

ОПТИКА

ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ

Методические указания

НОВОСИБИРСК
2025

УДК 535(076.5)
О-627

Составители:

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

Рецензент доцент кафедры общей физики НГТУ *Г. Ф. Сивых*

Работа подготовлена на кафедре общей физики

ОПТИКА

ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ

Методические указания

Редактор *И.Л. Кескевич*
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*
Дизайн обложки *А.В. Ладыжская*
Компьютерная верстка *Л.А. Веселовская*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

Подписано в печать 11.02.2025. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 50 экз.
Уч.-изд. л. 0,93. Печ. л. 1,0. Изд. № 211/24. Заказ № 65. Цена договорная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

© Новосибирский государственный
технический университет, 2025

ПРЕДИСЛОВИЕ

Работа предназначена для студентов, выполняющих лабораторный практикум по курсу физики на кафедре общей физики НГТУ. В ней содержатся 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». При безупречном ответе на все вопросы первого уровня сложности студент получает право на переход к вопросам второго уровня сложности.

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». При безупречном ответе на вопрос второго уровня сложности студент получает право на переход к вопросам третьего уровня сложности.

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 выбираются 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.

ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ «ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА»

к лабораторной работе № 30 «Изучение интерференции света от двух щелей», к виртуальной лабораторной работе «Интерферометр Маха-Цендера»

Первый уровень

1. Что представляет собой свет с волновой точки зрения? Как выглядит структура волн и чем они характеризуются?
2. Что называется интерференцией света?
3. Какие волны называют когерентными? Почему интерференция наблюдается только для когерентных волн?
4. Что такое фаза монохроматической (гармонической) волны? Чем определяется значение фазы?
5. Как с использованием разности фаз колебаний выглядят условия максимумов и минимумов при интерференции двух волн? Чем определяется значение разности фаз?
6. Что такое оптическая разность хода двух световых волн?
7. Как связаны оптическая разность хода двух волн со временем их распространения?
8. Как оптическая длина пути монохроматической световой волны связана со скоростью света в среде при условии ее однородности?
9. Как пространственные положения максимумов и минимумов интенсивности при интерференции двух монохроматических волн связаны с оптической разностью хода этих волн?
10. Как разность фаз колебаний, возбужденных двумя монохроматическими световыми волнами в некоторой точке пространства, связана с оптической разностью хода этих волн?

11. Почему, используя два одинаковых естественных источника света, нельзя получить интерференционную картину?

12. Как можно получить интерференционную картину, используя один источник света?

13. Как наблюдается интерференция света в опыте Юнга?

14. Как наблюдается интерференция света в тонких пленках?

15. Как наблюдается интерференция света с использованием зеркал Френеля?

16. Как наблюдается интерференция света с использованием бипризмы Френеля?

Второй уровень

1. Пользуясь методом векторных диаграмм, объясните, при каком условии в результате интерференции двух световых волн в данной точке пространства возникает максимум, а при каком условии – минимум интенсивности.

2. Получите выражение для оптической длины пути световой волны через время ее распространения.

3. Получите выражение для оптической разности хода двух световых волн через разность времени их распространения до некоторой точки пространства.

4. Поясните, почему в опыте Юнга на экране наблюдаются чередующиеся светлые и темные полосы. От чего зависит цвет светлых полос?

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

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

Третий уровень

1. Получите формулы, связывающие разность фаз колебаний, возбужденных двумя световыми волнами в некоторой точке пространства, с оптической и геометрической разностью хода этих волн. Объясните, при каких условиях полученные формулы корректны. Используя полученные формулы, получите условия максимумов и минимумов при интерференции двух монохроматических волн.

2. Получите связь между предельным наблюдаемым порядком максимума и интервалом длин волн $\Delta\lambda$ реального немонахроматического света в опыте Юнга.

3. Получите условия максимумов и минимумов при интерференции монохроматического света на тонкой пластинке (пленке). Как можно использовать это явление на практике?

4. Как возникают кольца Ньютона? Получите формулу для радиусов темных и светлых колец. Как можно использовать это явление на практике?

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

6. Докажите, что при многолучевой интерференции света от N источников интенсивность главных максимумов пропорциональна N^2 .

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

ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ «ДИФРАКЦИЯ СВЕТА»

к лабораторной работе № 32 «Дифракция лазерного излучения» к виртуальной лабораторной работе «Дифракция света на системе щелей»

Первый уровень

1. Что представляет собой свет с волновой точки зрения? Как выглядит структура волн и чем они характеризуются?
2. Что такое волновая поверхность? Что такое фронт волны?
3. Как формулируется принцип Гюйгенса–Френеля?
4. Что такое дифракция света?
5. Какие особенности наблюдаются при дифракции световых волн?
6. В чем разница между дифракцией и интерференцией?
7. При каких условиях наблюдается дифракция Френеля?
8. При каких условиях наблюдается дифракция Фраунгофера?
9. Как волновая поверхность делится на зоны Френеля?
10. Как соотносятся по фазе колебания в точках, расположенных в соседних зонах Френеля?
11. Как соотносятся по фазе колебания, возбужденные в точке наблюдения волнами, пришедшими от внешних границ соседних зон Френеля?
12. Как с помощью метода зон Френеля вычисляют амплитуду колебаний, возбужденных в точке наблюдения полностью открытой сферической волновой поверхности?
13. Чему равна амплитуда колебаний, возбужденных в точке наблюдения, если в круглом отверстии в непрозрачном экране укладывается четное число зон Френеля?

14. Чему равна амплитуда колебаний, возбужденных в точке наблюдения, если в круглом отверстии в непрозрачном экране укладывается нечетное число зон Френеля?

15. Как выглядит условие максимумов при дифракции Фраунгофера на одной щели?

16. Как выглядит условие минимумов при дифракции Фраунгофера на одной щели?

17. От чего и как зависит ширина центрального максимума при дифракции света на одной щели?

18. В чем заключается разница между дифракционными картинами, полученными при дифракции монохроматического света на одной щели и на нескольких щелях?

19. Как выглядит условие главных максимумов интенсивности при фраунгоферовой дифракции монохроматического света на нескольких одинаковых параллельных щелях (дифракционной решетке)?

20. Как выглядит условие главных минимумов интенсивности при фраунгоферовой дифракции монохроматического света на нескольких одинаковых параллельных щелях (дифракционной решетке)?

Второй уровень

1. Опишите метод зон Френеля. Покажите, как рассчитывается амплитуда колебаний в точке наблюдения: а) при полностью открытой сферической волновой поверхности; б) при наличии экрана с круглым отверстием, в котором укладывается нечетное число зон Френеля; в) при наличии экрана с круглым отверстием, в котором укладывается четное число зон Френеля.

2. Получите выражение для расчета распределения интенсивности монохроматического света при фраунгоферовой дифракции света на одной щели. Из этого выражения получите условия максимумов и минимумов.

3. Получите выражение для расчета распределения интенсивности монохроматического света при фраунгоферовой дифракции света на решетке. Из этого выражения получите условия главных максимумов и главных минимумов.

4. Определите, от чего зависит количество главных максимумов при фраунгоферовой дифракции монохроматического света на дифракционной решетке.

5. Объясните, почему при френгоферовой дифракции монохроматического света на решетке в дифракционной картине возникают дополнительные максимумы и минимумы интенсивности. От чего зависит их количество?

Третий уровень

1. Получите выражение для расчета распределения интенсивности при френгоферовой дифракции монохроматического света на одной щели в условиях наклонного падения плоских световых волн. Из этого выражения получите условия максимумов и минимумов.

2. Получите выражение для расчета интенсивности монохроматического света при френгоферовой дифракции на решетке в условиях наклонного падения плоских световых волн. Из этого выражения получите условия возникновения главных максимумов и главных минимумов в распределении интенсивности света.

3. Получите выражение для расчета распределения интенсивности монохроматического света при френгоферовой дифракции на отражательной дифракционной решетке. Из этого выражения получите условия возникновения главных максимумов и главных минимумов в распределении интенсивности света.

4. Докажите, что в центре тени от круглого непрозрачного экрана может наблюдаться яркое световое пятно (пятно Пуассона). Проанализируйте, от чего зависит его яркость.

ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ «ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА»

**к лабораторной работе № 35 «Поляризация света»,
к виртуальным лабораторным работам: «Опыт Малюса»,
«Вращение плоскости поляризации света»,
«Поляризованный свет в анизотропном кристалле»**

Первый уровень

1. Что представляет собой свет с волновой точки зрения? Какова структура световых волн и чем они характеризуются?
2. Какие волны называются плоскими монохроматическими?
3. Как выглядит волновое представление света в приближении плоских монохроматических (гармонических) электромагнитных волн?
4. Какие опыты подтверждают поперечность световых волн?
5. Что такое длина волны света?
6. Что такое фазовая скорость монохроматических волн?
7. Что такое групповая скорость волн?
8. Что такое вектор Пойнтинга? Чем определяется значение модуля и направление вектора?
9. Что такое интенсивность света? Чем определяется значение интенсивности световой волны?
10. Чем отличаются друг от друга естественный и поляризованный свет?
11. Что такое плоскость колебаний (плоскость поляризации) световой волны?
12. Какой свет называется неполяризованным?
13. Какой свет называется частично поляризованным?
14. Какой свет называется линейно (плоско) поляризованным?

15. Какой свет называется циркулярно (эллиптически) поляризованным?
16. Как определяется степень поляризации света?
17. Что такое поляризатор? Какая плоскость называется плоскостью пропускания поляризатора?
18. Что такое дихроизм? В чем заключается принцип действия поляроида?
19. В чем заключается закон Малюса, и как выглядит формула?
20. В каких случаях интенсивность света на выходе поляризатора не зависит от угла поворота плоскости поляризатора?
21. Что происходит с поляризацией света при его отражении и преломлении на границе раздела двух изотропных диэлектриков?
22. Что такое угол Брюстера, и от как он определяется?
23. Какая среда называется оптически анизотропной? Для каких сред характерна оптическая анизотропия?
24. Чем объясняется явление двойного лучепреломления?
25. Какое направление в анизотропном кристалле называется оптической осью? Какая плоскость называется главным сечением одноосного кристалла?
26. В каких направлениях происходят колебания светового вектора обыкновенного и необыкновенного луча в одноосном кристалле?
27. Как проявляет себя показатель преломления одноосного кристалла в случае обыкновенного и необыкновенного луча?
28. В чем различие «положительного» и «отрицательного» двоякопреломляющего кристалла?
29. 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?

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. Как выглядит зависимость показателя преломления анизотропного одноосного кристалла от направления? С чем это связано?
4. Почему вторичные волны, появляющиеся при отражении света под углом Брюстера, оказываются линейно (плоско) поляризованными?
5. Получите формулу, выражающую закон Брюстера.
6. Получите формулу, выражающую закон Малюса.
7. Проанализируйте прохождение света через систему двух скрещенных поляризаторов.
8. При каком условии световые волны, связанные с обычным и необыкновенным лучом, вышедшими из одноосного кристалла, оказываются когерентными?
9. Как выглядят волновые поверхности для волн, связанных с обычным и необыкновенным лучами, распространяющимися от точечного источника света, находящегося внутри одноосного кристалла? Рассмотрите при этом «положительный» и «отрицательный» двоякопреломляющий кристалл.
10. Как получают поляризованный свет с помощью призмы Николя?

Третий уровень

1. Луч света падает из воздуха на поверхность жидкости под углом 60° . Определите угол преломления луча, если отраженный луч максимально поляризован.
2. Угол максимальной поляризации при отражении света от границы раздела вакуум–диэлектрик равен 60° . С какой скоростью распространяется свет в этом диэлектрике?
3. Угол между плоскостями поляризатора и анализатора равен 30° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить в два раза? (Потерями энергии, не связанными с поляризацией, при прохождении света через поляризатор и анализатор пренебречь).
4. Используя принцип Гюйгенса, постройте волновые поверхности, связанные с распространением обычного и необыкновенного луча в одноосном кристалле. (Угол падения света на грань кристалла и вид кристалла задаются преподавателем.)
5. Покажите, что в случае распространения света в анизотропном кристалле направление переноса энергии может не совпадать с направлением нормали к волновой поверхности.

6. Покажите, что даже при нормальном падении света на поверхность одноосного кристалла преломленный луч может отклониться от направления нормали к этой поверхности.

7. Как и почему изменяется состояние поляризации при прохождении линейно поляризованного монохроматического света через пластинку в «четверть волны»?

8. Как и почему изменяется состояние поляризации при прохождении линейно поляризованного монохроматического света через пластинку в «половину волны»?

9. Как и почему изменяется состояние поляризации при прохождении естественного света через систему скрещенных поляризаторов, между которыми расположена двоякопреломляющая пластинка?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оптика: методическое руководство к лабораторным работам № 30, 32, 35 / Б.Л. Паклин, В.В. Христофоров, С.А. Стрельцов, А.В. Морозов, А. М. Погорельский, А.А. Шевченко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – 43 с.
2. *Баранов А.В.* Волновая оптика. Компьютерный практикум по физике : учебное пособие / А.В. Баранов, В.В. Давыдков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021. – 78 с.
3. *Бутиков Е.И.* Оптика: учебное пособие / Е.И. Бутиков – 3-е изд., доп. – СПб.: Изд-во «Лань», 2021. – 608 с.
4. *Калитеевский Н.И.* Волновая оптика: учебное пособие / Н.И. Калитеевский – 5-е изд., стер. – СПб.: Изд-во «Лань», 2021. – 480 с.
5. *Ландсберг Г.С.* Оптика: учебное пособие / Г.С. Ландсберг – 6-е изд., стер. – М: Физматлит, 2003. – 848 с.
6. *Савельев И.В.* Курс общей физики. В 5 т. Т.4. Волны. Оптика: учебное пособие / И.В. Савельев – 5-е изд., испр. – СПб.: Изд-во «Лань», 2011. – 256 с.
7. *Трофимова Т.И.* Курс физики: учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – 11-е изд., стер. – М.: Изд. центр «Академия», 2006. – 560 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Вопросы по теме «Интерференция света».....	5
Вопросы по теме «Дифракция света»	8
Вопросы по теме «Поляризация света»	11
Библиографический список	15