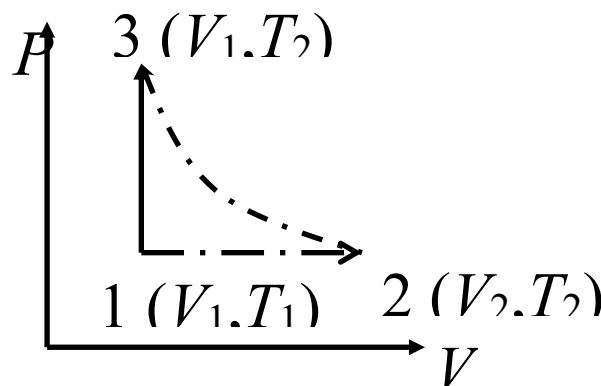


2021 研究生《高等材料热力学》基础练习题（10 月 12 日交，手写完成）

Question 1

进行下述过程时，系统的 ΔU 、 ΔH 、 ΔS 和 ΔG 何者为零？

- 1.1 非理想气体的卡诺循环；
- 1.2 隔离系统中的任意过程；
- 1.3 在100°C，1大气压下1mol水蒸发成水蒸汽；
- 1.4 绝热可逆过程。



Question 2

1mol 理想气体等容升温到状态 3，求 $Q, W, \Delta U, \Delta H$ 。

若将理想气体先等压膨胀到状态 2，然后再等温（可逆）压缩到状态 3，求 $Q, W, \Delta U, \Delta H$ ，并与直接从 1 到 3 的途径相比较。

Question 3

1 kg 空气从初态温度 $t_1 = 17^\circ\text{C}$ 开始绝热压缩到容积变为原来容积的 $1/5$ ，然后经过定温过程到原来的容积，求空气在这两个过程中与外界共有多少功交换？

Question 4

将 35kg 温度为 427°C 的铸钢放入 135kg 温度为 21°C 的油中冷却。已知铸钢的定压比热容为 $C_p = 0.5 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ，油的比热容为 $C_p = 2.5 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ，如果无热损失，试计算：

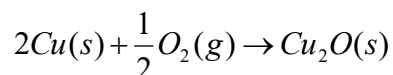
- 4.1 铸钢和油的熵变化分别是多少？
- 4.2 两者一起考虑，其熵变化又是多少？

Question 5

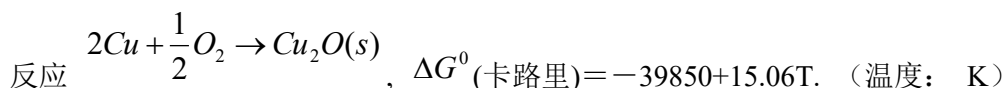
Trouton's 定律为表示为: $\Delta H_{\text{vap}} = 90T_b$ 单位 J/mol，其中 T_b 为沸点(K)，汞的沸点为 630 K。计算在 298K 液态汞的分压。用 Trouton's 定律估算汞的汽化热。

Question 6

在制备纯氮的过程中的一步就是，在约 500°C 将气体通过 Cu 以去除少量的残余氧，发生如下反应：



- 6.1 假设在此过程中达到平衡，计算纯氮中的氧含量。
- 6.2 如果改变温度为 800°C 或 300°C ，结果又如何？那么选择 500°C 的理由是什么？
- 6.3 增加气体压力的效果又是如何？



Question 7

向大量的 1600°C Fe-Cr 液体溶液中加入 1 摩尔 1600°C 的固体 Cr，假设 Fe 和 Cr 构成拉乌尔溶液，计算该过程溶液的焓变和熵变。设 Cr 的液态和固态热容的差别可忽略不计，Cr 在其 1900°C 平衡熔点的熔化焓变为 21000 J/mol 。

Question 8

碳酸盐与水可组成下列几种化合物: $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$;

8.1 试说明标准压力下, 与碳酸钠水溶液和冰共存的含水盐最多可有几种?

8.2 试说明在 30°C 时, 可与水蒸汽平衡共存的含水盐最多可有几种?

Question 9

试求下述系统的自由度, 如不为零, 则指出变量是什么?

9.1 水与水蒸汽成平衡;

9.2 标准压力下, I_2 在水中和在 CCl_4 中分配已达平衡, 无 $\text{I}_2(\text{s})$ 存在;

9.3 标准压力下, NaOH 水溶液与 H_3PO_4 水溶液混合后;

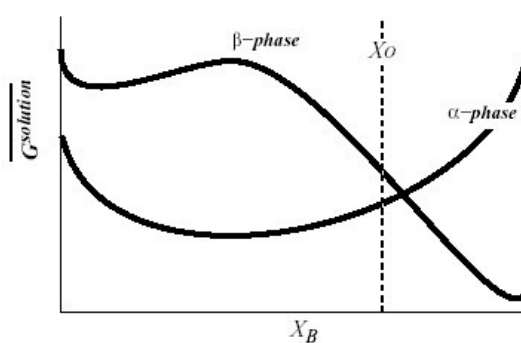
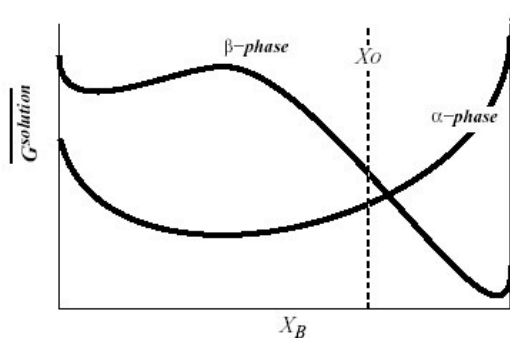
9.4 标准压力下, H_2SO_4 水溶液与 $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ 已达平衡。

Question 10

图为一定的温度和压力下, A-B 二元体系 α 和 β 相的摩尔 Gibbs 自由能与组元 B 摩尔分数的关系。(可以在图上标示说明你的答案)

10.1 平均成分为 X_0 体系最稳定的状态是什么?

10.2 假设体系中的 α 相由于某种原因不能形成 (即考虑 α 相不存在), 在这种情况下, 平均成分为 X_0 体系的平衡状态又是什么?

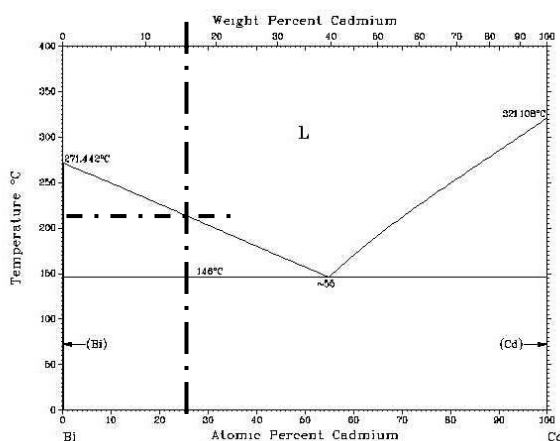


Question 11

导出液相中 Bi 的活度系数的估算公式。

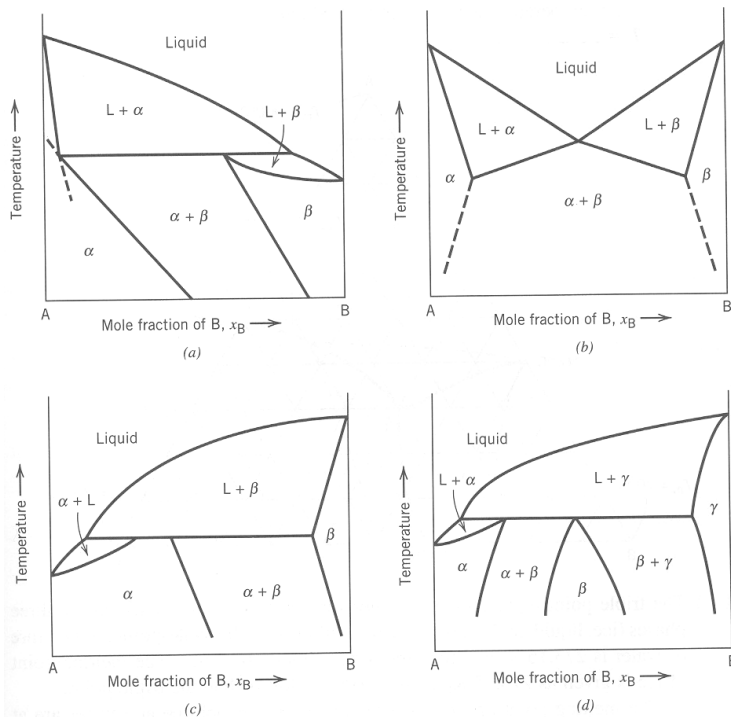
$$a_{\text{Bi}} = \exp \left[\frac{\Delta H_m}{RT} \left(\frac{T}{T_m} - 1 \right) \right]$$

其中, 熔化热为 ΔH_m
纯 Bi 的熔点为 T_m , R 为气体常数。



Question 12

对下列二元相图, 指出其中的错误 (用相律说明原因)

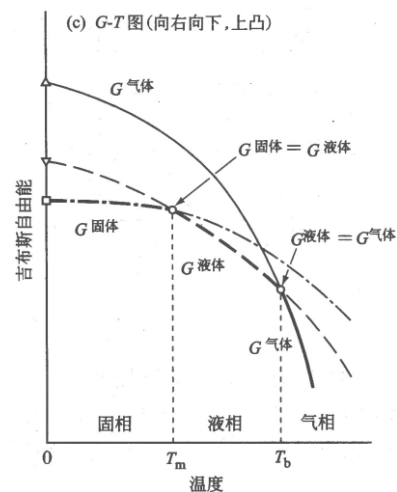


Question 13

由 G 与 C_p 的关系式

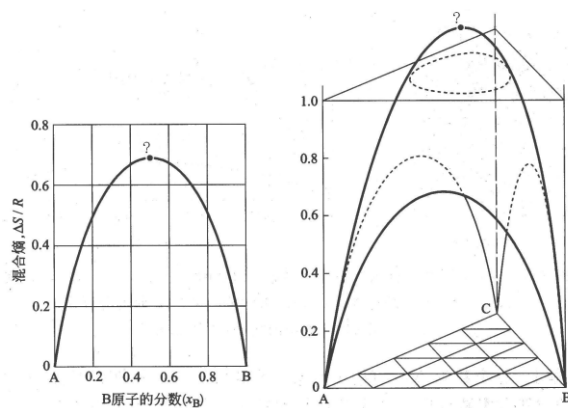
$$G = H_0 + \int_0^T C_p dT - T \int_0^T \frac{C_p}{T} dT$$

说明 G 和 T 的关系曲线如右图所示，自左至右是向下的，而且是向上凸的。



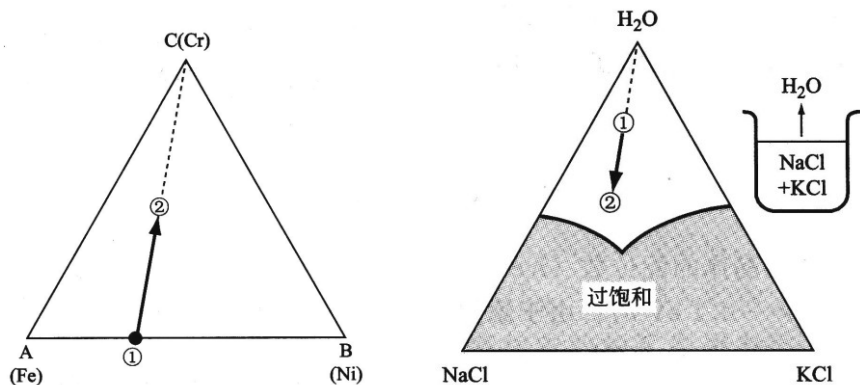
Question 14

试给出 A-B 二元系和 A-B-C 三元系随机混合溶体的混合熵的极值，并说明原因，图中的纵轴坐标为 $\Delta S/R$ 。



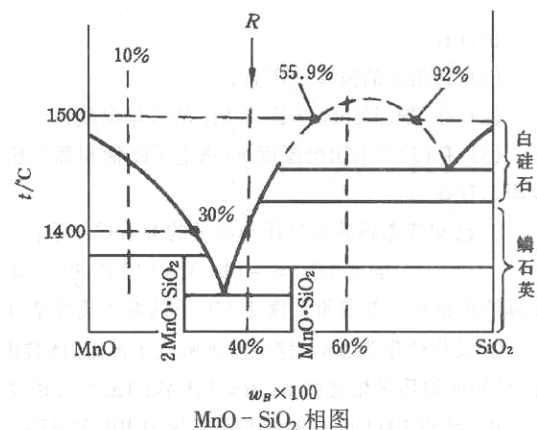
Question 15

- 1) 试证明在不改变组元 A(Fe)和 B(Ni)的比例(x_A/x_B)的情况下，添加第 3 组元 C(Cr)时，如图所示，溶体的成分处于浓度三角形的过 C 的直线①→②上；
- 2) 试证明当加热 A(NaCl)和 B(KCl)的水溶液，使 C(H₂O)蒸发时的残留溶液的成分是处在图中的①→②直线上。



Question 16

- 1) 指出各水平线的三相平衡反应
- 2) $w(\text{SiO}_2)=0.40$ 的系统(图中 R 点)从 1700°C 冷却到 1000°C 时的冷却曲线示意图。注明每一阶段系统有哪些相? 发生哪些变化? 指出各阶段的自由度数?
- 3) $w(\text{SiO}_2)=0.10$ 的系统 12 kg, 冷却到 1400°C 时, 液相中含 MnO 多少 kg?
- 4) $w(\text{SiO}_2)=0.60$ 的系统 1500°C 以哪些相存在? 计算其相对量。



Question 17

The electrochemical cell represented in the accompanying diagram consists of two electrodes. One is a solid NiO/Ni mixture. The other is a gaseous O₂ electrode. The porous platinum coating acts only as a catalyst.

The electrolyte is a ZrO₂/Y₂O₃ solid solution that conducts oxygen ions (O²⁻) between the oxygen side and the NiO/Ni side.

4.1 Calculate the equilibrium oxygen partial pressure at the NiO/Ni electrode ($2\text{Ni} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NiO}$) at 1000K.

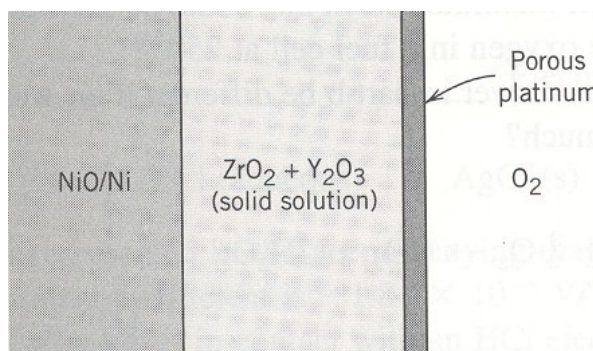
4.2 Identify the cathode and the anode in this electrochemical cell and write the half-cell reactions for the two electrodes. (Specify the direction of the reaction)

4.3 What is the open circuit voltage at 1000 K when the pressure of oxygen on the oxygen electrode side is one atmosphere?

4.4 What is the open circuit voltage at 1000 K when the oxygen pressure on the oxygen electrode side is 10^{-10} atm?

DATA

For $\text{Ni} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{NiO}$, $\Delta G_f^0 = -245000 + 100T$, where ΔG_f^0 is in joules and T is in Kelvin.



思考题

- 1、试从微观组织学的角度探讨下列各项给材料科学的发展带来巨大冲击和震动的发明和发现。
 - ①杜拉铝(1906);
 - ②氧化钨钨丝(1917);
 - ③玻璃纤维强化塑料(~1940);
 - ④球状石墨铸铁(1948);
 - ⑤高强度氧化锆(1975)。
- 2、试分析纯铁的 A3 点相变温度在引入磁场中时将发生下述哪一种变化? ①上升、②下降、③不变, 并叙述其理由。
- 3、是了解有关液晶 (liquid crystal) 的下述事项:
 - ①液晶是液相还是固相?
 - ②液晶→液体的相变是与一般融化同类型的一级相变, 还是与磁性转变同类型的二级相变?
 - ③不变, 液晶是稳定相还是亚稳相?
- 4、将非晶体加热时所发生的“晶化”是一级相变还是二级相变?