

**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:	Оптические методы исследований
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Биоинженерия и биоинформатика Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики кафедра молекулярной и клеточной биологии
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: Д.Н. Калюжный, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры молекулярной и клеточной биологии 04.06.2020

Аннотация

Целью данной дисциплины является познакомить обучающихся с современными подходами оптических методов анализа биологического материала в целях изучения процессов, происходящих в ходе жизнедеятельности, на молекулярном уровне; познакомить студентов с последними достижениями и принципами установления структурно-функциональных особенностей биомолекул. Студент после освоения курса будет понимать основные понятия и принципы молекулярной спектроскопии, преимущества и ограничения использования современных оптических методов анализа биомолекул, возможности приложения полученных знаний в медицине, фармакологии, биотехнологии и других смежных областях.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Познакомить обучающихся с современными подходами оптических методов анализа биологического материала в целях изучения процессов, происходящих в ходе жизнедеятельности, на молекулярном уровне; познакомить студентов с последними достижениями и принципами установления структурно-функциональных особенностей биомолекул.

Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в области молекулярной спектроскопии и структурной биологии;
- формирование представлений о современных методах исследования структуры и функций биологических макромолекул
- формирование фундаментальных основ, необходимых для повышения творческого и исследовательского потенциала студентов.
- формирование у студентов навыков самостоятельной работы со специальной научной литературой физико-химической направленности.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ основные понятия и принципы молекулярной спектроскопии;
- ☐ преимущества и ограничения использования современных оптических методов анализа биомолекул;
- ☐ возможности приложения полученных знаний в медицине, фармакологии, биотехнологии и других смежных областях.

уметь:

- ☐ использовать оптические методы изучения взаимодействия биомолекул;
- ☐ выбирать необходимые методы и оборудование для проведения исследований; работать с научно-технической информацией;
- ☐ формулировать и ставить задачу исследования и этапов её выполнения;
- ☐ владеть техникой поиска и анализа информации, находимой в Интернете;
- ☐ представлять полученные результаты исследований в устной и наглядной форме;
- ☐ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования задач;
- ☐ навыками критического анализа и оценки современных научных достижений;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными.

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	Физические основы поглощения света и его применение для изучения свойств биомолеку	12	12		30
2	Эволюция и распространение лекарственно-устойчивых микроорганизмов	8	8		20
3	Физические основы флуоресцентной спектроскопии. Применение флуоресценции для изучения биомолекул.	10	10		25
Итого часов		30	30		75
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

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

Семестр: 2 (Весенний)

1. Физические основы поглощения света и его применение для изучения свойств биомолеку

Типы электронных переходов, в природных соединениях. Квантовохимическое определение дипольного момента перехода. Принципиальная схема спектрофотометра. Закон Ламберта-Бера. Проверка соблюдения закона и особенности приложения к биологическим объектам. Свойства аддитивности оптической плотности. Спектры поглощения белков и нуклеиновых кислот. Гипохромный эффект и его применение. Рассеяние света.

2. Эволюция и распространение лекарственно-устойчивых микроорганизмов

Линейный дихроизм. Определение ориентации хромофора относительно оси спирали ДНК. Хиральность. Природа дисперсии оптического вращения (ДОВ) и кругового дихроизма (КД). Принципиальная схема дихрографа. Молярная эллиптичность. Применение КД спектроскопии в исследовании вторичной структуры пептидов и белков. КД спектроскопия нуклеиновых кислот.

3. Физические основы флуоресцентной спектроскопии. Применение флуоресценции для изучения биомолекул.

Флуоресценция и фосфоресценция, диаграмма Яблонского. Время жизни, квантовый выход и метод его измерения. Природные и искусственные флуорофоры. Спектральные свойства ароматических аминокислот. Тушение флуоресценции. Уравнение Штерна-Фольмера. Ионные и нейтральные тушители в исследовании биомолекул. Динамическое и статическое тушение, физический смысл констант тушения флуоресценции. Безызлучательный перенос энергии по Фёрстеру. Флуоресценция единичных молекул. Анизотропия поляризованной флуоресценции, схема измерения. Уравнение Перрена и его применение в исследовании биомолекул.

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 имеет в наличии следующую литературу:

1. Дж. Лакович. Основы флуоресцентной спектроскопии. М., Мир, 1986.
2. Кантор Ч., Шиммел П. Биофизическая химия. Тт. 1-3. М., Мир, 1984.
3. Joseph R. Lakowicz. Principles of Fluorescence Spectroscopy, 3rd edition, Springer, 2006

Дополнительная литература

Базовая кафедра имеет в наличии следующую литературу:

1. А.Н. Теренин. Фотоника молекул красителей и родственных органических соединений, Л, Наука, 1967
2. B. Nordén (2006) Applications of linear Dichroism Spectroscopy, Applied Spectroscopy Reviews, 14:2, 157-248, DOI: 10.1080/05704927808060393

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

- 1) Immunobiology, 5th edition (NCBI bookshelf). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK10757/>
- 2) Англоязычная Википедия. <http://en.wikipedia.org>

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

При подготовке и чтении лекций может потребоваться следующее программное обеспечение: MS Word, MS Power Point. При самостоятельном изучении учебного материала необходимо наличие установленных: Acrobat Reader, STDU Viewer. Для части занятий потребуются 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;

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- изучение новейшей информации, в том числе, на порталах ВОЗ, CDC и др.
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий 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)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Биоинженерия и биоинформатика
Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики
кафедра молекулярной и клеточной биологии
курс: 1
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчик: Д.Н. Калюжный, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Оптические методы исследований» обучающийся должен:

знать:

- ☐ основные понятия и принципы молекулярной спектроскопии;
- ☐ преимущества и ограничения использования современных оптических методов анализа биомолекул;
- ☐ возможности приложения полученных знаний в медицине, фармакологии, биотехнологии и других смежных областях.

уметь:

- ☐ использовать оптические методы изучения взаимодействия биомолекул;
- ☐ выбирать необходимые методы и оборудование для проведения исследований; работать с научно-технической информацией;
- ☐ формулировать и ставить задачу исследования и этапов её выполнения;
- ☐ владеть техникой поиска и анализа информации, находимой в Интернете;
- ☐ представлять полученные результаты исследований в устной и наглядной форме;
- ☐ делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки и моделирования задач;
- ☐ навыками критического анализа и оценки современных научных достижений;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными.

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

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

1. Характерные области поглощения биомолекул, их коэффициенты молярной экстинкции. Электронные переходы в пептидной группе и нуклеиновых основаниях.
2. Поглощение линейно поляризованного света. Применение линейного дихроизма.
3. Природа ДОВ и КД. Молярная эллиптичность.
4. Принцип измерения КД. Электрооптический модулятор.
5. Понятие хиральности. Природа экситонного расщепления в спектре КД.
6. Применение спектроскопии КД для исследования структуры пептидов и белков.
7. Применение спектроскопии КД для исследования конформации нуклеиновых кислот.

8. Флуоресценция и люминесценция, диаграмма Яблонского. Факторы, определяющие квантовый выход и время жизни флуоресценции.
9. Флуоресценция молекул. Типы и свойства флуорофоров. Флуоресцентные белки и сенсоры на их основе.
10. Длины волн и квантовые выходы флуоресценции ароматических аминокислот.
11. Тушение флуоресценции, уравнение Штерна-Фольмера. Ионные и нейтральные тушители и их применение в исследовании биомолекул.
12. Безызлучательный перенос энергии по Фёрстеру. Зависимость от расстояния и характерные расстояния переноса энергии.
13. Проблемы при наблюдении флуоресценции от одиночной молекулы.
14. Сверхразрешающие методы микроскопии на основе регистрации флуоресценции единичных молекул.
15. Анизотропия поляризованной флуоресценции, ее происхождение и принцип измерения. Предельная анизотропия, уравнение Перрена. Анизотропия флуоресценции в исследовании биомолекул.

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 дифференцированном зачете.

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

1. Характерные области поглощения биомолекул, их коэффициенты молярной экстинкции. Электронные переходы в пептидной группе и нуклеиновых основаниях.
2. Поглощение линейно поляризованного света. Применение линейного дихроизма.
3. Природа ДОВ и КД. Молярная эллиптичность.
4. Принцип измерения КД. Электрооптический модулятор.
5. Понятие хиральности. Природа экситонного расщепления в спектре КД.
6. Применение спектроскопии КД для исследования структуры пептидов и белков.
7. Применение спектроскопии КД для исследования конформации нуклеиновых кислот.
8. Флуоресценция и люминесценция, диаграмма Яблонского. Факторы, определяющие квантовый выход и время жизни флуоресценции.
9. Флуоресценция молекул. Типы и свойства флуорофоров. Флуоресцентные белки и сенсоры на их основе.
10. Длины волн и квантовые выходы флуоресценции ароматических аминокислот.
11. Тушение флуоресценции, уравнение Штерна-Фольмера. Ионные и нейтральные тушители и их применение в исследовании биомолекул.
12. Безызлучательный перенос энергии по Фёрстеру. Зависимость от расстояния и характерные расстояния переноса энергии.
13. Проблемы при наблюдении флуоресценции от одиночной молекулы.
14. Сверхразрешающие методы микроскопии на основе регистрации флуоресценции единичных молекул.
15. Анизотропия поляризованной флуоресценции, ее происхождение и принцип измерения. Предельная анизотропия, уравнение Перрена. Анизотропия флуоресценции в исследовании биомолекул.

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 дифференцированного зачета студенту предоставляется право выбрать один основной вопрос путём вытягивания билета, а также ответить на дополнительный вопрос по выбору из приведённого выше списка. Студенты, прошедшие промежуточные аттестации с отличными отметками, освобождаются от второго вопроса.