

**Программа государственного экзамена по направлению
«Химия, физика и механика материалов» в МГУ-ППИ в Шэньчжэне**

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. Материалы на основе 3d-элементов.
3. Халькогенидные материалы.
4. Материалы на основе элементов подгруппы углерода и их соединений.
5. Материалы на основе элементов подгруппы титана 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. Взаимодействие различных дефектов. Модели строения границ зерен. Сегрегация примесей в поликристаллическом материале.
9. Механизмы зарождения и размножения дислокаций. Механизмы пластической деформации и разрушения материалов.

ОБРАЗОВАНИЕ И РОСТ НОВОЙ ФАЗЫ

10. 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).
11. Развитие граней кристалла: теорема Гиббса-Вульфа, габитус кристалла с точки зрения РВС-теории.
12. Термодинамика выделения фазы, принцип Данкова-Конобеевского. Гетерогенное зародышеобразование. Переохлаждение и кривизна ростового фронта.
13. Распределение примеси по длине растущего из расплава кристалла. Техническое оформление основных методов роста кристаллов из расплава.

14. Направленная кристаллизация. Условие стабильности интерфейса при направленной кристаллизации.
15. Теория эвтектического роста.
16. Рост кристаллов из пара. Явление эпитаксии. Рост по механизму пар-жидкость-кристалл (ПЖК).

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В МАТЕРИАЛАХ

17. Фазовые равновесия. Основные понятия: система, компонент, фаза, степень свободы. Условия равновесия фаз. Правило фаз Гиббса.
18. Фазовые диаграммы Т-х двухкомпонентных систем; понятие о Р-Т-х фазовых диаграммах и их изображении на плоскости (проекции и сечения).
19. Основные виды конгруэнтных и инконгруэнтных равновесий. Правило рычага.
20. Способы графического изображения фазовых диаграмм трехкомпонентных систем. Квазибинарные разрезы. Принцип триангуляции.
21. Физико-химический анализ и его основные принципы.
22. Фазовая диаграмма и микроструктура материала. Микроструктура эвтектических и перитектических композитов. Ликвация и ее влияние на микроструктуру материала.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

23. Закалка без полиморфного превращения. Закалка на мартенсит. Кристаллогеометрия и термодинамика мартенситного превращения.
24. 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).
25. Фазовые превращения с нормальной кинетикой. Перлитное превращение в сталях. ТТТ-диаграмма. Основные разновидности отжига 2-го рода.
26. Отжиг 1-го рода. Рекристаллизация. Основные модели процесса спекания.
27. 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 дюралюминия).

ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

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

МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

1. Законы Ньютона для материальной точки. Законы изменения импульса, кинетического момента и кинетической энергии для точки и твердого тела. Законы сохранения импульса, кинетического момента и энергии.
2. Сложное движение материальной точки и твердого тела (формулы сложения скоростей, ускорений и угловых скоростей). Силы инерции.
3. Идеальные голономные связи. Уравнения Лагранжа второго рода.
4. Уравнения Гамильтона.

ОСНОВЫ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД

5. Лагранжево и эйлерово описание процессов в сплошных средах. Индивидуальная производная по времени. Математические формулировки законов сохранения массы, количества движения и энергии для индивидуального объема сплошной среды и следующие из них дифференциальные уравнения неразрывности, уравнения движения и уравнение энергии. Тензоры напряжений и скоростей деформаций.
6. Модель идеальной жидкости. Уравнения Эйлера. Полная система уравнений для идеальной сжимаемой жидкости или газа. Граничное условие для скорости на поверхности твердых тел. Интеграл Бернулли. Примеры. Потенциальные течения. Уравнение Лапласа для потенциала скорости несжимаемой жидкости.
7. Модель линейно-вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения Навье-Стокса. Полная система уравнений. Условие прилипания на границе с твердым телом. Течения Куэтта и Пуазейля между двумя параллельными пластинами.
8. Число Рейнольдса. Понятие о ламинарном и турбулентном режимах течения. Критическое число Рейнольдса. Применение осреднения для описания турбулентных течений. Уравнения Рейнольдса, тензор турбулентных напряжений.

МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

9. Обобщенный закон Гука. Потенциал линейно-упругого тела. Различные случаи упругой анизотропии. Упругие постоянные.
10. Постановка задачи теории упругости в перемещениях. Уравнение Ламе.

11. Постановка задачи теории упругости в напряжениях. Уравнение Бельтрами-Митчелла. Принцип суперпозиции. Тождество Бетти. Теорема взаимности Бетти.
12. Задача о кручении круглого цилиндрического стержня. Основные гипотезы.
13. 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.
14. 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.
15. Простейшие механические модели вязкоупругого поведения. Модель Максвелла. Модель Фойгхта. Ползучесть и релаксация.
16. Основные положения теории течения. Понятие о поверхности текучести. Условия пластичности. Критерии Треска и Мизеса. Ассоциированный закон течения. Идеальная пластичность. Упрочнение упругопластических тел.
17. Теория малых упругопластических деформаций.
18. Ползучесть и длительная прочность металлов; основные понятия. Кривая длительной прочности; усталость материала при циклических нагружениях; результаты опытов; основные закономерности. Концентрация напряжений
19. Трещины; основы теории Гриффитса. Основные идеи механики разрушения; коэффициенты интенсивности напряжений; трещиностойкость

У каждого студента будет 1 вопрос из блока «Химия материалов», 1 – из блока «Физика твердого тела» и 1 – из блока «Механика материалов». Экзамен письменный, продолжительность – 4 часа. В течение второго часа экзамена студент имеет право пользоваться своими записями.