

名词解释

1. 空间点阵：是表示晶体结构中质点周期性重复规律得几何图形。
2. 同素异构：是指某些元素在 t 和 p 变化时，晶体结构发生变化得特征。
3. 固溶体：当一种组分（溶剂）内溶解了其他组分（溶质）而形成的单一、均匀的晶态固体，其晶体结构保持溶剂组元的晶体结构时，这种相就称固溶体。
4. 电子浓度：固溶体中价电子数目 e 与原子数目之比。
5. 间隙固溶体：溶质原子溶入溶剂间隙形成的固溶体
6. 晶胞：能完全反映晶格特征得最小几何单元
7. 清洁表面：是指不存在任何吸附、催化反应、杂质扩散等物理化学效应得表面，这种表面的化学组成与体内相同，但周期结构可以不同于体内。
8. 润湿：是一种流体从固体表面置换另一种流体的过程。
9. 表面改性：是利用固体表面的吸附特性，通过各种表面处理来改变固体表面得结构和性质以适应各种预期要求。
10. 晶界：凡结构相同而取向不同的晶体相互接触，其接触面称为晶界。
11. 相平衡：一个多相系统中，在一定条件下，当每一相的生成速度与它的消失速度相等时，宏观上没有任何物质在相间传递，系统中每一个相的数量均不随时间而变化，这时系统便达到了相平衡。
12. 临界晶胚半径 r_k ：新相可以长大而不消失的最小晶胚半径。
13. 枝晶偏析：固溶体非平衡凝固时不同时刻结晶的固相成分不同导致树枝晶内成分不均匀的现象（或树枝晶晶轴含高熔点组元较多，晶枝间低熔点组元较多的现象）。
14. 扩散：由构成物质的微粒得热运动而产生得物质迁移现象。扩散的宏观表现为物质的定向输送。
15. 反应扩散：在扩散中由于成分的变化，通过化学反应而伴随着新相的形成（或称有相变发生）的扩散过程称为“反应扩散”，也称为“相变扩散”。
16. 泰曼温度：反应开始温度远低于反应物熔点或系统低共熔温度，通常相当于一种反应物开始呈现显著扩散作用的温度，此温度称为泰曼温度或烧结温度。
18. 相变：随自由能变化而发生的相的结构变化。
19. 什么是相律：表示材料系统相平衡得热力学表达式，具体表示系统自由能、组元数和相数之间得关系。
20. 二次再结晶：指少数巨大晶粒在细晶消耗时成核长大得过程，又称晶粒异常长大和晶粒不连续生长。
21. 均匀成核：组成一定，熔体均匀一相，在结晶温度下析晶，发生在整个熔体内部，析出物质组成与熔体一致。
22. 固溶强化：溶质原子加入到溶剂原子中形成固溶体，固溶体在
23. 相：化学成分相同，晶体结构相同并有界面与其他部分分开的均匀组成部分。
24. 过冷度：实际开始结晶温度与理论结晶温度之间的差。
25. 固态相变：固态物质在温度、压力、电场等改变时，从一种组织结构转变成另一种组织结构。
26. 稳定分相：分相线和液相线相交（分相区在液相线上），分相后两相均为热力学的稳定相。
27. 马氏体相变：一个晶体在外加应力的作用下通过晶体的一个分立体积的剪切作用以极迅速的速率而进行的相变。

28. 无扩散型固态相变：在相变过程中并不要求长程扩散，只需要原子作一些微量地移动，其移动距离通常小于这些移动原子与相邻原子间的间距，并且这些原子之间保持一定的关系。

29. 烧结：粉末成型体在低于熔点的高温作用下，产生颗粒间的粘结，通过物质传递迁移，使成型坯体变成具有一定几何形状和性能，即有一定强度的致密体的过程

31. 粘度：是流体（液体或气体）抵抗流动的量度。粘度物理意义：指单位接触面积、单位速度梯度下两层液体间的内摩擦力。影响熔体粘度的主要因素是温度和化学组成

对错

2. 作用在位错线上的力 F 的方向永远垂直于位错线并指向滑移面上的未滑移区。

()

4. 晶面与晶向具有不同的原子密度，因而晶体在不同方向上表现出不同的性质。

()

5. 高于熔点不太多的温度下，液体内部质点的排列并不是象气体那样杂乱无章的，相反，却是具有某种程度的规律性。()

6. 固体颗粒愈小，表面曲率愈大，则蒸气压和溶解度增高而熔化温度升高。(×)

7. 对纯固相：压力可显著改变粉料颗粒间的接触状态，提高固相反应速率。()

8. 颗粒愈大，固相反应愈剧烈。(×)

10. 固溶体凝固形核的必要条件同样是 $G < 0$ 、结构起伏和能量起伏。(×)

11. 三元相图垂直截面的两相区内不适用杠杆定律。()

13. 和液固转变一样，固态相变也有驱动力并要克服阻力，因此两种转变的难易程度相似。(×)

14. 在一个给定的系统中，物种数可以因分析问题的角度的不同而不同，但独立组分数是一个确定的数。()

15. 单组分系统的物种数一定等于 1。(×)

17. 相图中的点都是代表系统状态的点。(×)

18. 恒定压力下，根据相律得出某一系统的 $f = 1$ ，则该系统的温度就有一个唯一确定的值。(×)

19. 单组分系统的相图中两相平衡线都可以用克拉贝龙方程定量描述。()

20. 根据二元液系的 $p \sim x$ 图可以准确地判断该系统的液相是否是理想液体混合物。()

21. 在相图中总可以利用杠杆规则计算两相平衡时两相的相对的量。()

22. 杠杆规则只适用于 $T \sim x$ 图的两相平衡区。(×)

23. 对于二元互溶液系，通过精馏方法总可以得到两个纯组分。(×)

24. 二元液系中，若 A 组分对拉乌尔定律产生正偏差，那么 B 组分必定对拉乌尔定律产生负偏差。(×)

25. 若 A、B 两液体完全不互溶，那么当有 B 存在时，A 的蒸气压与系统中 A 的摩尔分数成正比。(×)

30. 在稳态扩散过程中，扩散组元的浓度 C 只随距离 x 变化，而不随时间 t 变化。()

32. 固态相变分为形核和核长大两个基本阶段，不遵循液态物质结晶过程的一般规律。(×)

33. 分解反应受控于核的生成数目以及反应界面面积等因素。()

34. 对有液、气相参与的固相反应：反应不是通过固相粒子直接接触进行的，压力增大影响不明显，有时相反。（ ）

简答题

1. 简述晶体的性质

答：1) 均匀性 2) 各向异性 3) 自限性 4) 对称性 5) 最小内能性

2. 布拉维点阵分为哪四类

答 1) 简单点阵。 2) 体心点阵。 3) 底心点阵。 4) 面心点阵。

3. 硅酸盐的结构特点：

答 1) 硅酸盐的基本单元是 $[\text{SiO}_4]$ 四面体。 2) 每个氧最多只能被两个 $[\text{SiO}_4]$ 四面体所共有。 3) $[\text{SiO}_4]$ 四面体只能是互相孤立地在结构中存在或通过共顶点相互连接。 4) Si-O-Si 的结合键并不形成一直线，而是一折线。

4. 晶胞选取的原则：

答：1) 选取的平行六面体应反映出点阵的最高对称性
2) 平行六面体内的棱和角相等的数目应最多
3) 当平行六面体的棱边夹角存在直角时，直角数目应最多
4) 当满足上述条件的情况下，晶胞应具有最小的体积

5. 晶面指数标定步骤：

答：1) 在点阵中设定参考坐标系
2) 确定待定晶面在三个晶轴上的截距
3) 取截距的倒数，并通分化为互质整数比，记为 (hkl)

6. 缺陷的含义：晶体缺陷就是指实际晶体中与理想的点阵结构发生偏差的区域。

7. 硅酸盐熔体的粘度与组成的关系

答：(1) O/Si 比；(2) 一价碱金属氧化物；(3) 二价金属氧化物；(4) 高价金属氧化物；(5) 阳离子配位数；(6) 混合碱效应；(7) 其它化合物。

8. 简述固体表面的不均匀性

答：(1) 绝大多数晶体是各向异性
(2) 同一种物质制备和加工条件不同也会有不同的表面性质。
(3) 晶格缺陷、空位或位错而造成表面不均匀。
(4) 在空气中暴露，表面被外来物质所污染，形成有序或无序排列，也引起表面不均匀。
(5) 固体表面无论怎么光滑，从原子尺寸衡量，实际上也是凹凸不平的。

9. 在固液界面上发生粘附的条件有那些？

答：(1) 润湿性 (2) 粘附功 (W) (3) 粘附面的界面张力 (4) 相溶性或亲和性

10. 晶界的特点：

答 (1) 晶界易受腐蚀后很易显露出来；
(2) 晶界是原子（或离子）快速扩散的通道，并易引起杂质原子（离子）偏聚，同时也使晶界处熔点低于晶粒；
(3) 晶界上原子排列混乱，使之处于应力畸变状态，能阶较高，使得晶界成为固态相变时优先成核的区域。

11. 相图的作用？

答：(1) 知道开始析晶的温度，析晶终点，熔化终点的温度；
(2) 平衡时相的种类；
(3) 平衡时相的组成
 \Rightarrow 预测瓷胎的显微结构
 \Rightarrow 预测产品性质
(4) 平衡时相的含量。

12. 点缺陷的类型

(1) 空位：
肖脱基空位 - 离位原子进入其它空位或迁移至晶界或表面。
弗兰克尔空位 - 离位原子进入晶体间隙。
(2) 间隙原子：位于晶体点阵间隙的原子。
(3) 置换原子：位于晶体点阵位置的异类原子。

13. 简述固态扩散的条件

答：(1) 温度足够高 (2) 时间足够长 (3) 扩散原子能固溶 (4) 具有驱动力：化学位梯度

14. 说明固相反应的步骤

答：(1) 反应物扩散到界面 (2) 在界面上进行反应 (3) 产物层增厚

15. 影响固相反应的因素有哪些？

答：(1) 反应物化学组成与结构的影响 (2) 反应物颗粒尺寸及分布的影响
(3) 反应温度和压力与气氛的影响 (4) 矿化剂及其它影响因素

16. 矿化剂在固相反应作用：

答：(1) 影响晶核的生成速度 (2) 影响结晶速度及晶格结构 (3) 降低体系熔点，改善液相性质

17. 简述相变过程的推动力

答：过冷度，过饱和浓度，过饱和蒸汽压

18. 影响析晶能力的因素有哪些？

答：(1) 熔体的组成 (2) 熔体的结构 (3) 界面情况 (4) 外加剂

19. 简要说明成分过冷的形成及其对固溶体组织形态的影响。

答：固溶体凝固时，由于溶质原子在界面前沿液相中的分布发生变化而形成的过冷。

20. 为什么晶粒细化既能提高强度，也能改善塑性和韧性？

答：晶粒细化减小晶粒尺寸，增加界面面积，而晶界阻碍位错运动，提高强度；晶粒数量增加，塑性变形分布更为均匀，塑性提高；晶界多阻碍裂纹扩展，改善韧性。

21. 晶体结构与空间点阵的异同

异：点的属性、数目、有无缺陷；同：描述晶体中的规律性

22. 间隙固溶体与间隙化合物的异同

异：结构与组成物的关系；同：小原子位于间隙位置

23. 二元相图中有哪些几何规律？

相区接触法则；三相区是一条水平线...；三相区中间是由它们中相同的相组成的两相区；单相区边界线的延长线进入相邻的两相区。

24. 材料结晶的必要条件有哪些？

过冷；结构起伏；能量起伏；成分起伏（合金）。

25. 影响再结晶温度的因素是：

（1）预先的变形程度。（2）原始晶粒大小。（3）纯度及成分。（4）加热速度和保温时间。

26. 简述晶体结构对扩散的影响。

答：晶体结构反映了原子（离子）在空间排列的情况；扩散时原子要发生移动就必需克服周围原子对它的作用力。原子排列越紧密，原子间的结合力愈强，此时扩散激活能就越大，而扩散系数 D 就愈小；因此，晶体结构紧密的物质，扩散激活能就大，扩散系数小。金属的熔点高低和熔化时潜热的大小都能反映金属内部原子间作用力的大小，反映激活能的高低。金属的熔点越高、熔化时潜热越大，原子排列就越紧密，扩散激活能就越大，扩散系数就越小。

27. 相律具有什么限制性：

- 1) 相律只适用于热力学平衡状态。平衡状态下各相的温度应相等；各相的压力应相等（机械平衡）；每一组元在各相中的化学位必须相同。
- 2) 相律只能表示体系中组元和相的数目，不能指明组元或相的类型和含量。
- 3) 相律不能预告反应动力学。
- 4) 自由度的值不得小于零。

28. 配位数：是指在晶体结构中，该原子（或离子）的周围，与它直接相邻结合的同种原子（或所有异号离子）的个数。

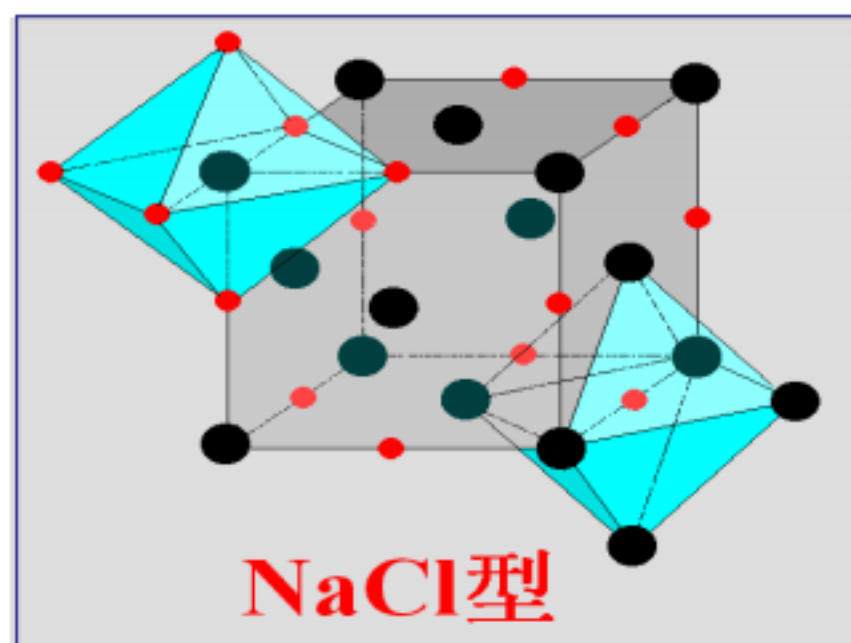
29. 说明影响固溶度的因素：

答：1) 原子尺寸因素：熔质和熔剂原子尺寸差别越小越容易形成置换固熔体，且固熔度越大。 2) 晶体结构因素：熔质和熔剂的晶体结构类型相同是形成无限固熔体的必要条件。同种间隙原子在面心立方中的熔解度大于在体心立方中的熔解度。 3) 化学亲和力：熔质原子与熔剂原子的负电性相差越大，异种原子间的亲和力越强，有利于增大固熔度。 4) 电子浓度因素：熔质元素的原子价越高，同样数量的熔质原子熔解时的电子浓度增加越快，因此其固熔度越小。

30. 玻璃形成的动力学条件：熔体如果冷却速度比较快，原子不能进行充分地扩散，液态就只能转变为非晶态固体，即形成玻璃。

31. 简述 NaCl 结构的主要特点

答：面心立方晶格（点阵型式）。正、负离子配位数为 6，正、负离子半径介于 0.414 ~ 0.732



32. 硅酸盐玻璃与硅酸盐晶体结构上显著的差别：

(1) 晶体中 Si - O骨架按一定对称性作周期重复排列，是严格有序的，在玻璃中则是无序排列的。晶体是一种结构贯穿到底，玻璃在一定组成范围内往往是几种结构的混合。

(2) 晶体中 R⁺ 或 R²⁺ 阳离子占据点阵的位置：在玻璃中，它们统计地分布在空腔内，平衡 O²⁻ 的负电荷。虽从 Na₂O-SiO₂系统玻璃的径向分布曲线中得出 Na⁺ 平均被 5~7 个 O 包围，即配位数也是不固定的。

(3) 晶体中，只有半径相近的阳离子能发生互相置换，玻璃中，只要遵守静电价规则，不论离子半径如何，网络变性离子均能互相置换。（因为网络结构容易变形，可以适应不同大小的离子互换）。在玻璃中析出晶体时也有这样复杂的置换。

(4) 在晶体中一般组成是固定的，并且符合化学计量比例，在形成玻璃的组成范围内氧化物以非化学计量任意比例混合。

33. 马氏体转变特点：

答：1) 相变前后存在习性平面和晶面定向关系 2) 快速 - 声速 3) 无扩散 4) 在一个温度范围内

34. 何谓共晶反应、包晶反应？试比较这两种反应的异同点。

答：共晶反应：指一定成分的液体合金，在一定温度下，同时结晶出成分和晶格均不相同的两种晶体的反应。

包晶反应：指一定成分的固相与一定成分的液相作用，形成另外一种固相的反应过程。

共同点：反应都是在恒温下发生，反应物和产物都是具有特定成分的相，都处于三相平衡状态。

不同点：共晶反应是一种液相在恒温下生成两种固相的反应；而包晶反应是一种液相与一种固相在恒温下生成另一种固相的反应。

35. 简要说明成分过冷的形成及其对固溶体组织形态的影响。

答：固溶体凝固时，由于溶质原子在界面前沿液相中的分布发生变化而形成的过冷。

36. 简述熔质原子在位错附近的分布

答：置换固溶体中比熔剂原子大的熔质原子往往扩散到位错线下方受拉引力的部位，比熔质原子小的熔质原子则扩散到位错线上方受压应力的部位。间隙固溶体中的熔质原子总是扩散到位错线的下方。

37. 试从扩散系数公式 $D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{kT}\right)$ 说明影响扩散的因素。

答：从公式表达形式可以看出扩散系数与扩散激活能 Q 和温度有关。扩散激活能越低扩散系数较大，因此激活能低的扩散方式的扩散系数较大，如晶界和位错处的扩散系数较大。温度越高，原子活性越大，扩散系数越大。

38. 为什么只有置换固溶体的两个组元之间才能无限互溶，而间隙固溶体则不能

答：这是因为形成固溶体时，熔质原子的熔入会使熔剂结构产生点阵畸变，从而使体系能量升高。熔质与熔剂原子尺寸相差越大，点阵畸变的程度也越大，则畸变能越高，结构的稳定性越低，熔解度越小。一般来说，间隙固溶体中熔质原子引起的点阵畸变较大，故不能无限互溶，只能有限熔解。

39. 烧结与固相反应相同点和不同点有哪些

答：相同点：均在低于材料熔点或熔融温度之下进行的；过程自始至终都至少有一相是固态。

不同点：固相反应至少有两组元参加，并发生化学反应。烧结只有单组元或两组元参加，但并不发生化学反应。

40. 说明蒸发 - 凝聚传质的特点

答：1) 坯体不发生收缩。烧结时颈部区域扩大，球的形状改变为椭圆，气孔形状改变，但球与球之间的中心矩不变。

2) 坯体密度不变。气孔形状的变化对坯体一些宏观性质有可观的影响，但不影响坯体密度。

3) 物质需加热到可以产生足够蒸气压的温度。

41. 从工艺角度考虑，在烧结时需要控制的主要变量有：

答：1) 烧结时间 2) 颗粒半径 r 的影响 3) 温度 T 的影响

42. 晶粒生长影响因素有哪些？

答：(1) 夹杂物（杂质、气孔等）的阻碍作用

(2) 晶界上液相的影响：粗的起始颗粒的二次再结晶的程度要小

(3) 晶粒生长极限尺寸：原始粒度不均匀、温度偏高、烧结速率太快、坯体成型压力不均匀及存在局部不均匀液相等。

43. 二次再结晶的影响因素

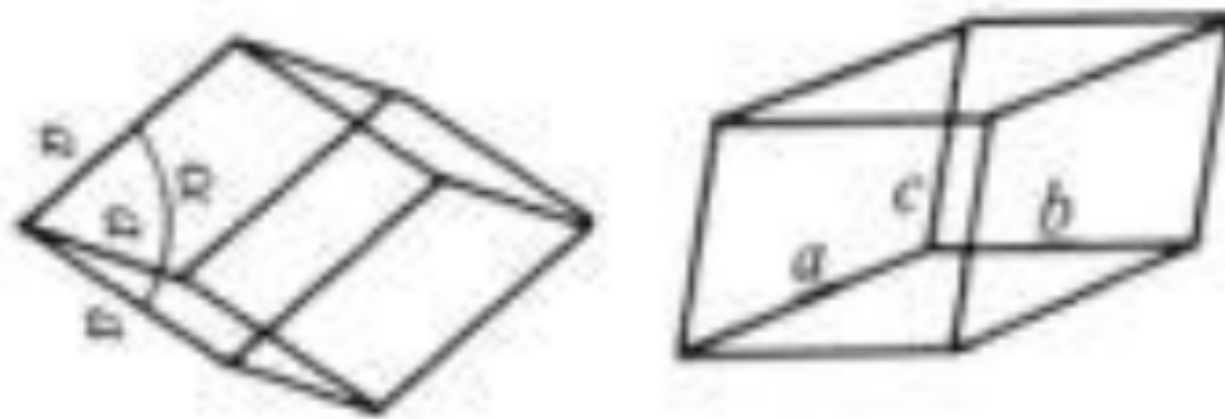
答：(1) 晶粒晶界数（原始颗粒的均匀度）

(2) 起始物料颗粒的大小

(3) 工艺因素

选择题

1. 比较下面两个晶体结构图，指出哪一个是三斜，哪一个斜方。（ BA）



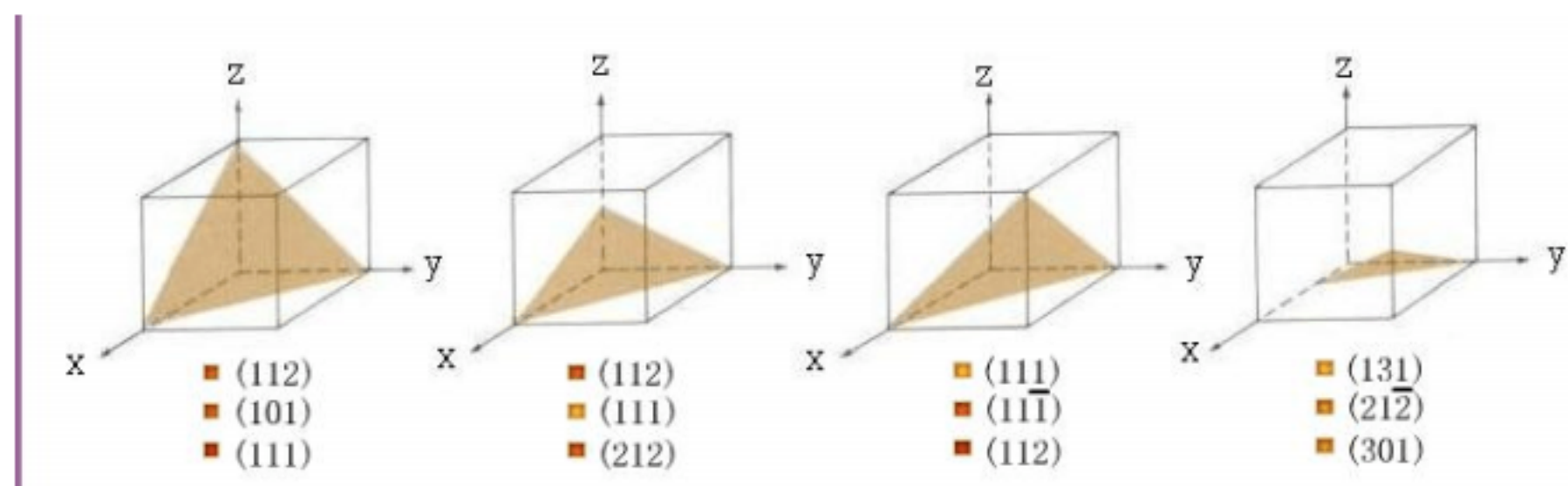
A

B

2. 求证 FCC 晶胞的边长 $a = 2R\sqrt{2}$

4r=根号 2a a=2R 根号 2

3. 下图给出立方晶体的 4 个晶面，在图下标注的指数中选择一个答案。（ CAAB）



4. 在立方晶系中，晶向指数与晶面指数相同时，则晶面与晶向。（ b）

a、平行 b、垂直

5. 固溶体的晶体结构与相同。（ b）

a、溶质 b、溶剂 c、不同于溶剂和溶质的其它晶型

d、a、b、c 都有可能

6. 置换原子的固溶度可以较大，而间隙原子的固溶度很小。（ A ）

A 是 B 否

7. 由于晶体中的间隙很小，所以间隙原子一般都是小原子。（ A ）

A 是 B 否

8. 下列说法错误的是（ C ）

A. 空位在不停地运动，遇到间隙原子时就会与其合并而消失。

B. 空位和空位运动到一起就会形成复合空位。

C. 晶体中的空位是固定不动的。

9. 如果成核速率和生长速率 u 的极大值相隔比较远，则容易形成：（ A ）

A. 玻璃体 B. 晶体 C. 熔融体

10. 热分解反应总是从晶体中某一点开始，形成反应的（ A ）。

A. 核 B. 界面 C. 缺陷

11. 金属结晶需要一定的过冷度。（ A ）

A 是 B 否

12. 金属液体在熔点温度保温，则（ C ）

A. 需要很长时间才能结晶；

B. 到熔点温度就会结晶；

C. 永不结晶。

C 在熔点保温，就是没有过冷。

13. 过冷度是理论结晶温度（即熔点 T_m ）与实际结晶温度之差。（ A ）

A 是 B 否

14. 下述哪些现象结晶时出现？（ A B ）

A. 在低于熔点的温度下结晶才能进行；

B. 结晶时有热量放出；

C. 液态金属冷却到熔点时就开始结晶。

15. 形成临界晶核时需要的形核功由什么提供？（ B ）

A. 由外界加热提供；

B. 由能量起伏提供；

C. 由体积自由能提供。

16. 临界晶核有可能继续长大，也有可能消失（熔化）。（ A ）

A 是 B 否

因为临界晶核形成时能量增大到最高，此时无论晶核继续长大，还是减小，都可以使能量降低，所以都是自发过程。故这两种可能都存在。

17. 下述说法哪些正确？在相同过冷度的条件下，（ A B C D ）

- A. 非均匀形核比均匀形核的形核率高；
- B. 均匀形核与非均匀形核具有相同的临界晶核半径；
- C. 非均匀形核比均匀形核需要的形核功小；
- D. 非均匀形核比均匀形核的临界晶核体积小。

18. 当接触角 $\theta = 0^\circ$ 时， $\Delta G_{\text{非}}^* = \Delta G_{\text{均}}^*$ ，晶核的形状为 (C)

- A. 半球形； B. 小于半球的球冠； C. 球形。

当接触角 $\theta = 0^\circ$ 时，就是均匀形核了，所以晶核是球形。

19. 下述说法哪些正确？非均匀形核时， θ 角越小，形核越容易。这是因为 (ABC)

- A. 临界晶核的体积和表面积越小； B. 形核需要的过冷度越小；
- C. 需要的形核功越小。。

21. 可以使铸态金属或合金的晶粒细化的常用方法有： (B)

- A. 增大冷却速度，变质处理
- B. 变质处理，提高过冷度，振动、搅拌
- C. 实行单向凝固，变质处理，振动、搅拌

能够增加晶核数量的方法都可以细化晶粒，常用的方法主要是变质处理，提高过冷度，振动、搅拌。

22. 制取单晶体的技术关键是保证液体结晶时只有一个晶核。 (A)

- A 是 B 否

27 在非稳态扩散过程中，扩散组元的浓度 C 也是只随距离 x 变化，而不随时间 t 变化。 (B)

- A. 是 B. 否

在非稳态扩散过程中，扩散组元的浓度 C 不只是随距离 x 变化，而且也随时间 t 变化。

28 扩散通量 J 的定义为：扩散组元在单位时间内通过垂直于扩散方向的单位截面积的扩散物质流量，单位为： $\text{kg} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$ 。 (A)

- A. 是 B. 否

29 根据菲克第一定律，扩散组元的浓度梯度 $\frac{dC}{dx}$ 越大，则扩散通量 J 越大，扩散越快。 (A)

- A. 是 B. 否

因为扩散通量 J 和扩散组元的浓度梯度成正比，所以浓度梯度越大，扩散通量 J 越大，扩散越快。

30 扩散系数 D 是描述扩散速度的重要物理量， D 值越大则扩散越快。 (B)

- A. 是 B. 否

31 已知 Mg(镁) 在 Al(铝) 中的扩散常数 $D = 1.2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$,扩散激活能 $Q=131000 \text{ J/mol}$, 500 时扩散系数 $D = 1.8 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$, 问 400 时 Mg在 Al 中的扩散系数 D是多少? (A)

A. $8.1 \times 10^{-15} \text{ m}^2/\text{s}$ B. $1.8 \times 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$ C. $2.8 \times 10^{-11} \text{ m}^2/\text{s}$

32 温度对扩散系数的影响非常显著, 温度越高, 则扩散系数越大。 (A)

A. 是 B. 否

33 怎样理解扩散原子对基体造成的晶格畸变越大, 扩散则越容易。 (B)

A. 扩散原子具有更低的能量, 需要的扩散激活能变大, 扩散系数变小, 所以扩散容易;

B. 扩散原子具有更高的能量, 需要的扩散激活能变小, 扩散系数变大, 所以扩散容易;

C. 基体原子具有更高的能量, 造成的势垒变小, 扩散系数变小, 所以扩散容易。

34. 在相同的温度下, 碳在 $\gamma\text{-Fe}$ 中的扩散比在 $\alpha\text{-Fe}$ 中的扩散更容易, 速度更快。这主要是因为: (A)

A. 碳原子在 $\gamma\text{-Fe}$ 中固溶造成的晶格畸变更大 ;

B. 其他合金元素的影响所致;

C. 温度对扩散系数的影响所致。

35. 烧结理论认为: 粉状物料的表面能与多晶烧结体的晶界能关系是。 (A)

A. 表面能大于界面能

B. 表面能等于界面能;

C. 表面能小于界面能。

36. 下列过程中, () 能使烧结产物强度增大而不产生致密化过程。 (A D)

A 、蒸发 - 凝聚 B 、体积扩散

C 、粘性 (塑性) 扩散 D 、表面扩散

37. 在烧结过程中, 只改变气孔形状而不引起坯体致密化的传质方式有 (B F)

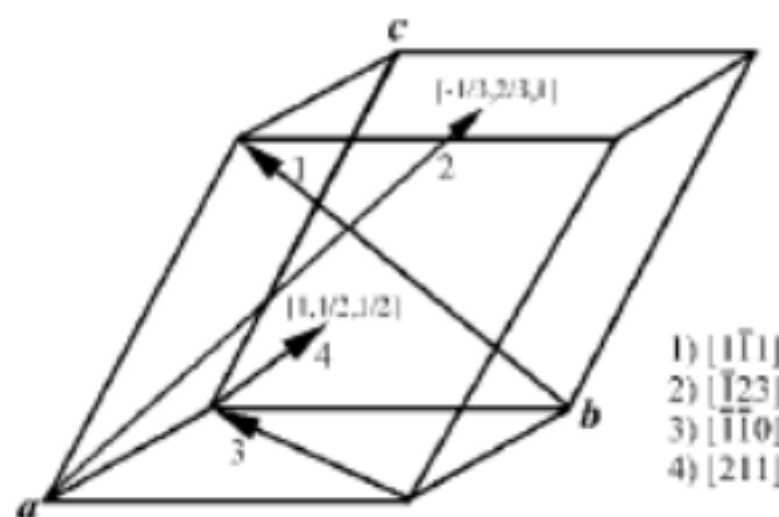
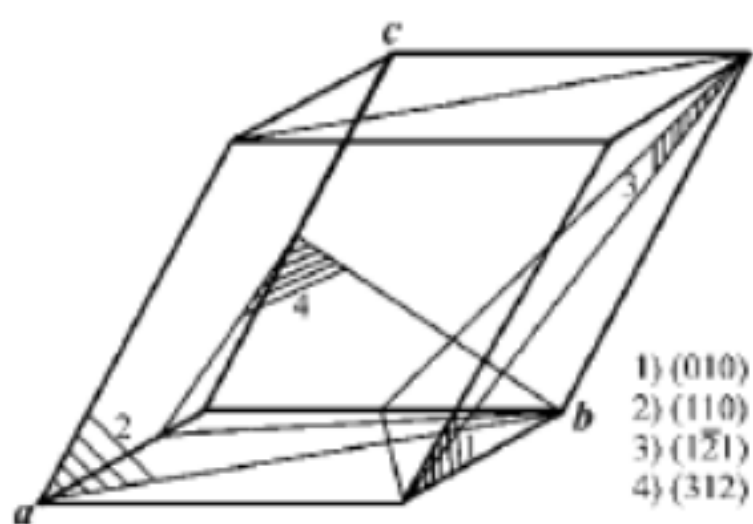
A 、晶格扩散 B 、表面扩散 C 、晶界扩散 D 、流动传质

E 、颗粒重排 F 、蒸发 - 凝聚 G 、非本征扩散 H 、溶解 - 沉淀

计算题

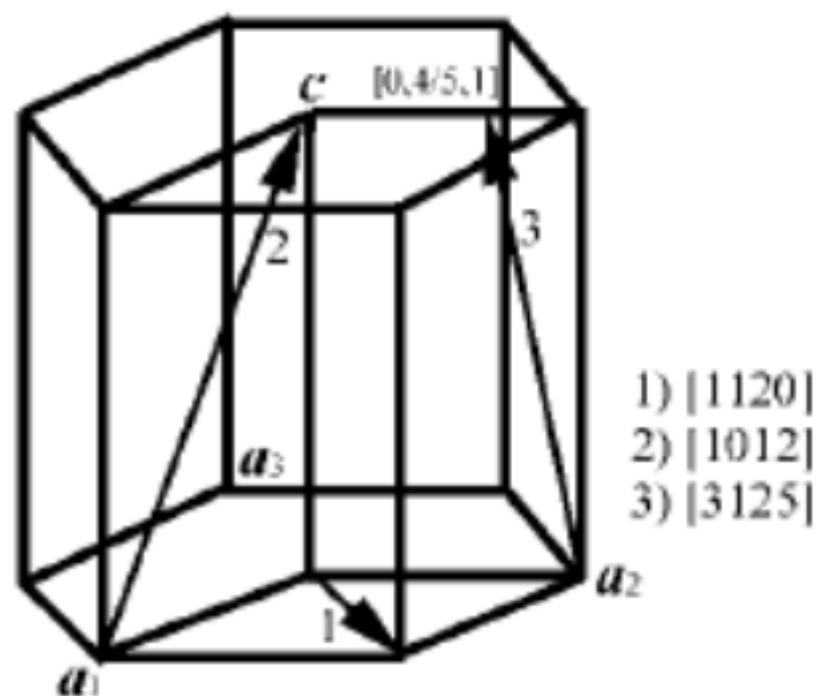
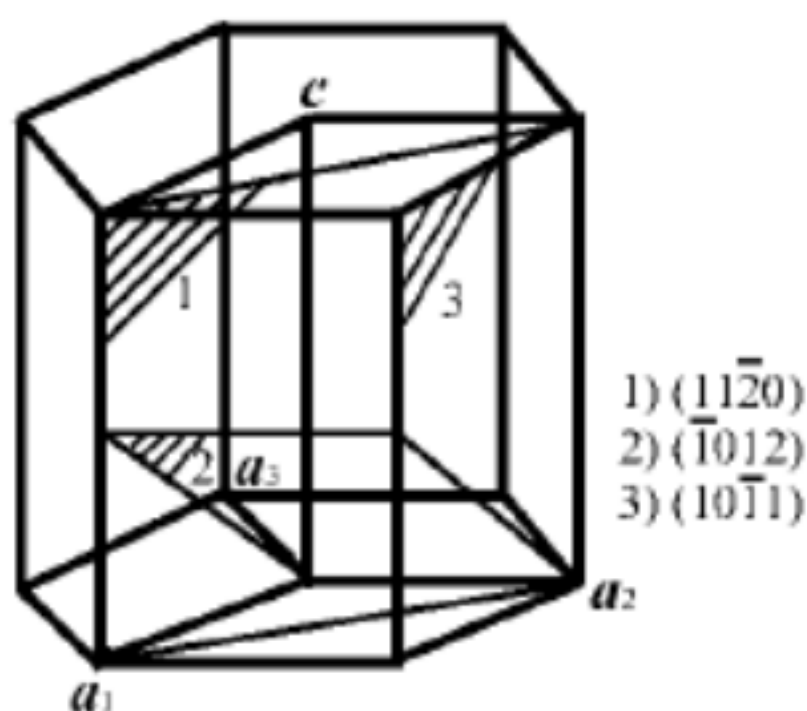
1. 在单胞中画出 (010) (110) ($\bar{1}21$) (312) 等晶面, 画出 [111] 、 [123] 、 [110] 、 [211] 等晶向。

答:



2. 用四轴坐标系画出六方晶系的 ($11\bar{2}0$) ($\bar{1}012$) ($10\bar{1}1$) 等晶面及 [$11\bar{2}0$] 、 [$2\bar{1}13$] 、 [$3\bar{1}25$] 等晶向。

答：



3. 对于立方点阵如果每个阵点放上硬球，证明可以填充的最大体积一次为 0.52、0.68 和 0.74。

答：因为相邻两球是相切的，其中心距离是球的直径。

P点阵的球半径是 $a/2$ ，球的体积是 $4 \pi (a/2)^3/3$ ，每个 P 点阵含 1 个球，单胞的体积是 a^3 ，故 p 点阵的填充率为： $4 \pi (a/2)^3/3a^3 = 0.5235$

4. FeO 具有 NaCl 型结构。假设 Fe 与 O 的原子数目相等，计算其密度。Fe 的离子半径为 0.074nm，氧离子的半径为 0.140nm。

解：每个单位晶胞中有 4 个 Fe^{2+} 和 4 个 O^{2-} ，则

原子的体积为 $V = \left[2 \pi (0.074 + 0.140) \times 10^{-9} \text{m} \right]^3 = 78.4 \times 10^{-30} \text{m}^3$

原子的质量为 $M = 4 (55.8 + 16) / (6.02 \times 10^{24}) = 479 \times 10^{-24} \text{g}$ 所以密度 $\rho = M/V = 479 \times 10^{-24} \text{g} / 78.4 \times 10^{-30} \text{m}^3 = 6.1 \times 10^6 \text{g/m}^3$

5. 已知一种 Al-Cu 二元合金含铜 3wt%, 铝 97wt%, 试问它们原子分数为多少? (铜的原子量 63.55, 铝的原子量 26.98)

解: 为了简便起见, 可以取 100 克 Al-Cu 合金来计算

100 克 Al-Cu 合金中含有铜的质量为: $100 \times 3\% = 3$ (克)

100 克 Al-Cu 合金中含有铝的质量为: $100 \times 97\% = 97$ (克)

再分别计算出 100 克 Al-Cu 合金中铜和铝的摩尔数:

$$N_{\text{Cu}} = \frac{m_{\text{Cu}}}{A_{\text{Cu}}} = \frac{3}{63.55} = 0.047 \text{ (mol)}$$

$$N_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{Al}}}{A_{\text{Al}}} = \frac{97}{26.98} = 3.59 \text{ (mol)}$$

所以铜和铝的原子分数 (摩尔分数) 为:

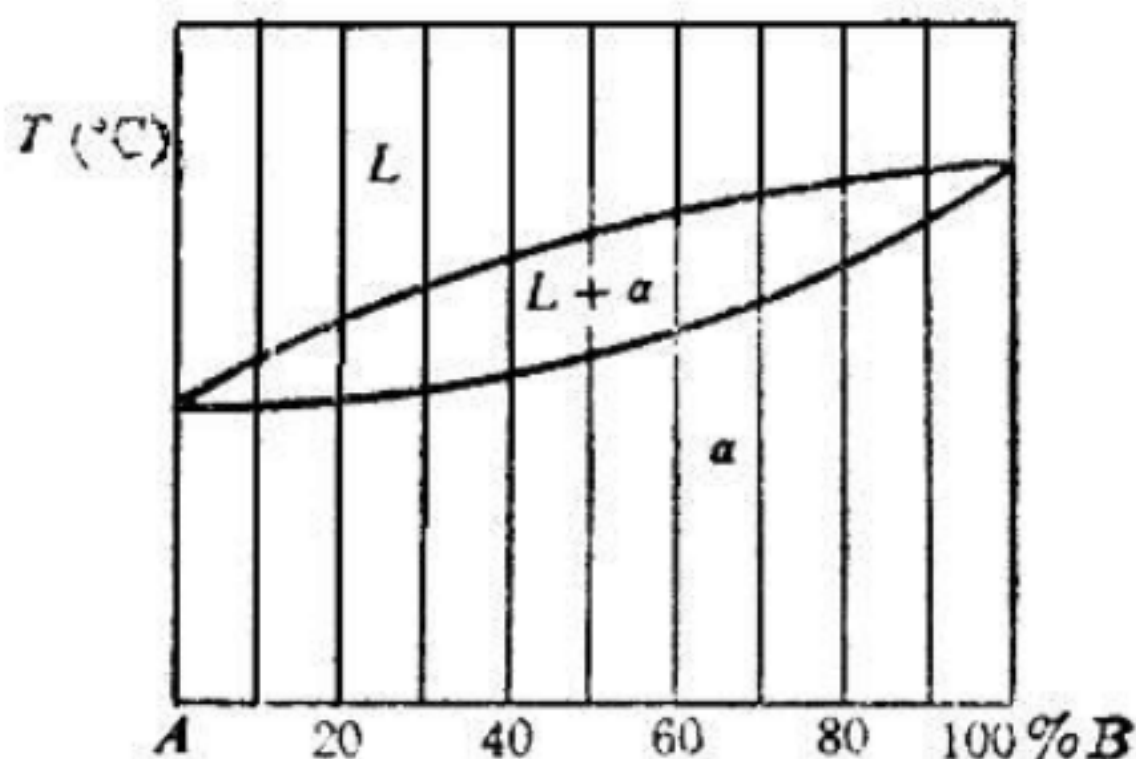
$$x_{\text{Cu}} = \frac{N_{\text{Cu}}}{N_{\text{Al}} + N_{\text{Cu}}} \times 100\% = \frac{0.047}{3.595 + 0.047} \times 100\% = 1.3 \text{ at}\%$$

$$x_{\text{Al}} = \frac{N_{\text{Al}}}{N_{\text{Al}} + N_{\text{Cu}}} \times 100\% = \frac{3.595}{3.595 + 0.047} \times 100\% = 98.7 \text{ at}\%$$

计算出铜的原子分数后, 也可以按下式计算铝的原子分数:

$$x_{\text{Al}} = 1 - x_{\text{Cu}} = 1 - 1.3 \text{ at}\% = 98.7 \text{ at}\%$$

6. 固溶体合金的相图如图所示, 试根据相图确定:



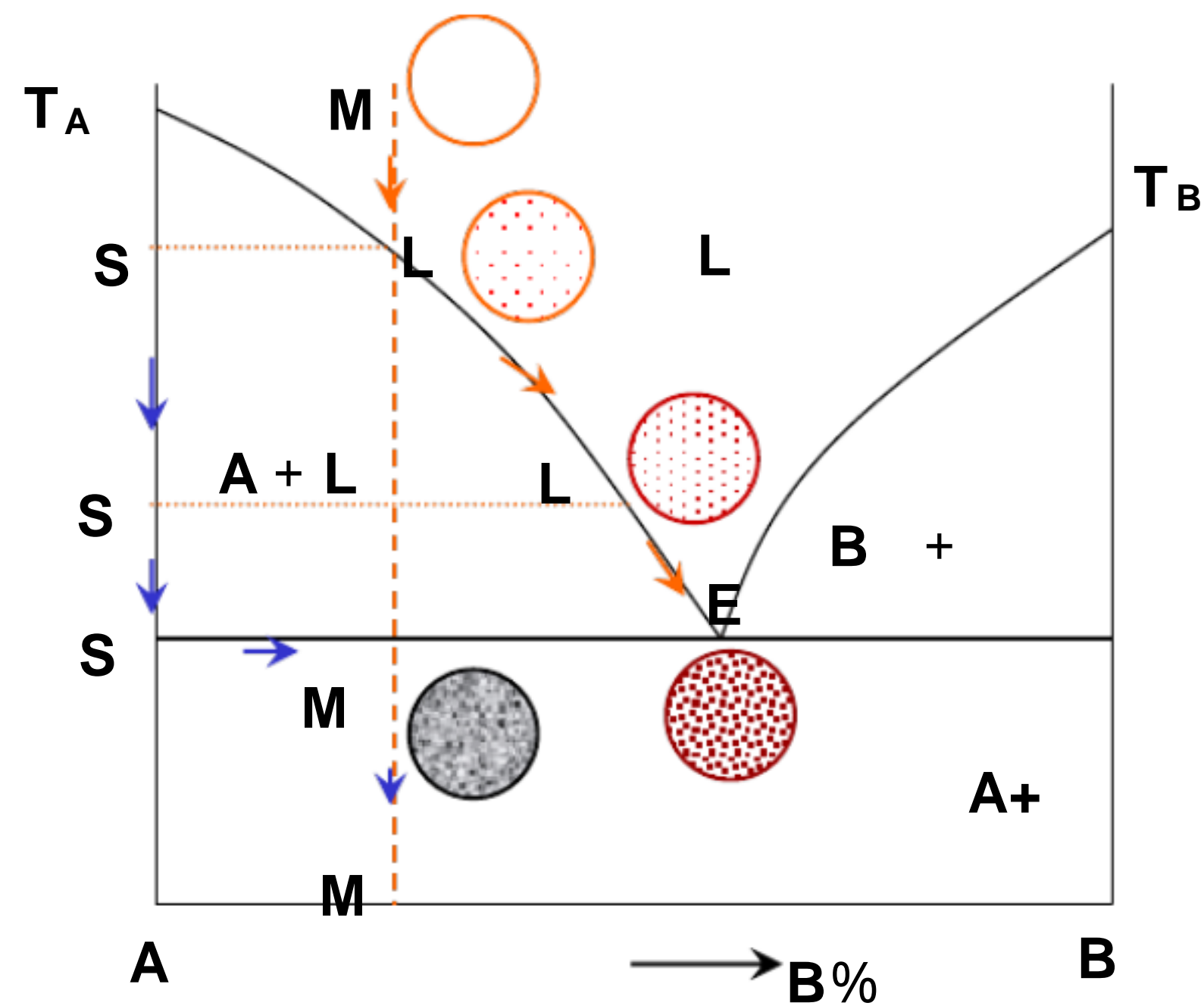
- 成分为 40%B 的合金首先凝固出来的固体成分;
- 若首先凝固出来的固体成分含 60%B, 合金的成分为多少?
- 成分为 70%B 的合金最后凝固的液体成分;
- 合金成分为 50%B, 凝固到某温度时液相含有 40%B, 固体含有 80%B, 此时液体和固体各占多少分数?

答案: (a) ~85%B. (b) ~15%B (c) ~20%B (d)

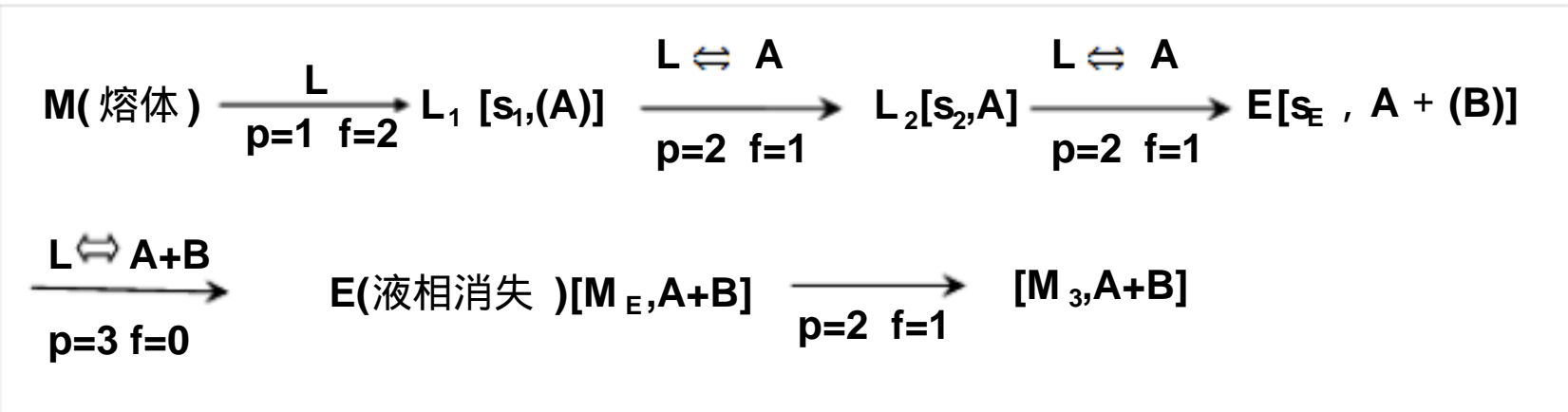
$$L = \frac{80 - 50}{80 - 40} \times 100\% = 75\%$$

$$\alpha = 1 - 75\% = 25\%$$

7. 分析 M组分的析晶路程及个温度下固液组分的含量



解：



- (1) T_1 : 固相量 $S\% = 0$; 液相量 $L\% = 100\%$;
- (2) T_2 : $S\% = \frac{M_2 L_2}{S_2 L_2} \times 100\%$; $L\% = \frac{M_2 S_2}{S_2 L_2} \times 100\%$
- (3) 刚到 T_E : 晶体 B 未析出 , 固相只含 A 。
- 到 T_E 后 : $S\% = \frac{M_E E}{S_E E} \times 100\%$; $L\% = \frac{M_E S_E}{S_E E} \times 100\%$
- (4) 离开 T_E : L 消失 , 晶体 A 、 B 完全析出。
- $S_A\% = \frac{M_E B}{AB} \times 100\%$; $S_B\% = \frac{M_E A}{AB} \times 100\%$

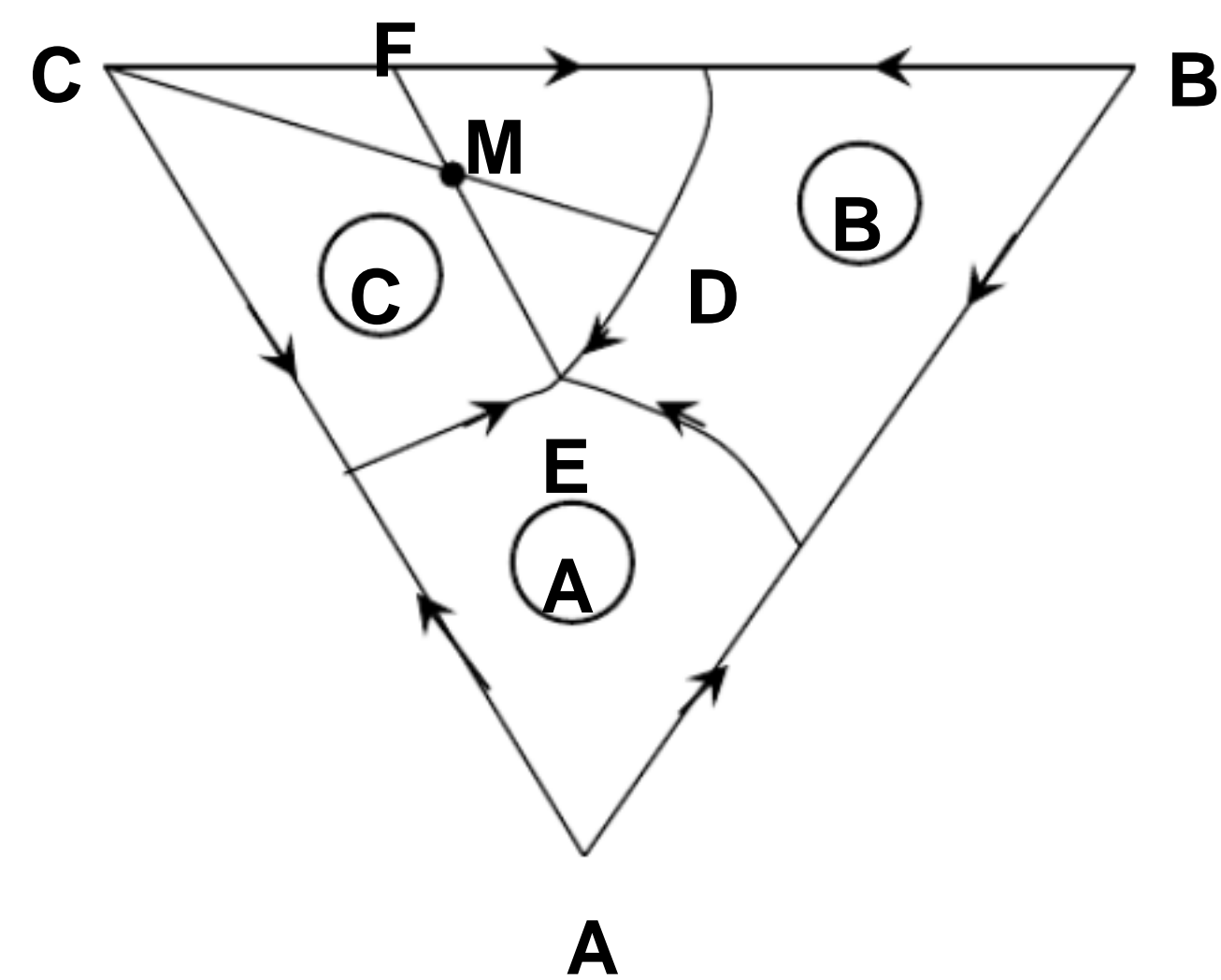
8.A-B 二元合金中具有共晶反应如下： $L_{(w_B=0.75)} \xrightleftharpoons[t_E]{} \alpha_{(w_B=0.15)} + \beta_{(w_B=0.95)}$ 若共晶反应刚结束时， α 和 β 相的相对含量各占 50%，试求该合金的成分。

设合金成分为 $c\%$ ，由题知：

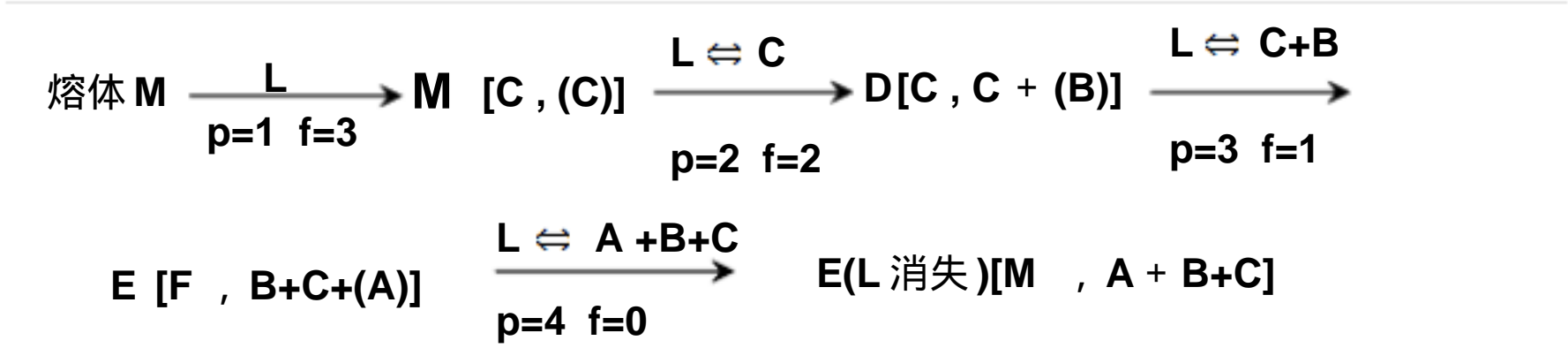
$$\alpha\% = \frac{0.95 - c}{0.95 - 0.15} \times 100\% = 50\%$$

得： $c\% = 0.55\%$

分析熔体 M 的析晶路程



解：



9.. 何为临界晶核？物理意义是什么？

答：根据自由能与晶胚半径的变化关系，可以知道半径 $r < r_k$ 的晶胚不能成核； $r > r_k$ 的晶胚才有可能成核；而 $r = r_k$ 的晶胚既可能消失，也可能稳定长大。因此，半径为 r_k 的晶胚称为临界晶核。

其物理意义是，过冷液体中涌现出来的短程有序的原子团，当其尺寸 $r = r_k$ 时，这样的原子团便可成为晶核而长大。

临界晶核半径 r_k ，其大小与过冷度有关，过冷度越大，临界晶核半径越小。

10. 在烧结时，晶粒生长能促进坯体致密化吗？晶粒生长会影响烧结速率吗？试说明之。

答：晶粒生长是晶界移动的结果，并不是原子定向向颈部迁移的传质过程，因而不能促进坯体致密化。晶界移动可以引起原子跃迁，也可以使气孔移入晶粒内，从而影响烧结速率。因而晶界移动需进行控制。

11. 说明影响烧结的因素？

答：1) 粉末的粒度。细颗粒增加了烧结推动力，缩短原子扩散距离，提高颗粒在液相中的溶解度，从而导致烧结过程的加速。

2) 外加剂的作用。在固相烧结中，有少量外加剂可与主晶相形成固溶体，促进缺陷增加，在液相烧结中，外加剂改变液相的性质（如粘度，组成等），促进烧结。

3) 烧结温度：晶体中晶格能越大，离子结合也越牢固，离子扩散也越困难，烧结温度越高。

4) 保温时间：高温段以体积扩散为主，以短时间为好，低温段为表面扩散为主，低温时间越长，不仅不引起致密化，反而会因表面扩散，改变了气孔的形状而给制品性能带来损害，要尽可能快地从低温升到高温，以创造体积扩散条件。

5) 气氛的影响：氧化，还原，中性。

6) 成形压力影响：一般说成型压力越大颗粒间接触越紧密，对烧结越有利。

12. 固相烧结与液相烧结的主要传质方式？固相烧结与液相烧结之间有何相同与不同之处？

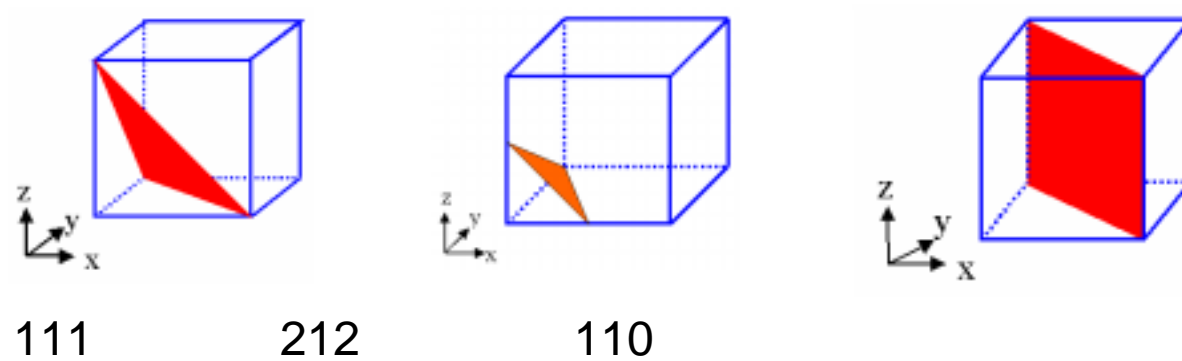
答：固相烧结的主要传质方式有蒸发 - 凝聚传质和扩散传质，液相烧结的主要传质方式有溶解 - 沉淀传质和流动传质。固相烧结与液相烧结的共同点是烧结的推动力都是表面能；烧结过程都是由颗粒重排、物质传递与气孔充填、晶粒生长等阶段组成。不同点是：由于流动传质比扩散传质速度快，因而致密化速率高；固相烧结主要与原料粒度和活性、烧结温度、气氛成型压力等因素有关，液相烧结与液相数量、液相性质、液 - 固润湿情况、固相在液相中的溶解度等有关。

13. 试述烧结的推动力和晶粒生长的推动力，并比较两者之大小。

答：烧结推动力是粉状物料的表面能（ σ_v ）大于多晶烧结体的晶界能（ σ_b ），即 $\sigma_v > \sigma_b$ 。生长的推动力是晶界两侧物质的自由焓差，使界面向晶界曲率半径小的晶粒中心推进。烧结的推动力较大，约为 $4 \sim 20 \text{ J/g}$ 。晶粒生长的推动力较小，约为 $0.4 \sim 2 \text{ J/g}$ ，因而烧结推动力比晶粒生长推动力约大十倍。

填空

1. 对应于图中所示晶面的指数分别是什么？



2. 晶体结构、基元和空间点阵间的关系，可以示意地表示为晶体结构 = 空间点阵 + 基元

3. 常见的晶体结构有面心立方、体心立方、密排六方三种

4. 间隙固溶体只能形成有限固溶体

5. 按照硅氧四面体在空间的组合情况，可以把硅酸盐分成岛状、链状、层状、架状四种。

6. 世界上的固态物质可分为二类，一类是晶态，另一类是非晶态。

7. 等径球体的密堆积为两种：六方最紧密堆积；立方最紧密堆积

8. 一晶面在 x 、 y 、 z 轴上的截距分别为 $2a$ 、 $3b$ 、 $6c$,则该晶面的晶面指数为 (321)。
- 杂质 Ca^{2+} 取代 Zr^{4+} 位置 ,与原来的 Zr^{4+} 比 ,少 2 个正电荷 ,即带 2 个负有效电荷 ,该缺陷表示为 Ca''_{Zr}
9. 晶体是由原子或分子在空间按一定规律、周期重复地排列所构成的固体物质。
10. 固溶体按原子在点阵中排列的有序性分：无序固溶体、有序固溶体
11. 硅酸盐熔体结构 (1) 基本结构单元是 $[\text{SiO}_4]$ 四面体； 2) 基本结构单元在熔体中以聚合物 (或聚合体)的形式存在
12. 只要冷却速率足够快 ,几乎任何物质都能形成玻璃。
13. 析晶包括晶核生成与晶体长大两个过程
14. 玻璃性质随温度的变化的几个特征温度： T_g 称为脆性温度或玻璃转变温度。
 T_f 称为软化温度。 $T_g \sim T_f$ 温度范围称为玻璃转变温度范围。
15. 线缺陷的产生及运动与材料的韧性、脆性密切相关。
16. 晶子假说着重于玻璃结构的微不均匀和有序性。无规则网络学说着重于玻璃结构的无序、连续、均匀和统计性。
17. B_2O_3 玻璃是唯一能用来制造有效吸收慢中子的氧化物玻璃。
18. 一个相和它本身蒸汽或真空接触的分界面称为表面。一相与另一相 (结构不同) 接触的分界面称为界面。
19. 硅酸盐材料生产中 ,通常把原料破碎研磨成微细粒子 (粉体) 以便于成型和高温烧结。
20. 三元相图的三角形顶点温度最高 , 离顶点愈远其表示 温度愈低。等温线愈密 , 表示液相面越陡峭。
21. 固相反应中 , 颗粒尺寸可改变反应界面、扩散截面以及颗粒表面结构。
22. 多步骤构成的固相反应中 , 整个过程的速度将由其中速度最慢的一环控制
23. 核的形成速率以及核的生长和扩展速率决定了固相分解反应的动力学。
24. 许多相变是通过成核与生长过程进行的。这两个过程都需活化能。
25. 相变过程的推动力是相变过程前后自由焓的差值
26. 临界晶胚半径 r_k 愈小 , 愈易形成新相
27. 要发生相变必须过冷。过冷度 ΔT 愈小 , 临界晶胚半径 r_k 愈大 , 越不易形成新相。
28. 结晶过程总是在一定的过冷度下进行的 , 过冷是结晶的必要条件
29. 形核的必要条件有结构起伏、能量起伏、过冷度
30. 晶体长大过程中 , 要使液固界面稳定迁移 , 就必须使界面能量始终保持最低状态 , 实验表明只有两种界面：光滑界面和粗糙界面；
31. 位错可分为刃位错、螺位错和混合型位错；
32. 界面能包含化学键能和应变能
33. 上坡扩散产生的主要原因是存在有化学位梯度或应力场
34. 相律是表示材料系统相平衡的热力学表达式 , 具体表示系统自由度、组元数和相数之间的关系
35. 再结晶的驱动力是冷变形所产生储能的释放
36. 冷变形金属在加热过程小要经历回复、再结晶、晶粒长大三个主要阶段
37. 形变后的材料再升温时发生回复和再结晶现象 , 则点缺陷浓度下降明显发生在回复阶段
38. 冷变形金属中产生大量的空位、位错等缺陷 , 这些缺陷的存在 , 加速了原子的扩散过程

- 39.FCC、BCc、HCP三种晶体结构中，塑性变形时最容易生成孪晶的是 HCP
40. 随着变形程度的增加，变形的抗力也增加，要继续变形，必须增加外力，这种现象叫做加工硬化
41. 固态相变包括三种基本变化（ 1）晶体结构的变化（ 2）化学成分的变化（ 3）有序程度的变化
42. 由相图可以知道材料的凝固或熔化温度及系统中可能发生的固态相变或其他相变。
43. 由液相直接结晶出单相固溶体的过程，称为匀晶转变。
44. 在晶体扩散模型中，间隙机制和空位机制是最重要的两种扩散机制。
45. 在没有外部供给能量的条件下，形核功依靠液体本身存在的能量起伏来供给。
46. 固态相变的驱动力是新相和母相的自由能差，
47. 烧结速率的影响因素：颗粒半径、粘度、表面张力。
48. 晶粒长大不是小晶粒的相互粘接，而是晶界移动的结果。