

北京航空航天大学 2023 年
硕士研究生招生考试初试试题（回忆版）
考试科目：911 材料

考生注意：

所有答题务必书写在考场提供的答题纸上, 写在本试题单上的答题一律无效(本题单不参与评卷)

物理化学

一、 单项选择题(共 24 分每小题 2 分)

1. 反应 $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) = 2\text{HCl}(\text{g})$ 在温度 T 压力 P 下进行时的焓变称为。

A $\text{HCl}(\text{g})$ 的摩尔生成焓

B $\text{H}_2(\text{g})$ 的摩尔燃烧焓

C 该化学反应的等温, 等压反应焓

D $\text{Cl}_2(\text{g})$ 的摩尔燃烧焓

2. 在 298K 恒压下把某化学反应设计在可逆电池中进行可得电功 91.84KJ, 该过程的 ΔH 、 ΔS 、 ΔG 的值为

$\Delta H/\text{KJ}$	$\Delta S/\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$	$\Delta G/\text{KJ}$
----------------------	---------------------------------------	----------------------

A -121.8	716.8	-91.84
----------	-------	--------

B 121.8	716.8	-91.84
---------	-------	--------

C 121.8	0.7168	-91.84
---------	--------	--------

D -121.8	0.7168	-91.84
----------	--------	--------

3. 已知纯液体 A 和 B, 其沸点分别为 $T_A^* = 116^\circ\text{C}$, $T_B^* = 80^\circ\text{C}$, A 和 B 可以形成双组分理想液态混合物, 将其一定组成的该液态混合物进蒸馏 (完全分离) 时, 则:

A 在蒸馏塔的塔顶得到纯 B

B 在蒸馏塔的塔底得到纯 B

C 在蒸馏塔的塔中间得到纯 B

D 无法判断

4.硫酸与水可形成 $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{S})$, $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}(\text{S})$, $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}(\text{S})$ 三种水合物, 问在 101325pa 的压力下, 能与硫酸水溶液及水平衡共存的硫酸水合物最多可有多少种?

A 3 种

B 2 种

C 1 种

D 不可能有硫酸水合物与之平衡共存

5.反应 $\text{PCl}_5(\text{g}) = \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ 在 473K 时的离解度为 48.5%, 而 573k 时的离解度为 97%。则可判断为:

A 反应的标准平衡常数 $K^\theta = 2$

B 在两温度下标准平衡常数 K^θ 相等

C 反应是放热的

D 反应是吸热的

6.温度升高时, 固体氧化物的分解压力 (分解反应是吸热反应)

A 降低 B 增大 C 不变 D 无法确定

7.在下列电池中,其电池的电动势与氢离子的活度 $a(\text{H}^+)$ 无关的是:

A $\text{Zn} | \text{ZnCl}_2(\text{aq}) | \text{Cl}_2(\text{P}) | \text{Pt}$

B $\text{Zn} | \text{ZnCl}_2(\text{aq}) | \text{KCl}(\text{aq}) | \text{AgCl} | \text{Ag}$

C $\text{Pt} | \text{H}_2(\text{p}) | \text{HCl}(\text{aq}) | \text{Cl}_2(\text{P}_2) | \text{Pt}$

D $\text{Ag} | \text{AgCl}(\text{S}) | \text{KCl}(\text{aq}) | \text{Cl}_2(\text{p}) | \text{Pt}$

8.通电于含有活度相同的 Fe^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} 的电解质溶液中, 已知他们的标准电极电势如下:

$E^\theta (\text{Fe}^{2+} | \text{Fe}) = -0.4402\text{V}$, $E^\theta (\text{Ca}^{2+} | \text{Ca}) = -2.866\text{V}$,

$E^\theta (\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}) = -0.7628\text{V}$, $E^\theta (\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}) = 0.337\text{V}$,

在惰性电极上，金属析出的顺序为：

- A $\text{Cu} \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Ca}$
- B. $\text{Ca} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{Cu}$
- C. $\text{Ca} \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Cu}$
- D $\text{Ca} \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Fe}$

9. 今有球形肥皂泡，半径为 r ，肥皂水溶液的表面张力为 σ ，则肥皂泡内附加压力是

- A $\Delta P = 2\sigma/r$ B $\Delta P = \sigma/2r$ C $\Delta P = 4\sigma/r$ D $\Delta P = \sigma/4r$

10. 接触角是指

- A g/l 界面经过液体至 l/s 界面间的夹角
- B l/g 界面经过气相至 g/s 界面间的夹角
- C g/s 界面经过固相至 s/L 界面间的夹角
- D l/g 界面经过气相和固相至 s/L 界面间的夹角

11. 某放射性同位素的半衰期为 5 天，则经 15 天后所剩的同位素的物质的量是原来同位素的物质的量的：

- A 1/3
- B 1/4
- C 1/8
- D 1/16

12. 加入催化剂可使化学反应的下列物理量中哪一个改变：

- A 反应的标准摩尔焓变
- B 标准平衡常数
- C 反应标准摩尔熵变
- D. 反应的速率系数(常数)

二.简答题 (共 24 分, 每小题 6 分)

1. 简述 $\Delta_r G_m^\theta(T)$, $\Delta_f G_m^\theta(T)$, $\Delta_f G_m^\theta$ (B, 相态, T) 各自的含义

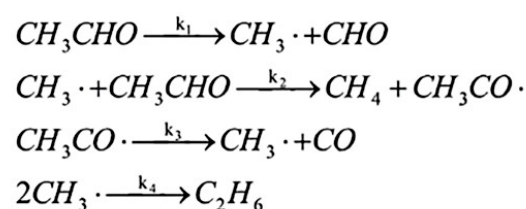
2. 试确定下列体系的自由度, 并写明计算过程

(1) P^θ 下, I_2 分别溶解在水和 CCl_4 中且达到分配平衡, 无 $I_2(s)$ 存在。(2 分)

(2) $H_2(g)$, $N_2(g)$ 和 $NH_3(g)$ 在 $2P^\theta$ 下达到化学平衡。(2 分)

(3) 在一个封闭体系中, $ZnO(s)$ 被碳还原而达到平衡, 体系中存在 $ZnO(s)$ 、 $C(s)$ 、 $Zn(s)$ 、 $CO(g)$ 和 $CO_2(g)$ 。(2 分)

3. 乙醛热分解反应 $CH_3CHO(g) \rightarrow CH_4(g) + CO(g)$ 的反应机理如下:



请推导甲烷的生成速率方程

4. 已知: 298.15K 及 100kPa 下, 金刚石与石墨的摩尔熵分别为 $2.377J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$ 与 $5.740 J\cdot mol^{-1}\cdot K^{-1}$, 它们燃烧时分别放热 $395.404 kJ\cdot mol^{-1}$ 及 $393.509 kJ\cdot mol^{-1}$, 体积质量(密度)分别为 $3.515 \times 10^3 kg\cdot m^{-3}$ 及 $2.260 \times 10^3 kg\cdot m^{-3}$ 并且体积质量与压力无关

简要回答下列问题并说明原因:

(1) 在 298.15K, 100kPa 下。石墨与金刚石两种物质哪一种更稳定? 为什么? (2 分)

(2) 常压下加热, 是否可以使石墨变为金刚石成为可能, 为什么? (2 分)

(3) 恒温下加压是否有利于石墨变成金刚石, 为什么? (2 分)

三、计算题 (15 分)

在一个抽成真空的容器中, 通入始态为 $0^\circ C$, 100KPa, 1mol 的水, 全部变成 $0^\circ C$,

0.1KPa 的水蒸气，求此过程的 $\Delta U, \Delta H, \Delta S$ 及 ΔG 各为多少？

已知在 100KPa, 100°C 时，水的摩尔汽化焓 $\Delta_{\text{vap}}H_m = 40.67 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。在 0~100°C 之间水和水蒸气的平均摩尔定压热容分别为 75.3 及 $33.9 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。水蒸气可视为理想气体

四、计算题（共 12 分）

利用标准电极电势数据求 AgCl(s) 在 298K 下的标准摩尔生成吉布斯函数

$\Delta_f G_m^\theta(\text{AgCl, S})$ 及 AgCl (S) 的溶度积 K_{sp}^θ

已知 $E^\theta(\text{Cl}^- | \text{Cl}_2 | \text{Pt}) = 1.358 \text{ V}$, $E^\theta(\text{Cl}^- | \text{AgCl} | \text{Ag}) = 0.222 \text{ V}$

$E^\theta(\text{Ag}^+ | \text{Ag}) = 0.7994 \text{ V}$

物理化学部分附表，常数及对数

量	$R / \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$	$F / \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\ln 10$	$\ln 2$	$\lg 2$	$\ln \frac{273}{373}$	$\ln \frac{373}{273}$
值	8.314	96500	2.303	0.693	0.301	-0.312	0.312
量	$e^{-22.485}$	$10^{-9.758}$					
值	1.72×10^{-10}	1.74×10^{-10}					

材料现代研究方法

五、名词解释（共 10 分，每个 2 分）

晶带定律

吸收限

俄歇效应

相干散射

倒易点阵

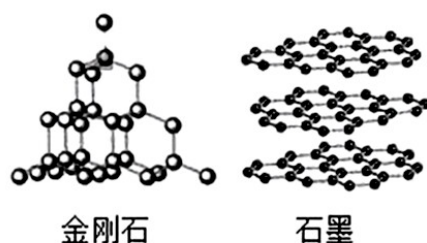
六、简答题（共 35 分，7 分，14 分，14 分）

石墨和金刚石的晶体结构如题六 1 图和 2 图所示，已知石墨的层间距为 335pm，

石墨中碳-碳键长 142pm,金刚石的碳-碳键长 155pm,键角为 $109^{\circ}28'$ ($\sqrt{3} \approx 1.732$)

题六 1 图：石墨晶体结构

题六 2 图：金刚石晶体结构



①画出石墨的晶胞结构，计算并标出其晶胞参数，计算石墨（002）晶面的晶面间距

②画出金刚石的晶胞结构，计算并标出其基晶胞参数，讨论金刚石在 x 射线衍射实验时的点阵消光规律和结构消光规律

③Cu 单质和 Cu_3Au 固溶体均为简单面心立方，在无序 Cu_3Au 固溶体中，Cu 和 Au 随机占据晶胞中的格点位置，试讨论 Cu_3Au 固溶体晶体【110】带轴的电子衍射与 Cu 单质晶体【110】带轴的电子衍射有何相同与不同之处？ Cu_3Au 发生有序化后，Au 原子占据晶胞中的顶角位置，据此画出【110】带轴的电子衍射花样，并标出电子衍射斑点对应的晶面指数。

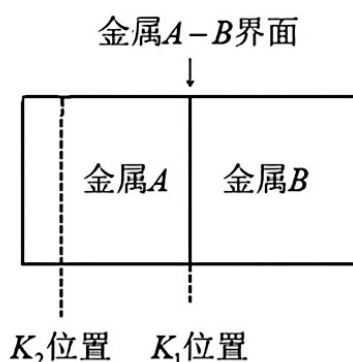
金属学

七、简述题（共 10 分）

1. 试述金属凝固形核的主要方式，并比较其临界形核功及过冷度大小（3 分）
2. 简述金属再结晶的驱动力及影响再结晶的主要因素（3 分）
3. 简述刃位错和螺位错的基本特征，若存在具有相同柏氏矢量的刃位错和螺位错，试比较二者弹性应变能的大小并解释原因（4 分）

八、分析论述题（6 分）

1. 金属 A 和纯金属 B 组成的扩散偶，如题八 3 图所示在金属 A-B 结合面 K1 位置以及纯金属 A 中 K2 位置各嵌入 Y_2O_3 等高稳定性颗粒标志物，若 A 元素的扩散系数大于 B 元素的扩散系数，试分析经长期高温扩散退火后两个标志面之间位置变化（2 分）



2. 元素 M 和氮元素组成的某二元合金，在某温度条件下，金属固溶体 α (BCC 结构) 和 β (FCC 结构) 处于两相平衡状态，试分析：
 - ① 氢原子主要固溶于哪个相中？解释其原因（2 分）
 - ② 若 α 和 β 相中金属 M 的原子半径相同，试计算 α 和 β 相的晶格常数之比（2 分）

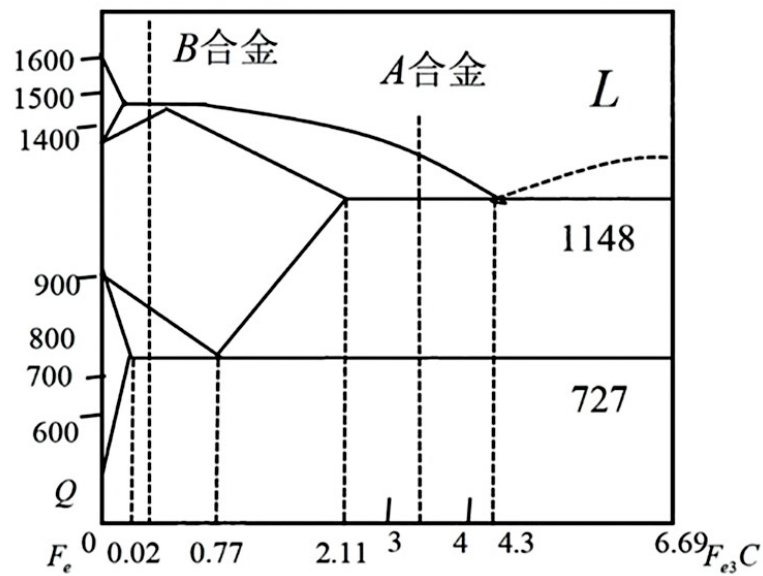
九、相图分析题（14 分）

题九 4 图为 Fe-Fe₃C 合金相图

- ① 相图中三个恒温转变都是什么转变？其转变产物是什么？（2 分）
- ② 画出 3.5%C 的 A 合金平衡固冷却曲线和室温平衡凝固组织示意图，计算其室

温组织组成和组成质量比（8分）

③直径为 5mm,碳含量为 0.13%的 B 合金棒状试样,在 1250℃惰性气氛炉中保温 45min 后,分别以水淬和空冷方式冷却至室温,分析其固态相变过程及所形成的显微组织,对比二者的拉伸强度并分析其原因（4分）



题九 4 图 Fe-Fe₃C 合金相图

无机非

十、选择（共 10 分，每个 2 分）

1. 无机非金属化合物晶体产生由肖特基缺陷时，晶体体积-----，晶体密度-----
A、不变 B、变大 C、变小 D、不确定

2. 采用----来判断三元系统相图中界线温度走向，采用---来判断结晶产物和结晶终点
A、连线规则
B、切线规则
C、重心规则
D、三角形规则

3. 菲克从宏观统计学出发，获得了关于-----下物质扩散的方程
A、浓度场
B、化学场
C、动力学
D、热力学

4. 对固相反应而言，反应物的----和----是影响反应的内因，是决定反应反向和反应速率的重要因素
A、化学组成
B、晶体结构
C、颗粒尺寸
D、颗粒形状

5. 液相参与烧结的传质方式主要由----和----
A、扩散传质
B、蒸发-凝聚传质
C、溶解-沉淀传质

D、流动传质

十一、简述题（共 12 分，每小题 10 分）

1. Fe_{1-x}S 与 FeS_{1-x} 各属于什么类型的半导体，为什么？
2. 润湿是固液界面上的重要行为，请回答润湿的热力学定义，根据润湿程度，分为哪几种润湿方式？
3. 为什么在烧结透明 Al_2O_3 时添加 MgO 作为烧结助剂？

十二、计算题（共 8 分）

将 0.2mol 的 YF_2 加入到 CaF_2 当中形成固溶体，实验测得立方固溶体的晶胞参数 $a=0.55\text{nm}$ ，密度 $P=3.64\text{g/cm}^3$ 。写出可能的固溶体化学式，计算并说明固溶体类型。（注：元素的相对原子质量 $\text{Y}=88.90\text{s}$ $\text{Ca}=40.08$ $\text{F}=19.00$ ）

高分子物理

十三、简答题（共 26 分）（4，4，5，6，7）

- 1、写出下列三种高分子材料的重复结构单元，按其玻璃化转变温度的高低排序，并从分子结构出发阐述按此排序的原因
- 2、与小分子食盐的溶解过程相比，聚乙烯塑料的溶解过程有何特点！在凝胶渗透色谱技术中，为什么对不同高分子的分子量进行测定时，可以用同一普适校正曲线来标定
- 3、画出下列三种高分子在 25°C 和中等拉伸速率下的应力-应变曲线示意图，从分子结构出发，说明这三种高分子材料的应力-应变曲线的异同点
① 双酚 A 型聚碳酸酯 ② 聚苯乙烯塑料 ③ 轻度硫化天然橡胶
- 4、试述聚对苯二甲酸乙二醇酯的分子量（从 0 开始）对其增熔点和熔体的流动温度的影响，说明原因，为什么实际橡胶弹性中带有粘性，而高分子熔体的粘性流动又带有弹性
- 5、画出尼龙 6 和苯乙烯-丁二烯-苯乙烯（SBS）三嵌段热塑性弹体的动态力学性能-温度曲线（动态力学性能包括储能模量 E' 和损耗因子 $\tan\delta$ ）标出特征参数，用虚线当频率提高时储能模量-温度曲线的变化趋势，以尼龙 6 为例说明其在各温度区间内所处的力学状态及各状态下分子流动的主要特点

十四、计算题（4 分）

将某种密度约为 1.0g/cm^3 的轻度交联橡胶试样在 25°C 做压缩应力松弛实验，初始应变为 0.5，测得其应力松弛时间 $\tau=5\text{s}$ ，当 $t=600\text{s}$ 时，应力为 $4.45\times 10^6\text{Pa}$ ，求该橡胶试样的高弹平衡杨氏模量和交联点之间的平均分子量 \bar{M}_c （气体常数 $R=8.31\text{J}/(\text{Kmol})$ ）