

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям



О.И.Чуприс

(подпись)

дата утверждения

Регистрационный № УД 5867 /уч.

ЛАЗЕРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальностей
1- 31 04 01 Физика (по направлениям)
Направление 1-31 04 01-01 Физика
(научно-исследовательская деятельность)**

Минск 2018 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 01-2013, учебных планов № G31-214/уч., G31и-215/у. от 20.02.2018 г.

СОСТАВИТЕЛЬ:

И.М. Гулис – профессор кафедры лазерной физики и спектроскопии Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой лазерной физики и спектроскопии физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 18 от 22 июня 2018 г.);

Советом физического факультета
(протокол № 12 от 28 июня 2018 г.).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины "Лазерная спектроскопия" разработана для специальности 1-31 04 01 - Физика (по направлениям) направления специальности 1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность).

Цель учебной дисциплины – формирование у студентов комплексных знаний, умений и навыков, необходимых при решении теоретических и практических задач, возникающих в научно-практическом направлении, сформировавшихся на стыке лазерной физики и оптической спектроскопии. **Основные задачи** учебной дисциплины — усвоение физических принципов и базирующимся на них методов лазерной спектроскопии, а также привитие навыков использования лазерно-спектроскопических методов в различных вариантах экспериментальной реализации для решения широкого круга фундаментальных и прикладных задач спектроскопии, оптики и аналитических применений.

Лазерная спектроскопия — динамично развивающаяся область на стыке лазерной физики и оптической спектроскопии. Уникальные свойства лазерного излучения позволяют не только качественно расширить возможности разработанных ранее классических спектроскопических методов, но и открывают возможности решения задач, в принципе не решаемых методами классической спектроскопии.

Лазерная спектроскопия активно развивается, число работ по новым методам и их применениям огромно. Поэтому в рамках ограниченного по времени дисциплины акцент делается на *принципах и экспериментальных подходах*, имеющих возможно более широкую область применений, на *методах*, уже вошедших в экспериментальную практику, либо появившихся недавно, но с полной определенностью являющихся по своему потенциалу перспективными. *Применение методов* иллюстрируется на примерах, относящихся к различным областям атомной и молекулярной спектроскопии. В ряде случаев обсуждение вопросов применения ограничивается кратким изложением основных идей (это касается тех областей, в которых студенты имеют достаточные сведения по объекту исследования, полученные из изученных ранее дисциплин); в других случаях, в первую очередь касающихся новых направлений в молекулярной спектроскопии, более подробно анализируются физические процессы, протекающие в системе, являющейся объектом исследования с применением методов лазерной спектроскопии. Приводятся также примеры *аппаратурной реализации методов*.

Материал дисциплины основан на знаниях и представлениях, заложенных в дисциплинах «Оптика», «Оптически спектры атомов», «Молекулярная спектроскопия», «Люминесценция», «Физика лазеров», «Современные лазерные системы». Он является базовым для дисциплин: «Лазеры в медицине и лазерные технологии».

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

– основные характеристики лазерных источников, используемых в спектроскопии;

- физические принципы применения лазеров в различных областях спектроскопии;
- варианты аппаратной реализации лазерно-спектроскопических систем;
- области применения и примеры задач, решаемых лазерно-спектроскопическими методами

уметь:

- планировать постановку лазерно-спектроскопического эксперимента, проводить выбор источников и систем регистрации в соответствии с задачей исследования;

владеть:

- базовыми сведениями об основных типах лазерных источников и методах регистрации спектроскопической информации, используемых в учебном процессе и научно-исследовательской работе в соответствии с профилем обучения.

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Академические компетенции:

- Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- Владеть системным и сравнительным анализом.
- Владеть исследовательскими навыками.
- Уметь работать самостоятельно.
- Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Социально-личностные компетенции:

- Быть способным к социальному взаимодействию.
- Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- Быть способным к критике и самокритике (критическое мышление).
- Уметь работать в команде.

Профессиональные компетенции:

- Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики и математики, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.
- Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.
- Проводить планирование и реализацию физического эксперимента используя современные лазерно-спектроскопические методы.

- Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, научно-технической и патентной литературой.

- Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования.

- Применять знания физических основ современных технологий, методы внедрения инноваций в научно-производственной, научно-педагогической и научно-технической деятельности.

Дисциплина «Лазерная спектроскопия» относится к циклу дисциплин специализации.

Программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта. Общее количество часов – 100; аудиторное количество часов – 40, из них: лекции – 30, аудиторный контроль УСП – 10. Форма получения высшего образования – очная, дневная. Занятия проводятся на 4-ом курсе в 8-ом семестре. Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – экзамен (3 зачетные единицы).

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. **Предмет и задачи лазерной спектроскопии.** Характеристики лазерного излучения, используемые в спектроскопическом эксперименте. Задачи, решаемые методами лазерной спектроскопии.
2. **Перестраиваемые лазеры для спектроскопии.** Требования к ширине линии генерации. Особенности некоторых типов лазеров для спектроскопии. Перестраиваемые ВКР-лазеры. Полупроводниковые лазеры. Молекулярные газовые лазеры высокого давления. Оптическая параметрическая генерация и нелинейное преобразование частоты.
3. **Стабилизация и калибровка частоты лазеров.** Методы и системы стабилизации частоты лазеров. Методы калибровки частоты.
4. **Абсорбционная лазерная спектроскопия.** Преимущества метода. Чувствительность. Спектральное разрешение. Амплитудная и частотная модуляция. Область применений.
5. **Оптико-акустическая спектроскопия. Оптикогальваническая и ионизационная спектроскопия.** Оптико-акустический сигнал в газовой фазе. Столкновительная релаксация. Факторы, определяющие чувствительность и разрешение. Применение к исследованиям в конденсированной фазе. Принцип оптикогальванического метода и его применения. Сигнал в ионизационной спектроскопии. Двухфотонная ионизация.
6. **Тонкоструктурная электронно-колебательная спектроскопия сложных молекул в конденсированной среде.** Электрон-фононное взаимодействие. Неоднородное уширение. Метод матриц Шпольского. Сайты. Флуоресцентная электронно-колебательная спектроскопия при селективном возбуждении в конденсированной фазе. Выжигание спектральных провалов в неоднородно уширенных вибронных полосах.
7. **Спектроскопия молекул, охлажденных методом адиабатического расширения в сверхзвуковой струе.** Принцип метода. Информация, получаемая из спектров возбуждения струйно охлажденных молекул. Формирование спектров флуоресценции при селективном возбуждении вибронных состояний. Внутримолекулярное колебательное перераспределение. Спектроскопия ван-дер-ваальсовых комплексов.
8. **Спектроскопия одиночных молекул.** Чисто электронные линии одиночных молекул при гелиевых температурах. Требования к молекулам и матрицам. Методы регистрации. Спектральные прыжки. Группировка фотонов. Выявление гетерогенности ансамблей частиц по спектроскопическим характеристикам. Детектирование одиночных квантовых объектов при комнатных температурах.
9. **Внутрирезонаторная лазерная спектроскопия.** Факторы, ограничивающие чувствительность. Аппаратура для внутрирезонаторной спектроскопии. Резонансные детекторы. Лазерная спектроскопия, основанная на измерении времени жизни фотона в пассивном резонаторе.

10. Методы двойных резонансов. Оптико-радиочастотный резонанс. Микроволновой-ИК двойной резонанс. Оптико-микроволновой двойной резонанс. Двойной оптический резонанс.

11. Субдоплеровская лазерная спектроскопия. Доплеровская и однородная ширины полос. Метод атомных и молекулярных пучков, быстрых ионных пучков. Спектроскопия насыщения. Поляризационная субдоплеровская спектроскопия. Двухфотонная субдоплеровская спектроскопия

12. Лазерная спектроскопия временного разрешения. Аппаратная функция временного спектрометра. Исследование замедленных свечений. Лазерный флеш-фотолиз. Фазовая флуорометрия. Статистический одноквантовый метод.

13. Пико- и фемтосекундная спектроскопия. Основные принципы, источники излучения. Методы возбуждения и зондирования. Методы регистрации свечений с пикосекундным разрешением.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7		9
1	Предмет и задачи лазерной спектроскопии	2						Устный опрос
2	Перестраиваемые лазеры для спектроскопии	2						Устный опрос
3	Стабилизация и калибровка частоты	2						Устный опрос
4	Абсорбционная лазерная спектроскопия.	2						Устный опрос
5	Оптико-акустическая спектроскопия. Оптогальваническая и ионизационная спектроскопия.	2					2	Устный опрос Проверка рефератов
6	Тонкоструктурная электронно-колебательная спектроскопия сложных молекул в конденсированной среде. .	2						Устный опрос
7	Спектроскопия молекул, охлажденных методом адиабатического расширения в сверхзвуковой струе.	2						Устный опрос
8	Спектроскопия одиночных молекул	2					2	Устный опрос Проверка рефератов
9	Внутрирезонаторная лазерная спектроскопия.	2						Устный опрос
10	Методы двойных резонансов.	2					2	Устный опрос Проверка рефератов
11	Субдоплеровская лазерная спектроскопия.	4						Устный опрос
12	Лазерная спектроскопия временного разрешения.	4					2	Устный опрос Проверка рефератов

13	Пико- и фемтосекундная спектроскопия.	2					2	Устный опрос, Контрольная работа
	Всего	30					10	экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. В.Демтредер. Лазерная спектроскопия. М., Наука, 1985
2. И.М.Гулис. Лазерная спектроскопия. Курс лекций. Минск, БГУ, 2002
3. Сверхкороткие световые импульсы. Под ред. С.Шапира. М., Мир, 1981
4. Сверхчувствительная лазерная спектроскопия. Под ред. Д.Клайджера. М., Мир, 1986
5. Й.Херман, Б.Вильгельми. Лазеры сверхкоротких световых импульсов. М., Мир, 1986

Перечень дополнительной литературы

1. Лазерная аналитическая спектроскопия. Под ред. В.С.Летохова. М., Наука, 1983
2. Лазерная спектроскопия атомов и молекул. Под ред. Г.Вальтера. М., Мир, 1979
3. В.С. Летохов, В.П.Чеботаев. Нелинейная лазерная спектроскопия сверх-высокого разрешения. М., Наука, 1990
4. В.П.Жарков, В.С Летохов. Лазерная оптоакустическая спектроскопия. М., Наука, 1984
5. В.С.Летохов. Лазерная фотоионизационная спектроскопия. М., Наука, 1987
6. В.С.Летохов. Нелинейные селективные фотопроцессы в атомах и молекулах. М., Наука, 1983.
7. С.А.Ахманов, В.А.Вислоух, А.С.Чиркин. Оптика фемтосекундных лазерных импульсов. М., Наука, 1988
8. Н.И.Коротеев, И.Л.Шумай. Физика мощного лазерного излучения. М., Наука, 1991.

Перечень мероприятий для контроля управляемой самостоятельной работой

Для контроля УСР используются контрольные работы и проверки рефератов.

Примерный перечень заданий УСР

1. Оптико-акустическая спектроскопия. Оптогальваническая и ионизационная спектроскопия.
2. Методы двойных резонансов.

3. Спектроскопия одиночных молекул.
4. Лазерная спектроскопия временного разрешения.

Перечень тем реферативных работ

1. Твердотельные лазеры фемтосекундного диапазона.
2. Лазерная ИК-спектроскопия атмосферных газов.
- 2а. Лазерная спектроскопия в экологии. Анализ примесей в атмосфере.
3. Когерентная спектроскопия комбинационного рассеяния.
4. Флуоресцентная спектроскопия с временным разрешением. Современные аппаратные решения.
5. Спектроскопия резонансного комбинационного рассеяния.
6. Гигантское комбинационное рассеяние.
7. Полупроводниковые лазеры. Современное состояние и перспективы продвижения в коротковолновую область.
8. Повышение чувствительности лазерно-спектроскопических методов путем использования многопроходовых и волноводных кювет.
9. Флуоресцентная диагностика в медицине.
10. Методы лазерного испарения в анализе макромолекул.
11. Оптическое охлаждение атомов.
12. Спектроскопия одиночных молекул. Новые методы.
13. Лазерное разделение изотопов.
14. Лазерные методы в атомной спектроскопии.
15. Развитие методов внутрирезонаторной спектроскопии.
16. Волоконные лазеры.
17. Развитие методов лазерной оптико-акустической спектроскопии.
18. Лазерный магнитный резонанс.
19. Оптические параметрические генераторы. Новые системы.
20. Многофотонная лазерная спектроскопия.
21. Спектроскопические применения пико- и фемтосекундных лазеров.
22. Спектроскопия комбинационного рассеяния в медицине.
23. Лазерная спектроскопия и разделение изотопов.
24. Принципы лазерной фотохимии (лазерохимии).

Примерный перечень тем контрольных работ

1. Спектроскопия молекул, охлажденных методом адиабатического расширения в сверхзвуковой струе.
2. Внутрирезонаторная лазерная спектроскопия.
3. Субдоплеровская лазерная спектроскопия.
4. Пико- и фемтосекундная спектроскопия
5. Методы двойных резонансов.
6. Оптико-акустическая спектроскопия.

Методика формирования итоговой оценки

Итоговая оценка формируется на основе:

1. Правил проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (постановление Министерства Образования Республики Беларусь № 53 от 29 мая 2012 г.);
2. Положения о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в Белорусском государственном университете (№ 382-ОД от 18.08.2015 г.);
3. Критериев оценки знаний и компетенций студентов по 10-бальной шкале.

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устные опросы, проверку рефератов и контрольные работы. Устные опросы, контрольные работы и проверка рефератов проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить задания в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Оценка каждого из устных ответов проводится по десятибалльной шкале. Оценка текущей успеваемости рассчитывается как среднеарифметическая оценок за устные ответы, контрольные работы и рефераты. Аттестация по учебной дисциплине проводится в форме экзамена. Экзаменационная оценка и оценка текущей успеваемости служат для определения рейтинговой оценки по дисциплине, которая рассчитывается как средневзвешенная оценка текущей успеваемости и экзаменационной оценки. Весовой коэффициент для оценки текущей успеваемости – 0,3, для экзаменационной оценки – 0,7.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название Кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Современные лазерные системы	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 18 от 22 июня 2018 г)
Лазеры в медицине и лазерные технологии	Кафедра лазерной физики и спектроскопии	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 18 от 22 июня 2018 г)

В.М. АНИЩИК