



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Кафедра общей и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета / Н.М. Буднев
« 22 » апреля 2020 г.

ЛЮ
ета
нев

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.ДВ.05.02 Лазерная физика

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Тип образовательной программы: академический бакалавриат

Направленность (профиль): Солнечно-земная физика

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:
физического факультета
Протокол № 25 от « 21 » апреля 2020 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор
Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:
общей и экспериментальной физики
Протокол № 12
от « 13 » апреля 2017 г.
Зав. кафедрой д.ф.-м.н., доцент
А.А. Гаврилюк

Иркутск 2020 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.....	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения) ..	4
5. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ	5
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины.....	5
5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами	6
5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий	6
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	7
6.1. План самостоятельной работы студентов	7
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	8
7. Примерная тематика реферативных работ	8
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	9
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	10
10. Образовательные технологии:	10
11. Оценочные средства (ОС)	10
Приложение: фонд оценочных средств	12

1. Цели и задачи дисциплины

Целью курса является формирование у обучающихся объема начальных сведений по лазерной физике и квантовой электронике, необходимого при осуществлении научно-исследовательской, научно-инновационной, организационно-управленческой и педагогической деятельности. Предлагаемый курс ориентирован на подготовку физиков исследователей, экспериментаторов, инженеров-физиков, инженеров промышленных предприятий для работы в области получения, исследования и применения лазерного излучения.

Задачи дисциплины

Углубление и расширение знаний, полученных учащимися ранее из курса общей физики, касающихся принципов работы лазеров. Дать представление о современном состоянии физики лазеров, ее связи с другими научными дисциплинами, о тенденциях развития и роли в дальнейшем исследовании материи. Дать представление о современных технологиях, использующих лазерное излучение, о проблемах на пути их дальнейшего развития и совершенствования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Данный спецкурс напрямую связан с курсом оптики, квантовой механики, а также со спецкурсом по спектроскопии конденсированного состояния. Дисциплина «лазерная физика» входит в модуль **Б1.В.ДВ.05**, относящийся к вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению: **03.03.02 Физика**. Он имеет самостоятельное значение для углубленного изучения принципов действия источников лазерного излучения, их параметров, а также свойств генерируемого излучения.

Первая часть курса посвящена изложению физических основ квантовой электроники, и, прежде всего, применению эйнштейновской теории излучения к термодинамически неравновесным системам с дискретными уровнями энергии. Особое внимание уделяется понятию обратной связи, реализуемой при индуцированном излучении в резонаторе. Значительное место занимает рассмотрение процессов создания резонатором лазера пучка света высокой направленности и управления его модовым составом. Вторая часть курса посвящена методам создания активной среды и описанию свойств наиболее распространенных типов лазеров.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование **следующих компетенций:**

- способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (**ОПК-3**);

В результате усвоения дисциплины учащиеся должны обладать следующими **профессиональными компетенциями:**

- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1).

В результате изучения курса студенты будут:

Знать: основные физические принципы получения лазерного излучения и физические закономерности, позволяющие управлять выходными характеристиками лазерного источника, иметь представление о современном состоянии дисциплины и о тенденциях развития.

Уметь: обосновать возможность применения соответствующего источника лазерного излучения и специализированного оборудования в соответствии с предложенной исследовательской или практической задачей.

Владеть: первичными навыками работы со спектральным оборудованием, используемым при работе с лазерными источниками

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		7	-	-	-
Аудиторные занятия (всего)	36/1,0	36	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции			-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	32/1	32/1	-	-	-
Коллоквиум	-	-	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-	-
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4/0,1	4	-	-	-
Самостоятельная работа (всего)	36/1,0	36	-	-	-
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)	-	-	-	-	-
Расчетно-графические работы	-	-	-	-	-
Реферат (при наличии)	36/0,9	36	-	-	-
<i>Домашние контрольные работы</i>			-	-	-
Вид аттестации зачет			-	-	-
Общая трудоемкость часы	72	72	-	-	-
зачетные единицы	3	3	-	-	-
Контактная работа (всего)	43/1.2	43,2			

5. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

5.1 Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Коэффициенты Эйнштейна и вероятности переходов.

Уровни энергии квантовых систем. Индуцированные и спонтанные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Когерентность индуцированного излучения.

Тема 2. Спектральные линии переходов.

Соотношение неопределенностей энергия-время, естественная ширина линии. Ширина спектра спонтанного излучения. Лоренцева форма линии. Гауссова форма линии при доплеровском уширении. Однородное и неоднородное уширение.

Тема 3. Усиление излучения в активных средах.

Поглощение и усиление. Активная среда. Сечение поглощения. Насыщение поглощения, плотность потока энергии насыщающего излучения. Энергия насыщения в импульсном режиме.

Тема 4. Матричный элемент оператора перехода и коэффициенты Эйнштейна.

Уравнение Шредингера и волновые функции стационарных состояний. Приближения теории возмущений. Суперпозиции волновых функций стационарных состояний. Матричный элемент оператора дипольного момента перехода. Осцилляции населенности верхнего уровня, частота Раби.

Тема 5. Квантовые усилители.

Усиление и генерация излучения. Спектральная полоса пропускания усилителя. Шум квантового усилителя. Выходная мощность. Выходная энергия. Нелинейное усиление.

Тема 6. Генерация излучения.

Открытые резонаторы. Регенерация резонатора при усилении. Условия самовозбуждения. Частотный спектр генерации. Выходная мощность

Тема 7. Открытые резонаторы.

Распределение поля в резонаторе. Число Френеля. Моды резонатора. Время жизни моды пассивного резонатора. Дифракционные потери. Уравнение открытого резонатора. Конфокальный резонатор. Гауссовы пучки. Расходимость излучения. Преобразование гауссовых пучков линзой. Продольные и поперечные моды.

Тема 8. Синхронизация мод резонатора.

Генерация излучения в нескольких продольных модах. Спектр генерации. Затягивание мод. Синхронизация мод. Цуг импульсов. Длительность и период следования при синхронизации мод. Активная и пассивная синхронизация мод. Самосинхронизация. Модуляция добротности резонатора.

Тема 9. Газовые лазеры.

Особенности газообразной активной среды. Методы возбуждения. Электрический разряд, химическое возбуждение, оптическая накачка. Резонансная передача энергии при столкновениях. Гелий-неоновый лазер. Схема уровней. Передача энергии возбуждения. Конкуренция линий излучения. Параметры лазера.

Тема 10. Ионные лазеры. Лазеры на парах металлов.

Аргоновый лазер. Схема уровней. Плотность тока разряда. Условие инверсии. Параметры лазера. Гелий-кадмиевый лазер. Схема уровней. Катодорез. КПД газоразрядных лазеров. Лазер на парах меди, схема уровней параметры лазера.

Тема 11. Молекулярные лазеры.

Требования к рабочему веществу. Колебательные спектры молекул. Углекислотный лазер. Механизм инверсии. Роль буферных газов. Спектральные свойства. Вращательная структура. Перестройка частоты излучения. Импульсный разряд. Самостоятельный и несамостоятельный разряды. Газодинамические лазеры.

Тема 12. Лазеры на конденсированных средах.

Трех и четырехуровневые схемы. Безизлучательная релаксация. Электронные конфигурации атомов и ионов переходных групп. Рубиновый и неодимовый лазеры. Схемы уровней. Лазерное стекло. Оптические свойства, лучевая стойкость.

Тема 13. Лазеры на красителях.

Спектрально-люминесцентные свойства красителей. Схема уровней. Оптическая накачка. Перестройка частоты. Непрерывный и импульсный режим. Ламповая и лазерная накачка. Красители в твердой полимерной матрице.

Тема 14. Лазеры на центрах окраски.

Дефекты в твердых телах. Центры окраски. Методы окрашивания кристаллов. Центры окраски в ШГК. Спектры поглощения и люминесценции. Перестройка частоты лазеров. Параметры лазеров. Вибронные и бесфононные переходы. Ионы хрома. Лазер на александрите. Ионы титана. Лазер на сапфире с титаном. Пикосекундный и фемтосекундный режим.

Тема 15. Полупроводниковые лазеры.

Рекомбинационное свечение. Уровни Ферми. Условие инверсии. Безызлучательная рекомбинация. Диодные инжекционные лазеры. Диапазон длин волн излучения. Мощность. Гетероструктуры. Перестройка частоты.

Тема 16. Тенденции развития лазеров.

Новые длины волн лазерного излучения. Методы нелинейной оптики, генерация гармоник, разностных частот. ВКР-лазеры. Дальняя УФ область, рентгеновская область. Гамма-лазеры. Области применения лазеров.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Дисциплина преподаётся на четвертом курсе обучения бакалавров, обеспечиваемых (последующих) дисциплин не имеется.

5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела Наименование темы	Виды занятий в часах						
		Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	КСР	СРС	Всего
1	Коэффициенты Эйнштейна и вероятности переходов		2			2	2	6
2	Спектральные линии переходов.		2				2	4
3	Усиление излучения в активных средах.		2				2	4
4	Матричный элемент оператора перехода и коэффициенты Эйнштейна.		2			2	4	8
5	Квантовые усилители.		2				2	4
6	Генерация излучения..		2				2	4
7	Открытые резонаторы.		2				2	4
8	Синхронизация мод резонатора..		2				2	4
9	Лазеры на конденсированных средах		2				2	4
10	Газовые лазеры.		2				2	4
11	Ионные лазеры. Лазеры на парах металлов.		2				2	4

12	Молекулярные лазеры.		2			2	4
13	Лазеры на красителях.		2			2	4
14	Лазеры на центрах окраски.		2			3	5
15	Полупроводниковые лазеры.		2			3	5
16	Тенденции развития лазеров.		2		2	2	6
	ИТОГО		32		6	36	72

6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	Тема 1	Тепловое излучение. Термодинамическое равновесие. Распределение Больцмана. Коэффициенты Эйнштейна.	2	Реферат	(ОПК-3) (ПК-1)
2	Тема 2	Соотношение неопределенностей «энергия-время». Естественная ширина спектральной линии. Применение закона Бугера-Ламберта-Бэра. Активная среда.	6	Реферат	((ОПК-3) (ПК-1)
3	Тема 3	Условие резонанса для систем из двух плоских зеркал. Энергетические параметры ламп накачки. Время жизни частиц в активной среде. Плотность фотонов лазерного пучка. Лазерные дальнометры.	6	Реферат	(ОПК-3) (ПК-1)
4	Тема 4	Лазерные резонаторы. Пороговая инверсия населенностей. Время жизни фотона в резонаторе. Расчет числа мод резонатора. Добротность резонатора. Коэффициент усиления.	6	Реферат	(ОПК-3) (ПК-1)
5	Тема 5	Синхронизация мод резонатора. Расчет числа мод. Роль длины резонатора. Дифракционные потери в резонаторе.	6	Реферат	(ОПК-3) (ПК-1)
6	Тема 6	Расчет величины коэффициента квантового усиления активной среды. Условия самовозбуждения генератора. Пассивные модуляторы добротности резонатора.	6	Реферат	(ОПК-3) (ПК-1)

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	самостоятельное решение задач	Решить задачу	Вся рекомендуемая литература	4

2.	Все темы	реферат	Написать реферат	Вся рекомендуемая литература	22
2.	Все темы	-ответы на контрольные вопросы;	Вопросы для текущего контроля (прилагаются)	Вся рекомендуемая литература	6
3.	Текущие консультации				2
4.	Подготовка к зачету				2

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

При выполнении практических заданий обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен быть готов к показательному решению задачи у доски.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя систематизацию теоретического материала, полученного на каждом практическом занятии, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания работы. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Оценка всего изученного материала осуществляется на зачете, проводимом в форме контрольной работе. Также может быть проведено тестирование по всем темам курса. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

7. Примерная тематика реферативных работ

1. Уровни энергии атомов, молекул, кристаллов. Поглощение и испускание электромагнитного излучения.
2. Принцип действия лазера. Методы создания инверсии населенностей.
3. Оптические резонаторы. Спектр мод резонатора. Добротность резонатора.
4. Методы модуляции добротности резонатора лазера.
5. Генерация оптических гармоник.
6. Самофокусировка в средах с керровской нелинейностью... Филаментация.
7. Лазерный пробой газов. Лазерная плазма.
8. Лазерный термоядерный синтез
9. Лазерный нагрев вещества. Лазерное плавление и испарение поверхности.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная

- 1) Сивухин, Д.В. Общий курс физики [Текст] : учеб. пособие для студ. физ. спец. вузов / Д. В. Сивухин. - 3-е изд., стер. - М. : Физматлит. - 22 см. - ISBN 5-9221-0229-X. - Т. 4 : Оптика. - 2013. - 791 с. : ил. - Указ. имен: с. 780-782. - Предм. указ.: с. 783-791. - ISBN 5-9221-0228-1. - (30 экз.)
- 2) Паршаков, Александр Николаевич. Введение в квантовую физику [Электронный ресурс] / А. Н. Паршаков. - Москва : Лань, 2010. - 351 с. ; 21 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Библиогр.: с. 349. - ISBN 978-5-8114-0982-2
- 3) Иродов, И. Е. Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие для вузов. - 6-е изд. (эл.) [Текст] : учебное электронное издание / И. Е. Иродов. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний., 2014. - 260 с. - (Технический университет. Общая физика). - Режим доступа: ЭБС "Ру-конт". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-2302-9.

Дополнительная

- 1) Петрушкин, С.В. Лазерное охлаждение твердых тел [Текст] : научное издание / С.В. Петрушкин, В.В. Самарцев. - М. : Физматлит, 2005. - 224 с. : ил ; 21 см. - Библиогр.: с. 211-223. - ISBN 5-9221-0552-3. - (7 экз.)
- 2) Быков, В.П. Лазерные резонаторы [Текст] : научное издание / В. П. Быков, О. О. Силичев. - М. : Физматлит, 2004. - 319 с. : ил., портр. ; 22 см. - Библиогр.: с. 310-319. - ISBN 5-9221-0297-4. - (3 экз.)
- 3) Быков, В.П. Лазерная электродинамика [Текст] : элементарные и когерентные процессы при взаимодействии лазерного излучения с веществом / В. П. Быков. - М. : Физматлит, 2006. - 380 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 379-380. - ISBN 5-9221-0665-1. - (6 экз.)
- 4) Звелто, Орацио. Принципы лазеров = Principles of Lasers : рекоменд. студ., аспирантам, науч. сотруд. ун-тов, вузов и науч.-исслед. учрежд. / О. Звелто ; ред. Т. А. Шмаонов ; пер. с англ.: Д. Н. Козлов и др. - 4-е изд. - СПб. : Лань, 2008. - 720 с. : граф. ; 24 см. - (Учебные пособия для вузов. Специальная литература). - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-8114-0844-3. - (2 экз.)
- 5) Определение спектральной ширины излучения полупроводникового лазера [] : метод. указ. / сост. Л. И. Щепина. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2015. - 12 с. - (1 экз.)
- 6) Карлов, Николай Васильевич. Лекции по квантовой электронике [Текст] : для физ. спец. вузов / Н. В. Карлов. - М. : Наука, 1983. - (1 экз.)
- 7) Ярив, Амнон. Квантовая электроника [Текст] : научное издание / А. Ярив ; пер. с англ. Я. И. Ханнин. - 2-е изд. - М. : Сов. радио, 1980. - 488 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 463-481. - Предм. указ.: с. 482-484. - Загл. 1-го изд.: Квантовая электроника и нелинейная оптика. - Пер. изд. : Quantum electronics / Amnon Yariv. - New York, 1975. - (3 экз.)
- 8) Реди, Дж. Промышленные применения лазеров [Текст] : научное издание / Дж. Реди ; пер. с англ. В. А. Афанасьева. - М. : Мир, 1981. - 638 с. - (2 экз.)
- 9) Крюков, П.Г. Фемтосекундные импульсы. Введение в новую область лазерной физики / П. Г. Крюков. - М. : Физматлит, 2008. - 206 с. : граф. ; 22 см. - Библиогр.: с. 206. - ISBN 978-5-9221-0941-3. - (1 экз.)
- 10) Пихтин, А.Н. оптическая и квантовая электроника [Текст] : учеб. для студ. вузов, обуч. по напр. "Электроника и микроэлектроника" / А. Н. Пихтин. - М. : Высш. шк., 2001. - ISBN 5-06-002703-1

в) программное обеспечение:

не предусматривается

г) **базы данных**, информационно-справочные и поисковые системы: интернет ресурсы в свободном доступе и на сайте ИГУ www.isu.ru и физического факультета ИГУ.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Оборудование: макеты твердотельных и газовых лазеров. Образцы активных сред. Элементы лазерной оптики.

Материалы: активированные кристаллы для квантовой электроники, кристаллы с центрами окраски для квантовой электроники.

10. Образовательные технологии:

При освоении дисциплины используются сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности учащихся для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций. На практических занятиях – дискуссии, индивидуальное обучение и обучение на основе опыта.

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Интернет-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении практических занятий с использованием демонстрационного и наглядного (графического) материалов, специальной литературы, выполнение индивидуальных заданий.

11. Оценочные средства (ОС)

Фонд оценочных средств представлен в приложении к программе

11.1. Оценочные средства для входного контроля (могут быть в виде тестов с закрытыми или открытыми вопросами).

11.2. Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе университета (могут быть в виде тестов, ситуационных задач, деловых и ролевых игр, диспутов, тренингов и др.). Назначение оценочных средств ТК - выявить сформированность компетенций **ОПК-3, ПК-1**.

Перечень контрольных вопросов для самостоятельной работы студентов

1. Основные принципы возникновения вынужденного излучения в конденсированных средах.
2. Каким образом форма линии излучения влияет на усиление света?
3. Каковы особенности взаимодействия электромагнитного излучения с веществом?
4. Какова роль резонатора в возникновении генерации лазерного излучения?
5. Какие типы резонаторов используются в оптическом диапазоне?
6. Методы синхронизации мод и модуляции добротности резонатора лазеров.
7. Типы лазеров по виду используемых активных сред.
8. В чем особенность генерации лазерного излучения в твердотельных лазерах?
9. Принципы селекции частот и перестройки частоты лазерного излучения.
10. Условия генерации лазерного излучения в полупроводниковых структурах.
11. Методы преобразования частот лазерного излучения.

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации в форме зачета.

Примерный список вопросов к зачету:

1. Уровни энергии квантовых систем. Индуцированные и спонтанные переходы.
2. Коэффициенты Эйнштейна. Когерентность индуцированного излучения.
3. Соотношение неопределенностей энергия-время, естественная ширина линии.
4. Ширина спектра спонтанного излучения. Лоренцева форма линии. Гауссова форма линии при доплеровском уширении. Однородное и неоднородное уширение.
5. Поглощение и усиление. Активная среда. Сечение поглощения. Насыщение поглощения.
6. Усиление и генерация излучения.
7. Открытые резонаторы.
8. Моды резонатора. Время жизни моды пассивного резонатора. Дифракционные потери.
9. Конфокальный резонатор. Продольные и поперечные моды.
10. Синхронизация мод. Цуг импульсов. Длительность и период следования при синхронизации мод.
11. Активная и пассивная синхронизация мод. Модуляция добротности резонатора.
12. Активные и пассивные модуляторы добротности. Принцип действия.
13. Особенности газообразной активной среды. Методы возбуждения. Электрический разряд, оптическая накачка. Резонансная передача энергии при столкновениях.
14. Гелий-неоновый лазер. Параметры лазера.
15. Аргоновый лазер. Параметры лазера.
16. Гелий-кадмиевый лазер. Катодорез. КПД газоразрядных лазеров.
17. Трех и четырехуровневые схемы. Рубиновый и неодимовый лазеры.
18. Лазерное стекло. Оптические свойства, лучевая стойкость.
19. Спектрально-люминесцентные свойства красителей. Оптическая накачка.
20. Перестройка частоты. Непрерывный и импульсный режим. Ламповая и лазерная накачка.
21. Красители в твердой полимерной матрице.
22. Дефекты в твердых телах. Центры окраски. Методы окрашивания кристаллов. Центры окраски в ЩГК. Спектры поглощения и люминесценции. Параметры лазеров.
23. Прямозонные и непрямоzonные полупроводники. Рекомбинационное свечение. Условие инверсии. Диапазон длин волн излучения. Гетероструктуры.
24. Новые длины волн лазерного излучения. Методы нелинейной оптики.
25. Дальняя УФ область, рентгеновская область. Гамма-лазеры.
26. Области применения лазеров.

Разработчик:



к. ф.-м.н., доцент

Н.Т.Максимова

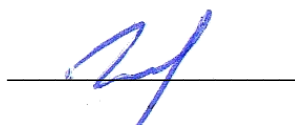
Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики

«13» апреля 2020 г.

Протокол № 6

Зав. кафедрой



д.ф.-м.н., профессор А.А. Гаврилюк

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.