

**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**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Физико-химический анализ биополимеров
<b>по направлению:</b>	Биотехнология
<b>профиль подготовки:</b>	Биомедицинские технологии Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики кафедра физико-химической биологии и биотехнологии
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 90 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 180, всего зач. ед.: 4

Программу составили:

А.С. Арсеньев, д-р хим. наук, профессор

З.О. Шенкарёв, д-р физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры физико-химической биологии и биотехнологии 04.06.2020

## Аннотация

Целью данной дисциплины является познакомить студентов с основными методами физико-химического анализа в биологии. Студент после освоения курса будет понимать основные методы физико-химического анализа в биологии. Основные темы, которые будут освещены в рамках курса: Конфокальная микроскопия, Масс-спектрометрия, Мембранные белки и методы их исследования, Молекулярное моделирование биополимеров, Оптическая спектроскопия, Рентгеноструктурный анализ белков, Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров, Структура белка, Структурная формула соединения: физические методы построения и верификации, Ядерный магнитный резонанс.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

познакомить студентов с основными методами физико-химического анализа в биологии.

#### Задачи дисциплины

- ознакомление студентов с физическими основами оптической спектроскопии и ее возможностями в исследовании биополимеров;
- ознакомление студентов с современными методами оптической микроскопии;
- ознакомление студентов с современными методами оптической масс-спектрометрии;
- ознакомление студентов с физическими основами ядерного магнитного резонанса и возможностями его применения для изучения структуры биополимеров;
- знакомство с основами метода рентгеноструктурного анализа макромолекул, основными этапами и особенностями определения пространственной структуры белков;
- ознакомление слушателей с современным методом исследования биополимеров - сканирующей зондовой микроскопией. Данный метод позволяет изучать различные физические свойства биомолекул и субмолекулярных образований с высоким разрешением;
- дать студентам краткое введение в современные методы компьютерного моделирования биомолекулярных систем с использованием эмпирических силовых полей.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен управлять исследовательским проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
	УК-2.3 Способен организовать и координировать работу участников проекта, обеспечивать работу команды необходимыми ресурсами
	УК-2.4 Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях, семинарах и т.п.
ОПК-3 Способен применять и (или)	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)

ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
	ОПК-3.4 Способен к профессиональной эксплуатации и модернизации современного технологического оборудования для осуществления биотехнологических процессов
	ОПК-3.5 Владеет навыками проектирования новых биотехнологических решений для поставленных научно-технических и технологических задач
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов
	ПК-3.4 Способен самостоятельно находить и осваивать новые информационные и программные ресурсы в области биоинженерии и биоинформатики
	ПК-3.5 Способен применять методы биоинженерии и биоинформатики для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные методы физико-химического анализа в биологии.

уметь:

- применять полученные знания для решения профессиональных и научных задач.

владеть:

- навыками усвоения больших объемов информации;
- навыками применения методов физико-химического анализа при работе с биологическими объектами.

### 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	Конфокальная микроскопия		6		9
2	Масс-спектрометрия		6		9
3	Мембранные белки и методы их исследования		6		9
4	Молекулярное моделирование биополимеров		6		9
5	Оптическая спектроскопия		6		9
6	Рентгеноструктурный анализ белков		6		9

7	Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров		6		9
8	Структура белка		6		9
9	Структурная формула соединения: физические методы построения и верификации		6		9
10	Ядерный магнитный резонанс		6		9
Итого часов			60		90
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		180 час., 4 зач.ед.			

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

### Семестр: 2 (Весенний)

#### 1. Конфокальная микроскопия

Световой микроскоп.

Методы наблюдения объектов в белом свете.

Флуоресценция и приборы для исследований на основе эффекта флуоресценции.

Конфокальная микроскопия

#### 2. Масс-спектрометрия

Вводная часть.

Физика и техника современной масс-спектрометрии.

Масс-анализаторы.

Основные характеристики масс-спектрометров.

Биологические применения масс-спектрометрии.

Масс-спектрометрия и поиск потенциальных биомаркеров социально-значимых заболеваний человека.

#### 3. Мембранные белки и методы их исследования

Жидкостно-мозаичная модель мембраны.

Что такое мембранные белки.

Структуры МБ. Виды мембранных белков. Функции МБ. Синтез МБ. Особенности строения МБ.

Методы исследования структуры МБ. Теоретические (вычислительные): структурная биоинформатика. Экспериментальные методы: круговой дихроизм, рентгеноструктурный анализ, ядерный магнитный резонанс, микроскопия, FRET.

#### 4. Молекулярное моделирование биополимеров

Метод эмпирического силового поля в моделировании биомолекулярных систем.

Метод молекулярной механики.

Метод молекулярной динамики.

Метод Монте-Карло в моделировании биомолекулярных систем.

Учет эффектов сольватации в молекулярном моделировании.

Применение методов моделирования *in silico* к решению современных задач физико-химической биологии.

#### 5. Оптическая спектроскопия

Энергетический спектр электромагнитного излучения.  
Природа дисперсии оптического вращения (ДОВ) и кругового дихроизма (КД).  
Основы флуоресцентной спектроскопии.  
Фурье ИК и спектроскопия (FTIR) комбинационного рассеяния (КР)

#### 6. Рентгеноструктурный анализ белков

Природа рентгеновского излучения, свойства рентгеновских лучей.  
Кристаллы и кристаллические решетки.  
Основные этапы определения структуры белка.  
Банк белковых структур – PDB.

#### 7. Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров

Устройство и принцип работы сканирующих зондовых микроскопов.  
Сканирующая туннельная микроскопия.  
Атомно-силовая микроскопия.  
Сканирующая зондовая микроскопия и биочипы.

#### 8. Структура белка

От вторичной к третичной структуре белка  
Третичная структура и доменная организация белков  
ДНК/РНК-связывающие белки  
Фибриллярные белки

#### 9. Структурная формула соединения: физические методы построения и верификации

Структурная формула соединения: физические методы построения и верификации

#### 10. Ядерный магнитный резонанс

Ядерный магнитный резонанс (ЯМР)  
Принципиальная блок-схема ЯМР спектрометра.  
Способы регистрации спектров.  
Одномерная и двумерная спектроскопия ЯМР.  
Изучение пространственной структуры биополимеров методом спектроскопии ЯМР.  
Гетероядерная спектроскопия ЯМР.  
Метод спиновых меток.

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

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

### 6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Базовая кафедра предоставляет литературу

1. Физико-химические методы исследования биополимеров и низкомолекулярных биорегуляторов. Отв. редактор академик В.Т.Иванов. М., Наука, 1992.
2. Дж. Лакович. Основы флуоресцентной спектроскопии. М., Мир, 1986.
3. Э.Дероум. Современные методы ЯМР для химических исследований. М., Мир, 1992.
4. Физико-химические методы исследования биополимеров и низкомолекулярных биорегуляторов. Отв. ред. В.Т.Иванов. М., Наука, 1992.
5. "Proteomics of human body fluids: principles, methods, and applications" Ed: Visith Thongboonkerd. 2007, Humana Press
6. И.В.Яминский. Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров. М., Научный мир, 1997.
7. Волькенштейн М.В. Молекулярная биофизика. М., Наука, 1975.
8. Рубин А.Б. Биофизика.: Уч. пос. В 2-х т. - М.: Изд-во МГУ; изд-во «Наука», 2004. – Т. 1 - 469с.
9. Хеерман Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике. М., Наука, 1990.

#### Дополнительная литература

Базовая кафедра предоставляет литературу

1. G. Sluder, D.E. Wolf. Digital Microscopy. 3rd ed./4th ed., Methods in Cell Biol. V.81/V.114, 2007/2013
2. P.M. Conn. Imaging and Spectroscopic Analysis of Living Cells: Optical and Spectroscopic Techniques. Methods in Enzymology, V.504, 2012
3. Лекции по микроскопии Университета Пердью: <http://www.cyto.purdue.edu/class/bms524>
1. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии. Москва. 2003 г.
2. Mass spectrometry basics. Eds. C.G. Herbert, R.A.W. Johnstone. 2003 CRC Press.
3. New and emerging proteomic techniques. Eds. D. Nedelkov, R.W. Nelson, Methods in molecular biology, 328. 2006, Humana Press
4. "Proteomics of human body fluids: principles, methods, and applications" Ed: Visith Thongboonkerd. 2007, Humana Press
5. LC-MS/MS in Proteomics. Eds. P.R. Citillas and J.F. Timms, Methods in molecular biology, 2010, Humana Press
6. Бландел Т., Джонсон Л.. 1979. Кристаллография белка. - М., Мир.
7. Кантор Ч., Шиммель П. 1984. Биофизическая химия. - М., Мир.
8. Физико-химические методы исследования биополимеров и низкомолекулярных биорегуляторов. Отв. ред. В.Т.Иванов. М., Наука, 1992
9. Bernhard Rupp. 2009. Biomolecular Crystallography: Principles, Practice, and Application to Structural Biology. Publisher: Garland Science
10. И.В.Яминский. Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров. М., Научный мир, 1997.
11. В.Л.Миронов. Учебное пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Институт физики микроструктур РАН, Нижний Новгород, 2004.
12. C.Bustamante. Scanning Force Microscopy under Aqueous Solutions. Review. Curr Opin. Struct. Biol. 1997. Vol. 7, N.5. P. 709-716.
13. 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.
14. P.Hansma, J.Tersoff. Scanning Tunneling Microscopy. J. Appl. Phys. 1986. 1(2), 7. P. 1-22.
15. G.Binnig, C.Quate, Ch.Gerber. Atomic Force Microscopy. Phys. Rev. Lett. 1986. Vol. 56, N 9. P. 930-933.
16. G.Binnig, H.Rohrer. Scanning Tunneling Microscopy. Helv. Phys. Acta. 1982. Vol. 55, P. 726-731.
17. D.Sarid, V.Elings. Review of Scanning Force Microscopy. J. Vac. Sci. Technol. B. 1991. Vol. 9. P. 431-437.
18. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. М., Наука, 1976.
19. Финкельштейн А.В., Птицын О.Б. Физика белка. – М.: КДУ, 2005. – 456с.
20. Кантор Ч., Шиммель П. Биофизическая химия. Тт.1-3. М., Мир, 1984.
21. Биндер К., Хеерман Д.В. Моделирование методом Монте-Карло в статистической физике. М., Наука, 1995.

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

Не используются

## **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, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Биотехнология
<b>профиль подготовки:</b>	Биомедицинские технологии Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики кафедра физико-химической биологии и биотехнологии
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

**Разработчики:**

А.С. Арсеньев, д-р хим. наук, профессор

З.О. Шенкарёв, д-р физ.-мат. наук



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен управлять исследовательским проектом на всех этапах его реализации	УК-2.1 Формулирует в рамках обозначенной проблемы, цель, задачи, актуальность, значимость (научную, практическую, методическую и иную в зависимости от типа проекта), ожидаемые результаты и возможные сферы их применения
	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
	УК-2.3 Способен организовать и координировать работу участников проекта, обеспечивать работу команды необходимыми ресурсами
	УК-2.4 Представляет публично результаты проекта (или отдельных его этапов) в форме отчетов, статей, выступлений на научно-практических конференциях, семинарах и т.п.
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
	ОПК-3.4 Способен к профессиональной эксплуатации и модернизации современного технологического оборудования для осуществления биотехнологических процессов
	ОПК-3.5 Владеет навыками проектирования новых биотехнологических решений для поставленных научно-технических и технологических задач
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов
	ПК-3.4 Способен самостоятельно находить и осваивать новые информационные и программные ресурсы в области биоинженерии и биоинформатики
	ПК-3.5 Способен применять методы биоинженерии и биоинформатики для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физико-химический анализ биополимеров» обучающийся должен:

**знать:**

- основные методы физико-химического анализа в биологии.

**уметь:**

- применять полученные знания для решения профессиональных и научных задач.

**владеть:**

- навыками усвоения больших объемов информации;
- навыками применения методов физико-химического анализа при работе с биологическими объектами.

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

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

1. Конфокальная микроскопия
2. Рентгеноструктурный анализ белков
3. Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров
4. Структурная формула соединения: физические методы построения и верификации
5. От вторичной к третичной структуре белка
6. Третичная структура и доменная организация белков
7. ДНК/РНК-связывающие белки
8. Фибриллярные белки
9. Метод ядерного магнитного резонанса
10. Метод эмпирического силового поля.
11. Метод молекулярной механики.
12. Метод молекулярной динамики.
13. Метод Монте-Карло.
14. Молекулярное моделирование биополимеров:
15. Методы расчета свободной энергии в молекулярных системах.
16. Учет эффектов сольватации.
17. Мембранные белки и методы их исследования

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**

1. Конфокальная микроскопия
2. Рентгеноструктурный анализ белков
3. Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров
4. Структурная формула соединения: физические методы построения и верификации
5. От вторичной к третичной структуре белка
6. Третичная структура и доменная организация белков
7. ДНК/РНК-связывающие белки
8. Фибриллярные белки
9. Метод ядерного магнитного резонанса
10. Метод эмпирического силового поля.
11. Метод молекулярной механики.
12. Метод молекулярной динамики.
13. Метод Монте-Карло.
14. Молекулярное моделирование биополимеров:
15. Методы расчета свободной энергии в молекулярных системах.
16. Учет эффектов сольватации.
17. Мембранные белки и методы их исследования

Примеры билетов на экзамене:

Билет №1

Масс-спектрометрия

Билет №2

Ядерный магнитный резонанс

Билет №3

Молекулярное моделирование биополимеров

#### 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.