

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

ОПТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления 200700.62 - «Фотоника и
оптоинформатика»

2013

Шандаров, Станислав Михайлович

Оптическая физика : методические указания по самостоятельной работе для студентов направления 200700.62 - «Фотоника и оптоинформатика» / С.М. Шандаров; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра электронных приборов. – Томск : ТУСУР, 2013. – 37 с.

Целью преподавания дисциплины «Оптическая физика» является формирование у бакалавров представлений о фундаментальных основах оптической физики, которая является важным компонентом естественно-научного базиса подготовки бакалавров по направлению «Фотоника и оптоинформатика», для последующего использования этих знаний при изучении специальных дисциплин учебного плана и при разработке, эксплуатации, исследовании элементов и устройств фотоники и оптоинформатики.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере профессиональной деятельности (ПК-9);
- готовность формулировать цели и задачи научных исследований (ПК-10).

Предназначено для студентов очной, очно-заочной и заочной форм, обучающихся по направлению «Фотоника и оптоинформатика» по курсу «Оптическая физика».

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»

Кафедра электронных приборов

УТВЕРЖДАЮ
Зав.кафедрой ЭП
_____ С.М. Шандаров
«__» _____ 2013 г.

ОПТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Методические указания по самостоятельной работе
для студентов направления 200700.62 - «Фотоника и
оптоинформатика»

Разработчик
докт. физ.-мат. наук, проф.
каф. ЭП
_____ С.М. Шандаров
«__» _____ 2013 г.

Содержание

Введение	6
Раздел 1 Электромагнитные колебания и волны.....	7
1.1 Содержание раздела.....	7
1.2 Методические указания по изучению раздела	7
1.3 Вопросы для самопроверки	7
Раздел 2 Фотометрия.....	9
2.1 Содержание раздела.....	9
2.2 Методические указания по изучению раздела	9
2.3 Вопросы для самопроверки	9
Раздел 3 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на плоской границе раздела.....	10
3.1 Содержание раздела.....	10
3.2 Методические указания по изучению раздела	10
3.3 Вопросы для самопроверки	10
Раздел 4 Интерференция света	11
4.1 Содержание раздела.....	11
4.2 Методические указания по изучению раздела	11
4.3 Вопросы для самопроверки	12
Раздел 5 Дифракция света.....	13
5.1 Содержание раздела.....	13
5.2 Методические указания по изучению раздела	13
5.3 Вопросы для самопроверки	13
Раздел 6 Оптика анизотропных сред.....	14
6.1 Содержание раздела.....	14
6.2 Методические указания по изучению раздела	14
6.3 Вопросы для самопроверки	14
Раздел 7 Основы голографии.....	15
7.1 Содержание раздела.....	15
7.2 Методические указания по изучению раздела	15
7.3 Вопросы для самопроверки	15
Раздел 8 Дисперсия света.....	16
8.1 Содержание раздела.....	16
8.2 Методические указания по изучению раздела	16
8.3 Вопросы для самопроверки	16
Раздел 9 Оптика неоднородных сред	16
9.1 Содержание раздела.....	16

9.2	Методические указания по изучению раздела	17
9.3	Вопросы для самопроверки	17
Раздел 10 Рассеяние света.....		17
10.1	Содержание раздела.....	17
10.2	Методические указания по изучению раздела	17
10.3	Вопросы для самопроверки	17
Раздел 11 Нелинейная оптика.....		18
11.1	Содержание раздела.....	18
11.2	Методические указания по изучению раздела	18
11.3	Вопросы для самопроверки	18
Раздел 12 Силовая оптика.....		19
12.1	Содержание раздела.....	19
12.2	Методические указания по изучению раздела	19
12.3	Вопросы для самопроверки	19
Раздел 13 Основы квантовой оптики		20
13.1	Содержание раздела.....	20
13.2	Методические указания по изучению раздела	20
13.3	Вопросы для самопроверки	20
14 Лабораторные работы		20
15 Практические занятия		22
17 Темы для самостоятельного изучения		24
18 Подготовка к контрольной работе.....		24
18.1	Теоретические вопросы для письменной контрольной работы по теме «Электромагнитные колебания и волны».....	25
18.2	Теоретические вопросы для письменной контрольной работы по темам «Фотометрия. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на плоской границе раздела. Интерференция света»	26
18.3	Теоретические вопросы для письменной контрольной работы по темам «Дифракция света. Оптика анизотропных сред»	29
Заключение		31
Рекомендуемая литература		34

Введение

Цель дисциплины состоит в формировании у студентов представлений о фундаментальных основах оптической физики, которая является важным компонентом естественно-научного базиса подготовки бакалавров по направлению «Фотоника и оптоинформатика».

Задачи дисциплины заключаются в:

- изучение и освоение студентами современных подходов и методов, используемых для анализа и описания оптических явлений;
- изучение базовых принципов оптической физики;
- изучение основных линейных и нелинейных оптических эффектов и явлений в конденсированных средах

Дисциплина «Оптическая физика» – базовая часть профессионального цикла БЗ образовательной программы специалиста.

Изучение дисциплины «Оптическая физика» базируется на материале естественно-научных дисциплин: «Математика» и «Физика» и представляет собой базу для дисциплин общепрофессионального цикла, таких как «Основы фотоники», «Оптическое материаловедение», «Основы оптоинформатики», и для большинства специальных дисциплин.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере профессиональной деятельности (ПК-9);
- готовность формулировать цели и задачи научных исследований (ПК-10).

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- фундаментальные принципы и законы оптической физики;
- основные линейные и нелинейные явления оптической физики и методы их описания;
- принципы функционирования оптических приборов.

уметь:

- использовать современные подходы и методы, используемые для анализа и описания оптических явлений.

владеть:

- навыками работы с оптическими элементами и устройствами;
- навыками проведения экспериментальных исследований в изучении оптических явлений.

Раздел 1 Электромагнитные колебания и волны

1.1 Содержание раздела

Шкала электромагнитных колебаний. Основы теории колебаний. Линейные колебания в системах с одной степенью свободы. Изображение колебательных процессов в фазовом пространстве. Описание электромагнитного излучения оптического диапазона. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме, материальные уравнения и граничные условия. Сведение к волновому уравнению. Плоские электромагнитные волны, гармонические плоские волны и их свойства. Поляризация плоских электромагнитных волн. Закон сохранения энергии для электромагнитного поля, вектор Пойнтинга. Сферические волны.

1.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Электромагнитные колебания и волны» следует обратить внимание на связь колебательных и волновых процессов и на подходы к их описанию, а также на плоские и сферические электромагнитные волны, как широко используемые модели для описания различных оптических явлений.

1.3 Вопросы для самопроверки

1. Как можно описать математически гармоническое колебание? Какими параметрами характеризуется гармоническое колебание?
2. Как связаны между собой частота, период электромагнитных колебаний и длина волны? Какие единицы измерения используются для частоты колебаний?
3. Из каких областей состоит оптический диапазон спектра электромагнитных колебаний? Какие частоты и длины волн соответствуют этим областям?
4. Нарисуйте график зависимости потенциальной энергии системы, в которой могут происходить механические колебания вблизи положения равновесия, от координаты. Запишите математическое выражение для этой зависимости при малых отклонениях от положения равновесия и поясните его вывод из разложения в ряд Тейлора.
5. Какая колебательная система называется линейным осциллятором? Как найти уравнение движения линейного осциллятора?
6. Запишите дифференциальное уравнение, описывающее одномерный линейный осциллятор. Каково его общее решение?
7. Из каких соотношений можно получить уравнение, описывающее свободные колебания заряда в последовательном колебательном контуре?
8. Какой временной зависимостью описываются свободные колебания заряда в последовательном колебательном контуре? Изобразите график данной зависимости.

9. Каким образом можно получить дифференциальное уравнение, описывающее вынужденные колебания в механической системе? В последовательном колебательном контуре? Запишите соответствующие дифференциальные уравнения и поясните все обозначения.

10. Дайте определения понятиям «фазовая плоскость», «изображающая точка», «фазовая траектория». Поясните ответ рисунком.

11. Как можно получить уравнение фазовых траекторий для свободных колебаний в системе с одной степенью свободы?

12. Запишите уравнение фазовых траекторий для свободных колебаний в системе с одной степенью свободы и поясните на его основе особенности движения изображающей точки по фазовой траектории во времени.

13. Нарисуйте фазовый портрет гармонических колебаний и дайте ему физическую трактовку.

14. Нарисуйте фазовый портрет системы с мнимыми собственными частотами и дайте ему физическую трактовку.

15. Нарисуйте фазовый портрет затухающих колебаний и дайте ему физическую трактовку.

16. Нарисуйте фазовый портрет нарастающих колебаний и дайте ему физическую трактовку.

17. Запишите уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Поясните все обозначения.

18. Выведите волновое уравнение из уравнений Максвелла в дифференциальной форме для непроводящей изотропной среды, в которой отсутствуют свободные заряды и сторонние токи.

19. Запишите математическую формулировку одномерного волнового уравнения. Поясните все обозначения.

20. Дайте определение понятию фазового или волнового фронта волны.

21. Запишите математическое выражение для напряженности электрического поля плоской электромагнитной волны, распространяющейся в произвольном направлении. Поясните все обозначения.

22. Запишите уравнения Максвелла для плоских гармонических волн в непроводящей среде, в которой также отсутствуют свободные заряды и сторонние токи. Поясните все обозначения.

23. Какое поле называют поляризованным, а какое неполяризованным?

24. Чем отличаются волны с линейной, эллиптической и круговой (левой и правой) поляризациями?

25. Запишите математическое выражение для волнового сопротивления среды, поясните все обозначения. Чему равно волновое сопротивление вакуума как среды распространения?

26. Запишите математическое выражение для фазовой скорости света через материальные параметры среды распространения, а также

через скорость света в вакууме и коэффициент преломления. Поясните все обозначения.

27. В чем состоит достоинство комплексного метода при описании гармонических плоских волн?

Раздел 2 Фотометрия

2.1 Содержание раздела

Энергетическая и световая системы фотометрических величин и единицы их измерения. Связь фотометрических величин с вектором Пойнтинга. Принципы построения фотометров. Измерение основных фотометрических величин.

2.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Фотометрия» следует обратить внимание на связь фотометрических величин с вектором Пойнтинга и на принципы построения фотометров.

2.3 Вопросы для самопроверки

1. Что такое *лучистая энергия, или энергия излучения*, и в каких единицах она измеряется в энергетической системе фотометрических величин?

2. Что характеризует *лучистый поток, или поток излучения*, и в каких единицах он измеряется в энергетической системе фотометрических величин?

3. Запишите выражение, определяющее *энергетическую яркость*, и поясните все обозначения.

4. Дайте определение понятию *энергетическая освещенность или облученность в заданной точке пространства*. В каких единицах энергетической системы фотометрических величин она измеряется?

5. Запишите математическое выражение, определяющее *энергетическую светимость*, и поясните все обозначения. В каких единицах она измеряется в энергетической системе фотометрических величин?

6. Дайте определение понятию *сила излучения, или энергетическая сила света*. В каких единицах она измеряется энергетической системе фотометрических величин?

7. Запишите математическое выражение, определяющее *энергетическое освечивание*, и поясните все обозначения. В каких единицах оно измеряется в энергетической системе фотометрических величин?

8. Дайте определение понятию *энергетическая экспозиция*. Запишите определяющее её математическое выражение, поясните все

обозначения и укажите единицы, в которых она измеряется в энергетической системе фотометрических величин.

9. Дайте определение понятию *спектральной плотности фотометрической величины* и запишите определяющее её математическое выражение.

10. С помощью какого соотношения фотометрические величины световой (визуальной) системы образуются от величин энергетической системы? Поясните используемые обозначения.

11. Что характеризует *световой вектор*, и как он может быть определен?

12. На каком свойстве глаза основаны визуальные фотометры?

13. Какие физические приемники излучения используются в объективных фотометрах?

14. Для измерения какой фотометрической величины может быть использован *фотометрический шар*?

Раздел 3 Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на плоской границе раздела

3.1 Содержание раздела

Отражение и преломление света на границе раздела прозрачных диэлектриков. Полное внутреннее отражение. Преломление и отражение на поверхности металла. Неоднородные плоские волны, поверхностные электромагнитные волны.

3.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на плоской границе раздела» следует обратить внимание на подход к выводу формул Френеля, на физическую сущность явлений Брюстера и полного внутреннего отражения, и на их использование в оптических элементах и системах.

3.3 Вопросы для самопроверки

1. Опишите постановку задачи при анализе отражения и преломления плоской монохроматической волны, поляризованной нормально к плоскости падения, на плоской границе двух изотропных немагнитных сред.

2. Запишите выражение, описывающее закон Снеллиуса, и поясните все обозначения.

3. Как вводится коэффициент отражения и коэффициент прохождения света для плоских монохроматических волн?

4. Запишите формулы Френеля для поляризации, нормальной к плоскости падения, и поясните все обозначения.

5. Вычислите коэффициент отражения для волны, падающей нормально из воздуха на границу раздела со средой, имеющей показатель преломления $n = 1,5$.

6. Запишите формулы Френеля для волн, поляризованных в плоскости падения, и поясните все обозначения.

7. Какие явления характеризуют модуль и фаза коэффициента отражения?

8. Нарисуйте примерный вид зависимости модуля коэффициента отражения от угла падения для волн, поляризованных нормально к плоскости падения.

9. Нарисуйте примерный вид зависимости модуля коэффициента отражения от угла падения для волн, поляризованных в плоскости падения. Как называется угол падения, при котором модуль коэффициента отражения обращается в ноль?

10. Почему угол Брюстера называется углом полной поляризации?

11. В чем заключается явление полного внутреннего отражения? Каково должно быть соотношение между оптическими плотностями среды распространения и окружающей среды, чтобы этот эффект наблюдался?

12. Чему равен критический угол полного внутреннего отражения для среды с показателем преломления $n = 2$, граничащей с вакуумом?

13. Чему равен модуль коэффициента отражения при угле падения, превышающем критический угол полного внутреннего отражения?

14. По какому закону изменяется амплитуда светового поля в среде, от границы с которой происходит полное внутреннее отражение плоской монохроматической световой волны?

15. Дайте определение неоднородной плоской волны. В какой среде существуют такие волны при полном внутреннем отражении?

16. В каких элементах, устройствах и системах фотоники и оптоинформатики используется явление полного внутреннего отражения?

Раздел 4 Интерференция света

4.1 Содержание раздела

Интерференция монохроматического излучения. Двухлучевая интерференция. Временная и пространственная когерентность оптического излучения. Интерференция частично-когерентного излучения. Методы наблюдения интерференционных картин. Двухлучевые интерферометры Жамена, Маха-Цендера, Рождественского, Майкельсона, Физо. Многолучевая интерференция. Интерферометр Фабри-Перо.

4.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Интерференция света» следует обратить внимание на подходы к описанию интерференционных явлений, на понятия временной и пространственной когерентности, а также на методы

наблюдения интерференционных картин и на схемные реализации двухлучевых интерферометров.

4.3 Вопросы для самопроверки

1. Как можно найти интенсивность светового поля, создаваемого несколькими источниками света, в виде суммы аддитивного и интерференционного членов?

2. Что представляет собой интерференционная картина? Как она может быть реализована?

3. Опишите подход, позволяющий найти распределение интенсивности света в картине интерференции двух плоских монохроматических световых волн одинаковой частоты.

4. Поясните понятие «контраст интерференционной картины» на примере распределения интенсивности при интерференции двух плоских монохроматических световых волн одинаковой частоты.

5. Запишите математическое выражение для распределения интенсивности света в интерференционной картине, наблюдаемой в интерферометре Юнга, поясните все обозначения.

6. Где наблюдается светлая интерференционная полоса нулевого порядка при использовании интерферометра Юнга?

7. Дайте определение понятия «когерентность».

8. Как можно определить контраст интерференционной картины по распределению интенсивности света в случае интерференции волн, не являющихся монохроматическим?

9. Сформулируйте определение для понятия «время когерентности». Как оно связано шириной спектра излучения?

10. Запишите математическое выражение для длины когерентности, поясните все обозначения. Найдите длину когерентности для лазера, генерирующего излучение с шириной спектра 300 МГц.

11. Каким должно быть соотношение между длиной когерентности и разностью хода двух волн для получения контрастной интерференционной картины?

12. Чем определяется пространственная когерентность источника излучения?

13. Как реализуется интерференционная картина в виде *полос равной толщины*?

14. Нарисуйте схему наблюдения интерференционной картины в виде *колец Ньютона*.

15. Как можно получить интерференционную картину в виде *полос равного наклона*?

16. Поясните, каким способом можно просветлять оптические элементы.

17. Поясните способ получения интерференционной картины с помощью *бипризмы Френеля*.

18. Поясните способ получения интерференционной картины с помощью *зеркала Ллойда*.

19. Опишите схему *интерферометра Майкельсона*. Как с помощью него можно измерить длину когерентности источника излучения?

20. Опишите принцип измерения показателей преломления газообразных и жидких веществ с помощью интерферометра *Маха-Цендера*.

21. Нарисуйте оптическую схему *интерферометра Жамена*. В чем заключается его достоинство?

Раздел 5 Дифракция света

5.1 Содержание раздела

Полевой и спектральный методы описания. Приближение геометрической оптики. Принцип Гюйгенса-Френеля. Задача о дифракции на плоском экране. Граничные условия Кирхгофа. Дифракция Френеля и Фраунгофера. Дифракция лазерных пучков. Дифракционные решетки и спектральные приборы на их основе.

5.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Дифракция света» следует обратить внимание на постановку задачи дифракции, граничные условия Кирхгофа, приближения Френеля и Фраунгофера.

5.3 Вопросы для самопроверки

1. В чем заключается явление дифракции электромагнитных (световых) волн?

2. Сформулируйте граничные условия Кирхгофа.

3. Запишите интеграл Френеля – Кирхгофа для случая дифракции на отверстии в непрозрачном экране.

4. Сформулируйте принцип Гюйгенса – Френеля.

5. В чем заключаются дифракционные приближения Френеля?

6. В чем заключаются дифракционные приближения Фраунгофера?

7. Нарисуйте распределение интенсивности в дифракционной картине Фраунгофера на прямоугольном отверстии.

8. Чем отличаются дифракционные картины для круглого и прямоугольного отверстий?

9. Как преобразуются лазерные пучки с гауссовым профилем при распространении в свободном пространстве?

10. Как преобразуется лазерный пучок с гауссовым профилем тонкой линзой?

11. Опишите возможную реализацию амплитудной дифракционной

решетки.

12. Запишите математическое выражение для условия главных максимумов интенсивности, наблюдаемых при использовании дифракционной решетки.

13. Какова зависимость угловой дисперсии дифракционной решетки от порядка дифракционного максимума?

Раздел 6 Оптика анизотропных сред

6.1 Содержание раздела

Диэлектрический тензор анизотропной среды. Распространение и свойства плоских волн в анизотропных средах. Фазовая и групповая скорость. Классификация анизотропных сред. Распространение света в одноосных и двуосных кристаллах. Оптическая активность. Искусственная анизотропия: эффекты Поккельса и Фарадея, квадратичный электрооптический эффект и фотоупругость. Поляризационные устройства.

6.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Оптика анизотропных сред» следует обратить внимание на подходы к описанию распространения световых волн в таких средах с использованием тензорных моделей их физических свойств и на широкое применение эффектов искусственной анизотропии в оптических элементах и устройствах фотоники и оптоинформатики.

6.3 Вопросы для самопроверки

1. Тензорами какого ранга описываются диэлектрическая и магнитная проницаемости и проводимость среды?
2. Как можно записать тензор второго ранга для кубических кристаллов?
3. Какой вид имеет тензор второго ранга в одноосных кристаллах?
4. С каким явлением связана дисперсия диэлектрической проницаемости прозрачных сред на оптических частотах?
5. С чем связано явление пространственной дисперсии диэлектрической проницаемости прозрачных сред на оптических частотах?
6. Каковы характерные особенности распространения плоских световых волн в оптически неактивных изотропных средах?
7. В чем заключается явление естественной оптической активности при распространении световых волн в гиротропных оптически изотропных средах?
8. Что такое *циркулярное двулучепреломление*?
9. Каковы свойства *собственных (нормальных) волн среды*?
10. Чем отличаются друг от друга *обыкновенные и необыкновенные*

световые волны в одноосных кристаллах?

11. Как ориентирован вектор поляризации обыкновенной световой волны в одноосном кристалле?

12. Как ориентирован вектор поляризации необыкновенной световой волны в одноосном кристалле?

13. В чем суть явления «линейный электрооптический эффект Поккельса»? В каких кристаллах он наблюдается?

14. В чем суть явления «квадратичный электрооптический эффект Керра»?

15. В чем суть явления «фотоупругий эффект»? Тензором какого ранга он описывается?

16. В чем суть явления «эффект Фарадея»?

Раздел 7 Основы голографии

7.1 Содержание раздела

Физические принципы голографии: голограмма точечного источника, уравнение голограммы, типы и свойства голограмм. Техника голографического эксперимента. Динамическая голография. Голографическая интерферометрия: принцип, методы, оптические схемы установок. Спекл-интерферометрия.

7.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Основы голографии» следует обратить внимание на такие свойства голограмм, как возможность регистрации и последующего восстановления волнового поля объекта.

7.3 Вопросы для самопроверки

1. Что представляет собой голограмма точечного объекта?

2. Для какой цели используется опорная волна при записи голограммы?

3. Как изменится изображение, восстановленное с голограммы, если при её считывании использовать излучение с длиной волны, отличной от применяемой при записи?

4. Какова оптическая схема записи *голограммы Фраунгофера*?

5. Какова оптическая схема записи *голограммы Френеля*?

6. Какова оптическая схема записи *голограммы Фурье*?

7. Какова оптическая схема записи *отражательной объемной голограммы* по методу Ю.Н. Денисюка?

8. Какие физические явления используются в фоторефрактивных кристаллах для формирования объемных фазовых динамических голограмм?

9. Что является предметом голографической интерферометрии?

10. Что представляет собой спекл-структура оптического изображения, и каковы физические причины её возникновения?

Раздел 8 Дисперсия света

8.1 Содержание раздела

Классическая теория дисперсии: уравнение дисперсии и его решение, нормальная и аномальная дисперсия. Пространственная дисперсия. Распространение волновых пакетов, фазовая и групповая скорости, дисперсионное расплывание световых импульсов.

8.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Дисперсия света» следует обратить внимание на физическую суть явлений, обуславливающих спектральные зависимости параметров среды, и на понятия фазовой и групповой скорости.

8.3 Вопросы для самопроверки

1. При каком ограничивающем условии линейная комбинация плоских волн с различными частотами и волновыми числами описывает *волновой пакет (волновую группу)*?
2. Что такое *оггибающая волнового пакета*?
3. Запишите математическое выражение для *групповой скорости* волны (волнового пакета) в среде с дисперсией, поясните все обозначения.
4. Какую дисперсию среды называют *нормальной*?
5. Какую дисперсию среды называют *аномальной*?
6. Какие свойства среды определяет *действительная часть комплексного показателя преломления*?
7. Какие свойства среды описывает *мнимая часть комплексного показателя преломления*?
8. Запишите математическое выражение для частотной зависимости диэлектрической восприимчивости среды в рамках *квазиупругой модели*. Поясните все обозначения.
9. Какими параметрами среды определяется *плазменная (лэнгмюровская) частота*?

Раздел 9 Оптика неоднородных сред

9.1 Содержание раздела

Оптические волноводы. Моды планарных волноводов. Волоконные световоды и их моды. Электромагнитные волны в периодических структурах. Блоховские волны и зонная структура. Брэгговское отражение.

9.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Оптика неоднородных сред» следует обратить внимание на подходы к описанию мод оптических волноводов и к анализу полос непрозрачности в периодических структурах.

9.3 Вопросы для самопроверки

1. Нарисуйте картину распространения света в оптическом волноводе в приближении геометрической оптики.
2. В чем отличие *полосковых волноводов* от *планарных*?
3. Чем *пленочные* волноводы отличаются от *градиентных*?
4. Какие компоненты электрического и магнитного полей присутствуют в ТЕ-модах?
5. Какие компоненты электрического и магнитного полей присутствуют в ТМ-модах?
6. Какая лучевая картина соответствует *излучательной моде подложки* некоторой пленочной волноводной структуры?
7. Какие значения может принимать эффективный показатель преломления *волноводной моды*?
8. Какие значения может принимать эффективный показатель преломления *излучательной моды*?
9. Каким должен быть поперечный профиль показателя преломления волоконного световода?
10. Что такое *частота отсечки моды* волоконного световода?
11. Что такое *полоса непрозрачности* периодической структуры?

Раздел 10 Рассеяние света

10.1 Содержание раздела

Поляризуемость молекул и рассеяние Рэлея. Рассеяние Ми. Молекулярное рассеяние света. Комбинационное рассеяние света. Рассеяние Мандельштама-Бриллюэна. Прохождение света через случайно-неоднородную среду.

10.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Рассеяние света» следует обратить внимание на физическую природу рассеяния при его различных механизмах.

10.3 Вопросы для самопроверки

1. При каком условии в неоднородной среде при распространении светового пучка наблюдается *рэлеевское рассеяние*?
2. При каком условии в неоднородной среде при распространении

светового пучка наблюдается *рассеяние Ми*?

3. Как выглядит индикатриса рассеяния линейно поляризованного света в случае *рассеяния Рэлея*?

4. Какова физическая причина *молекулярного рассеяния* света?

5. Какие физические явления обуславливают *комбинационное рассеяние* света?

6. Какие изменения спектра светового излучения наблюдаются при *рассеянии Мандельштама-Бриллюэна*?

Раздел 11 Нелинейная оптика

11.1 Содержание раздела

Нелинейный отклик среды, самовоздействие света. Самофокусировка и пространственные солитоны. Нелинейные явления второго порядка: общая методология, нелинейная поляризация, условия фазового синхронизма. Генерация гармоник, волн суммарных и разностных частот; параметрическая генерация. Четырехволновые смешения и обращение волнового фронта. Вынужденное комбинационное рассеяние, вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна.

11.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Нелинейная оптика» следует обратить внимание на общие подходы к описанию нелинейности свойств среды и на важную роль условий синхронизма при нелинейном взаимодействии световых волн.

11.3 Вопросы для самопроверки

1. Как найти нелинейную электрическую поляризацию среды при воздействии на неё двух монохроматических полей с различными частотами? На каких частотах она будет проявляться при учете нелинейных явлений второго порядка?

2. Запишите условия синхронизма для генерации волны суммарной частоты в нелинейной среде. Поясните их физический смысл; расшифруйте все обозначения.

3. Опишите эксперимент по первому наблюдению генерации второй гармоники в кристалле кварца.

4. Поясните, как можно реализовать фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в оптически отрицательном одноосном кристалле.

5. Запишите соотношения Мэнли-Роу для процесса параметрического взаимодействия трех световых волн. Дайте физическую трактовку этим соотношениям.

6. Нарисуйте схему параметрического генератора света и поясните

физические явления, которые в нем используются.

7. Нарисуйте схему взаимодействия пучков на динамической голограмме, используемой для обращения волнового фронта световых пучков.

8. Какие законы сохранения имеют место при вынужденном комбинационном рассеянии света?

9. С возбуждением каких волновых процессов связано вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна?

10. Опишите физические явления, позволяющие реализовать распространение светлого пространственного солитона в нелинейной среде.

Раздел 12 Силовая оптика

12.1 Содержание раздела

Сверхсильные световые поля. Оптический пробой в газах и твердых телах. Лазерно-индуцированная плазма.

12.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Силовая оптика» следует обратить внимание на общие подходы к описанию нелинейности свойств среды и на важную роль условий синхронизма при нелинейном взаимодействии световых волн.

12.3 Вопросы для самопроверки

1. Какие подходы используются для создания сверхсильных световых полей?

2. Какие физические принципы используются для генерации предельно коротких импульсов света?

3. Какие две стадии имеют место при возникновении оптического пробоя в газе?

4. Как связан порог оптического пробоя в твердых телах с порогом пробоя в постоянном поле?

5. Как влияет на порог оптического пробоя в твердых телах эффект самофокусировки?

6. Как соотносятся между собой пороговые значения оптического пробоя на поверхности и в объеме твердого тела?

7. Какие нелинейные оптические явления наблюдаются в лазерно-индуцированной плазме?

Раздел 13 Основы квантовой оптики

13.1 Содержание раздела

Постоянная Планка. Постулаты Бора. Корпускулярно-волновой дуализм. Физическая интерпретация волн де Бройля. Соотношение неопределенностей. Энергетические уровни. Квантовые переходы. Фотоэффект. Принцип квантового усиления электромагнитных волн.

13.2 Методические указания по изучению раздела

При изучении раздела «Основы квантовой оптики» следует обратить внимание на квантовую природу светового излучения и обоснование принципа квантового усиления электромагнитных волн.

13.3 Вопросы для самопроверки

1. Какие элементарные частицы переносят световое излучение?
2. Какова суть физического явления, которое получило название «красная граница фотоэффекта»?
3. Какой закон сохранения отражает правило частот Бора?
4. Чему равен квазиимпульс фотона?
5. Как ширина энергетического уровня связана с временем жизни частицы на данном уровне?
6. Каков закон распределения частиц по энергетическим уровням в состоянии термодинамического равновесия?
7. Какие типы квантовых переходов между энергетическими уровнями могут происходить?
8. Каковы особенности индуцированного излучения?
9. Какое состояние вещества называют «состоянием инверсии населенностей»?
10. В чем заключается принцип квантового усиления электромагнитных волн?
11. Какова роль оптического резонатора в лазере?

14 Лабораторные работы

В процессе выполнения лабораторных занятий студент не только закрепляет теоретические знания, но и пополняет их. Вся работа при выполнении лабораторной работы разбивается на следующие этапы: вступительный, проведение эксперимента и (или) численных расчетов и обработка результатов.

В процессе домашней подготовки студент проверяет качество усвоения проработанного материала по вопросам для самоконтроля, относящимся к изучаемой теме. Без проведения такой предварительной подготовки к лабораторной работе студент не допускается к выполнению

эксперимента.

Помимо домашней работы, студенты готовятся к выполнению эксперимента также на рабочем месте: они знакомятся с установкой, уточняют порядок выполнения работы, распределяют рабочие функции между членами бригады. В ходе аудиторной подготовки преподаватель путем собеседования выявляет и оценивает степень готовности каждого студента к проведению эксперимента и (или) численных расчетов, как и знание им теоретического материала. Студенты, не подготовленные к выполнению работы или не представившие отчеты по предыдущей работе, к выполнению новой работы могут быть не допущены и все отведенное время для лабораторной работы должны находиться в лаборатории, изучать по рекомендованной литературе тот материал, с которым они не познакомились дома. К выполнению работы они могут быть допущены только после собеседования и в часы сверх расписания, по договоренности с преподавателем. Все пропущенные лабораторные работы по уважительным или неуважительным причинам могут быть выполнены в конце семестра на дополнительных занятиях.

Второй этап работы – проведение эксперимента и (или) численных расчетов в лаборатории. На этом этапе очень важно, чтобы студент выполнил самостоятельно и грамотно необходимые измерения и наблюдения, а также, если это определено заданием, численные расчеты, укладываясь в отведенное для этого время. При организации своей работы для проведения эксперимента и (или) численных расчетов целесообразно исходить из рекомендаций, изложенных в руководствах для выполняемой лабораторной работы.

На последнем этапе работы студент производит обработку данных измерений и расчетов и анализ полученных результатов.

Отчет студента по работе должен быть индивидуальным. Анализ результатов является важной частью отчета.

Во время выполнения лабораторной работы студент приобретает способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере профессиональной деятельности (ПК-9); готовность формулировать цели и задачи научных исследований (ПК-10).

Ниже приведены названия лабораторных работ.

1. Исследование фазовых портретов гармонических и затухающих колебаний.
2. Исследование характеристик кремниевого полупроводникового фотодиода.
3. Отражение световых пучков от плоской границы раздела «воздух – диэлектрическая среда»
4. Изучение основных явлений интерференции света с помощью интерферометра Майкельсона
5. Электрооптическая модуляция оптического излучения.
6. Исследование эффекта фазовой демодуляции в адаптивном голографическом интерферометре

7. Изучение электрооптического эффекта в интерферометре Жамена
8. Исследование электрооптического эффекта в нелинейных оптических кристаллах на базе интерферометра Маха-Цендера
9. Исследование характеристик инжекционного полупроводникового лазера.

15 Практические занятия

На практических занятиях студенты рассматривают варианты задач. Целью занятий является углубление понимания процессов, происходящих в системах и устройствах когерентной и нелинейной оптики. Уделяется внимание таким вопросам, как нелинейная поляризация среды, преобразование частоты лазерного излучения, распространение световых пучков в нелинейной среде, оптические пространственные солитоны.

Перед практическими занятиями студент должен повторить лекционный материал, ответив на вопросы для самоконтроля по необходимой теме, а также просмотреть рекомендации по решению типичных задач этой темы.

В результате решения задач студент приобретает:

- способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере профессиональной деятельности (ПК-9);
- готовность формулировать цели и задачи научных исследований (ПК-10).

Тематика практических занятий приведена ниже:

1. Электромагнитные колебания и волны.
2. Фотометрия
3. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на плоской границе раздела.
4. Интерференция света.
5. Дифракция света.
6. Оптика анизотропных сред.

16. Примерная тематика курсовых работ

Цель выполнения бакалаврами курсовой работы – развитие навыков проведения исследований и выполнения инженерных расчетов.

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- закрепление и углубление теоретических знаний и представлений, полученных студентами на лекционных и практических занятиях;
- приобретение опыта работы с научно-технической литературой, в том числе с публикациями в специализированных журналах на русском и английском языках;
- выработка у студентов представлений и уверенности, что получаемые ими знания являются необходимыми для успешной профессиональной деятельности;

- выработка и закрепление навыков подготовки отчетов и научно-технических публикаций по результатам проведенных исследований или инженерных расчетов;

- наработка опыта публичного представления полученных результатов в виде докладов по подготовленным презентациям на студенческих конференциях и защиты курсовой работы.

Основной тематикой курсовых работ является проведение исследований в области нелинейной и интегральной оптики, фотоники, динамической голографии и оптического материаловедения по индивидуальным заданиям на группу из двух студентов, выполняемым на кафедрах Электронных приборов, СВЧ и КР и в лаборатории РКМ ТУСУР, ИМКЭС СО РАН, ООО «Кристалл Т», ОАО «НИИ ПП». Задания на курсовые работы расчетного характера выдаются индивидуально на каждого студента, предпочитающего такой тип курсовой работы, а их тематика соответствует изучаемым по дисциплине «Оптическая физика» инженерным расчетам по распространению световых волн в прозрачных средах и в оптических элементах в условиях воздействия на них управляющими полями.

Объем обязательных аудиторных занятий составляет 8 часов (четвертый семестр).

Каждая курсовая работа выполняется по отдельному заданию преподавателя, выдаваемому студенту (двум студентам) в распечатанном виде и содержащему исходную информацию для проведения экспериментальных исследований или выполнения инженерных расчетов.

Содержание и часовая нагрузка для аудиторных занятий

№ п/п	Содержание работ	Трудоемкость, час
1	Выдача индивидуальных заданий, обсуждение этапов выполнения курсовой работы, знакомство с экспериментальной установкой или методикой расчета	2
2	Обсуждение составленного обзора литературы и описания экспериментальной установки и методики эксперимента, или методики проведения расчета	4
3	Проведение эксперимента или инженерного расчета и обсуждение полученных результатов	9
4	Сдача отчет на проверку и публичная защита по подготовленной презентации	2
	Итого	17

Во время выполнения курсовой работы студент приобретает способность идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере профессиональной деятельности (ПК-9); готовность формулировать цели и задачи научных исследований (ПК-10).

Примерная тематика

1. Исследование волноводных мод планарных градиентных оптических волноводов.
2. Исследование самодифракции световых волн на отражательных фоторефрактивных решетках.
3. Исследование пространственного оптического солитона.
4. Исследование встречного двухволнового взаимодействия в кристалле класса силенитов при фазовой модуляции сигнального пучка.
5. Исследование двухпучкового взаимодействия света на динамической голограмме.
6. Исследование динамической голограммы в фоторефрактивном кристалле.
7. Исследование отражательных динамических голограмм в кристалле титаната висмута.

17 Темы для самостоятельного изучения

Темы для самостоятельного изучения обобщают приобретенные знания и позволяют студенту самостоятельно решать задачи. Тематика самостоятельных работ предполагает углубленное изучение ниже предложенных тем. (ПК-19, ПК-24).

Третий семестр

1. Измерение основных фотометрических величин
2. Преломление и отражение на поверхности металла
3. Многолучевая интерференция. Интерферометр Фабри-Перо
4. Приближение геометрической оптики
5. Поляризационные устройства

Студент защищает реферат по одной выбранной им теме.

Четвертый семестр

1. Спекл-интерферометрия
2. Пространственная дисперсия
3. Волоконные световоды и их моды
4. Прохождение света через случайно-неоднородную среду
5. Вынужденное комбинационное рассеяние
6. Вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна
7. Лазерно-индуцированная плазма.
8. Физическая интерпретация волн де Бройля
9. Фотоэффект

Студент защищает реферат по одной выбранной им теме.

18 Подготовка к контрольной работе

Студенты выполняют три письменные контрольных работы.

Контрольные работы проводятся по следующим темам:

1. Электромагнитные колебания и волны.
2. Фотометрия. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на плоской границе раздела. Интерференция света.
3. Дифракция света. Оптика анизотропных сред.

При выполнении контрольной работы каждому студенту выдается билет с вопросом по теоретической части и с одной задачей, выбранной из предложенных задач для самостоятельного решения (задачи представлены в методических указаниях к практическим занятиям по дисциплине «Оптическая физика»).

18.1 Теоретические вопросы для письменной контрольной работы по теме «Электромагнитные колебания и волны»

1. Как можно описать математически гармоническое колебание? Какими параметрами характеризуется гармоническое колебание?
2. Нарисуйте график зависимости потенциальной энергии системы, в которой могут происходить механические колебания вблизи положения равновесия, от координаты. Запишите математическое выражение для этой зависимости при малых отклонениях от положения равновесия.
3. Запишите дифференциальное уравнение, описывающее одномерный линейный осциллятор. Каково его общее решение?
4. Из каких соотношений можно получить уравнение, описывающее свободные колебания заряда в последовательном колебательном контуре?
5. Какой временной зависимостью описываются свободные колебания заряда в последовательном колебательном контуре? Изобразите график данной зависимости.
6. Каким образом можно получить дифференциальное уравнение, описывающее вынужденные колебания в механической системе? Запишите соответствующее дифференциальное уравнение и поясните все обозначения.
7. Дайте определения понятиям «фазовая плоскость», «изображающая точка», «фазовая траектория». Поясните ответ рисунком.
8. Как можно получить уравнение фазовых траекторий для свободных колебаний в системе с одной степенью свободы?
9. Как найти нелинейную электрическую поляризацию среды при воздействии на неё двух монохроматических полей с различными частотами? На каких частотах она будет проявляться при учете нелинейных явлений второго порядка?
10. Запишите матрицу коэффициентов нелинейной оптической восприимчивости второго порядка для кристаллов симметрии $3m$.
11. Запишите волновое уравнение для среды с учетом наводимой в ней световыми волнами нелинейной электрической поляризации. Поясните все обозначения.
12. Запишите уравнение фазовых траекторий для свободных колебаний

в системе с одной степенью свободы и поясните на его основе особенности движения изображающей точки по фазовой траектории во времени.

13. Нарисуйте фазовый портрет гармонических колебаний и дайте ему физическую трактовку.

14. Нарисуйте фазовый портрет системы с мнимыми собственными частотами и дайте ему физическую трактовку.

15. Нарисуйте фазовый портрет затухающих колебаний и дайте ему физическую трактовку.

16. Нарисуйте фазовый портрет нарастающих колебаний и дайте ему физическую трактовку.

17. Запишите уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Поясните все обозначения.

18. Выведите волновое уравнение из уравнений Максвелла в дифференциальной форме для непроводящей изотропной среды, в которой отсутствуют свободные заряды и сторонние токи.

19. Запишите математическую формулировку одномерного волнового уравнения. Поясните все обозначения.

20. Дайте определение понятию фазового или волнового фронта волны.

21. Запишите математическое выражение для напряженности электрического поля плоской электромагнитной волны, распространяющейся в произвольном направлении. Поясните все обозначения.

22. Запишите уравнения Максвелла для плоских гармонических волн в непроводящей среде, в которой также отсутствуют свободные заряды и сторонние токи. Поясните все обозначения.

23. Какое поле называют поляризованным, а какое неполяризованным?

24. Чем отличаются волны с линейной, эллиптической и круговой (левой и правой) поляризациями?

25. Запишите математическое выражение для волнового сопротивления среды, поясните все обозначения. Чему равно волновое сопротивление вакуума как среды распространения?

26. Запишите математическое выражение для фазовой скорости света через материальные параметры среды распространения, а также через скорость света в вакууме и коэффициент преломления. Поясните все обозначения.

27. В чем состоит достоинство комплексного метода при описании гармонических плоских волн?

18.2 Теоретические вопросы для письменной контрольной работы по темам «Фотометрия. Отражение и преломление плоских электромагнитных волн на плоской границе раздела. Интерференция света»

1. Что такое *лучистая энергия*, или *энергия излучения*, и в каких

единицах она измеряется в энергетической системе фотометрических величин?

2. Что характеризует *лучистый поток*, или *поток излучения*, и в каких единицах он измеряется в энергетической системе фотометрических величин?

3. Запишите выражение, определяющее *энергетическую яркость*, и поясните все обозначения.

4. Дайте определение понятию *энергетическая освещенность* или *облученность в заданной точке пространства*. В каких единицах энергетической системы фотометрических величин она измеряется?

5. Запишите математическое выражение, определяющее *энергетическую светимость*, и поясните все обозначения. В каких единицах она измеряется в энергетической системе фотометрических величин?

6. Дайте определение понятию *сила излучения*, или *энергетическая сила* света. В каких единицах она измеряется энергетической системы фотометрических величин?

7. Запишите математическое выражение, определяющее *энергетическое освечивание*, и поясните все обозначения. В каких единицах оно измеряется в энергетической системе фотометрических величин?

8. Дайте определение понятию *энергетическая экспозиция*. Запишите определяющее её математическое выражение, поясните все обозначения и укажите единицы, в которых она измеряется в энергетической системе фотометрических величин.

9. Дайте определение понятию *спектральной плотности фотометрической величины* и запишите определяющее её математическое выражение.

10. С помощью какого соотношения фотометрические величины световой (визуальной) системы образуются от величин энергетической системы? Поясните используемые обозначения.

11. Что характеризует *световой вектор*, и как он может быть определен?

12. На каком свойстве глаза основаны визуальные фотометры?

13. Какие физические приемники излучения используются в объективных фотометрах?

14. Для измерения какой фотометрической величины может быть использован фотометрический шар?

15. Опишите постановку задачи при анализе отражения и преломления плоской монохроматической волны, поляризованной нормально к плоскости падения, на плоской границе двух изотропных немагнитных сред.

16. Запишите выражение, описывающее закон Снеллиуса, и поясните все обозначения.

17. Как вводится коэффициент отражения и коэффициент

прохождения света для плоских монохроматических волн?

18. Запишите формулы Френеля для поляризации, нормальной к плоскости падения, и поясните все обозначения.

19. Вычислите коэффициент отражения для волны, падающей нормально из воздуха на границу раздела со средой, имеющей показатель преломления $n = 1,5$.

20. Запишите формулы Френеля для волн, поляризованных в плоскости падения, и поясните все обозначения.

21. Какие явления характеризуют модуль и фаза коэффициента отражения?

22. Нарисуйте примерный вид зависимости модуля коэффициента отражения от угла падения для волн, поляризованных нормально к плоскости падения.

23. Нарисуйте примерный вид зависимости модуля коэффициента отражения от угла падения для волн, поляризованных в плоскости падения. Как называется угол падения, при котором модуль коэффициента отражения обращается в ноль?

24. Почему угол Брюстера называется углом полной поляризации?

25. В чем заключается явление полного внутреннего отражения? Каково должно быть соотношение между оптическими плотностями среды распространения и окружающей среды, чтобы этот эффект наблюдался?

26. Чему равен критический угол полного внутреннего отражения для среды с показателем преломления $n = 2$, граничащей с вакуумом?

27. Чему равен модуль коэффициента отражения при угле падения, превышающем критический угол полного внутреннего отражения?

28. По какому закону изменяется амплитуда светового поля в среде, от границы с которой происходит полное внутреннее отражение плоской монохроматической световой волны?

29. Дайте определение неоднородной плоской волны. В какой среде существуют такие волны при полном внутреннем отражении?

30. В каких элементах, устройствах и системах фотоники и оптоинформатики используется явление полного внутреннего отражения?

31. Как можно найти интенсивность светового поля, создаваемого несколькими источниками света, в виде суммы аддитивного и интерференционного членов?

32. Что представляет собой интерференционная картина? Как она может быть реализована?

33. Опишите подход, позволяющий найти распределение интенсивности света в картине интерференции двух плоских монохроматических световых волн одинаковой частоты.

34. Поясните понятие «контраст интерференционной картины» на примере распределения интенсивности при интерференции двух плоских монохроматических световых волн одинаковой частоты.

35. Запишите математическое выражение для распределения интенсивности света в интерференционной картине, наблюдаемой в

интерферометре Юнга, поясните все обозначения.

36. Где наблюдается светлая интерференционная полоса нулевого порядка при использовании интерферометра Юнга?

37. Дайте определение понятия «когерентность».

38. Как можно определить контраст интерференционной картины по распределению интенсивности света в случае интерференции волн, не являющихся монохроматическим?

39. Сформулируйте определение для понятия «время когерентности». Как оно связано шириной спектра излучения?

40. Запишите математическое выражение для длины когерентности, поясните все обозначения. Найдите длину когерентности для лазера, генерирующего излучение с шириной спектра 300 МГц.

41. Каким должно быть соотношение между длиной когерентности и разностью хода двух волн для получения контрастной интерференционной картины?

42. Чем определяется пространственная когерентность источника излучения?

43. Как реализуется интерференционная картина в виде *полос равной толщины*?

44. Нарисуйте схему наблюдения интерференционной картины в виде *колец Ньютона*.

45. Как можно получить интерференционную картину в виде *полос равного наклона*?

46. Поясните, каким способом можно просветлять оптические элементы.

47. Поясните способ получения интерференционной картины с помощью *бипризмы Френеля*.

48. Поясните способ получения интерференционной картины с помощью *зеркала Ллойда*.

49. Опишите схему *интерферометра Майкельсона*. Как с помощью него можно измерить длину когерентности источника излучения?

50. Опишите принцип измерения показателей преломления газообразных и жидких веществ с помощью *интерферометра Маха-Цендера*.

51. Нарисуйте оптическую схему *интерферометра Жамена*. В чем заключается его достоинство?

18.3 Теоретические вопросы для письменной контрольной работы по темам «Дифракция света. Оптика анизотропных сред»

1. В чем заключается явление дифракции электромагнитных (световых) волн?

2. Сформулируйте граничные условия Кирхгофа.

3. Запишите интеграл Френеля – Кирхгофа для случая дифракции на отверстии в непрозрачном экране.

4. Сформулируйте принцип Гюйгенса – Френеля.
5. В чем заключаются дифракционные приближения Френеля?
6. В чем заключаются дифракционные приближения Фраунгофера?
7. Нарисуйте распределение интенсивности в дифракционной картине Фраунгофера на прямоугольном отверстии.
8. Чем отличаются дифракционные картины для круглого и прямоугольного отверстий?
9. Как преобразуются лазерные пучки с гауссовым профилем при распространении в свободном пространстве?
10. Как преобразуется лазерный пучок с гауссовым профилем тонкой линзой?
11. Опишите возможную реализацию амплитудной дифракционной решетки.
12. Запишите математическое выражение для условия главных максимумов интенсивности, наблюдаемых при использовании дифракционной решетки.
13. Какова зависимость угловой дисперсии дифракционной решетки от порядка дифракционного максимума?
14. Тензорами какого ранга описываются диэлектрическая и магнитная проницаемости и проводимость среды?
15. Как можно записать тензор второго ранга для кубических кристаллов?
16. Какой вид имеет тензор второго ранга в одноосных кристаллах?
17. С каким явлением связана дисперсия диэлектрической проницаемости прозрачных сред на оптических частотах?
18. С чем связано явление пространственной дисперсии диэлектрической проницаемости прозрачных сред на оптических частотах?
19. Каковы характерные особенности распространения плоских световых волн в оптически неактивных изотропных средах?
20. В чем заключается явление естественной оптической активности при распространении световых волн в гиротропных оптически изотропных средах?
21. Что такое *циркулярное двулучепреломление*?
22. Каковы свойства *собственных (нормальных) волн среды*?
23. Чем отличаются друг от друга *обыкновенные и необыкновенные световые волны* в одноосных кристаллах?
24. Как ориентирован вектор поляризации обыкновенной световой волны в одноосном кристалле?
25. Как ориентирован вектор поляризации необыкновенной световой волны в одноосном кристалле?
26. В чем суть явления «линейный электрооптический эффект Поккельса»? В каких кристаллах он наблюдается?
27. В чем суть явления «квадратичный электрооптический эффект Керра»?
28. В чем суть явления «фотоупругий эффект»? Тензором какого

ранга он описывается?

29. В чем суть явления «эффект Фарадея»?

Заключение

В итоге изучения тем студент должен твердо знать ответы, как минимум, на следующие вопросы.

1. Гармоническое колебание: математическое выражение и параметры (амплитуда, частота, фаза, период, начальная фаза).

2. Запишите дифференциальное уравнение для линейного осциллятора и его общее решение.

3. Запишите уравнение свободных колебаний для заряда q на емкости в последовательном колебательном контуре; нарисуйте примерную временную зависимость $q(t)$.

4. Нарисуйте фазовый портрет гармонических колебаний.

5. Нарисуйте фазовый портрет системы с мнимыми собственными частотами; приведите пример такой системы.

6. Нарисуйте фазовый портрет затухающих колебаний.

7. Нарисуйте фазовый портрет нарастающих колебаний.

8. Запишите уравнения Максвелла в дифференциальной форме; поясните все обозначения.

9. Запишите материальные уравнения для векторов поля и плотности тока; поясните все обозначения.

10. Запишите граничные условия для векторов электрического и магнитного поля; поясните все обозначения.

11. Запишите волновое уравнение для немагнитной, непроводящей и безграничной среды.

12. Запишите одномерное волновое уравнение.

13. Дайте определение фазового (волнового) фронта.

14. Запишите выражение для плоской монохроматической волны, распространяющейся в произвольном направлении.

15. Запишите в комплексной форме выражение для напряженности электрического поля в электромагнитной плоской волне.

16. Как связаны между собой амплитуды напряженности электрического и магнитного полей в плоской волне?

17. Ориентация какого вектора в пространстве характеризует поляризацию плоских электромагнитных волн?

18. Что представляет собой плоская электромагнитная волна, поляризованная линейно?

19. Что представляет собой плоская электромагнитная волна с левой круговой поляризацией?

20. Как ориентирован вектор Пойнтинга в плоской электромагнитной волне относительно волнового вектора и векторов электрического и магнитного поля?

21. Запишите выражение для комплексного вектора Пойнтинга

гармонического электромагнитного поля.

22. Поясните, почему амплитуда сферической электромагнитной волны обратно пропорциональна расстоянию от источника излучения.

23. Что такое угол Брюстера?

24. Что такое полное внутреннее отражение?

25. По какому закону изменяется поле электромагнитной волны в оптически менее плотной среде при полном внутреннем отражении?

26. Нарисуйте зависимость интенсивности света от координаты в интерференционной картине при её контрасте $m = 1$.

27. Дайте определение когерентности электромагнитных волн.

28. Дайте определение времени когерентности; поясните, чему равна длина когерентности.

29. Какую геометрическую фигуру представляет собой волновой фронт плоской электромагнитной волны?

30. Какую геометрическую фигуру представляет собой волновой фронт сферической электромагнитной волны?

31. Какие физические приемники излучения используются в объективных фотометрах?

32. Запишите выражение, описывающее закон Снеллиуса, и поясните все обозначения.

33. Как вводится коэффициент отражения и коэффициент прохождения света для плоских монохроматических волн?

34. Какие явления характеризуют модуль и фаза коэффициента отражения?

35. Как реализуется интерференционная картина в виде полос равной толщины?

36. Как можно получить интерференционную картину в виде полос равного наклона?

37. Поясните, каким способом можно просветлять оптические элементы.

38. Опишите схему интерферометра Майкельсона. Как с помощью него можно измерить длину когерентности источника излучения?

39. Опишите принцип измерения показателей преломления газообразных и жидких веществ с помощью интерферометра Маха-Цендера.

40. Сформулируйте принцип Гюйгенса – Френеля.

41. Нарисуйте распределение интенсивности в дифракционной картине Фраунгофера на прямоугольном отверстии.

42. Тензорами какого ранга описываются диэлектрическая и магнитная проницаемости и проводимость среды?

43. В чем заключается явление естественной оптической активности при распространении световых волн в гиротропных оптически изотропных средах?

44. Чем отличаются друг от друга обыкновенные и необыкновенные световые волны в одноосных кристаллах?

45. В чем суть явления «линейный электрооптический эффект Поккельса»? В каких кристаллах он наблюдается?
46. В чем суть явления «фотоупругий эффект»? Тензором какого ранга он описывается?
47. В чем суть явления «эффект Фарадея»?
48. Для какой цели используется опорная волна при записи голограммы?
49. Какова оптическая схема записи отражательной объемной голограммы по методу Ю.Н. Денисюка?
50. Что представляет собой спекл-структура оптического изображения, и каковы физические причины её возникновения?
51. Что такое огибающая волнового пакета?
52. Какую дисперсию среды называют нормальной?
53. Какую дисперсию среды называют аномальной?
54. Нарисуйте картину распространения света в оптическом волноводе в приближении геометрической оптики.
55. Что такое полоса непрозрачности периодической структуры?
56. Как выглядит индикатриса рассеяния линейно поляризованного света в случае рассеяния Рэлея?
57. Какие физические явления обуславливают комбинационное рассеяние света?
58. Запишите условия синхронизма для генерации волны суммарной частоты в нелинейной среде. Поясните их физический смысл; расшифруйте все обозначения.
59. Поясните, как можно реализовать фазовый синхронизм при генерации второй гармоники в оптически отрицательном одноосном кристалле.
60. Опишите физические явления, позволяющие реализовать распространение светлого пространственного солитона в нелинейной среде.
61. Какие подходы используются для создания сверхсильных световых полей?
62. Какой закон сохранения отражает правило частот Бора?
63. Как ширина энергетического уровня связана с временем жизни частицы на данном уровне?
64. Каков закон распределения частиц по энергетическим уровням в состоянии термодинамического равновесия?
65. Какие типы квантовых переходов между энергетическими уровнями могут происходить?
66. Каковы особенности индуцированного излучения?
67. В чем заключается принцип квантового усиления электромагнитных волн?

Рекомендуемая литература

- 1 Шандаров В.М. Основы физической и квантовой оптики: учеб. пособие / В.М. Шандаров; Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 197 с., <http://edu.tusur.ru/training/publications/750>
- 2 Волновая оптика: Учебное пособие для вузов / Н. И. Калитеевский. - 4-е изд., стереотип. - СПб. : Лань, 2006. – 465 с.
4. Шандаров С.М. Введение в оптическую физику : учебное пособие для студентов направлений подготовки «Фотоника и оптоинформатика», «Электроника и наноэлектроника», «Электроника и микроэлектроника» / С.М. Шандаров. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 127 с., <http://edu.tusur.ru/training/publications/2196>
4. Шандаров С.М. Введение в нелинейную оптику : учебное пособие для студентов направлений подготовки «Фотоника и оптоинформатика», «Электроника и наноэлектроника», «Электроника и микроэлектроника» / С.М. Шандаров. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 41 с., <http://edu.tusur.ru/training/publications/2059>
- 3 Информационная оптика / Под ред. Н.Н. Евтихеева. Учебное пособие – М., Издательство МЭИ, 2000. - 516 с.
- 4 Стафеев С.К., Боярский К.К., Башнина Г.Л. Основы оптики: Учебное пособие. – СПб.: Питер, 2006. – 336 с.
- 5 Пихтин А.Н. Оптическая и квантовая электроника. Учебник для ВУЗов.- М.: Высшая школа, 2001. – 574 с.
- 6 Дубнищев Ю.Н. Колебания и волны: Учеб. пособие. – СПб.: Лань, 2011., http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=683
- 7 Розеншер Э. Оптоэлектроника : Пер. с фр. / Э. Розеншер, Б. Винтер ; ред. пер. О. Н. Ермаков. - М. : Техносфера, 2006. - 588 с. Фоторефрактивные эффекты в электрооптических кристаллах : монография / С.М. Шандаров, В.М. Шандаров, А.Е. Мандель, Н.И. Буримов. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2012. – 242 с., <http://edu.tusur.ru/training/publications/1553>
- 8 Теоретическая физика : учебное пособие для вузов: В 10 т. : Т. 8 : Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. : Л. П. Питаевский. - 4-е изд., стереотип. - М. : Физматлит, 2005. - 651 с.
- 9 Ярив А. Оптические волны в кристаллах / А. Ярив, П. Юх. – М.: Мир, 1987. – 616 с.
- 10 Звелто О. Принципы лазеров / О. Звелто. – СП-б. : Лань, 2008. – 720 с.
- 11 Борн М., Вольф Э. Основы оптики. - М.: Наука, 1970. – 855 с.
- 12 Никоноров Н.В., Шандаров С.М. Волноводная фотоника: Учебное пособие. – СПб.: Издательство СПбГУ ИТМО, 2008 – 142 с.
- 13 Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика. – М.: Изд-во

МГУ, 1998. – 626 с.

14 Франсон М. Оптика спеклов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 171 с.

15 Теория когерентных изображений / П.А. Бакут, В.И. Мандросов, И.Н. Матвеев и др.; Под ред. Н.Д. Устинова. – М.: Радио и связь, 1987. – 264 с.

16 Кившарь Ю.С., Агравал Г.П. Оптические солитоны: От волоконных световодов до фотонных кристаллов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 648 с.

17 Дмитриев В.Г. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта. – М.: Физматлит, 2003. – 256 с.

18 Стрелков С.П. Введение в теорию колебаний. – М.: Наука, 1964. – 440 с.

19 Матвеев А.Н. Оптика: Учеб. пособие для физ. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1985. – 351 с.

20 Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. – М.: Наука, 1992. – 454 с.

21 Введение в интегральную оптику / Под ред. М. Барноски; пер. с англ. под ред. Т.А. Шмаонова. – М.: Мир, 1977. – 367 с.

22 Прикладная физическая оптика: Учебник для вузов/И.М. Нагибина, В.А. Москалев, Н.А. Полушкина, В.Л. Рудин. - М.: Высш. шк., 2002.

23 Шен И.Р. Принципы нелинейной оптики. – М.: Мир, 1989. – 557 с.

24 Шандаров С.М., Шмаков С.С. Исследование эффекта фазовой демодуляции в адаптивном голографическом интерферометре: методические указания к лабораторной работе / С.М. Шандаров, С.С. Шмаков. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 16 с. <http://edu.tusur.ru/training/publications/2820>

25 Шандаров С.М., Буримов Н.И. Отражение световых пучков от плоской границы раздела «воздух – диэлектрическая среда»: методические указания к лабораторной работе /Шандаров С. М., Буримов Н. И. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 19 с. <http://edu.tusur.ru/training/publications/3494>

26 Буримов Н.И., Шандаров С.М. Оптическая физика: учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы // Н.И. Буримов, С.М. Шандаров. / Под ред. С.М. Шандарова. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 55 с. <http://edu.tusur.ru/training/publications/2827>

27 Шандаров С.М. Оптическая физика: методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе для студентов направления «Фотоника и оптоинформатика» / С.М. Шандаров. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 60 с. <http://edu.tusur.ru/training/publications/2846>

28 Быков В.И., Мельник К.П. Изучение основных явлений

интерференции света с помощью интерферометра Майкельсона: методические указания к лабораторной работе» / В.И. Быков, К.П. Мельник Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2013. - 20 с. <http://edu.tusur.ru/training/publications/3495>

29 Быков В.И., Мельник К.П. Исследование электрооптического эффекта в нелинейных оптических кристаллах на базе интерферометра Маха-Цендера: методические указания к лабораторной работе» / В.И. Быков, К.П. Мельник Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2013. - 18 с. <http://edu.tusur.ru/training/publications/3496>

30 Быков В.И., Мельник К.П. Изучение электрооптического эффекта в интерферометре Жамена: методические указания к лабораторной работе» / В.И. Быков, К.П. Мельник Томск: Изд-во Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2013. - 19 с. <http://edu.tusur.ru/training/publications/3497>

31 Шандаров С.М., Буримов Н.И. Исследование фазовых портретов гармонических и затухающих колебаний: Методические указания для лабораторного практикума / Шандаров С. М., Буримов Н. И. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 20 с. <http://edu.tusur.ru/training/publications/3498>

32 Буримов Н.И., Шандаров С.М. Электрооптическая модуляция лазерного излучения: Методические указания к лабораторной работе / Н. И. Буримов, С.М. Шандаров – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 17 с. <http://edu.tusur.ru/training/publications/3499>

33 Щербина В.В., Буримов Н.И. Исследование характеристик кремниевого полупроводникового фотодиода: методические указания к лабораторной работе / В.В. Щербина, Н.И. Буримов. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 14 с. <http://edu.tusur.ru/training/publications/3500>

34 Щербина В.В., Буримов Н.И. Исследование характеристик инжекционного полупроводникового лазера: методические указания к лабораторной работе / В.В. Щербина, Н.И. Буримов. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2013. – 16 с. <http://edu.tusur.ru/training/publications/2818>

Учебное пособие

Шандаров С.М.

Оптическая физика

Методические указания по самостоятельной работе

Усл. печ. л. Препринт
Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники
634050, г.Томск, пр.Ленина, 40