

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:**

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИКИ

---

**Уровень высшего образования:**

Магистратура

---

**Направление подготовки:**

03.04.02 Физика

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Экстремальные электромагнитные поля, релятивистская плазма  
и аттосекундная физика

---

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., профессор физического факультета МГУ В.А. Макаров

## Аннотация к рабочей программе дисциплины

### «Дополнительные главы нелинейной оптики»

---

Дисциплина «Дополнительные главы нелинейной оптики» знакомит студентов с некоторыми, часто отсутствующими в традиционных курсах нелинейной оптики, особенностями распространения эллиптически поляризованных волн в средах с различным типом нелинейного оптического отклика вещества на внешнее поле. Особое внимание уделяется особенностям самовоздействия и взаимодействия эллиптически поляризованных волн в средах, обладающих пространственной дисперсией квадратичной и кубической нелинейности, которая является причиной существенного изменения характера распространения эллиптически поляризованных пучков и импульсов. Обсуждаются особенности граничных условий для компонент электромагнитного поля на поверхности нелинейных сред с нелокальностью оптического отклика, законы преобразования орбитальной и спиновой составляющих углового момента лазерных пучков в нелинейных оптических процессах, механизмы, приводящие к изменению параметров эллипса поляризации при распространении волн в кристаллах высшей и средней категорий, специфика поляризационной бистабильности и динамического хаоса в различных резонаторных системах с оптически активными средами. Студенты знакомятся с теорией генерации второй гармоники, суммарной частоты, а также БиоКАРС сигнала, возникающего при отражении эллиптически поляризованных волн от поверхности гиротропных сред, учитывающей пространственную дисперсию нелинейного оптического отклика и приповерхностную неоднородность вещества. Обсуждаются новые схемы генерации второй гармоники в объеме нелинейной изотропной нецентросимметричной среды, а также генерация суммарной частоты в изотропной гиротропной среде двумя эллиптически поляризованными соосными пучками. Рассматриваются простейшие задачи нелинейной сингулярной поляризационной оптики и нелинейной оптики жидких кристаллов. В результате освоения дисциплины «Дополнительные главы нелинейной оптики» обучающийся кроме знаний предмета получает навыки применения ранее полученных знаний для решения новых научных и практических задач.

#### 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

Дисциплина «Дополнительные главы нелинейной оптики» реализуется на 2-ом курсе в 3-ем семестре и относится к вариативной части программы обучения.

Дисциплина «Дополнительные главы нелинейной оптики» знакомит студентов с некоторыми, часто отсутствующими в традиционных курсах нелинейной оптики, особенностями распространения эллиптически поляризованных волн в средах с различным типом нелинейного оптического отклика вещества на внешнее поле. Особое внимание уделяется особенностям самовоздействия и взаимодействия эллиптически поляризованных волн в средах, обладающих пространственной дисперсией квадратичной и кубической нелинейности, которая является причиной существенного изменения характера распространения эллиптически поляризованных пучков и импульсов. Обсуждаются особенности граничных условий для компонент электромагнитного поля на поверхности нелинейных сред с нелокальностью оптического отклика, законы преобразования орбитальной и спиновой составляющих углового момента лазерных пучков в нелинейных оптических процессах, механизмы, приводящие к изменению параметров эллипса поляризации при распространении волн в кристаллах высшей и средней категорий, специфика поляризационной бистабильности и динамического хаоса в различных резонаторных системах с оптически активными средами. Студенты знакомятся с теорией генерации второй гармоники, суммарной частоты, а также БиоКАРС сигнала, возникающего при отражении эллиптически поляризованных волн от поверхности гиротропных сред, учитывающей пространственную дисперсию нелинейного оптического отклика и приповерхностную неоднородность вещества. Обсуждаются новые схемы генерации второй гармоники в объеме нелинейной изотропной нецентросимметричной среды, а также генерация суммарной частоты в изотропной гиротропной среде двумя эллиптически поляризованными соосными пучками. Рассматриваются простейшие задачи нелинейной сингулярной поляризационной оптики и нелинейной оптики жидких кристаллов. В результате освоения дисциплины «Дополнительные главы нелинейной оптики» обучающийся кроме знаний предмета получает навыки применения ранее полученных знаний для решения новых научных и практических задач.

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

Освоение дисциплин «Электромагнетизм», «Электродинамика», «Оптика», «Математический анализ», «Квантовая механика», «Дифференциальные уравнения», «Теория колебаний», «Теория волн».

## 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 нелинейной оптики (СПК-1) | <b>Знать</b> основные законы и направления современных научных исследований в области нелинейной оптики.<br><b>Уметь</b> на основе фундаментальных знаний в области нелинейной оптики, определять возможные направления научных исследований. |

|   |   |
|---|---|
|   | <b>Владеть</b> необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования в области нелинейной оптики.  |
| Способность организовать и планировать физические исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области нелинейной оптики и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий (СПК-2) | <b>Знать</b> базовые принципы организации научных исследований с использованием информационных технологий, основные методики работы на современном научном оборудовании в области нелинейной оптики.<br><b>Уметь</b> используя знания в области нелинейной оптики проводить научные исследования.<br><b>Владеть</b> навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов, обобщения, оформления и публичного представления полученных результатов. |
| Способность определять основные направления внедрения научных результатов в области нелинейной оптики (СПК-3).  | <b>Знать</b> основные направления инновационного развития в области нелинейной оптики.<br><b>Уметь</b> проводить необходимый анализ современных тенденций научных инноваций в области нелинейной оптики для подготовки предложений по внедрению полученных научных результатов.<br><b>Владеть</b> методами обоснования возможного применения полученных научных результатов с учетом современных достижений в области лазерной физики, нелинейной оптики и фотоники.      |

4. **Форма обучения:** очная

5. **Язык обучения:** русский

6. **Содержание дисциплины:**

1. *Уравнения Максвелла и материальное уравнение. Локальные и нелокальные нелинейные восприимчивости.*

Уравнения Максвелла в подходе Казимира и в подходе Ландау – Лифшица в электродинамике сред с пространственной дисперсией. Материальное уравнение для нелинейной среды в первом приближении по параметру пространственной дисперсии. Локальные и нелокальные нелинейные восприимчивости, их симметричные свойства. Основные локальные и нелокальные нелинейные оптические эффекты.

2. *Граничные условия для электромагнитного поля на поверхности нелинейных сред со слабой пространственной дисперсией.*

Необходимость введения модифицированных граничных условий. Плотность поверхностного тока поляризации. Нелинейные поверхностные восприимчивости. Методика расчета сигнала на суммарной частоте от поверхности нелинейной хиральной среды.

3. *Законы сохранения импульса и момента импульса в электродинамике сплошных сред.*

Вывод формул для плотности импульса и плотности момента импульса распространяющегося лазерного излучения. Орбитальная и спиновая составляющие момента импульса распространяющегося пучка лазерного излучения.

4. *Параметры эллиптически поляризованного света.*

Эллиптически поляризованная плоская волна. Ее основные характеристики Интенсивность, степень эллиптичности, угол поворота эллипса поляризации и угол, определяющий ориентацию вектора напряженности электрического поля. Их связь с параметрами эллипса поляризации. Параметры Стокса. Однородно эллиптически поляризованный пучок гауссовой формы с точностью до слагаемых первого порядка малости по углу расходимости. Эллиптически поляризованный импульс. Описание сверхкороткого неоднородно эллиптически поляризованного импульса с помощью годографа вектора напряженности электрического поля.

*5. Механизмы изменения параметров эллипса поляризации плоских волн в кристаллах высшей и средней категорий.*

Четыре механизма нелинейного оптического поворота и деформации эллипса поляризации света в кристаллах. Физические основы нелинейной поляризационной спектроскопии кристаллов.

*6. Поляризационная бистабильность и динамический хаос.*

Система уравнений для электрического поля в кольцевом резонаторе с нелинейной изотропной гиротропной средой, описывающая поляризационную бистабильность и динамический хаос. Бифуркационный подход к описанию поляризационной оптической бистабильности. Стационарные поляризационные характеристики кольцевого резонатора с нелинейной изотропной гиротропной средой. Режимы умножений периода колебаний и тонкая структура динамического хаоса в резонаторе с нелинейной изотропной гиротропной средой.

*7. Самовоздействие эллиптически поляризованных пучков и импульсов.*

Система дифференциальных уравнений для безразмерных ширин парциальных пучков, описывающая самофокусировку эллиптически поляризованного света в изотропной нелинейной гиротропной среде в приосевом приближении. Основные результаты численного исследования самофокусировки эллиптически поляризованного света в изотропной нелинейной гиротропной среде. Преобразование поперечной пространственной когерентности и поляризационных свойств излучения при распространении в нелинейной изотропной гиротропной среде. Система уравнений для безразмерных длительностей парциальных импульсов, описывающая самовоздействие эллиптически поляризованного импульса в изотропной нелинейной гиротропной среде. Характерные зависимости интенсивности, степени эллиптичности и угла поворота главной оси эллипса поляризации в центре импульса от координаты распространения. Описание изменения поляризация импульса без привлечения понятия огибающей. Особенности изменения поляризации при распространении сверхкороткого импульса в кубической среде с нелокальным оптическим откликом вещества.

*8. Генерация суммарной частоты и БиоКАРС сигнала от поверхности нелинейной хиральной среды.*

Граничные условия для электромагнитного поля на поверхности нелинейных сред со слабой пространственной дисперсией. Нелинейные поверхностные восприимчивости. Методика расчета сигнала на суммарной частоте от поверхности нелинейной хиральной среды в плосковолновом приближении. Основные характеристики излучения на суммарной частоте, отраженного от поверхности нелинейной хиральной среды в плосковолновом приближении. Поперечное пространственное распределение поля в пучке второй гармоники от поверхности нелинейной хиральной среды в геометрии нормального падения. Зависимость поляризационных характеристик сигнала на удвоенной частоте от полярного угла в плоскости поперечного сечения. БиоКАРС от поверхности нелинейной хиральной среды в плосковолновом приближении. Генерация суммарной частоты коллинеарными гауссовыми пучками в объеме изотропной гиротропной среды с квадратичной нелинейностью – постановка задачи и основные уравнения.

*9. Генерация второй гармоники и суммарной частоты в объеме изотропной хиральной среды.*

Основные особенности поперечного пространственного распределения поля сигнальной волны на суммарной частоте на выходе изотропной гиротропной квадратичной среды при разных условиях взаимодействия волн основного излучения. Условия возникновения генерации второй гармоники в объеме изотропной гиротропной среды с квадратичной нелинейностью.

*10. Сингулярная поляризационная оптика.*

Понятие о сингулярностях поляризации. С-точки и L линии. Топологический заряд. Появление сингулярностей поляризации в сигнальном пучке в задачах нелинейной поляризационной оптики сред с пространственной дисперсией. Характерные особенности самовоздействия и взаимодействия эллиптически поляризованных пучков с сингулярностями поляризации в нелинейных средах с пространственной дисперсией.

*11. Основы нелинейной оптики жидких кристаллов.*

Нелинейные оптические эффекты в жидких кристаллах. Нелинейное изменение поляризации света в изотропной фазе холестерического жидкого кристалла. Наведение геликоидальной структуры в оптически активной жидкости спиральной стоячей волной. Особенности самофокусировки эллиптически поляризованного света в изотропной фазе жидкого кристалла.

**7. Объем дисциплины**

| НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ                       | Трудоемко<br>в зачетных | объем учебной нагрузки в ак. часах |                       |            |                       |    | Самост<br>оятельн<br>ая |
|---|-------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------|-----------------------|----|-------------------------|
|   |                         | Общая<br>трудоем                   | в том числе           |            |                       |    |                         |
|   |                         |                                    | ауд. занятий          |            |                       |    |                         |
|   |                         | Об<br>щая<br>ауд                   | ито<br>го<br>риа<br>я | Лек<br>ций | Се<br>мин<br>аро<br>в |    |                         |
| Дополнительные главы<br>нелинейной оптики | 2                       | 72                                 | 36                    | 17         | 17                    | 36 |                         |

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

Текущий контроль по дисциплине «Нелинейная поляризационная 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 «Нелинейная поляризационная оптика» проводится в форме зачета.

| № темы | Наименование<br>раздела дисциплины | Виды учебной нагрузки и их<br>трудоемкость, часы | Форма текущего<br>контроля<br>успеваемости и<br>промежуточной<br>аттестации |
|--------|------------------------------------|--|---|
|        |                                    |  |   |



|               |   | Всего часов | Лекции    | Научно-практические | Семинары  | Самостоятельная работа |                      |
|---------------|---|-------------|-----------|---------------------|-----------|------------------------|----------------------|
| 1             | Уравнения Максвелла и материальное уравнение. Локальные и нелокальные нелинейные восприимчивости.                 | 4           | 1         |                     | 1         | 2                      | Собеседование, опрос |
| 2             | Граничные условия для электромагнитного поля на поверхности нелинейных сред со слабой пространственной дисперсией | 4           | 1         |                     | 1         | 2                      |                      |
| 3             | Законы сохранения импульса и момента импульса в электродинамике сплошных сред.                                    | 4           | 1         |                     | 1         | 2                      |                      |
| 4             | Параметры эллиптически поляризованного света.   | 8           | 2         | -                   | 2         | 4                      |                      |
| 5             | Механизмы изменения параметров эллипса поляризации плоских волн в кристаллах высшей и средней категорий           | 4           | 1         |                     | 1         | 2                      |                      |
| 6             | Поляризационная бистабильность и динамический хаос.   | 8           | 3         |                     | 3         | 4                      |                      |
| 7             | Самовоздействие эллиптически поляризованных пучков и импульсов.   | 12          | 3         |                     | 3         | 4                      |                      |
| 8             | Генерация суммарной частоты и БиоКАРС сигнала от поверхности нелинейной хиральной среды.                          | 8           | 2         | -                   | 2         | 4                      |                      |
| 9             | Генерация второй гармоники и суммарной частоты в объеме изотропной хиральной среды.                               | 4           | 1         |                     | 1         | 2                      |                      |
| 10            | Сингулярная поляризационная оптика.   | 4           | 1         |                     | 1         | 2                      |                      |
| 11            | Основы нелинейной оптики жидких кристаллов.   | 8           | 2         |                     | 2         | 4                      |                      |
|               | Промежуточная аттестация  | 4           |           |                     |           | 4                      | Зачет в устной форме |
| <b>ИТОГО:</b> |   | <b>72</b>   | <b>18</b> | <b>-</b>            | <b>18</b> | <b>36</b>              |                      |

### 9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Дополнительные главы нелинейной оптики» 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 «Дополнительные главы нелинейной оптики» 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   |
|--|---|---|
| <b>Оценочные средства текущего контроля</b>        |   |   |
| 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 |
| <b>Оценочные средства промежуточной аттестации</b> |   |   |
| 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:<br>основные достижения современной нелинейной оптики.<br>ОПК-3.Б 3-6 | Отсутствие знаний основных достижений современной нелинейной оптики. | В целом успешные, но не систематические знания основных достижений современной нелинейной оптики. | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знания основных достижений современной нелинейной оптики. | Успешные и систематические знания основных достижений современной нелинейной оптики. |
| УМЕТЬ:<br>проводить научные исследования,                                   | Отсутствие умения проводить научные                                  | В целом успешное, но не систематическое умение проводить  | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение проводить  | Успешное и систематическое умение проводить  |

|   |   |  |  |   |
|---|---|--|--|---|
| используя знания в области современной нелинейной оптики.<br>ОПК-3.Б У-6  | исследования, используя знания в области современной нелинейной оптики.   | научные исследования, используя знания в области современной нелинейной оптики.  | научные исследования, используя знания в области современной нелинейной оптики.  | научные исследования, используя знания в области современной нелинейной оптики.   |
| <b>ВЛАДЕТЬ:</b><br>необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования в области нелинейной оптики.<br>ОПК-3.Б В-6 | Отсутствие/фрагментарное владение необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования в области нелинейной оптики. | В целом успешное, но не систематическое владение необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования в области нелинейной оптики. | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования в области нелинейной оптики. | Успешное и систематическое владение необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников по тематике избранного направления исследования в области нелинейной оптики. |

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

### *Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся:*

#### *Примеры:*

1. Чем отличаются материальные уравнения при симметричном подходе и подходе Ландау – Лифшица в электродинамике сплошных сред.
2. Что такое поляризационная оптическая бистабильность. Необходимые условия для ее реализации
3. С какими восприимчивостями связаны зависящие от интенсивности изменения состояния поляризации эллиптически поляризованного излучения в изотропной среде с пространственной дисперсией кубической нелинейности.
4. Как определяются орбитальная и спиновая составляющие углового момента светового пучка.
5. Перечислите основные особенности поперечного пространственного распределения поля сигнальной волны на суммарной частоте на выходе изотропной гиротропной среды с квадратичной нелинейностью
6. Чем отличается самофокусировка эллиптически поляризованного света в нелинейной жидкости от самофокусировки эллиптически поляризованного света в изотропной фазе жидкого кристалла в предпереходной области температур.
7. Как определяется топологический заряд точек сингулярности светового поля.

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

#### ***Материалы промежуточного контроля успеваемости обучающихся в форме зачета:***

1. Уравнения Максвелла в подходе Казимира и в подходе Ландау – Лифшица в электродинамике сред с пространственной дисперсией.
2. Материальное уравнение для нелинейной среды в первом приближении по параметру пространственной дисперсии.
3. Локальные и нелокальные нелинейные восприимчивости. Их симметрия по перестановке частот и индексов.
4. Необходимость введения модифицированных граничных условий. Граничные условия для электромагнитного поля на поверхности нелинейных сред со слабой пространственной дисперсией.
5. Плотность поверхностного тока поляризации. Нелинейные поверхностные восприимчивости. Методика расчета сигнала на суммарной частоте от поверхности нелинейной хиральной среды.
6. Плотности импульса и плотность момента импульса распространяющегося лазерного излучения.
7. Орбитальная и спиновая составляющие момента импульса распространяющегося пучка лазерного излучения.
8. Связь параметров Стокса с параметрами эллипса поляризации и с комплексными амплитудами циркулярно поляризованных компонент электрического поля распространяющейся плоской волны.
9. Эллиптически поляризованный пучок гауссовой формы с точностью до слагаемых первого порядка малости по углу расходимости.
10. Эллиптически поляризованный импульс. Описание сверхкороткого неоднородно эллиптически поляризованного импульса с помощью годографа вектора напряженности электрического поля.
11. Поляризационное самовоздействие эллиптически поляризованной волны в нелинейной изотропной гиротропной среде.
12. Четыре механизма нелинейного оптического поворота и деформации эллипса поляризации света в кристаллах.
13. Физические основы нелинейной поляризационной спектроскопии кристаллов.
14. Система уравнений для электрического поля в кольцевом резонаторе с нелинейной изотропной гиротропной средой, описывающая поляризационную бистабильность и динамический хаос.
15. Бифуркационный подход к описанию поляризационной оптической бистабильности.
16. Стационарные поляризационные характеристики кольцевого резонатора с нелинейной изотропной гиротропной средой.
17. Режимы умножений периода колебаний и тонкая структура динамического хаоса в добротном резонаторе с нелинейной изотропной гиротропной средой.
18. Пороговые условия и характерные режимы распространения эллиптически поляризованного света при его самофокусировке в нелинейной изотропной гиротропной среде в приосевом приближении.
19. Основные результаты численного исследования самофокусировки эллиптически поляризованного света в изотропной нелинейной гиротропной среде.
20. Преобразование поперечной пространственной когерентности и поляризационных свойств излучения при распространении в нелинейной изотропной гиротропной среде.
21. Характерные зависимости интенсивности, степени эллиптичности и угла поворота главной оси эллипса поляризации в центре импульса от координаты распространения. Три режима распространения эллиптически поляризованного импульса в изотропной среде с частотной дисперсией и пространственной дисперсией кубической нелинейности.

22. Основные характеристики излучения на суммарной частоте, отраженного от поверхности нелинейной хиральной среды в плосковолновом приближении.
23. Поперечное пространственное распределение поля в пучке второй гармоники от поверхности нелинейной хиральной среды в геометрии нормального падения. Зависимость поляризационных характеристик сигнала на удвоенной частоте от полярного угла в плоскости поперечного сечения.
24. БиоКАРС от поверхности нелинейной хиральной среды в плосковолновом приближении.
25. Генерация суммарной частоты коллинеарными гауссовыми пучками в объеме изотропной гиротропной среды с квадратичной нелинейностью – постановка задачи и основные уравнения.
26. Основные особенности поперечного пространственного распределения поля сигнальной волны на суммарной частоте на выходе изотропной гиротропной квадратичной среды при разных условиях взаимодействия волн основного излучения.
27. Условия возникновения генерации второй гармоники в объеме изотропной гиротропной среды с квадратичной нелинейностью.
28. Описание изменения поляризации импульса без привлечения понятия огибающей. Особенности изменения поляризации при распространении сверхкороткого импульса в кубической среде с нелокальным оптическим откликом вещества.
29. Характерные особенности самовоздействия и взаимодействия эллиптически поляризованных пучков с сингулярностями поляризации в нелинейных средах с пространственной дисперсией.
30. Особенности самофокусировки эллиптически поляризованного света в изотропной фазе жидкого кристалла.
31. Нелинейная оптическая активность в изотропной фазе холестерического жидкого кристалла в предпереходной области температур.
32. Понятие о сингулярностях поляризации.  $S$ -точки и  $L$  линии. Топологический заряд.
33. Появление сингулярностей поляризации в сигнальном пучке в задачах нелинейной поляризационной оптики сред с пространственной дисперсией.

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

##### Основная литература.

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М. Наука, 1982.
2. Левич В.Г. Курс теоретической физики, т.1. 1972.
3. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.-Л., 1966.1. В. М. Агранович, В. Л. Гинзбург. Кристаллооптика с учетом пространственной дисперсии и теория экситонов. —М.: Наука, 1979.
4. С. М. Аракелян, Ю. С. Чилингарян. Нелинейная оптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1984.
5. Н. И. Желудев. Диссертация на соискание ученой степени д.ф.-м.н., МГУ, 1993 г.
6. В. А. Макаров. Диссертация на соискание ученой степени д.ф.-м.н., МГУ, 1998 г.
7. А. А. Голубков. Диссертация на соискание ученой степени д.ф.-м.н., Саратовский университет, 2013 г.
8. А. А. Голубков, В. А. Макаров. УФН, **165**, 339 (1995).
9. И. А. Пережогин. Диссертация на соискание ученой степени к.ф.-м.н., МГУ, 2009 г.
10. А.Н. Матвеев. Оптика. М.: Высшая школа, 1985. — 353 с:
11. А.А. Golubkov, V.A. Makarov. Spectroscopy of nonlinear gyrotropic medium and surface diagnostics based on polarization effects due to self-action of light. // J. Modern Optics, 1990, v. 37, N 9, p. 1531-1543.

12. G.A. Gryaznov, V.A. Makarov, I.A. Perezhogin, N.N. Potravkin. Modeling of nonlinear optical activity in propagation of ultrashort elliptically polarized laser pulses. // Physical review E, 2014, v. 89, 013306.

13. V.A. Makarov. "Nonlinear Optics with Elliptically Polarized Singular Beams and Short Pulses in Media with Spatial Dispersion" in book "Quantum Photonics: Pioneering Advances and Emerging Applications", Springer Series in Optical Sciences, 2019, volume 217, pp. 317-384.

#### Дополнительная литература

1. S.V. Popov, Yu.P. Svirko, N.I. Zhelydev «Susceptibility tensor for nonlinear optics», IOP, 1995.

2. S.A. Akhmanov, G.A. Lyakhov, V.A. Makarov, V.I. Zharikov. Optica Acta, 1982, v. 29, N 10, p. 1359.

3. В.А. Макаров. Нелинейная оптика: история, настоящее и будущее. // Вестник РАН, 2011, т. 81, № 6, с. 528-535.

#### Материально-техническое обеспечение

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

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