

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



«УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и экономическому развитию

Д.А. Зубцов

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине: Экспериментальные методы оптической спектроскопии
по направлению: Прикладные математика и физика (магистратура)
профиль подготовки: Физика супрамолекулярных систем
Факультет молекулярной и химической физики
кафедра физики супрамолекулярных систем и нанофотоники
курс: 1
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1(Осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

практические и семинарские занятия: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: Н.Х. Петров, канд. физ.-мат. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры

16 февраля 2016 г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

М.В. Алфимов

Начальник учебного управления

И.Р. Гарайшина

Декан факультета

В.М. Некипелов

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целью курса является изучение основ оптико-спектроскопических измерений.

Задачи дисциплины

- Освоение студентами знаний в области стационарной и время-разрешенной оптической спектроскопии.
- Изучение общей схемы измерительного устройства и его основные характеристики.
- Приобретение навыков оценки ошибок измерений (в том числе критерий хи-квадрат).
- Изучение метода счета коррелированных фотонов и модуляционно-фазового метода определения динамических характеристик флуоресценции.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к вариативной части образовательной программы.

Дисциплина «Экспериментальные методы оптической спектроскопии» базируется на дисциплинах:

Общая и неорганическая химия;
Физические методы исследований;
Введение в математический анализ;
Вычислительная математика;
Линейная алгебра;
Основы химической физики;
Уравнения математической физики;
Общая физика: лабораторный практикум;
Общая физика: термодинамика и молекулярная физика;
Общая физика: оптика;
Аналитическая геометрия;
Общая физика: механика;
Общая физика: квантовая физика.

Дисциплина «Экспериментальные методы оптической спектроскопии» предшествует изучению дисциплин:

Научно-исследовательская работа.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

способность использовать на практике углубленные фундаментальные знания, полученные в области естественных и гуманитарных наук, и владением научным мировоззрением (ОПК-3);
способность самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств (ПК-1);
способность ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание (ПК-2).

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль экспериментальных методов в научных исследованиях;
- основы современных представлений в области оптической спектроскопии;
- основные методы оценки ошибок измерения;
- основные методы измерения стационарных и время-разрешенных характеристик электромагнитного излучения в оптическом диапазоне;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- пользоваться литературой по спектроскопическим методам для быстрого поиска необходимых физико-химических данных и понятий;
- правильно выбирать экспериментальные методы в соответствии с поставленной задачей по динамике и структуре физико-химических систем;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента.

владеть:

- терминологией оптической спектроскопии;
- методами моделирования быстропротекающих процессов в физико-химических системах;
- научной картиной мира.

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	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практические и семинарские занятия	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Ошибки измерения – грубые (промахи), систематические, случайные.		2			2
2	Измерительные устройства – общая схема и их передаточные характеристики.		4			2
3	Измерение аналоговых сигналов.		3			2
4	Модуляционная техника измерений. Синхронное детектирование.		8			2
5	Методы счета одиночных фотонов: статистика Пуассона. Метод счета одиночных коррелированных фотонов.		8			2
6	Датчики. Фотозлектронный умножитель (ФЭУ).		2			20
7	Модуляционно-фазовый метод определения времен жизни люминесценции.		2			
8	Явление поляризации света и ее характеристики.		1			
Итого часов			30			30

Подготовка к экзамену	30 час.
Общая трудоёмкость	90 час., 2 зач.ед.

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Ошибки измерения – грубые (промахи), систематические, случайные.

Введение. Физическая и химическая методология. Ошибки измерения – грубые (промахи), систематические, случайные. Статистическая гипотеза. Распределения Гаусса (нормальное). Математическое ожидание и дисперсия. Выборочное среднее и выборочная дисперсия. Среднеквадратичная ошибка среднего. Критерий χ^2 . Сглаживание (регрессия).

2. Измерительные устройства – общая схема и их передаточные характеристики.

Линейный режим. Нелинейный режим. Динамические свойства. Недемпфированный режим. Передемпфированный режим. Время отклика. Функция Хэвисайда, «ступенька». Функция Дирака. Периодический сигнал. Частотная характеристика. Обратная связь (улучшение стабильности, линейности системы).

3. Измерение аналоговых сигналов.

Отношение сигнала к шуму (по мощности). Предел чувствительности ($c/\text{ш}=1$). Метод усреднения. Интегрирование аналогового сигнала (фильтр НЧ). Примеры спектральной плотности шумов (фликкер шум). Дробовой шум (формула Шотки).

4. Модуляционная техника измерений. Синхронное детектирование.

Синхронное детектирование. Модуляционная техника измерений. Датчики. Вакуумный фотоэлемент: фотоэффект, спектральная чувствительность, линейность, полоса частот. Темновой ток. Формула Ричардсона. Охлаждение фотокатода – холодильник Пельтье. Полупроводниковый фотоэлемент: p-n переход, фотодиод и светодиод. Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ). ФЭУ с микроканальным умножением электронов.

5. Методы счета одиночных фотонов: статистика Пуассона. Метод счета одиночных коррелированных фотонов.

Метод счета одиночных коррелированных фотонов. Импульсные источники света. Амплитудный дискриминатор. Время-амплитудный преобразователь. Многоканальный амплитудный преобразователь. Связь между распределением по временам задержки отклика системы на импульсное возбуждение и зависимости интенсивности флуоресценции от времени. Отклик на возбуждение нулевого протяжения, но конечной энергии (функция Дирака). Свертка, обращение свертки (деконволюция). Представление затухания флуоресценции в виде суммы экспонент (физ. смысл такого представления).

6. Датчики. Фотоэлектронный умножитель (ФЭУ).

Спектрофотометрия. Закон Ламберта – Бэра.

Спектрофотометр – типичная оптическая схема, принцип работы. Виды люминесценции - флуоресценция, фосфоресценция, замедленная флуоресценция. Методы измерения спектров флуоресценции и фосфоресценции, спектров возбуждения люминесценции. Исправление спектров люминесценции. Спектрофлуориметр - оптическая схема, принцип работы.

7. Модуляционно-фазовый метод определения времен жизни люминесценции.

Модуляционно-фазовый метод определения времен жизни. Основные формулы для мономолекулярного распада. Коэффициент модуляции и сдвиг фазы как функция частоты модуляции. Исторические замечания. Основные формулы для общего случая мультиэкспоненциального затухания флуоресценции. Источники возбуждения флуоресценции. Методы модуляции (ячейка Покейльса).

8. Явление поляризации света и ее характеристики.

Явление поляризации света. Деполяризация флуоресценции. Поляризатор. Линейная, циркулярная (круговая) поляризации. Поляризационное отношение, степень поляризации, анизотропия поляризации. Зависимость анизотропии поляризации от времени.

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

Необходимое оборудование для практических занятий: компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Дж.Сквайрс, Практическая физика. Мир, М. 1971.
2. Х.-И. Кунце, Методы физических измерений. Мир, М.:1989.
3. Х. Шмидт, Измерительная электроника в ядерной физике. М.Мир 1989.
4. И.Р. Гулаков, Метод счета фотонов в оптикофизических измерениях. Университетское, Минск, 1989.
5. Л.В. Левшин, А.М. Салецкий, Оптические методы исследования молекулярных систем. Ч.1. Молекулярная спектроскопия. – М.: изд-во МГУ, 1994. – 320 с.

Дополнительная литература

1. J.N. Demas, Excited state lifetime measurements, Academic press, NY. :1983.
2. E. Gratton, J.R. Alcala, B. Barbieri, Frequency-domain fluorometry. In “Luminescence techniques in chemistry and biochemical analysis”, p.47-72. Eds. W.R.G. Baeyens, D.De Kenkeleire, K. Korkidis, Marcel Dekker, Inc., N.Y. 1991.

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

<http://www.springerlink.com>. <http://pubs.acs.org>.

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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 преподавателю.

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

9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения

Приложение

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

по направлению: Прикладные математика и физика (магистратура)
профиль подготовки: Физика супрамолекулярных систем
Факультет молекулярной и химической физики
кафедра физики супрамолекулярных систем и нано
курс: 1
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1(Осенний) - Экзамен

Разработчик: Н.Х. Петров, канд. физ.-мат. наук, доцент

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

способность использовать на практике углубленные фундаментальные знания, полученные в области естественных и гуманитарных наук, и владением научным мировоззрением (ОПК-3);
способность самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств (ПК-1);
способность ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание (ПК-2).

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Экспериментальные методы оптической спектроскопии» обучающийся должен:

знать:

- место и роль экспериментальных методов в научных исследованиях;
- основы современных представлений в области оптической спектроскопии;
- основные методы оценки ошибок измерения;
- основные методы измерения стационарных и время-разрешенных характеристик электромагнитного излучения в оптическом диапазоне;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- пользоваться литературой по спектроскопическим методам для быстрого поиска необходимых физико-химических данных и понятий;
- правильно выбирать экспериментальные методы в соответствии с поставленной задачей по динамике и структуре физико-химических систем;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента.

владеть:

- терминологией оптической спектроскопии;
- методами моделирования быстропротекающих процессов в физико-химических системах;
- научной картиной мира.

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

1. Основные характеристики случайных процессов.
2. Критерий χ^2 . Сглаживание (регрессия).
3. Функция корреляции как критерий случайности
4. Частотная характеристика.
5. Обратная связь (улучшение стабильности, линейности системы).
6. Примеры спектральной плотности шумов (фликкер шум).
7. Дробовой шум (формула Шотки).
8. Естественные пределы измерений физических величин. Тепловой шум.
9. Гальванометр. Измерение тока счетом отдельных электронов.

10. Вакуумный фотоэлемент: фотоэффект, спектральная чувствительность, линейность, полоса частот.
11. Темновой ток. Формула Ричардсона.
12. ФЭУ с микроканальным умножением электронов.
13. Диаграмма Яблонского.
14. Определение времени жизни флуоресценции.
15. Свертка, обращение свертки (деконволюция).
16. Представление затухания флуоресценции в виде суммы экспонент (физ. смысл такого представления).
17. Кинетическая модель двух флуоресцирующих состояний, связанных между собой. Метод квазистационарных состояний.
18. Коэффициент модуляции и сдвиг фазы как функция частоты модуляции.
19. Источники возбуждения флуоресценции.
20. Поляризационное отношение, степень поляризации, анизотропия поляризации.
21. Зависимость анизотропии поляризации от времени.
22. Вывод формулы Левшина-Перрена.

4. 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 бала - 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 бала - 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 бала - 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 бал - 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.