

ИЗУЧЕНИЕ СВЕТОВЫХ ЯВЛЕНИЙ ПО ФОТОГРАФИЯМ

Виснер А.В.

г. Сосногорск, Р. Коми, МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 3 с углубленным изучением отдельных предметов», 11 «Б» класс

Научный руководитель: Ручкина Т.М., учитель физики, г. Сосногорск, Р. Коми, МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 3 с углубленным изучением отдельных предметов»

Данная статья является сокращением основной работы. С дополнительными приложениями можно ознакомиться на сайте II Международного конкурса научно-исследовательских и творческих работ учащихся «Старт в науке» по ссылке: <https://www.school-science.ru/2017/11/27223>

Проблема: при описании оптических атмосферных явлений, в частности, mirages, наблюдатели чаще описывают свои впечатления, чем реальную картину увиденного. А фотографии оптических явлений могут еще больше исказить наблюдаемые картины природы. Так возникают объяснения явлений природы, которые не опираются на науку, а объясняются какими-то фантастическими или мистическими силами. Многих учеников не интересует достоверная информация, они вполне довольствуются псевдонаучными объяснениями наблюдаемых оптических атмосферных явлений.

Тема работы: изучение оптических атмосферных явлений по фотографиям.

Объект исследования: оптические атмосферные явления.

Предмет исследования: распространение луча света в земной атмосфере и других средах.

Цель работы – исследование оптические явления в природе: наблюдение и фотографирование, объяснение исследуемых явлений, постановка экспериментов, демонстрирующих наблюдаемые на фотографиях явления.

Задачи:

1. Используя научно-популярную и учебную литературу, изучить и понять световые явления.
2. Сделать фотографии наблюдаемых явлений.
3. Описать, как происходят явления, и попытаться их объяснить.
4. Изучить условия возникновения этих явлений, найти их описание в научных и художественных книгах, в Интернете.
5. Провести анкетирование учеников школы.
6. Выполнить и описать эксперименты, демонстрирующие наблюдаемые на фотографиях явления.
7. Подготовить и показать ученикам школы презентацию о световых явлениях, которые наблюдались мною на фотографиях

и затем воспроизведенных экспериментально.

Гипотеза: многие красивейшие и захватывающие атмосферные оптические явления можно объяснить на основе простых законов: прямолинейного распространения света, отражения и преломления.

Методы исследования:

1. Наблюдение.
2. Сравнение.
3. Моделирование.
4. Эксперимент.
5. Анкетирование.
6. Аналогия
7. Обобщение.

Для того чтобы проверить гипотезу, мне надо было не только объяснить наблюдаемые на фотографиях оптические явления теоретически, но для проведения опытов получить оптически неоднородную среду, в которой распространялся бы свет. В природе это воздух, который, например, неравномерно нагревается в пустыне над песками или над асфальтовой дорогой в жаркий день, или содержащий взвесь мельчайших твердых частиц, например, пыльный или задымленный воздух. А для проведения эксперимента мне надо было вместо воздуха использовать стекло, воду или раствор соли в воде, чтобы изменить ее плотность.

В качестве источника света использовалась лазерная указка. Она дает узконаправленный пучок красного света, который хорошо виден при проведении экспериментов и при фотографировании без вспышки. Также лазерную указку можно было использовать как обычный светодиод, вместо лазерного излучения обычный белый свет. Кроме лазерной указки, был использован белый светодиод с блоком питания, который позволяет регулировать яркость источника света.

Речное зеркало

Крутой берег р. Ижмы. Весна, снег еще не растаял полностью. На высоком берегу растут сосны и немного берез. Со стороны

реки мы видим удивительную картину – все, что находится на берегу, симметрично отражается в воде. Причем размеры берега реки, деревьев, и всего, что находится на берегу, совпадают с размерами их изображений. Четко видна ось симметрии, кромка воды. Так как вода еще высокая, то линия ровная, как будто проведенная по линейке.

Здесь мы наблюдаем явление отражения света от поверхности воды.

В однородной среде свет распространяется прямолинейно – это закон прямолинейного распространения света.

Законы отражения:

1. Угол отражения равен углу падения.
2. Луч падающий и луч отраженный лежат в одной плоскости с перпендикуляром к отражающей поверхности в точке падения луча.

Речная вода – природное зеркало, в котором мы видим отраженные небо и берег реки.

Свойства изображений предметов в плоском зеркале:

1. Изображения мнимые.
2. Изображения расположены симметрично плоскости зеркала.
3. Размеры изображений равны размерам предметов.
4. Изображения прямые, то есть повернутые к предмету «лицом к лицу».

Такие изображения предметов в плоском зеркале мы видим благодаря закону прямолинейного распространения света и законам отражения.

Опыты по отражению света

1. Приборы и материалы: лазер, держатель лазера, лист белой бумаги, зеркало в магнитном держателе.

Закрепим лазер в держателе, помещаем на лист белой бумаги. Устанавливаем зеркало в держателе так, чтобы луч лазера падал на него, и, отражаясь, проходил по листу бумаги. Световая полоса отразится в зеркале, и мы увидим второй луч, направленный вверх. Опыты, демонстрирующие явление отражения света.

2. Приборы и материалы: лазер, держатель лазера, лист белой бумаги, зеркальный куб, стеклянная палочка, два зажима крокодиль, транспортир.

Чтобы подтвердить закон отражения света, на лист белой бумаги положим транспортир, на него поставим зеркало так, чтобы его грань прошла вдоль радиальной линии транспортира. Укрепим на зажимах «крокодиль» стеклянную палочку, «крокодиль» укрепим в магнитном держателе перед лучом лазера. Стеклянная палочка, работая как маленькая цилиндрическая линза, собирает

луч в горизонтальной плоскости и растягивает в вертикальной, при этом луч становится как бы световой плоскостью. Мы видим луч на листе белой бумаги. На его пути помещаем транспортир с зеркалом, чтобы луч падал в центральную часть транспортира, она отмечена штрихом. Отмечаем угол падения луча – это угол между падающим лучом и перпендикуляром к зеркалу. Лазерный луч отразится от зеркала, угол отражения (это угол между отраженным лучом и перпендикуляром) будет равен углу падения. Двигая транспортир вместе с зеркалом, замечаем, что при изменении угла падения также изменяется угол отражения. Это и есть закон отражения. В зеркале мы также видим падающий и отраженный лучи под такими же точно углами.

3. Приборы и материалы: лазерная указка, лист белой бумаги, стеклянная кювета, стакан с водой, экран.

Наливаем в стеклянную кювету воду и ставим на лист белой бумаги перед экраном. Включаем лазерную указку как обычный светодиод, светящийся белым светом. Направляем свет от указки под углом примерно 45° . Мы видим блестящую поверхность воды, а на экране появится отблеск от поверхности воды. Если слегка покачать кювету, отблеск начнет колебаться. Когда поверхность ровная, свет отражается от нее параллельными лучами. Когда поверхность воды колыхается, параллельные лучи отражаются под разными углами в разные стороны.

4. Приборы и материалы: лист белой бумаги, стеклянная кювета, стакан с водой, фигурка слоника.

Наливаем в стеклянную кювету воду и ставим на лист белой бумаги перед экраном. За кюветой помещаем фигурку слоника. Мы видим отражение слоника от дна и частично от боковых поверхностей кюветы. Причем видна нам та часть фигурки слоника, которая скрыта водой.

Мираж

О миражах я слышал давно, они казались мне чем-то нереальным, сказочным. Летом мне впервые удалось сфотографировать мираж. В жаркий день мы с семьей ехали в автомобиле, и вдруг на дороге вдалеке я увидел лужи. Погода была жаркая, дорога сухая. Я понял, что лужи на дороге – это мираж. И тогда я решил подробнее узнать, как возникают миражи, и можно ли самому их получить.

Мираж – оптическое явление в атмосфере: преломление потоков света на границе между резко различными по плотности и температуре слоями воздуха. Для наблю-

дателя такое явление заключается в том, что вместе с реально видимым отдаленным объектом (или участком неба) также видно и его отражение в атмосфере [10].

Мираж, который мы наблюдали на асфальтированной дороге, является нижним миражем. Нижние миражи возникают над горячими поверхностями, нагретыми Солнцем. В жарких странах (особенно в раскаленных песках пустынь), а также в жаркие дни в средних широтах в степях, на широких равнинных лугах, на морском плоском берегу, покрытом песком, на асфальтовых дорогах иногда под линией горизонта наблюдаются перевернутые изображения отдельных предметов, например, деревьев, оазиса в пустыне, даже целого города, как будто отражающегося в озере. Такие миражи объясняются тем, что нижние слои воздуха вблизи горячей поверхности нагреваются сильнее, чем выше расположенные слои. Вследствие этого плотность нижнего слоя воздуха оказывается меньше плотности верхних слоев. Поэтому, если предмет отстоит от наблюдателя на большом расстоянии и находится в зоне теплого воздуха, отраженный от него свет распространяется по криволинейному направлению выпуклостью вниз и попадают в глаз наблюдателя.

Благодаря темному цвету дорога сильно нагревается на солнце. Ход лучей света при этом мираже показан на рис. 1 [3]. Людям в автомобиле кажется, что на дороге лужи, а это они видят изображение небосвода.

Опыты, демонстрирующие возникновение миража

1. Приборы и материалы: лабораторный стакан с отстоявшейся чистой водой, карандаш, чашка, монета.

Проделаем опыт, описанный Евклидом в III в. до нашей эры [7]. На дно непрозрачного пустого сосуда, например, чашки положили монету. Смотрим на монету сверху, она видна на дне чашки. Опыты, демонстрирующие возникновение миража. Затем отодвигаем чашку от себя до тех пор, пока перестанем видеть монету. Медленно наливаем воду в чашку, не меняя положение головы. Через некоторое время монета будет видна опять, причем будет казаться, что монета и дно чашки приподняты.

2. Приборы и материалы: лазер с держателем, стеклянная кювета, стаканы с водой и насыщенным раствором поваренной соли в воде, экран, штатив с муфтой и лапкой, шланг, воронка, зажим.

Наливаем в кювету холодную кипяченую воду примерно до половины. Воду обязательно прокипятить или дать ей отстояться в течение суток. Рядом с кюветой устанавливаем штатив, закрепляем на нем

шланг с воронкой на конце и пережимаем зажимом. Другой конец шланга осторожно опускаем в кювету у дна около стенки. Наливаем в воронку концентрированный раствор поваренной соли (его надо процедить, прежде чем заливать его в кювету). Постепенно ослабляем зажим шланга. Вначале из отверстия шланга будет выходить пузырьки воздуха, а затем начнет вытекать раствор соли, который будет вытеснять воду вверх. После заполнения раствором соли нижней части кюветы вновь пережимаем шланг и осторожно вынимаем его из жидкости. Таким образом, в результате в верхнем слое будет находиться чистая вода, в внизу – раствор соли в воде. Между этими слоями не будет резкой границы, со временем образуется переходный слой с плавно изменяющейся концентрацией. Оптическая плотность данной жидкости увеличивается в направлении сверху вниз. С торца кюветы устанавливаем держатель с лазером. Изменяем направление луча лазера: сначала горизонтально, затем снизу вверх, и потом сверху вниз. Во всех случаях замечаем, что луч лазера внутри жидкости искривляется в сторону оптически более плотной жидкости.

Наблюдение возникновения миража

Приборы и материалы: лазер с держателем, стеклянная кювета, стаканы с водой и насыщенным раствором поваренной соли в воде, экран, штатив с муфтой и лапкой, шланг, воронка, зажим, фигурки слоника, тигров, многогранника, подставка для кюветы.

Наполняем кювету водой и концентрированным раствором соли в воде, как в предыдущем опыте. Получаем жидкость, оптическая плотность которой изменяется сверху вниз. Устанавливаем кювету на подставку, можно подложить несколько книг. С торца кюветы устанавливаем держатель с лазером так, чтобы луч был направлен снизу вверх, и входил в жидкость ниже границы раздела двух жидкостей. Луч света плавно искривляется у границы раздела двух жидкостей, а затем распространяется вниз, ко дну кюветы. Замечаем, в какую точку попадает луч за кюветой на столе, помещаем там смешную фигурку тигров. Фигурка находится ниже кюветы, поэтому ее не видно, если смотреть с торца кюветы. Хорошо освещаем место, где находится фигурка. Если теперь смотреть через жидкость с того места, откуда направляли луч лазера, можно увидеть мираж: уменьшенное изображение фигурки сверху жидкости. Если посмотреть на боковую грань кюветы, мы заметим еще одно изображение фигурки на боковой грани вследствие отражения лучей света от боковой поверхности.

Теперь на месте фигурки тигров помещаем фигурку слоника. Перевернутое изображение слоника появляется вверху жидкости. Если теперь сместить взгляд немного вверх, то появляется два изображения слоника – одно вытянутое вверх внизу жидкости, другое – перевернутое слегка сплющенное вверху жидкости. Через некоторое время появляется третье изображение слоника – сильно сплющенное прямое выше перевернутого. Это происходит потому, что в жидкости происходит явление диффузии: граница нижнего слоя воды и верхнего слоя концентрированного раствора соли в воде постепенно размывается. И теперь уже не одна граница между двумя жидкостями, а две размытые границы – между водой и раствором соли в воде, и между раствором соли в воде и концентрированным раствором. И преломление лучей света на них происходит по-разному.

Помещаем фигурку слоника на многогранник. Наблюдаем удивительную картину: нижнее изображение слоника на многограннике постепенно сливается с верхним перевернутым изображением. На правой боковой стенке кюветы также наблюдается расплывчатое изображение.

Радуга

Когда стихает дождь и проглядывает Солнце, на небе можно увидеть красивое и светлое явление природы – радугу. Жаль, что это великолепное явление наблюдается недолго. Дождь прекращается, радуга бледнеет, и постепенно исчезает.

Радуга – это непрерывный спектр солнечного света, образованный разложением света в каплях дождя как в призмах. Из дождевых капель под разными углами преломления выходят широкие разноцветные световые пучки.

Семь цветов радуги объясняются тем, что пучок белого света является сложным, состоящим из семи основных цветов: красного, оранжевого, желтого, зеленого, голубого, синего и фиолетового.

Получение радуги

1. Приборы и материалы: лазерная указка, лист белой бумаги, стеклянная кювета, щель в магнитном держателе, стакан с водой, экран.

Наливаем в стеклянную кювету воду и ставим на лист белой бумаги. Включаем лазерную указку как обычный светодиод, светящий белым светом. Направляем свет от указки через щель на угол кюветы с водой. За кюветой поставим белый экран. На экране видим радужный полукруг. Опыты, демонстрирующие возникновение радуги. Можно различить, что снаружи полукруг

красного цвета, изнутри – сине-фиолетового. Это объясняется тем, что при преломлении на двух поверхностях, находящихся под углом друг к другу, лучи разного цвета преломляются под разным углом, в результате чего расходятся.

2. Приборы и материалы: лазерная указка, лист белой бумаги, стеклянная кювета, щель в магнитном держателе, зеркало, стакан с водой, экран.

В кювету вставляем под тупым углом плоское зеркало. Наливаем в стеклянную кювету воду и ставим на лист белой бумаги. Включаем лазерную указку как обычный светодиод, светящий белым светом. Направляем свет от указки на зеркало в воде. Если сверху смотреть на зеркало, мы увидим радужные линии.

3. Приборы и материалы: белый светодиод, блок питания, лист белой бумаги, щель в магнитном держателе, дифракционная решетка из набора в магнитном держателе, экран.

Разложить белый свет в спектр можно с помощью дифракционной решетки. Дифракционную решетку из набора прикрепили к магнитному держателю. Рядом с держателем расположили держатель с щелью. Включили на максимум светодиод и направили его свет на дифракционную решетку через щель. На экране за дифракционной решеткой появляется несколько размытых тусклых радужных полос. На фотографии их практически не заметно. Поэтому посмотрим через решетку на диод со стороны экрана. За решеткой ясно видны цветные пятна от красного до фиолетового снизу вверх. Если посмотреть через дифракционную решетку на любой яркий источник белого света, например, лампу, мы увидим яркие радужные области.

Чтобы увидеть на экране спектр, возьмем дифракционную решетку с периодом 600 нм на 1 мм. При этом на экране возникает более четкая картина из цветных полос, в центре наиболее яркий спектр из семи цветов, на некотором расстоянии от него спектр повторяется справа и слева.

Закат солнца

На закате солнца небо вокруг него окрашивается в красноватый цвет. Солнца не видно за деревьями, но вокруг него небо золотистое, затем красновато – розовое.

Цвет заката зависит от состояния атмосферы и определяется типом и формой облаков, подсвечиваемых лучами заходящего солнца. По цвету неба на закате солнца можно предсказать погоду. Мы видим темно-синие тучи. Это означает, что недавно прошел дождь. Но на следующий день погода была

хорошая, это можно было определить по цвету неба на закате солнца.

Почему днем мы видим небо голубого цвета, а на закате – красноватым? Оказывается, в обоих случаях причина одна – рассеяние солнечного света в земной атмосфере.

Опыт, демонстрирующий цвет неба

Приборы и материалы: лазерная указка, лист белой бумаги, стеклянная кювета, стакан с холодной кипяченой водой, шприц с молоком, экран.

Наливаем в стеклянную кювету воду и ставим на лист белой бумаги. Капнем в кювету 1–2 капли молока с помощью шприца и размешаем его палочкой. Включаем лазерную указку как обычный светодиод, светящийся белым светом. Направляем свет от указки так, чтобы он проходил вдоль кюветы сквозь воду. За кюветой поставим белый экран. Опыты, объясняющие цвет неба. Если внимательно посмотреть, чем отличается свет, рассеянный на микрочастицах и вышедший по бокам кюветы, от прошедшего насквозь с торцевой стороны кюветы, то мы увидим, что боковой свет имеет синеватый оттенок, а вышедший с торцевой стороны – желтовато-оранжевый.

Солнечный столб

Световой (или солнечный) столб – один из самых частых видов гало, визуальное атмосферное явление, оптический эффект, который представляет собой вертикальную полосу света, тянущуюся от солнца во время его заката или восхода (Приложение I, Фото 5: Солнечный столб). Световой столб возникает, когда солнечный свет отражается от поверхностей мельчайших ледяных кристаллов, представляющих собой ледяные пластинки или стержни с шестиугольным сечением, взвешенных в воздухе [9].

Опыт, демонстрирующий образование светового столба

Приборы и материалы: лазерная указка, лист белой бумаги, стеклянная кювета, экран.

Поместим стеклянную кювету на лист белой бумаги, за кюветой установим экран. Посветим на край кюветы лазером. На экране получается яркая вертикальная линия. Опыты, демонстрирующие возникновения солнечного столба. Край кюветы действует аналогично цилиндрической линзе, собирает луч в горизонтальной плоскости и растягивает в вертикальной. Мы наблюдаем красивую лазерную дорожку, больше похожую на световой столб.

Теперь посветим лазером на ребро кюветы. На экране вместо прямой получается светящаяся окружность, называемая каустической кривой. Каустические кривые обра-

зуются взаимным пересечением лучей света (параллельными или вышедшими из одной точки) после отражения от кривого зеркала или после преломления в прозрачной среде, ограниченной кривой поверхностью [6].

Выводы

Целью моей работы было исследование оптические явления в природе: наблюдение и фотографирование, объяснение исследуемых явлений, постановка экспериментов, демонстрирующих наблюдаемые на фотографиях явления.

В результате выполнения работы были выявлены, описаны, научно обоснованы и экспериментально подтверждены оптические явления, повсеместно возникающие в атмосфере земли: отражение света от водной поверхности, радуга, закат, солнечный столб, мираж.

Выводы, сделанные из экспериментов:

1. В оптически однородной среде свет распространяется прямолинейно.

2. Свет, падающий на поверхность тела, частично или полностью отражается от этой поверхности в ту среду, из которой он вышел. Такое явление называется отражением света. Отражение бывает зеркальным и диффузным.

3. Существуют природные зеркала, например ровная поверхность воды.

4. Если свет переходит из одной среды в другую (например, из воздуха в воду), то изменяется направление его распространения – происходит преломление света. Это явление объясняется тем, что в различных средах свет распространяется с разной скоростью, скорость света в среде зависит от ее оптической плотности – чем более оптически плотная среда, тем меньше скорость света.

5. При распространении света в оптически неоднородной среде изменение направления распространения света происходит плавно и постепенно, а не как при преломлении. Мы получили такую среду, наполнив кювету сверху чистой водой, а снизу концентрированным раствором соли в воде. При этом оптическая плотность жидкости увеличивалась сверху вниз, поэтому луч света также искривлялся вниз.

6. Мы наблюдали возникновение миражей – изображений различных предметов в жидкости, оптическая плотность которой изменяется.

7. Явление разложения белого света на семь цветов называется дисперсией света, происходит оно из-за зависимости показателя преломления света от его цвета. Если преломление света происходит на капельках дождя в атмосфере, то возникает радуга.

8. Рассеяние солнечного света в земной атмосфере происходит из-за того, что в атмосфере содержится взвесь мельчайших твердых частичек. Этим объясняется голубой цвет дневного неба, красноватый цвет солнца при закате и восходе.

9. Рассеяние света происходит не только в атмосфере, но и в любой другой среде, в которой содержатся взвеси мельчайших частиц, размеры которых меньше длины световой волны, например, в воде, содержащей капельку молока. При прохождении света через кювету с такой жидкостью наблюдается эффект Тиндаля – боковой свет имеет синеватый цвет, а вышедший с торца кюветы – желто-оранжевый.

10. При отражении света от кристаллов в атмосфере наблюдаются световые столбы. Эти красочные явления можно получить с помощью стеклянной кюветы и лазерной указки.

Описанные в работе эксперименты легко повторить в домашних условиях и на уроках физики. В действительности они выглядят гораздо красочнее, чем на фотографиях.

Цель работы – исследовать оптические явления в природе – была мною достигнута.

Мне удалось не только наблюдать и получить фотографии оптических явлений, но и объяснить исследуемые явления, поставить эксперименты, демонстрирующие наблюдаемые на фотографиях явления.

Список литературы

1. Майер В.В. Свет в оптически неоднородной среде: учебные исследования. – М. : Физматлит, 2007. – 232 с.
2. Мякишев Г.Я., Синяков А.З. Физика: Оптика. Квантовая физика. 11 кл. : учебник для углубленного изучения физики. – М. : Дрофа, 2001. – 464 с., ил.
3. Перельман Я.И. Занимательная физика : в 2 кн. Кн. 1 / под ред. А.В. Митрофанова. – М. : Наука, 1983. – 224 с., ил.
4. Перышкин А.В., Чемакин В.П. Факультативный курс физики: 7 кл. Пособие для учащихся. – М. : Просвещение, 1980. – 142 с., ил.
5. Поваляев О.А., Жилин Д.М. Свет и цвет: 100 красочных экспериментов в домашней лаборатории. – М. : Ювента, 2014. – 136 с., ил.
6. Поваляев О.А., Надольская Я.В. Лазерное шоу: 110 занимательных опытов в домашней лаборатории. – М. : Ювента, 2013. – 184 с., ил.
7. Тарасов Л.В., Тарасова А.Н. Беседы о преломлении света / под ред. В.А. Фабриканта. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 176 с., ил. – (Библиотечка «Квант», Вып. 18).
8. Физическая смекалка. Занимательные задачи и опыты по физике для детей. – М. : Омега, 1994. – 256 с.: ил.
9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B5%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%B1.
10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Мираж&oldid=75004454.