

Рабочая программа дисциплины

1. Название дисциплины: Современные проблемы нелинейной оптики

2. Уровень высшего образования – магистратура

3. Направление подготовки: 03.04.02 Физика (магистратура)

4. Аннотация:

Курс «Современные проблемы нелинейной оптики» является профильной дисциплиной магистерской программы «Квантовые и оптические технологии». Дисциплина обеспечивает теоретическую подготовку студентов в области нелинейной оптики твердых тел и наноструктурированных материалов, ознакомление с современными методами нелинейной оптики. В курсе рассматриваются фундаментальные основы нелинейной оптики, различные типы нелинейно-оптических эффектов, их усиление в структурированных и резонансных материалах, а также различные приложения нелинейной оптики в методах структурирования и диагностики материалов.

5. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся (указывается согласно рабочему плану):

Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 16 часов занятия семинарского типа, 2 часа коллоквиумов), 36 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

6. Формируемые компетенции и входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

НАЗВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ:

СПК-1 Способность свободно владеть профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий.

СПК-2 Способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации в области физики квантовых и оптических технологий.

СПК-3 Способность организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых и оптических технологий, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования.

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Для того чтобы формирование данных компетенций было возможно, обучающийся, приступивший к освоению образовательной программы, должен:

- **ЗНАТЬ:** основные методы научно-исследовательской деятельности.
- **УМЕТЬ:** выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач.
- **ВЛАДЕТЬ:** навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования.

Для освоения дисциплины необходимы знания и умения, приобретаемые в рамках дисциплин общей физики «Оптика», «Электромагнетизм», курсов «Квантовая теория» и «Электродинамика». Желательно предварительное освоение материала вариативной части программы бакалавриата: дисциплин профиля «Основы физики конденсированного состояния вещества» и «Введение в нелинейную оптику».

7. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего, часы	В том числе						
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
1. Введение Уравнения Максвелла, понятия поляризации и нелинейной восприимчивости, нелинейное волновое уравнение. Примеры нелинейно-оптических эффектов, характерные величины нелинейных восприимчивостей. Краткий исторический обзор развития нелинейной оптики.		1			1	1 час Знакомство с основными обозначениями и терминологией, используемыми в нелинейной оптике [1-3]		1

<p>2. Фундаментальные основы нелинейной оптики</p> <p>§1. Временное и спектральное феноменологическое описание поляризации среды. Феноменологическое описание нелинейных восприимчивостей. Общие свойства квадратичной нелинейной восприимчивости. Симметрия тензора квадратичной восприимчивости, влияние поглощения в среде.</p> <p>§2. Ангармонизм свободного и связанного электронов. Нелинейное поле для свободного и связанного электронов. Свойства квадратичной восприимчивости на примере модели ангармонического осциллятора. Рамановский ангармонизм. Комбинационное рассеяние света. Рамановское поглощение и рамановское усиление. Вынужденное комбинационное рассеяние света как пример четырехволнового параметрического процесса. Стрикционный ангармонизм. Температурный ангармонизм и спонтанное температурное рассеяние. Электрокалорический ангармонизм и вынужденное температурное рассеяние.</p> <p>§3. Нелинейное волновое уравнение. Метод медленно меняющихся амплитуд. Генерация второй гармоники: укороченные уравнения, когерентная длина, фазовый синхронизм, методы реализации фазового синхронизма, Мейкеровские биения. Параметрические процессы: спонтанное параметрическое рассеяние, параметрический</p>	7	5		12	<p>1 час Изучение способов сокращенного обозначения компонент нелинейной восприимчивости, их характерных значений для различных материалов в системах СИ и СГС [1,4,5].</p> <p>2 часа Решение задач по расчету значений нелинейной поляризации и интенсивности оптических гармоник [1, 4].</p> <p>4 часов Повторение</p>		7
--	---	---	--	----	--	--	---

<p>генератор света, генерация третьей гармоники, когерентное антистоксово рассеяние света, обращение волнового фронта.</p> <p>§4. Эффекты самовоздействия: параметрические эффекты, самофокусировка и дефокусировка, критическая мощность и длина, самосжатие импульсов. Генерация фемтосекундных импульсов: «керровская» линза и пассивная синхронизация мод. Непараметрические нелинейно-оптические процессы: многофотонное и двухфотонное поглощение, эффекты просветления и ограничения.</p>					<p>лекционного материала по теме «Фундаментальные основы нелинейно оптики».</p>		
--	--	--	--	--	---	--	--

<p>3. Нелинейная оптика кристаллов</p> <p>§5. Влияние пространственной симметрии среды на нелинейно-оптический отклик. Ненулевые компоненты тензоров восприимчивости. Центросимметричные среды. Разложение поляризации по мультипольным вкладам, дипольный и квадрупольный вклады. Нарушение инверсной симметрии на поверхности твердого тела. Анизотропия второй гармоники. Поляризационные комбинации при генерации второй гармоники. Спектроскопия второй гармоники, критические точки зонной структуры.</p> <p>§6. Способы нарушения инверсной симметрии. Генерация электроиндуцированной второй гармоники на поверхности полупроводников, эффект заряда поверхностных состояний и временной зависимости интенсивности второй гармоники. Генерация токоиндуцированной второй гармоники. Генерация гармоник индуцированных механическими напряжениями. Генерация второй гармоники, индуцированной магнитным полем. Нарушение инверсии времени. Нелинейный эффект Фарадея и нелинейный магнитный эффект Керра.</p>	2	2	2 часа Коллоквиум по темам «Фундаментальные основы нелинейной оптики» и «Нелинейная оптика кристаллов»	6	2 часа Решение задач по нахождению вида анизотропной зависимости второй гармоники для разных экспериментальных геометрий.	7 часов Подготовка к коллоквиуму	9
<p>4. Нелинейная оптика наноструктур и фотонных кристаллов</p> <p>§7. Нелинейная оптика металлических пленок при возбуждении поверхностных плазмон-поляритонов: генерация второй гармоники и когерентная антистоксово рассеяние света. Генерация гигантской второй гармоники и гигантское</p>	5	3		8	2 часа Повторение лекционного материала по теме «Нелинейная оптика наноструктур и фотонных кристаллов».		2

<p>комбинационное рассеяние света в металлических наноструктурах с локальными поверхностными плазмонами.</p> <p>§8. Параметрические нелинейно-оптические процессы в фотонных кристаллах и микрорезонаторах: фазовый синхронизм, усиление генерации оптических гармоник на краях запрещенной зоны и в микрорезонаторной моде. Нелинейная оптика поверхностных оптических состояний в фотонных кристаллах. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в нелинейных фотонных кристаллах, сфера Эвальда. Нелинейно-оптические эффекты в микроструктурированных волокнах: солитоны, генерация гармоник, генерация суперконтинуума.</p> <p>§9. Особенности нелинейно-оптического отклика квантовых ям, нанопроволок и квантовых точек. Спектроскопия генерации второй гармоники в сверхрешетках и квантовых точках. Нелинейная оптика Ми-резонансных наноструктур и метаматериалов: генерация оптических гармоник при возбуждении конфигурационных резонансов, эффекты самовоздействия, эффекты наведенной анизотропии в нелинейно-оптическом отклике метаповерхностей.</p>								
<p>5. Экспериментальные методы нелинейной оптики</p> <p>§10. Методы исследования сверхбыстрой динамики процессов в твердых телах: метод «накачки-зондирования», метод кросс-корреляционной</p>	3	2		5		2 часа Повторение лекционного материала по теме		2

<p>спектроскопии. Эффекты полностью оптического переключения в резонансных наноструктурах и метаповерхностях. Обратный эффект Фарадея. Генерация терагерцового излучения. Генерация аттосекундных лазерных импульсов.</p> <p>§11. Метод z-сканирования. Экспериментальные методы генерации оптических гармоник. Интерферометрия второй гармоники. Нелинейно-оптическая микроскопия. Двухфотонная лазерная литография.</p>						«Экспериментальные методы нелинейной оптики».		
Промежуточная аттестация - зачет			4		4	15 часов Подготовка к промежуточной аттестации (зачету).		15
Итого		18	16	2	36			36

* Текущий контроль успеваемости в рамках занятий семинарского типа реализуется в форме обсуждения.

8. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

- 8.1 Основная и дополнительная литература доступная студентам через Интернет или по запросу лектору.
- 8.2 Электронные презентации основных тем дисциплины доступные по запросу лектору.

9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Типовые контрольные вопросы и темы для обсуждения:

1. Характерные значения нелинейных восприимчивостей материалов
2. Типы ангармонизмов и их связь с нелинейно-оптическим откликом
3. Генерация второй гармоники в синхронном и асинхронном режимах
4. Типы параметрических нелинейно-оптических процессов
5. Типы непараметрических нелинейно-оптических процессов

6. Связь ненулевых компонент тензора нелинейной восприимчивости с пространственной симметрией кристалла
7. Генерация второй гармоники, индуцированной внешними воздействиями
8. Методы усиления нелинейно-оптического отклика наноструктурированных материалов
9. Характерные значения интенсивностей излучений накачки и оптических гармоник в нелинейно-оптических экспериментах
10. Характерные времена сверхбыстрого отклика материалов, их связь с зонной структурой

Типовые вопросы к зачету:

1. Общие свойства квадратичной нелинейной восприимчивости.
2. Симметрия тензора квадратичной восприимчивости в среде без поглощения и в поглощающей среде.
3. Ангармонизм свободного электрона. Томсоновское и гиперрелеевское рассеяние света на свободном электроде, сечения рассеяния.
4. Ангармонизм связанного электрона. Демонстрация общих свойств квадратичной восприимчивости на примере модели ангармонического осциллятора.
5. Рамановский ангармонизм. Комбинационное рассеяние света. Рамановское поглощение и рамановское усиление. Вынужденное комбинационное рассеяние света
6. Стрикционный ангармонизм. Температурный ангармонизм и спонтанное температурное рассеяние. Электрокалорический ангармонизм и вынужденное температурное рассеяние.
7. Метод медленно меняющихся амплитуд. Укороченные уравнения для процесса генерации второй гармоники. Режимы работы удвоителя частоты: синхронное взаимодействие, фазовая расстройка. Методы реализации фазового синхронизма.
8. Трехчастотное параметрическое взаимодействие. Укороченные уравнения. Закон сохранения энергии. Соотношения Менли-Роу. Спонтанное параметрическое рассеяние. Параметрический генератор света.
9. Генерация третьей гармоники, когерентное антистоксово рассеяние света, обращение волнового фронта.
10. Эффекты самовоздействия.
11. Непараметрические нелинейно-оптические процессы: многофотонное и двухфотонное поглощение, эффекты просветления и ограничения.
12. Ненулевые компоненты тензоров восприимчивости, их связь с пространственной симметрией. Центросимметричные среды. Разложение поляризации по мультипольным вкладам. Нарушение инверсной симметрии на поверхности твердого тела.
13. Анизотропия второй гармоники. Поляризационные комбинации при генерации второй гармоники. Спектроскопия второй гармоники, критические точки зонной структуры.
14. Способы нарушения инверсной симметрии. Генерация электроиндуцированной, токоиндуцированной и индуцированных механическими напряжениями второй гармоники.

15. Генерация второй гармоники, индуцированной магнитным полем. Нарушение инверсии времени. Нелинейный эффект Фарадея и нелинейный магнитный эффект Керра.
16. Усиление нелинейно-оптических эффектов при возбуждении бегущих поверхностных плазмон-поляритонов. Генерация гигантской второй гармоники и гигантское комбинационное рассеяние света в металлических наноструктурах с локальными поверхностными плазмонами.
17. Фазовый синхронизм и усиление генерации оптических гармоник в фотонных кристаллах и микрорезонаторах. Нелинейная оптика поверхностных оптических состояний в фотонных кристаллах.
18. Фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в нелинейных фотонных кристаллах. Нелинейно-оптические эффекты в микроструктурированных волокнах:
19. Нелинейно-оптический отклик квантовых ям, нанопроволок и квантовых точек. Спектроскопия генерации второй гармоники в сверхрешетках и квантовых точках.
20. Нелинейная оптика Ми-резонансных наноструктур и метаматериалов: генерация оптических гармоник, эффекты самовоздействия, эффекты наведенной анизотропии.
21. Методы исследования сверхбыстрой динамики процессов в твердых телах. Эффекты полностью оптического переключения в резонансных наноструктурах и метаповерхностях.
22. Обратный эффект Фарадея. Генерация терагерцового излучения. Генерация аттосекундных лазерных импульсов.
23. Экспериментальные методы генерации оптических гармоник. Интерферометрия второй гармоники. Метод z-сканирования.
24. Нелинейно-оптическая микроскопия. Метод двухфотонной лазерной литографии.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ПОКАЗАТЕЛИ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАДАННОГО УРОВНЯ ОСВОЕНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ)

ВЛАДЕТЬ: профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий (В1, СПК-1).

ВЛАДЕТЬ: навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых и оптических технологий (В2, СПК-2).

ВЛАДЕТЬ: навыками анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий (В3, СПК-3).

УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов (У1, СПК-1).

УМЕТЬ: осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых и оптических технологий (У2, СПК-2).

УМЕТЬ: организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых и оптических технологий, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования (У3, СПК-3).

ЗНАТЬ: методы анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых и оптических технологий (31, СПК-1).

ЗНАТЬ: способы критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий (32, СПК-2).

ЗНАТЬ: методы организации и планирования исследований в области физики квантовых и оптических технологий, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования (33, СПК-3).

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<i>ВЛАДЕТЬ:</i> профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий (В1, СПК-1).	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий	Успешное и систематическое применение навыков анализа и синтеза физической информации в области физики квантовых и оптических технологий

<p><i>ВЛАДЕТЬ:</i> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых и оптических технологий (В2, СПК-2).</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации в области физики квантовых и оптических технологий</p>
<p><i>ВЛАДЕТЬ:</i> навыками анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий (В3, СПК-3).</p>	<p>Отсутствие навыков</p>	<p>Фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при планировании, организации и решении конкретных исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий</p>

<p><i>УМЕТЬ:</i> анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов (У1, СПК-1).</p>	<p>Отсутствие умения</p>	<p>Фрагментарное проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>	<p>Успешное и систематическое проявление умения анализировать альтернативные варианты решения исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>
<p><i>УМЕТЬ:</i> осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых и оптических технологий (У2, СПК-2).</p>	<p>Отсутствие умения</p>	<p>Фрагментарное проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>Успешное и систематическое проявление умения осуществлять поиск, критический анализ, обобщать и систематизировать научную информацию в области физики квантовых и оптических технологий</p>

<p><i>УМЕТЬ:</i> организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых и оптических технологий, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования (У3, СПК-3)</p>	<p>Отсутствие умения</p>	<p>Фрагментарное проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых и оптических технологий, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых и оптических технологий, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление умения организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых и оптических технологий, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>	<p>Успешное и систематическое проявление организовывать и планировать исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики квантовых и оптических технологий, и решать их с помощью современной аппаратуры и оборудования</p>
<p><i>ЗНАТЬ:</i> методы анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых и оптических технологий (31, СПК-1)</p>	<p>Отсутствие знаний</p>	<p>Фрагментарное проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых и оптических технологий</p>	<p>Успешное и систематическое проявление знаний методов анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новой физической информации при решении исследовательских и практических задач в области физики квантовых и оптических технологий</p>

		технологий	технологий		
<p><i>ЗНАТЬ:</i> способы критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий (32, СПК-2).</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарное проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий	В целом успешное, но не систематическое проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий	Успешное и систематическое проявление знаний способов критического анализа и систематизации научной информации при решении исследовательских задач в области физики квантовых и оптических технологий

ЗНАТЬ: методы организации и планирования исследований в области физики квантовых и оптических технологий, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования (ЗЗ, СПК-3)	Отсутствие знаний	Фрагментарное проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых и оптических технологий, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования	В целом успешное, но не систематическое проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых и оптических технологий, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых и оптических технологий, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования	Успешное и систематическое проявление знаний методов организации и планирования исследований в области физики квантовых и оптических технологий, включая способы решения задач с помощью современной аппаратуры и оборудования
---	-------------------	---	---	---	--

10. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. И.Р. Шен, "Принципы нелинейной оптики", Наука, 1989.
2. Д.Н. Клышко, «Фотоны и нелинейная оптика», Наука, 1980.
3. Н. Бломберген, "Нелинейная оптика", Мир, 1963.

Дополнительная литература

4. R. Boyd, "Nonlinear optics", Elsevier, 2008.
5. Ю.И. Сиротин, М.П. Шаскольская, "Основы кристаллофизики", Наука, 1979.
6. R. J. Pressley, "Handbook of lasers with selected data on optical technology", Chemical Rubber Co., 1971.
7. A. Yariv, P. Yeh. "Optical Waves in Crystals", New York: Wiley, 1984.
8. K. Sakoda. "Optical Properties of Photonic Crystals", Springer, 2001.

9. H. Raether, “Surface-Plasmons on Smooth and Rough Surfaces and on Gratings”, Springer Tracts in Modern Physics, 1988.

10. Ю.А. Ильинский, Л.В. Келдыш. “Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом”, Москва: Изд. МГУ, 1989.

11. Перечень ресурсов Интернет необходимых для освоения дисциплины:

- https://www.sif.it/static/SIF/resources/public/files/va2014/Boyd_talk1.pdf
- <http://www.fulviofrisone.com/attachments/article/404/Boyd%20Nonlinear%20Optics,%20Third%20Edition.pdf>

12. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для освоения дисциплины необходимо посещение интерактивных занятий (лекций и семинаров) и регулярная самостоятельная работа в течение семестра. Для большей части тем курса имеются электронные презентации, выложенные на сайте ЦКТ ФФ МГУ. Рекомендуется перед лекцией скачать соответствующую презентацию и иметь ее на интерактивном занятии на ноутбуке или планшете в режиме off-line или в распечатанном виде, используя как основу конспекта для собственных пометок и комментариев.

13. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости):

При реализации учебной работы в рамках дисциплины «Современные проблемы нелинейной оптики» используются средства дистанционного сопровождения учебного процесса в форме сайтов с материалами лекций и семинарских занятий. Курс имеет электронные версии (презентации) лекций. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования.

14. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика». Любая аудитория, оснащенная проекционным оборудованием с возможностью подключения к ноутбуку, экраном, и учебной доской.