МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
_____ И.С. Огнев
(подпись)

«17» мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Оптика (физический практикум)»

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)
Телекоммуникационные системы и технологии

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «25» апреля 2022 года, протокол № 6

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины являются:

- приобретение практических навыков проведения физического эксперимента по дисциплинам курса физики;
- овладение теоретическими знаниями основных понятий, законов и моделей по дисциплинам курса физики;
- освоение основных методов обработки и анализа экспериментальных результатов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 и является частью модуля «Физический практикум».

Данная дисциплина изучается вместе с соответствующей дисциплиной общего курса физики – «Оптика». Дисциплина опирается на содержание дисциплины «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра». Полученные в курсе знания необходимы для изучения дисциплин блока «Физика колебательных и волновых процессов".

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	**Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)**	**Перечень планируемых результатов обучения**
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных.	**ИД-ОПК-2.1** Осуществляет обоснованный выбор способов и средств измерений и применяет их при проведении экспериментальных исследований	**Знать**: - способы и средства измерений; - области применимости количественных соотношений между физическими характеристиками в геометрической и волновой оптике. **Уметь:** − формулировать на математическом языке и решать физические задачи по оптике; - уметь самостоятельно проводить оптические экспериментальные исследования. **Владеть навыками:** − использования математического аппарата при решении физических задач по разным разделам в оптике; – работы с электроизмерительными приборами.
	ИД-ОПК-2.2 Проводит обработку и представление полученных данных и оценку погрешности резуль-	**Знать**: – методы статистической обработки результатов измерения в общем физическом практикуме по оптике; – основные виды распределений случайных величин.

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
	татов измерений	-основы работы в Excel, Wolfram Mathematica. **Уметь:** − обрабатывать результаты прямых и косвенных оптических измерений; - пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и моделями физики. **Владеть навыками:** -применения методов обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; – графического представления экспериментальных результатов; − использования информационных технологий при решении физических задач по волновой и молекулярной оптике.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 акад. часа.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	**Геометрическая оптика**	4			20	2		5	Подготовка отчета по работе. Сдача теоретического минимума, защита полученных результатов
2	**Волновая оптика**	4			20	2		5	Подготовка отчета по работе. Сдача теоретического минимума, защита полученных результатов
3	**Молекулярная оптика**	4			11	1		4	Подготовка отчета по работе. Сдача теоретического минимума, защита полученных результатов
		4					0,3	1,7	Зачёт
	ИТОГО				**51**	**5**	**0,3**	**15,7**	

Содержание разделов дисциплины:

1. Геометрическая оптика

Лабораторные работы:

№1. Определение фокусных расстояний положительных и отрицательных сферических линз.

№2. Моделирование оптических приборов и определение их увеличения.

№3. Изучение микроскопа и определение показателя преломления прозрачной среды.

№4. Определение показателя преломления и средней дисперсии жидкости с помощью рефрактометра (ИРФ-22).

2. Волновая оптика

Лабораторные работы:

№5. Изучение интерференционной схемы колец Ньютона.

№6. Изучение дифракции света.

№7. Определение показателя преломления и концентрации прозрачных растворов при помощи интерферометра Рэлея.

№8. Изучение дифракционной решетки с помощью гониометра.

№9.Определение частотной дисперсии стеклянной призмы с помощью гониометра.

№10. Изучение простейшего спектрального аппарата.

3. Молекулярная оптика

Лабораторные работы:

№11.Изучение вращения плоскости поляризации и определение концентрации сахарного раствора с помощью сахариметра.

№12. Изучение вращения плоскости поляризации в магнитном поле (эффект Фарадея).

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Лабораторное занятие– занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению знаний, полученных на лекциях и практических занятиях. Это форма организации обучения, когда студенты по заданию и под руководством преподавателя выполняют одну или несколько лабораторных работ. Основные дидактические цели лабораторных работ – экспериментальное подтверждение изученных теоретических положений, проверка формул, ознакомление с методикой проведения экспериментов, исследований. В ходе работы студенты вырабатывают умения наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков. Одновременно у студентов формируются профессиональные умения и навыки обращения с приборами, аппаратурой и другими техническими средствами для проведения опытов. В соответствии с дидактическими целями определяется содержание лабораторных работ: изучение свойств веществ, их качественных характеристик, количественных показателей, изучение устройства и работы приборов, оборудования, их испытание, снятие характеристик и т. д.

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моде-

лями реальных объектов.

Консультация – занятие, посвящённое консультациям по организации самостоятельной работы, ответам на вопросы студентов или разбору трудных тем.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

– для формирования текстов методических материалов для лабораторных работ, промежуточной и текущей аттестации, а также отчетов студентов по лабораторным работам – пакеты Microsoft Office и Open/LibreOffice;

– для расчёта формул – программа Wolfram Mathematica;

– для обработки результатов данных- Excel.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Сивухин Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов : в 5 т.. Т. 4, Оптика. / Д. В. Сивухин; М-во образования РФ - 3-е изд., стереотип. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 791 с.
2. Папорков В. А. Оптика: лабораторный практикум. / В. А. Папорков, Е. В. Рыбникова; Науч.-метод. совет ун-та; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова - Ярославль: Б.и., 2006. - 122 с. Электронная версия: http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20060709.pdf
3. Сивухин, Д. В. Общий курс физики. Т. IV. Оптика Учеб. пособие : Для вузов. / Сивухин Д. В. - 3-е изд. , стереот. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 792 с. - URL : https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922102281.html

б) дополнительная литература

1. Савельев И. В. Курс общей физики: В 5 кн.Учеб.пособие для вузов.. Кн.4, Волны.Оптика. / И. В.Савельев - М.: Астрель,АСТ, 2004. - 256с.
2. Трофимова Т. И. Курс физики: Учебное пособие для вузов. / Т. И.Трофимова; М-во образования РФ - 7-е изд.,стереотип. - М.: Высш.шк., 2001. - 542с.
3. Зайдель А. Н. Ошибки измерений физических величин. / А. Н. Зайдель; АН СССР, Физико-техн. ин-т - Л.: Наука, 1974. - 108 с.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

– учебные аудитории для проведения лабораторных работ;

- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в аудитории для лабораторных работ больше либо равно половине списочного состава группы обучающихся. (Для проведения лабораторных работ группа обучающихся делится на две подгруппы).

Лаборатория "Оптика"

Лабораторная работа №1
- Оптическая скамья
- Осветитель ОИ-28
- Набор линз
- Подзорная труба

Лабораторная работа №2
- Оптическая скамья
- Осветитель ОИ-28
- Набор линз
- Подзорная труба

Лабораторная работа №3
- Микроскоп типа "Биолам"
- Микрометр
- Объект-микрометр

Лабораторная работа №4
- Рефрактометр ИРФ-22

Лабораторная работа №5
- Микроскоп ММИ-2

Лабораторная работа №6
- Лазер ЛГН-207а
- Оптическая скамья
- Набор оптических элементов (линзы, щель, различные отверстия)

Лабораторная работа №7
- Интерферометр Рэлея ИТР-1

Лабораторная работа №8
- Гониометр Г-5 или ГС-5
- Осветитель ОИ-18
- Дифракционная решётка

Лабораторная работа №9

- Гониометр Г-5 или ГС-5
- Осветитель ОИ-18
- Треугольная призма

Лабораторная работа №10

- Монохроматор УМ-2
- Ртутная лампа

Лабораторная работа №11

- Поляриметр
- Набор кювет с исследуемыми жидкостями

Лабораторная работа №12

- Сахариметр СУ-3
- Источник питания Mustech HY3002
- Кювета с р-ром сахара в магнитной катушке

Автор:

Старший преподаватель кафедры
микроэлектроники и общей физики _____ А.Н. Сергеев

Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Оптика (физический практикум)»

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, используемые в процессе текущего контроля успеваемости

Подготовка отчета по работе

При выполнении лабораторной работы студент должен представить её результаты в форме отчета согласно единым требованиям. Отчёт подаётся каждым студентом индивидуально. Критерии оценивания отчёта см. в общей таблице критериев, строки «отчёт», «результаты исследования», «объяснения и выводы».

Сдача теоретического минимума

Перед выполнением лабораторной работы студент должен ответить на вопросы преподавателя об особенностях изучаемых объектов, процессов и явлений, о методах исследования и используемом оборудовании. Вопросы берутся из «Списка контрольных вопросов по физическому практикуму по механике». Критерии оценивания см. в общей таблице, строка «ответы на вопросы при допуске и защите».

Список контрольных вопросов по физическому практикуму по оптике

1. Сформулируйте основные законы и положения геометрической оптики.
2. Принцип Ферма. Вывод законов отражения и преломления из этого принципа.
3. Преломление и отражение на сферической поверхности. Вывод оптической силы для преломляющей и отражающей сферической поверхности.
4. Теорема Лагранжа-Гельмгольца. Линейное и угловое увеличение.
5. Вывод формулы тонкой сферической линзы.
6. Дайте определение идеальной оптической системы и ее главных плоскостей и точек.
7. Охарактеризуйте основные аберрации идеальной оптической системы и методы их устранения.
8. Покажите, что если при фиксированном. L между предметом и экраном можно с помощью перемещения положительной линзы получить два четких изображения предмета, то это расстояние больше четырех фокусных расстояний линзы ($L > 4F$).
9. Получите формулу (1.12) для $L>4F$. Можно ли использовать формулу (1.12) при $L<F$?
10. Возможно ли изготовить ахроматическую линзу из однородного материала?
11. Изобразите ход лучей в зрительной трубе, которая настроена на бесконечность. Почему нельзя устанавливать трубу на бесконечность, настраивая ее на удаленный предмет, расположенный за оконным стеклом?
12. Изобразите ход лучей в зрительной трубе (Кеплера или Галилея) и микроскопе. Определите основные характеристики этих оптических приборов.

13. Выведите формулы (2.1) и (2.6) для углового увеличения зрительной трубы и микроскопа.
14. Чем определяется фокусное расстояние зрительной трубы?
15. Чем определяется ограничения увеличения микроскопа?
16. Линейное увеличение оптической системы.
17. Охарактеризуйте основные свойства глаза.
18. Дайте определение относительного и абсолютного показателя (коэффициента) преломления (рефракции). Связь этого коэффициента с электрическими и магнитными свойствами
19. Какова связь между оптической плотностью вещества и его показателем преломления?
20. Каковы источники систематических ошибок в лабораторной работе № 3 настоящего практикума?
21. Физическая сущность явления полного внутреннего отражения (ПВО). Основные закономерности ПВО. Наблюдение ПВО в природе.
22. Опишите основные методы рефрактометрии.
23. На основе законов преломления и геометрических построений получите формулу (4.1).
24. Покажите справедливость соотношений (4.2). На основе этих соотношений выведите формулы (4.3) и (4.4). Когда следует ставить “+”, а когда “-“ в третьем уравнении (4.2)?
25. Объясните работу рефрактометра Аббе на основе принципиальной схемы прибора (см.рис.4.2).
26. Можно ли измерить показатель преломления твердого тела с помощью рефрактометра ИРФ-23.
27. Физический смысл дисперсии, средней дисперсии, коэффициента Аббе.
28. Устройство и физическая сущность призмы прямого видения.
29. Отличительные стороны рефрактометра Пульфриха.
30. Использование явления полного внутреннего отражения в науке и технике.
31. Объясните появление дополнительной разности хода $\lambda/2$ в выражении (5.1).
32. Получить соотношение между радиусом светлого интерференционного кольца с длиной волны и радиусом кривизны линзы при наблюдении в проходящем свете.
33. Почему для расчета радиуса кривизны линзы R (неизвестной длины волны λ) целесообразней использовать выражение (5.6), а не (5.5)?
34. Полосы равной толщины и равного наклона. Локализация интерференционной картины и условия для максимумов и минимумов.
35. Чем обусловлено конечное число интерференционных порядков в схеме колец Ньютона (относится ли это вообще к интерференции в тонких пленках или только для колец Ньютона) и как это обстоятельство может быть использовано для выполнения третьего упражнения лабораторной работы N 5?
36. Принцип Гюйгенса-Френеля. Построение зон Френеля.
37. Найти возбуждение электрического поля световой волны при дифракции Френеля на круглом отверстии, которое для точки наблюдения открывает m - зон?
38. Связь дифракции Френеля и Фраунгофера. Переход к геометрической оптике.
39. Дифракция Френеля на краю экрана. Построение зон Шустера.
40. Вывод формулы (6.8). Условие максимума и минимума для дифракции Фраунгофера на щели.
41. Вывод формулы (6.11) для прямоугольного отверстия.
42. Дифракция Френеля на прозрачном и непрозрачном препятствии.
43. Дифракция Фраунгофера на двух щелях. Вывод формулы (7.4).
44. Устройство Интерферометра Рэлея. Оптическая схема используемого в лабораторной работе интерферометра ИТР-1 и принцип работы прибора.

45. Объяснить, почему в используемом приборе ИТР-1 интерференционные полосы наблюдаются только при узкой щели S (см. рис.7.3).
46. Оценить максимальное значение ширины щели S, при которой еще могут наблюдаться интерференционные полосы.
47. Вывести выражение (8.5) для интенсивности дифрагированных лучей на N щелях. Представить график распределения интенсивности при N = 3, d = 3b.
48. Какие виды дифракционных решеток вы знаете? Дать основные характеристики этих видов.
49. Каков физический смысл коэффициентов ω_0, β?
50. Определите понятия "нормальной" и "аномальной" дисперсии.
51. Постройте график зависимости $n(\lambda)$.
52. Постройте график зависимости от частоты и длины волны скорости распространения электромагнитной волны в веществе.
53. Вычислите угловую дисперсию призмы при угле наименьшего отклонения.
54. Зная ω_0, найдите длину волны, соответствующую линии поглощения.
55. Постройте зависимость $n(\omega)$ при ω_0 =0. В каких случаях можно пользоваться таким приближением?
56. Каков физический смысл плазменной частоты ω_P?
57. Получите формулу (10.4) для дисперсии стеклянной призмы.
58. Пользуясь зависимостью $D(\lambda)$ найдите зависимость $D^*(\lambda)$, полагая $f_{ОБ} = 280 мм$.
59. Из (10.4) оцените величину $\frac{dn}{d\lambda}$ призмы, считая, что она изготовлена из оптического стекла марки ТФ-1. Оптические свойства стекла приведены в приложении Г.
60. В чём состоит преимущество интерполяционной формулы Гартмана перед другими?
61. Почему при переходе от одной спектральной линии к другой нужно каждый раз фокусировать коллиматор?
62. Какой свет называют линейно поляризованным, эллиптически поляризованным, циркулярно поляризованным?
63. Что такое «плоскость главного сечения» кристалла? Как колеблится относительно нее вектор $\vec{E}$ в волне, которая в кристалле является обыкновенной, необыкновенной?
64. На каком физическом принципе работает призма Николя? Представьте конструкцию и ход лучей в этой призме.
65. Постройте ход лучей в призме Волластона.
66. Почему во время измерений приходится подстраивать резкость окуляра при смене раствора?
67. Из (11.6) следует, что если Δn не зависит от λ, то $\sim \frac{1}{\lambda}$. Что можно сказать о зависимости $n(\lambda)$, основываясь на экспериментальных графиках $\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ и $\left(\frac{1}{\lambda^2}\right)$?
68. Что произойдет с линейно поляризованной волной при распространении её перпендикулярно оптической оси кристалл, вдоль оси кристалла?
69. В чем заключается эффект Фарадея?
70. Каков физический смысл постоянной Верде?
71. Объяснить физическую сущность эффекта Фарадея с использованием представления об эффекте Зеемана.
72. Магнитооптический эффект Коттона-Мутона состоит в появлении линейного дву-

лучепреломления при распространении волн перпендикулярно вектору $\vec{B}$. Для каких волн и как изменяются собственные частоты в веществе в этом случае? Волны с какими поляризациями будут обыкновенными и необыкновенными

73. Как изменяется зависимость $n_{ПР}(\omega)$ и $n_{ЛЕВ}(\omega)$, если изменить знак B_Z ?
74. Пользуясь рис. 12.3 нарисуйте график зависимости $\rho(\omega)$.
75. С помощью (12.2) и (12.10) получите формулу (12.16) для ρ.
76. Выпишите уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах и дайте их физическую интерпретацию.
77. Какие функции являются решением волнового уравнения? Рассмотрите случай плоской и сферической волн. Запишите уравнение плоской электромагнитной волны для одномерной задачи E = E(z,t) в случае: линейной, круговой и эллиптической поляризаций.
78. Запишите выражение для потока электромагнитной энергии. Как измеряется поток? Какие из приемников регистрируют поток энергии, а какие освещенность? Какова связь между плотностью потока энергии, давлением и импульсом электромагнитной волны?
79. Выпишите основные светотехнические единицы.
80. Запишите вид разложения Фурье для периодической и непериодической функции. Каков физический смысл спектральной плотности излучения?
81. Как соотносится разложение в ряд Фурье или интеграл Фурье и исследование спектра спектрографом (монохроматором)? В чем преимущества разложения на синусоидальные волны по сравнению с разложением по другим функциям?
82. Получите выражение для спектральной плотности волнового цуга. Какова связь между длительностью цуга и шириной спектральной линии?
83. Получите выражение для естественной ширины спектральной линии в модели радиационного затухания оциллятора.
84. Какими параметрами определяется доплеровское уширение спектральной линии и ударное уширение?
85. Что такое волновой пакет? Выведите формулу Рэлея для групповой скорости.
86. Какую поляризацию имеет волна, излучаемая диполем? Нарисуйте пространственное распределение поля, излучаемого осциллирующим диполем. В каком направлении будет максимальное излучение и в каком его не будет вообще?
87. Может ли возникнуть излучение при равномерном движении заряда в среде? Какова должна быть его скорость? Как сказывается показатель преломления среды на условиях возникновения свечения? В чём состоит эффект Вавилова-Черенкова?
88. Нарисуйте пространственное распределение векторов и в линейно поляризованной стоячей волне для различных промежутков времени (например, t = 0).
89. Укажите известные Вам способы определения скорости света. Какая скорость обычно измеряется в оптическом эксперименте?
90. В чем заключается современный метод измерения фазовой скорости с большой точностью?
91. Проанализируйте формулу Рэлея и укажите условия возникновения нормальной и аномальной дисперсий.
92. В каком случае понятие групповой скорости теряет смысл? Дайте качественную характеристику понятия сигнальной скорости.
93. Выведите формулу Бугера-Ламберта для поглощения света.
94. Пользуясь комплексным показателем преломления получите закон Бугера-Ламберта. Всегда ли затухание волны связано с поглощением?
95. Нарисуйте зависимость коэффициента преломления от частоты и длины волны. Охарактеризуйте различные участки этой зависимости.
96. Нарисуйте зависимость коэффициентов поглощения от частоты. Каков физиче-

ский смысл собственной частоты?

97. В каком частотном диапазоне проявляется ионная дисперсия?
98. В соответствии с идеей Ньютона, радуга наблюдается из-за преломления светового луча на поверхности капельки воды взвешенной в воздухе после дождя, и однократного или двукратного полного внутреннего отражения внутри капли. Пользуясь этой идеей объясните чередование цветов в радуге.
99. Каковы особенности распространения электромагнитных волн в плазме? Каков физический смысл плазменной частоты?
100. Что такое релаксационная (ориентационная) поляризуемость? Как истолковать различие между диэлектрической постоянной воды, измеренной при оптических частотах и в статических полях?
101. Почему в оптическом диапазоне относительная магнитная проницаемость ~ 1?
102. В чем заключаются основные положения феноменологической теории вращения плоскости поляризации, предложенной Френелем?
103. В чём состоит эффект Зеемана?
104. Опишите схему опытов по магнитному вращению плоскости поляризации. Чем это явление схоже с естественным вращением и чем отличается от него?
105. В чем заключается классический опыт Лебедева по наблюдению светового давления? Какие явления «маскировали» этот эффект? Почему этот опыт следует проводить в вакууме?
106. Покажите, что эффект светового давления приводит к представлению об импульсе электромагнитного поля.
107. Исходя из электромагнитной природы света, получите формулу, связывающую давление электромагнитной волны и её плотность энергии.
108. Пользуясь уравнениями Максвелла, получите закон преломления и отражения электромагнитной волны.
109. Сформулируйте постановку задачи при выводе формул Френеля.
110. Что происходит при падении света на границу двух сред под углом Брюстера?
111. Нарисуйте зависимость коэффициента отражения R от угла падения. Изменится ли R при обращении световых пучков? Что происходит при смене знака R?
112. Что происходит с фазой вектора при падении волны на границу двух диэлектриков под разными углами? Когда происходит потеря «пол-волны» и как это проявляется в оптике?
113. Когда возникает полное внутреннее отражение? Опишите опыты, где оно проявляется и используется.
114. Оцените глубину проникновения в среду, на границе раздела с которой происходит полное внутреннее отражение.
115. Как изменяется фаза волны при полном внутреннем отражении?
116. Какой будет поляризация отраженной волны при каком значении фазы? Как получается круговая поляризация?
117. Как ориентирована плоскость поляризации волны относительно плоскости главного сечения кристалла для обыкновенной и необыкновенной волн?
118. Как связаны между и в анизотропной среде? Что такое главное направление в кристалле?
119. Что наблюдается, если на кристалл падает поляризованный свет под углом к оптической оси?
120. Что происходит с линейно поляризованной и циркулярно поляризованной волнами при прохождении через пластинки?
121. В чем заключается двойное лучепреломление света в кристаллах?
122. При помощи пластинки и анализатора можно диагностировать круговую и эллиптическую поляризацию света. Как это делается?
123. Докажите наличие двойного лучепреломления в одноосном кристалле с позиций

электромагнитной теории света.

124. В чем заключаются особенности построения Гюйгенса для анизотропной среды? Как соотносится этот метод с электромагнитной теорией?
125. Как можно искусственно создать анизотропную среду? В чем заключается явление фотоупругости и как оно используется в практических целях?
126. В чем заключается эффект Керра?
127. В чем состоит эффект Поккельса?
128. Почему величина эффекта Керра в жидкости пропорциональна квадрату напряженности электрического поля?
129. Какова физическая причина вызываемой внешним электрическим полем оптической анизотропии?
130. Какой круг явлений описывается в нелинейной оптике?
131. В чем заключается явление самофокусировки световых потоков и каковы физические принципы, вызывающие это явление?
132. Поясните физические принципы возникновения второй гармоники (генерация на удвоенной частоте).
133. Как нужно изменить модель, используемую в классической электронной теории дисперсии, для того чтобы объяснить нелинейную поляризуемость молекул?
134. С помощью модели ангармонического осциллятора объясните возникновение вторичных волн с кратными частотами?
135. Как объяснить зависимость показателя преломления от интенсивности света?
136. В чём заключается эффект оптического детектирования?
137. Что такое интерференция света? Сформулируйте условие интерференции двух произвольных электромагнитных волн.
138. Какие волны называют квазимонохроматическими?
139. Определите период интерференционной картины в опыте Юнга.
140. Каков принцип создания когерентных источников в опытах с использованием зеркал Френеля, бипризмы Френеля, билинзы Бийе?
141. Запишите условие временной когерентности двухчастотного источника, излучающего волны, отличающейся по длине волны на заданную долю.
142. Опишите опыты, в которых проявляется пространственная когерентность. Как влияет апертура интерференции на условия наблюдения интерференционной картины?
143. Какими опытами можно продемонстрировать временну́ю и пространственную когерентность лазера?
144. Каковы физические причины высокой когерентности лазерного излучения?
145. В чем заключается идея устройства звездного интерферометра Майкельсона?
146. Почему для наблюдения интерференционных полос в белом свете плёнка (пластинка) должна быть очень тонкой?
147. Каким образом из результата наблюдения полос двулучевой интерференционной картины можно получить информацию о спектральном составе излучения?
148. С чем связана локализация интерференционных полос? Каковы должны быть условия их наблюдения в двух предельных случаях (полосы равной толщины и равного наклона)?
149. Почему в интерференционных опытах по методу деления амплитуды с помощью тонкой прозрачной пластинки обычно используют отраженный, а не проходящий свет?
150. Как возникают кольца Ньютона? Как можно в этом опыте измерить длину волны? Чем отличаются картины в отраженном и проходящем свете?
151. Как изменится радиус колец Ньютона, если линзу поднять на высоту от поверхности стеклянной пластинки?
152. Как изменятся радиусы колец Ньютона, если пространство между линзой и стек-

лянной пластинкой заполнить жидкостью с показателем преломления ?

153. Как возникает интерференционная картина в интерферометре Майкельсона? Как использовать этот интерферометр для метрологических целей и измерения длины волнового цуга?
154. Нарисуйте схему интерферометра Жамена и охарактеризуйте возможности интерференционного метода для измерения показателя преломления вещества. Почему пластины интерферометра должны быть не параллельны?
155. В чём различие и в чём сходство интерференционной схемы Юнга с интерферометром Рэлея?
156. В чём состоит преимущество интерферометра Рождественского перед интерферометром Жамена?
157. Чем определяются контрастность и резкость интерференционной картины в идеальном интерферометре Фабри-Перо? Что ограничивает возможности повышения этих параметров в реальном интерферометре?
158. Каково соотношение интенсивности между падающего и отраженного света? Какова роль поглощения света в слоях?
159. Постройте зависимость интенсивностей в интерферометре Фабри-Перо отраженной и проходящей волн от угла падения при многолучевой интерференции для малых коэффициентов отражения. Какая из интерференционных картин обладает бóльшим контрастом?
160. Опишите принцип действия интерференционного фильтра.
161. В чем состоит принцип действия многослойного отражателя.
162. Изложите идею зон Френеля и проведите анализ полученных результатов при дифракции электромагнитных волн на круглом отверстии.
163. Получите выражение для зонной пластинки и докажите ее фокусирующее действие. Увяжите эти результаты с фокусирующим действием линзы.
164. В сколько раз интенсивность в главном фокусе зонной пластинки больше, чем в фокусе n-ого порядка?
165. В чём заключается метод векторных диаграмм в применении к задачам дифракции? Разберите таким способом дифракцию света на круглом отверстии и крае экрана.
166. Чем обуславливается различие векторных диаграмм при дифракции на прямолинейном краю экрана и на круглом отверстии?
167. Покажите с помощью векторной диаграммы, что освещённость в центре геометрической тени непрозрачного диска, перекрывающего небольшое количество зон, почти такая же, как и в освещенной области.
168. Сформулируйте основное условие перехода от волновой к геометрической оптике. Как нужно выбрать условия опыта, чтобы проявилась волновая природа света?
169. Как можно ввести понятие луча в волновой оптике?
170. Каковы должны быть экспериментальные условия для наблюдения дифракции Фраунгофера на щели?
171. Рассмотрите дифракцию света на прямоугольном и круглом отверстии. При каких измерениях необходимо учитывать эти явления?
172. Можно ли создать узкий параллельный пучок света?
173. Какой вид имеет Фраунгоферова дифракционная картина при наклонном падении плоской волны на щель?
174. Чем определяется дифракционная расходимость луча?
175. Рассмотрите дифракцию на правильной структуре щелей. Получите формулу для интенсивности света после прохождения амплитудной дифракционной решетки.
176. Чем отличаются дифракционные картины от большого числа одинаковых препятствий при их хаотическом и упорядоченном расположении?
177. От каких параметров дифракционной решетки зависит положение главных и вто-

ростепенных максимумов?

178. Какова наибольшая интенсивность вторичного максимума?
179. Каким условие определяется наибольший порядок дифракционного максимума дифракционной решетки?
180. При каком отношении ширины щели к периоду решетки в дифракционной картине отсутствует спектр 3-его порядка? Какие еще порядки отсутствуют в этом случае?
181. Получите выражение для дисперсии дифракционной решетки и призмы.
182. Опишите дифракцию света на двумерной и трехмерной структуре. Почему трехмерная решетка является узкополосным фильтром? Где используется это явление?
183. Введите понятие разрешающей силы спектральных приборов и получите выражение для разрешающей силы дифракционной решетки. Какие условия опыта ограничивают возможность достижения теоретической разрешающей силы дифракционной решетки?
184. В чем заключается критерий Рэлея и какие возможности имеются для повышения разрешающей силы выше этого критерия?
185. Разрешающая сила телескопа. Для чего нужен большой диаметр объектива? Как можно превысить разрешающую силу телескопа, определенную по критерию Рэлея?
186. Оцените разрешающую силу микроскопа при прямом и наклонном освещении объекта.
187. Можно ли с помощью оптического микроскопа обнаружить частицы, размеры которых много меньше длины волны?
188. В чём состоит метод фильтрации пространственных гармоник?
189. Что представляет собой голограмма плоской волны?
190. Что представляет собой голограмма сферической волны? Предложите способ записи такой голограммы?
191. Изложите идею получения и восстановления объемных голограмм по методу Ю. Н. Денисюка.
192. Какими преимуществами обладает голограмма по сравнению с обыкновенной фотографией?
193. Что такое испускательная способность тела? Как связана она с плотностью энергии равновесного излучения?
194. При каких условиях тепловое излучение будет термодинамическим равновесным? Каковы основные свойства равновесного излучения?
195. Как в оптике реализуется чёрное тело?
196. Сформулируйте закон излучения абсолютно чёрного тела.
197. Каким образом по измеренной зависимости спектральной плотности излучения от частоты при температуре построить такую же зависимость при температуре?
198. Сформулируйте идею выводы формулы Рэлея-Джинса и укажите, в чем эта формула противоречит опыту.
199. Как получается формула Планка из представлений о квантовании энергии осциллятора?
200. Сформулируйте идею вывода формулы Планка по Эйнштейну. Что такое вынужденное излучение и почему возникли принципиальные трудности обнаружения его в оптическом диапазоне?
201. Опишите исходные опыты по фотоэффекту. Какие получаются основные соотношения и в чем они противоречат классической физике?
202. Каково объяснение фотоэффекта в рамках квантовой теории?
203. Как определить постоянную Планка из результатов эксперимента по фотоэффекту? Какие еще существуют методы определения этой константы?
204. Каковы преимущества фотоприемников на основе внутреннего фотоэффекта?

205. Сформулируйте основные свойства фотона.
206. Зависят ли коэффициенты Эйнштейна от спектральной плотности излучения?
207. Какими свойствами характеризуется вынужденное излучение?
208. Какие функции в лазере выполняют активная среда и оптический резонатор?
209. В каких явлениях обнаруживаются волновые, а в каких – корпускулярные свойства света?
210. Какие явления свидетельствуют о том, что фотон обладает импульсом? Как связаны импульс фотона и волновой вектор?
211. Как объяснить изменение длины волны рентгеновского фотона (гамма-кванта) при рассеивании на свободных электронах?
212. Приведите примеры явлений, допускающих как волновое, так и корпускулярное объяснение?

Примечание: номера формул в формулировках вопросов приведены по методическим указаниям к выполнению соответствующих работ.

Защита полученных результатов

После выполнения работы и оформления отчёта проводится защита полученных результатов по всем существенным критериям (см. таблицу критериев). Защита считается успешной, если все критерии выполнены не хуже, чем на пороговом уровне.

Критерии оценивания сдачи теоретического минимума, отчётов по лабораторным работам и защиты работ

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Качество модели	Адекватная объекту исследований и заданным условиям	Адекватная объекту исследований и заданным условиям	Адекватная объекту исследований и заданным условиям
Методика	Соблюдена не полностью, есть отступления, повлекшие погрешности или выход в режимы, не описываемые моделью	Соблюдена, однако выясняется, что студент не понимает, почему именно предписанные действия следует предпринимать	Соблюдена полностью и осмысленно
Отчёт	Имеет 1-2 недостатка, однако в целом соответствует требованиям к отчёту по лабораторным работам и читабелен	Имеет некоторые незначительные недостатки в оформлении или представлении результатов	Соответствует всем требованиям к отчёту по лабораторным работам, аккуратно оформлен
Результаты исследования	В целом соответствуют заданию и адекватны объекту, однако погрешность результатов не контролировалась	Соответствуют заданию, адекватны объекту, имеется статистическая обработка результатов	Полностью соответствуют заданию, корректно отображают объект исследования в заданных условиях, погрешность контролировалась, обработка результатов проведена
Объяснения и вы-	Объяснения отрывочны, выводы бессодер-	В объяснениях есть гипотезы и аргументы	Объяснения проводятся с отсылками к наименова-

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
воды	жательные, причины расхождения с теорией (если требовалось) не объяснены	в их пользу, однако не продемонстрировано уверенное владение методологией и терминологией в данной области	ниям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная, сделанные выводы соответствуют свойствам исследуемого объекта
Ответы на вопросы при допуске и защите	Правильные ответы на большинство вопросов, однако, излишне краткие или с ошибками в терминологии.	Полные ответы практически на все вопросы с незначительными недостатками и некоторой нехваткой терминологической лексики	Развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Зачет по физическому практикуму по механике выставляется по итогам текущей аттестации при выполнении студентом установленного количества лабораторных работ.

3. Описание процедуры выставления оценки

По итогам зачёта выставляется одна из оценок: «зачтено» или «незачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, который подготовил отчёты по лабораторным работам, знает физические величины и их единицы измерения, формулировки основных физических законов оптики, методов обработки результатов, умеет пользоваться предоставленными приборами и установками, умеет использовать материалы к лабораторным работам, владеет навыками практического применения лабораторных установок и приборов в конкретной лабораторной работе.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, у которого не подготовлен хотя бы один отчёт по необходимым лабораторным работам, который не знает физические величины и их единицы измерения, формулировки основных физических законов оптики, методов обработки результатов, не умеет пользоваться предоставленными приборами и установками, не умеет использовать материалы к лабораторным работам или не владеет навыками практического применения лабораторных установок и приборов в конкретной лабораторной работе.

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины
«Оптика (физический практикум)»

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Физический практикум играет важную роль в процессе изучении студентами основных физических законов и закономерностей, прививает им навыки самостоятельной постановки и проведения физического эксперимента, знакомит их с методами обработки результатов измерений и представлением полученных данных в виде графиков и таблиц. В общем физическом практикуме студенты работают в течение шести семестров, выполняя работы соответственно в разделах «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Оптика», «Атомная физика» и «Физика атомного ядра и элементарных частиц».

Физический практикум по оптике: рассматриваются основы электромагнитной теории света, модулированные волны, явление интерференции, когерентность волн, многолучевая интерференция, явление дифракции на одномерных, плоских и трёхмерных структурах, поляризация света, отражение и преломление света на границе раздела изотропных диэлектриков, распространение волн в анизотропных средах, индуцированная анизотропия оптических свойств, дисперсия света, основы оптики металлов, нелинейные оптические явления, тепловое излучение конденсированных сред, основные представления о квантовой теории излучения света атомами и молекулами, усиление и генерация света.

Каждый студент заранее получает информацию о номере лабораторной работы физического практикума, которую ему предстоит выполнять на очередном занятии.

Студент должен без опоздания явиться в лабораторию, где выполняется физический практикум.

На занятия физического практикума студент должен приходить подготовленным к выполнению лабораторной работы, что означает: усвоение теоретического материала по теме лабораторной работы, знание порядка ее выполнения, основных элементов установки, методов обработки результатов. При подготовке следует изучить описание и дополнительный материал в рекомендованной литературе (в конце описания), подготовить ответы на контрольные вопросы.

После изучения описания лабораторной работы студент должен подготовить в рабочей тетради конспект теоретического материала, привести схему экспериментальной установки и основные расчетные формулы, приготовить таблицы для записи результатов экспериментов, указать названия упражнений.

Измерения на установке производятся в том порядке, который указан в описании лабораторной работы. В рабочую тетрадь, или, как правило, в заранее подготовленную таблицу, студент должен записать результаты всех проведённых прямых измерений непосредственно во время эксперимента. Все данные записываются в таблицу только ручкой, предельно аккуратно, с указанием размерности измеряемых величин. Если для обработки данных используется компьютер, то данные сначала записываются в тетрадь и только потом в компьютер. Если студент не может объяснить, как они получены, то это может послужить основанием для неудовлетворительной оценки. По окончании выполнения эксперимента студент представляет результаты измерений преподавателю. Преподаватель подписывает результаты в рабочей тетради студента и делает отметку о выполнении работы в своей книжке. Только после этого лабораторная работа считается выполненной, а студент имеет право покинуть лабораторию.

Для сдачи работы студент должен выполнить все задания, приведенные в описании лабораторной работы. В рабочей тетради должны быть представлены результаты обработки экспериментальных данных и погрешности (с указанием расчетных формул для их оценки). В конце отчета приводятся основные результаты и формулируются вы-

воды. Отчет по лабораторной работе сдается во время очередного занятия практикума преподавателю. Преподаватель знакомится с полученными результатами, задает дополнительные вопросы и, с учетом ответов студента по теоретическим и экспериментальным результатам ставит оценку за выполненную работу. Если ответы студента не удовлетворяют преподавателя или обработка результатов проведена не в полном объеме, то преподаватель имеет право отправить студента для дополнительной подготовки и повторной сдачи лабораторной работы.

Студент, своевременно выполнивший и сдавший лабораторные работы, получает оценку «зачтено», которая проставляется преподавателем группы в зачетную книжку, а также в зачетную ведомость. Для студентов, имеющих по окончании физического практикума несданные лабораторные работы, организуется комиссия по практикуму, на которой разрешается сдать работы, выполненные ранее. Выполнение лабораторного практикума на комиссии не допускается. На комиссии должны присутствовать все студенты, не получившие зачет по практикуму. Комиссия выясняет причины невыполнения учебного плана по практикуму. С учетом предъявленных студентом объяснений и справок комиссия принимает решение о зачете или незачете по практикуму.

ЕДИНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ
к оформлению отчёта по лабораторным работам

1) Порядковый номер и наименование лабораторной работы.
2) Цель работы.
3) Перечень используемого оборудования с указанием основных параметров установок и приборов.
4) Основные теоретические сведения и расчетные формулы.
5) Функциональную и принципиальную схему лабораторной установки.
6) Предварительные расчеты, выполненные при подготовке к выполнению работы (где это требуется по описанию работы).
7) Содержание работы (порядок выполнения).
8) Ход выполнения работы:
а) таблицы с результатами вычислений;
б) графики экспериментальных и расчетных зависимостей.

Примечание: графики вычерчиваются на миллиметровой бумаге или с помощью компьютера и вклеиваются в отчет. На каждом графике строятся только те зависимости, которые предусмотрены соответствующим пунктом описания. Особое внимание следует обратить на рациональный выбор масштабов по осям координат. Графики экспериментальных зависимостей следует выполнять так, чтобы были ясно видны точки снятых отсчетов. Поскольку получаемые точки имеют некоторый разброс, то кривые следует проводить между ними, сообразуясь с физическими закономерностями.
9) Оценку ошибок измерений и вычислений.
10) Краткие выводы: критические сопоставления результатов эксперимента и теоретических положений, объяснения расхождений между ними (в случае их наличия).