

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт фундаментальной медицины и биологии  
Высшая школа биологии



*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Введение в компьютерное моделирование пространственной структуры биополимеров

Направление подготовки: 06.04.01 - Биология

Профиль подготовки: Биохимия, молекулярная биология и биоинформатика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Акберова Н.И. (кафедра биохимии, биотехнологии и фармакологии, Центр биологии и педагогического образования), nakberova@mail.ru

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-2	Способен творчески использовать в профессиональной деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность программы магистратуры;
ПК-1	Готов использовать полученные биологические знания и знания смежных наук, нормативные документы по организации и проведению научно-исследовательских и (или) производственно-технологических работ в профессиональной деятельности в соответствии с профилем программы магистратуры

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Знать методические подходы для решения профессиональных задач биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Обладать фундаментальными и прикладными знаниями для постановки и решения стандартных и инновационных задач геномики и протеомики с помощью стандартных методик и их модификаций

Знать методические подходы к представлению профессиональной информации широкой аудитории для формирования у населения основ научно-критического мышления в области биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Знать нормативные документы по организации и проведению научно-исследовательских и (или) производственно-технологических работ в области биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Знать методы математической статистики и компьютерной биологии для анализа данных в области биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Знать современные методы биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Должен уметь:

Умеет определять оптимальные методические подходы для решения профессиональных задач биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Умеет применять фундаментальные и прикладные естественнонаучные знания для постановки и решения стандартных и инновационных задач геномики и протеомики с помощью стандартных методик и их модификаций

Умеет представлять профессиональной информации широкой аудитории для формирования у населения основ научно-критического мышления в области биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Уметь использовать полученные биологические знания и знания смежных наук для организации и проведения научно-исследовательских и (или) производственно-технологических работ в области биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Уметь использовать методы математической статистики и компьютерной биологии для анализа данных биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Уметь определять перечень релевантных и необходимых методов для проведения научно-исследовательских и (или) производственно-технологических работ в области биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Должен владеть:

Владеет методическими подходами для решения профессиональных задач биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Владеет методами применения фундаментальных и прикладных естественнонаучных знаний для решения задач геномики и протеомики с помощью стандартных методик и их модификаций

Владеет навыками представления профессиональной информации широкой аудитории для формирования у населения основ научно-критического мышления в области биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Владеть навыками проведения научно-исследовательских и (или) производственно-технологических работ в области биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Владеть навыками использования методов математической статистики и компьютерной биологии для анализа данных биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики

Владеть современными методами и основами анализа получаемых данных при решении задач биохимии, молекулярной биологии и биоинформатики.

Должен демонстрировать способность и готовность:

-извлекать, анализировать и использовать информацию из биоинформатических баз данных, связанную со структурой биологических макромолекул

- визуализировать и анализировать пространственную структуру макромолекул

- проводить вычислительные эксперименты по моделированию структуры биологических макромолекул и моделированию их взаимодействия с лигандами

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.05.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 06.04.01 "Биология (Биохимия, молекулярная биология и биоинформатика)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

## 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 48 часа(ов), в том числе лекции - 10 часа(ов), практические занятия - 20 часа(ов), лабораторные работы - 18 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 78 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 18 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 3 семестре.

## 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Обзор биоинформатических баз данных, поисковых систем и протеомных порталов	3	2	0	2	0	0	0	4
2.	Тема 2. Обзор методов молекулярного моделирования, предпосылки и перспективы	3	2	0	0	0	0	0	8
3.	Тема 3. Молекулярная механика	3	2	0	0	0	0	0	8
4.	Тема 4. Молекулярная динамика	3	2	0	2	0	6	0	8
5.	Тема 5. Программный пакет VMD и подготовка к моделированию	3	0	0	2	0	6	0	8
6.	Тема 6. Молекулярная динамика с использованием пакета NAMD	3	0	0	6	0	6	0	16
7.	Тема 7. Моделирование биологической системы и обработка результатов	3	0	0	4	0	0	0	16
8.	Тема 8. Молекулярный докинг	3	2	0	4	0	0	0	10

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
	Итого		10	0	20	0	18	0	78

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Обзор биоинформатических баз данных, поисковых систем и протеомных порталов

Банк белковых структур Protein Data Bank, формат файла координат, связь с другими биоинформатическими базами данных. Порталы баз протеомных данных и инструментов поиска, извлечения и анализа информации. Обзор набора инструментов на портале ExPASy Proteomics Tools, анализ и сравнение аминокислотных последовательностей.

##### Тема 2. Обзор методов молекулярного моделирования, предпосылки и перспективы

Развитие вычислительной биологии. Методы исследования структуры макромолекул. Предпосылки развития компьютерных методов моделирования структуры биологических молекул.

Проблема фолдинга белка и предсказание нативной структуры из аминокислотной последовательности. Изучение динамики структурных изменений в биомолекулах и их комплексах. Изучение биофизических и термодинамических свойств биомолекулярных систем. Уровни детализации молекулярного моделирования

##### Тема 3. Молекулярная механика

Основная идея и фундаментальные принципы молекулярной механики: термодинамическая гипотеза, принцип аддитивности, принцип дополнителности. Молекулярное силовое поле, аппроксимации. Функциональная часть силового поля. Параметры силового поля. Потенциал ковалентной связи. Вибрации углов. Торсионные углы. Неправильные торсионные углы. Невалентные взаимодействия

##### Тема 4. Молекулярная динамика

Идея молекулярной динамики. Алгоритм программной реализации метода равновесной молекулярной динамики. Начальная конформация. Начальное распределение скоростей.

Вычисление атомарных сил. Интегрирование уравнений движения. периодические граничные условия.

Уровни детализации молекулярного моделирования.

##### Тема 5. Программный пакет VMD и подготовка к моделированию

Файл координат. Возможности молекулярных визуализаторов. Просмотр трехмерного изображения молекулы, выделение функционально-важных структур, структурное выравнивание Подготовка к моделированию: начальные координаты, создание топологии системы, формат файла топологии. Добавление растворителя и ионов.

##### Тема 6. Молекулярная динамика с использованием пакета NAMD

Использование программных пакетов для молекулярной динамики. Подготовка системы, минимизация энергии, нагрев и эквilibрация энергии системы.

Типы файлов, используемых в молекулярной динамике. Файлы координат, топологии, бинарные файлы координат. Файлы конфигурации. Интерфейс командной строки.

##### Тема 7. Моделирование биологической системы и обработка результатов

Симуляция равновесной молекулярной динамики в программе NAMD. Анализ траекторий молекулярной динамики. Расчет среднеквадратичного отклонения (RMSD) положения атомов в системе, расчет средне-квадратичной флуктуации (RMSF), анализ межатомных расстояний и углов. Анализ энергии ковалентных и нековалентных взаимодействий.

##### Тема 8. Молекулярный докинг

Обзор вычислительных методов молекулярного докинга, его место в современной биологии. Алгоритмы конформационного поиска. Оценочная функция. Консенсусный подход. Программы и серверы для проведения молекулярного докинга. Исследование структурного взаимодействия биологических макромолекул с низкомолекулярными лигандами методом докинга.

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

NAMD - Scalable Molecular Dynamics - [www.ks.uiuc.edu/Research/namd/](http://www.ks.uiuc.edu/Research/namd/)

Search NCBI databases - <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gquery/>

VMD - Visual Molecular Dynamics - [www.ks.uiuc.edu/Research/vmd/](http://www.ks.uiuc.edu/Research/vmd/)

Жмуров А.А., Барсегов В.А. Моделирование биологических систем на GPU: учебное пособие 2013 - <http://hpc.mipt.ru/wp-content/uploads/2013/02/Lectures6.pdf>

Жмуров А.А., Барсегов В.А. Моделирование биологических систем на GPU: учебное пособие 2013 - <http://hpc.mipt.ru/wp-content/uploads/2013/02/Lectures6.pdf>

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий полезно вести конспектирование учебного материала. Примите к сведению следующие рекомендации: Обращайте внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	В ходе подготовки к семинарам изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывайте свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовьте тезисы для выступлений по всем учебным 3 вопросам, выносимым на семинар. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращайтесь за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумайте примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Обучающийся может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ.
лабораторные работы	<p>Рекомендации к оформлению отчета по выполнению лабораторных и практических работ:</p> <p>Оформление отчетов по выполнению практических работ осуществляется в тетради для практических и лабораторных работ:</p> <p>_От предыдущей работы отступают 3-4 клетки и записывают дату проведения. В центре следующей строки записывают номер практической работы. Далее, каждый раз с новой строки записывают тему и цель работы.</p> <p>_Рисунки должны иметь размер не меньше, чем 6х6 см и обозначения составных частей.</p> <p>Рисунки должны располагаться на левой стороне тетрадного листа, подписи к рисункам ? под рисунком.</p> <p>_Таблицы заполняются четко и аккуратно. Таблица должна занимать всю ширину тетрадной страницы.</p> <p>_Схемы должны быть крупными и четкими, выполненными простым карандашом (допускается использование цветных карандашей), содержать только главные, наиболее характерные особенности, детали.</p> <p>_Ответы на вопросы должны быть аргументированы и изложены своими словами.</p> <p>_В конце каждой работы записывается вывод по итогам выполненной работы (вывод формулируется исходя из цели работы).</p> <p>Критерии оценки работ:</p> <p>Наличие описания цели, задач выполняемой работы, хода работы и запись краткой формулировки вывода по выполненной работе (удовлетворительно);</p> <p>Наличие описания цели, задач выполняемой работы, хода работы и развернутая и достаточно полная формулировка вывода по выполненной работе (хорошо);</p> <p>Наличие описания цели, задач выполняемой работы, хода работы, развернутая и достаточно полная формулировка вывода по данной работе и выполнение дополнительного задания (отлично).</p> <p>Для выполнения лабораторных работ учащемуся необходимо: прочитать теоретический материал; внимательно прочитать задание к выполнению лабораторной работы; получить необходимое оборудование, реактивы и самостоятельно выполнить работу с соблюдением правил техники безопасности. При необходимости учащийся получает консультацию преподавателя.</p> <p>Работа считается выполненной, если учащийся правильно выполнил все задания, освоил теоретический материал по заданной теме, сформулировал выводы, оформил лабораторную работу в виде отчета и защитил ее</p>

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	Главная задача курса направлена на формирование системных навыков, умений и знаний о приоритетных достижениях биологических наук и их комплексного использования в области медицины и фармакологии. Работу с литературой разумнее начинать с разбора материала, изложенного в лекциях. Для лучшего усвоения материала предпочтительнее после лекции затрачивать 20-30 минут на рассмотрение изложенного материала, отмечая места, вызывающие вопросы или содержащие непонятный текст. Вопросы, которые требуют дополнительного уточнения, можно разобрать, используя учебники или обратившись к преподавателю. С целью углубления знаний по изучаемому вопросу требуется использовать: рекомендованную литературу и интернет.
экзамен	Экзамен с высокой балльно-рейтинговой оценкой выставляется студенту, если он свободно ориентируется в основных понятиях, определениях и выводах данного предмета, четко представляет основные, биотехнологические процессы, возможности их регуляции и совершенствования, демонстрирует знания, основанные на дополнительной литературе. Экзамен со средней балльно-рейтинговой оценкой выставляется студенту, если он свободно ориентируется в основных понятиях, определениях и выводах данного предмета, четко представляет основные, биотехнологические процессы пищевого производства, возможности их регуляции и совершенствования, однако его ответе содержится ряд неточностей. Экзамен не ставится, если студент плохо ориентируется в основных понятиях, определениях и выводах данного предмета, или его ответ требует существенных поправок в ответах.

**10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

**11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

**12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;



- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 06.04.01 "Биология" и магистерской программе "Биохимия, молекулярная биология и биоинформатика".

*Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.05.02 Введение в компьютерное моделирование  
пространственной структуры биополимеров*

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 06.04.01 - Биология

Профиль подготовки: Биохимия, молекулярная биология и биоинформатика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

**Основная литература:**

Каплан И.Г., Межмолекулярные взаимодействия. Физическая интерпретация, компьютерные расчеты и модельные потенциалы / И.Г. Каплан. - М. : БИНОМ, 2014. - 397 с. - ISBN 978-5-9963-2655-6 - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996326556.html> (дата обращения: 28.06.2019). - Режим доступа : по подписке.

Юрчук, С. Ю. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Моделирование наносистем методами молекулярной динамики. Курс лекций : учебное пособие / С. Ю. Юрчук. - Москва : МИСИС, 2013. - 47 с. - ISBN 978-5-87623-663-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/47471> (дата обращения: 28.06.2019). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

Рамбиди, Н. Г. Структура полимеров - от молекул до наноансамблей: Учебное пособие / Н.Г. Рамбиди. - Долгопрудный: Интеллект, 2009. - 264 с. ISBN 978-5-91559-016-7, 1500 экз. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/199038> (дата обращения: 28.06.2019)

Аюпов Р.Х. Основы работы в программе VMD: учебно-методическое пособие. - 2014. - URL: [http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/21817/01\\_012\\_000746.pdf](http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/21817/01_012_000746.pdf)

*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.ДВ.05.02 Введение в компьютерное моделирование*  
*пространственной структуры биополимеров*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 06.04.01 - Биология

Профиль подготовки: Биохимия, молекулярная биология и биоинформатика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2024

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.