

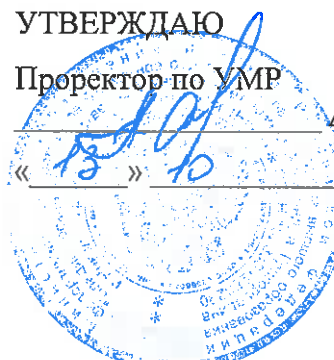
**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УМР

А.А.Панфилов

« 13 » 10 / 20 15 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРИКЛАДНАЯ ОПТИКА**

Направление подготовки 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии

Профиль/программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
6	9 / 324	54	36	36	162	экз. (36 ч.)
Итого	9 / 324	54	36	36	162	экз. (36 ч.)

Владимир 201\_5

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Прикладная оптика» являются

1. Получение представления об основных законах распространения света и формирования изображений.
2. Формирование знаний об элементной базе оптических систем; об основных характеристиках, типах и моделях оптических систем; об основных принципах построения и функционирования базовых типов оптических систем.
3. Приобретение практических навыков начального синтеза, габаритного расчета, исходного выбора оптических схем и применения типовых методов компьютерного анализа и оптимизации оптических систем различных классов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Прикладная оптика» относится к обязательным дисциплинам вариативной части основной профессиональной образовательной программы. Изучение дисциплины проходит в шестом семестре.

Изучение дисциплины предполагает наличие у студентов фундаментальных знаний, полученных в рамках изучения дисциплин «Физика», «Основы оптики»; а также наличие фундаментальных математических знаний.

Освоение дисциплины необходимо для изучения следующих дисциплин и практик учебного плана: «Лазерная техника», «Лазерные технологии», «Лазерные измерения» «Научно-исследовательская работа в семестре», «Производственная практика», выполнение выпускной квалификационной работы.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

Компетенции, частично формируемые в рамках освоения дисциплины:

ОПК-4. Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности;

ОПК-6. Способность собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования;

ПК-1. Способность к анализу поставленной задачи исследований в области приборостроения;

ПК-3. Способность к проведению измерений и исследования различных объектов по заданной методике;

ПК-4. Способностью к наладке, настройке, юстировке и опытной проверке приборов и систем;

ПК-5. Способность к анализу, расчёту, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях;

ПК-6. Способность к оценке технологичности и технологическому контролю простых и средней сложности конструкторских решений, разработке типовых процессов контроля параметров механических, оптических и оптико-электронных деталей и узлов.

1) Знать:

- актуальные направления развития оптической и лазерной техники (ОПК-4, ОПК-6);

- основные характеристики, типы и модели оптических систем (ПК-5, ПК-6);
  - основные принципы построения и функционирования базовых типов оптических систем (ПК-5).
- 2) Уметь:
- анализировать поставленную проектную задачу и задачу исследований в области приборостроения (ПК-1);
  - выбирать оптимальные оптические схемы для решения поставленных задач (ПК-1);
  - рассчитывать оптические схемы различных типов (ПК-5);
  - проводить измерения с использованием различных оптических систем (ПК-3);
  - проводить настройку, юстировку оптических систем (ПК-4).
- 3) Владеть:
- практическими навыками начального синтеза оптических схем (ОПК-6);
  - практическими навыками исходного выбора оптических схем (ПК-1);
  - методами габаритного расчета оптических схем (ПК-5);
  - методами компьютерного анализа и оптимизации оптических систем различных классов (ПК-6)

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Геометрическая оптика	6	1-6	16	14	14	-	42	-	18 / 40%	Рейтинг-контроль №1 Защита лабораторных работ
2	Оптические системы приборов	6	7-18	38	22	22	-	120	+	48 / 58%	Рейтинг-контроль №2 Рейтинг-контроль №3 Защита лабораторных работ
<b>Всего</b>		<b>6</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>162</b>	<b>+</b>	<b>66/ 52%</b>	<b>экзамен (36 ч.)</b>

#### Содержание разделов дисциплины

Темы, разделы дисциплины	Кол-во часов	лекции	практические	лабораторные	срс
<b>Раздел 1. Геометрическая оптика</b>	<b>86</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>42</b>
Тема 1. Основные понятия и законы геометрической оптики	22	4	4	2	12
Тема 2. Идеальная оптическая система	28	4	6	6	12
Тема 3. Ограничение пучков лучей в оптических системах	26	4	4	6	12

Темы, разделы дисциплины	Кол-во часов	лекции	практические	лабораторные	срс
Тема 4. Аберрации оптических систем	10	4	-	-	6
<b>Раздел 2. Оптические системы приборов</b>	<b>202</b>	<b>38</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>120</b>
Тема 1. Оптические детали	34	10	6	6	12
Тема 2. Оптические системы для лазеров	52	4	-	-	48
Тема 3. Глаз как оптическая система	16	4	-	-	12
Тема 4. Телескопические системы	26	6	4	4	12
Тема 5. Лупа и микроскоп	24	4	4	4	12
Тема 6. Фотографический объектив	24	4	4	4	12
Тема 7. Осветительные и проекционные системы	26	6	4	4	12
<b>Экзамен</b>	<b>36</b>				
<b>Итого</b>	<b>324</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>162</b>

### Лабораторные занятия

№ модуля дисциплины	№ п/п	Наименование и/или краткое содержание лабораторных работ	Трудоёмкость (часов)
<b>Раздел 1. Геометрическая оптика</b>	1	Геометрическая оптика	2
	2	Построение хода лучей в идеальной оптической системе	2
	3	Расчет кардинальных элементов идеальной оптической системы	2
	4	Защита лабораторных работ	2
	5	Расчет диафрагмы, входного, выходного зрачка оптической системы	4
	6	Защита лабораторных работ	2
<b>Раздел 2. Оптические системы приборов</b>	7	Расчет линз различных типов, расчет зеркал	2
	8	Расчет плоскопараллельных пластинок, клиньев, призм, линз Френеля, аксиконов, оптических растров	2
	9	Защита лабораторных работ	2
	10	Расчет оптической схемы телескопических систем	4
	11	Расчет лупы. Расчет оптической схемы микроскопа	4
	12	Расчет фотографического объектива	4
	13	Расчет эпископической проекционной системы. Расчет диаскопической проекционной системы	2
	14	Защита лабораторных работ	2
		<b>ИТОГО:</b>	<b>36</b>

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и лабораторные занятия);
- обучение в малых группах (выполнение лабораторных работ в группах из двух или трёх человек);
- мастер-классы (демонстрация на лабораторных и практических занятиях принципов расчета и проектирования оптических систем);

- применение мультимедиа технологий (проведение лекционных и семинарских занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или компьютера);
- информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний).

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Текущий контроль успеваемости является распределённым и основан на оценке нескольких составляющих.

1. Результаты рейтинг-контроля.
2. Выполнение и защита лабораторных работ.
3. Выполнение практических заданий.
4. Выполнение и защита курсовой работы.

### Вопросы рейтинг-контроля №1

1. Физическая и геометрическая оптика. Прикладная оптика.
2. Светящаяся точка, световой луч, оптическая длина луча.
3. Гомоцентричность пучка лучей.
4. Предмет и его изображение. Сопряжённые точки.
5. Пространства предметов и изображений. Мнимое и действительное изображение.
6. Оптическая система, центрированная оптическая система. Оптическая ось.
7. Правила знаков.
8. Показатель преломления среды.
9. Закон прямолинейного распространения света, закон отражения.
10. Закон независимого распространения световых пучков, закон преломления.
11. Теория идеальной оптической системы.
12. Линейное увеличение идеальной оптической системы.
13. Кардинальные элементы: задний фокус, заднее фокусное расстояние, задняя фокальная плоскость.
14. Кардинальные элементы: передний фокус, переднее фокусное расстояние, передняя фокальная плоскость.
15. Кардинальные элементы: главные точки и плоскости.
16. Кардинальные элементы: фокусные расстояния. Положительная и отрицательная оптическая система.
17. Формула Ньютона, формула отрезков, формула Гаусса.
18. Угловое и продольное увеличение. Связь между увеличениями.
19. Два способа нахождения положения и размера изображения.
20. Определение положения фокальных и главных плоскостей в многокомпонентных оптических системах.
21. Диафрагмы и их назначение.
22. Три вида диафрагм (определения, рисунки).
23. АД, входной и выходной зрачки.
24. Определение положения АД в сложной оптической системе.
25. ПД, линейное и угловое поля оптической системы.
26. ВД, входное и выходное окна. Коэффициент виньетирования.
27. Определение площади действующего отверстия входного зрачка.

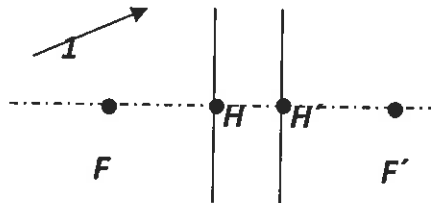
### Задачи рейтинг-контроля №1

1. Под каким углом должен падать луч на поверхность стекла ( $n = 1,5749$ ), чтобы угол преломления был в два раза меньше угла падения?

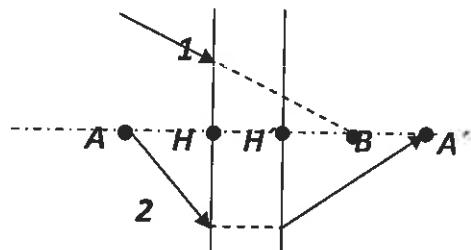
2. Под каким углом должен упасть луч на поверхность стекла ( $n = 1,5208$ ), чтобы преломленный луч оказался перпендикулярно к отражённому?
3. Луч падает на поверхность воды ( $n_1 = 1,33$ ) под углом  $40^\circ$ . Под каким углом должен упасть луч на поверхность стекла ( $n_2 = 1,5183$ ), чтобы угол преломления оказался таким же?
4. На какой угол отклонится луч от первоначального направления, упав под углом  $45^\circ$  на поверхность стекла ( $n = 1,5324$ )? На поверхность алмаза ( $n = 2,4194$ )?
5. На стеклянную пластинку с показателем преломления  $n = 1,54$  падает луч света. Каков угол падения луча, если угол между отражённым и преломлённым лучами равен  $90^\circ$ ?
6. Луч света падает под углом  $41^\circ 18'$  из стекла с показателем преломления  $1,5152$  в воздух. Определить угол преломления луча. Будет ли свет преломляться при падении на эту же границу сред под углами, большими заданного? Свет подразумевается монохроматический.
7. Пучок света от лампы падает на поверхность стола под углом  $45^\circ$ . Определить угол к горизонту, под которым надо поместить плоское зеркало, чтобы после отражения от него пучок света направился параллельно поверхности стола.
8. Показатель преломления алмаза относительно воздуха  $n_D = 2,417$ . Определить предельный угол полного внутреннего отражения на границе алмаза с воздухом для линии натрия D.
9. Определить предельные углы полного внутреннего отражения на границе раздела двух сред «стекло-стекло» для двух случаев:
  - 1). Если  $n_1 = 1,5617$  и  $n_2 = 1,4721$ ;
  - 2). Если  $n_1 = 1,8138$  и  $n_2 = 1,4846$ .
10. Угол падения луча на преломляющую поверхность  $\epsilon = 30^\circ$ , угол преломления  $\epsilon' = 15^\circ$ . Найти скорость распространения луча в стекле.
11. Скорость распространения света с длиной волны  $\lambda = 589,3$  нм в воде  $v_1 = 225 \cdot 10^3$  км/с, а в стекле  $v_2 = 198,2 \cdot 10^3$  км/с. Найти показатель преломления стекла относительно воды.
12. Скорость распространения света в алмазе  $v = 124 \cdot 10^6$  км/с. Найти показатель преломления света в алмазе.
13. Определить угол преломления луча на плоской поверхности, разграничивающей среды с показателями преломления  $n = 1$ ,  $n' = n_1 = 1,5183$ , если угол падения луча  $\epsilon_1 = 30^\circ$ .
14. Плоская поверхность разделяет две среды с показателями преломления  $n_1 = 1,54$  и  $n_2 = 1,62$ . Найти угол преломления для луча, падающего на поверхность под углом  $20^\circ$ .
15. Установить связь между показателями преломления и скоростями света, соответствующие им.
16. Графически показать, что в системе из двух плоских зеркал, расположенных под углом  $\alpha$  друг к другу, угол между падающим лучом и отражённым будет в два раза больше угла между зеркалами.
17. Глубина воды в водоёме равна  $2,5$  м. Наблюдатель смотрит на предмет, лежащий на дне, причём луч зрения нормален к поверхности воды. Определить кажущееся расстояние предмета от поверхности воды. Показатель преломления воды принять равным  $1,33$ .
18. Построить с использованием закона преломления ход луча в отражательной призме, выполненной из стекла марки К8 ( $n_2 = 1,5183$ ), если углы при основании призмы равны  $45^\circ$ . Луч  $AB$  падает на призму параллельно основанию призмы.
19. Графическим построением найти положение сопряжённой точки  $A'$  в выпуклом зеркале, если предметная точка  $A$  располагается на оптической оси (замечание: обе точки фокуса совпадают и находятся между центром сферы и её вершиной;

главные плоскости совпадают и проходят через вершину отражающей поверхности).

20. Графическим построением найти положение сопряжённой точки  $A'$  в вогнутом зеркале, если предметная точка  $A$  располагается на оптической оси (замечание: обе точки фокуса совпадают и находятся между центром сферы и её вершиной; главные плоскости совпадают и проходят через вершину отражающей поверхности).
21. Построением найти ход произвольного луча  $l$  (см. рисунок) через линзу, если заданы положение главных плоскостей и фокусов линзы.



22. Графическим построением найти изображение предмета  $B_1B_2$ , если он образует с оптической осью отрицательной оптической системы  $HH'$  угол  $\psi$  и  $-f=f'$ .
23. В пространстве предметов оптической системы  $HH'$  располагается прямоугольник  $BCDE$ . Графическим построением найти изображение этого прямоугольника, если  $-f=f'$ .
24. Графическим построением найти изображение предмета  $AB$ , перпендикулярного к оптической оси, положительной оптической системы  $HH'$ , если он располагается между точками  $F$  и  $H$ .
25. Графическим построением найти изображение предмета  $AB$ , перпендикулярного к оптической оси, положительной оптической системы  $HH'$ , если он располагается правее точки  $H'$ .
26. Построением найти ход произвольного луча  $l$  (см. рисунок) через линзу, если заданы положение главных плоскостей и ход другого произвольного луча 2.



27. В пространстве предметов отрицательной оптической системы  $HH'$  располагается прямоугольник  $BCDE$ . Графическим построением найти изображение этого прямоугольника, если  $f=-f'$ .
28. Графическим построением найти изображение прямоугольника  $ABCD$  в оптической системе состоящей из двух тонких линз в воздухе. Первая линза – отрицательная, вторая – положительная.
29. Графическим построением найти изображение предмета  $B_1B_2$ , если он образует с оптической осью положительной оптической системы  $HH'$  угол  $\psi$  и  $-f=f'$ .
30. Графическим построением найти положение и величину изображения предмета  $AB$  при его перемещении вдоль оптической оси (пять положений).
31. Графически найти положение и размер изображения предмета  $AB$  в тонкой отрицательной линзе для двух случаев:  
 а). предмет действительный;  
 б). предмет мнимый.
32. Графически, выполнив построение хода лучей с использованием закона отражения, показать, нарушает ли плоская отражающая поверхность гомоцентричность пучка.

33. Графически, выполнив построение хода лучей с использованием закона отражения, показать, нарушает ли сферическая отражающая поверхность гомоцентричность пучка (два случая: вогнутое и выпуклое сферические зеркала).
34. Построить изображение мнимого предмета  $AB = y = 10 \text{ мм}$  в системе из двух тонких линз в воздухе, если  $f_1' = -45 \text{ мм}$ ,  $f_2' = 20 \text{ мм}$ ,  $d = 50 \text{ мм}$ .
35. Найти графически эквивалентное переднее фокусное расстояние системы состоящей из трёх тонких линз в воздухе, если  $-f_1 = f_1' = 60 \text{ мм}$ ,  $-f_2 = f_2' = 30 \text{ мм}$ ,  $-f_3 = f_3' = -25 \text{ мм}$ ,  $d_1 = 50 \text{ мм}$ ,  $d_2 = 20 \text{ мм}$ .
36. Определить величину изображения  $y'$ , даваемого компонентом, если  $y = 30 \text{ мм}$ ,  $f = f' = 120 \text{ мм}$  и  $z = -4z'$ .
37. Найти графически эквивалентное заднее фокусное расстояние системы состоящей из трёх тонких линз в воздухе, если  $-f_1 = f_1' = 100 \text{ мм}$ ,  $-f_2 = f_2' = -40 \text{ мм}$ ,  $-f_3 = f_3' = 50 \text{ мм}$ ,  $d_1 = 70 \text{ мм}$ ,  $d_2 = 20 \text{ мм}$ .
38. Определить высоту изображения, образованного объективом на экране, если предмет имеет высоту  $y = 30 \text{ мм}$  и расположен перед объективом на расстоянии  $a = -110 \text{ мм}$ . Фокусное расстояние объектива, расположенного в воздухе, равно  $100 \text{ мм}$ . Каким должно быть расстояние от объектива до экрана?
39. Тонкий проекционный объектив образует на экране, расположенном справа от объектива на расстоянии  $1,8 \text{ м}$ , действительное изображение высотой  $100 \text{ м}$ . Вычислить фокусное расстояние объектива, если высота предмета  $20 \text{ м}$ .
40. Определить взаимное расположение тонкой линзы с фокусным расстоянием  $100 \text{ мм}$ , предмета и экрана, на который проецируется действительное изображение предмета с пятикратным увеличением.
41. Найти фокусное расстояние тонкой линзы в воздухе, если расстояние между действительным предметом и действительным изображением  $L = 240 \text{ мм}$ , линейное увеличение системы  $\beta = -2$ .
42. Определить фокусное расстояние тонкой линзы, расположенной в воздухе, если  $a' = -100 \text{ мм}$ , линейное увеличение  $\beta = 2$ .
43. Определить величину изображения, создаваемого тонкой линзой в воздухе, если  $AB = y = 30 \text{ мм}$ ,  $-f = f' = 50 \text{ мм}$ , расстояние между предметом и изображением  $L = 300 \text{ мм}$ .
44. Для линзы расположенной в воздухе, найти положение предмета  $AB = y = 10 \text{ мм}$ , если величина изображения  $A'B' = y' = -20 \text{ мм}$ , а отрезок  $z' = 80 \text{ мм}$ .
45. Тонкая линза в воздухе имеет  $-f = f' = 120 \text{ мм}$ . Определить величину изображения предмета  $AB = y = 30 \text{ мм}$ , если отрезок  $z'$  равен  $-60 \text{ мм}$ .
46. Идеальная оптическая система состоит из двух тонких компонентов, расположенных в воздухе на расстоянии  $20 \text{ мм}$  и имеющих фокусные расстояния, равные  $f_1' = 100 \text{ мм}$ ,  $f_2' = -100 \text{ мм}$ . Определить эквивалентное фокусное расстояние и расстояния, определяющие положения переднего и заднего фокусов. При каком промежутке между компонентами фокусное расстояние второго компонента не влияет на значение эквивалентного фокусного расстояния? Как расположены в этом случае передний и задний эквивалентные фокусы?
47. Оптическая система состоит из двух тонких компонентов, расположенных в воздухе:  $f_1' = 139,78 \text{ мм}$ ,  $f_2' = -222,1 \text{ мм}$ ,  $d = 72,2 \text{ мм}$ . Определить фокусное расстояние системы, координаты  $a_F$ ,  $a'_F$ ,  $a_H$ ,  $a'_H$ , а также  $a'_2$ ,  $y'$ , если  $a_1 = -400 \text{ мм}$  и  $y = 25 \text{ мм}$ .
48. Определить эквивалентное фокусное расстояние системы из двух тонких линз с  $f_1' = 20 \text{ мм}$ ,  $f_2' = -40 \text{ мм}$ , если расстояние между ними равно фокусному расстоянию такой линзы, для которой при линейном увеличении  $\beta = -1$  расстояние от переднего фокуса до предмета равно  $-5 \text{ мм}$ .
49. Оптическая система состоит из двух расположенных в воздухе тонких компонентов с фокусными расстояниями  $f_1' = 100 \text{ мм}$  и  $f_2' = -50 \text{ мм}$ . Изображение бесконечно удалённого предмета должно получиться на расстоянии  $200 \text{ мм}$  от



- задней главной плоскости второго компонента. Определить эквивалентное фокусное расстояние системы и расстояние, на котором должны находиться друг от друга главные плоскости компонентов.
50. Перед двухлинзовой оптической системой из тонких линз в воздухе на расстоянии  $a_1 = -170$  мм от первой линзы с  $f_1' = 50$  мм расположен предмет  $AB = y = 10$  мм. Вторая линза с фокусным расстоянием  $f_2' = 60$  мм расположена на расстоянии  $d = 25$  мм от первой линзы. Найти положение изображения предмета относительно второй линзы.
  51. Перед двухлинзовой оптической системой из тонких линз в воздухе на расстоянии  $a_1 = -170$  мм от первой линзы с  $f_1' = 50$  мм расположен предмет  $AB = y = 10$  мм. Вторая линза с фокусным расстоянием  $f_2' = 60$  мм расположена на расстоянии  $d = 25$  мм от первой линзы. Вычислить величину изображения (задачу решать по формулам Гаусса).
  52. Перед двухлинзовой оптической системой из тонких линз в воздухе на расстоянии  $a_1 = -170$  мм от первой линзы с  $f_1' = 50$  мм расположен предмет  $AB = y = 10$  мм. Вторая линза с фокусным расстоянием  $f_2' = 60$  мм расположена на расстоянии  $d = 25$  мм от первой линзы. Вычислить величину изображения (задачу решать по формулам произвольных тангенсов).
  53. Найти графически эквивалентную переднюю главную плоскость системы состоящей из двух тонких линз в воздухе, если  $-f_1 = f_1' = -60$  мм,  $-f_2 = f_2' = 30$  мм,  $d = 50$  мм.
  54. Определить положение и диаметры зрачков в симметричной системе, если  $-f_1 = f_1' = -f_2 = f_2' = 120$  мм;  $d = 50$  мм;  $a_{AD} = 25$  мм;  $D = 20$  мм.
  55. Перед тонкой линзой на расстоянии  $60$  мм установлена диафрагма диаметром  $20$  мм. Фокусное расстояние линзы  $f' = 100$  мм. В задней фокальной плоскости установлена полевая диафрагма диаметром  $10$  мм. Найти угловое поле линзы в пространстве предметов, если предметная плоскость расположена в бесконечности.
  56. Дана оптическая система объектива типа триплет, фокусные расстояния тонких линз которого  $f_1' = 36,59$  мм,  $f_2' = -21,57$  мм,  $f_3' = 33,45$  мм. Расстояние между линзами  $d_1 = 6,4$  мм,  $d_2 = 7,6$  мм. Определить положение и диаметры зрачков, если апертурная диафрагма расположена после второй линзы на расстоянии  $a_{AD} = 5,4$  мм;  $DA_{D'} = 21$  мм.

#### Вопросы рейтинг-контроля №2

1. Основные характеристики оптических материалов.
2. Линзы. Конструктивные параметры. Кардинальные элементы.
3. Линзы. Формы линз (расположение главных точек).
4. Плоские зеркала. Основные закономерности.
5. Сферические зеркала. Основные закономерности.
6. Плоскопараллельные пластины. Основные закономерности.
7. Оптические клинья. Основные закономерности.
8. Призмы. Обозначения призм.
9. Преломляющие призмы. Основные закономерности.
10. Отражательные призмы. Основные закономерности.
11. Расчёт размеров отражательных призм.
12. Примеры призм.
13. Линзы Френеля.
14. Аксиконы.
15. Оптический растр.

#### Задачи рейтинг-контроля №2

1. Найти кардинальные отрезки симметричной двояковыпуклой линзы из стекла  $BK10$  ( $n_e = 1,5713$ ), у которой  $r_1 = 27,3$  мм, толщина линзы  $d = 6$  мм.

2. Определить переднее и заднее фокусные расстояния линзы с конструктивными параметрами  $r_1 = 100 \text{ мм}$ ;  $r_2 = 282,94 \text{ мм}$ ,  $d = 10 \text{ мм}$ , стекло К8 ( $n = 1,5183$ ), если первая среда – воздух, а последняя среда – вода ( $n = 1,333$ ).
3. В результате измерений для линзы определены следующие параметры:  $r_1 = r_2 = 19 \text{ мм}$ ,  $d = 6 \text{ мм}$ ,  $f' = 300 \text{ мм}$ . Чему равен показатель преломления стекла линзы?
4. Определить фокусное расстояние и положение главных точек линзы с  $r_1 = r_2 = 100 \text{ мм}$ ,  $d = 50 \text{ мм}$ ,  $n = 1,5$ .
5. Концентрическая линза с радиусами кривизны поверхностей  $r_1 = 180 \text{ мм}$ ;  $r_2 = 165 \text{ мм}$  выполнена из стекла К8 ( $n_e = 1,5183$ ). Определить фокусное расстояние линзы, толщину линзы и фокальные отрезки. Привести рисунок, на котором показать все кардинальные отрезки концентрической линзы.
6. Симметричная двояковыпуклая линза, сделанная из стекла К8 ( $n_e = 1,5183$ ), имеет фокусное расстояние  $100 \text{ мм}$ , толщину  $5 \text{ мм}$ . Определить радиусы кривизны линзы, расположенной в воздухе.
7. Оптическая система образована двумя зеркалами  $r_1 = -200 \text{ мм}$  и  $r_2 = -40 \text{ мм}$ , расстояние между зеркалами равно  $-83,52 \text{ мм}$ . Рассчитать фокусное расстояние оптической системы, передний и задний фокальные отрезки.
8. За объективом с фокусным расстоянием  $f' = 120 \text{ мм}$ , относительным отверстием  $1:4$ , угловым полем  $2\omega = 12^\circ$  установлена призма на расстоянии  $d_1 = 30 \text{ мм}$ . Входной зрачок совпадает с оправой объектива, принимаемого бесконечно тонким. Найти длину хода луча в призме.
9. Перед плоскопараллельной пластинкой на расстоянии  $s_1 = -100 \text{ мм}$  помещён предмет. Определить положение его изображения и величину продольного смещения луча, если толщина пластинки  $d = 60 \text{ мм}$ , показатель преломления стекла  $n = 1,5$ .

#### Вопросы рейтинг-контроля №3

1. Устройство глаза.
2. Характеристики глаза.
3. Свойства глаза: аккомодация, адаптация и разрешающая способность.
4. Свойства глаза: бинокулярное зрение, стереоскопическое зрение, эметропический глаз.
5. Требования, предъявляемые к визуальному оптическому прибору.
6. Видимое увеличение и разрешающая способность оптического прибора совместно с глазом.
7. Телескопические системы. Зрительная труба Кеплера.
8. Телескопические системы. Зрительная труба Галилея.
9. Телескопические системы. Характеристики.
10. Лупа и её характеристики.
11. Типы луп.
12. Микроскоп и его характеристики.
13. Осветительные системы микроскопов. Осветительная система Кёлера в проходящем свете.
14. Осветительные системы микроскопов. Осветительная система Кёлера в отражённом свете.
15. Простейшие осветительные системы. Коллектор и конденсор.
16. Основные характеристики фотографического объектива. Экспозиция.
17. Глубина резко изображаемого пространства фотографического объектива.
18. Светосила фотографического объектива. Классификация ФО по значению диафрагменного числа.
19. Осветительные системы. Виды осветительных систем.
20. Проектор и его основные характеристики.
21. Проекционные системы. Эпикопическая проекционная система.

22. Проекционные системы. Диаскопическая проекционная система.

Задачи рейтинг-контроля №3

1. В микроскоп видно резкое изображение предмета. Если между предметом и объективом микроскопа ввести плоскопараллельную пластину с  $d = 3 \text{ мм}$ , то для получения резкого изображения нужно передвинуть предметный столик на  $1,16 \text{ мм}$ . Чему равен показатель преломления плоскопараллельной пластины?
2. Луна видна невооружённым глазом под углом  $31'$ . Под каким углом она видна в телескоп, если фокусное расстояние объектива телескопа равно  $2000 \text{ мм}$ , видимое увеличение окуляра  $2,5^{\times}$ .
3. Галилеевский бинокль имеет следующие характеристики:  $\Gamma_T = 3^{\times}$ , световой диаметр объектива  $D_{об} = 32 \text{ мм}$ , диаметр выходного зрачка  $D' = 4 \text{ мм}$ , оптическая длина  $L = 80 \text{ мм}$ , удаление выходного зрачка  $a'_{p'} = 10 \text{ мм}$ . Определить величину и положение входного зрачка, угловое поле бинокля в пространстве предметов.
4. Зрительная труба Кеплера состоит из объектива ( $f'_{об} = 100 \text{ мм}$ ,  $D/f'_{об} = 1:5$ ,  $2\omega = 8^{\circ}$ ) и окуляра ( $f'_{ок} = 20 \text{ мм}$ ). Определить видимое увеличение зрительной трубы, диаметры входного и выходного зрачков и угловое поле окуляра.
5. Вычислить угловой предел разрешения зрительной трубы с видимым увеличением  $10^{\times}$  и диаметром выходного зрачка  $3 \text{ мм}$ , определяемый теорией дифракции; возможностями глаза.
6. Телеобъектив зрительной трубы с увеличением  $\Gamma_T = -20$  состоит из двух тонких компонентов с фокусными расстояниями  $f'_1 = -f'_2 = f' = 200 \text{ мм}$  так, что эквивалентное фокусное расстояние объектива  $f'_{об} = 2f'$ . Определить расстояние между компонентами объектива и длину зрительной трубы. Окуляр считать тонким.
7. Определить положение входного зрачка в телескопической системе Кеплера длиной  $150 \text{ мм}$ , если фокусное расстояние объектива  $f'_{об} = 120 \text{ мм}$ , удаление выходного зрачка  $s'_{p'} = 35 \text{ мм}$ , задний фокальный отрезок окуляра  $30 \text{ мм}$ .
8. В зрительной трубе фокусное расстояние объектива  $f'_{об} = 150 \text{ мм}$ , фокусные расстояния компонентов симметричной оборачивающей системы  $f'_3 = f'_4 = 200 \text{ мм}$ , воздушный промежуток между этими компонентами  $d_3 = 80 \text{ мм}$ . Определить фокусное расстояние коллектива, принимая во внимание, что апертурная диафрагма находится в середине воздушного промежутка  $d_3$ , а  $a'_{p'} = 0$ .
9. При длине механического тубуса  $130 \text{ мм}$  видимое увеличение микроскопа  $-19$ . Как изменится увеличение этого микроскопа, если длина механического тубуса станет 1)  $160 \text{ мм}$ ; 2)  $190 \text{ мм}$ ? Фокусное расстояние объектива микроскопа  $33,1 \text{ мм}$ , а видимое увеличение окуляра  $7^{\times}$ .
10. Определить глубину резко изображаемого пространства микроскопа, состоящего из объектива  $90 \times 1,25$  и окуляра с фокусным расстоянием  $25 \text{ мм}$ .
11. Какой наибольшей величины объект можно рассмотреть в микроскоп, у которого видимое увеличение  $-400$ , видимое увеличение окуляра  $10^{\times}$ , линейное поле окуляра  $14 \text{ мм}$ ?
12. В металлографическом микроскопе, длина тубуса которого принята равной бесконечности, используется объектив с фокусным расстоянием  $40 \text{ мм}$  и числовой апертурой  $0,1$ . Фокусное расстояние тубусной линзы  $250 \text{ мм}$ . Найти полезное увеличение микроскопа и подобрать окуляр из имеющегося набора: видимое увеличение  $6,3^{\times}$ ;  $10^{\times}$ ;  $12,5^{\times}$ ;  $16^{\times}$ ;  $20^{\times}$ ;  $25^{\times}$ .
13. Определить фокусное расстояние объектива микроскопа с видимым увеличением  $-400$ . Фокусное расстояние окуляра равно  $25 \text{ мм}$ . Расстояние между предметом и его изображением после объектива  $180 \text{ мм}$ . Компоненты микроскопа считать бесконечно тонкими.
14. Определить линейное поле и диаметр выходного зрачка микроскопа с объективом  $8 \times 0,2$  и окуляром с фокусным расстоянием  $25 \text{ мм}$  и угловым полем  $30^{\circ}$ .

15. Наибольшая апертура оптического микроскопа 1,6. Какова разрешающая способность микроскопа в видимой области спектра?
16. Определить глубину резко изображаемого пространства биологического микроскопа, укомплектованного ахроматическим объективом  $10\times 0,3$  и окуляром с видимым увеличением  $10\times$ . Наблюдения выполняются в свете с длиной волны  $0,0005$  мм.
17. Определить предел разрешения металлографического микроскопа, укомплектованного планахроматом с фокусным расстоянием  $6,3$  мм; тубусной линзой с фокусным расстоянием  $250$  мм и окуляром с видимым увеличением  $10\times$ . Диаметр выходного зрачка равен  $0,82$  мм. Наблюдения выполняются в свете с длиной волны  $0,0005$  мм.
18. Определить глубину резко изображаемого пространства металлографического микроскопа при наблюдении в свете с длиной волны  $0,56$  мкм. Микроскоп состоит из: объектива с фокусным расстоянием  $25$  мм и числовой апертурой  $0,2$ ; тубусной линзы с фокусным расстоянием  $250$  мм и окуляра с видимым увеличением  $12,5\times$ .
19. Найти приращение видимого увеличения микроскопа с фокусными расстояниями объектива и окуляра  $15$  мм  $25$  мм соответственно при увеличении оптической длины тубуса на  $10, 20, 30$  мм.
20. Аэрофотографирование ведётся с самолёта, летящего на высоте  $5000$  м со скоростью  $450$  км/ч, фотоаппаратом с объективом, имеющим фокусное расстояние  $300$  мм. Допустимый сдвиг изображения за время экспонирования составляет  $0,03$  мм. Какова максимальная выдержка?
21. С какого максимального расстояния можно сфотографировать машинописный текст с высотой букв  $2,2$  мм с применением объектива с фокусным расстоянием  $1000$  мм? Фотографическая разрешающая способность составляет  $18$  мм<sup>-1</sup>. Разместится ли вся машинописная страница в кадре  $24\times 36$  мм? Принять во внимание, что площадь страницы, заполненная текстом, составляет  $180\times 250$  мм.
22. Определить наименьший размер предметов, которые можно рассмотреть на аэрофотоснимке, если высота съёмки  $20$  км, фокусное расстояние аэрофотообъектива  $2000$  мм, относительное отверстие  $1:11$ . Разрешающая способность фотоплёнки  $100$  мм<sup>-1</sup>, а разрешающая способность аэрофотообъектива вычисляется по формуле  $550/K$ .
23. Определить глубину изображаемого пространства при рассматривании изображения глазом ( $L = 250$  мм). Расстояние до предмета  $p_1 = 2000$  мм, увеличение  $\beta_{об} = -0,1$ ; объектив имеет фокусное расстояние  $200$  мм, диафрагменное число  $\delta$ , увеличение в зрачках  $\beta_p = 1$ .
24. Определить глубину резкости при рассматривании изображения глазом ( $L = 250$  мм). Расстояние до предмета  $p_1 = 2000$  мм, увеличение  $\beta_{об} = -0,1$ ; объектив имеет фокусное расстояние  $200$  мм, диафрагменное число  $\delta$ , увеличение в зрачках  $\beta_p = 1$ .
25. Фотографический объектив с фокусным расстоянием  $50$  мм установлен на дистанцию съёмки  $3$  м. Найти передний и задний планы при диафрагменном числе  $3,5$  и диаметре пятна нерезкости  $0,03$  мм.
26. С помощью объектива с фокусным расстоянием  $58$  мм необходимо сфотографировать пространство от  $3,5$  м до бесконечности. Определить необходимое для этого диафрагменное число и дистанцию фокусировки, если диаметр допустимого пятна нерезкости  $0,03$  мм.
27. Найти диаметр изображения искусственного спутника Земли, имеющего диаметр  $50$  см и пролетающего на высоте  $500$  км, при фотографировании его фотоаппаратом с объективом, у которого фокусное расстояние  $f_{об} = 100$  мм.
28. Какие колебания высоты самолёта допустимы при аэрофотосъёмке объективом с фокусным расстоянием  $600$  мм и диаметром входного зрачка  $60$  мм, если допустимый кружок нерезкости изображения  $0,2$  мм, а масштаб съёмки  $1:5000$ ? С

- какой высоты производится съёмка? Как изменится допустимое колебание высоты, если при тех же прочих условиях задиафрагмировать объектив до отверстия  $6 \text{ мм}$ ?
29. Определить наименьшую высоту, с которой возможно аэрофотографирование объективом с фокусным расстоянием  $50 \text{ см}$  при времени выдержки  $1/200 \text{ с}$  и скорости самолёта  $720 \text{ км/ч}$ , если допустимый сдвиг изображения  $0,2 \text{ мм}$ .
  30. Какую фотографическую разрешающую способность должен иметь объектив, который позволил бы сфотографировать на кадр  $24 \times 36 \text{ мм}$  машинописную страницу с высотой букв текста  $2,2 \text{ мм}$ ? Определить фокусное расстояние объектива, если расстояние от текста форматом  $210 \times 300 \text{ мм}$  до плоскости изображения составляет  $600 \text{ мм}$ .
  31. Светящееся тело лампы накаливания размером  $2,8 \times 2 \text{ мм}$  проецируется на экран линзой со световым диаметром  $30 \text{ мм}$ . Расстояние от линзы до экрана составляет  $5 \text{ м}$ . Полный световой поток лампы  $250 \text{ лм}$ . Определить освещённость изображения. Потери света в линзе пренебречь.
  32. Изображение Солнца сфокусировано на листе бумаги с помощью линзы с фокусным расстоянием  $50 \text{ мм}$  и световым диаметром  $10 \text{ мм}$ . Определить диаметр изображения и его освещённость, полагая яркость Солнца  $L_{\text{Солн}} = 1,5 \cdot 10^9 \text{ кд/м}^2$ , а его угловой диаметр  $2\omega = 30'$ . Коэффициент пропускания линзы  $\tau = 0,9$ .

**Промежуточная аттестация** проходит в форме экзамена.

Вопросы к экзамену

1. Основные определения и понятия геометрической оптики.
2. Правила знаков в прикладной оптике.
3. Законы геометрической оптики.
4. Кардинальные элементы идеальной оптической системы. Положительная и отрицательная оптическая система.
5. Зависимости между положениями и размерами предмета и изображения (характерные расстояния).
6. Три типа увеличения.
7. Четыре способа построения хода луча через идеальную оптическую систему.
8. Расчёт хода луча через идеальную оптическую систему (основные формулы).
9. Передняя и задняя главные точки многокомпонентной оптической системы. Эквивалентное фокусное расстояние.
10. Диафрагмы и их назначение.
11. Апертурная диафрагма. Входной и выходной зрачки.
12. Определение положения апертурной диафрагмы в оптической системе с большим количеством диафрагм.
13. Полевая диафрагма. Линейное и угловое поля оптической системы.
14. Виньетирующая диафрагма. Входное и выходное окна. Коэффициент виньетирования.
15. Определение действующего отверстия входного зрачка.
16. Основные характеристики оптических материалов.
17. Линзы. Конструктивные параметры. Кардинальные элементы.
18. Линзы. Формы линз (расположение главных точек).
19. Плоские зеркала. Основные закономерности.
20. Сферические зеркала. Основные закономерности.
21. Плоскопараллельные пластины. Основные закономерности.
22. Оптические клинья. Основные закономерности.
23. Преломляющие призмы. Основные закономерности.
24. Отражательные призмы. Основные закономерности.
25. Линзы Френеля.
26. Аксиконы.
27. Оптический растр.
28. Устройство глаза. Характеристики глаза. Свойства глаза.

29. Телескопические системы. Зрительная труба Кеплера.
30. Телескопические системы. Зрительная труба Галилея.
31. Лупа и её характеристики.
32. Микроскоп и его характеристики.
33. Фотографический объектив. Основные характеристики.
34. Простейшие осветительные системы. Коллектор и конденсор.
35. Осветительные системы микроскопов. Осветительная система Кёлера.
36. Осветительные системы. Виды осветительных оптических систем.
37. Проектор и его основные характеристики.
38. Проекционные системы. Эпикопическая проекционная система.
39. Проекционные системы. Диаскопическая проекционная система.

#### Задачи к экзамену

1. Вывести формулы для определения длины отрезков  $a_1$  и  $a_2$ , а также фокусного расстояния, если линейное увеличение при смещении оптического компонента изменяется в  $k$  раз, а расстояние между предметом и изображением, равное  $L$ , остаётся постоянным.
2. Требуется сфотографировать чертёж размерами  $50 \times 75 \text{ см}^2$  с помощью объектива, фокусное расстояние которого равно  $150 \text{ мм}$ . На каком расстоянии от объектива следует поместить чертёж, чтобы изображение на пластинке имело размеры  $10 \times 15 \text{ см}^2$ ?
3. При проецировании фильма с кадром  $24 \times 36 \text{ мм}$  на весь экран, имеющий размер  $1200 \times 1800 \text{ мм}$  с помощью объектива с фокусным расстоянием  $f' = 100 \text{ мм}$  длина зала должна быть не менее  $5,1 \text{ м}$ . Длина имеющегося зала не может быть более  $3,5 \text{ м}$ . В этом случае изображение займёт лишь часть экрана. Определить размер изображения на экране.
4. Телеобъектив состоит из положительного тонкого компонента с фокусным расстоянием  $f_1' = 300 \text{ мм}$  и отрицательного компонента с  $f_2' = -100 \text{ мм}$ , расстояние между компонентами  $d = 275 \text{ мм}$ . Определить положение плоскости плёнки относительно второго компонента, если предмет расположен перед первым компонентом на расстоянии  $10 \text{ м}$ .
5. Определить взаимное расположение тонкой линзы с фокусным расстоянием  $130 \text{ мм}$ , расположенной в воздухе, предмета и экрана, на которой проецируется с помощью этой линзы действительное изображение предмета с пятикратным увеличением. Как изменятся эти расстояния, если вторая среда – вода ( $n_a = 1,333$ )?
6. На расстоянии  $s_1 = 50 \text{ мм}$  и  $s_2 = 100 \text{ мм}$  от источника света ( $2y = 20 \text{ мм}$ ) установлены диафрагмы с отверстиями, радиусы которых  $R_1 = 15 \text{ мм}$  и  $R_2 = 20 \text{ мм}$ . Определить, исходя из законов прямолинейного и независимого распространения света, размеры зон тени и полутени на экране, расположенном на расстоянии  $s_3 = 500 \text{ мм}$  от источника света, если центры источника света, диафрагм и экрана лежат на одной прямой.
7. На сколько изменится кажущаяся глубина водоёма, если сначала смотреть на такую точку дна, что луч зрения оказывается перпендикулярным к поверхности воды, а затем смотреть на точку дна, которая удалена от первой на  $1 \text{ м}$ ? Глубина водоёма  $2 \text{ м}$ . Показатель преломления воды  $1,33$ .
8. На пути светового луча, идущего из воздуха, поставили пластину из стекла с  $n_2 = 1,5183$ , поверхности которой параллельны друг другу. Толщина пластины  $d = 4 \text{ мм}$ . Как изменится оптическая длина пути луча, если луч  $AB$  будет падать на пластину: а) нормально; б) под углом  $30^\circ$ .
9. Предмет  $y = 100 \text{ мм}$  расположен на расстоянии  $s = -450 \text{ мм}$  от вогнутого зеркала с  $r = -200 \text{ мм}$ . Определить  $y', s', \beta, D_{\text{ПД}}$ , а также  $a_{\text{Р}'}$  и  $D'$ , если апертурная диафрагма расположена впереди зеркала на расстоянии  $70 \text{ мм}$  и  $D_{\text{Ад}} = 50 \text{ мм}$ .

10. Позади лупы с фокусным расстоянием  $f' = 50 \text{ мм}$  на расстоянии  $a' = 25 \text{ мм}$  расположен глаз наблюдателя, диаметр зрачка которого равен  $3 \text{ мм}$ . Определить положение и диаметры зрачков.
11. Телеобъектив состоит из двух тонких компонентов, расположенных на расстоянии  $d = 120 \text{ мм}$  друг от друга. Фокусное расстояние первого компонента  $f_1' = 200 \text{ мм}$ , второго  $f_2' = -100 \text{ мм}$ . Посередине между компонентами установлена апертурная диафрагма диаметром  $70 \text{ мм}$ . Определить положение входного зрачка телеобъектива относительно первого компонента и выходного зрачка – относительно второго компонента. Найти линейное увеличение в зрачках.
12. Перед тонкой линзой на расстоянии  $60 \text{ мм}$  установлена диафрагма диаметром  $20 \text{ мм}$ . Фокусное расстояние линзы  $f' = 100 \text{ мм}$ . Найти угловое и линейное увеличение в зрачках.
13. Дана двояковыпуклая линза из стекла  $BK10$  ( $n_e = 1,5713$ ), с  $r_1 = 27,3 \text{ мм}$  и толщиной  $d = 6 \text{ мм}$ . При какой толщине линза станет телескопической?
14. Найти толщину линзы с конструктивными параметрами  $r_1 = 40 \text{ мм}$ ;  $r_2 = -30 \text{ мм}$ ,  $n_D = 1,5163$ , при которой она станет афокальной. При расчёте не использовать формулу оптической силы линзы.
15. Линза имеет следующие конструктивные параметры:  $r_1 = 120 \text{ мм}$ ;  $r_2 = 100 \text{ мм}$ ,  $d = 20 \text{ мм}$ , стекло  $K8$  ( $n = 1,5183$ ) и расположена в воздухе. Определить тип линзы, её фокусное расстояние  $f'$  и фокальные отрезки  $s_F$ ,  $s'_F$ . Определить положение  $s_{H'}$ ,  $s'_{H'}$  главных точек, не пользуясь формулами.
16. В линзе-шаре задний фокус совпадает с вершиной второй поверхности. Определить показатель преломления стекла  $n_e$ .
17. Оптическая сила положительной линзы  $5 \text{ дптр}$ , отрицательной линзы –  $3 \text{ дптр}$ . Найти фокусное расстояние системы, которая получится, если линзы расположены вплотную.
18. Пучок параллельных лучей падает на плоскопараллельную пластину ( $d = 20 \text{ мм}$ ,  $n = 1,5$ ). В начальном положении пластина перпендикулярна пучку, затем её поворачивают на  $5^\circ$ . Чему равно поперечное смещение лучей пучка?
19. Вычислить положение входного зрачка в трубе Галилея, состоящей из тонкого объектива с фокусным расстоянием  $90 \text{ мм}$  и тонкого окуляра с фокусным расстоянием  $-30 \text{ мм}$ , если глаз удалён от окуляра на расстояние  $12,6 \text{ мм}$ . Какое угловое поле будет иметь труба, если относительное отверстие объектива  $1:5$ ?
20. Фокусное расстояние объектива зрительной трубы прямого изображения  $f_1' = 150 \text{ мм}$ , а оборачивающей линзы  $f_3' = 50 \text{ мм}$ . Видимое увеличение трубы  $\Gamma_T = 6^\times$ , а увеличение оборачивающей линзы  $\beta = -1$ . Определить фокусное расстояние коллектива и длину зрительной трубы.
21. Зрительная труба с фокусным расстоянием объектива  $f_{об}' = 500 \text{ мм}$  установлена на бесконечность. На какое расстояние  $\Delta d$  надо передвинуть окуляр трубы, чтобы ясно видеть предметы на расстоянии  $50 \text{ м}$ ?
22. Для рассматривания мелких организмов применяют лупу Стенхопа, которая представляет собой положительную концентрическую линзу с  $r_2 = -(1/3)d$ . Определить положение фокусов и главных плоскостей лупы из стекла с показателем преломления  $n = 1,5$ . Где должен располагаться предмет, рассматриваемый через такую лупу?
23. Для рассматривания мелких организмов применяют лупу Стенхопа, которая представляет собой положительную концентрическую линзу с  $r_2 = -(1/3)d$ . Вычислить радиусы кривизны, толщину, фокусные расстояния и фокальные отрезки лупы, у которой видимое увеличение  $25$ . Показатель преломления принять равным  $n = 1,5$ .
24. Определить конструктивные параметры однолинзовой лупы в виде симметричной двояковыпуклой линзы с видимым увеличением  $4$ , линейным полем  $2y = 45 \text{ мм}$ ,

диаметром выходного зрачка  $D' = 4 \text{ мм}$ , удалением выходного зрачка  $a_{p'}$  = 35 мм. Показатель преломления принять равным  $n = 1,5$ .

25. Отсчётный микроскоп имеет видимое увеличение  $-200$ , фокусное расстояние окуляра 25 мм. Апертурная диафрагма расположена в задней фокальной плоскости объектива и её диаметр равен 7 мм. Расстояние между предметом и его изображением после микрообъектива  $L = 192 \text{ мм}$ . Объектив считать бесконечно тонким компонентом. Найти положение и диаметр выходного зрачка микроскопа.
26. Отсчётный микроскоп имеет видимое увеличение  $-200$ . Видимое увеличение окуляра  $10^{\times}$ . Расстояние между предметом и изображением после микрообъектива  $L = 192 \text{ мм}$ . Каким должен быть диаметр апертурной диафрагмы, установленной в задней фокальной плоскости микрообъектива, если диаметр выходного зрачка микроскопа  $D' = 1 \text{ мм}$ ? Объектив и окуляр считать бесконечно тонкими компонентами.
27. Предмет расположен на расстоянии 1,55 мм перед точкой переднего фокуса объектива микроскопа с фокусным расстоянием 15,5 мм. Изображение после объектива рассматривается через окуляр с фокусным расстоянием 20 мм. Найти видимое увеличение микроскопа и оптическую длину тубуса.
28. В визирном микроскопе фокусное расстояние объектива  $f_{об}' = 30 \text{ мм}$ , фокусное расстояние окуляра  $f_{ок}' = 20 \text{ мм}$ , расстояние между бесконечно тонкими компонентами объектива и окуляра  $d = 110 \text{ мм}$ . Диаметр апертурной диафрагмы  $D_{ад} = 10 \text{ мм}$ . Найти размер выходного зрачка, если предметная плоскость расположена на расстоянии  $a_l = -45 \text{ мм}$ .
29. Фотообъектив с фокусным расстоянием 50 мм установлен на дистанцию съёмки 4 м. Найти передний и задний планы относительно плоскости плёнки при диафрагменном числе 5,6 и диаметре пятна рассеяния  $\delta' = 0,04 \text{ мм}$ .
30. Фотообъективом с фокусным расстоянием 28 мм необходимо сфотографировать пространство от 3 м до бесконечности. Определить диафрагменное число и дистанцию фокусировки, если допустимый кружок рассеяния  $\delta' = 0,03 \text{ мм}$ .
31. Какую фотографическую разрешающую способность должен иметь объектив, который позволил бы сфотографировать на кадр 24×36 мм машинописную страницу с высотой букв текста 2,2 мм? Определить фокусное расстояние объектива, если расстояние от текста форматом 210×300 мм до плоскости изображения составляет 600 мм, линейный предел разрешения фотослоя  $\delta' = 0,04 \text{ мм}$ .

**Самостоятельная работа студентов** включает в себя:

1. Аудиторная самостоятельная работа студента по дисциплине выполняется на лабораторных и практических занятиях при решении задач.

2. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом при углубленном изучении дисциплины по теме пройденной лекции, при подготовке к лабораторным работам, при выполнении курсовой работы. Основной формой самостоятельной работы студента является изучение конспекта лекций, рекомендованной литературы.

#### Выполнение курсовой работы

Курсовая работа выполняется по теме «Расчет оптической системы для фокусировки лазерного излучения». Для каждого студента определены индивидуальные начальные технические параметры, по которым производится расчет.

#### Задания по вариантам для выполнения курсовой работы

Вариант	Длина волны излучения, $\lambda$ (тип лазера)	Радиусы кривизны зеркал резонатора, $r_1$ и $r_2$	Длина резонатора, $L$	Диаметр луча на обрабатываемой поверхности, $d = 2y''$	Расстояние до обрабатываемой поверхности, $a$	Поворот оптической оси
1	10,6 мкм CO <sub>2</sub> -лазер	5 м -5 м	0,8 м	200 мкм	1 м	Одно поворотное



2	0,6943 мкм рубиновый лазер	250 мм -250 мм	500 мм	0,05 мм	3000 мм	зеркало нет
3	632,8 нм He-Ne-лазер	200 мм -200 мм	30 см	0,002 мм	0,7 м	нет
4	0,448 мкм аргоновый лазер	300 мм -260 мм	450 мм	1 мм	30 см	нет
5	510,6 нм лазер на парах меди	0,75 м -0,75 м	1,5 м	3 мм	1,5 м	Одно поворотное зеркало
6	340 нм лазер на красителях	400 мм -400 мм	0,6	0,8 мм	600 мм	нет
7	337 нм азотный лазер	20 см -20 см	250 мм	2 мм	780 мм	Одно поворотное зеркало
8	116,1 нм водородный атом	120 мм -120 мм	240 мм	0,7 мм	350 см	нет
9	676,4 нм криптоновый лазер	140 см -140 см	70 см	0,3 см	5 м	нет
10	193 нм, эксимерный лазер	80 см -60 см	120 см	200 мкм	2 м	нет
11	1,06 мкм неодимовый лазер	400 мм -400 мм	280 мм	0,5 мм	540 мм	Одно поворотное зеркало
12	1,03 мкм, Yb-ИАГ-лазер	1 м -1 м	1,1 м	0,02 мм	0,8 м	нет
13	627 нм, лазер на парах золота	50 см -50 см	0,75 м	0,1 см	670 мм	нет
14	440 нм, He-Cd-лазер	175,5 мм -175,5 мм	350 мм	1 мм	60 см	Одно поворотное зеркало
15	1100 нм, титан- сапфировый лазер	0,5 м -0,5 м	0,45 м	0,008 мм	950 мм	нет
16	1,315 мкм, химический лазер	3 м -3 м	560 мм	0,06 мм	580 см	Одно поворотное зеркало
17	1,06 мкм Nd-ИАГ лазер	1 м -0,6 м	0,9 м	125 мкм	850 мм	нет

Самостоятельная работа завершает задачи всех других видов учебного процесса и может осуществляться на лекциях, семинарах, практических занятиях, лабораторных занятиях, консультациях. Как форма организации учебного процесса самостоятельная работа студентов представляет собой целенаправленную систематическую деятельность по приобретению знаний, осуществляемую вне аудитории.

Контроль выполнения самостоятельной работы осуществляется в ходе выполнения и защиты лабораторных работ по дисциплине, при выполнении практических заданий, при защите курсовой работы, на экзамене.

#### Вопросы для контроля самостоятельной работы

1. Монохроматические и хроматические аберрации.
2. Монохроматические аберрации. Разложение Зейделя.
3. Разложение Зейделя. Сферическая аберрация.

4. Разложение Зейделя. Кома. Дисторсия.
5. Астигматизм и кривизна поля.
6. Хроматические aberrации. Хроматизм положения.
7. Хроматизм увеличения. Вторичный спектр.
8. Расчёт aberrаций оптической системы (основные положения).
9. Суммирование aberrаций.
10. Объективы зрительных труб.
11. Окуляры зрительных труб.
12. Объективы микроскопов. Классификация.
13. Окуляры микроскопов.
14. Классификация фотографических объективов. Широкоугольные и узкоугольные ФО.
15. Классификация фотографических объективов. Нормальные ФО и ФО с переменным фокусным расстоянием.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **а) основная литература\*:**

1. Варданян В.А. Физические основы оптики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Варданян В.А.— Электрон.текстовые данные.— Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015.— 235 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40554>.— ЭБС «IPRbooks».

2. Шандаров В.М. Основы физической и квантовой оптики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шандаров В.М.— Электрон.текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 197 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14018>.— ЭБС «IPRbooks».

3. Одинокоев С.Б. Расчет, конструирование и изготовление дифракционных и голограммных оптических элементов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Одинокоев С.Б., Сагателян Г.Р., Ковалев М.С.— Электрон.текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014.— 124 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31628>.— ЭБС «IPRbooks».

### **б) дополнительная литература\*:**

1. Якушенков Ю.Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов [Электронный ресурс]: учебник/ Якушенков Ю.Г.— Электрон.текстовые данные.— М.: Логос, 2011.— 568 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/9130>.— ЭБС «IPRbooks».

2. Жорина Л.В. Оптика [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Жорина Л.В., Старшинов Б.С.— Электрон.текстовые данные.— М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011.— 88 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/31128>.— ЭБС «IPRbooks».

3. Прикладная оптика: учебное пособие для вузов по направлению 200200 - Опотехника и оптическим специальностям / Л. Г. Бебчук [и др.]; под ред. Н. П. Заказнова.— Изд. 3-е, стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2009 .— 312 с. : ил., табл. — (Учебники для вузов, Специальная литература) .— Библиогр.: с. 300-301 .— Предм. указ.: с. 302-308 .— Имен. указ.: с. 309 .— ISBN 978-5-8114-0757-6.

### **в) периодические издания:**


1. Оптический журнал, ISSN: 0030-4042.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные аудитории оснащены доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

Аудитории для проведения занятий оснащены современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением (пакет ZEMAX, система математических и инженерных расчётов MATLAB).

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии.

Рабочую программу составил старший преподаватель кафедры ФиПИМ С.В.Жирнова   
(ФИО, подпись)

Рецензент  
(представитель работодателя)  м. спец. научно-тех. оценок ФКП УГНУ  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПИМ  
Протокол № 2а от 13.10.15 года  
Заведующий кафедрой Аракелян С.М.  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии  
Протокол № 20 от 13.10.15 года  
Председатель комиссии Аракелян С.М.  
(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_