Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

**«Оренбургский государственный университет»**

Лазерная техника и лазерные технологии

методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет», для обучающихся по образовательной по программам высшего образования по направлению подготовки 12.03.04 - Биотехнические системы и технологии

Оренбург

Составитель: А.В. Рачинских

|  |  |
| --- | --- |
|  | Лазерная техника и лазерные технологии/ А.В. Рачинских; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, – 15 с. |

В методическом указании изложены вопросы по основам возникновения лазерного излучения, типах лазеров.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 12.03.04 – Биотехнические системы и технологии по профилю – Инженерное дело в медико-биологической практике, изучающих дисциплину «Лазерная техника и лазерные технологии».

© Рачинских А.В.

© ОГУ

***Содержание***

1. [Методические указания для подготовки к лекциям (с контрольными вопросами к разделам дисциплины, зачету) …………….………………..2](#_TOC_250002)
2. [Методические указания для подготовки к практическим занятиям 22](#_TOC_250001)
3. Методические указания для выполнения рефератов…………………..47

# Методические указания для подготовки к лекциям (с контрольными вопросами к разделам дисциплины, зачету и экзамену)

* 1. **Общие рекомендации.**

Подготовка студента к каждому лекционному занятию по дисциплине заключается в предварительном ознакомлении с содержанием электронной версии предстоящей лекции и соответствующих разделов рекомендуемой учебной литературы. Тематика лекций и их последовательность отражена в программе дисциплины. Рекомендуется прорабатывать материал учебной программы по возможности сразу после прослушивания лекции, а непосред- ственно перед следующим занятием еще раз бегло повторить его и отметить для себя вопросы, нуждающиеся в дополнительном разъяснении. Эти вопросы следует задать преподавателю в процессе обучения.

# Учебно-методические материалы к курсу лекций.

1. [Андреев А. Н.](http://znanium.com/catalog.php?item=booksearch&code=%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%B5%D1%80*#none) Оптические измерения [Электронный ресурс] / А. Н. Андреев, Е. В. Гаврилов, Г. Г. Ишанин и др. - М.: Университетская книга; Логос, 2012. - 416 с. - ISBN 978-5-98704-173-2. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=469178>

**Дополнительная литература**

1. Иоргачев Д.В. Волоконно-оптические кабели и линии связи / Д.В. Иоргачев. - М. : ЭКО-ТРЕНДЗ, 2002. – 284 с. - ISBN 5-88405-041-0.
2. Медицинская техника для лучевой диагностики: оборудование, расходные материалы, нормативные документы [Текст] : справочник / под ред. Б.И. Леонова, Н.Н. Блинова.- 1-е изд. - М. : НПЦ 'ИНТЕЛФОРУМ', 2004. - 328 c. - ISBN 5-93701-005-1.
3. Дмитриев В.Г. Прикладная нелинейная оптика [Текст] / В.Г. Дмитриев Л.В. Тарасов. -М. : Физматлит 2004. - 512 с. - Библиогр.: с. 477-512. - ISBN 5-9221-0453-5.

# Контрольные вопросы к разделам (темам).

Задание #1

Вопрос:

При переходе атома с низшего энергетического уровня на высший...

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1) атомом поглощается фотон

2) атомом испускается фотон

3) атомом испускается два когерентных фотона

4) происходит явление термоэлектронной эмиссии

Задание #2

Вопрос:

На чем основана работа рубинового лазера с трехуровневой системой?

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1) На том факте, что в различных возбужденных состояниях атом может находится в течение неодинаковых промежутков времени

2) На явлении фотоэффекта

3) На том, что в этом лазере используется не два зеркала (как в обычном), а три

4) Правильного ответа нет

Задание #3

Вопрос:

Выберете, для чего могут применяться лазеры в науке и технике?

Выберите несколько из 4 вариантов ответа:

1) Для резки металлов

2) Для истребления паразитов

3) Для хранения информации

4) В медицине

Задание #4

Вопрос:

На чем основана работа лазера

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1) На явлении фотоэффекта

2) На явлении индуцированного излучения

3) На фотонах

4) На инфракрасном излучении

Задание #5

Вопрос:

При переходе атома из высшего энергетического уровня на низший...

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1) атомом поглощается фотон

2) атомом испускается фотон

3) атомом испускается два когерентных фотона

4) происходит явление термоэлектронной эмиссии

Задание #6

Вопрос:

По типу активной среды лазеры подразделяются на…

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1) аморфные

2) твердотельные

3) жидкостные

4) газовые

Задание #7

Вопрос:

Накачка в газовых лазерах может производиться вследствие…

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1) химической реакции

2) воздействия мощного источника света

3) электрического разряда

4) перехода электрона с одного типа полупроводника на другой

Задание #8

Вопрос:

Накачка в химических лазерах может производиться вследствие…

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1) химической реакции

2) воздействия мощного источника света

3) электрического разряда

4) перехода электрона с одного типа полупроводника на другой

Задание #9

Вопрос:

Накачка в оптических лазерах может производиться вследствие…

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1) химической реакции

2) воздействия мощного источника света

3) электрического разряда

4) перехода электрона с одного типа полупроводника на другой

Задание #10

Вопрос:

Какое свойство лазера используется при строительстве туннелей

Выберите один из 4 вариантов ответа:

1) высокая монохромность

2) импульс короткой длительности

3) узкий нерасходящийся луч

4) возможность точной фокусировки

# Перечень контрольных вопросов для подготовки к зачету по дисциплине:

1. Однофотонная флуоресценция, многофотонная флуоресценция
2. Виды фотовоздействий (Тепловые эффекты, Фотодинамическое и фотохимическое воздействие)
3. Распространение непрерывного излучения
4. Распространение коротких импульсов
5. Диффузионные волны фотонной плотности
6. Диффузионная оптическая спектроскопия, Диффузионная оптическая томография
7. Анизотропия биотканей
8. Описание поляризованного излучения. Слабо рассеивающие биоткани Формирование спеклов и интерферометрия рассеивающих сред
9. Динамическое рассеяние света
10. Конфокальная микроскопия
11. Генерация второй
12. Методы измерения оптических параметров биотканей
13. Управление оптическими свойствами биотканей
14. Газовые лазеры
15. Жидкостные лазеры
16. Твердотельные лазеры
17. Полупроводниковые лазеры
18. Твердотельные лазеры с диодной накачкой
19. Перестраиваемые лазерные источники
20. Лазеры с короткой и сверхкороткой длительностью импульсов
21. Медицинские волоконные световоды и облучатели биотканей
22. Волоконные лазеры
23. Микроструктурные световоды
24. Биомедицинские волоконно-оптические датчики и зонды
25. Спектрофотометрия
26. ИК-фурье-спектроскопия
27. Физические основы методов оптико-калориметрической спектроскопии
28. Конструкции спектрофонов и зондов
29. Микроскопия и микроспектрофотометрия
30. Флуоресцентный микроанализ
31. КР-микропроба
32. Эмиссионная спектроскопия лазерной микропробы и метод LАММА

# 2. Методические указания для подготовки к практическим занятиям

* 1. **План и порядок проведения практических занятий**

План проведения практических занятий составлен в соответствии с программой дисциплины. Практические занятия проводятся в форме выполнения коротких заданий по запланированным темам с групповым обсуждением способов их выполнения и получаемых результатов. На ряде практических занятий проводится тестирование с последующим групповым обсуждением результатов тестирования, анализом ошибок и соответствующими пояснениями со стороны преподавателя.

**Лазер — генератор когерентного электромагнитного излучения в оптическом диапазоне, основанный на использовании индуцированного излучения.**

**Основные свойства лазерного излучения:**

1. **когерентность (временная и пространственная);**
2. **монохроматичность;**
3. **направленность излучения;**
4. **поляризованность;**
5. **высокая спектральная плотность мощности.**

**Цель работы:**

1. Сравнение расходимости излучения различных лазерных источников.
2. Анализ поляризованности лазерного излучения.
3. Определение длины волны излучения.
4. Определение постоянной дифракционной решетки и размера эритроцитов
5. Исследование разрешающей способности микроскопа методом Аббе.

**Приборы и принадлежности:**

Лазеры: газовый, полупроводниковый;

Анализатор поляризованности излучения;

Микроамперметр;

Объектив, окуляр;

Регулируемая дифракционная щель, дифракционные решетки;

Мазок крови;

Экраны, линейка, рулетка;

Устройство для крепления масок, маски.

**Задание 1. Определение расходимости лазерного излучения.**

Расходимость лазерного излучения определяется пространственной когерентностью источника излучения. Пространственная когерентность — это корреляция между фазами волн, излученными источниками, расположенными в разных точек пространства. Степень пространственной когерентности излучения лазера определяет степень его направленности (коллимированности). Расходимость лазерного излучения — это плоский или телесный угол, характеризующий ширину диаграммы направленности лазерного излучения в дальней зоне.

**Порядок выполнения измерений**:

1. Установите экран Э1 на расстоянии более 1м от выходного зеркала лазера, измерьте диаметр светового пятна D1 на экране Э1 .
2. Установите экран Э2 на расстоянии L от экрана Э1 и измерьте диаметр светового пятна D2 на экране Э2 , предварительно убрав экран Э1 .
3. Измерения D1, D2, L проведите не менее 3 раз, данные по каждому источнику излучения занесите в таблицу.
4. Расходимость источника рассчитайте по формуле:

**θ = ( D2 - D1)/2L (радиан) ,** определите среднее значение и косвенную погрешность измерений, учитывая систематические ошибки при измерении D1, D2, L .

1. Сравните расходимости различных источников и сделайте выводы, объяснив причину различной расходимости.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | D1(м) | D2(м) | L(м) | θ |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
|  |  |  |  | θ±∆θ |

**Задание 2. Анализ поляризованности лазерного излучения.**

Поляризация — это проявление поперечности электромагнитной волны, т. е. сохранение постоянного ортогонального положения взаимно перпендикулярных векторов напряженности электрического и магнитного полей по отношению к скорости распространения волнового фронта. Вид поляризации (линейная, круговая, эллиптическая) лазерного излучения определяется оптическим резонатором. Резонаторы с брюстеровскими окнами разрядной трубки или внутренними призмами дают устойчивую линейную поляризацию.

Для анализа поляризованного света используется анализатор (поляризационная призма Николя или поляроид).

Если свет линейно поляризован, то при вращении анализатора наблюдается изменение интенсивности по закону Малюса I = I0cos2φ.

Если свет эллиптически поляризован, то при вращении анализатора будет наблюдаться изменение интенсивности, но в минимуме интенсивность не будет равна нулю.

Если свет естественный или поляризован по кругу, то вращение плоскости анализатора не приводит к изменению интенсивности. Поэтому для качественного анализа поляризованности света, в этом случае, наряду с анализатором используют пластинку λ/4. Если при повороте анализатора изменение интенсивности света не наблюдается, то свет естественный: если есть положения, при которых интенсивность света равна нулю, то свет поляризован по кругу.

**Порядок выполнения измерений**:

1. Поворачивая анализатор, измерьте интенсивность падающего на фотоприемник пучка света, записывая в таблицу показания микроамперметра через 20° поворота лимба.
2. Для анализа поляризованности излучения, обладающего значительной расходимостью, необходимо использовать собирающую линзу.
3. Проведите измерения для предложенных лазеров.
4. По данным таблицы постройте графики зависимости интенсивности от угла поворота анализатора φ.
5. Сделайте выводы, сравнив поляризованность излучения различных источников, и объясните причину различной степени поляризации.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Угол поворота φ | 0° | 20° | 40° | 60° | 80° | 100° | 140° | 160° | 180° |
| Интенсивность излучения I |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Задание 3. Определение длины волны лазерного излучения, используя дифракционную решетку с известной постоянной.**

Дифракционная решетка — это устройство, обеспечивающее пространственную периодическую модуляцию падающей световой волны по амплитуде или по фазе. Основной характеристикой дифракционной решетки является период — постоянная дифракционной решетки c. При освещении решетки светом происходит дифракция. Вторичные когерентные волны, образующиеся в результате дифракции, распространяясь по всем направлениям, интерферируют, образуя дифракционную картину.

При нормальном падении света главные дифракционные максимумы возникают при условии **c sin(α) = ±kλ**, где k = 0,1,2,3,... - порядок главных максимумов.

Зная период решетки c, и угол дифракции α, под которым виден максимум k- го порядка, можно определить длину волны падающего света **λ = c sin(α)/k**.

С другой стороны, зная длину волны излучения лазера, можно определить постоянную решетки **c = kλ/sin(α)**.

Если в качестве дифракционной решетки использовать монослой мелких круглых частиц приблизительно одинакового размера, расположенных хаотично, то на экране можно наблюдать дифракционную картину, представляющую собой сумму дифракционных картин от отдельных частиц. Эта картина имеет вид концентрических чередующихся темных и светлых колец, окружающих светлый центральный круг.

Таким образом, используя дифракционную картину, возникающую в результате дифракции на мазке крови, можно определить размер эритроцитов D

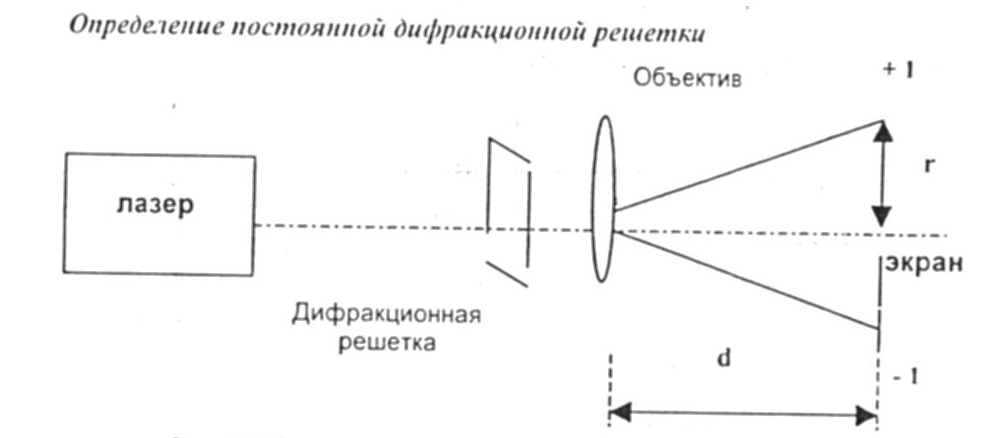
**D = k λ/ sin(α)**, где k — коэффициент, соответствующий данному кольцу.

**Порядок проведения измерений**:

1. Установите дифракционную решетку в держателе перпендикулярно лазерному лучу.
2. Установите за дифракционной решеткой длиннофокусную линзу (объектив), а в фокусе объектива — экран.
3. Получив на экране четкую дифракционную картину, измерьте расстояние d = f от линзы до экрана.
4. Измерьте расстояние r от середины 0-го максимума до центра +1, -1, +2, -2, +3, -3 максимумов. Данные запишите в таблицу.
5. Вычислите и запишите в таблицу λ для каждого случая, рассчитайте среднее значение λ и косвенную погрешность измерения ∆λ, учитывая систематическую погрешность измерения d, r.
6. Повторите пункты 1 — 5 для других лазерных источников.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| k— порядок максимума | r — расстояние от 0-го максимума до k - гомаксимума | d — расстояние от линзы до экрана | λ = с/k(1 + d2/r2)1/2 |
| +1 |  |  |  |
| -1 |  |  |  |
| +2 |  |  |  |
| -2 |  |  |  |
| +3 |  |  |  |
| -3 |  |  |  |

**Задание 4. Определение постоянной дифракционной решетки.**



**Порядок проведения измерений**:

1.Установите дифракционную решетку в держателе перпендикулярно лазерному лучу.

2.Установите за дифракционной решеткой длиннофокусную линзу (объектив), а в фокусе объектива — экран.

3.Получив на экране четкую дифракционную картину, измерьте расстояние d = f от линзы до экрана.

4.Измерьте расстояние r от середины 0-го максимума до центра +1, -1, +2, -2, +3, -3 максимумов. Данные запишите в таблицу.

5.Вычислите и запишите в таблицу c для каждого случая по формуле , рассчитайте среднее значение c и косвенную погрешность измерения ∆c, учитывая систематическую погрешность измерения d, r.

6.Повторите пункты 1 — 5 для других лазерных источников.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| k— порядок максимума | r — расстояние от 0-го максимума до k - гомаксимума | d — расстояние от линзы до экрана | c = kλ(1 + d2/r2)1/2 |
| +1 |  |  |  |
| -1 |  |  |  |
| +2 |  |  |  |
| -2 |  |  |  |
| +3 |  |  |  |
| -3 |  |  |  |

# Методические указания к выполнению рефератов

Выполнение реферата заключается в углубленной проработке отдельных тем дисциплины. Реферат должен быть представлен в печатном виде в объеме

10 страниц (но не более 20) в редакторе Word шрифтом TimesNewRoman кеглем 14c интервалом 1,25 отступами 1,25 и полями 2,2,2,2.

Темы рефератов студенты берут из таблицы, приведенной ниже, где но- мера тем соответствуют номеру студента в официальном списке группы.

В реферате на титульном листе должны быть указаны: вуз, институт, ка- федра, тема реферата, автор реферата (и его группа) и проверяющий (препода- ватель). Также необходимо отразить содержание с указанием страниц разде- лов и заключение с необходимыми выводами. Первоочередная литература для работы над рефератами указана в программе дисциплины. Дополнительные источники информации студент должен находить самостоятельно в интернете и в библиотечных фондах.

Темы рефератов

1. Лазерные установки для гравировки алмазов;
2. Лазерные установки для резки диэлектриков;
3. Эксимерная коррекция зрения;
4. Лазерные установки для закалки металлов и сплавов;
5. Лазерные установки для сварки металлов и сплавов;
6. Лазерные установки для фотодинамической терапии;
7. Лазерные установки для офтальмологии;
8. Лазерные установки для бескровной раскройки биотканей;
9. Лазерные установки с оптоволоконными манипуляторами;
10. Зависимость качества сварочного шва и реза от характеристик лазерного излучения;
11. Перспективы развития волоконной оптики для транспортировки лазерных пучков.
12. Метрологические применения твердотельных лазеров.
13. Отечественные технологические лазеры и лазерные технологические комплексы
14. Зарубежные технологические лазеры и лазерные технологические комплексы
15. Применение технологических волоконных лазеров в промышленности
16. Применение лазеров в промышленной фотохимии
17. Применение лазеров в микроэлектронике
18. Технологические полупроводниковые лазеры и их применение
19. Области применения твердотельных и CO2 –лазеров.
20. Применение лазеров в нетермических технологиях.
21. Сравнительный анализ лазерной и электронно-лучевой обработки материалов