МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

_____ "___" _____20___ г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Фемтосекундная спектроскопия Б3.ДВ.4

Направление подготовки: 011800.62 - Радиофизика
Профиль подготовки: Физика магнитных явлений
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский

Автор(ы):

Юсупов Р.В.

Рецензент(ы):

Никитин С.И.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров М. С.
Протокол заседания кафедры No ___ от "____" _____ 201__г
Учебно-методическая комиссия Института физики:
Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__г

Регистрационный No 6130317

Казань
2017

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) старший научный сотрудник, к.н. (доцент) Юсупов Р.В. Центр квантовых технологий КФУ , Roman.Yusupov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) "Фемтосекундная спектроскопия" является ознакомление студентов с принципами и методами генерации коротких и сверхкоротких световых импульсов, с физикой распространения сверхкоротких импульсов в линейных и нелинейных средах, а также с многообразием явлений и основанных на этих явлениях спектроскопических методов исследования веществ в твердой, жидкой и газообразной фазах.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.4 Профессиональный" основной образовательной программы 011800.62 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Дисциплина "Фемтосекундная спектроскопия" относится к профессиональному циклу и является дисциплиной по выбору. Она имеет как фундаментальное, так и прикладное значение для подготовки по профилю "Квантовая радиофизика и квантовая электроника".

Эта дисциплина неразрывно связана со следующими дисциплинами: электричество и магнетизм, оптика, статистическая физика, квантовая радиофизика. Для освоения дисциплины необходимо свободное владение математическим аппаратом дифференциального и интегрального счисления, дифференциальных уравнений, фурье-анализа.

Освоение дисциплины "Фемтосекундная спектроскопия" необходимо для теоретической и практической подготовки по другим дисциплинам: нелинейная оптика, лазерная спектроскопия и ее применения.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-12 (общекультурные компетенции)	способность к правильному использованию общенаучной и специальной терминологии;
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способность работать самостоятельно и в коллективе, способность к культуре социальных отношений
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности;
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания (в том числе по дисциплинам профилизации) для решения профессиональных задач;
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способностью внедрять готовые научные разработки

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

методы генерации световых импульсов фемтосекундной длительности, принципы работы лазеров в режиме синхронизации мод, взаимодействия электромагнитного излучения с веществом в условиях предельно малой длительности импульсов и высоких плотностей мощности

2. должен уметь:

разобраться в принципе построения конкретных лазерных систем, генерирующих импульсы пикосекундной и фемтосекундной длительности, использовать на практике методы измерения характеристик, а также манипуляций длительностью и спектральным составом сверхкоротких световых импульсов

3. должен владеть:

представлениями о принципах построения экспериментальных установок на базе лазерных источников, генерирующих сверхкороткие световые импульсы. Владеть навыками работы с экспериментальной лазерной техникой и методологией исследований и практических приложений с ее использованием.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

принимать активное творческое участие в разработке и построении экспериментальных установок для исследований, проводимых с использованием источников фемтосекундных световых импульсов, проводить анализ получаемых результатов

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основы физики лазеров. Базовые						

представления.

8	1	2	0	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Оптика сверхкоротких световых импульсов.	8	2-3	4	0	0	Реферат
3.	Тема 3. Методы генерации сверхкоротких лазерных импульсов: режим синхронизации мод.	8	4-7	8	0	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Другие методы генерации сверхкоротких световых импульсов.	8	8-9	4	0	0	
5.	Тема 5. Принципы и методы управления параметрами сверхкоротких световых импульсов: сжатие во времени, усиление, перестройка по длине волны.	8	10-13	8	0	0	Реферат
6.	Тема 6. Методы измерения параметров сверхкоротких световых импульсов.	8	14-15	4	0	0	
7.	Тема 7. Спектроскопические методы исследования динамики процессов в исследуемых объектах на малых временных масштабах.	8	16-18	6	0	0	Презентация
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			36	0	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Основы физики лазеров. Базовые представления.

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Введение в дисциплину. Представления об активной среде, инверсии населенностей, способах создания инверсии населенностей. Оптический резонатор, его продольные и поперечные моды. Представления об устойчивости оптических резонаторов. Потери в резонаторе. Условие генерации, порог генерации. Модовый состав лазерного излучения в режиме свободной генерации.

Тема 2. Оптика сверхкоротких световых импульсов.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Рассмотрены явления, возникающие при распространении фемтосекундных световых импульсов в прозрачной среде: явления, связанные с большой спектральной шириной генерируемого излучения и с большой пиковой мощностью. Линейные явления: дисперсия групповой скорости, возниковение частотной модуляции (чирпа). Нелинейные явления: квадратичная и кубическая восприимчивость. Генерация гармоник. Параметрические явления. Самофокусировка и фазовая самомодуляция.

Тема 3. Методы генерации сверхкоротких лазерных импульсов: режим синхронизации мод.

лекционное занятие (8 часа(ов)):

Свойства излучения в режимах свободной генерации и синхронизации мод. Суть синхронизации мод. Картина электромагнитного поля в резонаторе при синхронизации мод. Способы установления фиксированных фазовых соотношений между модами: активная и пассивная синхронизация мод. Роли насыщений поглощения и усиления. Сложности в реализации пассивной синхронизации. Методы активной синхронизации мод: модуляция свойств резонатора и синхронная накачка. Гибридная синхронизация мод. Самосинхронизация мод в лазерах на сапфире, легированном ионами титана.

Тема 4. Другие методы генерации сверхкоротких световых импульсов.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Виды лазеров с синхронизацией мод: газовые, на красителях, твердотельные. Наиболее востребованные активные среды и особенности реализации синхронизации мод в лазерах на их основе. Лазеры с распределенной обратной связью и генерация сверхкоротких импульсов. Лазеры с диодной накачкой, лазеры на активном оптоволокне, полупроводниковые лазеры.

Тема 5. Принципы и методы управления параметрами сверхкоротких световых импульсов: сжатие во времени, усиление, перестройка по длине волны.

лекционное занятие (8 часа(ов)):

Методы и схемы реализации оптических компрессоров. Компенсация линейной и нелинейной частотных модуляций. Чирпованные зеркала. Основы реализации усилителей сверхкоротких импульсов. Стретчеры - устройства для увеличения длительности сверхкоротких световых импульсов. Схемы стретчеров. Возможности перестройки спектрального состава сверхкоротких световых импульсов: генерация гармоник, параметрические генераторы и усилители.

Тема 6. Методы измерения параметров сверхкоротких световых импульсов.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Способы измерения длительностей пико- и фемтосекундных световых импульсов. Стрик-камеры и автокорреляторы. Принципы и схемы автокорреляторов. Ограниченность информации, предоставляемой автокорреляторами. Частотно-разрешенный оптический гейтинг (FROG), информация, содержащаяся в сигналах FROG. Спектральная интерферометрия и SPIDER.

Тема 7. Спектроскопические методы исследования динамики процессов в исследуемых объектах на малых временных масштабах.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Методы исследования быстропротекающих процессов в веществах. Метод "накачка-зондирование" для измерения временных зависимостей коэффициентов пропускания и отражения. Метод апконверсии на явлении нелинейного суммирования частот для исследования процессов излучения в инфракрасной области. Изучение быстрой кинетики люминесценции с использованием затворов на эффекте Керра.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Оптика сверхкоротких световых импульсов.	8	2-3	подготовка к реферату	8	реферат
3.	Тема 3. Методы генерации сверхкоротких лазерных импульсов: режим синхронизации мод.	8	4-7	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
5.	Тема 5. Принципы и методы управления параметрами сверхкоротких световых импульсов: сжатие во времени, усиление, перестройка по длине волны.	8	10-13	подготовка к реферату	8	реферат
7.	Тема 7. Спектроскопические методы исследования динамики процессов в исследуемых объектах на малых временных масштабах.	8	16-18	подготовка к презентации	12	презентация
	Итого				36	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекционные и практические занятия проводятся с использованием мультимедийного комплекса, позволяющего наглядно получать студентам всю необходимую информацию. Занятия проводятся в интерактивной форме, позволяющей студентам лучше усваивать материал. В лекциях уделено большое внимание разбору конкретных ситуаций, возникающих при практической работе с лазерной техникой, используемой для генерации сверхкоротких импульсов, а также при работе с такими импульсами. Качество обучения достигается за счет использования следующих форм учебной работы: лекции (использование проблемного подхода, разбор конкретных ситуаций), самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий).

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Основы физики лазеров. Базовые представления.

Тема 2. Оптика сверхкоротких световых импульсов.

реферат , примерные темы:

После проверки реферата проходит устное собеседование, направленное на выяснение качества усвоения и уровня понимания материала, в том числе, путем рассмотрения возможных экспериментальных ситуаций. Развитие компетенций ОК-8, ОК-12, ПК-1. Возможные темы рефератов: 1. Явления, связанные с широким спектром сверхкоротких импульсов. 2. Нелинейно-оптические явления. Генерация второй и третьей гармоник, параметрические процессы. 3. Явления, связанные с кубической восприимчивостью. Самофокусировка и фазовая самомодуляция.

Тема 3. Методы генерации сверхкоротких лазерных импульсов: режим синхронизации мод.

устный опрос , примерные вопросы:

Опрос направлен на выяснение качества усвоения и уровня понимания материала, в том числе, предлагая обсудить некоторые проблемные вопросы. Развитие компетенций ОК-6, ПК-1. Рассматриваемые вопросы: 1. Суть режима синхронизации мод. Модовый состав спектра излучения лазера. Режим свободной генерации. 2. Активная синхронизация мод и ее реализация. 3. Пассивная синхронизация мод и ее реализация. 4. Гибридные методы синхронизации мод.

Тема 4. Другие методы генерации сверхкоротких световых импульсов.

Тема 5. Принципы и методы управления параметрами сверхкоротких световых импульсов: сжатие во времени, усиление, перестройка по длине волны.

реферат , примерные темы:

После проверки реферата проходит устное собеседование, направленное на выяснение качества усвоения и уровня понимания материала, в том числе, путем рассмотрения возможных экспериментальных ситуаций. Развитие компетенций ОК-8, ОК-12, ПК-1. Возможные темы рефератов: 1. Компрессоры световых импульсов. Решеточные и призменные компрессоры. 2. Методы компенсации частотной модуляции высших порядков. 3. Регенеративные усилители и особенности усиления сверхкоротких световых импульсов. 4. Перестройка по длине волны сверхкоротких световых импульсов.

Тема 6. Методы измерения параметров сверхкоротких световых импульсов.

Тема 7. Спектроскопические методы исследования динамики процессов в исследуемых объектах на малых временных масштабах.

презентация , примерные вопросы:

Студентам предлагаются современные научные направления, по которым на основании найденной литературы необходимо подготовить презентацию. Презентация проводится для всех студентов группы и преподавателя. При этом каждый может задавать вопросы и делать комментарии. По результатам представления презентации определяются баллы, полученные студентом. Развитие компетенций ОК-6, ПК-2, ПК-8.

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы на зачет:

1. Основы физики лазеров. Базовые представления.
2. Оптика сверхкоротких световых импульсов.
3. Методы генерации сверхкоротких лазерных импульсов: режим синхронизации мод.
4. Принципы и методы управления параметрами сверхкоротких световых импульсов: сжатие во времени, усиление, перестройка по длине волны.
5. Методы измерения параметров сверхкоротких световых импульсов.
6. Спектроскопические методы исследования динамики процессов в исследуемых объектах на малых временных масштабах.
7. Когерентные явления в фемтосекундной спектроскопии. Когерентный контроль в атомах, молекулах и твердых телах.
8. Фемтосекундные импульсы в терагерцовом диапазоне частот.
9. Аттосекундные импульсы.

ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

7.1. Основная литература:

1. Демтрёдер В., Современная лазерная спектроскопия (уч.пособие)/В.Демтрёдер,(пер. с англ.) - Долгопрудный: Интеллект, 2014. - 1071 с.

2. Козлов С.А., Самарцев В.В. Основы фемтосекундной оптики. М.: Физматлит. - 2009. - 292 стр.

3. Оптические измерения [Электронный ресурс] / А. Н. Андреев, Е. В. Гаврилов, Г. Г. Ишанин и др. - М.: Университетская книга; Логос, 2012. - 416 с. http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=469178

7.2. Дополнительная литература:

1. Ахманов С.А., Выслоух В.А., Чиркин А.С. Оптика фемтосекундных импульсов. - М.: Наука. - 1988. - 312 с.

2. Ахманов, С. А. Методы нелинейной оптики в спектроскопии рассеяния света: Активная спектроскопия рассеяния света / С. А. Ахманов, Н. И. Коротеев. - М.: Наука, 1981. - 543 с.

7.3. Интернет-ресурсы:

Википедия ? свободная энциклопедия - http://ru.wikipedia.org/

Все для студента - http://www.twirpx.com/

Научная библиотека им. Н.И.Лобачевского - http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=5056

Электронно-библиотечная система - http://ibooks.ru

Электронные книги - http://eknigi.org/

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Фемтосекундная спектроскопия" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Для проведения занятий требуются переносной компьютер с установленным программным обеспечением и (желательно) с беспроводным доступом в сеть Интернет, а также мультимедийный комплекс, включающий как минимум мультимедиа-проектор и экран, либо интерактивная доска.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.62 "Радиофизика" и профилю подготовки Физика магнитных явлений .

Автор(ы):
Юсупов Р.В. _____
"__" _____ 201 __ г.

Рецензент(ы):
Никитин С.И. _____
"__" _____ 201 __ г.