

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Нелинейные магнитооптические явления

Кафедра Общей и теоретической физики, физического факультета

Образовательная программа
03.03.02 Физика

Профиль подготовки
фундаментальная физика

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Форма обучения
очная

Статус дисциплины: по выбору

Махачкала 2021

Рабочая программа дисциплины «Нелинейные магнитооптические явления» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 – «Физика» (уровень бакалавриат) от «7 » августа 2020г. № 891.

Разработчик: кафедра общей и теоретической физики

Муртазаев Акай Курбанович, профессор, д.ф.-м.н.,



Рабочая программа дисциплины одобрена:
на заседании кафедры общей и теоретической физики от «3» марта 2021г.,
протокол № 6.

Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «30» июня
2021 г., протокол №10

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно- методическим
управлением « 09» июля 2021 г. .

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Нелинейные магнитооптические явления» входит часть дисциплины по выбору образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 – «Физика» (профиль – фундаментальная физика).

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой общей и теоретической физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением магнитоупорядоченных материалов, нелинейного взаимодействия света с веществом в магнитных средах, поверхностной нелинейной поляризации.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника:

общефессиональных – ОПК-1; ОПК-2

профессиональных – ПК-10, ПК-11

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия и самостоятельную работу.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме текущий контроль в форме опросов, контрольной работы и промежуточный контроль в форме дифференцированного зачета.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Се мес тр	Учебные занятия							Форма промежуточ ной аттестации (зачет, дифференци рованный зачет, экзамен	
	в том числе								
	Все го	Контактная работа обучающихся с преподавателем					СРС, в том числ е экза мен		
		Всего	из них						
	Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
8	108	56	28	-	28	-		52	дифференци рованный зачет

1. Цели освоения дисциплины.

Целями освоения дисциплины «Нелинейные магнитооптические явления» являются изучение магнитоупорядоченных материалов, нелинейного взаимодействия света с веществом в магнитных средах, поверхностной нелинейной поляризации выявление физических механизмов новых нелинейных магнитооптических явлений в магнитоупорядоченных структурах. Нелинейные оптические явления играют важную роль в современных физических исследованиях и различных технических приложениях, поскольку они используются, например, в квантовых приборах, работающих на основе таких оптических явлений, как генерация оптических гармоник, параметрическое преобразование света, генерация суммарной и разностной частот.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата.

Дисциплина входит в часть дисциплины по выбору образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 – «Физика» (профиль – фундаментальная физика) и является дисциплиной по выбору. Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: оптика, математический анализ, основы физики конденсированного состояния, дифференциальные уравнения, квантовая теория. Освоение дисциплины позволит в дальнейшем изучать курсы естественнонаучного цикла, спецкурсы по выбору студента.

Данная дисциплина призвана выработать профессиональные компетенции, связанные со способностью применять знания явлений происходящих в магнитоупорядоченных структурах для решения различных задач теоретической физики.

Данная дисциплина является одной из основных в подготовке студентов по направлению «Физика» по профилю «фундаментальная физика».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код	Наименование	
-----	--------------	--

компетенции из ФГОС 3++	компетенции из ФГОС 3++	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке).	Знать: • современные проблемы, которые необходимо решать; • новейшие достижения физики, которые произошли и происходят постоянно. Уметь: • строить математические модели современных проблем и для решения задач, для которых построены модели; • применять математические методы, используемые в физике. Владеть: • различными методами, разделами математики для исследования различных физических явлений.
ОПК-2	Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	Знает: - актуальные проблемы, основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития физики, а также смежных областей науки и техники. - принципы планирования экспериментальных исследований для решения поставленной задачи. Умеет: - самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований; - рассматривать возможные варианты реализации экспериментальных исследований, оценивая их достоинства и недостатки. Владеет: - навыками формулировать конкретные темы исследования, планировать эксперименты по заданной методике для эффективного

		решения поставленной задачи.
ПК-10	Владеет методами теоретической физики в применении к профессиональным задачам..	Знать: • основные физические явления и основные принципы квантовой теории, границы их применения и применение принципов в важнейших практических приложениях; основные физические величины и константы теоретической физики, их определения, смысл, способы и единицы измерения; фундаментальные физические эксперименты в области исследования частиц и волн, и их роль в развитии науки. Уметь: объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления, эффекты и точки зрения фундаментальных физических взаимодействий; указать какие законы описывают то или иное явление (эффект); интерпретировать смысл физических величин и понятий; использовать методы адекватного физического и математического моделирования и методы теоретического анализа к решению конкретных проблем. Владеть: • навыками использования основных физических законов и принципов в практических приложениях; навыками применения основных методов теоретического анализа для решения естественнонаучных задач; анализом полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели.
		Знать: • типы связей в конденсированных средах, классификацию веществ – металлы полупроводники и диэлектрики; связь структуры и свойств конденсированных сред; диаграммы состояния многоатомных материалов.

ПК-11	способность использовать в профессиональной деятельности базовые	Уметь: - оценивать тип связи в конденсированных средах согласно их классификации – металлы, полупроводники и диэлектрики; строить бинарные диаграммы состояния материалов. Владеть: - знаниями об энергии взаимодействия между атомами для различных типов связей; знаниями по расшифровке диаграмм состояния многоатомных материалов.
-------	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетные единицы - 108 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра) /Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич. занятия	Лабораторные занятия	Контроль самостоятел. раб		

Модуль 1. Исходные понятия нелинейной оптики.									
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

1.	Интенсивность света и ее влияние на характер оптических явлений.	8		2	2	-		8	опрос
2.	Понятие о нелинейных восприимчивостях.			4	2	-		6	опрос
3.	Волновое уравнение для электромагнитного поля в нелинейной среде.			2	4	-		6	опрос
Итого по модулю 1				8	8	-		20	контрольная работа
Модуль 2. Взаимодействие интенсивного оптического излучения с веществом.									
1.	Сильные световые поля.	8		2	2	-	-	6	опрос
2.	Основные локальные нелинейные оптические эффекты.			4	4	-	-	6	опрос
3.	Основные нелокальные нелинейные оптические эффекты.			4	4	-	-	4	опрос
Итого по модулю 2				10	10	-	-	16	коллоквиум
Модуль 3. Нелинейная магнитооптика.									
1.	Генерация второй гармоники.	8		4	4	-	-	6	опрос
2.	Поверхностная генерация второй гармоники в магнитоупорядоченных средах.			2	2	-	-	6	опрос
3.	Поверхностная нелинейная поляризация.			4	4	-	-	4	опрос
Итого по модулю 3									Контр.раб.
				10	10	-	-	16	Диффер.зач
ИТОГО				28	28		-	52	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Исходные понятия нелинейной оптики.

Интенсивность света и ее влияние на характер оптических явлений. Понятие о нелинейных восприимчивостях. Классификация нелинейных эффектов в оптике. Необходимое и достаточное условия наблюдения нелинейных

эффектов. Волновое уравнение для электромагнитного поля в нелинейной среде.

Модуль 2. Взаимодействие интенсивного оптического излучения с веществом.

Сильные световые поля. Модели ангармонического осциллятора. Квантовая модель взаимодействия. Основные локальные нелинейные оптические эффекты. Оптическое детектирование. Генерация гармоник. Изменение показателя преломления среды. Квадратичная и кубичная нелинейности. Основные нелокальные нелинейные оптические эффекты. Нелинейная поляризация. Самовзаимодействие световых лучей.

Модуль 3. Нелинейная магнитооптика.

Генерация второй гармоники. Поверхностная генерация второй гармоники в магнитоупорядоченных средах. Интерферометрия второй гармоники. Поверхностная нелинейная поляризация. Интенсивностные эффекты.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

Название темы	Объем в часах
Нелинейная поляризация и намагниченность среды.	4
Состояние поляризации отраженных волн.	2
Матрица отражения амплитуды поля волны на частоте ω .	4
Нормальные моды с частотой 2ω .	4
Генерация второй гармоники.	2
Нелинейный полярный эффект Керра.	4
Нелинейный меридиональный эффект Керра.	4
Нелинейный экваториальный эффект Керра.	4
Метод тензорных электродинамических функций Грина.	4

5. Образовательные технологии.

В течение семестра студенты посещают лекции, решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Феноменологическая теория.	Классификация эффектов и методов нелинейной оптики. Параметрические и непараметрические взаимодействия. Согласование фазовых скоростей. Нелинейные восприимчивости. Определения и общие свойства. Временное и спектральное феноменологическое описание поляризации среды.
Микроскопическая теория.	Классические модели ангармонизма. Генерация второй гармоники свободным электроном. Ангармонический осциллятор.
Волны в нелинейной среде.	Макроскопические уравнения нелинейной оптики. Метод малого параметра. Метод медленно меняющихся амплитуд. Генерация второй гармоники. Параметрическое усиление и генерация.

Нелинейная оптика поверхности, наноструктур и систем с пониженной размерностью.	Дипольный и квадрупольный вклады в объемную нелинейную поляризацию. Общие свойства нелинейной поляризации поверхности. Генерация второй гармоники, индуцированной магнитным полем. Нелинейный эффект Фарадея и нелинейный магнитный эффект Керра. Эффекты усиления локального поля в металлических наноструктурах локализованными поверхностными плазмонами. Квадратичная нелинейная восприимчивость квантовых ям.
---	--

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации магистранта (зачет). При этом проводятся: тестирование, опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

Студентам представляется раздаточный материал: тезисы лекций, перечень обязательных задач, темы курсовых работ, методическое пособие и литература по выполнению лабораторных работ.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания.

Перечень вопросов к зачету.

1. Интенсивность света и ее влияние на характер оптических явлений.
2. Понятие о нелинейных восприимчивостях.
3. Классификация нелинейных эффектов в оптике.
4. Необходимое и достаточное условия наблюдения нелинейных эффектов.
5. Волновое уравнение для электромагнитного поля в нелинейной среде.
6. Сильные световые поля.
7. Модели ангармонического осциллятора.
8. Квантовая модель взаимодействия.
9. Основные локальные нелинейные оптические эффекты.
10. Оптическое детектирование.
11. Генерация гармоник.
12. Изменение показателя преломления среды.

13. Квадратичная и кубичная нелинейности.
14. Основные нелокальные нелинейные оптические эффекты.
15. Нелинейная поляризация.
16. Генерация второй гармоники.
17. Закон сохранения энергии при описании генерации второй гармоники укороченными уравнениями.
18. Модель желе для металлов. Гидродинамическое описание генерации второй гармоники на поверхности металлов.
19. Генерация магнитоиндуцированной второй гармоники.
20. Элементы антисимметрии и квадратичная поляризация магнитных сред.
21. Поверхностная нелинейная поляризация.
22. Нелинейные эффекты Керра: меридиональная, экваториальная, полярная конфигурации.
23. Гигантский нелинейно-оптический эффект Керра.
24. Интерференционный механизм усиления магнитоиндуцированной второй гармоники.
25. Описание и свойства квадратичной восприимчивости.
26. Демонстрация общих свойств квадратичной восприимчивости на примере модели ангармонического осциллятора.
27. Самофокусировка света. Самовоздействие света на керровской нелинейности.
28. Генерация магнитоиндуцированной второй гармоники. Элементы антисимметрии и квадратичная поляризация магнитных сред.
29. Нелинейное поглощение.
30. Метод тензорных электродинамических функций Грина.

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

Лекции

- | | |
|--|--------------|
| • посещение занятий | – 10 баллов, |
| • активное участие на лекциях | – 15 баллов, |
| • устный опрос, тестирование, коллоквиум | – 60 баллов, |
| • и др. (выполнение домашних работ, доклады, рефераты) | – 15 баллов. |

Практические занятия

- | | |
|---|--------------|
| • посещение занятий | – 10 баллов, |
| • активное участие на практических занятиях | – 15 баллов, |

- выполнение домашних работ – 15 баллов,
- выполнение самостоятельных работ – 20 баллов,
- выполнение контрольных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. **Скалли, Марлен Орвил.** Квантовая оптика / Скалли, Марлен Орвил, М. С. Зубайри ; пер. с англ. А.А.Калачева и др.; под ред. В.В.Самарцева. - М. : Физматлит, 2003. - 510 с. : ил. ; 25 см. - Библиогр. в конце гл. - Предм. указ.: с. 497-503. - ISBN 5-9221-0398-9 : 468-93. **Местонахождение: Научная библиотека ДГУ**
2. Беспрозванных В.Г., Первадчук В.П. Нелинейная оптика: учебное пособие / Пермь: издательство Пермского государственного технического университета, 2011. – 200с.;
3. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика: учебное пособие ч.1. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды. – СПб: СПбГУИТМО, 2008. – 95с.;
4. Нелинейные процессы в электронике и оптике: учебное пособие / Таганрог: издательство ТТИ ЮФУ, 2010. – 170с.

б) дополнительная литература:

1. Курашова С.А. Квантовая оптика [Электронный ресурс] : методические рекомендации по выполнению лабораторных работ / С.А. Курашова. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Университет ИТМО, 2016. — 74 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66503.html> (17.10.2018)
2. Карагодова Т.Я. Нелинейные оптические и магнитооптические эффекты: учебное пособие по курсу физики для студентов всех спец. / Саратов: Саратовский государственный технический университет, 1999. – 49с. – ISBN 5-7433-0583-8;
3. Тарасов Л.В. Физические основы квантовой электроники: Оптический диапазон // М.: URSS, 2014. – 368 с. – ISBN 978-5-397-04582-7.
4. Розанов Н.Н. Нелинейная оптика. Часть I. Уравнения распространения излучения и нелинейный отклик среды / СПб: СПб ГУ ИТМО, 2008. - 95 с.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/>
Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке(доступ будет продлен)
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru договор № 55_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг.(доступ продлен до сентября 2019 года).
3. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003. (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение)
4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.пф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017г. Договор действует в течении 1 года с момента его подписания.
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).
6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>
9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки elibrary.ru).
10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>
11. <http://www.phys.msu.ru/rus/library/resources-online/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета МГУ.
12. <http://www.phys.spbu.ru/library/> - электронные учебные пособия, изданные преподавателями физического факультета Санкт-Петербургского госуниверситета.
13. **Springer.** Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ предоставлен на неограниченный срок

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Оптимальным путем освоения дисциплины является посещение всех лекций и семинаров, выполнение предлагаемых заданий в виде задач, тестов и устных вопросов.

На лекциях рекомендуется деятельность студента в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование лекции. На семинарских занятиях деятельность студента заключается в активном обсуждении задач, решенных другими студентами, решении задач самостоятельно, выполнении контрольных заданий. В случае, если студентом пропущено лекционное или семинарское занятие, он может освоить пропущенную тему самостоятельно с опорой на план занятия, рекомендуемую литературу и консультативные рекомендации преподавателя.

В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче зачета.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

- Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru;
- Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
<http://physweb.ru/db/section/e190500000>;
- Информационные материалы, компьютерное оборудование, имеющиеся на кафедре теоретической и математической физики ДГУ.

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

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях факультета.

Технические средства обучения, используемые в учебном процессе для освоения дисциплины:

1. компьютерное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
2. пакет плакатов и графиков, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
3. электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.