



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Биологический факультет
Кафедра биохимии и биофизики



«Утверждаю»
Проректор по научной работе и
инновациям

Н.А. Ашурбеков

«15» марта 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Молекулярная биофизика»

по направлению подготовки: 06.06.01 Биологические науки

Профиль подготовки
03.01.02 Биофизика

Уровень образования: подготовка кадров высшей квалификации
(аспирантура)

Квалификация (степень) выпускника:
«Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Статус дисциплины: дисциплина по выбору

Махачкала - 2021

Рабочая программа дисциплины составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 06.06.01 – Биологические науки, уровень высшего образования – подготовка кадров высшей квалификации: «Исследователь. Преподаватель-исследователь» от 30 июля 2014 г. № 871

Разработчик: кафедра биохимии и биофизики, Халилов Р.А., к.б.н., доцент
_____ и Джафарова А.М., к.б.н., доцент _____

Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры биохимии и биофизики от 26 января 2021 г., протокол № 5

Зав. кафедрой _____ Халилов Р. А.

на заседании Методической комиссии биологического факультета от 27 января 2021 г., протокол №5

Председатель _____ Рамазанова П.Б.

Рабочая программа дисциплины согласована с Управлением аспирантуры и докторантуры «15» марта 2021 г. _____ Э. Т. Рамазанова

Аннотация

Дисциплина входит в вариативную по выбору часть блока 1 «Обязательные дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования – подготовка кадров высшей квалификации по направлению подготовки 06.06.01 – Биологические науки.

Объём курса – 3 зачетных единиц (108 академических часа): 12 академических часов лекций; 12 академических часов практических занятий; 84 академических часа самостоятельной внеаудиторной работы аспирантов. Форма промежуточной аттестации – зачет.

Дисциплина реализуется кафедрой биохимии и биофизики.

Целью курса является формирование у аспирантов знаний о физических принципах формирования структуры и конформационной подвижности биополимеров, о связи между структурой биополимера и его функциями, о современных методах изучения структуры и динамики биополимеров

Задачи изучения дисциплины заключаются в формировании знаний:

- о фундаментальных закономерностях формирования нативной структуры биополимеров и взаимодействиях, стабилизирующих структуру биополимеров
- о механизмах влияния различных физико-химических факторов на структуру биополимеров
- о механизмах функционирования различных молекулярных машин
- о физических методах исследования структуры и конформационной подвижности биополимеров
- о возможностях применения биополимеров в современных нанотехнологиях
- об электронном строении и спектральных характеристиках биополимеров

Содержание дисциплины охватывает весь круг вопросов, связанных с физическими принципами формирования структуры биополимеров и механизмами их функционирования, квантово-механическими представлениями об электронном строении и спектральных характеристиках биополимеров, механизмами миграции энергии и межмолекулярного переноса энергии в биоструктурах. Для изучения дисциплины аспиранты должны обладать базовыми знаниями по биохимии, молекулярной биологии, физической химии, математике и физике.

В рамках данной дисциплины углубляются и развиваются следующие компетенции

Общепрофессиональные компетенции

ОПК-1, ОПК-2

Профессиональные компетенции

ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны:

Знать: 31(ОПК-1), 32(ОПК-1), 31(ОПК-2), 32(ОПК-2), 31(ПК-1), 32(ПК-1), 33(ПК-1), 31(ПК-3), 32(ПК-3), 31(ПК-4), 32(ПК-4), 31(ПК-5), 32(ПК-5)

Уметь: У1(ОПК-1), У2(ОПК-1), У3(ОПК-1), У4(ОПК-1), У5(ОПК-1), У1(ОПК-2), У2(ОПК-2), У1(ПК-1), У2(ПК-1), У1(ПК-3), У1(ПК-4) У2(ПК-4), У1(ПК-5), У2(ПК-5)

Владеть: В1(ОПК-1), В2(ОПК-1), В1(ОПК-2), В2(ОПК-2), В1(ПК-1), В2(ПК-1), В1(ПК-3), В1(ПК-4), В2(ПК-4), В1(ПК-5), В2(ПК-5)

1. Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям обучающегося в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, и обучающихся направления подготовки 06.06.01. Биологические науки, изучающих дисциплину «Молекулярная биофизика».

Программа разработана в соответствии с:

- Федеральным государственным образовательным стандартом <http://science.dgu.ru/eduprogram/06.06.01.pdf>, утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ №871 от 30 июля 2014 г.;
- Образовательной программой 06.06.01 – Биологические науки.
- Учебным планом университета по направлению подготовки 06.06.01– Биологические науки утвержденным Ученым советом ДГУ протокол №7 от 29.03 2018 г.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Год	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцированный зачет, экзамен)
	Всего	в том числе контактная работа обучающихся с преподавателем, из них						
		Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации		
3	108	12		12	-	-	84	зачет

Цели задачи изучения освоения дисциплины.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

В результате освоения программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Компетенции	Результаты освоения ОПОП	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<i>Знать:</i> основной круг проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности, и основные способы (методы, алгоритмы) их решения; основные источники и методы поиска научной информации. <i>Уметь:</i> находить (выбирать) наиболее эффективные (методы) решения основных типов проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности; обобщать и систематизировать передовые достижения научной мысли и основные тенденции хозяйственной практики; анализировать, систематизировать и усваивать передовой опыт проведения научных исследований; собирать, отбирать и

		<p>использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа; выделять и обосновывать авторский вклад в проводимое исследование, оценивать его научную новизну и практическую значимость при условии уважительного отношения к вкладу и достижениям других исследователей, занимающихся (занимавшихся) данной проблематикой, соблюдения научной этики и авторских прав.</p> <p><i>Владеть:</i> инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в определенных областях биологии; навыками публикации результатов научных исследований, в том числе полученных лично обучающимся, в рецензируемых научных изданиях.</p>
ОПК-2	<p>Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования</p>	<p><i>Знать:</i> нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования; основные принципы построения образовательных программ, в том числе с учетом зарубежного опыта</p> <p><i>Уметь:</i> доносить до обучающихся в доступной и ясной форме содержание выбранных дисциплин биологических наук; осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания оценивания успеваемости обучающихся в области биологических наук</p> <p><i>Владеть:</i> технологией проектирования образовательного процесса на уровне высшего образования; методиками и технологиями преподавания и оценивания успеваемости обучающихся (биологические науки)</p>
ПК-1	<p>Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направлению подготовки</p>	<p><i>Знать:</i> современное состояние науки в области биологии; порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательской работы с использованием современных научно-исследовательских, образовательных и информационных технологий; методы исследования и проведения экспериментальных работ.</p> <p><i>Уметь:</i> самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований и проводить углубленную их разработку; представлять результаты.</p> <p>НИР (в том числе диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.</p> <p><i>Владеть:</i> методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (профилю); методами и приемами экспериментальных исследований в области биологии.</p>
ПК-3	<p>Способность приобретать новые знания с использованием современных</p>	<p><i>Знать:</i> теоретические основы технологий, используемых в современной научно-исследовательской практике в области биоло-</p>

	научных методов и владение ими на уровне, необходимом для решения задач, возникающих при профессиональной деятельности	гии; базовые принципы знаний, основные приемы, используемые в биологии. <i>Уметь:</i> выбирать необходимые методы и оборудование для проведения исследований; работать с научно-технической информацией. <i>Владеть:</i> навыками использования электронных библиотек и биоинформатических интернет-ресурсов, соответствующих пакетов программного обеспечения.
ПК-4	Обладание опытом профессионального участия в научных дискуссиях, способность проводить обработку и анализ научных результатов, умение представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовые доклады, рефераты и статьи в ведущих профильных журналах)	<i>Знать:</i> нормативные требования к оформлению результатов научной работы, заявок на финансирование научных проектов; требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях. <i>Уметь:</i> представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде отчетов и публикаций в рецензируемых научных изданиях; готовить заявки на финансирование НИР в области биологии по соответствующему профилю. <i>Владеть:</i> навыками представления научных результатов по теме диссертационной работы в виде отчетов и публикаций.
ПК-5	Владение методами отбора материала, преподавания и основами управления процессом обучения фундаментальной биологии в школе и Вузе	<i>Знать:</i> современное состояние науки в области биологических наук; способы представления и методы передачи информации для различных контингентов слушателей. <i>Уметь:</i> преподавать учебные предметы, курсы, дисциплины; разрабатывать научно-методическое обеспечение реализации курируемых учебных предметов, курсов, дисциплин. <i>Владеть:</i> методами и технологиями межличностной коммуникации.

В результате изучения дисциплины обучающийся осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС	Дискрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Общепрофессиональные	ОПК-1	Знает основной круг проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности, и основные способы (методы, алгоритмы) их решения, а также основные источники и методы поиска научной информации. Применяет наиболее эффективные (методы) решения основных типов проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности. Демонстрирует умение обобщать и систематизировать передовые достижения научной мысли и основные тенденции	тест, контрольная работа: выполнение заданий позволяет выявить объем материала, обработанного обучающимися, и определить уровень сформированности навыков поиска информации и ее использования в научной работе

		<p>хозяйственной практики.</p> <p>Анализирует, систематизирует и усваивает передовой опыт проведения научных исследований.</p> <p>Умеет собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа;</p> <p>Способен выделять и обосновывать авторский вклад в проводимое исследование, оценивать его научную новизну и практическую значимость при условии уважительного отношения к вкладу и достижениям других исследователей, занимающихся (занимавшихся) данной проблематикой, соблюдения научной этики и авторских прав.</p> <p>Владеет инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в определенных областях биологии; навыками публикации результатов научных исследований, в том числе полученных лично обучающимся, в рецензируемых научных изданиях</p>	
	ОПК-2	<p>Демонстрирует знание нормативно-правовых основ преподавательской деятельности в системе высшего образования; основных принципов построения образовательных программ, в том числе с учетом зарубежного опыта</p> <p>Способен доносить до обучающихся в доступной и ясной форме содержание выбранных дисциплин биологических наук; осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания оценивания успеваемости обучающихся в области биологических наук</p> <p>Владеет технологией проектирования образовательного процесса на уровне высшего образования; методиками и технологиями преподавания и оценивания успеваемости обучающихся (биологические науки)</p>	<p>тест, контрольная работа: выполнение заданий позволяет выявить объем материала, обработанного обучающимися, и определить уровень сформированности навыков поиска информации и ее использования в научной работе</p>
Профессиональные	ПК-1	<p>Демонстрирует понимание современного состояния науки в области биологии.</p> <p>Знает порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательской работы с использо-</p>	<p>Собеседование, тест, контрольная работа, доклад, реферат: выполнение заданий позволяет выявить объем</p>

	<p>ванием современных научно-исследовательских, образовательных и информационных технологий.</p> <p>Применяет современные методы исследования и проведения экспериментальных работ.</p> <p>Умеет самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований и проводить углубленную их разработку.</p> <p>Может представлять результаты НИР (в том числе диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.</p> <p>Владеет методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (профилю); методами и приемами экспериментальных исследований в области биологии.</p>	<p>материала, обработанного обучающимися, и определить уровень сформированности навыков использования современных методов исследования и проведения экспериментальных работ</p>
ПКЗ	<p>Применяет теоретические основы технологий, используемых в современной научно-исследовательской практике в области биологии, а также базовые принципы знаний, основные приемы, используемые в биологии.</p> <p>Демонстрирует навыки выбирать необходимые методы и оборудование для проведения исследований.</p> <p>Использует научно-техническую информацию.</p> <p>Демонстрирует навыками использования электронных библиотек и биоинформатических интернет-ресурсов, соответствующих пакетов программного обеспечения.</p>	<p>Собеседование, тест, контрольная работа, презентация, реферат: выполнение заданий позволяет выявить объем материала, обработанного обучающимися, и определить уровень сформированности навыков выбирать необходимые методы и оборудование для проведения исследований и использования научно-технической информации</p>
ПК-4	<p>Демонстрирует знание нормативных требований к оформлению результатов научной работы, заявок на финансирование научных проектов.</p> <p>Знает требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p> <p>Умеет представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде отчетов и публикаций в рецензируемых научных изданиях;</p> <p>Использует свои знания для подготовки заявок на финансирование НИР в области биологии по соответствующему профилю.</p> <p>Владеет навыками представления науч-</p>	<p>Собеседование, тест, контрольная работа, реферат: выполнение заданий позволяет выявить объем материала, обработанного обучающимися, и определить уровень сформированности навыков оформления рукописей научных работ и представления результатов в виде отчетов и публикаций</p>

		ных результатов по теме диссертационной работы в виде отчетов и публикаций	
	ПК-5	<p>Демонстрирует знания современного состояния науки в области биологии.</p> <p>Понимает способы представления и методы передачи информации для различных контингентов слушателей.</p> <p>Владеет методами преподавания учебных предметов, курсов, дисциплин.</p> <p>Демонстрирует навыки разработки научно-методического обеспечения реализации курируемых учебных предметов, курсов, дисциплин.</p> <p>Использует методы и технологиями межличностной коммуникации.</p>	<p>Собеседование, тест, контрольная работа, реферат, отчет: выполнение заданий позволяет выявить объем материала, обработанного обучающимися, и определить уровень сформированности навыков преподавания учебных дисциплин и подготовки учебно-методических материалов</p>

3. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина относится к вариативной части программы (Блок 1). Изучение данной дисциплины базируется на принципах преемственности Программы подготовки магистров, а также закрепляет знания, умения, навыки, сформированные у аспирантов в результате освоения дисциплины «Биофизика», базовых дисциплин (Блок 1).

Навыки и умения, приобретённые в результате изучения дисциплины «Молекулярная биофизика», необходимы аспиранту как предшествующие при освоении дисциплин по выбору, а также Блока 2 «Практики», Блока 3 «Научные исследования», Блока 4 «Государственная итоговая аттестация».

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Год	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич. занятия	Лаборатор. занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1. Структурная организация и подвижность биополимеров									

1	1. Введение 1.1. Предмет и задачи молекулярной биофизики. 1.2. Типы биополимеров и их функции.	3	1				8	реферат
2	2. Уровни структурной организации биополимеров 2.1. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура биополимеров. 2.2. Физико-химическая природа мономерных звеньев биополимеров – аминокислот, нуклеотидов, моносахаридов. 2.3. Влияние физико-химических условий на стабильность белков и нуклеиновых кислот.	3	2	1	2		5	устный и письменный опрос
3	3. Конформационная подвижность биополимеров. Динамика белков 3.1. Теоретическое описание пространственной конфигурации полимерной цепи 3.2. Динамика белков	3	2	2	2		7	устный и письменный опрос,
4	4. Силы, стабилизирующие структуру биополимеров 4.1. Ковалентные связи в биополимерах 4.2. Слабые взаимодействия в биополимерах. 4.3. Роль слабых связей в функционировании биополимеров.	3	2	1			8	дискуссия
<i>Итого по модулю 1</i>				4	4		28	
Модуль 2. Физико-химические свойства биополимеров								

	9.1. Рентгеноструктурный анализ 9.2. Дисперсия оптического вращения. Круговой дихроизм 9.3. Инфракрасная спектроскопия	3	3	1	2		8	опрос
10	10. Методы исследования конформационной динамики биополимеров 10.1. Люминесцентный метод и метод изотопного обмена 10.2. ЭПР, ЯМР, гамма-резонансная спектроскопия.		3	1			12	Реферат
	<i>Итого по модулю 3:</i>			4	4		–	28
	ИТОГО:			12	12			84

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль 1.

Раздел 1. Введение

Тема 1.1. Предмет и задачи молекулярной биофизики.

Предмет и задачи молекулярной биофизики, ее место и роль в современной биологии и медицине. Фундаментальное и прикладное значение молекулярной биофизики. Связь молекулярной биофизики с другими дисциплинами. Введение. История изучения структуры и функции биополимеров.

Тема 1.2. Типы биополимеров и их функции

Молекулы – основа биологических структур. Основные физико-химические характеристики белков, нуклеиновых кислот и полисахаридов и их биологическое значение. Функции биополимеров

Раздел 2. Уровни структурной организации биополимеров

Тема 2.1. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура биополимеров.

Первичная структура. Ионизационное равновесие в белках, полярность белковых аминокислотных остатков. Вторичная структура. Распространенность вторичных структур в белках, влияние электростатических сил и гидрофобных взаимодействий на стабильность вторичной структуры полипептидов и белков. Третичная структура. Термодинамическая модель структурной организации белков. Макромолекулярная организация глобулярных белков. Плотность упаковки аминокислотных остатков в молекулах белка. Объем и плотность белков. Динамичность третичной структуры. Четвертич-

ная структура. Анализ числа субъединиц и их взаимного расположения. Стабильность четвертичной структуры белков.

Тема 2.2. Физико-химическая природа мономерных звеньев биополимеров – аминокислот, нуклеотидов, моносахаридов.

Химические и физические свойства аминокислот, нуклеотидов, моносахаридов. Диссоциация аминокислот, константа и степень диссоциации. Уравнение Гендерсона-Хассенбальха.

Тема 2.3. Влияние физико-химических условий на стабильность белков и нуклеиновых кислот.

Влияние pH, температуры, диэлектрической проницаемости на структуру биополимеров.

Раздел 3. Конформационная подвижность биополимеров. Динамика белков

Тема 3.1. Теоретическое предсказание структуры биополимеров

Теоретическое описание пространственной конфигурации полимерной цепи. Модель свободно-сочлененной цепи. Клубок и глобула. Переходы глобула- клубок. Расчет энергии молекул биополимеров в различных конформациях. Анализ и предсказание вторичной и третичной структуры белка по первичной. Физические принципы самоорганизации белковых молекул. "Термодинамическая гипотеза самоорганизации" и экспериментальное подтверждение ее. Стадии самосборки белковых молекул по Птицыну О.Б. Связь между структурным и функциональным подобием. Вырожденность конфигурационной информации. Физическая теория структурной организации белков. Методы предсказания структуры белков, построение молекулярных моделей

Тема 3.2. Динамика белков

Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков. Гиперповерхности уровней конформационной энергии.

Динамическая структура олигопептидов и глобулярных белков; конформационная подвижность. Авто- и кросскорреляционные функции торсионных углов и межатомных расстояний. Карты уровней свободной энергии пептидов.

Результаты исследования конформационной подвижности. Ограниченная диффузия. Типы движения в белках. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами. Динамика электронно- конформационных переходов. Роль воды в динамике белков. Роль конформационной подвижности в формировании ферментов и транспортных белков.

Раздел 4. Силы, стабилизирующие структуру биополимеров

Тема 4.1. Ковалентные связи в биополимерах

Характеристика пептидной связи. Прочность, условия формирования, конфигурация. Фосфорно-диэфирные связи и их роль в стабилизации структуры нуклеиновых кислот. Энергия ковалентных связей в первичной структуре биополимеров.

Тема 4.2. Слабые взаимодействия в биополимерах.

Слабые взаимодействия: электростатические взаимодействия, водородная связь, дисперсионные и диполь-дипольные взаимодействия. Зависимость силы каждой из видов слабых связей от расстояния между взаимодействующими соседними мономерами, температуры, рН, ионной силы, диэлектрической проницаемости. Роль водородных связей в стабилизации структуры нуклеиновых кислот. Стэкинг – взаимодействия в нуклеиновых кислотах.

Тема 4.3. Роль слабых связей в функционировании биополимеров.

Влияние физико –химических условий среды функционирования биополимера на каждый из видов слабых связей. Лабильность и кооперативные свойства биополимеров, обеспечиваемые благодаря наличию слабых связей. Кооперативные свойства молекул биополимеров. Биологическое значение кооперативных свойств белков

Модуль 2.

Раздел 5. Конформационная энергия и проблема фолдинга. Фазовые переходы в биополимерах

Тема 5.1. Расчет энергии различных конформаций биополимеров.

Расчет энергии различных конформаций биополимеров. Поворотная изомерия и Ван-дер-ваальсовы взаимодействия. Карты конформационной энергии. Потенциалы Букингема и Леннарда–Джонса. Конформационная энергия полипептидной цепи.

Тема 5.2. Фолдинг. Шапероны.

Проблема фолдинга биополимеров: причины, приводящие к фолдингу биополимеров *in vivo*. Роль шаперонов (белков теплового шока) в сохранении функциональной структуры биополимеров.

Тема 5.3. Термодинамика фазовых переходов в биополимерах.

Фазовые переходы в биополимерах. Переходы спираль-клубок. Изменение свободной энергии Гиббса при фазовом переходе биополимера из состояния «спираль» в состояние «клубок». Температура полуперехода. Связь энтропии и энтальпии с резкостью фазового перехода биополимера. Факторы, влияющие на фазовые превращения в белках и нуклеиновых кислотах: рН, ионная сила, температура, диэлектрическая проницаемость.

Раздел 6. Электронные уровни и спектральные свойства биополимеров

Тема 6.1. Электронные уровни в биополимерах. Молекулярные орбитали и спектральные свойства

Электронные уровни в биополимерах. Основные типы молекулярных орбиталей и электронных состояний, л-электроны, энергия делокализации. Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул. Механизмы миграции энергии: резонансный механизм, синглет-синглетный и

триplet- триплетный переносы, миграция экситона. Природа гиперхромного и гипохромного эффектов. Оптическая плотность.

Тема 6.2. Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах

Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах. Перенос электрона в биоструктурах. Различные физические модели переноса электрона. Туннельный эффект. Туннелирование с участием виртуальных уровней. Электронно-конформационные взаимодействия и релаксационные процессы в биоструктурах.

Раздел 7. Взаимодействие биополимеров с лигандами

Тема 7.1 Механизмы связывания лигандов. Графики Скэтчарда

Взаимодействие макромолекул с лигандами в условиях равновесия. Важность взаимодействия макромолекул с лигандами. Равновесное связывание лигандов с макромолекулами. Макроскопические и микроскопические константы. Идентичные и независимые центры связывания. Расчет числа микроскопических форм. График Скэтчарда.

Тема 7.2. Множественность центров связывания. Взаимозависимое связывание лигандов. Модель Хилла.

Несколько типов независимых центров связывания. Нелинейные графики Скэтчарда. Анализ графика Скэтчарда, состоящего из двух участков. Распространенность кооперативных взаимодействий. Статистические эффекты и энергия взаимодействия. Полуэмпирический подход: коэффициент Хилла.

Модуль 3

Раздел 8. Методы исследования первичной структуры биополимеров

Тема 8.1. Полимеразная цепная реакция

Полимеразная цепная реакция. Подготовка образцов. Подбор праймеров. Этапы проведения анализа. Возможности ПЦР.

Тема 8.2. Секвенирование белков

Секвенирование белков по Эдману. Секвенирование ДНК - дидезокси-нуклеотидный метод, или метод «обрыва цепи» (Сэнгера). Методы секвенирования нового поколения.

Тема 8.3. Зондовая сканирующая микроскопия

Принцип метода. Устройство туннельного сканирующего микроскопа. Построение топографии поверхности. Исследование структуры белков, нуклеиновых кислот с помощью зондовой сканирующей микроскопии

Раздел 9. Методы исследования вторичной и третичной структуры биополимеров

Тема 9.1. Рентгеноструктурный анализ

Основные принципы рентгеноструктурного анализа. Применение рентгеноструктурного анализа в исследовании многомерной структуры биополимеров.

Тема 9.2. Дисперсия оптического вращения. Круговой дихроизм

Понятие хиральности. Анизотропия в биополимерах. Природа ДОВ и кругового дихроизма.

Тема 9.3. Инфракрасная спектроскопия

Виды и энергия колебания молекул. Возбуждение колебательных движений в молекулах. Основные характеристики ИК-излучения. Поглощение излучения. Ик-спектрометры и ИК-спектры.

Раздел 10. Методы исследования конформационной динамики биополимеров

Тема 10.1. Люминесцентный метод и метод изотопного обмена

Люминесценция биополимеров. Собственная флуоресценция биополимеров. Флуоресцентные зонды и метки в исследовании конформационной динамики биополимеров. Флуоресцентная микроскопия. Применение атомов дейтерия тяжелой воды в исследовании структуры белков.

Тема 10.2. ЭПР, ЯМР, гамма-резонансная спектроскопия.

Основные принципы электронного парамагнитного резонанса. Стабильные и иминоксильные радикалы. Метод спиновых меток в исследовании структуры белков и нуклеиновых кислот. Основные принципы и применение ядерного магнитного резонанса. Магнитные ядра. Протонный магнитный резонанс. Использование тяжелой воды (D_2O) в методе ЯМР. Гамма-резонансная спектроскопия. Мессбауэрские ядра.

4.4. Темы практических (семинарских) занятий

№	Вопросы к теме	Кол-во часов
1	<p>Тема 2.1. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура биополимеров.</p> <ol style="list-style-type: none">1) Первичная структура белков и нуклеиновых кислот2) Вторичная структура белков и нуклеиновых кислот3) Третичная структура белков4) Четвертичная структура. Анализ числа субъединиц и их взаимного расположения. <p>Тема 2.2. Физико-химическая природа мономерных звеньев биополимеров – аминокислот, нуклеотидов, моносахаридов.</p> <ol style="list-style-type: none">1) Химические и физические свойства аминокислот, нуклеотидов, моносахаридов.2) Диссоциация аминокислот, константа и степень диссоциации.3) Уравнение Гендерсона- Хассенбальха. <p>Тема 2.3. Влияние физико-химических условий на стабильность белков и нуклеиновых кислот.</p> <ol style="list-style-type: none">1) Влияние pH на структуру биополимеров2) Влияние pH температуры на структуру биополимеров.3) Влияние pH диэлектрической проницаемости на структуру биополимеров.	2

2	<p>Тема 4.1. Ковалентные связи в биополимерах</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Характеристика пептидной связи. Прочность, условия формирования, конфигурация 2. Фосфорно-диэфирные связи и их роль в стабилизации структуры нуклеиновых кислот. 3. Энергия ковалентных связей в первичной структуре биополимеров. <p>Тема 4.2. Слабые взаимодействия в биополимерах.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Электростатические взаимодействия 2. Водородная связь 3. Дисперсионные 4. Диполь-дипольные взаимодействия. 5. Роль водородных связей в стабилизации структуры нуклеиновых кислот. 6. Стэкинг – взаимодействия в нуклеиновых кислотах. <p>Тема 4.3. Роль слабых связей в функционировании биополимеров.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Влияние физико – химических условий среды функционирования биополимера на каждый из видов слабых связей. 2. Лабильность и кооперативные свойства биополимеров, обеспечиваемые благодаря наличию слабых связей. 3. Кооперативные свойства молекул биополимеров. 4. Биологическое значение кооперативных свойств белков 	2
3	<p>Тема 6.1. Электронные уровни в биополимерах. Молекулярные орбитали и спектральные свойства</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Электронные уровни в биополимерах. 2. Основные типы молекулярных орбиталей и электронных состояний, л-электроны, энергия делокализации. 3. Схема Яблонского для сложных молекул. 4. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. 5. Механизмы миграции энергии: 6. Природа гиперхромного и гипохромного эффектов. Оптическая плотность. <p>Тема 6.2. Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах. Перенос электрона в биоструктурах. 2. Различные физические модели переноса электрона. 3. Туннельный эффект. Туннелирование с участием виртуальных уровней. Электронно-конформационные взаимодействия и релаксационные процессы в биоструктурах. 	2
4	<p>Тема 7.1 Механизмы связывания лигандов. Графики Скэтчарда</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Взаимодействие макромолекул с лигандами в условиях равновесия. Важность взаимодействия макромолекул с лигандами. 2. Равновесное связывание лигандов с макромолекулами. 3. Макроскопические и микроскопические константы. 4. Идентичные и независимые центры связывания. 5. График Скэтчарда. <p>Тема 7.2. Множественность центров связывания. Взаимозависимое связывание лигандов. Модель Хилла.</p>	2

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Несколько типов независимых центров связывания. 2. Нелинейные графики Скэтчарда. Анализ графика Скэтчарда, состоящего из двух участков 3. Распространенность кооперативных взаимодействий. 4. Статистические эффекты и энергия взаимодействия. 5. Полуэмпирический подход: коэффициент Хилла. 	
5	<p>Тема 8.1. Полимеразная цепная реакция</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Полимеразная цепная реакция. 2. Подготовка образцов. Подбор праймеров. 3. Этапы проведения анализа. Возможности ПЦР. <p>Тема 8.2. Секвенирование белков</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Секвенирование белков по Эдману. 2. Секвенирование ДНК - дидезоксинуклеотидный метод, или метод «обрыва цепи» (Сэнгера). 3. Методы секвенирования нового поколения. <p>Тема 8.3. Зондовая сканирующая микроскопия</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Принципы туннельной и атомно-силовой микроскопии. 2. Устройство туннельного сканирующего микроскопа. 3. Построение топографии поверхности. 4. Исследование структуры белков, нуклеиновых кислот с помощью зондовой сканирующей микроскопии 	2
6	<p>Тема 10.1. Люминесцентный метод и метод изотопного обмена</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Собственная флуоресценция биополимеров. 2. Флуоресцентные зонды и метки в исследовании конформационной динамики биополимеров. 3. Флуоресцентная микроскопия. 4. Применение атомов дейтерия тяжелой воды в исследовании структуры белков. <p>Тема 10.2. ЭПР, ЯМР, гамма-резонансная спектроскопия.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные принципы электронного парамагнитного резонанса. 2. Стабильные и иминоксильные радикалы. 3. Метод спиновых меток в исследовании структуры белков и нуклеиновых кислот. 4. Основные принципы и применение ядерного магнитного резонанса. Магнитные ядра. Протонный магнитный резонанс. 5. Использование тяжелой воды (D₂O) в методе ЯМР. 6. Гамма-резонансная спектроскопия. Мессбауэрские ядра. 	2
	Итого:	12

5. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации обучающегося

5.1. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Источники	Виды и содержание самостоятельной работы
Модуль 1		

<p>Раздел 1. Введение Тема 1.1. Предмет и задачи молекулярной биофизики. Тема 1.2. Типы биополимеров и их функции</p>	<p>1. Рубин А.Б. Биофизика. Том 1. Теоретическая биофизика [Электронный ресурс] : учебник / А.Б. Рубин. - Электрон. текстовые данные. - М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. - 448 с. - 5-211-06110-1. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13075.html 2. Биофизика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В.Г. Артюхов [и др.]. - Электрон. текстовые данные. - Москва, Екатеринбург: Академический Проект, Деловая книга, 2016. - 295 с. - 978-5-8291-1081-9. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/60018.html 3. Биофизика [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В.Г. Артюхов [и др.]. - Электрон. текстовые данные. - Москва, Екатеринбург: Академический Проект, Деловая книга, 2016. - 295 с. - 978-5-8291-1081-9. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/60018.html</p>	<p>Проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях. Поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору; Написание рефератов. Работа с тестами и вопросами для самопроверки.</p>
<p>Раздел 3. Конформационная подвижность биополимеров. Динамика белков Тема 3.1. Теоретическое описание пространственной конфигурации полимерной цепи Тема 3.2. Динамика белков</p>	<p>1. Биофизика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В.Г. Артюхов [и др.]. - Электрон. текстовые данные. - Москва, Екатеринбург: Академический Проект, Деловая книга, 2016. - 295 с. - 978-5-8291-1081-9. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/60018.html 2. Финкельштейн А.В. Физика белковых молекул [Электронный ресурс] / А.В. Финкельштейн. - Электрон. текстовые данные. - Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2014. - 425 с. - 978-5-4344-0193-7. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/28921.html</p>	
<p>Раздел 4. Силы, стабилизирующие структуру биополимеров Тема 4.1. Ковалентные связи в биополимерах Тема 4.2. Слабые взаимодействия в биополимерах. Тема 4.3. Роль слабых связей в функционировании биополимеров.</p>	<p>1. Рубин А.Б. Биофизика. Том 1. Теоретическая биофизика [Электронный ресурс]: учебник / А.Б. Рубин. - Электрон. текстовые данные. - М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. - 448 с. - 5-211-06110-1. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13075.html 2. Биофизика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В.Г. Артюхов [и др.]. - Электрон. текстовые данные. -</p>	<p>Проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях. Поиск и обзор научных публикаций и электронных источников</p>

	<p>Москва, Екатеринбург: Академический Проект, Деловая книга, 2016. - 295 с. - 978-5-8291-1081-9. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/60018.html</p> <p>3. Биофизика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В.Г. Артюхов [и др.]. - Электрон. текстовые данные. - Москва, Екатеринбург: Академический Проект, Деловая книга, 2016. - 295 с. - 978-5-8291-1081-9. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/60018.html</p>	<p>информации, подготовка заключения по обзору; Написание рефератов. Работа с тестами и вопросами для самопроверки.</p>
Модуль 2		
<p>Раздел 5. Конформационная энергия и проблема фолдинга. Фазовые переходы в биополимерах Тема 5.1. Расчет энергии различных конформаций биополимеров. Тема 5.2. Фолдинг. Шапероны. Тема 5.3. Термодинамика фазовых переходов в биополимерах.</p>	<p>1. Биофизика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В.Г. Артюхов [и др.]. - Электрон. текстовые данные. - Москва, Екатеринбург: Академический Проект, Деловая книга, 2016. - 295 с. - 978-5-8291-1081-9. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/60018.html</p> <p>2. Финкельштейн А.В. Физика белковых молекул [Электронный ресурс] / А.В. Финкельштейн. - Электрон. текстовые данные. - Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2014. - 425 с. - 978-5-4344-0193-7. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/28921.html</p> <p>3. Волькенштейн М.В. Биофизика. 3-е изд. - СПб.: Издательство «Лань». - 2008. - 608с.</p>	<p>Проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях. Поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору; Написание рефератов. Работа с тестами и вопросами для самопроверки.</p>
<p>Раздел 6. Электронные уровни и спектральные свойства биополимеров 6.1. Электронные уровни в биополимерах. Молекулярные орбитали и спектральные свойства 6.2. Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах</p>	<p>1. Рубин А.Б. Биофизика. Том 1. Теоретическая биофизика [Электронный ресурс]: учебник / А.Б. Рубин. - Электрон. текстовые данные. - М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. - 448 с. - 5-211-06110-1. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13075.html</p> <p>2. Биофизика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В.Г. Артюхов [и др.]. - Электрон. текстовые данные. - Москва, Екатеринбург: Академический Проект, Деловая книга, 2016. - 295 с. - 978-5-8291-1081-9. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/60018.html</p>	

Модуль 3		
<p>Раздел 8. Методы исследования первичной структуры биополимеров Тема 8.1. Полимеразная цепная реакция Тема 8.2. Секвенирование белков Тема 8.3. Туннельная микроскопия</p>	<p>1.Финкельштейн А.В. Физика белковых молекул [Электронный ресурс] / А.В. Финкельштейн. - Электрон. текстовые данные. - Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2014. - 425 с. - 978-5-4344-0193-7. - Режимдоступа: http://www.iprbookshop.ru/28921.html 2.Волькенштейн М.В. Биофизика. 3-е изд. - СПб.:Издательство «Лань». - 2008. - 608с.</p>	<p>Проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях. Поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору; Написание рефератов. Работа с тестами и вопросами для самопроверки.</p>
<p>Раздел 9. Методы исследования вторичной и третичной структуры биополимеров Тема 9.1. Рентгеноструктурный анализ Тема 9.2. Дисперсия оптического вращения. Круговой дихроизм Тема 9.3. Инфракрасная спектроскопия</p>	<p>1.Рубин А.Б. Биофизика. Том 1. Теоретическая биофизика [Электронный ресурс]: учебник / А.Б. Рубин. - Электрон. текстовые данные. - М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. - 448 с. - 5-211-06110-1. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13075.html 2. Биофизика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В.Г. Артюхов [и др.]. - Электрон. текстовые данные. - Москва, Екатеринбург: Академический Проект, Деловая книга, 2016. - 295 с. - 978-5-8291-1081-9. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/60018.html</p>	<p>Проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях. Поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору; Написание рефератов. Работа с тестами и вопросами для самопроверки.</p>

5.2. Перечень примерных контрольных вопросов для самостоятельной работы

1. Предмет и задачи молекулярной биофизики, ее место и роль в современной биологии и медицине.
2. Фундаментальное и прикладное значение молекулярной биофизики.
3. История изучения структуры и функции биополимеров.
4. Основные физико-химические характеристики белков, нуклеиновых кислот и полисахаридов и их биологическое значение. Функции биополимеров
5. Химические и физические свойства аминокислот, нуклеотидов, моносахаридов.

6. Диссоциация аминокислот, константа и степень диссоциации. Уравнение Гендерсона- Хассенбальха.
7. Влияние рН, температуры, диэлектрической проницаемости на структуру биополимеров.
8. Теоретическое описание пространственной конфигурации полимерной цепи. Модель свободно-сочлененной цепи.
9. Расчет энергии молекул биополимеров в различных конформациях.
10. Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков.
11. Динамическая структура олигопептидов и глобулярных белков; конформационная подвижность.
12. Карты уровней свободной энергии пептидов.
13. Типы движения в белках. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами. Роль воды в динамике белков. Роль конформационной подвижности в формировании ферментов и транспортных белков.
14. Ковалентные связи в биополимерах. Энергия ковалентных связей в первичной структуре биополимеров.
15. Роль водородных связей в стабилизации структуры нуклеиновых кислот. Стэкинг – взаимодействия в нуклеиновых кислотах.
16. Расчет энергии различных конформаций биополимеров. Поворотная изомерия и Ван-дер-ваальсовы взаимодействия.
17. Карты конформационной энергии.
18. Проблема фолдинга биополимеров: причины, приводящие к фолдингу биополимеров *in vivo*.
19. Роль шаперонов (белков теплового шока) в сохранении функциональной структуры биополимеров.
20. Связь энтропии и энтальпии с резкостью фазового перехода биополимера. Факторы, влияющие на фазовые превращения в белках и нуклеиновых кислотах
21. Основные типы молекулярных орбиталей и электронных состояний, л-электроны, энергия делокализации.
22. Механизмы миграции энергии: резонансный механизм, синглет-синглетный и триплет- триплетный переносы, миграция экситона.
23. Перенос электрона в биоструктурах. Различные физические модели переноса электрона. Туннельный эффект. Туннелирование с участием виртуальных уровней. Электронно-конформационные взаимодействия и релаксационные процессы в биоструктурах.
24. Взаимодействие биополимеров с лигандами. График Скэтчарда.
25. Нелинейные графики Скэтчарда. Анализ графика Скэтчарда, состоящего из двух участков
26. Распространенность кооперативных взаимодействий. Статистические эффекты и энергия взаимодействия. Полуэмпирический подход: коэффициент Хилла.
27. Секвенирование белков по Эдману. Секвенирование ДНК по Сэнгеру.
28. Методы секвенирования нового поколения.
29. Исследование структуры белков, нуклеиновых кислот с помощью зондовой сканирующей микроскопии

30. Основные принципы рентгеноструктурного анализа.
31. Понятие хиральности. Анизотропия в биополимерах.
32. Природа ДОВ и кругового дихроизма.

33. Виды и энергия колебания молекул. Возбуждение колебательных движений в молекулах.
34. Основные характеристики ИК-излучения. Поглощение излучения.
35. ИК-спектрометры и ИК-спектры.

5.3. Примерная тематика рефератов

1. Конформация и конформационная подвижность белков и нуклеиновых кислот.
2. Шапероны и шаперонины.
3. Нанобиотехнологии
4. Математическое моделирование молекулярной динамики белков и нуклеиновых кислот.
5. Свободная и связанная вода в биополимерах
6. Применение спиновых зондов в исследовании подвижности мембранных белков.
7. Рентгеноструктурный анализ, его применение в биофизике, медицине, фармации.
8. Эффект Мессбауэра и его применение.
9. Принцип действия электронного микроскопа и его применение.
10. Спектроскопия комбинационного рассеяния.
11. ИК-спектроскопия и её применение в исследовании структуры биополимеров
12. Спектральный анализ и его применение для исследования веществ.
13. Связь спектров поглощения со структурой биомакромолекул и биологически активных соединений.
14. Люминесцентный анализ и люминесцентная микроскопия.
15. Люминесцентные метки и зонды и их применение в биологии и медицине.
16. Липосомы, их строение, способы приготовления, перспективы применения в фармации.
17. Нейтронография в исследования структуры биополимеров
18. Гамма-резонансная спектроскопия в исследования структуры биополимеров.
19. Изучение свойств белков методами ЯМР и ЭПР-спектроскопии.
20. Методы радиоспектроскопии и их применение в исследования структуры биополимеров
21. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР), спектры ЯМР, их связь со свойствами вещества.

5.4. Примерный перечень вопросов к зачету по всему курсу

1. Фундаментальное и прикладное значение молекулярной биофизики.

2. Типы биополимеров и их функции
3. Первичная структура биополимеров.
4. Вторичная структура биополимеров.
5. Четвертичная структура биополимеров.
6. Химические и физические свойства аминокислот, нуклеотидов, моносахаридов.
7. Диссоциация аминокислот, константа и степень диссоциации. Уравнение Гендерсона- Хассенбальха.
8. Влияние рН, температуры, диэлектрической проницаемости на структуру биополимеров.
9. Теоретическое описание пространственной конфигурации полимерной цепи. Модель свободно-сочлененной цепи.
10. Расчет энергии молекул биополимеров в различных конформациях.
11. Анализ и предсказание вторичной и третичной структуры белка по первичной.
12. Физические принципы самоорганизации белковых молекул. Вырожденность конфигурационной информации. Физическая теория структурной организации белков.
13. Методы предсказания структуры белков, построение молекулярных моделей
14. Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков.
15. Типы движения в белках. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами.
16. Динамика электронно- конформационных переходов. Роль конформационной подвижности в формировании ферментов и транспортных белков.
17. Ковалентные связи в биополимерах. Энергия ковалентных связей в первичной структуре биополимеров.
18. Слабые взаимодействия: электростатические взаимодействия, водородная связь, дисперсионные и диполь-дипольные взаимодействия.
19. Роль водородных связей в стабилизации структуры нуклеиновых кислот. Стэкинг – взаимодействия в нуклеиновых кислотах.
20. Влияние физико –химических условий среды функционирования биополимера на каждый из видов слабых связей.
21. Кооперативные свойства молекул биополимеров. Биологическое значение кооперативных свойств белков
22. Расчет энергии различных конформаций биополимеров.
23. Проблема фолдинга биополимеров: причины, приводящие к фолдингу биополимеров *in vivo*.
24. Роль шаперонов в сохранении функциональной структуры биополимеров.
25. Фазовые переходы в биополимерах.. Факторы, влияющие на фазовые превращения в белках и нуклеиновых кислотах
26. Электронные уровни в биополимерах.
27. Основные типы молекулярных орбиталей и электронных состояний, л-электроны, энергия делокализации.
28. Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции.

29. Механизмы миграции энергии: резонансный механизм, синглет-синглетный и триплет- триплетный переносы, миграция экситона.
30. Природа гиперхромного и гипохромного эффектов. Оптическая плотность.
31. Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах. Различные физические модели переноса электрона.
32. Туннельный эффект. Туннелирование с участием виртуальных уровней.
33. Электронно-конформационные взаимодействия и релаксационные процессы в биоструктурах.
34. Механизмы связывания лигандов. Графики Скэтчарда
35. Множественность центров связывания. Взаимозависимое связывание лигандов. Модель Хилла.
36. Полимеразная цепная реакция
37. Секвенирование белков и нуклеиновых кислот
38. Зондовая сканирующая микроскопия
39. Рентгеноструктурный анализ в исследовании многомерной структуры биополимеров
40. Дисперсия оптического вращения. Круговой дихроизм в исследовании структуры биополимеров
41. Инфракрасная спектроскопия в исследовании структуры биополимеров
42. Люминесценция биополимеров. Собственная флуоресценция биополимеров.
43. Флуоресцентные зонды и метки в исследовании конформационной динамики биополимеров. Флуоресцентная микроскопия.
44. Применение атомов дейтерия тяжелой воды в исследовании структуры белков.
45. Основные принципы электронного парамагнитного резонанса.
46. Метод спиновых меток в исследовании структуры белков и нуклеиновых кислот.
47. Основные принципы и применение ядерного магнитного резонанса. Магнитные ядра. Протонный магнитный резонанс. Использование тяжелой воды (D_2O) в методе ЯМР. Гамма-резонансная спектроскопия. Мессбауэрские ядра.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература

1. Рубин А.Б. Биофизика. Том 1. Теоретическая биофизика [Электронный ресурс] : учебник / А.Б. Рубин. - Электрон. текстовые данные. - М. : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. - 448 с. - 5-211-06110-1. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13075.html> (дата обращения 05.02.2018)
2. Биофизика [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В.Г. Артюхов [и др.]. - Электрон. текстовые данные. — Москва, Екатеринбург: Академический Проект, Деловая книга, 2016. — 295 с. — 978-5-8291-1081-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60018.html> (дата обращения 05.02.2018)

3. Волькенштейн, М.В. Биофизика : учеб. пособие / Волькенштейн, Михаил Владимирович. - 3-е изд., стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2008. - 595 с.
4. Рубин, А.Б. Биофизика : в 2 т.: учеб. для вузов . Т.1 : Теоретическая биофизика / Рубин, Андрей Борисович; Моск. гос. ун-т им. М.В.Ломоносова . - 2-е изд., испр. и доп. - М. :Книж. дом "Университет", 1999. - 448 с.
5. Рубин, А.Б. Биофизика : В 2-х Т.: Учебник для вузов. Т.2 : Биофизика клеточных процессов / Рубин, Андрей Борисович. - 2-е изд., испр. и доп. - М. :Книж. дом "Университет", 2000. - 467 с.
6. Ремизов А.Н., Максиминова А. Г., Потапенко А. Я. Медицинская и биологическая физика.- М.: Дрофа. , 2008
7. Артюхов В. Г., Ковалева Т. А., Наквасина М. А. Биофизика – Воронеж: Издательско-полиграфический центр, 2009. – 294 с.

6.2. Дополнительная литература

1. Финкельштейн А.В. Физика белковых молекул [Электронный ресурс] / А.В. Финкельштейн. - Электрон. текстовые данные. - Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2014. - 425 с. - 978-5-4344-0193-7. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/28921.html> (дата обращения 05.02.2018)
2. Самойлов В.О. Медицинская биофизика [Электронный ресурс] / В.О. Самойлов. - Электрон. текстовые данные. - СПб. :СпецЛит, 2013. - 564 с. - 978-5-299-00518-9. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45693.html> (дата обращения 05.02.2018)
3. Сафонова Л.П. Сборник задач по биофизике [Электронный ресурс]: учебное пособие по курсу «Биофизика» / Л.П. Сафонова, В.Б. Парашин. - Электрон. текстовые данные. - М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. - 60 с. - 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31242.html> (дата обращения 05.02.2018)
4. Антонов В. Ф., Черныш А. М., Пасечник В. И. и др. Практикум по биофизике – М.: ВЛАДОС., 2001. – 352с.
5. Мейланов И.С. Исследование молекулярных механизмов гипотермических состояний у млекопитающих: учебное пособие для студентов 3-5 курсов (специальность «Биохимия»). / Мейланов И.С., Кличханов Н.К., Халилов Р.А., Джафарова А.М., Астаева М.Д., Саидов М.Б., Нурмагомедова П.М., Абасова М.О., Абдуллаев В.Р., Эмирбеков Э.З. – Махачкала: Изд. ДГУ -2010. – 162с.
6. Халилов Р. А., Пиняскина Е. В., Джафарова А. М., Абдурахманов Р. Г. Практикум по биофизике/ Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2013. 189с.
8. Халилов Р. А., Пиняскина Е. В., Джафарова А. М., Абдурахманов Р. Г. Молекулярная биофизика. Учебно-методическое пособие для студентов биологических факультетов/ Махачкала: Изд.ДГУ. -2014г -57 с.
9. Биофизика : Учеб. для вузов / В.Ф.Антонов, А.М.Черныш, В.И.Пасечник и др. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ВЛАДОС, 2003. - 287 с.

6.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. ЭБС «IPRbooks»: <http://www.iprbookshop.ru/>. Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017 г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен до конца 2019 г).
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru, договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг (доступ продлен до сентября 2019 г).
3. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003 (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение).
4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017 г. Договор действует в течение 1 года с момента его подписания. доступ продлен до сентября 2019 г.
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>.
7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>.
8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>.
9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>.
11. Электронные учебные пособия, изданные преподавателями биологического факультета ДГУ. <http://www.phys.msu.ru/rus/library>.
12. Springer. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ продлен до конца 2019 г.
13. SCOPUS: <https://www.scopus.com>. Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № Scopus/73 от 08 августа 2017 г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017 г. Доступ предоставлен до сентября 2019 г.
14. Web of Science: webofknowledge.com Доступ предоставлен согласно сублицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017 г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Договор действует с момента подписания по 30.03.2017 г.
15. «Pro Quest Dissertation Theses Global» (PQDT Global). – база данных зарубежных диссертаций. Доступ продлен согласно сублицензионному договору № ProQuest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>. Договор действует с момента подписания по 31.12.2018 г.

16. American Chemical Society. Доступ продлен на основании сублицензионного договора №ACS/73 от 09.01.2017 г. pubs.acs.org Договор действует с момента подписания по 31.12.2018 г.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Кафедра биохимии и биофизики, обеспечивающая реализацию образовательной программы, располагает материально-технической базой и аудиторным фондом, обеспечивающим проведение лекций, лабораторных работ, семинаров и иных видов учебной и научно-исследовательской работы аспирантов, предусмотренных учебным планом и соответствующих действующим санитарно-техническим нормам.

На лекционных и практических занятиях используются методические разработки, практикумы, наглядные пособия, тесты, компьютерные программы, а также компьютеры (для обучения и проведения тестового контроля), наборы слайдов и таблиц по темам, оборудование лабораторий кафедры, в том числе лаборатории по молекулярной биологии, а также результаты научных исследований кафедры (монографии, учебные и методические пособия и т.д.).

Перечень необходимых технических средств обучения и способы их применения:

- компьютерное и мультимедийное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
- пакет прикладных обучающих и контролирующих программ, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
- электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.

8. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентного подхода дисциплина предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебных курсов предусмотрены мастер-классы экспертов и специалистов.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет не менее 16 часов.