

**Аннотация дисциплины**  
**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ – Б1.Б.3**

**Цель дисциплины:** изучение проблем автоматизации физического эксперимента и использования техники микропроцессорных систем в АСНИ низкотемпературной техники для последующего использования: при конструировании автоматизированных низкотемпературных систем, эксплуатации низкотемпературных систем и проведения экспериментальных исследований; изучение использования информационных технологий при проектировании новых низкотемпературных систем и установок.

**Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к базовой части основной образовательной программы подготовки магистров, обучающихся по программе "Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике» направления 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика. Количество зачетных единиц - 7

**Содержание разделов:**

**Статистический подход к описанию систем большого числа частиц.** Статистическое равновесие. Идеальный газ. Распределение Максвелла. Макроскопические характеристики среды как моменты функции распределения. Примеры: Равнораспределение энергии по степеням свободы, закон Паскаля.

**Основные понятия кинетической теории газов.** Длина свободного пробега и частота столкновений в газе. Кинетическое уравнение. Примеры: газ невзаимодействующих частиц. Приближение Бхатнагара-Гросса-Крука. Граничные условия на функцию распределения.

**Уравнение Больцмана.** Оператор рассеяния для простого газа. Оператор рассеяния для смеси газов. Сумматорные инварианты. Максвелловская функция распределения как стационарная точка оператора столкновений. Н-теорема Больцмана. Законы сохранения и единственность стационарного состояния газа. Переменные центра инерции. Вычисление частоты столкновений в простом газе. Частота столкновений в смеси газов. Правило сложения частот.

**Модели роста кристаллов.** Уравнения коагуляции дробления. Ядра коагуляции. Принцип детального равновесия. Вычисление ядер коагуляции по теории соударений. Модель Беккера-Дёрринга активной концевой группы. Закон сохранения массы.

**Формальная химическая кинетика.** Закон действующих масс. Скорость элементарной химической реакции по теории соударений. Активные соударения. Формула Аррениуса.

**Равновесное тепловое излучение. Фотонный газ.** Распределение Планка. Плотность энергии газа фотонов. Закон Стефана-Больцмана.

**Перенос излучения в условиях, близких к равновесным.** Интенсивность потока фотонов. Уравнение переноса фотонов. Диффузионное приближение. Средняя длина пробега по Росселанду. Модель «серого вещества». Средняя длина пробега по Планку.

**Многогрупповое приближение.** Численное решение многогрупповой системы уравнений переноса фотонов методом характеристик.

**Фононы как коллективное движение атомов в твердом теле.** Цепочка Тоды как модель одномерного кристалла. Групповая и фазовая скорость волн. Плотность энергии идеального газа фононов. Средняя по Планку длина свободного пробега фононов. Интенсивность потока фононов. Уравнение переноса фононов в условиях, близких к равновесным. Перенос фононов в наноструктурированных материалах. Условия на границе раздела сред.

**Математическая постановка задачи о переносе излучения.** Характеристики оператора переноса. Источники и граничные условия. Рассеянная и нерассеянная компоненты решения.

**Сеточные методы решения уравнения переноса фононов в 1D- геометрии.** Узлы и ячейки. Сеточные функции и моменты. Сеточное уравнение баланса по ячейке. Интегро-интерполяционный метод. Кусочно-линейная интерполяция. DD-и WDD-схемы. Экспоненциальная интерполяция и «характеристическая» схема. Положительность и монотонность сеточных схем.

**Квадратурные формулы Гаусса-Лежандра.** Полиномы Лежандра. Узлы и веса квадратур Гаусса.

**Метод Монте-Карло для уравнения переноса фононов и фотонов..**

## Аннотация дисциплины

### Проблемы и перспективы наноэнергетики – Б1.В.ДВ.5

**Цель дисциплины:** систематизация полученных при изучении базовых дисциплин специальности знаний о современных методах, приемах и технологических решениях на основе нанотехнологий и функциональных наноматериалов для генерации, передачи, хранения и преобразования энергии в традиционной и альтернативной энергетике, ознакомление со стратегией развития технологий в энергетическом секторе при переходе к наномасштабам и новейшими исследованиями в области наноэнергетики.

**Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к вариативной части дисциплин по выбору основной профессиональной образовательной программы по профилю «Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике» направления 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика. Количество зачётных единиц – 4.

**Содержание разделов:** Энергия и энергетика – основа современной и будущей цивилизации. Цели энергетики. Глобальные проблемы человечества в XXI веке. Электроэнергетика в современной экономике. Энергетика и электрогенерирующие станции: структура и виды. Энергетические технологии и достижения. Ресурсная база энергетики. Современные энергетические технологии. Особенности электроэнергетики и электроэнергии. Электроэнергетические системы. Электроэнергетика России. Энергоемкость валового внутреннего продукта и уровень жизни. Экологические аспекты энергетики. Технологии теплоэнергетики. Типы тепловых электростанций. Современное оборудование теплоэнергетики. Гидроэнергетика. Типы гидроэнергетических установок. Атомная энергетика. Схема работы и оборудование атомных электростанций. Технологии нетрадиционной энергетики. Тенденции развития возобновляемых источников энергии. Солнечная энергетика. Солнечные коллекторы и системы теплоснабжения. Концентраторы солнечной энергии. Фотоэлектрические системы и установки. Материалы для солнечных фотоэлектрических установок. Ветроэнергетика. Принцип действия. Различные типы ветроэнергетических установок. Геотермальная энергетика. Оценка ресурсов. Схема геотермального резервуара. Принцип действия геотермальных установок. Биоэнергетические установки. Виды биотоплива. Получение биодизеля и биоэтанола. Топливные элементы. Схема устройства и процессы преобразования. Области применения топливных элементов. Водородная энергетика. Получение водорода. Хранение и транспортировка водорода. Водородная экономика. Организация инфраструктуры. Ядерная энергетика. Основные понятия. Термоядерный синтез: технологии, особенности, преимущества, проблемы и перспективы. Аккумуляция электрической энергии. Гидроаккумуляция. Аккумуляция с помощью сжатого воздуха. Электрохимические аккумуляторные батареи. Перспектива – интеллектуальные сети для энергетики. Альтернативная энергетика. Некоторые новые энергетические технологии. Сверхпроводящие индукционные накопители энергии в структуре будущей энергетики. Основы наноэнергетики. Наномасштабы для следующей энергетической революции. Пространственные и временные масштабы явлений и процессов. Технологические особенности наноструктурированных материалов. Энергетические нанотехнологии: общий обзор. Наноматериалы для атомной энергетики. Применение наноматериалов в тепловыделяющих и нейтронопоглощающих элементах ядерных реакторов: технологические возможности. Нанодатчики для охраны окружающей среды.

Мониторинг технологических процедур для управления качеством сборки и эксплуатации ядерных систем. Нанофильтры и мембраны для разделения сред. Системы хранения электрической энергии на основе нанотехнологий. Обычные и электролитические конденсаторы. Электрохимические суперконденсаторы. Электрохимические конденсаторы на основе нанотехнологий. Суперконденсаторы и нанотрубки. Электрохимические конденсаторы и литий-ионные батареи на основе нанопроволок. Мультифункциональная архитектура литий-ионных батарей и конденсаторов. Нанотехнологии для водородной энергетики. Нанокристаллические или наномасштабные металлогидриды. Механизмы гидрирования. Термодинамика реакции, поверхностная энергия, химическая дестабилизация. Влияние поверхности на теплоту формирования. Избыток энтальпии и напряжение на границах зерен. Влияние процессов рекристаллизации. Кинетика процессов в наноструктурах. Поверхностная диссоциация, диффузия и зародыши новой фазы. Емкость хранения. Тепловое управление при гидрировании и дегидрировании. Наноматериалы для хранения водорода. Углеродные наноструктуры. Металлоорганические каркасы. Сложные металлогидриды и другие структуры. Электроды с развитой поверхностью на основе трековых мембран. Наноматериалы для совершенствования технологии топливных и конструкционных элементов. Основные проблемы совершенствования топливных элементов. Параметры мембранного переноса в топливных элементах. Каталитические реакции и наноконпоненты. Нанокатализаторы и наноматериалы для электродов. Ионопроводящие мембраны. Оптимизация параметров ТЭ с помощью нанотехнологий. Миниатюризация топливных элементов для специальных приложений. Наноматериалы для солнечной и ветровой энергетики. Повышение эффективности преобразования видимого спектра в электроэнергию. Наноматериалы для фотовольтаических элементов. Каскадные фотоэлементы. Увеличение эффективности солнечных батарей на основе процессов накопления и энергопереноса в неорганических и органических материалах с нанослоевой и кластерно-фрактальной структурой. Новые покрытия для лопастей ветроэлектростанций. Улучшение аэродинамических характеристик. Нанотехнологии для систем трансформации и передачи энергии. Перенос и распределение энергии. Высокопроводящие наноструктурированные сверхпрочные материалы для линий электропередач. Механические свойства наноматериалов для электроэнергетики. Нанокристаллические магнитотвердые материалы для электромагнитных систем. Наноструктурные материалы и сплавы. Материалы для магистральных трубопроводов. Нанотермоэлектрические материалы. Проблемы энергосбережения. Светодиоды на основе нанотехнологий. Наноструктурные сверхпроводники для повышения энергоэффективности. Наносенсоры для интеллектуального и гибкого управления энергосетями. Мировой и российский рынок нанопродукции для энергетики. Доведение разработок нанотехнологий до промышленного производства. Формирование круга потребителей нанотехнологий. Рынок нанотехнологий и продуктов на их основе для энергетики. Международный рынок нанотехнологической продукции. Динамика рынка нанопродуктов.

## Аннотация дисциплины

### ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ В УСЛОВИЯХ ВАКУУМА И НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР – 1, 2 – Б1.В.ОД.1, Б1.В.ОД.6

**Цель дисциплины:** изучение методов анализа поверхности для последующего использования в технической физике.

**Место дисциплины в структуре ООП:** вариативной части блока основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки магистрата 14.04.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль: «Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике»). Количество зачётных единиц – 9.

#### Содержание разделов:

1. *Основные узлы сверхвысоко-вакуумных аналитических установок.* Основные элементы установки для анализа поверхности. Вакуумная система. Вакуумные насосы. Вакуумные измерения. Манометры и вакууметры. Методы течеискания. Энергоанализаторы и электронная оптика. Основное оборудование низкотемпературных установок: компрессора, теплообменники, дроссели. Энергоанализатор с задерживающим полем. Отклоняющие электростатические энергоанализаторы. Анализатор цилиндрическое зеркало. Полусферический анализатор. Источники частиц и излучения. Вторичный электронный умножитель. Фотоэлектронный умножитель. Полупроводниковый детектор. Сцинтилляционный счетчик. Детекторы вторичных и отраженных электронов. Канальный электронный умножитель. Микроканальные пластины. Масс-спектрометры. Системы разделения ионов. Источники частиц и излучения. Электронная пушка с термоэлектронной эмиссией. Электронная пушка с полевой эмиссией. Генератор высокого напряжения. Ионные пушки. Источники ионов. Источники рентгеновского и ультрафиолетового излучения. Схема рентгеновской трубки с двумя анодами.

2. *Электронная спектроскопия.* Рентгеновский фотоэлектронный спектрометр. Рентгеновский источник. Глубина анализа. Фотоэлектронные процессы. Определение элементного состава. Обозначения пиков. Спин-орбитальное взаимодействие. Зарядка мишени. Определение относительной концентрации. Методы вычитания фона. Химический сдвиг. Профиль распределения по глубине. РФЭС с угловым разрешением. Сканирующая РФЭС. Теоретическая интерпретация фотоэлектронных спектров. Магический угол. Профиль линии. Оже-спектроскопия. Сканирующий Оже-микроскоп. Сравнение РФЭС и ОЭС. Варианты Оже-процессов. Переход Костера-Кронига. Кинетическая энергия Оже-электрона. Глубина анализа. Количественный анализ. Фазовый анализ. Применение ОЭС для исследования нанообъектов.

3. *Физические явления, лежащие в основе методов анализа поверхности.* Энергетические электронные спектры электронов. Пределы классического описания. Столкновение двух частиц. Потенциалы взаимодействия. Состояние электрона в атоме. Квантовая статистика. Основы физики конденсированного состояния. Зонная классификация твердых тел. Упругое рассеяние заряженных частиц. Неупругое рассеяние заряженных частиц в твердом теле. Сечения рассеяния. Дифференциальное упругое сечение рассеяния. Индикатриса рассеяния. Дифференциальное неупругое сечение

рассеяния. Средняя неупругая длина свободного пробега электронов. Тормозная способность вещества. Характеристические потери энергии электронов в твёрдом теле. Ионизация. Потери на возбуждение плазменных колебаний. Модельные неупругие индикатрисы рассеяния. Многократное рассеяние заряженных частиц в веществе. Закон Бугера. Уравнение переноса частиц и излучения. Граничные условия. Инвариантное погружение. Неупругая задача рассеяния. Общее решение Ландау. Упругая задача рассеяния. Транспортное приближение. Метод сферических гармоник. Малоугловое приближение. Разложение по кратности рассеяния. Квазиднократное приближение.

4. *Строение поверхности.* Кристаллическая структура твердого тела. Основные понятия кристаллографии. Дефекты в кристаллах. Обозначения поверхностей монокристаллов и атомных структур. Атомарно чистая поверхность. Кристаллическая структура реальной поверхности. Модификация поверхности. Релаксация. Реконструкция. Структура поверхности. Сверхрешетки. Изменение межплоскостных расстояний у поверхности. Релаксация неполярных поверхностей ионных кристаллов. Влияние дефектов на структуру поверхности. Фасетирование поверхности. Физическая и химическая адсорбция. Электронные свойства поверхности твердого тела. Модельные представления потенциала на поверхности. Выбор эффективного потенциала. Теория функционала плотности. Электронная плотность. Поверхностные состояния. Работа выхода. Зоны Бриллюэна. Электронные зоны в идеальном кристалле. Дисперсионные зависимости. Поверхностная (“проектированная”) зона Бриллюэна. Тонкие пленки на поверхности твердого тела. Рост тонких плёнок. Механизмы роста пленок. Образование островковой пленки.

5. *Применение имитационного моделирования при исследовании поверхности.* Компьютерный эксперимент. Молекулярная динамика. Схемы интегрирования по времени уравнений Ньютона. Выбор временного шага. Особенности применения метода молекулярной динамики. Применение МД для расчёта сложных систем. Метод Монте-Карло. Математические основы метода МК. Моделирование дискретных и непрерывных случайных чисел. Расчёт интегралов методом МК. Модель индивидуальных соударений. Построение стохастической траектории движение частицы. Особенности применения монте-карловского моделирования.

6. *Микроскопия поверхности.* Электронная микроскопия. Просвечивающий электронный микроскоп. Схема ПЭМ. Механизм формирования контраста. Требования к приготовлению образцов для ПЭМ. Приготовление образцов для ПЭМ. Режимы работы ПЭМ. Сканирующий (растровый) электронный микроскоп. Схема РЭМ. Химический анализ. Структурный анализ. Дифракция обратно рассеянных электронов. Формирование контраста. Методы обработки видеосигнала в РЭМ. Зондовая микроскопия. Сканирующий зондовый микроскоп. Сканирующий туннельный микроскоп. Атомно-силовой микроскоп. Магнитно-силовой микроскоп.

## **Аннотация дисциплины**

### **ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В НАНОСТРУКТУРАХ часть 1 - Б1.В.ДВ.4.**

**Цель дисциплины:** систематизация полученных при изучении базовых дисциплин специальности знаний о тепловых процессах в наносистемах и наноструктурированных материалах, особенностях размерных эффектов и теплопереноса в одномерных, двумерных и трехмерных наноструктурах, теплопереносу в наножидкостях и нанокомпозитах, переносу тепла в наноструктурированных термоэлектрических материалах и особенностям радиационного переноса в наносистемах с учетом размерных и квантовых эффектов, ознакомление с современным состоянием исследований в соответствующих областях, приобретение навыков выполнения на этой основе инженерных расчетов для решения конкретных прикладных задач. Еоличество зачетных единиц -

**Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части основной образовательной программы подготовки магистров, обучающихся по программе «Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике» направления 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика. Количество зачетных единиц - 2

**Содержание разделов:** Введение в теплофизику микро- и наносистем. Тепловые процессы и их эволюция. Нагрев и утилизация тепла в микроэлектронике. Методы охлаждения электронных устройств. Характерное распределение температуры в перспективном транзисторном узле. Примеры характерных объектов наноструктур для изучения переноса тепла. Микроскопические основы теплопереноса. Происхождение носителей тепла. Кристаллическая решетка и фононы. Колебания кристаллической решетки: один и два атома в ячейке. Акустические и оптические моды в кристалле. Фононы в конденсированном теле и их основные свойства. Статистика и плотность состояний фононов. Теплоемкость кристаллической решетки. Фононная теплопроводность диэлектриков. Кинетика переноса тепла в наноструктурах. Проблемы описания переноса тела с учетом размерных эффектов. Теплоперенос в нанопроволоках. Кинетика описания переноса тепла в нанопроволоках. Метод вычисления теплопроводности нанопроволок. Теплоперенос в нанотрубках и графене. Баллистический перенос тепла в ОСУНТ. Термическая проводимость наноматов углеродных нанотрубок. Перенос тепла в графене.

## **Аннотация дисциплины**

### **ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В НАНОСТРУКТУРАХ часть 2 - Б1.В.ОД.2**

**Цель дисциплины:** систематизация полученных при изучении базовых дисциплин специальности знаний о тепловых процессах в наносистемах и наноструктурированных материалах, особенностях размерных эффектов и теплопереноса в одномерных, двумерных и трехмерных наноструктурах, теплопереносу в наножидкостях и нанокомпозитах, переносу тепла в наноструктурированных термоэлектрических материалах и особенностям радиационного переноса в наносистемах с учетом размерных и квантовых эффектов, ознакомление с современным состоянием исследований в соответствующих областях, приобретение навыков выполнения на этой основе инженерных расчетов для решения конкретных прикладных задач.

**Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части основной образовательной программы подготовки магистров, обучающихся по программе «Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике» направления 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика. Количество зачетных единиц - 4

**Содержание разделов:** Теплоперенос в нанокомпозитах. Модели эффективного переноса тепла в нанокомпозитах. Роль термического сопротивления на границах. Теплоперенос в наножидкостях. Общие свойства наножидкостей. Теплопроводность и конвективный перенос тепла в наножидкостях. Процессы кипения наножидкостей. Микро- и наногидродинамика. Особенности гидродинамики в микро- и наномасштабах. Общие уравнения гидродинамики: вклад размерных эффектов. Граничное условие проскальзывания. Течения в плоских и каналах и каналах кругового сечения: течения Куэтта и Пуазейля с эффектами проскальзывания. Течения через мембраны с нанопорами. Течения внутри нанотрубок и полых нанопроволок. Двухфазные микро- и нанотечения. Системы и устройства с микро- и нанотечениями. Теплоперенос в термоэлектрических наноматериалах. Общие свойства термоэлектричества. Наноматериалы в термоэлектрическом преобразовании энергии и термоэлектрическом охлаждении. Эффективность термоэлектрического преобразования. Расчет параметров переноса тепла в термоэлектрических наноматериалах. Радиационный теплоперенос в наноструктурах. Флуктуации электромагнитного поля как источник теплового излучения. Роль поверхностных поляритонов в формировании ближнего радиационного поля. Тепловая радиация в дальнем и ближнем поле.



## **Аннотация дисциплины**

### **ЭЛЕМЕНТЫ И ПРИБОРЫ НАНОТЕХНОЛОГИИ - Б1.В.ДВ.1**

**Цель дисциплины:** Изучение принципов действия, конструкций, материалов и методов создания элементов и устройств нано- и микроэлектроники, микро- и наносистемной техники (МСТ и НСТ).

**Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к вариативной части дисциплин по выбору основной образовательной программы подготовки магистров, обучающихся по программе «Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике» направления 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика. Количество зачетных единиц - 4

**Содержание разделов:** Введение в микро- и микроэлектронику, нано- и наносистемную технику. Основные понятия и определения. Понятие о полупроводниковых, гибридных интегральных схемах (ИС), устройствах МСТ и НСТ. Элементы и устройства микро- и микроэлектроники. Аналоговые и цифровые СБИС. СВЧ ИС в микроэлектронном исполнении. Наноразмерные компоненты ИС. Элементы и устройства МСТ и НСТ. Сенсорные и исполнительные устройства МСТ и НСТ. Принципы действия. Наноразмерные исполнительные элементы. Наноразмерные исполнительные элементы сенсорных и исполнительных устройств МСТ и НСТ, в том числе деформируемые и недеформируемые, композиционные слоистые, металлические, на основе сплавов. Материалы для устройств МСТ, НСТ, нано- и микроэлектроники. Полупроводниковые, диэлектрические и металлические материалы. Резистивные сплавы. Слоистые композиционные материалы. Органические диэлектрики. Фоточувствительные композиции. Основные технологии устройств нано- и микроэлектроники, МСТ, НСТ. Технологии «сверху вниз» и «снизу вверх». Моделирование и проектирование. Методы формирования топологического рисунка. Литография. Нанолитография. Наноимпринтинг. Методы формирования функциональных слоев. Вакуумные процессы. Термовакuumное, магнетронное, реактивное магнетронное, высокочастотное (ВЧ) магнетронное распыление. Осаждение из газовой фазы. Плазменностимулированные методы осаждения. Методы формирования полупроводников и структур в полупроводниках. Метод Чохральского. Ориентация и резка полупроводниковых буль. Эпитаксия. Гомо- и гетероэпитаксия. Ионное легирование. Термические процессы: диффузия, окисление кремния. Специальные методы формирования исполнительных элементов устройств МСТ и НСТ. Объемная и поверхностная микрообработка. Технология «жертвенных» слоев. Корпусирование устройств микро- и микроэлектроники, МСТ и НСТ. Типы корпусов. Методы сборки и монтажа. Типы резки пластин на чипы. Средства и методы контроля исполнительных элементов и устройств микро- и микроэлектроники, МСТ и НСТ. Входной, межоперационный и выходной контроль при изготовлении. Оптическая, электронная, атомно-силовая и туннельная микроскопия. Рентгенодифрактометрия. Микроинтерферометрия. Профилометрия. Нанотехнологии для устройств МСТ, НСТ, нано- и микроэлектроники. Определение технологии и нанотехнологий. Критерии. Тенденции развития нанотехнологий для устройств МСТ, НСТ, нано- и микроэлектроники. Метаматериалы оптического и ИК-диапазонов длин волн. Микроболометры. Наносенсоры физических величин и газов.

## Аннотация дисциплины

### МИКРО- И НАНО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ - Б1.В.ОД.5

**Цель дисциплины:** систематизация полученных при изучении базовых дисциплин специальности знаний о современных системах и устройствах МЭМС и НЭМС, особенностях разработки и использования таких устройств, ознакомление с современным состоянием исследований в соответствующих областях, приобретение навыков выполнения на этой основе инженерных расчетов для решения конкретных прикладных задач.

**Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части основной образовательной программы подготовки магистров, обучающихся по программе «Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике» направления 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика. Количество зачетных единиц - 5

**Содержание разделов:** Наносенсоры: основные понятия, определения и термины. Общие представления. Области применения. Классификация наносенсоров по области применения: датчики давления, акселерометры, акустические сенсоры, расходомеры, биологические и медицинские сенсоры. Фотолитография. Микрообработка. Нанесение тонких пленок. Травление. LIGA. Сопутствующие технологии. Датчики столкновения. Акселерометры для управления и навигации. Сканеры отпечатков пальцев. Барометры. Другие применения: магнитные головки. Датчики давления. Подходы к проектированию и изготовлению, их особенности, преимущества и недостатки. Типичный пьезорезистивный датчик давления. Пьезорезисторы, мост Уитстона, принципы измерения напряжения растяжения и сжатия. Типичный емкостной датчик давления. Влияние температуры и нелинейности отклика на параметры датчиков. Применение ультратонких мембран. Влияние на рабочий диапазон датчика и линейность выходной характеристики. Резонирующие датчики давления. Добротность резонатора. Точность и чувствительность резонирующих датчиков. Увеличение степени интеграции. Разработка датчиков, работающих при повышенных температурах. Расширение рабочего диапазона. Увеличение точности и разрешения датчиков. Уменьшение размеров датчиков. Акселерометры. Акселерометры на базе МЭМС/НЭМС. Основные характеристики. Принцип преобразования перемещений в изменение емкостей. Типичный емкостной микроакселерометр. Методы повышения чувствительности и стабильности. Изготовление акселерометров по дифференциальной схеме. Схема работы чувствительного элемента. Состояния акселерометра. Способ преобразования ускорения в выходной сигнал. Свойства. Виды термоакселерометров. Туннельные микроакселерометры. Туннельный эффект. Система кремниевый зонд – металлический контакт. Использование системы обратной связи. Рабочий диапазон туннельных микроакселерометров. Современное состояние отрасли акселерометров. Акустические волноводы. Направленные акустические волны. Сенсоры на волнах Лява. Температурные эффекты. Коэффициент связи. Применение для измерения температуры, силы, ускорения, крутящего момента, влажности, точки росы, потока, электронного шума. Методы измерения. Беспроводные конфигурации. Примеры жидкостных актюаторов (приводов). Расходомеры.

## Аннотация дисциплины

### Экономические и технологические перспективы нанотехнологий и наноматериалов – Б1.В.ОД.4

**Цель дисциплины:** систематизация полученных при изучении базовых дисциплин специальности знаний об основных направлениях развития нанотехнологий, фундаментальных и прикладных научных исследований, опытно-конструкторских разработок и о выполняемых научно-технических проектах по профилю подготовки, о наиболее значительных практических результатах в различных отраслях науки и промышленности, в том числе в энергетике и энергетическом машиностроении, приобретение навыков выполнения на этой основе научных проектов, оформления технических заданий на выполнение научных исследований по нанотехнологическому направлению, и представления результатов интеллектуальной деятельности.

**Место дисциплины в структуре ООП:** Дисциплина относится к вариативной части обязательного блока дисциплин основной образовательной программы по профилю «Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике» направления 14.04.01. «Ядерная энергетика и теплофизика». Количество зачётных единиц – 4.

**Содержание разделов:** Экономические особенности и перспективы развития нанотехнологий. Главные особенности и тенденции научно-технического развития. Классы важнейших технологий XXI века. Шестой технологический уклад в общественном производстве. Эра нанотехнологий. Приоритетные направления развития науки и техники. Начало использования нанотехнологий в рыночных продуктах. Развитие нанонауки, нанопродуктов и нанотехнологий. Улучшение существующих технологий и принципиально новые продукты в различных отраслях: экономический эффект. Стратегические прогнозы по нанотехнологиям и нанопродуктам. Национальные программы развития nanoиндустрии. Роль нанотехнологий в совершенствовании военной и гражданской промышленности. Перечень критических технологий Российской Федерации. Ключевые проблемы развития нанотехнологий в России. Изменение структуры валового внутреннего продукта в сторону увеличения наукоемкой продукции. Государственные и частные инвестиции в нанотехнологии. Организация научных исследований в области нанотехнологий. Определение перспективных направлений исследований и разработок в нанообласти. Формирование инфраструктуры для организации эффективных фундаментальных исследований, поиска возможных применений их результатов, развития новых нанотехнологий и их коммерциализации. Научные организации и институты, специализирующиеся на нанотехнологических разработках. Проведение маркетинга исследований и разработок. Заключение контрактов на научные и технологические разработки. Управление инновационными нанотехнологическими проектами. Отбор проектов. Анализ рисков. Формы финансирования проектов. Уровень технологий. Современные и перспективные нанотехнологии и наноматериалы: технологические аспекты и области применения. Технологические перспективы нанотехнологий и наноматериалов по отраслям промышленности. Технологии управления свойствами материалов направленным изменением структуры. Молекулы и молекулярные ансамбли – естественный предел миниатюризации. Информационные технологии: использование нанотехнологий для повышения производительности систем передачи, обработки и хранения информации, создание новых

архитектур высокопроизводительных устройств. Магнитные носители информации. Биологические принципы обработки информации. Технологические особенности наноструктурированных материалов. Неорганические наноструктурированные материалы: получение, композиты, наноструктурированная керамика, углеродные материалы, особенности механического поведения, примеры. Полимерные наноструктуры: синтез, специфические свойства наноструктурированных полимерных материалов, термоэластопласты, блок-сополимерная литография, полимерные нанокомпозиты, полимерные щетки. Перспективы использования нанотехнологий в электронике и оптоэлектронике. Современные транзисторы. Сверхпроводниковые квантовые компьютеры. Молекулярная электроника. Экономический эффект от использования нанотехнологий в машиностроении, в двигателестроении и автомобильной промышленности. Нанотехнологии для целей практической медицины. Бионанотехнологии. Создание высокоэффективных нанолекарственных форм и способов доставки лекарственных средств к очагу заболевания. Токсичность веществ в нанодисперсном состоянии. Магнитные наноматериалы в медицине. Магнито-жидкостная гипертермия. Нано для медицинской техники: разработка средств диагностики, проведение нетравматических операций, создание искусственных органов (конструкционные наноматериалы). Нанозергетика. Совершенствование технологии создания топливных и конструкционных элементов. Эффективность существующего оборудования и создание альтернативной энергетике. Нанотехнологии в атомной энергетике. Новые материалы для энергетике и энергосбережения. Коммерциализация результатов интеллектуальной деятельности и интеллектуальная собственность в области нанотехнологий и наноматериалов. Понятие и виды результатов интеллектуальной деятельности. Интеллектуальная собствен-ность. Структура интеллектуальной собственности в научно-технологической сфере. Научные открытия. Объекты авторского права в научно-технической сфере. Защита результатов научных исследований и разработок в области нанотехнологий и наноматериалов. Правовая охрана интеллектуальной собственности. Объекты промышленной собственности. Коммерциализация интеллектуальной собственности. ировой и российский рынок научно-технической нанопродукции. Научно-техническая продукция и ее виды. Рынок нанотехнологий и продуктов на их основе. Оценка интеллектуальной собственности. Структура международного рынка нанотехнологической продукции. Особенности рынка изобретений. Патенты по нанотехнологиям и наноматериалам в мире. Передача технологий (патентно-лицензионная торговля). Виды и содержание лицензионных договоров. Особенности ценообразования на научно-техническую продукцию. Формы лицензионных платежей.

## Аннотация дисциплины

# "МЕДИЦИНСКИЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ "

## Б1.В.ОД.3

**Цель дисциплины:** формирование необходимых базовых теоретических знаний и приобретение практических навыков, использования медицинских нанотехнологий

### Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к вариативной части основной образовательной программы подготовки магистров, обучающихся по программе "Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике" направления 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика. Количество зачетных единиц - 4

### Содержание разделов:

#### 1. Общие принципы структурно-функциональной организации клетки

Понятие клетки. Компоненты клетки. Цитоплазма и органеллы. Плазмолемма (мембрана) и ее структура. Мембранный транспорт. Эндоцитоз (пиноцитоз и фагоцитоз)

#### 2. Основные органеллы клетки.

Эндоплазматическая сеть, ее виды и функции. Комплекс Гольджи, его функции. Пузырьки и вакуоли.

#### 3. Синтетический аппарат клетки. Рибосомы.

Рибосомы и процесс синтеза белка рибосомой. Изменчивость генов.

#### 4. Аппарат внутриклеточного переваривания: эндосомы и лизосомы.

Эндосомы. Механизм перемещения веществ по эндоцитозному пути. Лизосомы их функция. Гетерофагия и аутофагия. Пероксисомы, их функция.

#### 5. Энергический аппарат клетки: митохондрии.

Митохондрии, их структура и функция. Митохондриальная ДНК. Цитоскелет. Микротрубочки.

#### 6. Клеточный центр. Микрофиламенты и их функции.

Структура клеточного центра. Центриоли. Реснички и жгутики. Микрофиламенты и их функции. Микроворсинки. Промежуточные микрофиламенты.

#### 7. Ядро клетки, его компоненты и функция.

Компоненты ядра. Ядерная оболочка. Хроматин. Упаковка в ядре молекул ДНК и хранение генетической информации. Ядрышко.

#### 8. Клеточный цикл и его регуляция.

Деление клеток. Периоды клеточного цикла. Митоз. Старение и гибель клеток. Некроз и апоптоз.

#### 9. Кровь ее функции и компоненты.

Форменные элементы крови. Эритроциты. Строение и форма эритроцитов.

#### 10. Тромбоциты и их функции. Агрегация и миграция тромбоцитов.

Строение тромбоцитов. Функциональная морфология тромбоцитов. Агрегация и свертывание крови. Тромб.

#### 11. Лейкоциты и их классификация. Нейтрофилы.

Миграция лейкоцитов. Нейтрофильные гранулоциты. Функции и строение нейтрофилов.

#### 12. Процессы, происходящие при фагоцитозе микроорганизма нейтрофилом.

Адгезия нейтрофила к объекту. Захват микроорганизма. Иммуный фагоцитоз. Нефагоцитарные механизмы разрушения микробов. Гибель нейтрофилов.

#### 13. Базофильные и эозинофильные гранулоциты и их функции.

Функции базофилов. Строение базофилов и их деятельность. Участие базофилов в аллергических иммунных реакциях. Эозинофилы и их функции. Структура и цитофизиология эозинофилов..

#### 14. Структура моноцитов и функциональные изменения при их превращении в макрофаги.

Функции моноцитов и их строение. Роль моноцитов в системе мононуклеарных фагоцитов. Превращение моноцитов в макрофаги. Видоизменения макрофагов в тканях.

#### 15. Лимфоциты и их функции.

Функции лимфоцитов. Циркуляция и рециркуляция лимфоцитов. Классификация лимфоцитов по функциональному признаку.

#### 16. Общие принципы организации тканей. Внутритканевые и межтканевые взаимодействия

Структурно-функциональные элементы тканей. Детерминация тканей Дифференцировка клеток. Стволовые клетки. Адгезивные взаимодействия между клетками. Цитокины. Межтканевые взаимодействия. Гормоны.

#### 17. Эпителиальные ткани. Морфологическая классификация эпителиев

Функции эпителиев. Характеристики эпителиев. Межклеточные соединения. Десмосома. Базальная мембрана и ее функции.

#### 18. Волокнистые соединительные ткани.

Классификация волокнистых соединительных тканей. Клетки рыхлой волокнистой соединительной ткани. Фибробласты. Коллагеновые, ретикулярные и эластические волокна.

19. Атомные манипуляции и формирование наноструктур. Квантовая точка, квантовая проволока и квантовая пленка.

Роль поверхности и поверхностных атомов. Зависимость физических свойств наночастиц от их геометрического размера и формы.

20. Методы получения наночастиц.

Газофазовый синтез. Плазмохимический и взрывной синтез. Осаждение из расплавов и из жидкой фазы. Криогенный и термический метод. Восстановление соединений.

21. Поведение наночастиц в электрических полях различного диапазона длин волн.

Поляризация наночастиц. Взаимодействие наночастицы в статическом и высокочастотном электромагнитном поле.

22. Поведение наночастиц в магнитных полях. Явление суперпарамагнетизма наночастиц

Магнитные наночастицы и магнитные жидкости. Магнитная поляризация наночастиц. Магнитный гистерезис и магнитная восприимчивость частиц. Парамагнитные и суперпарамагнитные свойства наночастиц.

23. Методы ЭПР и ЯМР, основы магнитно-резонансной томографии тканей.

Спин-спиновое и спин-решетчатое взаимодействие электронов. Основы парамагнитного резонанса. Метод ЯМР. Времена релаксации  $T_1$  и  $T_2$ . Магнитно-резонансная томография тканей и сосудов.

24. Физика поверхности.

Элементарные процессы на поверхности. Адсорбция и десорбция. Модель адсорбции Лэнгмюра. Диффузия. Законы Фика. Собственная диффузия и диффузия массопереноса. Атомные механизмы поверхностной диффузии.

25. Виды напыления. Получение пленок магнетронным напылением

Магнетрон, его устройство и принцип действия. Схема магнетронной распылительной системы. Катод-мишень. Мишень для распыления магнитных материалов.

26. Получение монослойных пленок методом Ленгмюра-Блоджетт

Поверхностное натяжение. Влияние на коэффициент поверхностного натяжения ПАВ.  $\pi$  – А кривые. Перенос монослоя на твердую поверхность.

27. Применение нанокompозитов и наночастиц в медицине

Диагностика. Декодирование биологических текстов. Геном человека или фракционирование ДНК. Мониторинговые устройства, биосенсоры. Биомэмы. Лечение. Живая нанобиотехнология, полусинтетическая и воссоздание аналогов живых систем.

28. Информация, сообщение, сигнал. Параметры электрических сигналов

Сообщение, информация, сигнал. Видео- и радио-импульсы. Параметры видеоимпульсов.

29. Временное и частотное представление сигналов Преобразование Фурье

Ряд Фурье. Спектр последовательности прямоугольных импульсов. Спектр случайного сигнала.

Прямое и обратное преобразование Фурье.

30. Вольтамперные характеристики коллоидных растворов наночастиц

Понятия вольтамперных характеристик двухполюсников. Нелинейные вольтамперные характеристики.

31. Четырехполюсник. Его параметры и характеристики

Понятие о четырехполюснике. Комплексное представление чисел. Амплитудно-частотная характеристика. Фазово-частотная характеристика.

32. Частотное исследование электрических схем АЧХ

Экспериментальное измерение амплитудно-частотных характеристик некоторых электрических цепей RC.

33. Временное исследование электрических схем, искажение импульсов

Искажение прямоугольных импульсов в RC цепях. Интегрирующие и дифференцирующие электрические цепочки.