

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»

Физико-технический факультет
Кафедра физики и информационных систем



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.2 Теория и применение лазеров

для подготовки аспирантов

Направление
03.06.01 Физика и астрономия

Профиль 01.04.07 - Физика конденсированного состояния

Очная форма обучения

Краснодар 2016

Программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденными 30 июля 2014 г. № 867, зарегистрированный в Министерстве юстиции Российской Федерации 25.08.2014 г. № 33836

Автор(ы):  В.А. Исаев, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры физики и информационных систем физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ»

Рецензент(ы):  Тумаев Е.Н., д-р физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики и компьютерных систем физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ»

Программа одобрена на заседании кафедры физики и информационных систем от «23» мая 2016 года, протокол № 17.

Одобрено на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета «23» мая 2016 г., протокол № 5.

Подписи:

Зав. кафедрой  Н.М. Богатов

Декан
физико-технического факультета  Н.А. Яковенко

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Учебная дисциплина «Теория и применение лазеров» включена в учебный план в рамках дисциплин по выбору. Она органично вписывается в дисциплину «Физика конденсированного состояния», составляет ее неотъемлемую часть, при этом дополняет базовый фундаментальный курс физики. Она представляет собой целостный курс, единый в своих разделах и демонстрирующий роль физики как основы современного естествознания. В нее включены основные сведения о физике лазеров и их практическом использовании в различных областях науки и техники. Изучение курса «Теория и применение лазеров» опирается на знания аспирантов, полученные при рассмотрении дисциплин, входящих в блок общей физики.

Целью дисциплины «Теория и применение лазеров» является ознакомление с физическими принципами создания оптических квантовых генераторов и с возможностями практического использования оптических квантовых генераторов (лазеров).

Основные задачи дисциплины:

- формирование систематических знаний по основным разделам теории лазеров, необходимых для выполнения самостоятельных научных исследований и лабораторного практикума в рамках учебного курса;
- ознакомление с многочисленными направлениями практического применения лазеров;
- выработка у аспирантов навыков самостоятельной учебной деятельности, развитие у них познавательных потребностей.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

«Теория и применение лазеров» является дисциплиной по выбору аспирантуры направления 01.04.07 – "Физика конденсированного состояния". Изучение физических процессов, происходящих в лазерах, конструкции

лазеров и области их применения базируется на знаниях аспирантов, полученных ранее при изучении дисциплин, входящих в цикл общей физики

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате изучения курса аспирант должен обладать:

способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК 1);

владеть теоретическими и экспериментальными методами исследования природы кристаллических и аморфных веществ в твердом и жидком состояниях и изменения их свойств при различных внешних воздействиях (ПК 2);

способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК 1).

знать:

- основные физические модели, применяемые в физике лазеров;
- явления, законы и теории физики лазеров;
- применение лазеров в науке и технике;
- связь физики лазеров с другими науками;

уметь:

- давать определения основных физических понятий и величин;
- формулировать основные применяемые физические законы;
- описывать физические явления и процессы, используя научную терминологию;
- применять для описания физических явлений известные модели;
- представлять различными способами физическую информацию;

владеть:

- методами измерения параметров лазерного излучения;

– умением сборки и юстировки лазерных схем.

4. Содержание и структура дисциплины «Теория и применение лазеров»

4.1. Содержание разделов дисциплины

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля	Разработано с участием представителей работодателей
1	2	3	4	5
1	Необходимые сведения из теории излучения	Распределение атомов по стационарным состояниям при тепловом равновесии. Спонтанное излучение и поглощение света. Индуцированные переходы в атомах. Коэффициенты Эйнштейна.	Решение задач, разбор домашних заданий	
2	Принцип действия квантовых генераторов	Усиление света при прохождении через вещество. Молекулярный генератор электромагнитного излучения (мазер). Квантовые системы с тремя энергетическими уровнями. Принцип действия и условия самовозбуждения ОКГ. Резонаторы. Гауссовы пучки света. Свойства излучения оптического квантового генератора. Степень монохроматичности. Общая классификация оптических квантовых генераторов.	Защита ЛР № 1	
3	Различные типы лазеров	Схема и характерные данные. Управление излучением рубинового лазера. Газовый лазер.	Защита ЛР № 2	

		Полупроводниковый лазер. Электроны проводимости и дырки. Состояние с отрицательной температурой в полупроводниках. Полупроводниковый лазер. Лазер с ядерной накачкой. Лазеры на красителях. Другие типы лазеров.		
4	Голография и нелинейная оптика	Основные физические принципы голографической записи и считывания информации. Различные голографические схемы. Запись голограмм на толстослойные эмульсии по методу Денисюка. Возможность создания голографической памяти для ЭВМ.	Решение задач, разбор домашних заданий	
5	Нелинейная оптика	Зависимость свойств среды от интенсивности падающего излучения. Отклик нелинейной среды на внешнее воздействие. Изменение прозрачности среды под действием света. Самофокусировка лазерного излучения. Многофотонный фотоэффект.	Защита ЛР № 3	
6	Применение лазеров в промышленности	Сварочные установки Лазерные технологии в микроэлектронике. Лазерная закалка.	Решение задач, разбор домашних заданий	
7	Измерительные лазерные системы	Доплеровский анемометр. Лазерные измерители.	Защита ЛР № 4	

		Интерферометры. Лазерные дальномеры		
8	Применение лазеров науке и технике	Применение лазеров в исследовании окружающей среды. Лазерный управляемый термоядерный синтез. Применение лазеров в оптической связи. Волоконная оптика. Лазеры в вычислительной технике. Термомагнитная запись и считывание информации. Лазеры в военном деле. Нелинейная оптика в лазерной технике. Лазеры в медицине. Лазерный скальпель	Решение задач, разбор домашних заданий	

4.2 Структура дисциплины

Распределение трудоемкости

Вид работы	Трудоемкость, часов			
	семестр 9	семестр А	семестр В	Всего
Общая трудоемкость			108	108
Аудиторная работа:			44	44
<i>Лекции (Л)</i>	–	–	8	8
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	–	–	18	18
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	–	–	18	18
Самостоятельная работа:	–	–	64	54
Реферат (Р)	–	–	–	–
Самостоятельное изучение разделов				
Самоподготовка				
Подготовка и сдача экзамена				
Вид итогового контроля		зачет, экзамен		

Разделы дисциплины, изучаемые в семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов		
		Всего	Аудиторная работа	Самостоятельная

			Л	ПЗ	ЛР	работа
1	2	3	4	5	6	7
1	Необходимые сведения из теории излучения		1	4	–	6
2	Принцип действия квантовых генераторов		1	4	4	6
3	Различные типы лазеров		1	4	4	6
4	Голография и нелинейная оптика		1		–	6
5	Нелинейная оптика		1	4	4	6
6	Применение лазеров в промышленности		1		–	6
7	Измерительные лазерные системы		1	2	4	6
8	Применение лазеров науке и технике		1		2	6
	<i>Итого:</i>		8	18	18	48
	<i>Всего:</i>					

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	Наименование лабораторной работы	Содержание лабораторной работы	Форма текущего контроля
1	Принцип действия квантовых генераторов	Свойства излучения оптического квантового генератора. Гауссовы пучки света.	Защита ЛР № 1
2	Различные типы лазеров	Управление излучением рубинового, неодимового лазеров. Газовый лазер. Полупроводниковый лазер	Защита ЛР № 2
3	Нелинейная оптика	Отклик нелинейной среды на внешнее воздействие	Защита ЛР № 3
4	Измерительные лазерные системы	Интерферометры	Защита ЛР № 4

4.4 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Рекомендуется следующий график и календарный план самостоятельной работы студентов по учебным неделям (18 недель):

№ уч. недели	Темы учебной дисциплины, рекомендуемые для обязательного изучения	Темы учебной дисциплины, рекомендуемые для самостоятельного изучения
1	Распределение атомов по стационарным состояниям при тепловом равновесии. Спонтанное излучение и поглощение света. Коэффициенты Эйнштейна.	Индукцированные переходы в атомах.
2	Усиление света при прохождении через вещество. Молекулярный генератор электромагнитного излучения (мазер). Квантовые системы с тремя энергетическими уровнями. Принцип действия и условия самовозбуждения ОКГ. Резонаторы.	Гауссовы пучки света.
3	Общая классификация оптических квантовых генераторов.	Свойства излучения оптического квантового генератора. Степень монохроматичности
4	Выполнение практических заданий, подготовка докладов	
5	Схема и характерные данные. Управление излучением рубинового лазера. Газовый лазер. Лазер с ядерной накачкой.	Лазеры на красителях. Другие типы лазеров
6	Полупроводниковый лазер. Электроны проводимости и дырки.	Состояние с отрицательной температурой в полупроводниках.
7	Выполнение практических заданий, подготовка докладов	
8	Основные физические принципы голографической записи и считывания информации. Различные голографические схемы. Запись голограмм на толстослойные эмульсии по методу Денисюка.	Возможность создания голографической памяти для ЭВМ
9	Зависимость свойств среды от интенсивности падающего	Отклик нелинейной среды на внешнее воздействие

	излучения	
10	Изменение прозрачности среды под действием света. Самофокусировка лазерного излучения	Многофотонный фотоэффект
11	Сварочные установки. Лазерная закалка	Лазерные технологии в микроэлектронике
12	Выполнение практических заданий, контрольной работы, подготовка докладов	
13	Доплеровский анемометр. Лазерные измерители. Интерферометры	Лазерные дальнометры.
14	Выполнение практических заданий, подготовка докладов	
15	Применение лазеров в исследовании окружающей среды. Применение лазеров в оптической связи. Волоконная оптика. Лазеры в вычислительной технике. Термомагнитная запись и считывание информации	Лазерный управляемый термоядерный синтез.
16	Лазеры в военном деле. Лазеры в медицине. Лазерный скальпель.	Нелинейная оптика в лазерной технике.
17	Выполнение практических заданий, итогового задания	

5. Образовательные технологии

При реализации учебной работы по освоению курса «Теория и применение лазеров» используются современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проектные методы обучения;
- исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу аспирантов и руководство этой работой со стороны преподавателей.

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий: метод проектов, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Интерактивные технологии, используемые при изучении дисциплины

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	№ раздела	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
	<i>Л</i>		–	
	<i>ПР</i>		–	
	<i>ЛР</i>		–	
В	<i>Л</i>		Презентации лекций, программы моделирования процессов в теории излучения	8
	<i>ПР</i>		Программы онлайн-контроля знаний студентов	
	<i>ЛР</i>		Предусмотрены	18
		1	Дискуссия	1
		2	Доклады, дискуссия	1
		3	Доклады, дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм	1
		4	Доклады, дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм	1
<i>Итого:</i>				

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Текущий контроль:

- контрольные вопросы по разделам учебной программы.
- практические задания.

Промежуточный контроль:

- контрольные работы (промежуточная контрольная работа, итоговое задание);

Итоговый контроль:

- зачет, экзамен.

В процессе подготовки докладов, выступлений и дискуссий формируются и

оцениваются компетенции ОПК-1; ПК-2; УК-1.

Темы докладов.

1. Спонтанное излучение и поглощение света. Индуцированные переходы в атомах. Коэффициенты Эйнштейна
2. Усиление света при прохождении через вещество. Молекулярный генератор электромагнитного излучения (мазер).
3. Резонаторы. Гауссовы пучки света. Свойства излучения оптического квантового генератора.
4. Лазеры на диэлектрических кристаллах.
5. Газовые лазеры.
6. Полупроводниковые лазеры.
7. Лазеры на свободных электронах, рентгеновские и гамма-лазеры.
8. Основные физические принципы голографической записи и считывания информации.
9. Зависимость свойств среды от интенсивности падающего излучения. Отклик нелинейной среды на внешнее воздействие.
10. Применение лазеров в промышленности.
11. Измерительные лазерные системы.
12. Применение лазеров науке и технике

На зачете в процессе ответов на вопросы оцениваются компетенции ОПК-1; ПК-2; УК-1.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА ЗАЧЕТ

1. Распределение атомов по стационарным состояниям при тепловом равновесии.
2. Спонтанные и вынужденные переходы.
3. Квантовые системы с тремя энергетическими уровнями. Принцип действия и условия самовозбуждения ОКГ.

4. Резонаторы: классификация, характеристики, методы расчета.
5. Свойства излучения оптического квантового генератора. Когерентность, длина и время когерентности.
6. Классификация лазеров по виду активных сред.
7. Основные характеристики твердотельных лазеров на электронных и электронно-колебательных переходах.
8. Классификация и характеристики газовых лазеров.
9. Лазеры на парах металлов: их характеристики и применение.
10. Лазеры на красителях.
11. Методы управления лазерным излучением.
12. Методы создания сверхкоротких лазерных импульсов.
13. Описание работы трехуровневого лазера с помощью кинетических уравнений.
14. Описание работы четырехуровневого лазера с помощью кинетических уравнений.

На экзамене в процессе ответов на вопросы оцениваются компетенции ОПК-1; ПК-2; УК-1.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА ЭКЗАМЕН

1. Распределение атомов по стационарным состояниям при тепловом равновесии. Спонтанное излучение и поглощение света.
2. Индуцированные переходы в атомах. Коэффициенты Эйнштейна.
3. Усиление света при прохождении через вещество. Молекулярный генератор электромагнитного излучения (мазер).
4. Квантовые системы с тремя энергетическими уровнями. Принцип действия и условия самовозбуждения ОКГ. Резонаторы.
5. Свойства излучения оптического квантового генератора. Степень монохроматичности.
6. Общая классификация оптических квантовых генераторов.

7. Схема и характерные данные твердотельного лазера. Управление излучением рубинового лазера.
8. Газовый лазер. Состояние с отрицательной температурой в полупроводниках. Полупроводниковый лазер.
9. Лазер с ядерной накачкой. Лазеры на красителях. Другие типы лазеров.
10. Основные физические принципы голографической записи и считывания информации.
11. Различные голографические схемы. Запись голограмм на толстослойные эмульсии по методу Денисюка.
12. Зависимость свойств среды от интенсивности падающего излучения. Отклик нелинейной среды на внешнее воздействие.
13. Изменение прозрачности среды под действием света.
14. Самофокусировка лазерного излучения. Многофотонный фотоэффект.
15. Применение лазеров в промышленности. Сварочные установки Лазерные технологии в микроэлектронике. Лазерная закалка.
16. Доплеровский анемометр. Лазерные измерители. Интерферометры. Лазерные дальнометры.
17. Применение лазеров в исследовании окружающей среды.
18. Лазерный управляемый термоядерный синтез.
19. Применение лазеров в оптической связи. Волоконная оптика.
20. Лазеры в вычислительной технике. Термомагнитная запись и считывание информации.
21. Лазеры в военном деле.
22. Нелинейная оптика в лазерной технике.
23. Лазеры в медицине.

**Минимум, необходимый для получения положительной оценки на
экзамене**

1. Спонтанное излучение и поглощение света.
2. Индуцированные переходы в атомах. Коэффициенты Эйнштейна.

3. Усиление света при прохождении через вещество.
4. Принцип действия и условия самовозбуждения ОКГ.
5. Резонаторы.
6. Свойства излучения оптического квантового генератора.
7. Классификация оптических квантовых генераторов.
7. Твердотельные лазеры.
8. Газовые лазеры.
9. Полупроводниковые лазеры.
9. Лазеры на красителях.
10. Основные физические принципы голографии.
11. Различные голографические схемы.
12. Изменение прозрачности среды под действием света.
13. Самофокусировка лазерного излучения.
14. Применение лазеров в промышленности.
15. Лазерные измерители.
16. Интерферометры.
17. Лазерные дальномеры.
17. Применение лазеров в исследовании окружающей среды.
18. Применение лазеров в оптической связи.
19. Лазеры в вычислительной технике.
20. Лазеры в военном деле.
21. Нелинейная оптика в лазерной технике.
22. Лазеры в медицине.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература:

1. Тарасов Л.В. Физика лазера. Изд.2, испр. и доп. –М.:, изд-во "Физматлит" 2010 г.
2. Айхлер Ю., Айхлер Г.-И. Лазеры. Исполнение, управление, применение. М.: – Изд-во "Техносфера", 2008 г.

3. Дмитриев, В.Г. Прикладная нелинейная оптика / Дмитриев, Валентин Георгиевич, Л. В. Тарасов ; В. Г. Дмитриев, Л. В. Тарасов. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ , 2004. - 512 с.

7.2. Дополнительная литература:

1. Тарасов Л.В. Оптика, рожденная лазером. – М.; Мир знаний, 1992.
2. Елецкий А.В., Смирнов Б.М. Газовые лазеры. – М.; Атомиздат, 1971.
3. Малов С.Н. Голографическое вычитание изображений. – Издательство Иркутского университета, 1990.
4. Очкин В.Н. Волноводные газовые лазеры. – М.; Атомиздат, 1971.
5. Джанколи Д. Физика, т.2. – М.; Мир, 1989.
6. Денисюк Ю.Н. Оптическая голография. – Ленинград, Наука, 1975.
7. Шпольский Э.В. Атомная физика. – М.; Наука, 1974.
8. Делоне Н.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. – М.; Наука, 1989.
9. Климонтович Ю.Л. Квантовые генераторы света и нелинейная оптика. М.: Наука, 1989 г.
10. Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. – М.; Наука, 1988.
11. Осико В.В. Лазерные материалы. Избранные труды. Авторский сборник. М.: Издательство Наука, 2002 г.
12. Грасюк А.З. Взаимодействие излучения с веществом. Курс лекций по лазерной физике: М., 2004.

7.3 Программное обеспечение

1. Программы моделирования физических процессов в теории излучения.
2. Программы онлайн-контроля знаний студентов (в том числе программное обеспечение дистанционного обучения).

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения занятий имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

– лекционная аудитория, оснащенная мультимедийными проекторами с возможностью подключения к Wi-Fi, документ-камерой, маркерными досками для демонстрации учебного материала;

– специализированные компьютерные классы с подключенным к ним периферийным устройством и оборудованием;

– аппаратное и программное обеспечение (и соответствующие методические материалы) для проведения самостоятельной работы по дисциплине.