

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета В.А. Небольсин  
«31» августа 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Микрооптика и фотоника»

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль Компоненты микро- и наносистемной техники

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Автор программы

 /Королев К.Г./

И.о. заведующего кафедрой  
Физики твердого тела

 /Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП

 /Стогней О.В./

Воронеж 2021

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Цели дисциплины:** формирование знаний в области базовых принципов функционирования и конструирования оптических элементов и устройств, реализуемых на микроуровне

**1.2. Задачи освоения дисциплины:** основные положения геометрической, волновой, квантовой и нелинейной оптики. Взаимодействие электромагнитного излучения с веществом. Полупроводники и гетероструктуры. Твердотельные источники и приемники излучения. Оптические волноводы. Фотонные кристаллы. Голография. Интегральная оптика. Интегрально-оптические и опто-механические элементы и устройства. Применение фотонных приборов

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Микрооптика и фотоника» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Микрооптика и фотоника» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 - Способен участвовать в реализации технологических процессов в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	знать технологические процессы в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем уметь реализовывать технологические процессы в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем

<p>владеть способностью участвовать в реализации технологических процессов в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем</p>
--

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Микрооптика и фотоника» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		8
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	60	60
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	24	24
<b>Самостоятельная работа</b>	48	48
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы	144	144
з.е.	4	4

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий:**

**очная форма обучения**

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Оптика лучей	Постулаты лучевой оптики. Простые оптические элементы. Оптика сред с градиентным показателем преломления. Матричная оптика	6	4	8	18
2	Оптика волн	Постулаты волновой оптики. Монохроматические волны. Связь между волновой и лучевой оптикой. Простые оптические элементы. Интерференция. Полихроматический и импульсный свет	6	4	8	18
3	Фурье-оптика	Распространение света в свободном пространстве. Оптическое преобразование Фурье. Дифракция света. Формирование изображения. Голография	6	4	8	18
4	Электромагнитная оптика	Электромагнитная теория света. Электромагнитные волны в диэлектрических средах. Монохроматические электромагнитные волны. Элементарные электромагнитные волны. Поглощение и дисперсия. Распространение импульсов в средах с дисперсией. Оптика магнитных материалов и метаматериалов	6	4	8	18
5	Поляризационная оптика	Поляризация света. Отражение и преломление. Оптика анизотропных сред. Оптическая активность и магнитооптика. Оптика жидких кристаллов. Поляризационные устройства	6	4	8	18
6	Оптика фотонов	Фотон. Поток фотонов. Квантовые состояния света. Лазерные усилители	6	4	8	18
<b>Итого</b>			<b>36</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>108</b>

## **5.2 Перечень лабораторных работ**

Не предусмотрено учебным планом

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

## **7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### **7.1.1 Этап текущего контроля**

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе: «аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	знать технологические процессы в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь реализовывать технологические процессы в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью участвовать в реализации технологических процессов в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 8 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.

ПК-4	знать технологические процессы в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь реализовывать технологические процессы в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способностью участвовать в реализации технологических процессов в рамках планарной технологии, обеспечивающих создание монолитных интегральных схем	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

*1. Раздел оптики, в котором законы распространения света рассматриваются на основе представлений о световых лучах называется*

- a) геометрической оптикой;*
- b) математической оптикой;*
- c) физической оптикой;*
- d) тригонометрической оптикой.*

*2. Что называется световым лучом?*

*a) геометрическое место точек, имеющих одинаковые фазы в момент времени;*

b) линия, указывающая направление распространения световой энергии;

c) воображаемая линия, параллельная фронту распространения световой волны.

3. Как определяется показатель преломления  $n$  оптической среды, если  $c_0$  – скорость света в свободном пространстве, а  $c$  – скорость света в среде? а)  $n = c/c_0$ ;

b)  $n = c_0/c$ ;

c)  $n = c_0 + c$ ;

d)  $n = c_0 - c$ .

4. Если луч переходит из оптически менее плотной среды в оптически более плотную,

a) угол падения больше угла преломления;

b) угол падения меньше угла преломления;

c) угол падения равен углу преломления.

5. В каком случае угол падения равен углу преломления?

a) если угол падения близок к 90 градусам;

b) если угол падения равен нулю;

c) если скорости света в двух средах равны.

6. От чего не зависит показатель преломления вещества?

a) от свойства вещества;

b) от длины волны;

c) от частоты;

d) от угла преломления;

f) от скорости света.

7. Какая поверхность называется зеркальной?

a) размеры неровностей которой соизмеримы или меньше длины световой волны;

b) размеры неровностей которой больше длины световой волны;

v) та, у которой критический угол более  $60^\circ$ ;

г) та, у которой критический угол менее  $60^\circ$ .

8. Кто установил закон прямолинейного распространения света? а) Платон;

b) Геродот;

c) Эвклид;

d) Ньютон.

9. Что показывает формула  $1/F = 1/d + 1/f$ ?

a) связь фокусного расстояния, расстояния от предмета до линзы и от изображения до линзы;

b) связь фокусного расстояния и радиусов кривизны поверхностей;

c) связь расстояний от предмета до линзы и от изображения до

линзы;

d) связь фокусного расстояния и коэффициентов преломления сред.

10. От чего отсчитывается фокусное расстояние?

a) от главных точек;

- b) от главных фокусов;
- c) от главной оптической оси;
- d) другой ответ.

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных

**задач** 1. В каких пределах может изменяться угол отклонения луча  $\varphi$  при его прохождении через стеклянную призму с преломляющим углом  $\alpha = 60^\circ$ ? Показатель преломления стекла  $n = 1,5$ .

- a)  $37^\circ < \varphi < 58^\circ$ ;
- b)  $61^\circ < \varphi < 73^\circ$ ;
- c)  $75^\circ < \varphi < 82^\circ$ ;
- d)  $83^\circ < \varphi < 90^\circ$ .

2. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна  $\mathbf{E} = \mathbf{e}_y E_0 \cos(\omega t - \mathbf{kx})$  с частотой  $\omega = 1,5 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$ , где  $\mathbf{e}_y$  – орт вдоль оси  $y$ .

Найти амплитуду  $E_0$  напряженности электрического поля волны в точке с координатой  $x = 10 \text{ м}$  в момент  $t = 40 \text{ нс}$ , если в той же точке и в тот же момент времени напряженность магнитного поля  $\mathbf{H} = 0,2 \mathbf{e}_z [\text{А} \cdot \text{м}^{-1}]$ . а) 77 В/м;

- b) 201 В/м;
- c) 139 В/м;
- d) 12 В/м.

3. Свет от протяженного монохроматического источника  $S$  размером  $D = 1 \text{ мм}$  падает на непрозрачный экран  $\mathcal{E}$ , в котором имеются два маленьких отверстия (рис. 1). Интерференция света, прошедшего через отверстия, наблюдается в точке  $P$ . Источник света  $S$  и точка  $P$  находятся на одинаковом расстоянии  $L$  от экрана. Если смещать верхнее отверстие, увеличивая расстояние  $d$  ( $d \ll L$ ), то интенсивность в точке  $P$  периодически убывает и возрастает. Определить расстояние  $d_1$  между отверстиями, которому соответствует 1-й минимум интенсивности в точке  $P$ , если амплитуда осцилляций уменьшается до нуля при  $d_2 = 20d_1$ .

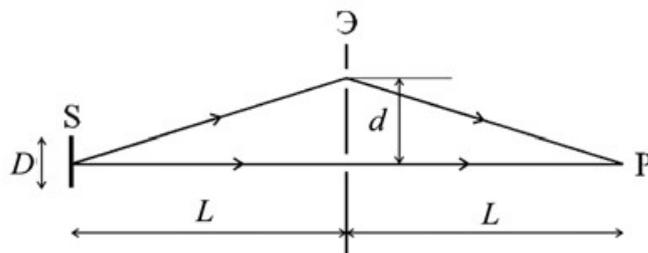


Рис. 1. Схема наблюдения интерференции света от протяженного источника  $S$

- a) 1 см;
- b) 1 мм;
- c) 1 км;
- d) 1 дм.

4. Плоская световая волна с длиной  $\lambda = 0,48 \text{ мкм}$  и интенсивностью  $I_0$  падает нормально на экран с круглым отверстием радиуса  $R = 0,6 \text{ мм}$ . Найти интенсивность в центре дифракционной картины на расстоянии  $b$

=1,5 м от экрана.

- a)  $I = 0,5I_0$ ;
- b)  $I = I_0$ ;
- c)  $I = 3I_0$ ;
- d)  $I = 2I_0$ .

5. Плоская монохроматическая волна с длиной  $\lambda = 0,6$  мкм интенсивностью  $I = 10$  мВт/см<sup>2</sup> падает нормально на узкую длинную щель шириной  $b = 60$  мкм. Оценить интенсивность в центре дифракционной картины на экране, который находится за щелью на расстоянии  $L = 60$  см. а) 0,1 мВт/см<sup>2</sup>;

- b) 1 мВт/см<sup>2</sup>;
- c) 1 Вт/см<sup>2</sup>;
- d) 100 Вт/см<sup>2</sup>.

6. Какой должна быть минимальная ширина  $L_{\min}$  дифракционной решетки с периодом  $d = 2$  мкм, чтобы с ее помощью можно было разрешить две линии  $\lambda_1 = 500$  нм и  $\lambda_2 = 500,05$  нм во втором порядке спектра? а) 10 мм;

- b) 25 мм;
- c) 5 см;
- d) 1 мм.

7. Найти толщину  $d$  воздушного зазора между двумя прямоугольными призмами из стекла с  $n = 1,5$  (рис. 2), при которой поляризованное перпендикулярно плоскости падения лазерное излучение с длиной волны  $\lambda = 0,63$  мкм проходит через них с потерями амплитуды не более чем в 2,7 раза.

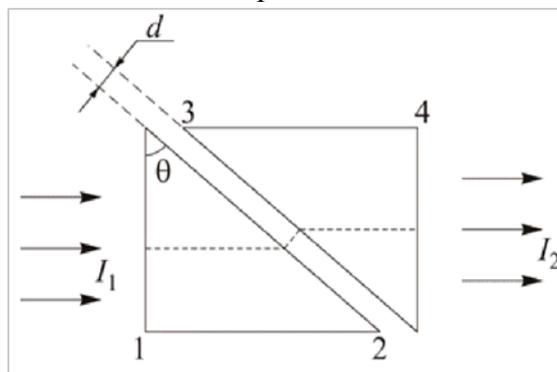


Рис. 2. Прохождение лазерного излучения через две прямоугольных призмы с зазором

- a) 1 см;
- b) 0,07 м;
- c) 2,3 мм;
- d) 0,32 мкм.

8. Определить показатель преломления углекислоты при нормальных условиях. Поляризуемость молекулы  $\text{CO}_2$  равна  $\beta = 3,3 \cdot 10^{-29}$  м<sup>3</sup>.

- a) 0,0001;
- b) 2,007;

- c) 0,03;
- d) 1,00044.

9. Наблюдатель смотрит на близкий предмет через плоскопараллельную пластинку из исландского шпата. Когда между пластинкой и предметом помещена собирающая линза (на расстоянии  $a = 4$  см от предмета), он видит два прямых увеличенных изображения предмета. После того как к линзе вплотную приложили очковое стекло с оптической силой  $D = +5$  дптр, стало видно только одно изображение предмета. Найдите фокусное расстояние  $f$  линзы.

- a) 0,2 мм;
- b) 0,05 м;
- c) 1,1 см;
- d) 0,004 м.

10. Один поляроид пропускает 30 % естественного света. После прохождения света через два таких поляроида интенсивность падает до 9 %. Найдите угол  $\theta$  между главными направлениями поляроидов. а)  $0^\circ$ ;

- b)  $30^\circ$ ;
- c)  $45^\circ$ ;
- d)  $60^\circ$ .

### **7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

1. Промышленный лазерный усилитель на рубине с длиной стержня 15 см имеет усиление 12 при слабом сигнале. Каково усиление слабого сигнала при длине стержня 20 см? Эффектом насыщения пренебречь.

2. Стержень из неодимового стекла длиной 15 см при использовании в качестве усилителя обеспечивает полное усиление 10 слабого сигнала на  $\lambda_0 = 10,6$  мкм. С помощью данных таблицы определите разность заселенностей  $N$  (число ионов  $\text{Nd}^{3+}$  на  $\text{см}^3$ ), необходимую для достижения такого усиления.

*Характеристики типичных лазерных переходов*

Лазерная среда	Длина волны перехода* $\lambda_0$ , нм	Сечение перехода $\sigma_0$ , см <sup>2</sup>	Спонтанное время жизни $t_{сп}$	Ширина линии перехода** $\Delta\nu$		Показатель преломления $n$
C <sup>5+</sup>	18,2	$5 \cdot 10^{-16}$	12 пс	1 ТГц	Н	$\approx 1$
Эксимер ArF	193	$3 \cdot 10^{-16}$	10 нс	10 ТГц	Н	$\approx 1$
Ar <sup>+</sup>	515	$3 \cdot 10^{-12}$	10 нс	3,5 ГГц	Н	$\approx 1$
Краситель родамин 6Ж	560–640	$2 \cdot 10^{-16}$	5 нс	40 ТГц	О/Н	1,40
He–Ne	633	$3 \cdot 10^{-13}$	150 нс	1,5 ГГц	Н	$\approx 1$
Cr <sup>3+</sup> : Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	694	$2 \cdot 10^{-20}$	3 мс	330 ГГц	О	1,76
Cr <sup>3+</sup> : BeAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	700–820	$1 \cdot 10^{-20}$	260 мкс	25 ТГц	О	1,74
Ti <sup>3+</sup> : Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	700–1050	$3 \cdot 10^{-19}$	3,9 мкс	100 ТГц	О	1,76
Yb <sup>3+</sup> : YAG	1030	$2 \cdot 10^{-20}$	1 мс	1 ТГц	О	1,82
Nd <sup>3+</sup> : фосфатное стекло	1053	$4 \cdot 10^{-20}$	370 мкс	7 ТГц	Н	1,50
Nd <sup>3+</sup> : YAG	1064	$3 \cdot 10^{-19}$	230 мкс	150 ГГц	О	1,82
Nd <sup>3+</sup> : YVO <sub>4</sub>	1064	$8 \cdot 10^{-19}$	100 мкс	210 ГГц	О	2,0
InGaAsP***	1300–1600	$2 \cdot 10^{-16}$	2,5 нс	10 ТГц	О	3,54
Er <sup>3+</sup> : кварцевое волокно	1550	$6 \cdot 10^{-21}$	10 мс	5 ТГц	О/Н	1,46
CO <sub>2</sub>	10600	$3 \cdot 10^{-18}$	3 с	60 МГц	Н	$\approx 1$

3. Переход между двумя энергетическими уровнями характеризуется лоренцевой формой линии с центральной частотой  $\nu_0 = 5 \cdot 10^{14}$  Гц и шириной  $\Delta\nu = 1$  ТГц. Инверсия заселенностей обеспечивает максимальный коэффициент усиления  $\gamma(\nu_0) = 0,1$  см<sup>-1</sup>. Среда имеет дополнительный источник потерь  $\alpha_s = 0,05$  см<sup>-1</sup>, не зависящий от  $\nu$ . Оценить потери или усиление, приобретаемое светом на длине 1 см, если он имеет равномерное спектральное распределение мощности с центральной частотой  $\nu_0$  и шириной  $2\Delta\nu$ .

4. Запишите скоростные уравнения для двухуровневой системы и покажите, что стационарная инверсия заселенностей не может быть получена прямой оптической накачкой перехода  $1 \rightarrow 2$ .

5. Рассмотрим атомную систему с четырьмя уровнями 0 (основное состояние), 1, 2 и 3. Производится накачка двух переходов: между основным состоянием и уровнем 3 со скоростью  $R_3$  и между основным состоянием и уровнем 2 со скоростью  $R_2$ . Возможна инверсия заселенностей между уровнями 3 и 1 и/или между уровнями 2 и 1 (как в четырехуровневом лазере). Предполагая, что распад за счет переходов с уровня 3 на уровень 2 невозможен, а спонтанными переходами с уровней 3 и 2 в основное состояние можно пренебречь, запишите скоростные уравнения для заселенностей уровней 1, 2 и 3 с временами жизни  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  и  $\tau_3$ . Определите стационарные заселенности  $N_1$ ,  $N_2$  и  $N_3$  и исследуйте возможность одновременной инверсии для переходов  $3 \rightarrow 1$  и  $2 \rightarrow 1$ . Покажите, что присутствие излучения в канале  $2 \rightarrow 1$  уменьшает разность заселенностей в канале  $3 \rightarrow 1$ .

6. В общей двухуровневой схеме атома (рисунок в разделе б)  $\tau_2$  представляет собой время жизни уровня 2 в отсутствие вынужденного испускания. При нали-

чи вынужденного испускания скорость распада уровня 2 увеличивается, а эффективное время жизни уменьшается. Найдите плотность потока фотонов  $\phi$ , при которой время жизни снижается в два раза. Как эта величина связана с насыщающей плотностью потока фотонов  $\phi_s$ ?

7. Определите насыщающую плотность потока фотонов  $\phi_s(\nu_0)$  и соответствующую интенсивность насыщения  $I_s(\nu_0)$  для однородно-уширенных лазерных переходов в рубине и  $Nd^{3+} : YAG$ , приведенных в таблице.

8. Рост плотности потока фотонов  $\phi(z)$  в лазерном усилителе описывается уравнением, ... где  $\phi(z)$  – плотность потока фотонов в точке  $z$ ,  $\gamma_0$  – коэффициент усиления слабого сигнала.

Постройте график зависимости  $\phi(z)/\phi_s$  от  $\gamma_0 z$  для  $\phi(0)/\phi_s = 0,05$ . Где начинает проявляться насыщение в этом усилителе?

9. Среда объемом  $1 \text{ см}^3$  с показателем преломления 1 содержит  $N_a = 10^{23}$  атомов в состоянии теплового равновесия. Основное состояние – уровень 1, уровень 2 лежит на 2,48 эВ выше ( $\lambda_0 = 0,5 \text{ мкм}$ ). Переход между этими двумя уровнями характеризуется спонтанным временем жизни  $t_{cn} = 1 \text{ мс}$  и лоренцевой формой линии с шириной  $\Delta\nu = 1 \text{ ГГц}$ . Рассмотрим два значения температуры  $T_1$  и  $T_2$ , таких что  $k_B T_1 = 0,026 \text{ эВ}$  и  $k_B T_2 = 0,26 \text{ эВ}$ .

а. Определите заселенности  $N_1$  и  $N_2$ .

б. Определите число фотонов, спонтанно испускаемых каждую секунду

в. Определите коэффициент поглощения в этой среде на  $\lambda_0 = 0,5 \text{ мкм}$ , считая падающий поток фотонов слабым.

г. Нарисуйте график зависимости коэффициента поглощения от частоты и отметьте на нем важные параметры.

д. Найдите значение плотности потока фотонов, при котором коэффициент поглощения снижается в 2 раза (т.е. насыщающую плотность потока фотонов).

е. Нарисуйте график зависимости прошедшей плотности потока фотонов  $\phi(d)$  от падающей  $\phi(0)$  для  $\nu = \nu_0$  и  $\nu = \nu_0 + \Delta\nu$ , если  $\phi(0)/\phi_s \ll 1$ .

10. Рассмотрим лазерную усиливающую среду с однородным уширением длиной  $d = 10 \text{ см}$  с насыщающей плотностью потока фотонов  $\phi_s = 4 \cdot 10^{18}$  фотонов/( $\text{см}^2 \cdot \text{с}$ ). Известно, что если на входе плотность потока фотонов  $\phi(0) = 4 \cdot 10^{15}$  фотонов/( $\text{см}^2 \cdot \text{с}$ ), то на выходе она составляет  $\phi(d) = 4 \cdot 10^{16}$  фотонов/( $\text{см}^2 \cdot \text{с}$ ).

а. Определите величину усиления слабого сигнала  $G_0$  для этого усилителя.

б. Определите коэффициент усиления слабого сигнала  $\gamma_0$ .

в. Какова плотность потока фотонов, при которой коэффициент усиления снижается в пять раз?

г. Определите коэффициент усиления для входной плотности потока фотонов  $\phi(0) = 4 \cdot 10^{19}$  фотонов/( $\text{см}^2 \cdot \text{с}$ ). Больше, меньше или равно будет полное усиление  $G$  при этих условиях в сравнении с усилением слабого сигнала  $G_0$  в пункте а?

### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

### **7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену**

1. *Постулаты лучевой оптики.*
2. *Простые оптические элементы.*
3. *Оптика сред с градиентным показателем преломления.*
4. *Матричная оптика.*
5. *Постулаты волновой оптики.*
6. *Монохроматические волны.*
7. *Связь между волновой и лучевой оптикой.*
8. *Простые оптические элементы.*
9. *Интерференция.*
10. *Полихроматический и импульсный свет.*
11. *Распространение света в свободном пространстве.*
12. *Оптическое преобразование Фурье.*
13. *Дифракция света.*
14. *Формирование изображения.*
15. *Голография.*
16. *Электромагнитная теория света.*
17. *Электромагнитные волны в диэлектрических средах.*
18. *Монохроматические электромагнитные волны.*
19. *Элементарные электромагнитные волны.*
20. *Поглощение и дисперсия.*
21. *Распространение импульсов в средах с дисперсией.*
22. *Оптика магнитных материалов и метаматериалов.*
23. *Поляризация света.*
24. *Отражение и преломление.*
25. *Оптика анизотропных сред.*
26. *Оптическая активность и магнитооптика.*
27. *Оптика жидких кристаллов.*
28. *Поляризационные устройства.*
29. *Фотон.*
30. *Потоки фотонов.*
31. *Квантовые состояния света.*
32. *Лазерные усилители.*

### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

*Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в*

тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Оптика лучей	ПК-4	Тест
2	Оптика волн	ПК-4	Тест
3	Фурье-оптика	ПК-4	Тест
4	Электромагнитная оптика	ПК-4	Тест
5	Поляризационная оптика	ПК-4	Тест
6	Оптика фотонов	ПК-4	Тест

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется

оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. *Игнатов А.Н. Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие / А.Н. Игнатов. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2011. – 544 с.*
2. *Салех Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения: В 2 т.: [Учеб. пособие]. Т.1 / Б. Салех, М. Тейх; пер. с англ. В. Л. Дербова. – Долгопрудный: Издательский Дом "Интеллект", 2012. – 760 с.*
3. *Салех Б. Оптика и фотоника. Принципы и применения: В 2 т.: [Учеб. пособие]. Т. 2 / Б. Салех, М. Тейх; пер. с англ. В.Л. Дербова. – Долгопрудный: Издательский Дом "Интеллект", 2012. – 784 с.*
4. *Оптика: учебное пособие: допущено Научно-методическим советом по физике Министерства образования и науки Российской Федерации / Акинъшин Виктор Сергеевич [и др.]; под ред. С.К. Стафеева. – 2-е изд., перераб. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2015 (Архангельск: ОАО "Издат.-полиграф. предприятие "Правда Севера", 2014). – 232 с.*
5. *Бутиков Е.И. Оптика: учеб. пособие / Е.И. Бутиков. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Невский диалект: БХВ-Петербург, 2003. – 480 с.*
6. *Калгин А.В. Сборник задач к практическим занятиям по дисциплине «Микрооптика и фотоника» для студентов направления 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника» (профиль «Компоненты микро- и наносистемной техники») очной формы обучения – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2018. – 33 с.*

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов ин-**

формационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем: *Microsoft Word, Origin, Google Chrome*.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

*Лекционная аудитория (226/1), которая оснащена доской, экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.*

### **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Микрооптика и фотоника» .

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета задач из разных разделов дисциплины «Микрооптика и фотоника». Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.