

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Молекулярная биофизика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

06.03.01 - Биология

Направленность образовательной программы

Биология (общий профиль)

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.06.06 Молекулярная биофизика относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1: Способен осуществлять информационный поиск по выбранной научной тематике в области биологии, излагать и критически анализировать получаемую информацию, представлять результаты исследований в виде презентаций, научно-технических отчетов, обзоров, аналитических карт, пояснительных записок, публикаций в научных изданиях; поддерживать дискуссию по актуальным вопросам биологии и экологии	ПК-1.1: Знает: - правила сбора и анализа информации по теме исследования, способы и правила представления результатов в письменной и устной формах ПК-1.2: Умеет: - планировать и осуществлять поиск научной информации, оформлять результаты исследования для представления в письменной и устной формах ПК-1.3: Владеет: - опытом поиска, анализа, представления и обсуждения результатов исследования	ПК-1.1: Знает принципы структурной организации и функционирования биологических макромолекул и методы их исследования ПК-1.2: Умеет применять знания для решения теоретических и практических задач в области молекулярной биофизики ПК-1.3: Владеет навыками критического анализа информации при выполнении научно-исследовательской работы в области молекулярной биофизики	Дискуссионное обсуждение Доклад-презентация Контрольная работа Тест	Экзамен: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	

аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация	36 Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Тема 1. Теоретические основы формирования пространственной структуры биологических макромолекул	12	4	4	8	4
Тема 2. Структура полипептидов и белков	28	8	8	16	12
Тема 3. Физические основы функционирования ферментов	26	8	8	16	10
Тема 4. Физика нуклеиновых кислот	14	4	4	8	6
Тема 5. Биосинтез белка	14	4	4	8	6
Тема 6. Фолдинг белка	12	4	4	8	4
Аттестация	36				
КСР	2				2
Итого	144	32	32	66	42

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Строение пептидной цепи. Валентные связи и углы между ними. Вращение вокруг валентных связей. Запрещенные, напряженные и разрешенные конформации.
2. Слабые взаимодействия (Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия, водородная связь, электростатическое взаимодействие, гидрофобное взаимодействие).
3. Вторичная структура белковых молекул (клубок, α - и β -структуры). Образование α -спиралей и β -структур из клубка.
4. Пространственная структура белковых молекул. Фибриллярные, мембранные, водорастворимые глобулярные белки. Энергетические дефекты упаковки белковых глобул.
5. Физические основы функционирования ферментов. Особенности доменной организации и строения активного центра ферментов. Образование фермент-субстратного комплекса. Оценка свободной энергии связывания субстрата ферментом.
6. Особенности денатурации белковых молекул (S-образный переход, критерий Вант-Гоффа).

Расплавленная глобула. Механизм перехода нативной глобулы в расплавленную.

7. Структура нуклеиновых кислот. Физические основы денатурации и ренатурации нуклеиновых кислот.

8. Биосинтез белка.

9. Фолдинг белковых молекул. Парадокс Левинталя. Модель стадийного сворачивания белковой молекулы. Кинетика перехода между стабильными состояниями. Пути сворачивания белка.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 8 ч.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Молекулярная биофизика" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=3761>).

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Дискуссионное обсуждение) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

- Имеет ли место «эволюционное совершенствование» белковых молекул?
- Насколько однозначно связана выполняемая белком функция с его структурой?
- Обратимость денатурации белковых молекул
- Сходны ли механизмы фолдинга белков в условиях *in vivo* и *in vitro*?
- Предсказание белковых структур по аминокислотным последовательностям.

Критерии оценивания (оценочное средство - Дискуссионное обсуждение)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» или «плохо»

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Доклад-презентация) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

- Типы слабых взаимодействий. Их природа и вклад в поддержание структуры макромолекул.
- Связь структуры и функции молекул белка.
- Мембранные белки – «вывернутые белки». Особенности структуры.
- Коллаген: структура и функции.
- Рентгеноструктурный анализ в изучении пространственной структуры макромолекул.
- ЯМР спектроскопия в изучении белков.
- Процесс денатурации ДНК.
- Пространственная структура рибосом. Взаимодействие нуклеиновых кислот и белковых молекул.
- Предсказание и дизайн пространственных структур белковых молекул.

Критерии оценивания (оценочное средство - Доклад-презентация)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» или «плохо»

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

- Взаимодействия Ван-дер-Ваальса.
- Гидрофобные взаимодействия.
- Процесс образования вторичных структур. Влияние аминокислотных остатков на стабильность вторичных структур.
- Общие закономерности организации активного центра ферментов.
- Особенности структурной организации фибриллярных, мембранных и водорастворимых глобулярных белков.
- Энергия каких взаимодействий вносит определяющий вклад в первичную, вторичную и пространственную структуру белков
- Влияние аминокислотной последовательности (первичной структуры) на пространственную структуру белка
- Методы определения пространственной структуры белков. Преимущества и ограничения
- Обратимость денатурации белковых молекул
- Основные подходы к предсказанию и дизайну пространственных структур белка

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим

Оценка	Критерии оценивания
	компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1:

- 1) При растворении в воде гидрофобного соединения:
 - а) $\Delta S > 0$, $\Delta H > 0$, $\Delta G < 0$;
 - б) $\Delta S > 0$, $\Delta H > 0$, $\Delta G > 0$;
 - в) $\Delta S < 0$, $\Delta H < 0$, $\Delta G > 0$.
 - г) $\Delta S < 0$, $\Delta H < 0$, $\Delta G < 0$.

- 2) Энергия Ван-дер-Ваальсова притяжения обратно пропорциональна:
 - а) r ;
 - б) r^2 ;
 - в) r^6 ;
 - г) r^8 .

- 3) В белках ковалентными связями стабилизированы преимущественно:
 - а) только первичная структура;
 - б) первичная и вторичная структуры;
 - в) первичная, вторичная и пространственная структура;

- г) только пространственная структура.
- 4) Основной вклад в поддержание вторичной структуры белковых молекул вносят:
- водородные связи;
 - электростатические взаимодействия;
 - валентные связи;
 - гидрофобное взаимодействие.
- 5) Денатурация белка это:
- разрыв валентных связей в молекуле;
 - потеря нативной пространственной структуры;
 - удаление N-концевого фрагмента из структуры молекулы;
 - удаление C-концевого фрагмента из структуры молекулы.
- 6) Карта Рамачандрана отражает:
- разрешенные и запрещенные значения углов поворота вокруг валентных связей в осто́ве пептидной цепи;
 - длины валентных связей в осто́ве пептидной цепи;
 - количество связей, которые завязывают атомы, входящие в остов пептидной цепи;
 - все перечисленные показатели.

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»,

Оценка	Критерии оценивания
	ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	ответа		и недочетами	недочетами		недочетов	
--	--------	--	-----------------	------------	--	-----------	--

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-1

1. Строение пептидной цепи. Валентные связи и углы между ними.
2. Вращение вокруг валентных связей. Cis- и trans-конформации пептидной связи.
3. Карты Рамачандрана. Карты запрещенных, напряженных и разрешенных конформаций для глицина и аланина.
4. Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия. Их типы.
5. Водородная связь. Электростатическое взаимодействие.
6. Гидрофобное взаимодействие.
7. Вторичная структура белковых молекул (клубок).
8. Вторичная структура белковых молекул (α -структуры).

9. Вторичная структура белковых молекул (β -структуры).
10. Образование α -спиралей из клубка.
11. Образование β -структур из клубка.
12. Фибриллярные белки.
13. Мембранные белки
14. Глобулярные белки.
15. Энергетические дефекты упаковки белковых глобул.
16. Денатурация белковых молекул (S-образный переход, критерий Вант-Гоффа).
17. Расплавленная глобула. Механизм перехода нативной глобулы в расплавленную.
18. Особенности доменной организации ферментов.
19. Строение активного центра фермента.
20. Образование фермент-субстратного комплекса.
21. Оценка свободной энергии связывания субстрата ферментом.
22. Фолдинг белковых молекул. Эксперимент с синтезом люциферазы в бесклеточной системе.
23. Парадокс Левинталя. Модель стадийного сворачивания белковой молекулы.
24. Консервативные остатки в ядре сворачивания белков на примере цитохромов C
25. Кинетика перехода между стабильными состояниями. Пути сворачивания белка.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой
отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом

Оценка	Критерии оценивания
	хотя бы одна компетенция сформирована на уровне « очень хорошо»
хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Артюхов Валерий Григорьевич. Молекулярная биофизика: механизмы протекания и регуляции внутриклеточных процессов : учеб. пособие / Воронеж. гос. ун-т. - Воронеж : Изд.-полигр. центр Воронеж. гос. ун-та, 2012. - 220 с. - ISBN 978-5-9273-1900-8 : 780.00., 4 экз.
2. Ремизов Александр Николаевич. Медицинская и биологическая физика : учебник. - 4-е изд., испр. и перераб. - М. : Гэотар-Медиа, 2012. - 648 с. : ил. - ISBN 978-5-9704-1924-3 : 630.00., 8 экз.
3. Финкельштейн Алексей Витальевич. Физика белка : курс лекций : учеб. пособие для вузов / РАН, Ин-т белка. - [2-е изд., испр. и доп.]. - М. : Кн. дом "Университет", 2002. - 376, [32] с. : цвет. и стереоскоп. ил. - ISBN 5-8013-0158-5 : 40.00., 1 экз.
4. Джаксон Мейер Б. Молекулярная и клеточная биофизика = Molecular and Cellular Biophysics / пер. с англ. под ред. А. П. Савицкого и А. И. Журавлева. - М. : Мир : Бином. Лаборатория знаний, 2009. - 551 с. : ил. - ISBN 978-5-9963-0011-2 (БИНОМ.ЛЗ) : 616.00., 1 экз.

Дополнительная литература:

1. Биофизика : учеб. для вузов / под ред В. Г. Артюхова. - 2-е изд. - М. : Академический Проект, 2013. - 294 с. - (Фундаментальный учебник) (Gaudeamus). - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 978-5-8291-1495-4 : 525.00., 20 экз.
2. Волькенштейн Михаил Владимирович. Биофизика = Biophysics : учеб. пособие. - Изд. 3-е, стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008. - 608 с. : ил. - (Лучшие классические учебники) (Классическая учебная литература по физике / Алферов Ж. И. (пред.) [и др.]) (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-0851-1 : 540.00., 1 экз.
3. Рубин Андрей Борисович. Биофизика : в 2 т.: учеб. для студентов биол. спец. вузов. Т. 1 : Теоретическая биофизика. - [2-е изд., испр. и доп.]. - М. : Кн. дом "Университет", 1999. - 448 с. :

ил. - ISBN 5-8013-0032-5. - ISBN 5-8013-0033-3(т.1) : 44.00., 1 экз.

4. Рубин Андрей Борисович. Биофизика : в 2 т. : учеб. для студентов биол. спец. вузов. Т. 2 : Биофизика клеточных процессов. - [2-е изд., испр. и доп.]. - М. : Кн. дом "Университет", 2000. - 468 с. : ил. - ISBN 5-8013-0032-5. - ISBN 5-8013-0047-3(т.2) : 46.00., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

ЭБС «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>

ЭБС «ZNANIUM.COM» <http://znanium.com/>

ЭБС «Юрайт» <https://www.biblio-online.ru/>

Студенческая электронная библиотека «StudentLibrary» <http://www.studentlibrary.ru/>

Научная электронная библиотека «E-library.ru» <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 06.03.01 - Биология.

Автор(ы): Шерстнева Оксана Николаевна, кандидат биологических наук.

Рецензент(ы): Сеницына Юлия Витальевна, кандидат биологических наук.

Заведующий кафедрой: Воденев Владимир Анатольевич, доктор биологических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.2023 г., протокол № 2.