

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

**УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКТ ПО ОПТИКЕ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ШКОЛЬНИКОВ
СТАРШЕЙ ВОЗРАСТНОЙ ГРУППЫ
К ОЛИМПИАДАМ ПО ФИЗИКЕ**

Выполнил студент
405 академической группы
Ляпин Михаил Кириллович

Научный руководитель:
доцент кафедры общей физики
к.ф.-м.н.
Якута Алексей Александрович

Допущена к защите «___» мая 2019 г.
Зав. кафедрой

Д.ф.-м.н. профессор А.М. Салецкий

Москва
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	6
2 РАЗРАБОТКА И СТРУКТУРА УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКТА	13
2.1 Этапы разработки учебно–методического комплекта	13
2.2 Структура учебно–методического комплекта	14
2.3 Задачи и физические демонстрации, вошедшие в состав учебно– методического комплекта	16
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКТА	42
Выводы	46
Заключение	49
Список использованных источников	51
Приложение 1	56
Приложение 2	137

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время обучение в высших учебных заведениях по физическим, техническим и инженерным направлениям становится все более востребованным. Это связано с тем, что современная экономика нуждается в специалистах, обладающих глубокими математическими знаниями, которые сопряжены с аналитическими умениями. Такие люди должны уметь быстро разбираться в совершенно новых для них вопросах, строить модели развития неизвестных им ранее систем и предсказывать поведение объектов в условиях изменений многих факторов. Все эти компетенции оказываются хорошо развитыми именно у выпускников высших учебных заведений указанных выше профилей, в частности, у физиков.

Физика — это наука о природе и природных явлениях, которая исследует устройство окружающего нас мира. В течение тысяч лет величайшие умы человечества наблюдают, проводят эксперименты, строят математические модели, подтверждая или опровергая выдвигаемые гипотезы. Ученые—физики постоянно сталкиваются с неизвестным и разрабатывают теории, с помощью которых пытаются объяснить суть происходящих вокруг явлений.

Одним из разделов курса физики, который изучается уже в школе, является оптика. Оптика рассматривает физические явления, связанные с распространением электромагнитных волн оптического диапазона, в который, как известно, включают видимую, инфракрасную и ультрафиолетовую части спектра.

Знакомство школьников с оптикой как с разделом курса общей физики, как правило, происходит в два этапа: в конце восьмого класса и во второй половине одиннадцатого. На первом этапе школьников учат оперировать понятием светового луча при решении простых задач. Происходит знакомство с законами геометрической оптики, простейшими оптическими приборами, например, с микроскопом и телескопом. После завершения первого этапа обучения школьник должен уметь строить ход лучей в простейших оптических системах, содержащих зеркала и линзы (без использования формулы тонкой линзы). Следует сразу отметить, что получаемых на данном этапе обучения навыков уже недостаточно для успешного

выступления школьника на физических олимпиадах высокого уровня — в этом можно убедиться, ознакомившись с «Программой Всероссийской олимпиады школьников по физике с учетом сроков прохождения тем» [1].

Второй этап изучения оптики в школе приходится на вторую половину одиннадцатого класса, когда большинство учителей отдает приоритет подготовке школьников к государственной итоговой аттестации. Вначале происходит повторение курса геометрической оптики, пройденного на первом этапе обучения; при этом рассматривается формула тонкой линзы. В дальнейшем изучаются основы волновой оптики, а именно: рассматриваются основные сведения об интерференции и дифракции, объясняется спектральный состав электромагнитного излучения и солнечного света.

Такой подход, предусмотренный Федеральными государственными образовательными стандартами (ФГОС) [2–3], не дает обучающемуся целостного восприятия материала. Тем более такой подход, ввиду особой специфики олимпиадных заданий, не может подготовить школьника к решению задач по оптике, предлагаемых на олимпиадах высокого уровня по физике. При этом в наше время успешное выступление на высокоуровневых физических олимпиадах является одним из способов поступления в ведущие профильные высшие учебные заведения. Как было отмечено выше, это является важным для выпускников школы в связи со всё более возрастающим спросом на инженеров и специалистов-физиков в самых разных сферах деятельности (которые могут быть как тесно связаны с «классической» научной работой, так и не иметь к ней вовсе никакого отношения).

Также необходимо учитывать тот факт, что на заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по физике обучающимся предлагаются к решению не только теоретические, но и экспериментальные задачи. При решении последних ученику требуется самостоятельно, пользуясь предоставленным оборудованием, за ограниченное время придумать и поставить эксперимент, обработать его результаты и ответить на поставленные вопросы.

Все вышеизложенные факты свидетельствуют о необходимости специальной целенаправленной подготовки школьников к решению сложных задач по оптике — как теоретических так и практических — перед интеллек-

туальными соревнованиями по физике. Целью данной бакалаврской работы является создание единого учебно–методического комплекта (УМК) по теме «Оптика», который будет включать в себя как экспериментальные, так и теоретические задачи по курсу различного уровня сложности, пояснения по проведению семинаров (уроков) и учебных практикумов, а также методические рекомендации для преподавателей. Данный УМК позволит решить проблему обеспечения структурированной подготовки школьников к решению оптических задач на физических олимпиадах и повысить результативность решения таких задач у обучающихся старшей возрастной группы.

Работа состоит из введения, трех глав, выводов, заключения и двух приложений. В первой главе дан обзор литературных источников и поставлена задача исследования. Вторая глава посвящена разработке учебно–методического комплекта и описанию его структуры. Также во второй главе приведены условия всех вошедших в УМК задач и перечислены физические демонстрации, которыми предлагается сопровождать изложение лекционного материала. В третьей главе даются краткие методические рекомендации по использованию разработанного УМК при практической деятельности преподавателя. В приложении 1 помещен полный набор материалов, вошедших в УМК, а в приложении 2 — справка о внедрении УМК в учебный процесс государственной образовательной организации.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В настоящее время изучение физики в массовой школе очень упрощено в связи с достаточно низкой мотивацией большинства учеников. При этом для определения «качества» работы учителя предлагаются разные системы ранжирования успехов учащихся и на их основе вводятся различные формальные показатели. Такая система оценки работы учителя весьма бюрократизирована и ведет ко всё большему уходу от основной цели изучения физики — познания окружающего мира. Современные учителя отдают больший приоритет подготовке к тестам и «срезам знаний», проводимым специализированными государственными организациями, а не развитию физического мышления у обучающихся. Тем не менее основной компетенцией ученика, необходимой для получения положительных оценок, по-прежнему признается наличие навыка решения физических задач. Принято говорить о хорошей развитости данного навыка в том случае, если обучающийся может решить любую незнакомую ему задачу по пройденной теме.

Однако на практике оказывается, что в большинстве школ, в которых физика не является профильной дисциплиной, обучение происходит путем «натаскивания» обучающихся на решение типовых задач при помощи использования заранее известного набора формул. При этом задачами «повышенного уровня» называются задачи, для решения которых необходимо последовательное использование нескольких таких формул. Если придерживаться приведенного выше определения уровня развитости навыка решения задач, то можно утверждать, что у большинства школьников, успешно проходящих государственную итоговую аттестацию по физике, этот навык развит — они умеют применять готовые формулы для решения «незнакомых» задач и получать верные ответы. Очевидно, что такой подход носит чисто формальный характер и абсолютно не развивает у учащегося как интереса к предмету в целом, так и физического понимания происходящих вокруг процессов. Также ясно, что в этом случае сложно говорить о развитии компетенции обучающегося в области решения физических задач, потому что вся его деятельность сводится к поиску нужной формулы, позволяющей решить задачу данного типа, и расчету

численного ответа. В случае же, если задача внешне не похожа на типовую (хотя, быть может, на самом деле даже и является таковой), обучающийся зачастую оказывается в тупике.

Если говорить о практической подготовке учащихся и о выработке у них навыков постановки и проведения физического эксперимента, то тут ситуация выглядит еще более плачевно. Практическая деятельность на уроках в лучшем случае сводится к просмотру показываемых учителем демонстрационных экспериментов, которые школьники зачастую не могут объяснить ввиду скудости своей теоретической базы, и к выполнению типовых фронтальных лабораторных работ, которые учитель проводит лишь потому, что этого требует ФГОС. Таким образом, можно констатировать, что и практическая подготовка школьников также зачастую носит абсолютно формальный характер.

Соответствующие методики обучения, применяемые в массовой школе, хорошо разработаны; учителя располагают обширным набором методических материалов в виде различных учебников [4–9], рабочих тетрадей и сборников задач [10–14].

Однако, применение таких методик не позволяет вырабатывать у обучающихся глубокого понимания предмета и устанавливать взаимосвязи между физическими явлениями. Но именно эти компетенции являются основными для учеников, которые желают успешно выступить на олимпиадах высокого уровня по физике. Специфика олимпиадных задач такова, что их решение лишь теоретически возможно на основе формально полученных знаний. На практике же оказывается, что олимпиадные задачи требуют особого подхода и дополнительного изучения специальных методик. Решение задачи без глубокого понимания сути явления чаще всего оказывается невозможным потому, что олимпиадная задача, как правило, не является «типовой», как большинство задач, рассматриваемых в массовой школе, а решение олимпиадной задачи не сводится к простому поиску нужной формулы и подстановке в нее чисел.

Для подготовки школьников к решению сложных физических задач на различных интеллектуальных соревнованиях высокого уровня по физике в школах предусматривается углубленное (профильное) изучение курса

физики. Оно осуществляется путем увеличения в учебном плане числа часов, уделяемых предмету, расширением практической части подготовки посредством качественного улучшения выполняемых учениками лабораторных работ и показываемых им лекционных демонстраций. В рамках профильного обучения физике учителями рассматриваются вопросы, которые не затрагиваются в рамках базового курса, а также решаются задачи, требующие от учеников фундаментального понимания происходящих процессов, а, следовательно, и глубокой структурированной теоретической базы. Такой подход позволяет показать обучающемуся всю красоту существующих в физике взаимосвязей и понятий, вызвать ответный интерес к предмету. Однако, даже такой подход не решает всех проблем подготовки высокомотивированных учеников к физическим олимпиадам высокого уровня, потому что школьное обучение, как правило, сводится к систематизации задач по тематическому признаку, но каждая новая олимпиадная задача по одной и той же теме может требовать различных методических подходов к своему решению. Обычно, для того, чтобы обучающийся ознакомился с как можно большим числом существующих методик, учителя советуют школьникам «нарешивать» задачи с прошедших туров олимпиад.

Для образовательных организаций, реализующих профильные учебные программы по предмету «Физика», также существует достаточно хорошо разработанная методическая база в виде учебников [15–18], пособий по решению задач, сборников задач для самостоятельного решения [19–22].

На наш взгляд, наиболее удачно теоретический материал по оптике изложен в учебниках [7, 18], написанных сотрудниками кафедры общей физики физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова. Они написаны языком, доступным для учащихся школ, но при этом строго с точки зрения физики. При рассмотрении сложных волновых оптических явлений авторы не прибегают к недоступным для обучающихся математическим приемам, а изящно получают общеизвестные результаты.

Для еще более углубленного изучения физики в некоторых регионах России, в том числе и в Москве, для школьников создана специальная сеть кружков и профильных семинаров, действующих на базе различных

центров дополнительного образования. На занятиях этих кружков и семинаров рассматриваются базовые «олимпиадные» задачи, объясняются ставшие «классическими» олимпиадные методы решения задач, предлагаются задачи для самостоятельного решения. Также в Москве реализована централизованная кружковая подготовка школьников к экспериментальным турам физических олимпиад, которой в настоящее время руководит выпускник физического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова, разработавший базовый учебно-методический комплект для подготовки школьников к участию в экспериментальных турах олимпиад по физике (по данному вопросу им в 2015 году была защищена бакалаврская работа, в дальнейшем эта тема получила развитие в его магистерской диссертации, а в настоящее время является предметом диссертационного исследования) [23–24].

Личная заинтересованность школьника, профильная подготовка по физике в школе и развитая сеть олимпиадных кружков вместе могут обеспечить хороший уровень подготовки школьника к решению задач на интеллектуальных соревнованиях высокого уровня по физике. Однако, переходя от общего к частному, то есть к рассмотрению конкретно школьного курса оптики в контексте олимпиадной подготовки, можно отметить, что этому курсу, как правило, учителями уделяется очень мало времени. Это происходит по ряду причин. Укажем на наиболее важные из них.

1. Отсутствие единого методического подхода к изучению оптики как цельного раздела курса физики, а также интегрированного учебного пособия, в котором был бы собран весь минимально необходимый набор олимпиадных задач и описаны методики подготовки, обеспечивающие успешное выступление школьника на олимпиадах высокого уровня.
2. Большое разнообразие методик решения сложных оптических задач.
3. Высокая сложность постановки оптического эксперимента должного качества.
4. Низкая степень усвоения школьниками материала по волновой оптике.

По каждому из пунктов необходимо дать краткие пояснения.

1. Отсутствие единого методического подхода и интегрированного учебного пособия по решению олимпиадных задач связано с форматом изучения оптики в школе. Существующие школьные учебники по физике структурированы по возрастному, а не по тематическому признаку, поэтому для получения целостного представления об оптике необходимо собирать информацию из разных учебников, предназначенных для разных классов обучения. Использование учебников, рекомендованных для высших учебных заведений, невозможно в школе в связи с недостаточно развитым математическим аппаратом учащихся, которые не владеют многими математическими понятиями, необходимыми для изучения оптики в рамках курса общей физики в высших учебных заведениях [25–28].
2. В наше время олимпиадные идеи, применяемые для составления задач формата всероссийской олимпиады школьников, постепенно начинают себя исчерпывать. Количество базовых идей не безгранично, и оно подходит к концу. В текущем году для одиннадцатого класса на Московской олимпиаде школьников по физике уже был опробован новый формат олимпиадного задания — в нем встречались задачи так называемого «международного» формата. Условие таких задач включает в себя большое число пунктов и вопросов; по своей сути задачи такого типа являются небольшими физическими исследованиями определенного явления с изучением его качественных и количественных характеристик. Оптические задачи, предлагаемые на олимпиадах, за последнюю пару десятилетий также по своей специфике сильно поменялись в связи с тем, что составителям олимпиадных вариантов явно недостает свежих идей. Так, еще сравнительно недавно трудными олимпиадными задачами по оптике считались, например, задачи про линзу, погруженную разными половинами в разные жидкости, задачи о распространении света в веществе с переменным показателем преломления или задачи, в которых требовалось восстановить при помощи геометрических построений все недостающие элементы оптической схемы по некоторым заданным

изначально элементам. Сейчас же на экспериментальном туре олимпиады обучающимся уже могут предложить задачу на исследование свойств жидких кристаллов. Очевидно, что для решения такой задачи требуется не одно лишь понимание базовых и знание олимпиадных методов решения задач. Эти методы являются лишь инструментом, который позволяет учащемуся более глубоко осознать теоретическую базу и прийти к пониманию взаимосвязей происходящих в системе физических процессов.

3. Оптические эксперименты требуют большой аккуратности. Например, измерение показателя преломления на школьном оборудовании при решении олимпиадных задач нужно проводить с точностью порядка 1%. Юстировка оптических экспериментальных установок требует от обучающегося хороших практических навыков проведения эксперимента. Не каждое учебное заведение имеет необходимую материальную базу и педагогический состав должной квалификации, необходимые для соответствующей подготовки обучающихся и развития у них таких навыков.
4. При изучении волновой оптики в школе базовые понятия об интерференции и дифракции, а также идеи о спектральном составе электромагнитного излучения плохо усваиваются обучающимися. Это связано со скудостью доступного обучающимся математического аппарата, который не позволяет изложить курс достаточно строго, а также со сложностью происходящих физических процессов и их непривычностью. Существует понятийный барьер между геометрической и волновой оптикой. Если при изучении геометрической оптики все интуитивно понятно, то, например, явление дифракции ставит среднестатистического школьника в тупик точно так же, как оно ставило в тупик ведущих ученых своего времени. Обучающемуся необходимо перестраивать уже имеющиеся у него знания о свете и о его распространении в пространстве, при этом не имея в качестве опоры почти никаких формул, а руководствуясь лишь общими соображениями по поводу рассматриваемых явлений.

Все эти факторы в результате приводят к следующей картине. Если на олимпиаде встречается сложная задача по оптике, то зачастую тот, кто решает ее, решает и все остальное. Верно и обратное — тот, кто не решает почти ничего, обычно не решает и задачу по оптике. Это связано с тем, что оптика в полном объеме изучается школьниками уже после изучения механики, термодинамики, электростатики, электрических цепей постоянного тока, магнитостатики и других тем, задачи по которым чаще всего встречаются на олимпиадах. Поэтому, если школьник смог в нужном объеме освоить все перечисленные разделы курса физики, то он с большой долей вероятности сможет осилить и оптику на необходимом уровне.

Изложенные выше обстоятельства подтверждают существование проблемы систематизированной подготовки школьников к решению теоретических и практических задач по оптике на олимпиадах высокого уровня по физике. Для решения этой проблемы нами было принято решение осуществить разработку специального учебно-методического комплекта, который включает в себя набор теоретических и практических задач, методические рекомендации для преподавателей, а также пояснения по постановке и проведению предложенного набора практических задач. Обучение школьников с использованием данного комплекта должно помочь систематизировать имеющиеся у них знания, умения и навыки, и заполнить существующие пробелы в знаниях. Разработке указанного учебно-методического комплекта по оптике для подготовки школьников старшей возрастной группы к олимпиадам по физике и посвящена данная бакалаврская работа.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА И СТРУКТУРА УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКТА

2.1. Этапы разработки учебно–методического комплекта

Разработка учебно-методического комплекта (УМК) по оптике для подготовки школьников старшей возрастной группы к олимпиадам по физике проходила в несколько этапов.

На первом этапе была изучена литература, предназначенная для школ с базовой и профильной программами обучения [4–21], различные сборники и пособия по решению задач [24, 29–31], а также материалы теоретических туров физических олимпиад [32–39]. На основании проведенного анализа изученных материалов был составлен тематический план разрабатываемого комплекта. После этого были отобраны теоретические задачи различной сложности по каждой теме, начиная от простых и заканчивая реальными задачами, предлагавшимися на интеллектуальных соревнованиях высокого уровня по физике; также были подобраны теоретические задачи для самостоятельного решения учащимися.

В дальнейшем были проанализированы задания прошедших в прошлые годы экспериментальных туров Всероссийской олимпиады школьников [1, 32] и международной олимпиады по экспериментальной физике IEPHO [39] с целью составления базы практических задач по сформулированным темам. Также была изучена специализированная литература по проведению экспериментальных туров физических олимпиад и постановке физического эксперимента в школе (напр., [40]). Автором было решено для лучшего закрепления у школьников изучаемого материала составить переносной комплект физических демонстраций, в который должны входить красивые и важные демонстрации по предложенным к изучению темам.

На следующем этапе все теоретические задачи были снабжены решениями и рисунками, а экспериментальные задания — также экспериментальными данными и графиками. К экспериментальным задачам были составлены пояснения по их постановке при проведении учебных практикумов. Также были разработаны методические рекомендации по использованию предлагаемого комплекта в различных контекстах профессиональной деятельности преподавателя, таких как углубленное изучение предмета в рам-

ках школьного обучения, кружковые занятия в системе дополнительного образования или использование УМК в рамках изучения курса оптики на выездных физических школах.

На финальном этапе разработки происходила компоновка всего УМК, его верстка в издательской системе LaTeX и практическая апробация на контрольной группе школьников.

2.2. Структура учебно–методического комплекта

Созданный учебно–методический комплект сформирован по тематическому принципу. Автором для реализации УМК предложен следующий тематический план.

I. Геометрическая оптика.

1. Изучение закона отражения света.
 - 1.1. Плоские зеркала.
 - 1.2. Сферические зеркала.
2. Изучение закона преломления света.
 - 2.1. Распространение света в веществе, показатель преломления.
 - 2.2. Явление полного внутреннего отражения.
3. Изучение линз.
 - 3.1. Положительные и отрицательные линзы, понятие фокуса, мнимые и действительные источники и изображения.
 - 3.2. Формула тонкой линзы. Понятие увеличения.
 - 3.3. Простейшие оптические системы. Телескоп и микроскоп.
4. Задачи на построение в геометрической оптике. Восстановление оптической системы по ее заданным элементам.

II. Волновая оптика.

1. Волны. Понятие волнового процесса, сложение колебаний и волн, когерентные и некогерентные волны. Волновая природа света.

2. Интерференция. Явление интерференции, примеры интерференционных схем.
3. Дифракция.
 - 3.1. Явление дифракции. Принцип Гюйгенса–Френеля. Дифракция на круглом отверстии и на щели.
 - 3.2. Дифракционная картина от пары щелей, дифракционная решетка. Параметры дифракционной решетки.
4. Спектральный состав света. Способы разложения света в спектр.

Таким образом разработанный УМК состоит из двух больших разделов, тематически составляющих курс «Оптика» в школе. Эти разделы пронумерованы римскими цифрами. Каждый раздел в свою очередь делится на темы, пронумерованные арабскими цифрами. Например, раздел «Геометрическая оптика» делится на темы: «Изучение закона отражения света», «Изучение закона преломления света», «Изучение линз», «Задачи на построение в геометрической оптике» (некоторые темы дополнительно разделены на подтемы). По каждой теме подобраны теоретические задачи трех различных уровней сложности, а также задачи для самостоятельного решения. Также отобраны практические задачи, снабженные условиями, списком необходимого оборудования, решениями, полученными автором контрольными экспериментальными данными, графиками, критериями оценки выполненных школьниками экспериментальных задач и особыми пояснениями и указаниями по проведению конкретных практических работ. Общий курс обучения, предусмотренный составленным автором тематическим планированием, составляет 64 академических часа.

Автором подобраны лекционные демонстрации по каждой теме, необходимые для лучшего усвоения теоретической базы, и создан переносной комплект необходимого для показа этих демонстраций оборудования.

Каждая тема снабжена методическим сопровождением по использованию тех или иных образовательных инструментов при конкретной педагогической деятельности преподавателя в зависимости от формата проведения занятий, доступного числа учебных часов и глубины изучения программы.

2.3. Задачи и физические демонстрации, вошедшие в состав учебно–методического комплекта

Ниже приведены условия теоретических и практических задач, а также перечислены физические демонстрации, вошедшие в состав УМК. Они разделены согласно разработанному автором тематическому плану. Полный набор материалов, вошедших в УМК, приведен в Приложении 1.

I. Геометрическая оптика

1. Изучение закона отражения света.

1.1. Плоские зеркала.

Теоретические задачи с решениями.

Задача 1. Луч света AB падает под углом α на поверхность плоского зеркала. Найдите, как изменится угол между отраженным и падающим лучами, если угол падения изменится на $\Delta\alpha$.

Задача 2. Источник света S находится на расстоянии h от поверхности плоского зеркала. Постройте его изображение S' и найдите как изменится расстояние между источником и изображением, если расстояние между источником и зеркалом изменилось на Δh .

Задача 3. Вертикальный шест высотой $A_1O_1 = A_2O_2 = h = 1,0$ м, поставленный около уличного фонаря, отбрасывает тень длиной $O_1B_1 = l = 80$ см (см. рисунок; масштаб не соблюден). Если расстояние между фонарным столбом и шестом увеличить на $O_1O_2 = \Delta l = 1,5$ м, то длина тени возрастет до $O_2B_2 = L = 1,3$ м. На какой высоте H находится фонарь?

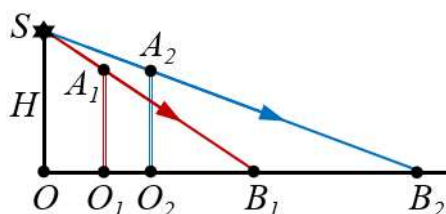


Рис. 1. Чертеж к задаче 3

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. Как изменят свое положение изображения предметов, изображенных на рисунке, если плоское зеркало переместить: а) влево, б) вправо, в) вниз, г) вверх?

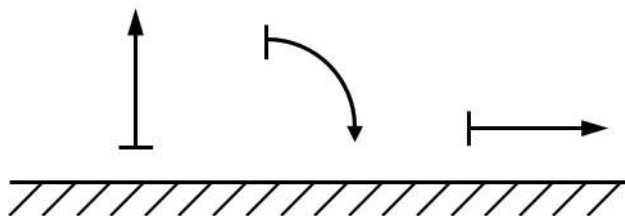


Рис. 2. Чертеж к задаче 1

Задача 2. Высота солнца над горизонтом (угол между горизонтом и солнечными лучами) составляет α . Под каким углом β к горизонту необходимо установить плоское зеркало, чтобы осветить солнечными лучами дно вертикального колодца?

Задача 3. В точке A расположен источник света, находящийся между двумя плоскими зеркалами, образующими двугранный прямой угол (см. рисунок). Сколько всего изображений источника наблюдается? Нарисуйте их.

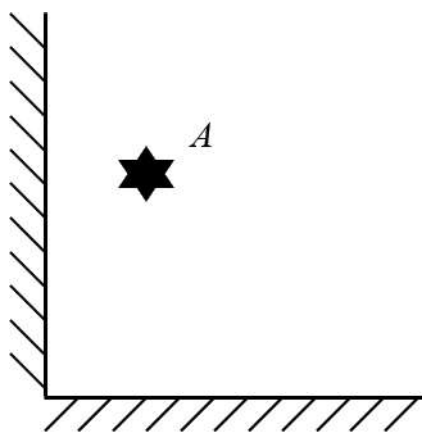


Рис. 3. Чертеж к задаче 3

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. Два плоских зеркала образуют двугранный угол α . На одно из них, перпендикулярно ребру угла, падает световой луч под углом β . На какой угол отклонится луч после отражения от двух зеркал?

Задача 2. Из каких точек комнаты человек может полностью увидеть окно AB в плоском зеркале, висящем на стене? Ответ проиллюстрируйте чертежом.

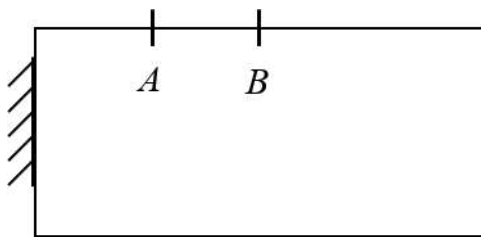


Рис. 4. Чертеж к задаче 2

Задача 3. Сколько изображений точки A будет наблюдаться в системе из двух плоских зеркал, образующих двугранный угол 60° , если:
а) точка A лежит на биссектрисе изображенного угла, б) точка A не лежит на биссектрисе изображенного угла?

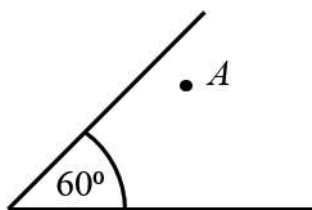


Рис. 5. Чертеж к задаче 3

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. Докажите, что луч света, идущий из точки A в точку B , и отразившийся от плоского зеркала согласно закону отражения света, распространяется из A в B по кратчайшему пути.

Задача 2. Какова должна быть минимальная высота вертикального плоского зеркала, чтобы стоящий на полу человек ростом H мог видеть в нем свое изображение целиком (во весь рост)? На какой высоте от пола должен находиться нижний край зеркала? Расстоянием от линии глаз человека до его макушки при решении задачи можно пренебречь.

Демонстрационный эксперимент. Изучение явления отражения света в плоском зеркале. Построение изображения предмета.

1.2. Сферические зеркала.

Теоретические задачи с решениями.

Задача 1. Найдите положение фокуса сферического зеркала, имеющего радиус R .

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. Получите формулу сферического зеркала:

$$\frac{1}{AD} + \frac{1}{BD} = \frac{2}{R}.$$

Считайте, что предмет находится на главной оптической оси (ГОО) зеркала, AD — расстояние от предмета до зеркала, BD — расстояние от изображения до зеркала, R — радиус зеркала. Ход лучей в сферическом зеркале показан на рисунке.

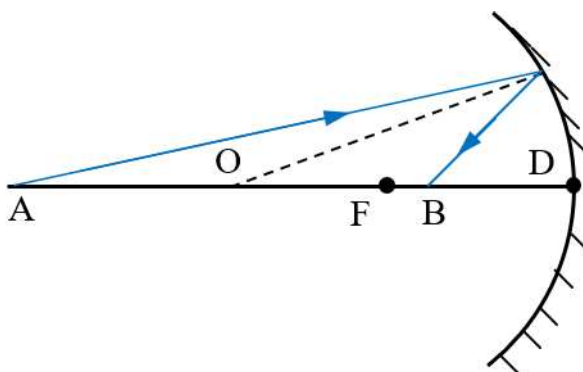


Рис. 6. Ход лучей в сферическом зеркале

Задача 2. Предмет расположен на главной оптической оси сферического зеркала перпендикулярно ей на расстоянии $l = 60$ см от полюса (центра сферической части зеркала). Определите фокусное расстояние такого вогнутого зеркала, если изображение предмета в нем действительное и увеличено в 1,5 раза.

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. Каким будет изображение в сферическом зеркале стрелки длиной $F/2$, начало которой расположено на оптической оси зеркала на расстоянии $2F$ от полюса, а наклон к оптической оси равен $\alpha = 45^\circ$? Радиус зеркала равен $2F$.

Задача 2. На сферическое зеркало падает сходящийся конический пучок лучей. На каком расстоянии от фокуса зеркала пересекутся отраженные лучи, если радиус зеркала $R = 80$ см, а продолжения лучей пересекаются на ГОО на расстоянии $l = 40$ см за зеркалом? Ось конического пучка совпадает с оптической осью зеркала.

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. Покажите, что в задаче 1 (I уровень сложности) $FB \cdot FA = FD^2$ (см. рис. 6).

Демонстрационный эксперимент. Изучение явления отражения света от вогнутых и выпуклых поверхностей. Явление параллакса.

2.1. Изучение закона преломления света.

2.1. Распространение света в веществе, показатель преломления.

Теоретические задачи с решениями.

Задача 1. На какой угол γ отклонится луч, падающий нормально на нижнюю грань клиновидной призмы с преломляющим углом φ и показателем преломления n ? Считайте угол φ малым.

Задача 2. Какова видимая глубина h' озера в ясный летний день, если его глубина h , показатель преломления воды n , а наблюдатель смотрит перпендикулярно поверхности воды?

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. Луч света идет из стекла ($n_1 = 1,45$) в воду ($n_2 = 4/3$) и преломляется на плоской границе стекло–вода. При каком угле падения α отраженный и преломленный лучи перпендикулярны друг другу?

Задача 2. Призма имеет форму равностороннего треугольника. Угол падения луча на грань призмы $\alpha = 30^\circ$. Определите угол отклонения луча от первоначального направления после прохождения через призму. Показатель преломления вещества, из которого сделана призма, равен n .

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. В дно реки вбит вертикальный шест, который выступает над водой на высоту h_1 . Глубина реки $h_2 > h_1$. Определите длину

тени шеста на поверхности воды и на дне реки, когда высота солнца над горизонтом равняется $\alpha = 30^\circ$.

Задача 2. Световой луч падает на плоскопараллельную прозрачную пластинку с показателем преломления $n = 1,45$ под углом $\alpha = 60^\circ$. Выйдя из пластинки, луч сместился на $\Delta l = 15$ мм. Какова толщина h пластинки?

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. Над поверхностью воды на высоте $h = 4$ м поместили горизонтальное плоское зеркало. На какой высоте h над водой увидит свое отражение рыба, если она плавает на глубине $H = 2$ м?

Практикум. Измерение показателя преломления вещества.

Задание

Измерьте показатель преломления вещества.

Оборудование. Куб из неизвестного материала, лист миллиметровой бумаги формата А4, линейка длиной 40 см.

Демонстрационный эксперимент. Исследование явления преломления света.

2.2. Явление полного внутреннего отражения.

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. Могут ли солнечные лучи испытать полное отражение внутри дождевой капли, которую можно считать шарообразной?

Задача 2. Луч света направлен так, что испытывает полное отражение на границе воды ($n_1 = 4/3$) и воздуха. Сможет ли он выйти в воздух, если на поверхность воды налить подсолнечное масло ($n_2 = 1,47$)? Масло с водой не смешивается.

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. Озорной рыбак решил не использовать удочку, а ловить рыбу руками. Для этого он надел акваланг и забрался на дно озера глубиной H . Стоя на дне озера, он снял очки и посмотрел вверх. При этом рыбак увидел у себя над головой отражение только той части дна, которая находится от его ног на расстоянии $r = 10$ м или более. Рассчитайте глубину H озера, если рост озорного рыбака $h = 1,5$ м.

Задача 2. Почему полированные поверхности (гранит, например) не темнеют под дождем, а шероховатые (например, асфальт) наоборот темнеют?

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. На сферическую каплю воды падает луч света. Определите угол отклонения луча от первоначального направления распространения, если он испытал два преломления и одно полное внутреннее отражение на поверхности капли. Угол падения луча на каплю равняется α .

Практикум. Измерение показателя преломления сердцевины оптоволоконного кабеля.

Задание

Зная, что показатель преломления сердцевины световода равен 1,54, определите показатель преломления оболочки.

Оборудование. Световод, лазер, миллиметровая бумага, пластилин, скотч (обычный и двусторонний), ножницы, два листа плотного картона.

Демонстрационный эксперимент. Исследование явления полного внутреннего отражения света. Опыт со стаканом воды и монеткой.

3. Изучение линз.

3.1. Положительные и отрицательные линзы, понятие фокуса, мнимые и действительные источники и изображения.

Теоретические задачи с решениями:

Задача 1. Рассчитайте фокусное расстояние преломляющей сферической поверхности, находящейся в воздухе, с показателем преломления n и радиусом кривизны R . Обобщите результат для двояковыпуклой линзы в воздушной среде с радиусами кривизны R_1 и R_2 , показателем преломления n (получите «формулу шлифовщика»).

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. Постройте изображения предмета в следующих случаях (см. рис. 7).

Задача 2. Как изменится «формула шлифовщика», если: а) линзу заменить на выпукловогнутую, б) двояковогнутую?

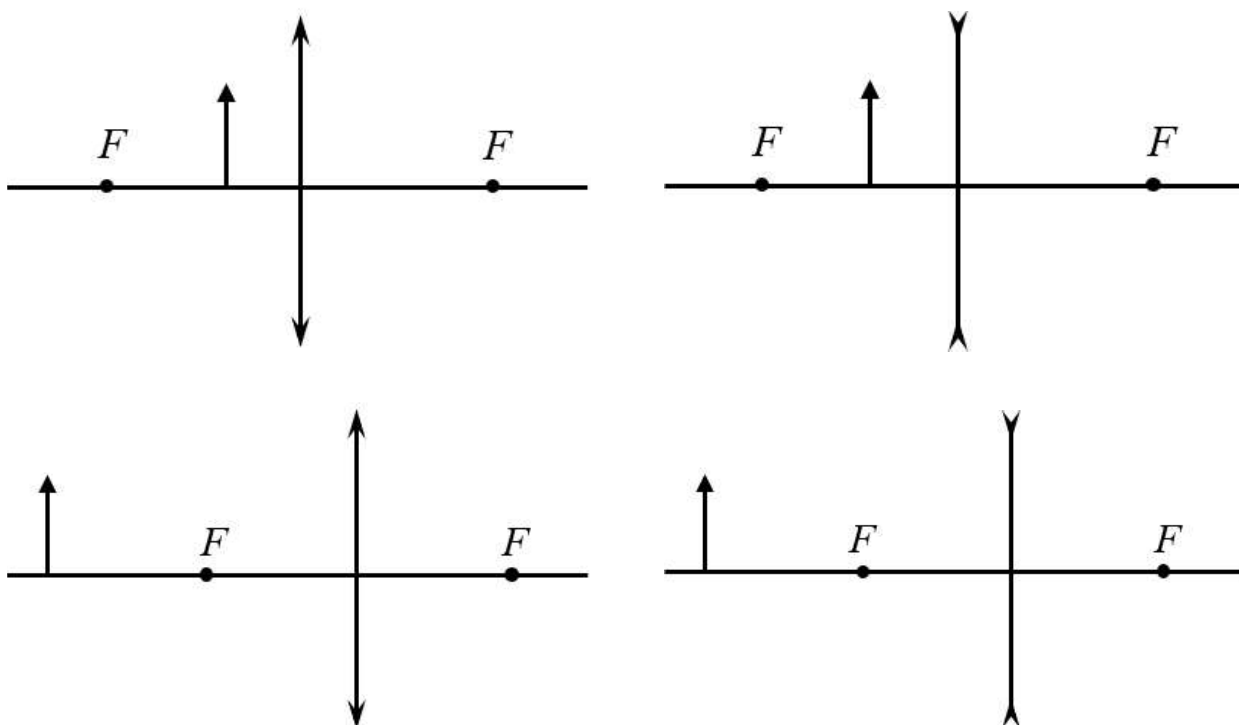


Рис. 7. Чертеж к задаче 1

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. Используя построение с фокальной плоскостью, постройте изображение точки, лежащей на ГОО линзы с фокусным расстоянием f на расстоянии: а) $l < f$ от линзы, б) $2f > l > f$ от линзы, в) $l > 2f$ от линзы. На каком расстоянии от линзы находится изображение в каждом из вариантов? Рассмотрите как случай собирающей, так и случай рассеивающей линзы.

Задача 2. Найдите для случая собирающей линзы такое положение предмета, расположенного на ГОО перпендикулярно ей, когда размер изображения равен размеру предмета.

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. Предложите вариант реализации мнимого источника для собирающей линзы.

Практикум. Измерение параметров рассеивающей линзы с помощью лазера

Задание.

Определите показатель преломления стекла, из которого изготовлена линза, и фокусное расстояние линзы.

Оборудование. Выпукло-вогнутая стеклянная линза, лазерный модуль, лист картона, пластилин, метр портняжный, три канцелярских зажима, лист миллиметровки, две линейки, скотч, ножницы.

Демонстрационный эксперимент. Получение изображения предмета при помощи собирающей линзы.

3.2. Формула тонкой линзы. Понятие увеличения.

Теоретические задачи с решениями.

Задача 1. Используя построение с фокальной плоскостью, получите следующее соотношение (формулу тонкой линзы):

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F},$$

где a — расстояние от источника до линзы, b — расстояние от предмета до линзы, F — фокусное расстояние линзы. Укажите, в каких случаях a , b и F могут быть отрицательными.

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. Изображение предмета на пленке фотоаппарата при съемке с расстояния 15 м получилось высотой 30 мм, а при съемке с расстояния 9 м — высотой 51 мм. Найдите фокусное расстояние объектива фотоаппарата, считая его тонкой линзой.

Задача 2. Точечный источник света находится на расстоянии L от экрана. Тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием $F > L/4$, параллельную экрану, перемещают между источником и экраном. При каком положении линзы диаметр пятна, видимого на экране, будет минимальным?

Задача 3. На каком расстоянии от тонкой линзы расположен предмет, если расстояние между предметом и его изображением минимально? Фокусное расстояние линзы равняется F .

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. В середине горизонтальной трубы перпендикулярно ее оси установлена тонкая собирающая линза (показатель преломления n), диаметр которой равняется диаметру трубы. Слева на нее падает параллельный пучок лучей, который собирается в фокусе линзы F . Как и на

сколько изменится фокусное расстояние системы, если: а) залить воду (показатель преломления $n_1 = 4/3$ в левую часть трубы, а в правой оставить воздух; б) залить воду в правую часть трубы, а в левой оставить воздух? Известно, что показатель преломления материала линзы больше показателя преломления воды. Рассмотрите все возможные варианты.

Задача 2. Предмет в виде отрезка длиной l расположен вдоль ГОО тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F . Середина отрезка расположена на расстоянии a от линзы, и линза дает действительное изображение всех точек предмета. Определите продольное увеличение предмета. Каким будет увеличение предмета, если размер l предмета окажется значительно меньше F ?

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. Вершина конуса с углом 2α рассматривается снаружи через тонкую линзу с фокусным расстоянием F , расположенную на расстоянии a от острия вершины ($a < F$). Каким виден угол раствора конуса через линзу? Главная оптическая ось линзы совпадает с осью симметрии конуса.

Задача 2. Прямоугольный аквариум длиной $L = 50$ см разделен вертикальной перегородкой на два отсека. В центре перегородки находится отверстие, закрытое симметричной двояковыпуклой тонкой линзой. На боковой стенке аквариума, в ее центре, нарисована стрелка длиной h . Если в первый отсек залить жидкость, то на противоположной боковой стенке второго отсека будет видно четкое изображение стрелки длиной $h_1 = 4,5$ мм. Аналогичное произойдет, если жидкость залить во второй отсек, только длина изображения составит $h_2 = 2$ мм. Найдите длину стрелки h , показатель преломления n жидкости и расстояния между линзой и боковыми стенками аквариума.

Практикум. Измерение фокусного расстояния тонкой линзы четырьмя способами.

Задание.

Определить фокусное расстояние линзы четырьмя разными способами.

Показатель преломления линзы $n = 1,5$.

Оборудование. Линза, светодиод, батарейка «Крона» (напряжение 9 В), два провода для подключения светодиода к батарейке, два канцелярских зажима, пластилин, метр портняжный, скотч, ножницы, экран.

Демонстрационный эксперимент. Измерение фокусного расстояния и оптической силы собирающей линзы. Построение различных изображений при помощи собирающей линзы и расчет их увеличения.

3.3. Простейшие оптические системы. Телескоп и микроскоп.

Теоретические задачи с решениями.

Задача 1. Как изменится фокусное расстояние плоско-выпуклой линзы, если ее плоскую сторону посеребрить?

Задача 2. Объясните конструктивные особенности микроскопа и телескопа, нарисуйте картину хода лучей в них.

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. Постройте изображение предмета в системе тонких линз:
а) собирающая линза 1 с фокусным расстоянием $F_1 = 2a$ и рассеивающая линза 2 с фокусным расстоянием $F_2 = -3a$, где a — это расстояние между линзами; б) собирающая линза 1 с фокусным расстоянием $F_1 = 2a$ и собирающая линза 2 с фокусным расстоянием $F_2 = a$. Предмет находится на расстоянии $l = 5a$ перед первой линзой. Главные оптические оси линз совпадают.

Задача 2. Плоское зеркало расположено параллельно тонкой линзе. Расстояние между ними равно фокусному расстоянию F линзы. Найдите, на каком расстоянии от линзы будет находиться изображение предмета, расположенного с другой стороны от линзы на расстоянии a от нее.

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. Две тонкие собирающие линзы с одинаковыми фокусными расстояниями F расположены в параллельных плоскостях. ГОО линзы 1 параллельна ГОО линзы 2 и находится на расстоянии l от последней. Найдите изображение предмета, расположенного на расстоянии $2F$ от первой линзы и на расстоянии $2F + l$ от плоскости второй линзы, если предмет находится на ГОО первой линзы.

Задача 2. У экспериментатора есть две тонкие линзы с совпадающими главными оптическими осями. Линзы расположены на расстоянии l друг от друга, а их фокусные расстояния равняются F_1 и F_2 соответственно. Экспериментатор решил заменить эти две линзы на одну эквивалентную. Найдите, куда надо поставить новую линзу, чтобы она давала такое же изображение предмета, как и система двух исходных линз. Чему должно быть равно фокусное расстояние новой линзы?

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. На поверхности плоского зеркала лежит тонкая симметричная двояковыпуклая линза с фокусным расстоянием $F_0 = 8$ см.

а) Где будет находиться изображение точечного источника, помещенного на ГОО системы на расстоянии $l = F_0$ от линзы?

б) На зеркало налили воду так, что уровень жидкости совпадает с плоскостью симметрии линзы. Теперь изображение точечного источника света, помещенного на ГОО на расстоянии $l = 12$ см от линзы, совпадает с самим источником. На каком расстоянии от линзы на ее ГОО следует расположить точечный источник света, чтобы его изображение совпало с ним самим, если линза полностью покрывается водой?

Задача 2. Оптическая система, состоящая из двух тонких двояковыпуклых линз (ГОО линз совпадают) с одинаковыми радиусами кривизны поверхностей, изменяет диаметр падающего на систему пучка параллельных лучей в γ раз, оставляя пучок параллельным ГОО после прохождения системы. Если поместить линзы в глицерин, то линзы останутся собирающими, но их фокусные расстояния увеличатся в α и β раз соответственно. Каждая из линз изначально была составлена из двух одинаковых плосковыпуклых линз. Их разняли и половинки разных линз соединили вместе. Во сколько раз увеличится фокусное расстояние композитной линзы, если ее поместить в глицерин?

Демонстрационный эксперимент. Сборка демонстрационной модели микроскопа, трубы Кеплера, трубы Галилея.

4.1. Задачи на построение в геометрической оптике. Восстановление оптической системы по ее заданным элементам.

Теоретические задачи с решениями.

Задача 1. Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли рисунок с оптической схемой. От времени чернила выцвели, и на бумаге остались видны только предмет (стрелка) и его изображение, даваемое тонкой линзой. Восстановите положение линзы, ее фокусы. Можно ли сказать какая была линза (собирающая или рассеивающая)?

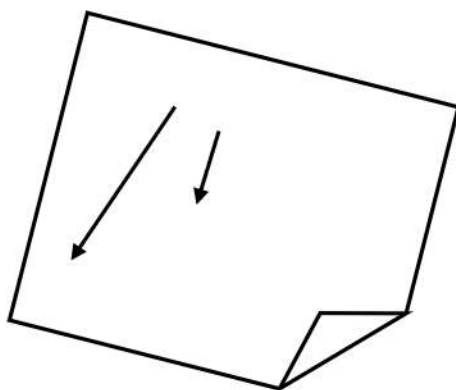


Рис. 8. Чертеж к задаче 1

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. В архиве Снеллиуса найден чертеж оптической схемы. От времени чернила выцвели и на чертеже остались видны только три точки — фокус линзы F , источник света S , точка L , принадлежащая плоскости тонкой линзы, и часть прямой линии, соединяющей источник света и его изображение. Из пояснений к чертежу следует, что изображение отстоит от плоскости линзы на расстоянии, большем, чем источник света. Возможно ли по этим данным восстановить исходную схему? Если да, то покажите как это сделать.

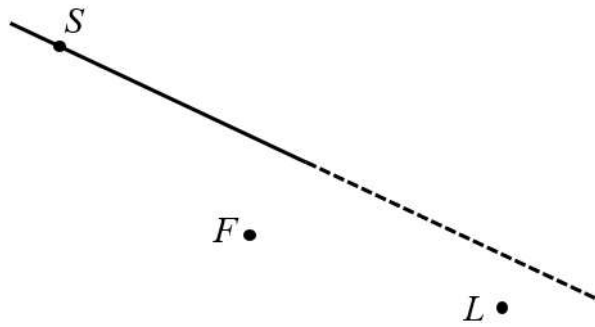


Рис. 9. Чертеж задаче 1

Задача 2. Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли чертеж оптической схемы. От времени чернила выцвели, и на чертеже остался виден только луч, идущий через тонкую линзу, и две точки A и B пересечения его с передней и задней фокальными плоскостями. При помощи построения восстановите положение линзы и ее фокусы.

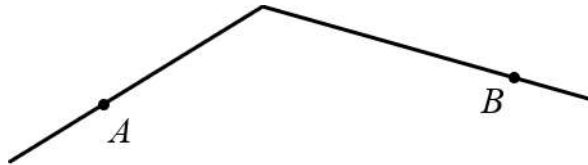


Рис. 10. Чертеж к задаче 2

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. Оптическая система состоит из тонкой собирающей линзы с известным фокусным расстоянием F и плоского зеркала. Точечный источник света дает два изображения в линзе, которые расположены на одной из побочных оптических осей линзы. Одно из изображений является действительным и находится на известном расстоянии от линзы (пунктирная линия). Построением найдите положения источника S и его изображений в линзе. Отраженным от поверхности линзы светом пренебречь.

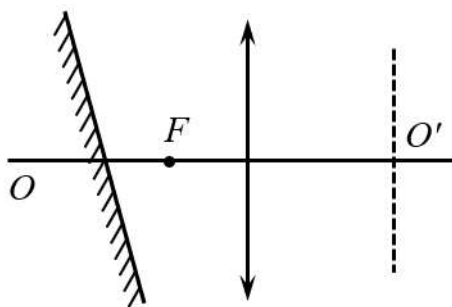


Рис. 11. Чертеж к задаче 1

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. Говорят, что в архиве Снеллиуса нашли оптическую схему, на которой были линза, предмет и его изображение. От времени чернила выцвели, и остался только предмет, изображенный на масштабной сетке. Из текста следует, что предмет и его изображение были одинаковых размеров и формы, а главная оптическая ось линзы была параллельна некоторым линиям масштабной сетки. Восстановите оптическую схему.

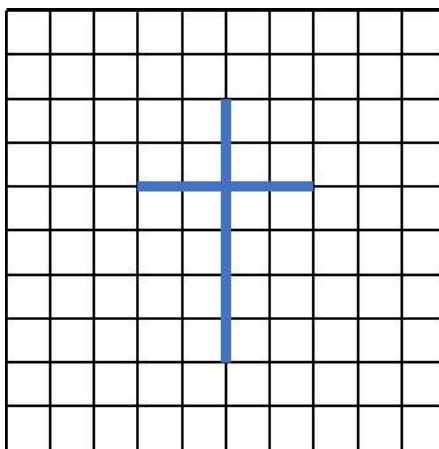


Рис. 12. Чертеж к задаче 1

II. Волновая оптика

1. Волны. Понятие волнового процесса, сложение колебаний и волн, когерентные и некогерентные волны. Волновая природа света.

Теоретические задачи с решениями.

Задача 1. Нарисуйте график зависимости координаты x , если x получается путем сложения двух колебаний: $x = x_1 + x_2$, где:

$$x_1 = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1),$$

$$x_2 = A_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_2).$$

Учтите при решении, что $|\omega_1 - \omega_2| \ll \omega_1, \omega_2$.

Задача 2. Получите $\langle |E|^2 \rangle$, если E представляет собой суперпозицию двух колебаний E_1 и E_2 , где:

$$E_1 = E_0 \cos(\omega_1 t + \varphi_1),$$

$$E_2 = E_0 \cos(\omega_2 t + \varphi_2).$$

От чего зависит интенсивность результирующих колебаний? Будет ли она отличаться от суммы интенсивностей двух колебаний? При решении учтите, что $\langle \cos(\omega t + \varphi) \rangle = 0$, $\langle \cos^2(\omega t + \varphi) \rangle = 1/2$.

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. Определите фазу, амплитуду и частоту результирующего колебания, если оно является суперпозицией двух других колебаний:

$$x_1 = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1),$$

$$x_2 = A_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_2),$$

где $A_1 = 1$ см, $A_2 = 2,5$ см, $\omega_1 = 10$ с⁻¹, $\omega_2 = 10,5$ с⁻¹, $\varphi_1 = \pi/3$, $\varphi_2 = \pi/6$.

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. Получите $\langle |E|^2 \rangle$, если E представляет собой суперпозицию двух колебаний E_1 и E_2 , где:

$$E_1 = E_0 \cos(\omega t + \varphi_1),$$

$$E_2 = E_0 \cos(\omega t + \varphi_2).$$

От чего зависит интенсивность результирующих колебаний? Рассчитайте максимальную и минимальную суммарные интенсивности.

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. Материальная точка на плоскости совершает два колебания по законам $x(t) = A_x(\omega_x t + \varphi_x)$ и $y(t) = A_y(\omega_y t + \varphi_y)$ во взаимно перпендикулярных направлениях, причем: а) $\omega_x = 2\omega_y$, $\varphi_x = \varphi_y$, $A_x = A_y$; б) $\omega_x = \omega_y$, $A_x = 2A_y$, $\varphi_x = \varphi_y + \pi/2$. Изобразите траекторию материальной точки в случаях а) и б).

Практикум. Изучение стоячих волн на резиновом шнуре.

Задание.

Определите резонансные частоты резинового шнура, на которых возбуждаются стоячие волны. Проверьте, согласуется ли эксперимент с теорией и рассчитайте величину скорости звука в струне.

Оборудование. Генератор переменного сигнала, светодиод, регулируемый источник постоянного тока, электромоторчик, бумажная измерительная лента, два канцелярских зажима, стробоскоп, резиновый шнур.

2. Интерференция. Явление интерференции, примеры интерференционных схем.

Теоретические задачи с решениями.

Задача 1. Рассчитайте ширину полос Δx в схеме Юнга в случае точечного монохроматического (длина света λ) источника, расположенного на оси симметрии системы. Расстояние d между щелями мало, расстояние от источника до щелей l , расстояние от щелей до экрана L .

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. Тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием $F = 10$ см разрезали пополам по диаметру, а получившиеся половинки потом раздвинули на $\delta h = 0,2$ мм. Слева от получившейся системы, на бывшей ГОО, на расстоянии $l = 10$ см от разрезанной линзы находится точечный монохроматический источник (длина волны $\lambda = 550$ нм). Справа от получившейся системы на расстоянии $L = 50$ см от кусочков линзы находится экран, перпендикулярный бывшей ГОО. Рассчитайте число интерференционных полос N на экране.

Задача 2. Слева от бипризмы Френеля на расстоянии l от ее плоского основания на оси симметрии системы расположен точечный монохроматический источник света (длина волны света λ). Показатель преломления материала бипризмы равен n , а преломляющий угол равен φ . Справа, за бипризмой на расстоянии L от нее расположен экран, параллельный основанию бипризмы. На экране наблюдаются интерференционные полосы. Рассчитайте число N полос в зависимости от L . Если l очень велико, то существует ли верхнее ограничение на число полос? Если да, то рассчитайте N_{\max} при $l \rightarrow \infty$.

Задача 3. Две когерентные волны интерферируют и гасят друг друга в некоторой области пространства. Куда девается их энергия?

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. Лучи белого света падают под углом $\alpha = 45^\circ$ на очень тонкую прозрачную пластинку. При этом сама пластинка в отраженном свете кажется зеленой. Как изменится цвет пластинки при небольшом изменении угла падения лучей?

Задача 2. Почему интерференционная окраска наблюдается только в достаточно тонких пленках?

Задача 3. Три небольших громкоговорителя (обозначены на рисунке «Гр») расположены на одной линии, расстояние между соседними громкоговорителями равно l . Громкоговорители подключены к одному генератору звуковых колебаний и излучают звуковые волны с длиной волны $\lambda = 0,75$ м. При каком минимальном расстоянии l между громкоговорителями чувствительный микрофон M не зарегистрирует звука от них?

Угол между линией, соединяющей громкоговорители, и направлением на микрофон $\alpha = 60^\circ$. Расстояние от громкоговорителей до микрофона достаточно велико.

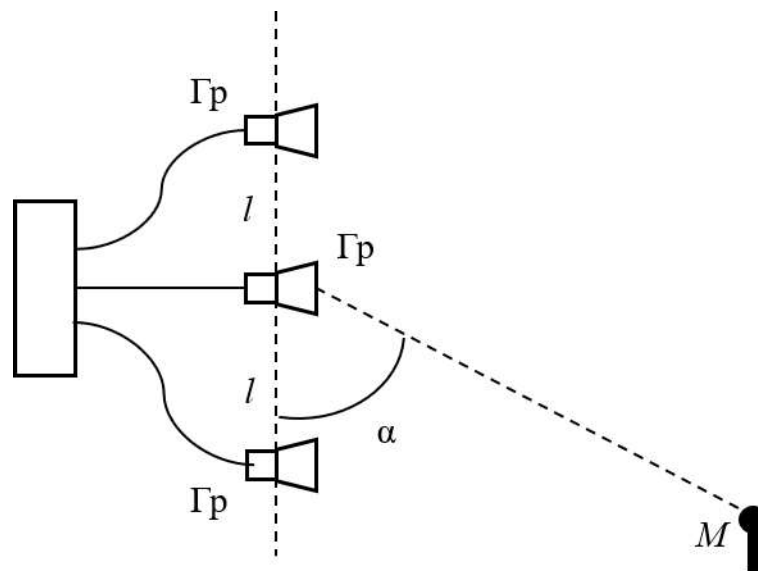


Рис. 13. Иллюстрация к задаче 3

Задача 4. Предложите как минимум две схемы интерференции, в которых используются только зеркала, экран и источник света. Будет ли ваша схема «схемой деления волнового фронта» или «схемой деления амплитуды»?

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. Плосковыпуклая линза, имеющая большой радиус кривизны выпуклой части ($R \approx 1$ м), лежит на поверхности стеклянной пластинки, касаясь ее выпуклой стороной. Всю систему освещают сверху монохроматическим светом с длиной волны λ . При наблюдении картины интерференции в отраженном свете мы увидим в центре темное пятно, окруженное концентрическими чередующимися кольцами (светлыми и темными). Объясните наблюдаемое явление, рассчитайте радиусы светлых и темных колец в зависимости от их номера (считая от центра).

Задача 2. Две плоские когерентные волны с одинаковой интенсивностью и длиной волны λ падают на цилиндрический экран. Угол между направлениями распространения волн равен α . Найдите расстояние между соседними интерференционными полосами вблизи точки А, счи-

тая, что оно намного меньше радиуса цилиндра. Угол между направлением AO и направлением одной из плоских волн равен φ .

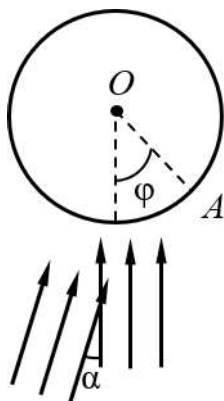


Рис. 14. Иллюстрация к задаче 2

Демонстрационный эксперимент. Наблюдение явления интерференции света.

3. Явление дифракции.

3.1. Принцип Гюйгенса—Френеля. Дифракция на круглом отверстии и на щели.

Теоретические задачи с решениями.

Задача 1. Используя принцип Гюйгенса—Френеля получите положение дифракционного максимума для дифракции параллельного пучка монохроматического света с длиной волны λ на щели шириной d , если экран находится в фокальной плоскости собирающей линзы с фокусным расстоянием F . Волновой фронт пучка параллелен плоскости щели.

Задача 2. Используя спираль Френеля, получите зависимость интенсивности I света в центре дифракционной картины от числа открытых зон Френеля n в случае, когда скручиванием спирали можно пренебречь.

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. Точечный источник света с длиной волны $\lambda = 0,50$ мкм расположен на расстоянии $a = 100$ см перед диафрагмой с круглым отверстием радиусом $r = 1,0$ мм. Найдите расстояние b от диафрагмы

до центра дифракционной картины, для которого открыты три первые зоны Френеля.

Задача 2. Плоская волна монохроматического (длина волны λ) света интенсивности I_0 падает нормально на круглую диафрагму радиусом R . Найдите интенсивность в центре дифракционной картины, если $\lambda = 0,6$ мкм, $R = 3$ мм, а расстояние от диафрагмы до точки наблюдения $b = 5$ м.

Задача 3. Пусть монохроматический параллельный пучок света (длина волны λ) падает на щель под некоторым углом θ к ее нормали. Изменится ли ширина дифракционных полос и положение главного дифракционного максимума? Найдите в этом случае угловую ширину главного максимума.

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. Пучок монохроматического света падает на круглое отверстие, которое для точки наблюдения открывает $N = 2,5$ зоны Френеля. Как изменится интенсивность в центре дифракционной картины, если закрыть половину отверстия (по площади) прозрачной пластиной (в виде полукруга) толщиной h с показателем преломления n ? Найдите такие h , для которых в центре дифракционной картины достигаются: а) максимальная интенсивность; б) минимальная интенсивность.

Задача 2. В опыте по наблюдению дифракции параллельного пучка монохроматического света на щели половину этой щели (по ширине) закрыли стеклянной пластиной толщиной h с показателем преломления n . Как изменится положение главного дифракционного максимума? Изменится ли ширина полос дифракции?

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. Параллельный пучок монохроматического света нормально падает на стеклянную пластинку с показателем преломления n . На обратной стороне пластинки сделана выемка глубиной h , которая для точки наблюдения (центр дифракционной картины) представляет $N = 3,5$ зоны Френеля. Найдите h , для которых интенсивность света в точке наблюдения: а) максимальна; б) минимальна.

Задача 2. Предложите метод, который позволит в опыте по наблюдению дифракции параллельного монохроматического пучка на круглом отверстии получить в центре дифракционной картины интенсивности большую, чем $4I_0$, где I_0 — интенсивность падающего света.

Демонстрационный эксперимент. Наблюдение дифракции света на круглом отверстии.

3.2. Дифракционная картина от пары щелей, дифракционная решетка. Параметры дифракционной решетки.

Теоретические задачи с решениями:

Задача 1. Получите условие главного максимума дифракции параллельного пучка монохроматического света (длина волны λ) на дифракционной решетке, если ее период равняется d .

Задача 2. Пусть на дифракционную решетку с периодом d и числом щелей N падает нормально параллельный пучок белого света. Рассчитайте угловую дисперсию $d\varphi/d\lambda$; ширину спектрального интервала, для которого максимумы соседних порядков не перекрываются (область свободной дисперсии); разрешающую способность (минимальную разницу длин волн $\Delta\lambda$, которую сможет разрешить дифракционная решетка).

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. На дифракционную решетку с периодом $d = 2,5$ мкм падает нормально свет, пропущенный через фильтр, полоса пропускания которого лежит в пределах от $\lambda_1 = 480$ нм до $\lambda_2 = 560$ нм. Будут ли спектры соседних порядков перекрываться?

Задача 2. На дифракционную решетку с периодом d падает под углом ψ к нормали монохроматическая волна (длина волны λ). Рассчитайте, изменятся ли положения дифракционных максимумов по сравнению со случаем нормального падения? А ширина полос дифракции?

Задача 3. Рассчитайте ширину главного дифракционного максимума в опыте по наблюдению дифракции пучка монохроматического света, нормально падающего на дифракционную решетку. Период решетки d , число щелей N , длину волны света λ считайте известными.

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. На дифракционную решетку с периодом d падает нормально монохроматическая волна. На экране, отстоящем от решетки на L и расположенном параллельно ей, расстояние между максимумами спектров m и $m + 1$ порядка равняется l . Какова длина волны λ падающего света?

Задача 2. Качественно опишите, как изменится вид дифракционного спектра, если источник белого света, дифракционную решетку и экран поместить в воду, сохранив все геометрические параметры установки.

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. Плоская волна монохроматического света (длина волны λ) падает нормально на фазовую дифракционную решетку, которая представляет собой пластину из материала с коэффициентом преломления n . На обратной стороне этой пластины вырезаны выемки с периодом d , ширина выемок равна l , а их глубина — h . Найдите: а) угловое положение первого максимума, если в центре картины наблюдается темное пятно; б) зависимость интенсивности главного дифракционного максимума от h , если интенсивность падающего света равна I_0 .

Задача 2. При измерении углового расстояния ψ между компонентами двойной звезды методом Майкельсона перед объективом телескопа помещают диафрагму с двумя узкими параллельными щелями, расстояние d между которыми можно менять. Уменьшая d , обнаружили первое ухудшение дифракционной картины в фокальной плоскости объектива при $d = 95$ см. Найдите ψ , если длина волны света $\lambda = 0,55$ мкм.

Практикум. Изучение поверхности CD (DVD) диска.

Задание.

Определите расстояние между дорожками CD (DVD) диска, а также диаметр выданной иголки.

Оборудование. Лазер с источником питания, кусочек фольги, две иголки, экран, три канцелярских зажима.

Демонстрационный эксперимент. Измерение длины волны света с помощью дифракционной решетки.

4. Спектральный состав света. Способы разложения света в спектр.

Теоретические задачи с решениями.

Задача 1. Установите связь между фазовой и групповой скоростями света, если известна зависимость показателя преломления n от длины волны λ проходящего света.

Задачи для самостоятельного решения, I уровень сложности

Задача 1. Почему в ясную погоду зимой тени деревьев на снегу имеют голубоватый оттенок?

Задача 2. Пусть на дисперсионную призму с преломляющим углом $\varphi = 45^\circ$ падает под углом $\alpha = 30^\circ$ луч белого света. Показатель преломления стекла призмы $n_{red} = 1,62$ и $n_{purple} = 1,67$ для красного и фиолетового света соответственно. На каком расстоянии от призмы L следует поместить экран шириной d , чтобы получить на нем изображение всего видимого спектра?

Задачи для самостоятельного решения, II уровень сложности

Задача 1. При нормальном падении света натриевой лампы на дифракционную решетку шириной 15 мм оказывается, что компоненты желтого дублета (две близкие спектральные линии) с длинами волн $\lambda_1 = 589,0$ нм и $\lambda_2 = 589,6$ нм оказываются разрешенными, начиная с третьего порядка спектра. Рассчитайте период решетки и необходимую ширину дифракционной решетки, при которых в первом порядке спектра будет разрешен дублет со средней длиной волны $\lambda = 460$ нм и с $\Delta\lambda = 0,13$ нм.

Задача 2. Вода освещена красным светом с длиной волны $\lambda = 728$ нм. Какова длина волны этого света в воде с показателем преломления $n = 4/3$? Какой цвет увидит человек, открывший глаза под водой? Какой цвет зафиксирует цветная фотопленка?

Задача 3. Вспомните известные вам способы разложения света в спектр. Получите выражения для области свободной дисперсии, разрешающей способности, угловой дисперсии для призмы.

Задачи для самостоятельного решения, III уровень сложности

Задача 1. Джон Уильям Стретт, третий барон Рэлей, известный английский физик, установил, что на мелких неоднородностях среды короткие волны рассеиваются гораздо сильнее, чем длинные. Объясните, исходя из этого, цвет неба.

Задача 2. Почему в случае, когда Солнце или Луна находятся низко над горизонтом, они приобретают красный оттенок?

Практикум. Измерение спектра светодиода

Задание

Задача состоит в том, чтобы получить спектр свечения светодиода. Свет от него будем при помощи дифракционной решетки разлагать в спектр и измерять интенсивности разных спектральных компонент.

1. Соберите у себя на столе следующую установку.

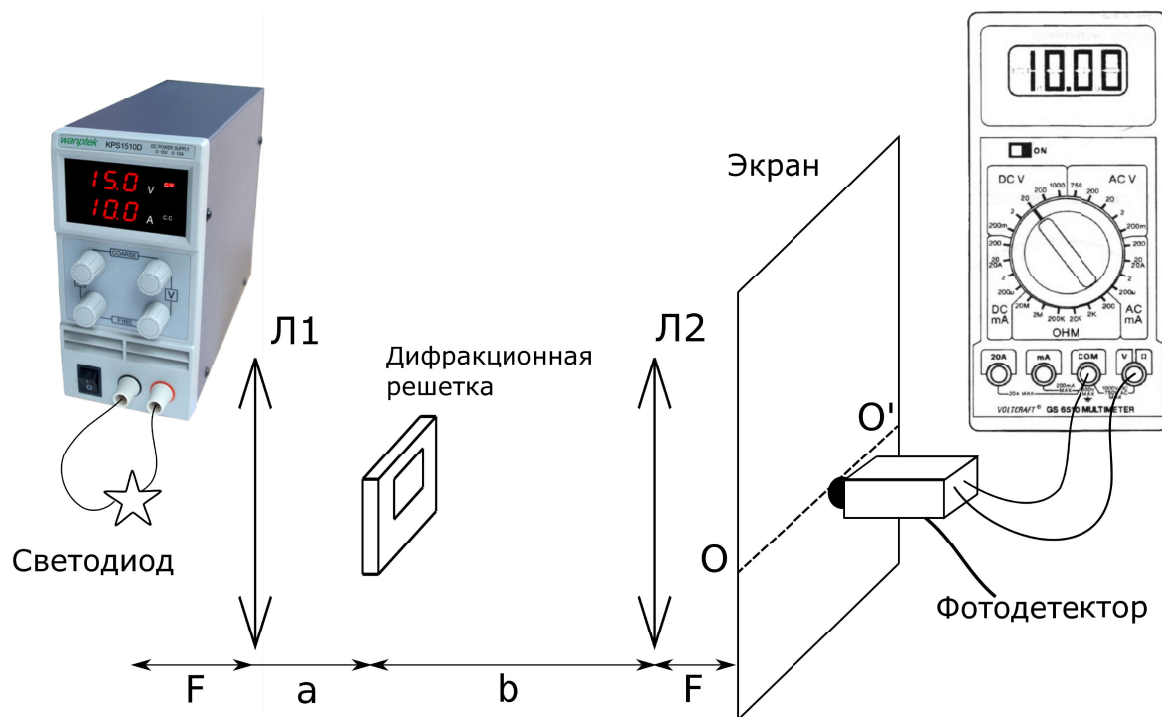


Рис. 15. Схематичное изображение экспериментальной установки

При подаче питания на светодиод следите за тем, чтобы **напряжение** на нем не превышало 5 В, а мощность ($P = IU$) не превышала 1,5 Вт.

Светодиод находится в фокусе первой линзы Л1, то есть после нее получается параллельный пучок, который попадает на дифракционную решетку.

2. После дифракционной решетки получается спектр на экране («радуга»). Выразите зависимость координаты x точки на экране, в которую приходит дифрагировавший свет, от длины волны излучения в m -м порядке дифракции. Координата отсчитывается вдоль линии OO' от нулевого порядка дифракции.

3. Интенсивность измеряется фотодетектором, к которому нужно подключить вольтметр. Его показания U можно считать пропорциональными интенсивности света, попадающего на фотодетектор (предполагается, что чувствительность фотодетектора одинакова для всех длин волн видимого диапазона). При этом линза Л2 используется для фокусировки цвета в вертикальную полосу на экране.

4. Перемещая фотодетектор вдоль OO' , получите зависимость напряжения U от координаты x (линзу Л2 также нужно перемещать так, чтобы сфокусированный ею пучок собирался на детекторе). Измерения рекомендуется проводить в первом порядке дифракции.

5. Используя соотношения, полученные в пункте 2, и результаты, полученные при выполнении пункта 4, постройте график зависимости интенсивности спектральной компоненты от длины волны.

Оборудование. Светодиод, источник питания, провода, картон, ножницы, дифракционная решетка с периодом 1 мкм (1000 штр/мм), пластилин, линейка, фотодетектор, мультиметр.

Демонстрационный эксперимент. Исследование явления дисперсии света.

ГЛАВА 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ УЧЕБНО–МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКТА

Тематическое планирование созданного УМК позволяет использовать этот комплект для разных возрастных групп школьников. Поскольку УМК содержит два больших раздела, не связанных между собой идеологически, то можно использовать для обучения той или иной целевой группы не оба раздела УМК, а только какой–либо один. Таким образом можно готовить учеников девятого класса к заключительному этапу всероссийской олимпиады школьников только по разделу «Геометрическая оптика», поскольку задачи по волновой оптике учащимся данного класса на этом этапе предложены быть не могут. Аналогично, ученики, успешно освоившие геометрическую оптику в своих школах, могут обучаться по программе «Волновая оптика» согласно разработанному тематическому планированию. Такая гибкость в использовании УМК обеспечивает более широкий спектр его возможного применения в преподавательской деятельности.

Перед описанием методики применения УМК в конкретных случаях необходимо дать некоторые общие рекомендации по проведению учебного занятия. Рекомендуемая продолжительность занятия — два академических часа (так называемая «учебная пара»). В случае, когда учебная пара посвящена решению теоретических задач, следует сначала преподнести обучающимся теоретический минимум, приведенный в начале соответствующей темы. Это позволит освежить имеющиеся у учеников знания и примерно выровнять начальный уровень учебной группы. Далее ученики решают задачи по выбранной теме и сдают их преподавателю. Преподаватель указывает на ошибки в решениях и объясняет, как их исправить. Когда большинство школьников сдало решение той или иной задачи, следует объяснить остальным ее решение на доске. В обратном случае, когда почти никто не может решить задачу, рекомендуется вызвать одного ученика к доске и, беседуя вместе с ним и с другими обучающимися, выяснить, о каких физических явлениях идет речь в условии задачи, какие физические законы и факты могут быть использованы при ее решении, записать необходимые математические выражения, указать неизвестные

физические величины и подумать, откуда их можно выразить. Таким образом преподаватель развивает у учащихся умение самостоятельно строить решение ранее неизвестной задачи. Сущность методики заключается в том, что учащийся старается понять, какие еще законы и закономерности ему необходимо записать для того, чтобы выразить величины, остающиеся неизвестными. Получается, что ученик тренирует свое физическое мышление в приложении к конкретной задаче.

Преподаватель на свое усмотрение выбирает, когда именно на уроке целесообразно показывать физические демонстрации по изучаемой теме. Автор рекомендует преимущественно делать это либо в самом начале занятия, либо в самом его конце, для того, чтобы не отвлекать учащихся от решения задач. Но бывают случаи, когда вовремя показанная демонстрация может подтолкнуть обучающихся к правильной идее, поэтому момент показа на теоретическом занятии физической демонстрации определяется преподавателем.

К проведению практического занятия необходима предварительная подготовка. Нужно заранее подобрать комплекты оборудования в расчете на численность ожидаемой группы обучающихся, проверить его работоспособность. Также автор считает важным, чтобы преподаватель самостоятельно провел эксперимент перед проведением практикума. Таким образом педагог сможет сам столкнуться с возникающими проблемами, осознать специфику конкретной задачи и ее подводные камни.

Непосредственно на занятии обучающимся выдаются условия задач и необходимое оборудование. Далее ученики могут задать вопросы по условию, проконсультироваться по наличию у них всего необходимого оборудования и проверить его работоспособность. Далее примерно половину занятия следует дать учащимся на самостоятельное решение поставленной задачи, наблюдая за их действиями. Если по прошествии половины занятия правильных идей у большинства обучающихся не появилось, то нужно вместе с ними попытаться разработать план решения, подтолкнуть их к правильным идеям и действиям. Следует как можно дольше именно подталкивать школьников к самостоятельному решению, а не сразу говорить им готовый «рецепт» решения задачи. Это будет способствовать разви-

тию у обучающихся физического мышления и навыков самостоятельного планирования и проведения физического эксперимента.

После окончания практикума преподаватель собирает работы учащихся, проверяет их в соответствии с едиными критериями оценки, и на следующем занятии оглашает результаты. Высокомотивированные школьники, желающие побеждать на физических олимпиадах высокого уровня, должны выработать у себя понимание того, сколько баллов и за что, как правило, ставится при оценивании членами олимпиадного жюри решений экспериментальных задач. Также необходимо дать обучающимся возможность «отспорить» те баллы, которые они считают снятыми необоснованно. Такая процедура носит название апелляции. Проведение тренировочных апелляций позволяет сформировать у ученика умение отстаивать свое мнение, вести дискуссию, понятно излагать свои мысли, глубже понимать структуру критериев оценки. Все это понадобится учащемуся не только на интеллектуальных соревнованиях по физике, но и в жизни, потому что умения четко доносить свои мысли до окружающих, говорить понятным языком и аргументированно отстаивать свою точку зрения необходимо развивать всем людям вне зависимости от их желания участвовать в олимпиадах по физике или какому-либо другому предмету.

Практические работы введены в УМК не только для обеспечения подготовки школьников к экспериментальным турам олимпиад высокого уровня по физике, но также и как мощный инструмент, служащий для закрепления у обучающихся на практике полученных теоретических знаний. По мнению автора, полноценное физическое образование и развитие физического мышления без практических занятий невозможно.

Применение разработанного автором учебно-методического комплекта возможно при различных формах обучения высокомотивированных школьников. Первый способ — это проведение кружковых занятий раз в неделю по одной учебной паре. Тогда получается, что тематическое планирование как раз соответствует одному учебному году (с учетом каникул). Преподаватель сначала проводит теоретические занятия по выбранной теме и показывает обучающимся демонстрации до тех пор, пока не дойдет до практикума, который расположен в структуре УМК так, что он закреп-

ляет по «горячим следам» материал пройденных тем. Следующее занятие после практикума следует отвести на разбор ошибок и их исправление, и только потом двигаться дальше, продолжая изучать теорию. Такая последовательность обучения вместе с выполнением домашних заданий (задач для самостоятельного решения) позволяет сформировать у обучающихся целостное представление о пройденных темах, закрепляя теоретический материал изученной темы проделанной практической работой. Возможно аналогичное использование одного из разделов УМК при проведении кружков, как было описано выше, в течение половины года обучения.

Второй возможный вариант применения УМК — его использование на выездных школах для подготовки высокомотивированных детей к олимпиадам высокого уровня по физике. Как правило, выездные сборы для подготовки школьников к физическим олимпиадам проводятся в середине учебного семестра (осенью и весной), занимают каждый раз около 10 дней, и их учебная программа предусматривает проведение в среднем двух учебных пар в день, посвященных выполнению практических работ. Таким образом, и здесь возможно использовать предложенный УМК, поскольку тематическое планирование рассчитано как раз на 36 учебных пар. Также допустимо и изучение только какого-либо одного раздела так, как было описано выше. При этом дополнительные занятия можно отвести либо на выполнение задач для самостоятельного решения и факультативных задач, либо для проведения дополнительных практических занятий по тем темам, которые даются обучающимся сложнее всего.

Третий способ использования УМК — его внедрение в учебный процесс в школе. При таком использовании тоже возможно как полное, так частичное использование комплекта. При этом можно пересмотреть тематическое планирование так, чтобы отвести на самостоятельное решение учащимся большее число задач. Таким образом можно без потери теоретической части уложить уроки в школьное расписание. В рамках такого обучения возможно проведение отдельных уроков, посвященных решению задач на пройденные темы. В таком случае критерием успеваемости и успешности усвоения материала рекомендуется считать процент самостоятельно решенных учеником и сданных учителю задач.

ВЫВОДЫ

В результате выполнения данной бакалаврской работы был разработан учебно–методический комплект, построенный по тематическому принципу. Комплект включает в себя теоретические задачи с решениями; экспериментальные задачи с условиями, списками необходимого оборудования, решениями, полученными автором контрольными экспериментальными данными, графиками, критериями оценки выполненных школьниками экспериментальных задач и особыми пояснениями и указаниями по проведению конкретных практических работ. Также в комплект включены физические демонстрации по выделенным автором темам.

Материалы, включенные в учебно–методический комплект, оформлены в виде учебного пособия (Приложение 1), состоящего из двух тематически не связанных между собой разделов «Геометрическая оптика» и «Волновая оптика», каждый из которых разделен на темы. В каждой теме рассмотрены соответствующие теоретические задачи, практикумы, физические демонстрации.

Элементы учебно–методического комплекта по мере их разработки проходили апробацию на занятиях кружков по подготовке высокомотивированных учащихся десятого и одиннадцатого класса, являющихся кандидатами в сборную школьников города Москвы для участия в заключительном этапе всероссийской олимпиады школьников по физике. Апробация УМК в целом осуществлялась на базе Государственного автономного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования города Москвы Центр педагогического мастерства (Приложение 2).

Научно-методическая ценность и новизна работы определяется тем, что в результате ее выполнения автором был разработан новый учебно–методический комплект, позволяющий вести комплексную подготовку школьников старшей возрастной группы по разделу «Оптика» к их последующему участию в интеллектуальных соревнованиях высокого уровня по физике. Данная работа представляет собой обобщение существующего опыта обучения старшеклассников оптике в рамках кружков, проводимых в городе Москве для подготовки кандидатов в сборную города по физике, и в рамках выездных физических школ, проводимых сообществом педа-

гогов «Олимпиадная физика» («Olphys»). Структура и состав созданного учебно–методического комплекта разработаны автором самостоятельно, что также свидетельствует о новизне работы.

Практическая значимость работы состоит в том, что применение данного учебно–методического комплекта в практической деятельности преподавателей дает возможность повысить качество обучения оптике школьников старшей возрастной группы, а также предоставляет педагогам возможность приобрести и закрепить навыки подготовки обучающихся к физическим олимпиадам высокого уровня. Отдельные результаты работы могут быть использованы для проведения курсов повышения квалификации школьных учителей по материалу раздела «Оптика» школьного курса физики. Тематический принцип формирования учебно–методического комплекта позволяет преподавателю использовать его не целиком, а для изучения какой-либо одной «олимпиадной» темы. Преподаватель также может использовать включенные в УМК «Задачи для самостоятельного решения» в качестве домашнего задания для высокомотивированных детей.

В результате выполнения работы сделаны следующие выводы и получены следующие основные результаты:

1. Выявлена проблема нехватки комплексного учебно–методического пособия, включающего в себя теоретические и экспериментальные задачи и предназначенного для всестороннего и глубокого изучения курса «Оптика» в школе.
2. Разработан учебно–методический комплект по оптике для подготовки школьников старшей возрастной группы к олимпиадам высокого уровня по физике. В его состав входят 21 теоретическая задача для разбора учителем на уроке (с решением), 7 практических задач, 29 задач для самостоятельного решения I уровня сложности, 27 задач для самостоятельного решения II уровня сложности, 20 задач для самостоятельного решения III уровня сложности, 11 лекционных демонстраций.
3. Разработаны методические рекомендации для учителей по исполь-

- зованию разработанного учебно–методического комплекта при практической деятельности преподавателя в контексте различных форматов — при кружковой работе, при изучении оптики в школе, при работе с обучающимися на выездных школах.
4. Осуществлены апробация разработанного учебно–методического комплекта и его внедрение в учебный процесс государственной образовательной организации при подготовке кандидатов в сборную Москвы по физике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный автором учебно–методический комплект может быть востребован преподавателями физики, желающими преподнести своим ученикам раздел «Оптика» не как разрозненный набор фактов, а как целостный курс. Также данный комплект может быть использован заинтересованными обучающимися самостоятельно.

Идея создания комплексного пособия, посвященного всестороннему изучению школьного курса оптики (как с теоретической, так и с практической точки зрения) является новой. Дальнейшее совершенствование данного учебно–методического комплекта использующими его преподавателями поможет УМК оставаться актуальным на протяжении достаточно долгого времени. Аналогичные УМК можно создать и для других разделов курса физики, сформировав тем самым набор УМК, предназначенных для подготовки высокомотивированных школьников к различным физическим олимпиадам.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю доценту кафедры общей физики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Якуте Алексею Александровичу за его профессиональную поддержку на всех стадиях разработки данного учебно–методического комплекта.

Также автор хочет выразить благодарность аспиранту педагогического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, выпускнику магистратуры кафедры общей физики физического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова с отличием, тренеру сборной Москвы на Всероссийскую олимпиаду школьников по физике, Тихонову Павлу Сергеевичу за его профессиональную поддержку на стадии апробации учебно–методического комплекта и педагогические рекомендации по проведению занятий олимпиадного физического практикума у кандидатов в сборную Москвы на Всероссийскую олимпиаду по физике.

Особую благодарность автор хочет выразить руководству Государственного бюджетного образовательного учреждения города Москвы «Школа № 1534» и заведующей методическим объединением по физике этой школы Соколовой Наталье Юрьевне за помощь в организации и поддержке дея-

тельности на базе школы физических кружков, в которых проходила подготовку часть школьников, что позволило провести апробацию комплекта.

Отдельную благодарность автор выражает своему преподавателю, выпускнику кафедры общей физики и волновых процессов МГУ им. М. В. Ломоносова, ассистенту кафедры физики Школы-интерната имени А. Н. Колмогорова (СУНЦ МГУ), председателю технического жюри международной олимпиады по экспериментальной физике IEPHO Черникову Юрию Александровичу за его неоценимый вклад в развитие прикладных навыков автора по постановке и решению задач олимпиадного физического практикума, а также за возможность получить бесценный опыт проведения и организации экспериментальной составляющей выездных школ и физических олимпиад высокого уровня.

Также отдельную благодарность автор хочет выразить руководителю сообщества педагогов «Олимпиадная физика» («Olphys») Лукьянову Илье Владимировичу за организацию олимпиадных выездных школ, а также руководству Государственного автономного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования города Москвы Центр педагогического мастерства за организацию профильных семинаров по подготовке кандидатов в сборную Москвы по физике, участвуя в которых в течение ряда лет автор получил бесценный педагогический опыт, воплощенный в разработке созданного учебно-методического комплекта, и получил возможность внедрить эту разработку в учебный процесс.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сайт подготовки национальных команд Российской Федерации к Международной олимпиаде по физике IPhO и Международной естественнонаучной олимпиаде юниоров IJSO [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.4ipho.ru>, свободный — (20.04.2019)
2. Приказ от 17 декабря 2010 г. №1897 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» [Электронный ресурс] // ФГОС — Федеральные государственные образовательные стандарты — URL: <https://fgos.ru> (22.04.2019)
3. Приказ от 06 октября 2009 г. №413 «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования» [Электронный ресурс] // ФГОС — Федеральные государственные образовательные стандарты — URL: <https://fgos.ru> (22.04.2019)
4. Физика: 9 класс: учебник для учащихся общеобразовательных организаций / Л. С. Хижнякова, А. А. Синявина, 3-е изд. стереотип. — М.: Вентана-Граф, 2019. — 304 с.
5. Физика. 9 класс : учеб. для общеобразоват. учреждений / В. В. Белага, И. А. Ломаченков, Ю. А. Панебратцев; Рос. акад. наук, Рос. акад. образования, изд-во «Просвещение», — М.: Просвещение, 2011. — 176 с.
6. Физика. 9 класс: учеб. для общеобразоват. организаций / О. Ф. Кабардин. — М.: Просвещение, 2014. — 176 с.
7. Физика: 9 класс: учебник / А. В. Грачев, В. А. Погожев, П. Ю. Боков. — 3-е изд., перераб. — М. Вентана-Граф, 2016. — 368 с.
8. Физика. Базовый уровень. 11 кл. : учебник / Н. С. Пурышева, Н. Е. Ваджеевская, Д. А. Исаев, В. М. Чаругин. — М.: Дрофа, 2014. — 303 с.

9. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. организаций с прил. на электрон. носителе: базовый и профил. уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. Н. А. Парфентьевой. — 23-е изд. — М.: Просвещение, 2014. — 399 с.
10. Тесты по физике. 8 класс: к учебнику А. В. Перышкина «Физика. 8 класс». ФГОС (к новому учебнику) / А. В. Чеботарева. — 12-е изд. перераб. и доп. — М. : Издательство «Экзамен», 2017. — 222 с.
11. Физика. 8 класс : рабочая тетрадь к учебнику А. В. Перышкина / Т. А. Ханнанова. — М. : Дрофа, 2014. — 127 с.
12. Сборник задач по физике, 7–9 классы : пособие для учащихся общеобразоват. учреждений / В. И. Лукашик, Е. В. Иванова. — 25-е изд. — М. : Просвещение, 2011. — 240 с.
13. Сборник задач по физике: 7–9 кл. : к учебникам А. В. Перышкина и др. «Физика. 7 класс», «Физика. 8 класс», «Физика. 9 класс». ФГОС (к новым учебникам) / А. В. Перышкин; сост. Г. А. Лонцова. — 19-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство «Экзамен», 2017. — 271 с.
14. Физика. Базовый уровень. 11 кл. : рабочая тетрадь к учебнику Н. С. Пурышевой, Н. Е. Важеевской, Д. А. Исаева, В. М. Чаругина / Н. С. Пурышева, Н. Е. Важеевская, Д. А. Исаев, В. М. Чаругин. — М. : Дрофа, 2016. — 127 с.
15. Физика: Оптика. Квантовая физика. 11 кл.: Учеб. для углубленного изучения физики / Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков. — 2-е изд., стереотип. — М.: Дрофа, 2002. — 464 с.
16. Физика: 11 класс: базовый и углубленный уровни: учебник для учащихся общеобразовательных организаций / Л. С. Хижнякова, А. А. Синявина, С. А. Холина и др. — 2-е изд., стереотип. — М.: Вентана-Граф, 2019. — 400 с.
17. Физика. 11 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений и шк. с углубл. изучением физики: профил. уровень / [А. Т. Глазунов, О. Ф. Ка-

- бардин, А. Н. Малинин и др.]; под ред А. А. Пинского, О. Ф. Кабардина; Рос. акад. наук, Рос. акад. образования, изд-во «Просвещение». — 12-е изд. — М.: Просвещение, 2011. — 416 с.
18. Физика: 11 класс: углубленный уровень: учебник / А. В. Грачев, В. А. Погожев, П. Ю. Боков. — М. Вентана-Граф, 2015. — 464 с.
 19. Физика. 11 класс. Профильный уровень : тетрадь для лабораторных работ / В. А. Касьянов, В. А. Коровин. — 9-е изд., стереотип. — М. : Дрофа, 2014. — 44 с.
 20. Сборник задач по физике: 10–11 классы / О. И. Громцева. — М. : Издательство «Экзамен», 2015. — 208 с.
 21. Сборник задач по физике. 10–11 классы : пособие для учащихся общеобразоват. учреждений : базовый и профил. уровни / Н. А. Парфентьева. — 3-е изд. — М. : Просвещение, 2010. — 206 с. Физика. Профильный уровень. 10 кл. : рабочая тетрадь к учебнику В. А. Касьянова / В. А. Касьянов, В. Ф. Дмитриева. — М. : Дрофа, 2015. — 158 с.
 22. Физика: 3800 задач для школьников и поступающих в ВУЗы / Авт.-сост. Н.В. Турчина, Л. И. Рудакова, О. И. Суров и др. — М. : Дрофа, 2000. — 672 с.
 23. Тихонов П. С., Черников Ю. А., Якута А. А., Зинковский В. И. Учебно-методические комплекты для подготовки школьников к участию в экспериментальных турах олимпиад по физике. // Физика в школе. — 2015 — 3. — с. 30-34.
 24. Тихонов П. С., Черников Ю. А., Якута А. А. Разработка и создание учебно-методического комплекса базовых задач механики для подготовки школьников к участию в экспериментальных турах олимпиад по физике. Материалы XIV международной конференции «Физика в системе современного образования», 17–22 сентября 2017 г. — Ростов-на-Дону, ДГТУ, 2017. — с. 327.

25. Основы оптики. Борн М., Вольф Э., изд. 2-е. Перевод с английского. Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1973.
26. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Учеб. пособие: для вузов В 5 т. Т. IV. Оптика. — 3-е изд., стереот. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. — 792 с.
27. Элементарный учебник физики: Учеб. пособие В 3 т. / Под ред. Г. С. Ландсберга. Т. 3 Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. — 13-е изд. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 656 с.
28. Алешкевич В. А. Курс общей физики. Оптика. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 320 с.
29. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике: Учебное пособие для ВУЗов / И.Е. Иродов. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. — 431 с.
30. А. В. Быков, И. В. Митин, А. М. Салецкий. Оптика. Методика решения задач. — М. : МГУ, 2010. — 246 с.
31. Задачи по физике и методы их решения. Изд. 3-е, перераб. и испр. Пособие для учителей. — М. : «Просвещение», 1974. — 430 с.
32. Всероссийские олимпиады по физике / Под ред. С. М. Козела, В. П. Слободянина. — М. : Вербум-М, 2005. — 534 с.
33. Задачи по физике: Учебное пособие / Воробьев И. И., Зубков П. И., Кутузова Г. А., Савченко О. Я., Трубачев А. М., Харитонов В. Г.; под ред. Савченко О. Я. — М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. — 432 с.
34. Задачи Московских городских олимпиад по физике. 1986–2005. Приложение: олимпиады 2006 и 2007: Под ред. М. В. Семенова, А. А. Якуты — 2-е изд., испр. и доп. — М.: МЦНМО, 2007. — 696 с.
35. Олимпиады по физике : 7–11 классы : (2007 год) / Г. С. Кембровский [и др.]. — Минск: Аверсэв, 2008. — 313 с.

36. Олимпиады по физике : 7–11 классы : (2008 год) / Г. С. Кембровский [и др.]. — Минск: Аверсэв, 2008. — 368 с.
37. Олимпиады по физике : 8–11 классы : (2009 год) / Г. С. Кембровский [и др.]. — Минск: Аверсэв, 2009. — 317 с.
38. Физика. Экспериментальные задачи в школе : пособие для учителей общеобразоват. учреждений с белорус. и рус. яз. обучения / А. И. Слободянюк. — Минск : Аверсэв, 2011. — 397 с.
39. Олимпиады по физике : 7–11 классы : (2012 год) / Г. С. Кембровский [и др.]; под ред. А. И. Слободянюка. — Минск: Аверсэв, 2013. — 412 с.
40. Международная олимпиада по экспериментальной физике IEPHO [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.iepho.ru>, свободный — (25.04.2019)