

**Программа государственного экзамена по направлению  
«Химия, физика и механика материалов»**

**ХИМИЯ МАТЕРИАЛОВ**

КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ

1. Щелочные металлы и их соединения в технике и технологии. Щелочноземельные металлы и их соединения в современных материалах.
2. Бор, алюминий, галлий, индий, таллий и их соединения в современной технике и технологии.
3. Материалы на основе d- и f- элементов. Материалы на основе 3d-элементов.
4. Галогенидные материалы. Халькогенидные материалы.
5. Материалы на основе элементов 4-й группы периодической системы и их соединений.

ДЕФЕКТЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

6. Точечные дефекты, квазихимическая модель.
7. Дислокации (векторное и континуальное описание). Вектор Бюргерса. Упругая энергия и плотность дислокаций.
8. Плоское скопление дислокаций. Дефекты упаковки, двойниковые дефекты. Оценка энергии дефекта упаковки по ширине растянутой дислокации.
9. Взаимодействие различных дефектов. Модели строения границ зерен. Сегрегация примесей в поликристаллическом материале.
10. Механизмы зарождения и размножения дислокаций. Механизмы пластической деформации и разрушения материалов.

ОБРАЗОВАНИЕ И РОСТ НОВОЙ ФАЗЫ

11. Механизмы атомно-молекулярных процессов кристаллизации. Зависимости скорости роста от величины пересыщения в случае нормального роста, спирального роста (БКФ-механизм), механизма с образованием зародышей (ФКС-механизм).
12. Развитие граней кристалла: теорема Гиббса-Вульфа, габитус кристалла с точки зрения РВС-теории.
13. Термодинамика выделения фазы, принцип Данкова-Конобеевского. Гетерогенное зародышеобразование. Переохлаждение и кривизна ростового фронта.
14. Распределение примеси по длине растущего из расплава кристалла. Техническое оформление основных методов роста кристаллов из расплава.
15. Направленная кристаллизация. Условие стабильности интерфейса при направленной кристаллизации.
16. Теория эвтектического роста.
17. Рост кристаллов из пара. Выбор условий роста кристаллов на основе Р-Т-х диаграммы. Явление эпитаксии. Рост по механизму пар-жидкость-кристалл (ПЖК).

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В МАТЕРИАЛАХ

18. Фазовые равновесия. Основные понятия: система, компонент, фаза, степень свободы. Условия равновесия фаз. Правило фаз Гиббса.
19. Фазовые диаграммы Т-х двухкомпонентных систем; понятие о Р-Т-х фазовых диаграммах и их изображении на плоскости (проекция и сечения).
20. Основные виды конгруэнтных и инконгруэнтных равновесий. Правило рычага.\

21. Способы графического изображения фазовых диаграмм трехкомпонентных систем. Квазибинарные разрезы. Принцип триангуляции.
22. Физико-химический анализ и его основные принципы.
23. Фазовая диаграмма и микроструктура материала. Микроструктура эвтектических и перитектических композитов. Ликвация и ее влияние на микроструктуру материала.

#### ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

24. Закалка без полиморфного превращения. Закалка на мартенсит. Кристаллогеометрия и термодинамика мартенситного превращения.
25. Мартенситные превращения в металлических и неметаллических системах, их влияние на механические свойства материалов (изменение механических характеристик сталей при закалке, трансформационное упрочнение керамики на основе  $ZrO_2$ ).
26. Фазовые превращения с нормальной кинетикой. Перлитное превращение в сталях. ТТТ-диаграмма. Основные разновидности отжига 2-го рода.
27. Отжиг 1-го рода. Рекристаллизация. Основные модели процесса спекания.
28. Распад пересыщенного твердого раствора по спинодальному механизму и механизму образования и роста зародышей. Термодинамика процессов распада, роль упругой энергии. Старение материалов естественное и искусственное (на примере дуралюмина).
29. Зональная стадия распада твердого раствора; термодинамика и кинетика образования и строение зон Гинье-Престона. Природа упрочнения при дисперсионном старении.
30. Принципы химико-термической обработки. Виды термомеханической обработки материалов.

#### **ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА**

1. Модели Эйнштейна и Дебая. Теплоемкость кристаллической решетки.
2. Приближение почти свободных электронов. Поверхности Ферми металлов. Метод Харрисона.
3. Предположения и следствия метода сильной связи. Заполнение энергетических зон электронами (металлы, полупроводники и диэлектрики, полуметаллы).
4. Закон дисперсии, изоэнергетическая поверхность, эффективная масса электрона в кристалле.
5. Зонная структура полупроводниковых материалов.
6. Энергетические уровни дефектов в полупроводниках. Элементарная теория примесных состояний. Примесные зоны.
7. Уравнение электронейтральности. Статистика носителей заряда в полупроводнике с одним типом примеси.
8. Неравновесные носители заряда (время жизни, механизмы рекомбинации, уравнение непрерывности).
9. Контакт металл-полупроводник и p-n-переход (энергетические диаграммы, идеальная ВАХ, ток насыщения).
10. Поверхностные состояния. Поверхностная проводимость. Эффект поля.
11. Определение параметров полупроводников по спектрам оптического поглощения.
12. Сверхпроводимость. Критическая температура, магнитное поле, ток. Эффект Мейсснера.
13. Глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Вихри Абрикосова.
14. Куперовские пары. Основные положения теории сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера.
15. Стационарный и нестационарный эффекты Джозефсона.
16. Спиновый и орбитальный магнитные моменты атомов. Влияние кристаллического поля на магнетизм атомов.
17. Парамагнетизм. Функции Ланжевена и Бриллюэна. Закон Кюри-Вейсса.

18. Ферромагнетизм. Доменная структура. Магнитный гистерезис.
19. Природа магнетизма в твердых телах. Обменное взаимодействие. Типы магнитного упорядочения.
20. Модель Кронига-Пенни. Размерное квантование, энергетический спектр двумерных электронов.
21. Сверхрешетки и их классификация. Энергетический спектр сверхрешетки, минизоны.
22. Квантовые нити и квантовые точки, методы их получения. Физические явления в квантовых нитях и точках.

## **МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ**

### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

1. Законы Ньютона для материальной точки и твёрдого тела. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса.
2. Относительное движение. Сложное движение. Силы инерции. Связи – идеальные, реономные и склерономные, голономные, неголономные.
3. Уравнения Лагранжа второго рода.
4. Уравнения Гамильтона.

### ГИДРОМЕХАНИКА

5. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полная система уравнений. Типичные граничные условия. Уравнения Эйлера в форме Громеки-Лэмба. Интеграл Бернулли. Примеры. Потенциальные течения. Уравнение Лапласа для потенциала.
6. Модель линейно-вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения Навье-Стокса. Полная система уравнений. Условие прилипания на границе с твердым телом. Течение Пуазейля в цилиндрической трубе. Число Рейнольдса. Понятие о ламинарном и турбулентном режимах течения.
7. Определяющие параметры явления. Класс систем единиц. Размерность физической величины. П-теорема. Моделирование физических процессов. Критерии подобия. Примеры.

### МДТТ И МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

8. Обобщенный закон Гука. Потенциал линейно-упругого тела. Различные случаи упругой анизотропии. Упругие постоянные.
9. Постановка задачи теории упругости в перемещениях. Уравнение Ламе.
10. Постановка задачи теории упругости в напряжениях. Уравнение Бельтрами-Митчелла. Принцип суперпозиции. Тождество Бетти. Теорема взаимности Бетти.
11. Задача о кручении круглого цилиндрического стержня. Основные гипотезы.
12. Задача о чистом изгибе балки. Основные гипотезы. Техническая теория изгиба балок. Основные гипотезы. Главные векторы силы и момента. Статические моменты. Дифференциальное уравнение упругой линии балки. Перемещения при изгибе.
13. Плоские задачи теории упругости. Плоская деформация и плоское напряженное состояние. Обобщенное плоское напряженное состояние. Задача Ламе о круглой трубе под действием внутреннего и внешнего давления.
14. Простейшие механические модели вязкоупругого поведения. Модель Максвелла. Модель Фойгхта. Ползучесть и релаксация.
15. Основные положения теории течения. Понятие о поверхности текучести. Условия пластичности. Критерии Треска и Мизеса. Ассоциированный закон течения. Идеальная пластичность. Упрочнение упругопластических тел.
16. Теория малых упругопластических деформаций.

17. Ползучесть и длительная прочность металлов; основные понятия. Кривая длительной прочности; усталость материала при циклических нагружениях; результаты опытов; основные закономерности. Концентрация напряжений
18. Трещины; основы теории Гриффитса. Основные идеи механики разрушения; коэффициенты интенсивности напряжений; трещиностойкость.
19. Принцип эквивалентной гомогенности в механике композиционных материалов.. Процедура осреднения по объёму. Понятие об эффективных характеристиках среды; «вилка» Фойгта-Рейсса.
20. Эффективные модули упругой среды со сферическими включениями (малая доля включений; полидисперсная модель среды).