

2019 年硕士学位研究生入学考试试题

科目代码: 876 科目名称: 材料物理化学

满分: 150 分

注意: ①认真阅读答题纸上的注意事项; ②所有答案必须写在答题纸上, 写在本试题纸或草稿纸上均无效; ③本试题纸须随答题纸一起装入试题袋中交回!

一、计算题 (每小题 15 分, 共 90 分)

1、1mol 液体铅在 101325Pa 下从其沸点温度 (1620°C) 蒸发, 变成 1620°C, 5.07 × 10<sup>4</sup>Pa 的蒸气, 求该过程的 ΔG。

2、1mol 双原子理想气体从始态 300K, 50kPa, 先绝热可逆压缩至 100kPa, 再恒压冷却, 使体积缩小到 15dm<sup>3</sup>。求整个过程中的 Q、W、ΔU、ΔH 和 ΔS。

3、高温下用甲烷对钢铁表面进行渗碳处理, 反应为 CH<sub>4</sub>(g)=C(石墨)+2H<sub>2</sub>(g), 已知该反应的标准摩尔吉布斯函数与温度 (单位为 K) 的关系为

$$\Delta G_m^\ominus(T) = 90165 - 109.56T \quad (\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}),$$

(1) 求 500°C 时此反应的标准平衡常数 K<sup>⊖</sup>。

(2) 设总压 p = p<sup>⊖</sup> (= 10<sup>5</sup>Pa), 且系统中没有惰性气体, 求 500°C 下反应平衡时 CH<sub>4</sub> 的分解率。

(3) 在 500°C 下, 总压 p = p<sup>⊖</sup> 时, 如果分解前系统内气体中含有 50% 的甲烷和 50% 的惰性气体, 求反应平衡时 CH<sub>4</sub> 的分解率。

4、已知 298K 时电池 Pt|H<sub>2</sub>(g, p<sup>⊖</sup>)|NaOH(aq)|HgO(s)|Hg(l), Pt 的电动势 E=0.926V, Δ<sub>f</sub>H<sub>m</sub><sup>⊖</sup>(HgO, s) = -90.71kJ · mol<sup>-1</sup>, Δ<sub>f</sub>H<sub>m</sub><sup>⊖</sup>(H<sub>2</sub>O, l) = -285.84kJ · mol<sup>-1</sup>。

(1) 写出电极反应和电池反应。

(2) 求 298K 时该电池反应的标准平衡常数 K<sup>⊖</sup>。

(3) 求 308K 时该电池的电动势。

5、CHCl<sub>3</sub>(l) 的分子量为 119.5g · mol<sup>-1</sup>, p<sup>⊖</sup> (= 10<sup>5</sup>Pa) 压力下正常沸点为 334K, 摩尔蒸发焓 Δ<sub>vap</sub>H<sub>m</sub><sup>⊖</sup>=29.5kJ · mol<sup>-1</sup>。当 298K 时其表面张力 γ=0.0287N · m<sup>-1</sup>, 密度 ρ=1480kg · m<sup>-3</sup>。

(1) 求 298K 时 CHCl<sub>3</sub>(l) 的饱和蒸气压;

(2) 将 CHCl<sub>3</sub>(l) 喷洒成半径为 1 × 10<sup>-8</sup>m 的小液滴, 求 298K 时的液滴饱和蒸气压;

(3) 在 298K, p<sup>⊖</sup> 压力下, 将内径为 0.5mm 的毛细管插入 CHCl<sub>3</sub>(l) 中, 毛细管中液面上升高度为多少?

6、测得 25°C 时某物质水溶液的渗透压为 247.76 kPa, 试求:

(1) 该溶液中溶质的质量摩尔浓度;

(2) 该溶液相对于纯水的凝固点降低值;

(3) 在标准大气压力下, 该溶液相对于纯水的沸点升高值。

已知冰的熔化焓为 6.01kJ · mol<sup>-1</sup>, 水的蒸发焓为 40.8kJ · mol<sup>-1</sup>。

二、证明题 (每小题 15 分, 共 30 分)

1、若 α =  $\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$ , β =  $-\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$ , 试从 C<sub>p</sub> =  $\left( \frac{\partial H}{\partial T} \right)_p$ , C<sub>v</sub> =  $\left( \frac{\partial U}{\partial T} \right)_v$  出发, 证明热容 C<sub>p</sub> 和 C<sub>v</sub> 的关系可以表示为: C<sub>p</sub> - C<sub>v</sub> =  $\frac{TV\alpha^2}{\beta}$

2、请分别证明:

$$(1) \quad \left( \frac{\partial S}{\partial V} \right)_U = \frac{p}{T} \quad (8 \text{ 分})$$

$$(2) \quad dS = \frac{C_V}{T} dT + \left( \frac{\partial p}{\partial T} \right)_V dV \quad (7 \text{ 分})$$

三、问答题 (每小题 10 分, 共 30 分)

1、对理想气体, 对于给定的气体压力 p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, p<sub>3</sub>, 且 p<sub>3</sub> > p<sub>2</sub> > p<sub>1</sub>, 请分别画出气体的熵 S 随温度 T 变化的曲线示意图, 并解释曲线几何特征。

2、什么叫极化? 什么叫超电势? 由于超电势的存在, 阴极和阳极电极电势的变化有何规律?

3、固相完全不互溶的 A (熔点 651°C) 和 B (熔点 419°C) 的相图具有一个低共熔点, 低共熔温度为 368°C (42% A, 质量百分数, 下同)。

(1) 绘出该二组分系统的示意相图, 标出各相区的相态及自由度。

(2) 指出 80% A 的系统从 700°C 冷却到 300°C 过程中的相变过程, 以及过程中液、固相成分的变化情况。

(3) 80% A 的熔体刚到共晶温度时, 系统由哪两相组成, 两相质量之比为多少?