

**Вопросы к государственному экзамену по направлению подготовки магистров
«Прикладные математика и физика»**

Раздел 1

1. Конструкционные, функциональные и многофункциональные материалы. Принципы классификации материалов (по составу, структуре, свойствам и областям применения).
2. Дислокации в континуальной модели: типы дислокаций, упругие поля и энергия дислокаций.
3. Теоретическая и реальная прочность кристаллов. Дислокации в кристаллах.
4. Движущие силы диффузии. Ускоренные пути диффузии в кристаллах с дефектами.
5. Типы дислокаций в кристаллах. Дислокационная модель пластической деформации. Деформационное упрочнение.
6. Твердые растворы. Примеси замещения и внедрения.
7. Краткая характеристика физико-химии как науки. Определения материала и вещества.
8. Тензорное описание напряжений и деформаций в твердых телах. Обобщенный закон Гука для изотропного твердого тела. Модуль Юнга и модуль сдвига, экспериментальные методы определения этих величин.
9. Основные характеристики механических свойств материалов и единицы их измерения. Характерные точки и участки на кривой "напряжение - деформация". Виды разрушения.
10. Самодиффузия в кристаллах. Подвижность точечных дефектов. Энергии активации образования и миграции вакансий. Энергия активации самодиффузии.
11. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Точечные, планарные и объемные дефекты в кристаллах. Структура малоугловых дислокационных границ.
12. Процессы возврата, полигонизации и рекристаллизации в кристаллах, термодинамические движущие силы этих процессов.
13. Процесс первичной рекристаллизации: определение, движущая сила и особенности кинетики этого процесса.
14. Классификация процессов рекристаллизации в кристаллах. Нормальный и аномальный (вторичная рекристаллизация) рост зерен: движущие силы и особенности развития этих процессов.
15. Теоретическая и реальная прочность кристаллов. Расчет величины теоретической прочности кристаллов на сдвиг (модель Френкеля).
16. Классификация дефектов кристаллического строения. Точечные дефекты и их комплексы. Энергии образования вакансий и их комплексов.
17. Превращения при отжиге: возврат, полигонизация, рекристаллизация. Физические механизмы данных процессов.

18. Точечные дефекты, энергия их образования. Связь энергии образования вакансии с температурой плавления и теплотой сублимации.
19. Само- и гетеродиффузия в кристаллах. Подвижность точечных дефектов. Энергия активации самодиффузии. Гетеродиффузия в кристаллах.
20. Механизмы пластической деформации и упрочнения кристаллов. Закон Холла-Петча для поликристаллов.
21. Нанотехнологии и наноматериалы: международное определение данных терминов, общая характеристика и примеры практического применения.
22. Понятия и численные оценки величин относительной и истинной (логарифмической) деформации. Сдвиговая деформация: простой и чистый сдвиг.
23. Закон Шмида-Боаса для монокристаллов и его экспериментальное подтверждение.
24. Нанокристаллические и наноструктурные материалы: определение, типы наноматериалов, методы получения, уникальные свойства, примеры практического применения.
25. Процессы, контролируемые диффузией по межкристаллитным границам. Зернограничное проскальзывание: определение, условия проявления, физические механизмы.
26. Структурная сверхпластичность мелкозернистых поликристаллов. Сверхпластичность, связанная с фазовыми превращениями.
27. Механизмы движения дислокаций в кристаллах при низких и высоких температурах.
28. Основные характеристики пластичности и прочности материалов. Виды испытаний и практические методы определения характеристик пластичности и прочности материалов.
29. Закон Гука для изотропного твердого тела, в том числе в тензорной записи.
30. Механизм образования вакансий по Шоттки. Комплексы вакансий. Выражение для коэффициента диффузии вакансий.
31. Классификация процессов рекристаллизации: первичной, вторичной, собирательной. Особенности развития и движущие силы указанных процессов.
32. Макроскопический (континуальный) и микроскопический подходы к описанию процессов диффузии. Уравнения Фика.
33. Соотношение Холла-Петча. Прочность и пластичность материалов и наноматериалов.
34. Дислокации в кристаллах, их зарождение и размножение при пластической деформации.
35. Движущие силы диффузии и соотношение Эйнштейна-Нернста.
36. Малоугловые дислокационные границы в кристаллах. Энергия малоугловой дислокационной границы наклона. Зависимость угла разориентировки на границе наклона от расстояния между дислокациями в стенке.

37. Упругое поле и энергии краевой и винтовой дислокаций. Определение малоугловой (дислокационной) и большеугловой границы. Основные типы большеугловых границ зерен.
38. Анизотропия пластических свойств и геометрия скольжения в монокристаллах. Понятие о напряжении вдоль направления сдвига в плоскости скольжения (фактор Шмида) в монокристалле. Неоднородность пластической деформации монокристаллов.
39. Типы большеугловых границ зерен. Атомная структура большеугловых границ зерен. Модель решеток совпадающих узлов. Зависимость удельной энергии границ зерен от обратной плотности мест совпадения.
40. Диффузионное пластическое течение (диффузионная ползучесть) с переносом атомов по объему (механизм Набарро-Херинга) и границам зерен (механизм Кобла).
41. Инициированные зернограницной диффузией миграция границ зерен и рекристаллизация.
42. Пути ускоренной диффузии в моно- и поликристаллах. Диффузионные кинетические режимы диффузии в поликристаллах (по Харрисону).
43. Диффузионное спекание порошков. Термодинамическая движущая сила процесса. Роль вторичной рекристаллизации в спекании.
44. Механизм образования вакансий (по Шоттки). Зависимость вероятности обмена местами атома решетки и вакансии (для первой координационной сферы) от величины потенциального барьера и частоты колебаний атомов.
45. Классическая локально-неравновесная термодинамика необратимых процессов. Критерии применимости приближения локального термодинамического равновесия. Энтропия и второй закон термодинамики.
46. Уравнение переноса параболического типа и закон Фурье. Основные свойства.
47. Понятие о локально-неравновесных процессах переноса. Различные подходы к описанию таких процессов (термодинамические, статистические (уравнение Больцмана), феноменологические, и др.).
48. Модель процессов переноса на основе дискретных переменных. Основные свойства. Континуальные пределы.
49. 2Т дискретные модели. Основные свойства. Континуальные пределы. Использование 2Т моделей в комбинации с методами молекулярно-динамического моделирования.
50. Гиперболическое уравнение переноса и модифицированный закон Фурье. Основные свойства.
51. Быстрое затвердевание бинарных сплавов. Диффузия растворенного компонента. Типичные профили концентрации растворенного вещества. Коэффициент разделения примеси, зависимость от скорости движения фронта затвердевания.
52. Гиперболическая диффузионная модель быстрого затвердевания бинарных сплавов. Типичные профили концентрации растворенного вещества. Эффективные коэффициенты диффузии и разделения примеси.

53. Эффективные (неравновесные) линии солидуса и ликвидуса. Скорость зоны фазового превращения как функция её переохлаждения
54. Процессы теплопереноса при облучении поверхности твердых тел сверхкороткими лазерными импульсами (порядка пико- и фемто – секунд). Двухтемпературная параболическая модель и её пространственно-временная нелокальность. Характерное время релаксации между электронным газом и решеткой.
55. Процессы теплопереноса при облучении поверхности твердых тел сверхкороткими лазерными импульсами (порядка пико- и фемто – секунд). Двухтемпературная гиперболическая модель. Сравнение времен релаксации.
56. Теплопроводность в наносистемах. Дискретная модель теплопроводности для теплопроводности через нанопленку. Распределение температуры по нанопленке для разных чисел Кнудсена.

Раздел 2

1. Определение понятия полимера. Классификация полимеров по химическому строению цепи. Механические свойства полимеров. Типичная кривая напряжение-деформация.
2. Структура частично-кристаллических полимеров, упаковка цепей в элементарной ячейке. Ламеллярная морфология и строение сферолитов.
3. Кристаллизация полимеров из расплава и из раствора. Кинетика кристаллизации, теория Лорицена-Хоффмана.
4. Процесс зародышеобразования кристаллической фазы полимеров. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Критический размер зародыша.
5. Скорость роста сферолитов. Уравнение Авраами. Физическая интерпретация параметров уравнения Авраами.
6. Супрамолекулярная организация полимеров. Морфология кольцевых сферолитов.
7. Определение и химическое строение жидких кристаллов. Классификация жидких кристаллов. Фазовая диаграмма и роль метастабильного состояния в фазовом поведении жидких кристаллов.
8. Методы характеристики жидкокристаллических материалов. Применение жидких кристаллов.
9. Влияние геометрических ограничений на формирование кристаллической и жидкокристаллической структуры.
10. Рентгеноструктурный анализ в больших и малых углах дифракции: принципы и применения. Анализ текстуры полимеров и нанокompозитов.
11. Принцип дифференциальной сканирующей калориметрии. Основное уравнение калориметрии. Определение температуры плавления и стеклования полимеров.
12. Нанокалориметрия как новый метод анализа материалов. Преимущества и недостатки нанокалориметрии по сравнению с ДСК.

13. Комбинирование нанокалориметрии с другими экспериментальными методами изучения структуры материалов
14. Применение методов нанокалориметрии для изучения процессов плавления и кристаллизации функциональных полимеров.
15. Материалы для органической электроники: химическое строение, текстура тонких пленок активных слоев.
16. Методы компьютерного моделирования для исследования структуры полимерных материалов.
17. Адаптивные полимерные материалы на основе термоэластопластов и их применение в медицине.
18. Полимеры и композиты с эффектом памяти формы. Общая модель структуры и основные характеристики.
19. Стратегия получения синтетических природоподобных полимеров, особенности их структуры и механических свойств.
20. Получение органических цеолитов методом самоорганизации мезогенов. Возможные области их применения.