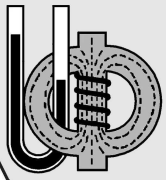
ISSN 2307-5457

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Primus inter pares



УЧЕБНАЯ ФИЗИКА

Материалы XXXI Всероссийской научно-практической конференции

„Учебный физический эксперимент: Актуальные проблемы. Современные решения"

Июль - сентябрь 2026 №3

Издается с января 1997 года

Посвящается памяти В.В.Майера

СОДЕРЖАНИЕ

Основная школа

П. В. Зуев, Т. Н. Шамало — ПОДГОТОВКА УЧАЩИХСЯ К РЕАЛИЗАЦИИ НАУЧНОГО МЕТОДА ПОЗНАНИЯ В ИНЖЕНЕРНЫХ КЛАССАХ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ 3

Старшая школа

М. А. Фаддеев, Ю. В. Масленникова — УЧЕБНО–ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА «СИЛА ТРЕНИЯ ЭЙЛЕРА» 15

В. Н. Бакулин, М. И. Толмачева, М. П. Уварова — ТВОРЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ВОЛНОВАЯ ОПТИКА» 24

Высшая школа

О. В. Сергеева, Е. Л. Казакова — О ВОЗМОЖНОСТЯХ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ОБУЧЕНИЯ 38

И. Ю. Зворыкин, М. Р. Каткова — УЧЕБНЫЙ ПРОЕКТ ПО СОЗДАНИЮ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛЕНОИДА 49

Компьютер в эксперименте

А. П. Горлов, И. А. Горлов, Е. А. Самойлов — МЕЖПРЕДМЕТНЫЙ УЧЕБНЫЙ ПРОЕКТ: ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛАСТИЧНОСТИ АРТЕРИЙ 55

Исследования

И. Г. Кирин — ОПЫТ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ БУДУЩИМ ЮРИСТАМ В ЮРИДИЧЕСКОМ КОЛЛЕДЖЕ 70

АВТОРЫ ЖУРНАЛА 76

Основатель журнала, главный редактор в 1997–2025 гг. — д.п.н., профессор ***Майер Валерий Вильгельмович*** *(Глазов)*

Редакция журнала:
Е. И. Вараксина (главный редактор), Р. В. Акатов, Л. С. Кропачева, Р. В. Майер, Е. С. Мамаева

Редакционный совет:

С. В. Барышников	д.ф.-м.н., профессор, Благовещенск
И. В. Гребенев	д.п.н., профессор, Нижний Новгород
М. Д. Даммер	д.п.н., профессор, Челябинск
П. В. Зуев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
О. В. Лебедева	д.п.н., доцент, Нижний Новгород
Ю. А. Сауров	д.п.н., профессор, член-корр. РАО, Киров
А. П. Усольцев	д.п.н., профессор, Екатеринбург
А. А. Шаповалов	д.п.н., профессор, Барнаул

Оргкомитет конференции:

Н. Я. Молотков	д.п.н., профессор, Тамбов
Ф. А. Сидоренко	д.ф.-м.н., профессор, Екатеринбург
Я. А. Чиговская–Назарова	к.филол.н., доцент, ректор ГИПУ, Глазов
Т. Н. Шамало	д.п.н., профессор, Екатеринбург

Перечень ВАК: Журнал «Учебная физика» включен Высшей аттестационной комиссией (ВАК) Минобрнауки России в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Адрес редакции, издателя и типографии: 427621, Удмуртия, Глазов, Первомайская, 25, ФГБОУ ВО «ГИПУ», Телефон: (341 41) 5–32–29.
E-mail: uch-fiz@mail.ru, kropa@bk.ru

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Глазовский государственный инженерно–педагогический университет имени В. Г. Короленко»

Журнал «Учебная физика» зарегистрирован Комитетом Российской Федерации по печати 4 февраля 1997 года, регистрационный № 015686; внесены изменения в запись о регистрации средства массовой информации Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 2 мая 2017 года, ПИ № ФС77–69506.

Подписной индекс: 79876.

Использование и перепечатка материалов допускаются только по договоренности с редакцией журнала.

Сдано в набор 07.09.26. Подписано в печать 24.09.26.
Дата выхода в свет: 29.09.26.
Формат 60 × 90 1/16. Усл. печ. л. 4,75.

Заказ 177. Тираж 200 экз. Цена свободная.

Первая страница обложки: Исследование учебного физического эксперимента по диффузии (Вараксина Е. И., Майер В. В., Шиляева Л. В. Учебные опыты по диффузии на урочных и внеурочных занятиях по химии и физике // Учебная физика. — 2025. — № 1. — С. 39–55), прототип которого описан в статье В. В. Майера и Е. С. Мамаевой «Несколько новых опытов для седьмого класса» (Учебная физика. — 2007. — № 1. — С. 14–21).

Научная статья
ББК 74.262.23
УДК 372.853

В. Н. Бакулин, М. И. Толмачева, М. П. Уварова

ТВОРЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ «ВОЛНОВАЯ ОПТИКА»

Предложена система экспериментальных и теоретических заданий по волновой оптике, предназначенная для урочной и внеурочной деятельности учащихся старшей школы. Эта система может быть рекомендована также для применения в системе дополнительного естественнонаучного, физико–математического и инженерного образования. Рассмотрены учебные исследования по поляризации, интерференции и дифракции света. При выполнении заданий применяются маломощные источники лазерного излучения с длиной волны 630–680 нм мощностью менее 3 мВт. Описания исследований сопровождаются авторскими фотографиями. Ценность работы заключается в систематизации экспериментальных заданий по определенному разделу физики — волновой оптике.

Ключевые слова: исследовательская деятельность, физический эксперимент, волновая оптика, интерференция и дифракция света, лазер.

V. N. Bakulin, M. I. Tolmacheva, M. P. Uvarova

CREATIVE EXPERIMENTAL TASKS ON THE TOPIC «WAVE OPTICS»

A system of experimental and theoretical tasks on wave optics has been proposed, which can be integrated into the classroom and extracurricular activities of high school students. This system can also be recommended for use in the system of additional natural science, physics and mathematics, and engineering education. Educational studies on polarization, interference, and diffraction of light have been examined. When completing the tasks, low–power laser radiation sources with a wavelength of 630–680 nm and a power of less than 3 mW are used. The descriptions of the studies are accompanied by the author's photographs. The value of the work lies in the systematization of experimental tasks related to a specific branch of physics — wave optics.

Keywords: research, physics experiment, wave optics, interference and diffraction of light, laser.

DOI: 10.62957/2307-5457-2026-3-24-37

Учебная физика. 2026. № 3. С. 24–37
© Бакулин В. Н., Толмачева М. И., Уварова М. П., 2026

Введение

В предыдущей статье [1] мы обосновали необходимость организации исследовательской деятельности учащихся для обеспечения более осознанного и глубокого усвоения физики, а также формирования их творческо–поисковой активности.

Опыт работы со школьниками и студентами на олимпиадах и турнирах, а также при выполнении ими лабораторных работ, показывает, что культура экспериментальной деятельности не осваивается стихийно, она требует целенаправленного обучения.

В данной работе предложены творческие задания для исследовательского эксперимента по волновой оптике. Задания расположены в определенной последовательности, что позволяет управлять деятельностью, вниманием и мышлением учащихся, задавать условия для наблюдения и исследования явления. Предложенные задания требуют изобретательности при постановке опытов, позволяют применять теоретические знания для объяснения наблюдаемых в опыте явлений, для объяснения принципа действия распространенных в быту устройств и приборов.

Каждое из заданий может стать темой индивидуального или коллективного исследовательского проекта по курсу физики.

Материалы и методы

Приборы и оборудование

1. Источники когерентного излучения мощностью не более 3–5 мВт. В качестве источников когерентного излучения можно использовать сравнительно недорогие газовые и полупроводниковые демонстрационные лазеры или лазерные указки малой мощности, которые позволяют исследовать эффекты волновой оптики даже в домашних условиях. Подойдет гелий–неоновый лазер с поляризованным излучением, лучше всего, одномодовый: ЛГН–109, ЛГ–209, ГН–2П, ГН–5П и т. п. Такой лазер дает излучение с длиной волны 630 нм, его выходная мощность до 5 мВт. Можно использовать и доступные лазерные указки–брелоки. В этом случае длина волны составляет 630–680 нм, выходная мощность не превышает 3 мВт.

2. Приборы и приспособления по волновой оптике. Для опытов готовят: 1) поляризаторы; 2) экраны, измерительные линейки, штативы с держателями оборудования; 3) набор стеклянных пластин и зеркал; 4) плоское зеркало с внешним напылением от кодоскопа; 5) дифракционные решетки, щели, бипризма и другое оборудование из школьных наборов по дифракции и интерференции; 6) аквариум или любой сосуд прямоугольной формы с прозрачными стенками.

3. Цифровой фотоаппарат для сохранения результатов экспериментов и последующего их анализа.

Техника безопасности

По правилам безопасности ГОСТ Р МЭК 60825–1–2009 [2], СанПиН 5804–91 [3] лазеры класса 3А мощностью 1–5 мВт безопасны для наблюдения рассеянного излучения незащищенным глазом. Для этих лазерных изделий, генерирующих излучение в видимом диапазоне длин волн от 400 до 700 нм, защита обеспечивается естественными реакциями, включая рефлекс мигания. Однако смотреть на такие лазеры продолжительное время или через оптические приборы опасно, как и на электрическую дугу сварочного аппарата.

Первое правило лазерной безопасности: никогда, ни при каких обстоятельствах не смотрите глазами на лазерный луч и никогда не направляйте никакой даже маломощный лазер в сторону людей, животных и транспортных средств, особенно авиационных аппаратов. Если луч попадет в чей–то глаз или направлен в лицо водителя или пилота, то может отвлечь их или ослепить даже на большом расстоянии. Это может спровоцировать аварию, что влечет за собой уголовную ответственность.

Лазерные указки мощностью 50–300 мВт относятся к классу 3 В и способны причинить сильные повреждения человеческому глазу прямым лазерным лучом, и зеркально или даже диффузно отраженным. Работа с лазерами мощность более 50–100 мВт без защитных очков и специальных мер защиты от рассеянного излучения может привести к поражению глаз. Использование таких лазеров для демонстраций и экспериментов в массовой аудитории или у себя дома представляет серьезную опасность для всех присутствующих поблизости и категорически запрещается.

Задания исследовательского характера по волновой оптике

Предлагаемые задания для удобства преподавателя были сгруппированы в серии, посвященные определенным явлениям.

Серия 1
Демонстрация свойств поляризованного излучения

Для демонстрации экспериментов в большой аудитории нам потребуются поляризаторы с хорошо видимыми указателями их осей пропускания (рис. 1.1). Их можно вырезать из любого листового материала (металл или пластик) и закрепить на держателе поляризаторов школьного набора по интерференции и дифракции света. Опыты можно проводить на любой оптической скамье с держателями поляроидов из школьного набора по оптике. Для снятия количественных данных о координатах элементов на оптической скамье можно закрепить на ней шкалу от старой рулетки (рис. 1.2). В качестве источника света можно использовать стандартный осветитель или лазер малой мощности.

Убедитесь, что луч света от естественного источника (лампа накаливания) обладает осевой симметрией и показания люксметра, по-

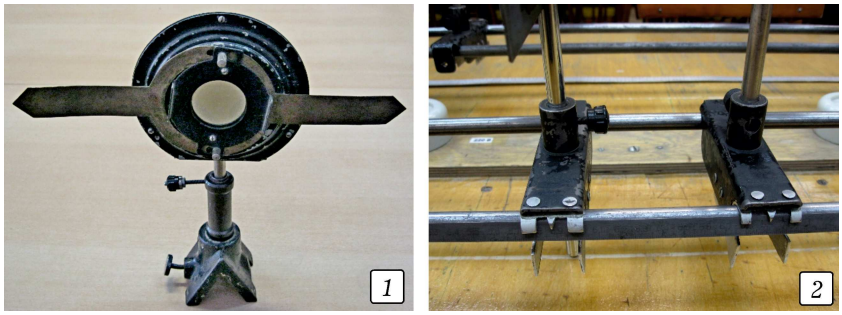


Рис. 1. Оборудование для экспериментов по поляризации света: *1* — поляризатор с указателем оси пропускания в рейтере; *2* — оптическая скамья с закрепленной на ней шкалой

ставленного за поляризатором, не зависят от угла поворота последнего.

Задание 1.1. Коэффициент пропускания поляроида. Определите коэффициент пропускания ваших поляроидов с помощью любого доступного люксметра. Поставьте два поляризатора друг за другом и убедитесь, что поляризованный луч света потерял осевую симметрию и при вращении любого из поляризаторов изменяет яркость от максимальной до практически нулевой (рис. 2.1, рис. 2.2).

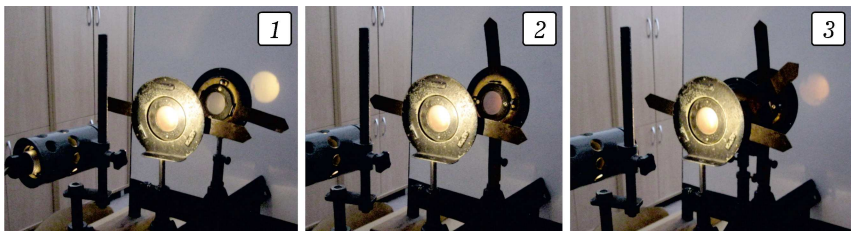


Рис. 2. Исследование поляризации света: *1* — оси пропускания двух поляризаторов параллельны; *2* — оси пропускания двух поляризаторов перпендикулярны; *3* — добавлен третий поляризатор

Задание 1.2. Закон Малюса. Исследуйте зависимость коэффициента пропускания поляроидов от угла поворота любого из них с помощью люксметра. Проверьте, соответствуют ли результаты закону Малюса. Поставьте между двумя скрещенными поляризаторами третий, ориентированный под углом 45° к ним (рис. 2.3).

Задание 1.3. Три поляризатора. Объясните отсутствие эффекта просветления при постановке третьего поляризатора перед первым или после второго.

Задание 1.4. Система из трех поляризаторов. Выведите формулу зависимости коэффициента пропускания системы от угла поворота добавленного поляризатора и сравните с результатами эксперимента.

Задание 1.5. Жидкокристаллические экраны как источники поляризованного света. Посмотрите через поляризатор на экран *LCD* монитора, планшета, калькулятора, часов и других устройств с дисплеями. Почему у многих из них ось поляризации верхней пленки направлена под углом 45° к краям рамки?

Задание 1.6. Поляризационная насадка на объектив фотоаппарата. Как работают поляризационные светофильтры–насадки для фотоаппаратов? Почему цены на них при одинаковых размерах могут отличатся на несколько порядков?

Задание 1.7. Поляризаторы в автотранспорте. Почему не была реализована идея избавления от ослепления светом фар водителей встречного автотранспорта в ночное время с помощью поляризаторов на фарах и лобовом стекле автомобиля?

Задание 1.8. Поляризационные очки. Как работают многослойные поляризационные очки–светофильтры для водителей?

Задание 1.9. Применение поляризаторов. Перечислите области применения поляризаторов в науке, технике, быту. Как их изготавливают? Почему поляризационные пленки с экранов дисплеев легко рвутся вдоль оси поляризации?

Серия 2

Дифракция на периодических структурах в проходящем свете

Явления дифракции и интерференции света редко встречаются в чистом виде и часто неотделимы друг от друга. Начнем опыты со школьной дифракционной решеткой. Возникает вопрос: как может быть изготовлена простая демонстрационная решетка? (Учитель может продемонстрировать имеющееся оборудование). Учащимся сообщается, что, оказывается, ее можно сделать и в домашних условиях. Начертите черной тушью рейсфедером на листе ватмана формата *A*1 систему равноотстоящих параллельных прямых, толщина которых равна просвету между ними, и сфотографируйте пленочным фотоаппаратом. Полученный негатив и есть дифракционная решетка. Таким же способом энтузиасты делали и зонные пластинки для опытов по волновой оптике. Оцените, сколько таких линий начертили создатели простой решетки для школьного набора.

В настоящее время проще нарисовать эти линии в любом графическом редакторе и распечатать на лазерном принтере в формате *A*3 или *A*4.

Задание 2.1. Длина волны лазерного излучения. Используя дифракционную решетку с периодом 0,01 мм из школьного набора, определите длину волны вашего лазера (рис. 3.1).

Задание 2.2. Поворот дифракционной решетки. Нарушим симметрию. Повернем решетку вокруг оси, параллельной штрихам, и дифракционная картина становится асимметричной относительно

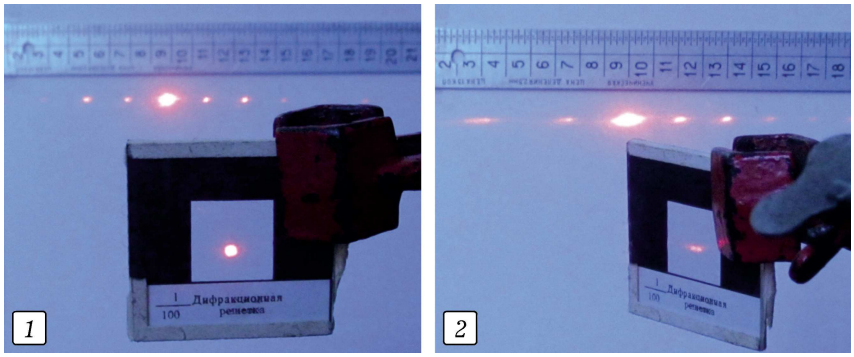


Рис. 3. Демонстрация дифракции света на дифракционной решетке: *1* — определение длины волны лазерного излучения; *2* — искажение дифракционной картины при повороте решетки

вертикальной продольной плоскости, как показано на рис. 3.2. Объясните наблюдаемый эффект (рис. 3.2) и выведите формулы зависимости расстояния между максимумами слева и справа от угла поворота решетки. Может ли этот эффект быть связан с преломлением света в стеклянных пластинках, покрывающих решетку? Проверьте это экспериментально.

Задание 2.3. Наклон дифракционной решетки. Если повернуть решетку вокруг оси, перпендикулярной штрихам, то дифракционная картина искривляется, как показано на рис. 4.1. Теперь нарушена симметрия относительно продольной горизонтальной плоскости. Объясните наблюдаемый эффект и выведите формулы зависимости смещения максимумов разных порядков от угла поворота решетки.

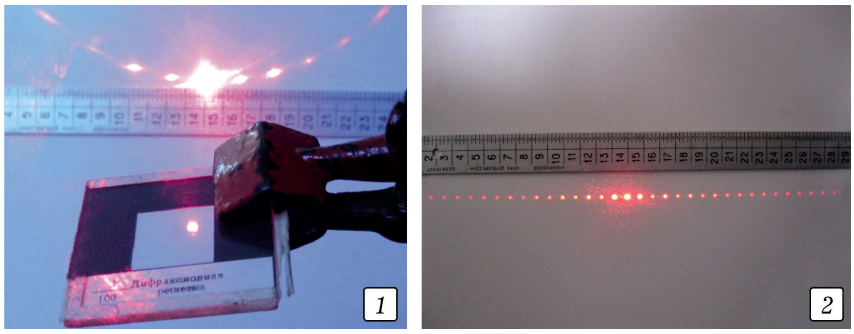


Рис. 4. Исследование дифракции света на дифракционной решетке: *1* — искажение дифракционной картины при наклоне решетки; *2* — применение дифракционный решетки с другим периодом

Задание 2.4. Угол поворота дифракционной решетки. Поверните решетку еще и вокруг вертикальной оси. Объясните наблюдаемый эффект и выведите формулы зависимости смещения максимумов разных порядков от углов поворота решетки. Можно ли было заранее предвидеть результат?

Задание 2.5. Количество наблюдаемых максимумов. Мы видим дифракционную картину от решетки с большим чем у школьной решетки периодом (рис. 4.2). Почему так сильно различаются количества видимых максимумов при простой замене одной решетки на другую? Рассчитайте период этой решетки, если расстояние от решеток до экрана такое же, как в задании 2.1 (рис. 3.1).

Задание 2.6. Наложение двух дифракционных решеток. Предскажите эффект от наложения друг на друга двух одинаковых решеток с параллельными штрихами. На фотографии (рис. 5.1) показаны картины дифракции от наложенных друг на друга двух одинаковых решеток. Объясните эффект теоретически и проверьте опытом.

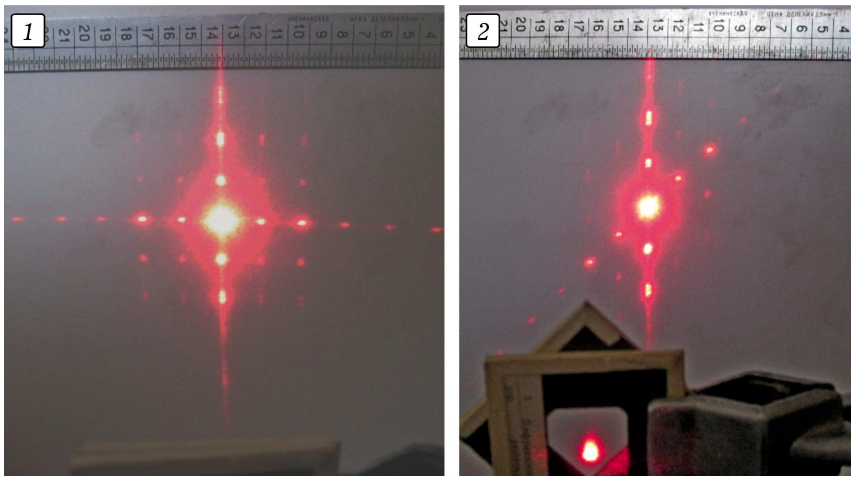


Рис. 5. Исследование дифракции света на двух дифракционных решетках: *1* — щели одной решетки перпендикулярны щелям второй; *2* — произвольный угол между щелями решеток

Задание 2.7. Изменение угла между двумя дифракционными решетками. Предскажите эффект от поворота наложенных таким способом друг на друга двух одинаковых решеток вокруг разных осей (как в заданиях 2.2, 2.3, 2.4) и проверьте опытом.

Задание 2.8. Вращение одной из дифракционных решеток. Предскажите эффект от наложения друг на друга нескольких решеток, повернутых под разными углами (рис. 5.2). Какой будет дифракционная картина от системы равноудаленных концентрических колец

при попадании луча лазера в их центр и где–то сбоку? Такую кольцевую решетку можете сделать сами описанным выше способом и поэкспериментировать с ней. Проверьте, совпадает ли ваша теория с практикой.

Серия 3

Дифракция на периодических структурах в отраженном свете

Для работы с отражательными периодическими структурами надо просверлить отверстие в белом экране и направить через него луч лазера на исследуемый объект. Дифракционные картины наблюдаются на экране вокруг отверстия, откуда выходит луч лазера.

Задание 3.1. Дифракция от дифракционных решеток в отраженном свете. Предскажите картину дифракции от решеток в отраженном свете как в заданиях предыдущего пункта и проверьте опытом.

Задание 3.2. CD–диск как отражательная дифракционная решетка. CD–диски почти непрозрачны, и их можно считать идеальными отражательными решетками в пределах пятна лазерного излучения на малых расстояниях от выходного окна лазера. Направим луч света перпендикулярно компакт диску. При этом на экране появляется классическая картина дифракции (рис. 6.1). Зная расстояние от диска до экрана и расстояние между максимумами наблюдаемой на экране дифракционной картины, определите расстояние между спиральными дорожками записи.

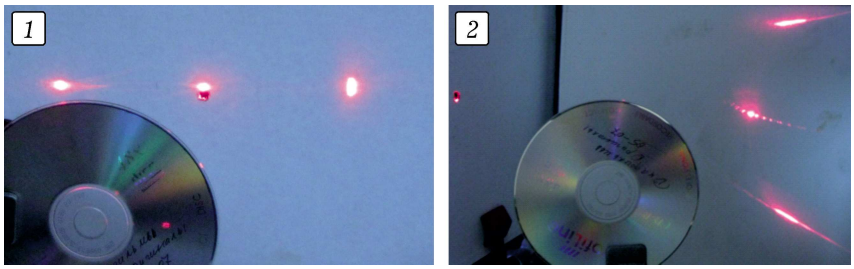


Рис. 6. Исследование дифракции света на отражательной дифракционной решетке: *1* — дифракция на CD–диске; *2* — применение дифракционный решетки с другим периодом

Задание 3.3. Ширина дорожек CD–диска. Измерьте ширину всех дорожек и оцените их суммарную длину на диске. Проверьте, одинакова ли ширина дорожек у центра и на краю диска.

Задание 3.4. Расстояние между питами на CD–диске. Если повернуть диск относительно оси, перпендикулярной дорожкам записи, то появится картина дифракции на отдельных питах — символах битов (рис. 6.2). Зная угол падения лучей, оцените расстояние между отдельными питами вдоль спирали и оцените емкость диска в байтах.

Задание 3.5. Расстояние между питами на краю и в центре CD–диска. Проверьте, одинаково ли расстояние между питами у центра и на краю диска. Как это может быть связано со скоростью вращения диска и со скоростью считывания информации с диска?

Задание 3.6. Дифракция на *DVD*–диске. Попробуйте проделать все то же самое с *DVD*–диском. Можно ли таким способом исследовать диски с еще большей плотностью записи информации?

Задание 3.7. Дифракция на грамофонной пластинке. Определите длину звуковой дорожки обычной граммофонной пластинки. Сколько байт информации можно было бы записать на ней механическим способом?

Задание 3.8. Интерференционные покрытия. В последнее время с развитием техники изготовления светоотражающих материалов (катафотов на дорожных знаках, на одежде) и их удешевления, широкое распространение получили упаковочные пленки с интерференционными покрытиями и голографические картинки. На рис. 7.1–7.3 представлены примеры торговых бирок с радужным отблеском без всяких красителей. В отраженном свете этот материал работает как двойная дифракционная решетка с различными периодами по взаимно перпендикулярным направлениям (рис. 7.4). Попробуйте разгадать секрет изготовления таких покрытий и измерить параметры необычных отражательных решеток. Какую технологию их изготовления предложили бы Вы?

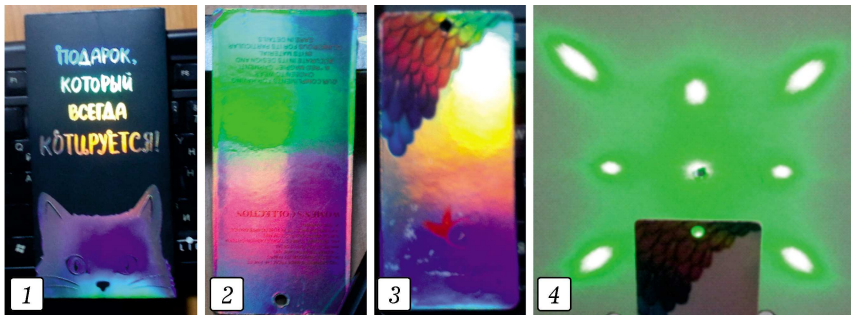


Рис. 7. Исследование дифракции на светоотражающих декоративных покрытиях: *1, 2, 3* — примеры интерференционных покрытий; *4* — получаемая дифракционная картина

Опыты по наблюдению интерференции света от двух точечных когерентных источников вдоль оси симметрии описаны в книге Р. В. Поля [4] в § 47 и § 56. В первом случае можно было наблюдать систему концентрических колец на экране в большой аудитории, но для выполнения условия когерентности использовались тонкие слюдяные пластинки, от поверхностей которых отражался свет ртутной лампы малых размеров. В современных условиях даже полупровод-

никовые лазеры имеют достаточную длину когерентности, чтобы наблюдать на экране интерференционные кольца при отражении света лазера от толстых зеркал с запыленной поверхностью. Р. В. Поль предлагает посыпать порошок на поверхность зеркала или натереть его пластилином, но гораздо эффектнее использовать конденсат от дыхания на поверхности зеркала и тогда на экране с маленьким отверстием для луча лазера на месте еле видимых колец возникает яркая интерференционная картина, которая через несколько секунд исчезает с испарением капелек влаги (рис. 8.1). Если зеркало слегка отклонить от перпендикуляра к лучу лазера, то центр колец смещается (рис. 8.2).

Задание 3.9. Число колец в интерференционной картине. Исследуйте, от чего зависит количество видимых колец.

Задание 3.10. Способы запыления зеркал. Исследуйте эффективность различных методов «запыления» зеркал.

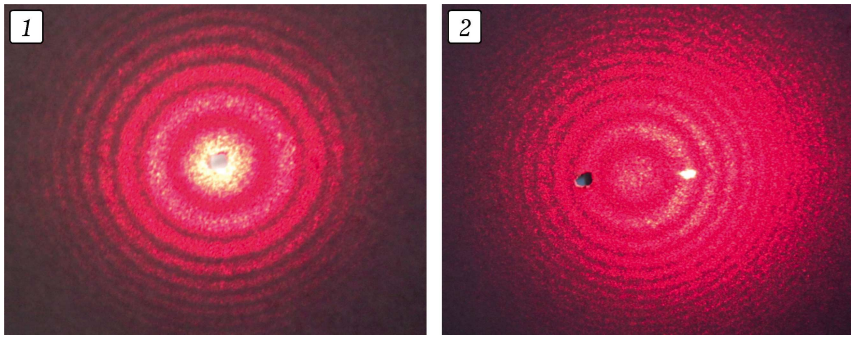


Рис. 8. Интеференция на запыленном зеркале: *1* — интерференция на слое капель жидкости; *2* — зеркало слегка повернуто от источника

Задание 3.11. Диаметр интерференционных колец. Мы наблюдаем в данном случае интерференционную картину волн, рассеянных за счет дифракции частицами на поверхности стекла при пути вперед и назад после отражения от зеркального слоя [5]. Разность хода лучей составляет в данном эксперименте не менее $2dn$, где d — толщина, а n — коэффициент преломления стекла. Попробуйте рассчитать зависимость диаметров интерференционных колец от параметров установки. Выведите соответствующие формулы сами или воспользуйтесь теорией Р. В. Поля. Можете ли Вы представить пространственную трехмерную картину поверхностей равной разности фаз от двух точечных когерентных источников монохроматического света?

Задание 3.12. Условия наблюдения интерференционной картины. Исследуйте, почему эту интерференционную картину от толстого зеркала нельзя получить на малых расстояниях от выходного зрачка лазера?

Задание 3.13. Стеклянная пластинка вместо зеркала. Исследуйте, что изменится при замене зеркала на обычную стеклянную пластинку. С какой стороны на нее стоит дышать? Объясните картину, наблюдаемую при этом в проходящем свете.

Задание 3.14. Дифракция на стандартных лазерных насадках. Лазерные указки–брелоки иногда продаются в наборе с насадками, дающими яркие контурные картинки с углом расходимости около 5–6 градусов (рис. 9.1–9.3). В некоторых вариантах таких насадок даже видны дополнительные изображения (рис. 9.4), похожие на дополнительные дифракционные максимумы как у скрещенных решеток. Исследуйте природу происхождения этих картинок: голограммы или что–то иное?

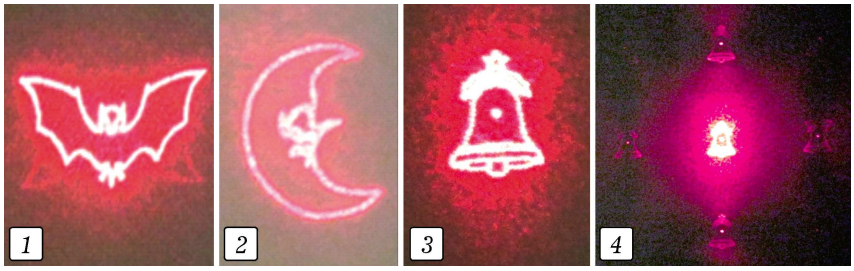


Рис. 9. Дифракция на стандартных лазерных насадках: *1, 2, 3* — примеры дифракционных картин в виде контурных картинок; *4* — дифракция на двумерной дифракционной решетке

Серия 4
Опыты с расходящимся пучком света

Поставим на выходе луча света из лазера собирающую линзу с фокусным расстоянием 5–10 см. Поверхность линзы должна быть чистой, чтобы уменьшить эффекты искажения волнового фронта от следов отпечатков пальцев и другой грязи. Кроме того, требуется установка всех приборов на оптической оси луча и подбор расстояний лазер–мишень–экран (лучше порядка 2–3 метров) для получения наиболее «красивой» картины.

Задание 4.1. Дифракция Френеля. На рис. 10.1 показана картина дифракции на краю экрана, на рис. 10.2 — от широкой щели и на рис. 10.3 — от проволоки. Предскажите теоретически наблюдаемые дифракционные картины и проверьте выводы экспериментом.

Задание 4.2. Дифракция Френеля на разных объектах. На рис. 11 показаны картины дифракции на отверстиях разной формы: круглой (рис. 11.1), треугольной (рис. 11.2), квадратной (рис. 11.3). Размеры отверстий чуть меньше диаметра расходящегося пучка света. Объясните происхождение наблюдаемых дифракционных картин. Предскажите вид рисунков на отверстиях другой формы — ромб, эллипс ... и проверьте на опыте.

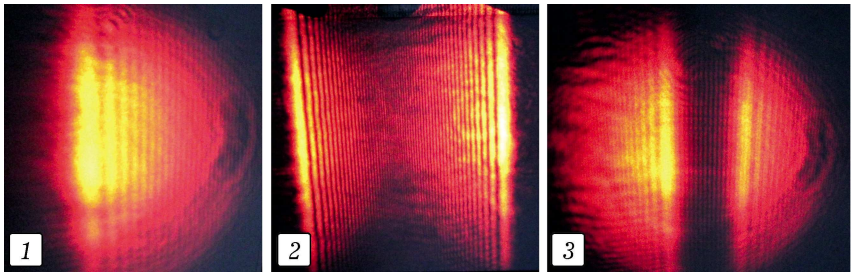


Рис. 10. Дифракция Френеля: *1* — на краю экрана; *2* — на толстой щели; *3* — на проволоке

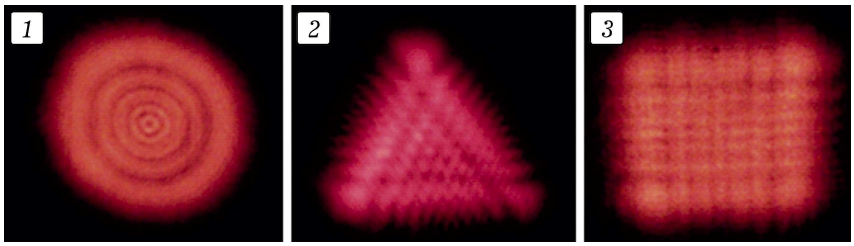


Рис. 11. Дифракция на отверстиях: *1* — круглое отверстие; *2* — треугольное отверстие; *3* — квадратное отверстие

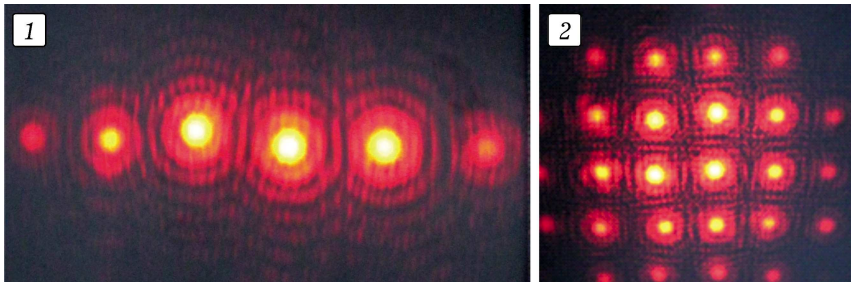


Рис. 12. Дифракция на малых отверстиях: *1* — отверстия расположены в ряд; *2* — отверстия расположены в виде решетки

Задание 4.3. Дифракция на малых отверстиях. На рис. 12.1 и рис. 12.2 показаны картины дифракции на круглых отверстиях, размером значительно меньше диаметра расходящегося пучка света, падающего на линейку или квадратную решетку этих отверстий. Объясните наблюдаемые картины. Можно ли предсказать вид дифракционных картин от других регулярных структур отверстий?

Задание 4.4. Бипризма Френеля и стеклянная пластинка. На рис. 13.1 показана картина дифракции после прохождения света через бипризму, а на рис. 13.2 показана картина интерференционных полос (равной толщины) при отражении широкого пучка от пластинки обычного оконного стекла. Определите по данным эксперимента величину двугранного угла бипризмы и сравните с результатами его измерения другими способами.

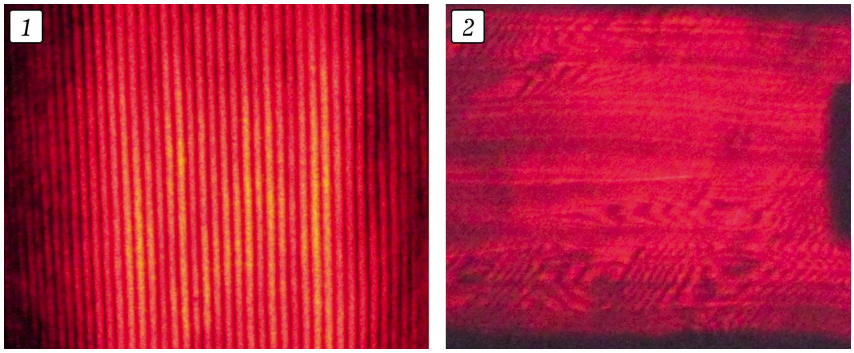


Рис. 13. Интерференционные картины: *1* — от бипризмы Френеля; *2* — от стеклянной пластинки

Задание 4.5. Качество оконного стекла. Оцените качество изготовления оконного стекла и степень параллельности его поверхностей. Почему мы не замечаем этих дефектов, когда смотрим через оконное стекло на улицу?

Задание 4.6. Применение интерференции. Приведите примеры применения интерференционных методов в системах технического контроля различных производств и в научных исследованиях.

Заключение

Тема «Волновая оптика» традиционно является одной из трудных для восприятия и понимания. Предложенные в статье серии экспериментальных заданий позволяют обучающимся (старшеклассникам, студентам) погрузиться в суть наблюдаемых явлений, повлиять на условия их наблюдения, строить и проверять свои гипотезы на практике. Серии заданий выстроены таким образом, чтобы в управляемой учителем деятельности обучающиеся могли «заметить» необходимое явление, получить указания для настройки установки для его изучения, а затем при обсуждении вопросов применить знания, углубить понимание, расширить свой кругозор. Для более глубокого изучения теоретических основ описанных явлений и ознакомления с фундаментальными положениями волновой оптики мы рекомендуется обратиться к дополнительной литературе, например, [6–9].

Апробация предложенных методических решений показала, что такой формат работы нравится обучающимся, они вовлекаются в активную исследовательскую деятельность, что способствует не только углублению знаний, но и развитию их интеллектуальных качеств и экспериментальных умений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакулин В. Н., Толмачева М. И. Формирование исследовательских умений учащихся при изучении темы «Волновая оптика» // Научно-методический электронный журнал «Концепт». — 2017. — № *V*12. — С. 28–34.
2. ГОСТ Р МЭК 60825-1-2009. Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования требования и руководство для потребителей. — М.: Стандартинформ, 2010. — 100 с.
3. Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров: СанПиН 5804–91: утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 21.06.1991. — М.: Минздрав СССР, 1991. — 78 с.
4. Поль Р. В. Оптика. — М.: Наука, 1966. — 552 с.
5. Амстиславский Я. Е. Интерференционная картина от запыленного зеркала в домашней лаборатории // Учебная физика. — 2000. — № 1. — С. 34–40.
6. Миннарт М. Свет и цвет в природе. — М.: Физматгиз, 1958. — 312 с.
7. Жевандров Н. Д. Поляризация света. — М.: Наука, 1969. — 190 с.
8. Паненко Д. Дифракция в лазерном свете // Квант. — 1990. — № 12. — С. 36–39.
9. Ландсберг Г. С. Оптика. Учебное пособие: Для вузов. — М.: Физматлит, 2003. — 848 с.

Вятский государственный университет

Поступила в редакцию 06.03.26.