

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»

Факультет физико-технический



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

Иванов А.Г.

Подпись

« 01 » июля 2016 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Б1.В.ДВ.07.02 Физика твердотельных лазеров**

Направление подготовки 03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль): Радиофизические методы по областям применения  
(биофизика)

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Краснодар 2016

Исаев В.А., заведующий кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий КубГУ, д-р физ.-мат. наук

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины.**

### **1.1 Цель освоения дисциплины.**

Учебная дисциплина «Физика твердотельных лазеров» ставит своей целью изложение представлений об основных принципах работы квантовых генераторов.

### **1.2 Задачи дисциплины.**

- формирование систематических знаний по основным разделам квантовой электроники, необходимых понимания основных принципов работы лазеров;
- ознакомление с основными методами исследования и расчета физических характеристик квантовых приборов.

### **1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы.**

«Физика твердотельных лазеров» является обязательной дисциплиной направления 03.03.03 – "Радиофизика". Изучение основных концепций физики лазеров базируется на знаниях студентов, полученных ранее при изучении дисциплин, входящих в цикл общей физики.

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)                                                                                                                                | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны |                                               |                                                                                    |
|--------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                    |                                                                                                                                                                      | знать                                                       | уметь                                         | владеть                                                                            |
| 1.     | ПК-1               | Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.                                                    | физические основы работы лазеров.                           | рассчитывать параметры лазеров.               | навыками моделирования лазерных систем                                             |
| 2.     | ПК-2               | Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы. | основные типы современных лазеров.                          | применять лазеры для физических исследований. | методикой применения современных лазеров для технологических целей и спектроскопии |
| 3.     | ПК-4               | Способность применять на практике профессиональные                                                                                                                   | практическое использование лазерной                         | работать с лазерами, выполняя требования      | методами определения параметров лазеров.                                           |

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)                                     | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны |                       |         |
|--------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------|---------|
|        |                    |                                                                           | знать                                                       | уметь                 | владеть |
|        |                    | знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин. | техники.                                                    | техники безопасности. |         |

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

| Вид учебной работы                                         |                               | Всего часов | Семестры (часы) |   |   |    |
|------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|-----------------|---|---|----|
|                                                            |                               |             | 7               | 8 | 9 | 10 |
| Контактная работа, в том числе:                            |                               |             |                 |   |   |    |
| Аудиторные занятия (всего):                                |                               | 64          | 64              |   |   |    |
| Занятия лекционного типа                                   |                               | 32          | 32              | - | - | -  |
| Лабораторные занятия                                       |                               | 32          | 32              | - | - | -  |
| Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия) |                               | -           | -               | - | - | -  |
|                                                            |                               | -           | -               | - | - | -  |
| Иная контактная работа:                                    |                               |             |                 |   |   |    |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                      |                               | 4           | 4               |   |   |    |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                             |                               | 0,2         | 0,2             |   |   |    |
| Самостоятельная работа, в том числе:                       |                               |             |                 |   |   |    |
| Проработка учебного (теоретического) материала             |                               | 23          | 23              | - | - | -  |
|                                                            |                               |             |                 |   |   |    |
| Подготовка к текущему контролю                             |                               | 16,8        | 16,8            | - | - | -  |
| Контроль:                                                  |                               |             |                 |   |   |    |
| Подготовка к экзамену                                      |                               | -           | -               |   |   |    |
| Общая трудоемкость                                         | час.                          | 108         | 108             | - | - | -  |
|                                                            | в том числе контактная работа | 68,2        | 68,2            |   |   |    |
|                                                            | зач. ед                       | 3           | 3               |   |   |    |

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре (очная форма)

| №  | Наименование разделов             | Количество часов |                   |    |    |                      |
|----|-----------------------------------|------------------|-------------------|----|----|----------------------|
|    |                                   | Всего            | Аудиторная работа |    |    | Внеаудиторная работа |
|    |                                   |                  | Л                 | ПЗ | ЛР |                      |
| 1  | 2                                 | 3                | 4                 | 5  | 6  | 7                    |
| 1. | Основы физики лазеров.            | 12               | 10                |    | 4  | 4                    |
| 2. | Открытые резонаторы.              | 18               | 4                 |    | 4  | 6                    |
| 3. | Основные типы лазеров.            | 24               | 6                 |    | 12 | 6                    |
| 4. | Импульсные режимы работы лазеров. | 26               | 2                 |    | 4  | 6                    |
| 5. | Элементы нелинейной оптики.       | 14               | 6                 |    | 4  | 6                    |

|    |                             |     |    |  |    |    |
|----|-----------------------------|-----|----|--|----|----|
| 6. | ВКР-лазеры.                 | 12  | 2  |  |    | 6  |
| 7. | Применение лазеров.         | 14  | 4  |  | 6  | 4  |
|    | <i>Итого по дисциплине:</i> | 108 | 34 |  | 34 | 40 |

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

| №  | Наименование раздела              | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Форма текущего контроля |
|----|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1  | 2                                 | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 4                       |
| 1. | Основы физики лазеров             | История развития физики лазеров. Спонтанные и индуцированные переходы. Коэффициенты Эйнштейна. Вероятности переходов. Форма спектральной линии, виды уширения спектральных линий. Квантово-механическое описание взаимодействия излучения с веществом. Волновые функции стационарных состояний. Матричный элемент оператора перехода. Усиление и генерация электромагнитного излучения. Условия возбуждения. Методы получения инверсной населенности. Лазерные среды. | К                       |
| 2. | Открытые резонаторы.              | Продольные и поперечные моды. Дифракционные потери. Устойчивость мод. Селекция мод. Синхронизация мод.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | К                       |
| 3. | Основные типы лазеров.            | Оптические квантовые генераторы. Устройство, принцип действия. Разновидности лазеров, режимы генерации. Газовые, твердотельные, жидкостные, полупроводниковые лазеры.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | К                       |
| 4. | Импульсные режимы работы лазеров. | Модуляция добротности резонатора и использование ее для получения гигантских импульсов лазерного излучения. Получение сверхкоротких импульсов с использованием синхронизации мод.                                                                                                                                                                                                                                                                                     | К                       |
| 5. | Элементы                          | Нелинейное взаимодействие                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | К                       |

|    |                     |                                                                                                                                    |   |
|----|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|    | нелинейной оптики.  | электромагнитного излучения с веществом. Генерация гармоник излучения.<br>Параметрические процессы.<br>Параметрические генераторы. |   |
| 6. | ВКР-лазеры.         | Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР) света и его использование для перестройки частоты лазерного излучения. ВКР - усилители. | К |
| 7. | Применение лазеров. | Лазерные технологии. Лазерная спектроскопия. Голография.                                                                           | К |

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Занятия семинарского типа по данному курсу согласно учебному плану не предусмотрены.

### Моделирование генерации лазера на гранате с неодимом

#### 2.3.3 Лабораторные занятия.

| №  | Наименование лабораторных работ                                                                                    | Форма текущего контроля       |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1  | 3                                                                                                                  | 4                             |
| 1. | Исследование оптических свойств лазерных кристаллов                                                                | Отчет по лабораторной работе. |
| 2. | Исследование параметров лазера на парах меди                                                                       | Отчет по лабораторной работе. |
| 3. | Исследование зависимости выходной мощности генерации непрерывного лазера от уровня накачки и параметров резонатора | Отчет по лабораторной работе. |
| 4. | Моделирование генерации лазера на гранате с неодимом                                                               | Отчет по лабораторной работе. |
| 5. | Моделирование трехуровневого лазера                                                                                | Отчет по лабораторной работе. |
| 6. | Моделирование лазера с активной модуляцией добротности                                                             | Отчет по лабораторной работе. |
| 7. | Моделирование получения пикосекундных импульсов с помощью синхронизации мод                                        | Отчет по лабораторной работе. |
| 8. | Моделирование четырехуровневого лазера                                                                             | Отчет по лабораторной работе. |

|     |                                                                                     |                               |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 9.  | Моделирование лазера с пассивной модуляцией добротности                             | Отчет по лабораторной работе. |
| 10. | Моделирование открытого резонатора                                                  | Отчет по лабораторной работе. |
| 11. | Расчет эффективности ламповой накачки лазера на стекле, активированном неодимом     | Отчет по лабораторной работе. |
| 12. | Расчет углов первого и второго синхронизма для удвоителя частоты неодимового лазера | Отчет по лабораторной работе. |

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы - не предусмотрены.

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

| № | Вид СРС                                            | Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы |
|---|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2                                                  | 3                                                                                         |
| 1 | Изучение раздела Основы физики лазеров.            | Контрольные вопросы по разделам учебной программы                                         |
| 2 | Изучение раздела Открытые резонаторы.              | Контрольные вопросы по разделам учебной программы                                         |
| 3 | Изучение раздела Основные типы лазеров             | Контрольные вопросы по разделам учебной программы                                         |
| 4 | Изучение раздела Импульсные режимы работы лазеров. | Контрольные вопросы по разделам учебной программы                                         |
| 5 | Изучение раздела Элементы нелинейной оптики.       | Контрольные вопросы по разделам учебной программы                                         |
| 6 | Изучение раздела ВКР-лазеры                        | Контрольные вопросы по разделам учебной программы                                         |
| 7 | Изучение раздела Применение лазеров.               | Контрольные вопросы по разделам учебной программы                                         |

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа,

– в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии.**

При реализации учебной работы по дисциплине с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся и в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки бакалавра реализуется компетентный подход и предусмотрено использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий: деловые игры, разбор конкретных ситуаций, психологические и научные тренинги, встречи с ведущими учеными физиками, организация публичных лекций, внеаудиторная работа в научной библиотеке, мастер-классы экспертов и специалистов.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивной форме по дисциплине составляет 30%. Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов составляют 50% аудиторных занятий.

Промежуточный контроль усвоения материала осуществляется через выполнение лабораторных работ, тестирование, опрос, окончательный контроль – экзамен. Требования к уровню освоения содержания курса заключается в строгом выполнении часовой нагрузки по темам путем выполнения лекционных, лабораторных занятий, написании по предложенным темам рефератов, самостоятельных работ и сдаче экзамена.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

### **4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.**

#### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.**

Перечень контрольных вопросов.

1. Введение. Предмет «Физика твердотельных лазеров». История развития квантовой электроники.
2. Спонтанные и индуцированные переходы. Коэффициенты Эйнштейна.
3. Вероятности переходов. Форма спектральной линии, виды уширения спектральных линий.
4. Квантово-механическое описание взаимодействия излучения с веществом.
5. Волновые функции стационарных состояний.
6. Матрица плотности. Матричный элемент оператора перехода.
7. Усиление и генерация электромагнитного излучения.
8. Условия возбуждения. Методы получения инверсной населенности.
9. Оптические квантовые генераторы. Устройство, принцип действия. Разновидности лазеров, режимы генерации.
10. Открытые резонаторы. Продольные и поперечные моды. Дифракционные потери.
11. Устойчивость мод. Селекция мод. Синхронизация мод.
12. Импульсные режимы работы лазеров.



13. Модуляция добротности резонатора и использование ее для получения гигантских импульсов лазерного излучения.
14. Получение сверхкоротких импульсов с использованием синхронизации мод.
15. Основные типы лазеров. Газовые, твердотельные, жидкостные, полупроводниковые, лазеры на свободных электронах.
16. Нелинейное взаимодействие электромагнитного излучения с веществом.
17. Генерация гармоник излучения. Параметрические процессы. Параметрические генераторы.
18. Вынужденное комбинационное рассеяние (ВКР) света и его использование для перестройки частоты лазерного излучения. ВКР - усилители.
19. Применение приборов квантовой электроники.

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.**

Аттестация по защищенным лабораторным работам.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

#### **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.**

##### **5.1 Основная литература:**

1. Тарасов Л.В. Физика лазера. Издательство: "Ленанд" 2014.

2. Тарасов Л.В. Четырнадцать лекций о лазерах, Издательство: "ЛИБРОКОМ", 2011.
3. Быков В.П. Лазерная электродинамика. Элементарные и когерентные процессы при взаимодействии лазерного излучения с веществом М., "ФИЗМАТЛИТ", 2006.
4. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов: [в 2 т.]. Т. 2 / В. М. Батенин и др. ; под общ. ред. В. М. Батенина. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011.
5. История лазера / Бертолотти, Марио ; М. Бертолотти ; пер. с англ. П. Г. Крюкова. - Долгопрудный : Интеллект, 2011.
6. Лазеры ультракоротких импульсов и их применения : [учебное пособие] / Крюков, Петр Георгиевич ; П. Г. Крюков. - Долгопрудный : Интеллект, 2012.
7. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях / Тучин, Валерий Викторович ; В. В. Тучин . - Изд. 2-е, испр. и доп. - М. : ФИЗМАТЛИТ : Изд-во Саратовского университета , 2010.
8. Лазеры. Лазерные системы / Долгих, Григорий Иванович , В. Е. Привалов ; Г. И. Долгих, В. Е. Привалов ; Рос. акад. наук, Дальневосточное отд-ние, Тихоокеанский океанол. ин-т им. В. И. Ильичева, С.-Петерб. гос. политехнический ун-т ; [отв. ред. Ю. Н. Кульчин]. - Владивосток : Дальнаука, 2009.
9. Лазерная одиссея / Мейман, Теодор Г. ; Т. Г. Мейман ; пер. с англ. М. Н. Сапожникова ; [автор предисл. К. Мейман]. - М. : Печатные Традиции, 2010.
10. Актуальные проблемы физики лазерной резки металлов / Оришич, Анатолий Митрофанович, В. М. Фомин ; А. М. Оришич, В. М. Фомин ; отв. ред. А. М. Шалагин ; Ин-т теорет. и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН. -Новосибирск:Изд-во СО РАН, 2012.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

## 5.2 Дополнительная литература:

1. Грибковский В.П. Полупроводниковые лазеры. Минск, "Университетское", 1988.
2. Звелто О. Принципы лазеров. Изд. 3-е, М., "Мир", 1990.
3. Яровой П.Н. Введение в физику лазеров. Учебное пособие. Изд. Иркутского ун-та, 1990.
4. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика: Учебник- М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998.
5. Пахомов И.И., Рожков О.В., Рождествин В.Н. Оптико-электронные квантовые приборы. М. "Радио и связь", 1982.

## 5.3. Периодические издания:

1. Журнал: "Квантовая электроника" - ведущий российский научный ежемесячный журнал в области лазеров и их применений, а также по связанным с ними тематикам: лазерная физика и техника, нелинейная оптика , лазерный термоядерный синтез, волоконная и интегральная оптика, воздействие лазерного излучения на вещество, лазерная плазма, оптическая обработка и передача информации, когерентность и хаос, лазерные технологии, нанотехнологии, лазерная медицина и биология(<http://www.quantum-electron.ru>).
2. Журнал: Applied Physics B: Lasers and Optics Печатный рецензируемый журнал. Тематика: лазерная физика; линейная и нелинейная оптика; сверхбыстрые явления; оптические материалы; квантовая оптика; лазерная спектроскопия ([http://www.springer.com/physics/journal/340?cm\\_mmc=sgw-\\_ps\\_-\\_journal\\_-\\_00340](http://www.springer.com/physics/journal/340?cm_mmc=sgw-_ps_-_journal_-_00340))

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Сайт научной библиотеки сибирского федерального университета <http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/94/>
2. Сайт содержащий справочные данные различных кристаллов: <http://refractiveindex.info/>.
3. <http://www.lebedev.ru>.
4. <http://www.gpi.ru>.
5. <http://www.polyus.msk.ru>.

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал.

Сопровождение самостоятельной работы студентов организовано в следующих формах:

- оформление отчетов по лабораторным работам и подготовка к устной их защите;
- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средством изучения рекомендуемой литературы;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

Информационные технологии - не предусмотрены.

### **8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.**

### **8.3 Перечень информационных справочных систем:**

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)

2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>)
3. Сайт, содержащий справочные данные различных кристаллов используемых для лазеров: <http://refractiveindex.info/>.

**9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

| №  | Вид работ              | Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность                                                                                                                                                                              |
|----|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекционные занятия     | Лекционная аудитория номер 148С, оснащенная презентационной техникой.                                                                                                                                                                      |
| 2. | Лабораторные занятия   | аудитория номер 320С с компьютерами для моделирования работы лазеров;                                                                                                                                                                      |
| 3. | Самостоятельная работа | Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. |