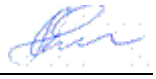
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске

Методическое обеспечение дисциплины

ТЕОРИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

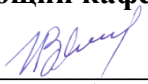
Смоленск – 2021 г.

Методические материалы составил:

доцент  Конаков Александр Николаевич
подпись ФИО

« 24 » июня 2021 г.

Заведующий кафедрой «Электроники и микропроцессорной техники**»:**


подпись

Якименко Игорь Владимирович
ФИО

«02» июля 2021 г.

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске

Методическое обеспечение лекций
по дисциплине

ТЕОРИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Смоленск – 2021 г.

Комплект слайдов к лекциям

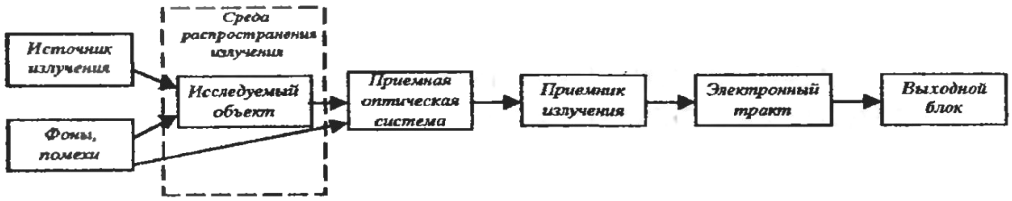
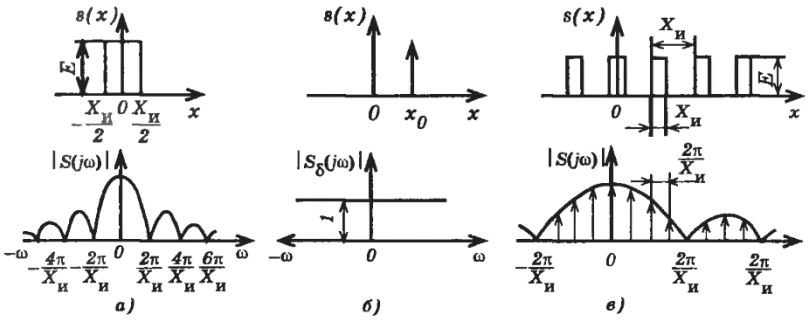
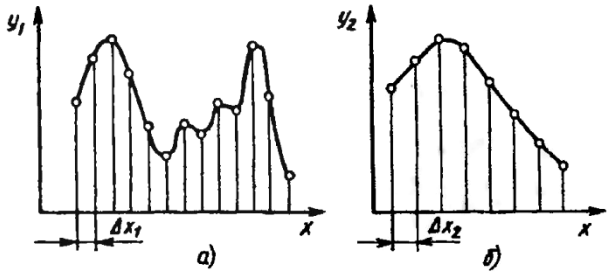


Рис. 1.1 Обобщенная схема работы ОЭП





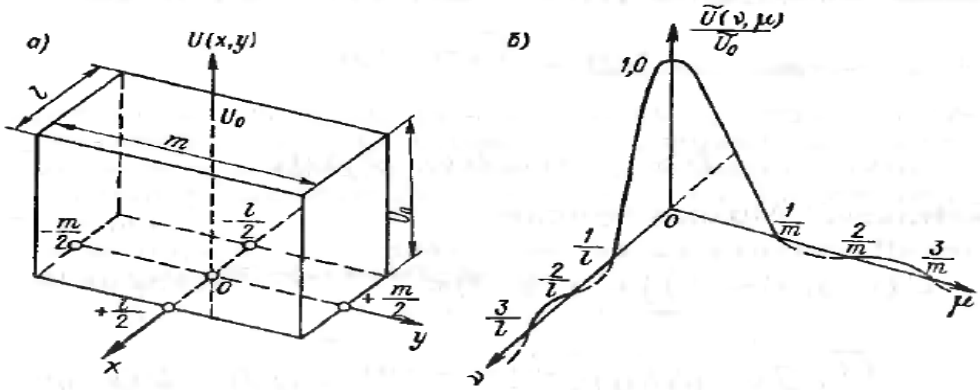


Рис. 284. Спектр функции с разделяющимися переменными в прямоугольной системе координат: *а* — функция; *б* — ее спектр

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске

Лабораторный практикум по дисциплине

ТЕОРИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Смоленск – 2021 г.

1. Цели лабораторного практикума

Лабораторный практикум по дисциплине «Теория оптико-электронных систем» служит для практического подкрепления лекционного материала и привития навыков оценки соответствия функционирования оптико-электронных систем требованиям технологии работы конкретных приборов, узлов и их моделей.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в лаб. А-107 «Лазерная техника и прикладная оптика» учебно-лабораторного корпуса филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске.

Цель студента при работе в лаборатории по дисциплине «Теория оптико-электронных систем» – отработка навыков работы с гониометром, автоколлиматором, микроскопом и их составными частями.

2. Теоретическое введение и состав лабораторного оборудования

Целью работы является изучение устройства, принципа построения микроскопа, автоколлиматора, гониометра и их юстировка.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная работа №1 Изучение принципов построения микроскопа и его применение

Целью работы является изучение принципов построения микроскопа и его применения, а также освоение практических приемов измерения видимого увеличения, углового и линейного полей, размеров и положения входного и выходного зрачков и других параметров микроскопов.

ЗАДАНИЕ

1. Ознакомиться со стендом, исследуемыми приборами и измерительными приспособлениями. Нарисовать схемы установок для измерения параметров зрительной трубы.

После разрешения преподавателя включить электрическое питание стенда.

2. Собрать установки по составленным схемам и измерить угловое поле, диаметры входного и выходного зрачков, удаление (вынос) выходного зрачка зрительной трубы.

Зарисовать наблюдаемые при измерениях поля.

3. Вычислить видимое увеличение зрительной трубы, фокусные расстояния объектива и окуляра, угловое поле окуляра и диаметр полевой диафрагмы.

Нарисовать схему зрительной трубы с указанием апертурной и полевой диафрагм, входного и выходного зрачков, апертурного и полевого лучей.

4. Нарисовать схемы установок для измерения параметров микроскопа.

5. Собрать установки по составленным схемам и измерить линейное поле, видимое увеличение, диаметр и удаление выходного зрачка микроскопа.

Зарисовать наблюдаемые при измерениях поля.

6. По результатам измерений вычислить параметры объектива микроскопа, диаметр полевой диафрагмы и др.

Нарисовать схему микроскопа с указанием апертурной и полевой диафрагм, входного и выходного зрачков, апертурного и полевого лучей.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная работа №2 Юстировка и применение автоколлиматора

Цель работы: проверка законов Брюстера и Малюса.

Основными компонентами установки являются (рис. 1): коллиматор 1 с точечной диафрагмой, формирующий узкий пучок параллельных лучей; поляризатор 2; поворотный столик 3, на котором примерно в центре установлена плоскопараллельная пластинка 4 (или призма) с полированной гранью; зрительная труба 5 – применяется для наблюдения поляризации при отражении и измерении угла Брюстера .

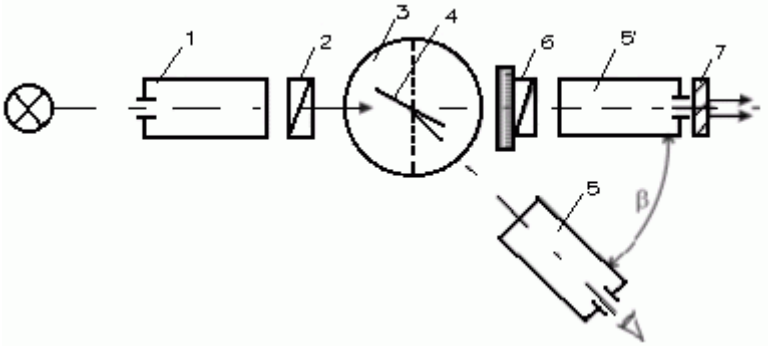


Рис. 1 Схема установки (вид сверху) для исследования явления поляризации

При проверке закона Малюса зрительную трубу устанавливают соосно с коллиматором (положение 5'), перед зрительной трубой устанавливают анализатор 6 со шкалой и вместо окуляра устанавливают фотоэлемент 7.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная работа №3 Изучение устройства и юстировка гониометра

Целью настоящей работы является освоение практических приемов измерения показателя преломления оптических стекол на гониометре и исследование дисперсии преломляющих призм.

ЗАДАНИЕ

1. Ознакомиться с установкой. После разрешения преподавателя включить электрическое питание и ознакомиться с системой отсчета углов.

2. Провести поверку и при необходимости отъюстировать установку. Автоколлимационным методом измерить преломляющие углы θ заданных призм.

3. Для заданных призм и указанных спектральных линий λ измерить коллимационным методом углы $\omega_{мин,\lambda}$ наименьшего отклонения лучей и по формуле (1.1) вычислить значения показателя преломления n_λ.

Углы $\omega_{мин,\lambda}$ измерять, поворачивая зрительную трубу влево и вправо от оси, а затем усреднять.

4. Построить зависимость $n(\lambda)$ с указанием доверительных интервалов и вычислить коэффициент дисперсии ν_e.

5. Установить заданную призму в положение, соответствующее углу наименьшего отклонения для λ_o = 546,1 *нм*, закрепить столик и измерить углы отклонения ω(λ) лучей с длинами волн: λ_1 = 404,1 *нм* и λ_2 = 623,4 *нм*.

Вычислить угловую дисперсию призмы Δω для интервала $\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2$.

6. Изменяя угол падения лучей ε_1на первой грани на ±5 и ±10°, повторить измерения и вычисления по п. 5.

7. Построить зависимости $\omega(\lambda, \varepsilon_1)$ и $\Delta\omega(\varepsilon_1)$.

8. Сделать выводы по работе и оформить отчет.

Описание установки

Лабораторная работа №4 Расчет сферической линзы на ЭВМ

Цель работы: исследование эквивалентных схем и аберрации сферических линз в зависимости от их формы, определяемой соотношением радиусов кривизны преломляющих поверхностей.

Работа выполняется на ЭВМ в программе "Linza-lab", написанной на языке GWBASIC. Исходные данные для расчёта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета линз

Стекло	S_1	$D_л$, мм	f', мм	$2y$, мм	$D_{зр}$, мм	$t_{зр}$, мм	n_e	ν_e
Ф4	∞	20	85	18	25	10	1,6285	35,67
БФ8	∞	25	-92	22	30	5	1,5857	46,15

Для положительной линзы при заданных марке стекла, расстоянии до предметной плоскости $S_1=\infty$, диаметра линзы $D_л$ и фокусного расстояния f' рассчитали на ЭВМ оптимальную линзу. Результаты представлены в табл. 2.

Рассчитали кардинальные элементы линзы и построили на одном рисунке (рис.1) эскиз линзы и её эквивалентную схему.

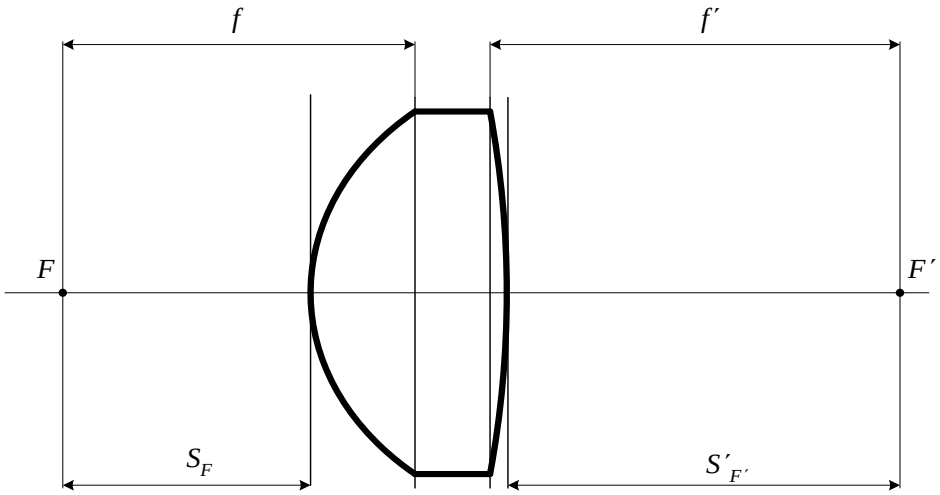


Рис.1. Эскиз положительной оптимальной линзы и её эквивалентная схема

Для заданных углового 2ω поля, диаметра $D_{зр}$ и выноса $t_{зр}$ входного зрачка вычислили монохроматические аберрации 3-его порядка и хроматизм положения линзы. Результаты вычислений занесены в таблицу 3.

Для тех же исходных данных вычислили кардинальные элементы и аберрации плоско-выпуклой, выпукло-плоской и двояковыпуклой симметричной линз. Все полученные данные занесли в таблицы 2 и 3.

Из полученных данных очевидно, что толщина несущего слоя для всех линз одинакова, передние вершинные фокусные расстояния для всех типов линз незначительно (на 2%) отличаются друг от друга, то же можно сказать и о величине задних вершинных фокусных расстояний. Вместе с тем, для оптимальной линзы переднее вершинное фокусное расстояние больше заднего, следовательно главные плоскости смещены в сторону поверхности с наибольшей кривизной. Для выпукло-плоской и плоско-выпуклой линз это смещение проявляется сильнее, а для симметричной – не проявляется вообще. Увеличение входного зрачка линзы для симметричной линзы составляет $1^{\times}$, а

для остальных типов – 0,90…0,91×. Величина *S'* совпадает с величиной заднего вершинного фокусного расстояния.

3. Перечень лабораторных работ и методические рекомендации по выполнению рабочего задания

Лабораторный практикум включает 4 лабораторных работы (по 4 часа).

Рабочее задание на лабораторный практикум:

1 Изучение принципов построения микроскопа и его применение
2 Юстировка и применение автоколлиматора
3 Изучение устройства и юстировка гониометра
4 Расчет сферической линзы на ЭВМ

Защита лабораторных работ.

3. Контрольные вопросы

1. Что такое микроскоп, и какие компоненты он содержит?
2. Какие функции в микроскопе выполняют объектив и окуляр?
3. Какие операции выполняют при фокусировке микроскопа и измерениях?
4. Как выполнено отсчетное устройство в исследуемом микроскопе?
5. Как устроен окулярный микрометр?
6. Что понимают под продольной и поперечной наводками измерительного микроскопа?
7. Какие характеристики измерительного микроскопа относятся к метрологическим?
8. В каком виде могут быть представлены результаты измерений?
9. Оценка погрешности прямых многократных измерений.
10. Какую оптическую систему называют автоколлиматором?
11. Какую оптическую систему называют коллиматором?
12. Какие тест-объекты применяют в коллиматоре?
13. Какие функции в автоколлиматоре выполняет объектив?
14. Какие функции в автоколлиматоре выполняет окуляр?
15. Какие функции в измерительной схеме выполняет микроскоп?
16. Что понимают под разрешающей способностью объектива, в каких единицах ее оценивают?
17. Зависят ли результаты измерений разрешающей способности объектива от индивидуальных особенностей наблюдателя?
18. Что такое гониометр?
19. Какие узлы содержит гониометр?
20. Какие компоненты содержат коллиматор и зрительная труба гониометра?
21. Как фокусируют зрительную трубу?
22. Как юстируют предметный столик и зрительную трубу?
23. Как фокусируют и юстируют коллиматор?
24. Как считывают показания (определяют размер угла) по лимбу?
25. Как совместить нулевой индекс шкалы с началом отсчета измеряемого угла?
26. Что такое фокусировка и юстировка?
27. Какой оптический компонент называют линзой?
28. Какие параметры линзы называют оптическими?
29. Какие параметры линзы называют кардинальными элементами?
30. Какие параметры линз относятся к конструктивным?
31. Классификация линз.
32. В чем отличие собирающей и рассеивающей линз?

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске

Методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине

ТЕОРИЯ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Смоленск – 2021 г.

1. Цели и задачи, объем практических занятий по дисциплине

Цель практических занятий по дисциплине «Теория оптико-электронных систем» – закрепление лекционного материала дисциплины, обучение студентов практической стороне компетенций, закрепленных за дисциплиной.

Для достижения поставленной цели на практических занятиях решаются следующие задачи:

- разложение в ряд Фурье гармонических функций;
- нахождение спектров Фурье, и обратных преобразований Фурье;
- расчеты ПЧХ различных объектов.

Объем практических занятий - в соответствии с рабочей программой дисциплины «Теория оптико-электронных систем».

2. Задания на практические занятия по дисциплине

Цель практических занятий по дисциплине – закрепление лекционного материала дисциплины, обучение студентов практической стороне компетенций, закрепленных за дисциплиной.

Задания на практические занятия по дисциплине

Задачи

1. Разложить в ряд Фурье следующую функцию: $f(x) = \frac{\pi}{2} - \frac{x}{2}$; при $0<x<2\pi$; $T=2\pi$.

2. Найти прямое преобразование Фурье для функции: $s(t)=e^{-3|t|}$

3. Найти частотную характеристику рассеивающей среды $M(j\omega_x, j\omega_y)$,
если $D(x,y)=e^{-2|x+y|}$.

4. Найти оптическую передаточную функцию $h(j\omega_x, j\omega_y)$, если $h(x,y)=e^{-(2x^2+y^2)}$

5. Разложить в ряд Фурье следующую функцию: $f(x) =10-x$; при $5<x<15$; $T=10$

6. Найти прямое преобразование Фурье для функции: $s(t)=e^{-2t^2}$

7. Найти обратное преобразование Фурье для функции: $S(j\omega)=\frac{4}{4+\omega^2}$

8. Определить частотную характеристику следящей ОЭС, если $K_1(j\omega)=5$,
$K_2(j\omega)=\frac{7}{2+j\omega}$, $K_3(j\omega)=\frac{4}{5+3j\omega}$.

9. Определить величину А для определения передаточной функции среды, если длина волны излучения λ =0,6 мкм, длина трассы l=25000 км, $C_n^2=8.4*10^{-15}$.

10. Разложить в ряд Фурье следующую функцию: $f(x) =x^2$; при $-\pi<x<\pi$; $T=2\pi$

11. Найти обратное преобразование Фурье для функции: $S(j\omega)=\frac{1}{2}e^{-\frac{\omega^2}{8}}$

12. Найти оптическую передаточную функцию $h(j\omega_x, j\omega_y)$, если $h(x,y)=e^{-(x^2+4y^2)}$

13. Найти частотную характеристику рассеивающей среды $M(j\omega_x, j\omega_y)$,

если $D(x,y)=\left\{\begin{array}{l}\cos x * \cos y;\ при\ |x|\le\frac{x}{2},|y|\le\frac{y}{2}\\ 0,\ при\ |x|\triangleright\left|\frac{x}{2}\right|,|y|>\left|\frac{y}{2}\right|\end{array}\right\}$.

14. Определить величину r_0 для определения передаточной функции среды, если длина волны излучения λ =0,6 мкм, длина трассы l=15000 км, $C_n^2=8.4*10^{-15}$.

15. Определить частотную характеристику следящей ОЭС, если $K_1(j\omega)=5j\omega$,
$K_2(j\omega)=\frac{3}{1+2j\omega}$, $K_3(j\omega)=\frac{10}{2+3j\omega}$.

16. Определить нормированную оптическую частотную характеристику однородной среды в одномерном представлении, если радиус капель дождя a_c=0,2мм, фокусное расстояние f^1=5 см, длина волны излучения λ =0,5 мкм.

17. Разложить в ряд Фурье следующую функцию: f(x) =ch3x; при $-\pi<x<\pi$; $T=2\pi$.
3. Определить нормированную оптическую частотную характеристику однородной среды в одномерном представлении, если радиус капель дождя a_c=0,1мм, фокусное расстояние f^1=10 см, длина волны излучения λ =0,6 мкм.

18. Разложить в ряд Фурье следующую функцию: f(x) =sin1/3x; при $-\pi<x<\pi$; $T=2\pi$

19. Найти оптическую передаточную функцию $h(j\omega_x, j\omega_y)$,
если $h(x,y)=e^{-x^2+4y^2)}$
Доцент А.Н.

20. Найти обратное преобразование Фурье для функции: $S(j\omega)=\frac{1}{4}e^{-\frac{\omega^2}{4}}$

21. Определить частотную характеристику следящей ОЭС, если $K_1(j\omega)=5$,
$K_2(j\omega)=\frac{3}{1+2j\omega}$, $K_3(j\omega)=\frac{10}{2+3j\omega}$.

22. Разложить в ряд Фурье следующую функцию: f(x) =sin1/4x; при $-\pi < x < \pi$; $T=2\pi$

23. Разложить в ряд Фурье следующую функцию: $f(x) = \frac{\pi}{2} - \frac{x}{2}$; при $0<x<2\pi$; $T=2\pi$.

3. Технология проведения практических занятий

Для студенческой группы на занятии выдается задание, общая формулировка которого приведена в разделе 2 настоящих методических указаний.

Алгоритм проведения практических занятий по дисциплине предполагается следующий:

- после выдачи задания в первые 30 мин. занятия студенты анализируют исходные данные, записывают математические выражения (при необходимости) и решают задачу.
- один из студентов группы вызывается «к доске» и демонстрирует группе вариант решения задания со своими числовыми данными;
- организуется интерактивное обсуждение результатов с разграничением функциональных обязанностей студентов.
- в последние 30 мин. занятия каждый студент предъявляет преподавателю варианты решения предложенных задач.

4. Примерные вопросы, выносимые на экзамен по дисциплине, по темам практических занятий

1. Разложение функций в ряд Фурье.
2. Прямое и обратное преобразование Фурье
3. Оптические передаточные функции.
4. Оптическая передаточная функция однородной среды.
5. Частотная характеристика следящей ОЭС.
6. Частотная характеристика рассеивающей среды