

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ливанов Дмитрий Викторович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 28.11.2022 16:08:58  
Уникальный программный ключ:  
c6d909c49c1d2034fa30156c4a9a51e7272e7e2

## Аннотации к рабочим программам дисциплин.

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### Английский язык (уровень В2)

#### Цель дисциплины:

- формирование межкультурной профессионально ориентированной коммуникативной компетенции на пороговом уровне В1+ с акцентом на устное общение, готовность к точному пониманию смысла текста и к эффективной формулировке собственной устной иноязычной речи.

#### Задачи дисциплины:

- расширение академического словарного запаса;
- совершенствование речевых и аудитивных навыков и умений;
- формирование способности использовать языковые средства для достижения коммуникативных целей в конкретной ситуации общения в академической сфере на изучаемом иностранном языке;
- формирование способности выстраивать стратегию устного общения на изучаемом иностранном языке в соответствии с социокультурными особенностями изучаемого языка;
- формирование навыков и умений критического мышления при решении проблемных коммуникативных задач.

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### знать:

- академический и функциональный словарь в рамках изучаемых тем;
- основные правила интонационного оформления высказывания;
- закономерности организации высказывания в таких формах выражения мысли, как объяснение, полемика и аргументированное высказывание;
- особенности речевого поведения в различных коммуникативных ситуациях;
- культурно-специфические особенности менталитета, представлений, установок, ценностей представителей англоязычной культуры;
- основные факты, реалии, имена, достопримечательности, традиции немецкоязычных стран;

- этические и нравственные нормы поведения, модели социальных ситуаций, типичные сценарии взаимодействия.

**уметь:**

- свободно выражать свои мысли, адекватно используя разнообразные языковые средства с целью выделения релевантной информации;
- использовать этикетные формулы в устной и письменной коммуникации (приветствие, прощание, поздравление, извинение, просьба);
- убедить собеседника, создать у него точное представление о каком-либо предмете или явлении;
- объяснить ранее неизвестное понятие;
- приводить аргументы и контраргументы;
- исследовать факты и связи;
- объяснять причины возникновения и пути реализации;
- доказывать целесообразность предложения;
- доказывать справедливость постулата;
- работать с электронными словарями и другими электронными ресурсами для решения лингвистических задач.

**владеть:**

- основными дискурсивными способами реализации коммуникативных целей высказывания применительно к особенностям текущего коммуникативного контекста (время, место, цели и условия взаимодействия);
- основными способами выражения семантической, коммуникативной и структурной преемственности между частями высказывания - композиционными элементами текста (введение, основная часть, заключение), сверхфразовыми единствами, предложениями;
- социокультурной компетенцией для успешного взаимопонимания в условиях общения с представителями другой культуры;
- различными коммуникативными стратегиями;
- учебными стратегиями для организации своей учебной деятельности;
- когнитивными стратегиями;
- стратегиями рефлексии и самооценки;
- дискурсивной компетенцией - уметь строить высказывание с учетом его логичности, достаточности, точности, выразительности, убедительности.

**Темы и разделы курса:**

## 1. Американская мечта

Грамматический аспект – глагольные конструкции, позволяющие избежать повторов. Лексический аспект – контекстуальные синонимы; страны и национальности. Коммуникативный аспект – дискуссия по национальным проблемам; американский акцент в английском языке.

## 2. Глобализация экономики

Грамматический аспект – наречия, наречные словосочетания. Лексический аспект – бизнес лексика для описания экономических тенденций. Коммуникативный аспект – планирование рекламной кампании; статистический отчет.

## 3. Жизнь на краю света

Грамматический аспект – уточняющие, причастные и деепричастные обороты. Лексический аспект – географическая и климатическая лексика. Коммуникативный аспект – бытовые выражения со словами «earth, ground, soil»

## 4. Культ знаменитости

Грамматический аспект – вводные слова (маркеры дискурса). Лексический аспект – синонимы/антонимы. Коммуникативный аспект – выражение согласия/несогласия с помощью вопросов и повторов.

## 5. Мифы и факты в биографии знаменитых людей

Грамматический аспект – реальное и сослагательное наклонения. Лексический аспект – метафоры и идиомы. Коммуникативный аспект – взгляды на искусство; «смягчение» высказывания.

## 6. Народная мудрость

Грамматический аспект – модальные глаголы во всех значениях. Лексический аспект – рифма и ритм в поэтическом стиле речи. Коммуникативный аспект – системные нарушения правил английского языка в разговорной практике.

## 7. Непреодолимое влечение

Грамматический аспект – эмфатические синтаксические конструкции. Лексический аспект – крылатые выражения, пословицы и поговорки. Коммуникативный аспект – эмоциональная окраска реакции на высказывание.

## 8. Спорт

Грамматический аспект – усилительные наречия. Лексический аспект – части тела и глаголы, им соответствующие. Коммуникативный аспект – дискуссионные клише.

## 9. Средства массовой информации

Грамматический аспект – пассивные конструкции. Лексический аспект – существительные, образованные от фразовых глаголов. Коммуникативный аспект – реакция на новости; дискуссия о подаче новостей.

## 10. Стили и жанры художественной литературы

Грамматический аспект – обзор видовременных категорий глагола (сравнение видов).  
Лексический аспект – фразовые глаголы в буквальном и метафорическом значении;  
омонимы. Коммуникативный аспект – несоответствие фонетики орфографии.

## 11. Уроки истории

Грамматический аспект – глагольные конструкции (глагол/инфинитив, глагол/герундий).  
Лексический аспект – омонимы, омофоны, омографы. Коммуникативный аспект – отчет очевидца; анекдоты.

## 12. Чудеса света

Грамматический аспект – связующие конструкции. Лексический аспект – синонимы, антонимы. Коммуникативный аспект – использование эфемизмов в речевой практике.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Биосовместимые и биоразлагаемые полимерные материалы и композиты**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами базовых представлений в науке о полимерах, видах и свойствах биосовместимых полимеров и материалов, методов получения и тестирования медицинских изделий на основе полимеров.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний о свойствах биосовместимых и биоразлагаемых полимеров, изучение базовых методик для исследования их свойств;
- формирование базовых знаний о свойствах биосовместимых полимерных материалов.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные понятия науки о полимерах;
- свойства различных типов полимерных систем;
- порядки численных величин, характерные для физических свойств полимеров и композитов;
- основные методы применения исследования полимеров;
- теоретические принципы, лежащие в основе предствдений полимерной цепи.

##### **уметь:**

- определять молекулярные характеристики, физико-механические, теплофизические свойства полимеров;
- выбирать оптимальные эффективные методы формования различных полимеров и композитов;
- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний по интересующей научной проблеме в науке о полимерах.

**владеть:**

- специальной терминологией в области высокомолекулярных соединений;
- основными методами анализа свойств полимеров и композитов;
- методиками построения моделей к описанию высокомолекулярных соединений.

**Темы и разделы курса:**

## 1. Введение.

Основные определения и характеристики в химии высокомолекулярных соединений. Конфигурация и конформация макромолекул. Полимеры: основные определения. Основные типы макромолекул. Виды биоразлагаемых высокомолекулярных соединений (природных и синтетических). Агрегатные и фазовые состояния полимеров. Молекулярно-массовые характеристики. Методы определения молекулярных масс. Размеры и форма макромолекул. Идеальные цепи. Конфигурация и конформация макромолекул.

## 2. Методы характеристики и исследования полимеров.

Спектральные методы исследования полимеров. Структурные методы исследования полимеров. Микроскопия (оптическая, электронная, акустическая) исследования полимеров. Методы определения молекулярно-массового распределения, молекулярной массы полимеров. Теплофизические методы исследования полимеров.

## 3. Биосовместимость.

Биосовместимость: как оценивается, как зависит от морфологии материала. Требования к материалам биомедицинского назначения.

## 4. Коллаген.

Состав и типы коллагенов. Гликозаминогликаны, гликопротеины, функциональные белки. Надмолекулярная структура и микроструктура коллагеновых волокон. Распределение коллагена в тканях. Физико-механические свойства коллагеновых матриц.

## 5. Системы доставки лекарств.

Дендримеры и сверхразветвленные макромолекулы.

Типы, назначение и размеры носителей лекарственных средств. Липосомы и полиэлектролитные капсулы как основа лекарственной формы: получение, загрузка лекарствами, применение. Наночастицы на основе биоразлагаемых полимеров: получение, загрузка лекарствами, применение. Дендримеры и сверхразветвленные полимеры как основа лекарственной формы: получение, загрузка лекарствами, применение.

## 6. Полиэлектролиты.

Виды полиэлектролитов. В чем отличия полиэлектролитов от низкомолекулярных электролитов. Кривые титрования полиэлектролитов. Конформация макромолекул полиэлектролитов, полиэлектролитное набухание. Осмотическое давление раствора полиэлектролита. Изоэлектрическая и изоионная точка полиамфолитов.

## 7. Классификация полисахаридов.

Функции соли сахаридов во внеклеточном матриксе. Биологическая активность полисахаридов. Биоразложение полисахаридов. Физико-химические и свойства полисахаридов.

#### 8. Полигидроксиалканоаты.

Классификация полигидроксиалканоатов. Биосинтез и выделение полигидроксиалканоатов. Биодegradация полигидроксиалканоатов. Физико-механические свойства полигидроксиалканоатов.

#### 9. Полилактиды.

Наночастицы для доставки лекарств.

Классификация полилактонов. Синтез и молекулярная структура полилактонов. Биоразложение полилактонов. Физико-химические и физико-механические свойства полилактонов.

#### 10. Материалы для тканевой инженерии.

Децеллюляризованные матриксы.

Получение, состав и структура децеллюляризованных матриксов. Биосовместимость децеллюляризованных матриксов. Физико-механические свойства децеллюляризованных матриксов. Биодegradация децеллюляризованных матриксов.

#### 11. Биомеханическое поведение материалов для биомедицинских применений.

Биомеханическая совместимость материалов. Особенности механического поведения нативных тканей, децеллюляризованных матриксов. Влияние упругих характеристик матриксов на адгезию, дифференцировку клеточных культур. Механизмы взаимодействия клетки с матриксом. Микромеханические свойства матриксов.

#### 12. Регенеративная медицина и медицинские изделия.

Подходы к созданию функциональных медицинских изделий. Влияние структуры и морфологии на функциональные свойства медицинских изделий.

Концепция регенеративной медицины. Матриксы для регенеративной медицины: натуральные и биоискусственные. Влияние структуры, состава и морфологии на функциональные свойства матриксов для регенеративной медицины. Методы получения матриксов для регенеративной медицины.

#### 13. Тестирование и регистрация медицинских изделий.

Требования, предъявляемые к медицинским изделиям. Классификация медицинских изделий. Порядок и состав доклинических испытаний. Технические испытания медицинских изделий. Клинические испытания. Медицинская техника. Регистрационное досье медицинского изделия. Требования к производственной площадке.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Биотехнологии на основе фототрофных микроорганизмов**

#### **Цель дисциплины:**

- формирование представлений о выделении, принципах культивирования в лабораторных условиях и фотобиореакторах фототрофных микроорганизмов, их возможности в плане практического применения;
- получение студентами базовых знаний о структурном разнообразии биологически активных соединений, синтезируемых биотехнологически значимыми фототрофными микроорганизмами, их классификации, биологической роли в клетке, об особенностях биосинтеза и возможности его регулирования, способах выделения и идентификации коммерчески значимых биологически активных соединений, а также об основных областях их практического и/или коммерческого применения.

#### **Задачи дисциплины:**

- дать современное представление о фототрофных микроорганизмах;
- формирование базовых знаний о классификации фототрофных микроорганизмов, их морфологических особенностях, закономерностях роста;
- рассмотреть основные способы культивирования и выделения биомассы;
- показать возможности применения технологий на основе фототрофных микроорганизмов для решения ряда практических задач: очистки стоков, воздуха, получения удобрений, кормов, пищи и пр.;
- формирование базовых знаний о структуре и свойствах коммерчески значимых биологически активных соединений, возможности регулирования их синтеза и накопления в клетках, методах их выделения и анализа, свойствах и областях применения.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные принципы культивирования фототрофных микроорганизмов;



- конструкции фотобиореакторов, их достоинства и недостатки, применение при крупномасштабном культивировании;
- методы выделения и концентрирования биомассы фототрофных микроорганизмов
- практические аспекты применения фототрофных микроорганизмов: очистка воды, воздуха, получение удобрений, кормов, пищи;
- основные структурные типы биологически активных соединений, продуцируемых фототрофными микроорганизмами;
- о локализации и функции биологически активных соединений в организме-продуценте;
- основные методы выделения, анализа и области применения коммерчески значимых биологически активных соединений.

#### **уметь:**

- рассчитывать концентрации компонентов при составлении питательных сред;
- подбирать условия культивирования (источники света, pH и т.д.) для различных видов фототрофных микроорганизмов;
- идентифицировать биологически активные соединения на основе спектральных характеристик; определять качественный и количественный состав индивидуальных компонентов в смеси на основе аналитических данных;
- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний по интересующей научной проблеме.

#### **владеть:**

- специальной научной терминологией и ключевыми понятиями в области микробиологии и биотехнологии фототрофных микроорганизмов;
- теоретическими основами методов выделения фототрофных микроорганизмов из природных источников;
- теоретическими основами методов подсчета клеток, измерения pH, оптической плотности и т.д.
- практическим навыком построения кривых роста фототрофных микроорганизмов;
- практическими навыками расчета содержания биологически активных соединений в биомассе фототрофных микроорганизмов, продуктивности, выхода с единицы среды.

#### **Темы и разделы курса:**

##### 1. Биотехнологически значимые фототрофные микроорганизмы.

Фототрофные микроорганизмы: цианобактерии и микроводоросли. Общие понятия. Особенности морфологии и физиологии. Фотосинтез.

## 2. Биологически активные соединения фототрофных микроорганизмов.

Классификация. Структура. Локализация и функции в клетке. Особенности биосинтеза. Основные свойства и области применения.

## 3. Основные принципы культивирования фототрофных микроорганизмов.

Методы выделения фототрофных микроорганизмов из природных источников. Используемые химикаты, посуда, оборудование. Температура суспензии. Углеродное питание. Минеральное питание. pH среды. Источники света. Принципиальная схема установки для выращивания фототрофных микроорганизмов.

## 4. Управляемый биосинтез.

Природные (дикие) и прочие штаммы. Скрининг. Влияние условий культивирования. Компоненты питательных сред. Температура. Освещение.

## 5. Культивирование фототрофных микроорганизмов в фотобиореакторах.

Преимущества фототрофных микроорганизмов. Материалы, используемые для изготовления фотобиореакторов. Открытые фотобиореакторы и их виды. Закрытые фотобиореакторы и их виды. Достоинства и недостатки различных видов фотобиореакторов. Крупномасштабное культивирование фототрофных микроорганизмов.

## 6. Методы выделения и концентрирования биомассы фототрофных микроорганизмов.

Первичные методы: флотация, флокуляция, осаждение под действием сил тяжести. Вторичные методы: центрифугирование, фильтрация, прямое высушивание.

## 7. Переработка биомассы фототрофных микроорганизмов с получением коммерчески значимых биологически активных соединений.

Общие стадии процесса переработки биомассы. Гомогенизация. Экстракция. Концентрирование. Очистка. Аналитические методы контроля. Спектрометрия. Хроматография.

## 8. Отдельные представители биотехнологически значимых фототрофных микроорганизмов – продуценты коммерчески значимых биологически активных соединений.

Анализ мирового рынка. *Arthrospira*. *Chlorella*. *Dunaliella*. *Haematococcus*. *Nannochloropsis*. Сухая биомасса фототрофных микроорганизмов. Каротиноиды. Хлорофиллы. Липиды. Полиненасыщенные жирные кислоты. Фикобилипротеины.

## 9. Энергетические аспекты использования фототрофных микроорганизмов.

Получение биотоплива из биомассы фототрофных микроорганизмов: получение биодизеля, получения биоспиртов, получение биоводорода, получения биогаза.

## 10. Экологические аспекты применения фототрофных микроорганизмов.

Очистка различных сточных вод от соединений азота, фосфора, тяжелых металлов. Очистка воздуха.

## 11. Использование фототрофных микроорганизмов для получения удобрений, кормов и пищи.

Получение удобрений для сельского хозяйства. Получение кормов для сельскохозяйственных животных и рыбоводческих хозяйств. Получение нутрицевтиков, функционального питания и функциональных добавок из биомассы фототрофных микроорганизмов.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Биоэлектроника**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами базовых навыков необходимых для понимания принципов работы интерфейсов с живыми системами и последующей обработки полученных сигналов, а также навыков которые в будущем помогут им создавать и эксплуатировать различные биоэлектронные устройства.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний об особенностях интерфейсов с живыми системами, видах биологических сигналов и общих подходов к их обработке.
- формирование базовых знаний об основных схемотехнических и математических подходов для создания биоэлектронных устройств.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- фундаментальные понятия, законы, теории и формулы, описывающие физические процессы в живых системах, которые можно использовать для создания биоэлектронных устройств;
- базовые принципы и подходы к разработке биоэлектронных интерфейсов;
- теоретические основы биофизических и биохимических процессов, используемых для передачи сигнала в биоэлектронное устройство;
- особенности подходов к обработке биологических сигналов;
- основные схемотехнические подходы к созданию биоэлектронных устройств.

##### **уметь:**

- анализировать биофизические процессы и выбирать необходимые для получения требуемой информации от живой системы;
- применять физические теории к описанию процессов передачи сигнала в интерфейсе живое/неживое;

- проектировать схемотехнические решения для биоэлектронных устройств;
- эффективно использовать современные информационные технологии при решении задач в области биоэлектроники.

**владеть:**

- специальной терминологией в области биоэлектроники;
- методиками построения моделей биоэлектронных систем;
- основными методами расчета схемотехнических решений для биоэлектронных систем.

**Темы и разделы курса:**

1. Электрохимия в живых системах. Основные биоэлектрохимические процессы. Основы биофизики рецепции и генерации сигналов.

Будет рассказано про базовые электрохимические процессы, протекающие в живых системах. Показано какую роль они играют в различных биологических процессах. Дан обзор по основам биологической рецепции и преобразованию информации в рецепторных системах.

2. Общие понятия в электротехнике.

Теоретические основы электротехнических систем, использующих элементы ультранизкой мощности.

Основы схемотехники. Электроника низких мощностей. Основы теории обработки сигналов, методы фильтрации сигналов.

3. Проектирование схемотехнических решений.

Наиболее распространенные подходы к проектированию схемотехнических решений по первичной обработке сигналов. Основы аналоговой низкомощностной электроники для имплантируемых устройств.

4. ДНК-нанотехнологии.

Дан обзор ДНК-нанотехнологий. Показаны методы сборки различных ДНК-оригами структур и разобрано их функционирование в различных средах. Показаны возможности использования ДНК-структур в биоэлектронике.

5. Перенос заряда в некоторых белках.

Перенос заряда в некоторых белках. Белковые пилы как нанопровода. Конденсаторы на основе очищенных белков и смесей различных белков. Другие перспективные разработки.

6. Цитоморфная электроника.

Дано понятие цитоморфной электроники, причины возникновения данного подхода и области ее применения. Представлены основные подходы к разработке цитоморфных

схемотехнических решений. Разобраны примеры цепей имитирующих биологические процессы на примере экспрессии генов в прокариотах и эукариотах.

#### 7. Гибридные биоэлектронные системы.

Гибридные биоэлектронные системы с функциональными биологическими компонентами.

#### 8. Биосенсоры.

Биосенсоры, их разновидности и области применения.

#### 9. Интерфейсы живое/неживое.

Интерфейсы живое/неживое, области применения, используемые материалы

#### 10. Внутриклеточные процессы.

Внутриклеточные процессы и их детектирование с использованием биоэлектронных систем.

#### 11. Перспективы в биоэлектронике.

Перспективные области практического применения в биоэлектронике

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **История, философия и методология естествознания**

#### **Цель дисциплины:**

- формирование представления о специфике философии как способе познания и духовного освоения мира, основных разделах современного философского знания, философских проблемах и методах их исследования;
- овладение базовыми принципами и приемами философского познания;
- введение в круг философских проблем, связанных с областью будущей профессиональной деятельности, выработка навыков работы с оригинальными и адаптированными философскими текстами.

#### **Задачи дисциплины:**

- раскрыть возможности использования философских понятий и концепций в становлении и современном развитии научной мысли, в том числе показать роль и значение философской методологии науки для специалиста в области физико-математического естествознания;
- выявить мировоззренческое и методологическое содержание основных философских категорий и принципов для современного естествознания, их применение в теоретической, экспериментальной и технической физике, а также других разделах естественнонаучного цикла;
- способствовать в выработке потребности в осознании философско-методологических исследований на современном этапе развития науки;
- ознакомить с содержанием основных методологических и теоретико-познавательных концепций в истории философской мысли;
- научить ориентироваться в многообразии методологических концепций на современном этапе развития цивилизации.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- современные тенденции развития науки;
- философские концепции науки;

- место естественных наук в выработке научного мировоззрения;
- историю и методологию физических наук и математики, расширяющих общепрофессиональную, фундаментальную подготовку.

#### **уметь:**

- самостоятельно определять задачи связанные с личностным развитием, повышением собственной образованности;
- осуществлять концептуальный анализ современных проблем методологии физики и математики;
- формировать онтологический базис при решении научных и прикладных задач в области информационных технологий;
- принимать собственные решения в рамках своей профессиональной компетенции в стандартных и нестандартных ситуациях, основанных на осознанном личном выборе;
- понимать место своей деятельности и анализировать возможные последствия тех или иных принятых решений на основе сформированных дисциплиной ценностных ориентаций;
- классифицировать конвергентные технологии по морфологическим основаниям и материалам, определять необходимый междисциплинарный контекст для каждого нбик-блока.

#### **владеть:**

- основами методологии научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени;
- различными вариантами подходов к решению конкретных профессиональных задач на основе знаний, полученных в ходе изучения истории, философии и методологии естествознания.

#### **Темы и разделы курса:**

1. Концептуальная история науки. Возникновение науки и основные этапы ее развития. Идеи рационализма в античной культуре. Становление научной картины мира. Соотношение знания и веры в духовной культуре европейского средневековья.

Становление принципов рациональности в греческой философии (понятия “доказательство” и “истина”). Философия и математика (Фалес, Пифагор). Логический метод в философии Парменида. Сократ и Платон о необходимости определения общих понятий. Обоснование принципов рациональности: как человеческое мышление может выразить сущность мира? Гераклит и Зенон (мир и законы логики). Гераклит и софисты (реальность и язык). Гераклит, Парменид, Платон (сущность и явление). Два уровня знания (Демокрит, Платон). Диалектика как метод поиска истины в научных дискуссиях (Сократ, Платон). Развитие теории доказательства (Зенон, Аристотель). Зарождение логики как



науки. Первые парадоксы в развитии теоретического мышления. Проблема познаваемости мира. Философский скептицизм (софисты, Пиррон). Рационализм Сократа: диалектика как искусство исследования понятий и поиска истины. Проблема самопознания. Ироническая майевтика. Становление научной картины мира. Поиски первоосновы мира (Фалес, Парменид, Демокрит, Платон, Аристотель). Становление принципа детерминизма (Гераклит, пифагорейская школа, Демокрит, Аристотель). Проблема движения. Мир как процесс в философии Гераклита. Проблема источников движения и формирования вещей у Аристотеля. Материя и форма. Монастыри и университеты как очаги духовной культуры, образования, научной деятельности в позднем Средневековье. Схоластика как специфический вид интеллектуальной деятельности. Сущность и существование. Ансельм Кентерберийский, Фома Аквинский. Варианты логического обоснования существования Бога. Проблема противоречия знания и веры. Диалектика общего и отдельного: номинализм, реализм, концептуализм.

2. Динамика естествознания в западноевропейской культуре. Революционные процессы Нового времени и наука. Проблемы теории познания и научной методологии. Принцип сенсуализма в теории познания.

Формирование современного образа науки (Н. Коперник, Дж. Бруно, И. Кеплер, Г. Галилей). Коперниканская революция и ее значение в развитии естествознания. Философское осмысление научной революции XVII в. Проблема научного метода. Критика схоластической методологии Ф. Бэконом и Р. Декартом. Эмпиризм и рационализм – гносеологические проблемы философии Нового времени. Дедуктивная и индуктивная методология. Индуктивный метод Ф. Бэкона. “Правила для руководства ума” Р. Декарта. Рационализм Г. Лейбница (“истины факта” и “истины разума”). Принцип сенсуализма в теории познания. Проблема первоисточника человеческого знания: обоснование принципов сенсуализма Дж. Локком. Критика Г. Лейбницем односторонности сенсуализма Локка. Г. Лейбниц о наиболее общих законах мира (детерминизм, постепенность изменений, проблема тождественности предметов, совершенство Вселенной). Парадоксы и противоречия одностороннего сенсуализма: субъективный идеализм Дж. Беркли, агностицизм Д. Юма.

3. Классический этап философии рационализма. Развитие идей рационализма в классической немецкой философии.

Ранние работы И. Канта: принцип развития и естествознание XVIII века. И. Кант и “коперниканский” переворот в философии. Творчество субъекта – исходная основа процесса познания по Канту. И. Кант о творческом характере научного мышления и методологической роли категорий. Категории как универсальные логические формы. Границы рационального конструирования. Антиномии разума. Диалектическая философия Гегеля: принцип развития и системная методология. Гегелевская концепция рационализма: всеобщие законы мира и законы диалектической логики. Тождество бытия и мышления. Основные законы диалектики. Принцип развития и системная методология в современной науке.

4. Наука XIX- XX вв. и постклассическая философия науки. Философия науки в традиции марксизма. Позитивизм и проблемы методологии научного познания.

Критический анализ К. Марксом и Ф. Энгельсом философских взглядов Г.Гегеля и Л.Фейербаха. Значение естественнонаучных открытий XIX века и последующих достижений науки XX века для обоснования материалистической диалектики. Применение

К. Марксом и Ф. Энгельсом принципа развития и системного метода к анализу общества, движущих сил и закономерностей его развития. Понятие общественно-экономической формации, структура формации. Диалектико-материалистический подход к фундаментальной проблеме всей истории философии – происхождению человека и человеческого сознания. Общая теория диалектики. Практическая деятельность человека и критерии истинности знания. Диалектико-материалистическая теория познания.

Огюст Конт: этапы развития человеческого знания и сущность позитивной философии. Принцип наблюдаемости в научном познании. Классификация наук по О. Конту. Революция в физике и второй позитивизм (Э. Мах). Наука как описание наших ощущений. Исследование языка науки и логики научного познания в философии логического позитивизма. Проблема соотношения теоретического и эмпирического уровней знания. Критерий верифицируемости. Кризис логического позитивизма.

##### 5. Методология и философия науки XX века. Постпозитивизм

Закономерности эволюции научного знания в философии постпозитивизма. Модели эволюции науки К. Поппера, И. Лакатоса, Т. Куна. Мировоззренческие и методологические итоги развития науки в XX веке. Исследования философов и естествоиспытателей по философским проблемам познания и по методологии науки.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Клеточная биология в развитии биомедицинских технологий**

#### **Цель дисциплины:**

- формирование у студентов чёткого представления о комплексе задач, стоящих перед современной биомедициной, и о том, какую роль последние достижения клеточной и молекулярной биологии могут сыграть в дальнейшем развитии биомедицинских технологий;
- получение студентами базовых знаний о существующих методах культивирования различных типов клеток, а также тканевых эквивалентов на их основе, о методах контроля основных клеточных функций, в том числе, посредством изменения генома клеток или воздействия на процесс экспрессии отдельных генов;
- получение студентами представлений о возможности использования клеточных технологий в терапии различных заболеваний человека, в создании лабораторных моделей для фундаментальных исследований, а также для тестирования эффективности и безопасности новых лекарственных препаратов и косметических средств.

#### **Задачи дисциплины:**

- дать представление о современных достижениях клеточной и молекулярной биологии;
- дать представление о спектре биотехнологических подходов, используемых в современной биомедицине;
- показать возможности применения клеточных и молекулярных методов в терапии заболеваний человека и в разработке новых лекарственных препаратов.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основы клеточной физиологии и механизмы молекулярного контроля основных клеточных функций: пролиферации, дифференцировки, миграции, апоптоза;
- основы биологии стволовых клеток (включая эмбриональные и соматические), их выделения и работы с ними;
- основные принципы выделения первичных клеток различных типов из органов и тканей человека, а также принципы их культивирования;

- основные принципы получения генно-модифицированных клеток и клонирования;
- перспективы применения клеточных и генных технологий в различных областях медицины, включая регенеративную медицину, трансплантологию, репродуктивную медицину, генную терапию;
- основные принципы тканевой инженерии и существующие подходы к решению проблем создания искусственных аналогов органов и тканей человека.

**уметь:**

- выделять клетки из тканей человека и животных;
- осуществлять основные манипуляции с клетками, культивировать клетки нескольких различных типов;
- работать со световыми микроскопами (включая инвертированные);
- выделять нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК) из клеток и тканей человека и животных;
- готовить препараты для гистологического и иммунофлуоресцентного анализа;
- работать с литературой по различным направлениям биомедицины.

**владеть:**

- техникой культивирования клеток и тканей человека и лабораторных мышей;
- методами световой и флуоресцентной микроскопии, включая основные гистологические методы;
- методами оценки уровня экспрессии генов (ПЦР) и уровня белков (иммунофлуоресценция и вестерн блот) в клетках и тканях человека.

**Темы и разделы курса:**

1. Введение.

Вводная: «Клеточные подходы в биомедицинских технологиях – история и перспективы использования в свете современных социальных и технологических вызовов».

2. Принципы ведения культур эукариотических клеток.

Основные принципы ведения культур эукариотических клеток: монослой, сфероиды, тканевые эквиваленты, organ on a chip.

3. Методы оценки клеточного фенотипа.

Методы оценки клеточного фенотипа и Методы анализа экспрессии генов и белков: микроскопия, ПЦР в реальном времени, иммуногистохимия и иммунофлуоресценция, Вестерн блот.

4. Генетические манипуляции с клетками в культуре.

Генетические манипуляции с клетками в культуре: получение трансгенных клеточных линий (подавление или активация отдельных генов). Клонирование, SCNT (Somatic cell nuclear transfer).

Клетки-продуценты (получение матриксов). Генная терапия.

#### 5. Криоконсервация клеток и тканей.

Криоконсервация клеток и тканей, создание и использование банков тканей и трансплантов.

#### 6. Тканевая инженерия.

Тканевая инженерия (возможны отдельные лекции по разным видам тканей):

- искусственная кожа
- искусственный дыхательный эпителий
- искусственные хрящевая и костная ткани
- искусственные межпозвоночные диски
- искусственная кровь
- инженерия нервной ткани

#### 7. ЕКО.

ЕКО (экстракорпоральное оплодотворение) – клиническая эмбриология.

#### 8. Клеточные и генные технологии.

Клеточные модели для тестирования токсичности и эффективности лекарств и косметических средств (Евро-стандарты). Клеточные и генные технологии в лечении рака.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Когнитивная нейронаука**

#### **Цель дисциплины:**

- познакомить студентов с нейронными основами когнитивной деятельности;
- обсудить теоретический и экспериментальный материал мировой современной нейронауки, нейробиологии и нейрофизиологии;
- рассмотреть нерешенные проблемы нейронауки;
- привести основные методы получения экспериментальных данных.

#### **Задачи дисциплины:**

- освоение методической и методологической базы когнитивной нейронауки;
- знакомство с основными результатами отечественных и зарубежных работ по исследованию мозга, связанных с разработкой проблем когнитивной нейронауки;
- формирование представлений о прикладном значении когнитивной нейронауки.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные структурные и функциональные характеристики нервных клеток;
- основные принципы строения и системной организации головного мозга;
- основные современные методы исследования нейрокогнитивных процессов;
- основные теории о нервных основах когнитивных функций;
- основные результаты современных экспериментальных разработок в области когнитивной нейронауки.

##### **уметь:**

- пользоваться своими знаниями для постановки новых задач в области когнитивной нейронауки;

- сопоставлять данные, полученные в разных экспериментальных исследованиях;
- проводить методологическую оценку обсуждаемых результатов;
- анализировать современные работы в области нейрокогнитивных наук;
- формулировать задачи и интерпретировать результаты нейрокогнитивных экспериментов;
- соотносить научные и технологические задачи в нейрокогнитивных исследованиях.

**Владеть:**

- основами компьютерного анализа поведения и нейрокогнитивных процессов;
- навыками освоения большого объема информации;
- навыками нахождения необходимой нейробиологической информации в Интернете;
- навыками работы на нейробиологическом оборудовании;
- навыками работы с поведением животных;
- навыками анализа экспериментальных данных.

**Темы и разделы курса:**

1. Методы нейронаук.

Методы изучения активности отдельных нейронов. Регистрация импульсной активности нейронов. Мультиэлектродная регистрация. Регистрация метаболической и генетической активности нейронов. Стимуляция участков мозга. Локальные повреждения мозга. Генетически измененные животные. Неинвазивные методы изучения активности целого мозга. Электроэнцефалография. Связанные с событиями потенциалы. Магнитоэнцефалография. Позитронно-эмиссионная томография. Ядерная магнитная резонансная интроскопия. Принцип «вычитания» изображений в компьютерной томографии.

2. Коннектом мозга.

Основные отделы мозга человека: продолговатый мозг; задний мозг; средний мозг; промежуточный мозг; конечный мозг, мозжечок. Доли конечного мозга. Гиппокамп. Неокортекс. Структурно-функциональный подход. Структурные связи между зонами мозга. Функциональные связи между зонами мозга. Коннектом на клеточном уровне. Коннектом на макроуровне. Понятие пластичности. Пресинаптическая пластичность. Постсинаптическая пластичность. Сенситизация. Фасилитация. Долговременные потенциация и депрессия. Активность NMDA-рецепторов.

3. Нейрон: свойства, строение, активность.

Нейрон как структурная и функциональная единица мозга. Электрические свойства живых клеток. Мембранный потенциал: мембрана, каналы, ионы. Потенциал действия, аксонный холмик. Процессы обратного распространения. ВПСП и ТПСП. Количество нейромедиаторов. Синтез нейромедиаторов. Квантовая теория синаптической передачи. Низкомолекулярные медиаторы. Нейропептиды. Растворимые газы. Площадь контакта,

величина активной зоны. Совмещение нейромедиаторов. Варианты коммуникаций между клетками. Диффузная передача сигнала. Модели спilloвера. Особенности глиальных клеток. Типы глиальных клеток. Гормоны. Экспрессия генов. Транскрипция, трансляция. Исследования Алленовского института. Функции белков в нейронах. Синтез низкомолекулярных медиаторов. Синтез нейропептидов. Транспорт медиаторов. Антероградный и ретроградный транспорт. Высвобождение медиаторов: SNARE гипотеза. Удаление медиаторов. Рецепторы на мембране.



## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Криоэлектронная микроскопия биологических объектов**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами электронно-микроскопических методов исследования структуры белковых макромолекул, вирусов, полимерных, биологических и медицинских материалов. Будут представлены методики подготовки образцов, методы исследований с использованием растровых и просвечивающих криогенных электронных микроскопов, фокусированных ионных пучков, микроскопии в условиях естественной среды, а также новые методы обработки изображений, в частности трехмерную реконструкцию изучаемых объектов.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний о методах определения микроструктуры объектов с использованием криогенной электронной микроскопии, микроскопии в режиме естественной среды;
- формирование базовых знаний о методах подготовки образцов для исследований методами криогенной электронной микроскопии, микроскопии в режиме естественной среды;
- формирование базовых знаний о методах обработки и интерпретации экспериментальных данных, получаемых в процессе исследований.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- устройство просвечивающего криогенного электронного микроскопа;
- условия получения и формирования изображений, влияние дефокусировок, передаточной функции прибора, корректоров сферической аберрации;
- методики подготовки образцов для криогенной электронной микроскопии;
- методики обработки данных для восстановления трехмерных структур изучаемых объектов;
- возможности оценки пространственного разрешения полученных трехмерных реконструкций;

- устройство растровых электронно-ионных микроскопов, включая криогенные;
- возможности определения структуры биоматериалов и полимеров с использованием растровых электронно-ионных микроскопов.

**уметь:**

- определять структуру белков, вирусов и макромолекул методами одиночных частиц и крио-электронной томографии;
- готовить образцы для исследований методами крио электронной микроскопии;
- использовать фокусированные ионные пучки подготовки образцов и получения трехмерной реконструкции материалов, включая криогенный режим;
- использовать программное обеспечение для восстановления трехмерной структуры материалов, включая полимеры.

**владеть:**

- специальной терминологией в области электронной микроскопии;
- методиками построения моделей к описанию взаимодействия электронов с веществом;
- основными методами применения криогенной электронной микроскопии и электронной микроскопии в режиме естественной среды.

**Темы и разделы курса:**

1. Крио-электронная микроскопия.

Передающая функция, дефокусировка, коррекция аберраций, энергетическая фильтрация. Техника малых доз.

2. Подготовка образцов для крио-электронной микроскопии.

Процедуры негативного контрастирования, витрификации, сушки под высоким давлением, приготовления крио-сколов, применения крио-ФИП, криогенной флуоресцентной микроскопии и др.

3. Определение структуры белков, вирусов и макромолекул методом одиночных частиц.

Техника получения изображений, знакомство с основными программными пакетами и вычислительными методами обработки данных для получения трехмерных реконструкций с высоким пространственным разрешением.

4. Крио-электронная томография.

Получение и обработка экспериментальных данных крио-электронной томографии. Суб-томографическое усреднение, знакомство с основными программными пакетами и вычислительными методами, получение трехмерных реконструкций. Применение криогенной растровой электронной микроскопии, крио-ФИП и метода Slice-and-view.

## 5. Комплементарные методы.

Световая микроскопия, конфокальная микроскопия.

## 6. Электронная микроскопия в режиме естественной среды.

Подготовка образцов для растровой электронной микроскопии полимеров и биологических объектов. Использование режима естественной среды.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Машинное обучение и анализ больших данных**

#### **Цель дисциплины:**

Целью реализации дисциплины является формирование/совершенствование компетенций слушателей в области решения профессиональных задач по машинному обучению и анализу больших массивов данных.

#### **Задачи дисциплины:**

- сформировать умение использовать базовые типы и конструкции языка программирования Python;
- сформировать умение работать со стандартными структурами данных в Python, писать функции на Python, применять функциональные особенности языка, работать с файлами с помощью языка Python;
- сформировать умение применять механизмы наследования, создавать классы и работать с ними, обрабатывать исключения;
- сформировать умение искать и исправлять ошибки в программе на Python, тестировать программы на Python;
- сформировать умение писать многопоточный код на Python, писать асинхронный код на Python, работать с сетью, создать свое серверное сетевое приложение;
- сформировать умение пользоваться библиотеками Python для работы с данными;
- сформировать умение решать оптимизационные задачи с помощью Python;
- сформировать умение использовать математический аппарат для работы с данными;
- сформировать навыки построения предсказывающих моделей;
- сформировать умение оценивать качество построенных моделей;
- сформировать умение применять инструменты Python для решения задач машинного обучения.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

**знать:**

- базовые сведения о языке, особенности организации кода на Python;
- стандартные структуры данных в Python;
- механизмы наследования, классы;
- особенности объектно-ориентированной модели в Python;
- процессы и потоки ОС;
- основные понятия анализа данных;
- основные математические объекты для работы с данными;
- принципы статистики и теории вероятностей;
- основные понятия машинного обучения;
- типы признаков в машинном обучении;
- метрики качества в задачах регрессии и классификации;
- свойства L1 и L2 регуляризации;
- методы предобработки данных;
- метрические методы машинного обучения.

**уметь:**

- использовать базовые типы и конструкции языка;
- работать со стандартными структурами данных в Python, писать функции на Python, применять функциональные особенности языка, работать с файлами с помощью языка Python;
- применять механизмы наследования, создавать классы и работать с ними, обрабатывать исключения;
- искать и исправлять ошибки в программе на Python, тестировать программы на Python;
- писать многопоточный код на Python, писать асинхронный код на Python, работать с сетью, создать своё серверное сетевое приложение;
- работать в команде.
- использовать математический аппарат для работы с данными;
- использовать основные инструменты Python для работы с данными;
- выбирать подходящий метод оптимизации для конкретной задачи;
- оценивать параметры модели;
- применять библиотеки Python для построения модели линейной регрессии, решающих деревьев и композиций алгоритмов;
- применять библиотеки Python для обучения метрических алгоритмов, SVM, байесовских моделей.

**владеть:**

- стандартными структурами данных в Python, умением писать функции на Python, применять функциональные особенности языка, работать с файлами с помощью языка Python;
- механизмами наследования, создавать классы и работать с ними, обрабатывать исключения;
- навыками выбора подходящего метода оптимизации для конкретной задачи;
- навыками применения библиотеки Python для построения модели линейной регрессии, решающих деревьев и композиций алгоритмов, для обучения метрических алгоритмов, SVM, байесовских моделей.

**Темы и разделы курса:****1. Основы программирования на Python**

Основы программирования на Python. Структуры данных и функции. Объектно-ориентированное программирование. Углубленный Python. Многопоточное и асинхронное программирование.

**2. Математика и Python для анализа данных**

Знакомство с анализом данных. Основные библиотеки Python для анализа данных — NumPy, SciPy, Pandas, Matplotlib. Математические объекты для изучения анализа данных. Матричные разложения. Элементы теории вероятности и статистики.

**3. Обучение на размеченных данных**

Машинное обучение и линейные модели. Борьба с переобучением и оценивание качества. Линейные модели: классификация и практические аспекты. Решающие деревья и композиции алгоритмов. Нейронные сети и обзор методов.

## Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем

### Медицинская генетика

#### Цель дисциплины:

- расширение и углубление знаний учащихся о генетике и наследственности человека на современном этапе ее изучения с точки зрения медицины. Интеграция знаний, достигнутых современной медицинской генетикой, с целью совершенствования методов диагностики, лечения и профилактики заболеваний, укрепления здоровья и улучшения качества жизни населения разных возрастных групп.

#### Задачи дисциплины:

- формирование у студентов знаний о различных классах наследственных болезней человека, механизмах их развития и характера наследования, клинических проявлениях, особенностях течения, методах диагностики, лечения и профилактики;
- овладение методами изучения наследственности, включая клинико-генеалогический анализ данных семейного анамнеза и определение типа наследования болезни, цитогенетических, биохимических и молекулярно-генетических методов исследования;
- освоение теоретических знаний об организации и функционировании генома человека в норме и при патологии, генетической гетерогенности и клиническом полиморфизме наследственных болезней, ДНК-полиморфизме и его влиянии на индивидуальные особенности организма человека на действие внешних факторов, в том числе и на лекарственные препараты;
- ознакомление с современными возможностями и методами, направленными на выявление наследственной предрасположенности к широко распространенным (мультифакториальным) заболеваниям, с целью разработки лечебно-профилактических мероприятий по предупреждению развития болезни в рамках предиктивной персонализированной медицины;
- ознакомление с нравственно-этическими и правовыми нормами оказания медико-генетической помощи населению.

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### знать:

– современные достижения и перспективы развития геномики как науки;

- историю исследований генетики человека;
- основные методы изучения генетики человека (цитогенетический метод, клинико-генеалогический метод, близнецовый метод);
- типы наследования признаков у человека;
- современные достижения в области медицинской генетики по расшифровке генома человека и анализу ДНК-полиморфизма;
- достижения в области медицинских биотехнологий, направленных на улучшение качества диагностики, лечения и профилактики болезней человека;
- генетические основы, определяющие индивидуальные различия между людьми в отношении реакции на внешние факторы (генетический полиморфизм);
- этиологию и патогенез наиболее распространенных форм наследственных болезней;
- этиологию, патогенез и клинические проявления наследственных болезней обмена веществ;
- биохимические методы лабораторной диагностики наследственной патологии;
- эпидемиологические и медико-социальные проблемы распространенности наследственных и врожденных заболеваний;
- роль генетических и средовых факторов в формировании различных классов болезней человека;
- современные представления о грузе наследственной патологии в медицинском и социальном аспектах;
- принципы и подходы к лечению и профилактике наследственных болезней, фармакогенетические подходы к лечению болезней человека.

**уметь:**

- составлять и анализировать родословную;
- использовать клинико-генеалогический метод для диагностики наследственной патологии, установления типа наследования болезни;
- решать генетические задачи;
- оценивать и анализировать эпидемиологические данные по распространенности наследственных и врожденных заболеваний в различных популяциях;
- давать оценку вклада генетических и средовых факторов в развитии различных классов болезней человека;
- трактовать результаты генетического тестирования предрасположенности к распространенным заболеваниям;
- трактовать результаты фармакогенетических исследований при индивидуализации и оптимизации лекарственной терапии к распространенным заболеваниям;
- пользоваться программами статистической обработки научно-медицинской информации;



- анализировать и интерпретировать результаты отечественных и зарубежных генетических исследований;
- использовать современные генетические ресурсы сети Интернет.

**владеть:**

- методологией по использованию современных достижений медицинской генетики для улучшения здоровья населения, качества оказания медицинской помощи и профилактики наследственных и врожденных заболеваний;
- современными классификациями наследственных болезней человека;
- методологией оценки ДНК-полиморфизма в геноме человека и интерпретации результатов генетического тестирования пациентов;
- методологией расчета генетического риска развития наследственных болезней исходя из типов их наследования;
- генетической терминологией.

**Темы и разделы курса:**

1. Болезни с наследственной предрасположенностью. Профилактика наследственной. Патологии.

Общая характеристика болезней с наследственным предрасположением (мультифакториальных болезней). Подходы к изучению наследственной предрасположенности к болезням человека. Доказательства роли наследственных факторов в развитии мультифакториальных болезней. Генетическая гетерогенность генных болезней. Моногенные и полигенные формы наследственной предрасположенности. Наследственно обусловленные патологические реакции на действие внешних факторов. Экогенетическая генетика и фармакогенетика – основные понятия и значение для медицины. Принципы лечения наследственных болезней. Этиотропное лечение: клеточная и генная терапия. Генетические основы профилактики наследственной патологии. Медико-генетическое консультирование. Характеристика методов пренатальной диагностики. Методы массовой просеивающей диагностики (скрининги) наследственных болезней. Этические вопросы медицинской генетики.

2. Генные болезни.

Этиология генных болезней. Патогенез генных болезней на молекулярном, клеточном, органном и организменном уровнях. Разновидности генных мутаций и их фенотипические проявления. Классификации генных болезней. Общая характеристика генных болезней. Понятие о генетической гетерогенности и клиническом полиморфизме генных болезней. Клиника и генетика некоторых генных болезней (фенилкетонурия, галактоземия, муковисцидоз, синдром Марфана, гомоцистинурия, синдром Элерса–Данлоса, нейрофиброматоз). Методы клинической и лабораторной диагностики генных болезней.

3. Методы исследований медицинской генетики. Наследственность и патология.

Методы исследований медицинской генетики. Наследственность и патология.

Предмет и задачи медицинской генетики. Современные представления об организации и функционировании генома человека. Генетический полиморфизм. Характеристика методов медицинской генетики (клинико-генеалогический метод, популяционно-статистический метод, цитогенетические методы, биохимические методы, молекулярно-генетические методы). Роль наследственных и средовых факторов в формировании патологических процессов. Изменчивость наследственных признаков как основа патологии. Мутации как этиологический фактор наследственных болезней. Связь наследственности с патогенезом, клинической картиной и исходом болезней. Клиническая и генетическая классификации наследственных болезней. Генетические основы гомеостаза. Значение генетики для медицины.

#### 4. Семиотика и диагностика наследственной патологии.

Особенности клинических проявлений наследственной патологии. Общие принципы клинической диагностики наследственных болезней. Врожденные пороки развития. Генетические механизмы эмбрионального развития. Классификация и этиология врожденных пороков. Признаки дисморфогенеза в диагностике наследственной и врожденной патологии. Клинико-генеалогический метод в диагностике наследственных болезней. Синдромологический подход к диагностике наследственных болезней. Генеалогический анализ различных типов наследования. Параклинические исследования в клинической генетике. Лабораторная диагностика наследственных болезней. Компьютерные программы диагностики наследственных болезней.

#### 5. Хромосомные болезни.

Этиология и патогенез хромосомных болезней. Факторы повышенного риска рождения детей с хромосомными болезнями. Эффекты хромосомных аномалий в онтогенезе. Врожденные пороки развития. Классификация и характеристика геномных и хромосомных мутаций. Общая характеристика хромосомных болезней. Клинико-цитогенетические характеристики наиболее распространенных хромосомных болезней (Синдром Дауна, синдром Патау, синдром Эдвардса, синдром Шерешевского–Тернера, синдром Клайнфельтера, Синдром дисомии по Y-хромосоме, полисомии по половым хромосомам).

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Метаболическая инженерия и геномное редактирование**

#### **Цель дисциплины:**

- изучение студентами основ метаболической инженерии и технологий геномного редактирования.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний о принципах, методах и подходах метаболической инженерии;

- формирование базовых знаний об основных технологиях геномного редактирования, их возможностях и области применения.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные принципы, методы и подходы, используемые при конструировании микробных штаммов-продуцентов ферментов и метаболитов.

- основные реакции энергетического обмена и биосинтеза у бактерий;

- основные микробные платформы, используемые для конструирования рекомбинантных штаммов-продуцентов;

- основные технологии геномного редактирования;

- функции, механизм и область применения системы CRISPR-Cas.

##### **уметь:**

- производить выбор микробной платформы для синтеза целевого продукта;

- применять основные принципы направленной модификации метаболических путей для поиска оптимального пути синтеза целевого продукта;

- производить выбор генно-инженерного инструментария для конструирования штамма-продуцента;

- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний по интересующей научной проблеме.

**владеть:**

- специальной терминологией в области метаболической инженерии и геномного редактирования;
- представлениями о методах геной инженерии, микробиологии, биохимии, биоинформатики, используемых для конструирования штаммов-продуцентов;
- представлениями о способах модификации уровня экспрессии генов.

**Темы и разделы курса:**

1. Метаболическая инженерия: возможности, области применения и современные тенденции.

Клеточные «фабрики» - промышленное использование микробных штаммов для производства ферментов и метаболитов. Метаболическая инженерия - инструмент для получения микробов с заданными свойствами. Области применения и перспективы метаболической инженерии. Основные принципы направленной модификации метаболических путей: смещение равновесия и повышение скорости реакции (необратимые реакции, транспорт, сопряженные реакции, удельная активность и сродство ферментов к субстрату); модификация метаболических путей (транспорт субстрата в клетку, синтез предшественников, боковые пути синтеза, синтез кофакторов, транспорт продукта, неэкономные пути и футильные циклы). Поиск лимитирующей стадии. Поиск оптимального пути синтеза. Проточные и статические концентрации. Метабономика и потоки.

2. Разнообразие метаболизма микроорганизмов, используемых в биотехнологии.

Биохимический состав клетки. Пластический и энергетический обмен. Баланс углерода, энергии и восстановительного потенциала. Типы брожения и дыхания у основных промышленно-важных микроорганизмов.

3. Бактерии, дрожжи и грибы – основные микробные платформы метаболической инженерии; стратегии создания рекомбинантных штаммов.

Характеристика основных микробных платформ, их преимущества и недостатки. Принципы поиска и отбора генов-мишеней в геноме штамма-хозяина. Прямой отбор: по прототрофности, утилизации различных источников, устойчивости к целевому продукту, токсичным соединениям или антиметаболитам. Селекция и контрелекция. Косвенный отбор: по фенотипу, репортеру, тесту на активность. Поиск генов по базам данных, по комплементации неизвестной мутации, на основе N-концевой последовательности очищенного белка, по консервативной последовательности, на основе инсерционного мутагенеза, профиля транскрипции, протеома, путем секвенирования штамма. Протеомика. Геномика. Современные методы секвенирования. Транскриптомика. RT-PCR. Интерактомика. Основные этапы направленной модификации метаболизма микроорганизмов: выбор целевого продукта, выбор штамма-хозяина и генно-инженерного инструментария, анализ генома и «омикс»-данных, рациональный дизайн эксперимента,

модификация метаболических путей, ферментативный процесс. Выращивание продуцентов в биореакторах: основные показатели, методики и особенности.

4. Модификация свойств ферментов и частные примеры метаболической инженерии: конструирование штаммов-продуцентов ферментов, витаминов, оргкислот и спиртов, аминокислот, биополимеров.

Модификация свойств ферментов: активация и инактивация, изменение субстратной специфичности оптимумов активности и термостабильности. Гомологичное моделирование пространственной структуры фермента. Сайт-направленный мутагенез на основе 3D-структуры белка и выравнивания. Конструирование химерных ферментов и шаффлинг библиотек. Конструирование штаммов для прямого отбора и скрининга по фенотипу. Направленная эволюция и селекция в ферментере. Использование платформы *Pichia pastoris* для гетерологичного синтеза промышленных ферментов. Конструирование штаммов-продуцентов рибофлавина на основе *Bacillus subtilis*. Конструирование микробных штаммов-продуцентов органических кислот и спиртов. Использование методов и подходов метаболической инженерии для разработки штаммов-продуцентов аминокислот. Создание продуцентов высокомолекулярных биополимеров.

5. Технологии геномного редактирования и их возможности.

Использование технологий геномного редактирования: достижения и перспективы. Геномное редактирование прокариот и эукариот. Сайт-направленный мутагенез, гомологичная рекомбинация, TALENs и ZFN нуклеазы для геной инженерии эукариот. CRISPR-Cas9 система. Геномное редактирование в метаболической инженерии. Модификация уровня экспрессии генов. Снижение экспрессии генов: нулевые и лики-мутации, делеции, репрессия, антисмысловой нокдаун. Повышение экспрессии генов: плазмидная амплификация, интегративная амплификация, замена промотора, «эффект положения», инактивация репрессора, замена сайта связывания рибосом, оптимизация кодонов, регуляция на уровне фермента и другие уровни регуляции. Температурочувствительные и ауксотрофные мутации. Транскрипционный и трансляционный фьюжн как инструменты отслеживания экспрессии. Конститутивные и регулируемые промоторы. Токсичный эффект при сверхэкспрессии. Методы работы с токсичными генами: тонкий тюнинг промоторов, промоторы с искусственной регуляцией. Определение уровня экспрессии фермента в трансформированном штамме. Подбор оптимальных условий для выработки фермента, методы сохранения трансформированных штаммов.

6. Примеры технологий геномного редактирования бактерий.

Использование механизмов гомологичной рекомбинации для направленного редактирования геномов. Редактирование генома *E. coli* с помощью системы рекомбинации Lambda Red. Ключевые компоненты системы рекомбинации на основе Red-системы фага Lambda. Получение делеций и инсерций в хромосоме *E. coli* с помощью Red-системы фага Lambda. Современные методы генетического конструирования промышленных штаммов на основе бактерий рода *Bacillus*. Методы переноса генетического материала в клетки бацилл. Векторы для бацилл. Методы генетического конструирования штаммов бацилл.

7. Прокариотические антивирусные системы CRISP-Cas. Разработка методов редактирования геномов бактерий с помощью CRISPR-Cas.

CRISPR-Cas — система адаптивного иммунитета бактерий и архей. Функция и механизм работы. Разнообразие и эволюция систем CRISPR-Cas. Спектр применений CRISPR-Cas и ее модификаций. Разработка методов редактирования геномов бактерий с помощью CRISPR-Cas на примере бацилл. Использование CRISPR для конструирования новых метаболических путей и осуществления направленной эволюции биомолекул.

#### 8. Геномное редактирование и биобезопасность.

Группы опасности микроорганизмов. Возможные неблагоприятные воздействия ГМ-микроорганизмов на здоровье человека, методы их оценки и способы предупреждения. Оценка риска, обусловленного возможностью горизонтального переноса маркерных генов устойчивости к антибиотикам к микроорганизмам пищеварительного тракта человека и животных. Риски, связанные с высвобождением и распространением ГМО в окружающей среде. Биологическая защита. Документы регламентирующие биобезопасность.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Молекулярная биология**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами фундаментальных знаний в области молекулярной биологии, изучение механизмов передачи и реализации наследственной информации в живых системах, основных методов проведения молекулярно-биологических исследований, а также аспектов их практического применения.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний в области молекулярной биологии как дисциплины, интегрирующей общую биологическую и химическую подготовку физиков и обеспечивающей технологические основы современной инновационной деятельности в области биотехнологии и биоинженерии;
- обучение студентов принципам функционирования биологических систем на молекулярном уровне, исследования и создания молекулярно-биологических систем, выявление особенностей их структуры и функционирования;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области молекулярной биологии в рамках выпускных работ на степень магистра.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- место и роль общих вопросов молекулярной биологии в научных исследованиях;
- современные проблемы биологии, генетики, клеточной и молекулярной биологии;
- современные модели основных биологических процессов и явлений и их приложения;
- принципы строения и функционирования клетки на молекулярном уровне;
- современные модели и представления об основных процессах и механизмах реализации генетической информации в клетках прокариот и эукариот;
- основные принципы регуляции реализации генетической информации в живых клетках;
- механизмы основных генетических процессов: репликации, транскрипции и трансляции;
- новейшие открытия биохимии, генетики и молекулярной биологии;

- постановку проблем в области проведения биохимических и молекулярно-биологических исследований;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

**уметь:**

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и подходов современной молекулярной биологии;
- работать с современными источниками информации по молекулярно-биологической проблематике;
- планировать оптимальное проведение эксперимента.

**владеть:**

- актуальной научной картиной мира;
- основными теоретическими концепциями и экспериментальными подходами в современной молекулярной биологии;
- навыками самостоятельной работы по освоению современных научных знаний в области молекулярной биологии;
- сведениями об актуальных биологических исследованиях.

**Темы и разделы курса:**

1. Биосинтез белка. Рибосомы.

Структура рибосом. Локализация рибосом в клетке. Прокариотический и эукариотический типы рибосом; 70S и 80S рибосомы. Морфология рибосом. Подразделение на субчастицы (субъединицы); диссоциация. Тонкая морфология субчастиц. Рибосомные белки: разнообразие, разделение, номенклатура, особенности структуры. Разборка («раздевание») субчастиц и самосборка. Структура рибосомных РНК. Вторичная структура: формирование коротких двойных спиралей за счет взаимодействия смежных участков внутри цепи. А-форма двойной спирали РНК. Принцип комплементарности и отклонения от него. «Дефекты» коротких двойных спиралей и отклонения от двуспиральной структуры. «Гетралупы». Псевдоузлы. Тройные взаимодействия. Третичная структура: компактное сворачивание полирибонуклеотидной цепи, дальние комплементарные взаимодействия, спираль-спиральные взаимодействия, формирование крупных доменов.

Эпцикл трансляции: инициация, элонгация и терминация. Полирибосома. Сопряженная транскрипция-трансляция у прокариот. Рабочий элонгационный цикл рибосомы; три основных этапа цикла. Локализация функциональных центров рибосомы. А, Р и Е участки связывания тРНК. Полярность считывания матрицы (мРНК) в ходе трансляции.



Элонгация трансляции: Участие факторов элонгации EF1 (EF-Tu) в связывании аминоацил-тРНК с рибосомой. Структура EF1 (EF-Tu), его взаимодействия с ГТФ и ГДФ и его структурные переходы («закрытая» и «открытая» конформации). Связывание аминоацил-тРНК комплексом EF1 (EF-Tu) с ГТФ, образование тройственного комплекса. EF1 (EF-Tu) как катализатор этапа связывания аминоацил-тРНК. Роль гидролиза ГТФ в процессе связывания. Фактор элонгации EF1B (EF-Ts), его функция, последовательность реакций с его участием.

Транспептидация. Химия реакции. Пептидил-трансферазный центр большой рибосомной субчастицы; рибозимный катализ. Тетраэдрический интермедиат реакции транспептидации, стереохимия его образования и распада.

Транслокация: Участие фактора элонгации EF2 (EF-G) с ГТФ. Доменная структура EF-G; особенности домена IV. «Молекулярная мимикрия» (сходство EF-G с комплексом EF-Tu:Aa-tRNA. «Энзиматическая» и «неэнзиматическая» (бесфакторная) транслокация. Основные следствия открытия бесфакторной транслокации: транслокация как свойство рибосомы, термодинамическая спонтанность транслокации, каталитическая функция EF-G, зависимость конформационного катализа от ГТФ.

Инициация трансляции у прокариот: Функциональное назначение инициации трансляции. Участники процесса инициации. Основные этапы процесса инициации. Инициация трансляции у прокариот: факторы инициации, инициаторные кодоны, 3'-конец РНК малой рибосомной субчастицы и последовательность Шайна- Дальгарно в мРНК; «сила» мРНК. Независимая инициация и трансляционное сопряжение (индуцированная инициация и скольжение-реинициация) на полицистронных мРНК прокариот.

Терминация трансляции: Терминирующие кодоны. Белковые факторы терминации прокариот и эукариот; два класса факторов терминации. Узнавание терминирующего кодона фактором терминации 1-го класса в А-участке рибосомы. Индукция гидролиза сложноэфирной связи пептидил-тРНК в пептидил-трансферазном центре. Эвакуация деацилированной тРНК из Р-участка и факторов терминации из А-участка с участием факторов терминации 2-го класса и ГТФ/ГДФ. Фактор освобождения рибосом (RRF, RF4) прокариот.

## 2. Введение. Основы строения и функционирования живых организмов.

Свойства живых организмов. Принципы организации клеток. Химические основы живых клеток. Генетические основы функционирования живых систем. Современные представления о возникновении жизни на Земле. Возможности существования предбиологических систем и жизни на других планетах.

Виды слабых взаимодействий в водных растворах. Аминокислоты: строение. Протеиногенные аминокислоты. Модифицированные аминокислоты. Кислотно-основные свойства аминокислот. Белки и пептиды. Вторичная и третичная структура белков.

## 3. Процессы репарации генетических повреждений.

Мутации и мутагены. Определения. Мутационная теория Г. Де Фриза. Различные классификации мутации (по факторам вызывающим мутации, по размерам сегментов подвергаемых мутациям, по влиянию на экспрессию генов). Основные источники мутаций

– ошибки репликации и мутагенные воздействия. Ионизирующие излучения, химические мутагены, перекиси и активные формы кислорода, аналоги нуклеотидов, интеркалирующие агенты. «Скрытые мутагены» и их метаболическая активация. Эндогенные мутагены.

Классификация типов репарации. Прямая репарация тиминовых димеров (фотореактивация) и метилированного гуанина. Непрямая репарация. Base excision repair

(BER): Вырезание оснований. Гликозилазы. Урацилгликозилаза. “Внеспиральное узнавание” оснований ферментами репарации. Nucleotide excision repair (NER): Вырезание (эксцизия) поврежденных нуклеотидов. Комплекс ферментов, осуществляющих эксцизионную репарацию. Механизм репарации, направленной на исправление активно транскрибируемых генов. Mismatch repair (MMR): Механизм репарации неспаренных нуклеотидов. Выбор репарируемой нити ДНК. Пострепликативная (рекомбинационная) репарация: Структура Холлидея, обмен одноцепочечными участками, роль белка RecA. Репарация двухнитевых разрывов: гомологичная пострепликативная рекомбинация и объединение негомологичных концов молекулы ДНК. Сигналы, обеспечивающие репарацию двухнитевых разрывов и задержку репликации ДНК до завершения репарации.

SOS-репарация. Свойства ДНК полимераз, участвующих в SOS-репарации (ДНК-мутазы) у прокариот и эукариот. Представление об “адаптивных мутациях” у бактерий.

#### 4. Регуляция транскрипции у прокариот. Бактериофаги.

Регуляция транскрипции у бактерий. Негативная и позитивная регуляция инициации транскрипции. Лактозный оперон. CAP-белок. Регуляция на уровне терминации транскрипции - аттенуация и антитерминация. Регуляция экспрессии триптофанового оперона. Антитерминация на примере белков N и Q фага лямбда. Регуляция транскрипции в развитии фага лямбда. Принципы аутогенной регуляции и кооперативности на примере регуляции экспрессии репрессора фага лямбда. Регуляция транскрипции на примере T-четных фагов – подавление транскрипции клеточного генома, три группы фаговых генов: ранние, средние, поздние. “Рибопереключателы” и их разнообразие. Понятие об аптамерах, SELEX.

#### 5. Репликация ДНК.

Репликация ДНК у бактерий. Основные принципы репликации: однонаправленность синтеза, использование праймеров, полуконсервативность процесса, прерывистость синтеза – отстающая и лидирующая цепи. Полимеразы, участвующие в репликации, характеристика их ферментативных активностей. Точность воспроизведения ДНК. Роль стерических взаимодействий между парами оснований ДНК при репликации. Полимеразы I, II и III E.coli. Субъединичный состав полимеразы III. Понятие о процессивности ДНК полимераз.

ДНК-лигазы. Механизм работы. Лигазы, как пример ферментов, использующих энергию гидролиза АТФ для создания хим. связей.

Геликазы, как пример ферментов, использующих энергию гидролиза АТФ для катализа конформационных переходов.

ДНК-топоизомеразы. Кольцевые молекулы ДНК и понятие о сверхспирализации ДНК. Параметры сверхспирализованной и конформационные переходы в сверхспирализованной молекуле ДНК. Топоизомеры ДНК. Топоизомеразы и их типы. Механизмы действия топоизомераз. ДНК-гираза бактерий.

Праймазы. Структура участка старта репликации (origin, ori). Структурные переходы ДНК в районе старта репликации. Репликатор. Понятие о репликоне. Роль метилирования ДНК в регуляции репликации. Регуляция инициации репликации у *E.coli*.

Динамика репликации. Репликативная вилка в целом, “ведущая” и “отстающая” нити при репликации. Фрагменты Оказаки. Координация синтеза ДНК на комплементарных нитях. Комплекс белков в репликационной вилке.

Терминация репликации у бактерий. Расхождение ori хромосом перед делением бактериальной клетки.

#### 6. Созревание мРНК в клетках эукариот. Сплайсинг.

Процессинг РНК. Кепирование, сплайсинг и полиаденилирование транскриптов, синтезируемых полимеразой II. Механизмы сплайсинга. Роль малых ядерных РНК и белковых факторов. Сплайсосома. Альтернативный сплайсинг, примеры. Энхансеры сплайсинга. Каскады альтернативного сплайсинга и регуляция половой дифференцировки у дрозофилы. Биологическая роль альтернативного сплайсинга, примеры. Роль белков, связывающихся с РНК-полимеразой на промоторе, в определении специфичности сплайсинга. Сплайсинг и его роль в определении специфичности функционирования мРНК в цитоплазме. “Контроль качества” пре-мРНК в ядре. Сопряжение транскрипции, сплайсинга и транспорта РНК из ядра в цитоплазму. Транс-сплайсинг, его распространение. “Самосплайсинг”. Интроны групп 1 и 2. Интроны группы 1 как рибозимы.

#### 7. Строение и свойства нуклеиновых кислот.

История доказательства генетической функции ДНК. Опыты Эвери, Херши и Чейз. Правила Чаргаффа. Расшифровка структуры ДНК.

Строение ДНК. Физические свойства молекулы ДНК. Компоненты химической структуры ДНК: азотистые основания, нуклеозиды, нуклеотиды. Изомерия, таутомерия, конформационные переходы нуклеотидов. Конформационные формы ДНК А, В, и Z, их физические параметры. Неканоническая Н-форма ДНК. Комплементарные пары оснований Уотсона-Крика и Хугстина. Триплексы. Тетраструктуры. Палиндромы и шпилечные структуры. Понятия вторичной, третичной и четвертичной структур для НК.

Денатурация и ренатурация ДНК, Нуклеотидные последовательности ДНК, определяющие конформацию ДНК, гибкость или жесткость молекулы.

Центральная догма молекулярной биологии.

#### 8. Структура и функции транспортных РНК. Генетический код.

Структура тРНК. Активация аминокислот и образование аминоацил-тРНК. Химические реакции, приводящие к образованию пептидной связи в процессе биосинтеза белка. Активация аминокислоты в реакции с АТФ; образование аминоациладенилата. Перенос

аминоацильного остатка на тРНК. Аминоацил-тРНК-синтетазы. Активные центры синтетаз и их специфичность. Два класса аминоксил-тРНК-синтетаз, их структурные и функциональные различия. Участки взаимодействия молекул тРНК с аминоксил-тРНК-синтетазами; различия двух классов. Узнавание аминоксил аминоксил-тРНК-синтетазами, механизм контроля правильности аминоксилирования.

Генетический код. Общие свойства генетического кода: универсальность, триплетность, однозначность и вырожденность. Групповые свойства генетического кода, буферность кода к мутациям замены оснований. Гипотезы происхождения генетического кода. Адапторная гипотеза Ф. Крика (1955) и ее экспериментальное доказательство (1962 -1963). Кодон-антикодонное взаимодействие. Гипотеза Ф. Крика о неоднозначном взаимодействии первого положения антикодона с третьим положением кодона (1966). Таблица взаимодействий первого положения антикодона. Отклонения от универсальности генетического кода в митохондриях и у некоторых бактерий и простейших эукариот.

#### 9. Транскрипция у прокариот.

Транскрипция у прокариот. РНК-полимераза прокариот, ее субъединичная структура. Особенности пространственной структуры. Разнообразие сигма-факторов. Промоторы генов прокариот, их структурные элементы. Стадии транскрипционного цикла. Инициация, образование "открытого комплекса", элонгация и терминация транскрипции. Механизмы терминация транскрипции.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Нейрокогнитивные технологии**

#### **Цель дисциплины:**

- формирование у студентов системы научных представлений о возможностях нейрокогнитивных технологий.

#### **Задачи дисциплины:**

- приобретение базовых знаний в области нейрокогнитивных технологий;
- освоение методической и методологической базы нейрокогнитивных технологий;
- знакомство с основными результатами отечественных и зарубежных работ по исследованию мозга, связанных с разработкой проблем нейрокогнитивных технологий.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- основные современные методы нейрокогнитивных технологий;
- основные области применения нейрокогнитивных технологий.

##### **уметь:**

- пользоваться своими знаниями для постановки новых задач в области нейрокогнитивных технологий;
- сопоставлять данные полученные в разных экспериментальных исследованиях;
- проводить методологическую оценку обсуждаемых результатов;
- анализировать современные работы в области нейрокогнитивных технологий;
- соотносить научные и технологические задачи в нейрокогнитивных исследованиях.

##### **владеть:**

- основами компьютерного анализа в области нейрокогнитивных технологий;

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками нахождения необходимой информации в Интернете в области нейрокогнитивных технологий;
- навыками анализа экспериментальных данных.

## **Темы и разделы курса:**

### **1. Нейрогибридные и нейроинтеллектуальные системы.**

Модели нейрональных культур.

Модели изучения мозга *in vivo* и *in vitro*. Модели нейрональных культур. Обучение в культуре нейронов. Пачечная активность в культуре нейронов. Динамика структуры сети нейронов.

Обучение с подкреплением.

Примеры моделей обучения с подкреплением. Достоинства и недостатки. Моделирование обучения. Искусственные нейронные сети. Эволюционное обучение. Селекционное обучение.

Теория отбора нейронных групп. Требования к системной модели обучения. Конкуренция нейронов.

Модели нейронных сетей. Примеры моделей нейронных сетей. Достоинства и недостатки.

Предикторные сети.

Принципы предикторных сетей. Модель целенаправленного адаптивного поведения.

Искусственный интеллект.

Тест Тьюринга. История развития искусственного интеллекта. Символьные интеллектуальные системы. Нейробиологические модели. Аниматы. Эволюционная кибернетика. Нейроморфные системы искусственного интеллекта. Гибридные нейроэлектронные системы.

### **2. Нейрокогнитивные технологии на основе оптогенетики.**

Принципы оптогенетики. Методы оптики. Методы генетики. История развития оптогенетики. Улучшения классического метода оптогенетики. Оптогенетики и фМРТ.

Процессы обучения и памяти. Манипуляции с памятью. Создание искусственной памяти. Нейродегенеративные заболевания.

Способы управления активностью нейронов.

Последовательность действий для проведения оптогенетического эксперимента. Другие (кроме оптогенетики) способы управления активностью нейронов. Хемогенетика. Механизм работы опсиновых белков.

### 3. Основы нейрокомпьютерных интерфейсов.

Неинвазивные нейроинтерфейсы.

Мозго-машинные и мозго-компьютерные интерфейсы. Интерфейсы на основе ЭЭГ.

Нейроинтерфейсы клеточного уровня.

Регистрация активности отдельных нейронов. Виды активности. Принципы нейроинтерфейсов.

Трансгенные животные для нейрокогнитивных технологий.

Применение трансгенных животных в нейробиологии. Методы трансгенеза: инъекция в пронуклеус. Преимущества и недостатки. Методы трансгенеза: инъекция стволовых клеток. Преимущества и недостатки. Направленный трансгенез - создание нокаутов. Управляемые трансгены: Cre-система, TetO-система.

Метод двухфотонной микроскопии.

Основные принципы метода. Преимущества двухфотонной микроскопии для *in vivo* визуализации активности нервных клеток.

Методы исследования активности нейронов *in vivo*.

Методы исследования активности нейронов *in vivo* у бодрствующих животных или у подвижных животных. Генетически кодируемые кальциевые сенсоры

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Основы структурной биоинформатики и молекулярного моделирования**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами базовых представлений о структурной биоинформатике и молекулярном моделировании, а так же вариантов их практического применения.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний структурной биоинформатике и её практическом применении;

- формирование базовых знаний молекулярном моделировании и его практическом применении.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- фундаментальные понятия, законы, теории и формулы, описывающие поведения макромолекул;

- основные законы по которым строятся взаимодействия внутри биомолекулярных систем;

- теоретические основы молекулярного моделирования.

##### **уметь:**

- анализировать биомолекулярные структуры;

- применять современные методики молекулярного моделирования;

- применять современные методы молекулярной реконструкции биомолекул;

- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний по интересующей научной проблеме.

##### **владеть:**



- специальной терминологией в области структурной биоинформатики и молекулярного моделирования;
- методиками построения молекулярных моделей;
- основными методиками молекулярной динамики;
- основными методами и подходами совместного анализа экспериментальных данных и данных молекулярного моделирования.

### **Темы и разделы курса:**

#### 1. Структура биомакромолекул.

Понятие о структуре биомакромолекул. Основные элементы биомакромолекулярных структур. Основные экспериментальные методы получения информации о структуре биомакромолекул.

#### 2. Структурная биоинформатика.

Структурная биоинформатика. Основные понятия. Гомологическое моделирование. Методы построения структур биомакромолекул.

#### 3. Молекулярное моделирование и молекулярная динамика.

Молекулярное моделирование. Потенциальные функции и молекулярные поля. Принципы построения молекулярных полей. Учет макроскопических параметров в молекулярной динамике. Термостаты и баростаты. Моделирование воды. Основные варианты моделей воды.

#### 4. Расчёты энергий взаимодействия.

Расчёты свободной энергии в молекулярном моделировании. Основные методы. Расчёт точечных аминокислотных замен. Пути параметризации нестандартных молекул для молекулярной динамики. Расчет энергий связывания биомакромолекул. Молекулярные докинг. Основные понятия. Используемые функции оценки энергии.

#### 5. Анализ данных молекулярного моделирования.

Методы и подходы к анализу данных молекулярной динамики и молекулярного моделирования. Сравнение данных моделирования с экспериментальными данными.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн  
материалов и систем**

### **Прикладная аналитика данных**

#### **Цель дисциплины:**

Целью реализации дисциплины «Прикладная аналитика данных» является формирование/совершенствование компетенций в области сбора, обработки, анализа и визуализации данных.

#### **Задачи дисциплины:**

- Сформировать понимание роли аналитика в команде и его инструментов;
- сформировать умение работать в команде и с подрядчиками;
- сформировать умение презентовать результаты;
- сформировать умение работы с основными типами бизнес-метрик;
- сформировать навык по построению метрик;
- сформировать умение расчета Unit экономики;
- сформировать понимание общей организации исследований, сбора и оценки данных для исследования;
- сформировать умение анализа рынка digital-продуктов на открытых данных;
- сформировать умение проведение конкурентного анализа;
- сформировать умение работы с Google Analytics и Яндекс Метрикой;
- сформировать умение составления ТЗ/карты событий;
- сформировать умение работы с Firebase и атрибуцией;
- сформировать умение писать типовые запросы для выборки различных данных;
- сформировать умение создавать корректную структуру базы данных;
- сформировать знание основ программирования на Python;
- сформировать умение применять синтаксис Python для написания простых программ;
- сформировать знание основных инструментов Python для анализа данных;
- сформировать умение применять Python для сбора и обработки данных;

- сформировать умение применять Python для визуализации данных;
- сформировать умение решать практические задачи анализа данных с помощью Python;
- сформировать умение организовывать и проводить А/Б-тестирование;
- сформировать умение делать выводы по результатам А/Б-тестирования;
- сформировать умение применять А/Б-тестирование для решения задач анализа данных;
- сформировать знание основных принципов визуализации данных;
- сформировать умение наглядно представлять результаты анализа данных;
- сформировать умение использовать инструменты визуализации.

### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

**знать:**

- Модель Lean Canvas;
- HADI-циклы;
- основные бизнес-метрики (анализ продуктовых метрик);
- матрицы BCG, ABC, XYZ (организация и проведение исследований);
- SWOT-анализ, матрица McKinsey, PESTELI-анализ, ситуационный анализ (организация и проведение исследований);
- инструмент Google Analytics;
- инструмент Yandex Metrica;
- инструмент Google Tag Manager;
- математические термины и понятия, используемые для анализа данных;
- методы статистического анализа;
- синтаксис языка запросов SQL;
- команды модификации;
- принципы работы представлений, хранимых процедур, триггеров;
- принципы работы оконных функций;
- методы оптимизации SQL-запросов;
- возможности языка Python и его особенности;
- синтаксис Python;
- базовые конструкции языка Python;
- основные библиотеки для работы с данными;
- способы визуализации данных;

- методы сбора обработки данных;
- практики проверки гипотез;
- способы проведения А/Б-теста;
- основные принципы визуализации данных;
- инструменты для визуализации данных.

**уметь:**

- Работать в команде и с подрядчиками;
- презентовать результаты;
- выбирать и рассчитывать продуктовые метрики и бизнес-метрики при реализации проектов (анализ продуктовых метрик);
- рассчитывать unit-экономику (анализ продуктовых метрик);
- работать в команде;
- строить модели и формулировать гипотезы для улучшения продукта и регулирования процессов анализа продуктовых метрик;
- применять алгоритмы создания запросов в SQL;
- загружать данные из БД с помощью SQL;
- выбрать наиболее оптимальный способ написания SQL-запросов для извлечения данных;
- использовать среду программирования на Python;
- писать простые программы на Python;
- выбирать инструменты для работы с данными в зависимости от условий задачи;
- решать задачи анализа данных с помощью Python;
- наглядно представлять результаты анализа данных;
- анализировать результаты А/Б-теста;
- применять А/Б-тестирование для решения типовых задач;
- выбирать способ визуализации в зависимости от условий задачи;
- наглядно представлять результаты анализа данных.

**владеть:**

- Методами исследования и анализа рынка;
- инструментами web и app аналитики;
- python для решения задач анализа данных;

- postgresQL;
- yandex DataLens для визуализации данных.

## **Темы и разделы курса:**

### 1. Введение в продуктовую аналитику

Роль и место аналитика в продуктовой команде. Основные инструменты аналитика. Работа с командой и подрядчиками. Решение бизнес-задач в команде. Презентация результатов команде.

### 2. Анализ продуктовых метрик и Unit экономика

Основные типы бизнес-метрик. Навыки построения метрик. Unit-экономика. Декомпозиция метрик и факторный анализ.

### 3. Организация и проведение исследований

Введение в организацию исследований. Сбор и оценка данных. Анализ рынка digital-продуктов на открытых данных. Сравнение с конкурентами. Способы анализа продукта и продуктовых матриц. Инструменты комплексного анализа рынка. Оценка емкости рынка. Конкурентный анализ. Особенности проведения исследований клиентов.

### 4. Web и app аналитика

Введение в веб-аналитику/инструменты. Google Analytics и Яндекс Метрика. Введение в app-аналитику/инструменты. Составление ТЗ/карта событий. Firebase и атрибуция.

### 5. SQL для анализа данных

Введение в SQL. Работа с командами. Функции фильтрации и вычисляемые поля. Функции аналитики. Подзапросы и объединение таблиц. Команды модификации языка DML. Создание и модификации таблиц. Представления и хранимые процедуры. Переменные. Триггеры. Расширенные возможности SQL и основные ограничения. Аналитические функции. Основные особенности PostgreSQL. Оконные функции.

### 6. Введение в Python

Введение. Типы данных. Условия. Циклы. Модули и пакеты. Коллекции: множества, строки, списки, кортежи. Функции. Словари.

### 7. Python для автоматизации анализа данных

Библиотека Pandas для работы с данными. Библиотека NumPy. Обработка и визуализация с Matplotlib и Seaborn. Библиотека SciPy.

### 8. А/Б-тестирование

Введение в А/Б-тесты. Математическая статистика. Параметрические критерии. Непараметрические критерии. А/Б-тестирование для решения типовых задач.

### 9. Визуализация данных

Основы визуализации. Принципы визуализации. Диаграммы. Прикладные инструменты визуализации.

## Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем

### Программирование на Python

#### Цель дисциплины:

Целью реализации дисциплины «Программирование на Python» является формирование/совершенствование компетенций в области решения профессиональных задач по программированию с использованием языка Python, применения шаблонов проектирования на Python, работы с Python библиотеками, применения объектно-ориентированного и функционального программирования.

#### Задачи дисциплины:

- Сформировать умение использовать базовые типы и конструкции языка программирования Python;
- сформировать умение работать со стандартными структурами данных в Python, писать функции на Python, применять функциональные особенности языка, работать с файлами с помощью языка Python;
- сформировать умение применять механизмы наследования, создавать классы и работать с ними, обрабатывать исключения;
- сформировать умение искать и исправлять ошибки в программе на Python, тестировать программы на Python;
- сформировать умение писать многопоточный код на Python, писать асинхронный код на Python, работать с сетью, создать своё серверное сетевое приложение;
- сформировать умение пользоваться структурным программированием, использовать библиотеку unittest;
- сформировать умение создавать корректную иерархию классов, интерпретировать UML-диаграммы, выполнять рефакторинг существующего кода;
- сформировать умение создавать Декоратор класса, создавать адаптер для интерфейса, несовместимого с системой, реализовывать паттерн Наблюдатель;
- сформировать умение создавать цепочку обязанностей. создавать абстрактную фабрику, создавать обработчик YAML файла;
- сформировать умение работать с библиотекой requests;

- сформировать умение работать с регулярными выражениями из Python, выполнять сложный поиск и замену при помощи регулярных выражений;
- сформировать умение извлекать и изменять данные при помощи модуля BeautifulSoup, использовать API для получения данных со сторонних сайтов;
- сформировать умение создавать и изменять базы данных и таблицы в MySQL, получать данные из баз и таблиц в MySQL;
- сформировать умение создавать приложение на Django, работать с Django-шаблонизатором, работать с базой данных при помощи Django ORM;
- сформировать умение отправлять данные из браузера, валидировать данные на клиентской стороне, валидировать данные на серверной стороне, проводить аутентификацию и авторизацию при помощи Django;
- сформировать умение создавать чат-бота на базе Telegram, работать с системой Git, раскладывать проект на облачный хостинг Heroku;
- сформировать умение применять инструменты библиотеки NumPy, применять инструменты библиотеки SciPy, применять инструменты библиотеки Pandas для работы с данными;
- сформировать умение визуализировать данные при помощи инструментов Python, применить на практике инструменты Python для работы со статистическим анализом;
- сформировать умение применять на практике линейную регрессию, применять на практике кросс-валидацию, оценивать качества моделей, обучать на практике ансамблевые модели;
- сформировать умение применять на практике методы кластеризации, применять на практике методы понижения размерности. создавать рекомендательную сеть;
- сформировать умение реализовывать перцептрон, реализовывать свою нейронную сеть.

### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

#### **знать:**

- Базовые сведения о языке, особенности организации кода на Python;
- стандартные структуры данных в Python;
- механизмы наследования, классы;
- особенности объектно-ориентированной модели в Python;
- процессы и потоки ОС;
- модульное тестирование и его преимущества, методика TDD, её особенностях и преимуществах, контрактное программирование;
- основные парадигмы и принципы ООП, терминологию ООП;
- виды паттернов проектирования, основные паттерны и задачи, которые они решают;
- паттерн Chain of responsibility, паттерн Abstract Factory;

- принципы функционирования современного интернета, основные протоколы в web-взаимодействия;
- причины необходимости сбора данных со сторонних сайтов;
- удобные способы получения данных;
- реляционные базы данных, нереляционные базы данных, инструменты Redis;
- архитектуру web-фреймворков, популярные web-фреймворки в Python, устройство view в Django, основы HTML и CSS;
- понятия аутентификации и авторизации;
- отличия Development и Production;
- базовые понятия математического анализа, базовые понятия линейной алгебры;
- понятия математической статистики.

#### **уметь:**

- Использовать базовые типы и конструкции языка;
- работать со стандартными структурами данных в Python, писать функции на Python, применять функциональные особенности языка, работать с файлами с помощью языка Python;
- применять механизмы наследования, создавать классы и работать с ними, обрабатывать исключения;
- искать и исправлять ошибки в программе на Python, тестировать программы на Python;
- писать многопоточный код на Python, писать асинхронный код на Python, работать с сетью, создать своё серверное сетевое приложение;
- создавать корректную иерархию классов, интерпретировать UML-диаграммы, выполнять рефакторинг существующего кода;
- создавать Декоратор класса, создавать адаптер для интерфейса, несовместимого с системой, реализовывать паттерн Наблюдатель;
- создавать цепочку обязанностей, создавать абстрактную фабрику, создавать обработчик YAML файла;
- работать с регулярными выражениями из Python, выполнять сложный поиск и замену при помощи регулярных выражений;
- извлекать и изменять данные при помощи модуля Beautiful Soup, использовать API для получения данных со сторонних сайтов;
- создавать и изменять базы данных и таблицы в MySQL, получать данные из баз и таблиц в MySQL;
- создавать приложение на Django, работать с Django-шаблонизатором, работать с базой данных при помощи Django ORM;



- отправлять данные из браузера, валидировать данные на клиентской стороне, валидировать данные на серверной стороне, проводить аутентификацию и авторизацию при помощи Django;
- создавать чат-бота на базе Telegram, работать с системой Git, раскладывать проект на облачный хостинг Heroku;
- визуализировать данные при помощи инструментов Python, применить на практике инструменты Python для работы со статистическим анализом.

**владеть:**

- Структурным программированием, библиотекой unittest;
- библиотекой requests;
- Django-шаблонизатором;
- системой Git;
- инструментами библиотеки NumPy, инструментами библиотеки SciPy, инструментами библиотеки Pandas для работы с данными.

**Темы и разделы курса:**

1. Основы программирования на Python

Основы программирования на Python. Структуры данных и функции. Объектно-ориентированное программирование. Углубленный Python. Многопоточное и асинхронное программирование.

2. Объектно-ориентированное программирование (ООП), графический интерфейс и основы работы с базами данных в Python

Тестирование и отладка программ. Объектно-ориентированное проектирование. Паттерны проектирования. Графический интерфейс.

3. Создание web-приложений в Python

Общее представление о WEB. Сбор данных со сторонних сайтов. Beautiful Soup и работа с API. Хранение данных. SQL / NoSQL. Веб интерфейсы с Django и Bootstrap. Работа с данными пользователя. Дополнительный инструментарий.

4. Анализ данных в Python

Математика и Python для анализа данных. Визуализация данных и статистика.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Синхротронные методы исследования структуры и свойств вещества**

#### **Цель дисциплины:**

- освоение студентами принципов генерации и свойств синхротронного излучения, конструктивных особенностей экспериментальных станций и основ синхротронных методов структурной диагностики, ознакомление с примерами применения СИ для решения фундаментальных и прикладных задач.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование базовых знаний о свойствах синхротронного излучения, методах его получения, типах источников СИ;

- формирование базовых знаний о методах применения синхротронного излучения в современной науке, аппаратных способах их реализации, получаемых с помощью них результаты в интересах фундаментальной и прикладной науки, перспективах развития синхротронных исследований и исследовательской инфраструктуры в России и в мире.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- фундаментальные понятия, законы, теории и формулы, описывающие генерацию синхротронного излучения;
- свойства синхротронного излучения;
- порядки численных величин, характерные для параметров синхротронного излучения;
- принципы работы современных источников синхротронного излучения;
- основные методы применения синхротронного излучения для изучения свойств вещества и структурные характеристики, которые могут быть определены с помощью этих методов.

##### **уметь:**

- рассчитывать параметры синхротронного излучения, применять физические теории к описанию характеристик синхротронного излучения;

- применять синхротронные методики для извлечения необходимой информации о структуре исследуемого объекта;
- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний по интересующей научной проблеме в рамках синхротронных исследований.

**владеть:**

- специальной терминологией в области синхротронного излучения;
- методиками построения моделей к описанию свойств синхротронного излучения;
- основными методами применения синхротронного излучения и обработки данных, полученных в результате синхротронного эксперимента.

**Темы и разделы курса:**

1. Введение. Природа синхротронного излучения. Виды источников СИ. Основные направления применения СИ.

Источники рентгеновского излучения. Излучение движущегося заряда. Ускорители частиц. Понятие эмиттанса электронного пучка. Синхротронное излучение. Поколения источников СИ. Мировые источники СИ. Лазеры на свободных электронах. Основные направления применения СИ.

2. Взаимодействие синхротронного излучения с веществом.

Спектр СИ. Теоретические основы взаимодействия СИ с веществом. Виды взаимодействия СИ с веществом. Группы методов, основанных на применении СИ. Исследуемые объекты. Структурные параметры, извлекаемые с использованием СИ.

3. Конструкция и основные элементы синхротронных экспериментальных станций.

Конструкция экспериментальной станции. Стандартные оптические элементы синхротронных станций. Распространённые оптические схемы. Системы позиционирования и управления движением. Детектирующие системы.

4. Синхротронная дифрактометрия для исследования особенностей структуры монокристаллов.

Задачи высокоразрешающей синхротронной дифрактометрии. Выбор оптической схемы. Дисперсия оптической схемы. Структурный фактор. Влияние различных структурных искажений на форму кривой дифракционного отражения - деформация, несоответствие решеток, один и два эпитаксиальных слоя на кристаллической подложке, периодическая сверхрешетка. Определение структурных параметров.

5. Рентгеновская спектроскопия поглощения и эмиссионная спектроскопия.

Энергетические уровни электронов и переходы между ними. Процессы поглощения фотонов и их излучения атомными системами. Механизм формирования формы спектра поглощения. Экспериментальные методики. Практическое применение методов спектроскопии поглощения.

## 6. Фотоэлектронная спектроскопия.

Электронная структура материалов: от модели Бора к зонной структуре. Физические основы фотоэлектронной спектроскопии. Электронная спектроскопия для химического анализа и фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением. Приборно-экспериментальная база. Области применения и примеры результатов.

## 7. Синхротронная визуализация.

Поглощение рентгеновского излучения. Энергетическая зависимость коэффициента поглощения. Показатель преломления. Экспериментальные схемы визуализации с абсорбционным и фазовым контрастом. Томография, способы томографического восстановления. Программы для работы с изображениями. Области применения. Примеры исследований.

## 8. Рентгеновская топография и визуализация дефектов.

Дефекты кристаллической структуры. Кинематическая и динамическая дифракция.

Эффект аномального пропускания. Виды контраста в топографии. Схемы топографической съемки. Преимущества синхротронного излучения в топографии. Топография с угловой разверткой.

## 9. Рентгеноструктурный анализ и белковая кристаллография.

Основы метода рентгеноструктурного анализа кристаллов. Структура белковой молекулы. Получение кристалла белка, от гена до выращивания кристалла. Экспериментальное оборудование. Радиационное повреждение. Фазовая проблема и методы ее решения. Уточнение модели структуры. Яркие результаты, повлиявшие на весь мир.

## 10. Порошковая рентгеновская дифрактометрия.

Теоретические основы метода. Различия методов порошка и монокристалла.

Условия Лауэ, закон Брэгга-Вульфа, сфера Эвальда. Основные задачи порошковой дифракции. Структурный и фазовый анализ. Принципиальная схема синхротронной станции для порошковой дифракции (на примере станции РСА). Порошковый эксперимент на синхротроне – особенности, отличия от лабораторных источников. Анализ дифракционных картин, получаемая информация. Определение параметров микроструктуры. Аппаратное и физическое уширение. Формулы Кальотти, Шеррера и Стокса-Уилсона. Метод Уильямсона-Холла. Индицирование и решение структуры по порошку. Метод симулированного отжига. Полнопрофильный анализ дифрактограмм. Методы Ле Бея и Ритфельда. Анализ полнопрофильной функции. Структурный фактор, фактора Дебая-Валлера. Порошковая дифракция с помощью рентгеновского излучения и нейтронов, сходства и различия. Исследуемые материалы, решаемы задачи, яркие результаты.

## 11. Малоугловое рассеяние.

Теория малоуглового рассеяния – Борновское приближение, вектор рассеяния, прямое и обратное пространство, радиус инерции и его физический смысл, функция распределения по расстояниям, моделирование структуры монодисперсных систем и интерпретация результатов. Схема малоуглового эксперимента - основные элементы и особенности установки, монохроматизация и фокусировка излучения, коллимация пучка, возможности модернизации экспериментальной базы. Объекты исследования и их особенности, влияние

радиационных повреждений на биологические объекты. Некоторые примеры работ на источниках СИ.

## 12. Методы исследования поверхностей и интерфейсов.

Основные теоретические подходы к характеристике поверхностей и интерфейсов. Метод рефлектометрии. Метод дифракции в скользящей геометрии. Метод стоячих рентгеновских волн. Исследования на поверхности жидкости. Параметры, извлекаемые с помощью синхротронного излучения. Исследовательская инфраструктура для исследований поверхностей и интерфейсов. Примеры исследований.

## 13. Рентгенофлуоресцентный анализ и фазочувствительные методы.

Рентгенофлуоресцентный анализ. Исследуемые образцы и область применения. Основы теории: фотоэффект, характеристический рентгеновский спектр атома, качественный и количественный элементный анализ. Экспериментальная схема. Примеры ярких результатов. Фазочувствительные методы. Фазовая проблема рентгеновских исследований. Метод стоячих рентгеновских волн в области полного внешнего отражения и в условиях брэгговской дифракции. Исследуемые образцы и область применения. Основы теории и экспериментальная схема. Примеры ярких результатов. Метод многоволновой дифракции. Исследуемые образцы и область применения. Основы теории и экспериментальная схема. Примеры ярких результатов.

## 14. Современные подходы к времяразрешающим исследованиям.

Актуальность рентгеновских исследований с временным разрешением. Разные временные масштабы – различные применимые методы. Особенности времяразрешающих дифракционных, спектроскопических и флуоресцентных измерений. Подходы к исследованию медленных процессов. Подходы к исследованию быстрых процессов. Подходы к исследованию сверхбыстрых процессов (Pump-probe, ЛСЭ). Особенности реализации времяразрешающих методов, примеры экспериментальных станций (специальные оптические элементы, специальные детекторы и т.д.). Примеры проведенных исследований.

## 15. Когерентность синхротронного излучения и когерентные методы.

Понятие когерентности излучения. Полная и частичная когерентность. Когерентность и спектральная яркость источника синхротронного излучения. Длины продольной и поперечной когерентности. Автокорреляционные функции первого и второго порядка. Спеклы. Угловой размер спеклов и статистика интенсивности спеклов. Рентгеновская фотон-корреляционная спектроскопия. Когерентная дифракционная визуализация. Птихография. Примеры научных результатов когерентных методов.

## 16. Перспективы развития синхротронных исследований в России и в мире.

Перспективы развития экспериментальной инфраструктуры синхротронных и нейтронных исследований. Основные тренды развития синхротронных и нейтронных исследований в мире. Перспективы развития ландшафта megascience. Федеральная научно-техническая программа развития синхротронных и нейтронных исследований и инфраструктуры на 2019-2027 годы.

## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Современные средства разработки**

#### **Цель дисциплины:**

Целью реализации дисциплины «Современные языки программирования»: формирование/совершенствование компетенций студентов в области решения профессиональных задач по программированию с использованием языков Python и 1С, применения основ программирования, в том числе асинхронного, на Python, проектирования программного обеспечения с помощью встроенного языка 1С.

#### **Задачи дисциплины:**

- сформировать умение использовать базовые типы и конструкции языка программирования Python;
- сформировать умение работать со стандартными структурами данных в Python, писать функции на Python, применять функциональные особенности языка, работать с файлами с помощью языка Python;
- сформировать умение применять механизмы наследования, создавать классы и работать с ними, обрабатывать исключения;
- сформировать умение искать и исправлять ошибки в программе на Python, тестировать программы на Python;
- сформировать умение писать многопоточный код на Python, писать асинхронный код на Python, работать с сетью, создать своё серверное сетевое приложение;
- изучить основные принципы, подходы и механизмы разработки бизнес-приложений на платформе 1С:Предприятие;
- изучить возможности быстрой кросс-платформенной разработки на платформе 1С:Предприятие;
- изучить возможности создания веб и мобильных приложений на платформе 1С:Предприятие.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

##### **знать:**

- базовые сведения о языке, особенности организации кода на Python;

- стандартные структуры данных в Python;
- механизмы наследования, классы;
- особенности объектно-ориентированной модели в Python;
- процессы и потоки ОС;
- основные принципы, подходы и механизмы разработки бизнес-приложений на платформе 1С:Предприятие;
- возможности быстрой кросс-платформенной разработки на платформе 1С:Предприятие;
- возможности создания веб и мобильных приложений на платформе 1С:Предприятие.

**уметь:**

- использовать базовые типы и конструкции языка;
- работать со стандартными структурами данных в Python, писать функции на Python, применять функциональные особенности языка, работать с файлами с помощью языка Python;
- применять механизмы наследования, создавать классы и работать с ними, обрабатывать исключения;
- искать и исправлять ошибки в программе на Python, тестировать программы на Python;
- писать многопоточный код на Python, писать асинхронный код на Python, работать с сетью, создать своё серверное сетевое приложение;
- работать в команде;
- создавать кросс-платформенные приложения на платформе 1С:Предприятие;
- разрабатывать веб и мобильные приложения на платформе 1С:Предприятие;
- самостоятельно применяет языки программирования (в т.ч. скрипты) и настраиваемые программные инструменты для автоматизации процессов в профессиональной деятельности.

**владеть:**

- навыками разработки алгоритмов и программ, пригодных для практического применения;
- навыками освоения методик использования программных средств для решения практических задач;
- навыками написания программного кода с использованием языков программирования, оформления кода в соответствии с установленными требованиями.

**Темы и разделы курса:**

1. Основы программирования на Python

Основы программирования на Python. Структуры данных и функции. Объектно-ориентированное программирование. Углубленный Python. Многопоточное и асинхронное программирование.

## 2. Разработка на платформе 1С:Предприятие

Платформенный подход к разработке бизнес-приложений. Основные типы и элементы платформы. Основные механизмы регистрации и хранения показателей. Управляемые формы. Вывод данных. Механизмы интеграции. Механизмы коллаборации и коммуникации

Мобильная платформа. Веб-клиент. Обслуживание и эксплуатация информационной системы.



## **Аннотации к рабочим программам дисциплин.**

**Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика**

**Направленность: Природоподобные технологии и биомиметический дизайн материалов и систем**

### **Супрамолекулярная химия**

#### **Цель дисциплины:**

- обучить студентов основным принципам инженерии сложных супрамолекулярных структур, как соединений включения, так и частично упорядоченных самоорганизующихся мезоморфных систем, а также сформировать у учащихся целостное понимание мультидисциплинарного характера супрамолекулярной химии, включающей в себя органическую, неорганическую, координационную, коллоидную химию, физику конденсированного состояния, энзимологию, вирусологию и другие разделы современной фундаментальной науки.

#### **Задачи дисциплины:**

- формирование общих представлений о мезоморфных системах (трехмерные мицеллярные и биконтинуальные мезофазы, пластические кристаллы, ротационно-кристаллическая мезофазы, кондис-кристаллы, жидкокристаллические мезофазы нематического, смектического, холестерического типа);
- определение взаимосвязи между химической структурой и геометрией молекул с одной стороны, и строением супрамолекулярных агрегатов и фазовым поведением системы – с другой;
- приобретение учащимися специальных знаний об основных методах характеристики мезоморфных систем (дифракционные, оптические и теплофизические методы исследования);
- обучение студентов базовым приемам синтеза соединений включения;
- определение взаимосвязи между химической структурой макроциклических соединений и их селективностью по отношению к тем или иным экзорцепторам (анионы, катионы, нейтральные молекулы, биологически активные компоненты);
- приобретение учащимися представлений об основных областях применения супрамолекулярных систем и мезоморфных состояний.

#### **Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

**знать:**

- предмет и объекты супрамолекулярной химии, современные концепции супрамолекулярной химии;
- процессы молекулярного распознавания, адаптации и преобразования;
- физико-химические основы гомогенного и гетерогенного зародышеобразования;
- структурные особенности основных классов частично-упорядоченных мезофаз (пластические кристаллы, двумерные колончатые, ротационно-кристаллическая фаза, жидкокристаллические нематическая, смектическая, холестерическая мезофазы);
- основы физической неорганической и коллоидной химии, основы общей и органической химии;
- структуру, номенклатуру и физико-химические свойства простейших органических и неорганических соединений: кислот и оснований Льюиса, солей, щелочей; полимеров и сополимеров, дендримеров;
- структуру, номенклатуру и физико-химические свойства комплексных соединений, в том числе построенных по принципу гость-хозяин: сферандов, гемисферандов, криптанов, геликатов, катенанов, ротаксанов;
- структуру, номенклатуру и физико-химические свойства основных классов макроциклических молекул, в том числе, краун-эфиров, циклодекстринов, каликсаренов, фталоцианинов и др.;
- принципы их моделирования, конструирования, создания и изменения структуры различными физико-химическими методами;
- технику безопасности работы в химической лаборатории.

**уметь:**

- использовать физические законы для выполнения качественных и количественных оценок измеряемых физических и величин;
- пользоваться подходами и методами теории конденсированного состояния вещества;
- устанавливать связь между структурой соединений и их физическими и химическими свойствами.

**владеть:**

- методами анализа и моделирования физических процессов в системах, в том числе и наноразмерных;
- навыками планирования и ведения самостоятельной работы в научной библиотеке, лаборатории и интернете.
- методиками разработки, моделирования, синтеза, анализа и исследования основных классов супрамолекулярных систем.

## Темы и разделы курса:

1. Биохимические аспекты супрамолекулярной самоорганизации. Применения самоорганизации.

Химия и биохимия макроциклических лигандов. Структура липидов. Липидные слои и липидные мембраны. Липосомы. Трехмерные структуры. Полиэлектролиты.

Применения самоорганизации.

Самоорганизующиеся слои для электроники и оптоэлектроники. Молекулярные провода – ионные каналы. Ион-селективные мембраны. Паттернирование для микроконтактной печати. Фотонные кристаллы. Нанопористые материалы. Системы точечной доставки лекарств.

2. Введение и мотивация курса.

Супрамолекулярная химия, как часть научного знания и самостоятельная наука. Работы Ч. Педерсена, Д. Крама, Ж.-М. Лена. Типы составных единиц супрамолекулярных агрегатов. Факторы, влияющие на форму супрамолекулярных агрегатов. Соединения включения и их классификация: кавитанды, клатранды. Молекулярное распознавание. Комплиментарность.

3. Коллоидная химия супрамолекулярных частиц.

Основы коллоидной химии. Уравнение Гиббса. Критическая концентрация мицеллообразования. Взаимодействия между амфифильными молекулами и гидрофобный эффект. Влияние растворителя на структуру супрамолекулярных агрегатов. Самоорганизация дифильных молекул на границе раздела фаз жидкость-воздух (ленгмюровский монослой). Формирование и исследование двумерных пленок дифильных веществ на границе раздела фаз жидкость-воздух в режиме сжатие-растяжение: измерение поверхностного давления и поверхностного потенциала. Визуализация морфологии пленок непосредственно на поверхности воды при помощи брюстеровского микроскопа. Метод Ленгмюра-Блоджетт: одно- и многостадийный перенос моно- или полислоевой пленки, сформированной на поверхности жидкости, на твердую подложку.

4. Координационная химия супрамолекулярных агрегатов.

Комплексообразование, координационные соединения. Лиганды. Координационная теория Вернера. Бинарные смеси – сплавы металлов, полимерные пленки. Постулаты Эрлиха и Фишера. Классификация комплексных соединений: аквакомплексы, анионгалогенаты, катионгалогены, π-комплексы, металлоцены, хелаты.

5. Кристаллохимия объектов супрамолекулярной химии. Рентгеноструктурный анализ.

Упорядоченное состояние. Теория кристаллического поля. Координационное число. Координационный полиэдр. Координационная сфера. Мезоморфное состояние вещества: жидкие кристаллы, пластические кристаллы. Жидкие кристаллы: классификация (нематики, смектики, холестерики), характерные текстуры, Термотропные и лиотропные структуры. Глобулярные кристаллы. Плотнейшие упаковки и кладки. Аперриодические кристаллы. Характерные виды текстур жидких кристаллов. Теория супрамолекулярных жидких кристаллов. Влияние внешних условий на фазовое поведение.

## Рентгеноструктурный анализ.

Основы принципы дифракции рентгеновских лучей и нейтронов. Рассеяние объектами с различной упорядоченностью – монокристаллы, одномерно-периодические системы, цилиндрически-симметричные объекты, изотропные системы. Интенсивность как функция Фурье электронной плотности. Асимптотики Гинье и Порода. Функция парных корреляций. Малоугловое рассеяние дисперсными системами – растворы частиц, понятие контраста, монодисперсные и полидисперсные растворы. Восстановление распределения электронной плотности из относительной интенсивности малоугловых рентгеновских рефлексов.

## 6. Общая и неорганическая химия применительно к объектам супрамолекулярной химии.

Электронное строение атома. Электронные конфигурации, уравнение Шредингера. Квантовые числа: главное, магнитное, спиновое, орбитальное. Электроотрицательность, сродство к электрону. Метод молекулярных орбиталей. Метод валентных связей. Определение химической связи. Понятие валентности и координационного числа. Длина связи, валентный угол, полярность, энергия связи. Гибридизация и определение формы многоатомных частиц. Типы связей, химические и физические связи. Химические двухэлектронные связи: ковалентные (полярная, не полярная донорно-акцепторная), ионная. Химические соединения с дефицитными структурами (ароматические структуры, борводороды). Металлическая связь. Межмолекулярные взаимодействия: электростатическое (ориентационное, индукционное, дисперсионное); донорно-акцепторное взаимодействие. Водородная связь. Типы химической связи в кристаллах: ионные, атомные (ковалентная, металлическая) и молекулярные. Движущие силы самоорганизации. Водородные связи. Ион-дипольные, диполь-дипольные,  $\pi$ - $\pi$  взаимодействия. Ван-дер-Ваальсовы силы.

## 7. Супрамолекулярная химия полимеров.

Полимеры. Определение, жесткоцепные и гибкоцепные. Статистическая термодинамика смесей и сплавов полимеров. Смесии кристаллических полимеров, их структура. Смесии из жесткоцепных полимеров. Решеточная модель Флори для термотропных и лиотропных смесей. Фазовая стабильность. Ротационно-кристаллическая фаза в полимерах. Гибкие линейные макромолекулы. Гибкоцепные полимеры с длинными боковыми заместителями. Жесткие макромолекулы с гибкими боковыми заместителями. Дискотики. Секторо- и конусообразные дендроны. Дендримеры – частицы-молекулы. Растворимость и совместимость полимеров. Термодинамические критерии взаиморастворимости. Системы с водородной связью. Блок-сополимеры. Теория фазовых переходов в блок-сополимерах. Термодинамический подход Израилашвили. Обзор моделей SAFT, PRISM, LCT. Случаи сильной и слабой сегрегации. Общая теория Матсена-Бэйтса. Влияние внешних геометрических ограничений на фазовые превращения в блок-сополимерах.

## 8. Физическая химия супрамолекулярных ансамблей.

Фазовые переходы первого и второго рода. Термостимулированное разделение фаз и фазовая стабильность. Химический потенциал. Энтропия конфигурационная и конформационная. Модель Флори-Хаггинса. Определение температуры стеклования методами дифференциального термического анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии. Время релаксации, релаксационные переходы.

## 9. Химия органических супрамолекулярных соединений.

Взаимодействия типа ключ-замок. Селективность. Краун-эфиры и хиральная селективность. Макроциклические полиамины. Циклодекстрины. Каликсарены – соединения с регулируемой селективностью. Дизайн точек молекулярного распознавания. Лестничные структуры, сетки, решетки. Линейные компоненты супрамолекулярных сетей: гибкие компоненты, жесткие компоненты – основания Шиффа, гибкие триподы. Циклические синтоны, плоские макроциклы – фталоцианины. Динамеры. Ротаксаны. Катенаны и молекулярные капсулы. Дендримеры – частицы-молекулы.