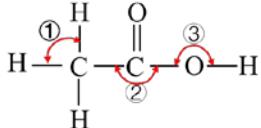


### 一、选择题 (10 分, 共 5 题, 每题 2 分, 每题中只有一个正确答案)

1. 在  $\text{BrCH}=\text{CHBr}$  分子中, C–Br 键的成键轨道是 ( )。  
A.  $\text{sp-p}$       B.  $\text{sp}^2-\text{s}$       C.  $\text{sp}^2-\text{p}$       D.  $\text{sp}^3-\text{p}$
2. 一定温度下, 由 A 和 B 两种液体组成的理想溶液达到气液相平衡, 该温度下纯 A 和纯 B 的饱和蒸气压分别为  $P^\circ_A$  和  $P^\circ_B$ ,  $x_A$ 、 $x_B$  分别为溶液中 A 和 B 的摩尔分数,  $y_A$ 、 $y_B$  分别为蒸气相中 A 和 B 的摩尔分数, 若  $P^\circ_A > P^\circ_B$ , 则 ( )。  
A.  $x_A > x_B$       B.  $y_A > y_B$       C.  $x_A > y_B$       D.  $y_A > x_A$
3.  $\text{SO}_2$ 、 $\text{SF}_4$  和  $\text{XeF}_2$  中属于极性分子的是 ( )。  
A.  $\text{SO}_2$ 、 $\text{SF}_4$  和  $\text{XeF}_2$       B.  $\text{SO}_2$  和  $\text{XeF}_2$       C.  $\text{SO}_2$  和  $\text{SF}_4$       D.  $\text{SO}_2$
4. 如下图所示, 乙酸分子①、②和③处键角的近似值为 ( )。  


The diagram shows the structure of acetic acid ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). It consists of a central carbon atom bonded to two hydrogen atoms (one above, one below) and two other carbon atoms. One of these is bonded to a double-bonded oxygen atom (top right) and a single-bonded hydrogen atom (far right). The other is bonded to a single-bonded oxygen atom (bottom right) and a single-bonded hydrogen atom (bottom left). Three red arcs are drawn around the central carbon atom, labeled ①, ②, and ③, indicating the bond angles between the C-H bonds and the C-C bond.

A.  $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $180^\circ$       B.  $109.5^\circ$ 、 $120^\circ$ 、 $109.5^\circ$   
C.  $109.5^\circ$ 、 $120^\circ$ 、 $180^\circ$       D.  $109.5^\circ$ 、 $180^\circ$ 、 $180^\circ$
5. 下列说法中错误的有几个 ( )。  
(1) 相图中三相点一定是气液固三相的平衡点;  
(2) 298 K 下压缩氧气, 当压强足够大, 氧气就能液化, 氧气也发生了相变;  
(3) 体系总是朝着熵增加的方向自发进行;  
(4) 碱土金属氧化物的熔点比同周期的碱金属氧化物的熔点低。  
A. 1 个      B. 2 个      C. 3 个      D. 4 个

### 二、填空题 (10 分, 共 5 题, 每题 2 分)

1. 常温常压下将少量  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  固体溶解于水中, 经过一段时间后固体完全溶解, 溶液温度下降, 则该过程中体系的  $\Delta H$  \_\_\_\_\_ 0,  $\Delta S$  \_\_\_\_\_ 0。(填“<”、“=”或“>”)
2. 基态  $\text{Cu}$ 、 $\text{Cu}^+$  和  $\text{Zn}$  中, 有顺磁性的是 \_\_\_\_\_;  $\text{S}$  和  $\text{S}^{2-}$  中, 半径较大的是 \_\_\_\_\_。
3. 将质量比为 2:1 的苯甲酸分别溶于相同质量的乙醇和苯中, 得到稀溶液的沸点分别升高了 1.15 K 和 1.39 K, 则乙醇和苯的摩尔沸点上升常数的比值为 \_\_\_\_\_。
4. 某个储气筒内压缩空气的温度为 303 K, 压强为 100 atm, 从储气筒内放出一半质量的气体后, 剩余气体的温度降到了 283 K, 则其压强为 \_\_\_\_\_ atm。
5. 已知: 主量子数  $n$  为 1、2 和 3 时, 对应的有效主量子数  $n^*$  分别为 1、2 和 3。根据 Slater 规则估算  $\text{Al}$  原子的第二电离能为 \_\_\_\_\_ a.u.。

### 三、问答题 (30 分, 共 6 题, 每题 5 分)

1. 根据价层电子对互斥理论, 写出下列各分子或离子的空间结构(给出名称), 并指出中心原子的杂化轨道类型。  
(1)  $\text{NH}_3$       (2)  $\text{SnCl}_2$       (3)  $\text{CS}_2$       (4)  $\text{IF}_2\text{O}_2^-$       (5)  $\text{XeF}_4$

2. 某元素基态原子的 3d 轨道中有 6 个电子。
- 写出该原子+2 价离子的基态电子构型。
  - 该元素位于周期表中第几周期、第几族？
  - 该元素所在周期有多少个元素？
  - 该元素所在周期对应的能级组是什么？
  - 假定该基态原子的第一、第二、第三和第四电离能分别为  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  和  $I_4$ ，比较  $I_2$  与  $I_1$  的差值( $I_2 - I_1$ )和  $I_4$  与  $I_3$  的差值( $I_4 - I_3$ )的大小。
3. 从  $O_2$  分子移走 1 个电子形成  $O_2^+$  离子；在  $O_2$  分子上加 2 个电子则形成过氧离子  $O_2^{2-}$ 。
- 写出  $O_2^+$  离子的基态电子构型；
  - 估计  $O_2$ 、 $O_2^+$  和  $O_2^{2-}$  的键长增加的顺序；
  - 指出 3 个物种中有顺磁性的物种；
  - 比较  $O_2$  分子和  $O$  原子的第一电离能的大小；
  - $O_2^{2-}$  离子的最高被占轨道(HOMO)是什么？
4. 一定量的理想气体在 500 K 从 100 kPa、4 L 等温可逆压缩到 500 kPa，计算该过程的  $q$ 、 $\Delta U$ 、 $\Delta H$ 、 $\Delta S$  和  $\Delta G$ 。
5. 已知有如下物质的化学热力学数据：
- |  | $SiO_2(s)$ | $H_2O(g)$ | $HF(g)$ | $SiF_4(g)$ |
|--|------------|-----------|---------|------------|
| $\Delta H_f^\Theta \text{ (kJ}\cdot\text{mol}^{-1})$         | -910.9     | -241.8    | -271.1  | -1615.0    |
| $S^\Theta \text{ (J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$ | 41.84      | 188.7     | 173.7   | 282.8      |
- 工业上使用  $HF(g)$  清洗硅片上的  $SiO_2(s)$ ，反应为： $SiO_2(s) + 4HF(g) = SiF_4(g) + 2H_2O(g)$ ，计算热力学标准态下该反应自发进行的温度范围。
  - 温度为 1000 K， $HF(g)$ 、 $SiF_4(g)$  和  $H_2O(g)$  压强分别为 5.065 kPa、10.13 kPa 和 10.13 kPa 时，上述反应朝哪个方向自发进行？给出理由。
6.  $CaCl_2(s)$  的标准生成焓为  $-795.8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，金属  $Ca(s)$  的升华焓为  $177.8 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ， $Ca(g)$  原子的第一电离能与第二电离能分别为 590 和  $1145 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ， $Cl-Cl$  键的键焓为  $243.4 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ， $Cl(g)$  原子的电子亲和能为  $348.7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 。画出计算  $CaCl_2(s)$  离子晶体晶格能的波恩-哈勃循环图，并计算晶格能。

#### 四、计算题（50 分，共 5 题，每题 10 分）

1. 用  $MnO_2$  作催化剂热分解  $KClO_3$  制备氧气，在 293 K、99 kPa 时用排水集气法收集到饱和有水蒸气的氧气 1.50 L，已知 293 K 时水的饱和蒸气压为 2.34 kPa。
- 计算该混合气体中氧气和水蒸气的分压及摩尔数；
  - 计算将水蒸气除去以后，氧气在 273 K、101.3 kPa 条件下的体积；
  - 判断在 293 K、99 kPa 条件下，是湿氧气的密度大还是干燥氧气的密度大？给出理由。

2. 已知甲醇的正常沸点为 338 K, 蒸发焓 $\Delta H_{\text{vap}}$  为 35.3 kJ•mol<sup>-1</sup>, 摩尔质量为 32.0 g•mol<sup>-1</sup>。计算:

(1) 300 K 时甲醇的饱和蒸汽压;

(2) 300 K 时, 将 10.0 L 饱和有甲醇蒸气的空气从 100 kPa 压缩至 500 kPa, 此压缩过程中有多少克甲醇蒸气被凝聚为液体?

3. 已知金属钛属立方晶系, 晶胞边长为 328 pm, 钛的密度为 4.50 g•cm<sup>-3</sup>, 原子量为 47.87。计算:

(1) 1 个晶胞中钛原子的个数;

(2) 钛原子的半径;

(3) 晶胞中钛原子的空间占有率。

4. 已知: 乙烷 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(g)、CO<sub>2</sub>(g) 和 H<sub>2</sub>O(g) 的标准生成焓 $\Delta H_f^{\circ}$  分别为 -84.7 kJ•mol<sup>-1</sup>、-393.5 kJ•mol<sup>-1</sup> 和 -241.8 kJ•mol<sup>-1</sup>, C-C 键、O=O 键、C=O 键和 O-H 键的键焓分别为 344 kJ•mol<sup>-1</sup>、398 kJ•mol<sup>-1</sup>、725 kJ•mol<sup>-1</sup> 和 463 kJ•mol<sup>-1</sup>。计算:

(1) 反应 2C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(g) + 7O<sub>2</sub>(g) = 4CO<sub>2</sub>(g) + 6H<sub>2</sub>O(g) 的标准焓变。

(2) C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>(g) 中 C-H 键的平均键解离焓。

(3) 400 K 时, 20.0 mol 乙烷在弹式热量计中燃烧生成 CO<sub>2</sub>(g) 和 H<sub>2</sub>O(g), 其热效应为多少?

5. 某非挥发性化合物的苯溶液(可看作稀溶液), 该化合物与苯的质量比是 9:200。在一定温度和压强下, 将 0.1172 mol 的氮气缓慢地通过该溶液, 溶液减轻了 3.431 g; 在相同温度和压强条件下, 如果将相同量的氮气缓慢地通过纯苯, 纯苯减轻了 3.555 g。下列问题均忽略失去苯后溶液的浓度变化。已知: 苯的摩尔质量为 78.1 g•mol<sup>-1</sup>。

(1) 计算非挥发性化合物的相对分子量。

(2) 定性比较纯苯和苯溶液蒸发过程中蒸发焓( $\Delta H_{\text{vap}}$ )的大小, 并给出理由。