

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Саратовский государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А.»  
Кафедра «Приборостроение»

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

«Б1.В.ФВ1. Физика ультракоротких лазерных импульсов»

направленности подготовки

03.06.01 – Физика и астрономия

(Лазерная физика)

форма обучения – очная  
курс – 3  
семестр – 6  
зачетных единиц – 1  
часов в неделю – 2  
всего часов – 36,  
в том числе:  
лекции – 6  
коллоквиумы – нет  
практические занятия – нет  
лабораторные занятия – нет  
самостоятельная работа – 30  
экзамен – нет  
зачет – 6 семестр  
РГР – нет  
курсовая работа – нет  
курсовой проект – нет

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 года, протокол № \_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_/Мельников Л.А./

Рабочая программа утверждена на заседании УМКН  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 года, протокол № \_\_  
Председатель УМКН \_\_\_\_\_/Зимняков Д.А. /

Саратов, 2015

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины:

Обеспечить подготовку специалистов, знающих основные физические процессы, используемые для генерации сверхкоротких световых импульсов и методы их использования в физике и технике.

В процессе освоения данной дисциплины обучающийся формирует следующие компетенции:

- способностью к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов (в соответствии с целями программы аспирантуры) (ОПК-1);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2);
- готовность к проведению теоретических и экспериментальных исследований физических явлений и процессов с использованием современных математических и физических методов, в том числе в междисциплинарных областях (ПК-1).

Задачи изучения дисциплины:

- изучение основных методов генерации сверхкоротких световых импульсов
- изучение методов измерения характеристик сверхкоротких световых импульсов;
- знакомство с работой лазерной системы генерации сверхкоротких световых импульсов и измерения их спектра и длительности;
- формирование практических навыков по решению задач применения сверхкоротких импульсов в науке и технике.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ФВ1. “Физика ультракоротких лазерных импульсов” входит в блок дисциплин по выбору и в соответствии с учебным планом направленности подготовки аспирантов 01.04.21 “Лазерная физика” изучается на третьем курсе (в шестом семестре обучения). Для успешного усвоения этой дисциплины аспирант должен обладать базовыми знаниями из математического анализа, линейной алгебры, физики (оптика и квантовая механика), должен владеть основами нелинейной оптики и лазерной физики. Приобретаемые в ходе обучения по дисциплине Б1.В.ФВ1. “Физика ультракоротких лазерных импульсов” знания, умения и компетенции могут быть использованы при прохождении практик, выполнении научно-исследовательской работы и подготовке выпускной квалификационной работы в соответствии с видами профессиональной деятельности, на которые ориентирована программа аспирантуры.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Общепрофессиональные компетенции:

- способностью к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов (в соответствии с целями программы аспирантуры) (ОПК-1);
- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (в соответствии с целями программы аспирантуры) (ОПК-2);

Профессиональные компетенции:

- готовность к проведению теоретических и экспериментальных исследований физических явлений и процессов с использованием современных математических и физических методов, в том числе в междисциплинарных областях (ПК-1).

**Аспирант должен знать:** (ОПК-1,2, ПК-1)

- основные методы генерации сверхкоротких световых импульсов;
- основные методы измерения параметров световых импульсов;
- основные процессы, происходящие при взаимодействии сверхкоротких импульсов с веществом;
- основные области применения сверхкоротких световых импульсов.

**Аспирант должен уметь:** (ОПК-1,2, ПК-1)

- получать аналитические и численные решения уравнений, описывающие распространение сверхкоротких импульсов в линейных и нелинейных средах;
- определять возможные преобразования импульсов оптическими элементами.

**Аспирант должен владеть:** (ОПК-1,2, ПК-1)

- навыками измерений основных характеристик сверхкоротких импульсов.

#### 4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Мо-ду-ля	№ Нед е ли	№ Те мы	Наименование темы	Часы/ Из них в интерактивной форме					
				Всего	Лекции	Колл ок-виум ы	Лабора-торные	Прак-тичес-кие	СРС
1	2	3	4	5	6	7		8	9
6 семестр									
1	1-6	1	Методы генерации сверхкоротких импульсов. Распространение сверхкоротких импульсов. Преобразование сверхкоротких импульсов оптическими элементами.	12	2(2)				10
		2							
1	7-12	3	Нелинейная оптика сверхкоротких импульсов Взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом Лазерная спектроскопия с использованием сверхкоротких импульсов	12	2(2)				10
		4							
1	13-18	5	Сверхкороткие импульсы в лазерных технологиях Когерентная лазерная спектроскопия.	12	2(2)				10
		6							
Всего				36	6(6)	0	0	0	30

#### 5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Методы генерации сверхкоротких импульсов. Активная и пассивная синхронизация мод. Методы генерации сверхкоротких импульсов. Аддитивная и керровская синхронизация мод, генерация фемтосекундных импульсов. Распространение сверхкоротких импульсов в линейных средах с дисперсией, сжатие импульсов.	1-6
2	2	2	Преобразование сверхкоротких импульсов оптическими элементами. Оптические компрессоры. Измерение параметров импульсов, стрик-камера, оптический коррелятор для измерения сверхкоротких импульсов, методы FROG, SPIDER.	1-6

3			Нелинейная оптика сверхкоротких импульсов. Фазовая самомодуляция, кросс-модуляция, оптические солитоны, бризеры, вынужденное комбинационное рассеяние Взаимодействие сверхкоротких импульсов с веществом. Генерация высших гармоник. генерация суперконтинуума, квантовые стандарты частоты. Лазерная спектроскопия с использованием сверхкоротких импульсов. Измерения времен жизни с помощью лазеров, метод фазового сдвиг, одноимпульсное возбуждение, спектроскопия в диапазоне от пикосекунд до аттосекунд, фемтосекундная динамика переходных состояний, наблюдение колебаний в молекуле в реальном времени, аттосекундная спектроскопия процессов во внутренних оболочках атомов	1-6
4				
5	2	3	Сверхкороткие импульсы в физике лазеров и лазерных технологиях, генерация ТГц излучения, оптическая модификация материалов, кулоновский взрыв. Когерентная лазерная спектроскопия. Квантовые биения, возбуждение и детектирование волновых пакетов в атомах и молекулах, интерференционная спектроскопия последовательностей оптических импульсов, фотонное эхо, оптическая нутация и затухание свободной поляризации, спектроскопия гетеродинамирования, корреляционная спектроскопия	
6				

**6. Содержание коллоквиумов**  
коллоквиумы отсутствуют

**7. Перечень практических занятий**  
практические занятия отсутствуют

**8. Перечень лабораторных работ**  
лабораторные работы отсутствуют

**9. Задания для самостоятельной работы аспирантов**

№ темы	Всего Часов	Задания, вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	2	Лазерные резонаторы, продольные моды, взаимодействие мод, синхронизация мод.	1-6
2	4	Методы расчета преобразования сверхкоротких импульсов оптическими элементами. Оптические компрессоры. Измерение параметров импульсов, оптический коррелятор для измерения сверхкоротких импульсов, устройства, реализующих методы FROG, SPIDER.	1-6
3	6	Нелинейная оптика сверхкоротких импульсов. Самовоздействие, фазовая самомодуляция, кросс-модуляция, самофокусировка, численные методы решения нелинейного уравнения Шредингера, генерация суперконтинуума, квантовые стандарты частоты.	1-6
4	6	Лазерная спектроскопия с использованием сверхкоротких импульсов. Измерения времен жизни с помощью лазеров, спектроскопия в диапазоне от пикосекунд до аттосекунд, фемтосекундная динамика переходных состояний,.	1-6
5	6	Сверхкороткие импульсы в физике лазеров и лазерных технологиях, генерация ТГц излучения, оптическая модификация материалов, кулоновский взрыв	1-6
6	6	Когерентная лазерная спектроскопия. Квантовые биения, возбуждение и детектирование волновых пакетов в атомах и молекулах, интерференционная спектроскопия	1-6

		последовательностей оптических импульсов, фотонное эхо, оптическая нутация и затухание свободной поляризации, спектроскопия гетеродинамирования, корреляционная спектроскопия	
--	--	---	--

### 10. Расчетно-графическая работа

нет

### 11. Курсовая работа

нет

### 12. Курсовой проект

нет

### 13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Во время лекций формируются компетенции ОПК-1,2, ПК-1;

Во время самостоятельной работы формируются компетенции ОПК-1,2, ПК-1.

Контроль знаний обучающегося по теоретическому курсу осуществляется во время зачета.

Настоящей рабочей программой предусмотрено освоение учебного материала путем прослушивания курса лекций и проведения самостоятельной работы.

При изучении материала дисциплины используются средства вычислительной техники и экспериментальное оборудование.

#### Вопросы для зачета

1. Генерация коротких лазерных импульсов
2. Временные профили импульсных лазеров
3. Лазеры с модуляцией добротности
4. Разгрузка резонатора
5. Синхронизация мод лазеров
6. Генерация фемтосекундных импульсов
7. Сжатие оптических импульсов
8. Импульсы длительность менее 10 фс при использовании чирпированных лазерных зеркал
9. Волоконные лазеры и оптические солитоны
10. Сверхкороткие импульсы с перестраиваемой длиной волны
11. Управление профилем сверхкоротких световых импульсов
12. Генерация сверхкоротких импульсов большой мощности
13. Измерение параметров сверхкоротких импульсов
14. Стрик-камера
15. Оптический коррелятор для измерения сверхкоротких импульсов
16. Метод FROG
17. Метод SPIDER
18. Измерения времен жизни с помощью лазеров
19. Метод фазового сдвига
20. Одноимпульсное возбуждение
21. Метод задержанных совпадений
22. Измерения времен жизни в быстрых пучках
23. Спектроскопия в диапазоне от пикосекунд до аттосекунд
24. Двухимпульсная спектроскопия столкновительной релаксации в жидкостях
25. Электронная релаксация в полупроводниках
26. Фемтосекундная динамика переходных состояний
27. Наблюдение колебаний в молекуле в реальном времени
28. Аттосекундная спектроскопия процессов во внутренних оболочках атомов
29. Методы нестационарной решетки
30. Спектроскопия пересечения уровней
31. Классическая модель эффекта Ханле
32. Квантовомеханическая модель
33. Экспериментальные установки
34. Примеры
35. Нелинейная спектроскопия пересечения уровней
36. Спектроскопия квантовых биений
37. Основные принципы
38. Экспериментальные методы
39. Молекулярная спектроскопия квантовых биений

40. Метод вынужденного рамановского адиабатического прохождения (STIRAP)
41. Возбуждение и детектирование волновых пакетов в атомах и молекулах
42. Интерференционная спектроскопия последовательностей оптических импульсов
43. Фотонное эхо
44. Оптическая нутация и затухание свободной поляризации
45. Спектроскопия гетеродинамирования
46. Корреляционная спектроскопия
47. Гомодинная спектроскопия
48. Гетеродинная корреляционная спектроскопия
49. Флуоресцентная корреляционная спектроскопия и обнаружение одиночных молекул

Задания для самостоятельной работы по дисциплине включают упражнения и задания к главам 11 и 12 из [4]

#### 14. Образовательные технологии

*Лекции читаются в форме презентаций. Для контроля степени усвоения материала используются домашние задания.*

#### 15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

*(позиции раздела нумеруются сквозной нумерацией и на них осуществляются ссылки из 5-13 разделов)*

*Обязательные издания.*

1. Бутиков, Е. И. Оптика : учеб. пособие / Е. И. Бутиков. - 3-е изд., доп. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2012. - 608 с. : ил. ; 22 см.
2. Салех, Б. Оптика и фотоника : принципы и применения : в 2 т. : учеб. пособие / Б. Салех, М. Тейх ; пер. с англ. В. Л. Дербова. - Долгопрудный : ИД "Интеллект", 2012 - Т. 2. - 2012. - 784 с. : цв. ил. ; 24 см.
3. Крюков П.Г. Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики [Электронный ресурс] / Крюков П.Г. - Москва : Физматлит, 2008. (<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922109413.html>)

*Дополнительные издания.*

4. Демтредер, В. Лазерная спектроскопия [Текст] : Основные принципы и техника эксперимента : пер. с англ. / В. Демтредер ; под ред. И. И. Собельмана. - М. : Наука, 1985. - 608 с. : ил. ; 22см.
5. Желтиков, А. М. Сверхкороткие импульсы и методы нелинейной оптики [Текст] / Желтиков А. М. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 295 с. - ISBN 5-9221-0693-7 : Б. ц. (ЭБС IPRbooks)
6. Козлов, С. А. Основы фемтосекундной оптики [Текст] / Козлов С. А. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 292 с. - ISBN 978-5-9221-1140-9 : Б. ц. (ЭБС IPRbooks)

#### 16. Материально-техническое обеспечение

При проведении занятий используются:

- аудитория со стандартным оснащением для ведения лекционных занятий;
- открытая среда разработчика программ Code Blocks 4.0, включающая компилятор C из GNU Compiler Collection

#### 17. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

- для *слабовидящих*:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс, для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий выполняются увеличенным шрифтом (размер 16-20);

- для *глухих и слабослышащих*:

Обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры, коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающей аппаратура индивидуального пользования;

- для *лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих и слабослышащих*:

все контрольные задания для аспирантов по желанию могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

## 18. Дополнения и изменения в рабочей программе

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры \_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Внесенные изменения утверждены на заседании УМКН  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_  
Председатель УМКН \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /