

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



подпись

Иванов А.Г.

«29» мая

2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.Б.27 Квантовая радиофизика**

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 2015

Рабочая программа дисциплины «Квантовая радиофизика» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика.

Программу составил:

Г.Ф. Копытов, профессор кафедры радиофизики  
и нанотехнологий ФТФ КубГУ, доктор физ.-мат. наук



Рабочая программа дисциплины утверждена  
на заседании кафедры радиофизики и нанотехнологий  
протокол № 12 « 21 » мая 2015 г.

Заведующий кафедрой (разработчик) КОПЫТОВ Г.Ф.  
фамилия, инициалы



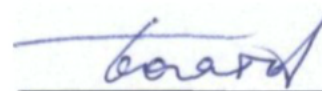
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
радиофизики и нанотехнологий  
протокол № 12 « 21 » мая 2015 г.

Заведующий кафедрой (выпускающей) КОПЫТОВ Г.Ф.  
фамилия, инициалы



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии  
физико-технического факультета  
протокол № 10 « 29 » мая 2015 г.

Председатель УМК факультета БОГАТОВ Н.М.  
фамилия, инициалы



Рецензенты:

Гаврилов А.И., доцент кафедры физики КубГТУ, канд. физ.-мат. наук

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 дисциплины

Учебная дисциплина «Квантовая радиофизика» ставит своей целью изучение принципов работы приборов квантовой радиофизики, их устройство, области применения.

### 1.2 Задачи дисциплины

- формирование систематических знаний по основным разделам квантовой радиофизики, необходимых для выполнения самостоятельных научных исследований и лабораторного практикума в рамках учебного курса;
- ознакомление с основными устройствами квантовой радиофизики и происходящими в них физическими процессами, изучение теоретических и экспериментальных основ квантовой радиофизики.

### 1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Квантовая радиофизика» входит в базовую часть профессионального цикла подготовки для направления 03.03.03 «Радиофизика». Изучение её базируется на следующих дисциплинах: «Высшая математика», «Общая физика», «Радиоэлектроника», «Квантовая механика».

### 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 (ПК):

| № п.п. | Индекс компетенции | Содержание компетенции (или её части)                                                                                                 | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны   |                                                         |                                                                                          |
|--------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|        |                    |                                                                                                                                       | знать                                                         | уметь                                                   | владеть                                                                                  |
| 1      | ОПК-1              | способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности. | базовые принципы теории взаимодействия излучения с веществом; | рассчитывать простейшие квантовые оптические устройства | классическими и современными методами расчета параметров лазерных сред.                  |
| 2      | ПК-1               | способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования        | основные типы лазеров и принципы их работы                    | пользоваться профессиональной терминологией             | методами исследования процессов, проходящих в квантовых системах, помещенных в резонатор |

## 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.

| Вид учебной работы                     | Всего часов | 8-й семестр (часы) |
|----------------------------------------|-------------|--------------------|
| <b>Контактная работа, в том числе:</b> |             |                    |
| <b>Аудиторные занятия (всего):</b>     | <b>44</b>   | <b>44</b>          |
| Занятия лекционного типа               | 22          | 22                 |

|                                                               |                                            |             |             |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------|-------------|
| Лабораторные занятия                                          |                                            | -           | -           |
| Занятия семинарского типа<br>(семинары, практические занятия) |                                            | 22          | 22          |
| <b>Иная контактная работа:</b>                                |                                            |             |             |
| Контроль самостоятельной работы (КСР)                         |                                            | 4           | 4           |
| Промежуточная аттестация (ИКР)                                |                                            | 0,3         | 0,3         |
| <b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>                   |                                            |             |             |
| Проработка учебного (теоретического) материала                |                                            | 59,7        | 59,7        |
|                                                               |                                            |             |             |
| <b>Контроль:</b>                                              |                                            |             |             |
| Подготовка к экзамену                                         |                                            | -           | -           |
| <b>Общая<br/>трудоемкость</b>                                 | <b>час.</b>                                | <b>108</b>  | <b>108</b>  |
|                                                               | <b>в том числе контактная ра-<br/>бота</b> | <b>48,3</b> | <b>48,3</b> |
|                                                               | <b>зач. ед.</b>                            | <b>3</b>    | <b>3</b>    |

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре:

| №<br>разд<br>ела | Наименование разделов                                         | Количество часов |                      |    |    |                           |
|------------------|---------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|----|----|---------------------------|
|                  |                                                               | Всего            | Аудиторная<br>работа |    |    | Самостоятельная<br>работа |
|                  |                                                               |                  | Л                    | ПЗ | ЛР |                           |
| 1                | 2                                                             | 3                | 4                    | 5  | 6  | 7                         |
| 1.               | Физические основы работы квантовых приборов.                  | 30               | 6                    | 6  | -  | 18                        |
| 2.               | Открытые оптические резонаторы и световые пучки лазеров       | 20               | 4                    | 4  | -  | 12                        |
| 3.               | Типы лазеров и разные методы получения инверсной населенности | 25,8             | 6                    | 6  | -  | 13,8                      |
| 4.               | Введение в теорию стационарной генерации                      | 28               | 6                    | 6  | -  | 16                        |
|                  | <b>Итого по дисциплине:</b>                                   |                  | 22                   | 22 | -  | 59,8                      |

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

| №  | Наименование<br>раздела                      | Содержание раздела                                                                                                                                                                             | Форма текущего<br>контроля              |
|----|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1  | 2                                            | 3                                                                                                                                                                                              | 4                                       |
| 1. | Физические основы работы квантовых приборов. | Предмет квантовой радиофизики.<br>Примеры проявления квантовых явлений. Возникновение квантовой механики. Примеры использования уравнения Шредингера.<br>Принцип квантового усиления. Населён- | Ответы на контрольные вопросы и задания |

|    |                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                         |
|----|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|    |                                                               | ность и инверсная населённость уровней. Превращение усилителя в генератор.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                         |
| 2. | Открытые оптические резонаторы и световые пучки лазеров       | Виды оптических резонаторов. Двухзеркальные и многозеркальные резонаторы. Лучевой метод в теории открытых резонаторов. Критерий устойчивости лучей в резонаторе по первому приближению. Расчет собственных частот и полей открытого резонатора методом параболического уравнения. Каустические поверхности в резонаторе. Моды высших порядков. Устойчивость резонатора. g-плоскость.                           | Ответы на контрольные вопросы и задания |
| 3. | Типы лазеров и разные методы получения инверсной населенности | Обзор методов создания инверсии населенности; возбуждение световым потоком (оптическая накачка); возбуждение электронным ударом; возбуждение за счет неупругих столкновений атомов; возбуждение при диссоциации молекул (при столкновении молекул); инжекция носителей зарядов через n-p переход. Твердотельные ОКГ. Газовые ОКГ. Полупроводниковые ОКГ. ОКГ на жидких активных веществах и ОКГ на красителях. | Ответы на контрольные вопросы и задания |
| 4. | Введение в теорию стационарной генерации                      | Естественное уширение спектральной линии атома. Однородное и неоднородное уширение спектральных линий ансамбля атомов. Прохождение излучения в среде. Закон Бугера. Коэффициенты Эйнштейна. Инверсия населенности. Насыщение усиления. Кинетические уравнения для трехуровневой схемы. Расчет насыщения усиления. Насыщенный коэффициент усиления для однородно и неоднородно уширенной линии перехода.        | Ответы на контрольные вопросы и задания |

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

| №  | Наименование раздела                            | Тематика практических занятий (семинаров)                                                                           | Форма текущего контроля                          |
|----|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1  | 2                                               | 3                                                                                                                   | 4                                                |
| 1. | Физические основы работы квантовых приборов.    | Решение задач по темам: Излучение и поглощение электромагнитных волн веществом. Спонтанное и вынужденное излучение. | Контрольная работа<br>Проверка домашнего задания |
| 2. | Открытые оптические резонаторы и световые пучки | Решение задач по теме: Расчет собственных частот и полей открытого резонатора методом параболического уравнения.    | Контрольная работа<br>Проверка домашнего задания |

|    |                                                               |                                                                                                                    |                                                  |
|----|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|    | лазеров                                                       |                                                                                                                    |                                                  |
| 3. | Типы лазеров и разные методы получения инверсной населенности | Решение задач по теме: Методы создания инверсии населенности                                                       | Контрольная работа<br>Проверка домашнего задания |
| 4. | Введение в теорию стационарной генерации                      | Решение задач по темам: Инверсия населенности. Насыщение усиления. Кинетические уравнения для трехуровневой схемы. | Контрольная работа<br>Проверка домашнего задания |

#### 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 | Проработка учебного (теоретического) материала | Методические указания по изучению теоретического материала, утвержденные кафедрой радиофизики и нанотехнологий, протокол № 7 от 20.03.2017. |

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 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.

### 3. Образовательные технологии

Для проведения меньшей части лекционных занятий используются мультимедийные средства воспроизведения активного содержимого, позволяющего слушателю воспринимать особенности изучаемой профессии, зачастую играющие решающую роль в понимании и восприятии, а так же формировании профессиональных компетенций. Большая часть лекций и практические занятия проводятся с использованием доски и справочных материалов.

По дисциплине проводятся двухчасовые лекционно-практические занятия. При этом в каждом модуле проводятся практические занятия, посвященные решению типовых задач по расчету основных характеристик и параметров анализируемых электромагнитных полей.

При проведении практических занятий используется интерактивная форма: визуализация сложных пространственно-временных электромагнитных явлений с использованием компьютерных симуляторов. В процессе практических занятий проводится обсуждение и разбор решений прикладных задач.

Такой инновационный подход позволил внедрить в процесс преподавания учебной дисциплины «Квантовая радиофизика» новые средства, формы и активные прогрессивные

методы обучения. Используемые технологии способствуют реализации студентами своего личностного, познавательного и творческого потенциала и выполнению учебных и учебно-исследовательских работ по личным траекториям.

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

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

текущий контроль: проверка домашних заданий по семинарским занятиям. Ответы на контрольные вопросы и на дополнительные вопросы, касающиеся соответствующих разделов основной дисциплины.

Промежуточный контроль: зачет

##### **4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации.**

##### **4.1.1 Примеры контрольных вопросов по разделам учебной программы.**

Контрольные вопросы предназначены:

- для устного опроса на лекционных занятиях;
- для внутрисеместровой аттестации;
- в качестве дополнительных теоретических вопросов на семинарах

##### ***Раздел 1. Физические основы работы квантовых приборов.***

Работы Шредингера, Планка и Дирака по созданию квантовой теории.

Вероятности поглощения и вынужденного излучения. Коэффициенты Эйнштейна.

##### ***Раздел 2. Открытые оптические резонаторы и световые пучки лазеров.***

Оптимальная связь на выходе лазера.

Режим модуляции добротности

Пичковый режим твердотельных лазеров.

Монохроматичность.

Когерентность. Степень пространственной и временной когерентности.

Направленность излучения лазера.

##### ***Раздел 3. Типы лазеров и разные методы получения инверсной населенности.***

Приведите сравнительные характеристики газовых лазеров на нейтральных атомах, молекулярных и ионных лазеров.

Твердотельные лазеры на рубине и неодиме.

Полупроводниковые и химические лазеры.

##### ***Раздел 4. Введение в теорию стационарной генерации.***

Неоднородное уширение. Допплеровское уширение в газовых лазерах.

Коэффициент поглощения. Накачка активной среды.

Трехуровневая система в резонансном поле излучения.

Четырехуровневая система в резонансном поле излучения.

##### **Образцы контрольных задач**

1. Используя второй закон Ньютона, и выражение для силы, действующей на атом со стороны резонансного поля, найдите силу резонансного давления на атом в сильном световом поле. Сделать численные оценки.
2. Найдите выражение для полосы усиления квантового усилителя бегущей волны длиной  $L$ . Насыщением пренебречь. Указание: Использовать стационарное уравнение переноса излучения в волне  $\frac{dI}{dz} = -\beta I + \frac{\alpha_0 I}{1 + u^2 + I}$ , где  $z$  – ось распространения волны. Обозначения:  $I$  – безразмерная интенсивность, полученная нормированием на насыщающую интенсивность для рабочего перехода  $I_{\text{нас}}$ ;  $\beta$  – коэффициент нере-

зонансных потерь в активной среде;  $\alpha_0 = \frac{\hbar \omega N_{0\text{эфф}}}{2T_1 I_{\text{нас}}}$  - коэффициент ненасыщенного усиления,  $u = (\omega_{12} - \omega)T_2$  - безразмерная расстройка частоты от центра спектральной линии.

- Используя уравнение переноса излучения в стационарной активной среде квантового усилителя бегущей волны:  $\frac{dI}{dz} = -\beta I + \frac{\alpha_0 I}{1 + u^2 + I}$ , где  $z$  - ось распространения волны, найдите выражение для максимально возможной величины  $I_{\text{макс}}$  на выходе. Обозначения:  $I$  - безразмерная интенсивность, полученная нормированием на насыщающую интенсивность для рабочего перехода  $I_{\text{нас}}$ ;  $\beta$  - коэффициент нерезонансных потерь в активной среде;  $\alpha_0 = \frac{\hbar \omega N_{0\text{эфф}}}{2T_1 I_{\text{нас}}}$  - коэффициент ненасыщенного усиления
- Считая для рубинового лазера  $W_{32} > W_{31}$ ,  $A_{31}$  и используя уравнения баланса населенностей (для диагональных элементов матрицы плотности подсистемы), покажите, что разность населенностей на рабочей паре уровней  $E_2$  и  $E_1$  удовлетворяет уравнению:  $dN/dt = (N - N_{0\text{эфф}}) / T_{1\text{эфф}}$  при отсутствии лазерной генерации. Найдите выражения для  $N_{0\text{эфф}}$  и  $T_{1\text{эфф}}$ . Как эти выражения зависят от мощности поля накачки? Обозначения:  $W_{13}$  - вероятность поглощения фотона накачки в единицу времени,  $W_{31}$  - вероятность индуцированного излучения под действием источника накачки,  $W_{32}$  - вероятность безызлучательного перехода между уровнями 3 и 2,  $A_{32}$  и  $A_{31}$  - вероятность спонтанного излучения.
- Считая одно зеркало в резонаторе Фабри-Перо "глухим" ( $R_1 = 1$ ), а другое полупрозрачным ( $R_2 = R$ ), найдите зависимость мощности лазера от  $R$ . Существует ли оптимальная величина  $R$ ?
- Активная среда лазера заполняет все пространство между плоскопараллельными зеркалами резонатора. Коэффициент усиления среды в отсутствие поля  $\alpha_0 = 0,008 \text{ см}^{-1}$  (ненасыщенное усиление). В рамках одномерной задачи ( $z$  - направление оси лазера) и считая, что при наличии в резонаторе волн интенсивностей  $I_+$  и  $I_-$  коэффициент усиления изменяется как  $\alpha(z) = \alpha_0 \cdot [1 + (I_+ + I_-)/I_0]^{-1}$ , найти интенсивности волн  $I_+$  и  $I_-$  на зеркалах.  $I_{\text{нас}} = 30 \text{ Вт/см}^2$  - насыщающая интенсивность,  $L = 100 \text{ см}$  - длина лазерного резонатора,  $R_1 = 1$  и  $R_2 = 0,49$  - коэффициенты отражения зеркал. Условие самовозбуждения лазера считать выполненным.
- Оценить минимальную мощность лампы-накачки (к.п.д. = 100 %), необходимую для создания инверсии в твердотельном лазере с концентрацией активных частиц  $n = 10^{19} \text{ см}^{-3}$ , объемом кристалла  $V = 10 \text{ см}^3$ . Частота середины полосы оптической накачки равна  $\nu = 6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ , время жизни частиц на верхнем рабочем уровне  $t_{\text{сп}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ сек}$ .
- Нарисуйте и объясните график зависимости мощности лазера от величины отражения выходного зеркала резонатора.
- Рассчитайте минимально необходимую мощность источника накачки для неодимового лазера на кристалле YAG. Указание: Использовать следующий набор параметров этого ОКГ: вероятность спонтанного излучения на рабочем переходе  $A_{32} = 5 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ ; центр полосы поглощения  $\lambda \sim 800 \text{ нм}$ . Длина волны излучения  $1,06 \text{ мкм}$ . Пороговая разность населенностей  $N_{0\text{эфф}} = 10^{16} \text{ см}^{-3}$ , объем рабочей среды  $V = 10 \text{ см}^3$ .

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

##### Перечень вопросов, которые выносятся на зачет

1. Предмет квантовой радиофизики.
2. Примеры проявления квантовых явлений. Возникновение квантовой механики.
3. Примеры использования уравнения Шредингера.
4. Решение уравнения Шредингера для потенциальной ямы.
5. Решение уравнения Шредингера для одномерного гармонического осциллятора.
6. Решение уравнения Шредингера для двумерного гармонического осциллятора.
7. Симметричные и антисимметричные волновые функции
8. Вырожденные состояния.
9. Туннельный эффект. Вероятность туннелирования.
10. Туннельный диод, туннельный пробой.
11. Наноэлектронные приборы.
12. Резонансно-туннельный диод
13. Спонтанные и вынужденные переходы.
14. Уширение спектральных линий. Механизмы уширения линии. Однородное и неоднородное уширение.
15. Принципы работы лазеров
16. Динамика населённости энергетических уровней, скоростные уравнения.
17. Изменение разности населенностей уровней в двухуровневой системе.
18. Усиление в активной среде. Эффект насыщения
19. Влияние накачки и генерации на уровень инверсии.
20. Сравнительные характеристики трёх-, и четырёхуровневых систем.
21. Оптические открытые резонаторы.
22. Роль резонатора и спонтанного излучения при возникновении генерации.
23. Свойства лазерных пучков: монохроматичность, когерентность, направленность, яркость.
24. Вероятности поглощения и вынужденного излучения.
25. Скоростные уравнения четырехуровневого лазера.
26. Газовые лазеры. Общая характеристика. Процессы создания инверсии. Атомарные лазеры. Гелий-неоновый лазер. Ионные лазеры. Молекулярные лазеры. Лазер на углекислом газе. Другие типы газовых лазеров.
27. Твердотельные лазеры. Общая характеристика и особенности. Устройство.
28. Жидкостные лазеры.
29. Полупроводниковые инжекционные лазеры. Основные особенности. Характеристики, применение.

Зачет проводится в устной форме, при этом студентам задаются 2 вопроса из общего перечня вопросов к зачету.

Рекомендуется следующие критерии оценки знаний.

Оценка **«неудовлетворительно/не зачтено»** выставляется в том случае, если студент демонстрирует:

- поверхностное знание теоретического материала;
- незнание основных законов, понятий и терминов учебной дисциплины, неверное оперирование ими;
- грубые стилистические и речевые ошибки.

Оценка **«удовлетворительно/зачтено»** ставится студентам, которые при ответе:

- в основном знают учебно-программный материал в объёме, необходимом для предстоящей учебы и работы по профессии;
- в целом усвоили основную литературу;
- в ответах на вопросы имеют нарушения в последовательности изложения учебного материала, демонстрируют поверхностные знания вопроса;
- имеют краткие ответы только в рамках лекционного курса;

- приводят нечеткие формулировки физических понятий и законов;
- имеют существенные погрешности и грубые ошибки в ответе на вопросы.

Оценка «**хорошо/зачтено**» ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают твёрдое знание программного материала, который излагают систематизировано, последовательно и уверенно;
- усвоили основную и наиболее значимую дополнительную литературу;
- допускают отдельные погрешности и незначительные ошибки при ответе;
- в ответах не допускает серьезных ошибок и легко устраняет отдельные неточности с помощью дополнительных вопросов преподавателя.

Оценка «**отлично/зачтено**» ставится студентам, которые при ответе:

- обнаруживают всестороннее систематическое и глубокое знание программного материала (знание основных понятий, законов и терминов учебной дисциплины, умение оперировать ими);
- излагают материал логично, последовательно, развернуто и уверенно;
- излагают материал с достаточно четкими формулировками, подтверждаемыми графиками, цифрами или примерами;
- владеют научным стилем речи;
- демонстрируют знание материала лекций, базовых учебников и дополнительной литературы.

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 зачете;
- 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 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 (модуля)**

### **5.1 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. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. М. Наука.1988
4. Звелто О. Физика лазеров. ИЛ. 1996.

## **5.2 Дополнительная литература:**

5. Демтредер В. Лазерная спектроскопия М. Наука. 1986.
6. Справочник по лазерам под ред. Прохорова А.М. М. Наука. 1978.
7. Писаренко В.Ф. Лазеры. КубГУ. Электронное издание. 1999.

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

## **5.3. Периодические издания:**

1. Квантовая электроника
2. Журнал технической физики.
3. Известия ВУЗов. Серия: Физика.
4. Успехи физических наук.

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

1. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/optics.htm>
2. Электронная библиотека. <http://e-library.ru>
3. Электронно-библиотечная система <http://e.lanbook.com>

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Формирование у студентов способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию и эффективно её использовать происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в лекционных и практических (семинарских) занятиях, причём самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Для понимания лекционного материала и качественного его усвоения студентам необходимо вести конспекты лекций. В течение лекции студент делает пометки по тем вопросам лекции, которые требуют уточнений и дополнений. Вопросы, которые преподаватель не отразил в лекции, студент должен изучать самостоятельно.

При подготовке к семинарским занятиям следует использовать основную литературу из представленного списка, а также руководствоваться приведенными указаниями и рекомендациями. Для наиболее глубокого освоения дисциплины рекомендуется изучать литературу, обозначенную как «Дополнительная» в представленном списке.

На семинарских занятиях рекомендуется принимать активное участие в обсуждении проблем, возникающих при решении учебных задач, развивать способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем по тематике семинарских занятий.

Студенту рекомендуется следующая схема подготовки к семинарскому занятию:

- проработка конспекта лекций;
- чтение рекомендованной основной и дополнительной литературы по изучаемому разделу дисциплины;
- решение домашних задач. При выполнении упражнения или задачи нужно сначала понять, что требуется в задаче, какой теоретический материал нужно использовать, наметить план решения задачи.
- При возникновении затруднений следует сформулировать конкретные вопросы к преподавателю.

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.

Успешность освоения студентом учебной дисциплины отражается в его рейтинге – сумме баллов, которая формируется в течение семестра по результатам выполнения устных опросов и активности на семинарских занятиях.

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.**

– обеспечение выхода в сеть Интернет каждого участника учебного процесса в любое время и из различных мест пребывания;

– развитие единого информационного пространства образовательных индустрий и присутствие в нем в различное время и независимо друг от друга всех участников образовательного и творческого процесса;

– создание, развитие и эффективное использование управляемых информационных образовательных ресурсов, в том числе личных пользовательских баз и банков данных и знаний учащихся и педагогов с возможностью повсеместного доступа для работы с ними.

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

1. Оригинальные программы и программы-симуляторы для выполнения расчетно-графических и лабораторных работ на ЭВМ.

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

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU:

<http://www.elibrary.ru>

2. Аннотированный тематический каталог Интернет ресурсов по физике:

<http://www.college.ru/>

3. Каталог научных ресурсов:

<http://www.scintific.narod.ru/literature.htm>

4. Большая научная библиотека:

5. Физическая энциклопедия:

<http://www.femto.com.ua/articles/>

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

| №  | Вид работ           | Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность |
|----|---------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Лекционные занятия  | Аудитория, оснащенная переносным проектором и меловой доской.          |
| 2. | Семинарские занятия | Аудитория, оснащенная переносным проектором и меловой доской.          |
| 3. | Групповые           | Аудитория, оснащенная компьютерной техникой с подклю-                  |

|    |                                                  |                                                                             |
|----|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|    | (индивидуальные)<br>консультации                 | чением к сети Интернет.                                                     |
| 4. | Текущий контроль,<br>промежуточная<br>аттестация | Аудитория, оснащенная переносным проектором и меловой доской.               |
| 5. | Самостоятельная<br>работа                        | Аудитория, оснащенная компьютерной техникой с подключением к сети Интернет. |