

**ВОПРОСЫ**

**для подготовки к государственному экзамену по направлению подготовки  
03.04.01 «Прикладные математика и физика»**

**Магистерская программа «Новые энергетические технологии»\***

**1. Аналитические методы в физике мягких сред**

- 1.1. Основные принципы масс-спектрометрии. Ионы в электрическом и магнитном полях. Методы ионизации. Типы масс-спектрометров и передовые технологии. Разрешение и точность определения массы.
- 1.2. Биомакромолекулы в электрическом поле. Свободный электрофорез. Метод стационарного электрофореза. Зональный электрофорез. Изоэлектрическое фокусирование. Двумерный гель-электрофорез.
- 1.3. Теоретические основы хроматографии. Параметры хроматографического процесса. Жидкостная хроматография. Адсорбционная хроматография. Распределительная хроматография. Ион-обменная хроматография.
- 1.4. 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.
- 1.5. Флуоресценция как физическое явление. Время жизни и квантовый выход флуоресценции. Диаграмма Яблонского и Стоксов сдвиг.
- 1.6. Классическая световая микроскопия в рамках геометрической оптики. Стандартный световой микроскоп. Дифракционное ограничение разрешающей способности. Микроскопия темного поля и фазово-контрастная микроскопия. Поляризационный микроскоп.

**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.  $\pi$ -сопряженные молекулы. Структура электронных уровней  $\pi$ -сопряженных полимеров. Понятия ВЗМО, НСМО и способы их определения. Основные подходы к улучшению полупроводниковых свойств  $\pi$ -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?

---

\*2025/26 уч. год

- 2.5. Органический светоизлучающий диод. Устройство, принцип работы, основные характеристики. Три поколения ОСИД, их принципиальные различия.
- 2.6. Основные классы органических самоорганизующихся молекул. Методы получения и исследования самоорганизующихся монослоев. Использование самоорганизующихся монослоев в устройствах органической электроники.
- 2.7. Органические хемосенсоры. Устройство, принцип работы, основные характеристики. Способы увеличения селективности хемосенсоров на основе органических полупроводников. Электронный нос, принцип действия, примеры применения.

### **3. Специальные разделы магистерской программы**

- 3.1. 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.
- 3.2. 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.
- 3.3. Общее кинетическое уравнение для потока вещества. Обратимые реакции. Большие и малые поляризации.
- 3.4. Скорость реакции переноса заряда. Общий и парциальные токи реакции. Общее кинетическое уравнение для необратимых процессов. Большие и малые поляризации. Основные характеристики ХИТ.
- 3.5. 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.
- 3.6. Ионисторы. Типы. Емкость двойного слоя. Электрохимические реакции на поверхности. Применение.
- 3.7. Первичные источники энергии. Преимущества. Недостатки. Характеристики. Основные и побочные реакции. Типы устройств и их применение.
- 3.8. 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.
- 3.9. Классификация топливных элементов. Твердополимерные топливные элементы (ТПТЭ). Принципы и условия работы. Виды топлив. Реакции. Катализаторы. Устройство. Причины деградации.
- 3.10. 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

- 3.11. Преобразование энергии водных и воздушных потоков (гидро- и ветроэнергетические установки).
- 3.12. 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.
- 3.13. Удельная электропроводность и основные факторы, влияющие на нее. Ионные кристаллы и твердые электролиты.
- 3.14. Типы разупорядоченности в ионных кристаллах. Влияние типа разупорядоченности на электропроводность. Примеры соединений с различными типами разупорядоченности ионной подрешетки.
- 3.15. Диффузия в твердых телах. Уравнения Фика и Нернста-Эйнштейна. Связь между коэффициентом диффузии и электропроводностью.
- 3.16. Твердотельные химические источники тока: преимущества твердотельной конструкции ячейки, требования к функциональным материалам. Основные проблемы, возникающие при создании твердотельных источников тока.
- 3.17. Высокотемпературные химические источники тока с твердыми электролитами: натрий-серный аккумулятор и аккумулятор типа ZEBRA. Устройство, принцип действия, технические характеристики. Достоинства и недостатки.
- 3.18. 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. Ограничения в КПД солнечных элементов и способы их преодоления.)
- 3.19. 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. HIT-устройства:

структура и основные характеристики, другие комбинированные устройства. Области применения солнечных батарей на основе кристаллического и аморфного кремния. Преимущества и недостатки.)

### 3.20. Солнечные батареи на основе соединений группы АПВВ

(Общая характеристика полупроводников группы АПВВ. Методы получения пленок соединений группы АПВВ. 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 АПВВ. Преимущества и недостатки. Солнечные концентраторы.)

### 3.21. 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.)

### 3.22. 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)