子的半径比与氯化铯

中的不同,导致它们的配位数不同。

2. 不是。

**探究学习四**

氧化镁、氧化铝两种晶体中阴、阳离子所带的电荷数较多,阴、阳离子间的距离较小,使得两种晶体的晶格能很大,故熔点很高,适合做耐火材料。

**【分层训练 素养提升】**

1. D 解析:离子化合物中一定含有离子键,也可能含有共价键,如  $\text{OH}^-$  中的极性共价键,还有  $\text{O}_2^{2-}$  中的非极性共价键。离子晶体中一定不含有范德华力。故选 D。
2. B 解析:由  $\text{NaCl}$ 、 $\text{CsCl}$ 、 $\text{ZnS}$  的晶胞结构可知:A 为  $\text{ZnS}$  的晶体结构,C、D 为  $\text{CsCl}$  的晶体结构,只有 B 为  $\text{NaCl}$  的晶体结构。
3. C 解析:离子晶体是由阴、阳离子构成的,熔化时克服的是离子键,产生自由移动的离子,能导电,而分子晶体、共价晶体熔化时,不能产生自由移动的离子,不导电,所以  $\text{CaF}_2$  固体不导电,但在熔融状态下可以导电,一定能说明  $\text{CaF}_2$  是离子晶体。
4. B 解析:由晶胞结构及“切割法”计算,一个晶胞中含  $\text{Ba}^{2+}$ :  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$  个,含  $\text{O}_2^{2-}$ :  $12 \times \frac{1}{4} + 1 = 4$  个,故晶体化学式是  $\text{BaO}_2$ 。
5. A 解析:由于  $r(\text{Na}^+) > r(\text{Mg}^{2+}) > r(\text{Al}^{3+})$ ,且  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$  所带电荷数依次增大,所以  $\text{NaF}$ 、 $\text{MgF}_2$ 、 $\text{AlF}_3$  的晶格能依次增大,离子键依次增强,故熔点依次升高,A 不正确。 $r(\text{F}^-) < r(\text{Cl}^-) < r(\text{Br}^-)$ ,故  $\text{NaF}$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{NaBr}$  的晶格能依次减小,B 正确。在  $\text{CsCl}$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{CaF}_2$  晶体中,阴离子的配位数分别为 8、6、4,C 正确。 $r(\text{Mg}^{2+}) < r(\text{Ca}^{2+}) < r(\text{Ba}^{2+})$ ,故  $\text{MgO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{BaO}$  的晶格能依次减小,离子键依次减弱,硬度依次减小,D 正确。
6. A 解析:碳酸盐的热分解温度与形成碳酸盐的金属元素的活泼性有关,金属越活泼,形成的盐越稳定,因此根据碳酸盐的热分解温度: $T(\text{XCO}_3) > T(\text{YCO}_3)$ ,可判断出 X 的活泼性大于 Y,即金属性: $X > Y$ ,在周期表中,X 位于 Y 的下面,阳离子半径: $X^{2+} > Y^{2+}$ ,所以 B、C 选项正确。根据阳离子

半径: $X^{2+} > Y^{2+}$  以及影响离子化合物晶格能、熔点、沸点的因素可知,晶格能: $\text{XCO}_3 < \text{YCO}_3$ ,氧化物的熔点: $\text{XO} < \text{YO}$ ,A 项错误,D 项正确。

7. D

8. 离子 离子键  $\text{NaCl} > \text{KCl} > \text{CsCl}$  金属  $\text{Na} < \text{Mg} < \text{Al}$   $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Al}^{3+}$   $\text{Na} < \text{Mg} < \text{Al}$

解析:A 组  $\text{NaCl}$ 、 $\text{KCl}$ 、 $\text{CsCl}$  为同一主族的卤化物且为离子化合物,故离子键越弱,熔、沸点越低,而  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Cs}^+$  离子半径逐渐增大,故离子键  $\text{Na}^+$  与  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{K}^+$  与  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Cs}^+$  与  $\text{Cl}^-$  的键能逐渐减小,熔、沸点依次降低;而 B 组中为  $\text{Na}$ 、 $\text{Mg}$ 、 $\text{Al}$ ,是金属晶体且为同一周期,价电子数依次增多,离子半径逐渐减小。因此金属原子核对外层电子束缚能力越来越大,形成金属键时,金属键越来越牢固,且熔、沸点依次升高。

9. (1)增大熔融盐中的离子浓度,从而增强熔融盐的导电能力

(2)⑧应为表示  $\text{O}^{2-}$  的黑色球

(3)基态原子中的电子获得能量后,向高能级跃迁,跃迁到高能级的电子处于一种不稳定的状态,会回到较低能级,并向外界释放能量(光能)

(4) $\text{NaF}$  与  $\text{MgF}_2$  均为离子晶体,常温下为固体, $\text{SiF}_4$  为分子晶体,常温下为气体,所以  $\text{NaF}$  与  $\text{MgF}_2$  的熔点远比  $\text{SiF}_4$  的高,又  $\text{Mg}^{2+}$  的半径小于  $\text{Na}^+$  的半径, $\text{Mg}^{2+}$  所带电荷数大于  $\text{Na}^+$  所带电荷数,所以  $\text{MgF}_2$  的晶格能大于  $\text{NaF}$ , $\text{MgF}_2$  的熔点高于  $\text{NaF}$

解析:(2)因为氧化镁与氯化钠的晶胞结构相似,所以在晶体中每个  $\text{Mg}^{2+}$  周围应该有 6 个最邻近的  $\text{O}^{2-}$ ,每个  $\text{O}^{2-}$  周围应该有 6 个最邻近的  $\text{Mg}^{2+}$ ,根据此规律可得,⑧应该改为表示  $\text{O}^{2-}$  的黑色球。

(4)在离子晶体中,离子半径越小,所带电荷数越多,则离子晶体的晶格能越大,熔、沸点越高。

$$10. (1) \frac{8 \times 7 + 4 \times 16}{N_A (0.4665 \times 10^{-7})^3} \quad (2) \frac{4M}{N_A a^3} \times 10^{21} \quad \frac{\sqrt{2}}{2} a$$

解析:(1)1 个氧化锂晶胞含 O 的个数为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ,含 Li 的个数为 8,  $1 \text{ cm} = 10^7 \text{ nm}$ ,代入密

度公式计算可得  $\text{Li}_2\text{O}$  的密度为

$$\frac{8 \times 7 + 4 \times 16}{N_A (0.4665 \times 10^{-7})^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}。 (2) \text{ 该晶胞中 } \text{Fe}^{2+}$$

位于棱上和体心, 个数为  $12 \times \frac{1}{4} + 1 = 4$ ,  $\text{S}_2^{2-}$  位于

顶点和面心, 个数为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ , 故晶体密

$$\text{度为 } \frac{M}{N_A} \times 4 \text{ g} \div (a \times 10^{-7} \text{ cm})^3 = \frac{4M}{N_A a^3} \times$$

$10^{21} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。根据晶胞结构,  $\text{S}_2^{2-}$  所形成的正

八面体的边长为该晶胞中相邻面的面心之间的

连线之长, 即为晶胞边长的  $\frac{\sqrt{2}}{2}$ , 故该正八面体的

边长为  $\frac{\sqrt{2}}{2} a \text{ nm}$ 。

### 第3课时 共价晶体

#### 自主检测

D

#### 探究学习一

1. 金刚石是由碳原子以共价键形成的空间网状结构。每个碳原子与周围四个碳原子以共价键结合。碳原子采用  $\text{sp}^3$  杂化, 键角  $109^\circ 28'$ 。
2. 4个, 每个碳原子与周围四个碳原子以共价键结合。
3. 4
4.  $1:2 \quad 4N_A$
5. 金刚石中的碳碳键键长短、键能高, 故金刚石的熔点高、硬度大。由于每个碳原子参与形成4个共价键, 使得金刚石中没有自由电子, 故金刚石不导电。

#### 探究学习二

1. 4 2
2.  $1:2$  不存在
3. 配位数之比与微粒个数比成反比, 据此, 可通过易判断配位数的微粒, 再结合微粒个数比, 推导出不易判断的微粒的配位数。
4.  $4 \quad 2 \quad 2N_A$

#### 拓展训练

1. C
2. B 解析: 共价晶体一般不导电, 没有延展性, A 项

错误; 共价晶体难溶于水, C 项错误; 共价晶体一般熔点很高, 硬度很大, D 项错误。

#### 【分层训练 素养提升】

1. D 解析: 在金刚石中, 碳原子以共价键结合成空间网状结构, 不存在具有固定组成的分子, 故 A 项正确; 金刚石为共价晶体, 碳原子间以共价键结合, B 项正确; 由于碳原子半径较小, C—C 键的键能高, 所以金刚石的硬度很大, C 项正确; 由于金刚石是碳元素的单质, 所以可以在空气或氧气中燃烧生成二氧化碳, 故 D 项错误。
2. D 解析: 二氧化硅是共价晶体, 为空间网状结构, 存在四面体结构, 硅原子处于中心, 氧原子处于4个顶角, 所以 A 项错误; 晶体硅的结构与金刚石相似(金刚石中最小碳环为6个碳原子), 而  $\text{SiO}_2$  晶体只是在两个 Si 原子间插入1个 O 原子, 即最小环含6个 Si 原子和6个 O 原子。
3. B 解析: 在二氧化硅晶体中, 每个硅原子形成4个 Si—O 键, 故含有4 mol Si—O 键的二氧化硅晶体的物质的量为1 mol, 即含有  $2N_A$  个氧原子, A 项错误; 金刚石中每个碳原子均与另外4个碳原子形成共价键, 且每两个碳原子形成一个 C—C 键, 故1 mol 碳原子构成的金刚石中共有2 mol C—C 键, 因此碳原子数与 C—C 键数之比为  $1:2$ , B 项正确; 二氧化硅晶体中不存在分子, C 项错误; 氖晶体是由单原子分子靠分子间作用力结合在一起形成的, 属于分子晶体, D 项错误。
4. B 解析: 金刚石、SiC、锆石均为共价晶体, 但物理性质有差异。
5. B 解析: 晶体熔、沸点高低取决于结构微粒间作用力的大小, 即金属键、共价键、离子键、分子间作用力的大小。金属晶体的熔点差别很大, 可能比离子晶体的熔、沸点高。离子晶体的熔、沸点与离子半径和离子所带电荷数有关, 电荷数相同时, 离子半径越小, 晶体的熔、沸点越高, 共价晶体中原子的半径越小, 熔点越高。
6. C 解析: 根据题意, 磷化硼为超硬耐磨材料, 说明其晶体类型为共价晶体, 熔融状态不导电, A 项和

B项错误;磷化硼原子间均为共价键,由图可以发现,每个原子均形成4个共价键,C正确;由磷化硼的晶体结构可以看出,它的配位数为4,而NaCl晶体的配位数为6,二者结构微粒的堆积方式明显不同,故D错误。

7. C 解析:共价晶体CO<sub>2</sub>中C和O原子之间以共价键结合成空间立体网状结构,共价键作用强,所以其具有很高的熔、沸点,很大的硬度,A不正确,C正确;CO<sub>2</sub>与SiO<sub>2</sub>组成相似,将SiO<sub>2</sub>晶体中的Si原子换成C原子,就是共价晶体CO<sub>2</sub>的结构,由于C—O键的键长小于Si—O键的键长,C—O键的键能大于Si—O键的键能,所以共价晶体CO<sub>2</sub>的硬度和耐磨性都强于水晶,B不正确;在共价晶体CO<sub>2</sub>中,每个C原子都处于4个氧原子构成的四面体的中心,所以每摩尔共价晶体CO<sub>2</sub>中含有4 mol C—O键,每摩尔C原子与4 mol O原子形成共价键,D不正确。

8. B 解析:由题给信息,氮化碳是超硬新材料,符合共价晶体的典型物理性质,故A正确;氮元素的电负性大于碳元素的,所以在氮化碳中氮元素显-3价,碳元素显+4价,故B错误;晶体结构模型中虚线部分是晶体的最小结构单元,正方形顶点的原子有 $\frac{1}{4}$ 被占有,边上的原子有 $\frac{1}{2}$ 被占有,可得晶体的化学式为C<sub>3</sub>N<sub>4</sub>,故C正确;根据题图可知,每个碳原子与四个氮原子相连,每个氮原子与三个碳原子相连,故D正确。

9. (1)共价 晶体硼的熔、沸点和硬度都介于晶体硅和金刚石之间,而金刚石和晶体硅均为共价晶体,B与C相邻且与Si处于对角线位置,也应为共价晶体 (2)12 60°

解析:(2)每个三角形的顶点被5个三角形所共有,所以,此顶点完全属于一个三角形的只占到 $\frac{1}{5}$ ,每个三角形中有3个这样的点,且晶体B中有20个这样的三角形,因此,晶体B中这样的顶点(B原子)有 $\frac{3}{5} \times 20 = 12$ 个。又因晶体B中的三角

形面为正三角形,所以键角为60°。

10. (1)sp<sup>3</sup> 共价键(或非极性共价键)

$$(2) \textcircled{1} \left( \frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4} \right) \quad \textcircled{2} \frac{8 \times 73}{6.02 \times 565.76^3} \times 10^7$$

解析:(1)类比金刚石,晶体锗是共价晶体,每个锗原子与其周围的4个锗原子形成4个单键,故锗原子采用sp<sup>3</sup>杂化,锗原子间以共价键(或非极性共价键)结合。(2)①对照晶胞图示及A、B、C点坐标,选A点为参照点,可知D在体对角线的 $\frac{1}{4}$ 处,运用比例关系可得D的坐标参数为 $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$ ;②因其晶胞类似金刚石晶胞,故其晶胞内含8个Ge

原子, $\rho = \frac{m}{V} = \frac{8 \times 73}{6.02 \times 565.76^3} \times 10^7 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

#### 第4课时 分子晶体

#### 自主检测

B

#### 探究学习

1. (1)顶点 面心 范德华力 (2)4 (3)12

(4)二氧化碳晶体中分子间作用力为范德华力,强度较小,故熔沸点很低,常温下为气体。

2. (1)4 (2)4 2N<sub>A</sub>

#### 拓展训练

1. D 解析:每个水分子中两个氢原子形成两个氢键,1个氧原子可形成两个氢键,所以每个水分子周围有4个水分子,但是每个氢键被2个水分子共用,所以每个水分子平均含有2个氢键,A项错误。水的稳定性与化学键有关,而与氢键无关,B项错误。对水分子来说,氢键只存在于固态冰和液态水中,水蒸气中不存在氢键,C项错误。液态水凝结成冰时,水分子之间形成氢键存在缔合现象,每个水分子被周围4个水分子包围,这一排列使冰晶体中水分子的空间利用率不高,导致其密度减小,D项正确。

2. A 解析:A中为分子晶体,但由于HF分子间存在氢键,故HF的熔点出现反常,错误;B中也为分子晶体,按相对分子质量由大到小排列,正确;C

中为离子晶体,离子半径: $r(\text{Cl}^-) < r(\text{Br}^-)$ ,故熔点: $\text{NaCl} > \text{NaBr}$ ,而阳离子 $r(\text{Na}^+) < r(\text{K}^+)$ ,故熔点: $\text{NaBr} > \text{KBr}$ ,正确;D中为共价晶体,按键长可知,正确。

### 【分层训练 素养提升】

1. B 解析:A项破坏H—Cl键;C项破坏H—O键;D项破坏离子键;B项破坏范德华力。

2. B 解析:将二聚分子变成单分子,得 $\text{BA}_3$ ,根据两种元素都处于第3周期,可知 $\text{BA}_3$ 可能是 $\text{PCl}_3$ 或 $\text{AlCl}_3$ ,而在 $\text{PCl}_3$ 中所有原子已达稳定结构,不可能形成二聚分子,故只可能是 $\text{AlCl}_3$ ,则该化合物的分子式是 $\text{Al}_2\text{Cl}_6$ ,故A正确;该化合物是无机化合物的二聚分子,属于共价化合物,不存在离子键,只有极性共价键,在熔融状态下不能导电,固态时形成的晶体是分子晶体,故B错误,C、D正确。

3. B 解析:由于由分子构成的晶体,分子与分子之间以分子间作用力相互作用,而分子间作用力较小,克服分子间作用力所需能量较低,故分子晶体的熔、沸点较低,表中的 $\text{MgCl}_2$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $\text{CaCl}_2$ 熔、沸点很高,很明显不属于分子晶体, $\text{AlCl}_3$ 、 $\text{SiCl}_4$ 熔、沸点较低,应为分子晶体,B项正确,A、C、D三项错误。

4. B 解析:由于 $\text{SiCl}_4$ 的分子结构与 $\text{CCl}_4$ 的相似,所以 $\text{SiCl}_4$ 属于分子晶体。 $\text{CCl}_4$ 分子是正四面体结构, $\text{SiCl}_4$ 与其结构相似,因此也是正四面体结构,是含极性键的非极性分子。

5. A 解析:具有分子间氢键的分子晶体,与同族元素的氢化物相比,其熔、沸点较高,则晶体熔点由低到高的顺序为 $\text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{Se} < \text{H}_2\text{Te} < \text{H}_2\text{O}$ ,故A错误;键长越短,共价键越强,硬度越大,键长: $\text{C—C键} < \text{C—Si键} < \text{Si—Si键}$ ,则硬度由大到小的顺序为金刚石 $>$ 碳化硅 $>$ 晶体硅,故B正确;金属原子的价电子数越多、半径越小,其熔点越高,则熔点由高到低的顺序为 $\text{Al} > \text{Mg} > \text{Na}$ ,故C正确;离子半径越小,离子键越强,则晶格能越大,F、Cl、Br、I的离子半径依次增大,则晶格能由大到小

的顺序为 $\text{NaF} > \text{NaCl} > \text{NaBr} > \text{NaI}$ ,故D正确。

6. A 解析:固体 $\text{CCl}_4$ 和 $\text{H}_2\text{O}$ 都是由分子通过分子间作用力形成的晶体,属于分子晶体,故A项正确; $\text{SiO}_2$ 是共价晶体,固体 $\text{CO}_2$ 为分子晶体,二者晶体类型不同,故B项错误; $\text{NaCl}$ 是离子晶体,金刚石是共价晶体,二者晶体类型不同,故C项错误; $\text{MgCl}_2$ 是离子晶体,Na是金属晶体,二者晶体类型不同,故D项错误。

7. B 解析:从各图中可以看出②⑤都不能再以化学键与其他原子结合,所以最有可能是分子晶体。

8. A 解析:每个水分子与四个方向的其他4个水分子形成氢键,因此每个水分子具有的氢键个数为 $4 \times \frac{1}{2} = 2$ 。

9. (1)半径 半径 (2)相对分子质量 相对分子质量 分子间作用力 (3)晶体类型 离子晶体 分子晶体

解析:钠的卤化物属于离子晶体,晶格能的大小决定晶体的熔点高低,而它们的晶格能取决于卤族离子的半径大小。硅、锗、锡、铅的氯化物属于分子晶体,分子间作用力的大小决定熔点高低,而它们的分子间作用力只有范德华力,跟相对分子质量正相关。由此可见,比较熔、沸点应该先确定晶体类型,进而确定微粒间作用力,最终得出结论。

10. (1)分子 高  $\text{N}_{60}$ 、 $\text{N}_2$ 均形成分子晶体,且 $\text{N}_{60}$ 的相对分子质量大,分子间作用力大,故熔、沸点高 (2) $13\ 230 < -$ (3)制作高能炸药

解析:(1) $\text{N}_{60}$ 、 $\text{N}_2$ 形成的晶体均为分子晶体,因 $M_r(\text{N}_{60}) > M_r(\text{N}_2)$ ,故 $\text{N}_{60}$ 晶体中分子间的范德华力比 $\text{N}_2$ 晶体大, $\text{N}_{60}$ 晶体的熔、沸点比 $\text{N}_2$ 晶体高。

(2)因每个氮原子形成三个N—N键,每个N—N键被2个N原子共用,故1 mol  $\text{N}_{60}$ 中存在N—N键:

$1\ \text{mol} \times 60 \times 3 \times \frac{1}{2} = 90\ \text{mol}$ 。发生的反应为 $\text{N}_{60} = 30\text{N}_2$   $\Delta H$ ,故 $\Delta H = 90 \times 167\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} - 30 \times 942\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} = -13\ 230\ \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1} < 0$ ,为放热反应,表明稳定性: $\text{N}_2 > \text{N}_{60}$ 。

(3)由于反应放出大量的热同时生成大量气体,

因此  $N_{60}$  可用于制作高能炸药。

第 5 课时 晶体结构的复杂性

自主检测

石墨中的每个碳原子采用  $sp^2$  杂化, 剩余的 2p 轨道上有单电子, 导致石墨的层与层之间有大量的自由电子, 所以石墨在与层平行的方向上导电。

探究学习一

1. 层状 共价键 六边形平面

2. 3  $1.5N_A$

3. 范德华力

4.  $sp^2$  大  $\pi$  金属键

探究学习二

1.  $sp^3$

2. 共价键、离子键、配位键

【分层训练 素养提升】

1. D 解析: 每个碳原子形成 3 个  $\sigma$  键, 采取  $sp^2$  杂化, 故 A、B 正确; 每个碳原子平均含有  $\frac{1}{2} \times 3 = \frac{3}{2}$


个  $\sigma$  键, 所以碳原子数与  $\sigma$  键键数之比为 2:3, 故 C 正确; 石墨片层之间的碳以范德华力结合而不是共价键, 故 D 错误。

2. C 解析: A 中 ①③ 均只含碳元素, 故错误; B 项中碳纳米管结构中有自由电子, 因此可以导电, 故错误; C 项中石墨炔中含有大量自由电子, 故正确; D 中分子式错误。

3. A 解析: 石墨烯是由碳原子构成的单质, 能在氧气中燃烧, A 项错误; 石墨烯具有超导特性可以导电, 石墨中含有自由电子, 所以石墨也可以导电, B 项正确; 石墨烯只由碳原子构成, 是 C 原子形成的单质, 所以石墨烯与金刚石是同素异形体, C 项正确; 石墨属于混合晶体, 石墨烯属于二维晶体, 二者都具有较高的熔点, D 项正确。

4. D 解析: 石墨烯是碳的单质, 而非化合物; 氧化石墨烯因为还含有氢元素, 故不是石墨烯的氧化物, 也不是碳的同素异形体; 由于氧化石墨烯结构中含有羟基和羧基等亲水基团, 所以具有一定的亲水性, 故选 D。

5. D 解析: 同位素的研究对象是原子, A 选项错误; 0.12 g 石墨烯的物质的量为 0.01 mol, 所含碳原子个数为  $0.01N_A$ , B 选项错误; 有机化合物都是化合物, 而石墨烯只是一种单质, C 选项错误; 通常非金属元素之间易形成共价键, 石墨烯的碳原子间均以共价键结合, D 选项正确。

6. C 解析: 由图 2 可以知道, 铜离子将分子组合在一起, 所以新月形分子和环状分子“组合”在一起, 铜离子起关键作用, 所以 A 选项是正确的; 由图可以知道, 在铜离子作用下, 合成新分子, 新分子中通过机械键互锁而链接在一起, 所以 B 选项是正确的; 由题干信息可以知道, 科学家借助某些金属离子制造出复杂新分子, 铜离子不是唯一可以借助的金属离子, 故 C 错误; 四个环形分子“互锁”可以合成  分子, 多个环形分子“互锁”可以合成更加复杂的分子, 所以 D 选项是正确的。

7. (1)d (2)c (3)①分子 ②分子间作用力

$$\textcircled{3} \frac{1\ 016}{a^3 N_A} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$$

解析: (1) 石墨晶体中存在共价键、范德华力、大  $\pi$  键, 故为混合型晶体。(2)  $C_{60}$  是一种单质, 属于分子晶体, 而  $N_{60}$  类似于  $C_{60}$ , 所以  $N_{60}$  也是单质, 属于分子晶体, 即具有分子晶体的一些性质, 如硬度较小和熔、沸点较低。分子晶体的相对分子质量越大, 熔、沸点越高。单质一般是非极性分子, 难溶于水等极性溶剂, 因此 a、b 项错误, c 项正确;  $N_2$  分子以  $N \equiv N$  键结合,  $N_{60}$  分子中只存在  $N-N$  键, 而  $N \equiv N$  键比  $N-N$  键牢固得多, 所以 d 项错误。(3) 碘分子之间以分子间作用力结合, 所以碘晶体属于分子晶体。根据碘的晶胞结构可知, 一个晶胞中含有  $I_2$  分子的数目为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ , 碘原子为 8 个。

一个晶胞的体积为  $a^3 \text{ cm}^3$ , 质量为  $\frac{4 \times 254}{N_A} \text{ g}$ , 则碘单质的密度为  $\frac{1\ 016}{a^3 N_A} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

8. (1)①  ②  $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$   $sp^3$  ③ <

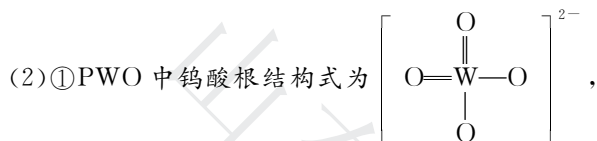
$$(2) \textcircled{1} 2:1 \quad \textcircled{2} \text{BC} \quad \textcircled{3} \frac{4M}{N_A a^2 b \times 10^{-21}}$$

解析:(1)①硅为14号元素,基态硅原子价电子的

轨道表示式为  $\begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 3s & & 3p & \\ \hline \uparrow\downarrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array}$ 。

②根据硅氧组群的结构示意图,结构中含有6个硅氧四面体,其离子符号为  $\text{Si}_6\text{O}_{18}^{12-}$ ,其中Si原子与周围4个O原子相连,采用  $\text{sp}^3$  杂化。

③O元素的电负性比碳大,而碳的电负性比硅大,因此电负性:  $\text{Si} < \text{O}$ 。



该离子中,含有2个W—O键和2个W=O,因此  $\sigma$  键和  $\pi$  键的个数比为  $4:2=2:1$ 。

②根据PWO晶体中含有阴阳离子,属于离子晶体,存在离子键;在阴离子中含有共价键,正确选项BC。

③在1个晶胞中含有阴离子的数目为  $8 \times \frac{1}{8} + 4 \times \frac{1}{2} + 1 = 4$ ,含有阳离子的数目为  $4 \times \frac{1}{4} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ,1 mol晶胞的质量为  $4M \text{ g}$ ,1 mol晶胞的体积为  $(a \times 10^{-7} \text{ cm})^2 \times b \times 10^{-7} \text{ cm} \times N_A = N_A a^2 b \times 10^{-21} \text{ cm}^3$ ,则该晶体的密度  $d = 4M \text{ g} \div N_A a^2 b \times 10^{-21} \text{ cm}^3 = \frac{4M}{N_A a^2 b \times 10^{-21}} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

9. (1)ABEF (2) $\text{sp}^2$  范德华力 (3)①bc ②平面三角形 层状结构中没有自由移动的电子 ③2

解析:(1)石墨晶体是介于共价晶体、金属晶体、分子晶体之间的一种特殊晶体,含有金属键,层与层之间存在范德华力,层内存在共价键。在石墨晶体中同层的每一个碳原子与相邻的三个碳原子以  $\sigma$  键结合;每个碳原子有一个未参与杂化的  $2p$  电子,它的原子轨道垂直于碳原子平面,形成了大  $\pi$  键,因此石墨晶体中既存在  $\sigma$  键又存在  $\pi$  键。

(3)①立方相氮化硼晶体的硬度大小与是否含有  $\sigma$  键和  $\pi$  键无关,与晶体的结构有关,即立方相氮化硼晶体为共价晶体,硬度较大,a错误;六方相

氮化硼晶体与石墨晶体相似,根据石墨晶体可知其层和层之间是靠范德华力结合的,故其作用力小,质地较软,b正确;B和N都是非金属元素,两种晶体中的B—N键都是共价键,c正确;六方相氮化硼晶体与石墨晶体相似,属于混合键型晶体,立方相氮化硼晶体为共价晶体,d错误。②六方相氮化硼晶体与石墨晶体相似,同一层上的原子在同一平面内,根据六方相氮化硼晶体的晶胞结构可知,1个B原子与3个N原子相连,故为平面三角形结构;由于B最外层有3个电子都参与了成键,层与层之间没有自由移动的电子,故不导电。③  $\text{NH}_4^+$  中有1个配位键,  $\text{BF}_4^-$  中有1个配位键,故1 mol  $\text{NH}_4\text{BF}_4$  含有2 mol配位键。

10. (1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$  3 (2)三角锥形  $\text{sp}^3$

(3)  $\text{NH}_3$   $\text{NH}_3$  与水分子之间易形成氢键

(4)abd (5)  $\text{InAs}$   $(760/a^3 N_A) \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

解析:(1)P的原子序数为15,原子核外有15个电子,基态P原子的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ ;基态砷原子的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3$ ,未成对电子数为3个。(2)中心原子磷原子形成了3个  $\sigma$  键,另外还有1个未成键价电子对,其价层电子对的总数是4,需要形成4个杂化轨道,采用  $\text{sp}^3$  杂化。4个  $\text{sp}^3$  杂化轨道中填充了3个  $\sigma$  键的成键电子对和1个未成键价电子对,使得分子的空间结构为三角锥形;  $\text{AsO}_4^{3-}$  中心原子的价层电子对数为  $\frac{5+3}{2} =$

4,所以As原子的杂化方式为  $\text{sp}^3$  杂化。(3)因为  $\text{NH}_3$  与水分子之间易形成氢键,故  $\text{AsH}_3$  与  $\text{NH}_3$  在水中溶解度较大的是  $\text{NH}_3$ 。(4)根据酞菁铜的结构简式可知,该分子中存在的化学键为  $\sigma$  键、 $\pi$  键和配位键。(5)由砷化铜的晶胞结构根据均摊法可得,每个晶胞含有  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$  个In,4个As,砷化铜晶体的化学式为  $\text{InAs}$ ;该晶胞的棱长为  $a \text{ cm}$ ,则砷化铜晶体的密度

$$\text{为 } \rho = \frac{4 \times 190}{a^3} = \frac{760}{a^3 N_A} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}。$$

**【本节建构整合】**

- ①原子 ②共价键 ③空间网状 ④键能 ⑤相对分子质量 ⑥分子间作用力 ⑦氢键 ⑧金属键  
⑨阴、阳离子 ⑩晶格能

**第3节 液晶、纳米材料与超分子**

**自主检测**

1. 折射率、磁化率、电导率 各向异性
2. 制造液晶显示器
3. 既不同于微观粒子又不同于宏观物质 富勒烯 石墨烯 碳纳米管

**拓展训练**

1. C
2. A 解析:题中涉及纳米材料这一新型材料,根据纳米粒子微粒大小,判断出其分散质粒子大小刚好处在胶体分散质大小的范围内,因此可以将其制成胶体。

**【分层训练 素养提升】**

1. C 解析:液晶既具有流动性,也具有类似于晶体的各向异性,是介于液体和晶体之间的一种特殊的聚集状态。
2. BD 解析:A、C中都有能导电的物质,而B非晶体、D纳米颗粒不具有导电性。
3. D 解析:纳米材料由直径为几个或几十个纳米的颗粒和颗粒间的界面两部分组成。纳米颗粒是长程有序的晶体结构,界面则是既不长程有序也不短程有序的无序结构,因此纳米材料具有不同于宏观物体的独特性质。
4. D 解析:玻璃、石蜡、沥青、塑料是常见的非晶体,干冰为分子晶体。
5. B 解析:液晶的显示原理为施加电场时,液晶分子沿电场方向排列;移去电场后,液晶分子恢复到原来状态。
6. D 解析:同一种金属元素构成的纳米材料与宏观金属晶体具有差别很大的性质,如金的常规熔点为1064℃,但2nm尺寸的金的熔点仅为327℃左右。

7. BC 解析:所得混合物为胶体,故能透过滤纸而不能透过半透膜,具有丁达尔现象,故BC正确,A、D错误。
8. D 解析:纳米材料有其独特的功能,一般飞机是用钢铁制造的,由于碳纤维的“强度高、刚度大、密度小”,它也可以作为制造飞机的理想材料;碳纤维复合材料其主要元素是碳,但由于合成的是纳米级材料,碳原子最外层有4个电子,也可以类似于石墨结构,存在着自由电子。
9. B 解析:这种纳米颗粒的表面粒子数占总粒子数的百分数为 $\frac{8}{9} \times 100\% = 88.9\%$ 。
10. (1)长度  $10^{-9}$ (或十亿分之一米) 胶体  
(2)①球棍模型 ②碳 30

**微项目 青蒿素分子的结构测定**

1. B 解析:由结构简式可知,分子中含5个环状结构,含—COOC—及1个过氧基团,结合酯的性质解答该题。由结构简式可知青蒿素的分子式为 $C_{15}H_{22}O_5$ ,故A正确;分子中含有过氧键,不稳定,在温度过高时可分解而变质,故B错误;分子中含有酯基,可在碱性条件下水解,含有过氧键,可被酸性高锰酸钾氧化,故C正确;分子中没有羟基、羧基等亲水基,难溶于水,易溶于有机溶剂,可萃取后蒸馏,故D正确。
2. C 解析:由于酯能溶于水,能在NaOH溶液水中水解并消耗氢氧化钠结合题意可知,青蒿素中含有酯基。

**本章自我检测**

1. D 解析:A、B是错误的,食盐易溶于水,溶解前处于什么状态与溶解、吸收无多大关系,只是溶解的快慢问题。通常使食盐处于晶体状态,不是处于液晶状态。纳米材料不同于一般的晶体、非晶体,所以C也是错误的。
2. A 解析:分析题意可知,该新型碳氧化合物属于共价晶体,以C—O键结合为一种空间网状的无限伸展结构,使学生容易联想到晶体 $SiO_2$ 的结构。



构,故 B、C、D 三项正确。该物质的化学式应为  $\text{CO}_2$ ,而不是  $\text{CO}_4$ ,故 A 项错误。

3. D 解析:根据分类标准,纯净物可分为单质和化合物,单质又分为金属单质与非金属单质,化合物可以分为离子化合物和共价化合物,在这四类物质中,金属单质形成的晶体一定是金属晶体,离子化合物形成的晶体一定是离子晶体,非金属单质与共价化合物形成的晶体可能是分子晶体,也可能是共价晶体。非金属氧化物、强酸都属于共价化合物,强碱属于离子化合物。

4. C 解析:每个  $\text{CO}_2$  周围距离为  $\frac{\sqrt{2}}{2}a$  的  $\text{CO}_2$  即为每个面心上的  $\text{CO}_2$  分子,共有  $8 \times \left(3 \times \frac{1}{2}\right) = 12$  个。

5. C 解析:稀有气体的晶体中不含有化学键,A 项错误; $3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{O}_3$  是化学变化,B 项错误;晶体硅的熔点比钨低,蔗糖的熔点比汞高,C 项正确;氮元素显 +4 价的氧化物有  $\text{NO}_2$ 、 $\text{N}_2\text{O}_4$ ,D 项错误。

6. B 解析:A 的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^4$ ,A 为氧元素;B 有 3 个电子层,且最高能量的电子有 2 个且为 p 电子,那么 B 为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ ,B 为 Si。 $\text{SiO}_2$  为共价晶体。

7. A 解析:根据上述物质的结构知 La 原子的数目为  $12 \times \frac{1}{6} + 2 \times \frac{1}{2} = 3$ ,而 Ni 原子的数目为  $12 \times \frac{1}{2} + 6 + 6 \times \frac{1}{2} = 15$ ,所以 La 与 Ni 的原子个数比为  $3:15=1:5$ 。

8. B 解析:本题考查的是均摊法确定晶胞的化学式,考查学生综合运用能力,中等难度题。8 个 A 在晶胞的内部,全部属于这个晶胞;B 位于顶角和面心,个数  $= \frac{1}{8} \times 8 + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ,故选 B。

9. (1)  $3d^5 4s^2$  由  $\text{Mn}^{2+}$  转化为  $\text{Mn}^{3+}$  时,3d 能级由较稳定的  $3d^5$  半充满状态转变为不稳定的  $3d^4$  状态需要的能量较多;而  $\text{Fe}^{2+}$  转化为  $\text{Fe}^{3+}$  时,3d 能级由不稳定的  $3d^6$  状态转变为较稳定的  $3d^5$  半充满状态需要的能量相对要少

(2) ①具有孤电子对 ②sp 杂化

(3)分子晶体 (4)2:1

解析:(1)原子轨道处于全充满或半充满时能量较低,较稳定,Mn 的价电子排布式为  $3d^5 4s^2$ ;  $\text{Fe}^{2+}$  转化为  $\text{Fe}^{3+}$  时,3d 能级由  $3d^6$  转变为较稳定的半充满状态  $3d^5$ ,而  $\text{Mn}^{2+}$  转化为  $\text{Mn}^{3+}$  时,3d 能级却由较稳定的半充满状态  $3d^5$  转变为  $3d^4$ ,所以气态  $\text{Mn}^{2+}$  再失一个电子比  $\text{Fe}^{2+}$  难。(2) ①形成配合物的中心原子要能提供空轨道,而配体中的分子或离子应能够提供孤电子对;②配体  $\text{CN}^-$  中碳氮以碳氮三键相连,为直线形结构,碳原子的杂化轨道类型为 sp 杂化。(3)  $\text{FeCl}_3$  的熔、沸点较低,可知  $\text{FeCl}_3$  晶体为分子晶体。(4)利用“均摊法”计算,面心立方晶胞中实际含有 Fe 原子的个数为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ ,体心立方晶胞中实际含有 Fe 原子的个数为  $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ ,故二者原子个数之比为 2:1。

10. I. (1)非极性分子 (2)分子晶体

II. (1)因为  $\text{MgO}$  的熔点远高于  $\text{MgCl}_2$ ,故电解熔融  $\text{MgO}$  将需要更高的温度,消耗更多的能量,因而不用电解  $\text{MgO}$  的方法生产镁。观察表中数据可见,  $\text{AlCl}_3$  易升华,熔、沸点低,故属于分子晶体,不存在离子,熔融时不能导电,不能被电解,因而不能用电解  $\text{AlCl}_3$  的方法生产铝

(2)将两种晶体加热到熔融状态,  $\text{MgCl}_2$  能导电,  $\text{AlCl}_3$  不能导电。证明  $\text{MgCl}_2$  为离子晶体,  $\text{AlCl}_3$  为分子晶体

解析: I. (1)由图 1 可看出该结构为高度对称,故为非极性分子。(2)因 Xe、F 均为非金属元素,且结合图 2 结构图得  $\text{XeF}_2$  晶体为分子晶体。

II. 区别离子晶体和分子晶体就看两晶体在熔融状态下能否导电,若能导电,则为离子晶体;若不导电,则为分子晶体。

11. (1)D  $\text{Na}^+$  (2)第 3 周期 III A 族



解析:本题的突破点主要是“B、C、D 的最高价氧

化物的水化物两两混合均能发生反应生成盐和水”,可知 C 的最高价氧化物的水化物为两性氢氧化物,则 C 是 Al,则 B 为 Na。A、E 形成的离子化合物的化学式为 EA<sub>2</sub>,所以 E 为第 II A 族的 Ca,A 为第 VII A 族的 F,则 D 为 Cl。

12. (1)1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>3d<sup>5</sup>4s<sup>1</sup> K、Cu 4

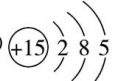
(2)非极性 (3)①③ 直线形

解析:(1)铬元素是 24 号元素,处于第 4 周期,电子排布式为 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>3d<sup>5</sup>4s<sup>1</sup>,其最外层只

有一个电子,同周期中原子最外层只有一个电子的元素还有 K、Cu。根据晶胞图示可知,金属原子的数目为  $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ 。(2)CCl<sub>4</sub>、CS<sub>2</sub> 均为非极性分子,根据相似相溶原理可知,CrO<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> 为非极性分子。(3)涉及含 C 的物质,若 C 都成单键为 sp<sup>3</sup> 杂化;共成一个双键则为 sp<sup>2</sup> 杂化;共成一个三键和二一个双键则为 sp 杂化。

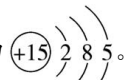
### 期末检测(一)

1. C 2. C 3. C 4. C 5. B 6. B 7. A 8. A 9. B  
10. C 11. D 12. BC 13. AC 14. C 15. AC

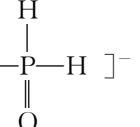
16. (1)  (2) CO 非极性键

(3)①NaH<sub>2</sub>PO<sub>2</sub> +1 ②正

解析:(1)磷原子核电荷数为 15,其原子结构示

意图为 .

(2)磷酸钙真空制磷的反应为 2Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> + 28C  $\xrightarrow{\text{高温}}$  6CaC<sub>2</sub> + P<sub>4</sub>↑ + 16CO↑,反应中碳元素化合价 0 价升高到 +2 价,发生氧化反应得到氧化产物为 CO,CaC<sub>2</sub> 是离子化合物,碳碳间形成碳碳三键,碳化钙的电子式为 Ca<sup>2+</sup>[ $\times$ C:::C $\times$ ]<sup>2-</sup>,则含有共价键的类型为非极性键。

(3)①次磷酸钠的结构为 Na<sup>+</sup>  ,

则次磷酸钠的化学式为 NaH<sub>2</sub>PO<sub>2</sub>,其中 Na 为 +1 价,O 为 -2 价,结合正负化合价代数和为 0,可知磷的化合价为 +1;

②次磷酸钠的结构不含羟基,不能再电离出 H<sup>+</sup>,则次磷酸钠为正盐。

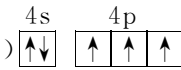
17. (1)第 4 周期 IB 族 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>3d<sup>8</sup>(或[Ar]3d<sup>8</sup>)

(2)B (3)O>C>H

解析:(1)Cu 原子核外有 29 个电子,基态 Cu 原子的核外电子排布式为 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>3d<sup>10</sup>4s<sup>1</sup>,故 Cu 元素在周期表中处于第 4 周期 IB 族。基态 Cu 原子失去 3 个电子得到 Cu<sup>3+</sup>,故基态 Cu<sup>3+</sup> 的核外电子排布式为 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>3d<sup>8</sup> 或 [Ar]3d<sup>8</sup>。

(2)构成化合物的阳离子有未成对电子时,则该化合物具有磁性,V<sup>5+</sup> 的核外电子排布式为 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>,不含未成对电子;Cr<sup>4+</sup> 的核外电子排布式为 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>3d<sup>2</sup>,含 2 个未成对电子;Pb 和 C 元素同主族,Pb<sup>2+</sup> 的 6s 能级处于最外层,有 2 个电子,故 Pb<sup>2+</sup> 不含未成对电子;Zn<sup>2+</sup> 的价电子排布式为 3d<sup>10</sup>,不含未成对电子,故具有磁性的为 CrO<sub>2</sub>。故选 B。

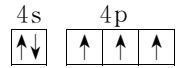
(3)青蒿素中含有 C、H、O 三种元素,其电负性由大到小的顺序为 O>C>H。

18. (1)  哑铃形

(2)①平面三角形 sp<sup>2</sup> ②60° 3:2

(3)二十 共价 (4)4  $\frac{4 \times (75 + 11)}{N_A (0.4777 \times 10^{-7})^3}$

解析:(1)砷元素位于周期表第 4 周期 VA 族,原子最外层电子排布式为 4s<sup>2</sup>4p<sup>3</sup>,则最外层电子排

布为 ;基态硼原子的排布式为 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>1</sup>,核外电子占据能量最高的能级为 2p,

轮廓图为哑铃形。

(2)① $\text{BI}_3$  分子中 B 原子的价层电子对数为 3, 孤电子对数为 0, 则 B 原子杂化方式是  $\text{sp}^2$  杂化,  $\text{BI}_3$  分子空间结构为平面三角形;

②由图可知,  $\text{As}_4$  分子为正四面体形, 分子中键角为  $60^\circ$ , 分子中有 6 个共价键, 即成键电子对有 6 个, 每个 As 原子有 1 对孤电子, 则分子中成键电子对与孤电子对数目之比为  $6:4=3:2$ 。

(3)根据晶胞的结构图可知, 每个硼原子被 5 个正三角形共用, 每个正三角形上有三个硼原子, 是由 20 个正三角形构成的正二十面体; 单质硼的熔点为  $2180^\circ\text{C}$ , 说明单质硼是熔、沸点高的共价晶体。

(4)由于 As 的原子半径大于 B, 所以黑球代表 As 原子, 有晶胞结构可知每个 As 原子周围有 4 个 B 原子, 4 个 As 原子位于晶胞体内, B 原子位于晶胞的顶点和面心上, 个数为  $(8 \times 1/8 + 6 \times 1/2)$ , 则晶胞中有 4 个  $\text{BAs}$ , 晶胞的质量为  $\frac{4 \times (11 + 75)}{N_A}$  g, 由晶胞参数为  $0.4777 \text{ nm}$  可得,  $(0.4777 \times 10^{-7} \text{ cm})^3 \rho = \frac{4 \times (11 + 75)}{N_A}$ , 则  $\rho = \frac{4 \times (11 + 75)}{N_A (0.4777 \times 10^{-7})^3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

19. (1)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$  (2)  $\text{sp}^2, \text{sp}^3$  (3) 18

(4)  $\text{NH}_4^+$  正四面体 (5) 3

解析: (1) Zn 位于周期表第 4 周期 II B 族, 原子核外电子排布为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$ , 失去 4s 能级的 2 个电子形成  $\text{Zn}^{2+}$ , 所以  $\text{Zn}^{2+}$  的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10}$ 。

(2) 苯环上 C 原子形成 3 个  $\sigma$  键, 杂化轨道数目为 3, 亚甲基中 C 原子形成 4 个  $\sigma$  键, 杂化轨道数目为 4, 分别采取  $\text{sp}^2, \text{sp}^3$  杂化。

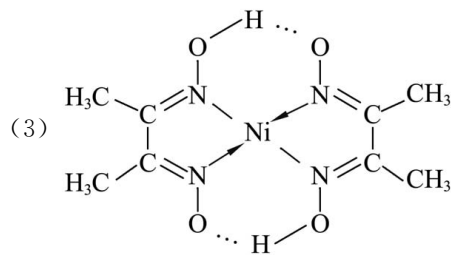
(3) 苯甲酸甲酯分子中 8 个 C—H 键、7 个碳碳键、2 个 C—O 键、1 个 C=O 键, 1 个分子含有 18 个  $\sigma$  键, 1 mol 苯甲酸甲酯分子中含有  $\sigma$  键为 18 mol。

(4) 原子数和价电子数分别都相等的是等电子体, 与  $\text{BH}_4^-$  互为等电子体的阳离子可以用 N 原子、1 个单位正电荷替换 B 原子、1 个单位负电

荷, 与  $\text{BH}_4^-$  互为等电子体的一种阳离子是  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{BH}_4^-$  离子中 B 原子价层电子对是 4, 且不含孤电子对, 所以其空间结构是正四面体形。

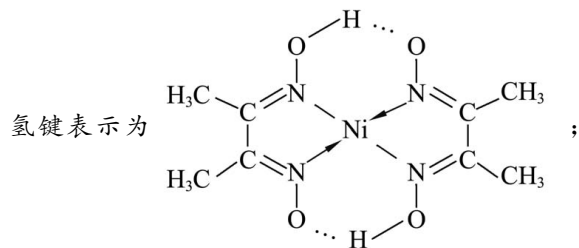
(5) 根据示意图可判断每个  $\text{H}_3\text{BO}_3$  分子形成 6 个氢键, 每个氢键为 2 个  $\text{H}_3\text{BO}_3$  分子共用, 1 mol  $\text{H}_3\text{BO}_3$  的晶体中氢键为  $6 \text{ mol}/2 = 3 \text{ mol}$ 。

20. (1)  $3d^8 4s^2$  1 (2) B



(4) 6 离子半径越小, 离子所带电荷越多, 键越强, 熔点越高

解析: (1) Ni 元素原子序数是 28, 其 3d、4s 电子为其价电子, 3d、4s 能级上电子数分别是 8、2, 其价电子排布式为  $3d^8 4s^2$ , 最高能层的电子为 N, 分别占据的原子轨道为 4s, 原子轨道为球形, 所以有一种空间伸展方向; (2) CO 与  $\text{CN}^-$  互为等电子体, 则一氧化碳中含有碳氧三键, 其中  $\sigma$  键个数为 1;  $\pi$  键个数为 2; 故  $\sigma$  键和  $\pi$  键个数之比为 1:2, 故 A 正确;  $\text{NH}_3$  的中心原子为 N, 价层电子对数为 4 对, 有一对孤电子对,  $\text{sp}^3$  杂化, 空间结构为三角锥形, 故 B 错误; 根据题干信息, 镍能形成多种配合物如正四面体形的  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  和正方形的  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ 、正八面体形的  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$ , 因此  $\text{Ni}^{2+}$  在形成配合物时, 其配位数可能为 4 或 6, 故 C 正确;  $\text{Ni}(\text{CO})_4$  中, 镍元素成键电子对数为 4, 孤电子对数为 0, 则价电子对数为 4, 是  $\text{sp}^3$  杂化, 故 D 正确。(3) 中心原子提供空轨道配体提供孤电子对形成配位键; 氢键存在于已经与 N、O、F 等电负性很大的原子形成共价键的 H 与另外的 N、O、F 等电负性很大的原子之间, 则配位键和



(4) 因为 NiO 的晶体结构类型均与氯化钠的相同, 而氯化钠中阴、阳离子的配位数均为 6, 所以 NiO 晶胞中 Ni 和 O 的配位数也均为 6; 根据表格数据, 氧离子和镍离子的半径小于钠离子和氯

离子, 则 NiO 的键长小于 NaCl, 二者都属于离子晶体, 离子晶体的熔点与离子键的强弱有关, 离子所带电荷越多, 离子半径越小, 离子键越强, 熔点越高, 所以氧化镍的熔点高于氯化钠的熔点。

## 期末检测(二)

1. C 2. A 3. A 4. B 5. B 6. B 7. C 8. B 9. A  
10. A 11. AC 12. C 13. BC 14. AC 15. B

16. (1) 氧 (2) 2 3d (3) ① 

↑↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑↓
----	---	---	---	---	---	----

 ② N>S>C (4) O

Mn (5) 15  
Fe<sup>3+</sup> 的价电子排布式为 3d<sup>5</sup>, 为半充满结构, 而 Fe<sup>2+</sup> 价电子排布式为 3d<sup>6</sup>

17. (1) sp<sup>3</sup> sp<sup>3</sup> (2) 离子键 ZnF<sub>2</sub> 为离子化合物, ZnCl<sub>2</sub>、ZnBr<sub>2</sub>、ZnI<sub>2</sub> 的化学键以共价键为主, 极性

较小 (3) NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 1:2 (4) 

Cl	Cl	Cl
Fe	Fe	Fe
Cl	Cl	Cl

 4

(5) (P<sub>n</sub>O<sub>3n+1</sub>)<sup>(n+2)-</sup> (6) ad

解析: (1) 乙二胺分子中, 1 个 N 原子形成 3 个单键, 还有一对孤电子对, 故 N 原子价层电子对数为 4, N 原子采取 sp<sup>3</sup> 杂化; 1 个 C 原子形成 4 个单键, 没有孤电子对, 价层电子对数为 4, 采取 sp<sup>3</sup> 杂化。

(2) 离子键 ZnF<sub>2</sub> 为离子化合物, ZnCl<sub>2</sub>、ZnBr<sub>2</sub>、ZnI<sub>2</sub> 的化学键以共价键为主, 极性较小。

(3) AsH<sub>3</sub> 的中心原子 As 的价层电子对数为  $\frac{5+3}{2}=4$ , 包括 3 对成键电子和 1 对孤电子对, 故其立体结构为三角锥形。

(4) Fe 能够提供空轨道, 而 Cl 能够提供孤电子对, 故 FeCl<sub>3</sub> 分子双聚时可形成配位键。由常见 AlCl<sub>3</sub> 的双聚分子的结构可知 FeCl<sub>3</sub> 的双聚分子的结构式, 其中 Fe 的配位数为 4。

(5) 由三磷酸根离子的结构可知, 中间 P 原子连接的 4 个 O 原子中, 2 个 O 原子完全属于该 P 原子, 另外 2 个 O 原子分别属于 2 个 P 原子, 故属于该

P 原子的 O 原子数为  $2+2 \times \frac{1}{2}=3$ , 属于左、右两

边的 2 个 P 原子的 O 原子数为  $3 \times 2 + \frac{1}{2} \times 2=7$ ,

故若这类磷酸根离子中含 n 个 P 原子, 则 O 原子个数为 3n+1, 又因 O 元素的化合价为 -2, P 元素的化合价为 +5, 故该离子所带电荷为  $-2 \times (3n+1)+5n=-n-2$ , 这类磷酸根离子的化学式可用通式表示为 (P<sub>n</sub>O<sub>3n+1</sub>)<sup>(n+2)-</sup>。

(6) 晶体 Q 中存在 O...H 氢键、O→B 配位键、O—H 和 B—F 共价键, 还有分子间作用力。

18. (1) 第 4 周期 VI B 族 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>3d<sup>5</sup>4s<sup>1</sup> (或 [Ar]3d<sup>5</sup>4s<sup>1</sup>) H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> H<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (2) 共价 4N<sub>A</sub> (3) 角形 sp<sup>3</sup> 杂化 (4) 3 1 (5) 4

解析: 根据题给信息推断, X 元素原子的价电子排布为 ns<sup>n</sup>np<sup>2n</sup>, s 轨道含有 2 个电子, 则 X 元素原子的价电子排布为 2s<sup>2</sup>2p<sup>4</sup>, X 为氧元素, 位于第 2 周期; X、Y、Z、L 四种元素分别位于元素周期表中三个相邻的周期且原子序数依次增大, Y 和 Z 位于同一周期, 则 Y 和 Z 位于第 3 周期, 最外层都有两个未成对电子, 则 Y 为硅元素, Z 为硫元素; L 元素位于第 4 周期, 基态原子的未成对电子数是同周期最多的元素, 则 L 的核外电子排布式为 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>3d<sup>5</sup>4s<sup>1</sup>, 为 Cr 元素。(1) L 为铬元素, 在元素周期表中的位置是第 4 周期 VI B 族, 则该原子核外电子排布式是 1s<sup>2</sup>2s<sup>2</sup>2p<sup>6</sup>3s<sup>2</sup>3p<sup>6</sup>3d<sup>5</sup>4s<sup>1</sup> (或 [Ar]3d<sup>5</sup>4s<sup>1</sup>), 其最高正价氧化物对应的水化物的化学式是 H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> 和 H<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>; (2) 元素 X 与 Y 形成的化合物二氧化硅晶体类型是共价晶体, 1 mol 该化合物含有的化学键数为 4N<sub>A</sub>; (3) 元素 M 是周期表中电负性最强的元素, 则 M 为氟元

素, X与M形成的化合物  $\text{OF}_2$  的分子空间结构是角形, 该化合物中 X原子的杂化轨道类型是  $\text{sp}^3$  杂化; (4) 氧与碳、氢三种元素形成的相对分子质量最小的为甲醛, 分子里有 3 个  $\sigma$  键, 1 个  $\pi$  键;

(5) 利用切割法判断, 晶胞中 Z 离子数目为  $8 \times \frac{1}{8} + 4 \times \frac{1}{4} + 2 \times \frac{1}{2} + 1 = 4$ 。

19. (1)  $3\text{d}^2 4\text{s}^2$  (2) 2 2 (3) ad (4)  $\text{C} < \text{O} < \text{N}$

(5)  $[\text{TiCl}(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$

解析: A、B、C、D、E 原子序数依次增大, A 位于元素周期表的 s 区, 其原子中电子层数和未成对电子数相同, A 为 H; B 的基态原子中电子占据三种能量不同的原子轨道, 且每种轨道中电子总数相同, B 为碳; D 的核外成对电子数是未成对电子数的 3 倍, D 为 O, C 为 N; A、B、D 三种元素形成的化合物 M 是新装修居室中常含的有害气体, M 为甲醛, A、B 形成的原子个数比为 1:1 的常见有机溶剂 N 为苯, E 有“生物金属”之称,  $\text{E}^{4+}$  离子和氪原子核外电子排布相同, E 为 Ti。

(1) 基态 Ti 原子的价电子排布式为  $3\text{d}^2 4\text{s}^2$ 。

(2) HCN 分子中含有 2 个  $\sigma$  键, 2 个  $\pi$  键。(3) 甲醛与水分子间能形成氢键, 且为极性分子, 苯不溶于水, 苯为非极性分子, a 项对; 甲醛分子的中心原子采用  $\text{sp}^2$  杂化, 二氧化碳分子的中心原子采用 sp 杂化, b 项错; 苯分子中含有 12 个  $\sigma$  键和 1 个大  $\pi$  键, c 项错;  $\text{CO}_2$  晶体是分子晶体,  $\text{SiO}_2$  晶体是共价晶体,  $\text{CO}_2$  晶体熔、沸点都比二氧化硅晶体低, d 项对。(4) C、N、O 第一电离能顺序为  $\text{C} < \text{O} < \text{N}$ 。

(5)  $\text{TiCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  为绿色晶体, 该晶体中两种配体的物质的量之比为 1:5, 内界配离子为  $[\text{TiCl}(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$ 。

20. (1) 三角锥形  $[:\text{N}:::\text{O}:]^+$

(2)  $\text{Fe}^{3+}$   $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$

(3) N、S (4)  $\text{sp}^3$ 、 $\text{sp}^2$   $15N_A$

(5)  $6 \times 6 \times \frac{6M}{bV}$

解析: (1) 碳负离子  $\text{CH}_3^-$  中碳原子的价层电子对数 =  $3 + \frac{4+1-3 \times 1}{2} = 4$ , 含有一对孤电子对, 所以

空间结构为三角锥形;  $\text{NO}^+$  与氮气互为等电子体, 则根据等电子原理,  $\text{NO}^+$  的电子式为  $[:\text{N}:::\text{O}:]^+$ 。(2) N、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$  四种微粒基态的核外电子排布式中未成对电子数分别是 3、0、5、1, 所以未成对电子数最多的是  $\text{Fe}^{3+}$ ;  $\text{Cu}^{2+}$  在水中呈现蓝色是因为形成了水合铜离子, 其化学式为  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ 。(3) 由图可知, 钒固氮酶中, N、S 均能提供孤电子对, 钒的配位原子为 S 与 N。

(4) 由烟酰胺结构可知, 分子中氨基中的 N 原子形成 3 个  $\sigma$  键、含有 1 对孤电子对, 杂化轨道数目为 4, 采取  $\text{sp}^3$  杂化, 而环中 N 原子形成 2 个  $\sigma$  键、含有 1 对孤电子对, 杂化轨道数目为 3, 采取  $\text{sp}^2$  杂化; 1 个分子中含有 4 个 C—H 键、2 个 N—H 键、3 个 C—C 键、2 个 C—N 键、4 个双键, 单键为  $\sigma$  键, 双键含有 1 个  $\sigma$  键、1 个  $\pi$  键, 故 1 个分子中含有  $\sigma$  键的数目为 15, 1 mol 该分子中含  $\sigma$  键的数目为  $15N_A$ 。

(5) 在此结构中钨原子数目为  $1 + 2 \times \frac{1}{2} + 12 \times \frac{1}{6} + 6 \times \frac{1}{3} = 6$ , 以体内钨原子可知, 1 个钨原子周围距离最近的碳原子有 6 个; 结构中钨原子数目为 6、碳原子数目为 6, 则晶胞的质量为  $6 \times \frac{M \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{N_A \text{ mol}^{-1}}$ , 则

$6 \times \frac{M \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{N_A \text{ mol}^{-1}} = V \text{ cm}^3 \times b \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ , 故  $N_A = \frac{6M}{bV}$ 。