

ПЯТИГОРСКИЙ МЕДИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора института
по учебно-воспитательной работе
_____ И.П. Кодониди

«31» августа 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИИ И
МЕДИЦИНЕ

Образовательная программа: специалитет по специальности 30.05.01
Медицинская биохимия

Кафедра: неорганической, физической и коллоидной химии

Курс: 4

Семестр: 7

Форма обучения: очная

Трудоемкость дисциплины: 72 часа (2 ЗЕ), из них 48,2 часа контактной
работы обучающегося с преподавателем

Промежуточная аттестация: зачёт – 7 семестр

Год набора: 2018-2020 г.г.
Год реализации: 2023-2024 уч.год

Пятигорск, 2023

Разработчики программы:
докт. хим. наук Погребняк А.В.,
канд. фарм. наук Глушко А.А.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры неорганической, физической и коллоидной химии
протокол № 1 от «31» августа 2023 г.

Рабочая программа согласована с учебно-методической комиссией
дисциплин математического и естественно-научного цикла

протокол № 1 от «31» августа 2023 г.

Рабочая программа согласована с библиотекой

Внешняя рецензия дана директором НИИ физической и органической химии ЮФУ, доктором химических наук Метелицей А.В.

Рабочая программа утверждена на заседании Центральной методической комиссии протокол № 1 от «31» августа 2023 г.

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета
Протокол № 1 от «31» августа 2023 года

| 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ | |
|------------------------------------|--|
| 1.1 | Цель дисциплины Математическое моделирование в биологии и медицине – формирование теоретических научных знаний и практических умений в области исследования сложных биологических систем и процессов на основе методов математического моделирования. |
| 1.2 | Задачами дисциплины являются: |
| 1.2.1 | <ul style="list-style-type: none"> - раскрыть содержание базовых понятий, предмета, методов и принципов математического моделирования в биологии и медицине; - изучить представление о видах моделирования и основных подходах к построению экспериментальных моделей; - исследование и оптимизация биологических процессов и систем на различных уровнях их организации. |

| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП | |
|--|---|
| Блок Б1.В.ДВ.2.2. | вариативная часть/дисциплина по выбору |
| 2.1 | Перечень дисциплин и/или практик, усвоение которых необходимо для изучения дисциплины |
| 2.1.1 | <ul style="list-style-type: none"> - Теория вероятности и математическая статистика (основные понятия и методы математического анализа, элементы функционального анализа, математические методы в биологии); - Физика (основные законы физической кинетики); - Общая биохимия (ферменты, строение, механизм катализа, многосубстратные реакции); - Общая и медицинская биофизика (механизмы взаимодействия лигандов с рецепторами); |
| 2.2 | Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее: |
| 2.2.1 | <ul style="list-style-type: none"> - Новые направления поиска и создания лекарственных средств - Клиническая фармакокинетика - Молекулярные аспекты создания лекарственных препаратов |

| 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ | |
|--|--|
| В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть следующими компетенциями : | |
| <p>а) общекультурные компетенции (ОК):</p> <ul style="list-style-type: none"> - способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1) - готовность к саморазвитию, самореализации, самообразованию, использованию творческого потенциала (ОК-5); | |
| <p>б) общепрофессиональные компетенции (ОПК)</p> <ul style="list-style-type: none"> - готовность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-1); - готовность к использованию основных физико-химических, математических и иных естественнонаучных понятий и методов при решении профессиональных задач (ОПК-5); - готовность к применению специализированного оборудования и медицинских изделий, предусмотренных для использования в профессиональной сфере (ОПК-9); | |
| <p>в) профессиональные компетенции (ПК):</p> <ul style="list-style-type: none"> - способность к применению системного анализа в изучении биологических систем (ПК-6); - способностью к определению новых областей исследования и проблем в сфере разработки биохимических и физико-химических технологий в здравоохранении (ПК-12); - способностью к организации и проведению научных исследований, включая выбор цели и формулировку задач, планирование, подбор адекватных методов, сбор, обработку, анализ данных и публичное их представление с учетом требований информационной безопасности (ПК-13) | |
| В результате освоения дисциплины обучающийся должен | |

| | |
|--|--|
| 3.1 | Знать: |
| 3.1.1 | базовые понятия математического моделирования; особенности кинетики биологических систем; основные подходы, используемые для создания моделей сложных биологических систем и процессов. |
| 3.1.2 | влияние различных факторов на скорость протекания ферментативной реакции; способы обработки данных в кинетическом эксперименте; механизм лиганд-рецепторного взаимодействия. Влияние pH на скорость ферментативных реакций; влияние температуры на кинетику ферментативных реакций; кинетику многосубстратных ферментативных реакций реакции; |
| 3.1.3 | кинетику роста клеточной популяции, кинетику отмирания клеточной популяции, кинетику утилизации субстрата клеточной популяцией; кинетику биосинтеза продукта клеточной популяцией; основные ресурсы для поиска информации в области моделирования биообъектов в глобальных компьютерных сетях; принципы поиска информации в области математического моделирования; |
| 3.2 | Уметь: |
| 3.2.1 | адекватно ставить задачи исследования сложных объектов на основе экспериментальных моделей; осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы; выбирать класс модели и оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения эксперимента; выбирать адекватные методы исследования моделей; разрабатывать модели систем с использованием различных подходов к исследованию систем |
| 3.2.2 | самостоятельно формулировать биологическую задачу в терминах математики и/или информатики; |
| 3.2.3 | сотрудничать с математиками и программистами при разработке сложных компьютерных средств для решения биологических задач; |
| 3.2.4 | качественно и количественно, оценивать статистическую значимость получаемых результатов; |
| 3.3 | Иметь навык (опыт деятельности): |
| 3.3.1 | выбора экспериментальной модели для конкретной задачи построения и исследования биологических моделей; работы с компьютерной программой для построения фазовых и динамических портретов биологических систем. |
| 3.3.2 | планированием эксперимента по молекулярному моделированию; |
| 3.3.3 | навыками работы с современным программным обеспечением, предназначенным, в частности, для проведения молекулярного моделирования; |
| 3.3.4 | компьютерными методиками обработки данных с целью определения кинетических параметров процессов в клеточных популяциях. |
| 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) | |
| 4.1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ | |

| Виды учебной работы | Всего часов/ЗЕ | Семестры | | | |
|--|----------------|----------|---|---|---|
| | | 7 | X | X | X |
| Аудиторные занятия (всего) | 48,2 | 48,2 | | | |
| В том числе: | | | | | |
| Лекции | 14 | 14 | | | |
| Практические (лабораторные) занятия | 30 | 30 | | | |
| КСР | 2 | 2 | | | |
| Консультации | 2 | 2 | | | |
| КААЗ | 0,2 | 0,2 | | | |
| Самостоятельная работа | 23,8 | 23,8 | | | |
| Промежуточная аттестация (экзамен/зачет) | зачет | зачет | | | |
| Общая трудоемкость: | | | | | |
| часы | 72 | 72 | | | |
| ЗЕ | 2 | 2 | | | |

4.2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Часов | Компетенции | Литература |
|---|--|-------|---|------------|
| Раздел 1 Молекулярное моделирование биологических систем | | | | |
| 1.1 | Введение в курс математического моделирования в биологии и медицине. Математическая модель молекулы и вычислительные методы /Лек№1/ | 2 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |
| 1.2 | Компьютерные программы для молекулярного моделирования. Вычисление физико-химических свойств веществ. Молекулярная динамика /Лек№2/ | 2 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |
| 1.3 | Построение компьютерных моделей молекул и вычисление физико-химических свойств веществ. Моделирование молекулярной динамики /Пр№1/ | 4 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9, ПК-6, ПК-12; ПК-13 | Л1,Л2,Л3 |
| 1.4 | Моделирование молекулярной динамики и колебательный анализ /Пр№2/ | 4 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9, ПК-6, ПК-12; ПК-13 | Л1,Л2,Л3 |
| 1.5 | Изучить тему занятия: Построение компьютерных моделей молекул и вычисление физико-химических свойств веществ. Моделирование молекулярной динамики /Ср№1/ | 3 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |
| 1.6 | Изучить тему занятия: Моделирование молекулярной динамики и колебательный анализ /Ср№2/ | 3 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |

Раздел 2. Ферментативный катализ. Молекулярная рецепция.

| | | | | |
|-----|---|---|---|----------|
| 2.1 | Ферментативная кинетика. Закон действующих масс при моделировании биохимических реакций. Математическая модель ферментативной реакции. Теория Михаэлиса-Ментен. /Лек№3/ | 2 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |
| 2.2 | Методы моделирования лиганд-рецепторного и лиганд-ферментного взаимодействия. Молекулярный докинг. /Лек№4/ | 2 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |
| 2.3 | Молекулярный докинг биологически активных веществ с рецепторами и ферментами. /Пр№3/ | 4 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9, ПК-6, ПК-12; ПК-13 | Л1,Л2,Л3 |
| 2.4 | Моделирование лиганд-рецепторного взаимодействия методом молекулярной динамики /Пр№4/ | 4 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9, ПК-6, ПК-12; ПК-13 | Л1,Л2,Л3 |
| 2.5 | Изучить тему занятия: Молекулярный докинг биологически активных веществ с рецепторами и ферментами /Ср№3/ | 3 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |
| 2.6 | Изучить тему занятия: Моделирование лиганд-рецепторного взаимодействия методом молекулярной динамики /Ср№4/ | 3 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |

Раздел 3. Мембранный транспорт. Математическая модель клетки.

| | | | | |
|------|---|---|---|----------|
| 3.1 | Молекулярные механизмы проведения и усиления рецепторного сигнала /Лек№5/ | 2 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |
| 3.2 | Механизмы мембранного транспорта: пассивная диффузия, облегченная диффузия, активный транспорт, транслокация групп. /Лек№6/ | 2 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |
| 3.3. | Моделирование клеточной мембраны /Пр№5/ | 4 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9, ПК-6, ПК-12; ПК-13 | Л1,Л2,Л3 |
| 3.4 | Моделирование проведения и усиления рецепторного сигнала /Пр№6/ | 4 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9, ПК-6, ПК-12; ПК-13 | Л1,Л2,Л3 |
| 3.5 | Изучить тему занятия: Моделирование клеточной мембраны /Ср№5/ | 3 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |
| 3.6 | Изучить тему занятия: Моделирование проведения и усиления рецепторного сигнала /Ср№6/ | 3 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |

Раздел 4. Моделирование клеточных процессов. Математическое моделирование в эпидемиологии.

| | | | | |
|-----|--|-----|---|----------|
| 4.1 | Клеточный цикл. Фазы роста клеточных культур. Ингибирование и активация клеточного роста. Остановка роста, апоптоз и гибель клеток. Конструирование эпидемиологических моделей./Лек№7/ | 2 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |
| 4.2 | Определение кинетических параметров роста клеточной популяции /Пр№7/ | 4 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9, ПК-6, ПК-12; ПК-13 | Л1,Л2,Л3 |
| 4.3 | ЗАЧЕТНОЕ ЗАНЯТИЕ /Пр№8/ | 2 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9, ПК-6, ПК-12; ПК-13 | Л1,Л2,Л3 |
| 4.5 | Изучить тему занятия: Определение кинетических параметров роста клеточной популяции /Ср№7/ | 3 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |
| 4.6 | Изучить тему занятия: Математическое моделирование эпидемий /Ср№8/ | 2,8 | ОК-1, ОК-5, ОПК-1, ОПК-5, ОПК-9 | Л1,Л2,Л3 |

4.3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № п/п | Наименование раздела дисциплины базовой части ФГОС | Содержание раздела |
|-------|---|--|
| 1. | Раздел 1. Молекулярное моделирование биологических систем. | Понятие модели. Классификация математических моделей. Примеры имитационных моделей. Специфика моделей живых систем. Построение модели, типы моделей (имитационные, динамические, точечные, распределенные и т.д.). Временная иерархия процессов. Квантовая физика в теории строения молекул. Волновая функция и электронная плотность, атомные и молекулярные орбитали, способы их визуализации. Вычислительные методы в компьютерной химии и области их применения (молекулярная механика, полуэмпирические методы, методы ab initio). Метод ab initio. Базисные наборы. Полуэмпирические методы (AM1, PM6, RM1, MNDO, CNDO, MINDO3). Этапы построения компьютерной модели молекулы (от структурной формулы к трехмерной квантово-химической модели). Связь электронной структуры молекулы с биологической активностью. Методы молекулярной механики. Силовые поля (CHARMM, AMBER, GAFF, OPLS, MM2, MM+). Крупнозернистая молекулярная динамика. Типы атомов и параметризация молекулы. Динамика молекулярных систем. Траектория молекулярной системы. Методы динамического моделирования молекул (молекулярная динамика Ньютона, Ланджевина, метод «Monte-Carlo»). Термостатирование. Баростатирование. Тензиостатирование. Типы ансамблей (NVT, NPT, NPgT). Граничные условия и их типы. Гиперповерхность потенциальной энергии. Алгоритм имитации отжига. Колебательные режимы молекул и расчет ИК-спектров. Моделирование химических реакций. Анализ результатов молекулярной динамики. |
| 2. | Раздел 2. Ферментативный катализ. Молекулярная рецепция. | Ферментативная кинетика Закон действующих масс при моделировании биохимических реакций. Математическая модель ферментативной реакции. Теория Михаэлиса-Ментен. pH - Зависимость двухстадийной ферментативной реакции. Влияние температуры на кинетику ферментативных реакций. Методы определения констант уравнения Михаэлиса-Ментен. Интерпретация констант уравнения Михаэлиса-Ментен. Компьютерный прогноз биологической активности. Молекулярное сходство. Фармакофор. Молекулярный докинг. Теория распознавания |

| | | |
|----|---|---|
| | | образов в медицинской химии (сравнительный анализ молекулярного поля, кластерный анализ, регрессия, модели нейронных сетей). Моделирование белков. Способы изображения структуры белка. Базы данных белковых структур в сети Интернет. Методы молекулярного докинга. Подготовка молекулярных структур для проведения докинга. Поиск центра (сайта) связывания рецептора или фермента. Учет влияния растворителя. Программы для молекулярного докинга. Анализ результатов докинга. Прогнозирование биологической активности на основе молекулярного докинга. Кластерный анализ конформаций. Применение моделей нейронных сетей для анализа результатов молекулярного докинга. Моделирование молекулярной динамики лиганд-рецепторного взаимодействия. Сборка молекулярной системы. Подготовка вычислительного задания. Термодинамическое уравнивание. Расчёт среднеквадратического сдвига лиганда. Расчёт свободной энергии связывания лиганда с белком. |
| 3. | Раздел 3. Мембранный транспорт. Математическая модель клетки. | Модели транспорта веществ через биомембраны Мембраны: строение, функция. Пассивный транспорт (диффузия). Закон Фика. Облегчённая диффузия. Активный транспорт – клеточные насосы. Электродиффузия. Уравнение Нернста–Планка. Ионное равновесие в мембранных системах. Моделирование клеточной мембраны. Классификация фосфолипидов. Сборка фосфолипидного бислоя заданного состава. Интегрирование белковых молекул в фосфолипидный бислой. Моделирование ионных каналов. Моделирование G-протеин ассоциированных рецепторов (GPCR). Моделирование рецепторов-ферментов. Моделирование систем биохимических реакций и сигнальных путей. Методы интегрирования систем дифференциальных уравнений, описывающих биохимические реакции. Программное обеспечение, применяемое для моделирования кинетики систем биохимических реакций и сигнальных путей. |
| 4. | Раздел 4. Моделирование клеточных процессов. Математическое моделирование в эпидемиологии. | Кинетика роста клеточной популяции. Кривая роста клеточной популяции. Уравнение Моно. Экспоненциальная фаза роста клеточной популяции. Абсолютная и удельная скорость роста клеточной популяции. Зависимости удельной скорости роста клеточной популяции от концентрации субстрата. Ингибирование и активация роста клеточной популяции. Кинетика отмирания клеточной популяции. Остановка роста, апоптоз и гибель клеток. Ограничения роста клеток в культуре. Апоптоз, теломеры и теломеразы. Зависимость скорости роста от концентрации лимитирующего субстрата и параметров клеточного цикла. Многостадийность клеточного цикла. Старение клетки в процессе роста. Кинетические модели апоптоза. Абсолютная и удельная скорость утилизации субстрата клеточной популяцией. Затраты субстрата на рост клеток. Затраты субстрата на образование продукта метаболизма. Затраты субстрата на поддержание жизнедеятельности. Взаимосвязь скорости роста клеточной популяции и скорости утилизации субстрата. Математические модели эпидемий и их параметры. Программное обеспечение, применяемое для моделирования эпидемий. |

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для реализации различных видов учебной работы используются следующие обучающие технологии:

лекции с использованием мультимедийных средств;

использование принципа индивидуализации образования – обучение студентов по индивидуальному плану;

использование принципа системного подхода;

проведение конференций, посвященных выдающимся учёным;

поисковая аналитическая работа (внеаудиторная самостоятельная работа студентов, подготовка рефератов и презентаций);

разбор ситуационных и проблемных задач к разделам;

использование компьютерных симуляций. Такой принцип в организации изучения дисциплины позволяет осуществлять компетентный подход в образовании и сформировать у студентов необходимые знания, умения и владения.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Вопросы и задания для текущего контроля успеваемости.

| № п.п. | Номер темы дисциплины | Контрольные вопросы |
|-----------|--------------------------|--|
| 1 | 1 | Клсификация методов компьютерной химии. Перечислите этапы построения компьютерной модели молекулы. Что такое оптимизация геометрии молекулы? Перечислите программы, применяемые для моделирования молекулярных систем Метод молекулярных орбиталей Метод молекулярной механики Полуэмпирические методы |
| 2 | 1 | Этапы моделирования молекулярной динамики. Алгоритмы термостатирования Алгоритмы баростатирования Граничные условия в молекулярной динамике Шаг моделирования в молекулярной динамике |
| 3 | 2 | Что такое скорость химической реакции? Единица измерения скорости химической реакции? Какие домены существуют в молекулах ферментов и рецепторов? Опишите принцип индуцированного соответствия Какие типы химических связей образуются между лигандом и рецептором (ферментом) Какие программы используются для молекулярного докинга Виды молекулярного докинга |
| 4 | 2 | От каких факторов зависит скорость ферментативной реакции? Какие силовые поля используются для моделирования биологических макромолекул методом молекулярной динамики? Этапы моделирования лиганд-рецепторного взаимодействия |
| 5 | 3 | Пассивный транспорт (диффузия). Закон Фика. Активный транспорт Электрохимический градиент Примеры белков встроенных в цитоплазматическую мембрану Этапы сборки модели фосфолипидной мембраны |
| 6 | 3 | Опишите принцип G-протеин ассоциированной рецепции Опишите принцип работы рецепторов - ионных каналов Опишите принцип работы рецепторов-ферментов |
| 7 | 4 | Кривая роста клеточной популяции Уравнение Моно Хемостатный способ культивирования Турбидостатный способ культивирования Синхронная культура |
| 8 | 4 | Опишите математическую модель SIR Что такое компартментная модель? |

6.2. Вопросы для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

1. Клсификация методов компьютерной химии.
2. Волновая функция и электронная плотность.
3. Атомные и молекулярные орбитали.
4. Этапы построения компьютерной модели молекулы.
5. Что такое скорость химической реакции?

6. Какая единица измерения у скорости химической реакции?
7. Перечислить факторы, от которых зависит скорость ферментативной реакции?
8. Схема Михаэлиса для ферментативной реакции.
9. Уравнение Михаэлиса-Ментен.
10. Молекулярный докинг.
11. Пассивный транспорт (диффузия). Закон Фика.
12. Активный транспорт.
13. Электрохимический потенциал.
14. Интегрирование белковых молекул в фосфолипидный бислой.
15. Кривая роста клеточной популяции.
16. Уравнение Моно.
17. Ограничения роста клеток в культуре.
18. Определение типа роста клеточной популяции.
19. Математические модели эпидемий.

6.3. Критерии оценки при текущем и промежуточном контроле

| ХАРАКТЕРИСТИКА ОТВЕТА | Оценка ECTS | Баллы в БРС | Уровень сформированности компетентности по дисциплине | Оценка |
|---|-------------|-------------|---|----------------|
| <p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента.</p> <p>В полной мере овладел компетенциями.</p> | A | 100-96 | ВЫСОКИЙ | 5 (отлично) |
| <p>Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен,</p> | B | 95-91 | ВЫСОКИЙ | 5 (отлично) |

| | | | | |
|--|---|-------|---------|--------------------------|
| доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента. В полной мере овладел компетенциями. | | | | |
| Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Ответ изложен литературным языком в терминах науки. В ответе допущены недочеты, исправленные студентом с помощью преподавателя. В полной мере овладел компетенциями. | C | 90-86 | СРЕДНИЙ | 4 (хорошо) |
| Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком в терминах науки. Могут быть допущены недочеты или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя. В полной мере овладел компетенциями. | D | 85-81 | СРЕДНИЙ | 4 (хорошо) |
| Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные студентом с помощью «наводящих» вопросов преподавателя. В полной мере овладел компетенциями. | E | 80-76 | СРЕДНИЙ | 4 (хорошо) |
| Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен в терминах науки. Могут быть допущены 1-2 ошибки в определении основных понятий, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. Достаточный уровень освоения компетенциями | F | 75-71 | НИЗКИЙ | 3 (удовлетворительно) |
| Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощью преподавателя. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Достаточный уровень освоения компетенциями | G | 70-66 | НИЗКИЙ | 3 (удовлетворительно) |

| | | | | |
|--|---|-------|-----------------|--------------------------|
| <p>Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения.</p> <p>Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя приводят к коррекции ответа студента на поставленный вопрос. Обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции.</p> <p>Достаточный уровень освоения компетенциями</p> | Н | 61-65 | КРАЙНЕ НИЗКИЙ | 3 (удовлетворительно) |
| <p>Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины или дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях.</p> <p>Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения.</p> <p>Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.</p> <p>Компетенции не сформированы</p> | I | 60-0 | НЕ СФОРМИРОВАНА | 2 |

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие | Издательство, год | Количество |
|------|---|--|------------------------|-----------------|
| Л1.1 | Орехов С.Н. | Фармацевтическая биотехнология: учеб.пособие. –[Электронный ресурс]. –Режим доступа: www:studmedlib.ru. | М.: ГЭОТАР–Медиа, 2013 | 0 |
| Л1.2 | Орехов С.Н. /под ред. В.А. Быкова, А.В. Катлинского | Фармацевтическая биотехнология. Руководство к практическим занятиям: учеб.пособие + [Электронный ресурс]. –Режим доступа: www:studmedlib.ru. | М.: ГЭОТАР–Медиа, 2009 | 2012 - 2013-200 |

7.1.2. Дополнительная литература

| | | | | |
|------|--------------------------------|---|-----------------------------|----|
| Л2.1 | Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. | Биокинетика: практический курс: учебное пособие для вузов | М.: ФАИР-ПРЕСС: ГРАНД, 1999 | 3 |
| Л2.2 | Комов В.П., Шведова В.Н. | Биохимия: учебник для вузов | М.: Дрофа, 2004 | 30 |

7.2. Электронные образовательные ресурсы

| | | | | |
|---|-------------|--|------------------------|--|
| 1 | Орехов С.Н. | Фармацевтическая биотехнология: учеб.пособие. –[Электронный ресурс]. –Режим доступа: www:studmedlib.ru | М.: ГЭОТАР–Медиа, 2013 | |
|---|-------------|--|------------------------|--|

| | | | |
|---|--|---|---------------------------|
| 2 | Орехов С.Н./под ред. В.А. Быкова, А.В. Катлинского | Фармацевтическая биотехнология. Руководство к практическим занятиям: учеб.пособие. –[Электронный ресурс]. –Режим доступа: www:studmedlib.ru. | М.: ГЭОТАР–Медиа, 2009 |
|---|--|---|---------------------------|

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| | | | |
|---|--|--|---|
| Б1.В.ДВ.2.2 Математическое моделирование в биологии и медицине | Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации; Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием в зависимости от степени сложности: ауд. № 412 (229) 357532, Ставропольский край, город Пятигорск, проспект Калинина, дом 11; Уч.корп.№1 | Доска школьная Шкаф вытяжной Столы химические пристенные Огнетушитель Столы ученические Стулья ученические Стол для преподавателя Стул преподавателя Шкаф для огнетушителей Набор химических реактивов Набор химической посуды Учебно-наглядные пособия | <ol style="list-style-type: none"> 1. Microsoft Office 365. Договор с ООО СТК «ВЕРШИНА» №27122016-1 от 27 декабря 2016 г. 2. Kaspersky Endpoint Security Russian Edition. 100149 Educational Renewal License 1FB61611211022338 70682. 100 лицензий. 3. Office Standard 2016. 200 лицензий OPEN 96197565ZZE1712. 4. Microsoft Open License :66237142 OPEN 96197565ZZE1712. 2017 5. Microsoft Open License : 66432164 OPEN 96439360ZZE1802. 2018. 6. Microsoft Open License : 68169617 OPEN 98108543ZZE1903. 2019. 7. Операционные системы OEM, OS Windows XP; OS Windows 7; OS Windows 8; OS Windows 10. На каждом системном блоке и/или моноблоке и/или ноутбуке. Номер лицензии |
|---|--|--|---|

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | | <p>скопирован в ПЗУ аппаратного средства и/или содержится в наклеенном на устройство стикере с голографической защитой.</p> <p>8. Система автоматизации управления учебным процессом ООО «Лаборатория ММИС»</p> <p>9. Доступ к личному кабинету в системе «4Portfolio». Договор № В-21.03/2017 203 от 29 марта 2017</p> <p>10. Доступ к личному кабинету в системе «ЭИОС»</p> <p>11. Система электронного тестирования VeralTest Professional 2.7. Акт предоставления прав № ИТ178496 от 14.10.2015 (бессрочно)</p> <p>12. ПО Unipro UGENE разрешение на использование от 29.05.15</p> <p>13. Химическая программа HyperChem 8.09. ID24369. Академ. лиц.</p> |
| | <p>Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием в зависимости от степени сложности: Учебная аудитория для проведения</p> | <p>Доска настенная 2-элементная Стол для преподавателя Стул преподавателя Стулья ученические Столешницы ученические Фотоэлектроколориметр Шкаф вытяжной</p> | |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | <p>занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: Ауд. №414 (231) 357532, Ставропольский край, город Пятигорск, проспект Калинина, дом 11; Уч.корп.№1</p> | <p>Столы химические пристенные Огнетушитель Шкаф для огнетушителей Набор химических реактивов Набор химической посуды Учебно-наглядные пособия</p> | |
| | <p>Лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием в зависимости от степени сложности: Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: Ауд. № 415 (232) 357532, Ставропольский край, город Пятигорск, проспект Калинина, дом 11; Уч.корп.№1</p> | <p>Доска школьная Шкаф вытяжной Столы химические пристенные Шкаф одностворчатый Стол химический пристенный из трех секций Стол для преподавателя Стул преподавателя Стулья ученические Столы ученические Лабораторный комплекс "Химия" Нагревательные приборы (электрические плитки) Водяные бани Магнитная мешалка РН –метр-410 лабор. Фотоколориметр Поляриметр Седиментометры (торсионные весы) Микроскопы Сталагмометры Траубе</p> | |

| | | | |
|--|---|---|--|
| | | <p>Приборы Ребиндера для определения поверхностного натяжения</p> <p>Вискозиметр Оствальда</p> <p>Кондуктометр</p> <p>Металлические штативы</p> <p>Штативы для пробирок</p> <p>Термометры</p> <p>Набор химической посуды</p> <p>Набор химических реактивов</p> <p>Учебно-наглядные пособия</p> | |
| | <p>Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: № 430 (245) 357532, Ставропольский край, город Пятигорск, проспект Калинина, дом 11; Уч.корп.№1</p> | <p>Компьютер</p> <p>Лабораторный РН-метр-150</p> <p>Магнитная мешалка</p> <p>МФУ HP Laserjet</p> <p>Шкаф вытяжной</p> <p>Столы химические пристенные</p> <p>Термостат электр. термовозд.</p> <p>Холодильник «Ока»</p> <p>Шкаф зеркальный</p> <p>Нагревательные приборы (электрические плитки)</p> <p>Водяная баня</p> <p>Нагревательные приборы (электрические плитки)</p> <p>Седиментометры (торсионные весы)</p> <p>Микроскопы</p> <p>Весы, разновесы</p> | |
| | <p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного</p> | <p>Моноблок</p> <p>Проектор</p> <p>Доска ученическая</p> <p>Столы ученические</p> <p>Стулья ученические</p> | |

| | | | |
|--|---|--|--|
| | типа: Лекционный зал левый (294) 357532, Ставропольский край, город Пятигорск, проспект Калинина, дом 11; Уч.корп.№1 | Стол для преподавателя Стул преподавателя Набор демонстрационного оборудования и учебно- наглядных пособий, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие программе дисциплины, рабочей учебной программе | |
|--|---|--|--|

9. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

9.1. Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

9.2. В целях освоения рабочей программы дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья кафедры обеспечивает:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий;
- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;
- выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

- надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;

3) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата:

- возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения кафедры, а также пребывание в указанных помещениях.

9.3. Образование обучающихся с инвалидностью и ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах.

9.4. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

| Категории студентов | Формы |
|---------------------|--|
| С нарушением слуха | - в печатной форме; - в форме электронного документа; |
| С нарушением зрения | - в печатной форме увеличенным шрифтом; - в форме электронного документа; |

| | |
|--|---|
| | - в форме аудиофайла; |
| С нарушением опорно-двигательного аппарата | - в печатной форме; - в форме электронного документа; - в форме аудиофайла; |

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

Перечень фондов оценочных средств, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы для студентов с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья включает следующие оценочные средства:

| Категории студентов | Виды оценочных средств | Формы контроля и оценки результатов |
|--|---|---|
| С нарушением слуха | тест | преимущественно письменная проверка |
| С нарушением зрения | собеседование | преимущественно устная проверка (индивидуально) |
| С нарушением опорно-двигательного аппарата | решение дистанционных тестов, контрольные вопросы | организация контроля с помощью электронной оболочки MOODLE, письменная проверка |

Студентам с инвалидностью и с ограниченными возможностями здоровья увеличивается время на подготовку ответов к зачёту.

2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями. Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся. При проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) обеспечивается выполнение следующих дополнительных требований в зависимости от индивидуальных особенностей обучающихся:

1. инструкция по порядку проведения процедуры оценивания предоставляется в доступной форме (устно, в письменной форме);
2. доступная форма предоставления заданий оценочных средств (в печатной форме, в печатной форме увеличенным шрифтом, в форме электронного документа, задания зачитываются ассистентом);
3. доступная форма предоставления ответов на задания (письменно на бумаге, набор ответов на компьютере, с использованием услуг ассистента, устно).

При необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) может проводиться в несколько этапов.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья предоставляются основная и дополнительная учебная литература в виде электронного документа в фонде библиотеки и/или в электронно-библиотечных системах. А также предоставляются бесплатно специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература и специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная работа. Под индивидуальной работой подразумевается две формы взаимодействия с преподавателем: индивидуальная учебная работа (консультации), т.е. дополнительное разъяснение учебного материала и углубленное изучение материала с теми обучающимися, которые в этом заинтересованы, и индивидуальная воспитательная работа. Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Освоение дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения:

– лекционная аудитория – мультимедийное оборудование, мобильный радиокласс (для студентов с нарушениями слуха); источники питания для индивидуальных технических средств;

- учебная аудитория для практических занятий (семинаров) мультимедийное оборудование, мобильный радиокласс (для студентов с нарушениями слуха);

- учебная аудитория для самостоятельной работы – стандартные рабочие места с персональными компьютерами; рабочее место с персональным компьютером, с программой экранного доступа, программой экранного увеличения и брайлевским дисплеем для студентов с нарушением зрения.

В каждой аудитории, где обучаются инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, должно быть предусмотрено соответствующее количество мест для обучающихся с учётом ограничений их здоровья.

В учебные аудитории должен быть беспрепятственный доступ для обучающихся инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья.