

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
биологической и медицинской
физики**

Д.В. Кузьмин

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Нанотехнологические методы исследования биополимеров
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Биофизика и биоинформатика Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики кафедра молекулярной и трансляционной медицины
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 30 час.

Самостоятельная работа: 90 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Программу составил: Д.В. Клинов, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры молекулярной и трансляционной медицины 02.04.2020

Аннотация

Целью данной дисциплины является приобретение теоретических и практических знаний по молекулярной биофизике, в контексте современных методов исследования отдельных биомолекул и их комплексов, навыков практического применения данных методов в молекулярной медицине. Студент после освоения курса будет понимать фундаментальные понятия, законы и процессы функционирования живых систем, строение и функции основных биополимеров живой клетки: ДНК, РНК и белков, современные проблемы молекулярной медицины, решаемые с использованием нанотехнологий.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

приобретение теоретических и практических знаний по молекулярной биофизике, в контексте современных методов исследования отдельных биомолекул и их комплексов, навыков практического применения данных методов в молекулярной медицине.

Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в области молекулярной биофизики, структуры и функций молекул биополимеров, современных методов бионанотехнологии, использования нанотехнологических методов исследования биополимеров в медицине;
- приобретение теоретических знаний в области дектекции макромолекул и практических навыков исследования биополимеров;
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области молекулярной биофизики.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
	ОПК-3.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов)
	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ фундаментальные понятия, законы и процессы функционирования живых систем;
- ☐ строение и функции основных биополимеров живой клетки: ДНК, РНК и белков;
- ☐ современные проблемы молекулярной медицины, решаемые с использованием нанотехнологий.

уметь:

- ☐ абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных процессов в биологических системах;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач нанотехнологий;
- ☐ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ☐ делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- ☐ осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- ☐ получать наилучшие значения в биологических экспериментах и правильно оценить степень их достоверности;
- ☐ работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования биологического эксперимента;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач нанотехнологий;
- ☐ навыками теоретического анализа задач, связанных с изучением свойств биополимеров на молекулярном и субклеточном уровнях структурной организации.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Биологические чипы	2			3
2	Введение в бионанотехнологию	2		4	9
3	Методы детектирования одиночных молекул	2		4	9
4	Растворы биополимеров	4		4	12
5	Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров	4		6	15
6	Структура белков	4		4	12
7	Структура нуклеиновых кислот	4		4	12
8	Тенденции развития бионанотехнологий	4			6
9	Электронная микроскопия	4		4	12
Итого часов		30		30	90
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

1. Биологические чипы

Виды биологических чипов. Биочипы на основе нуклеиновых кислот и белков. Принцип работы и применение в биологии и медицине.

2. Введение в бионанотехнологию

История развития бионанотехнологии. Бионанотехнология – часть молекулярной биофизики. Определение бионанотехнологии как части молекулярной биофизики. Базовые понятия. Общее представление о задачах бионанотехнологии ее связи с другими науками. Области применения

3. Методы детектирования одиночных молекул

Капиллярные ловушки. Электрические ловушки. Оптические ловушки (лазерные твизеры). Магнитные ловушки (магнитные твизеры). SNOM. Атомно-силовая спектроскопия белков и ДНК. Нанопоры.

4. Растворы биополимеров

Базовые понятия. Концентрация, парциальный объем, химический потенциал и активность. Температура. Осмотическое давление. Ионная сила и теория Дебая-Хюккеля. Полиэлектролиты и эффект Доннана. Взаимодействия между молекулами и растворителем. Понятие гидрофобности – гидрофильности.

5. Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров

Устройство и принцип работы сканирующих зондовых микроскопов. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Исследование белков, нуклеиновых кислот и нуклеопротеиновых комплексов с помощью сканирующей зондовой микроскопии. Сканирующая зондовая микроскопия и биочипы. Сканирующая зондовая микроскопия и нанотехнология. Различные комбинации СЗМ. Биологические чипы. Виды биологических чипов. Биочипы на основе нуклеиновых кислот и белков. Принцип работы и применение в биологии и медицине.

6. Структура белков

20 канонических аминокислот. Структурная роль пептидной связи. Взаимодействия, определяющие структуру белка. Структуры высших порядков. Переход глобула-клубок. Изменение конформации белка.

7. Структура нуклеиновых кислот

Химический состав, первичная структура, вторичная структура. Плавление ДНК. Персистентная длина. Гауссов клубок. Компактные формы ДНК. Взаимодействие между макромолекулами и поверхностью.

8. Тенденции развития бионанотехнологий

Оценка потенциала бионанотехнологий. Смена парадигм в бионанотехнологии.

9. Электронная микроскопия

Принципы получения изображений. Устройство ЭМ. Приготовление образцов. Реконструкция изображений. Одиночные объекты. Кристаллы. Иммуно – ЭМ.

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

Необходимое оборудование для лекций: учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

Необходимое оборудование для лабораторных занятий:

Конфокальный микроскоп Eclipse E800 (Nikon, Япония), автоматизированная рабочая станция Hamilton (Hamilton, США), хроматографическая система Agilent 1100 LC/MSD Trap с масс-спектрометрическим детектором (Agilent Technologies, США), автоматизированная система для капиллярного электрофореза (Agilent Technologies, США), автоматизированная рабочая станция Biorobot 2000 (Qiagen, Германия), система 1100 Series Nanoflow LC System for MS, ESI MS (Agilent Technologies, США), масс-спектрометр MALDI-TOF-TOF Ultraflex (Bruker Daltonics, Германия), атомно-силовой микроскоп Прима (НТ-МДТ, Россия), аналитико-технологический комплекс Нанофаб 25(НТ-МДТ, Россия).

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Предоставляется на кафедре:

1. И.В.Яминский. Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров. М., Научный мир, 1997.
2. C.Bustamante. Scanning Force Microscopy under Aqueous Solutions. Review. Curr Opin. Struct. Biol. 1997. Vol. 7, N.5. P. 709-716.
3. A.Engel, D.J.Muller. Observing Single Biomolecules at Work with the Atomic Force Microscope. Nat. Struct. Biol. 2000. Vol. 7, N 9. P. 715 718.
4. L.Haggerty, A.Lenhoff. STM and AFM in Biotechnology. Biotechnol. Prog. 1993. Vol. 9, P. 1-11.
5. D.Sarid, V.Elings. Review of Scanning Force Microscopy. J. Vac. Sci. Technol. B. 1991. Vol. 9. P. 431-437.

Дополнительная литература

Предоставляется на кафедре:

1. Сердюк И. Методы в молекулярной биофизике. КДУ, 2009.
2. Кантор Ч., Бифизическая химия, Мир, 1984.
3. Шульц Г. Принципы структурной организации белков, Мир, 1982
4. P.Hansma, J.Tersoff. Scanning Tunneling Microscopy. J. Appl. Phys. 1986. 1(2), 7. P. 1-22.
5. G.Binnig, C.Quate, Ch.Gerber. Atomic Force Microscopy. Phys. Rev. Lett. 1986. Vol. 56, N 9. P. 930-933.
6. G.Binnig, H.Rohrer. Scanning Tunneling Microscopy. Helv. Phys. Acta. 1982. Vol. 55, P. 726-731.

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

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

<http://www.nature.com/nnano/>

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

Для части занятий потребуется Zoom. Google Drive для доступа к материалам курса.

Приветствуется наличие во время занятий смартфонов/ноутбуков для участия в интерактивных упражнениях.

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

Студент, прослушавший курс, должен с одной стороны, овладеть теоретическим аппаратом предмета, а с другой стороны, должен научиться применять полученные знания на практике. Успешное освоение курса требует самостоятельной работы студента. В программе курса для самостоятельной работы студента над темой отводится минимальное время.

Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе),
- чтение и конспектирование дополнительной литературы,
- подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения,
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях,
- подготовку к экзамену.

Руководство и контроль самостоятельной работы студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций. Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать, как можно больше задач. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на рассмотренный ранее теоретический аппарат.

Обычно придерживаются следующей схемы: изучение материала лекции по конспекту в тот же день, когда была прослушана лекция (10-15 минут); повторение материала накануне следующей лекции (10-15 минут), проработка учебного материала по конспектам лекций, учебной и научной литературе, подготовка ответов на вопросы, решение задач (1 час).

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к лектору. Обязательным требованием является выполнение домашних работ, которые систематически сдаются на проверку.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Биофизика и биоинформатика
Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики
кафедра молекулярной и трансляционной медицины
курс: 4
квалификация: бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен

Разработчик: Д.В. Клинов, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
	ОПК-3.2 Владеет на практике методологией составления научно-технических отчетов (проектов)
	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Нанотехнологические методы исследования биополимеров» обучающийся должен:

знать:

- ☐ фундаментальные понятия, законы и процессы функционирования живых систем;
- ☐ строение и функции основных биополимеров живой клетки: ДНК, РНК и белков;
- ☐ современные проблемы молекулярной медицины, решаемые с использованием нанотехнологий.

уметь:

- ☐ абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных процессов в биологических системах;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач нанотехнологий;
- ☐ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ☐ делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- ☐ осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- ☐ получать наилучшие значения в биологических экспериментах и правильно оценить степень их достоверности;
- ☐ работать на современном, в том числе и уникальном экспериментальном оборудовании;
- ☐ эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования биологического эксперимента;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач нанотехнологий;
- ☐ навыками теоретического анализа задач, связанных с изучением свойств биополимеров на молекулярном и субклеточном уровнях структурной организации.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Во время текущего контроля студент должен уметь ответить на следующие вопросы:

История развития бионанотехнологий.

Атомно-силовая спектроскопия молекул биополимеров.

Базовые понятия бионанотехнологий.

Нанопоры.

Задачи бионанотехнологий.

Принцип работы сканирующих зондовых микроскопов.

Теория растворов макромолекул.

Сканирующая туннельная микроскопия.

Концентрация, парциальный объем, химический потенциал и активность растворов биополимеров.

Атомно-силовая микроскопия.

Структура белковых молекул.

Конформационные изменения белковых молекул.

Классификация и принципы функционирования биологических чипов.

Структура нуклеиновых кислот.

Электронная микроскопия.

Формы ДНК.

Реконструкция изображений в электронной микроскопии.

Капиллярные, магнитные и электрические ловушки.

Иммуно-электронная микроскопия.

Во время занятий могут проходить интерактивные обсуждения в чатах курса, что будет являться домашним заданием. Возможно выполнение патентного поиска в качестве самостоятельной задачи. Успешное выполнение всех заданий по курсу и выполнение контрольных срезов знаний дает преимущество на экзамене.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примеры билетов на экзамене:

Билет №1

1. История развития бионанотехнологий.
2. Атомно-силовая спектроскопия молекул биополимеров.

Билет №2

1. Базовые понятия бионанотехнологий.
2. Нанопоры.

Билет №3

1. Задачи бионанотехнологий.
2. Принцип работы сканирующих зондовых микроскопов.

Билет №4

1. Теория растворов макромолекул.
2. Сканирующая туннельная микроскопия.

Билет №5

1. Концентрация, парциальный объем, химический потенциал и активность растворов биополимеров.
2. Атомно-силовая микроскопия.

Билет №6

1. Структура белковых молекул.
2. Исследование белков, нуклеиновых кислот и нуклеопротеиновых комплексов с помощью сканирующей зондовой микроскопии.

Билет №7

1. Конформационные изменения белковых молекул.
2. Классификация и принципы функционирования биологических чипов.

Билет №8

1. Структура нуклеиновых кислот.
2. Электронная микроскопия.

Билет №9

1. Формы ДНК.
2. Реконструкция изображений в электронной микроскопии.

Билет №10

1. Капиллярные, магнитные и электрические ловушки.
2. Иммуно-электронная микроскопия.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5 баллов) - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2 балла) - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1 балл) - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.