

ВОПРОСЫ

для подготовки к государственному экзамену по направлению

03.04.01 «Прикладные математика и физика» (магистратура)

Общие разделы.

1. Современные физические методы исследования структуры вещества

- 1.1. Дифракция рентгеновских лучей. Закон Вульфа-Брэгга. Способы получения дифракционной картины: порошковая дифрактометрия (рентгенофазовый анализ), монокристалльный метод (рентгеноструктурный анализ), метод Лауэ.
- 1.2. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС). Химический сдвиг для фотоэлектронов. Химический сдвиг ОЖЕ-линий.
- 1.3. Аналитические возможности масс-спектрометрии. Интерпретация масс-спектров. Типы ионов в масс-спектрах. Молекулярный ион. Основные этапы интерпретации масс-спектров соединений
- 1.4. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Режимы работы. Светлое поле. Темное поле. ПЭМ высокого разрешения. Режим дифракции. Сканирующая ПЭМ. Z-контраст. Рентгеновский микроанализ. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронов.
- 1.5. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) на отражение. Области генерации отраженных и вторичных электронов, а также электромагнитных волн. Рентгеноспектральный элементный анализ.

2. Органическая электроника

- 2.1. Принципиальное отличие органических полупроводников от неорганических. Основные классы органических полупроводников. Какие материалы проявляют наибольшую дырочную подвижность? Наибольшую электронную подвижность?
- 2.2. π -сопряженные молекулы. Структура электронных уровней π -сопряженных полимеров. Понятия ВЗМО, НСМО и способы их определения. Основные подходы к улучшению полупроводниковых свойств π -сопряженных молекул.
- 2.3. Органическая фотовольтаическая ячейка. Устройство, принцип работы, основные характеристики. Способы повышения эффективности органических фотовольтаических ячеек.
- 2.4. Органический тонкопленочный транзистор. Устройство, принцип работы, основные характеристики. Какие функциональные слои в ОПТ могут быть заменены на монослой и как это влияет на характеристики ОПТ?
- 2.5. Органический светоизлучающий диод. Устройство, принцип работы, основные характеристики. Три поколения ОСИД, их принципиальные различия.

Профиль подготовки «Инженерное материаловедение частично упорядоченных, упорядоченных и мягких сред»

Физико-химические основы инженерии полимеров и композиционных материалов

1. Основные состояния полимерного тела: стеклообразное, высокоэластическое, расплав. Термомеханическая кривая, температура стеклования, плато высокоэластичности. Природа высокоэластического состояния.
2. Классификация способов проведения полимеризации, их преимущества и недостатки. Полимеризация в массе и растворе: инициирование радикальной полимеризации, мономеры, эффект автоускорения, неизотермичность полимеризационных процессов.
3. Молекулярно-массовое распределение и кинетика формирования макромолекул в ступенчатых процессах полимеризации. Зависимость ММ от условий проведения реакции. Способы регулирования ММ и функциональности в ступенчатых процессах полимеризации при синтезе олигомеров методами ступенчатой полимеризации.
4. ИК-спектроскопия полимеров. Общие положения. Применение метода ИК-спектроскопии для анализа состава и структуры полимеров. Мониторинг процессов образования полимеров методом ИК-спектроскопии. НПВО.
5. Способы определения ММ и ММР полимеров и олигомеров. Основы жидкостной хроматографии полимеров. Эксклюзионная (гель-проникающая) хроматография – основной метод анализа ММР. Калибровка хроматографических колонок. Хроматографические детекторы.
6. Углеродные нанонаполнители (фуллерен, углеродные нанотрубки, графеновые наночастицы). Основные понятия и определения. Строение, история открытия, способы получения, применение. Полимерные нанокомпозиты с графеновыми наноструктурами. Примеры получения и применения. Сравнение методов.
7. Определение термина композиционный материал. Классификация, общие представления о полимерных композиционных материалах, компоненты и их функции в ПКМ.
8. Металлополимеры: общая характеристика, методы получения. Классификация металлосодержащих мономеров. Природа связи металл-лиганд. Реакционная способность кратной связи в металломономере, сопряженной с атомом металла.
9. Механическое поведение полимеров. Типы полимеров по механическому поведению. Методы изучения механических свойств полимеров и ПКМ.

Воздействие мощных энергетических потоков на вещество

1. Давление в десятки гигапаскалей. P-T диаграммы. Получение и измерение сверхвысоких давлений. Принцип действия алмазных наковален.
2. Методы генерация кластерных пучков. Поверхностные эффекты на мишени, связанные с обработкой ускоренными кластерными пучками.

3. Слагаемые потенциальной энергии ионов при столкновении с поверхностью твердого тела. Изменения кинетической энергии иона вблизи металлической поверхности и изолятора.
4. Лазерные системы сверхбольшой мощности. Принципы создания лазерных пучков сверхвысокой мощности.
5. Взаимодействие ионов с энергией МэВного диапазона с веществом. На каком виде взаимодействия основан метод обратного резерфордовского рассеяния?

Физико-химические основы инженерного материаловедения

1. Вакансионные механизмы само- и гетеродиффузии атомов в кристаллах. Движущие силы диффузии. Объемная и зернограничная диффузии. Режимы зернограничной диффузии в поликристаллах (критерии Харрисона). Эффект Киркендалла.
2. Характеристики механических свойств твердых тел. Прочность и пластичность материалов. Упругость. Тензоры напряжений и деформаций. Закон Гука в линейной и тензорной формах. Виды деформации. Модуль Юнга, модуль объемной упругости и коэффициент Пуассона изотропных твердых тел. Характерные точки и области на на диаграмме нагрузка (напряжение)-деформация на примере металлов и сплавов.
3. Возврат, полигонизация и рекристаллизация. Классификация процессов рекристаллизации: первичная, вторичная, собирательная. Механизмы миграции границ зерен и термодинамические движущие силы процессов рекристаллизации. Взаимодействие границ зерен с атомами примесей и частицами вторичных фаз. Особенности рекристаллизации гетерофазных сплавов. Кинетические закономерности процессов рекристаллизации.
4. Способы повышения прочности и пластичности материалов. Порошковая металлургия и технологии получения высоко- и жаропрочных материалов методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза.
5. Основные типы современных высоко- и жаропрочных материалов. Новые разработки в создании жаропрочных сплавов. Керамические и композиционные материалы на основе тугоплавких соединений (карбидов, оксидов, боридов и др.).
6. Теоретическая и реальная прочность кристаллов. Упругое поле и энергия дислокаций. Источники зарождения и размножения дислокаций. Малоугловые дислокационные границы (класс планарных дефектов). Свойства кристаллов с дефектами. Хрупкое и вязкое разрушение кристаллов и поликристаллов. Формула Гриффитса. Дислокационные модели пластической деформации и разрушения кристаллов.

Бионанокompозиты

1. Композиты на основе матриц биологического происхождения. Основные матрицы, используемые в этом качестве. Основные наполнители, чаще всего вводимые в биологические матрицы. Примеры использования таких композитов.

Профиль подготовки «Новые энергетические технологии»

Электрохимические источники энергии

1. Механизм электродной реакции. Поляризационная кривая электрода. Стационарный режим процесса. Области потенциалов предельного диффузионного тока и кинетики замедленного разряда на вольтамперных кривых. Перенос вещества в электролите. Потоки вещества. Диффузионно контролируемый процесс. Предельный диффузионный ток.
2. Напряжение разомкнутой цепи. Электродный потенциал при прохождении тока. Концентрационная и активационная поляризации. Стационарный и равновесный потенциал. Ток обмена и его зависимость от концентрации. Уравнение для напряжения ХИТ и электролизера.
3. Общее кинетическое уравнение для потока вещества. Скорость реакции переноса заряда. Обратимые реакции. Большие и малые поляризации.
4. Скорость реакции переноса заряда. Общий и парциальные токи реакции. Общее кинетическое уравнение для необратимых процессов. Большие и малые поляризации. Основные характеристики ХИТ.
5. Типы электролитов и электроды в химических источниках энергии. Виды электродов. Конструкционные особенности. Газовые электроды (водородный, кислородный). Особенности пористых электродов. Особенности неводных, полимерных и твердых электролитов.

Электрохимические источники энергии. Прикладные аспекты

1. Ионисторы. Типы. Емкость двойного слоя. Электрохимические реакции на поверхности. Применение.
2. Первичные источники энергии. Преимущества. Недостатки. Характеристики. Основные и побочные реакции. Типы устройств и их применение.
3. Аккумуляторы и аккумуляторные батареи. Типы аккумуляторов. Устройство. Принципы работы. Причины саморазряда. Литий-ионные и постлитиевые аккумуляторы – особенности. Редокс-батареи. Особенности работы редокс-батарей и их характеристики.
4. Классификация топливных элементов. Твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ). Принципы и условия работы. Виды топлив. Реакции. Катализаторы. Устройство. Причины деградации.
5. Твердооксидные топливные элементы (ТОТЭ): принцип работы, основные элементы. Типы батарей ТОТЭ. Требования к батареям ТОТЭ. Причины деградации электродов. Способы оценки деградации электродов в электрохимических источниках энергии

Альтернативные источники энергии

1. Энергия и энергетика как основы развития цивилизации. Связь между уровнем жизни и удельным энергопотреблением. Первичные и вторичные источники энергии. Происхождение. Энергоносители и основные востребованные виды энергии. Возобновляемые и другие «нетрадиционные» источники энергии. Ресурсы и тенденции практического использования.

2. Преобразование энергии водных и воздушных потоков (гидро- и ветроэнергетические установки).
3. Основные технологии преобразования энергии солнечного излучения. Принцип действия солнечного элемента. Типы солнечных элементов. Достоинства и преимущества. Области применения. Ограничения в КПД солнечных элементов и способы их преодоления.
4. Типы систем накопления энергии (гравитационные, пневматические, гидравлические, электрохимические, маховиковые и др.). Основные особенности, преимущества и недостатки разных типов систем накопления энергии. Комплексные системы краткосрочного и долгосрочного накопления энергии, особенности их применения в зависимости от условий эксплуатации. Электрохимические источники тока. Типы. Общие принципы работы. Особенности.

Ионика твердого тела

1. Удельная электропроводность и основные факторы, влияющие на нее. Ионные кристаллы и твердые электролиты.
2. Типы разупорядоченности в ионных кристаллах. Влияние типа разупорядоченности на электропроводность. Примеры соединений с различными типами разупорядоченности ионной подрешетки.
3. Диффузия в твердых телах. Уравнения Фика и Нернста-Эйнштейна. Связь между коэффициентом диффузии и электропроводностью.
4. Твердотельные химические источники тока: преимущества твердотельной конструкции ячейки, требования к функциональным материалам. Основные проблемы, возникающие при создании твердотельных источников тока.
5. Высокотемпературные химические источники тока с твердыми электролитами: натрий-серный аккумулятор и аккумулятор типа ZEBRA. Устройство, принцип действия, технические характеристики. Достоинства и недостатки.

Солнечная энергетика

1. Принципы работы солнечной батареи. КПД преобразования солнечной энергии.

(Полупроводники и их свойства: зонная структура и дефекты, электропроводность, подвижность и времена жизни носителей заряда, коэффициент оптического поглощения. Способы исследования свойств полупроводников. Гомогенный переход Шокли, гетеропереходы, p-i-n переходы, диоды Шоттки. Предел Шокли-Квиссера. Омические контакты. Вольтамперные характеристики солнечного элемента. КПД преобразования солнечной энергии.)

2. Солнечные батареи на основе кристаллического и аморфного кремния

(Кремний как материал для солнечных батарей: основные характеристики. Металлургический кремний. Способы получения поликристаллического кремния высокой чистоты: Сименс-процесс, Коматцу-процесс, Этайл корпорейшн – процесс. Способы получения пластин из

моно- и мультикристаллического кремния: Метод Чохральского и метод Бриджмена, метод литья с медленным охлаждением, резка слитков из кремния. «ленточный» кремний (ribbon silicon). Основные типы конструкций солнечных батарей на основе кристаллического кремния. Основные этапы получения солнечных элементов из кристаллических пластин. Солнечные элементы на основе аморфного кремния: устройство, методы получения a-Si, эффект Стеблера-Вронского, каскадные солнечные элемента на основе a-Si. НИТ-устройства: структура и основные характеристики, другие комбинированные устройства. Области применения солнечных батарей на основе кристаллического и аморфного кремния. Преимущества и недостатки.)

3. Солнечные батареи на основе соединений группы АШВV

(Общая характеристика полупроводников группы АШВV. Методы получения пленок соединений группы АШВV. Основные типы солнечных элементов: устройства, слои которых имеют согласованные параметры кристаллической решетки слоев (монокристаллические устройства), метаморфные солнечные элементы, устройства с квантовыми ямами, устройства с механически соединенными гетеропереходами. Туннельные диоды в солнечных элементах. Устройства на жестких германиевых или кремниевых подложках. Гибкие солнечные элементы (технология «lift-off»). Основные области применения солнечных элементов на основе соединений группы АШВV. Преимущества и недостатки. Солнечные концентраторы.)

4. Солнечные батареи на основе тонких поликристаллических пленок. Устройства на основе теллурида кадмия.

(Поликристаллические и эпитаксиальные слои: основные отличия. Конструкции «superstrate» и «substrate»: материалы для контактов, поглощающего слоя, буферного слоя и оптического окна. ТСО и их разновидности. Антиотражательные покрытия. Требования, предъявляемые к слоям солнечного элемента. Вакуумные методы получения тонких пленок: резистивное испарение, магнетронное напыление, электроннолучевое испарение. CdTe как материал для солнечных батарей: основные свойства. Методы получения пленок CdTe: CSS и PVD, другие методы. Общие характеристики солнечных элементов на основе теллурида кадмия в конструкции «superstrate» и «substrate». Активация пленок теллурида кадмия. Тандемные солнечные элементы на основе CdTe. области применения солнечных элементов на основе CdTe. Преимущества и недостатки солнечных батарей на основе CdTe.)

5. Тонкопленочные солнечные батареи на основе халькопиритов CIGS, кестеритов CZTS(Se) и других четверных соединений меди.

(CIGS как материал для солнечных батарей: кристаллическая структура, оптические и электрофизические свойства. Конструкция солнечных элементов на основе CIGS или CZTS(Se). Методы получения пленок CIGS: «3-stage»- процесс и PVD, другие методы. Легирование ионами щелочных элементов. Гибкие солнечные батареи на основе CIGS. Преимущества и недостатки солнечных батарей на основе CIGS. Основные области применения. CZTS(Se). как материал для солнечных батарей: кристаллическая структура, оптические свойства. Методы получения пленок CZTS(Se). Преимущества и недостатки солнечных батарей на основе CZTS(Se). Солнечные батареи на основе других четверных соединений меди: примеры)

Инженерные проблемы биомедицины

1. Рецепторы, связанные с тримерными G-белками. Рецепторные тирозинкиназы и запуск MAP-киназного каскада. Рецептор-ассоциированные тирозинкиназы и работа сигнального пути Jak-STAT. Рецепторные серин/треониновые протеинкиназы и работа сигнального пути Smad. Ядерные рецепторы: структура и механизмы активации.
2. Клеточный цикл. Фазы клеточного цикла. Регуляция прохождения клеточного цикла: циклины и циклин-зависимые протеинкиназы. Контрольные точки клеточного цикла. Белок pRB и его регуляция, связь с факторами транскрипции E2F. Механизм p53-зависимой остановки клеточного цикла при повреждениях ДНК.
3. Клеточная гибель. Некроз и апоптоз, их морфологические различия. Функции апоптотической гибели клеток в развитии организма, тканевом гомеостазе, работе иммунной системы. Запуск, компоненты и механизмы реализации внешнего (рецепторного) и внутреннего (митохондриального) путей апоптоза.
4. Ангиогенеза и его роль в развитии опухоли. Различия сосудистой сети в опухоли и в нормальной ткани. Фактор роста VEGF: механизм действия, рецептор, сигнальные пути и процессы, которые активирует VEGF. Принципы действия препаратов для подавления ангиогенеза: препараты на основе антител, препараты на основе малых молекул.
5. Стероидные гормоны, путь синтеза стероидных гормонов до кортикостероидов и половых гормонов. Механизм действия стероидных гормонов. Типы рака молочной железы. Способы терапии гормонозависимых типов рака молочной железы.
6. Понятие терапевтической мишени. Классы терапевтических мишеней, характеристики трех основных классов терапевтических мишеней. Разработка лекарственного средства «от мишени». Идентификация мишени, применение микрочипов олигонуклеотидов. Валидация мишени: основные подходы. Принципы генной инженерии. Принцип метода генного нокаута.
7. Оптимизация соединений-лидеров. Процессы, определяющие фармакокинетику соединения. Биодоступность. Липофильность: метод определения, связь с биологическими свойствами. Оптимизация липофильности, пределы оптимизации. Молекулярная масса как критерий оптимума лекарственного вещества. «Правила пяти» Липинского.

Аналитические методы в физике мягких сред

1. Основные принципы масс-спектрометрии. Ионы в электрическом и магнитном полях. Методы ионизации. Типы масс-спектрометров и передовые технологии. Разрешение и точность определения массы.
2. Биомакромолекулы в электрическом поле. Свободный электрофорез. Метод стационарного электрофореза. Зональный электрофорез. Изоэлектрическое фокусирование. Двумерный гелевый электрофорез.
3. Теоретические основы хроматографии. Параметры хроматографического процесса. Жидкостная хроматография. Адсорбционная хроматография. Распределительная хроматография. Ион-обменная хроматография.
4. Понятие об электронных и колебательных уровнях молекул. Электронные переходы. Диаграмма Яблонского. Основной закон светопоглощения Бугера-Ламберта-Бера.

Особенности спектров поглощения аминокислот, нуклеиновых оснований, биополимеров и кофакторов.

5. Флуоресценция как физическое явление. Время жизни и квантовый выход флуоресценции. Диаграмма Яблонского и Стоксов сдвиг.

6. Классическая световая микроскопия в рамках геометрической оптики. Стандартный световой микроскоп. Дифракционное ограничение разрешающей способности. Микроскопия темного поля и фазово-контрастная микроскопия. Поляризационный микроскоп.

Физико-химические основы инженерии лекарственных препаратов

1. Понятие “мишень”. Рецепторы: определение, основные типы. Механизмы действия лекарственных средств (примеры по основным группам известных лекарственных препаратов, применяемых в клинике для лечения социально-значимых заболеваний). Понятие “антигены”, типы антигенов. Понятие “антитело”, типы антител, их строение, специфичность и вариабельность.

2. Основные этапы разработки лекарственного препарата. Фазы доклинических и клинических испытаний лекарственных препаратов, их цели и задачи. Понятия “рандомизация”, “стратификация”, “слепое исследование” (примеры по основным группам лекарственных препаратов для лечения социально-значимых заболеваний).

3. Методы разработки новых лекарственных препаратов (синтез новых химических соединений, примеры). Твердофазный синтез: необходимые условия проведения, преимущества и ограничения комбинаторного синтеза, известные методы, типы линкеров, выбор твердой подложки. Примеры.

4. Биотрансформация лекарственных препаратов. Метаболизм лекарственных препаратов. Пути экскреции и органы выведения лекарственных веществ и их метаболитов из организма. Химические реакции метаболизма ЛВ (примеры по основным группам известных лекарственных препаратов, применяемых в клинике для лечения социально-значимых заболеваний). Кинетические измерения концентрации ЛВ в организме (примеры, понятия “клиренс”, “биоэквивалентность”, “биодоступность“.).

5. Современное фармацевтическое производство. Основные технологические процессы получения готовых лекарственных средств. Правила GMP обеспечения качества лекарственных препаратов. Система правил GMP (система требований, регистрации и оценки качества на каждом этапе разработки лекарственного препарата). Основные задачи и положения GMP. Преимущества GMP. Организация производственных помещений и мероприятий по созданию помещений определенных классов чистоты.

Основы онкологии, противоопухолевой терапии и токсикологии

1. Классификация злокачественных опухолей.

2. Специфические признаки опухолевых клеток.

3. Стадии развития опухоли в организме.

4. Понятие о лекарственной устойчивости. Виды лекарственной устойчивости.

5. Классификация интоксикации в зависимости от продолжительности взаимодействия, локализации и интенсивности воздействия

Бионеорганическая химия

1. Гемоглобин. Активный центр, механизм действия, нарушение работы. Примеры ингибиторов гемоглобина.
2. Биохимия фиксации атмосферного азота. Нитрогеназа.
3. Транспорт и накопление железа в клетке. Активный центр и механизм действия трансферрина. Активный центр ферритина.
4. Соединения металлов как противоопухолевые лекарственные препараты.
5. Назовите типы медьсодержащих центров. Какую реакцию катализирует фермент Cu,Znсупероксид-дисмутаза? Опишите его активный центр и механизм действия.