

Бакулин Владимир Николаевич,

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики и методики обучения физике ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров

shmondik@yandex.ru



Толмачева Марина Ивановна,

старший преподаватель кафедры физики и методики обучения физике ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров

mitolm@rambler.ru

Формирование исследовательских умений учащихся при изучении темы «Волновая оптика»

Аннотация. Модернизация содержания и структуры современного образования подразумевает усиление роли самостоятельной исследовательской деятельности, которую необходимо организовывать и направлять. Нами предлагается набор творческих заданий для исследовательского эксперимента по волновой оптике, требующих изобретательности при постановке опытов и глубоких теоретических знаний при анализе их результатов.

Ключевые слова: современное образование, исследовательская деятельность, физический эксперимент, волновая оптика, лазер.

Раздел: (01) отдельные вопросы сферы образования.

Одним из приоритетных направлений модернизации содержания и структуры школьного и вузовского образования становится самостоятельная исследовательская деятельность, которая рассматривается как стиль жизни в современном обществе, неотъемлемая характеристика личности человека, вступающего в новую жизнь. Исследовательскую деятельность необходимо организовывать и направлять с целью обеспечения более осознанного и глубокого усвоения учебного материала, а также формирования творческо-поисковой активности.

Исследовательская деятельность является составной частью творческой деятельности, поэтому ее следует рассматривать как важный аспект развития творческих способностей человека. Несомненно, данный процесс должен происходить под руководством педагога в результате совместной деятельности.

Творческий поиск направлен не столько на получение принципиально нового результата, сколько на приобретение умения проводить исследование в соответствии с поставленной задачей: выбор метода исследования, подбор соответствующего оборудования, проведение эксперимента, анализ его результатов и проверка объясняющих явление гипотез новым экспериментом или изучением научных теорий исследуемого явления.

Организуя экспериментальную исследовательскую деятельность, мы имеем возможность создавать условия для формирования исследовательской культуры школьника, развития умения решать реальные задачи, умения сотрудничать, быть способным к самообучению, что является основной задачей современного образования.

Образовательный, воспитательный и развивающий потенциал физического эксперимента очень высок. Эксперимент позволяет:

1) актуализировать развивающую и практико-ориентированную направленность процесса обучения;

- 2) изменить характер познавательной деятельности;
- 3) сделать упор не на запоминание, а на понимание материала;
- 4) ориентировать педагогический процесс на развитие личности;
- 5) развивать образное мышление, интуицию, креативность.

К сожалению, из-за ряда объективных, а порой и субъективных причин демонстрационный и домашний эксперименты все реже стали использоваться в обучении. Развитие компьютерной базы учебных заведений, домашние компьютеры и доступность информации в Интернете повлекли за собой широкое использование модельного, компьютерного эксперимента, видеофрагментов, натурному же эксперименту стало уделяться мало внимания, хотя во многом только «живой» физический эксперимент помогает понять сущность физических явлений. Большую роль в изучении физических явлений обучающимися играет не только зрительная память, но и чувственное, эмоциональное восприятие наблюдаемых «вживую» или самостоятельно проделанных опытов. Образовательный эффект намного сильнее, если эксперимент проводится учениками самостоятельно и с использованием предметов, которые их окружают в повседневной жизни.

В курсах физики, особенно в школьном курсе, уделяется мало внимания теме «Волновая оптика». Как правило, при составлении тематического планирования по разделу «Оптика» упор делается на геометрическую оптику, волновые же явления рассматриваются теоретически и очень сжато. Вследствие этого у учеников складываются поверхностные знания по данной теме, им не всегда удается понять и глубоко усвоить такие фундаментальные явления волновой оптики, как поляризация, дифракция, интерференция и дисперсия.

Появление в парке учебного оборудования сравнительно недорогих газовых и полупроводниковых демонстрационных лазеров и общедоступных лазерных указок малой мощности позволяет сравнительно легко продемонстрировать и исследовать эти явления даже в домашних условиях.

Нами предлагается набор творческих заданий для исследовательского эксперимента по волновой оптике, требующих изобретательности при постановке опытов и глубоких теоретических знаний при анализе их результатов.

Оборудование для экспериментов:

1. Источники когерентного излучения мощностью не более 1–3 мВт:
 - гелий-неоновый лазер ЛГН-109, ЛГ-209 и т. п. Длина волны 630 нм. Выходная мощность 1 мВт;
 - лазерная указка-брелок. Длина волны 630–680 нм. Выходная мощность не более 3 мВт.
2. Поляризаторы.
3. Экраны, измерительные линейки, штативы с держателями оборудования.
4. Набор стеклянных пластин и зеркал.
5. Плоское зеркало с внешним напылением от кодоскопа.
6. Дифракционные решетки, щели, бипризма и другое оборудование из наборов по дифракции и интерференции.
7. Аквариум или любой сосуд прямоугольной формы с прозрачными стенками.
8. Цифровой фотоаппарат для сохранения результатов экспериментов и их последующего анализа.

Техника безопасности

Согласно стандартам безопасности ГОСТ Р МЭК 60825-1-2009 [1], СанПиН 5804-91 [2], эти лазеры класса 3А мощностью 1–5 мВт безопасны для наблюдения рассеянного излучения незащищенным глазом. Для этих лазерных изделий, генерирую-

щих 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 водителя или пилота, то может отвлечь их или даже ослепить. Это может спровоцировать аварию, что влечет за собой уголовную ответственность [3].

Лазерные указки мощностью 50–300 мВт относятся к классу 3В и способны причинить сильные повреждения человеческому глазу прямым лазерным лучом и даже зеркально или диффузно отраженным.

Работа с лазерами мощностью 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.

1. Исследование геометрических характеристик лазерного излучения

Задание 1.1. Определите угол расходимости лазерного луча. Одинаковы ли вертикальный и горизонтальный углы расходимости?

Сделать оценку расходимости излучения можно измерив диаметр лазерного пучка в двух сечениях, отстоящих на расстоянии нескольких метров друг от друга: $\alpha = (d_1 - d_2) / 2x$ (рис. 1).

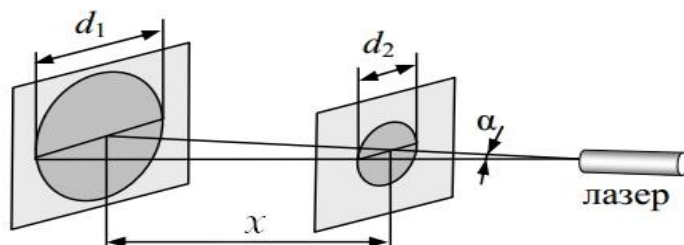
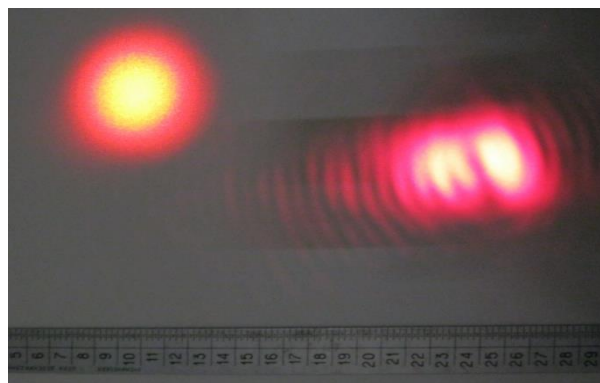
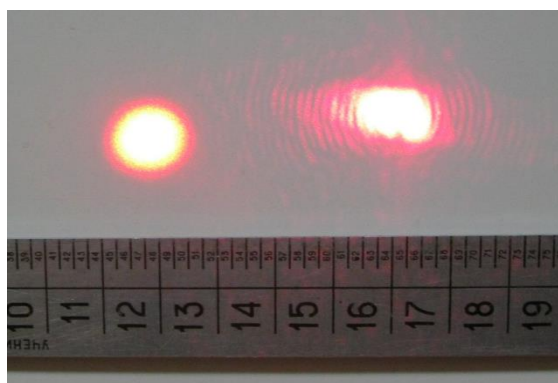


Рис. 1

Расхождение лазерного излучения в основном обусловлено дифракцией на торцах активного элемента и не может быть меньше, чем λ/d , где d – диаметр пучка

на



лазера

Рис. 2

Рис. 3

На рисунке показаны фотографии размеров лазерного пучка газового (слева) и полупроводникового лазеров на расстояниях 6 м (см. рис. 2) и 30 м (см. рис. 3). Угол расхождения составляет примерно 10^{-3} радиана. Это близко к дифракционному пределу, если считать диаметр луча на выходе близким к 1 мм.

Задание 1.2. Определите диаметр выходного зрачка лазеров.

Задание 1.3. Объясните, почему на фотографии цвет в центре пятна на экране не красный.

Задание 1.4. Объясните различие формы пятен на экране газового и полупроводникового лазеров.

Задание 1.5. Исследуйте, как влияют на угол расходимости лазерного луча рассеивающие и собирающие линзы.

Задание 1.6. Исследуйте зависимость угла расхождения лучей от расстояния между лазером и рассеивающей или собирающей линзой с фокусным расстоянием 3–5 см. Объясните результаты.

Задание 1.7. Оцените плотность потока энергии на выходе из вашего лазера и сравните с плотностью потока энергии от солнца на поверхности земли примерно 1 кВт/м^2 .

Задание 1.8. Оцените плотность потока энергии на сетчатке глаза, если луч лазера направить прямо в зрачок.

2. Исследование спекл-структуры лазерного излучения

Спекл или спекл-структура (Speckle – пятнышко) – это случайная интерференционная картина светлых и темных пятен, которая образуется при интерференции рассеянных и отраженных когерентных световых волн со случайным сдвигом фаз и случайным набором амплитуд или интенсивностей [4]. Для наблюдения спекла увеличьте угол расхождения лазерного луча с помощью короткофокусной линзы и направьте его на экран. Вы увидите, что яркое пятно на экране зернистое, покрыто системой беспорядочно расположенных светлых и темных пятен (рис. 4).

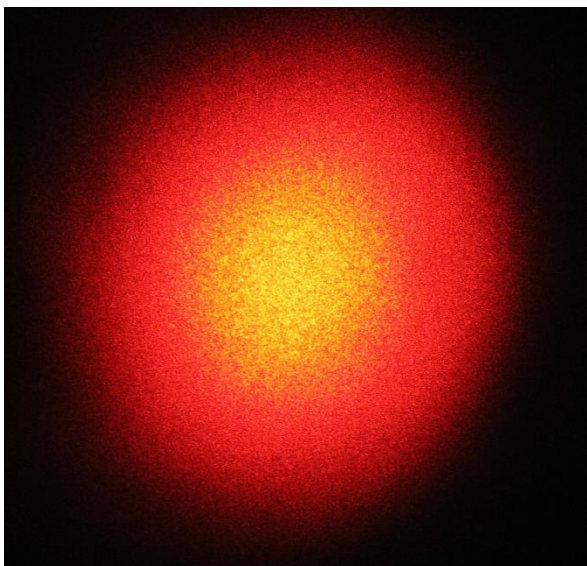


Рис. 4

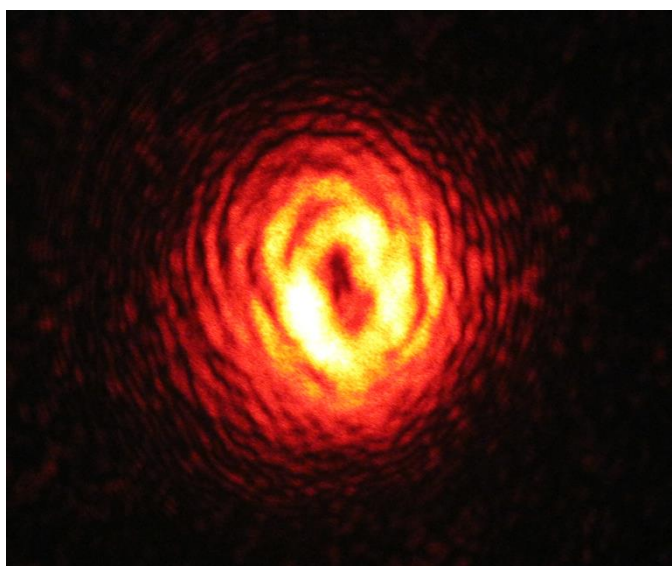


Рис. 5

Задание 2.1. Покачайте медленно головой влево и вправо. Пятна начинают переливаться и перемещаться по экрану как живые. Что можно сказать о локализации этой картины?

Смещение пятен происходит вследствие того, что они находятся не на экране, а образуются на сетчатке глаза как результат интерференции лучей, отраженных от микронеровностей поверхности экрана со случайной разностью фаз (разностью длин хода лучей). Это картина субъективной спекл-структуры.

Спекл-структура может быть использована для оценки дефектов зрения. Человек с нормальным зрением видит изменяющуюся картину спеклов, воспринимаемую как хаотичное мерцание пятен. Дальнозоркий человек (гиперметропия) видит перемещение пятен спекл-структуры в том же направлении, что и движение его головы, а близорукий (миопия) – в противоположном движению головы направлении. Воспринимаемая ими скорость перемещения пятен прямо пропорциональна величине аномалии рефракции глаза.

Задание 2.2. Проверьте вышеприведенные утверждения моделированием этих дефектов зрения. Надев очки близорукого человека, вы станете дальнозорким, а посмотрев через собирающую линзу или очки дальнозоркого человека, вы станете близоруким.

Задание 2.3. Объясните эти эффекты с точки зрения физики.

Задание 2.4. Покачайте головой влево и вправо побыстрее или подвигайте влево и вправо сам экран. Пятна исчезают. Почему?

Задание 2.5. Проведите пальцами по поверхности рассеивающей линзы и получите пятно на экране как на рис. 5. Объясните причину.

Задание 2.6. Приведите примеры использования спеклов в научных исследованиях и измерительной технике.

3. Исследование свойств поляризованного излучения лазера

Для этих экспериментов нам потребуются поляризаторы. Их можно взять из школьного набора по поляризации или можно взять поляризационный фильтр, используемый фотографами для устранения бликов от отражающих поверхностей. Годятся также стекла от очков-поляроидов. Можно изготовить самодельную стопу Столетова или взять поляроидную пленку, снятую с экрана старого ноутбука, мобильного телефона или любого гаджета с дисплеем.

Задание 3.1. Определите направление поляризации ваших поляроидов и маркируйте их.

Точнее всего можно определить ось поляризатора по минимуму пропускания света через два скрещенных поляризатора, если ось второго известна. Можно воспользоваться также бликом света, отраженного от стекла или любого гладкого диэлектрического покрытия под углом, близким к брестеровскому.

Задание 3.2. Определите направление поляризации лучей ваших лазеров с помощью маркированных поляризаторов.

Направление поляризации (направление колебаний электрического вектора) газовых лазеров лежит в вертикальной плоскости, что можно проверить по ориентации брестеровских окон газоразрядных трубок, если снять крышку корпуса прибора. Луч полупроводниковых лазеров-брелков обычно поляризован перпендикулярно кнопкам включения (см. рис. 6).

Луч лазера малой мощности почти не виден в чистом воздухе или в чистой дистиллированной или отстоявшейся несколько часов воде, но хорошо виден сбоку в сосуде с только что налитой водой (см. рис. 7).



Рис. 6

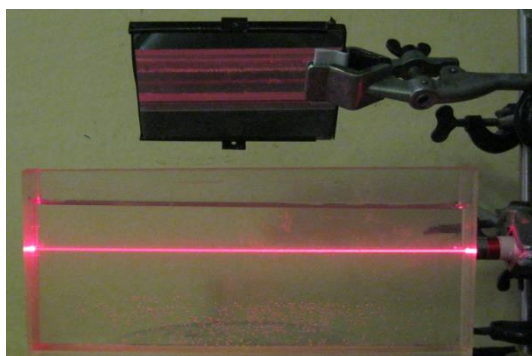


Рис. 7

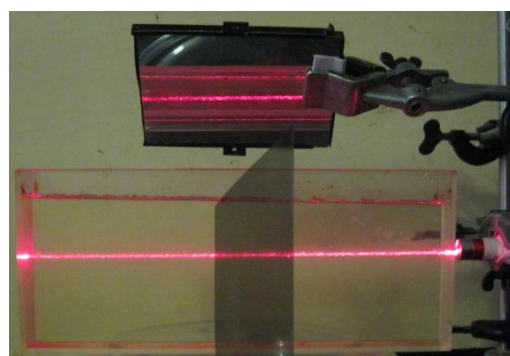


Рис. 8

Задание 3.3. Исследуйте поляризацию рассеянного водой света лазера по разным направлениям. Почему луч лазера в воде хорошо виден сбоку и не виден сверху?

Добавьте в воду мел, порошок флуоресцеина или подобные твердые мелкие частицы. Луч лазера становится хорошо виден со всех сторон (рис. 8). Ось поляризатора, через который виден луч, направлена горизонтально.

Задание 3.4. Исследуйте поляризацию рассеянного мутной водой света лазера по разным направлениям. Почему луч лазера в воде хорошо виден со всех сторон и деполяризован?

Задание 3.5. Посмотрите на спекл-структуру через поляризатор. Почему диффузно рассеянный луч лазера деполяризован?

Ссылки на источники

1. ГОСТ Р МЭК 60825-1-2009 Безопасность лазерной аппаратуры. Часть 1. Классификация оборудования, требования и руководство для потребителей.
2. Санитарные нормы и правила устройства и эксплуатации лазеров. СанПиН 5804-91.
3. URL: <http://laserforum.ru/index.php?topic=107.0>.
4. Франсон М. Оптика спеклов / пер. с фр. – М., 1980.

Vladimir Bakulin,

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Physics and Methodology of Teaching Physics Chair, Vyatka State University, Kirov
shmondik@yandex.ru

Marina Tolmacheva,

Senior Lecturer, Physics and Methodology of Teaching Physics Chair, Vyatka State University, Kirov
mitolm@rambler.ru

The formation of students' research skills when studying the topic "Wave optics"

Abstract. Modernization of modern education content and structure implies the strengthening of independent research activities role, which must be organized and directed. We suggest a set of creative tasks for a research experiment on wave optics that requires some inventiveness in experiments and deep theoretical knowledge in the analysis of their results.

Key words: modern education, research activity, physical experiment, wave optics, laser.

References

1. GOST R MJeK 60825-1-2009 Bezopasnost' lazernoj apparatury. Chast' 1. Klassifikacija oborudovaniya, trebovaniya i rukovodstvo dlja potrebitelej (in Russian).
2. Sanitarnye normy i pravila ustrojstva i jekspluatacii lazerov. SanPiN 5804-91 (in Russian).
3. Available at: <http://laserforum.ru/index.php?topic=107.0> (in Russian).
4. Franson, M. (1980). *Optika speklov*, per. s fr., Moscow (in Russian).

Рекомендовано к публикации:

Горевым П. М., кандидатом педагогических наук,
главным редактором журнала «Концепт»



www.e-koncept.ru

Поступила в редакцию <i>Received</i>	15.11.17	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	30.11.17
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	30.11.17	Опубликована <i>Published</i>	24.12.17

© Концепт, научно-методический электронный журнал, 2017

© Бакулин В. Н., Толмачева М. И., 2017