

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Прикладная оптика

: 12.03.03

, :

-
: 3 4, : 6 7

		6	7
1	()	4	4
2		144	144
3	, .	76	80
4	, .	36	36
5	, .	18	18
6	, .	18	18
7	, .	48	24
8	, .	2	2
9	, .	2	6
10	, .	68	64
11	(, ,)		
12			

(): 12.03.03

958 03.09.2015 ., : 07.10.2015 .

: 1,

(): 12.03.03

, _____ 20.06.2017

- , 3 21.06.2017

:

, . . .

:

.

:

. . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ПК.1 способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
1.	
Компетенция ФГОС: ПК.13 способность к разработке планов конструкторско-технологических работ и контролю за их выполнением, включая обеспечение соответствующих служб необходимой технической документацией, материалами, оборудованием; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
1.	
Компетенция ФГОС: ПК.2 готовность к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
1.	
Компетенция ФГОС: ПК.5 способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схематехническом и элементном уровнях; <i>в части следующих результатов обучения:</i>	
1.	

2.

2.1

, , ,) (
.5. 1 , , , ,	
1.об общем подходе к описанию оптических систем;	; ; ;
.2. 1	
2.о матричных методах исследования оптических схем в параксиальном приближении;	; ; ;
3.о методах расчёта лазерных оптических систем, использующих гауссовы лазерные пучки;	; ; ;
4.о методах расчёта оптических систем, имеющих ограничения пучков;	; ; ;
.5. 1 , , , ,	

5.о методах анализа перспективы изображения, создаваемого оптическими системами;	;	;
.2. 1		
6.о методах расчёта влияния аберраций на качество изображения в оптических системах;	;	;
7.о матричных методах оценки хроматических аберраций в параксиальном приближении;	;	;
.5. 1		
8.о расчёте простых склеенных ахроматических линз и ахроматических систем;	;	;
.13. 1		
9.о расчёте стереоскопических систем;	;	;
.2. 1		
10.о расчёте катадиоптрических и зеркальных систем, а также схем с градиентными линзами и градиентными оптическими волокнами;	;	
.1. 1		
11.о расчёте тонких исправленных склеенных линз с заранее известными основными оптическими параметрами для телескопических систем;	;	;
.2. 1		
12.о расчёте асферических линз различного назначения;	;	;
.5. 1		
13.о габаритном расчёте сложных оптических систем;	;	;
.2. 1		
14.теорию оптических систем в параксиальном приближении;	;	;
.5. 1		
15.влияние апертурных факторов на свойства оптических систем;	;	;
.1. 1		

16. влияние аберраций на качество изображения;	;	;
.13. 1 - , ,		
17. апланатические оптические системы;		
.1. 1		
18. аберрации зеркальных систем;	;	
.13. 1 - , ,		
19. аберрации асферических систем;	;	;
.1. 1		
20. аберрации тонких оптических систем;	;	;
.5. 1 , , , ,		
21. принципы построения оптических систем различного назначения;	;	;
.2. 1		
22. проводить расчёт оптических систем любой сложности в параксиальном приближении;	;	;
.5. 1 , , , ,		
23. рассчитывать влияние апертурных факторов на функциональные возможности и качество работы оптических систем;	;	;
.2. 1		
24. рассчитывать влияние хроматических искажений на качество работы оптических систем в параксиальном приближении;	;	;
.5. 1 , , , ,		
25. рассчитывать влияние аберраций третьего и пятого порядка на качество работы оптических систем;	;	;
26. рассчитывать ахроматические тонкие объективы;	;	;
.2. 1		
27. рассчитывать склеенные тонкие линзы с заданными значениями основных оптических параметров (C,P,W);	;	;

28.рассчитывать лазерные оптические системы различного назначения;	;	;
.13. 1		
29.рассчитывать менисковые очковые линзы для коррекции зрения;	;	;
.5. 1		
30.рассчитывать асферические оптические системы различного назначения;	;	;
31.рассчитывать системы из двух склеенных линз с заданными оптическими свойствами для использования в телескопических системах.	;	;
.1. 1		
32.уметь проводить экспериментальные измерения оптических, фотометрических и электрических величин и исследования различных объектов по заданной методике	;	;
.5. 1		
33.уметь анализировать, рассчитывать, проектировать и конструировать в соответствии с техническим заданием типовые системы, приборы, деталей и узлов оплотехники на схмотехническом и элементном уровнях	;	;
.13. 1		
34.знать нормативные документы по разработке технических заданий на конструирование отдельных узлов приспособлений, оснастки и специального оборудования, предусмотренных технологией	;	;

3.

3.1

	,	.		
: 6				
:				
1. : , , , , , , , .	1	1	1, 16, 17, 23	
2. . . .	2	2	1, 13, 14, 15, 20	
3. .	1	1	14, 21	
:				

4.	2	2	1, 13, 14, 20, 7	
5.	2	2	1, 13, 14, 20, 22, 7	
6.	0	2	1, 13, 14, 20, 3	
7.	0	2	1, 21, 4	
8.	2	2	20, 22, 5, 6, 7, 8	
9.	2	2	11, 15, 16, 26, 6, 9	
10.	0	2	26	
11.	2	2	26	
12.	0	2	15, 16, 17, 24, 25, 28, 6	
:				
13.	2	2	18, 19, 20, 22, 6, 7, 8, 9	
14.	0	2	2, 20, 24, 6, 7, 8, 9	
15.	2	2	11, 23, 24, 25, 28, 6	
16.	0	2	11, 15, 16, 6, 9	
17.	2	2	11, 23, 24, 25, 28, 6	
18.	4	4	15, 16, 17, 24, 25, 28, 29, 6	
:7				
:				

19.	0	2	20, 21, 27, 28, 4	
20.	2	2	20, 21, 27, 28, 4	
21.	0	2	20, 21, 27, 28, 29, 4	
22.	0	2	1, 11, 12, 19, 20, 21, 25, 26, 28, 29, 4, 5	
:				
23.	2	2	1, 11, 12, 19, 20, 21, 25, 26, 28, 4, 5	
24.	0	2	15, 16, 17, 28, 6, 9	
25.	0	2	1, 12, 19, 2, 20, 21, 4, 6, 7, 8	
:				
26.	2	2	1, 13, 21	
: , -				
27.	0	2	1, 10, 12, 13, 17, 19, 30	
28.	0	2	1, 10, 12, 13, 17, 18, 19	
29.	0	2	10, 12, 20, 23, 6	
30.	2	2	18, 24, 25, 28, 6	
:				
31.	0	2	13, 15, 17, 19, 23, 6, 7, 8	

32.	0	2	2, 20, 24, 6, 7, 8, 9	
33.	2	2	20, 21, 27, 28	
34.	0	2	15, 16, 17, 24, 25, 28, 6	
35.	2	2	18, 24, 25, 28, 31, 6	
36.	0	2	1, 13, 2, 20	

3.2

: 6				
:				
1.	2	2	2, 21, 22, 28, 31, 32, 33, 34	
2. ()	2	2	2, 22, 32, 33, 34, 5, 6	
3.	0	2	1, 21, 22, 31, 32, 33	
4.	2	2	20, 21, 22	
5.	2	2	14, 21, 22	
:				
6.	0	4	13, 14, 19, 21, 4, 5	().

7.	-5.	2	2	21, 22	.
:					
8.	.	2	2	16, 20, 6	.
:7					
:					
9.	.	2	2	13, 14, 21	.
10.	.	2	2	14, 15, 16	.
11.	, .	2	2	11, 15, 18, 19, 22, 23, 6	.
:					
12.	.	0	2	11, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 7, 8, 9	,
:					
13.	-23.	0	2	14, 15, 16, 22, 30, 5	.
: , -					
14.	, .	0	2	14, 15, 18, 19, 4, 6, 8	()
15.	, .	0	2	1, 27, 30, 31	.
16.	.	0	2	27, 31	, .
:					

17.	0	2	15, 23, 26, 27, 29, 6	
-----	---	---	--------------------------	--

3.3

: 6				
:				
1.	0	4	1, 10, 12, 13, 14, 16, 19, 2, 20, 21, 22, 26, 28, 32, 33, 34, 4, 5, 7	
2.	4	4	1, 10, 12, 13, 2, 4, 7	
:				
3.	4	4	1, 2, 4, 5	
:				
4.	4	4	1, 13, 15, 2, 22, 24, 26, 27, 5, 6, 7, 8, 9	n.
5.	0	2	1, 2, 22, 31, 5, 6, 7, 8, 9	
: 7				
:				
6.	2	2	1, 2, 22, 5, 6, 7, 8, 9	

: , 2015. - 107, [1] .: .. - : / . . . ; - . - . . . , 2015. - 107, [1] .: .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000222730			
: 7			
1		12, 13	15 0
: , 2015. - 107, [1] .: .. - : / . . . ; - . - . . . , 2015. - 107, [1] .: .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000222730			
2		5, 6	44 0
: , 2015. - 107, [1] .: .. - : / . . . ; - . - . . . , 2015. - 107, [1] .: .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000222730			
3		12, 13	5 6
: , 2015. - 107, [1] .: .. - : / . . . ; - . - . . . , 2015. - 107, [1] .: .. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000222730			

5.

(. 5.1).

5.1

5.2

1	.5;
Формируемые умения: у1. уметь анализировать, рассчитывать, проектировать и конструировать в соответствии с техническим заданием типовые системы, приборы, деталей и узлов на схмотехническом и элементном уровнях	
Краткое описание применения: студенты обсуждают полученную информацию	

2	.5;
Формируемые умения: у1. уметь анализировать, рассчитывать, проектировать и конструировать в соответствии с техническим заданием типовые системы, приборы, деталей и узлов на схмотехническом и элементном уровнях	
Краткое описание применения: студенты дискутируют по прослушанной лекции	

6.

(),

-
15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

: 6		
<i>Лекция:</i>	7	14
<i>Лабораторная:</i>	10	20
<i>Практические занятия:</i>	5	10
<i>РГЗ:</i>	8	16
<i>Экзамен:</i>	0	40
: 7		
<i>Лекция:</i>	10	10
<i>Лабораторная:</i>	20	20
<i>Практические занятия:</i>	10	10
<i>Курсовая работа:</i>	0	20
<i>Экзамен:</i>	0	40

6.2

6.2

.1	1.		+	+
.13	1.	+	+	+
.2	1.		+	+
.5	1.	+	+	+

1

7.

1. Шредер Г. Техническая оптика / Г. Шрёдер, Х. Трайбер ; пер. с нем. Р. Е. Ильинского. - М., 2006. - 423 с. : ил.
2. Якушенков, Ю. Г. Теория и расчет оптико-электронных приборов [Электронный ресурс] : учебник / Ю. Г. Якушенков. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Логос, 2011. - 568 с. - ISBN 978-5-98704-533-6 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=469679> - Загл. с экрана.
3. Трофимова Т. И. Курс физики. Задачи и решения : [учебное пособие для вузов по техническим направлениям подготовки и специальностям] / Т. И. Трофимова, А. В. Фирсов. - М., 2011. - 590, [1] с. : ил.
4. Бычков Р. М. Беседы о геометрической оптике : учебное пособие / Р. М. Бычков, Ю. В. Чугуй. - Новосибирск, 2011

1. Чуриловский В. Н. Теория оптических приборов : учебного пособия для втузов / В. Н. Чуриловский. - М, 1966. - 563, [1] с. : ил., схемы
2. Джеррард А. Введение в матричную оптику : пер. с англ. / А. Джеррард, Дж. М. Бёрч. - М., 1978. - 341 с. : ил.
3. Ландсберг Г. С. Оптика : учебное пособие для физ. специальностей вузов / Г. С. Ландсберг. - М., 1976. - 926 с.
4. Апенко М. И. Задачник по прикладной оптике : [учебное пособие для вузов по направлению "Оптотехника"] / М. И. Апенко, Л. А. Запрягаева, И. С. Свешникова. - М., 2003. - 590, [1] с. : ил., табл.
5. Турыгин И. А. Прикладная оптика : геометрическая оптика и методы расчета оптических схем : учебное пособие / И. А. Турыгин. - М., 1965. - 362, [1] с. : ил., табл.
6. Справочник конструктора оптико-механических приборов / под общ. ред. В. А. Панова; [В.А. Панов и др.]. - Л., 1980. - 742 с. : ил., схемы
7. Слюсарев Г. Г. Расчет оптических систем. - Л., 1975. - 638, [1] с.
8. Апенко М. И. Прикладная оптика / М. И. Апенко, А. С. Дубовик. - М., 1982. - 351, [1] с. : ил., табл.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>
5. :

8.

8.1

1. Молотков Н. Я. Учебные эксперименты по волновой оптике. СВЧ демонстрации : [учебное пособие] / Н. Я. Молотков. - Долгопрудный, 2011. - 346, [1] с. : ил.
2. Суханов И. И. Основы оптики. Теория оптического изображения : учебное пособие / И. И. Суханов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2015. - 107, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000222730
3. Нюшков Б. Н. Волоконная оптика и волоконные лазерные системы. [В 2 ч.]. Ч. 1 : учебное пособие / Б. Н. Нюшков ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 53, [3] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/nyushkov.pdf>

8.2

- 1 Mozilla Firefox
- 2 Microsoft Office

9. -

1	-38	
2	1-99	

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра оптических информационных технологий

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ
к.ф.-м.н., доцент И.И. Корель
“ ____ ” _____ ____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Прикладная оптика

Образовательная программа: 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика, профиль: Оптико-электронные приборы и системы в фотонике

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Прикладная оптика приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности и компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ПК.1/НИ способность к анализу поставленной задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	у1. анализировать поставленные задачи исследований в области фотоники и оптоинформатики	Аберрации бесконечно тонких линз. Продольная, поперечная, волновая и угловая аберрации. Аберрации оптических систем. Адаптация глаза к яркости освещения и требования к размерам зрачков оптических приборов. Визуальные оптические приборы. Анастигматические зеркальные поверхности. Аберрации зеркальных поверхностей вращения второго порядка. Ахроматические системы. Дисторсия и её оценка в оптических приборах различного назначения. Зрительные трубы и бинокли. Схемы Кеплера и Галилея. Измерение показателя преломления клиновидных стеклянных пластинок оптической телескопической системой (автоколлиматором). Измерение сферической аберрации положительной линзы. Измерение фокусных отрезков линз. Измерения клиновости плоскопараллельных стеклянных пластин автоколлиматором. Изучение особенностей работы зонных пластинок. Исследование влияния углового положения предмета на астигматизм его изображения, создаваемого тонкой линзой. Компьютерная оптимизация тонкого склеенного объектива для телескопических систем разного назначения. Объективы оптических систем. Определение кардинальных точек сложных оптических систем. Оптические системы, формирующие изображение с большой глубиной резкости. Полевые аберрации и их основные особенности. Астигматизм и мера астигматизма. Практическое исследование влияния положения входного зрачка оптической системы на качество изображения, регистрируемого фотоматрицей. Преобразование световых волн линзами. Теория оптических систем в параксиальном приближении. Формирование изображения оптическими системами. Распространение света через линзоподобные среды с параболическим законом изменения показателя преломления. Матрица преобразования градиентной параболической средой. Распространение сферических волн через оптическую систему в параксиальном приближении. Преобразование кривизны сферического волнового фронта. Матричное описание оптического резонатора. Расчёт двухлинзовых склеенных объективов.	Курсовая работа РГЗ, разделы 1-2	Экзамен, вопросы 1-10

		<p>Расчёт тонких склеенных линз, имеющих заданные главные оптические параметры S, P и W. Расчёт безаберационных тонких объективов для телескопических систем. Расчёт особо светосильных сдвоенных объективов. Связь кардинальных точек оптических систем с элементами лучевой матрицы. Матричное описание свойств оптической системы. Стереоскопические телескопические приборы. Сферическая абберация линз. Телескопические системы. Тонкие апланаты. Склеенные апланаты. Условие отсутствия комы в бесконечно тонких линзах. Оценка степени влияния аббераций на качество изображения и критерий Рэлея. Элементная база оптики: пластины, зеркала, призмы, клинья, линзы, несферические поверхности, растры, фоконы, граданы, дифракционные элементы.</p>		
<p>ПК.13/ОУ способность к разработке планов конструкторско-технологических работ и контролю за их выполнением, включая обеспечение соответствующих служб необходимой технической документацией, материалами, оборудованием</p>	<p>з1. знать нормативные документы и правила разработки планов конструкторско-технологических работ и контроля их выполнения, включая обеспечение соответствующих служб необходимой технической документацией, материалами, оборудованием</p>	<p>Абберации бесконечно тонких линз. Продольная, поперечная, волновая и угловая абберации. Абберации оптических систем. Адаптация глаза к освещению и требования к размерам зрачков оптических приборов. Зависимость разрешающей силы глаза от яркости картины и контраста. Адаптация глаза к яркости освещения и требования к размерам зрачков оптических приборов. Визуальные оптические приборы. Анастигматические зеркальные поверхности. Абберации зеркальных поверхностей вращения второго порядка. Асферическая преломляющая и отражающая оптика. Ахроматические системы. Дисторсия и её оценка в оптических приборах различного назначения. Зрительные трубы и бинокли. Схемы Кеплера и Галилея. Измерение показателя преломления клиновидных стеклянных пластинок оптической телескопической системой (автоколлиматором). Измерения клиновости плоскопараллельных стеклянных пластин автоколлиматором. Исправление кривизны поля при формировании изображения. Линза Пиацци-Смита и её расчёт. Телескопы. Рефракторы и рефлекторы. Исследование влияния углового положения предмета на астигматизм его изображения, создаваемого тонкой линзой. Исследование качества изготовления менисковых очковых линз. Компьютерная оптимизация тонкого склеенного объектива для телескопических систем разного назначения. Окуляры телескопических систем. Окулярное поле зрения. Лупы и их типы. Определение кардинальных точек сложных оптических систем. Оценка хроматизма и расчёт простых ахроматов. Практическое исследование влияния положения входного зрачка оптической системы на качество изображения, регистрируемого фотоматрицей. Расчет тонких асферических линз. Расчёт катадиоптрических систем различного назначения. Расчёт лазерных оптических систем, преобразующих гауссовы пучки. Расчёт положения зрачков и люков в оптических системах средней</p>	<p>Контрольные работы РГЗ, разделы 2</p>	<p>Экзамен, вопросы 11-19</p>

		<p>сложности. Определение угловых полей зрения и виньетирования. Расчёт тонких склеенных линз, имеющих заданные главные оптические параметры С, Р и W. Расчёт безабрационных тонких объективов для телескопических систем. Расчёт особо светосильных сдвоенных объективов. Стереоскопические телескопические приборы. Телескопические системы. Условие отсутствия комы в бесконечно тонких линзах. Оценка степени влияния aberrаций на качество изображения и критерий Рэлея. Элементная база оптики: пластины, зеркала, призмы, клинья, линзы, несферические поверхности, растры, фоконы, граданы, дифракционные элементы.</p>		
<p>ПК.2/НИ готовность к математическому моделированию процессов и объектов фотоники и оптоинформатики, их исследованию на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов</p>	<p>у1. применять математическое моделирование процессов и объектов фотоники и оптоинформатики на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и самостоятельно разработанных программных продуктов</p>	<p>Аберрации бесконечно тонких линз. Продольная, поперечная, волновая и угловая aberrации. Аберрации оптических систем. Адаптация глаза к освещению и требования к размерам зрачков оптических приборов. Зависимость разрешающей силы глаза от яркости картины и контраста. Адаптация глаза к яркости освещения и требования к размерам зрачков оптических приборов. Визуальные оптические приборы. Анастигматические зеркальные поверхности. Аберрации зеркальных поверхностей вращения второго порядка. Апертурные факторы в оптических системах. Асферическая преломляющая и отражающая оптика. Ахроматические системы. Безабрационные схемы зеркальных оптических систем. Схемы с использованием вогнутых и выпуклых сферических, эллиптических, параболических и гиперболических зеркал. Глаз и его строение. Общие характеристики зрительного аппарата человека. Оптическая схема глаза человека. Нарушение нормального зрения. Дисторсия и её оценка в оптических приборах различного назначения. Дифракционные решетки. Зрительные трубы и бинокли. Схемы Кеплера и Галилея. Измерение показателя преломления клиновидных стеклянных пластинок оптической телескопической системой (автоколлиматором). Измерение расстояний при помощи светодальномера СТ-5. Измерение сферической aberrации положительной линзы. Измерение фокусных отрезков линз. Измерения клиновости плоскопараллельных стеклянных пластин автоколлиматором. Изучение особенностей работы зонных пластинок. Исправление кривизны поля при формировании изображения. Линза Пиацци-Смита и её расчёт. Телескопы. Рефракторы и рефлекторы. Исследование дифракционной решетки. Исследование свойств оптических систем с большой глубиной резкости. Организация оптических схем с различной перспективой. Комплексная дефектоскопия на поверхностях сложной формы с компьютерной формой представления результатов исследований. Компьютерная оптимизация тонкого склеенного объектива для телескопических систем разного</p>	<p>Курсовая работа РГЗ, разделы 3</p>	<p>Экзамен, вопросы 20-28</p>

		<p>назначения. Объективы оптических систем. Окуляры телескопических систем. Окулярное поле зрения. Лупы и их типы. Определение кардинальных точек сложных оптических систем. Определение разрешающей способности фотообъектива. Определение хроматизма положения и хроматизма увеличения оптических систем. Оптические системы, формирующие изображение с большой глубиной резкости. Оценка хроматизма и расчёт простых ахроматов. Полевые аберрации и их основные особенности. Астигматизм и мера астигматизма. Практическое исследование влияния положения входного зрачка оптической системы на качество изображения, регистрируемого фотоматрицей. Преобразование световых волн линзами. Теория оптических систем в параксиальном приближении. Формирование изображения оптическими системами. Распространение света через линзоподобные среды с параболическим законом изменения показателя преломления. Матрица преобразования градиентной параболической средой. Распространение сферических волн через оптическую систему в параксиальном приближении. Преобразование кривизны сферического волнового фронта. Матричное описание оптического резонатора. Расчет параметров менисковых линз для коррекции зрения по формуле Чернинга. Дневное и сумеречное зрение. Эффект Пуркинье. Расчет тонких асферических линз. Расчет двухлинзовых склеенных объективов. Расчет лазерных оптических систем, преобразующих гауссовы пучки. Расчет основных параметров сложных оптических систем. Матричный метод в параксиальной оптике. Расчет положения зрачков и люков в оптических системах средней сложности. Определение угловых полей зрения и виньетирования. Расчет положения сопряжённых плоскостей в сложных оптических системах. Расчет склеенных ахроматов. Расчет хроматизма положения и хроматизма увеличения произвольной оптической системы. Расчет простых ахроматических систем. Связь кардинальных точек оптических систем с элементами лучевой матрицы. Матричное описание свойств оптической системы. Стереоскопические телескопические приборы. Сферическая аберрация линз. Телескопические системы. Теория цветного зрения Ломоносова. Цвет и его восприятие. Тонкие апланаты. Склеенные апланаты. Условие отсутствия комы в бесконечно тонких линзах. Оценка степени влияния аберраций на качество изображения и критерий Рэлея.</p>		
<p>ПК.5/ПК способность к анализу, расчету, проектированию и конструированию в соответствии с</p>	<p>у1. уметь анализировать, рассчитывать, проектировать и конструировать в соответствии с</p>	<p>Аберрации бесконечно тонких линз. Продольная, поперечная, волновая и угловая аберрации. Аберрации оптических систем. Адаптация глаза к яркости освещения и требования к размерам зрачков оптических приборов. Визуальные оптические приборы.</p>	<p>Контрольные работы РГЗ, разделы 3</p>	<p>Экзамен, вопросы 10-15</p>

<p>техническим заданием типовых систем, приборов, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях</p>	<p>техническим заданием типовые системы, приборы, деталей и узлов на схемотехническом и элементном уровнях</p>	<p>Анастигматические зеркальные поверхности. Аберрации зеркальных поверхностей вращения второго порядка. Апертурные факторы в оптических системах. Асферическая преломляющая и отражающая оптика. Безабберационные схемы зеркальных оптических систем. Схемы с использованием вогнутых и выпуклых сферических, эллиптических, параболических и гиперболических зеркал. Глаз и его строение. Общие характеристики зрительного аппарата человека. Оптическая схема глаза человека. Нарушение нормального зрения. Дисторсия и её оценка в оптических приборах различного назначения. Дифракционные решетки. Зрительные трубы и бинокли. Схемы Кеплера и Галилея. Измерение показателя преломления клиновидных стеклянных пластинок оптической телескопической системой (автоколлиматором). Измерение расстояний при помощи светодальномера СТ-5. Измерение фокусных отрезков линз. Измерения клиновости плоскопараллельных стеклянных пластин автоколлиматором. Изучение особенностей работы зонных пластинок. Интерферометры. Исправление кривизны поля при формировании изображения. Линза Пиацци-Смита и её расчёт. Телескопы. Рефракторы и рефлекторы. Исследование дифракционной решетки. Исследование качества изготовления менисковых очковых линз. Исследование свойств оптических систем с большой глубиной резкости. Организация оптических схем с различной перспективой. Комплексная дефектоскопия на поверхностях сложной формы с компьютерной формой представления результатов исследований. Компьютерная оптимизация тонкого склеенного объектива для телескопических систем разного назначения. Микроскоп. Объективы оптических систем. Окулярные телескопических систем. Окулярное поле зрения. Лупы и их типы. Определение глубины пространства, изображаемого фотообъективом. Определение кардинальных точек сложных оптических систем. Определение разрешающей способности фотообъектива. Определение хроматизма положения и хроматизма увеличения оптических систем. Оптические системы, формирующие изображение с большой глубиной резкости. Освоение методов измерения на микроскопе УИМ-23. Оценка хроматизма и расчёт простых ахроматов. Полевые аберрации и их основные особенности. Астигматизм и мера астигматизма. Практическое исследование влияния положения входного зрачка оптической системы на качество изображения, регистрируемого фотоматрицей. Преобразование световых волн линзами. Теория оптических систем в параксиальном приближении. Формирование изображения оптическими системами. Распространение света через</p>		
--	--	--	--	--

		<p>линзоподобные среды с параболическим законом изменения показателя преломления. Матрица преобразования градиентной параболической средой. Распространение сферических волн через оптическую систему в параксиальном приближении. Преобразование кривизны сферического волнового фронта. Матричное описание оптического резонатора. Расчет тонких асферических линз. Расчет двухлинзовых склеенных объективов. Расчет катадиоптрических систем различного назначения. Расчет лазерных оптических систем, преобразующих гауссовы пучки. Расчет основных параметров сложных оптических систем. Матричный метод в параксиальной оптике. Расчет перспективы изображения и поперечного увеличения в сложных оптических системах. Расчет эффективности работы стереоскопических телескопических систем. Расчет положения сопряженных плоскостей в сложных оптических системах. Расчет склеенных ахроматов. Расчет тонких склеенных линз, имеющих заданные главные оптические параметры S, P и W. Расчет безаберационных тонких объективов для телескопических систем. Расчет особо светосильных сдвоенных объективов. Расчет хроматизма положения и хроматизма увеличения произвольной оптической системы. Расчет простых ахроматических систем. Связь кардинальных точек оптических систем с элементами лучевой матрицы. Матричное описание свойств оптической системы. Спекл интерферометр. Интерферометр для контроля параметров оптических деталей. Сферическая aberrация линз. Телескопические системы. Тонкие апланаты. Склеенные апланаты.</p> <p>Элементная база оптики: пластины, зеркала, призмы, клинья, линзы, несферические поверхности, растры, фоконы, граданы, дифракционные элементы.</p>		
--	--	--	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по **дисциплине** проводится в 6 семестре - в форме зачета, в 7 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.1/НИ, ПК.13/ОУ, ПК.2/НИ, ПК.5/ПК.

Зачет проводится в устной форме, по билетам

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовая работа. Требования к выполнению курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсовой работы.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ПК.1/НИ, ПК.13/ОУ, ПК.2/НИ, ПК.5/ПК, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт зачета

по дисциплине «Прикладная оптика», 6 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается два вопроса из списка вопросов, приведенных ниже. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФТФ

Билет № _____
к зачету по дисциплине «Прикладная оптика»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) _____ (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет *7 баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, оценка составляет *10 баллов*.
- Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, оценка составляет *15 баллов*.
- Ответ на билет для зачета билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит

комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, оценка составляет 20 баллов.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. **Вопросы к зачету по дисциплине «Прикладная оптика»**
5. Основные понятия геометрической оптики. Параксиальное приближение.
6. Правило знаков для отрезков и углов. Определение и свойства идеальной оптической системы.
7. Кардинальные точки и плоскости идеальной оптической системы: главные и фокальные. Фокусные расстояния и фокальные отрезки. Основные типы линз.
8. Построение изображений положительной и отрицательной линзами.
9. Основные формулы для сопряженных точек и отрезков - формулы Ньютона, Гаусса, тангенсов Лагранжа-Гельмгольца.
10. Увеличения оптической системы: линейное, угловое, продольное, их связь.
11. Матричный метода в параксиальной оптике. Матрицы перемещения и преломления.
12. Матричный метода в параксиальной оптике. Нахождение матрицы для толстой и тонкой линзы.
13. Матричный метода в параксиальной оптике. Нахождение кардинальных плоскостей через матрицу оптической системы.
14. Матричный метода в параксиальной оптике. Свойства матрицы оптической системы для сопряженных плоскостей
15. Матрица отражательной сферической поверхности. Оптический резонатор, условие устойчивости резонатора, типы резонаторов
16. Ограничение световых пучков в оптических системах. Апертурные диафрагмы, входные и выходные зрачки, определение положения и размеров входных и выходных зрачков. Главные и апертурные лучи оптических пучков и их прохождение через оптическую систему. Числовая и угловая апертура.
17. Диафрагмы, ограничивающие поле зрения: виньетирующие и полевые. Входные и выходные люки. Действующее отверстие входного зрачка, коэффициенты геометрического и линейного виньетирования. Линейное и угловое поле. Угол поля зрения в пространстве предметов и изображений.
18. Ограничение световых пучков в оптических системах. Определение апертурных и полевых диафрагм, входных и выходных зрачков и люков в сложной оптической системе.
19. Роль диафрагм в передаче трехмерного изображения. Плоскости наведения и резкого изображения. Перспектива изображения. Влияние положения апертурной диафрагмы на перспективу изображения. Энтоцентрическая, телецентрическая и гиперцентрическая перспектива.

20. Фотообъективы и их характеристики: фокусное расстояние, относительное отверстие, поле, разрешающая способность. Глубина изображаемого пространства, глубина резкости.
21. Основные виды aberrаций оптических систем. Сложение aberrаций. Волновые aberrации.
22. Хроматические aberrации. Ахроматы и апохроматы. Хроматизм положения для одиночной тонкой линзы.
23. Хроматические aberrации. Ахроматический тонкий двухлинзовый склеенный объектив, линза Долонда. Ахроматический клин.
24. Дифракционные оптические элементы, их основные виды.
25. Хроматизм положения зонной пластинки. Ахроматизация с помощью зонных пластинок. Дифракционно-рефракционные интраокулярные линзы: бифокальные и трифокальные.
26. Aberrации широких пучков: сферическая aberrация и кома. Сферическая aberrация: продольная и поперечная, каустическая поверхность, формула для тонкой линзы.
27. Аплантические системы и точки. Условие синусов Аббе. Иммерсионный объектив. Аплантический мениск.
28. Астигматизм и кривизна изображения. Меридиональная и саггитальная плоскости пучка. Мера астигматизма. Поверхности меридионального, саггитального и наилучшего изображения. Анастигматы. Условие Петцваля. Объектив Петцваля.
29. Дисторсия. Ортоскопические системы.
30. Энергетические и фотометрические характеристики оптических систем. Основные величины.
31. Освещенность изображения, образованного оптической системой. Потери света в оптических системах.
32. Глаз как оптический инструмент. Лупа и ее видимое увеличение

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Прикладная оптика», 6 семестр

1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по темам «Построение изображений», «Входные и выходные зрачки системы», «Матричный метод»; включает 4 задания. Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если правильно решено меньше двух задач. Оценка составляет **5** баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если правильно решены две задачи. Оценка составляет **10** баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если решены по крайней мере три задачи. Оценка составляет **15** баллов.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если решены все задачи, приведено подробное решение. Оценка составляет **20** баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

Задача 1. Система состоит из положительной линзы и выпуклого зеркала. Заднее фокусное расстояние линзы +100мм, а радиус кривизны зеркала +250мм. Расстояние между элементами 180 мм. Предмет находится на расстоянии 150мм перед линзой. Построить графически изображение предмета и найти расстояние до изображения и увеличение математически.

Задача 2.

Определить диаметры и расположение входных и выходных зрачков в оптической системе, f'_1 и f'_2 – задние фокусные расстояния линз, D – диаметр диафрагмы, a_1 и a_2 – расстояния от диафрагмы до линз, в мм.

$f'_1 = 120$, $f'_2 = 160$, $D = 50$, $a_1 = 30$, $a_2 = 30$

Задача 3.

Чему равно относительное отверстие системы, состоящей из линзы и апертурной диафрагмы, если фокусное расстояние линзы 150мм, а диафрагма диаметра 40мм расположена в 20 мм от линзы.

Задача 4 (на матричный метод).

Дана оптическая система, состоящая из трех преломляющих поверхностей (двухлинзовый склеенный объектив), имеющая следующие конструктивные параметры (r – радиусы поверхностей, d – расстояния между ними, n – показатели преломления, в мм.): $r_1 = 28$, $r_2 = -25$, $r_3 = \infty$, $d_1 = 6.0$, $d_2 = 1.5$, $n_1 = 1.51$, $n_2 = 1.62$

Определить фокусные расстояния и фокальные отрезки этого объектива.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Прикладная оптика», 6 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны рассчитать двухкомпонентную оптическую систему с использованием матричного метода.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны вычислить матрицу составных частей системы и общую матрицу, найти положение и размер входного и выходного зрачков, изобразить систему графически.

Обязательные структурные части РГЗ:

1. расчет матриц системы
2. вычисление входных и выходных зрачков
3. графическое изображение оптической системы в масштабе

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует анализ объекта, диагностические признаки не обоснованы, аппаратные средства не выбраны или не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 5 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, аппаратные средства не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны, но не оптимизированы, аппаратные средства выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет 15 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны и оптимизированы, выбор аппаратных средств обоснован, оценка составляет 20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

Различные варианты заданий соответствуют различным оптическим параметрам исходной системы.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Прикладная оптика», 7 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: из приведенного ниже списка выбирается два вопроса. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФТФ

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Прикладная оптика»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.
3. Задача.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) _____ (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *10 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает неприципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет *30 баллов*.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 40 *баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Прикладная оптика»

1. Асферические оптические поверхности. Уравнения поверхности, классификация, способы изготовления. Вывод уравнения асферической отражающей поверхности для устранения сферической аберрации.
2. Осветительные оптические системы. Проекторы и конденсоры, их основные характеристики и оптические схемы.
3. Проекционные оптические системы. Эпископические и диаскопические системы, их основные характеристики и оптические схемы.
4. Современные проекционные системы
5. Телескопические оптические системы. Основные характеристики. Зрительные трубы Галилея и Кеплера. Назначение коллективной линзы.
6. Телескопические оптические системы. Окуляры и объективы телескопических систем, их характеристики и оптические схемы.
7. Астрономические телескопы, их характеристики и оптические схемы.
8. Телескопические системы с оборачивающей системой. Перископ. Зрительные трубы переменного увеличения.
9. Микроскопы. Простые и сложные, их основные характеристики и оптические схемы. Схема освещения по Келеру. Габаритный расчет осветительной части микроскопа.
10. Микроскопы. Назначение и расположение диафрагм в микроскопе (и в осветительной, и в визуальной части). Габаритный расчет визуальной части микроскопа.
11. Разрешающая способность микроскопа, полезное увеличение. Микропроекционные системы. Осветительные устройства для непрозрачных предметов.
12. Методы наблюдения в световой микроскопии. Основные классы микроскопов, их разрешающая способность и принцип действия.
13. Спектральные приборы, их основные характеристики и оптические схемы.
14. Оценка качества изображения оптических систем. Дифракционно-ограниченные и геометрически ограниченные системы. Аберрации 3го порядка
15. Способы исправления аберраций в оптических системах. Допустимые остаточные аберрации.
16. Дифракционное ограничение размеров точки изображения. Критерии Рэля и Штреля. Волновые аберрации, OPD. Функция рассеяния точки. Функция передачи модуляции.
17. Стереоскопические приборы. Понятие стереоскопического зрения. Стереоскопические приборы дальнего и ближнего действия. Стереokino и фотография.

Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Прикладная оптика», 7 семестр

1. Методика оценки.

Задание для работ:

1. Исходя из заданных характеристик оптической системы рассчитать характеристики составляющих ее компонентов (объективов, окуляров, конденсоров и т.п.).
2. По полученным данным подобрать компоненты, используя каталоги оптических систем. При отсутствии подходящих компонентов рассчитать их самостоятельно (к примеру, конденсор на минимум сферической аберрации).
3. Составить оптическую систему установки и определить расстояния между компонентами.
4. Определить аберрации оптической системы или ее отдельных компонентов.

Структура:

1. Введение (назначение, основные характеристики, особенности применения оптических систем данного типа)
2. Подробный габаритный расчет оптической схемы (вычисление оптических характеристик компонентов системы), подбор готовых компонентов из каталогов и литературы.
3. Компоновка системы и описание разработанной оптической схемы
4. Расчет аберраций элементов системы
5. Заключение

2. Критерии оценки.

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все задания, отсутствует анализ объекта, диагностические признаки не обоснованы, аппаратные средства не выбраны или не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если некоторые части задания выполнены формально: анализ объекта выполнен без декомпозиции, диагностические признаки недостаточно обоснованы, аппаратные средства не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 20 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны, но не оптимизированы, аппаратные средства выбраны без достаточного обоснования, оценка составляет 30 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, признаки и параметры диагностирования обоснованы, алгоритмы разработаны и оптимизированы, выбор аппаратных средств обоснован, оценка составляет 40 баллов.

3. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

1. Расчет диапроекторной оптической системы с линзовой осветительной системой
2. Расчет фотоувеличителя с зеркальной осветительной системой
3. Расчет телескопической системы с линзовой оборачивающей системой
4. Расчет призмного монокуляра
5. Расчет перископической призмной трубы
6. Расчет двухзеркального телескопического объектива Кассегрена
7. Расчет визуальной части микроскопа