

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное автономное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Национальный исследовательский**  
**Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол от «16» января 2024г. №1

**Рабочая программа дисциплины**  
**Биофизика (кандидатский экзамен)**

Уровень высшего образования  
**Подготовка научных и научно-педагогических кадров**

Программа аспирантуры  
**Биофизика**

Научная специальность  
**1.5.2 Биофизика**

Форма обучения  
**Очная**

Нижний Новгород  
2024 год

### 1. Место и цель дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Биофизика (кандидатский экзамен)» относится к числу *обязательных* дисциплин образовательного компонента программы аспирантуры и изучается на 3 году обучения в 6 семестре.

**Цель дисциплины** – *изучить физические и физико-химические закономерности строения и функционирования биологических систем различного уровня организации*

### 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Выпускник, освоивший программу, должен

**Знать:** физические и физико-химические закономерности строения и функционирования биологических систем различного уровня организации

**Уметь:** уметь применить интегральный подход к анализу физических и физико-химических процессов, протекающих в биологических системах

**Владеть:** навыками получения, анализа и представления новых фундаментальных научных и прикладных результатов в области биофизики

### 3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., всего - 108 часов, из которых 64 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа – 18 часов, семинарского типа – 46 часов), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, 8 часов – контроль.

**Таблица 2**

**Структура дисциплины**

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					
		Контактная работа, часов					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Введение	4	1	1			2	2
2. Теоретическая биофизика	16	2	8			10	6
3. Молекулярная биофизика	16	2	8			10	6
4. Биофизика клеточных и мембранных процессов.	23	5	10			15	8
5. Биофизика фотобиологических процессов	21	4	10			14	7
6. Радиационная биофизика	20	4	9			13	7
Промежуточная аттестация: – Экзамен	8						
Итого	108	18	46			64	36

**Таблица 3****Содержание дисциплины**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование раздела дисциплины</b>	<b>Содержание раздела</b>	<b>Форма проведения занятия</b>	<b>Форма текущего контроля*</b>
1.	Введение	Предмет и задачи биофизики. Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах.	Лекция, семинар	Опрос Представление докладов
2.	Теоретическая биофизика	Кинетика биологических процессов Основные особенности кинетики биологических процессов. Задачи математического моделирования в биологии. Принципы построения математических моделей биологических систем. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Множественность стационарных состояний. Колебательные процессы в биологии. Кинетика ферментативных реакций. Термодинамика биологических процессов Классификация термодинамических систем. Законы термодинамики в биологии. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах. Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термодинамическое сопряжение реакций. Понятие обобщенных сил и потоков. Связь энтропии и информации в биологических системах.	Лекция, семинар	Опрос Дискуссия Представление докладов
3.	Молекулярная биофизика	Типы слабых взаимодействий. Взаимодействия Ван-дер-Ваальса, водородные связи, гидрофобное взаимодействие. Поворотная изомеризация и энергия внутреннего вращения. Стерические карты. Процесс образования вторичных структур белка, изменение энергии. Фазовые переходы. Кооперативные свойства макромолекул. Методы изучения пространственной структуры биологических макромолекул.	Лекция, семинар	Опрос Дискуссия Представление докладов
4	Биофизика клеточных и мембранных процессов.	Биологические мембраны – основа структурно-функциональной организации живых систем. Полиморфизм липидов Липидный бислой как самоорганизующуюся структура. Механизмы разрушения липидного бислоя. Искусственные бислойные мембраны (БЛМ). Липосомы, их роль в фундаментальных исследованиях и практических разработках. Динамические свойства мембран. Вязкость (микровязкость) мембран. Фазовые переходы в мембранах. Термодинамика фазовых переходов.	Лекция, семинар	Опрос Дискуссия Представление докладов

		<p>Кооперативность фазовых переходов. Гетерогенное распределение липидов. Рафты. Анулярные липиды. Биогенез мембран. Повреждение мембран при перекисном окислении липидов. Биофизика транспортных процессов и биоэлектрогенез.</p> <p>Простая диффузия. Ограниченная диффузия. Облегченная диффузия. Проницаемость мембран для воды. Осмос. Аквапорины.</p> <p>Электрохимический потенциал. Уравнение Нернста-Планка. Уравнения постоянного поля для потенциала и ионного тока. Потенциал покоя. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Транспортные АТФазы. Структура ионных каналов. Модель параллельно функционирующих пассивных и активных путей переноса ионов. Потенциал действия. Механизм генерации. Кинетика ионных потоков при возбуждении. Воротные токи. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Распространение возбуждения. Кабельные свойства нервных волокон.</p> <p>Биофизика сократительных систем Молекулярные механизмы мышечного сокращения. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики Модель Хилла. Молекулярные механизмы немышечной подвижности.</p> <p>Биофизика рецепции Общие закономерности взаимодействия лигандов в рецепторах. Фоторецепция. Строение зрительной клетки. Фотохимические превращения родопсина. Механизмы генерации рецепторного потенциала.</p>		
5.	Биофизика фотобиологических процессов	<p>Основные стадии фотобиологического процесса. Люминесценция. Фотохимические процессы.</p> <p>Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран. Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электрон-транспортных цепях при фотосинтезе. Основные типы фоторегуляторных реакций. Фитохром - универсальная фоторецепторная система. Фотодеструктивные процессы.</p>	Лекция, семинар	Опрос Дискуссия Представление докладов
6.	Радиационная биофизика	<p>Общая характеристика ионизирующих излучений. Использование различных видов излучений в медицине, технике и сельском хозяйстве. Естественный радиационный фон. Механизмы поглощения рентгеновских и гамма-излучений, нейтронов, заряженных частиц. Единицы доз ионизирующих</p>	Лекция, семинар	Опрос Дискуссия Представление докладов

		излучений. Инактивация молекул в результате прямого и непрямого действия ионизирующих излучений. Роль модификаторов в радиоллизе молекул. Принцип попадания, концепция мишени. Первичные физико-химические процессы в облучённой клетке. Роль повреждения биологических мембран в радиационных нарушениях клетки. Восстановительные процессы при лучевом поражении. Временные и дозовые эффекты радиации.		
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

#### **4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся предусматривает работу с информационными источниками (статьи, монографии, интернет-ресурсы на государственном и английском языках), подготовку докладов с представлением материала в виде компьютерных презентаций.

#### **5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине**

##### ***5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.***

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

- уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные членами комиссии);
- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;
- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая сжатости);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,
- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

##### ***Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме экзамена***

Оценка *отлично* – исчерпывающее владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, твердое знание основных положений дисциплины, умение применять концептуальный аппарат при анализе актуальных проблем. Логически последовательные, содержательные, конкретные ответы на все вопросы.

Оценка *хорошо* – достаточно полные знания программного материала, правильное понимание сути вопросов, знание определений, умение формулировать тезисы и аргументы. Ответы последовательные и в целом правильные, хотя допускаются неточности, поверхностное знакомство с отдельными теориями и фактами, достаточно формальное отношение к рекомендованным для подготовки материалам.

Оценка *удовлетворительно* – фрагментарные знания, расплывчатые представления о предмете. Ответ содержит как правильные утверждения, так и ошибки, возможно, грубые.

Испытуемый плохо ориентируется в учебном материале, не может устранить неточности в своем ответе даже после наводящих вопросов.

Оценка *неудовлетворительно* – отсутствие ответа хотя бы на один из основных вопросов, либо грубые ошибки в ответах, полное непонимание смысла проблем, не достаточно полное владение терминологией.

## ***5.2. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, используемых для оценивания результатов обучения по дисциплине***

### *Примерные темы дискуссионных занятий*

- Необходимо ли знание теоретической биофизики (термодинамика и кинетика) в современном экспериментальном исследовании?
- Насколько жестко связаны структура и функции белковых молекул?
- Специфичность лиганд-репторного взаимодействия
- Роль внешних факторов и эндогенных сигналов в регуляции активности фотосинтеза
- «Безвредные» дозы радиации

### *Требования к докладу:*

Работа должна представлять собой обзор научной и научно-технической литературы по теме доклада (не менее 10 научно-образовательных источников). Должны быть проанализированы источники как на государственном, так и на английском языке. Должен быть проведен анализ материала, четко сформулированы цели и задачи проведения обзора, а также основные выводы или заключение. Тема доклада может быть связана с собственным диссертационным проектом аспиранта, если он согласуется с данной дисциплиной. В этом случае тематика доклада должна быть согласована с преподавателем. Время доклада – 20-30 минут. Презентация должна быть выполнена на русском языке в программе PowerPoint, адекватно иллюстрирована (рисунками, схемами, таблицами), логически согласована с докладом. Желательно свободное изложение доклада без зачитывания печатного текста. Оценивается владение материалом по теме работы, умение сформулировать ответы на вопросы, умение поддержать дискуссию.

### *Примерные темы докладов на семинарах:*

1. Особенности термодинамики биологических процессов.
2. Энергетическое сопряжение транспорта соединений через мембраны.
3. Математическое моделирование как способ изучения механизмов биологических процессов.
4. Кинетика ферментативных реакций. Методы изучения.
5. Биологическая мембрана как универсальная структурно-функциональная единица живых систем.
6. Силы, поддерживающие структуру липидно-белковых мембран.
7. Методы изучения подвижности компонентов биологических мембран.
8. Рафты. Роль рафтов в осуществлении функций мембраны.
9. Транспорт воды через мембраны. Роль аквапоринов.
10. Молекулярные механизмы биологической подвижности.
11. Молекулярные механизмы функционирования мембранных рецепторов.

12. Фотосинтетический реакционный центр. Структурно-функциональная организация.

13. Фоторегуляторные реакции.

14. Естественный радиационный фон. Источники, вклад.

15. Модификация радиочувствительности.

16. Репарация ДНК при радиационном повреждении.

*Темы семинаров окончательно формулируются (уточняются) исходя из специфики выполняемых научно-исследуемых работ аспирантов.*

#### *Вопросы для контроля*

1. Предмет и задачи биофизики.
2. Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах.
3. Основные особенности кинетики биологических процессов.
4. Принципы построения математических моделей биологических систем.
5. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов.
6. Колебательные процессы в биологии.
7. Кинетика ферментативных реакций.
8. Термодинамика и ее задачи.
9. Классификация термодинамических систем.
10. Законы термодинамики и их приложимость к биосистемам.
11. Функции свободной энергии. Значение.
12. Термодинамическое сопряжение реакций.
13. Биологические системы как открытые системы. Уравнение Пригожина.
14. Стационарное состояние биосистемы. Устойчивость стационарного состояния.
15. Связь энтропии и информации в биологических системах.
16. Типы слабых взаимодействий. Сопоставление энергии сильных и слабых взаимодействий.
17. Природа взаимодействий Ван-дер-Ваальса.
18. Природа водородных связей. Свойства.
19. Гидрофобное взаимодействие.
20. Поворотная изомеризация и энергия внутреннего вращения в пептидной цепи.
21. Карты разрешенных и запрещенных конформаций пептидной цепи.
22. Вторичные структуры белка. Характеристика вторичных структур.
23. Изменение энергии при образовании вторичных структур.
24. Закономерности пространственной укладки белков и нуклеиновых кислот.
25. Фазовые переходы. Кооперативные свойства макромолекул.
26. Методы изучения пространственной структуры биологических макромолекул.
27. Структурно-функциональная организация биологических мембран.
28. Поведение липидов в полярных растворителях. Полиморфизм липидов.
29. Механизмы разрушения липидного бислоя.
30. Искусственные бислойные мембраны (БЛМ). Липосомы.
31. Динамические свойства мембран. Методы изучения. Вязкость (микровязкость) мембран.
32. Фазовые переходы в мембранах. Термодинамика фазовых переходов.

33. Гетерогенное распределение липидов в биологических мембранах. Рафты. Анулярные липиды.

34. Биогенез компонентов мембран. Транспорт белков и липидов в мембраны.

35. Повреждение мембран при перекисном окислении липидов.

36. Простая диффузия. Облегченная диффузия.

37. Проницаемость мембран для воды. Осмос. Аквапорины.

38. Электрохимический потенциал. Уравнение Нернста-Планка.

39. Уравнения постоянного поля для потенциала и ионного тока.

40. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов.

41. Транспортные АТФазы. Механизм функционирования.

42. Структура ионных каналов.

43. Мембранный потенциал как совокупность диффузионной и метаболической компонент.

44. Потенциал действия. Механизм генерации.

45. Кинетика ионных потоков при возбуждении. Воротные токи.

46. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли.

47. Распространение возбуждения. Кабельные свойства нервных волокон.

48. Молекулярные механизмы мышечного сокращения.

49. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики.

50. Модель Хилла.

51. Общие закономерности взаимодействия лигандов в рецепторах.

52. Фоторецепция. Строение зрительной клетки.

53. Фотохимические превращения родопсина. Механизмы генерации рецепторного потенциала.

54. Основные стадии фотобиологического процесса.

55. Фотохимические процессы.

56. Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран.

57. Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электрон-транспортных цепях при фотосинтезе.

58. Основные типы фоторегуляторных реакций. Фитохром - универсальная фоторецепторная система.

59. Фотодеструктивные процессы.

60. Общая характеристика ионизирующих излучений.

61. Естественный радиационный фон.

62. Ионизирующие излучения в практике.

63. Механизмы поглощения рентгеновских и гамма-излучений, нейтронов, заряженных частиц.

64. Единицы доз ионизирующих излучений.

65. Прямое и косвенное действие ионизирующих излучений.

66. Принцип попадания, концепция мишени.

67. Первичные физико-химические процессы в облученной клетке.

68. Повреждения биологических мембран при радиационных нарушениях клетки.

69. Восстановительные процессы при лучевом поражении.

70. Временные и дозовые эффекты радиации.

**6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**



#### а) Основная литература

1. Физика и биофизика [Электронный ресурс]: учебник / В. Ф. Антонов, Е. К. Козлова, А. М. Черныш. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970435267.html>

2. Биофизика: учеб. для вузов./Артюхов В. Г., Ковалева Т. А., Наквасина М. А., Башарина О. В., Путинцева О. В. - М.: Академический Проект, 2013. - 294 с.

#### б) Дополнительная литература

1. Практикум по биофизике. Часть 1 [Электронный ресурс] / Рубин А.Б. ; в 2 ч. - М. : БИНОМ, 2015. - (Учебник для высшей школы).

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996330256.html>

2. БИОФИЗИКА: В 2 т. Т. 1: Теоретическая биофизика [Электронный ресурс]: учебник / Рубин А.Б. - 3-е изд. - М. : Издательство Московского государственного университета, 2004. - (Классический университетский учебник). -

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5211061101.html>

#### в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. <http://elibrary.ru>

2. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

3. <http://www.tandfonline.com/loi/>

### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;

- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование;

- лицензионное программное обеспечение: *Windows, Microsoft Office*;

- обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

ресурсам.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122), Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 № 951).

Авторы:

Авторы Воденев В.А.

Рецензент(ы) Ведунова М.В.

Заведующий кафедрой Воденев В.А.

**Программа одобрена** на заседании Методической комиссии Института биологии и биомедицины от 05.12.2023 года, протокол № 2.