

Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ОПТИКА

Вопросы для защиты лабораторных работ по физике

НОВОСИБИРСК
2009

Составители:

А.В. Баранов, В.В. Давыдов, В.В. Христофоров

Рецензент *Б.Б. Горлов*

Работа подготовлена на кафедре общей физики

© Новосибирский государственный
технический университет, 2009

Методические указания предназначены для студентов, выполняющих лабораторный практикум по курсу физики на кафедре общей физики НГТУ.

Указания содержат вопросы, которые могут быть заданы студентам во время защиты лабораторных работ по разделу «Оптика».

Вопросы разделены по уровню сложности на три группы.

Вопросы первого уровня сложности требуют от студента знания основных понятий, определений физических величин и формулировок физических законов. Для успешной защиты на первом уровне студент должен правильно ответить на три указанных преподавателем вопроса этого уровня. Максимальный балл, который преподаватель может начислить студенту за защиту на первом уровне, соответствует оценке «удовлетворительно».

Вопросы второго уровня сложности требуют от студента знания сути изучаемых физических явлений и процессов, умения воспроизводить математические выкладки, раскрывающие сущность и особенности изучаемого явления. Для успешной защиты на втором уровне студент должен правильно ответить на один вопрос второго уровня и на три вопроса первого уровня. Максимальный балл, который преподаватель может начислить студенту за защиту на втором уровне, соответствует оценке «хорошо».

Вопросы третьего уровня сложности требуют от студента знания теории и умения использовать ее для объяснения и математического описания изучаемых явлений и процессов. Для успешной защиты на третьем уровне студент должен правильно ответить на один вопрос третьего уровня и несколько дополнительных вопросов преподавателя. Максимальный балл, который преподаватель может начислить студенту за защиту на третьем уровне, соответствует оценке «отлично».

Уровень сложности и, соответственно, возможный максимальный балл выбирается студентом. Реальный балл, начисляемый студенту, определяется преподавателем по итогам защиты лабораторной работы.

В работу включены вопросы для защиты как реальных, так и виртуальных лабораторных работ.

Лабораторная работа №30
ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА ОТ ДВУХ ЩЕЛЕЙ

Первый уровень

1. Что называется интерференцией волн?
2. Какие волны называют когерентными? Объясните, почему интерференция наблюдается только для когерентных волн.
3. Что такое фаза волны? От чего она зависит?
4. Запишите условия максимума и минимума при интерференции двух волн, используя разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний, возбуждённых двумя волнами в некоторой точке пространства. Чем определяется величина $\Delta\varphi$?
5. Что такое оптическая длина пути L волны, как её вычислить, зная геометрическую длину пути r ?
6. Что такое оптическая разность хода Δ двух волн?
7. Поясните, как связаны оптическая длина пути L волны и оптическая разность хода Δ двух волн со временем распространения волн.
8. Запишите условия максимумов и минимумов при интерференции двух волн, используя оптическую разность хода Δ этих волн.
9. Запишите условия максимумов и минимумов при интерференции двух волн, распространяющихся в одной и той же среде, используя геометрическую разность хода Δr этих волн.
10. Как связаны разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний, возбуждённых двумя волнами в некоторой точке пространства, с оптической разностью хода Δ этих волн?
11. Как связаны разность фаз $\Delta\varphi$ колебаний, возбуждённых двумя волнами в некоторой точке пространства, с геометрической разностью хода Δr этих волн?
12. Почему, применяя два различных естественных источника монохроматического света, нельзя получить интерференционной картины? Как её можно получить?
13. Изобразите и поясните схему опыта Юнга.

Второй уровень

1. Пользуясь методом векторных диаграмм, объясните, при каком условии в результате интерференции двух волн в данной точке пространства возникает максимум, а при каком условии – минимум интенсивности колебаний, возбуждённых этими волнами.
2. Получите выражение оптической длины пути волны через время её распространения.
3. Получите выражение оптической разности хода двух волн через разность времён их распространения до некоторой точки пространства.
4. Поясните, почему в опыте Юнга на экране наблюдения видны светлые и тёмные чередующиеся полосы? От чего зависит цвет светлых полос?

5. Как изменится картина на экране наблюдения в опыте Юнга, если красный свет заменить зелёным? Почему произойдут указанные вами изменения?

6. Как изменится картина на экране наблюдения в опыте Юнга, если красный свет заменить белым? Почему произойдут указанные вами изменения?

Третий уровень

1. Получите формулу, связывающую разность фаз колебаний $\Delta\varphi$, возбужденных двумя волнами в некоторой точке пространства, с оптической Δ и геометрической Δr разностями хода этих волн. Объясните, при каких условиях полученные формулы корректны. Используя полученную формулу, получите условия максимума и минимума при интерференции двух монохроматических волн.

2. Что такое время когерентности $t_{\text{когер}}$ и длина когерентности $l_{\text{когер}}$? Получите связь между $t_{\text{когер}}$ и интервалом частот $\Delta\nu$, представленным в реальной немонохроматической волне.

3. Получите связь между предельным наблюдаемым порядком максимума $m_{\text{пред}}$ при интерференции двух реальных немонохроматических волн и интервалом длин волн $\Delta\lambda$ света, используемого в опыте Юнга.

4. Поясните разницу между временной и пространственной когерентностью. Что такое радиус когерентности $\rho_{\text{когер}}$? Получите связь между $\rho_{\text{когер}}$ и углом φ , под которым из данной точки пространства виден источник света.

5. Получите условия максимумов и минимумов при интерференции монохроматического света на тонкой пластинке (плёнке). Как можно наблюдать интерференционную картину, если пластинка плоскопараллельная? Приведите примеры применения этого явления.

6. Как возникают кольца Ньютона? Получите формулу для радиусов тёмных и светлых колец. Как можно использовать это явление?

7. Получите зависимость результирующей интенсивности волн I от угла излучения α при заданном числе N синфазных одинаковых источников, расположенных на одинаковом расстоянии d друг от друга вдоль прямой.

8. Докажите, что интенсивность главных максимумов при многолучевой интерференции света, приходящего в данную точку пространства от N точечных источников, пропорциональна N^2 .

9. Докажите, что количество минимумов, расположенных между двумя соседними главными максимумами, при многолучевой интерференции света от N точечных источников равно $N - 1$.

ДИФРАКЦИЯ

Первый уровень

1. Что такое дифракция?
2. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
3. Что такое фронт волны?
4. Что такое волновая поверхность?
5. Какая особенность наблюдается в поведении волн при их дифракции?
6. При каких условиях наблюдается дифракция Френеля?
7. При каких условиях наблюдается дифракция Фраунгофера?
8. Как делится на зоны Френеля волновая поверхность?
9. Как соотносятся по фазе колебания в точках, расположенных в соседних зонах Френеля?
10. Как соотносятся по фазе колебания, возбуждённые в точке наблюдения волнами, пришедшими от соседних зон Френеля?
11. Как с помощью метода зон Френеля вычисляют амплитуду колебаний, возбуждённых в точке наблюдения полностью открытой сферической волновой поверхностью?
12. Чему равна амплитуда колебаний, возбуждённых в точке наблюдения, если в круглом отверстии в непрозрачном экране укладывается чётное число зон Френеля?
13. Чему равна амплитуда колебаний, возбуждённых в точке наблюдения, если в круглом отверстии в непрозрачном экране укладывается нечётное число зон Френеля?
14. Запишите условие возникновения максимумов при дифракции Фраунгофера на одной щели.
15. Запишите условие возникновения минимумов при дифракции Фраунгофера на одной щели.
16. От чего зависит ширина центрального максимума при дифракции на одной щели?
17. В чём заключается существенная разница между дифракционными картинками, полученными при дифракции на одной щели и нескольких щелях?
18. Запишите условие возникновения главных максимумов при дифракции Фраунгофера на нескольких одинаковых параллельных щелях (дифракционной решётке).
19. Запишите условие возникновения главных минимумов при дифракции Фраунгофера на нескольких одинаковых параллельных щелях (дифракционной решётке).

Второй уровень

1. Опишите метод зон Френеля. Покажите, как рассчитывается и чему равна амплитуда колебаний в точке наблюдения при а) полностью открытой сферической волновой поверхности; б) при наличии экрана с круглым отверстием, в котором укладывается нечётное число зон Френеля; в) при наличии экрана с круглым отверстием, в котором укладывается чётное число зон Френеля.
2. Получите выражение для расчёта интенсивности световых волн при дифракции на одной щели. Из этого выражения получите условия возникновения максимумов и минимумов.
3. Получите выражение для расчёта интенсивности световых волн при дифракции на дифракционной решётке. Из этого выражения получите условия возникновения главных максимумов и главных минимумов.
4. Объясните, почему при дифракции на нескольких параллельных щелях (дифракционной решётке) возникают дополнительные максимумы и минимумы. От чего зависит их количество?

Третий уровень

1. Получите выражение для расчёта интенсивности световых волн при дифракции на одной щели для случая наклонного падения волн. Из этого выражения получите условия возникновения максимумов и минимумов.
2. Получите выражение для расчёта интенсивности световых волн при дифракции на дифракционной решётке для случая наклонного падения волн. Из этого выражения получите условия возникновения главных максимумов и главных минимумов.
3. Получите выражение для расчёта интенсивности световых волн при дифракции на отражательной дифракционной решётке. Из этого выражения получите условия возникновения главных максимумов и главных минимумов.
4. Покажите, от чего зависит количество главных максимумов при дифракции на нескольких одинаковых параллельных щелях (дифракционной решётке).
5. Докажите, что в центре тени от круглого непрозрачного экрана может наблюдаться яркое пятно (пятно Пуассона). Проанализируйте, от чего зависит его яркость.

Лабораторная работа №35

ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА

Первый уровень

1. Что представляет собой свет с волновой точки зрения? Какова структура световых волн?
2. Чем отличаются друг от друга естественный и поляризованный свет?
3. Что такое плоскость колебаний (плоскость поляризации) световой волны?
4. Какой свет называется неполяризованным?
5. Какой свет называется частично поляризованным?
6. Какой свет называется линейно (плоско) поляризованным?
7. Какой свет называется циркулярно (эллиптически) поляризованным?
8. Как определяется степень поляризации света?
9. Что такое поляризатор? Какая плоскость называется плоскостью поляризатора?
10. Что происходит с поляризацией при отражении естественного света от границы раздела двух диэлектриков? Что такое угол Брюстера?
11. Что такое дихроизм? В чём заключается принцип действия поляроида?
12. Напишите формулу для закона Малюса. Дайте необходимые пояснения.
13. В каких случаях интенсивность света на выходе поляризатора не зависит от угла поворота плоскости поляризатора?
14. Какая среда называется оптически анизотропной? Для каких сред характерна оптическая анизотропия?
15. Чем объясняется явление двойного лучепреломления?
16. Что такое оптическая ось кристалла? Что такое главная плоскость (главное сечение) одноосного кристалла?
17. В какой плоскости происходят колебания вектора напряжённости электрического поля E обыкновенного и необыкновенного лучей в одноосном кристалле?
18. Как проявляет себя показатель преломления одноосного кристалла в случае обыкновенного и необыкновенного лучей?
19. Какие вещества называются оптически активными? Что такое право- и левовращающие вещества? От чего зависит угол поворота плоскости поляризации при прохождении линейно (плоско) поляризованного света через оптически активную среду?
20. В чём заключается эффект Керра?
21. В чём заключается эффект Коттон-Мутона?
22. В чём заключается эффект Фарадея?

Второй уровень

1. Как световая волна с эллиптической поляризацией может быть представлена в виде суперпозиции волн с линейной (плоской) поляризацией?
2. Как световая волна с линейной (плоской) поляризацией может быть представлена в виде суперпозиции волн с круговой поляризацией?
3. Что получается при сложении двух когерентных линейно (плоско) поляризованных световых волн, у которых плоскости колебаний взаимно перпендикулярны?
4. Как выглядит зависимость показателя преломления анизотропного одноосного кристалла от направления? С чем это связано?
5. Почему вторичные волны, появляющиеся при отражении света под углом Брюстера, оказываются линейно (плоско) поляризованными?
6. Получите формулу для закона Брюстера.
7. Получите формулу для закона Малюса.
8. Проанализируйте прохождение света через систему двух скрещенных поляризаторов.
9. При каком условии световые волны, связанные с обыкновенным и необыкновенным лучами, являются когерентными? Дайте необходимые пояснения.
10. Изобразите волновые поверхности для световых волн, связанных с обыкновенным и необыкновенным лучами, распространяющимися от точечного источника света, находящегося внутри одноосного кристалла.

Третий уровень

1. Луч света падает из воздуха на поверхность жидкости под углом 60 градусов. Определите угол преломления луча, если отражённый луч максимально поляризован.
2. Угол максимальной поляризации при отражении света от границы раздела вакуум-диэлектрик равен 60 градусам. С какой скоростью распространяется свет в этом диэлектрике?
3. Угол между плоскостями поляризатора и анализатора равен 30 град. Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить в два раза?
4. Используя принцип Гюйгенса, постройте волновые поверхности, связанные с распространением обыкновенного и необыкновенного лучей в кристалле.
5. Покажите, что в случае анизотропного кристалла направление переноса энергии может не совпадать с направлением нормали к волновой поверхности.
6. Покажите, что даже при нормальном падении света на поверхность одноосного кристалла преломлённый луч может отклониться от направления нормали к этой поверхности.

7. Проанализируйте изменение состояния поляризации при прохождении линейно (плоско) поляризованного света через пластинку в «четверть волны».

8. Проанализируйте изменение состояния поляризации при прохождении линейно (плоско) поляризованного света через пластинку в «половину волны».

9. Проанализируйте изменение состояния поляризации при прохождении естественного света через систему скрещенных поляризаторов, между которыми расположена двояко преломляющая пластинка.

Содержание

Лабораторная работа №30. ИЗУЧЕНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА ОТ ДВУХ ЩЕЛЕЙ.....	4
Лабораторная работа № 32. ДИФРАКЦИЯ.....	6
Лабораторная работа №35. ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА.....	8