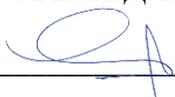


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Филиал Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова
в городе Сарове

УТВЕРЖДАЮ



Директор филиала МГУ в г. Сарове
член-корреспондент РАН В.В.Воеводин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Наименование дисциплины:

СТАТИСТИЧЕСКАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) ОПОП:

Лазерная нелинейная оптика и фотоника

Квалификация «Магистр»

Форма обучения: Очная

Саров 2021 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика в редакции приказа по МГУ от 30 декабря 2020 г. №1366.

Авторы–составители:

Д.ф.-м.н., доцент Никитин Сергей Юрьевич, кафедра общей физики и волновых процессов физического факультета МГУ

Аннотация к рабочей программе дисциплины

«Статистическая нелинейная оптика»

В курсе изучаются основы теории статистических явлений в оптике. Представлены теория случайных процессов и полей, теория уширения спектральных линий в оптике, теория когерентности световых полей, дифракция и фокусировка случайных волновых пучков, вынужденное рассеяние случайной световой волны, теория нестационарного когерентного антистоксова рассеяния света.

Дисциплина по выбору читается на 1м году обучения в 2 ом семестре

Разделы рабочей программы

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Форма обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

В результате освоения дисциплины «Статистическая оптика» обучающийся получает навыки применения статистических понятий в оптике.

Дисциплина читается в 2м семестре и относится к вариативной части программы (курс по выбору).

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Освоение дисциплин «Оптика», «Математический анализ», «Теория вероятностей».

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений в области лазерной физики, нелинейной оптики и фотоники в своей научно-исследовательской деятельности (СПК-1)	<p>Знать основные законы и направления современных научных исследований в области лазерной физики, нелинейной оптики и фотоники.</p> <p>Уметь на основе фундаментальных знаний в области лазерной физики, нелинейной оптики и фотоники, определять возможные направления научных исследований.</p> <p>Владеть необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования в области лазерной физики, нелинейной оптики и фотоники.</p>
Способность организовать и планировать физические исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области лазерной физики, нелинейной оптики и фотоники и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий (СПК-2)	<p>Знать базовые принципы организации научных исследований с использованием информационных технологий, основные методики работы на современном научном оборудовании в области лазерной физики, нелинейной оптики и фотоники.</p> <p>Уметь используя знания в области лазерной физики, нелинейной оптики и фотоники проводить научные исследования.</p> <p>Владеть навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов.</p>

<p>Способность определять основные направления внедрения научных результатов в области лазерной физики, нелинейной оптики и фотоники (СПК-3).</p>	<p>Знать основные направления инновационного развития в области лазерной физики, нелинейной оптики и фотоники.</p> <p>Уметь проводить необходимый анализ современных тенденций научных инноваций в области лазерной физики, нелинейной оптики и фотоники для подготовки предложений по внедрению полученных научных результатов.</p> <p>Владеть методами обоснования возможного применения полученных научных результатов с учетом современных достижений в области лазерной физики, нелинейной оптики и фотоники.</p>
---	---

4. **Форма обучения:** очная

5. **Язык обучения:** русский

6. **Содержание дисциплины:**

Тема 1. Теория случайных процессов

Случайный процесс. Плотность вероятности, среднее значение и дисперсия случайного процесса. Двумерная плотность вероятности и корреляционная функция случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Среднее значение. Дисперсия и корреляционная функция стационарного случайного процесса. Многомерная плотность вероятности и многомерные корреляционные функции. Статистическое усреднение и усреднение по времени. Спектры случайных процессов. Связь спектральной плотности и корреляционной функции стационарного случайного процесса. Теорема Винера – Хинчина.

Тема 2. Излучение ансамбля осцилляторов

От динамики осциллятора к статистике ансамбля. Нелазерный источник света: интенсивность, поляризация, диаграмма направленности излучения. Статистика излучения независимых осцилляторов. Спектр излучения. Механизмы уширения спектральной линии. Естественное уширение. Доплеровское уширение. Уширение и сдвиг спектральной линии, обусловленные столкновениями. Эффект Дике: столкновительное сужение доплеровской спектральной линии в плотном газе.

Тема 3. Интерференция и когерентность света

Интерференционные явления в оптике. Опыт Юнга. Интерферометр Майкельсона. Интерференция монохроматических волн. Интерференция некогерентного света. Интерференция случайной световой волны. Временная когерентность света. Время когерентности. Длина когерентности. Пространственная когерентность света и радиус когерентности. Модель случайного светового поля. Расчет интерференционной картины в интерферометре Юнга. Измерение когерентности. Когерентность излучения реальных источников света.

Тема 4. Дифракция случайной световой волны

Дифракционное изменение радиуса корреляции при распространении световой волны. Теорема Ван Циттерта – Цернике. Дифракция некогерентной световой волны на отверстии.

Звездный интерферометр Майкельсона. Инварианты распространения пространственно некогерентного волнового пучка. Модель пространственно некогерентного источника света. Дальняя зона дифракции. Когерентный пучок света. Некогерентный пучок света. Сильно некогерентный пучок света. Интенсивность и корреляция поля в фокусе линзы. Длина зоны фокусировки. Гауссовский некогерентный пучок. Расходимость пучка после фокусировки. Когерентность и яркость света.

Тема 5. Вынужденное рассеяние случайной световой волны

Основные уравнения и параметры вынужденного рассеяния света. Монохроматическая накачка. Немонохроматическая накачка. Влияние молекулярной релаксации на вынужденное рассеяние. Насыщение вынужденного комбинационного рассеяния при широкополосной накачке. Одновременное проявление молекулярной релаксации и дисперсии среды. Модель случайного телеграфного сигнала в теории вынужденного комбинационного рассеяния с шумовой накачкой.

Тема 6. Нестационарное когерентное антистоксово рассеяние света в газах и статистическая механика газообразной среды

Нестационарное когерентное антистоксово рассеяние света в газах. Коэффициент диффузии молекул в газе. Корреляционная функция и время корреляции тепловой скорости молекулы газообразной среды. Время корреляции тепловой скорости и молекулярные параметры. Расчет импульсного отклика газообразной среды. Дисперсия смещения и коэффициент диффузии молекул газа. Возможность измерения параметров газообразной среды методом нестационарного когерентного антистоксова рассеяния света. Численные оценки для водорода.

7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных	объем учебной нагрузки в ак. часах				
		Общая трудоемкость	в том числе ауд. занятий			Самостоятельная работа студентов
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	
Статистическая нелинейная оптика	2	72	34	17	17	38

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Изучение курса «**Статистическая нелинейная оптика**» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса, обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным занятиям, выполнения домашних заданий. По вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ темы	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Всего часов	Лекции	Научно-практические	Семинары	Самостоятельная работа	
1	Теория случайных процессов	8	2		2	4	Собеседование, опрос
2	Излучение ансамбля осцилляторов	16	4	-	4	8	
3	Интерференция и когерентность света	8	2	-	2	4	
4	Дифракция случайной световой волны	16	4		4	8	
5	Вынужденное рассеяние случайной световой волны	8	2		2	6	
6	Нестационарное когерентное антистоксово рассеяние света в газах и статистическая механика газообразной среды	16	3		3	8	
	Промежуточная аттестация	4				4	Экзамен в устной форме
ИТОГО:		72	17	-	17	38	

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Статистическая нелинейная оптика» осуществляется на лекциях и заключается в оценке активности слушателей, качества ответов на вопросы лектора, аргументированности позиции студента, оценивается широта используемых им теоретических знаний. В семестре в конце некоторых лекций проводятся несколько коротких контрольных работ (10 – 15 минут).

Промежуточная аттестация по дисциплине «Статистическая нелинейная оптика» проводится в форме зачета.

10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Требования к структуре и содержанию фонда оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как короткий письменный ответ на поставленный вопрос по тематике предыдущей или текущей лекции, рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Короткая письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к зачету

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2	3	4	5
ЗНАТЬ: основные характеристики и случайных световых полей ОПК-3.Б 3-6	Отсутствие знаний основных характеристик случайных световых полей	В целом успешные, но не систематическое знание основных характеристик случайных световых полей	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания основных характеристик случайных световых полей	Успешные и систематическое знания основных характеристик случайных световых полей
УМЕТЬ: использовать статистические понятия в оптике ОПК-3.Б У-6	Отсутствие умения использовать статистические понятия в оптике	В целом успешное, но не систематическое умение использовать статистически	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать статистически	Успешное и систематическое умение использовать статистические понятия в оптике

		е понятия в оптике	е понятия в оптике	
ВЛАДЕТЬ: математическим аппаратом статистической оптики ОПК-3.Б В-6	Отсутствие/фрагментарное владение математическим аппаратом статистической оптики	В целом успешное, но не систематическое владение математическим аппаратом статистической оптики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение математическим аппаратом статистической оптики	Успешное и систематическое владение математическим аппаратом статистической оптики

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся:

Пример:

1. Пример вопроса для миниконтрольной: найти корреляционную функцию случайного процесса с гауссовским спектром.
2. Пример вопроса для миниконтрольной: найти величину доплеровского уширения спектральной линии в газе.
3. Пример вопроса для миниконтрольной: доказать теорему Винера – Хинчина.
4. Пример вопроса для миниконтрольной: найти угол дифракционной расходимости некогерентного светового пучка в дальней зоне.
5. Пример вопроса для миниконтрольной: найти корреляционную функцию и спектр случайного телеграфного сигнала.
6. Пример вопроса для миниконтрольной: какие параметры газообразной среды можно измерить методом нестационарного когерентного антистоксова рассеяния света?

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Материалы промежуточного контроля успеваемости обучающихся в форме зачета:

1. Распределение плотности вероятности. Нормировка распределения. Правило вычисления средних.
2. Дискретные случайные величины. Распределение Пуассона.
3. Непрерывные случайные величины. Распределение Гаусса.
4. Гауссовский случайный процесс.
5. Корреляционная функция стационарного случайного процесса.
6. Спектральная плотность случайного процесса.
7. Теорема Винера – Хинчина.
8. Время корреляции и ширина спектра стационарного случайного процесса.
9. Механизмы уширения спектральных линий.
10. Естественное уширение спектральной линии.
11. Доплеровское уширение спектральной линии.
12. Столкновительное уширение спектральной линии.

13. Столкновительное сужение доплеровской спектральной линии в плотном газе. Эффект Дике.
14. Время когерентности и длина когерентности световой волны.
15. Радиус когерентности светового пучка.
16. Дифракция некогерентного светового пучка.
17. Фокусировка некогерентного светового пучка.
18. Спонтанное и вынужденное комбинационное рассеяние света.
19. Модель случайного телеграфного сигнала.
20. Нестационарное когерентное антистоксово рассеяние света в газах.
21. Расчет импульсного отклика газообразной среды.

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Основная литература.

Ахманов С.А., Дьяков Ю.Е., Чиркин А.С. Введение в статистическую радиофизику и оптику. М., Наука, 1981.

Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. М., изд. МГУ 1998.

Дополнительная литература.

Дьяков Ю.Е., Никитин С.Ю. Задачи по статистической радиофизику и оптике. М., изд. МГУ, 1985.

Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Для лекционной части курса требуется аудитория, оборудованная мультимедийным проектором, интерактивной доской, и управляющим компьютером. Также необходимо наличие экрана и обычной учебной доски.