Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет имени В.А. Бондаренко»

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.В.Э.1.2 Современные проблемы молекулярной биофизики»

Уровень высшего образования

МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки
03.04.02 Физика
(код и наименование направления подготовки)

Биохимическая и медицинская физика
(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
Магистр

Форма обучения
Очная

Год набора 2026

Рабочая программа дисциплины «*Б1.Д.В.Э.1.2 Современные проблемы молекулярной биофизики*» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния
наименование кафедры

протокол № 4 от "17" 03 2026г.

Заведующий кафедрой
Кафедра биофизики и физики конденсированного состояния _____ В.Л. Бердинский
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
профессор кафедры БФФКС _____ С.Н. Летута
должность *подпись* *расшифровка подписи*

_____
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по направлению подготовки
03.04.02 Физика _____ М.Г. Кучеренко
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Научный руководитель магистерской программы _____ С.Н. Летута
личная подпись *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
_____ С.А. Биктимирова
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
_____ А.Д. Стрекаловская
личная подпись *расшифровка подписи*

№ регистрации _____

© Летута С.Н., 2026
© ОГУ, 2026

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цель (цели) освоения дисциплины:

ознакомление студентов с новыми тенденциями и современными исследованиями в области физики и биофизики, структурной и молекулярной биологии, молекулярной медицины и новыми направлениями исследований в частности, возникшими в последние годы в ведущих научно-исследовательских академических и учебных институтах.

Задачи:

– изучение основ молекулярной биофизики, особенностей строения и структуры белковых молекул и нуклеиновых кислот;

– ознакомление с методами исследования структуры основных биомакромолекул, проблемами, существующих в данной области;

– освоение терминологии, применяемой в молекулярной биофизике;

– получение навыков моделирования структуры макромолекул с использованием вычислительной техники, формирование соответствующих компетенций согласно требованиям основной образовательной программы;

– приобретение обучающимися знаний в области молекулярной биофизики как теоретической базы для изучения последующих дисциплин профессионального цикла;

– приобретение обучающимися навыков реализации теоретических знаний на практике в рамках выполнения лабораторных работ с применением интерактивных методов и закреплением соответствующих компетенций.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам (модулям) по выбору вариативной части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.8 Молекулярная биофизика*

Постреквизиты дисциплины: *Отсутствуют*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1-В-1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	**Знать:** принципы работы со специальной литературой; приёмы работы с аппаратурой для проведения биофизических исследований; методы анализа и обработки экспериментальных данных **Уметь:** применять физические методы исследования к изучению биологических систем; **Владеть:** методами проведения биофизических исследований с учетом особенностей объекта исследования
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2-В-2 Формирует планграфик реализации проекта в целом и план контроля его	**Знать:** аспекты структурной организации и физические принципы функционирования биосистем; отличия и взаимоотношение между биологическими и физическими аспектами жизнедеятельности;

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
	выполнения	**Уметь:** обосновывать биологический и физический смысл происходящих в живой системе процессов и явлений с использованием физико-математического аппарата **Владеть:** навыками участия в проведении биофизических, экологических и научно-технических исследований с применением технических средств, информационных технологий и методов обработки результатов
ПК*-3 ПК-3 Способен проводить анализ и синтез научной информации и представлять её в устной и письменной форме	ПК*-3-В-1 Имеет навыки работы с научной литературой, оформления данных и подготовки докладов	**Знать:** физико-химические свойства основных неорганических и органических компонентов живых существ: воды, неорганических ионов, белков, жиров, углеводов, нуклеотидов; - основные типы строения клеток и внутриклеточных органелл; **Уметь:** свободно ориентироваться в массивах научно-технической информации по современным проблемам биофизики и биомеханики применительно к задачам создания биомедицинских аппаратов и систем. **Владеть:** основной терминологией по данному курсу; методикой применения основных физических и химических закономерностей к описанию биологических процессов.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов	
	2 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**144**	**144**
Контактная работа:	**41,25**	**41,25**
Лекции (Л)	8	8
Практические занятия (ПЗ)	32	32
Консультации	1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,25
Самостоятельная работа: *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю и т.п.)*	**102,75**	**102,75**
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 2 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Введение. Основы молекулярной биофизики	27	1	6		20
2	Структура белковых молекул и молекул ДНК	30	2	7		21
3	Современные проблемы молекулярной биофизики: методы и особенности исследования структуры биомакромолекул	30	2	7		21
4	Динамическое поведение биологических макромолекул в растворах	28	1	6		21
5	Моделирование структуры белков с использованием вычислительной техники	29	2	6		21
	Итого:	144	8	32		104
	Всего:	144	8	32		104

4.2 Содержание разделов дисциплины

1 раздел Введение. Основы молекулярной биофизики

Предмет и методы молекулярной биофизики. История развития. Сывороточный альбумин человека: содержание в крови, основные функции. Этапы транспортной функции белка. Среднечисленная, средневесовая и средневискозиметрическая молекулярная масса. Методы определения молекулярных масс биомакромолекул: осмометрия, гельхроматография, электрофорез в полиакриламидном геле, рассеяние света, вискозиметрия.

Конформационная потенциальная энергия белковых макромолекул. Внутри- и межмолекулярные силы и взаимодействия биомакромолекул: кулоновское взаимодействие, иондипольные взаимодействия, вандерваальсовы силы, водородные силы, стерические силы. Ионные растворы. Кинетический и термодинамический подходы для описания сольватации ионов в растворах. Структура раствора неполярных молекул: гидрофобное взаимодействие.

2 раздел Структура белковых молекул и молекул ДНК

Первичная структура. Ионизационное равновесие в белках, полярность белковых аминокислотных остатков.

Вторичная структура. Влияние электростатических сил и гидрофобных взаимодействий на стабильность вторичной структуры полипептидов и белков. Третичная структура. Термодинамическая модель структурной организации белков. Макромолекулярная организация глобулярных белков. "Капельная" модель Бреслера и Талмуда. "Сферическая" модель Фишера. Физические принципы самоорганизации белковых молекул. Стадии самосборки белковых молекул. Связь между структурным и функциональным подобием. Вырожденность конфигурационной информации. Физическая теория структурной организации белков. Метод теоретического конформационного анализа.

Четвертичная структура. Анализ числа субъединиц и их взаимного расположения. Стабильность четвертичной структуры белков. Методы предсказания структуры белков, построение молекулярных моделей с помощью ЭВМ.

Конформационный анализ. Углы вращения остова нуклеиновой кислоты и стерические ограничения. Взаимодействия первого и второго порядка. Силы, стабилизирующие упорядоченные конформации. Типы спаривания оснований в кристаллах и в растворе. Стэкинг оснований. Основные силы, обеспечивающие стэкинг взаимодействия. Третичная структура нуклеиновых кислот. Структура хроматина.

3 раздел Современные проблемы молекулярной биофизики: методы и особенности исследования структуры биомакромолекул

Инфракрасная спектроскопия полипептидов и белков. Основные типы колебаний атомов в молекулах. Характеристические частоты колебания атомов пептидной группы белков. Метод дейтерообмена. Анализ вторичной структуры белка методом ИК спектроскопии.

Рентгеноструктурный анализ белков. Рентгеноструктурный анализ глобулярных белков. Миллеровы плоскости отражения рентгеновских лучей. Закон Брегга-Вульфа. Понятие обратной кристаллической решетки, векторная форма уравнения Брегга-Вульфа. Проблема фаз и метод изоморфного замещения. Определение структурных факторов, вычисление электронной плотности. Создание пространственной модели белков.

Анализ структуры и функции полипептидов и белков методом флуоресцентных зондов. Основные типы флуоресцентных зондов. Параметры поглощения и флуоресценции зондов.

Резонансные методы исследования структуры и функции полипептидов и белков: ЯМР, ЭПР. Физическая теория структурной организации белка. Ближние, средние, дальние внутримолекулярные невалентные взаимодействия. Количественная оценка энергии всех видов взаимодействий белка. ЯМР высокого разрешения полипептидов белков. Параметры спектров ЯМР. Связь параметров спектра ЯМР с физическими характеристиками молекул. ЯМР-спектроскопия биологических систем. Метод электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). Физические основы метода. Параметры спектров ЭПР. Сверхтонкое взаимодействие. Контактное взаимодействие. Анизотропное сверхтонкое расщепление. ЭПР-спектроскопия металлсодержащих белков.

Метод спиновых меток и зондов. Время корреляции вращательной диффузии, параметр упорядоченности, параметр гидрофобности.

4 раздел Динамическое поведение биологических макромолекул в растворах

Взаимодействие биомакромолекул с лигандами. Типы связывания.

Кооперативное связывание кислорода гемоглобином. Кривая оксигенации. Анализ равновесия связывания кислорода. Константа Хилла и энергия взаимодействия гем-гем. Эффект Бора.

Конформационное равновесие в полипептидах и белках: переход спираль-клубок. Конформационная стабильность и конформационные изменения. Термодинамическое описание перехода. Анализ конформационного равновесия простых линейных цепей с помощью статистических сумм. Методы и правила нахождения статистической суммы. Модель перехода спираль–клубок типа "застежка–молния". Описание перехода спираль–клубок. Процесс денатурации белков.

Структурные переходы в нуклеиновых кислотах. Структура и стабильность одноцепочечных нуклеиновых кислот. Равновесие между одно- и двухцепочечными структурами. Температура плавления и стабильность. Влияние pH на структуру полинуклеотидов. Гидродинамические исследования плавления двойной спирали. Влияние ионной силы на термостабильность двойной спирали и на плавление полинуклеотидов. Плавление ДНК. Ренатурация комплементарных цепей. Связывание нуклеиновых кислот с лигандами. Основные механизмы связывания.

5 раздел Моделирование структуры белков с использованием вычислительной техники.

Термодинамическая модель самоорганизации белковой молекулы. Нелинейная неравновесная термодинамика И. Пригожина: теория диссипативных систем, теория бифуркаций. Феноменологическая бифуркационная модель самосборки белка. Фрагментарный метод теоретического конформационного анализа пептидов и белков

4.3 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Определение среднечисленной, средневесовой и средневискозиметрической молекулярной массы. Методы определения молекулярных масс биомакромолекул: электрофорез в полиакриламидном геле, рассеяние света, вискозиметрия.	5
2	2	Анализ спектров поглощения белков в ИК диапазоне. Анализ вторичной структуры белка методом ИК спектроскопии.	6
3	3	Резонансные методы исследования структуры и функции полипептидов и белков: ЭПР.	6
4	3	Анализ структуры и функции полипептидов и белков методом флуоресцентных зондов. Параметры поглощения и флуоресценции зондов.	5

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
5	4	Исследование взаимодействия биомакромолекул с лигандами. Типы связывания. Структурные переходы в нуклеиновых кислотах. Температура плавления и стабильность. Влияние pH на структуру полинуклеотидов. Плавление ДНК.	5
6	5	Моделирование структуры белков с использованием вычислительной техники.	5
		Итого:	32

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1. Летута, С. Введение в физику : учебное пособие / С. Летута, А. Чакак ; Оренбургский государственный университет. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2011. – 501 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259246 (дата обращения: 23.04.2026). – Текст : электронный.

2. Канюков, В. Н. Белки. Липиды [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Н. Канюков, А. Д. Стрекаловская, Т. А. Санеева; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: Kb). - Оренбург : ОГУ, 2012. -Adobe Acrobat Reader 6.0. – Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/3359_20121123.pdf

5.2 Дополнительная литература

1. Иродов, И. Е. Физика макросистем : основные законы : учебное пособие : [16+] / И. Е. Иродов. – 8-е изд. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. – 210 с. : ил., табл., схем. – (Общая физика). – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=712976 (дата обращения: 23.04.2026). – ISBN 978-5-00101-826-1. – Текст : электронный.

2. Кикоин, А. И. Молекулярная физика : учебное пособие / А. И. Кикоин, И. К. Кикоин ; ред. В. А. Григорова. – 2-е изд., переработанное. – Москва : Наука, 1976. – 478 с. : ил. – (Общий курс физики). – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437547 (дата обращения: 23.04.2026). – ISBN 978-5-4475-8020-9. – Текст : электронный.

5.3 Периодические издания

1. Журнал экспериментальной и теоретической физики : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2016.

2. Успехи физических наук : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2016.

3. Оптика и спектроскопия : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2017, 2018.

5.4 Интернет-ресурсы

1. www.ph4s.ru - Физика студентам и школьникам. Образовательный проект А.Н. Варгина, МИФИ.

2. http://kvant.mccme.ru/ - Научно-популярный физико-математический журнал «Квант».

3. http://www.physbook.ru/ - Электронные учебники и журналы по физике.

4. https://openedu.ru/course/ - «Открытое образование», Каталог курсов, МООК: «Квантовая физика».

5. http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index - Журнал экспериментальной и теоретической физики.

6. https://ufn.ru/ - Успехи физических наук : журнал.

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Перечень лицензионного программного обеспечения

1. Операционная система РЕД ОС.
2. Пакет офисных приложений «МойОфис Образование»
3. Для работы с ресурсами Интернет - веб-браузер Яндекс https://yandex.ru/..
4. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2026]. – Режим доступа в сети ОГУ http://garant.net.osu.ru
5. Автоматизированная интерактивная система сетевого тестирования - АИССТ (зарегистрирована в РОСПАТЕНТ, Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2011610456, правообладатель – Оренбургский государственный университет), режим доступа - http://aist.osu.ru.

Специализированное ПО, используемое при реализации образовательных программ ФизФ

1. "Облако знаний.Школа", облачный сервис https://school.imumk.ru Договор от 21.12.2021 № СКАН_132/223-4.2.1.2/49 ООО "ФИЗИКОН ЛАБ" 5 лет (по 20.12.2026г)
2. "Виртуальный практикум по физике для вузов" облачный сервис https://school.imumk.ru Договор №281/57 от 15.12.2021 ООО "ФИЗИКОН ЛАБ"5 лет (по 15.12.2026г)

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.