

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НН ТГУ)

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства
(БИОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор Биологического института

Д.С. Воробьев



20 23 г.

Рабочая программа дисциплины

Биофизика

по направлению подготовки

06.03.01 Биология

Направленность (профиль) подготовки:

«Биология»

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2023

Код дисциплины в учебном плане: Б1.О.37

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

Д.С. Воробьев

Председатель УМК

А.Л. Борисенко

Томск – 2023

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 – Способен применять принципы структурно-функциональной организации, использовать физиологические, цитологические, биохимические, биофизические методы анализа для оценки и коррекции состояния живых объектов и мониторинга среды их обитания.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-2.1. Демонстрирует понимание принципов структурно-функциональной организации живых систем;

ИОПК-2.2. Использует физиологические, цитологические, биохимические, биофизические методы анализа для оценки и коррекции состояния живых объектов и мониторинга среды их обитания.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить и понимать физико-химическую организацию в живой природе.

– Научиться применять физико-химические методы описания и анализа для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Семестр 7, экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются базовые знания физики, химии и математики и владение компьютерной грамотностью.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

– лекции: 36 ч.;

– семинарские занятия: 4 ч.

– практические занятия: 0 ч.;

– лабораторные работы: 32 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Введение в биофизику

Определение науки, история. Объекты, предмет, методы и уровни биофизических исследований.

Тема 2. Кинетика и динамика биологических процессов. Определение стационарного состояния

Формальный аппарат биокинетики, математическое моделирование в биофизике. Мат. модели ферментативных реакций, модели Мальтуса, Ферхюльста, Вольтерра. Влияние температуры на скорость протекания процессов.

Тема 3. Качественный анализ динамики систем

Фазовые пространства, линеаризация уравнений динамики в бесконечно малых пространствах. Типы особых точек в фазовом пространстве и динамические свойства систем. Предельные циклы. Распределённые системы, модель распределённых систем, принципы самоорганизации. Регулярная и хаотическая динамика.

Тема 4. Термодинамика биологических процессов, общие определения

1 и 2 законы расчеты термодинамических потенциалов. Постулат, формула и теорема Пригожина. Силы и потоки в линейной термодинамике Онзагера, сопряжение процессов. Принцип локального равновесия. Диссипативные структуры и их роль в живой природе.

Тема 5. Элементы молекулярной биофизики

Внутримолекулярные взаимодействия в биополимерах, роль внутримолекулярной динамики. Методы изучения динамики биополимеров, временная шкала внутримолекулярной динамики. Механизмы функционирования ферментов, концепция «белок-машина».

Тема 6. Общая характеристика основных структурных элементов мембран.

Двойной электрический слой. Транспорт через биомембраны. Модельные мембраны для изучения транспорта, модификаторы проводимости модельных мембран.

Тема 7. Электрохимический потенциал

Вывод уравнения Нернста для определения равновесного ионного потенциала. Равновесие Доннана. Ионные потоки через мембрану и их соотношение. Принцип независимости Уссинга. Потенциал покоя и потенциал действия, Активный транспорт ионов, ионные механизмы, лежащие в их основе. Общая структура ионных каналов, энергетические профили каналов. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Механизм распространения возбуждения по миелиновым и немиелиновым нервным волокнам.

Тема 8. Энергопреобразующие мембраны, трансформация энергии на биомембранах

Структура и энергозапасующие свойства АТФ. Окислительно-восстановительные потенциалы в биосистемах. Окислительное фосфорилирование, локализация и структура цепей транспорта электронов. Механизм окислительного фосфорилирования в митохондриях с точки зрения хемиосмотической теории. Строение и функции векторной H^+ -АТФазы. Основные следствия хемиосмотической теории и их экспериментальная проверка. Термогенная функция митохондрий. Бактериородопсин как фотоэлектрический генератор, фотофосфорилирование у галобактерий.

Тема 9. Сенсорные системы, рецепторы

Сопряжение между внешним стимулом и рецепторным потенциалом. Соотношения между интенсивностью стимула и эффективностью его восприятия. Фоторецепция. Зрительные пигменты, фотопревращения родопсина, генерация фоторецепторных потенциалов. Механизм усиления световых сигналов. Механорецепция, типы механорецепторов кожи. Терморецепция, типы рецепторов, ионный механизм формирования терморецепторных потенциалов. Акустическая рецепция, механизм формирования рецепторного потенциала, кодирование звуковой информации. Внешняя хеморецепция. Классификация запахов и механизм их восприятия. Восприятие вкусовых качеств, молекулярный механизм. Клеточная рецепция молекулярных сигналов.

Тема 10. Сократительные системы как одна из форм биологической подвижности

Механохимические преобразователи. Молекулярная структура и механизм подвижности белковых компонентов сократительного аппарата скелетных мышц. Режимы сокращения мышц, скользящая модель сокращения Хаксли. Запуск сокращения и преобразования энергии в скелетных мышцах. Механические характеристики мышц. Стационарное уравнение Хилла. Термодинамические и мощностные характеристики мышц.

Тема 11. Основные фотобиологические процессы и их стадии формирования

Поглощение света растворами, основные закономерности поглощения. Квантовый механизм фотовозбуждения молекул и их дезактивации. Флуоресценция, основные характеристики, законы Стокса и Вавилова. Интеркомбинационная конверсия в фотовозбуждённых молекулах, фосфоресценция. Биохемиллюминесценция, примеры её реализации. Миграция энергии возбуждения. Фотохимические процессы и основные закономерности их реализации. Количественные оценки фотохимических процессов, типы фотохимических превращений в биосистемах. Спектры фотобиологического действия. Действие УФ-света на нуклеиновые кислоты, фотореактивания и фотозащита клеток. Влияние УФ-облучения на белки, липиды и биомембраны.

Тема 12. Основы радиационной биофизики

Общая характеристика различных видов ионизирующей радиации. Единицы экспозиционной и поглощенной доз. Механизмы поглощения энергии рентгеновского излучения и гамма-излучения. Механизм поглощения энергии нейтронов и заряженных частиц. Относительная биологическая эффективность различных видов ионизирующей радиации, эквивалентные дозы. Принцип попадания, концепция мишеней. Формализация одноударного действия. Зависимость биологического эффекта ионизирующей радиации от величины поглощенной дозы (одноударное и многоударное действие). Прямое и не прямое действие ионизирующей радиации. Радиолиз воды и липидов. Радиотоксины. Репродуктивная и интерфазная гибель клеток, механизмы их формирования. Роль модифицирующих агентов в радиационном поражении. Радиопротекторы и радиосенсибилизаторы. Синергизм. Сравнительная радиочувствительность организмов. Поражаемость организмов в зависимости от дозы облучения. Острая лучевая болезнь. Отдаленные последствия лучевого поражения.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ и коллоквиумов и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен с оценкой в первом семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит три теоретических вопроса, проверяющих ИОПК-1.1 и ИОПК-1.2. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Простейшая модель ферментативного процесса (стационарная кинетика), вывод уравнения М-М.

2. Модели динамики популяций (Мальтуса, Ферхюльста, Вольтерра). Качественный анализ динамики открытых систем методом фазовой плоскости.

3. Типы особой точки и типы динамического поведения систем. Предельные циклы. Триггерные системы.

4. Экспериментальное определение величины энергии активации. Физический смысл членов интегрального уравнения Аррениуса. Теория абсолютных скоростей реакций Эйринга. Активированное состояние и активированные комплексы. Вывод уравнения Эйринга, смысл сомножителей уравнения.

5. II закон т.д. применительно к открытым системам (постулат Пригожина и уравнение Пригожина). II закон и развитие живых систем. Условие достижения стационарного состояния в открытых системах (теорема Пригожина).

6. Понятие диссипативных структур, условия их возникновения и поддержания. Моделирование диссипативных структур. Распределённые биологические системы, модель Тьюринга. Самоорганизация в биологических средах.

7. Силы внутримолекулярного взаимодействия, обеспечивающие организацию биополимеров. Природа гидрофобного взаимодействия, роль воды в нём.

8. Транспорт через биомембраны. Перенос веществ по механизмам простой и облегченной диффузии. Проницаемость и проводимость биомембран.

9. Вывод уравнения Нернста для определения равновесного ионного потенциала. Равновесие Доннана.

10. Ионные потоки через мембрану и их соотношение. Принцип независимости Уссинга. Потенциал покоя и потенциал действия, ионные механизмы, лежащие в их основе.

11. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Активация и инактивация ионных каналов, воротные токи.

12. Окислительное фосфорилирование, локализация и структура цепей транспорта электронов. Механизм окислительного фосфорилирования в митохондриях с точки зрения хемиосмотической теории. Строение и функции векторной H^+ -АТФазы.

13. Термогенная функция митохондрий. Бактериородопсин как фотоэлектрический генератор, фотофосфорилирование у галобактерий.

14. Зрительные пигменты, фотопревращения родопсина, генерация фоторецепторных потенциалов. Механизм усиления световых сигналов.

15. Механорецепция, типы механорецепторов кожи. Терморецепция, типы рецепторов, ионный механизм формирования терморецепторных потенциалов.

16. Акустическая рецепция, механизм формирования рецепторного потенциала, кодирование звуковой информации.

17. Внешняя хеморецепция. Классификация запахов и механизм их восприятия. Восприятие вкусовых качеств, молекулярный механизм.

18. Клеточная рецепция молекулярных сигналов.

19. Молекулярная структура и механизм подвижности белковых компонентов сократительного аппарата скелетных мышц. Режимы сокращения мышц, скользящая модель сокращения Хаксли.

20. Механические характеристики мышц. Стационарное уравнение Хилла. Термодинамические и мощностные характеристики мышц.

21. Квантовый механизм фотовозбуждения молекул и основные схемы дезактивации.

22. Биохемилюминесценция, примеры её реализации. Миграция энергии возбуждения.

23. Количественные оценки протекания фотохимических процессов, основные типы фотохимических превращений, характерных для биосистем.

24. Действие УФ-света на нуклеиновые кислоты, фотореактивация и фотозащита клеток. Влияние УФ-облучения на белки, липиды и биомембраны

25. Механизмы поглощения энергии рентгеновского излучения и гамма-излучения. Механизм поглощения энергии нейтронов и заряженных частиц.

27. Принцип попадания, концепция мишеней. Формализация одноударного действия. Зависимость биологического эффекта ионизирующей радиации от величины поглощенной дозы (одноударное и многоударное действие).

28. Репродуктивная и интерфазная гибель клеток, механизмы их формирования. Роль модифицирующих агентов в радиационном поражении. Радиопротекторы и радиосенсибилизаторы.

29. Сравнительная радиочувствительность организмов. Поражаемость организмов в зависимости от дозы облучения.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

«неудовлетворительно»– студент слабо подготовлен теоретически, не владеет основами о структуре и функциях организма, при изложении допускает грубые ошибки, не владеет специальной терминологией.

«удовлетворительно» – студент слабо подготовлен теоретически, знания поверхностны, при решении задач может предложить шаги, направленные к правильному решению, но допускает ошибки и дает неправильный ответ; при использовании специальной терминологии допускает ошибки;

«хорошо» – студент хорошо подготовлен, устный ответ четко структурирован, последователен, ход решения задач в целом верный, но при изложении материала и в использовании специальной терминологии допускаются отдельные ошибки;

«отлично» – студент хорошо подготовлен, устный ответ четко структурирован, последователен, ход решения задач верный, ответ правильный и полный, хорошо владеет специальной терминологией.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=00000>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Артюхов В.Г. и др. Биофизика. Учебник для ВУЗов. М: Академический проект, 2013. 294 с.

– Журавлёв А.И. Квантовая биофизика животных и человека: учебное пособие. М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011 – 398 с.

– Ванаг В.К. Диссипативные структуры в реакционно-диффузионных системах. Эксперимент и теория. М: ИКИ, 2008. 300 с.

– Рубин А.Б. Биофизика: в 3-х томах. (1т. - Теоретическая биофизика. 472 с.; 2 т. – Биофизика клеточных процессов. Биофизика мембранных процессов. 384 с.; 3 т. - Биофизика клеточных процессов. Механизмы первичных фотобиологических процессов. 480 с.). М: ИКИ, 2013.

б) дополнительная литература:

– Ярославцев А.Б. Мембраны и мембранные технологии. М: Научный мир, 2013. 612 с.

– Джаксон М.Б. Молекулярная и клеточная биофизика. М: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012-551 с.

в) ресурсы сети Интернет:

– онлайн-курсы МГУ.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

- б) информационные справочные системы:
- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
 - Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
 - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
 - Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
 - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
 - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Большаков Михаил Алексеевич, доктор биологических наук, профессор, кафедра физиологии человека и животных БИ Ни ТГУ, профессор