

# 普通化学(第一学期)重点整理 2023 级 zyh 班

## 考试要点/易错点

- 计算题仔细检查，算错易被拉分
- J 与 kJ 要看清
- 在公式  $pV = \rho RT$  中，  
 $R = 8.314 \text{ KPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$   
 $= 8.314 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$   
 $= 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- 对于依数性，先判断是 非电解质稀溶液 / 离子溶液。离子溶液需要乘上 i
- 溶液计算题，看清“溶液” / “溶剂”，质量摩尔浓度  $b_A = \frac{n_{\text{质}}}{m_{\text{剂}}}$
- Slater 规则 最外层不要误当做全满来算
- 计算电离能 注意乘上电子数
- 电离  $\Delta H = I$  亲和电子  $\Delta H = -A$  形成晶体  $\Delta H = -U$
- 热学计算题：

$q_v q_p \Delta U$  在某个式子中的正负号

代入数值计算后 检验一下加减是否正确

气化（蒸发）过程的计算题：

- ① 蒸发热对应的是 q，不是  $\Delta U$ ，不是 W
- ② 蒸发过程，温度不变，但是  $\Delta U \neq 0$  【？与物理热学  $\Delta U = nRT$  不一样？】
- ③  $W = -pV_g = -n_g RT$ ，利用气体物质的量计算做功

## 第一章 物质的聚集态

### I 气体

#### 1.1 理想气体状态方程

波义耳	等温	P V 成反比
查理-盖吕萨克	等压	V T 成正比
阿伏伽德罗	等温等压	V n 成正比

极限密度法（等温）：

$$p \frac{V}{n} = RT + \beta p = RT(1 + \beta' p)$$
$$\frac{p}{\rho} = \frac{RT}{M} + \frac{RT}{M} \cdot \beta' p$$

#### 1.2 混合气体

Dalton 分压定律 (略)

$$p_i = p_{\text{总}} x_i$$

### 1.3 实际气体与实际气体方程

压缩系数  $Z = \frac{PV}{nRT}$

因素：分子内聚力使气体分子对器壁碰撞产生的压强减小  
分子占有一定的空间体积，所以实测体积总是大于理想状态

Van der Waals 的修正的气态方程

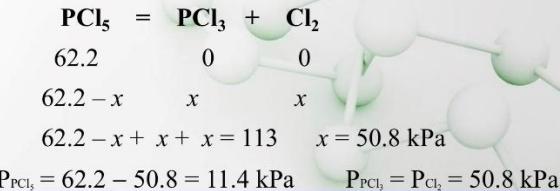
$$(p_{\text{实}} + \frac{n^2 a}{V^2})(V - nb) = nRT$$

题目

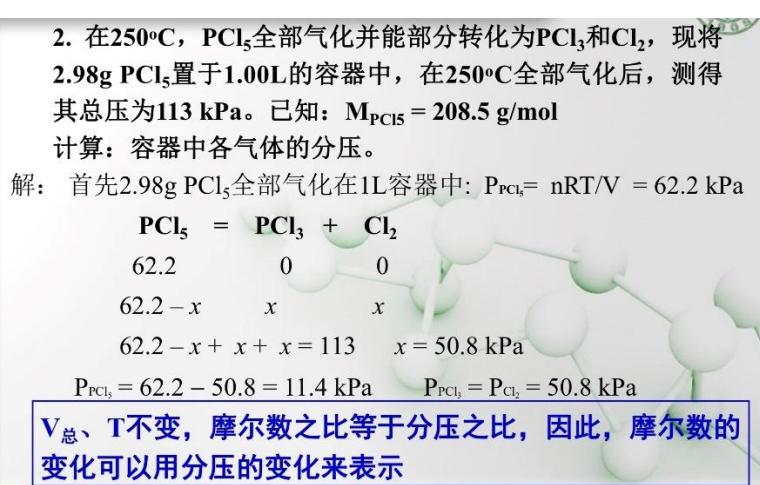
2. 在 $250^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{PCl}_5$ 全部气化并能部分转化为 $\text{PCl}_3$ 和 $\text{Cl}_2$ , 现将2.98g  $\text{PCl}_5$ 置于1.00L的容器中, 在 $250^{\circ}\text{C}$ 全部气化后, 测得其总压为113 kPa。已知:  $M_{\text{PCl}_5} = 208.5 \text{ g/mol}$

计算: 容器中各气体的分压。

解: 首先2.98g  $\text{PCl}_5$ 全部气化在1L容器中:  $P_{\text{PCl}_5} = nRT/V = 62.2 \text{ kPa}$



**V<sub>总</sub>、T不变, 摩尔数之比等于分压之比, 因此, 摩尔数的变化可以用分压的变化来表示**



## 2 液体

相 相变 相数的计算 (均匀的就算一个相, 不均匀的是多个相)

### 2.1 气体的液化

临界温度: 在临界温度以上, 不论怎样加大压强都不能使气体液化

临界压力 临界体积

永久气体: 沸点和临界温度都低于室温, 不能在室温加压液化

可凝聚气体: 沸点低于室温, 临界温度高于室温

### 2.2 气体的蒸发

饱和蒸气压: 气-液相达到相平衡

克拉伯龙-克劳修斯方程:

$$\lg \frac{p_2}{p_1} = -\frac{\Delta H_{vap}}{2.303R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

**例** 2. 在40°C时将1L饱和有苯蒸气的空气从750mmHg压缩至5atm，若40°C时苯的P<sub>饱</sub>=181.7mmHg，分子量为78g/mol。问：压缩过程中有多少克苯蒸气发生凝聚？

解：压缩前后苯的n发生变化，空气的n未发生变化  
首先用空气求出压缩后气体的总体积。

$$P_{\text{空}_1} V_{\text{总}1} = P_{\text{空}_2} V_{\text{总}2}$$

$$(750 - 181.7) \times 1 = (5 \times 760 - 181.7) \times V_{\text{总}2}$$

$$V_{\text{总}2} = 0.1571 \text{ L}$$

$$\text{压缩前: } P_{\text{苯}} V_{\text{总}1} = n_1 RT \quad \Delta n = n_1 - n_2 = \frac{P_{\text{苯}}(V_{\text{总}1} - V_{\text{总}2})}{RT}$$

$$\text{压缩后: } P_{\text{苯}} V_{\text{总}2} = n_2 RT \quad w = \Delta n \times M_{\text{苯}} = \frac{181.7 \times (1 - 0.1571)}{760 \times 0.08206 \times (273.15 + 40)} \times 78$$

$$= 0.612 \text{ g} \quad \text{已知凝聚的苯的质量, 求分子量?}$$

$$\text{已知凝聚的苯的质量, 求苯的饱和蒸气压?}$$

## 2.3 凝固和熔化

**气-液平衡:**

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{vap}}}{T_b [V_m(g) - V_m(l)]}$$

**固-液平衡:**

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{fus}}}{T_f [V_m(l) - V_m(s)]}$$

**气-固平衡:**

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\Delta H_{\text{sub}}}{T_{\text{sub}} [V_m(g) - V_m(s)]}$$

## 2.4 升华和沉积

### 2.5 相图

水的  
三相点

自由度 F=体系的组分数 C-相数 P+2

## 3 溶液

### 3.1 溶液的浓度 3.2 溶解度

质量分数 (质量百分浓度)

$$\frac{m_{\text{质}}}{m_{\text{质}} + m_{\text{剂}}} \times 100\%$$

物质的量分数（摩尔分数）	$x_{\text{质}} = \frac{n_{\text{质}}}{n_{\text{质}} + n_{\text{剂}}} \times 100\%$	
质量摩尔浓度	$b_A = \frac{n_{\text{质}}}{m_{\text{剂}}}$	$\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$
物质的量浓度（体积摩尔浓度）	$c_{\text{质}} = \frac{n_{\text{质}}}{V_{\text{液}}} \times 100\%$	$\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$
体积分数	$\varphi_{\text{质}} = \frac{V_{\text{质}}}{V_{\text{液}}} \times 100\%$	
固体溶解度	$m_{\text{质}} / 100\text{g 溶剂或溶液}$	
气体溶解度	$n_{\text{气体}} \text{ 或者 } V_{\text{气体}} / 1\text{kg 或者 } 1\text{L 溶剂}$	

固体溶解于液体：

破坏晶格能，吸热；溶剂化，放热

气体溶解于液体：

溶解与溶剂化都放热

含结晶水的物质的溶解度：以  $m_{\text{无水盐}}$  计算

固体熔点 $\downarrow$ ，溶解度 $\nearrow$

气体沸点 $\uparrow$ ，溶解度 $\nearrow$

温度 $\uparrow$ ，气体溶解度 $\searrow$

**Henry 定律**（稀溶液，无化学反应）

$$c = kp$$

p 是研究的那个气体的分压，不是总压

题目

**例题：**

已知在  $101\text{kPa}$  及  $20^\circ\text{C}$  时，纯氧气在水中的溶解度为  $1.38 \times 10^{-3}\text{mol/dm}^3$ ，那么在相同温度下被  $101\text{kPa}$  空气饱和的水溶液中， $\text{O}_2$  的溶解度为多少？已知空气中氧气的体积百分数为  $21\%$ 。

### 3.3 非电解质稀溶液的依数性

非挥发性溶质

1. 蒸气压下降  $\Delta p = p^0 \cdot x_{l\text{质}}$   $p^0$  是纯组分蒸气压  $x_{l\text{质}}$  是摩尔分数

(Raoult 定律  $p = p^0 \cdot x_{l\text{质}}$ )

2. 沸点升高  $\Delta T_b = K_b \times b_{\text{质}}$   $b_{\text{质}}$  是质量摩尔浓度, 单位  $\text{mol}/\text{kg}$

3. 凝固点下降  $\Delta T_f = K_f \times b_{\text{质}}$

4. 渗透压  $\pi = \rho g h = cRT$

p.s. 电解质溶液(离子溶液)的依数性

蒸气压下降  $\Delta p = i p^0 \cdot x_{l\text{质}}$

沸点升高  $\Delta T_b = i K_b \times b_{\text{质}}$

凝固点下降  $\Delta T_f = i K_f \times b_{\text{质}}$

渗透压  $\pi = i cRT$

i 范特霍夫因子  $>1$

AB型 如 NaCl i 接近 2

AB<sub>2</sub>A<sub>2</sub>B型 i 接近 3

依数性有哪些?

蒸气压下降 沸点上升 凝固点降低 溶液的渗透压

稀溶液浓度变化先看什么?

先看是电解质还是非电解质

电解质的话 四个公式全乘 i

电解质 AB型乘 2; AB<sub>2</sub>、A<sub>2</sub>B型乘 3

需要是非挥发性溶质 稀溶液

计算沸点上升 凝固点下降时 公式是什么? 公式里面 b 要注意什么?

$\Delta T = k b_{\text{质}}$  要注意质量摩尔浓度 除以的是溶剂质量

### 3.4 两种挥发性液体的理想溶液

两类可以当作理想溶液的实际溶液:

①结构性质相似 (苯与甲苯)

②稀溶液

理想双液系是啥?

两种相近的挥发性液体

液相：

$$x_A = \frac{P_A}{P_A^o} \quad x_B = \frac{P_B}{P_B^o}$$

气相：

$$\dot{x}_A = \frac{P_A}{P_{\text{总}}} = \frac{P_A}{P_A + P_B} = \frac{P_A^o x_A}{P_A^o - x_B \times (P_A^o - P_B^o)}$$

$$\dot{x}_B = \frac{P_B}{P_{\text{总}}} = \frac{P_B^o x_B}{P_A^o x_A + P_B^o x_B}$$

蒸气压大的组分，在气相中的含量比在液相中的高

题目

**例题：**有一个苯和甲苯组成的理想溶液体系，85°C时苯的饱和蒸气压  $P_{\text{苯}}^o = 877 \text{ mmHg}$ ，甲苯的饱和蒸气压  $P_{\text{甲苯}}^o = 345 \text{ mmHg}$ 。求：当溶液中苯的摩尔分数为0.78时，气相中苯和甲苯的摩尔分数为多少？

将气相组分冷凝（全部转化为液体），然后再加热到85°C，计算：此时气相中苯和甲苯的摩尔分数？

**解：**  $x_{\text{苯}(l)} = 0.78, x_{\text{甲苯}(l)} = 1 - 0.78 = 0.22$

$$P_{\text{苯}(g)} = P_{\text{苯}}^o \times x_{\text{苯}(l)} = 877 \times 0.78 = 684.06 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{甲苯}(g)} = P_{\text{甲苯}}^o \times x_{\text{甲苯}(l)} = 345 \times 0.22 = 75.9 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{总}} = P_{\text{苯}(g)} + P_{\text{甲苯}(g)} = 684.06 + 75.9 = 759.96 \text{ mmHg}$$

$$\dot{x}_{\text{苯}(g)} = \frac{P_{\text{苯}(g)}}{P_{\text{总}}} = \frac{684.06}{759.96} = 0.90$$

$$\dot{x}_{\text{甲苯}(g)} = 1 - 0.90 = 0.10$$

**解：**  $\dot{x}_{\text{苯}(l)} = 0.90, \dot{x}_{\text{甲苯}(l)} = 0.10$

$$P_{\text{苯}(g)} = P_{\text{苯}}^o \times \dot{x}_{\text{苯}(l)} = 877 \times 0.90 = 789.3 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{甲苯}(g)} = P_{\text{甲苯}}^o \times \dot{x}_{\text{甲苯}(l)} = 345 \times 0.10 = 34.5 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{总}} = P_{\text{苯}(g)} + P_{\text{甲苯}(g)} = 789.3 + 34.5 = 823.8 \text{ mmHg}$$

$$\dot{x}_{\text{苯}(g)} = \frac{P_{\text{苯}(g)}}{P_{\text{总}}} = \frac{789.3}{823.8} = 0.96$$

$$\dot{x}_{\text{甲苯}(g)} = 1 - 0.96 = 0.04$$

## 4 固体

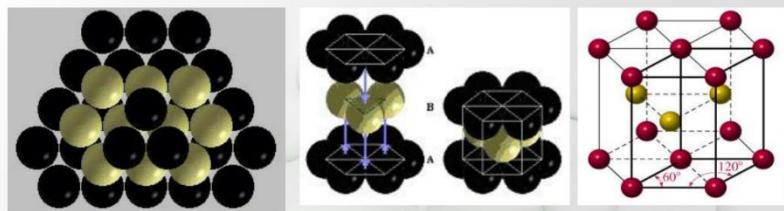
## 4.1 晶体结构的有序性

## 4.2 晶体的类型

掌握 简单立方 体心立方 面心立方  
两种球密堆积

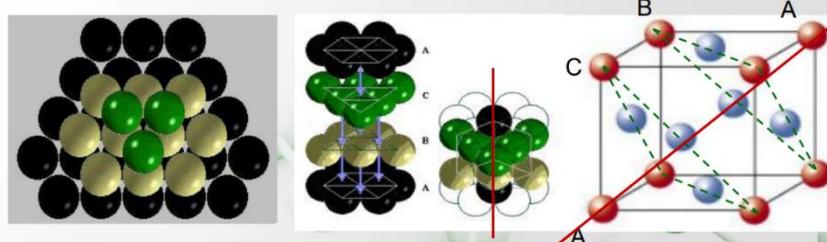
### 二类不同的球密堆积结构

#### 第一类堆积方式：六方密堆积（六方晶格）



密置层按二层相互错开，第三层正对着第一层的方式堆积而成。配位数为12，晶胞所含原子数为2，金属原子空间利用率为74%。

#### 第二类堆积方式：立方密堆积（面心立方晶格）

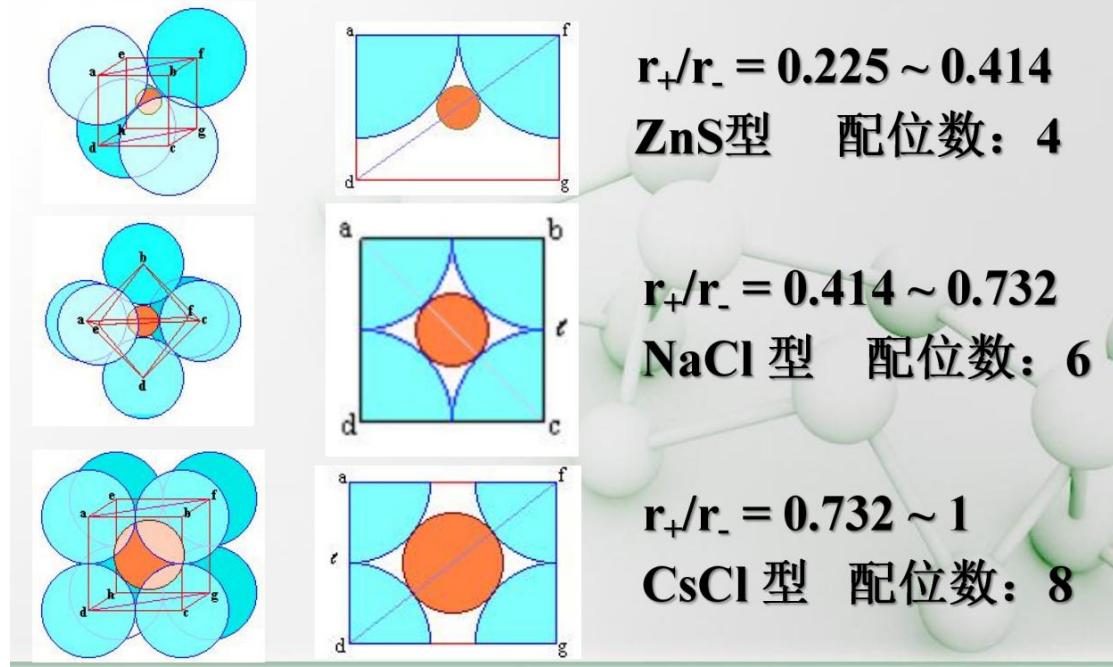


密置层按三层一组相互错开，第四层正对着第一层的方式堆积而成。配位数为12，晶胞所含原子数为4，金属原子空间利用率为74%。

两种 非密堆积 简单立方 体心立方

计算空间占有率

离子晶体 (MX型) 负离子比正离子大, 金属离子 (正离子) 的配位数取决于正负离子的半径比



## 第二章 原子的电子结构

### 1 原子理论发展和核型原子模型建立

### 2 氢原子光谱的 Bohr 理论

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \text{ 其中 } R \text{ 为里德伯常数}$$

$$E = -\frac{Z^2}{2n^2} E_h \text{ 其中 } E_h = 1 \text{ a.u.}$$

### 3 微观粒子的特性和运动规律

$$\lambda = h/mv$$

$$\Delta x \Delta p = \frac{h}{4\pi}$$

### 4 氢原子的量子力学模型

理解 R, Y, R<sup>2</sup>, Y<sup>2</sup> 的含义

3 个轨道运动量子数 哪 3 个字母

分别叫什么

取值分别是什么

另外还有一个量子数是什么

n l m

n 主量子数 l 角量子数 m 磁量子数

1234... 012...n-1 0 +1 +2

自旋量子数

字母是什么  
取值是什么  
径节面数=n-l-1  
角节面数=l

$m_s$   
+1/2

## 5 多电子原子结构与周期律

### 5.1 屏蔽效应和穿透作用

修正:

$$E = -\frac{Z^{*2}}{2n^{*2}} E_h$$

有效核电荷  $Z^* = Z - \sigma$  其中  $\sigma$  为屏蔽常数, 由 Slater 规则估算  
注意!!! 最外层不要误当做全满来算!!!

屏蔽常数  $\sigma$  的大小可由斯莱特(Slater)规则估算,  
其内容如下:

多电子原子的原子轨道分组:

(1s) (2s, 2p) (3s, 3p) (3d) (4s, 4p) (4d) (4f) (5s, 5p)

- 处在右面的各轨道组内的电子对左面轨道组内的电子没有屏蔽作用, 屏蔽系数为0;
- 在同一轨道组内的电子, 除(1s)组的二个电子间的屏蔽系数为0.30外, 其它各轨道组内电子间的屏蔽系数都是0.35;

◆ 主量子数为  $n-1$  的各轨道组内的电子对(ns, np)组内各电子的屏蔽系数为0.85;

◆ 主量子数等于和小于  $n-2$  的各轨道组内的电子对(ns, np)组内各电子的屏蔽系数均为1.00;

◆ 处在(nd)或(nf)组左面的各轨道组内的电子对(nd)或(nf)组内电子的屏蔽系数均为1.00。

题目

Br: 核电荷  $Z = 35$  核外35个电子的排布:

轨道符号	(1s)	(2s 2p)	(3s 3p)	(3d)	(4s 4p)
电子数	2	2	6	2	6 10 2 5

$$Z^* = Z - \sigma$$

$$(1s) \quad \sigma = 0.30 \quad Z^* = 35 - 0.30 = 34.70$$

$$(2s, 2p) \quad \sigma = 7 \times 0.35 + 2 \times 0.85 = 4.15 \quad Z^* = 35 - 4.15 = 30.85$$

$$(3s, 3p) \quad \sigma = 7 \times 0.35 + 8 \times 0.85 + 2 \times 1.00 = 11.25 \quad Z^* = 35 - 11.25 = 23.75$$

$$(3d) \quad \sigma = 9 \times 0.35 + 18 \times 1.00 = 21.15 \quad Z^* = 35 - 21.15 = 13.85$$

$$(4s, 4p) \quad \sigma = 6 \times 0.35 + 18 \times 0.85 + 10 \times 1.00 = 27.40 \quad Z^* = 35 - 27.40 = 7.60$$

主量子数 n	1	2	3	4	5	6
有效主量子数 $n^*$	1	2	3	3.7	4.0	4.2

穿透作用

穿透能力 ns>np>nd>nf  
能级分裂 能级交错

## 5.2 多电子原子的基态电子构型

分层 能级组

# 6 元素基本性质的周期变化规律

## 6.1 原子半径

范德华半径>金属半径>原子半径

## 6.2 电离能 (I)

计算电离能：注意乘上电子数

 原子的电子结构

例：计算C原子的第一电离能。

解： $C(1s^2 2s^2 2p^2)$        $C^+(1s^2 2s^2 2p^1)$

C原子1s轨道上2个电子的能量与 $C^+$ 离子1s轨道上2个电子的能量相等，所以只需计算C原子(2s2p)轨道上4个电子的能量与 $C^+$ 离子(2s2p)轨道上3个电子的能量。

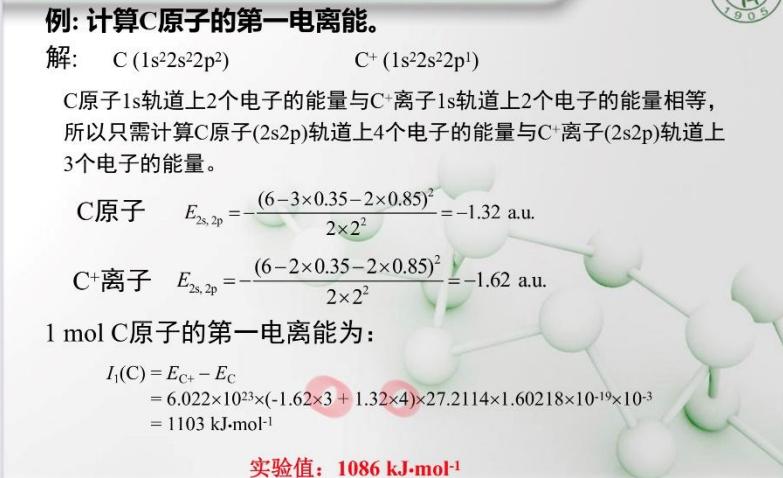
C原子     $E_{2s, 2p} = -\frac{(6-3\times0.35-2\times0.85)^2}{2\times2^2} = -1.32 \text{ a.u.}$

$C^+ \text{离子}$      $E_{2s, 2p} = -\frac{(6-2\times0.35-2\times0.85)^2}{2\times2^2} = -1.62 \text{ a.u.}$

1 mol C原子的第一电离能为：

$$I_1(C) = E_{C^+} - E_C \\ = 6.022 \times 10^{23} \times (-1.62 \times 3 + 1.32 \times 4) \times 27.2114 \times 1.60218 \times 10^{-19} \times 10^{-3} \\ = 1103 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$$

实验值：1086 kJ·mol<sup>-1</sup>



## 6.3 电子亲和能 (A)

A为正表示放出能量

$$\Delta H = -A$$

第一电子亲和能通常为正的，吸引力占主导， $\Delta H < 0$

$A_2 A_3$ 通常为负值，价层原有电子与外来电子的排斥力占主导。

所有元素中，Cl的A<sub>1</sub>最大

## 6.4 元素的电负性 ( $\chi$ )

Li 1.0 F 4.0 最大 Fr 0.7 最小

### 第三章 化学键和分子结构

化学键的分类

$\Delta\chi = 0$	$\chi > 1.7$	非极性共价键
	$\chi < 1.7$	金属键
$\Delta\chi \neq 0$	$0 < \Delta\chi < 1.5$	极性共价键
	$\Delta\chi > 1.5$	离子键

## I 离子键

### 1.1 离子键的特点

离子键的强度：库仑力公式

离子键无方向性、饱和性

元素电负性差值越大，键的离子性越大

离子晶体的结构特征：

阴离子较大，密堆积

阳离子较小，填充在阴离子形成的空隙中

- 1) 阳离子必须与相邻的阴离子接触
- 2) 相邻的阴离子可以接触也可以不接触
- 3) 配位数大，更稳定

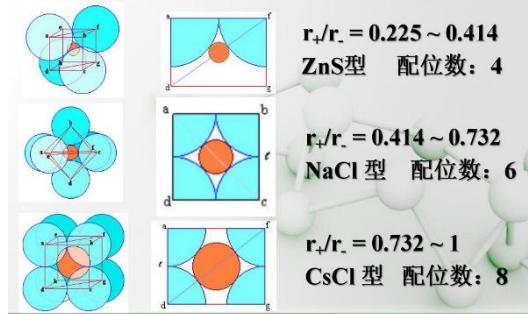
离子晶体的类型：

CsCl型离子晶体 立方晶系 点阵：简单立方

NaCl型离子晶体 立方晶系 点阵：立方面心

ZnS型离子晶体 立方晶系 点阵：立方面心

离子晶体（MX型）负离子比正离子大，金属离子（正离子）的配位数取决于正负离子的半径比



配位数 8

配位数 6

配位数 4

### 1.2 离子键的强度

波恩指数

$$\text{平衡距离处总势能: } E = -\frac{Z_+ Z_- e^2}{4\pi\epsilon_0 r_0} \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

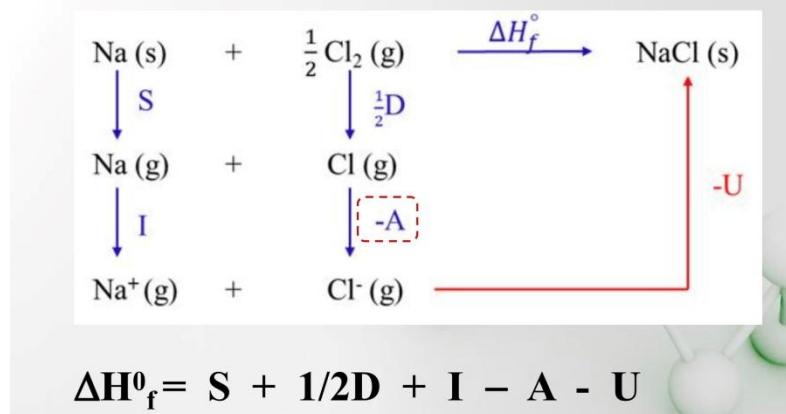
晶格能 U

气态离子形成 1mol 离子晶体 **释放** 的能量

$$U = -\Delta H$$

$$\text{离子晶体的晶格能 } U = -\frac{AN_A Z_+ Z_- e^2}{4\pi\epsilon_0 r_0} \left(1 - \frac{1}{n}\right) \text{ 其中 A 为马德隆常数}$$

## 由热化学数据估算晶格能的实验值 (波恩-哈勃循环)

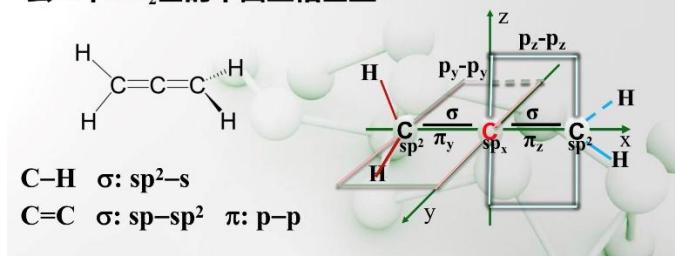


### 1.3 离子的特性

## 2 共价键

现代价键理论的要点  
共价键 饱和性方向性  
等性杂化 不等性杂化

**例1** 用杂化轨道理论描述丙二烯 $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$ 分子的成键，指出为什么分子中三个C原子成一条直线？为什么二个 $\text{CH}_2$ 基的平面互相垂直？



$\text{sp}^3\text{d}$  三角双锥形 跷跷板形 T形 直线形  
 $\text{sp}^3\text{d}^2$  正八面体形 四方锥形 平面正方形

孤孤>孤成>成成  
多多>多单>单单

！空间位置：孤电子对占有空间伸展范围较大的位置

计算价层电子数目 双键三键要减

## 2.5 分子轨道理论

！会画图

P 轨道要分开!!! 尤其是  $\pi_{2p}$  不要忘

$\sigma_{2p}$  容易写成  $\sigma_{2s}$

！会写分子的基态电子构型

分子轨道能级图

核外电子在分子轨道上的分布图式

分子轨道的电子分布图

键级：(成键电子数-反键电子数)/2

分子的稳定性  $\nearrow$  键级  $\nearrow$  键能  $\nearrow$

$N_2$  及以下  $\pi_{2p} < \sigma_{2p}$

顺磁性特例： $O_2$

异核双原子分子

## 3 金属键

能带理论

满带 导带 空带

禁带

## 4 分子间作用力和氢键

偶极矩  $\mu = \delta \times l$  单位：德拜

三种范德华力

懒得打字了

氢键

## 第四章 热力学

### I 热力学第一定律

懒得打字了

### 2 热化学

#### 2.1 焓和焓变

焓

求水的蒸发焓，可能不只是热学方法，可以用克拉方程！

反应热的测定：三种量热卡计

1. 绝热卡计 (溶液反应) 恒压  $= Q_p = \Delta H$
2. 弹式卡计 “氧弹” (燃烧热) 恒容  $= Q_v = \Delta U$
3. 冰卡计 冰融化体积收缩  $\frac{\Delta V}{Q} = \text{定值}$  等温

#### 2.2 热化学方程式和盖斯定律

书写热化学方程式：(g/l/s), +号

标准摩尔反应热  $\Delta_r H_m^\theta$  就是高中学的那个  
其中  $\theta$  (标准状态) 只与 p 有关, 与 T 无关溶液中  $c = 1\text{mol/L}$  ? ? ? ]

标准生成焓  $\Delta_f H^\theta$  针对生成物而言 由热力学稳定单质生成 1mol 化合物

键焓  $B.E.$  针对反应物而言 是断 1mol 键的焓变

标准燃烧焓  $\Delta_c H_m^\theta$  针对反应物而言 一定是负值

原子化焓  $\Delta_f H_{[\text{原子}(g)]}^\theta$  针对生成物而言 由热力学稳定单质生成 1mol 原子

互相计算：

$$\Delta_r H^\theta = \text{生成物} \Delta_f H_m^\theta - \text{反应物} \Delta_f H_m^\theta$$

$$\Delta_r H^\theta = \text{反应物} B.E. - \text{生成物} B.E.$$

$$\Delta_r H^\theta = \text{反应物} \Delta_C H_m^\theta - \text{生成物} \Delta_C H_m^\theta$$

特殊：

$$\Delta_f H_{[H_2O(l)]}^\theta = \Delta_C H_{[H_2(g)]}^\theta$$

### 3 熵和熵变

#### 3.1 熵

温度↗， 熵↗

压强↗， 熵↘

$$S_{\text{固}} < S_{\text{液}} < S_{\text{气}}$$

分子量↗原子数↗， 熵↗

结构对称性↗， 熵↘

#### 3.2 熵变

计算：

绝热可逆过程  $\Delta S = 0$

恒压可逆过程  $\Delta S = \int \frac{nC_p}{T} dT = nC_p \ln \frac{T_2}{T_1}$

恒容可逆过程  $\Delta S = \int \frac{nC_V}{T} dT = nC_V \ln \frac{T_2}{T_1}$

理想气体等温过程  $\Delta S = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = nRT \ln \frac{P_1}{P_2}$

相变过程  $\Delta S = \frac{\Delta H}{T}$